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 کفه‌رسی (claypan) بر کاربری اراضی و تنزل اراضی انجام گرفته است. بانک اطلاعات با جمع آوری نقشه‌ها و گزارش‌های مربوط به منطقه تشکیل شد و مدل تغییرات رقومی (Digital Terrain Model) کفه‌رسی 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 کفه‌رسی 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 طریقی طبیعی یا مصنوعی زه‌کشی شوند آن حوضه‌ها باز می‌باشند و اراضی قرار گرفته بر روی آنها غیر شور یا با شوری متوسط خواهند 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 کفه‌رسی را تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: آبگرفتگی، شوری، کفه‌رسی، شاخص رطوبتی، شاخص انتقال رسوب، سیستم اطلاعات جغرافیایی

مقدمه

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 گیاه و ناحیه توسعه کفه‌رسی (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 کفه‌رسی می‌تواند در نتیجه تراکم فیزیکی خاک یا به دلیل کاهش عمق خاک روی کفه‌رسی باشد. وجود کفه‌رسی در نزدیکی سطح خاک مانع زه‌کشی طبیعی خاک می‌گردد و در

۱. استادیاران خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: khnaderi@yahoo.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]

صورتی که توازن هیدرولوژیک یک ناحیه با کفه‌رسی در نتیجه آبیاری مرطوب‌تر گردد تنها راه خروج آب از خاک تبخیر 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 کفه‌رسی گزارش کردند که وجود کفه‌رسی در بعضی مناطق ضمن این که سبب افزایش رطوبت خاک می‌شود، حساسیت اراضی به تراکم خاک را افزایش می‌دهد و عامل کاهش عملکرد می‌گردد. سادوث و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تغییرات عمق خاک تا کفه‌رسی رابطه نزدیکی با تغییرات هدایت الکتریکی خاک سطحی دارد. دولیتل و همکاران (۷) رابطه‌ای ارائه نمودند که به کمک آن می‌توان عمق خاک تا کفه‌رسی 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 ملایم 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 کفه‌رسی در 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 ′۲۰ °۳۲ تا ′۳۴ °۳۲ شمالی و طول‌های °۵۲ تا ′۴۳ °۵۲ قرار دارد (شکل ۱). وسعت این ناحیه در حدود ۴۴۰۰۰ هکتار می‌باشد و رودخانه زاینده‌رود از غرب به شرق منطقه را قطع و به تالاب گاوخونی می‌ریزد. بر اساس شاخص دمارتین (۲) و اطلاعات ایستگاه هواشناسی ورزنه اقلیم این ناحیه خشک می‌باشد. حداکثر و حداقل درجه حرارت ناحیه به ترتیب ۳۷ و ۵/۶ درجه سانتی‌گراد برای ماه‌های تیر و دی می‌باشد. بر اساس نقشه بارش سالیانه کشور میانگین بارش سالیانه این منطقه ۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد (۱).

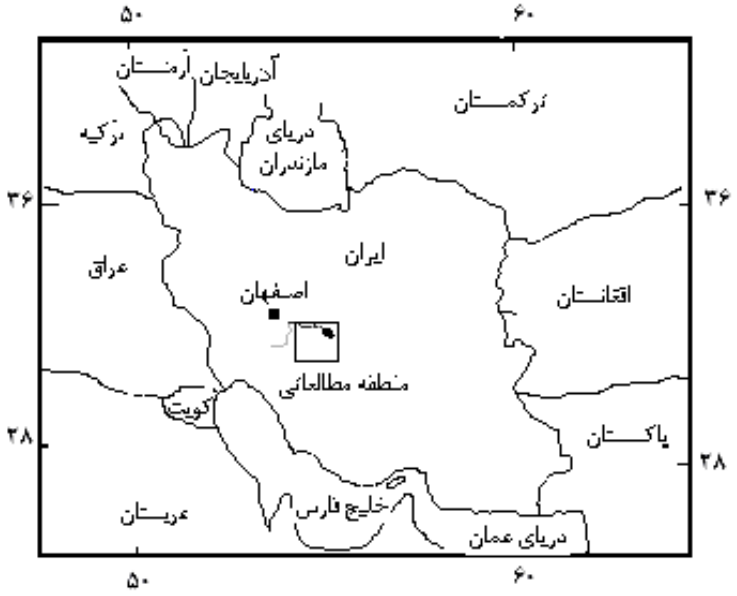
کرینسلی (۱۲) این ناحیه را مرطوب‌ترین بخش حوزه آبخیز اصفهان- سیرجان می‌داند. مهم‌ترین عوامل تنزل اراضی در این ناحیه خصوصیات توپوگرافی، سنگ شناسی و لایه‌بندی رسوبات می‌باشد. شوری اولیه در نتیجه وجود مارن‌های شور و گچی در تراس‌های بالایی و شوری ثانویه به علت میکروتوپوگرافی و مدیریت اراضی مهم‌ترین عوامل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

کفه‌رسی

با توجه به بازدیدهایی که مؤلفین از منطقه مطالعاتی داشته‌اند کفه‌رسی شامل رسی متراکم و ضخیم است که ضخامت آن گاها از ۱۰۰ 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه

مهم‌ترین اطلاعات استفاده شده در این تحقیق نقشه عمق کفه‌رسی 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 مبنا بیشترین عمق این کفه از سطح زمین ۶۰۵ سانتیمتر و کمترین آن صفر است بدین معنا که کفه‌رسی 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 کفه‌رسی تهیه گردید (شکل ۴، الف). این نقشه پایه‌ای برای استخراج اطلاعاتی نظیر شبکه‌های زه‌کشی (Drainage network) و سایر مشتقات مدل رقومی ارتفاعی کفه‌رسی می‌باشد.

