

بررسی شوری آب و خاک و ارتباط آن با پستی و بلندی‌های سطح زمین با استفاده از مدل فازی در محیط GIS مطالعه موردی: حوضه آبخیز سیاخ دارنگون در غرب شیراز

مرضیه مکرّم^۱

سعید نگهبان^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۳/۱۸

چکیده

افزایش جمعیت، کاهش منابع آب، کاهش منابع غذایی، خشکسالی و آلودگی آب و خاک در بسیاری از مناطق کره زمین منجر به مشکلات فراوانی شده است. با توجه به اهمیت کیفیت آب زیر زمینی و خاک در حوضه‌های آبخیز مختلف از جمله شمال غرب استان فارس، هدف این مطالعه بررسی کیفیت آب و خاک از نظر هدایت الکتریکی (شوری) برای کشت گیاه گندم با استفاده از روش فازی و مقایسه آن با لندفرم‌ها در محیط GIS می‌باشد. برای ۴۰ نقطه نمونه آب (چاه) و ۷۰ نمونه خاک (پروفیل در ۱۰۰ سانتی متر اولیه خاک) با استفاده از روش میانگین عکس فاصله (IDW) نقشه پهنه بندی آب و خاک تهیه شد. سپس به منظور همگن کردن میزان شوری آب و خاک و بررسی ارتباط آن‌ها با لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه، قوانین فازی و استفاده از استانداردهای کیفیت آب و خاک به کار گرفته شد. در روش فازی مقادیر شوری بین ۰ و ۱ قرار گرفتند. نتایج حاصل از نقشه فازی شوری خاک منطقه نشان داد که ۲۴/۳۱ درصد از منطقه در کلاس ضعیف (نامناسب)، ۱۱/۷۸ درصد در کلاس متوسط، ۲۵/۷۴ درصد در کلاس خوب و ۳۸/۱۶ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته اند. در حالیکه برای شوری آب مشخص شد که ۳۶/۶ درصد در کلاس متوسط، ۳۱/۶۹ درصد در کلاس خوب و ۳۱/۶۵ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته اند. در پایان ارتباط بین نقشه لندفرم و نقشه شوری آب و خاک منطقه مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد که حداقل شوری خاک و آب در دشت‌ها واقع شده است. در مطالعه حاضر جنس سازندهای منطقه و عدم شوری آن‌ها در دشت‌ها باعث شده که این مناطق از شوری کمتری نسبت به سایر قسمت‌ها برخوردار باشند. در نتیجه برای مناطقی که از نظر زمین شناسی و پستی و بلندی مشابه منطقه مورد مطالعه هستند، بدون نمونه برداری و تجزیه و تحلیل در آزمایشگاه می‌توان مشخص نمود که مناطق واقع در ارتفاعات کمتر (دشت‌ها) دارای شوری کم می‌باشند. در واقع به کمک نقشه‌های زمین شناسی (جنس سازند) و نقشه‌های لندفرم (پستی و بلندی‌ها) می‌توان میزان شوری را تخمین زد.

واژه‌های کلیدی: شوری آب، شوری خاک، میانگین عکس فاصله (IDW)، روش فازی، غرب شیراز.

۱- استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز M.mokarram@shirazu.ac.ir

۲- استادیار ژئومورفولوژی گروه جغرافیا- دانشگاه شیراز (نویسنده مسئول) snegahban@shirazu.ac.ir

۱- مقدمه

یکی از روش‌های مناسب به منظور بررسی ویژگی‌های کیفی آب در محیط GIS روش فازی می‌باشد. منطق فازی که توسط لطفی‌زاده (۱۹۶۵) معرفی شد، بعنوان یک روش مناسب از هوش مصنوعی جهت توسعه سیستم‌های پیچیده و نامشخص مانند اندیس‌های محیط زیستی مورد استفاده قرار گرفت (کوک، ۲۰۰۶).

این سیستم بسیاری از شاخص‌های واقعی را در مقابل آن‌هایی که از منطق عددی استفاده می‌کردند، توسعه داد. منطق فازی سعی بر این دارد که اندیس‌ها را به گونه‌ای بسط دهد که به تفکر انسان نزدیکتر باشد، و بنابراین می‌توان با استفاده از اطلاعات فازی از خطاها، ابهامات و مشکلات جلوگیری کرد (سیلورت، ۲۰۰۰). در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری بر روی موضوعات محیط زیستی مانند کیفیت هوا (سولات، ۲۰۱۱) کیفیت آب‌های سطحی (اوکامپو، ۲۰۰۶؛ لرمونتو، ۲۰۰۹) و بررسی کیفی آب برای اهداف کشاورزی (میرعباسی و همکاران، ۲۰۰۸) با استفاده از منطق فازی انجام گرفته است. موحامتوقلو و همکاران^۶ (۲۰۰۶) به بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی و ارائه شاخص آلودگی با استفاده از منطق فازی پرداخته‌اند. دهیا^۷ و همکاران (۲۰۰۷) نیز در مطالعه‌ای به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی پرداختند. در این مطالعه پارامتر سختی در کنار غلظت کلسیم و منیزیم مورد استفاده قرار گرفته است، در حالی که سختی بیان‌کننده غلظت کلسیم و منیزیم موجود در آب می‌باشد.

