

خصوصیات ژئومورفولوژیک کفه رسی (Claypan) و تأثیر آن بر تنزل اراضی با استفاده از فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). مطالعه موردی: منطقه رودشت (اصفهان- ایران)

مهدی نادری خوراسگانی* و احمد کریمی^۱

(تاریخ دریافت: ۸۵/۸/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹)

چکیده

این مطالعه به منظور بررسی تأثیر رابطه خصوصیات ژئومورفولوژیک کفه رسی (claypan) بر کاربری اراضی و تنزل اراضی انجام گرفته است. بنابراین اطلاعات با جمع آوری نقشه‌ها و گزارش‌های مربوط به منطقه تشکیل شد و مدل تغییرات رقومی (Digital Terrain Model) کفه رسی فراهم گردید. با استفاده از فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه شبکه‌های مسیر جریان‌های آب زیرزمینی (Drainage network)، شاخص انتقال رسوب (Sediment Transport Index) و شاخص رطوبتی خاک (Wetness Index) تعیین گردید. در کفه رسی گودال‌هایی عمدتاً پر شده از مواد رسوبی جدیدتر وجود دارد و هر گودال دارای یک حوضه آبخیز است. شوری و کاربری اراضی تابع موقعیت این گودال‌هاست. در صورتی که این چاله‌ها به طرقی طبیعی یا مصنوعی زهکشی شوند آن حوضه‌ها باز می‌باشند و اراضی قرار گرفته بر روی آنها غیر شور یا با شوری متوسط خواهد بود در غیر این صورت مناطقی باتلاقی (Marshland) یا آبگرفته (Waterlogged) را تشکیل می‌دهند یا پوسته‌های نمکی (Salt crust) در اثر تبخیر سطحی در سطح خاک آن مناطق توسعه می‌یابد. رابطه شوری خاک سطحی و عمق کفه رسی نشان می‌دهد با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر زهکشی اراضی با داشتن هدایت الکتریکی و در نظر گرفتن باز یا بسته بودن گودال‌ها می‌توان عمق کفه رسی را تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: آبگرفته، شوری، کفه رسی، شاخص رطوبتی، شاخص انتقال رسوب، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

گیاه و ناحیه توسعه کفه رسی (Claypan) را تعیین می‌کند. تامپسون و همکاران (۲۱) در منطقه مطالعاتی خود به این نتیجه رسیدند که کاهش میزان عملکرد در خاک‌های توسعه یافته بر روی کفه رسی می‌تواند در نتیجه تراکم فیزیکی خاک یا به دلیل کاهش عمق خاک روی کفه رسی باشد. وجود کفه رسی در نزدیکی سطح خاک مانع زهکشی طبیعی خاک می‌گردد و در

عدم توجه به لایه‌بندی (Stratification) اراضی در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی خصوصاً در امور اصلاح اراضی، آبیاری و زهکشی شکست برنامه‌های توسعه کشاورزی را در پی خواهد داشت. از جمله فاکتورهای مهم در مدیریت اراضی لایه‌بندی اراضی می‌باشد که عمق خاک، منطقه توسعه ریشه

۱. استادیاران خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khnaderi@yahoo.com

منطقه رودشت (اصفهان- ایران) و بررسی تأثیر آن بر شوری، آبگرفتگی (Waterlogging) و کاربری اراضی می‌باشد. در این تحقیق از فناوری سامانه اطلاعات جغرافیایی بهره برداری می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعه

این منطقه در جنوب شرق اصفهان بین عرض‌های $20^{\circ} 32' 32''$ شمالی و طول‌های $52^{\circ} 43' 52''$ قرار دارد (شکل ۱). وسعت این ناحیه در حدود 44000 هکتار می‌باشد و رودخانه زاینده‌رود از غرب به شرق منطقه را قطع و به تالاب گاوخرنی می‌ریزد. بر اساس شاخص دمارتین (۲) و اطلاعات ایستگاه هواشناسی ورزنه اقلیم این ناحیه خشک می‌باشد. حداکثر و حداقل درجه حرارت ناحیه به ترتیب 37 و $5/6$ درجه سانتی‌گراد برای ماههای تیر و دی می‌باشد. بر اساس نقشه بارش سالیانه کشور میانگین بارش سالیانه این منطقه 150 میلی‌متر می‌باشد (۱).

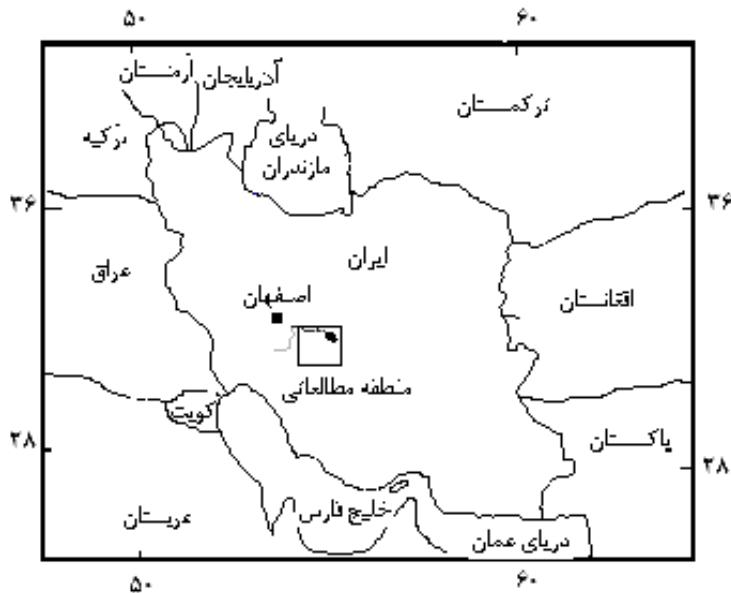
کرینسی (۱۲) این ناحیه را مرطوب‌ترین بخش حوزه آبخیز اصفهان- سیرجان می‌داند. مهم‌ترین عوامل تنزل اراضی در این ناحیه خصوصیات توپوگرافی، سنگ شناسی و لایه‌بندی رسوبات می‌باشد. شوری اولیه در نتیجه وجود مارن‌های شور و گچی در تراس‌های بالایی و شوری ثانویه به علت میکروتوپوگرافی و مدیریت اراضی مهم‌ترین عوامل تنزل اراضی هستند.

کفرسی

با توجه به بازدیدهایی که مؤلفین از منطقه مطالعاتی داشته‌اند کفرسی شامل رسی متراکم و ضخیم است که ضخامت آن گاهای از 100 متر می‌گذرد. کشاورزان با این لایه کاملاً آشنا هستند و آن را "رس نور" می‌نامند. روی این لایه یک لایه آبده کم عمق قرار دارد که تامین کننده آب چاههای کشاورزی است و منبع آن به احتمال قوی رودخانه و کانال‌های بدون پوشش آبیاری هستند زیرا بنا به اظهار کشاورزان با خشک شدن این کانال‌ها و کاهش آب رودخانه چاهها نیز خشک می‌شوند.

صورتی که توازن هیدرولوژیک یک ناحیه با کفرسی در نتیجه آبیاری مرطوب‌تر گردد تنها راه خروج آب از خاک تبیخیر خواهد بود که شوری آن مناطق را در پی خواهد داشت.

