ارزیابی مقایسه‌ای الگوریتم‌های محاسبه شیب زمین با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی

محمد فتحی حسین آبادی[۱]، قاسم خسروی[۲*]

۱- کارشناس ارشد مهندسی نقشه برداری گرایش سیستم اطلاعات مکانی، گروه GIS و سنجش از دور، واحد لنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

۲- استادیارگروه GIS و سنجش از دور، واحد لنجان، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

چکیده

مدل ارتفاعی رقومی (DEM) در پردازش‌های مختلف علوم زمین به عنوان یکی از منابع اصلی مطالعات بکارگرفته شده است. عامل شیب متوسط یک منطقه یکی از خصوصیات اساسی و فیزیکی مهم بوده و محاسبه و تعیین این عامل در تمامی طرح‌های مرتبط با علوم زمین ضروری است. از این رو در این پژوهش به منظور ارزیابی الگوریتم‌های شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ابتدا دو منطقه براساس شرایط و ویژگی‌های خاص در نظر گرفته شد. سپس برای هریک از این مناطق (DEM) ۳۰ و ۹۰ متری SRTM تهیه گردید. با استفاده ازکدنویسی در محیط پایتون الگوریتم‌های شیب از جمله همسایگی، درجه دوم، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر محاسبه و از کتابخانه time و کتابخانهpsutil به ترتیب برای زمان محاسبه الگوریتم و حافظه مصرفی سیستم استفاده شد. با استفاده از تعدادی نقاط پیش فرض الگوریتم های شیب از نظر مکانی مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج به دست آمده نشان داد الگوریتم محاسبه شیب، سراشیبی حداکثر مقادیر بالاتر و الگوریتم شیب حداکثر مقادیر پایین‌تری را نسبت به سایر الگوریتم ها کسب نموده است. همچنین ازنظر زمانی الگوریتم سطح درجه دو در کمترین زمان (۴/۰۲) ثانیه و الگوریتم سراشیبی حداکثر در بالاترین زمان (۷/۱۳) ثانیه محاسبه گردید. الگوریتم سراشیبی حداکثر نیز بالاترین مقدار حافظه (RAM) را در منطقه اول و با استفاده از (DEM) ۳۰ متری به میزان ۵۳۲/۰۱ مگابایت را هنگام پردازش اشغال می‌نماید.

واژگان کلیدی: مدل ارتفاعی رقومی (DEM)، سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، الگوریتم، شیب زمین

