سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال ششم / شماره سوم) پاییز ۱۳۹۴
نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز
آدرس وب سایت : http://girs.iaubushehr.ac.ir

برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل رقومی پستی و بلندی زمین

حسن رضایی مقدم[1*]، محسن حسینعلی‌زاده[2]، واحد بردی شیخ[3]، رویا جعفری[1]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۲. استادیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۳. دانشیار دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

چکیده

این پژوهش در زیر حوزه غربی شهرک بهزیستی در استان گلستان به منظور ایجاد مدل‌های رگرسیون رطوبت خاک صورت گرفته است. در این پژوهش رطوبت با استفاده از دستگاه انعکاس سنج زمانی (TDR) در ۱۸ نقطه و ۶ روز متوالی بعد از بارندگی قابل توجه در اعماق مختلف خاک اندازه‌گیری شد. سپس مدل رقومی ارتفاع منطقه از تصاویر اول تراکم تهیه شده در سال ۱۳۹۳ در پیکسل‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر تهیه گردید و از روی آن ویژگی‌های پستی و بلندی محاسبه شد. در نهایت مدل‌های رگرسیون بین این ویژگی‌ها و رطوبت خاک تهیه شد. نتایج نشان می‌دهد از خصوصیات پستی و بلندی مهم که با رطوبت خاک ارتباط بیشتری داشته و در مدل رگرسیونی وارد شده‌اند، می‌توان به انحنای افقی، جهت شیب، شاخص خیسی اشاره کرد. این نتایج مؤید این است که انحراف جریان مواد، مقدار آب موجود در خاک و جهت شیب ، رطوبت خاک را کنترل کرده است. نتایج نشان می‌دهد مدل‌های به دست آمده در مقیاس حوزه آبخیز از حداقل ۴۴ تا حداکثر ۶۰ درصد از کل تغییرات رطوبت خاک را پیش‌بینی می‌کند.

مشخصات مقاله

پیشینه مقاله:
دریافت: ۱۸ آذر ۱۳۹۳
پذیرش: ۱ مرداد ۱۳۹۴
دسترسی اینترنتی: ۲۵ آذر ۱۳۹۴

واژه‌های کلیدی:
رطوبت خاک
انعکاس‌سنج زمانی
خصوصیات پستی و بلندی
مدل رقومی ارتفاع

* پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: hassan_6669@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

شناخت خصوصیات خاک در حوزه آبخیز در ارتباط با مسائل مدیریتی، توسط مدل‌های مختلف تجربی یا ریاضی از اهمیت بالایی برخوردار است. از بین خصوصیات خاک می‌توان از رطوبت خاک به عنوان پارامتر مهم و ضروری در ورودی اکثر مدل‌های هیدرولوژی و فرسایش و رسوب نام برد. رطوبت خاک یکی از پارامترهای بنیادی محیط زیست است که بر زندگی گیاهی، جانوری و میکروارگانیسم‌ها مستقیماً تأثیرگذار بوده و نقش عمده‌ای در تبادلات انرژی بین هوا و خاک ایفا می‌نماید (۲). این پارامتر که ترکیبی از عوامل جوی، ویژگی‌های عوارض زمین، خاک و پوشش گیاهی می‌باشد (۱۲)، با اینکه بخش ناچیزی از بیلان آبی جهان را تشکیل می‌دهد، اما تقریباً همه فرآیندهای هیدرولوژی که در سطح یا نزدیک سطح زمین رخ می‌دهند را کنترل می‌کند. میزان رطوبت خاک سهمی از بارندگی را که به رواناب، ذخیره سطحی و زیرسطحی تبدیل می‌شوند، تنظیم می‌کند. همچنین این متغیر، میزان رشد گیاه و تولید محصول را کنترل می‌نماید (۲۰). رطوبت خاک، توزیع مکانی و پوشش گیاهی، دمای خاک و تجزیه مواد آلی توسط فعالیت‌های میکروبی را نیز تنظیم نموده و بنابراین متغیر مهمی است که توزیع مکانی- زمانی کربن خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵). وضعیت رطوبت پیشین خاک در سطح یک آبخیز نیز فاکتوری مهم در مدلسازی هیدرولوژی به شمار می‌آید (۹ و ۱۴). به همین دلیل توزیع مکانی و تغییرات زمانی رطوبت خاک، یکی از اجزاء بسیار مهم در مدل‌های آب و هوایی، اکولوژی و هیدرولوژی در مقیاس‌های جهانی، منطقه‌ای و محلی محسوب می‌شود (۲).