علی و مقنم^۸ (۲۰۱۳) ارتباط بین ویژگی‌های خاک و لندفرم را مورد مطالعه قرار دادند. در این مطالعه ویژگی‌هایی از خاک مانند کربنات کلسیم، شوری خاک، Ph، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منگنز و روی در انواع مختلف لندفرم‌های

بررسی تغییرات مکانی و زمانی شوری خاک نقش عمده‌ای در مدیریت حوضه آبخیز و جلوگیری از توسعه شوری دارد (محمدی، ۱۳۸۷). همچنین بررسی شوری آب زیرزمینی به علت پیچیدگی فرآیندهای هیدرولوژیکی، خصوصیات سفره آب زیرزمینی و تغییرپذیری آن‌ها کار مشکلی است البته این مشکلات با عوامل خارجی نظیر شرایط جوی و فعالیت‌های بشر که روی نفوذپذیری و فرآیندهای هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارند، بیشتر می‌شود (میرزایی و حسن نیا، ۱۳۹۲). به دلیل پرهزینه بودن آزمایش‌های مربوط به نمونه برداری شوری و همچنین کالیبره نشدن مدل‌های محاسباتی و پیچیدگی این مدل‌ها برای غلبه بر این محدودیت‌ها و برای تعیین شوری در اعماق خاک تعیین مدل‌های منطبق با رفتارهای طبیعی و استفاده از مدل‌های موجود روز به روز بیشتر می‌شود (حق وردی، ۱۳۸۶). از طرفی با توجه به اینکه اراضی زیادی در شمال غرب استان فارس تحت کشت کشاورزی هستند، بررسی خصوصیات شیمیایی آب و خاک منطقه از جمله شوری بسیار مهم و حائز اهمیت می‌باشد. روش‌های مختلفی برای بررسی شوری آب و خاک وجود دارد؛ مثلاً سرنگی و همکاران (۲۰۰۶) در پژوهشی با استفاده از شبکه‌های عصبی شوری نیم‌رخ خاک و خروجی زه کش‌ها را در یک منطقه آزمایشی در هندوستان پیش‌بینی کردند. آرفین و همکاران (۲۰۰۳) از مدل شبکه عصبی و مدل رگرسیون خطی برای پیش‌بینی میزان شوری استفاده نمودند. سرینواسولو و همکاران (۲۰۰۴) با استفاده از مدل سالتمود و شبکه عصبی به مطالعه بیان پرداختند. مادیاکا (۲۰۰۸) به مطالعه شوری آب زیرزمینی در طی یک فصل از سال در منطقه نانگ سونگ در جنوب تایلند پرداخت. میرزایی و حسن نیا (۱۳۹۲) از شبکه عصبی به منظور پیش‌بینی شوری آب در اراضی پایاب سد حاجیلر استفاده کردند. نتایج نشان داد که استفاده از شبکه عصبی-فازی نسبت به شبکه عصبی از دقت بالاتری به منظور پیش‌بینی شوری برخوردار است.

1- Kwok
2- Silvert
3- Sowlat
4- Ocampo
5- Lermontov
6- Mirabbasi et al
7- Muhammetoglu et al
8- Dahiya
9- Ali and moghannam

مربعات معادل ۱/۶۸) کمترین قابلیت را در بارزسازی مقدار شوری خاک (دسی زیمنس بر متر) و تهیه نقشه‌ها در دو مرحله نمونه برداری خاک (مرحله پنجه‌زنی گندم و بعد از برداشت گندم نشان دادند. محمودی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به پهنه بندی شوری خاک‌های منطقه جنوب شرق استان اصفهان با استفاده از داده‌های زمینی و سنجنده TM ماهواره‌ای پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که، بیش از ۸۶ درصد توافق بین نقشه‌ها و داده‌های زمینی EC وجود دارد. بنابراین، با توجه به صحت بالای تصاویر طبقه بندی شده نسبت به روش‌های رگرسیون در تفکیک خاک‌های پهناور شور می‌توان از آنها به عنوان ابزار مناسب در جهت مدیریت و مبارزه با شوره‌زایی استفاده نمود. نورزاده و همکاران (۱۳۹۰) پهنه‌بندی هدایت الکتریکی خاک را با استفاده از روش فازی برای دشت قم انجام دادند. پس از بررسی نتایج خوشه‌بندی و بر اساس معیارهای صحت‌سنجی، مشخص شد که روش GK روش بهتری برای خوشه‌بندی است. با توجه به اهمیت بررسی میزان شوری آب و خاک در حوضه‌های آبخیز، هدف از این مطالعه تعیین ارتباط شوری آب و خاک و ارتباط آن‌ها با لندفرم‌ها در شمال غرب استان فارس می‌باشد.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز مورد مطالعه در غرب شهر شیراز در محدوده بین شهر شیراز و کازرون قرار گرفته است. مهمترین مرکز شهری در این حوضه، شهر بیضا می‌باشد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه ۱۲° ۲۹' تا ۴۸° ۲۹' شرقی و ۰۶° ۵۲' تا ۳۶° ۵۲' است (نگاره ۱). مساحت منطقه مورد مطالعه ۶۲۳/۶۹ کیلومتر مربع می‌باشد. بیشترین و کمترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۱۶۳۰ و ۳۰۸۳ متر می‌باشد. میانگین دما در این منطقه ۱۶/۸ درجه می‌باشد که از ۴/۷ تا ۲۹/۲ تغییر می‌کند. منطقه مورد مطالعه بسیار غنی برای کشت محصولات زراعی می‌باشد. همچنین از نظر ویژگی‌های توپوگرافی، زمین شناسی و تنوع زیستی

منطقه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کربنات کلسیم، شوری خاک به مقدار بسیار کمی در انواع مختلف لندفرم‌های منطقه مورد مطالعه دیده می‌شود. در حالی که انواع عناصر ماکرو و میکرو در پهنه وسیعی از تراس‌های رودخانه ای دیده می‌شوند.

