

روشی برای محاسبه مساحت واقعی اراضی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)

افسانه سلطانی لرگانی^۱ و جهانگیر فقهی^{۲*}

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

^۲ استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۷۹/۴/۲۲، تاریخ تصویب: ۸۴/۱۱/۸)

چکیده

در این پژوهش که در بخشی از جنگل آموزشی و پژوهشی خیرودکنار دانشکده منابع طبیعی، با شیب متوسط ۷۶ درصد، به انجام رسید روشی برای برآورد مساحت واقعی با استفاده از شیب ارائه گردید که کاربرد فراوانی در مدیریت منابع طبیعی دارد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های جمع‌آوری شده، ارتباط معنی‌داری بین هر دو سطح تصویری و سطح واقعی با شیب منطقه را نشان داد. اما بین خود این دو عامل ارتباط معنی‌داری دیده نشد. معنی‌دار نبودن اختلاف سطح واقعی و سطح تصویری تاییدی بر اثر توأم سطح تصویری و شیب بر سطح واقعی است. برای تعیین مساحت واقعی، می‌توان در معادله ارائه شده توسط نویسندگان (معادله ۱) از میانگین شیب منطقه استفاده کرد. هر چند به منظور افزایش دقت، برآورد شیب تک‌تک سلول‌ها به میانگین شیب آنها ارجحیت دارد. نمودارهایی (۵ و ۶) ارائه شده است که با در اختیار داشتن هر یک از عوامل شیب یا درصد اختلاف سطح به سادگی می‌توان عامل بعدی را تعیین کرد. تا شیب ۵۵ درصد، اختلاف مساحت واقعی و تصویری کمتر از ده درصد سطح تصویری است.

واژه‌های کلیدی: محاسبه مساحت، مساحت واقعی، مساحت تصویری، سامانه اطلاعات جغرافیایی.

مقدمه

سطح به عنوان معیار اندازه گیری، یکی از مهم ترین عوامل در برنامه ریزی و مدیریت منابع طبیعی به شمار می رود و یکی از کاربردی های مهم سامانه اطلاعات جغرافیایی تعیین سطح تصویری چندضلعی است. بويس و کامباره ری^۱ (۱۹۸۷) سطح تصویری در سامانه اطلاعات جغرافیایی برداری^۲ را به کمک معادله زیر تعیین کردند:

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=0}^{n-1} (X_i Y_{i+1} - X_{i+1} Y_i) \right|$$

(X_i, Y_i) : مختصات نقاط متوالی تشکیل دهنده چندضلعی

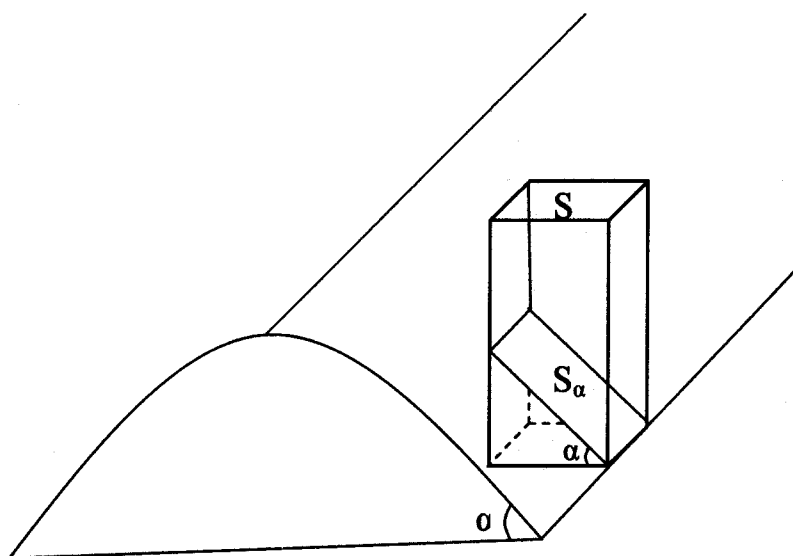
روبرت و وای^۳ (۱۹۹۴) در مطالعه ای به منظور برآورد

سطح واقعی چندضلعی (با اعمال شیب و جهت^۴)، اختلافی حدود ۲/۶۳ هکتار به طور میانگین بین سطح واقعی و سطح تصویری چندضلعی به دست آوردند.