متولی و همکاران (۱۵) با بررسی میزان عملکرد محصولات مختلف و رابطه آنها با عمق خاک تا کفرسی گزارش کردند که وجود کفرسی در بعضی مناطق ضمن این که سبب افزایش رطوبت خاک می‌شود، حساسیت اراضی به تراکم خاک را افزایش می‌دهد و عامل کاهش عملکرد می‌گردد. سادوثر و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تغییرات عمق خاک تا کفرسی رابطه نزدیکی با تغییرات هدایت الکتریکی خاک سطحی دارد. دولیتل و همکاران (۷) رابطه‌ای ارائه نمودند که به کمک آن می‌توان عمق خاک تا کفرسی را بر اساس هدایت الکتریکی ظاهری خاک تعیین کرد. بون و وود (۳) گزارش کردند که توپوگرافی نقش مهمی در رفتارهای هیدرولیکی یک ناحیه ایفا می‌کند این رفتارها مانند رطوبت خاک در مناطق معتدل و مرطوب با توپوگرافی ملائم ملاحظه می‌گردد. محققین دیگری شاخص رطوبتی را ارائه نمودند و آن را به عنوان شاخص هیدرولوژیکی توپوگرافی عنوان کردند (۱۱). وسترن و همکاران (۲۲) با شبیه سازی شاخص رطوبتی میزان اشباع اضافی (Saturation excess) را که منجر به رواناب می‌گردد نشان دادند. این محققین با بررسی رابطه بین توپوگرافی و شاخص رطوبتی گزارش کردند که موقعیت توپوگرافی می‌تواند نشان دهنده رطوبت خاک و شاخص رطوبتی باشد. دان و همکاران (۸) و دان و بلاک (۹) به این نتیجه رسیدند که در حوضه‌های کوچک رطوبت خاک تابعی از مسیر جریان آب می‌باشد. کیم و دلور (۱۰) رابطه $\ln(A/tg\beta)$ را به عنوان شاخص هیدرولوژیکی توپوگرافی مطرح کردند که در این رابطه A مساحت اراضی مناطق بالا دست یا حوزه آبخیز یک نقطه و β زاویه آن نقطه با سطح افق می‌باشد. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در رابطه با پراکنش مکانی وضعیت رطوبتی خاک و تحلیل توپوگرافی اراضی انجام شده است (۵، ۱۴، ۱۷، ۱۸ و ۱۹). هدف از این مطالعه بررسی خصوصیات ژئومورفولوژیکی کفرسی در



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

یک آبراهه را در شکل مشاهده می‌کنید که در مسیر پیکسل‌ها با ارزش ارتفاعی ۴۸، ۴۷ و ۴۶ در جریان است. هم‌چنین جهت شبیه اراضی (Aspect) با در نظر گرفتن شبیه پیکسل‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین می‌گردد. برای مثال در شکل ۳ اگر شمال شبکه را شمال جغرافیایی در نظر بگیریم جهت شبیه پیکسل شماره ۲ سمت جنوب شرقی می‌باشد.

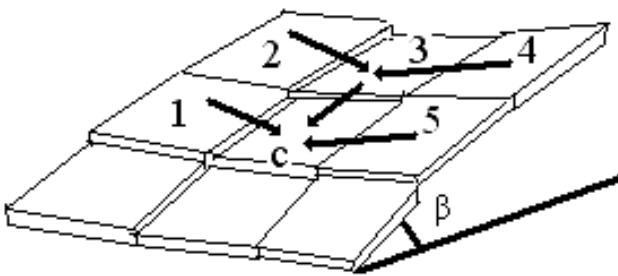
کاربری اراضی و شوری خاک

نقشه کاربری اراضی تهیه شده از منطقه به کمک اطلاعات ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۹۰ مورد استفاده قرار گرفت (۱۶). این نقشه اراضی زیر کشت، آیش، فلات‌های بایر، اراضی بسیار شور، اراضی با آب زیر زمینی بالا (Waterlogged) و مناطق پوشیده از آب را نشان می‌دهد (شکل ۶، ب). هم‌چنین از اطلاعات ماهواره‌ای مذکور برای استخراج کانال‌های آبیاری و زهکشی منطقه، استفاده شد.

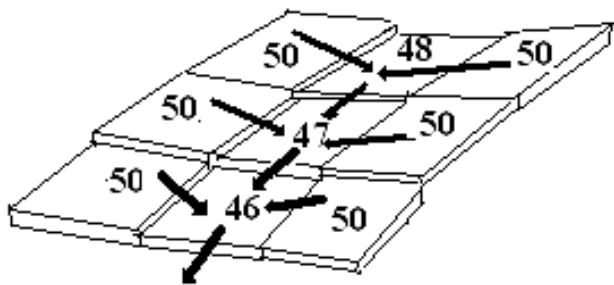
اطلاعات شوری خاک‌های منطقه که در عصاوه گل اشباع برای ۴۰۰ نمونه و سه عمق ۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر (EC1)، ۱۰۰-۱۵۰ سانتی‌متر (EC2) و ۱۵۰-۲۰۰ سانتی‌متر (EC3) از نقشه شوری منطقه رودشت که توسط انتیتو خاک‌شناسی ایران تهیه شده

مهم‌ترین اطلاعات استفاده شده در این تحقیق نقشه عمق کفه رسی است که توسط شرکت مهندسین مشاور زایندآب (۲۳) تهیه شده است. خطوط هم عمق این نقشه با فاصله ۵۰ سانتی‌متر در مقیاس ۱:۵۰،۰۰۰ می‌باشند و در سه صفحه ارائه شده‌اند. بر اساس این اطلاعات و با در نظر گرفتن سطح زمین به عنوان سطح مبنای بیشترین عمق این کفه از سطح زمین ۶۰۵ سانتی‌متر و کمترین آن صفر است بدین معنا که کفه رسی در سطح زمین قرار دارد. این نقشه‌ها به صورت رقومی درآمدند و به روش میانگیری خطی (Linear interpolation) مدل ارتفاعی رقومی (Digital Elevation Model) تغییرات عمق کفه رسی تهیه گردید (شکل ۴، الف). این نقشه پایه‌ای برای استخراج اطلاعاتی نظیر شبکه‌های زهکشی (Drainage network) و سایر مشتقات مدل رقومی ارتفاعی کفه رسی می‌باشد.

نقشه شبکه زهکشی با در نظر گرفتن شکل ۲ به عنوان مثال توضیح داده می‌شود. فرض نمائید که پیکسل‌ها نقاط عمقی کفه رسی باشند که اعمق روی آنها درج شده است. از آنجا که جریان آب از مناطق مرتفع تر به پست‌تر جریان دارد مسیر جریان آب در امتداد شبیه می‌باشد. این موضوع از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل ترسیم می‌باشد. در این مثال یک جریان زهکشی یا



شکل ۲. شماتیک کفه‌رسی برای تعیین شاخص‌های رطوبتی و انتقال رسوب در سیستم اطلاعات جغرافیایی



شکل ۲. روش تعیین شبکه زهکشی اراضی در سیستم اطلاعات جغرافیایی

نتایج و بحث

کفه‌رسی و مشتقات آن

شکل ۴، الف مدل ارتفاعی رقومی کفه‌رسی را نشان می‌دهد. مناطق عمیق یا گودال‌ها (Depressions) در کفه‌رسی به صورت تیره و مناطق مرتفع به رنگ روشن مشاهده می‌شوند. در این مطالعه مدل رقومی کفه‌رسی را مشابه یک مدل ارتفاعی رقومی از یک پستی و بلندی در سطح زمین که رسوبات جدیدتر روی آنها قرار گرفته در نظر می‌گیریم لذا مناطق پست کفه‌رسی هر یک دارای یک حوضه آبخیز می‌باشند که آب ناشی از زهکشی آن اراضی به سوی آنها سرازیر می‌شود. این موضوع با تهیه نقشه جهت شیب بهتر هویدا می‌گردد (شکل ۴، ب). این نقشه که جهات مختلف شیب بر روی کفه‌رسی نشان می‌دهد وضعیت گودال‌ها و جهت تقریبی حرکت رواناب یا آب زهکشی را می‌توان به کمک این نقشه تخمين زد. هنگامی که نقشه شبکه هیدرولوگیکی برای منطقه تهیه شود (شکل ۴، ج) ملاحظه می‌شود که کفه‌رسی را تعدادی حوزه بسته تشکیل می‌دهد که نقطه مرکز تعدادی از حوزه‌ها در داخل منطقه مطالعاتی قرار دارند و بعضی از حوزه‌ها نقاط تمرکزشان در خارج از منطقه مطالعاتی می‌باشد. این نقشه به وضوح نشان می‌دهد که مقصد آب‌های مازاد بر تبخیر و تعرق منطقه گودال‌های موجود در کفه‌رسی می‌باشد.