همچنین ارتباط بین لندفرم و ویژگی‌های خاک توسط کبلاوی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در شمال امارات متحده عربی انجام شد. در این مطالعه منطقه با توجه به نوع لندفرم و ویژگی‌های خاک در ۴ کلاس طبقه بندی شدند.

ویژگی‌های خاک به طور گسترده‌ای توسط لندفرم‌ها کنترل می‌شوند. تأثیر فیزیوگرافی و لندفرم‌ها بر روی ویژگی‌های خاک توسط علی و مقنم^۲ (۲۰۱۳) مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه لندفرم‌ها به عنوان عامل اساسی در پراکنش ویژگی‌های خاک به حساب می‌آیند. ارتباط بین لندفرم و خاک توسط پارک و بورت^۳ (۲۰۰۲)، هندرسون و همکاران^۴ (۲۰۰۵) و مینی و همکاران^۵ (۲۰۰۷) نیز مورد بررسی قرار گرفته است. به کمک سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) می‌توان به راحتی تغییرات در یک پهنه وسیع را با در نظر گرفتن بعد مکان بررسی نمود (علی و همکاران، ۲۰۰۷).

در داخل کشور نیز پژوهش‌هایی درباره شوری خاک و ویژگی‌های زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای انجام شده است. اژی‌رایی و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی به بررسی مقایسه شاخص‌های مختلف استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست برای پهنه‌بندی شوری خاک در مزرعه نمونه ارتش گرگان پرداختند و چنین نتیجه گرفتند که شاخص‌های شوری (SI) بیشترین همبستگی را با داده‌های زمینی دارند. در میان شاخص‌های مورد مطالعه شاخص‌های SI1 و SI2 به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۵۷ و ۰/۶۴۶ بیشترین قابلیت و شاخص DVI (با مجذور میانگین

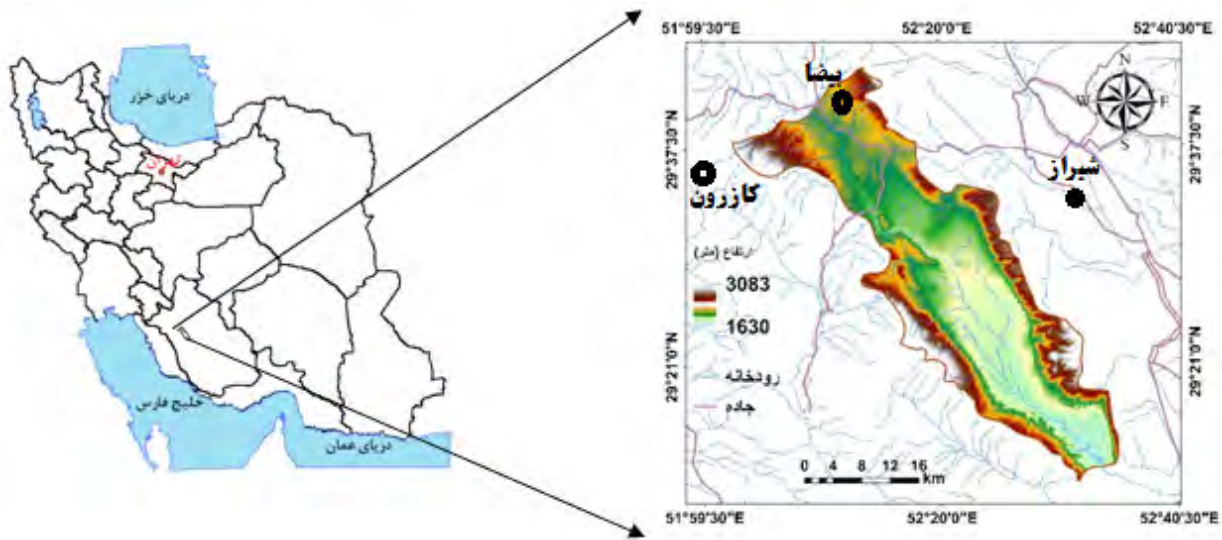
1- Keblawy

2- Park and Burt

3- Henderson et al.

4- Mini et al

5- Ali et al



نگاره ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه (مدل رقومی ارتفاع (DEM) با قدرت تفکیک ۳۰ متر)

از روش‌های زمین آمار می‌باشد، استفاده گردید. این روش یکی از تکنیک‌های متداول در زمین آمار به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی و درون‌یابی نقاط برداشت شده از منطقه در مکان می‌باشد.

در واقع به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی از نقاط اندازه‌گیری شده، فرض بر این است که تأثیر نقاط بر روی یکدیگر متفاوت است. به طوری که برای تعیین مناطق مجهول (اندازه‌گیری نشده)، نقاط نزدیک تأثیر بیشتری نسبت به نقاط دورتر در پیش‌بینی دارند. در واقع هر چه فاصله از مبدأ کاهش یابد تأثیر پارامتر مربوطه کمتر خواهد شد. به کمک معادله زیر در محیط ArcGIS می‌توان نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی به کمک داده‌های اندازه‌گیری شده (چاه‌ها) را تعیین نمود.

