مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
سال دوم - شماره ۴ - پاییز ۱۳۸۷
Vol. 2, No. 4, Fall 2008

ترمیم شبکه های آبراهه ای رقومی گسسته با توسعه یک مدل شی گرا در محیط GIS

سید محمودرضا طباطبائی[۱]، علیرضا مجیدی[۲] و محمد روغنی[۳]
تاریخ دریافت: ۸۷/۵/۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۱۲

چکیده

در طرح های مطالعاتی یا تحقیقاتی مرتبط با حوزه های آبخیز، داده های شبکه آبراهه ای، از جمله مهم ترین داده های مورد استفاده در محاسبه پارامترهائی نظیر پارامترهای فیزیکی حوزه های آبخیز، رواناب، رسوب، فرسایش و غیره می باشند. این داده ها که در مقیاس و قالب های مختلف به شکل رقومی تهیه می شوند به طور عمده دارای اشکالاتی در ساختار توپولوژی خود بوده که از جمله مهم ترین آن ها می توان به ناپیوستگی خطوط شبکه آبراهه ای و عدم انطباق صحیح الگوی جهت جریان آب در حوزه با جهت رقومی در این شبکه ها اشاره نمود. این نقائص، مشکلات عدیده ای را در محاسبه پارامترهای حوزه های آبخیز ایجاد نموده و این در حالی است که امکانات تعبیه شده در نرم افزارهای کنونی GIS نیز دارای محدودیت های اساسی در رفع آن ها می باشند. در پژوهش حاضر، مدل جدیدی در محیط GIS طراحی و ساخته شده است که علاوه بر رفع مشکلات نرم افزارهای GIS در تولید شبکه های آبراهه ای مصنوعی (از نظر تعداد، موقعیت شاخه ها و تعریف حد آستانه)، قادر است شبکه های آبراهه ای گسسته رقومی را به شبکه های پیوسته تبدیل نموده به نحوی که تعداد و موقعیت آبراهه های تولیدی با تعداد و موقعیت شاخه ها در شبکه آبراهه ای اولیه برابر و جهت جریان آب در آن ها منطبق با الگوی جریان آب حوزه آبخیز اصلاح شده است. نتایج آماری گرفته شده از پژوهش، دقت زیاد نتایج مدل را نشان می دهد.

واژه های کلیدی: آبراهه، جهت جریان، ناپیوستگی، DE، Avenue، ArcObjects

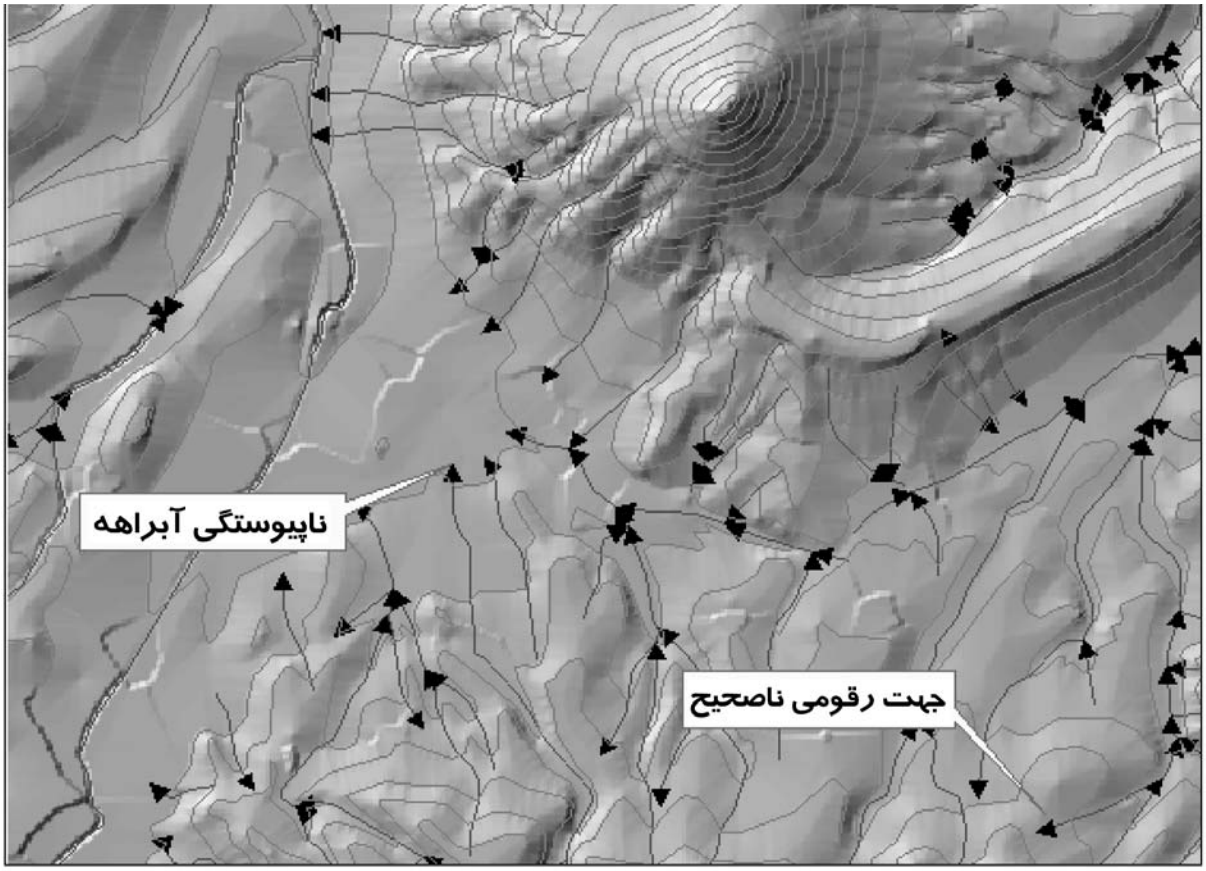
۱- نویسنده مسئول و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری taba1345@hotmail.com; tabatabaei@scwmri.ac.ir
۲- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری majidi_a@scwmri.ac.ir
۳- عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری moroghani@gmail.com

مقدمه

در مطالعات فیزیوگرافی، هیدرولوژی و منابع آب، محاسبه پارامترهای شبکه آبراهه ای حوزه های آبخیز از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده، به نحوی که بسیاری از محاسبات مربوط به رواناب، رسوب، فرسایش و غیره بر پایه محاسبه پارامترهای شبکه آبراهه ای حوضه انجام می شود. عامل هایی نظیر طول، شیب، تراکم، زمان تمرکز، رتبه بندی، تنها بخشی از پارامترهای اولیه شبکه های آبراهه ای مورد نیاز این گونه مطالعات بوده و از سوی دیگر، محاسبه و تجزیه و تحلیل صحیح این پارامترها مبتنی بر وجود شبکه آبراهه ای پیوسته و منطبق با الگوی جهت جریان آب در حوزه آبخیز می باشد. بررسی های انجام شده در این زمینه نشان می دهد که شبکه های آبراهه ای حوزه های آبخیز اغلب دارای اشکالاتی نظیر ناپیوستگی و عدم تطابق کامل با الگوی جریان آب (در مقیاس سلول[۴]) بوده که این امر، روندیابی مسیر جریان آب های سطحی را در مدل های رستری با مشکل مواجه می سازد شکل (۱). همانطور که در شکل نشان داده شده است، شبکه آبراهه ای رقومی منطقه از پیوستگی برخوردار نبوده و این امر در مناطق کم شیب بیشتر مشاهده می شود. از سوی دیگر، جهت داده های رقومی در این شبکه ها یا به عبارت بهتر جهت جریان آب در آن ها در بسیاری از موارد ناصحیح بوده و با الگوی جریان آب در حوضه منطبق نمی باشد. به منظور اصلاح یا ساخت شبکه های آبراهه ای به صورت خودکار، تاکنون، تلاش های ارزشمندی صورت گرفته که به طور عمده به تولید شبکه های آبراهه ای مصنوعی حوزه های آبخیز با بهره گیری از لایه های مکانی جهت و تجمع جریان آب[۵] و همچنین تعریف یک حد آستانه[۶] از سوی کاربر در محیط GIS همراه بوده که در عین حالی که به تصحیح جنبه هایی از اشکالات فوق الذکر می پردازد ولی از سوی دیگر موجب ایجاد برخی اشکالات و محدودیت های دیگر گردیده که کاربرد این شبکه های مصنوعی را با محدودیت مواجه می نماید. در این راستا به بررسی اجمالی برخی از نتایج عرضه شده در تحقیقات مرتبط و همچنین روش های بکار گرفته شده در مدل های هیدرولوژیکی در تولید شبکه های آبراهه ای حوزه های آبخیز پرداخته می شود.

