Archive of SID

افزایش دقت مدل ارتفاعی رقومی زمین (DEM) و کاهش خطاهایPit و Flat بدون انجام عملیات میدانی

سید محمودرضا طباطبائی [1]

چکیده

بسیاری از پارامترهای فیزیوگرافی (DEM، شیب، وجه شیب، پروفیل طولی و غیره) در ارتباط با ارتفاع می‌باشند. بنابراین کافی نبودن اطلاعات ارتفاعی در نقشه‌های توپوگرافی (خصوصاً در مقیاس‌های متوسط و کوچک) عمدتاً سبب بروز خطاهایی در محاسبه آنها (پارامترها) می‌شود که غالباً از چشم کاربران پنهان مانده و تأثیر خود را در محاسبات بعدی می‌گذارد. با توجه به اینکه در اغلب پروژه های تحقیقاتی و یا اجرائی، انجام عملیات نقشه برداری و برداشت های صحرائی پرهزینه است، لذا امکان تولید برنامه ای اتوماتیک و سریع که بتواند اطلاعات بیشتری از نقشه‌های توپو گرافی استخراج نماید (بدون انجام عملیات نقشه برداری یا صرف هزینه) سبب خواهد شد تا دقت محاسبات بعدی (محاسبه DEM) بیشتر شده و به تبع آن سایر پارامترهای ارتفاعی نیز دقیق‌تر محاسبه گردند. همچنین، رعایت نمودن نکاتی در مرحله ساخت DEM، سبب خواهد شد تا از میزان خطا های[1] Flat و[2] Pit ،که از جمله خطاهای شایع در DEM می باشند، تا حد زیادی کاسته گردد.

در تحقیق حاضر، در محیط نرم‌افزار (ArcView 3.2) و با استفاده از زبان برنامه نویسی شی گرای Avenue مدلی طراحی شده است که می‌تواند بدون صرف هزینه و با سرعت زیاد، نقاط ارتفاعی رودخانه ها را با فواصل دلخواه با توجه به خطوط تراز ودر محیط برداری محاسبه نماید. اطلاعات حاصل از برنامه به صورت یک لایه نقاط ارتفاعی کمکی می‌تواند در تولید دقیق تر DEM مورد استفاده قرار بگیرد. نتایج آماری گرفته شده از تحقیق، لزوم بکار گیری نقاط ارتفاعی کمکی را تاکید می نماید.

واژه های کلیدی

برنامه‌نویسی شی‌گرا، مدل ارتفاعی رقومی زمین ، **GIS ، GIS ، Flat Error، DEM، Avenue**

Pit Error،Programming

---

[1] عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری
تلفن: ۱۸-۴۹۰۱۲۱۴، فاکس ۴۹۰۵۷۰۹، تهران صندوق پستی: ۱۳۴۴۵-۱۱۳۶

[1] Flat = مناطق مسطح
[2] Pit=گودال رقومی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