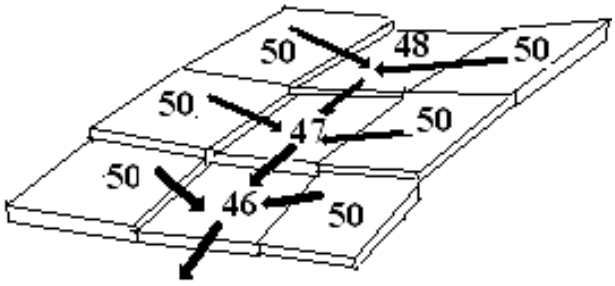
نقشه شبکه زه‌کشی با در نظر گرفتن شکل ۲ به عنوان مثال توضیح داده می‌شود. فرض نمائید که پیکسل‌ها نقاط عمقی کفه‌رسی باشند که اعماق روی آنها درج شده است. از آنجا که جریان آب از مناطق مرتفع‌تر به پست‌تر جریان دارد مسیر جریان آب در امتداد شیب می‌باشد. این موضوع از طریق سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل ترسیم می‌باشد. در این مثال یک جریان زه‌کشی یا یک آبراهه را در شکل مشاهده می‌کنید که در مسیر پیکسل‌ها با ارزش ارتفاعی ۴۸، ۴۷ و ۴۶ در جریان است. هم‌چنین جهت شیب اراضی (Aspect) با در نظر گرفتن شیب پیکسل‌ها در سیستم اطلاعات جغرافیایی تعیین می‌گردد. برای مثال در شکل ۳ اگر شمال شبکه را شمال جغرافیایی در نظر بگیریم جهت شیب پیکسل شماره ۲ سمت جنوب شرقی می‌باشد.

کاربری اراضی و شوری خاک

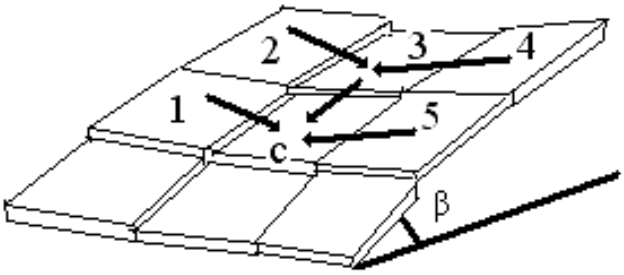
نقشه کاربری اراضی تهیه شده از منطقه به کمک اطلاعات ماهواره‌ای Landsat TM سال ۱۹۹۰ مورد استفاده قرار گرفت (۱۶). این نقشه اراضی زیر کشت، آیش، فلات‌های بایر، اراضی بسیار شور، اراضی با آب زیر زمینی بالا (Waterlogged) و مناطق پوشیده از آب را نشان می‌دهد (شکل ۶، ب). هم‌چنین از اطلاعات ماهواره‌ای مذکور برای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

اطلاعات شوری خاک‌های منطقه که در عصاره گل اشباع برای ۴۰۰ نمونه و سه عمق ۵۰-۰ سانتی‌متر (EC1)، ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متر (EC2) و ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر (EC3) از نقشه شوری منطقه رودشت که توسط انستیتو خاک‌شناسی ایران تهیه شده

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



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



شکل ۳. شمای کفه‌رسی برای تعیین شاخص‌های رطوبتی و انتقال رسوب در سیستم اطلاعات جغرافیایی

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 متد ارائه شده به وسیله بون و کرکبای (۴) یا بارو و مک دونل (۵) محاسبه شدند:

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

$$STI = \left(\frac{A}{۲۲/۱۳}\right)^{۰/۶}\left(\frac{Sin\beta}{۰/۰۸۹۶}\right)^{۱/۳}$$

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 تمرکز (Concentration point) در نظر گرفت. به طور مثال در شکل ۳ پیکسل C یک نقطه تمرکز 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.

نتایج و بحث

کفه‌رسی و مشتقات آن

شکل ۴، الف مدل ارتفاعی رقومی کفه‌رسی را نشان می‌دهد. مناطق عمیق یا گودال‌ها (Depressions) در کفه رسی 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 کفه رسی 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 کفه رسی نشان می‌دهد وضعیت گودال‌ها و جهت تقریبی حرکت رواناب یا آب زه‌کشی را می‌توان به کمک این نقشه تخمین زد. هنگامی که نقشه شبکه هیدروگرافی برای منطقه تهیه شود (شکل ۴، ج) ملاحظه می‌شود که کفه رسی را تعدادی حوزه بسته تشکیل می‌دهد که نقطه تمرکز 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 کفه رسی می‌باشد.