جنسون و دومینکو [۱۳]، ترابوتون و همکاران [۱۷] اظهار

۴- سلول به کوچکترین المان یک نقشه رستری گفته می شود
5- Flow Direction & Flow Accumulation Maps
6- Threshold



شکل ۱ - ناپیوستگی و جهت رقومی ناصحیح آبراهه ها در شبکه آبراهه‌ای حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه

می‌دارند که با تعریف یک حد آستانه بر روی لایه تجمع جریان، می‌توان آن دسته از سلول‌هائی که دارای تجمع زیاد جریان هستند را به عنوان سلول‌های شبکه آبراهه ای در نظر گرفت. همچنین در ارتباط با تهیه نقشه‌های جهت جریان آب، جنسون و دومینکو [۱۳]، گرین لی[۴] از روش معروف به D8 استفاده می‌نمایند. در این روش برای تهیه نقشه جهت جریان آب، با در نظر گرفتن ارتفاع هر سلول و مقایسه آن با ارتفاع هشت سلول همسایه و با توجه به اینکه جریان آب به دلیل اختلاف ارتفاع آب به یکی از سلول‌های مجاور یا همسایه حرکت می‌کند الگوی جهت جریان محاسبه می‌گردد. در نرم‌افزارهای GIS از این لایه در استخراج شبکه‌های آبراهه‌ای مصنوعی، ترسیم مرز هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز و دیگر موارد مشابه استفاده می‌شود. هل‌وگر [۶] روشی را بر اساس اصول AML[1] طراحی و به صورت یک برنامه رایانه‌ای قابل اجرا در محیط GIS تحت عنوان ArcHydro ارائه نموده، که درآن، به منظور ترسیم اتوماتیک مرز زیر حوضه‌ها، تولید شبکه آبراهه‌ای مصنوعی و غیره، ارتفاع سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی زمین[2] در محل شبکه آبراهه‌ای رقومی حوضه کاهش یافته و در مراحل بعد با تعیین یک حد آستانه با استفاده از لایه‌های جهت و تجمع جریان آب، شبکه آبراهه‌ای مصنوعی جدیدی منطبق با الگوی جریان آب حوضه تولید می‌گردد. ساندرس [۱۶] در پژوهشی دیگر، با کاهش ارتفاع سلول‌های DEM در مسیر شبکه آبراهه‌ای، لایه جهت جریان آب را در محل شبکه آبراهه‌ای رقومی حوضه اصلاح نموده به نحوی که جهت جریان آب در سلول‌های این لایه با مسیر شبکه آبراهه‌ای رقومی حوضه انطباق می‌یابد. گای و همکاران [۵] در روشی مشابه با روش ساندرس [۱۶] و تحت عنوان REA[3] با تحمیل عوارض جاده‌ای، پل‌ها بر روی لایه DEM نسبت به اصلاح جهت جریان سطحی[4] اقدام نمودند. وینشل و همکاران [۱۸] در مدلArcSWAT[5]، روشی را تعریف نموده‌اند که با تحمیل لایه مکانی شبکه آبراهه‌ای رقومی به DEM، ارتفاع سلول‌ها، در مناطقی به غیر از محل شبکه آبراهه‌ای افزایش چشمگیری یافته و در نتیجه آن، امکان تولید شبکه‌های آبراهه‌ای مصنوعی و ترسیم مرز زیر حوزه‌های آبخیز با مشخص نمودن یک حد آستانه‌ای فراهم می‌گردد. از جمله ویژگی‌های تحقیقات یاد شده، تاکید آن‌ها در انطباق دادن لایه الگوی جریان آب با شبکه آبراهه‌ای رقومی بوده که همانطور که گفته شد با کاهش ارتفاع لایه DEM در مسیر شبکه آبراهه‌ای رقومی انجام می‌گردد. این مسئله در مناطق مسطح[1] که لایه DEM از دقت ارتفاعی کمتری برخوردار می‌باشد از اهمیت

1- Arc/Info Macro Language

2- Digital Elevation Model(DEM)

3- Road Enforcement Algorithm

4- Overland Flow

5- Soil and Water Assessment Tools

بیشتری برخوردار است. در پژوهشی دیگر، طباطبائی و قدوسی [۱] با طراحی و ساخت یک مدل شی گرا در محیط GIS، با محاسبه ارتفاع سرشاخه های آبراهه ها و استفاده از نقشه های جهت جریان، توانستند شبکه های آبراهه ای مصنوعی حوزه های آبخیز را به صورت خودکار تولید نمایند. مورفی و همکاران [۱۵] در رابطه با تاثیر کیفیت و قدرت تفکیک مکانی DEM در استخراج شبکه های آبراهه ای حوزه های آبخیز، پژوهشی را بر روی مدل های تولیدی حاصل از روش های مرسوم فتوگرامتری با قدرت تفکیک مکانی ۱۰ متر و روش Lidar[۲] با قدرت تفکیک مکانی ۱ متر انجام داده و پس از انجام مقایسات بین شبکه های آبراهه ای تولید شده از مدل های مذکور با شبکه آبراهه ای حاصل از برداشت و مشاهدات زمینی نتیجه گیری نمودند که شبکه آبراهه ای حاصل از روش Lidar دقیق تر بوده و انطباق بیشتری را با شبکه آبراهه ای واقعی در مقایسه با شبکه آبراهه ای منتج از DEM به روش فتوگرامتری نشان می دهد. این امر نشان دهنده تاثیر مثبت بکارگیری هرچه بیشتر عوارض ارتفاعی در ساخت DEM و در نتیجه آن افزایش کیفیت و دقت شبکه های آبراهه ای استخراج شده از آن ها دارد. طباطبائی و همکاران [۲] در پژوهشی مشابه، مدلی را در GIS طراحی نموده اند که می تواند بدون صرف هزینه و با سرعت زیاد، نقاط ارتفاعی جدیدی را در مسیرهای مورد نظر کاربر (مثلاً رودخانه، آبراه و یا هر نوع عارضه خطی) در مناطق مسطح یا دیگر مناطق نقشه توپوگرافی با فواصل دلخواه و در محیط برداری تولید نماید. لایه نقاط ارتفاعی تولید شده به وسیله مدل، سپس می تواند به همراه نقشه توپوگرافی در تولید DEM دقیق تر مورد استفاده قرار گیرد.