نقشه‌های شاخص رطوبتی خاک و انتقال رسوب نیز تأییدی بر این موضوع هستند (شکل ۵، الف و ب). نقشه شاخص

است استخراج گردید (۱). این اطلاعات شوری برای تهیه نقشه‌های شوری سه عمق فوق الذکر به کار رفت و روش میانیابی، فاصله معکوس (Inverse distance) می‌باشد.

شاخص انتقال رسوب و رطوبت
شاخص انتقال رسوب (STI) و شاخص رطوبتی (WI) بر اساس متدارانه شده به وسیله بون و کربکای (۴) یا بارو و مک دون‌نل (۵) محاسبه شدند:

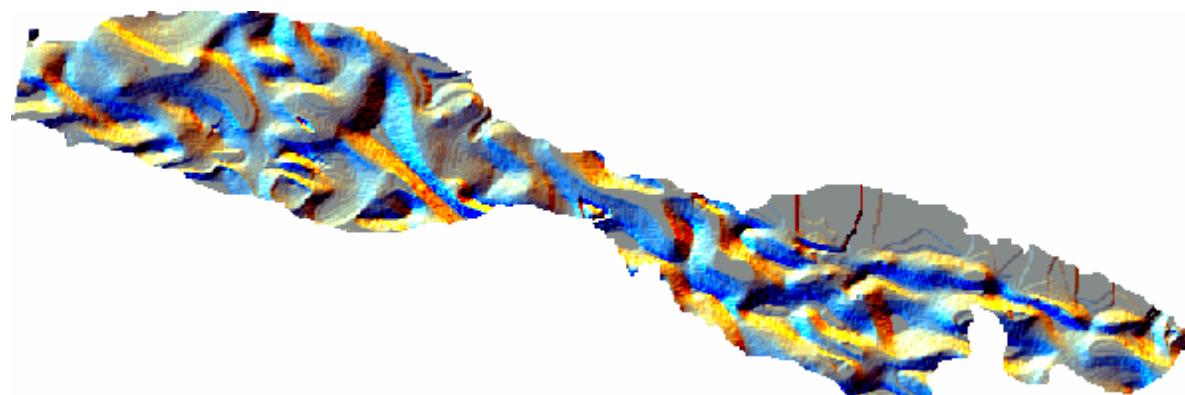
$$WI = \ln\left(\frac{A}{\operatorname{tg}\beta}\right)$$

$$STI = \left(\frac{A}{22/13}\right)^{0.6} \left(\frac{\operatorname{Sin}\beta}{0.0896}\right)^{1/2}$$

در این معادلات A عبارت است از مساحت اراضی مناطق بالا دست یا حوزه آبخیز یک نقطه و β زاویه آن نقطه با سطح افق می‌باشد. به کمک فناوری سیستم اطلاعات جغرافیایی این محاسبات انجام شده است. توجه شود در یک حوزه آبخیز (که در این مطالعه حوزه آبخیز یک گودال در کفه‌رسی مطرح است) هر نقطه در یک حوزه را می‌توان یک نقطه مرکز (Concentration point) در نظر گرفت. به طور مثال در شکل ۳ پیکسل C یک نقطه مرکز است و حوزه آبخیز آن شامل مساحت پیکسل‌های شماره ۱ تا ۵ می‌باشد که جمع مساحت آنها A می‌باشد. از سوی دیگر هر نقطه یا هر پیکسل در یک حوزه دارای یک زاویه با سطح افق است که برابر β در شکل ۳ می‌باشد.



(الف) سطح مبنا سطح خاک می‌باشد

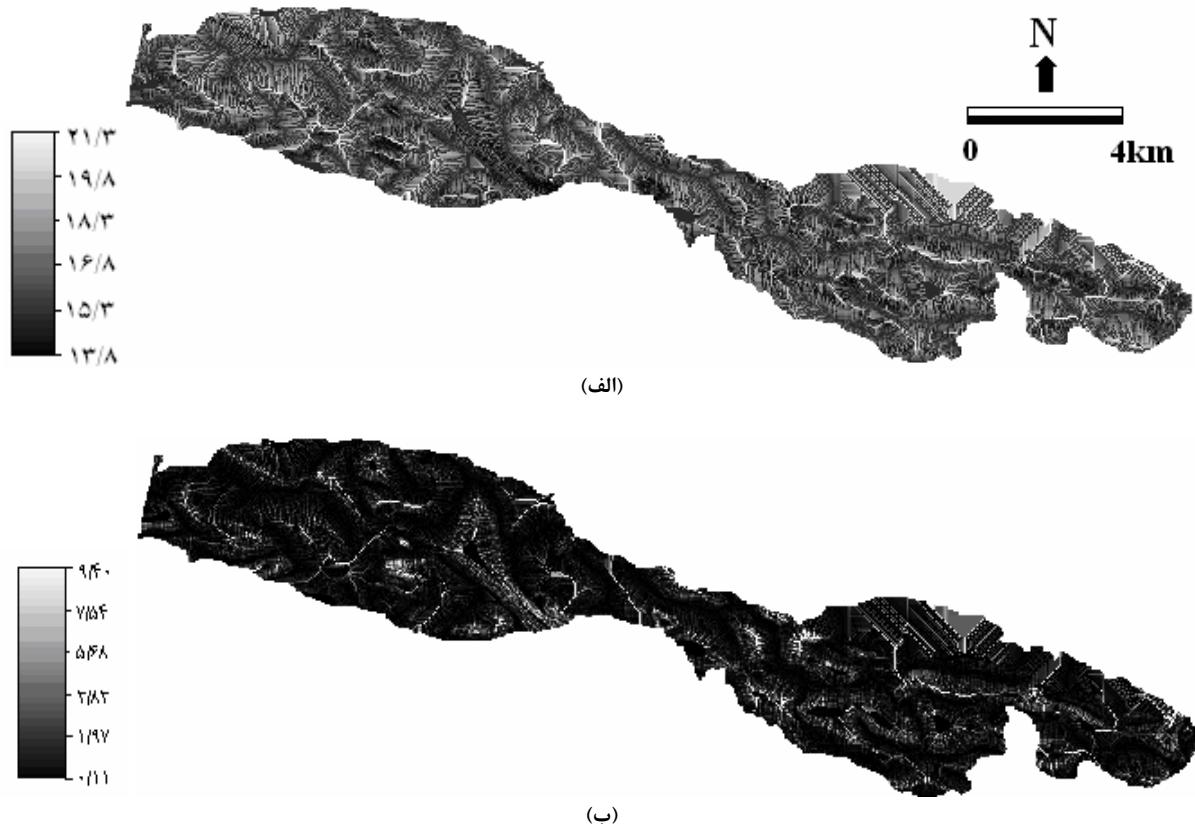


(ب)



(ج)

شکل ۴. الف) مدل ارتفاعی رقومی کفرسی که عمیق‌ترین قسمت آن از سطح خاک ۶ متر با رنگ تیره و کمترین عمق صفر است که با رنگ روشن نشان داده شده است (سطح مبنا سطح خاک می‌باشد)، ب) نقشه جهت شبیب، ج. نقشه شبکه هیدروگرافی حوضه‌های موجود در کفرسی (مقیاس ۱:۲۰۰،۰۰۰).