یکی از روشهای افزایش دقت محاسبه پارامترهای فیزیوگرافی، استفاده بیشتر از نقاط و عوارض ارتفاعی موجود در نقشه های توپوگرافی است. این امر در بسیاری از مواقع بدلیل ناکافی بودن عوارض ارتفاعی در نقشه های توپوگرافی میسر نمی‌باشد(نظیر مناطق مسطح). همچنین در بسیاری از شرایط به دلیل وجود محدودیتهائی نظیر هزینه های عملیات نقشه برداری و یا وقت گیربودن آنها، وجود موانع صعب العبوردر منطقه و غیره، امکان دستیابی به اطلاعات ارتفاعی بیشتر وجود ندارد. در چنین شرایطی نقشه های مشتق شده از آنها اعم از نقشه‌های برداری[۱] یا شبکه سلولی[۲] نظیر DEM[۳]، نقشه های شیب و وجه شیب، پروفیل آبراهه ها و...) از دقت و کارائی لازم برخوردار نمی باشند. تاکنون روشهای مختلفی جهت اصلاح DEM طراحی شده است. در این زمینه Ferdi Hellweger (۱۹۹۷) روشی را طراحی نموده، که قادر است با کاهش ارتفاع در مدل ارتفاعی رقومی زمین (در محل شبکه آبراهه ای حوزه آبخیز)، شبکه آبراهه ای جدیدی منطبق با الگوی جریان آب را تولید نماید.Hannah (۱۹۸۱)، الگوریتمهائی را برای ارزیابی خطاهای DEM ارائه نموده است. مبنای اصلی الگوریتمهای ارائه شده، بر اساس مقایسه ارتفاع نقاط موجود در DEM با مقادیر بدست آمده از میانیابی نقاط ارتفاعی همسایگان آنها می باشد. O'Callaghan وMark (۱۹۸۴) ، از فیلترهای مکانی جهت تصحیح خطاهای سیستماتیک و تصادفی موجود در DEM استفاده نموده اند بطوری که در این فیلترها، میانگین ارتفاع ۸ سلول اطراف سلول مرکزی محاسبه و سپس بجای ارتفاع سلول مرکزی جایگزین می‌شود. Di Luzio، Srinivasan و Arnold (۲۰۰۱) ، در مدل SWAT[۴] روشی مشابه روش Ferdi Hellweger (۱۹۹۷) را تعریف نمودند که با کمک آن می‌توان ارتفاع مدل ارتفاعی رقومی زمین را در محل شبکه های زهکش حوزه آبخیز کاهش داد به طوری که از این طریق مسیر

---

(1) Vector= بردار
(2) Raster = شبکه سلولی
(3) DEM = مدل ارتفاعی رقومی زمین
(4) SWAT= Soil and Water Assessment Tool =
مدل ارزیابی آب وخاک در حوزه های آبخیز بزرگ مقیاس. تدوین شده توسط دپارتمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا

www.SID.ir

Archive of SID

آبراه ها با الگوی جهت جریان آب منطبق گشته و تولید اتوماتیک زیر حوزه های هیدرولوژیکی امکان پذیر می گردد. Quoc Anh و Trung (۲۰۰۴)، با استفاده از GIS و نقاط ارتفاعی کنترلی برداشت شده توسط GPS اقدام به اصلاح DEM منتج شده از تصاویر ماهواره ای ASTER نمودند. بر طبق تحقیق انجام شده، میزان خطای نقشه DEM در مناطق مسطح بسیار بیشتر از مناطق کوهستانی بوده و مقایسه نقاط کنترلی توسط GPS و نقاط مشابه در نقشه DEM نشانگر اختلافی بیش از ۳۰ متر بوده است. Westen و Farifteh (۱۹۹۷)، روشی را جهت اصلاح DEM در قلل کوهها و منحنی های تراز بسته، ارائه نمودند. بر اساس این روش لازم است لایه نقطه ای که شامل نقاط قلل کوه‌ها و تپه‌ها می‌باشد از نقشه‌های توپوگرافی برداشت شده و پس از رقومی شدن به صورت یک لایه، به همراه لایه خطوط تراز در یک ساختار رستری واحد، مورد درون یابی قرار می‌گیرند. لازم به ذکر است که در روش یاد شده، روشی جهت برداشت یا تولید عوارض ارتفاعی وجود ندارد و این عوارض بایستی از قبل تهیه شده باشد. همچنین جهت شناسائی خطاهای DEM ، نظیر مناطق مسطح (Flat) وگودا ل های رقومی(Pit)، روش هائی را ارائه نمودند که بابکار گیری عملیات همسایگی (فیلترینگ) خاصی که بر روی سلول های یک مدل DEM انجام می گیرد می توان نسبت به شناسائی این گونه خطا ها اقدام نمود. Thomas (۱۹۹۶) وRazavi (۲۰۰۲) به تشریح داده‌های مکانی پایه موجود در GIS نظیر PolyLine و PolyLineM می‌پردازند که در تجزیه و تحلیل های برداری، استفاده از این نوع داده های مکانی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می‌باشد. به طور کلی PolyLine و PolyLineM به مجموعه‌ای از داده‌های خطی شامل Feature Line و یا Feature LineM اطلاق می‌شود که هر داده خطی دارای یک یا چند نقطه (Point و یا PointM) با ویژگیهای (x,y,m) است. (x,y مختصات جغرافیایی متریک و m ارزش عددی آن نقطه می‌باشد).