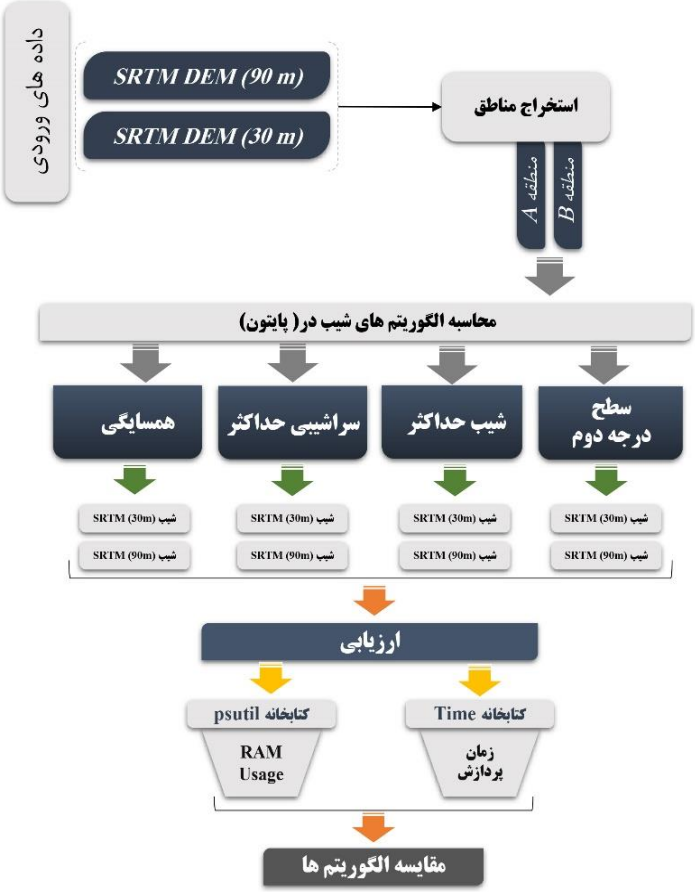
* نویسنده مسئول

Email: Khghasem@yahoo.com

۱- مقدمه

مدل ارتفاعی رقومی(Digital Elevation Model) از دهه50 میلادی در پردازش‌های مختلف علوم زمین به عنوان یکی از منابع اصلی مطالعات بکار گرفته شده است (۳). این مدل‌ها به همراه مشتقات آن همچون شیب و جهت شیب در علوم مختلف مهندسی استفاده شده و امکان انجام آنالیزهای مختلف بر روی سطح زمین را فراهم کرده است. گسترش استفاده از این مدل‌ها ضرورت تعیین دقت آنها را بیش از پیش نمایان می‌کند. امروزه مدل‌های ارتفاعی رقومی جهانی متعددی بصورت آزاد از طریق وب قابل دسترس می‌باشند. به عنوان مثال می‌توان ازSRTM وGDEM به عنوان دو نمونه از پرکاربردترین مدل‌های جهانی در دسترس نام برد (۷). GDEM یکی از محصولات سنسور ASTERژاپن می‌باشد وSRTM (Shuttle Radar Topography Mission) نیز در سال 2000 در یک پروژه بین‌المللی با همکاریNASA وNGA تهیه شد. بطورکلی می‌توان گفت که یک DEM از دو جزء اصلی یعنی اطلاعات اولیه و مدل‌های محاسباتی تشکیل شده است. بدین معنی که ابتدا داده‌های اولیه مورد نیاز مانند نقاط ارتفاعی، منحنی‌های میزان و غیره از منابع مربوطه جمع‌آوری می‌شوند. سپس با استفاده از مدل‌های درونیابی مناسب، مدل ارتفاعی رقومی ایجاد می‌گردد. دقت مدل حاصل، تابعی از دقت هر یک از این مراحل خواهد بود. در واقع دقت مسطحاتی، دقت ارتفاعی، توزیع، چگالی و الگوی پراکنش داده‌های اولیه، خصوصیات الگوریتم‌های درونیابی و نیز ساختار داده بکار گرفته شده، بر روی دقت و صحت مدل ایجاد شده تاثیر می‌گذارد. علاوه بر این در مواردی که مدل با استفاده از تکنیک‌های فتوگرامتری یا اسکن لیزری و لیدار(Light Detection and Ranging) تهیه می-شود برخی ملاحظات می‌توانند تأثیر بسزایی در دقت و صحت مدل ایجاد شده در مناطق با ویژگی-های مختلف داشته باشند (۸). از آنجایی که مدل ارتفاعی رقومی کاربردهای متعددی دارد، در این پژوهش به کابرد آن در تهیه نقشه شیب پرداخته شده است. روابط تجربی متعددی برای تعیین و برآورد شیب متوسط یک منطقه وجود دارد. در طرح‌های مختلف بر اساس سلیقه و نظر کارشناس مربوطه، از بعضی از این روابط استفاده می‌شود. نتایج حاصل از این معادله‌ها و روابط با هم متفاوت بوده و با هم اختلاف دارند. بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که تاکنون در سطح داخلی تحقیقات زیادی در خصوص موضوع مورد بررسی انجام نشده است. غفوریان و همکاران (۵) درپژوهشی تحت عنوان ارزیابی روش‌های تعیین شیب متوسط در یک حوزه آبخیز انواع روش‌های محاسبه شیب را با یکدیگر مورد مقایسه قرار داده اند. و در پایان بهترین روش در محاسبه شیب را معرفی نموده اند. همچنین چانگ (۱) در مطالعه‌ای با نام مقایسه روش‌های تخمین شیب حوضه‌های آبریز به بررسی نحوه محاسبه شیب پرداخته است. در این بررسی شیب متوسط ۱۳ حوزه آبخیز ایالت متحده آمریکا از روش‌های متعدد برآورد شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. نتیجه حاصل از این

مقایسه این بوده که روش‌های طول خطوط تراز (هورتون)، شبکه خطوط تراز، نمونه‌گیری اصولی شیب و روش ساده شده طول خطوط تراز، مقادیر نزدیک به هم را برای شیب متوسط حوزه‌ها ارائه داده در نتیجه به عنوان بهترین روش شناخته شده است. همچنین اسکیدمور (۱۳) به محاسبه شیب زمین با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی پرداخته است. جونز(۱۱) در مطالعه‌ای به نام مقایسه الگوریتم-



شکل (۱): فرآیند انجام پژوهش

Fig. (1): The process of conducting research

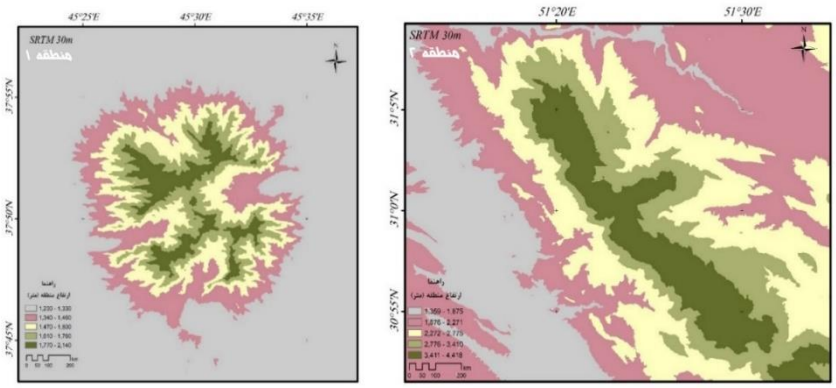
های مورد استفاده برای محاسبه شیب تپه از تصویرDEM ، به چگونگی نحوه برآورد شیب و الگوریتم‌های آن پرداخته است. دان و هیسکی(۲) در مقاله‌ای تحت عنوان تأثیر الگوریتم‌های شیب در برآورد شیب در GIS به مقایسه الگوریتم‌های محاسبه شیب پرداخه اند. هیسکی(۶) در پژوهشی با عنوان راه حل‌های زاویه شیب و طول شیب برای GIS به تجزیه و تحلیل برآورد شیب پرداخته است. از آنجا که عموماً شیب با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف محاسبه می‌شود، این نرم‌افزارها در میزان دقت، اشغال کردن حافظه RAM، مزیت زمانی و فضایی عملکرد مختلفی را از خود نشان می‌دهند. بطور کلی هدف از انجام این پژوهش مقایسه الگوریتم‌های تهیه نقشه شیب از مدل ارتفاع رقومی

(DEM) می‌باشد از این رو در این پژوهش الگوریتم‌های مختلف شیب مورد بررسی قرار گرفته و ازنظر زمانی و مکانی و میزان حافظه استفاده شده در الگوریتم‌های مختلف مورد ارزیابی قرارگرفته است فرآیند انجام پژوهش در شکل (۱) آورده شده است.

۲- مواد روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شکل(۲) منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این پژوهش دو منطقه (۱و۲) در محدوده کشور ایران به گونه‌ای انتخاب گردیده است که چشم‌اندازهای مختلفی چون کوهستان، دشت، تپه، دریاچه و... را دربر بگیرد همچنین هر دامنه از طول شیب مناسب برخوردار باشد، هر دامنه دارای یکنواختی شیب لازم باشد و دامنه‌ها حتی الامکان دارای شیب‌های متفاوت باشند. مساحت هریک از مناطق در جدول (۱) ارائه شده است.