رطوبت خاک در زمان و مکان بسیار متغیر است و تغییرات آن ناشی از نوع و بافت خاک، کاربری اراضی، پوشش گیاهی و توپوگرافی می‌باشد (۲۴). پایش زمانی و دقیق تغییر عوارض سطح زمین برای درک روابط و کنش‌های متقابل بین انسان و پدیده‌های طبیعی به منظور تصمیم‌گیری بهتر خیلی مهم است (۱). گسترش روزافزون تکنولوژی‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) استفاده از داده‌های زمانی- مکانی آن‌ها به منظور بررسی تغییرات و چگونگی آن در گذشته و شبیه‌سازی در آینده می‌تواند به مدیران و استفاده‌کنندگان جهت مدیریت و برنامه‌ریزی و توسعه پایدار یاری رساند (۱۰). با آگاهی یافتن از مقدار رطوبت خاک و دیگر ویژگی‌های آن، می‌توان تأثیر این ویژگی‌ها را در رشد گیاه بررسی نمود. با اندازه‌گیری متوالی و مستمر مقدار رطوبت در نیمرخ خاک، می‌توان مقدار تبخیر و تعرق که از مهم‌ترین بخش تلفات آب در چرخه هیدرولوژی به شمار می‌رود را تعیین نمود. معلوم بودن مقدار رطوبت موجود در خاک جهت محاسبه مقدار آب مورد نیاز، به صورت آبیاری و عمقی که مقدار معینی آب می‌تواند نفوذ کند، ضرورت دارد (۶). امروزه دریافته‌اند که یک رابطه منطقی و اصولی بین رطوبت خاک و رواناب سطحی وجود دارد. داشتن اطلاعات کافی از میزان رطوبت خاک در قسمت‌های مختلف یک مزرعه یا اراضی مرتعی تأثیر زیادی در کارایی مدیریت حوزه و یا مزرعه دارد. بنابراین اندازه‌گیری یا جمع‌آوری آمار رطوبت خاک در آبخیزداری به منظور پیش‌بینی وقوع سیلاب در زمان معینی از سال و در اراضی زراعی و دشتی برای تعیین الگوی کشت و آبیاری و کشت محصولات مناسب، ضروری خواهد بود (۹). لذا اطلاع از میزان رطوبت خاک در مطالعات هیدرولوژی، آبیاری، فرسایش و رسوب و زراعت امری اجتناب‌ناپذیر است. اگرچه رطوبت خاک پارامتری کلیدی است اما مانند رواناب، بارش و سایر پارامترهای اقلیمی مقدار آن به طور مستقیم و معمول پایش نمی‌گردد. یکی از دلایل عدم پایش رطوبت خاک، مشکل بودن اندازه‌گیری و تغییرات شدید زمانی و مکانی آن می‌باشد که پایش مستمر آن را با توزیع مکانی مناسب غیرعملی می‌سازد. علیرغم مشکلات و محدودیت‌های اشاره شده، برای مدلسازی فرآیندهای هیدرولوژی همچون سیل و فرسایش خاک، دسترسی به اطلاعات اولیه رطوبت خاک در سطح حوزه آبخیز امری ضروری است (۷). بدین منظور با توجه به اهمیت برنامه‌های مدیریت حوزه‌های آبخیز در زمینه مطالعه، گسترش و استفاده سودمند از منابع، دسترسی به اطلاعات کافی در زمینه اطلاعات دقیق رطوبت خاک

Archive of SID

www.SID.ir

ضروری به نظر می‌رسد. روش‌های حاضر برای اندازه‌گیری و تخمین رطوبت خاک را می‌توان به سه گروه اصلی اندازه‌گیری زمینی، استفاده از تکنیک سنجش از دور و تخمین به کمک مدل‌های شبیه‌سازی طبقه‌بندی نمود (۱۵). در صورت عدم دستیابی به داده‌های مشاهداتی می‌توان از روش‌های دیگری برای تخمین این مقادیر بهره جست.

از آنجا که در حوزه‌های آبخیز امکان اندازه‌گیری تمام کمیت‌های مورد نیاز جهت بررسی عکس‌العمل حوزه میسر نمی‌باشد، لذا انتخاب مدلی که بتواند در عین سادگی ساختار و استفاده از حداقل اطلاعات ورودی مورد نیاز، پیش‌بینی با دقت قابل قبولی را ارائه کند امری ضروری به نظر می‌رسد (۵). مدلسازی صحیح و دقیق، وابسته به مقادیر فاکتورهای مؤثر و اهمیت نسبی آنهاست (۱۱).

هزینه‌های زیاد و وقت‌گیر بودن اندازه‌گیری خصوصیات خاک از جمله رطوبت خاک و همچنین غیرقابل دسترس بودن برخی نقاط حوزه‌های آبخیز، ارائه روش‌هایی را به منظور برآورد غیر مستقیم خصوصیات خاک طلب می‌کند. نمونه‌ای از این روش‌های غیر مستقیم در مقیاس حوزه آبخیز، استفاده از فاکتورهای توپوگرافی و مدل رقومی ارتفاع است (۱ و ۱۸). ارتباط بین خصوصیات توپوگرافی نظیر ارتفاع، شیب، جهت شیب، انحنای افقی، انحنای عمودی با خصوصیات هیدرولوژیکی و فرایندهای فرسایش و رسوب روشن شده است (۱۷و ۲۲).

در مناطق با توپوگرافی بالا، برای رسیدن به دقت مناسب، استفاده از مدل رقومی ارتفاعی هرچه دقیق‌تر امری ضروری است (۴). در دهه‌های اخیر در راستای بررسی الگوی خصوصیات خاک توسط پژوهشگران مختلف از جمله وبستر (۲۵)، سینوسکی و اورسوالد (۲۱) و وهی (۲۳) تلاش‌هایی به عمل آمده است. این مطالعات به طور عمده در تشخیص الگوهای پراکنش خصوصیات خاک عمل کرده و به بررسی ارتباط الگوهای پراکندگی و فرایندهای کنترل کننده خصوصیات خاک نپرداخته است. پهلوان‌راد و همکاران (۳) طی مطالعه‌ای در استان گلستان به پهنه‌بندی رقومی واحدهای خاک با استفاده از مدل درختان تصمیم‌گیری تصادفی پرداختند. مور و همکاران (۱۶) طی مطالعه‌ای در کلرادو، مدل آماری خاک – چشم‌انداز را بر اساس تعیین ارتباط بین برخی از خصوصیات خاک و با ویژگی‌های پستی و بلندی به دست آوردند. مطالعات مشابهی نیز توسط گسلر و همکاران (۱۳) چنین ارتباطاتی را تعیین کرده است. عباس‌زاده افشار و همکاران (۸) در مطالعه‌ای به بررسی پیش‌بینی مکانی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پذیرفتاری مغناطیسی خاک به کمک داده‌های رقومی ارتفاع زمین پرداختند.