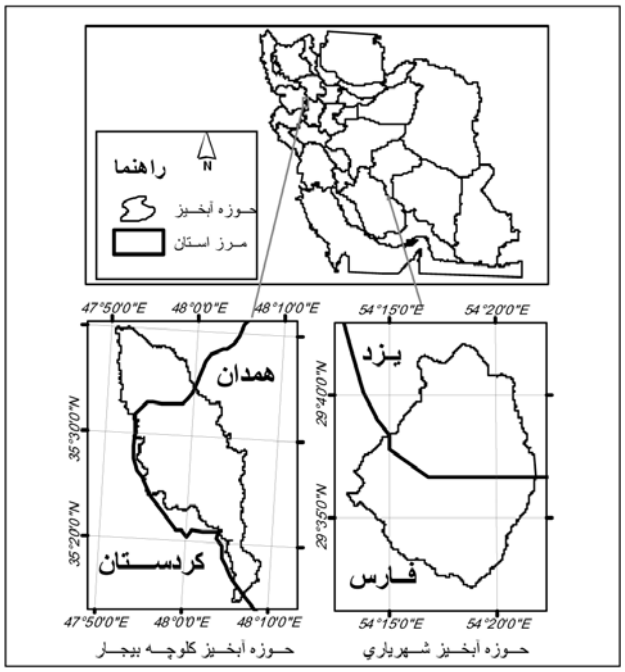
از آنجا که مبنای اصلی محاسبات شبکه های آبراهه ای در حوزه های آبخیز بر مدل DEM استوار می باشد لذا توجه به رفع خطاهای آن نظیر خطای گودال[۳] نیز حائز اهمیت بوده و به این منظور الگوریتم های متنوعی تاکنون ارائه شده است که در بین آن ها الگوریتم DE[۴] که توسط هاچینسون [۱۲-۸] ارائه گردیده بسیار مشهور می باشد. این الگوریتم تحت برنامه ANUDEM ارائه گردیده و هم اکنون مبنای کار نرم افزار ArcGIS در درون یابی نقشه های کنتور و تولید DEM هیدرولوژیکی می باشد. گودچیلد و مارک [۳] معتقدند که بوسیله الگوریتم DE سلول های چاله DEM، که در مسیر شبکه آبراهه ای رقومی وجود داشته و قبلا" به عنوان چاله های طبیعی معرفی نشده اند حذف می گردند (ارتفاع آن ها تصحیح می گردد). مارک [۱۴] بزرگ تعریف نمودن اندازه سلول ها و گرد نمودن مقادیر ارتفاعی DEM از قالب اعشاری (Float) به قالب عدد صحیح (Integer) را از دیگر علل شایع در بروز گودال های DEM می داند. با توجه به آنچه گفته شد، هدف از اجرای این پژوهش، طراحی و پیاده سازی یک الگوریتم جدید در محیط GIS بوده که شبکه های آبراهه ای ناپیوسته و ناقص را با توجه به ارتفاع و الگوی جریان آب حوزه آبخیز ترمیم، و جهت آن ها را متناسب با الگوی جریان آب در حوضه اصلاح نماید. در این راستا، به منظور افزایش کارائی نرم افزار در تولید آبراهه های جدید منطبق با آبراهه های رقومی (به لحاظ موقعیت و تعداد)، از روش DE که شرح آن گذشت استفاده شده است.

مواد و روش ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در حوزه های آبخیز شهریاری و کلوچه بیجار انجام شده است. حوزه آبخیز شهریاری با مساحت حدود ۱۵/۰۰۰ هکتار در فاصله ۳۸ کیلومتری جنوب شهرستان هرات در استان یزد، در مختصات (َ۱۳ ،°۵۴) تا (َ۲۲ ،°۵۴) طول جغرافیایی شرقی و (َ۳۲ ،°۲۹) تا (َ۴۲ ،°۲۹) عرض جغرافیایی شمالی و حوزه آبخیز کلوچه بیجار با مساحت تقریبی ۵۰.۰۰۰ هکتار در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان بیجار در مختصات (َ۱۰ ،°۴۸) تا (ً۵۰ ،°۴۷) طول جغرافیایی شرقی و (ً۴۰ و °۳۵) تا (َ۱۵ و °۳۵) عرض شمالی در محدوده مرزهای استان های همدان و کردستان واقع شده است شکل (۲).

شکل ۲- موقعیت حوزه های آبخیز مورد مطالعه



مواد

در این پژوهش، از داده های رقومی ارتفاعی (خطوط توپوگرافی و نقاط قلل کوه ها)، شبکه های آبراهه ای در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان جغرافیائی ارتش و برنامه نویسی شی گرا[۱] در محیط GIS

1- Flat

۲- روشی در سنجش از دور که بوسیله آن، ارتفاع نقاط زیادی از سطح زمین به همراه موقعیت آن ها برداشت می گردد.

3- Pit or Sink

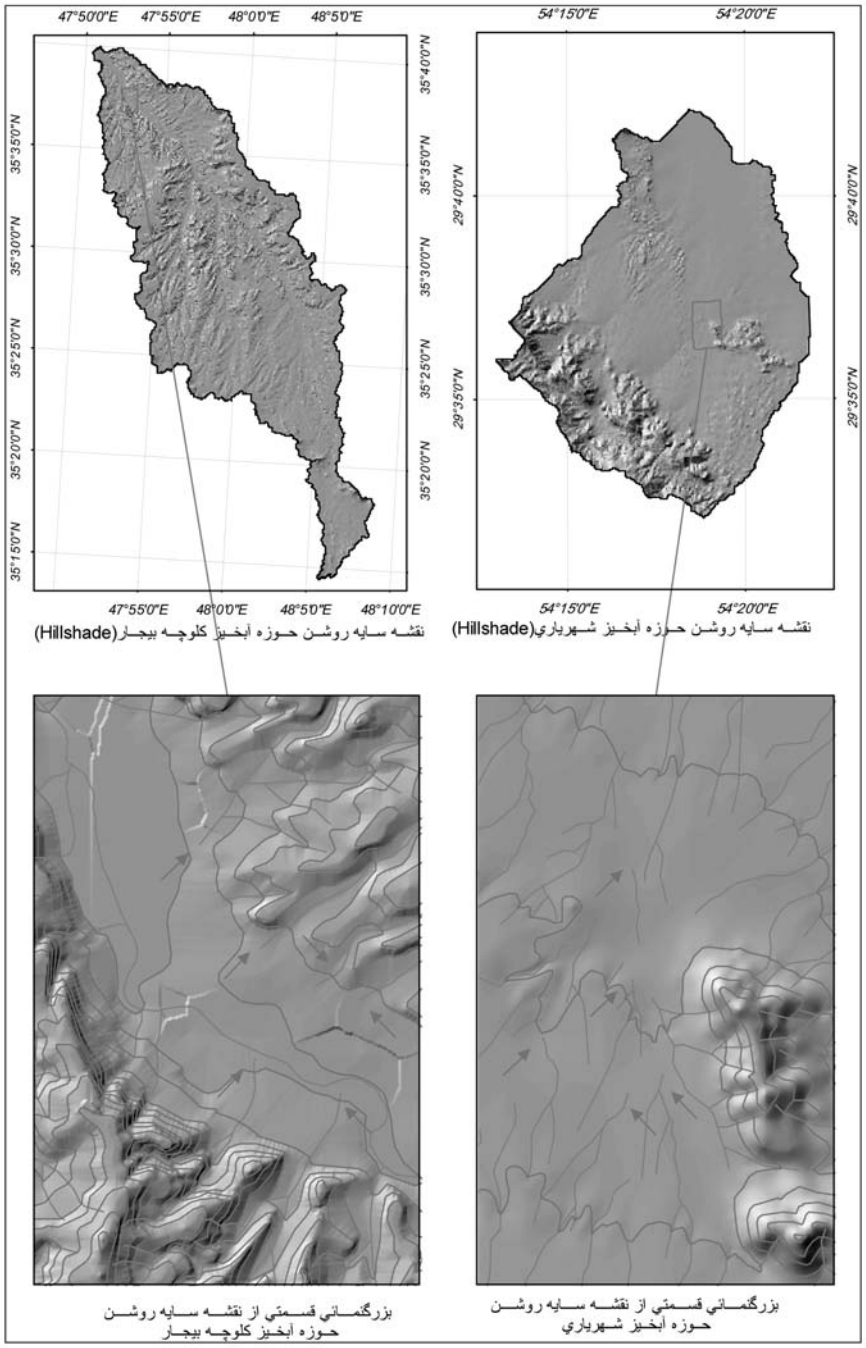
4- Drainage Enforcement

(توابع و کلاس‌های نرم افزارهای ArcView3.2، ArcGIS)[2] استفاده شده است.

