

ارزیابی روش‌های تعیین شیب متوسط در یک حوزه آبخیز

رضا غفوریان^۱، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان
 حسین ثنائی نژاد، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
 نجفقلی غیائی، مربی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
 ابوالقاسم دادرسی، مربی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان
 جواد ایزی، مربی مؤسسه آموزش علمی کاربردی جهاد کشاورزی خراسان

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸

دریافت مقاله: ۱۳۸۹/۰۷/۰۱

چکیده

تعیین شیب حوزه‌های آبخیز از نیازهای اساسی اکثر طرح‌های عمرانی و حفاظت آب و خاک است. روش‌ها و روابط متعددی برای تعیین این عامل ارائه شده است. روش‌های جاستین، شبکه‌بندی، طول خطوط تراز (هورتون)، هشت نقطه‌ای، منحنی شیب متوسط و سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، بیش از سایر روش‌ها برای تعیین شیب متوسط یک حوزه آبخیز در طرح‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. کارشناسان بر اساس تجربه از یکی از این روش‌ها استفاده کرده و مقدار شیب را تعیین می‌نمایند. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که نتایج حاصله از کاربرد روش‌های مختلف تعیین شیب برای یک حوزه آبخیز، با یکدیگر اختلاف چشم‌گیر داشته است. به منظور دستیابی به دقیق‌ترین روشی که مقدار شیب متوسط یک منطقه را نسبت به سایر روش‌ها ارائه دهد، لازم است که نتایج حاصل از روش‌های فوق‌الذکر با مقدار به دست آمده از اندازه‌گیری مستقیم شیب در صحرا مقایسه شود. در این راستا و در این تحقیق، سه منطقه با مقیاس‌های متفاوت در نقاط مختلف استان خراسان، در نظر گرفته شد. تعداد هفت دامنه بر روی این سه منطقه، انتخاب و مقدار شیب هر یک از دامنه‌های ۷ گانه از روش‌های مختلف تعیین شد. سپس مقدار شیب توسط دوربین نقشه‌برداری به طور مستقیم در صحرا اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از تعیین شیب از روابط و روش‌های تجربی با مقدار به دست آمده از اندازه‌گیری مستقیم، برای دامنه‌های انتخابی مورد مقایسه قرار گرفت. برای مقایسه از آزمون T جفتی (Paired-Samples T test) استفاده شد. نتایج حاصله نشان داد که روش هورتون دقیق‌ترین روش تعیین شیب متوسط برای عرصه‌ها و حوزه‌های آبخیز است. روش‌های جاستین و GIS در رتبه بعدی دقت تعیین شیب، در مقایسه با اندازه‌گیری مستقیم این عامل در صحرا هستند.

واژه‌های کلیدی: آزمون T جفتی، جاستین، حوزه آبخیز، روش Jackknife، هورتون

مقدمه

عامل شیب متوسط حوزه یکی از خصوصیات اساسی و فیزیکی مهم است. که محاسبه و تعیین این عامل در تمامی طرح‌های آب و خاک ضروری است. در بسیاری از روابط تجربی، تعیین زمان تمرکز و شیب متوسط حوزه عامل اصلی بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در برآوردها دارد. زمان تمرکز هم خود نقش اساسی در زمان پایه هیدروگراف سیل و در نتیجه زمان وقوع سیل، بعد از شروع سیلاب و نیز حجم سیل دارد. بنابر این عدم برآورد و تعیین دقیق مقدار شیب متوسط حوزه، منجر به برآوردهای ناصحیح از عوامل عمده و اساسی یک حوزه آبخیز خواهد شد. همه ساله طرح‌های متعدد آب و خاک توسط وزارت‌خانه‌های نیرو، جهاد کشاورزی و سازمان‌های ذی‌ربط مورد بررسی قرار می‌گیرد. در چنین طرح‌هایی که با حوزه آبخیز یک رودخانه سر و کار دارند، نظیر سدهای مخزنی، طرح‌های آبخیزداری، طرح‌های

¹ reza_Ghaffoorian@yahoo.com

کنترل سیلاب لازم است که شیب متوسط حوزه محاسبه و برآورد شود. بروز خطا در برآورد و تعیین شیب متوسط حوزه منجر به بروز اشتباه در میزان و مقدار سیلاب‌های حوزه آبخیز خواهد شد. برآورد کم و یا زیاد سیلاب‌ها در هر دو حالت، خسارات جانی و مالی را به‌دنبال خواهد داشت. لذا، ضرورت دارد روش مناسب و دقیقی از میان روش‌ها و روابط موجود برای تعیین شیب متوسط حوزه آبخیز، تعیین و توصیه گردد تا با به‌کار بردن آن در طرح‌های آب و خاک، سایر عوامل مورد نیاز با دقت مناسب تعیین و برآورد شده و در نتیجه احتمال بروز خسارت از بین رفته و یا به کمینه مقدار ممکن برسد.