هدف از این پژوهش ایجاد مدل آماری در زیرحوزه شهرک بهزیستی گرگان است که بر اساس آن با استفاده از خصوصیات و پارامترهای سطح زمین بتوان رطوبت خاک را برآورد نمود.

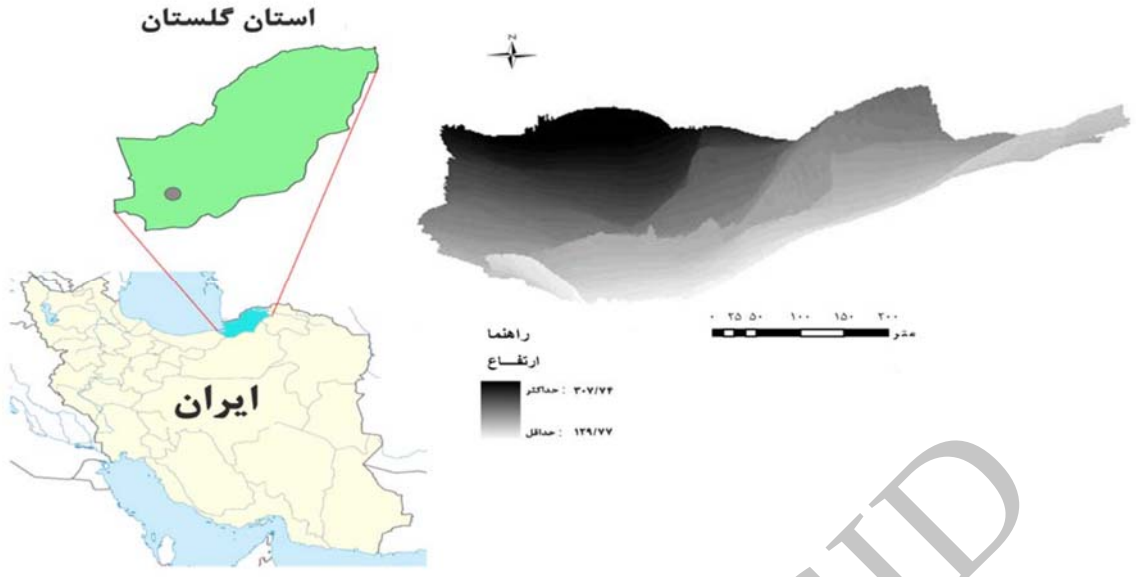
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

زیر حوزه غربی شهرک بهزیستی در استان گلستان در ورودی غربی شهرستان گرگان و در حد فاصل طول جغرافیایی ″ ۵۵ ′ ۲۳ °۵۴ تا ″ ۲۳ ′ ۲۴ °۵۴ شرقی و عرض جغرافیایی ″ ۵۲ ′ ۴۹ °۳۶ تا ″ ۱۴ ′ ۵۰ °۳۶ شمالی واقع شده است. مساحت کل آبخیز مورد مطالعه ۲۶/۵۰ هکتار بوده که پست‌ترین و بلندترین نقطه حوزه به ترتیب در ارتفاع ۱۳۳ و ۳۰۳ متر از سطح دریا واقع شده است. موقعیت زیر حوزه مورد مطالعه در ایران و استان گلستان در شکل ۱ نمایش داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir



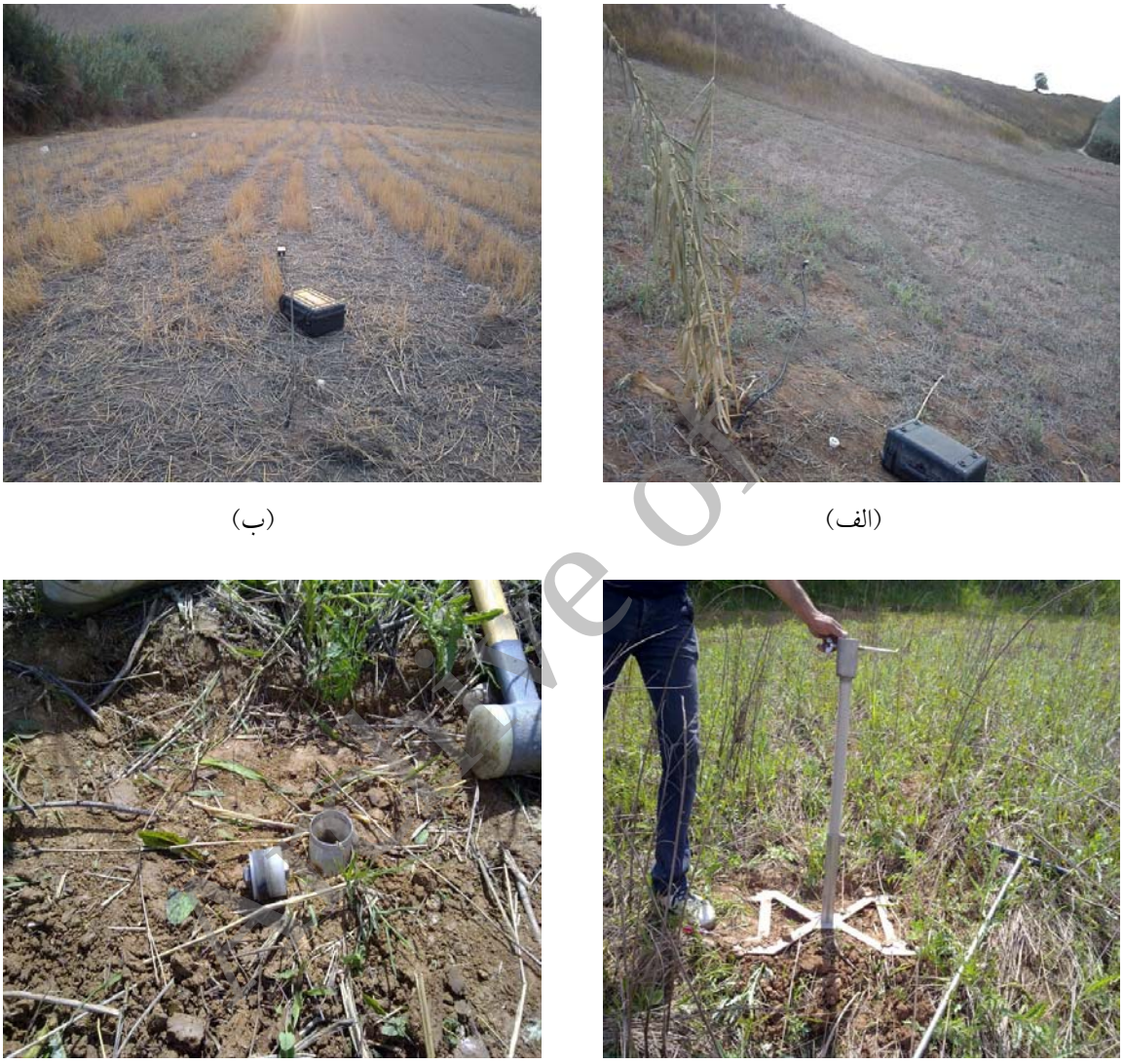
شکل۱. موقعیت سه بعدی زیر حوزه غربی شهرک بهزیستی