در سامانه اطلاعات جغرافیایی شبکه ای^۵ (۵)، سطح چندضلعی (S) با شمارش تعداد سلول ها (n) و با توجه به سطح هر سلول (s) تعیین می شود:

$$S = n \times s$$

در بسیاری از موارد، مدیران دانستن سطح واقعی^۶ را به سطح تصویری^۷ ترجیح می دهند. اگر منطقه فاقد شیب باشد، سطح واقعی و سطح تصویری برابرند. اما با افزایش شیب، اختلاف بین سطح واقعی و سطح تصویری افزایش می یابد (شکل ۱). در نتیجه محاسبه سطح با اعمال شیب برآورد دقیق تری را امکان پذیر می سازد.



شکل ۱- اثر شیب بر اختلاف بین سطح واقعی و تصویری

S_α : سطح واقعی
S: سطح تصویری
 α : زاویه شیب

۴- تعیین سطح واقعی بسته به اینکه شیب در جهت اصلی یا قطری باشد، متفاوت خواهد بود. سطح واقعی یک سلول با شیب مشخص در جهت قطری، بیشتر از سطح واقعی آن سلول با همان شیب در جهت اصلی است.

۵- Raster based GIS

۶- Surface area

۷- Planimetric area

۱- Bevis, Cambareri

۲- Vector GIS

۳- Robert, Weih

سپس نقشه شیب حاصل به نرم افزار Arc/Info انتقال داده شد و برای تکمیل بانک اطلاعاتی آن که شامل مساحت تصویری سلول‌ها و شیب سلول به درصد است، ستون جدیدی با عنوان مساحت واقعی سلول‌ها که با استفاده از معادله ۱ محاسبه می‌شود، به آن اضافه شد. در ادامه برای پاسخگویی به پرسش‌های مطرح‌شده، بررسی‌های آماری صورت گرفت تا نتایج آنها در تصمیم‌گیری‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج

در سامانه اطلاعات جغرافیایی، با استفاده از شیب چندضلعی (به درصد) و مساحت تصویری آن، مساحت واقعی چندضلعی به کمک معادله زیر تعیین می‌شود:

$$S_{\alpha} = S \left[1 + \left(\frac{P}{100} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (\text{معادله ۱})$$

S_{α} : سطح واقعی

S : سطح تصویری

P : شیب به درصد

به منظور پاسخگویی به پرسش‌های مطرح شده، بررسی‌های آماری انجام شد تا نتایج آنها در تصمیم‌گیری‌های بعدی مورد استفاده قرار گیرد.

پرسش اول: آیا بین دو سطح واقعی و تصویری تفاوت معنی‌داری وجود دارد؟

با آزمون آماری Two-sample، بین سطح واقعی و سطح تصویری با توجه به مقادیر P بالا (احتمال رد شدن فرض صفر) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۱) [P در سطوح ۵ و ۱٪ پذیرفته است]. براساس معادله ۱، چون مقادیر با فرمول ثابتی کوچک یا بزرگ شده‌اند، در ابتدا به نظر می‌رسید که معنی‌دار نشود.

هدف این تحقیق ارائه روشی برای تعیین سطح واقعی اراضی، با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بوده و به‌ویژه پاسخگویی به پرسش‌های زیر است:

۱- آیا بین دو سطح واقعی و تصویری تفاوت معنی‌داری وجود دارد؟

۲- آیا برای تعیین مساحت واقعی (در نهایت با عمل مقیاس)، استفاده از میانگین شیب کافی است؟

۳- تفاوت دو نوع سطح تا چه شیبی قابل چشم‌پوشی است؟

۴- اندازه سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی^۱، بر نقشه شیب و تفاوت سطح واقعی و تصویری چه اثری دارد؟

مواد و روش‌ها

برای این تحقیق بخشی از جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران به مساحت ۵۸۰۰ هکتار و شیب متوسط ۷۶ درصد انتخاب شد (شکل ۲، اقتباس از طرح طراحی و ایجاد پایگاه داده GIS برای جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی^۲).