روابط تجربی متعددی برای تعیین و برآورد شیب متوسط یک حوزه آبخیز وجود دارد. در طرح‌های مختلف آب و خاک، براساس سلیقه و نظر کارشناس مربوطه، از بعضی از این روابط استفاده می‌شود. نتایج حاصل از این معادله‌ها و روابط با هم متفاوت بوده و گاهی سه تا پنج برابر نسبت به هم اختلاف دارند. تا کنون بررسی و پژوهشی در این زمینه که کدام روش پاسخ مناسب‌تری داده و برآورد دقیق‌تری از شیب متوسط حوزه را ارائه می‌دهد، برای حوزه‌های آبخیز استان خراسان و کشور انجام نشده است.

بررسی‌های انجام شده حاکی از آن است که تاکنون در سطح جهان نیز تحقیقات زیادی در خصوص موضوع مورد بررسی انجام نشده است. فقط یک مورد مقاله در این خصوص وجود دارد که توسط Chang (۱۹۸۹) تهیه و نوشته شده است. در این بررسی شیب متوسط ۱۳ حوزه آبخیز ایالات 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 به‌عنوان بهترین روش شناخته شده و بقیه روش‌ها به‌علت ارائه نتایج غیر معقول، روش‌های مناسبی برای استفاده تشخیص داده نشدند. از اشکالات مطالعه و بررسی Chang، مبنای مقایسه روش‌هاست. بدین معنی که روش‌های مختلف با هم مقایسه شده، بدون اینکه مشخص باشد کدام روش دقیق‌تر است که بتوان نتیجه حاصل از سایر روش‌ها را با آن مقایسه نمود.

لذا در این تحقیق، به‌منظور دستیابی به دقیق‌ترین روش تعیین و برآورد شیب متوسط یک حوزه آبخیز، سه منطقه در نقاط مختلف استان خراسان، انتخاب و سپس مقدار شیب متوسط مناطق انتخابی از چند روش و رابطه تجربی موجود، محاسبه و برآورد شد. مقادیر حاصل از این روش‌ها و روابط با مقدار به‌دست آمده از روش اندازه‌گیری مستقیم شیب در صحرا، به‌عنوان دقیق‌ترین روش تعیین شیب، مورد مقایسه قرار گرفته و بهترین روش برآورد شیب متوسط حوزه آبخیز، تعیین و توصیه شد.

مواد و روش‌ها

در این بخش ابتدا خصوصیات و معیارهای تعیین و انتخاب مناطق و عرصه‌های در نظر گرفته شده برای اجرای طرح، مورد بحث قرار گرفته و سپس روش‌های مختلف برآورد مقدار شیب متوسط و مقادیر حاصل از کاربرد این روش‌ها برای مناطق انتخابی، به‌تفصیل بیان و ارائه شده است.

مناطق و عرصه‌های مورد مطالعه: سه منطقه برای اجرای طرح در نظر گرفته شد. این مناطق شامل اطراف روستای سنگانه کلات، تپه‌های خاور روستای مقیسه و بخشی از ارتفاعات باختری روستای برازق شهرستان سبزوار است. مهم‌ترین عوامل و ویژگی‌های عرصه‌ها و دامنه‌های مورد نظر عبارتند از:

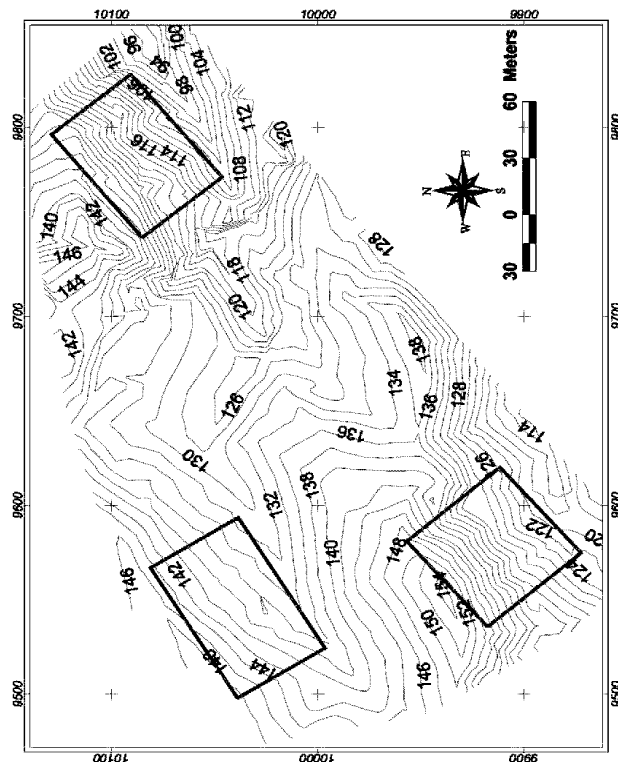
۱. هر دامنه از طول شیب مناسب برخوردار باشد؛
۲. هر دامنه دارای یکنواختی شیب لازم باشد؛
۳. دامنه‌ها حتی‌الامکان دارای شیب‌های متفاوت باشند؛
۴. نقشه‌های با مقیاس بزرگ از آن‌ها در اختیار باشد و در غیر این‌صورت امکان انجام عملیات نقشه‌برداری صحرائی از دامنه‌ها فراهم باشد.