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n z(x_i) d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}} \quad (1)$$

که $z(x_0)$ مقدار تخمینی متغیر $z(x_i)$ مقدار نمونه اندازه‌گیری شده در نقطه x_i و d_{ij} فاصله نقاط نمونه تا نقطه مورد نظر و r ضریبی است که وزن را بر اساس فاصله تعیین می‌نماید.

بسیار غنی می‌باشد. با توجه به وجود اراضی کشاورزی بسیار در منطقه و همچنین اهمیت کیفیت آب آبیاری و نوع خاک از نظر هدایت الکتریکی بررسی ویژگی خاک و آب منطقه از نظر شوری مهم می‌باشد.

۳- مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل هدایت الکتریکی نمونه‌های آب و خاک تهیه شده از سازمان جهاد کشاورزی استان فارس (۱۳۹۲) می‌باشد. با توجه به اهمیت منطقه مورد مطالعه برای کشاورزی، این منطقه انتخاب شد. به کمک این نقاط نمونه که به صورت تصادفی انتخاب شده‌اند، در محیط ArcGIS نقشه‌های پهنه‌بندی هر یک از آن‌ها تهیه شد. سپس به کمک توابع عضویت داده‌های هدایت الکتریکی آب و خاک همگن و بین ۰ تا ۱ قرار گرفتند. در نهایت ارتباط میزان شوری آب و خاک با پستی و بلندی‌های حوضه بررسی شد که توضیحات مربوط به هر یک از این روش‌ها در ادامه آمده است:

۳-۱- درونیابی با استفاده از روش‌های زمین آمار

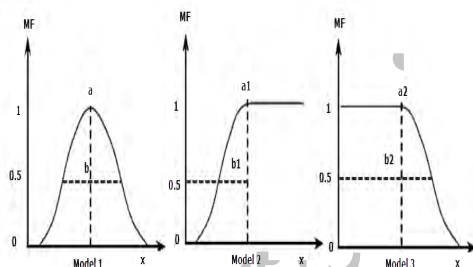
به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از روش میانگین عکس فاصله (IDW) که یکی

جدول ۱: استانداردهای کیفیت آب برای اندازه گیری شوری آب (کومار و همکاران، ۲۰۰۳)

EC (ds/m)	کیفیت	کلاس
$0.25 >$	خیلی خوب	کم
$0.75 - 0.25$	خوب	متوسط
$2.25 - 0.75$	متوسط	زیاد
$2.25 <$	نامناسب	خیلی زیاد

جدول ۲: استانداردهای کیفیت خاک برای اندازه گیری شوری خاک (مکرم و همکاران، ۲۰۱۰)

EC (ds/m)	کیفیت	کلاس
$8 >$	خیلی خوب	کم
$12 - 8$	خوب	متوسط
$16 - 12$	متوسط	زیاد
$16 <$	نامناسب	خیلی زیاد



نگاره ۲: تابع عضویت

۳-۳- طبقه بندی لندفرمها با استفاده از شاخص موقعیت توپوگرافی (TPI)

برای جداسازی لندفرمهای منطقه از مدل رقومی ارتفاع با رزولیشن ۳۰ متر استفاده شد. ۱۰ نوع لندفرم بر اساس TPI یا شاخص موقعیت توپوگرافی شناسایی شد. TPI طبق معادله شماره ۴ مقایسه ارتفاع هر سلول در یک مدل رقومی ارتفاعی با میانگین ارتفاع سلولها همسایه می باشد. در نهایت ارتفاع میانگین از مقدار ارتفاع در مرکز کم می شود.

۲-۳- روش فازی

تمام اطلاعات مربوط به یک مجموعه فازی به وسیله تابع عضویت آن توصیف و در تمام کاربردها و مسایل مربوط به تئوری مجموعههای فازی از آن استفاده می گردد (لطفی زاده، ۱۹۷۵). تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می کند و در واقع به تابعی که میزان درجه عضویت المانهای مختلف را به یک مجموعه نشان می دهد، تابع عضویت گویند (سانچز، ۲۰۰۷).
تابع عضویت در مدل فازی به صورت معادله ۲ تعریف می شود (مک براتنی و اوده، ۱۹۹۷).

(۲)

$$A = \{x, \mu_A(x) \text{ for each } x \in X \dots\}$$

μ_A تابع عضویتی است که درجه عضویت x را در مجموعه A تعریف می کند. مقداری که این تابع عضویتها اتخاذ می کنند بین ۰ تا ۱ است.

در این مطالعه با توجه به وجود انواع توابع عضویت، از تابع عضویت خطی طبق فرمول زیر برای هر یک از فاکتورهای مؤثر در کیفیت آب شرب استفاده شد (سجحا و همکاران، ۲۰۱۳). (نگاره ۲).