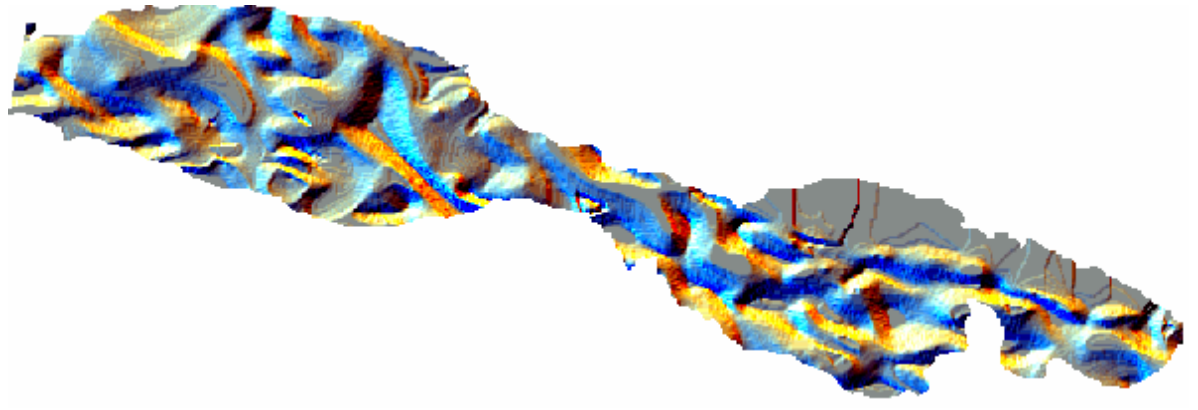
نقشه‌های شاخص رطوبتی خاک و انتقال رسوب نیز تأییدی بر این موضوع هستند (شکل ۵، الف و ب). نقشه شاخص

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



(الف) سطح مبنا سطح خاک می‌باشد



(ب)

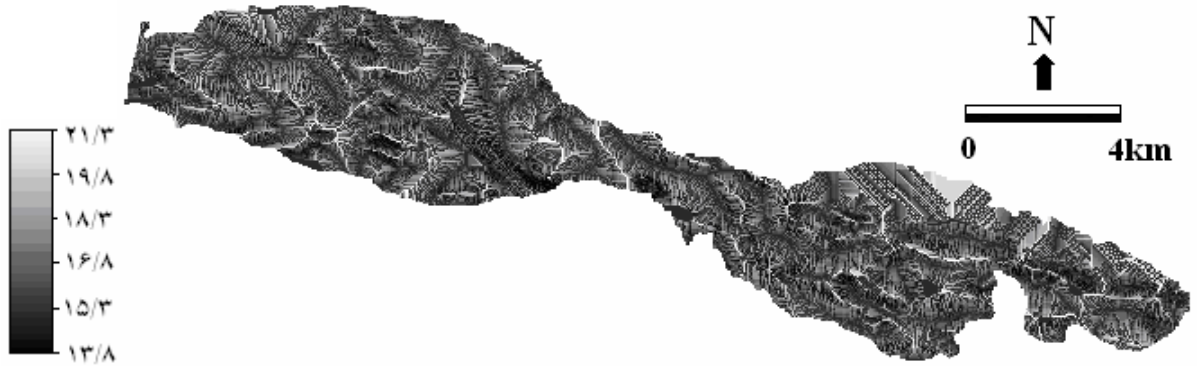


(ج)

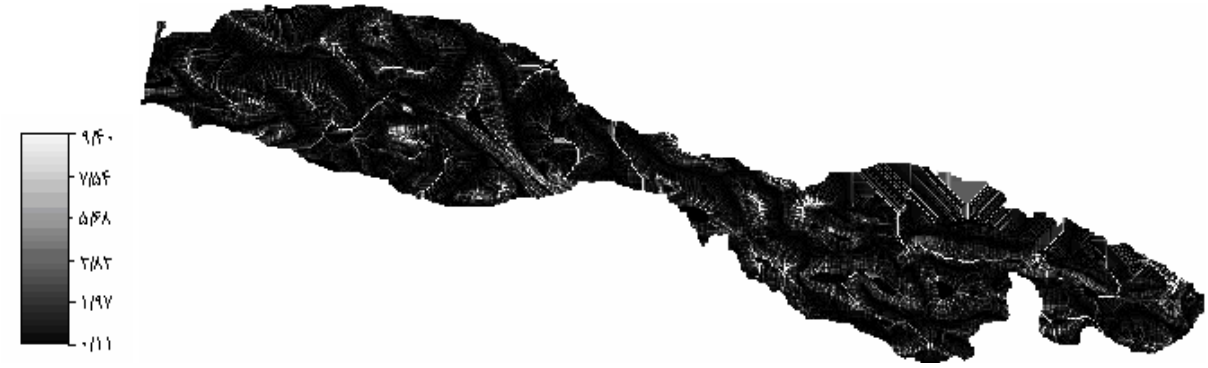
شکل ۴. الف) مدل ارتفاعی رقومی کفه‌رسی که عمیق‌ترین قسمت آن از سطح خاک ۶ متر با رنگ تیره و کمترین عمق صفر است که با رنگ روشن نشان داده شده است (سطح مبنا سطح خاک می‌باشد)، ب) نقشه جهت شیب، ج. نقشه شبکه هیدروگرافی حوضه‌های موجود در کفه‌رسی (مقیاس ۱:۲۰۰،۰۰۰).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