شکل (۲): منطقه مورد مطالعه
Fig. (2): Study area

۲-۲- داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش مدل رقومی ارتفاعی زمین(SRTM) می‌باشد که در دو موقعیت متفاوت و با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ و ۹۰ متری استفاده گردیده است. مشخصات مربوط به داده‌های استفاده شده در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱) داده‌های مورد بررسی در پژوهش

Table (1): Data and times studied in the research

موقعیت	نوع مدل رقومی ارتفاعی	مساحت (km^2)	قدرت تفکیک مکانی	تعداد پیکسل
منطقه ۱	SRTM30	۷۸۳.۶۵۸	۳۰ متر	1073436
	SRTM90		۹۰متر	235335
منطقه۲	SRTM30	۳۵۳۶.۹۹۲	۳۰ متر	4725072
	SRTM90		۹۰متر	526473

۳-۲- الگوریتم‌های شیب

۳-۲- ۱- الگوریتم همسایگی

این الگوریتم توسط شرکت ESRI و سیستم پشتیبانی تجزیه و تحلیل منابع جغرافیایی (Consortium of European Research Libraries) CERL به کار رفته است و از یک پوشش (ماسک) سه در سه متحرک بر روی یک DEM برای پیش‌بینی شیب سلول مرکزی از هشت سلول همسایه معادله شیب (نرخ صعود/ ضریب حرکت) سلول مرکزی (درصد شیب) استفاده می‌کند رابطهٔ (۱).

$$s = (\sqrt{S^2{}_{e-w}} + S^2{}_{n-s} * 100 \qquad [۱]$$

محاسبه شیب غرب به شرق براساس رابطهٔ (۲) محاسبه می‌شود.

$$s_{e-w} = \frac{(Z_3+2\ z_4+Z_5)-(Z_1+2_{Z8}+Z_7)}{4*2*d} \qquad [۲]$$

محاسبه شیب شمال به جنوب براساس رابطهٔ (۳) محاسبه می‌شود.

$$s_{N-s} = \frac{(Z_1+2\ Z_5+Z_{53})-(Z_7+2_{Z6}+Z_7)}{4*2*d} \qquad [۳]$$

که در آن S نسبت شیب به درصد، z1 تا z2 ارتفاع سلول‌های ۱ تا ۹، d وضوح سلول می‌باشد. الگوریتم همسایگی در مرکز ماسک (پوشش) سه در سه را در نظر نمی‌گیرد(۴).

۲-۳-۲- الگوریتم سطح درجه دو

از یک معادله درجه دوم می‌توان برای عبور دقیق از ۹ نقطه ارتفاع در ماسک (پوشش) سه در سه استفاده کرد (۱۲). شیب (به درصد) اولین مشتق z با توجه به جهت شیب است که توسط روابط (۴، ۵و۶) محاسبه می‌شود.

$$S = ((\sqrt{G^2 + H^2}) * 100 \qquad [۴]$$

$$S = \frac{-z_8 + z_4}{2*d} \qquad [۵]$$

$$H = \frac{z_2 + z_6}{2*d} \qquad [۶]$$

که در آن S نسبت شیب به درصد، z_1 تا z_2 ارتفاع سلول‌های۱ تا۹، d وضوح سلول می‌باشد. این روش فقط۴ همسایه مجاور(Z_1، Z_2، Z_6 وZ_8) سلول مرکزی را در نظر می‌گیرد، بنابراین در محاسبه شیب اطراف سلول مرکزی محدود است. به‌علاوه، همان محدودیت‌های ذاتی روش همسایگی نیز در الگوریتم سطح درجه دو اعمال می‌شود.

۳-۳-۲- الگوریتم شیب حداکثر

این الگوریتم هنگام تخمین شیب ارتفاع سلول مرکزی (Z_9) را در نظر می‌گیرد. (۱۰) پیشنهاد کردند که حداکثر شیب(نرخ صعود/ ضریب حرکت) بین سلول مرکزی(Z_9) و هشت همسایه آن(Z_1 تاZ_8) به عنوان برآورد شیب در سلول مرکزی به عنوان پوشش (ماسک) سه در سه استفاده شود. حداکثر شیب (به درصد) از رابطهٔ (۷) محاسبه می‌شود.

$$S = \max \frac{|Z_9 - Z_i|}{l_c} * 100 \qquad [۷]$$

جایی که l_c فاصله بین نقاط میانی سلول همسایه، ۱ ، ۲، ۳، ...۸ می‌باشد. اشکال اصلی روش حداکثر شیب، تخمین بیش از حد شیب‌ها است. هنگامی که ماسک (پوشش) از طریق ارتفاع انجام می‌شود، مقادیر شیب برابر اندازه، اما در جهت مخالف، برای سلول‌های مجاور محاسبه می‌شود زیرا هر کدام

مرکز پوشش خود هستند. به طور موثر، یک شیب تند دو بار شمرده می‌شود، یک بار برای یک سلول در جهت سربالایی و دیگری برای سلول مجاور در جهت سرازیری است. بنابراین، زاویه‌های شیب برای آن منطقه از زمین بیش از حد تخمین زده می‌شوند.

۳-۲- ۴- الگوریتم شیب سراشیبی حداکثر

این روش شبیه الگوریتم شیب حداکثر است اما تفاوت بین سلول مرکزی(Z_9) و همسایگان آن(Z_1 تا Z_8) را محاسبه نمی‌کند(۶). در عوض حداکثر مقادیر شیب سرازیری برای پوشش سه در سه را با استفاده از رابطهٔ (۸) محاسبه می‌کند.

$$S = \max \frac{Z_9 - Z_i}{l_c} * 100 \qquad [۸]$$

جایی که l_c فاصله بین نقاط میانی سلول همسایه، 1 ،2 ،3 ، ...8 می‌باشد. روش شیب سراشیبی حداکثر ایرادات روش شیب حداکثر را اصلاح می‌کند. هنگامی که با الگوریتم‌های میانگین مقایسه می‌شود، مزیت اصلی این روش این است که تنوع شیب با در نظر گرفتن سلول مرکزی و یک همسایه حفظ می‌شود. بنابراین، به طور خلاصه در این الگوریتم، تنوع محلی تخمین بیش از حد شیب‌ها حفظ می شود.