بزرگ‌ترین مقیاس نقشه‌های توپوگرافی موجود و در دسترس، که برای تمامی کشور و توسط سازمان جغرافیایی ارتش تهیه شده است، نقشه‌های با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ است. در عمل استفاده از نقشه‌های با این مقیاس برای تعیین و محاسبه شیب یک دامنه از روش‌های مختلف امکان‌پذیر نیست. لذا، باید عرصه‌ها و مناطقی شناسایی شده و انتخاب می‌شد که نقشه توپوگرافی با مقیاس کم‌تر از ۱:۱۰۰۰۰ برای آن‌ها موجود باشد و یا از طریق عملیات نقشه‌برداری صحرائی، تهیه شود.

بررسی‌های انجام گرفته نشان داد که از عرصه سنگانه کلات، نقشه توپوگرافی با مقیاس ۱:۱۰۰۰ موجود است. با توجه به وجود این نقشه، سه دامنه مناسب از قسمت‌های مختلف عرصه مورد اشاره، برای تعیین و محاسبه شیب از روش‌های مختلف انتخاب شد. نقشه توپوگرافی عرصه فوق و دامنه‌های انتخاب شده در این عرصه، در شکل ۱ نشان داده شده است.

پس از انجام عملیات شناسایی، عرصه‌های مقیسه و برازق در محدوده شهرستان سبزوار، عملیات نقشه برداری صحرائی از این عرصه‌ها برای تهیه نقشه توپوگرافی بزرگ مقیاس صورت گرفت. با کمک داده‌های نقاط برداشت شده در صحرا، نقشه توپوگرافی دو منطقه مورد اشاره به ترتیب با مقیاس‌های ۱:۳۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ تهیه و بر روی هر یک از این مناطق، دو دامنه مناسب انتخاب شد. نقشه‌های توپوگرافی تولید شده برای عرصه‌های مقیسه و برازق در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

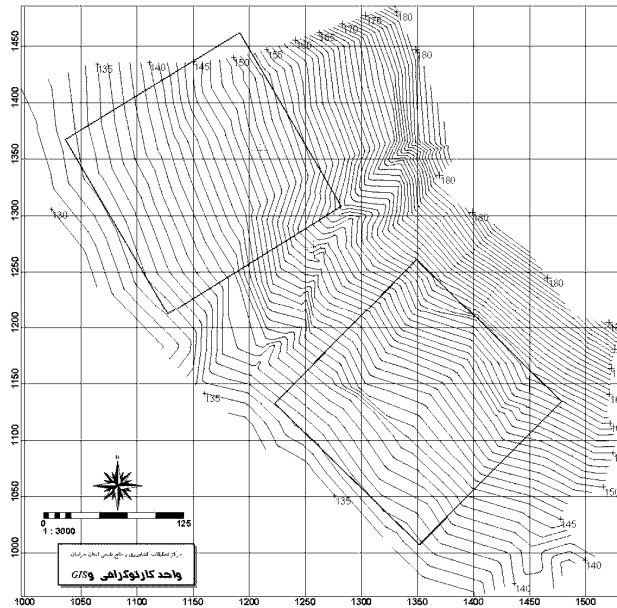
بر روی هر دامنه از دامنه‌های هفت گانه مناطق انتخاب شده سنگانه، مقیسه و برازق، محدوده مناسبی تعیین و با کمک مربع‌هایی به ضلع یک سانتی‌متر شبکه‌بندی شد. برای هر یک از شبکه‌های ایجاد شده در عرصه‌ها، مقدار شیب از هر یک از روش‌های شش‌گانه مورد استفاده در این تحقیق، که شرح کامل آن‌ها در زیر آمده است، تعیین شد.



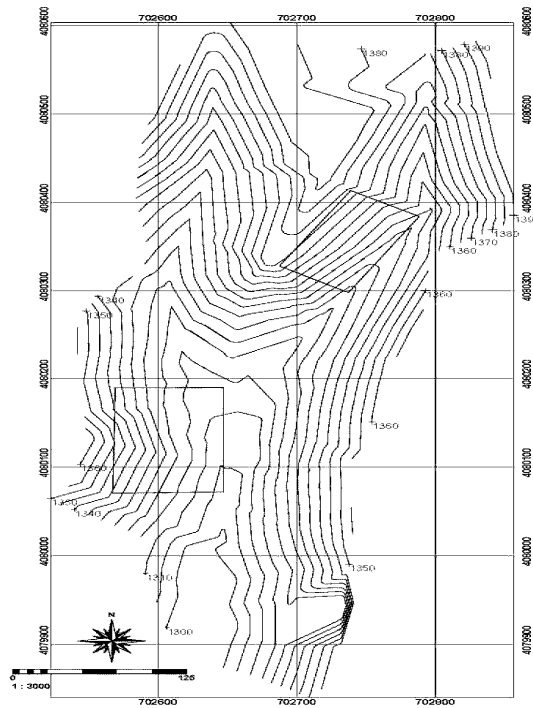
شکل ۱- نقشه توپوگرافی محدوده عرصه سنگانه کلات مشهد

روش‌های محاسبه شیب: در منابع مختلف، روش‌های تجربی زیادی برای تعیین و محاسبه شیب متوسط یک منطقه یا حوزه آبخیز ارائه شده است. در انجام تحقیق حاضر، روش‌هایی که در طرح‌های آب و خاک، کاربرد بیش‌تری داشته و

توسط اکثر کارشناسان منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند، مورد بررسی قرار گرفته و چگونگی تعیین شیب توسط آن‌ها، تشریح شده است.