(الف)



(ب)

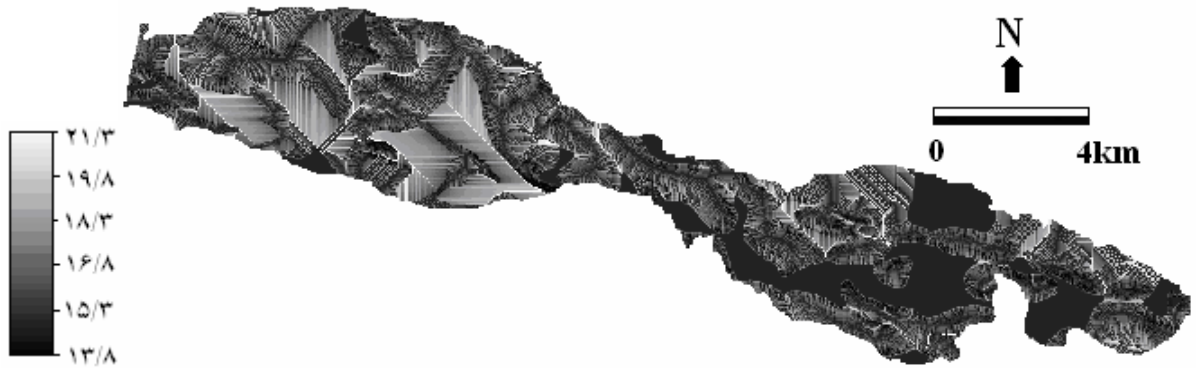
شکل ۵ . الف. نقشه شاخص رطوبتی با وضوح سازی تا ۲۱/۳ و ب. نقشه شاخص انتقال رسوب با وضوح سازی تا ۹/۴.

رطوبتی که بر اساس اصول ارائه شده توسط بون و کرکبای (۴) و بارو و مک دونل (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 پر شدن یک گودال در کفه‌رسی 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 مناطق روشن‌تر نشانگر محل عبور رسوب بیشتر است.

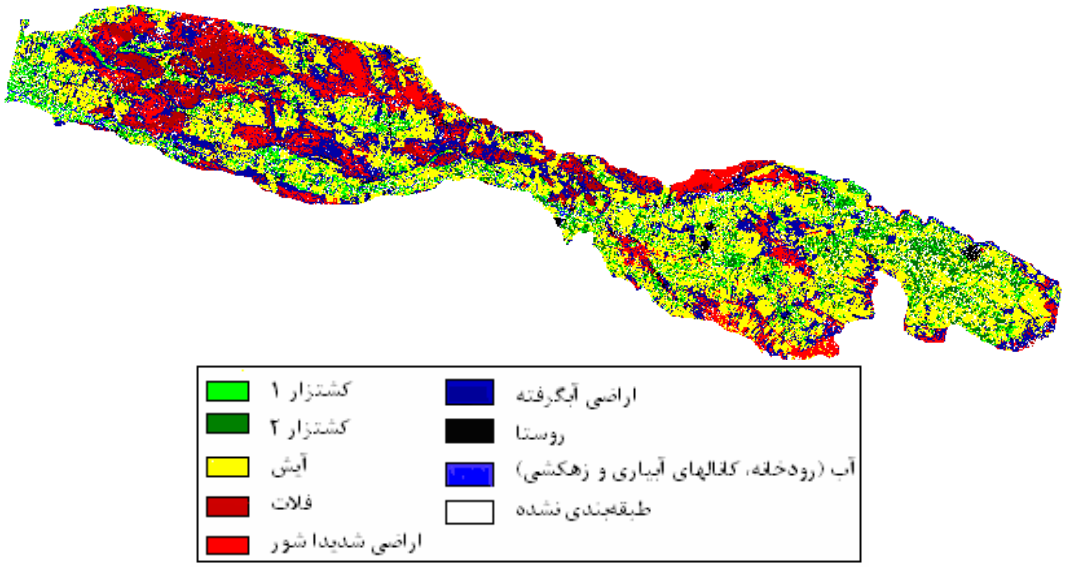
با توجه به این که روی کفه رسی که توسط رسوبات آبرفتی جوان‌تر پوشیده شده است جریان آب آزاد نظیر آنچه در حوزه‌های آبخیز رودها دیده می‌شود وجود ندارد بهتر است نقشه شاخص انتقال رسوب را نشانه‌ای یا شاخصی از انتقال املاح بدانیم زیرا جریان آب به جای رسوب حاوی املاح شستشو شده از حوزه مربوط به خود می‌باشد. همان طور 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۶. الف) نقشه شاخص رطوبتی منطقه پس از پر شدن گودال‌های مرتفع‌تر و مسیر جریان آب و املاح به سوی گودال‌های پست‌تر، ب) نقشه کاربری اراضی، ج) نقشه الف درحالی که کانال‌های آبیاری و زه‌کشی روی آنها قرار گرفته‌اند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]