با شرح مطالب فوق، می توان نتیجه گرفت که در روشهای یاد شده، تاکید بر لزوم اصلاح مدل ارتفاعی رقومی زمین پس از تولید آن می باشد از اینرو در پژوهش انجام شده که موضوع مقاله حاضر می باشد و بر اساس آن اقدام به ابداع مدل نوین گردیده این امکان فراهم شده است که در حداقل زمان مشخص با تولید عوارض ارتفاعی

www.SID.ir

Archive of SID

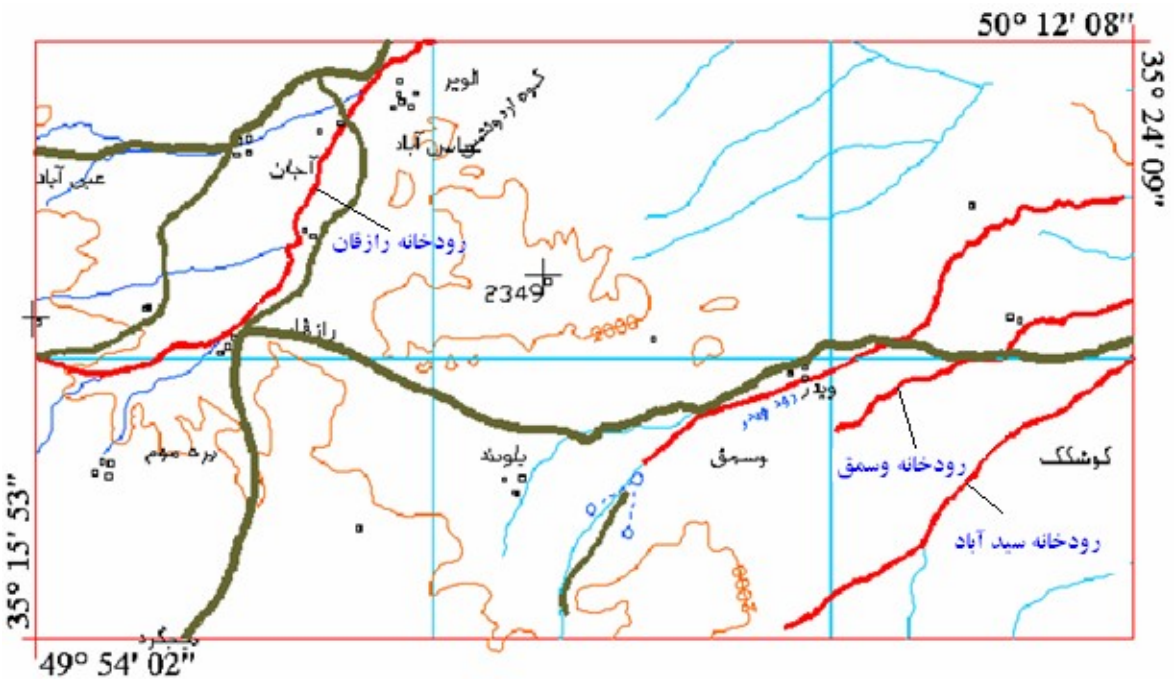
بیشتر از اطلاعات اولیه موجود، دقت DEM را در مرحله تولید افزایش داد. بدیهی است با این اقدام حجم زیادی از پردازش های اصلاحی در مراحل بعدی نیز کاهش می یابد.