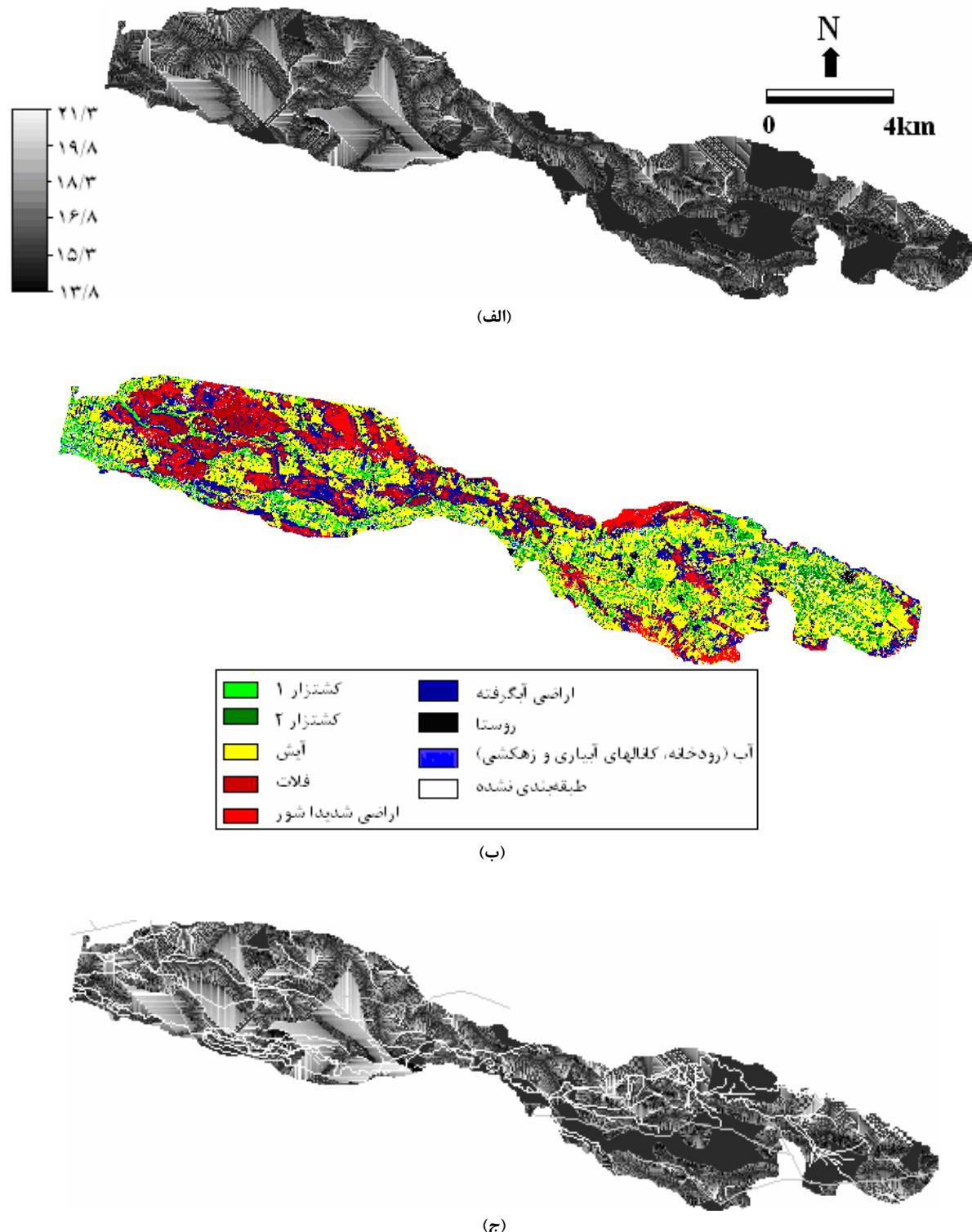


شکل ۵ . الف. نقشه شاخص رطوبتی با وضوح سازی تا ۲۱/۳ و ب. نقشه شاخص انتقال رسوب با وضوح سازی تا ۹/۴.

مناطق روشن‌تر نشانگر محل عبور رسوب بیشتر است.

با توجه به این که روی کفه رسی که توسط رسوبات آبرفتی جوان‌تر پوشیده شده است جریان آب آزاد نظیر آنچه در حوزه‌های آبخیز رودها دیده می‌شود وجود ندارد بهتر است نقشه شاخص انتقال رسوب را نشانه‌ای یا شاخصی از انتقال املاح بدانیم زیرا جریان آب به جای رسوب حاوی املاح شستشو شده از حوزه مربوط به خود می‌باشد. همان‌طور که شکل ۴ (الف) نشان می‌دهد عمق گودال‌ها در کفه رسی متفاوت است طبیعتاً می‌توان انتظار داشت که با اشباع شدن گودال‌های کم ظرفیت و مرتفع‌تر جریان آب حاوی املاح به سوی گودال‌های عمیق‌تر حرکت کنند لذا نقشه شاخص رطوبتی خاک و شاخص انتقال رسوب را با فرض این که گودال‌های مرتفع‌تر اشباع شده‌اند و جریان آب و املاح به سوی گودال‌های پست‌تر جریان می‌یابند، تهیه کردیم تا مسیر جریان آب و املاح مشخص شود.

رطوبتی که بر اساس اصول ارائه شده توسط بون و کرکبای (۴) و بارو و مک دون نل (۶) تهیه شده است، نشان می‌دهد که رواناب زهکشی چه بخش‌هایی بر رطوبت یک نقطه از منطقه مطالعاتی تأثیر گذار است. به عبارت دیگر هر نقطه دارای یک حوزه آبخیز است که رطوبت آن نقطه را تعیین می‌کند. از آنجا که ماهیت شاخص رطوبتی تجمعی می‌باشد لذا مناطق مرطوب‌تر به رنگ روشن‌تری نشان داده شده‌اند. واضح است که داخل گودال‌ها مرطوب‌ترین بخش می‌باشد لکن با فرض بسته بودن گودال‌ها و عدم وجود جریان آب در مدل این مناطق به صورت تیره مشاهده می‌شوند (شکل ۵، الف). وقتی جریان آب را در زیر زمین در نظر می‌گیریم به صورتی که با پرشدن یک گودال در کفررسی جریان آب زیر زمینی به سمت گودال عمیق‌تر حرکت می‌کند وضعیت گودال‌های مرطوب در مدل به رنگ روشن ارائه می‌گردد (شکل ۶، الف). این وضعیت در مورد شاخص انتقال رسوب نیز صادق است (شکل ۵، ب) و



شکل ۶. الف) نقشه شاخص رطوبتی منطقه پس از پر شدن گودالهای مرتفع تر و مسیر جريان آب و املاح به سوی گودالهای پست تر، ب) نقشه کاربری اراضی، ج) نقشه الف در حالی که کanalهای آبیاری و زهکشی روی آنها قرار گرفته‌اند.