شکل ۶، الف شاخص رطوبتی خاک را با فرض پر شدن گودال‌های مرتفع‌تر 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 اشباع کردن بعضی گودال‌های مرتفع‌تر بسوی گودال‌های عمیق‌تر حرکت می‌کنند. با این وجود انتظار داریم که بر روی گودال‌های موجود در کفه رسی چند حالت مشخص را داشته باشیم ۱) مناطق شدیدا شور با پوسته نمکی، ۲) مناطق شور و مرطوب، ۳) مناطق با آبگرفتگی (Waterlogged) یا مردابی (Marshland).

ملاحظه 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 کانال‌های 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 کانال‌های 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 کانال آبیاری یا زه‌کشی و یا رودخانه که از گودال‌ها عبور می‌کنند در عمقی پایین‌تر از کفه رسی قرار گرفته‌اند بنابراین امکان زه‌کشی آن گودال‌ها به وسیله کانال‌ها وجود دارد. علاوه بر این عبور کانال‌ها از روی بعضی گودال‌ها باعث تشدید اشباع خاک‌های موجود در آنها و تشدید شوری و آبگرفتگی می‌شود.

تأثیر توپوگرافی کفه‌رسی بر شوری خاک

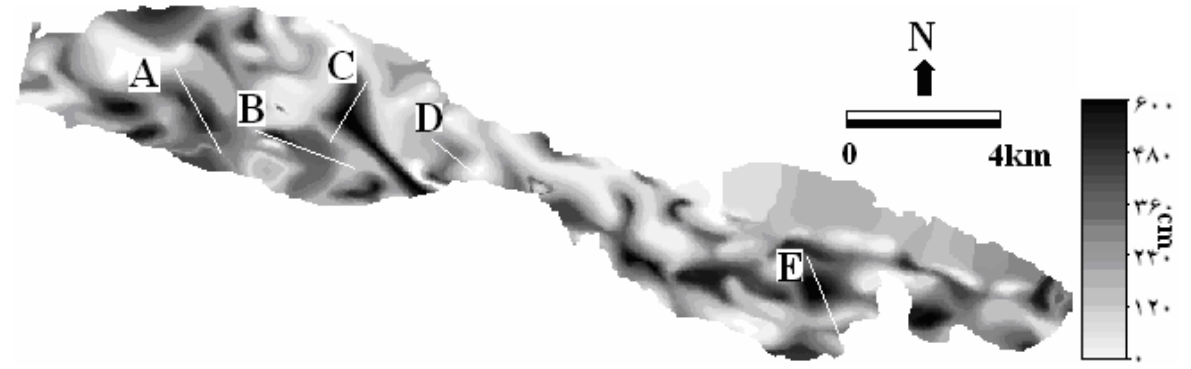
برای بررسی تأثیر گودال‌ها بر تنزل اراضی اعم از شوری و آبگرفتگی تعداد ۵ ترانسکت روی گودال‌های ۵ موقعیت A, B, C, D, E مورد مطالعه قرار گرفت (شکل ۷، الف). در این ترانسکت‌ها علاوه بر عمق کفه‌رسی (.PanAlt)، روند تغییرات چهار خصوصیت دیگر نظیر شوری‌های EC1 (شوری ۵۰-۰ سانتی‌متری خاک)، EC2 (شوری ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متری 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 منتج 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 عمدتا 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 کانال‌های آبیاری و زه‌کشی از روی این گودال بر اشباع خاک در این ناحیه و آبگرفتگی و شوری این اراضی مؤثر بوده‌اند.

ترانسکت C (موقعیت C) وضعیت متفاوتی را نشان

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

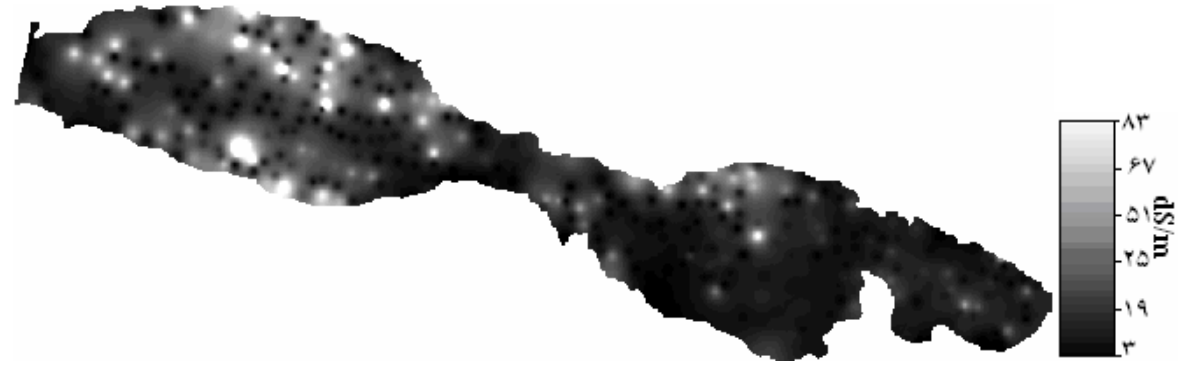
[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