شکل ۲- نقشه توپوگرافی محدوده عرصه مقیسه سبزوار



شکل ۳- نقشه توپوگرافی محدوده عرصه برازق سبزوار

روش جاستین: در این روش، شیب متوسط یک حوزه آبخیز یا یک منطقه، از رابطه زیر محاسبه می‌شود (مهدوی، ۱۳۷۱).

$$I = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{\sqrt{A}} \quad (1)$$

که در آن، I شیب متوسط حوزه (درصد)، H_{max} ارتفاع بیشینه حوزه یا منطقه (کیلومتر)، H_{min} ارتفاع کمینه حوزه (کیلومتر) و A مساحت حوزه (کیلومترمربع) است. مقادیر شیب متوسط به دست آمده از این روش در جدول ۱ ارائه شده است.

روش شبکه بندی: در این روش، ابتدا نقشه حوزه و منطقه مورد نظر با فاصله‌های مناسب، مثلاً یک سانتی‌متر، شبکه بندی شده و سپس شیب محدوده مورد نظر در دو جهت قائم و افقی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود (سیمافر، ۱۳۷۲؛ علیزاده، ۱۳۷۴).

$$I_H = \frac{\Delta H_i \sum N_H}{\sum L_H} \times 100 \quad (2)$$

$$I_V = \frac{\Delta H_i \sum N_V}{\sum L_V} \times 100 \quad (3)$$

که در آن‌ها، I_V شیب در امتداد قائم محدوده مورد نظر (درصد)، I_H شیب در امتداد افقی محدوده مورد نظر (درصد)، ΔH_i اختلاف رقوم دو منحنی میزان (متر)، $\sum N_V$ تعداد کل نقاط برخورد امتداد قائم محدوده مورد نظر با منحنی‌های میزان، $\sum N_H$ تعداد کل نقاط برخورد امتداد افقی محدوده مورد نظر با منحنی‌های میزان، $\sum L_V$ مجموع طول‌های امتداد قائم با محیط محدوده مورد نظر (متر) و $\sum L_H$ مجموع طول‌های امتداد افقی با محیط محدوده مورد نظر (متر) است.

پس از تعیین و محاسبه مقادیر شیب در دو امتداد قائم و افقی، با متوسط‌گیری از این دو مقدار، شیب متوسط منطقه و محدوده مورد نظر تعیین می‌گردد. مقادیر شیب متوسط به دست آمده از این روش برای محدوده‌ها و دامنه‌های عرصه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

روش طول خطوط تراز: در این روش که به روش هورتون معروف است، شیب متوسط حوزه آبریز یا یک منطقه از رابطه و معادله زیر تعیین می‌شود (مهدوی، ۱۳۷۱ و Jones، ۱۹۸۴).

$$I = \frac{Z \sum L}{A} \times 100 \quad (4)$$

$$I = \frac{H_{max} - H_{min}}{10\sqrt{A}} \quad (5)$$

که در آن‌ها، I شیب متوسط حوزه آبریز یا محدوده مورد نظر (درصد)، Z فاصله یا اختلاف دو منحنی میزان متوالی (کیلومتر)، $\sum L$ مجموع طول کلیه خطوط میزان واقع در محدوده مورد نظر (کیلومتر)، و A مساحت حوزه یا محدوده مورد نظر (کیلومترمربع) است. مقادیر شیب متوسط به دست آمده از این روش در جدول ۱ ارائه شده است.

روش هشت نقطه‌ای: در این روش حوزه یا محدوده مورد نظر با ابعاد مناسب، شبکه بندی شده و قطرهای مربع‌ها در شبکه‌ها ترسیم می‌شوند. سپس، مقادیر شیب رئوس و محل تقاطع دو قطر هر مربع با توجه به محل قرارگیری آن‌ها بر روی نقشه، تعیین می‌شود. پس از تعیین این مقادیر، شیب متوسط هر مربع شبکه، از رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$I = \frac{\sum_{i=1}^4 I_i + 4 \times I_c}{8} \quad (6)$$

که در آن، I شیب متوسط هر مربع شبکه (درصد)، $\sum I_i$ مجموع شیب‌های چهار گوشه مربع (درصد)، و I_c شیب مرکز یا محل تقاطع اقطار مربع (درصد) است. پس از مشخص شدن شیب هر مربع، شیب متوسط حوزه یا منطقه مورد نظر با میانگین‌گیری از شیب کلیه مربعات واقع در داخل منطقه، تعیین می‌شود. مقادیر شیب متوسط به دست آمده از این روش، برای محدوده‌ها و دامنه‌های عرصه‌های مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

روش منحنی شیب متوسط: تعیین شیب از روش منحنی شیب متوسط براساس یک فرآیند گرافیکی صورت می‌گیرد. مراحل انجام تهیه شیب از این روش به شرح ذیل است (Chang، ۱۹۸۹).