رسی قرار گرفته‌اند بنابراین امکان زهکشی آن گودال‌ها به وسیله کanal‌ها وجود دارد. علاوه بر این عبور کanal‌ها از روی بعضی گودال‌ها باعث تشدید اشیاع خاک‌های موجود در آنها و تشدید شوری و آبگرفتگی می‌شود.

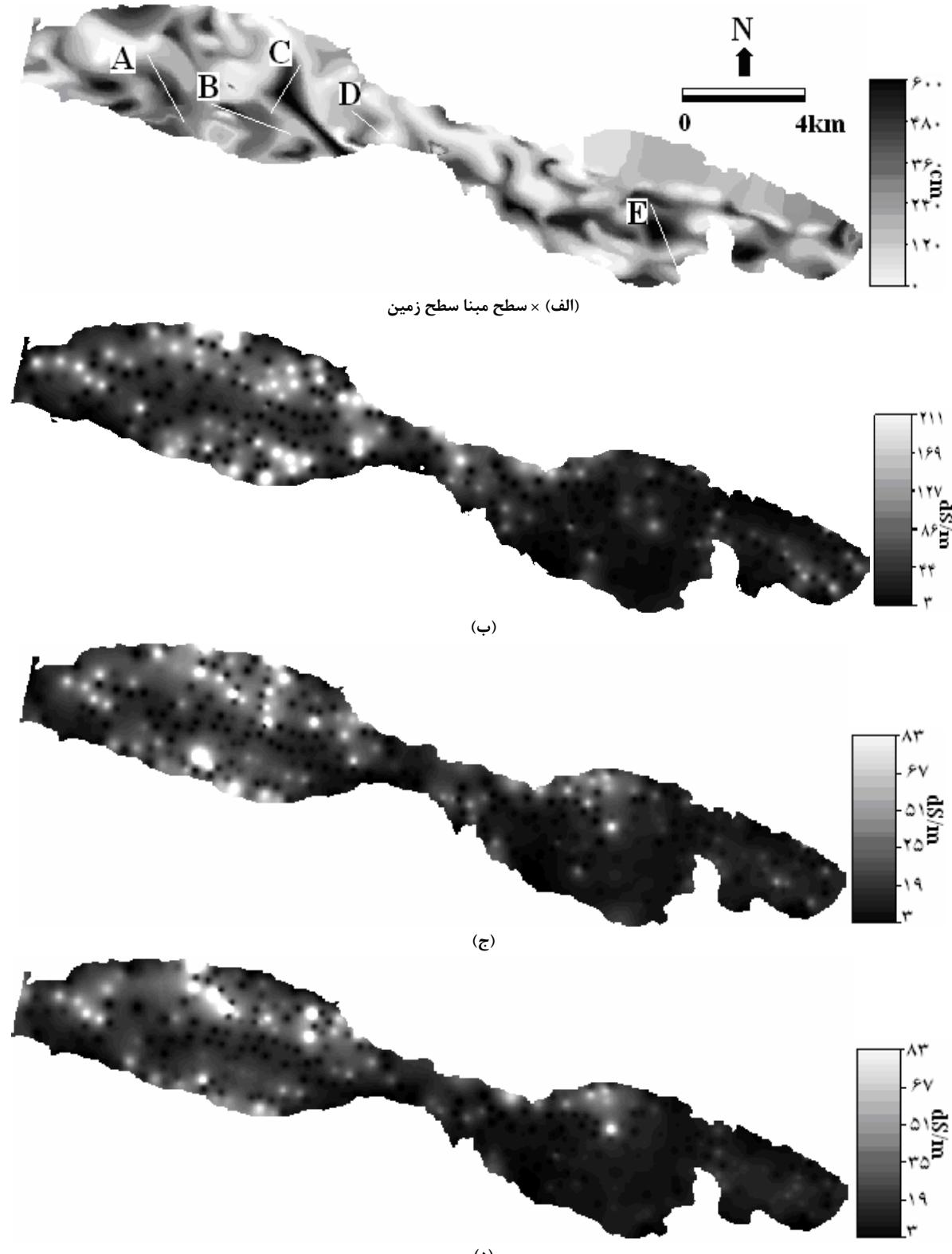
تأثیر توپوگرافی کفه‌رسی بر شوری خاک

برای بررسی تأثیر گودال‌ها بر تنزل اراضی اعم از شوری و آبگرفتگی تعداد ۵ ترانسکت روی گودال‌های ۵ موقعیت A, B, C, D, E مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۷، الف). در این ترانسکت‌ها علاوه بر عمق کفه‌رسی (PanAlt.), روند تغییرات چهار خصوصیت دیگر نظری شوری‌های EC1 (شوری ۵۰-۵۰ سانتی‌متری خاک)، EC2 (شوری ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متری خاک)، EC3 (شوری ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری خاک) و شاخص انتقال رسوب (STI) مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۷، ب، ج و د). نخستین ترانسکت (موقعیت A) گودالی است که بخش جنوبی آن را رودخانه قطع می‌کند و در بخش شمالی قسمت سرآب بند گلی بر روی رودخانه زاینده‌رود قرار دارد. شکل ۷ الف موقعیت A را نشان می‌دهد و شکل ۸ مشخص می‌کند که شوری خاک روی عمیق‌ترین بخش گودال بسیار شدید است و روند شوری با کاهش عمق کفه‌رسی کاهش می‌یابد. بار آبی ناشی از بند گلی منجر آبگیری این گودال و تبخیر سطحی متنج به توسعه شوری در سطح خاک گردیده است.