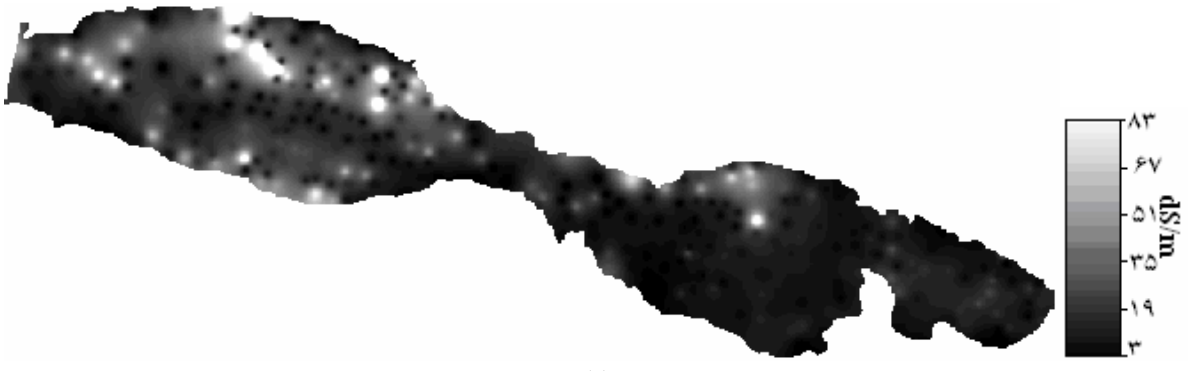
(الف) × سطح مبنا سطح زمین



(ب)



(ج)