۱. طول خطوط تراز حوزه آبخیز یا منطقه مورد نظر در بازه‌های مختلف ارتفاع، اندازه‌گیری می‌شود.
۲. متوسط طول خطوط تراز بین دو تراز متوالی، محاسبه می‌شود.
۳. مساحت بین دو خط تراز متوالی، اندازه‌گیری می‌شود.

۴. با تقسیم بند ۳ به بند ۲، پهنای متوسط هر بازه خطوط تراز، تعیین می‌شود.
۵. در یک محور مختصات مقادیر ارتفاع خطوط تراز در مقابل پهنای متوسط تجمعی بازه‌های خطوط تراز، درج و رابطه آن رسم می‌شود.

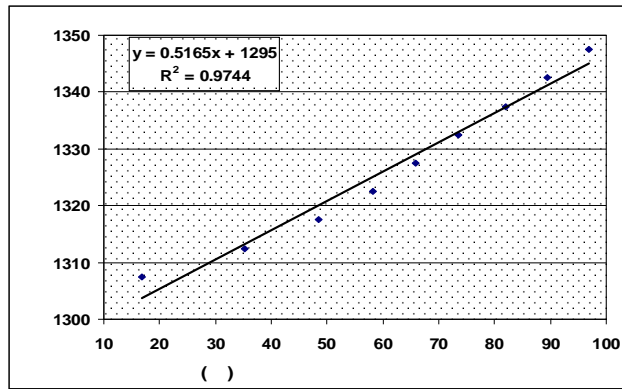
شیب بهترین خط رسم شده، از میان نقاط مشخص و درج شده، برابر با شیب متوسط حوزه آبخیز است. بدیهی است به‌جای رسم شکل می‌توان از معادله رگرسیون بین دو متغیر یاد شده استفاده کرده و شیب را به‌دست آورد. محاسبات لازم برای تعیین شیب از این روش انجام و سپس منحنی‌های مربوطه رسم شده است. شکل‌های ۴ و ۵ این منحنی‌ها را برای دامنه‌های انتخابی برازق سبزواری، به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد. معادلات رگرسیون بهترین نقاط برازش داده شده به نقاط منحنی‌ها، که ضریب متغیر مستقل آن مقدار شیب حاصل از این روش است، نیز بر روی شکل‌ها درج شده است. مقادیر شیب حاصل از این روش برای مناطق مختلف اجرای طرح در جدول ۱ ارائه شده است.

روش سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS): برای تهیه نقشه شیب با این روش، با استفاده از یک دستگاه رقوم‌گر (digitizer)، خطوط میزان در هر کدام از مناطق مورد بررسی، رقومی و با انتخاب سلول‌های ۰/۵ متری، رستری و سپس میان‌یابی شد تا نقشه رقومی ارتفاع (DEM) برای هر کدام از دامنه‌های انتخابی به‌دست آید. با کمک DEM حاصله و با استفاده از نرم افزار ILWIS 2.1 در دو جهت X و Y، اختلاف ارتفاع برای هر کدام از دامنه‌ها در محیط GIS محاسبه شد. مقادیر شیب به‌دست آمده برای دامنه‌های انتخابی عرصه‌های مورد اشاره از این روش نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

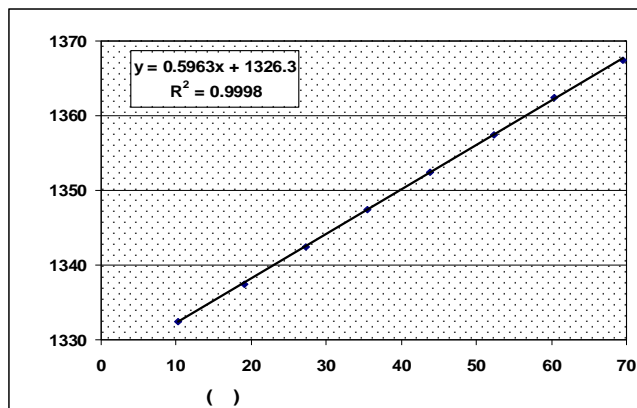
اندازه‌گیری مستقیم شیب در صحرا: علاوه بر تعیین شیب از روش‌های شش‌گانه، به‌منظور مقایسه نتایج حاصل از این روش‌ها و نیز انتخاب بهترین روش از میان آن‌ها، لازم است که مقدار شیب دامنه‌های انتخابی، به‌طور مستقیم و با کمک دوربین در صحرا اندازه‌گیری شود. در این روش، با استفاده از دوربین نقشه‌برداری، شیب یک منطقه یا یک دامنه به‌طور مستقیم اندازه‌گیری و تعیین می‌شود. این روش با توجه به این که شیب به‌طور مستقیم و توسط دوربین تعیین می‌گردد، دقیق‌ترین روش است. اما چون وقت و هزینه زیادی به‌همراه دارد، برای عرصه‌ها و مناطق وسیع و با وسعت زیاد، در عمل قابل انجام و توجیه‌پذیر نیست. برای این منظور با استفاده از دوربین نقشه‌برداری نیوو، از دو قسمت هر یک از دامنه‌های هفت گانه انتخابی، عرصه‌های سنگانه، مقیسه و برازق، مقدار شیب اندازه‌گیری شد و میانگین دو قسمت به‌عنوان شیب حاصل از اندازه‌گیری مستقیم شیب هر دامنه، منظور شد. این مقدار اندازه‌گیری شیب نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مقادیر شیب محاسبه شده از روش‌های مختلف (درصد)