روش پژوهش

مرحله ۱، تهیه مدل ارتفاعی رقومی منطقه:

در این مرحله، به منظور تولید مدل DEM، داده‌های رقومی ارتفاعی منطقه، مورد عملیات درون‌یابی قرار گرفته که نتایج آن در شکل(۳)، به صورت نقشه‌های سایه روشن[3] تولید شده از (DEM) نشان داده شده است. به منظور افزایش دقت مکانی مدل DEM، اندازه سلول‌ها براساس وسعت مناطق مورد مطالعه و فواصل خطوط توپوگرافی در حوزه‌های شهریاری و کلوچه بیجار به ترتیب ۵ و ۱۰ متر در نظر گرفته شده‌اند. در قسمت پائین شکل (۳)،



شکل ۳- نقشه‌های سایه روشن حوزه‌های مورد مطالعه همراه با شبکه آبراهه‌ای ناپیوسته آن‌ها

ناپیوستگی شبکه آبراهه‌ای رقومی منطقه به وضوح دیده می‌شود و این امر در مناطق کم شیب بیشتر مشاهده می‌گردد.

1- Object Oriented Programming
2- Avenue & ArcObjects
3- Hillshade

مرحله ۲ ، نوشتن الگوریتم و کد نویسی مناسب با استفاده برنامه نویسی GIS:

از آنجا که انجام این پژوهش مستلزم اجرای مجموعه‌ای از دستورات و توابع هدفمند با ترتیبی خاص می باشد که در برخی از موارد در مجموعه توابع از پیش تعریف شده نرم افزارهای GIS موجود نمی باشند لذا در این مرحله ، اقدام به کدنویسی مجموعه‌ای از دستورات گردید که هدف کلی آن‌ها فراخوانی توابع از پیش تعریف شده GIS و یا اجرای عملیات جدید و ویژه می باشد.

مرحله ۳ ، تحمیل شبکه آبراهه‌ای حوزه‌ها به مدلDEM:

ترمیم شبکه های آبراهه‌ای ناپیوسته در حوزه‌های مورد مطالعه و لحاظ اصلاحات مورد نیاز بر روی آنها ، نیازمند تعیین دقیق موقعیت آبراهه‌ها بر روی مدل DEM است. از آنجا که لایه مکانی الگوی جهت جریان آب در حوزه یکی از لایه‌های اطلاعاتی مورد نیاز مدل طراحی شده در این پژوهش می باشد و از آنجا که این الگو از مدل DEM مشتق می گردد لذا بارزسازی مسیر و موقعیت آبراهه‌ها بر روی مدل DEM از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اهمیت این موضوع در مناطق کم شیب بسیار بیشتر از مناطق پر شیب می باشد به دلیل آن که در مناطق کم شیب به دلیل ناکافی بودن عوارض ارتفاعی از یک سو و فاصله گرفتن خطوط تراز از هم از سوی دیگر سبب کاهش دقت مدل DEM شده که متعاقبا" تاثیرات منفی خود را در مشتقات این مدل نظیر نقشه های الگوی جهت و تجمع جریان داشته که در نتیجه آن ترسیم مرزهای هیدرولوژیکی و شبکه آبراهه‌ای حوزه های آبخیز با دقت کافی انجام نمی شود. به این منظور مقدار ثابتی (۵۰۰۰ متر) به ارتفاع سلول‌های مدل DEM در مناطقی از حوزه که در مسیر آبراهه‌ها واقع نشده بودند اضافه گردید. مقدار عددی اضافه شده به مدل DEM بر اساس الگوریتم به کار گرفته شده در نرم افزار ArcSWAT در ترسیم شبکه آبراهه‌ای حوزه‌های آبخیز بوده و صرفا" در راستای تاکید موقعیت شبکه آبراهه‌ای در لایه مکانی الگوی جریان حوزه می باشد ، لذا نبایستی از این مدل در تولید لایه شیب حوضه استفاده شود. هودژنس [۷] اظهار می دارد که افزایش ارتفاع سلول‌های غیر آبراهه‌ای در مدل DEM (کاهش یافتن ارتفاع سلول‌های آبراهه‌ای در مقایسه با سلول‌های غیر آبراهه‌ای) ، سبب حفر کانال‌های عمیق در DEM شده که در نتیجه آن امکان ردیابی و اصلاح آبراهه‌ها به خصوص در مناطق پست که دقت DEM کاهش می یابد فراهم می گردد. شکل (۴) ، افزایش ارتفاع سلول‌های غیر آبراهه‌ای را به صورت شماتیک نشان می دهد.

مرحله۴ ، رفع خطاهای گودال[1] و تولید نقشه‌های الگوی جهت جریان:

در این مرحله ، با استفاده از تابع Fill ، خطاهای گودال مدل DEM رفع و پس از آن ، نقشه‌های الگوی جهت جریان آب در دو حوزه آبخیز از مدل های DEM اصلاح شده (Filled DEM) اقتباس می گردد.

مرحله۵ ، ترمیم ناپیوستگی شبکه های آبراهه‌ای و اصلاح جهت جریان رقومی آن‌ها:

این مرحله شامل بخش های ذیل می باشد:

۵-۱- قرائت گره‌ها[2] در شاخه‌های مختلف شبکه آبراهه‌ای حوزه‌های آبخیز مورد مطالعه: در این مرحله موقعیت کلیه گره‌ها (X/Y) اعم از گره‌های ابتدائی ، انتهائی ، در طول مسیر و یا گره‌های موجود در محل اتصال عوارض توسط مدل طراحی شده استخراج می گردد.

۵-۲- قرائت ارتفاع گره‌ها از مدل DEM: در این مرحله ، ارتفاع کلیه گره‌ها (محاسبه شده در مرحله قبل) از لایه مکانی (DEM Filled DEM عاری از خطاهای گودال) استخراج می شود.

۵-۳- تعیین سر شاخه‌های شبکه‌های آبراهه‌ای در حوزه‌های مورد مطالعه: شروع عملیات ردیابی آبراهه‌ها با تعیین موقعیت سرشاخه‌ها آغاز می گردد. به این منظور ، برنامه با مقایسه میان ارتفاعات گره‌های مختلف در هر شاخه ، گره‌ای که دارای بالاترین ارتفاع باشد را به عنوان گره شروع محاسبات در ردیابی مسیر آن شاخه محسوب می نماید شکل (۵).

۵-۴- ردیابی مسیر آبراهه‌های ناپیوسته و تولید آبراهه‌های پیوسته منطبق با الگوی جهت جریان: پس از تعیین نقاط شروع ردیابی در هر شاخه ، با استفاده از لایه الگوی جهت جریان آب در حوزه ، مسیر هر آبراه تا خروجی حوزه به صورت سلول به سلول ردیابی شده و این مسیرها سپس به قالب برداری تبدیل که در نتیجه آن جهت و ناپیوستگی شبکه های آبراهه‌ای تصحیح می گردد شکل(۵). همچنین در برنامه تمهیداتی تعبیه شده است که از تولید مسیرهای تکراری و روی هم قرارگیری عوارض مشابه ، جلوگیری گردد.