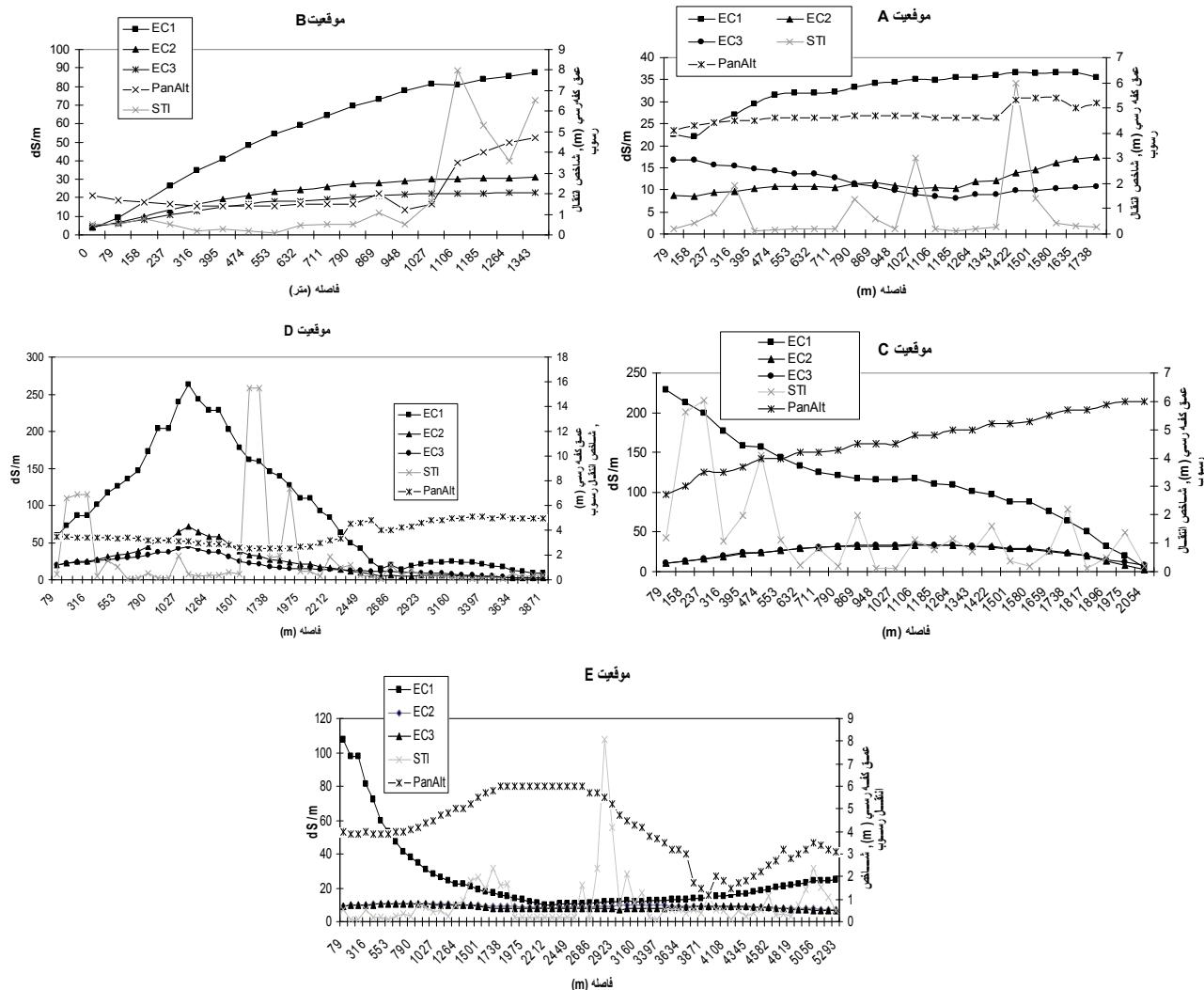
با عمیق‌تر شدن کفه‌رسی شاخص رسوب نیز افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد ارتفاع آب پشت بند گلی عمدتاً منجر به حرکت آب و املاح به سوی این گودال شده است و البته آب زهکشی اراضی اطراف نیز بر بروز این وضعیت مؤثر بوده است. ترانسکت B (موقعیت B) در کنار روستاهای سکان و خرم نیز همین روند را نشان می‌دهد. با مقایسه نقشه‌های ۶، ج و ۷، الف به نظر می‌رسد عبور کanal‌های آبیاری و زهکشی از روی این گودال بر اشیاع خاک در این ناحیه و آبگرفتگی و شوری این اراضی مؤثر بوده‌اند. ترانسکت C (موقعیت C) وضعیت متفاوتی را نشان

شکل ۶، الف شاخص رطوبتی خاک را با فرض پر شدن گودال‌های مرتفع تر و جریان یافتن آب زیر زمینی به سوی گودال‌های پست‌تر نشان می‌دهد. مقایسه این نقشه شاخص رطوبتی با نقشه موجود در شکل ۵، الف نشان می‌دهد که مرطوب‌ترین قسمت‌ها عمیق‌ترین بخش گودال‌هاست که با رنگ روشن مشخص شده‌اند. علاوه بر این نقشه (الف) در شکل ۶ نشان می‌دهد که بسیاری از گودال‌ها به هم متصل‌اند و آب و املاح پس از اشیاع کردن بعضی گودال‌های مرتفع تر بسوی گودال‌های عمیق‌تر حرکت می‌کنند. با این وجود انتظار داریم که بر روی گودال‌های موجود در کفه رسانی چند حالت مشخص را داشته باشیم ۱) مناطق شدیداً شور با پوسته نمکی، ۲) مناطق شور و مرطوب، ۳) مناطق با آبگرفتگی (Marshland) یا مردانی (Waterlogged).

مالحظه نقشه کاربری اراضی (شکل ۶، ب) که از اطلاعات ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۹۰ استخراج شده (۱۶) نشان می‌دهد که انتظار ذکر شده در همه موارد صادق نیست و علی‌رغم شاخص رطوبتی بالا در بعضی نواحی روی گودال‌ها شاهد وجود اراضی کشاورزی و یا حالت آیش با شوری‌های کم یا متوسط هستیم. بنابراین این سوال پیش می‌آید که چه عواملی باعث زهکشی این اراضی و کاهش شوری آنها شده‌اند؟ به عبارت دیگر چرا بعضی از گودال‌ها حوضه‌های باز و بعضی از آنها حوضه‌های بسته‌ای را تشکیل می‌دهند به طوری که حوضه‌های باز به خوبی به خارج زهکشی می‌شوند و در نتیجه اراضی قرار گرفته روی آنها با شوری کم و یا شوری متوسط می‌باشد در حالی که اراضی مرطوب و یا شور و آبگرفته روی گودال‌های بسته توسعه یافته‌اند؟ برای بررسی این موضوع نقشه کanal‌های زهکشی و آبیاری و رودخانه از اطلاعات ماهواره‌ای استخراج شدند و روی نقشه الف در شکل ۶ قرار گرفتند (شکل ۶، ج). در این نقشه ملاحظه می‌شود که کanal‌های آبیاری و زهکشی در بسیاری از موارد گودال‌های موجود در کفه‌رسی را قطع کرده‌اند. با بازدیدهایی که از محل به عمل آمد مشخص شد که در بعضی مکان‌ها کanal آبیاری یا زهکشی و یا رودخانه که از گودال‌ها عبور می‌کنند در عمقی پایین‌تر از کفه



شکل ۷. نقشه های (الف) عمق کله رسی (سانتی متر) و محل ترانسکت ها، (ب) شوری متوسط ۵۰-۱۰۰ سانتی متری خاک، (ج) شوری متوسط ۵۰-۱۰۰ سانتی متری خاک، (د) شوری متوسط ۱۰۰-۱۵۰ سانتی متری خاک، (واحد اندازه گیری هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر، مقیاس ۱:۲۰۰،۰۰۰).



شکل ۸. نمودارهای ترانسکت‌ها در موقعیت‌های A، B، C، D و E و رابطه آنها با شوری $50-100$ سانتی‌متر (EC1)، $100-150$ سانتی‌متری خاک (EC3) (دسی زیمنس بر متر)، شاخص انتقال رسوب (STI) و عمق کفه رسی (PanAlt).

نشان می‌دهد که روند شاخص انتقال رسوب در این موقعیت توسط مدل به خوبی برآورد نشده است به طوری که با افزایش عمق کفه رسی شاخص انتقال رسوب کاهش می‌یابد. دلیل این وضعیت احتمالاً موقعیت ترانسکت است. ترانسکت یک خط مستقیم انتخاب شده است و احتمالاً روی مرز آبراه‌ها یا یال‌ها نیز قرار گرفته است در حالی که مسیر انتقال رسوب در آبراه‌ها خطی مستقیم نیست و تابع توپوگرافی موقعیت می‌باشد. هم‌چنین مدل قعر گودال را مسطح فرض نموده است زیرا تراکم نقاط اطلاعاتی در قعر گودال کم است و این نیز می‌تواند دلیل دیگری باشد.