روش اندازه‌گیری شیب							شماره دامنه	نام عرصه
اندازه‌گیری مستقیم	GIS	منحنی شیب متوسط	هشت نقطه‌ای	طول خطوط تراز	شبکه‌بندی	جاستین		
۴۸/۶	۴۸/۱	۵۱/۷	۴۶/۳	۴۶/۷	۳۰	۴۵/۹	۱	بrazق سبزواری
۵۸/۷	۶۱/۲	۵۹/۶	۶۱/۷	۶۰/۱	۳۶/۵	۵۱/۶	۲	
۱۴/۱	۱۴/۶	۱۴/۸	۱۴/۴	۱۴/۵	۸/۵	۱۵	۱	مقیسه سبزواری
۱۲/۶	۱۲/۹	۱۳/۸	۱۲/۵	۱۲/۴	۷/۶	۱۵/۶	۲	
۵۵/۳	۶۴/۵	۵۸	۵۷/۸	۵۴/۹	۳۳	۵۳/۳	۱	سنگانه کلات
۲۸/۴	۲۷/۵	۲۹	۲۷/۵	۲۸/۸	۱۷/۵	۲۵/۳	۲	
۵۵	۵۵/۳	۶۵/۱	۶۵/۶	۶۵/۱	۳۹/۷	۵۴/۱	۳	
۳۹	۴۰/۶	۴۱/۷	۴۰/۸	۴۰/۴	۲۴/۷	۳۷/۳	میانگین دامنه‌ها	
۰/۰	۴/۲	۷/۱	۴/۸	۳/۶	۳۶/۶	۴/۴	درصد اختلاف با روش مستقیم	



شکل ۴- تغییرات ارتفاع در مقابل پهناهای متوسط تجمعی بازه‌های خطوط تراز در عرصه برازق سبزواری (دامنه شماره ۱)



شکل ۵- تغییرات ارتفاع در مقابل پهناهای متوسط تجمعی بازه‌های خطوط تراز در عرصه برازق سبزواری (دامنه شماره ۲)

نتایج و بحث

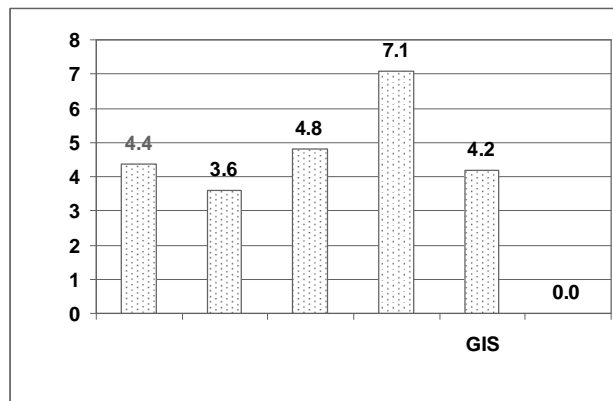
نتایج حاصل از تعیین و محاسبه شیب دامنه‌های هفت‌گانه انتخابی عرصه‌های سنگانه، مقیسه و برازق از روش‌های تجربی و نیز روش اندازه‌گیری مستقیم در جدول ۱ ارائه شده است. برای تعیین بهترین روش تجربی تعیین و برآورد شیب یک دامنه و منطقه، می‌بایست مقادیر حاصل از هر روش محاسبه شیب، با مقدار نظیر از روش اندازه‌گیری مستقیم شیب در صحرا، مقایسه شود.

به‌منظور بررسی کلی نتایج حاصل از روش‌ها، مقادیر میانگین شیب و مقدار درصد اختلاف میانگین شیب به‌دست آمده از هر روش نسبت به روش اندازه‌گیری مستقیم برای دامنه‌های انتخابی هفت‌گانه، در جدول ۱ درج شده است. این مقادیر اختلاف به‌صورت نمودار ستونی در شکل ۶ نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که غیر از روش شبکه‌بندی، که دارای ۳۶/۶ درصد اختلاف نسبت به روش اندازه‌گیری مستقیم است، سایر روش‌ها درصد اختلاف کم و نزدیک به هم داشته، به‌طوری‌که بیشینه میزان اختلاف برابر ۷/۱ درصد و مربوط به روش منحنی شیب متوسط است. بنابراین روش شبکه‌بندی به‌دلیل ارائه نتایج با اختلاف زیاد نسبت به سایر روش‌ها، به‌عنوان روش به‌طور کامل نامناسب و غیر قابل قبول کنار گذاشته شده و تجزیه و تحلیل آماری با سایر روش‌ها انجام شد.