۳-۲- روش کار

در این پژوهش پس از تعیین دو محدوده مطالعاتی بر اساس شرایط ذکر شده دو نوع مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ و ۹۰ متری SRTM انتخاب گردید. و به منظور محاسبه الگوریتم‌ها از زبان برنامه‌نویسی پایتون استفاده شد. این زبان به لطف کتابخانه‌های آن وارد حوزه‌های تخصصی رشته‌های مختلف از جمله علوم مکانی شده است. کتابخانه قدرتمند GDAL توانسته است با استفاده از پایتون سیستم اطلاعات جغرافیایی (Geographic Information System – GIS) را گسترش دهد و به قدرت آن بیفزاید. از این رو در این پژوهش با استفاده از کتابخانه‌های موجود در پایتون الگوریتم‌های شیب مورد محاسبه قرار گرفت. همچنین به منظور ارزیابی زمانی و حافظه مصرفی(RAM) از کتابخانه time و کتابخانه psutil به ترتیب برای زمان محاسبه الگوریتم و حافظه مصرفی سیستم استفاده شد. و درنهایت با استفاده از تعدادی نقاط پیش فرض؛ الگوریتم های شیب از نظر مکانی مورد مقایسه قرار گرفتند.

۳ -تحلیل یافته‌ها

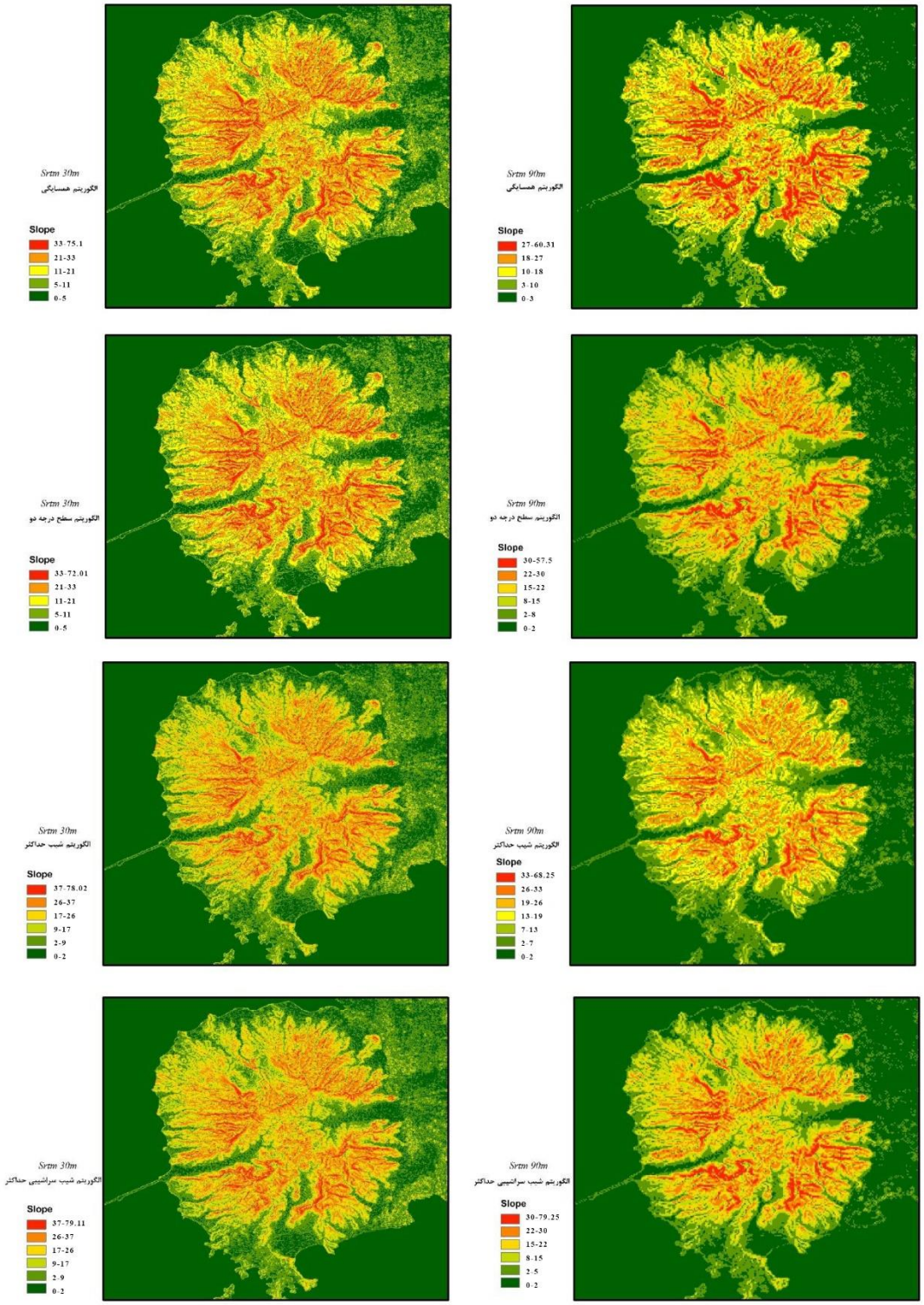
شکل (۳) نقشه طبقه‌بندی شده شیب منطقه (۱) براساس الگوریتم‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد. حداکثر شیب به دست آمده از DEM ۳۰ متری (SRTM) براساس الگوریتم همسایگی، سطح درجه دو، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر به ترتیب ۷۵، ۷۲، ۷۸ و ۷۹/۱۱ درصد و انحراف معیار به دست آمده به ترتیب ۹/۹۸، ۹/۳۲، ۸/۲۱ و ۸/۳۶ می‌باشد. ازاین رو بالاترین شیب محاسبه شده از DEM ۳۰ متری (SRTM) مربوط به الگوریتم سراشیبی حداکثر و پایین ترین مقدار آن مربوطه به الگوریتم سطح درجه دو می‌باشد. همچنین حداکثر شیب به دست آمده از DEM ۹۰ متری (SRTM) براساس الگوریتم همسایگی، سطح درجه دو، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر به ترتیب ۶۰/۳۳، ۵۷/۵ و۶۸/۲۵ و۷۹/۲۵ درصد و انحراف معیاربه دست آمده به ترتیب ۸/۵۲، ۷/۹۹، ۸/۲۱ و۸/۶ می‌باشد. و بالاترین شیب محاسبه شده از DEM ۹۰ متری (SRTM) مربوط به الگوریتم سراشیبی حداکثر و پایین ترین مقدار آن مربوطه به الگوریتم سطح درجه دو می‌باشد جدول(۲). شکل (۴) نقشه طبقه‌بندی شده شیب منطقه (۲) براساس الگوریتم های مورد بررسی را نشان می‌دهد. حداکثر شیب به دست آمده از DEM ۳۰ متری (SRTM) براساس الگوریتم همسایگی، سطح درجه دو، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر به ترتیب ۷۵، ۷۲، ۷۸ و ۷۹/۱۱ درصد و انحراف معیار به دست آمده به ترتیب ۹/۹۸، ۹/۳۲، ۸/۲۱ و ۸/۳۶ می‌باشد. بالاترین شیب محاسبه شده از DEM ۳۰ متری (SRTM) مربوط به الگوریتم سراشیبی حداکثر و پایین ترین مقدار آن مربوطه به الگوریتم سطح درجه دو می‌باشد. همچنین حداکثر شیب به دست آمده از DEM ۹۰ متری (SRTM) براساس الگوریتم همسایگی، سطح درجه دو، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر به ترتیب ۶۰/۳۳، ۵۷/۵ و۶۸/۲۵ و۷۹/۲۵ درصد و انحراف معیاربه دست آمده به ترتیب ۸/۵۲، ۷/۹۹، ۸/۲۱ و۸/۶ می‌باشد. ازاین رو بالاترین شیب محاسبه شده از DEM ۹۰ متری (SRTM) مربوط به الگوریتم سراشیبی حداکثر و پایین ترین مقدار آن مربوطه به الگوریتم سطح درجه دو می‌باشدجدول(۲).