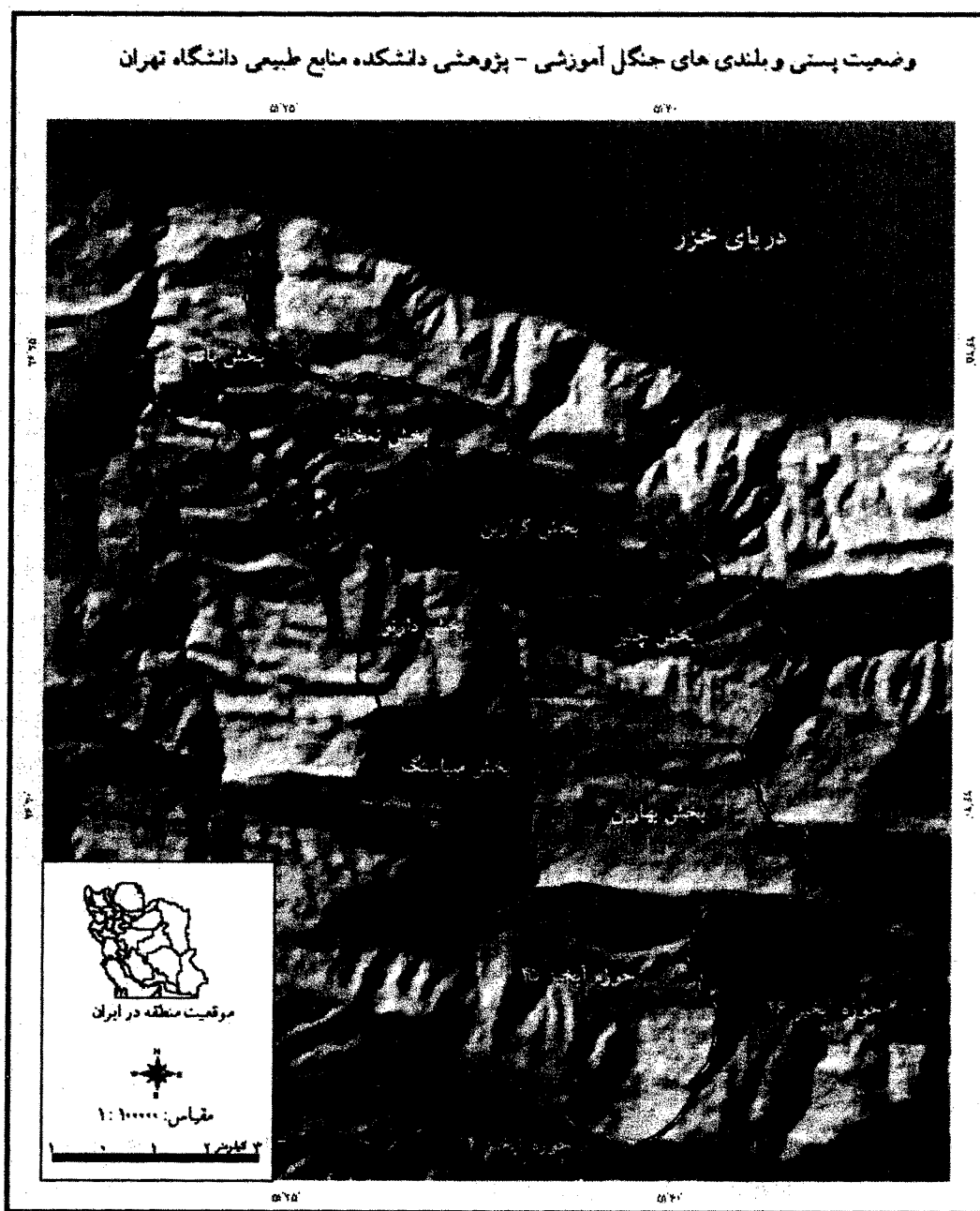
سامانه اطلاعات جغرافیایی به کار گرفته در این پژوهش Arc/Info و Idrisi است. Idrisi یک سامانه چندبخشی^۲ و شامل بخش‌هایی از قبیل بخش مدیریت پروژه‌ها، بخش واردسازی داده‌ها، بخش تجزیه و تحلیل داده‌ها و بخش تبادل داده‌هاست.