در این تحقیق نقاط نمونه‌برداری بر اساس تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع (DEM) با دقت یک متر که از تصاویر اولتراکم تهیه شده است، تعیین گردید. به این ترتیب که با ادغام نقشه‌های ارتفاع، شیب، کاربری، جهت شیب، انحنای افقی (Plan curvature) و انحنای قائم (Profile curvature)، محل دقیق نقاط نمونه‌برداری تعیین گردید که موقعیت نقاط بر روی تصویر اولتراکم در شکل ۲ نشان داده شده است. در این پژوهش، ۱۸ محل نمونه‌برداری بر روی نقشه تعیین شده و به وسیله DGPS موقعیت نقاط مشخص شده در عرصه مشخص شد.

شکل۲. موقعیت نقاط نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک

Archive of SID
www.SID.ir

سپس جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک، تعداد ۱۸ پروب در محدوده مورد نظر جاگذاری شد که شامل ۱۴ پروب به عمق ۸۰ ، ۲ پروب به عمق ۶۰ و ۲ پروب به عمق ۴۰ سانتیمتر می‌باشد. بنابراین بعد از گذشت یک ماه از جاگذاری پروب‌ها به اندازه‌گیری رطوبت اقدام گردید (شکل ۳)، تا فضای احتمالی ایجاد شده بین پروب و خاک در این زمان از بین برود و بین خاک و پروب به خوبی اتصال ایجاد شود و خاک به شرایط طبیعی خود برگردد.



(الف) (ب)

(ج) (د)

شکل۳. (الف) و (ب) مراحل اندازه‌گیری، (ج) و (د) مراحل جاگذاری پروب‌ها

در این پژوهش اندازه‌گیری رطوبت با استفاده از دستگاه TDR (Time Domain Reflectometry) در ۶ روز متوالی بعد از بارندگی قابل توجه، در اعماق مختلف اندازه‌گیری شد. رطوبت خاک در فواصل ۲۰ سانتی‌متری از سطح خاک تا کف پروب در چهار جهت اندازه‌گیری شد و سپس از آنها میانگین گرفته و به عنوان رطوبت هر عمق در هر نوبت محاسبه گردید.

www.SID.ir

اساس کار دستگاه TDR براین اصل استوار است که دستگاه گیرنده علایمی را به داخل سنسور میله‌ای ارسال کرده که از میله اصلی این علایم خارج شده و توسط میله‌های کناری دریافت می‌شوند. هنگامی که سنسور در داخل پروب نصب شده در خاک قرار دارد و بین میله‌ها را خاک فرا می‌گیرد بسته به میزان رطوبت خاک، زمان عبور موج الکترومغناطیس تغییر می‌کند و دستگاه میزان رطوبت را مستقیماً قرائت می‌کند. بکارگیری روش ساده و کاربردی می‌تواند کمک مؤثری در دست‌یابی به نتایج مورد نیاز و کاهش هزینه‌ها در بر داشته باشد. لذا استفاده از روشی که بتوان رطوبت خاک را در شرایط طبیعی و بدون دست خوردگی و با سرعت و دقت بالا به دست آورد بسیار با اهمیت و کاربردی می‌باشد. همچنین با انجام آزمایش‌های مربوط به بافت خاک مشخص گردید که کل منطقه مورد مطالعه دارای بافت سیلتی رسی می‌باشد. مدل رقومی ارتفاع منطقه از تصویر اولتراکم در پیکسل‌هایی به ابعاد ۱×۱ متر تهیه شد.

۹ خصوصیت متغیر محیطی که شامل خصوصیات زمین (۲۶) بودند در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفتند. خصوصیات زمین شامل شیب، ارتفاع، جهت، انحنای سطح، انحنای نیمرخ، شاخص حمل رسوب، طول جریان شیب پایینی، شاخص قدرت جریان و شاخص خیسی از نقشه DEM با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS®9.3 و TAS (Terrain analysis system) استخراج گردیدند. تعریف این خصوصیات در جدول ۱ آورده شده است (۲۶).