(۳)

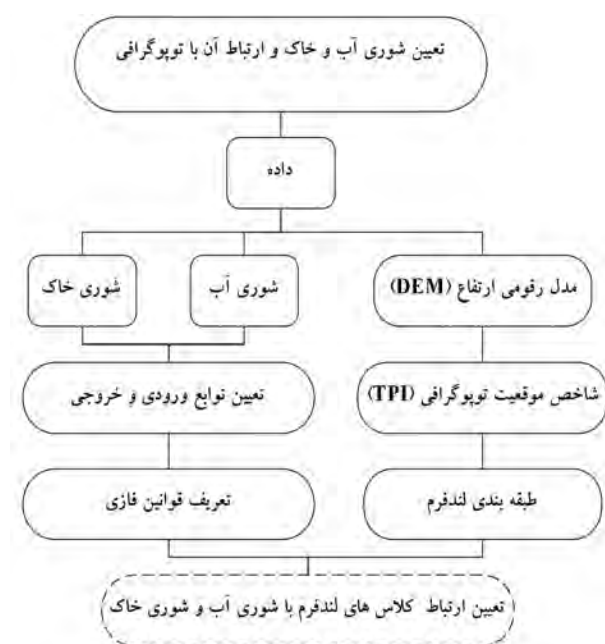
$$\mu_A(X) = f(x) = \begin{cases} 1 & x \leq a \\ b - x/b - a & a < x < b \\ 0 & x \geq b \end{cases}$$

به منظور تعریف قوانین فازی برای شوری آب و خاک طبق مطالعات انجام شده توسط کومار و همکاران^۱ در ۲۰۰۳ و مکرم و همکاران^۲ در ۲۰۱۰ به ترتیب از جداول ۱ و ۲ استفاده شد:

- 1- Zadeh
- 2- Sanchez
- 3- Mc Bratney and Odeh
- 4- Shobha et al
- 5- Kumar et al
- 6- Mokarram et al

بالاتر از نقاط اطراف قرار گرفته (تپه ها) و مقادیر منفی TPI نشان دهنده مناطقی است که پایین تر از اطرافشان هستند (دره ها). مقادیر صفر و نزدیک صفر نیز نشان دهنده مناطق مسطح (جایی که شیب نزدیک صفر است) یا مناطقی با شیب ثابت هستند.

مراحل مختلف بکار رفته در این مطالعه به طور خلاصه در نگاره ۳ نشان داده شده است.



نگاره ۳. مراحل مختلف تعیین هدایت الکتریکی در آب و خاک و ارتباط آن با لندفرم در منطقه مورد مطالعه

۴- یافته‌ها و بحث

۴-۱- درونیابی و تهیه نقشه پهنه‌بندی شوری

در این مطالعه به منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی از IDW استفاده شد. از ۴۰ نقطه نمونه آب (چاه) و ۷۰ نمونه خاک (پروفیل در ۱۰۰ سانتی متر اولیه خاک) (جهاد کشاورزی استان فارس، ۱۳۹۱) به منظور داده‌های ورودی مدل IDW استفاده شد. نقاط به صورت تصادفی انتخاب شدند. موقعیت نقاط در منطقه مورد مطالعه برای شوری آب و خاک به ترتیب در نگاره ۴ (الف) و ۴ (ب) نشان داده شده است. با توجه به نگاره ۴ مشخص می‌شود که پراکنش نقاط نمونه (چاه‌ها

$$TPI_i = Z_0 - \sum_{n=1}^n Z_n / n \quad (4)$$

در اینجا،

Z_0 = ارتفاع نقطه مدل تحت ارزیابی

Z_n = ارتفاع از شبکه

n = تعداد کل نقاط اطراف در نظر گرفته شده در ارزیابی

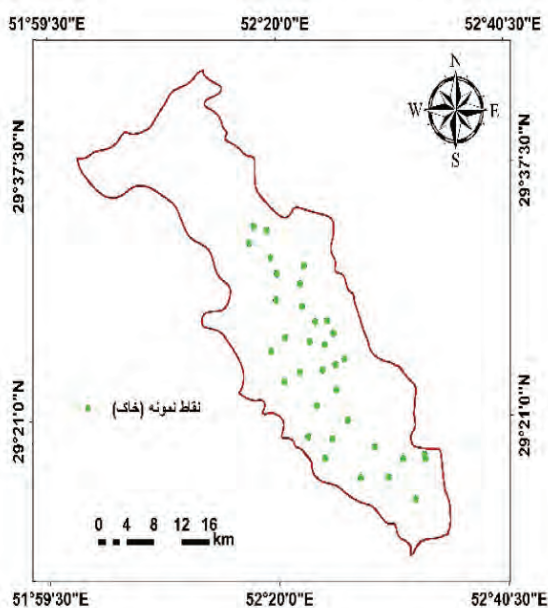
ترکیب TPI در مقیاس کوچک و بزرگ اجازه می‌دهد تا انواع اشکال ایجاد شود (جدول ۳).

جدول ۳: طبقه‌بندی انواع لندفرم‌ها بر اساس شاخص

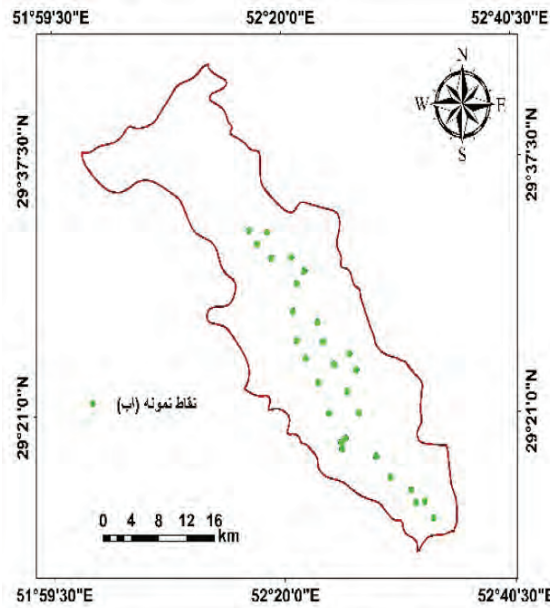
موقعیت توپوگرافی (Weiss 2006)