مرحله ۶ ، ارزیابی نتایج مدل:

به منظور ارزیابی نتایج بدست آمده از مدل ، مقایسه هائی بین شبکه آبراهه‌ای اصلی (شبکه آبراهه‌ای رقومی سازمان جغرافیائی ارتش در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰) و شبکه آبراهه‌ای حاصل از مدل انجام گردیده است. مقایسات انجام شده بر مبنای موقعیت ، تعداد و طول شاخه‌ها در هر رتبه از آبراهه اصلی و شاخه‌های متناظر با آن در شبکه آبراهه‌ای حاصل از مدل می باشد. به منظور مقایسه طول آبراهه‌ها از آزمون آماری مقایسه میانگین جفت‌ها به شرح ذیل استفاده شده است:

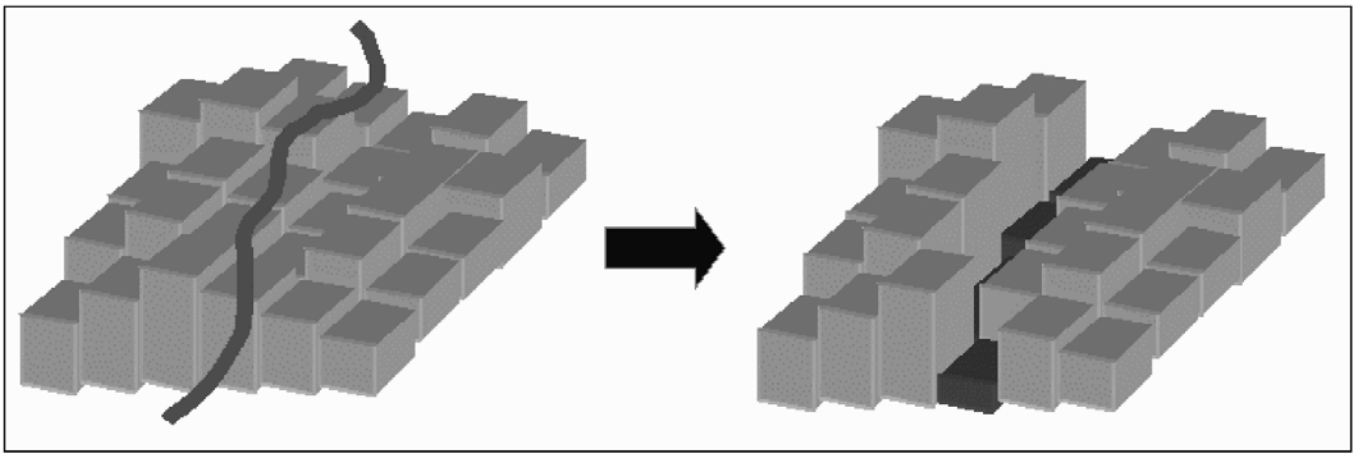
$$t = \bar{d} / \overline{sd} \qquad (۱)$$

$$\overline{sd} = sd / \sqrt{n} \qquad (۲)$$

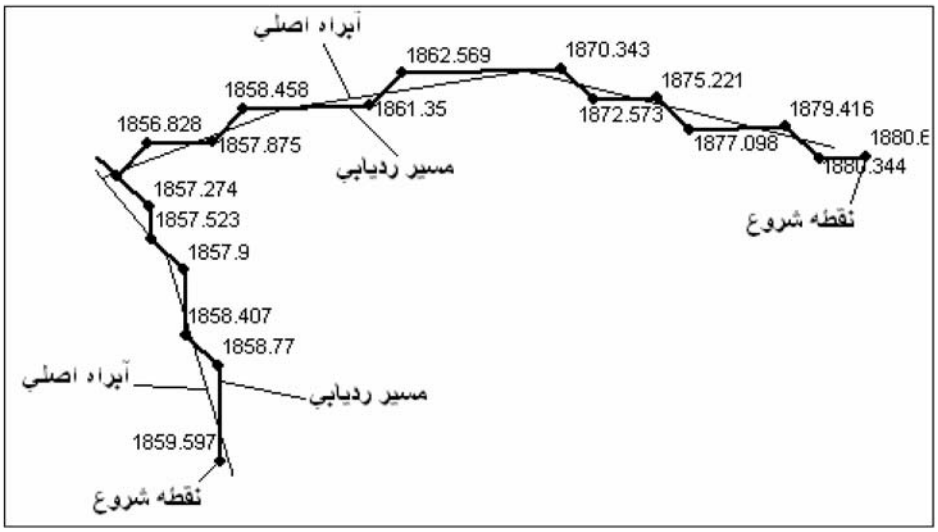
در این آزمون ، $\bar{d}$: میانگین اختلافات طول آبراهه‌های اصلی با طول آبراهه‌های حاصل از مدل در یک رتبه خاص و در شاخه‌های نظیر به نظیر ، sd: انحراف معیار اختلافات طول آبراهه‌های اصلی با طول آبراهه‌های حاصل از مدل در یک رتبه خاص و در شاخه‌های

1- Sink

2- Vertices



شکل ۴- افزایش ارتفاع سلول‌های DEM در مناطق غیر آبراهه‌ای و بارزتر شدن سلول‌های آبراهه در مدل DEM



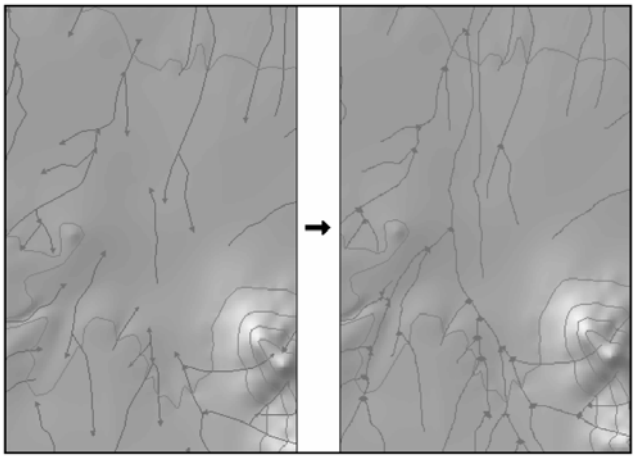
شکل ۵- تعیین نقاط شروع در سرشاخه‌ها و ردیابی مسیر جریان تا خروجی

نظیر به نظیر، و n: تعداد آبراهه‌ها در هر رتبه که در حال مقایسه‌اند می‌باشد. مقدار t بدست آمده سپس با حد بحرانی که با توجه به درجه آزادی (df) و سطوح معنی‌دار (α=۰/۰۵ و α=۰/۰۱) از جدول آماری (جدول t) اقتباس گردیده مقایسه و معنی‌دار بودن یا نبودن اختلاف بین میانگین طول‌ها در هر رتبه (بین دو شبکه آبراهه‌ای اصلی و منتج از مدل) بررسی می‌شود.

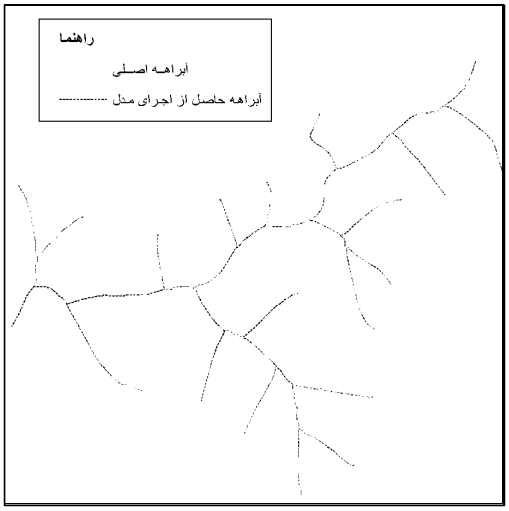
به منظور انجام مقایسه‌های آماری، سه زیر حوزه از حوزه آبخیز شهریاری انتخاب و تعداد ۲۳۵ آبراهه از شبکه آبراهه‌ای این زیرحوزه‌ها به عنوان مبنای مقایسات در نظر گرفته شده‌اند. آبراهه‌ها دارای پیوستگی مکانی و تعمداً از مناطق کم شیب حوزه‌ها انتخاب می‌شوند. علت انتخاب آبراهه‌های پیوسته، امکان مقایسه طول آن‌ها با طول آبراهه‌های تولید شده توسط مدل و علت انتخاب مناطق کم شیب همانطور که پیشتر به آن اشاره شد، کافی نبودن عوارض ارتفاعی و به تبع آن کاهش دقت مدل DEM در این مناطق است. از سوی دیگر ناپیوستگی شبکه‌های آبراهه‌ای اغلب در این مناطق دیده شده و نکته آخر آنکه بیشترین خطای توابع GIS در تولید شبکه‌های آبراهه‌ای مربوط به این مناطق است.