جدول۱. توصیف خصوصیات زمین

خصوصیت	واحد	تعریف
ارتفاع (Elevation)	متر	ارتفاع نسبت به سطح دریا
شیب (Slop)	درصد	زاویه بین سطح تماس و سطح افقی در یک نقطه از سطح زمین
جهت شیب (Aspect)	RAD	بیشترین سرعت تغییر در ارتفاع در هر سلول از DEM
انحنای قائم (Profile Curvature)	یک بر متر	انحنا در صفحه عمودی خط جریان است، بیانگر اندازه افزایش و کاهش سرعت جریان است، بنابراین در جریان آب و انتقال رسوب می‌باشد.
انحنای افقی (Plan Curvature)	یک بر متر	انحنا در صفحه افقی یک خط کنتور. نشان‌دهنده انحراف جریان مواد و بیانگر اندازه همگرایی و واگرایی جریان می‌باشد.
شاخص خیسی (TWI)	–	پارامتری که توزیع مکانی منطقه اشباع و مقدار آب خاک در زمین‌نما را بیان می‌کند.
شاخص حمل رسوب (STI)	–	نماینگر فرایندهای فرسایش و رسوب در زمین‌نما بوده و اثر توپوگرافی بر فرسایش را نشان می‌دهد.
طول جریان به طرف پایین شیب (Downslop Flowpath Length)	متر	فاصله پایین شیب با مسیر جریان آب به بیرون
شاخص قدرت جریان (Stream Power index)	–	نمایانگر قدرت جریان رواناب در نواحی با شیب زیاد و کم است.

محاسبه شاخص‌های توپوگرافی

شاخص‌های اولیه (شیب، جهت و ارتفاع) به طور مستقیم از مدل رقومی ارتفاع محاسبه می‌شود و ویژگی‌های ثانویه یا مرکب از ترکیب ویژگی‌ها یا شاخص‌های اولیه حاصل می‌شود و می‌تواند به عنوان شاخصی از فرایندهای ویژه، مانند انتقال آب و رسوب مورد استفاده قرار گیرد (۱۶ و ۱۷).

Archive of SID

www.SID.ir

ایجاد مدل آماری

بعد از محاسبه شاخص‌های اولیه و ثانویه پستی و بلندی در نقاط مورد مطالعه، بین رطوبت خاک و خصوصیات خاک سطحی، ماتریس هم‌بستگی در هر ۶ روز اندازه‌گیری رطوبت به طور مجموع و سپس در هر روز به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. سپس آنالیز رگرسیون چند متغیره خطی بین رطوبت خاک و شاخص‌های پستی و بلندی برای هر ۶ روز اندازه‌گیری و سپس در هر روز به طور جداگانه به روش رگرسیون گام به گام و معمولی در نرم‌افزار آماری SPSS®17 صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقادیرخصوصیات پستی و بلندی اولیه و ثانویه در پیکسل‌هایی به ابعاد ۱×۱ محاسبه شده است. به عنوان نمونه پارامترهای شیب (بر حسب تانژانت زاویه شیب)، شاخص حمل رسوب، شاخص رطوبتی و ... برای کل منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است. مقدار شاخص رطوبتی در منطقه متغیر است به طوری که گسلر و همکاران (۱۳) عنوان کرده‌اند، شاخص رطوبتی، ترکیب سطح ویژه حوزه و درجه شیب، شاخصی از موقعیت مکانی یک نقطه در طول یک کاتنا (Catena) می‌باشد. مقادیر کم آن در مناطق بالایی شیب و مقادیر زیاد در نقاط پست و آبراهه‌ها دیده می‌شود. ضرایب همبستگی بین رطوبت خاک با خصوصیات پستی و بلندی اولیه و ثانویه برای ۶ روز متوالی اندازه‌گیری رطوبت در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲. ضرایب همبستگی (r) بین ۶ روز متوالی اندازه‌گیری رطوبت و ویژگی‌های توپوگرافی

	Time	Dowslp	Sedtind	Strm	Wetn	Slp	Asp	Proc	Plac	Elev
رطوبت	-۰/۳۲	۰/۰۰۱	۰/۱۲	۰/۱۳	-۰/۲۲	۰/۱۳	۰/۳۰	-۰/۰۵	۰/۳۱	-۰/۱۰
سطح معنی‌داری ۵٪	۰/۰۰۱	۰/۹۹	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۰۱	۰/۵۹	۰/۰۰۱	۰/۲۹

ارتفاع (Elev)، انحنای افقی (Plac)، انحنای قائم (Proc)، جهت شیب (Asp)، شیب (Slp)، شاخص خیسی (Wetn)، شاخص قدرت جریان (Strm)، شاخص حمل رسوب (Sedtind) و طول جریان به طرف پایین شیب (Dowslp).

برای هر ۶ روز اندازه‌گیری رطوبت به طور جداگانه رابطه معنی‌داری (در سطح ۵٪) بین رطوبت و ویژگی‌های توپوگرافی وجود نداشت. از مهمترین خصوصیات آنالیز سطح زمین که با اندازه‌گیری رطوبت در ۶ روز متوالی بعد از بارندگی ارتباط معنی‌داری نشان می‌دهد، می‌توان به انحنای افقی، جهت شیب، شاخص خیسی خاک اشاره کرد. همچنین با زمان اندازه‌گیری رطوبت بعد از رخداد بارندگی ارتباط معنی‌داری دارد. وجود همبستگی آماری بین ویژگی‌های مذکور و رطوبت خاک، مؤید این مطلب است که انحراف جریان مواد، مقدار آب موجود در خاک و جهت شیب، رطوبت خاک را کنترل کرده است. مور و همکاران (۱۶) و گسلر و همکاران (۱۳) با نشان دادن ارتباط آماری بین خصوصیات خاک و ویژگی‌های پستی و بلندی به چنین نتایجی دست یافتند.