شماره طبقات	نوع لندفرم	مقادیر TPI
۱	دره‌ها و بریدگی‌های واقع بر ارتفاعات و دامنه‌ها	$TPI \leq -1$
۲	دره‌های آبراهه‌های میانی	$-1 < TPI < 1$
۳	زهکش‌های مرتفع	$TPI \geq 1$
۴	دره‌های U شکل	$TPI \leq -1$
۵	دشت‌های کوچک	$-1 < TPI < 1$, $Slope \leq 5^\circ$
۶	دشت سر	$-1 < TPI < 1$, $Slope > 5^\circ$
۷	فلات‌های بالایی (سطوح مسطح واقع بر ارتفاعات)	$TPI \geq 1$
۸	خط الرأس‌های مرتفع	$TPI \leq -1$
۹	تپه	$-1 < TPI < 1$
۱۰	خط الرأس‌های مرتفع، قله کوه	$TPI \geq 1$

برای طبقه‌بندی بهتر می‌توان در بین طبقات نیز طبقه‌بندی به صورت دستی انجام داد تا یک طبقه‌بندی بهینه برای چشم انداز منطقه مورد مطالعه داشته باشیم. شاخص موقعیت توپوگرافی، ارتفاع هر پیکسل در مدل رقومی ارتفاع را با پیکسل مشخص اطراف آن پیکسل مقایسه می‌کند. مقادیر مثبت TPI نشان دهنده مناطقی است که



ب



الف

نگاره ۴: موقعیت مکانی نقاط نمونه. (الف): آب و (ب): خاک

جدول ۴: ویژگی آماری شوری آب و خاک نقاط نمونه برداری شده منطقه مورد مطالعه

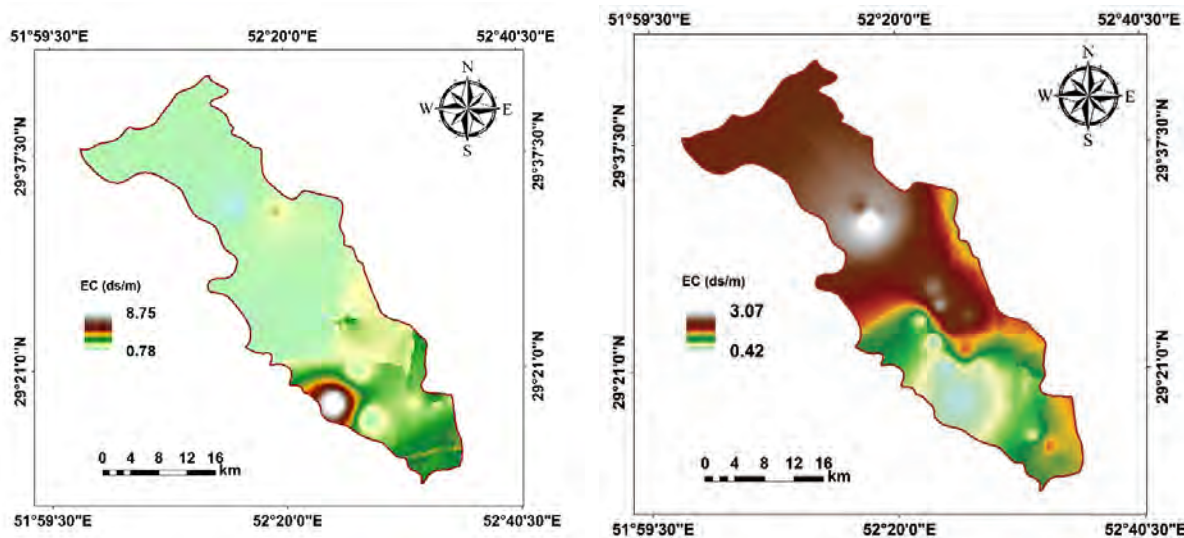
شوری آب (ds/m)	شوری خاک (ds/m)	پارامترهای آماری
۱۴/۴۸	۲۸/۲۵	حداکثر
۰/۰۱۶	۰/۷۸	حداقل
۳/۸۰	۳/۹۱	میانگین
۶/۱۳	۳/۸۲	انحراف معیار
۶/۵۴	۳/۰۹	کشیدگی

با توجه به نقشه پهنه‌بندی شوری تهیه شده برای نمونه‌های خاک منطقه مورد مطالعه مشخص می‌شود که بیشترین شوری خاک در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در حالی که مناطق شمال و مرکز منطقه مورد مطالعه دارای شوری خاک کمتری می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از شوری آب توسط روش IDW نشان داد که بیشترین شوری آب در شمال منطقه می‌باشد. در حالی که