Arc/Info یک سامانه برداری است. این سامانه نیز چندبخشی است و بخش‌های اصلی آن عبارتند از: Arcplot, Tables, Arcedit, Arc

به منظور تهیه نقشه پایه منطقه مورد مطالعه، خطوط میزان منحنی منطقه، در نرم افزار Arc/Info به کمک میز رقومی‌کننده، رقومی‌شده و در مرحله بعد برای تهیه مدل ارتفاعی رقومی، خطوط میزان رقومی‌شده به نرم افزار Idrisi انتقال یافته و از مدل ارتفاعی محاسبه‌شده در نرم افزار Idrisi نقشه شیب (به درصد) تهیه شده است.

۱- Digital Elevation Model (DEM)

۲- Modular



شکل ۲- وضعیت پستی و بلندی های منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- آزمون Twosample بین سطح واقعی و تصویری (S_e/S)

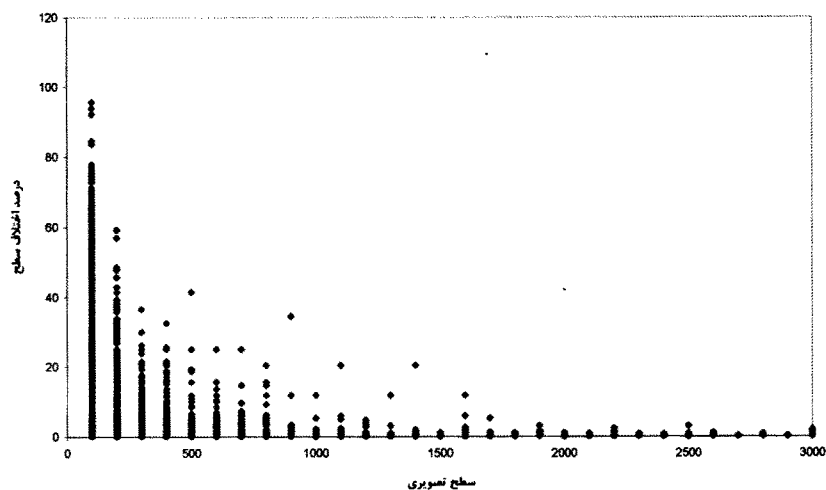
درصد شیب (P)	مقادیر T	مقادیر P
۱۰	۰	۱
۲۰	۰/۰۲	۰/۹۸
۳۰	۰/۰۴	۰/۹۷
۵۰	۰/۲	۰/۹۷
۱۰۰	۱	۰/۹۷

بین سطح تصویری و عکس درصد اختلاف سطح، ناچیز (۰/۰۰۰۳۳) است، در نتیجه این معادله نیز مدل خوبی نیست.

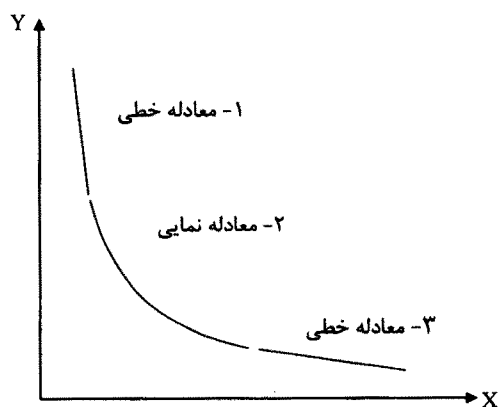
معادله غیر خطی^۱ برازش شده بر این ابر نقاط، ترکیبی از معادله‌های ۱- خطی، ۲- نمایی و ۳- خطی است (شکل ۴) که توسط برنامه کامپیوتری SPSS به شرح زیر محاسبه شده است.

در این حالت ضریب همبستگی، ناچیز (۰/۰۰۰۲) است، پس ارتباط بین درصد اختلاف سطح و سطح تصویری رد می‌شود.

$$Y = -112/48 - 0/008X + 228/4X^{0/0009} - 111/998 + 0/008X$$



شکل ۳- ابر نقاط بین درصد اختلاف سطح و سطح تصویری



شکل ۴- معادله غیر خطی حاکم بر ابر نقاط شکل ۳

معادله خطی رگرسیون بین درصد اختلاف سطح (Y) با شیب به درصد (X):

$$Y = -6/016011 + 0/413115X$$

ضریب همبستگی معادله مذکور ۰/۸۷۶۱۱ است که بیانگر ارتباط معنی‌داری بین شیب (به درصد) و درصد اختلاف سطح است.

$$Y = 0/0106 X^{2/1926}$$

معادله نمایی رگرسیون بین درصد اختلاف سطح (Y) با شیب به درجه (X):

ضریب همبستگی معادله مذکور ۰/۹۹۰۴ است که بیانگر ارتباط معنی‌داری بین شیب به درجه و درصد اختلاف سطح است.