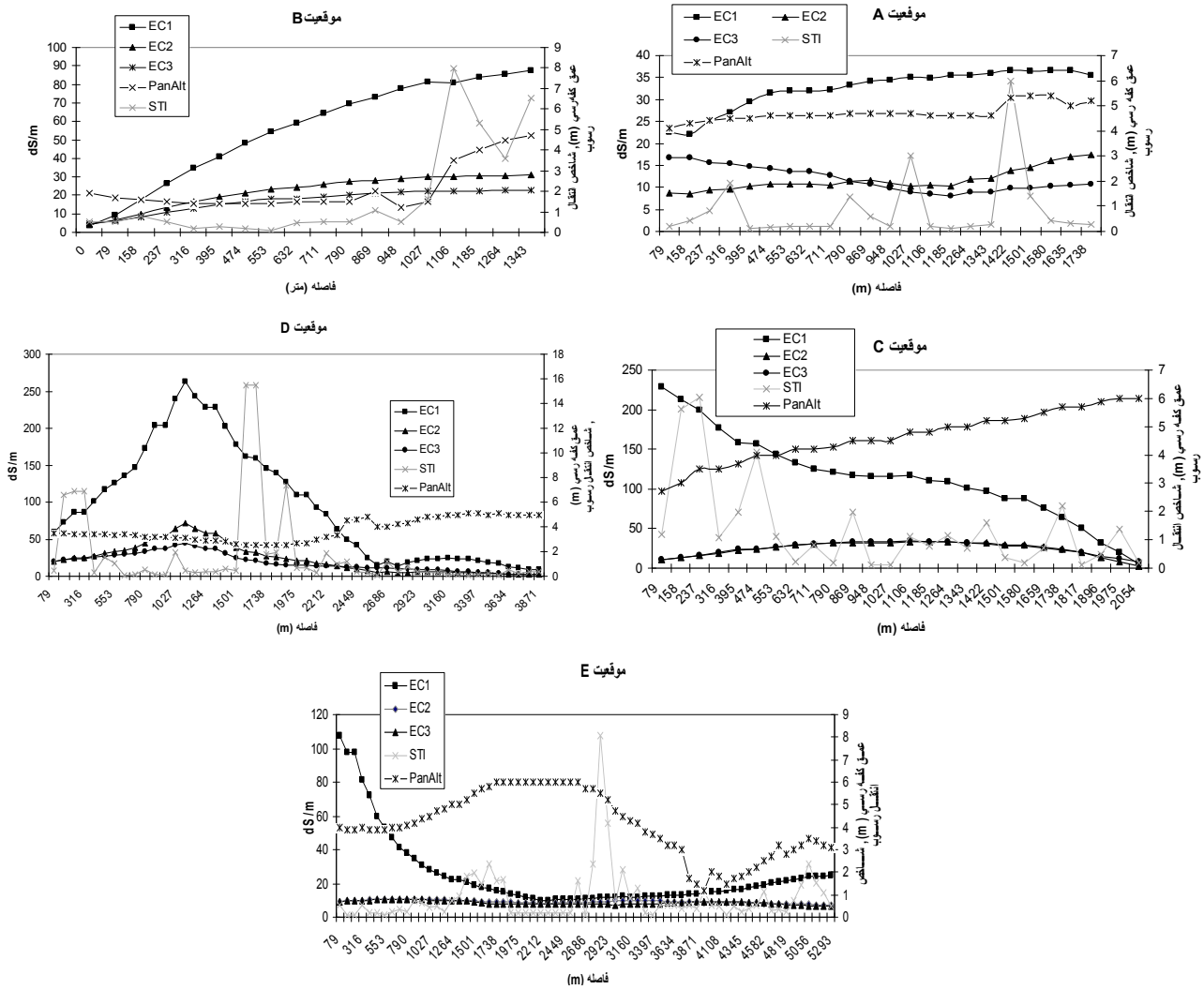


(د)

شکل ۷. نقشه‌های الف) عمق کفه‌رسی (سانتی‌متر) و محل ترانسکت‌ها، ب) شوری متوسط ۵۰-۰ سانتی‌متری خاک)، ج) شوری متوسط ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متری خاک، د) شوری متوسط ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری خاک، (واحد اندازه‌گیری هدایت الکتریکی دسی زیمنس بر متر، مقیاس ۱:۲۰۰،۰۰۰).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



شکل ۸ . نمودارهای ترانسکت‌ها در موقعیت‌های A، B، C، D و E و رابطه آنها با شوری ۵۰-۰ سانتی‌متر (EC1)، ۱۰۰-۵۰ سانتی‌متر (EC2) و ۱۵۰-۱۰۰ سانتی‌متری خاک (EC3) (دسی زیمنس بر متر)، شاخص انتقال رسوب (STI) و عمق کفه رسی (PanAlt.).

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 کفه‌رسی 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 کفه‌رسی را قطع کرده است و در پایین‌تر از کفه‌رسی جریان دارد، بنابراین احتمال این که رودخانه زه‌کشی این گودال را انجام دهد زیاد است. شکل ۸ نشان می‌دهد که روند شاخص انتقال رسوب در این موقعیت توسط مدل به خوبی برآورد نشده است به طوری که با افزایش عمق کفه‌رسی 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 آبراهه‌ها 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]

مقایسه نقشه‌های موجود در شکل ۶، ج و شکل ۷، الف نشان می‌دهد که ترانسکت D (موقعیت D) در محلی قرار دارد که کانال‌های زه‌کشی منطقه از آن عبور می‌کند. احتمالاً این موضوع تأثیر زیادی بر آبگرفتگی این محل دارد. شکل ۸ نیز نشان می‌دهد که بیشینه شوری‌ها و شاخص انتقال رسوب بر روی عمیق‌ترین بخش گودال در کفه‌رسی رخ داده است.

ترانسکت E (موقعیت E) یک استثنا می‌باشد. روی این موقعیت در سطح زمین نیز یک گودال یا یک ناحیه پست وجود دارد که در مواقع سیلابی بودن رودخانه زاینده‌رود از آب پر می‌شود. به احتمال قوی انتقال آب به این گودال و جریان یافتن آب از این منطقه به مکان‌های دیگر از طریق نهرها باعث کاهش شوری این موقعیت شده است. شکل ۸ نشان می‌دهد فاصله کفه‌رسی 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 کفه‌رسی 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 می‌رسد توپوگرافی سطحی نیز تابعی از توپوگرافی کفه‌رسی باشد بدین معنا که سطح زمین بر روی این گودال نیز پست می‌باشد. با رشد گیاهان علوفه‌ای چند ساله در تابستان ضمن تبخیر و تعرق به تدریج پوسته نمکی در سطح خاک توسعه می‌یابد. با توجه به زمان نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شوری خاک که در بهار رخ داده است با کاهش عمق کفه‌رسی شوری‌های پروفیل خاک کاهش می‌یابد ولی بیشینه شاخص انتقال رسوب را در محل عمیق‌ترین نقطه گودال را ملاحظه می‌کنیم (شکل ۸).

تامپسون و همکاران (۲۱) گزارش کردند که وجود کفه‌رسی در نزدیکی سطح خاک مانع زه‌کشی طبیعی اراضی می‌گردد و توازن هیدرولوژیکی به هم می‌خورد و در نتیجه آبیاری شوری اراضی را در پی خواهد داشت. مطالعه ما نشان می‌دهد که این نتیجه‌گیری همواره صحیح نیست. نتایج این مطالعه مشخص می‌کند که باید شیب و جهت کفه‌رسی را نیز در نظر داشت و در صورتی که در بخش‌های عمیق کفه‌رسی امکان زه‌کشی وجود داشته باشد (نظیر موقعیت C) توسعه شوری را روی کفه‌رسی نخواهیم داشت. این تحقیق همان طور که سادوث و همکاران (۲۰) نیز گزارش کردند ثابت می‌کند که بین عمق کفه‌رسی و هدایت الکتریکی خاک رابطه نزدیکی وجود دارد لکن این رابطه در بعضی نواحی مثبت و در بعضی دیگر منفی است.