جدول(۲): حداکثر شیب و انحراف معیار به دست آمده منطقه (۱و۲)

Table (2): Maximum Slope and Standard Deviation

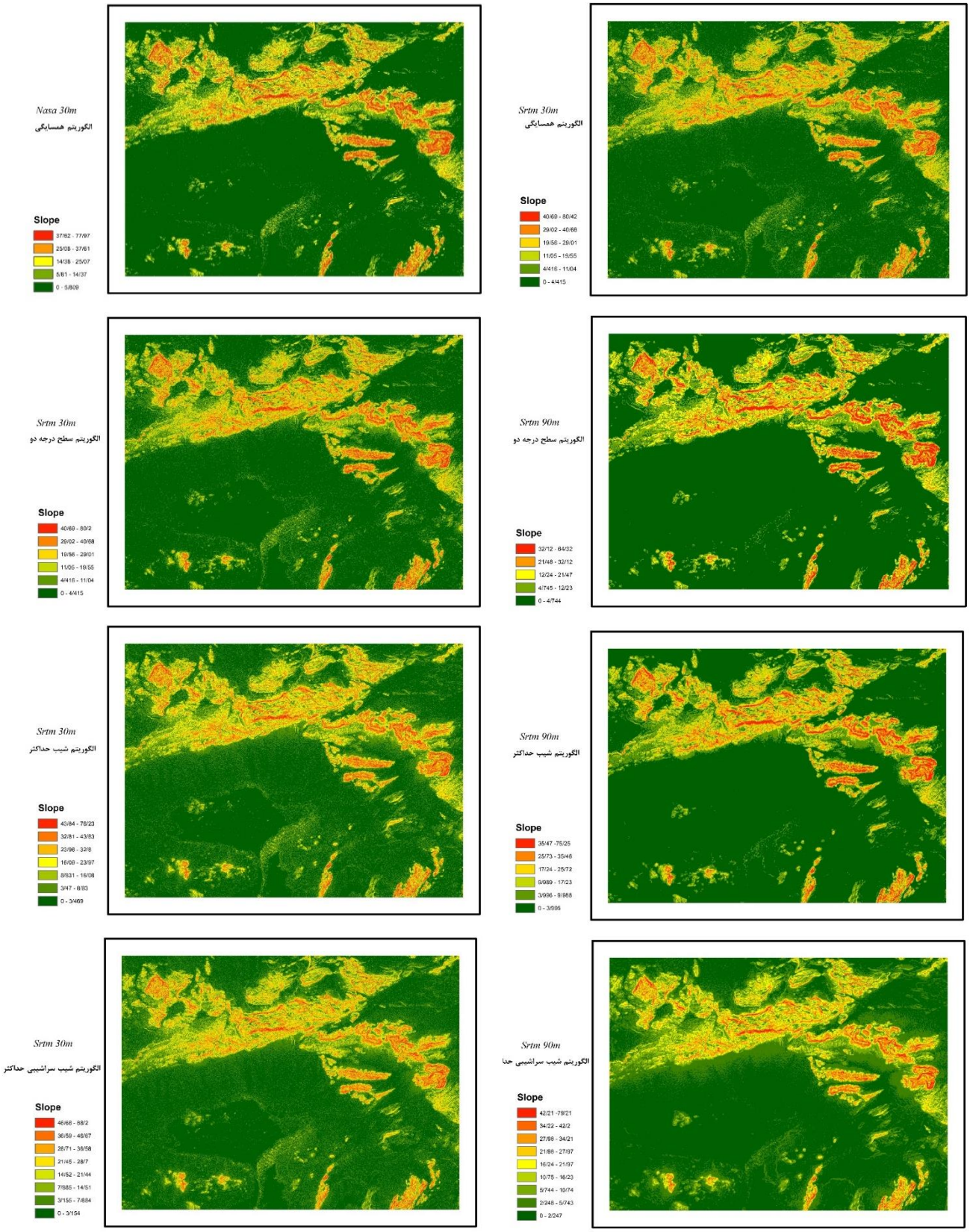
موقعیت	نوع مدل رقومی ارتفاعی	الگوریتم							
		همسایگی		سطح درجه دو		شیب حداکثر		سراشیبی حداکثر	
		حداکثر شیب(درجه)	انحراف معیار	حداکثر شیب(درجه)	انحراف معیار	حداکثر شیب (درجه)	انحراف معیار	حداکثر شیب(درجه)	انحراف معیار
منطقه ۱	SRTM (۳۰متر)	۷۵	۹/۹۸	۷۲	۹/۳۲	۷۸	۸/۲۱	۷۹/۱۱	۸/۳۶
	SRTM (۹۰متر)	۶۰/۳۳	۸/۵۲	۵۷/۵	۷/۹۹	۶۸/۲۵	۸/۲۱	۷۹/۲۵	۸/۶