پرسش چهارم: اندازه سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی بر نقشه شیب و تفاوت سطح تصویری و سطح واقعی چه اثری دارد؟ به نظر می‌رسد هر چه اندازه سلول کوچک‌تر باشد (با در نظر داشتن توپوگرافی منطقه و فاصله خطوط میزان رقومی شده و مقیاس نقشه)، شیب شکستگی‌های ریز سطح نیز اعمال می‌شود و در نتیجه میانگین شیب بیشتری به دست می‌آید و متعاقب آن اختلاف دو نوع سطح بیشتر می‌شود (جدول ۳). هر چند در مناطق مورد مطالعه خطوط میزان ۱۰ متری در تهیه DEM با ابعاد سلول ۱۰×۱۰ رقومی شده است، اما برای بررسی اندازه سلول‌های مدل رقومی و اثر آنها بر نقشه شیب به عملیات صحرایی و مقایسه با مبنای واقعیت زمینی و یکسری بررسی‌های آماری نیاز است تا بتوان گفت در چه اندازه سلولی، شیب و سطح واقعی محاسبه شده به حالت واقعی نزدیک‌تر است.

پرسش دوم: آیا برای تعیین مساحت واقعی، استفاده از شیب میانگین کافی است؟

مساحت واقعی منطقه (مجموعه‌ای از سلول‌ها) به کمک معادله ۱ به دو روش محاسبه می‌شود:

الف- برای تعیین مساحت واقعی منطقه، برای تک تک سلول‌ها با توجه به سطح تصویری و شیب آنها، سطح واقعی محاسبه می‌شود و از مجموع سطوح واقعی سلول‌ها، سطح واقعی منطقه به دست می‌آید.

ب- سطح تصویری کل منطقه و شیب میانگین سلول‌های منطقه را در معادله ۱ قرار می‌دهیم و سطح واقعی منطقه به دست می‌آید.

آزمون آماری Twosample، تفاوت معنی‌داری را بین سطوح واقعی محاسبه شده با این دو روش نشان نمی‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲- آزمون Twosample سطح واقعی با شیب

میانگین سطح واقعی با شیب تک سلول‌ها

T_{test}	$T=1/14$	$p=0/26$
------------	----------	----------

در نتیجه برای تعیین مساحت واقعی در معادله ۱، استفاده از شیب میانگین کافی است، هر چند به منظور افزایش دقت برآورد توصیه می‌شود از شیب سلول‌ها استفاده شود.

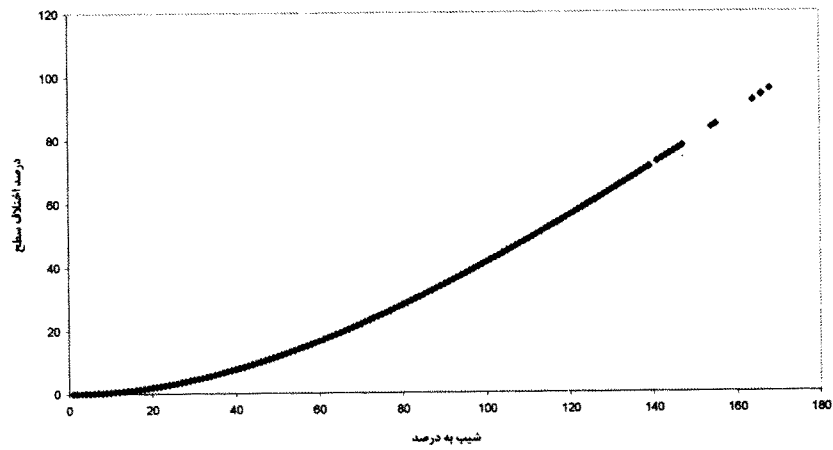
پرسش سوم: تفاوت دو نوع سطح تا چه شبی قابل چشم‌پوشی است؟

با توجه به شکل (۵)، در محدوده شیب ۲۰ تا ۵۰ درصد (از شیب ۳۵ درصد) تفاوت آشکاری بین دو نوع سطح مشاهده می‌شود یا اینکه اختلاف دو سطح تصویری و واقعی ($(K-K)$ در شیب حدود ۵۵ درصد، ۱۰ درصد سطح اولیه (تصویری) (K) است.