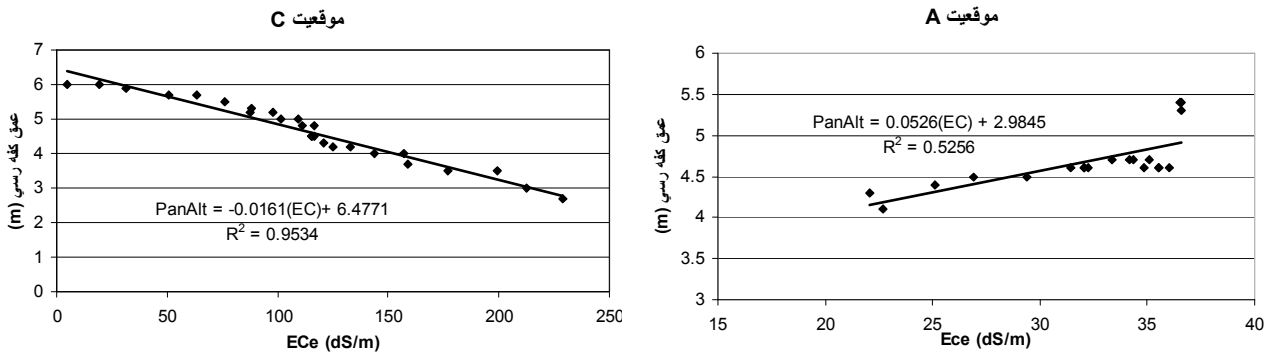
می‌توان با در نظر گرفتن عوامل مؤثر بر زه‌کشی اراضی عمق کفه‌رسی را با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ظاهری خاک مانند آنچه دولیتل و همکاران (۷) انجام دادند تخمین زد لکن روابط متعددی در هر بخش می‌تواند وجود داشته باشد. اگر دو موقعیت A و C را در این تحقیق در نظر بگیریم ملاحظه می‌شود بین هدایت الکتریکی سطحی خاک (EC1) و عمق کفه‌رسی روابطی وجود دارد که معکوس یکدیگر می‌باشند (شکل ۹). در موقعیت A با افزایش هدایت الکتریکی عمق کفه‌رسی نیز افزایش می‌یابد در حالی که در موقعیت C با افزایش عمق کفه‌رسی هدایت الکتریکی خاک سطحی کاهش می‌یابد. در موقعیت A رابطه بین عمق کفه‌رسی و شوری خاک به وسیله یک معادله خطی با شیب مثبت برازش شده است در حالی که در موقعیت C یک معادله خطی با شیب منفی رابطه بین عمق کفه‌رسی و شوری خاک سطحی را توجیه می‌کند (شکل ۹).

نتیجه‌گیری

مدل رقومی عمق کفه‌رسی اطلاعات زیادی در رابطه با مدیریت اراضی فراهم می‌کند که می‌توان از آنها برای طراحی شبکه آبیاری و زه‌کشی یک منطقه استفاده نمود. شاخص رطوبتی خاک مکان‌هایی را که احتمال بروز شوری و آبگرفتگی در آنها وجود دارد به خوبی مشخص می‌کند. شاخص انتقال رسوب مسیر جریان‌های آب زیرزمینی و حوضه آبخیز هر گودال در کفه‌رسی را تعیین می‌کند و این مطالعه نشان می‌دهد که این مدل می‌تواند مسیر انتقال املاح را نیز نشان دهد. هم‌چنین این مطالعه مشخص می‌کند که کفه‌رسی همواره یک افق مسطح نیست یا تغییرات عمقی آن کفه روند معینی را دنبال نمی‌کند بلکه دارای پستی و بلندی‌هائی است که گاه عوارض سطحی اراضی از آن

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]



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

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 کفه‌رسی 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 کفه‌رسی 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 کفه‌رسی 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 کفه‌رسی رابطه تنگاتنگی با هم دارند و نمی‌توان برای یک منطقه یک معادله کلی ارائه داد بلکه همان طور که ملاحظه می‌شود رابطه کفه‌رسی 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 کفه‌رسی که دارای حوضه‌های باز و بسته هستند مدل‌هایی که رابطه شوری و عمق کفه‌رسی را نشان می‌دهند متفاوتند. برای گودال‌ها با حوضه‌های باز رابطه عمق کفه‌رسی و شوری رابطه‌ای خطی با شیبی منفی می‌باشد بدین معنا که با افزایش عمق کفه‌رسی شوری خاک کاهش می‌یابد (مانند موقعیت C در این مطالعه). در صورت بسته بودن حوضه رابطه مذکور به صورت خطی با شیب مثبت می‌باشد.

نتایج این تحقیق می‌تواند در دیگر مناطق مشابه برای پیش‌بینی تأثیر کفه‌رسی 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 کفه‌رسی به کمک رادیومترهایی که در طول موج‌های رادار کار می‌کنند و اکنون کاربرد آنها در خاک‌شناسی معمول است، می‌تواند بسیار مفید باشد.

منابع مورد استفاده

۱. انستیتو 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]

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. Pengthamkeerati 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.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1386.11.42.46.5]