مواد و روش ها

الف – مواد

در این تحقیق از نقشه های توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰(حاصل از عملیات نقشه برداری میدانی) و ۱:۵۰۰۰۰سازمان جغرافیائی ارتش و همچنین نرم افزار ArcView 3.2a و زبان برنامه نویسی شی گراAvenue استفاده شده است. تحقیق انجام شده در مسیر رودخانه های سید آباد، وسمق و رازقان به ترتیب با طول های تقریبی ۲ تا ۴ کیلومتر و با دارا بودن سه تیپ ژئومورفولوژی مختلف شامل دشت، نسبتا کوهستانی و کوهستانی در روستای سیدآباد شهرستان ساوه در استان مـرکزی و در محـدوده جغـرافـیائی عـرض شمـالی "۵۳ '۱۵ °۳۵ تا "۰۹ '۲۴ °۳۵ و طول شرقی"۰۲ '۵۴ °۴۹ تا "۸ '۱۲ °۵۰ انجام شده است. شکل (۱).

1



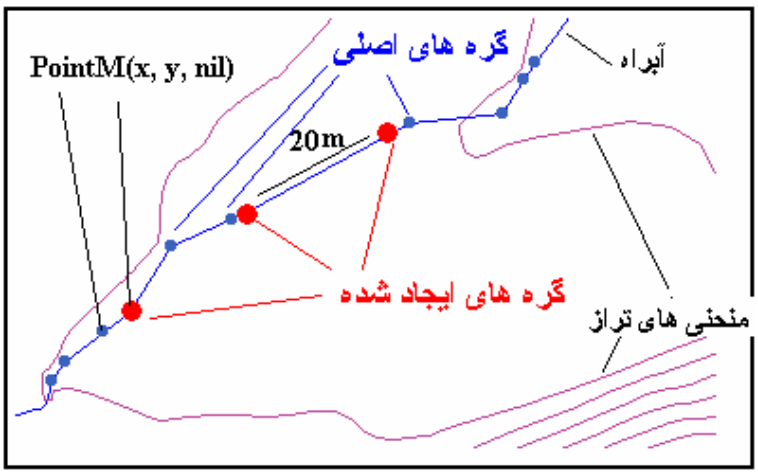
شکل۱– موقعیت سه رودخانه سید آباد، وسمق و رازقان در دشت زرند شهرستان ساوه

www.SID.ir

Archive of SID

ب- روشها

برای انجام تحقیق، ابتدا لایه رقومی زهکش مسیر سه رودخانه از ساختار PolyLine به ساختار PolyLineM تبدیل و سپس گره هائی[1] با توجه به نیاز کاربر در فواصل دلخواه بر روی آن ایجاد گردید. در این مرحله، ارزش عددی هر گره برابر nil یا تهی فرض گردیده و همان طور که در شکل (۲) نشان داده شده است گره های اصلی شبکه زهکش با علامت (•) و گره های جدید که با فواصل ۲۰ متر تولید شده اند با علامت (●) مشخص گردیده اند.



شکل ۲- گره ها (PointsM) در ساختار PolyLineM جدید. • =گره های اصلی شبکه زهکش و ● گره های جدید تولید شده با فواصل ۲۰ متر