با توجه به کم بودن تعداد تیمارها و تکرارهای طرح، برای مقایسه نتایج حاصل از روش‌های مختلف تعیین شیب با روش اندازه‌گیری مستقیم، از آزمون T جفتی (Paired-Samples T test) استفاده شد. این کار با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS صورت گرفت. نتایج حاصل از این آزمون در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود در سطح اعتماد ۹۵ درصد، اختلاف میانگین هیچ‌یک از روش‌های تعیین شیب با روش اندازه‌گیری مستقیم شیب، معنی‌دار نیست. به‌عبارت دیگر همه روش‌ها نزدیک به هم بوده و قابل استفاده هستند. اما در میان روش‌هایی که مورد استفاده قرار گرفته، روش هورتون به‌لحاظ این که کم‌ترین اختلاف

میانگین را با روش اندازه‌گیری مستقیم در مقایسه با سایر روش‌ها دارد، بهترین روش اندازه‌گیری شیب به‌دست آمده است. بعد از این روش به‌ترتیب روش‌های GIS، جاستین و هشت نقطه‌ای در درجه بعدی اهمیت قرار دارند.



شکل ۶- درصد اختلاف شیب محاسبه شده از روش‌های مختلف نسبت به روش اندازه‌گیری مستقیم

جدول ۲- نتایج آزمون آماری T جفتی برای روش‌های مختلف تعیین شیب متوسط

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	JUSTIN - DIRECT	-1.700	3.2068	1.212	-4.67	1.2658	-1.403	6	.210
Pair 2	HORTON - DIRECT	1.4000	3.9661	1.499	-2.27	5.0680	.934	6	.386
Pair 3	EIGHT_PO - DIRECT	1.8714	4.2680	1.613	-2.08	5.8187	1.160	6	.290
Pair 4	SLOPE_CU - DIRECT	2.7571	3.3862	1.280	-.3745	5.8888	2.154	6	.075
Pair 5	GIS - DIRECT	1.6286	3.5075	1.326	-1.62	4.8724	1.228	6	.265

Paired Samples Correlations

		N	Correlation	Sig.
Pair 1	JUSTIN & DIRECT	7	.992	.000
Pair 2	HORTON & DIRECT	7	.985	.000
Pair 3	EIGHT_PO & DIRECT	7	.986	.000
Pair 4	SLOPE_CU & DIRECT	7	.991	.000
Pair 5	GIS & DIRECT	7	.990	.000

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	JUSTIN	37.2571	7	17.9298	6.7768
	DIRECT	38.9571	7	20.1298	7.6084
Pair 2	HORTON	40.3571	7	21.7466	8.2194
	DIRECT	38.9571	7	20.1298	7.6084
Pair 3	EIGHT_PO	40.8286	7	22.5308	8.5159
	DIRECT	38.9571	7	20.1298	7.6084
Pair 4	SLOPE_CU	41.7143	7	21.9733	8.3051
	DIRECT	38.9571	7	20.1298	7.6084
Pair 5	GIS	40.5857	7	21.9196	8.2848
	DIRECT	38.9571	7	20.1298	7.6084

با توجه به کم بودن تعداد آزمایش‌ها و اندازه‌گیری‌ها، ممکن است خطای احتمالی موجود در یک یا تعدادی از اندازه‌گیری‌ها باعث بروز خطا در نتیجه‌گیری کلی گردد. برای اطمینان از عدم وجود این چنین خطایی، از روشی به نام Jackknife در آمار استفاده می‌شود. در این روش با حذف یکی از نمونه‌ها، با بقیه اندازه‌گیری‌ها روش آزمون T جفتی انجام و نتیجه آزمون با نتایج حاصل از آزمون T جفتی، برای کلیه نمونه‌ها مورد مقایسه قرار می‌گیرد. بدین ترتیب با حذف یکی از نمونه‌ها برای نمونه‌های باقی‌مانده به تعداد ۷ بار آزمون T جفتی انجام شد. برای تمامی آزمون‌های انجام شده در روش Jackknife، به جز مورد حذف دامنه کلات شماره ۳ که در آن فقط روش منحنی شیب متوسط با روش اندازه‌گیری مستقیم دارای اختلاف معنی‌دار بوده است، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین کلیه روش‌ها تقریباً با روش اندازه‌گیری مستقیم، یکی بوده و قابل استفاده هستند اما رتبه بهتر بودن هر روش اندازه‌گیری شیب، در هر یک از آزمون‌های هشت گانه متفاوت است. کسب رتبه بهترین روش تعیین شیب در میان روش‌های مختلف تعیین شیب در این آزمون‌ها، در جدول ۳ ارائه شده است.