مقایسه تعداد آبراهه‌ها، با شمارش تعداد آبراهه‌های اصلی و مقایسه آن‌ها با تعداد آبراهه‌های تولیدی در سه زیر حوزه انتخابی با استفاده از توابع GIS انجام می‌شود. همچنین به منظور ارزیابی دقیق‌تر کارکرد مدل، آبراهه‌های حاصل از مدل، رتبه‌بندی شده و سپس تعداد آبراهه‌ها در هر رتبه با تعداد آبراهه‌های هم رتبه در آبراهه‌های اصلی در زیر حوزه‌های انتخابی مقایسه می‌گردند.

به منظور مقایسه موقعیت آبراهه‌های اصلی نسبت به موقعیت آبراهه‌های متناظر آن در آبراهه‌های منتج از مدل، با روی هم گذاری آن‌ها اقدام به مقایسه بصری آن‌ها خواهد شد.



شکل ۶- قسمتی از شبکه آبراهه ای اصلی حوزه آبخیز شهریاری قبل و بعد از اجرای مدل



شکل ۷- موقعیت آبراهه های اصلی و منتج از مدل

جدول ۱ - نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین جفت ها (بر روی طول آبراهه ها) در زیر حوزه ۱

پارامترهای آماری	آبراهه های رتبه ۱	آبراهه های رتبه ۲	آبراهه های رتبه ۳
$\bar{d}$	۱/۶۲	-۱/۹۲	-۰/۲۵
sd	۱۱/۹	۱۴/۲	۳/۶۴
$\overline{sd}$	۰۴/۲	۸/۳	۹۶/۰
t	۰/۷۹	-۰/۵	-۰/۲۶
n	۳۴	۱۴	۱۳
df	۳۳	۱۳	۱۲
حد بحرانی در سطح ۵ درصد	۱/۹۶ <t< -۱/۹۶	۲/۱۶ <t< -۲/۱۶	۲/۱۷۹<t< -۲/۱۷۹
حد بحرانی در سطح ۱ درصد	۲/۵۷<t< -۲/۵۷	۳/۰۱۲<t< -۳/۰۱۲	۳/۰۵ <t<-۳/۰۵
نتیجه آزمون	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست

جدول ۲ - نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین جفت ها (بر روی طول آبراهه ها) در زیر حوزه ۲

پارامترهای آماری	آبراهه های رتبه ۱	آبراهه های رتبه ۲	آبراهه های رتبه ۳	آبراهه های رتبه ۴
$\bar{d}$	-۰/۶۳	۱/۸۱	۲/۰۶	۲/۹۵
sd	۵/۳۱	۷/۵۳	۴/۷۶	۵/۳۷
$\overline{sd}$	۰/۶۸	۱/۴	۱/۰۹	۱/۷
t	-۰/۹۲	۱/۲۹	۱/۸۹	۱/۷۴
n	۶۱	۲۹	۱۹	۱۰
df	۶۰	۲۸	۱۸	۹
حد بحرانی در سطح ۵ درصد	۱/۹۶ <t< -۱/۹۶	۲/۰۴۸ <t< -۲/۰۴۸	۲/۱۰۱<t< -۲/۱۰۱	۲/۲۶۲ <t< -۲/۲۶۲
حد بحرانی در سطح ۱ درصد	۲/۵۷ <t< -۲/۵۷	۲/۷۶۳ <t< -۲/۷۶۳	۲/۸۷۸ <t< -۲/۸۷۸	۳/۲۵<t< -۳/۲۵
نتیجه آزمون	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست

جدول ۲ - نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین جفت‌ها (بر روی طول آبراهه‌ها) در زیر حوزه ۳

پارامترهای آماری	آبراهه های رتبه ۱	آبراهه های رتبه ۲	آبراهه های رتبه ۳	آبراهه های رتبه ۴
$\bar{d}$	-۱/۷۱	۰/۶۲	۰/۳۱	۱/۳۲
sd	۴/۸۹	۶/۴۷	۵/۸۵	۱۳/۱
$\overline{sd}$	۰/۹۲	۲/۰۴	۱/۵۱	۹/۲۶
t	-۱/۸۵	۰/۳	۰/۲۱	-۰/۱۴
n	۲۸	۱۰	۱۵	۲
df	۲۷	۹	۱۴	۱
حد بحرانی در سطح ۵ درصد	۱/۹۶ <t< -۱/۹۶	۲/۱۶ <t< -۲/۱۶	۲/۱۷۹<t<-۲/۱۷۹	۱۲/۷۰۶ <t< -۱۲/۷۰۶
حد بحرانی در سطح ۱ درصد	۲/۵۷ <t<-۲/۵۷	۳/۰۱۲ <t<-۳/۰۱۲	۳/۰۵ <t<-۳/۰۵	۹۳/۶۵۷<t<-۹۳/۶۵۷
نتیجه آزمون	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست	اختلاف معنی دار نیست

نتایج و بحث

۱- نتایج حاصل از اجرای مدل بر روی شبکه‌های آبراهه‌ای رقومی در حوزه‌های آبخیز انتخاب شده نشان می‌دهد که شبکه‌های آبراهه‌ای تولید شده توسط مدل به لحاظ تعداد و موقعیت، با آبراهه‌های اصلی منطبق بوده و خطاهای ناپیوستگی و جهت جریان در آن‌ها اصلاح شده است شکل (۶).

در سمت چپ شکل(۶)، قسمتی از شبکه آبراهه‌ای رقومی حوزه آبخیز شهریاری نشان داده شده است که ناپیوستگی و ناصحیح بودن جهت جریان آب در برخی از آبراهه‌های آن دیده می‌شود. با اجرای مدل بر روی شبکه آبراهه‌ای اولیه و لحاظ تصحیحات هندسی حاصل از مدل بر روی آن، خطاهای ناپیوستگی و جهت جریان شبکه اصلاح گردیده است. نتایج حاصل از مدل در سمت راست شکل قابل مشاهده می‌باشد.

۲- نتایج بدست آمده از آزمون آماری مقایسه میانگین جفت‌ها که در آن به بررسی طول آبراهه‌های تولید شده در مقایسه با طول آبراهه‌های نظیر به نظیر آن در شبکه آبراهه‌ای اصلی می‌پردازد، حاکی از دقت بسیار بالای محاسبات مدل داشته و همانطور که نتایج آماری نشان می‌دهند (جدول‌های ۱، ۲ و ۳) در هیچیک از موارد (در ۲۳۵ مقایسه) اختلاف معنی‌داری چه در سطح ۱ یا ۵ درصد بین طول شاخه‌های آبراهه‌ای بدست آمده از مدل با طول آبراهه‌های اصلی دیده نمی‌شود.

۳- نتایج بدست آمده از مقایسه بصری موقعیت آبراهه‌های تولیدی نسبت به آبراهه‌های متناظر در شبکه آبراهه‌ای اصلی، تطابق مکانی آن‌ها را نسبت به هم نمایش می‌دهد شکل(۷).

همانطور که در شکل(۷) نشان داده شده است، آبراهه‌های حاصل از اجرای مدل تطابق مناسبی را با آبراهه‌های اصلی نشان می‌دهند با این حال ذکر این نکته ضروری است که به دلیل آنکه ردیابی شبکه آبراهه‌ای با توجه به لایه الگوی جریان آب در حوزه انجام می‌شود و این لایه خود از مشتقات مدل DEM محسوب می‌گردد، لذا اندازه سلول تعریف شده در این مدل تاثیر مستقیمی در میزان فاصله آبراهه‌های تولیدی از آبراهه‌های اصلی داشته به همین دلیل در تعریف اندازه سلول DEM بایستی دقت کافی به عمل آید.