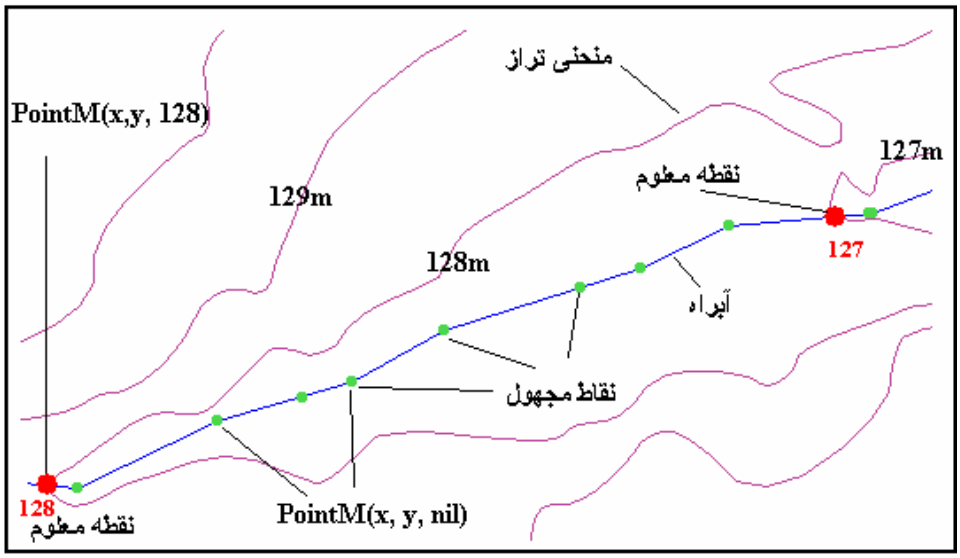
از آنجا که وجود گره ها به تنهائی بر روی خطوط هیچ‌گونه ارزش ارتفاعی ندارد(مقدار ارتفاع آنها **nil** می‌باشد)، لذا میبایستی از نقاط دیگری که در محل برخورد خط با خطوط تراز می‌باشد استفاده نمود. ارتفاع این نقاط، می‌تواند بیانگر ارتفاع خطوط تراز در این نقاط باشد و سپس با بهره گیری از این نقاط که ارتفاع آنها معلوم است می‌توان به ارتفاع کلیه نقاط (نقاط تولید شده با فواصل دلخواه یا نقاط اصلی خطوط زهکش) که مقدار ارتفاع آنها **nil** می‌باشد، دست یافت. شکل(۳)

---

[1] Vertices= گره ها

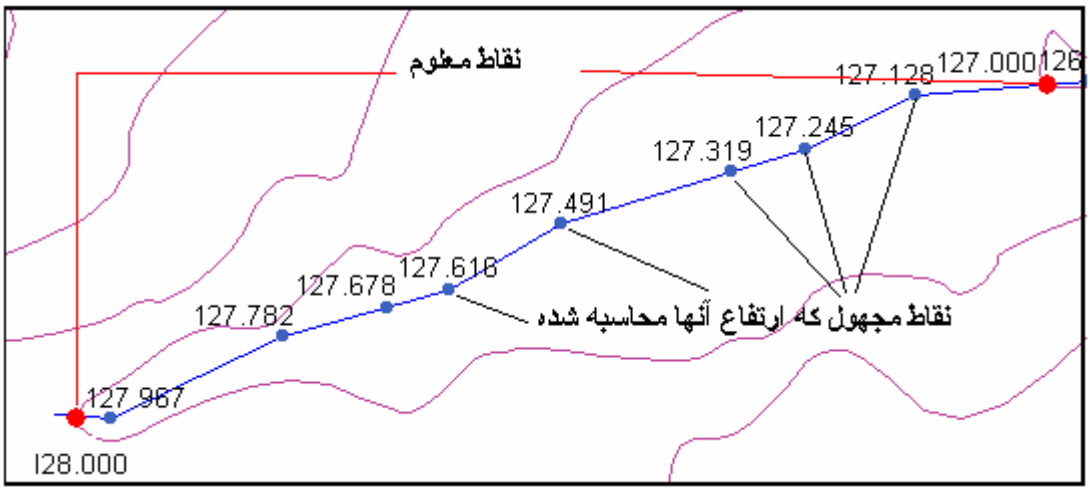
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳- تولید نقاط در محل خطوط تراز

در مرحله بعد، با استفاده از تابع **InterpolateNilM** موجود در کلاس شئ **PolylineM** ، ارتفاع نقاط مجهول بر اساس فاصله آنها از نقاط معلوم محاسبه شده است(میان یابی خطی). لازم به توضیح است که کلیه محاسبات انجام گرفته در این مرحله در شرایط برداری انجام گرفته و به این ترتیب در شکل ۴ مقادیر محاسبه شده برای نقاط مجهول ارائه شده است.