منطقه۲	SRTM (۳۰متر)	۸۰/۴۱	۹/۸۶	۸۰/۲	۹/۳۲	۷۶/۲۳	۸/۹۶	۸۸/۲	۹/۸
	SRTM (۹۰متر)	۶۳/۶۷	۸/۷۹	۶۴/۳۲	۸/۳۶	۷۵/۲۵	۸/۹	۷۹/۲۱	۹/۰۲



شکل (۳): نقشه طبقه‌بندی شده شیب منطقه (۱)

Fig. (3): The classified map of the slope of the region (1)

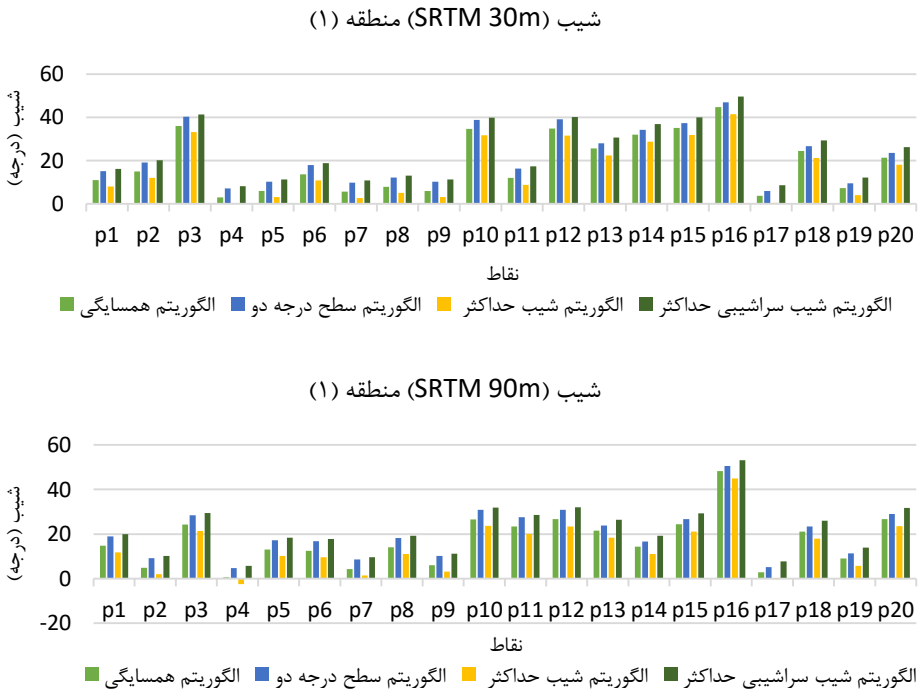


شکل (۴): نقشه طبقه‌بندی شده شیب منطقه (۲)

Fig. (4): The classified map of the slope of the region (2)