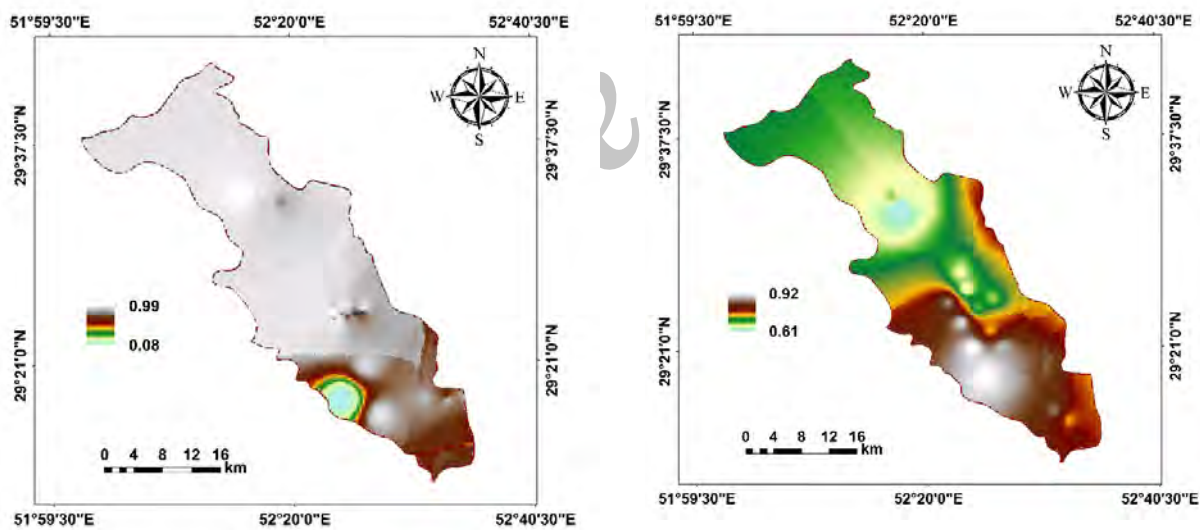
و پروفیل‌های خاک) در منطقه مورد مطالعه کاملاً تصادفی بوده و از نظم خاصی پیروی نمی‌کند. وجود ارتفاعات در قسمت‌های بالا دست حوضه باعث شده که در شمال منطقه مورد مطالعه نقاط نمونه وجود نداشته باشد.

ویژگی آماری هر یک از نقاط نمونه آب و خاک در جدول شماره ۴ ارائه شده است. با توجه به جدول ۴ مشخص می‌شود که بیشترین و کمترین مقدار شوری خاک از بین نمونه‌ها ۲۸/۲۵ و ۰/۷۸ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در حالیکه بیشترین و کمترین مقدار شوری آب در منطقه مورد مطالعه ۱۴/۴۸ و ۰/۰۱۶ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد. در واقع شوری خاک نسبت به شوری آب در بین نمونه‌های خاک بیشتر مشهود است.

نقشه‌های پهنه‌بندی شوری آب و خاک منطقه مورد مطالعه به ترتیب در نگاره ۵ (الف) و ۵ (ب) نشان داده شده‌اند. با توجه به نتایج درونیابی مشخص شد که کمترین و بیشترین مقادیر برای شوری آب به ترتیب ۰/۴۲ و ۳/۰۷ است در حالیکه برای شوری خاک به ترتیب ۰/۸۷ و ۸/۷۵ می‌باشد.



الف
 ب
 نگاره ۵: نقشه پهنه‌بندی شوری. (الف): آب و (ب): خاک



الف
 ب
 نگاره ۶: نقشه فازی شوری. (الف): آب و (ب): خاک

کمترین شوری آب در بخش‌هایی از جنوب منطقه مورد مطالعاتی دیده می‌شود.

نمودند. به طوری که برای آب با در نظر گرفتن مقدار صفر برای شوری بیشتر از ۲/۲۵ دسی زیمنس بر متر و عدد ۱ برای شوری‌های کمتر از ۰/۲۵ دسی زیمنس بر متر و همچنین در نظر گرفتن مقادیر بین صفر تا ۱ برای شوری‌های بین ۰/۲۵ تا ۲/۲۵ دسی زیمنس بر متر توابع عضویت طبق معادله ۳ تعریف شد. همچنین برای تعریف تابع عضویت برای شوری خاک طبق جدول ۲، مقدار صفر برای شوری

کمترین شوری آب در بخش‌هایی از جنوب منطقه مورد مطالعاتی دیده می‌شود.

۴-۲- روش فازی

با استفاده از استانداردهای کیفیت آب و خاک از نظر شوری، کومار و همکاران در ۲۰۰۳ و مکرم و همکاران در ۲۰۱۰ به ترتیب در جداول ۱ و ۲، قوانین فازی تعریف

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (پژ) / ۱۵۳
بررسی شوری آب و خاک و ارتباط آن با پستی و ...