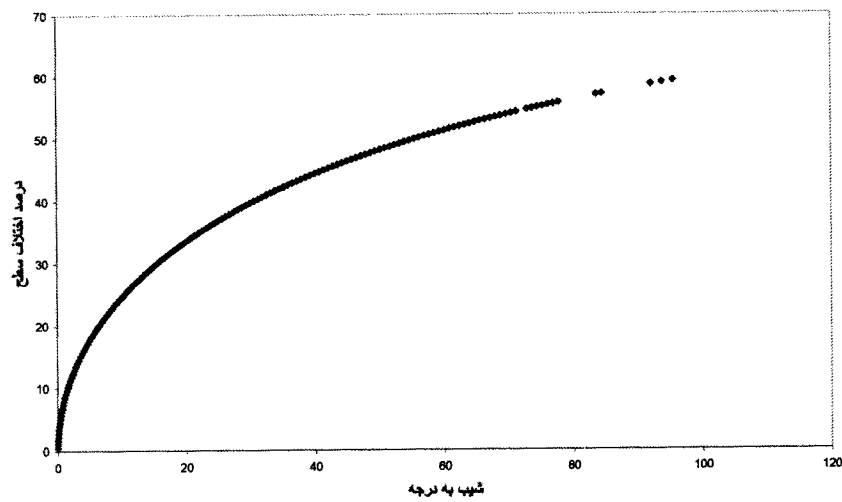
اگر درصد اختلاف سطح با شیب به درصد و درجه بررسی آماری شود، ابر نقاط حاصل بیانگر ارتباط معنی‌داری بین این دو است (شکل‌های ۵ و ۶).

جدول ۳- اثر اندازه سلول‌های مدل ارتفاعی رقومی بر نقشه شیب و تفاوت بین سطح واقعی و تصویری

ابعاد سلول ($m \times m$)	میانگین شیب	اختلاف دو نوع سطح m^2
۱۰۰ × ۱۰۰	۱۶/۰۵	۶۸۴۷۷
۵۰ × ۵۰	۱۸/۳	۱۰۵۳۸۸
۳۰ × ۳۰	۲۰/۲۳	۱۳۰۱۳۵
۱۰ × ۱۰	۲۴/۹۶	۱۹۷۰۹۰



شکل ۵- ابر نقاط بین درصد اختلاف سطح و شیب به درصد



شکل ۶- ابر نقاط بین درصد اختلاف سطح و شیب به درجه

بحث و نتیجه گیری

معادله ۱ ارتباط معنی‌داری را بین سطح تصویری و سطح واقعی و شیب منطقه نشان می‌دهد، اما ارتباط معنی‌داری بین دو عامل سطح واقعی و سطح تصویری وجود ندارد. چون مقادیر در این معادله با فرمول ثابتی کوچک یا بزرگ شده‌اند، در ابتدا نیز به نظر می‌رسید که معنی‌دار نشود. از آنجا که شیب حاصل از خطوط میزان رقوم شده در سامانه اطلاعات جغرافیایی از دقت زیادی برخوردار است، استفاده از این فرمول در سامانه اطلاعات جغرافیایی، به منظور کسب اطلاعات دقیق از وضعیت کمی منابع، اهمیت دارد، در واقع این معنی‌دار نشدن اختلاف سطح واقعی و سطح تصویری تأییدی بر اثر توأم سطح تصویری و شیب بر سطح واقعی است. دیگر اینکه به کمک مدل‌های آماری مختلف ارتباط معنی‌داری بین سطح تصویری و درصد اختلاف سطح مشاهده نشد.

در معادله ۱ برای تعیین مساحت واقعی استفاده از شیب میانگین کافی است، هر چند به منظور افزایش دقت برآورد، شیب سلول‌ها به شیب میانگین سلول‌ها ارجحیت دارد.

با توجه به شکل ۵، از شیب ۳۵ درصد تفاوت آشکاری بین دو نوع سطح مشاهده می‌شود که با توجه به اهمیت سطح مورد مطالعه و طرح مربوط به منطقه، از معادله ارائه شده کمک گرفته می‌شود.