شکل(۴) ارتفاع محاسبه شده در نقاط مجهول

بدیهی است از نقاط مذکور می توان در تولید دقیق تر DEM استفاده نمود. در مرحله نهائی به منظور بررسی تأثیر بکار گیری نقاط ارتفاعی کمکی در تولید DEM اصلاحی، ارتفاع نقاط شاهد پروفیل طولی رودخانه ها (سه رودخانه سید آباد، وسمق و رازقان) با ارتفاع نقاط متناظر آنها (از نظر مختصاتی X, Y) و ارتفاعی (Z)، در

www.SID.ir

Archive of SID

DEM اصلاحی و DEM معمولی با استفاده از آزمون مقایسه جفت ها به شرح زیر مورد مقایسه و بررسی قرار گرفته اند.

رابطه آزمون آماری مقایسه میانگین جفت ها

$$t = \frac{\overline{d} - do}{\frac{sd}{\sqrt{n}}}$$

که در آن $\overline{d}$: میانگین اختلاف ارتفاع زوج‌های نقاط ارتفاعی، Sd : انحراف معیار و n : تعداد نقاط مورد مقایسه است.

جهت بررسی تاثیر تعداد ارقام اعشار مقادیر ارتفاع در مدل DEM ، در میزان تولید خطاهای مناطق مسطح (Flat) و گودال های رقومی (Pit)، دو مدل DEM با دقت هائی تا ۰,۱ و ۰,۰۰۱ اعشار برای هر یک از مناطق سه گانه (رازقان، وسمق و سید آباد) تولید شد. پس از آن، با بکار گیری توابع موجود در GIS (در قسمت سابقه بدان اشاره شد)، خطاهای Pit و Flat در مدل های DEM شناسائی و مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج

۱- با بکار گیری زبان برنامه نویسی شی گرا Avenue در محیط ArcView3.2، مدل تولید نقاط ارتفاعی کمکی بر روی شبکه زهکش حوزه آبخیز، طراحی و ساخته شده است.

۲- نتایج آماری گرفته شده از بکار گیری نقاط ارتفاعی کمکی(حاصل از اجرای مدل تدوین شده) در تولید DEM، در سه منطقه رازقان، سید آباد و وسمق نشانگر این است که استفاده از این نقاط ارتفاعی، اثرات بسیار مثبتی در افزایش دقت نقشه های DEM داشته است. نتایج t (آماره) محاسبه شده در DEM معمولی و DEM اصلاحی و محدوده قابل قبول آن (در سطح ۱ درصد) نشان داد که اختلاف بین ارتفاع نقاط شاهد و نقاط متناظر آن در DEM معمولی در هر سه رودخانه سید آباد، وسمق و رازقان کاملا معنی دار می باشد. این در حالی است که اختلاف معنی داری بین ارتفاع نقاط شاهد و نقاط متناظر آن در DEM اصلاحی مربوط به سه رودخانه مورد بررسی در سطح ۱ درصد و سطح ۵ درصد مشاهده نگردید. در جداول ۱ و۲ به ترتیب نحوه انجام مقا یسه های بین نقاط

www.SID.ir

Archive of SID

کنترل شاهد زمینی ، نقاط متناظر در DEM اصلاحی و در DEM معمولی و نتایج آزمون های انجام شده در مسیر سه رودخانه سید آباد، وسمق و رازقان ارائه شده است.

جدول ۱: سازماندهی اطلاعات نقاط شاهد و نقاط متناظر آنها در DEM اصلاحی و معمولی

اختلاف ارتفاع نقاط شاهد با نقاط متناظر در DEM اصلاحی Dii=(Z-B)	اختلاف ارتفاع نقاط شاهد با نقاط متناظر در DEM معمولی Di=(Z-A)	ارتفاع نقاط متناظردر DEM اصلاحی(B)	ارتفاع نقاط متناظردر DEM معمولی (A)	ارتفاع نقاط شاهد در پروفیل حاصل از نقشه‌برداری (Z)
Dii1	Di1	B1	A1	Z1
..	..	..	..	..
Diin	Din	Bn	An	Zn