۱-۳- ارزیابی مکانی الگوریتم‌های شیب

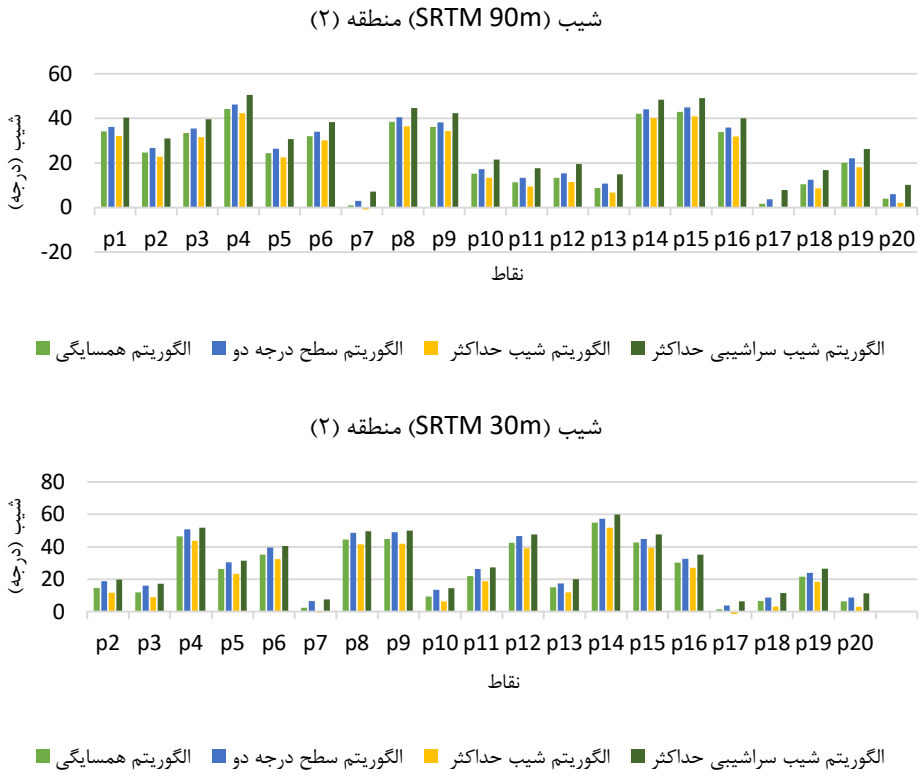
به منظور ارزیابی مکانی الگوریتم‌های شیب در منطقه (۱و۲)، ۲۰ نقطه در سطح محدوده به صورت پراکنده انتخاب گردید و سپس مقدار شیب به دست آمده براساس الگوریتم‌های همسایگی، سطح درجه دو، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر در هریک از نقاط استخراج گردید. نتایج شیب به دست آمده از الگوریتم‌های شیب براساس مدل رقومی ارتفاعی (SRTM)۳۰ متری نشان می‌دهد که الگوریتم سراشیبی حداکثر؛ مقادیر نسبتاً بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم‌ها به خود اختصاص داده است میانگین شیب نقاط در این الگوریتم ۲۲/۱۱ درصد می‌باشد. همچنین میانگین شیب نقاط الگوریتم همسایگی۱۹/۰۱ درصد، الگوریتم سطح درجه دو ۲۲/۴۵ درصد و الگوریتم شیب حداکثر۱۵/۹۳درصد به دست آمده است شکل(۵). علاوه بر این نتایج شیب به دست آمده از الگوریتم-های شیب براساس مدل رقومی ارتفاعی (SRTM)۹۰ متری نشان می‌دهد که الگوریتم سراشیبی حداکثر؛ مقادیر نسبتا بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم‌ها به خود اختصاص داده است میانگین شیب نقاط در این الگوریتم ۰۵/ ۲۲درصد می‌باشد.همچنین میانگین شیب نقاط الگوریتم همسایگی۱۶/۹۵درصد، الگوریتم سطح درجه دو ۲۰/۳۹درصد، و الگوریتم شیب حداکثر ۱۳/۸۷درصد به دست آمده است شکل(۵). نتایج شیب این الگوریتم بر خلاف مدل رقومی ارتفاعی (SRTM)۳۰متری مقادیر نسبتا پایین تری را نشان می‌دهد که این مهم می‌تواند به علت تعداد پیکسل-های پایین آن باشد.



شکل (۵): ارزیابی مکانی الگوریتم های شیب منطقه (۱)

Fig. (5): Spatial evaluation of slope algorithms in the region (1)

همچنین در منطقه (۲) نتایج شیب به دست آمده از الگوریتم‌های شیب براساس مدل رقومی ارتفاعی (SRTM) ۳۰ متری نشان می‌دهد که الگوریتم سراشیبی حداکثر؛ مقادیر نسبتا بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم‌ها به خود اختصاص داده است میانگین شیب نقاط در این الگوریتم ۳۰/۸۶ درصد می‌باشد. همچنین میانگین شیب نقاط الگوریتم همسایگی۲۵/۷۶ درصد، الگوریتم سطح درجه دو ۲۹/۲۰ و در الگوریتم شیب حداکثر ۲۲/۶۸ درصد به دست آمده است شکل(۶). براساس مدل رقومی ارتفاعی (NASA)۳۰ متری الگوریتم سراشیبی حداکثر مقادیر نسبتا بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم‌ها به خود اختصاص داده است میانگین شیب نقاط در این الگوریتم ۳۲/۰۷ درصد می‌باشد. همچنین میانگین شیب نقاط الگوریتم همسایگی۲۶/۹۷، الگوریتم سطح درجه دو، ۳۰/۴۲، در الگوریتم شیب حداکثر ۹/ ۲۳درصد به دست آمده است شکل(۶).



شکل (۶): ارزیابی مکانی الگوریتم های شیب منطقه (۲)

Fig. (6): Spatial evaluation of slope algorithms in the region (2)

۲-۳- ارزیابی زمانی الگوریتم‌های شیب

ارزیابی زمانی الگوریتم‌های شیب در منطقه (۱) نشان می‌دهد. شیب به دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی زمین(SRTM) ۳۰ متری در الگوریتم سطح درجه دو در کمترین زمان (۵.۳۶) ثانیه و الگوریتم سراشیبی حداکثر در بالاترین زمان(۷.۱۶) ثانیه به دست آمده است. همچنین الگورتیم سراشیبی حداکثر نیز بالاترین مقدار حافظه (RAM) را به میزان ۵۳۲.۰۱ مگابایت را اشغال نموده است. همچنین شیب به دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی زمین(SRTM) ۹۰ متری در الگوریتم سطح درجه دو در کمترین زمان (۵.۳۶) ثانیه و الگوریتم سراشیبی حداکثر در بالاترین زمان(۴.۰۲) ثانیه به دست آمده است. همچنین الگورتیم سراشیبی حداکثر نیز بالاترین مقدار حافظه (RAM) را به میزان ۴۳۲ مگابایت را اشغال نموده است جدول(۳).

علاوه براین براساس نتایج ارزیابی زمانی الگوریتم‌های شیب در منطقه (۲) شیب به دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی زمین(SRTM) ۳۰ متری در الگوریتم سطح درجه دو در کمترین زمان (۴/۰۲) ثانیه و الگوریتم سراشیبی حداکثر در بالاترین زمان(۵/۰۳) ثانیه به دست آمده است. همچنین الگورتیم سراشیبی حداکثر نیز بالاترین مقدار حافظه (RAM) را به میزان۴۲۱/۰۲ مگابایت را اشغال نموده است جدول(۲).