از آنجا که اوده و همکاران (۱۹) عنوان کرده‌اند، در استفاده از مدل‌ها وجود هم‌بستگی بین خصوصیات خاک و پارامترهای ارتفاعی انتخاب شده، اهمیت فراوان دارد. در این تحقیق نیز طبق نتایج ماتریس هم‌بستگی (جدول ۲)، خصوصیات پستی و بلندی معنی‌دار برای رطوبت خاک انتخاب و در مدل‌سازی از آنها استفاده شده است. بهترین ترکیب آماری ویژگی‌های مذبور با رطوبت خاک بر اساس آنالیز رگرسیون چند متغیره خطی در جدول‌های ۳ تا ۵ ارائه شده است. نکته قابل توجه این که بسته به درجه هم‌بستگی پارامتر، تعداد متفاوتی از پارامترها برای برآورد رطوبت خاک، وارد مدل شده‌اند. ضرائب تشخیص نشان می‌دهد که این

Archive of SID

www.SID.ir

مدل‌ها در آنالیز رگرسیون چند متغیره خطی برای ۶ روز اندازه‌گیری ۶۰ درصد، روز اول ۵۵ – ۴۳ درصد، روز دوم ۵۶ – ۵۰ درصد، روز سوم ۵۹ – ۵۱ درصد، روز چهارم ۵۶ – ۵۰ درصد، روز پنجم ۵۴ – ۴۴ درصد و روز ششم ۵۵ – ۴۷ درصد از کل تغییرات پارامترهای مختلف را توجیه کرده‌اند. به نظر می‌رسد که این مقدار توجیه واریانس توسط چنین مدل‌هایی نسبت به سایر روش‌ها قابل قبول باشد و با توجه به اینکه رطوبت خاک مورد استفاده در این تحقیق به وسیله دستگاه TDR برداشت شده که از دقت بالایی برخوردار است و جزء روش‌های نوین اندازه‌گیری می‌باشد در نتیجه داده‌های برداشت شده از صحت و دقت بالایی برخوردار می‌باشند. همچنین با توجه به ابعاد کوچک پیکسل‌های DEM به کار رفته در این تحقیق می‌توان به اعتبار این مدل‌ها اعتماد کرد که با نظر مور و همکاران (۱۶) مبنی بر این که پیکسل‌های ۵ متری، مدل‌های قابل اعتمادی ایجاد می‌نمایند مطابقت دارد. همچنین با نظر حاجی آقاجانی و همکاران (۴) مبنی بر اینکه برای رسیدن به دقت مناسب، استفاده از مدل رقومی ارتفاعی هرچه دقیق‌تر امری ضروری است مطابقت دارد. نتایج کلی پژوهش نشان می‌دهد که در سطح حوزه آبخیز که مشکلات خاص اندازه‌گیری، صعب‌العبور بودن برخی مناطق، وقت‌گیر بودن و هم‌چنین نبود اطلاعات دقیق و پیوسته، وجود دارد؛ برای آنجام پروژه‌های دقیق اجرایی و عملیاتی که نیازمند اطلاعات دقیق است، شاید بتوان از روش معرفی شده در این پژوهش استفاده کرد. همچنین مدل‌های به دست آمده در این پژوهش را در شرایط مشابه حوزه از نظر پوشش گیاهی و مواد مادری برای پیش‌بینی خصوصیات خاک مورد نیاز با دقت قابل قبول به کار برد.

جدول۳. مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی، برای برآورد رطوبت خاک بر اساس ویژگی‌های پستی و بلندی ($p<۰/۰۵$)

	مدل	R	R Square
مجموع ۶ روز	(%) MOITURE= ۱۶/۷۳۵ − ۰/۵۴۷ × Time − ۰/۳۰۱ × Wetn + ۲۸۰/۵۳۲ × Strm − ۳۹/۲۵۶ × Sedtind + ۰/۱۷۹ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp − ۰/۰۱۸ × Plac − ۰/۰۲۵ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۶۰۸	۰/۳۷۰
روز اول	(%) MOITURE= ۱۷/۱۵۸ + ۰/۶۳۹ × Wetn + ۲۷۶/۲۶۴ × Strm − ۳۷/۹۸۸ × Sedtind + ۰/۲۶۱ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp + ۰/۰۵۶ × Plac − ۰/۰۴۱ × Elev + ۰/۰۰۵ × Asp	۰/۵۵	۰/۳۰۳
روز دوم	(%) MOITURE= ۱۸/۳۵۱ − ۱/۷۱۸ × Wetn + ۳۰۷/۰۷۶ × Strm − ۴۳/۹۵۹ × Sedtind + ۰/۱۹۴ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp + ۰/۰۷۶ × Plac − ۰/۰۲۲ × Elev + ۰/۰۰۲ × Asp	۰/۵۶۱	۰/۳۱۵
روز سوم	(%) MOITURE= ۱۱/۲۱۱ + ۰/۰۵۴ × Wetn + ۳۳۶/۶۲۲ × Strm − ۴۶/۷۸ × Sedtind + ۰/۲۰۳ × Proc + ۰/۰۰۰ × Dowslp − ۰/۰۹۱ × Plac − ۰/۰۲۴ × Elev + ۰/۰۰۵ × Asp	۰/۵۹۶	۰/۳۵۵
روز چهارم	(%) MOITURE= ۱۳/۷۱۶ − ۰/۰۹۲ × Wetn + ۲۶۴/۴۲۶ × Strm − ۳۷ × Sedtind + ۰/۱۷۶ × Proc + ۰/۰۰۲ × Dowslp − ۰/۰۲۷ × Plac − ۰/۰۲ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۵۶۲	۰/۳۱۵
روز پنجم	(%) MOITURE= ۱۵/۰۶۸ − ۰/۳۲ × Wetn + ۲۴۴/۰۳۹ × Strm − ۳۴/۰۹۰× Sedtind + ۰/۱۷۳ × Proc + ۰/۰۰۲ × Dowslp − ۰/۰۸۱ × Plac − ۰/۰۲۴ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۵۴۴	۰/۲۹۶
روز ششم	(%) MOITURE= ۱۳/۴۲۷ − ۰/۳۷ × Wetn + ۲۵۴/۷۶۵× Strm − ۳۵/۷۱۶× Sedtind + ۰/۰۶۴ × Proc + ۰/۰۰۲ × Dowslp − ۰/۰۹۳ × Plac − ۰/۰۱۹ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۵۵۱	۰/۳۰۳