۴- نتایج بدست آمده در رابطه با تعداد آبراهه‌های حاصل از اجرای مدل در مقایسه با تعداد آبراهه‌های اصلی که با شمارش آن‌ها در محیط GIS انجام گردیده، نشان می‌دهد که تعداد آبراهه‌های تولیدی در هر زیر حوزه با تعداد آبراهه‌های شبکه اصلی دقیقا" برابر است.

۵- از ویژگی‌های اصلی مدل تبیین شده در مقایسه با مدل‌های هیدرولوژیکی موجود در GIS این است که در مدل حاضر، به منظور تولید شبکه آبراهه‌ای یک حوزه آبخیز نیاز به تعریف مقدار حد آستانه (که از معیارهای مهم در مدل های موجود می‌باشد) از سوی کاربر نبوده و در نتیجه منشاء خطای حاصل از تعریف و انتخاب حد آستانه که از کاربری به کاربر دیگر ممکن است متفاوت تعریف گردد حذف شده است. لازم به ذکر این نکته مهم است که در مدل‌های هیدرولوژیکی موجود، اساس تولید شبکه‌های آبراهه‌ای وابسته به وجود لایه تجمع جریان آب در حوزه آبخیز و تعریف یک مقدار عددی جهت پارامتر حد آستانه و بکارگیری مقدار این پارامتر بر روی لایه تجمع جریان آب می‌باشد. مقدار حد آستانه که توسط کاربر تعریف می‌گردد در واقع انتخاب آن دسته از سلول‌های لایه رستری تجمع جریان بوده که مقادیر عددی آن‌ها[1] برابر یا بزرگتر از حد آستانه می‌باشد و در نتیجه هرچه مقدار این پارامتر کوچکتر تعریف شود تعداد سلول‌های بیشتری از لایه تجمع جریان به عنوان سلول‌های آبراهه‌ای در نظر گرفته شده و بر عکس هرچه مقدار

1- Cell Value

آستانه بزرگتر تعریف شود تعداد آبراهه های تولید شده کمتر خواهد بود. تولید شبکه های آبراهه ای بدین روش باعث بروز مشکلاتی نیز می شود که نمونه ای از آن در شکل (۸) آمده است.

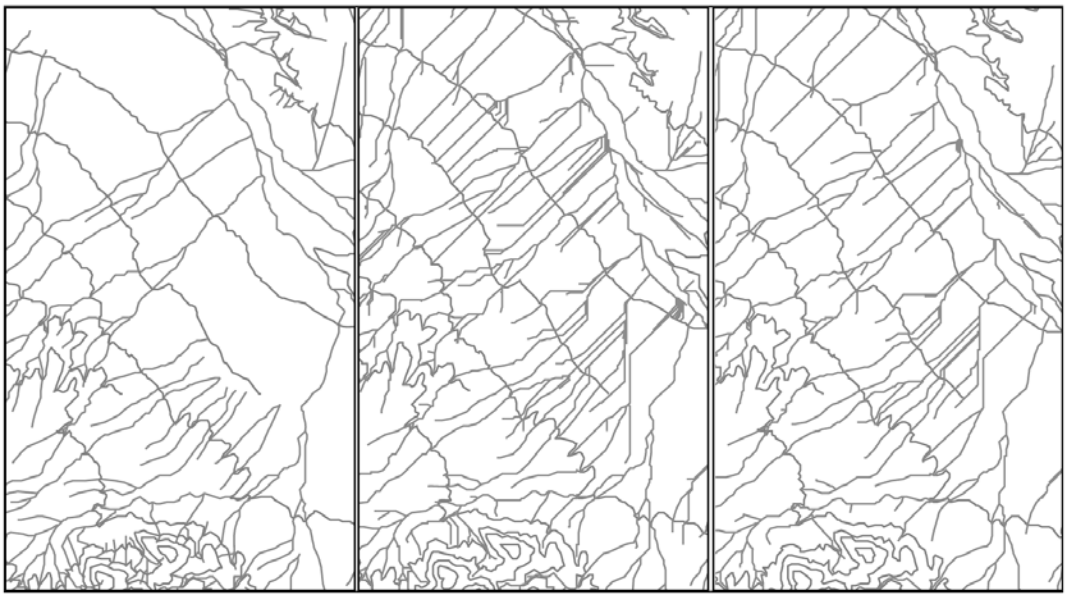
همانطور که در این شکل نشان داده شده، با افزایش مقدار حد آستانه تعداد آبراهه های تولیدی کمتر شده و در عین حال موقعیت آن ها نسبت به آبراهه های اصلی نیز متفاوت است. این وضعیت در مناطق مسطح که تغییرات ارتفاعی سطح زمین بسیار جزئی است نمود بیشتری یافته به نحوی که شبکه های آبراهه ای تولیدی اغلب غیر واقعی و با شبکه آبراهه ای اصلی منطقه مطابقت نمی کند. این وضعیت را می توان در شکل (۹) مشاهده نمود.

نتیجه‌گیری

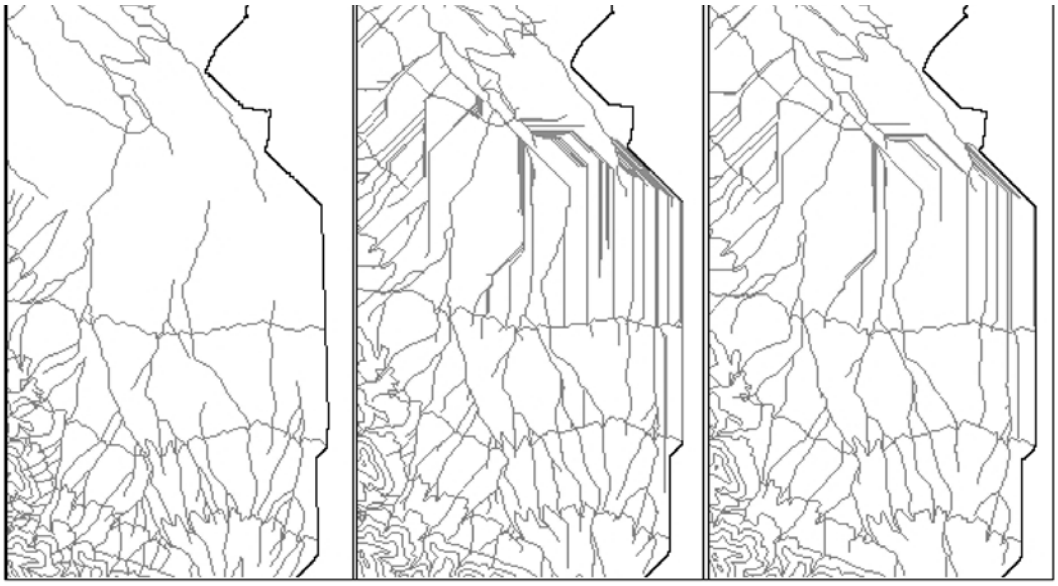
روش های معمول در تولید شبکه های آبراهه ای حوزه های آبخیز که بر مبنای تعیین حد آستانه از سوی کاربر مورد استفاده قرار می گیرد دارای محدودیت هائی به شرح زیر است:

الف- تعیین دقیق حد آستانه به سادگی امکان پذیر نبوده و از کاربری به کاربر دیگر می تواند متغیر تعریف گردد بطوری که به همین دلیل ممکن است تعداد آبراهه های محاسبه شده کمتر یا بیشتر از تعداد واقعی آبراهه ها در نقشه های توپوگرافی و طبیعت باشد.