می‌دهد. روندها کاملاً خلاف ترانسکت‌های A و B می‌باشد. در این ناحیه با عمیق‌تر شدن گودال شوری‌های سه‌گانه کاهش می‌یابند و روابط مثبتی بین تغییرات کفه رسی و شوری‌ها وجود دارد. مراجعه به نقشه‌های کاربری اراضی (شکل ۶، ب) و شاخص رطوبتی خاک (شکل ۶، ج) نشان می‌دهد که کاربری اراضی قرار گرفته روی این گودال کشاورزی می‌باشد. این گودال در جنوب توسط رودخانه زاینده‌رود قطع شده است و بازدید از محل نشان می‌دهد رودخانه کفه رسی را قطع کرده است و در پایین‌تر از کفه رسی جریان دارد، بنابراین احتمال این که رودخانه زه‌کشی این گودال را انجام دهد زیاد است. شکل ۸

داشته باشد (نظیر موقعیت C) توسعه شوری را روی کفه رسی نخواهیم داشت. این تحقیق همان طور که سادوثر و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند ثابت می کند که بین عمق کفه رسی و هدایت الکتریکی خاک رابطه نزدیکی وجود دارد لکن این رابطه در بعضی نواحی مثبت و در بعضی دیگر منفی است.

می توان با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر زه کشی اراضی عمق کفه رسی را با اندازه گیری هدایت الکتریکی ظاهری خاک مانند آنچه دولیل و همکاران (۷) انجام دادند تخمین زد لکن روابط متعددی در هر بخش می تواند وجود داشته باشد. اگر دو موقعیت A و C را در این تحقیق در نظر بگیریم ملاحظه می شود بین هدایت الکتریکی سطحی خاک (EC1) و عمق کفه رسی روابطی وجود دارد که معکوس یکدیگر می باشند (شکل ۹). در موقعیت A با افزایش هدایت الکتریکی عمق کفه رسی نیز افزایش می یابد در حالی که در موقعیت C با افزایش عمق کفه رسی هدایت الکتریکی خاک سطحی کاهش می یابد. در موقعیت A رابطه بین عمق کفه رسی و شوری خاک به وسیله یک معادله خطی با شبیث مثبت برآذش شده است در حالی که در موقعیت C یک معادله خطی با شبیث منفی رابطه بین عمق کفه رسی و شوری خاک سطحی را توجیه می کند (شکل ۹).

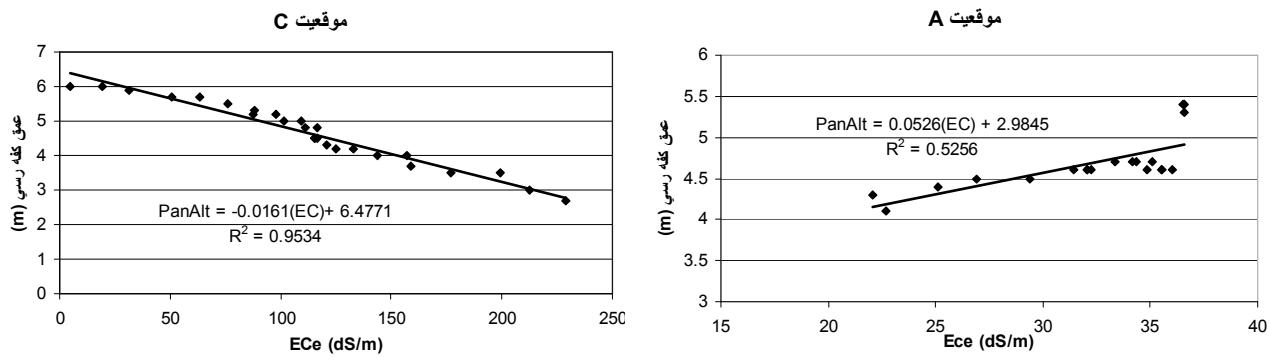
نتیجه گیری

مدل رقومی عمق کفه رسی اطلاعات زیادی در رابطه با مدیریت اراضی فراهم می کند که می توان از آنها برای طراحی شبکه آبیاری و زه کشی یک منطقه استفاده نمود. شاخص رطوبتی خاک مکان هایی را که احتمال بروز شوری و آبگرفتگی در آنها وجود دارد به خوبی مشخص می کند. شاخص انتقال رسوب مسیر جریان های آب زیرزمینی و حوضه آبخیز هر گودال در کفه رسی را تعیین می کند و این مطالعه نشان می دهد که این مدل می تواند مسیر انتقال املاح را نیز نشان دهد. همچنین این مطالعه مشخص می کند که کفه رسی همواره یک افق مسطح نیست یا تغییرات عمقی آن کفه روند معینی را دنبال نمی کند بلکه دارای پستی و بلندی هایی است که گاه عوارض سطحی اراضی از آن

مقایسه نقشه های موجود در شکل ۶، ج و شکل ۷، الف نشان می دهد که ترانسکت D (موقعیت D) در محلی قرار دارد که کanal های زه کشی منطقه از آن عبور می کند. احتمالاً این موضوع تأثیر زیادی بر آبگرفتگی این محل دارد. شکل ۸ نیز نشان می دهد که بیشینه شوری ها و شاخص انتقال رسوب بر روی عمیق ترین بخش گودال در کفه رسی رخ داده است.

ترانسکت E (موقعیت E) یک استانداری باشد. روی این موقعیت در سطح زمین نیز یک گودال یا یک ناحیه پست وجود دارد که در موقع سیلانی بودن رودخانه زاینده رود از آب پر می شود. به احتمال قوی انتقال آب به این گودال و جریان یافتن آب از این منطقه به مکان های دیگر از طریق نهرها باعث کاهش شوری این موقعیت شده است. شکل ۸ نشان می دهد فاصله کفه رسی تا سطح زمین در مرکز این موقعیت پست بسیار کم است ولی به علت وجود آب شیرین رودخانه و شستشوی املاح شوری آن پایین است. در حاشیه این ناحیه با افزایش فاصله کفه رسی از سطح زمین جریان آب کاپیلاری باعث توسعه شوری در این ناحیه شده است بدون آن که شستشوی خاک توسط آب رودخانه صورت گرفته باشد. به نظر می رسد توپوگرافی سطحی نیز تابعی از توپوگرافی کفه رسی باشد بدین معنا که سطح زمین بر روی این گودال نیز پست می باشد. با رشد گیاهان علوفه ای چند ساله در تابستان ضمن تبخیر و تعرق به تدریج پوسته نمکی در سطح خاک توسعه می یابد. با توجه به زمان نمونه برداری و اندازه گیری شوری خاک که در بهار رخ داده است با کاهش عمق کفه رسی شوری های پروفیل خاک کاهش می یابد ولی بیشینه شاخص انتقال رسوب را در محل عمیق ترین نقطه گودال را ملاحظه می کنیم (شکل ۸).

تامپسون و همکاران (۲۱) گزارش کردند که وجود کفه رسی در نزدیکی سطح خاک مانع زه کشی طبیعی اراضی می گردد و توازن هیدرولوژیکی به هم می خورد و در نتیجه آبیاری شوری اراضی را در پی خواهد داشت. مطالعه ما نشان می دهد که این نتیجه گیری همواره صحیح نیست. نتایج این مطالعه مشخص می کند که باید شبیث و جهت کفه رسی را نیز در نظر داشت و در صورتی که در بخش های عمیق کفه رسی امکان زه کشی وجود



شکل ۹. رابطه هدایت الکتریکی متوسط ۵۰ سانتی‌متری خاک (EC1) و عمق کفررسی (PanAlt) در دو موقعیت A و C (سطح مبنابرای اندازه‌گیری عمق کفررسی سطح زمین است).