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴. مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی گام به گام در سطح معنی‌داری ۵ درصد، برای برآورد مجموع ۶ روز اندازه‌گیری رطوبت خاک بر اساس ویژگی‌های پستی و بلندی

شماره مدل		R	R Square
۱	(%) MOITURE= ۲۳/۷۵۳ − ۰/۵۴۷ × Time	۰/۳۲۷	۰/۱۰۷
۲	(%) MOITURE= ۲۳/۸۷۳ − ۰/۵۴۷ × Time + ۰/۳۰۲ × Plac	۰/۴۵۵	۰/۲۰۷
۳	(%) MOITURE= ۲۲/۷۱۹ − ۰/۵۴۷ × Time + ۰/۲۲۴ × Plac + ۰/۰۰۵ × Asp	۰/۴۹۷	۰/۲۴۷

جدول۵. مدل‌های رگرسیون چند متغیره خطی (Backward regression) در سطح معنی‌داری ۵ درصد، برای برآورد مجموع ۶ روز اندازه‌گیری رطوبت خاک بر اساس ویژگی‌های پستی و بلندی

شماره مدل		R	R Square
۱	(%) MOITURE= ۱۶/۷۳۵ − ۰/۵۴۷ × Time − ۰/۳۰۱ × Wetn + ۲۸۰/۵۳ × Strm − ۳۹/۲۵۶ × Sedtind + ۰/۱۷۹ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp − ۰/۰۱۸ × Plac − ۰/۰۲۵ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۶۰۸	۰/۳۷۰
۲	(%) MOITURE= ۱۷/۲۳۴ − ۰/۵۴۷ × Time − ۰/۳۶ × Wetn + ۲۷۰/۸۲۴ × Strm − ۳۷/۹۳۲ × Sedtind + ۰/۱۸۴ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp − ۰/۰۲۵ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۶۰۸	۰/۳۷۰
۳	(%) MOITURE= ۱۶/۴۶۲ − ۰/۵۴۷ × Time + ۲۷۲/۸۴ × Strm − ۳۷/۹۹ × Sedtind + ۰/۱۹۵ × Proc + ۰/۰۰۱ × Dowslp − ۰/۰۲۶ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۶۰۸	۰/۳۷۰
۴	(%) MOITURE= ۱۵/۹۷ − ۰/۵۴۷ × Time + ۲۹۱/۲۹ × Strm − ۴۰/۶۷ × Sedtind + ۰/۲ × Proc − ۰/۰۲۵ × Elev + ۰/۰۰۴ × Asp	۰/۶۰۷	۰/۳۶۸

فهرست منابع مورد استفاده

۱. آرخی، ص. و ی. نیازی. ۱۳۸۹. مقایسه تکنیک‌های مختلف پایش تغییر کاربری اراضی- پوشش گیاهی با استفاده از RS و GIS (مطالعه موردی حوزه دره شهر- استان ایلام). فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۱(۱): ۷۷-۶۱.

۲. بداق جمالی، ج.، ج. احمدیان، س. جوانمرد، ت. گلمکانی و ص. ملکی‌زاده. ۱۳۸۲. ضرورت پایش وضعیت رطوبت خاک در افزایش بهره‌وری آب کشاورزی. مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران. ۳ و ۴ دی ماه. دانشگاه تهران.

۳. پهلوان‌راد، م. ر.، ف. خرمالی، ن. تومانیان، ف. کیانی و چ. بایرام کمکی. ۱۳۹۳. به پهنه‌بندی رقومی واحدهای خاک با استفاده از مدل درختان تصمیم‌گیری تصادفی در استان گلستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۱(۶): ۷۳-۹۳.

۴. حاجی آقاجانی، س.، ب. وثوقی و ز. موسوی. ۱۳۹۳. اهمیت مدل‌های ارتفاعی رقومی در دقت میدان‌های سرعت جابجایی InSAR. نشریه علمی- پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، ۴(۴): ۱۳۷-۱۲۳.

۵. شریفی، ف.، ش. صفارپور و ع. ایوب‌زاده. ۱۳۸۳. ارزیابی مدل رایانه‌ای AWBM2002 در شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی تعدادی از حوزه‌های آبخیز ایران. پژوهش و سازندگی، ۱۷(۱): ۳۵-۴۲.

۶. شمس، ش. و ع. سپاسخواه. ۱۳۸۷. برآورد ظرفیت ذخیره آب در خاک سیلتی لومی با سطح ایستابی کم عمق. مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۲(۴): ۱۴۰-۱۴۹.

۷. شیخ، و. و ی. موشخیان. ۱۳۸۸. تهیه نقشه رطوبت خاک با استفاده از مدل دینامیکی BEACH. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت بلایای طبیعی). ۲ و ۳ اردیبهشت ماه. گرگان.