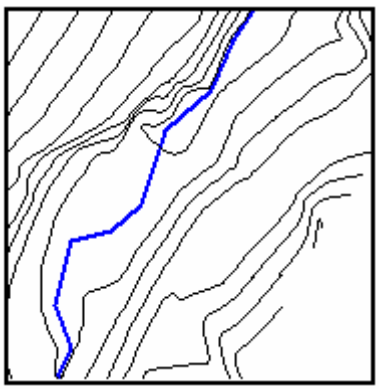
جدول ۲: نتایج آزمون آماری مقایسه جفت ها در رودخانه های سید آباد، وسمق و رازقان

پارامترهای آماری	رودخانه سید آباد		رودخانه وسمق		رودخانه رازقان	
	نقاط متناظر در DEM معمولی	نقاط متناظر در DEM اصلاحی	نقاط متناظر در DEM معمولی	نقاط متناظر در DEM اصلاحی	نقاط متناظر در DEM معمولی	**نقاط متناظر در DEM اصلاحی**
n: (تعداد نقاط)	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۲	۲۳۲	۱۳۳	۱۳۳
t (آماره)	**۱۷/۸** –	**-۰/۷۸**	**-۱٦/٦**	**-۱/۹**	**-۱۰/۱۸**	**-./۵**
محدوده t (آماره): در سطح ۱ درصد ۲/۵۶۷ و در سطح ۵ درصد ۱/۹۶ می باشد						

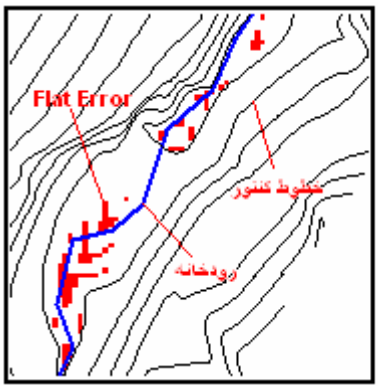
۳- افزایش دقت مدل ارتفاعی رقومی زمین(در هنگام ساخت آن) با افزایش دادن تعداد رقوم اعشار ارتفاع آن(حداقل تا سه رقم اعشار) تاثیر قابل توجهی در کاهش خطاهای مناطق مسطح (Flat) و گودا های رقومی (Pit) داشته است. به عنوان نمونه در شکل های (۵) و (۶) ، مقایسه ای بین خطاهای Flat و Pit موجود در دونوع DEM (با دقت های ۰,۱ و ۰,۰۰۱ اعشار) در قسمتهائی از رودخانه راقان نشان داده شده است.

www.SID.ir

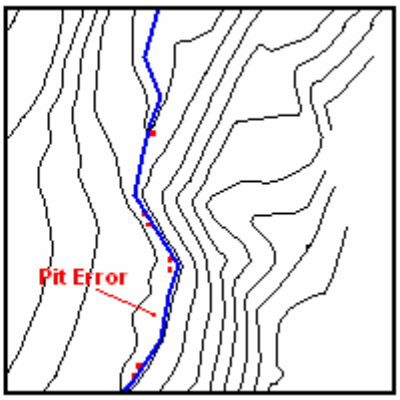
Archive of SID



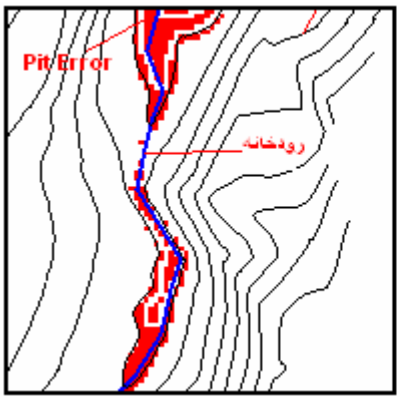
شکل (۵- الف) نقشه خطای Flat منتج از DEM با دقت ۰,۰۰۱ اعشار