ب- حد آستانه صرفاً بر مبنای لایه تجمع جریان (که خود از مشتقات لایه DEM می باشد) استوار بوده و ارتفاع سلول ها بطور



شکل ۸- به ترتیب از چپ به راست، قسمتی از شبکه رقومی آبراهه ای اصلی حوزه آبخیز شهریاری و آبراهه های تولید شده مصنوعی در محیط GIS با حد آستانه ای ۵۰۰ و ۱۰۰۰



شکل ۹- به ترتیب از چپ به راست، قسمتی از شبکه رقومی آبراهه ای اصلی حوزه آبخیز شهریاری و آبراهه های تولید شده مصنوعی در محیط GIS با حد آستانه ای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ در منطقه ای با شیب کم

غیر مستقیم عامل اصلی و تاثیر گذار در تعریف این پارامتر محسوب می‌شود. در تعریف حد آستانه، کاربری زمین مورد توجه قرار نمی گیرد و با توجه به آنکه کاربری اراضی به ویژه در مناطق کم شیب و مسطح (تحت کشت یا مناطق شهری) از عامل های تاثیر گذار در مورفولوژی و وجود یا عدم وجود آبراهه ها محسوب می شوند از این رو به دلیل عدم لحاظ این موضوع در روش تهیه نقشه تجمع جریان در صورت متنوع بودن نوع استفاده از زمین ممکن است این روش از دقت مورد انتظار برخوردار نباشد.

ج- شبکه های آبراهه ای تولیدی در مناطق مسطح و کم شیب با استفاده از روش تعریف حد آستانه، اغلب غیر واقعی بوده و با طبیعت هم خوانی ندارد.

با توجه به نتایج بدست آمده از پژوهش و کاربردی بودن این نتایج در عمل و با عنایت به مشکلات نرم افزارهای GIS در استخراج و یا ترمیم شبکه های آبراهه ای و همچنین توجه به اهمیت داده های رقومی شبکه آبراهه ای در مطالعات یا تحقیقات مرتبط با حوزه های آبخیز، به نظر می رسد که روش ارائه شده در این تحقیق می تواند پاسخگوی نیاز کاربران و متخصصان در عرصه های منابع طبیعی باشد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین محترم پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری کشور به خاطر مساعدت و فراهم نمودن امکانات لازم و مورد نیاز این پژوهش تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

۱- طباطبائی، م. قدوسی، ج. ۱۳۸۴. روشی جدید برای ترسیم خودکار شبکه آبراهه ها در حوزه های آبخیز (حوزه آبخیز امامه) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه علمی پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، جلد ۱۸ شماره ۲، ۷۲-۶۵

۲- طباطبائی، م. ۱۳۸۳. استخراج خودکار نقاط ارتفاعی رودخانه ها (با فواصل دلخواه) از نقشه های توپوگرافی به منظور افزایش دقت محاسبه پارامترهای فیزیوگرافی با استفاده از برنامه نویسی شی گرا در محیط .GIS طرح تحقیقاتی خاتمه یافته پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ۹۲ ص

3- Goodchild, M.F. and Mark, D.M. 1987. The Fractal Nature of Geographic Phenomena. Annals of Association of American Geographers. 77 (2): 265-278.

4- Greenlee, D.D. 1987. Raster and Vector Processing for Scanned Linework, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 53, No. 10, October 1987, pp. 1383-1387.

5- Guy, D.D. Kienzle, S.W. Johnson, D.L. and Byrne, J. M. 2003. Improving Overland Flow Routing by Incorporating Ancillary Road Data into Digital Elevation Models. Journal of Spatial Hydrology. Vol.3, No.2 Fall 2003

6- Hellweger, F. 1997. AGREE DEM Surface Reconditioning System. (Available at http://www.ce.utexas.edu/ prof/ maidment/ gishydro/ ferdi/research/agree/agree.html)

7- Hudgens, B. 1999. Development of Hydrologic Parameters at Points in a Surface Water Network. Term Project. (Available at http://gis.esri.com/library/userconf/proc99/proceed/papers/pap866/p866.htm)

8- Hutchinson, M.F. 1988. Calculation of Hydrologically Sound Digital Elevation Models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia.

9- Hutchinson, M.F. 1989. A New Procedure for Gridding Elevation and Stream Line Data with Automatic Removal of Spurious Pits. Journal of Hydrology 106: 211-232.

10- Hutchinson, M. F. and Dowling, T. I. 1991. A Continental Hydrological Assessment of a New Grid-Based Digital Elevation Model of Australia. Hydrological Processes 5: 45-58.

11- Hutchinson, M. F. 1993. Development of a Continent-Wide DEM with Applications to Terrain and Climate Analysis. In Environmental Modeling with GIS, ed. M. F. Goodchild et al., 392-399. New York: Oxford University Press.

12- Hutchinson, M. F. 1996. A locally Adaptive Approach to the Interpolation of Digital Elevation Models. In Proceedings, Third International Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling. Santa Barbara, CA: National Center for Geographic Information and Analysis. (Available at http://www.ncgia.ucsb.edu/conf/SANTA_FE_CDROM/sf_papers/hutchinson_michael_dem/local.html)

13- Jenson, S. K. and Domingue, J. O. 1988. Extracting Topographic Structure from Digital

Elevation Data for Geographic Information System Analysis, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Vol. 54, No. 11, November 1988, pp. 1593-1600.

14- Mark, D. M. 1988. Network models in geomorphology. In modeling geomorphological Systems, John Wiley & Sons, 73 - 97.

15- Murphy, P. N. C. Ogilvie, J. Meng, F. and Arp, P. 2007. Stream Network Modeling Using Lidar and Photogrammetric Digital Elevation Models: A Comparison and Field Verification, Processes. Volume, Pages 1747 -1754

16- Saunders, W. 2000. Preparation of DEMs for use in environmental modeling analysis. In: Hydrologic and Hydraulic Modeling Support with Geographic Information Systems, edited by Dr. D. Maidment and Dr. Dean Djokic, pp. 29-51. Redlands, Environmental Systems Research Institute Inc

17- Tarboton, D. G. Bras, R. L. and Rodriguez-Iturbe, I. 1991. On the Extraction of Channel Networks from Digital Elevation Data. Hydrological Processes. 5: 81-100.

18- Winchell, M. Srinivasan, R. Diluzio, M. and Arnold, J. 2008. ArcSWAT 2.0 Interface for SWAT 2005 User's Guide. Blackland Research Center, USDA Agricultural Research Servic

مجله علمی - پژوهشی
علوم و مهندسی آبخیـــزداری ایران
Iran-Watershed Management
Science & Engineering

Vol. 2, No. 4, Fall 2008
سال دوم - شماره ۴ - پاییز ۱۳۸۷

Abstract

Improving Disconnected Digital Stream Networks by Developing an Object Oriented Model in GIS Environment

S.M. Tabatabaei[1] , A. Majidi[2] and M. Roghani[3]

In research or applied study projects related to watersheds, stream network data layers are one of the most important data used to calculate the parameters such as watershed physical parameters, runoff, sediment, erosion and etc. These digital spatial data layers prepared in different formats and scales often have deficiencies in their topology structures such as the disconnection of stream networks and inaccurate coincidence of watershed flow direction pattern with digital direction of the streams. These deficiencies create many problems in calculating watershed parameters whereas built-in facilities in current GIS softwares also have basic restrictions in resolving them. In the present research, in the GIS environment, a new model has been designed and developed to solve the GIS softwares problems in creating artificial stream networks (from point of view of the numbers and position of streams and also threshold definition). In addition to this, the developed model is capable of converting disconnected stream networks to connected ones. The number and position of new created streams are equal to their original hydrographic networks and water flow direction has been corrected based on watershed flow direction pattern. The extracted statistics results of the research show high accuracy of the model outputs.

Key words: ArcObjects, Avenue, DE, Disconnection, Flow Direction and Stream

1 Research Instructor of Soil Conservation & Watershed Management Research Centre,Iran, taba1345@hotmail.com; tabatabaei@scwmri.ac.ir

2- Research Instructor of Soil Conservation & Watershed Management Research Centre,Iran, majidi_a@scwmri.ac.ir

3- Research Instructor of Soil Conservation & Watershed Management Research Centre, Iran, moroghani@gmail.com