Archive of SID

www.SID.ir

۸. عباس‌زاده افشار، ف.، ا. جلالیان و ش. ایوبی. ۱۳۸۹. پیش‌بینی مکانی برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و پذیرفتاری مغناطیسی خاک به کمک داده‌های رقومی ارتفاع زمین و مدل رگرسیونی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۱۷(۲): ۸۹-۱۰۵.

۹. غلامی، ش. ۱۳۸۴. برآورد رطوبت خاک با استفاده از مدل SWAT مطالعه موردی آبخیز امامه- لتیان. نهمین کنگره علوم خاک ایران. ۶ الی ۹ شهریور ماه. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور، تهران.

۱۰. کاوه، ن. و ع. ابراهیمی. ۱۳۹۲. پیش‌بینی تغییرات کاربری- پوشش اراضی با مدل CA مارکوف (مطالعه موردی: رودخانه آقبلاغ). فصلنامه کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۲): ۴۱-۵۱.

۱۱. کریمی، م.، م. سعدی مسگری و م. ع. شریفی. ۱۳۸۸. ارائه مدلی GIS مبنا بر برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای (منطقه مورد مطالعه: شهرستان برخوار و میمه). سنجش از دور و GIS ایران، ۱(۴): ۲۲-۴۰.

12. 12. De Lannoy GJ, Verhoest NE, Houser PR, Gish TJ, Van Meirvenne M. 2006. Spatial and temporal characteristics of soil moisture in an intensively monitored agricultural field (OPE 3). Journal of Hydrology, 331(3): 719-730.
13. 13. Gessler P, Chadwick O, Chamran F, Althouse L, Holmes K. 2000. Modeling soil–landscape and ecosystem properties using terrain attributes. Soil Science Society of America Journal, 64(6): 2046-2056.
14. 14. Gómez-Plaza A, Alvarez-Rogel J, Albaladejo J, Castillo V. 2000. Spatial patterns and temporal stability of soil moisture across a range of scales in a semi-arid environment. Hydrological Processes, 14(7): 1261-1277.
15. 15. Martinez C, Hancock G, Kalma J, Wells T. 2008. Spatio-temporal distribution of near-surface and root zone soil moisture at the catchment scale. Hydrological Processes, 22(14): 2699-2714.
16. 16. Moore ID, Gessler P, Nielsen G, Peterson G. 1993. Soil attribute prediction using terrain analysis. Soil Science Society of America Journal, 57(2): 443-452.
17. 17. Moore ID, Grayson R, Ladson A. 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. Hydrological Processes, 5(1): 3-30.
18. 18. Moore ID, Wilson JP. 1992. Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation. Journal of soil and water conservation, 47(5): 423-428.
19. 19. Odeh IO, McBratney A, Chittleborough D. 1995. Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: heterotopic cokriging and regression-kriging. Geoderma, 67(3): 215-226.
20. 20. Sheikh V, Visser S, Stroosnijder L. 2009. A simple model to predict soil moisture: Bridging Event and Continuous Hydrological (BEACH) modelling. Environmental Modelling & Software, 24(4): 542-556.
21. 21. Sinowski W, Auerswald K. 1999. Using relief parameters in a discriminant analysis to stratify geological areas with different spatial variability of soil properties. Geoderma, 89(1): 113-128.
22. 22. Tarboton DG. 2003. Terrain analysis using digital elevation models in hydrology. 23rd ESRI international users conference, San Diego, 7-11 July, California.
23. 23. Veihe A. 2002. The spatial variability of erodibility and its relation to soil types: a study from northern Ghana. Geoderma, 106(1): 101-120.
24. 24. Wang J, Fu B, Qiu Y, Chen L, Wang Z. 2001. Geostatistical analysis of soil moisture variability on Da Nangou catchment of the loess plateau, China. Environmental Geology, 41(1-2): 113-120.
25. 25. Webster R. 1985. Quantitative spatial analysis of soil in the field. In: Advances in soil science. Springer, pp 1-70.
26. 26. Wilson JP, Gallant JC. 2000. Terrain Analysis: Principles and Applications. In: G.J. Wilson JP (Ed.), Digital terrain analysis.John Wiley, New York. 478p.

Archive of SID

www.SID.ir

RS & GIS Techniques in Natural Resources
(Vol. 6/ Issue 3) autumn 2015
Indexed by ISC, SID, Magiran and Noormags
http://girs.iaubushehr.ac.ir

Soil moisture estimation using Digital Elevation Model (DEM)

H. Rezaii Moghadam [1*], M. Hosseinalizadeh [2], V. Sheikh [3], R. Jafari [1]

1. MSc. Student of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
2. Assis. Prof. College of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources
3. Assoc. Prof. College of Range Land and Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

ARTICLE INFO

Article history:
Received 9 December 2014
Accepted 23 July 2015
Available online 16 December 2015

Keywords:
Soil moisture
Time domain reflectometry
Terrain characteristics
Digital elevation model

ABSTRACT

This study was carried out in the western catchment of the Behzisty Township in Gorgan, Golestan province in order to develop the regression models of soil moisture. In this study, the desired measurements were made in 18 locations using TDR during 6 running days after a relatively intense rainfall event at different depths of soil. The digital elevation model was prepared from UltraCam images taken in 2014 with the pixel size of 1×1 m in order to estimate the terrain properties. Finally, the regression model was developed with respect to these characteristics and soil moisture. The results showed that important terrain characteristics which are greatly associated with soil moisture are horizontal curvature, slope, aspect and wetness index in the regression model. These results suggest that the diversion of material flow has controlled the amount of water in the soil, slope aspect and soil moisture. The results showed that the developed regression models can forecast at least 44 to 60% of the total variations of soil moisture in the watershed scale.

Archive of SID

* Corresponding author e-mail address: hassan_6669@yahoo.com

www.SID.ir