شکل (۵-ب) نقشه خطای Flat منتج از DEM با دقت ۰,۱ اعشار



شکل (۶- الف) نقشه خطای Pit منتج از DEM با دقت ۰,۰۰۱ اعشار



شکل (۶-ب) نقشه خطای Pit منتج از DEM با دقت ۰,۱ اعشار

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از پژوهش، نشانگر این است که علیرغم آنکه دقت نقاط ارتفاعی بدست آمده از مدل ابداعی، در حد دقت نقشه های توپوگرافی مرجع خود می باشند، با این حال بکارگیری مجدد آنها در تولید DEM، نقش مهمی در افزایش دقت DEM و به تبع آن سایر نقشه های منتج شده از آن، نظیر شیب، وجه شیب، پروفیل طولی و ...دارد. با توجه به اینکه در بسیاری از شرایط، امکان عملیات میدانی جهت برداشت نقاط ارتفاعی زمینی وجود ندارد (کمبود منابع مالی، وقت و ...) استفاده از چنین مدلی می تواند در کمترین زمان و با حداقل هزینه، نقاط ارتفاعی کمکی را در اختیار کاربر قرار دهد. با مقایسه میزان t (آماره) بدست آمده در مسیر سه رودخانه سید آباد(منطقه دشتی)، وسمق(منطقه نسبتا کوهستانی) و رازقان(منطقه کوهستانی) می‌توان چنین نتیجه گیری نمود که نقاط ارتفاعی کمکی، بیشترین تأثیر خود را در مناطق مسطح و کم شیب داشته است. نتیجه بدست آمده تائید کننده این حقیقت است که به دلیل کمبود عوارض ارتفاعی در مناطق کم شیب، DEM تولید شده در این مناطق از دقت کافی

www.SID.ir

Archive of SID

برخوردار نمی‌باشند و در نتیجه کلیه پارامترهای وابسته به آن نظیر شیب، وجه شیب(جهت دامنه ها)، پروفیل طولی و امثالهم دارای خطا می توانند باشند به طوری که اینگونه خطا ها نیز به طور معمول از دید کاربران پنهان می مانند.

پیشنهادات

بکار گیری حداکثر اطلاعات موجود در نقشه های توپوگرافی و توجه و دقت در نحوه ساخت مدل های سطح (Surface) نظیر مدل ارتفاعی رقومی زمین، نقش مهمی در افزایش دقت این گونه مدل ها دارد. این امر در بسیاری از شرایط بدلیل محدویت های نرم افزاری امکان پذیر نمی باشد. لذا توسعه سیستم های GIS از طریق برنامه نویسی و تدوین برنامه هائی کاربردی که بتواند نقایص فعلی را برطرف نماید الزامی بنظر می رسد. در این میان تکنولوژی COM از جمله جدید ترین تکنولوژیها در زمینه تولید نرم افزار بالااخص در زمینه ساخت و توسعه نرم افزارهای سیستم های اطلاعات جغرافیائی می باشد. استفاده از ArcObjects که واحد ساختمانی نرم افزار های ArcGIS را تشکیل می دهد می تواند زمینه توسعه نرم افزارهای موجود و یا ساخت نرم افزارهای مستقل GIS باشد.

فهرست منابع

1-Diluzio, M, Srinivasan, R. and Arnold, J., 2001, ArcView interface for SWAT 2000, user's guide, Blackland Research Center, Texas Agriculture experiment Station.

2- Hannah, M.J. 1981, Error detection and correction in digital terrain models. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, vol. 47, pp. 63-69.

3- Hellweger, F., 1997 AGREE DEM surface reconditioning system, Univ. of Tex. at Austin, Austin,. (Available at http ://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/gishydro/ferdi/research/agree /agree.html)

4- O'Callaghan, E.M. and Mark 1984. The extraction of drainage networks from digital elevation data. Computer Vision Graphics and Image Processing, vol. 28, pp. 323-344.

5-Razavi I, 2002, Arcview GIS /Avenue Programmer's Reference, Onword Press, Canada, 374 pp.

6-Thomas G., 1996, Using Avenue. ESRI Press, U.S.A, 260 pp.

7-Van Cong Quoc Anh and Le Van Trung, 2004, the integration of GPS and GIS to correction DEM data of ASTER image, International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2004

8-Westen, C.V. and J. Farifteh, 1997, ILWIS User's Guide. ILWIS Department, ITC, The Netherland, pp 339-384

www.SID.ir