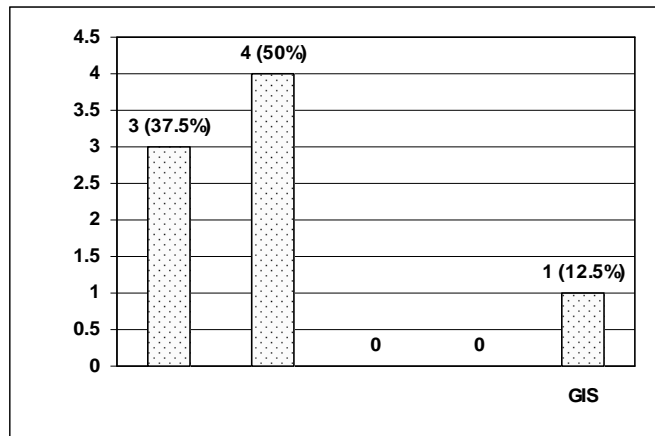
جدول ۳- کسب رتبه بهترین روش تعیین شیب در آزمون‌های مختلف

آزمون ۱	آزمون ۲	آزمون ۳	آزمون ۴	آزمون ۵	آزمون ۶	آزمون ۷	آزمون ۸	
رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	رتبه	نام روش
۳	۱	۱	۳	۴	۲	۱	۴	جاستین
۱	۲	۲	۱	۱	۳	۲	۱	طول خطوط تراز
۴	۴	۴	۴	۳	۴	۴	۲	هشت نقطه‌ای
۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۳	منحنی شیب متوسط
۲	۳	۳	۲	۲	۱	۳	۵	GIS

جدول ۴- فراوانی کسب رتبه بهترین روش تعیین شیب در آزمون‌های هشتگانه

جمع	نام روش						
	رتبه ۱	رتبه ۲	رتبه ۳	رتبه ۴	رتبه ۵	رتبه ۶	
جاستین	۳	۱	۲	۲	۰	۰	
طول خطوط تراز	۴	۳	۱	۰	۰	۰	
هشت نقطه‌ای	۰	۱	۱	۶	۰	۰	
منحنی شیب متوسط	۰	۰	۱	۰	۷	۰	
GIS	۱	۳	۳	۰	۱	۰	

برای دستیابی به بهترین روش اندازه‌گیری شیب از میان روش‌های به کار گرفته شده، اقدام به تعیین فراوانی رتبه‌های به دست آمده برای هر روش اندازه‌گیری شیب، در آزمون‌های هشت گانه شد. مقادیر این فراوانی‌ها در جدول ۴ ارائه شده است. در این جدول مشاهده می‌شود که روش طول خطوط تراز (هورتون) با بیش‌ترین فراوانی رتبه ۱ در آزمون‌ها یعنی ۴ بار در ۸ آزمون که معادل ۵۰ درصد می‌شود، بهترین روش اندازه‌گیری شیب متوسط در مقایسه با روش اندازه‌گیری مستقیم شیب است. فراوانی کسب رتبه اول بهترین روش‌های تعیین شیب در آزمون‌های هشت گانه مورد اشاره، در شکل ۷ به صورت نمودار ستونی نشان داده است. پس از روش هورتون، روش‌های جاستین و GIS هر کدام به ترتیب با ۳ و ۱ بار کسب رتبه ۱ در آزمون‌های انجام شده، دارای درجه بعدی دقت اندازه‌گیری شیب متوسط می‌باشند.



شکل ۷- نمودار فراوانی کسب رتبه اول روش‌های تعیین شیب در آزمون‌های ۸ گانه T جفتی

منابع مورد استفاده

۱. سیمافر، ش. ۱۳۷۲. هیدرولوژی مهندسی. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، تبریز.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۷۴. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، مشهد.
۳. مهدوی، م. ۱۳۷۱. هیدرولوژی کاربردی. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
4. Chang, M. 1989. A comparison of method of estimating mean watershed slope: Water Resources Bulletin. J. American Water Resources Association, 23(2):327-333.
5. Jones, G.P. 1984. Lecture notes of the UNESCO/Norway fifth regional training course for hydrology technicians. UNESCO, Paris.

Evaluation of mean slope determination methods in a watershed

Reza Ghafoorian¹, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan, Iran
Hossein Sanaeinejad, Assistant Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran
Najafgholi Ghiasi, Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran
Abolghasem Dadrasi, Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Khorasan, Iran
Javad Eizi, Scientific Board, Jihad-e-Keshavarzi Institute of Applied Science and Technology, Khorasan, Iran

Received: 22 September 2010

Accepted: 17 January 2011

Abstract

Determination of mean slope of a watershed area is an essential parameter in most of the water resources projects. There are many methods for determining this parameter. The methods frequently used can be listed as Justin, Networking, Horton, Eight points, Average slope curve and a Geographic Information System (GIS). Generally experts based on their experiences use one of the mentioned methods. Investigations in some watershed areas showed that the results of applying the various methods are considerable different in a given area. In order to obtain the most accurate method, it is necessary to compare the results of experimental methods with the mean slope which is directly measured in the field, namely direct method. In this study, three regions were selected in different parts of Khorasan Province. For these regions topographic maps with large scales of 1:1000 to 1:3000 were prepared. Afterward seven mountain slopes were chosen in the regions and mean slope was computed for the slopes using the above mentioned methods. The mean slope was directly measured in the field for all seven mountain slopes as well. The obtained results from the various methods have been compared with the direct method by Paired-Samples T test. Analysis showed that the Horton method is the most accurate method with respect to the others. Justin and GIS methods are in next order of accuracy in comparison with the direct method.

Key words: Horton, Jackknife method, Justin, Paired-Sample T Test, Watershed

¹ reza_Ghafoorian@yahoo.com