ابر نقاط در نمودار ۵ حکایت از وجود ارتباط معنی‌داری بین شیب (درصد) و درصد اختلاف سطح دارند و نتایج حاصل از معادله رگرسیون نیز این ارتباط معنی‌دار را تأیید می‌کند. پس با در اختیار داشتن هر یک از این عوامل (شیب یا درصد اختلاف سطح)، به کمک نمودار، به سادگی عامل بعدی را نیز می‌توان مشخص کرد.

ابر نقاط در نمودار ۶ نیز بیانگر ارتباط معنی‌داری بین شیب (درجه) و درصد اختلاف سطح است و برای سهولت محاسبه، می‌توان از نمودار آن بهره جست.

در بررسی اندازه سلول‌های مدل ارتفاعی رقوم و اثر آنها بر نقشه شیب، به عملیات صحرایی و مقایسه با مبنای واقعیت زمینی و یک‌سری بررسی‌های آماری نیاز است تا بتوان نتیجه گرفت در چه اندازه سلولی، شیب و سطح واقعی به حالت واقعی نزدیک‌تر است و اینکه تا چه محدوده‌ای از نظر دقت تغییر چندانی نمی‌کند.

منابع

- ۱- آرنوف، استن. ۱۳۷۵. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (ترجمه مدیریت سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی سازمان نقشه‌برداری کشور). چاپ سازمان نقشه‌برداری کشور. ۳۳۰ ص.
- ۲- استار، جفری و جان استس. ۱۳۷۶. مقدمه‌ای بر سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (ترجمه سیدحسین ثنائی‌نژاد) انتشارات جهاددانشگاهی مشهد. شماره ۱۵۴. ۲۵۰ ص.
- ۳- بارو، پی. ای. ۱۳۷۶. سیستم اطلاعات جغرافیایی (ترجمه حسن طاهر کیا). سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها. تهران. ۳۶۷ ص.
- ۴- درویش‌صفت، علی‌اصغر. ۱۳۷۸. سامانه اطلاعات جغرافیایی. جزوه درسی کارشناسی‌ارشد. دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۵- درویش‌صفت، علی‌اصغر. ۱۳۷۹. طراحی و ایجاد پایگاه داده GIS برای جنگل آموزشی و پژوهشی دانشکده منابع طبیعی، گزارش نهایی طرح شماره ۸۱۲/۱/۲۳۲، ۲۹ صفحه.
- 6-Bill, R. & D. Fritsch, 1991. Grundlagen der Geo-Informationen – Systems, Hardware, Software und Daten, Band1, Wichmann Verlag GmbH, Karlsruhe, pp. 122-147.

7-Maguire D.J. & J. Dangermond. 1991. The Functionality of GIS. In " Geographical Information Systems " Vol. 1, Principles, Edited by Maguire D. J. et al. Longman Group UK Ltd. pp.319-336.

8-Robert, C. & Jr. Weih 1994. The effect of slope on area calculations in a Geographic Information System. Proc. " International Symposium on The Spatial Accuracy of Natural Resource Data Bases, " 16-20 May 1994, Williamsburg, Virginia, pp. 132-140.

A Method of Calculating Surface Area Using Geographical Information System (GIS)

A. Soltani Largani¹, J. Fegghi^{2*}

¹M Sc. Student of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

²Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran

(Received: 13 July 2000, Accepted: 28 Jan 2006)

Abstract

This research was carried out in a section of Kheirood-Kenar educational and research forest station with the mean slope of 76 percent. A method of estimating the surface area using the slope is introduced which has vast applications in all areas of natural resource management. Statistical analyses of the collected data showed a significant relation between surface and plan metric areas with the slope, but there is not significant relation between the two areas. Non-significant difference between difference of surface and plan metric areas is a confirmation of joint effect of plan metric area and slope on surface area. For determining the surface area, the mean slope of the area can be used in the equation given by the authors (equation 1), but it is preferred to use the slope of each cell. Furthermore, two presented graphs (5, 6) can be used to find one factor given any one of the slope or the difference between surface area and plan metric area in percent. The for areas up to 55 percent slope difference between surface area and plan metric area is less than 10 percent of plan metric area.

Keywords: Area calculation, Surface area, Plan metric area, Geographic Information System.