جدول (۳): ارزیابی زمانی الگوریتم های شیب منطقه

Table (3): Time evaluation of slope algorithms

موقعیت	نوع مدل رقومی ارتفاعی	الگوریتم							
		همسایگی		سطح درجه دو		شیب حداکثر		سراشیبی حداکثر	
		اشغال حافضه (MB)	زمان پردازش(ثانیه)	اشغال حافضه (MB)	زمان پردازش(ثانیه)	اشغال حافضه (MB)	زمان پردازش(ثانیه)	اشغال حافضه (MB)	زمان پردازش(ثانیه)
منطقه ۱	SRTM(30m)	۵۱۲/۰۱	۶/۱۵	۵۰۹/۲۱	۵/۳۶	۵۱۷/۲۸	۷/۱۱	۵۳۲/۰۱	۷/۱۳
	SRTM(90m)	۴۱۹/۲	۴/۲۱	۴۱۶/۲۳	۴/۰۲	۴۲۱/۱	۵/۲۶	۴۳۲/۱	۵/۳۴
منطقه۲	SRTM(30m)	۴۱۳/۲	۴/۰۸	۴۰۸/۳۶	۴/۰۲	۴۱۹/۶۹	۴/۵۶	۴۲۱/۱۲	۵/۰۳
	SRTM(90m)	۵۱۲/۲	۴/۴۵	۵۱۰/۳۵	۴/۲۳	۵۱۷/۳۶	۵/۶	۵۲۱/۳۲	۶/۰۲

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش به منظور ارزیابی الگوریتم‌های شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ابتدا دو منطقه بر اساس شرایط و ویژگی‌های خاص انتخاب گردید. سپس برای هریک از این مناطق دو (DEM)؛

۳۰متری SRTM و ۹۰ متری SRTM تهیه گردید. و با استفاده از برنامه‌نویسی پایتون در GIS الگوریتم های شیب از جمله همسایگی، درجه دوم، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر شیب محاسبه گردید. و در نهایت از نظر زمانی و مکانی نتایج مورد ارزیابی قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده از نقشه-های طبقه‌بندی شده مدل‌های رقومی 30 متری SRTM به مراتب نتایج را به دقت مناسب‌تری نسبت به مدل‌های رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک مکانی پایین‌تر نشان می‌دهد. همچنین نتایج به دست آمده از محاسبه شیب براساس الگوریتم های همسایگی، درجه دوم، شیب حداکثر و سراشیبی حداکثر نشان می‌دهد که از جمله مواردی که در میزان سرعت و دقت شیب تاثیر گذار می‌باشد قدرت تفکیک مکانی DEM، که به تعداد پیکسل های تشکیل دهنده تصویر یا عوارض مربوط می‌شود. همچنین مساحت محدوده مورد نظر و قدرت پردازشگر سرعت انجام محاسبات را تعیین می‌نماید. میزان شیب در محدوده‌های مورد بررسی متغیر بوده و هرچه میزان رزولوشون بالاتر باشد اختلاف کمتر می‌باشد. ارزیابی مکانی الگوریتم‌های شیب در محدوده‌های مورد بررسی نشان داد الگوریتم شیب سراشیبی حداکثر مقادیر نسبتا بالاتری را نسبت به سایر الگوریتم ها به خود اختصاص داده است و الگوریتم شیب حداکثر مقادیر پایین‌تری را نسبت به سایر الگوریتم ها کسب نموده است. نتایج ارزیابی زمانی الگوریتم‌های شیب در محدوده‌های مورد بررسی نشان می‌دهد شیب به دست آمده از مدل رقومی ارتفاعی زمین۳۰ و ۹۰ متری در الگوریتم سطح درجه دو در کمترین زمان و الگوریتم سراشیبی حداکثر در بالاترین زمان به دست آمده است. همچنین الگورتیم سراشیبی حداکثر نیز بالاترین مقدار حافظه (RAM) را هنگام پردازش اشغال می‌نماید.

۵- منابع

1- Chang, M. (1989). A comparison of method of estimating mean watershed slope: Water Resources.

2- Dunn, M., & Hickey, R. (1998). The effect of slope algorithms on slope estimates within a GIS. Cartography, 27(1), 9-15.

3- El-Sheimy, N., Valeo, C., & Habib, A. (2005). *Digital terrain modeling: acquisition, manipulation, and applications*. Artech House.

4- Engel, B. A., Srinivasan, R., Arnold, J., Rewerts, C., & Brown, S. J. (1993). Nonpoint source (NPS) pollution modeling using models integrated with geographic information systems (GIS). *Water Science and Technology*, *28*(3-5), 685-690.

5- Ghafourian, R., and Sanainejad, S., and Ghiathi, N., and Dadersi Sabzevari, A., and Eazi, J. (2011). Evaluation of methods for determining the average slope in a watershed. Watershed Engineering and Management, 3(1), 57-66. In Prsian.

6- Hickey, R. (2000). Slope angle and slope length solutions for GIS. Cartography, 29(1), 1-8.

7- Hickey, R., A. Smith and P.Jankowski (1994) Slope Length Calculations from a DEM within Arc/Info GRID, Computing, Environment and Urban Systems, Vol. 18, No. 5, pp. 365-380.

8- Hirt, C., Filmer, M. S., & Featherstone, W. E. (2010). Comparison and validation of the recent freely available ASTER-GDEM ver1, SRTM ver4. 1 and GEODATA DEM-9S ver3 digital elevation models over Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, *57*(3), 337-347.

9- Höhle, J., & Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *64*(4), 398-406.

10- IDRISI, 1997, IDRISI, version 2.0 for Windows User's Guide.

11- Jones, K. H. (1998). A comparison of algorithms used to compute hill slope as a property of the DEM. Computers & Geosciences, 24(4), 315-323.

12- Shanoltz, V. O., C. J. Desai, N. Zhang, J. W. Kleene and C. D. Metz (1990) Hydrological/Water Quality Modeling in a GIS Environment, ASAE Paper 90-3033, St Joseph, MI: ASAE.

13- Skidmore, A. K. (1989). A comparison of techniques for calculating gradient and aspect from a gridded digital elevation model. International Journal of Geographical Information System, 3(4), 323-334

14- Zevenbergen, L. W., & Thorne, C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. *Earth surface processes and landforms*, *12*(1), 47-56.