نمی‌توان برای یک منطقه یک معادله کلی ارائه داد بلکه همان طور که ملاحظه می‌شود رابطه کفررسی و خصوصیات فیزیکی و شیمیائی خاک‌ها بسیار پیچیده است و عوامل متعددی بر بروز این خصوصیات مؤثرند. این مطالعه مشخص می‌کند که برای گودال‌ها در کفررسی که دارای حوضه‌های باز و بسته هستند مدل‌هایی که رابطه شوری و عمق کفررسی را نشان می‌دهند متفاوتند. برای گودال‌ها با حوضه‌های باز رابطه عمق کفررسی و شوری رابطه‌ای خطی با شبیه منفی می‌باشد بدین معنا که با افزایش عمق کفررسی شوری خاک کاهش می‌یابد (مانند موقعیت C در این مطالعه). در صورت بسته بودن حوضه رابطه مذکور به صورت خطی با شبیه مثبت می‌باشد.

نتایج این تحقیق می‌تواند در دیگر مناطق مشابه برای پیش‌بینی تأثیر کفررسی بر کاربری اراضی به هنگام برنامه‌ریزی‌های توسعه کشاورزی و طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس این مطالعه می‌توان توصیه نمود که قبل از طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی دشت‌ها نقشه‌برداری عمق کفررسی به کمک رادیومترهایی که در طول موج‌های رادار کار می‌کنند و اکنون کاربرد آنها در خاک‌شناسی معمول است، می‌تواند بسیار مفید باشد.

تبعیت می‌کنند (مانند موقعیت E). این کفه در بعضی مناطق دارای گودال‌هایی است که توسط رسوبات جدید پر شده‌اند. هر گودال دارای حوضه آبخیز یا محدوده‌ای از اراضی مرتفع‌تر است که زه‌آب آن مناطق روی کفررسی حرکت می‌کند و در خلل و فرج خاک گودال‌ها جمع می‌شوند و بدین ترتیب لایه آبده زیر سطحی تشکیل می‌شود که با حفر چاه‌های کم عمق می‌توان از آب آنها در آبیاری اراضی استفاده کرد. حوضه آبخیزهای گودال‌های موجود در کفررسی گاه باز هستند بدین معنی که آب و املاحی که به آنها وارد می‌شود به طریقی زهکشی می‌گردد و اراضی مستقر روی آنها قابلیت کشاورزی خواهند داشت. در صورت بسته بودن آن حوضه‌ها تنها راه خارج شدن آب از گودال‌ها صعود کاپیلاری است که منجر به توسعه شوری و پوسته نمکی در خاک موجود روی گودال‌ها می‌گردد و یا اراضی به صورت آبگرفته یا مرداب ظاهر می‌شوند. با توجه به وجود گودال‌ها در کفررسی عبور کانال‌های آبیاری و زهکشی از روی این گودال‌ها و نفوذ آب کانال‌ها به خاک این گودال‌ها نقش مهمی در شوری این اراضی دارد که در مدیریت و مهندسی زراعی منطقه باید در نظر گرفته شود.

شوری اراضی و عمق کفررسی رابطه تنگاتنگی با هم دارند و

منابع مورد استفاده

۱. انسٹیتو خاک‌شناسی ایران. ۱۳۵۴. گزارش خاک‌شناسی نیمه تفضیلی ایران. نشریه شماره ۳۹۱، ۸۳ صفحه.
۲. علیزاده، ا. ۱۳۶۸. اصول هیدرولوژی کاربردی. نشر آستان قدس رضوی، مشهد.

3. Beven, K. J. and E. F. Wood. 1983. Catchment geomorphology and the dynamics of runoff contributing areas. *J. Hydrol.* 65: 139-158.
4. Beven, K. J. and N. J. Kirkby. 1979. A physically based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol. Sci. B.* 24: 43-69.
5. Burrough, P. A. 1993. Soil Variability: A late 20th century view. *Soils Fert.* 56: 529-562.
6. Burrough, P. A. and R. A. McDonnell. 1998. Principles of geographic information systems. Oxford University Press. Oxford.
7. Doolittle J., M. Peterson and T. Wheder. 2001. Comparison of two electromagnetic induction tools in salinity appraisal. *J. Soil and Water Cons.* 56(3): 257-262.
8. Dunne, T., T. R. Moore and C. H. Taylor. 1975. Recognition and prediction of runoff-producing zones in humid regions. *Hydrol. Sci. B.* 20:305-327.
9. Dunne, T. and R. D. Black. 1970a. Partial area contributions to storm runoff in small New England Watershed, *Water Resour. Res.* 6: 1296-1311.
10. Kim, S. H. and J. W. Delleur. 2001, Stochastic structures between quantity and quality responses of rainfall-runoff at an upland agricultural watershed. *Wat. Sci. Tech.* 44(7): 91-104.
11. Kim, S. and S. Jung. 2003. Digital terrain analysis of the dynamic wetness pattern on the Sulmachun Watershed. Diffuse Pollution Conference, Dublin 2003, 10A GIS.
12. Krinsley, D. B. 1970. A geomorphologic and paleclimatological study of playas of Iran. US Geology Survey, Final scientific Report-Contract No. PRO CP 70-800, Prepared for – Airforce Cambridge Research Laboratories Hanscom Field, Bedford, Massachusetts, in two parts I and II.
13. Moore, I. D., G. J. Burch and D. H. Mckenzie. 1988. Topographic effects on the distribution of surface soil water and location of ephemeral gullies. *Trans. Amer. Soc. Eng.* 31:1098-1107.
14. Moore, I. D., T. W. Norton and J. E. Williams. 1993. Modeling environmental heterogeneity in forested landscapes. *J. Hydrol.* 150: 717-747.
15. Motavali, P. P., S. H. Anderson, P. Penghamkeerati and C. J. Gantzer. 2003. Use of soil cone penetrometers to detect the effects of compaction and organic amendments in claypan soils. *Soil and Tillage Res.* 74: 103-114.
16. Naderi Khorasgani, M. 1998. Study of soil salinity in the Rodasht area (Esfahan-Iran) Based upon field observations, remote sensing and a GIS. Ph. D. Thesis, University of Gent. 336p.
17. O'Callaghan, J. F. and D. M. Mark. 1984. The extraction of drainage networks from digital elevation data. *Computer Vision, Gra. Im. Proc.* 28:323-344.
18. Park, S. J. and T. P. Burt. 2002. Identification and characterization of pedogeomorphological processes on a hillslope. *Soil Sci. Sos. Amer. J.* 66: 1897-1910.
19. Quinn, P., K. Beven, P. Chevallier and O. Planchon. 1991. The prediction of hillslope flow paths for distributed hydrological modeling using digital terrain models. *Hydrol. Proc.* 5: 59-79.
20. Sudduth K. A., N. R. Kitchen, D. F. Hughs and S. T. Drummound. 1995. Electomagnetic induction sensing as an indicator of productivity on clay pan soils. P. 671-681. In. P. C. Robert, R. H. Rust and W. E. Larson (Ed.), Proc. 2nd Intl. Conf. on site specific management for Agric. Sys. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.
21. Thompson, A. L., C. J. Ganyzer and S. H. Anderson. 1991. Topsoil depth, fertility, water management and weather influences on yield. *Soil Sci. Sos. Amer. J.* 55: 1085-1091.
22. Western, A. W., R. B. Grayson, G. Blöschl, G. R. Willgoose and T. A. McMahon. 1999. Observed spatial organization of soil moisture and its relation to indices. *Water Resour. Res.* 35(3): 797-810.
23. Zayandab Consulting Eng. Co. 1990. Designing of Dam, irrigation and drainage canal project of Rodasht area. Report of the 1st phase, Vol. 1, 2 and 3: Study of dams and irrigation and drainage canal in the Rodasht area, Esfahan, Regional Water Organization, Ministry of Energy.