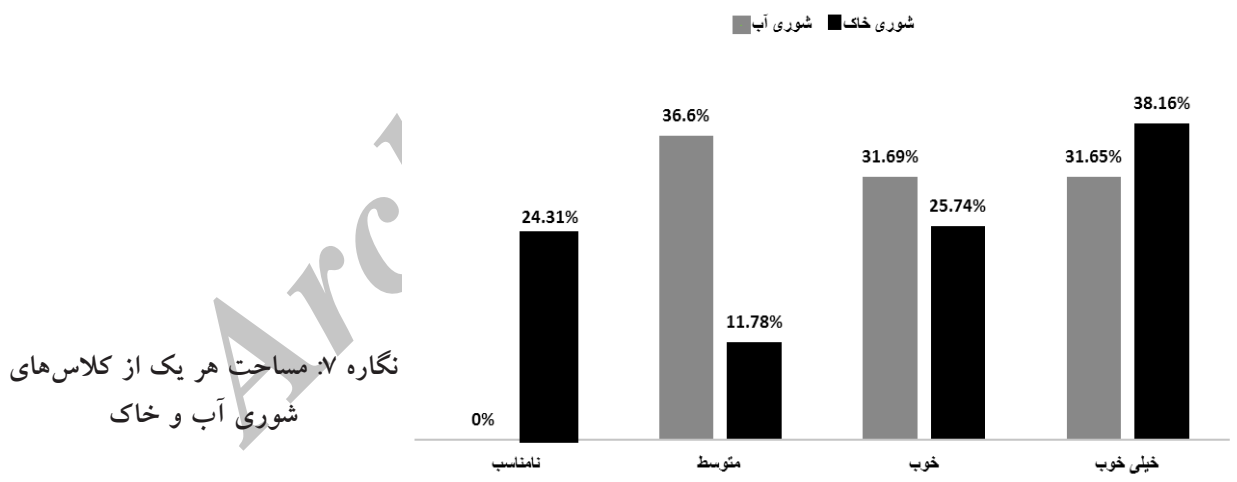
روش فازی، نقشه نهایی شوری در چهار کلاس طبقه بندی شد. مقادیر کمتر از ۰/۲۵، بین ۰/۲۵ تا ۰/۵، ۰/۵ تا ۰/۷۵ و بیشتر از ۰/۷۵ به ترتیب در کلاس‌های نامناسب، متوسط، خوب و خیلی خوب طبقه بندی شدند (Shobha et al., 2013; Mokarram et al., 2010). نتایج حاصل از این طبقه بندی در جدول ۵ و نگاره ۷ آمده است.

با استفاده از روش فازی برای شوری خاک مشخص شد که ۲۴/۳۱ درصد از منطقه در کلاس ضعیف (نامناسب)، ۱۱/۷۸ درصد در کلاس متوسط، ۲۵/۷۴ درصد در کلاس خوب و ۳۸/۱۶ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته اند. در حالی که برای شوری آب مشخص شد که ۳۶/۶ درصد در کلاس متوسط، ۳۱/۶۹ درصد در کلاس خوب و ۳۱/۶۵ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته اند.

بیشتر از ۱۶ دسی زیمنس بر متر و عدد ۱ برای شوری‌های کمتر از ۸ دسی زیمنس بر متر و در نظر گرفتن مقادیر بین صفر تا ۱ برای شوری‌های بین ۸ تا ۱۶ دسی زیمنس بر متر توابع عضویت طبق معادله ۳ تعریف شد. نقشه فازی تهیه شده برای شوری آب و خاک به ترتیب در نگاره ۶ (الف) و ۶ (ب) نشان داده شده است.

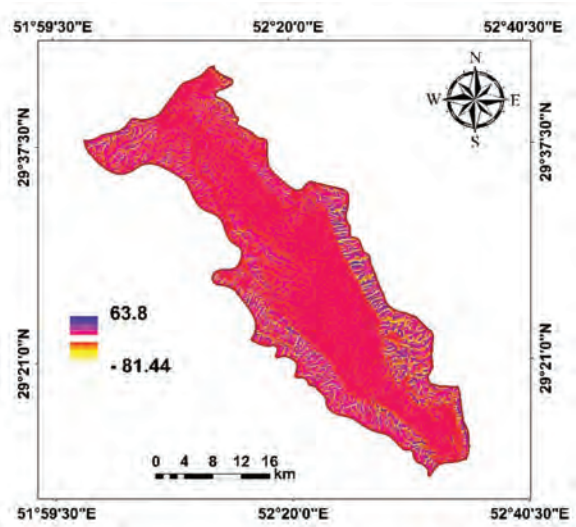
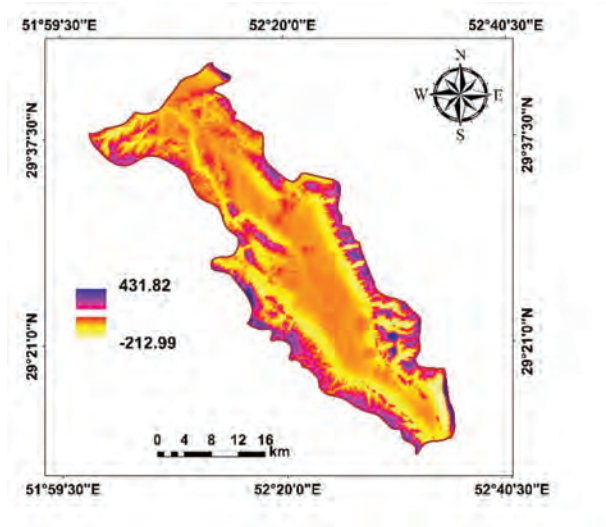
با توجه به نگاره ۶ مشخص می‌شود که مقادیر نقشه فازی آب منطقه مورد مطالعه بین ۰/۰۸ تا ۰/۹۹ می‌باشد که به جز قسمت خیلی کوچکی از منطقه مورد مطالعه واقع در جنوب شرقی، بقیه منطقه دارای آب شور می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از نقشه فازی شوری خاک منطقه مورد مطالعه نشان داد که مقادیر شوری خاک بین ۰/۶۱ تا ۰/۹۲ می‌باشد. در واقع خاک منطقه مورد مطالعه از شوری زیادی طبق جدول ۲ برخوردار است.

بعد از تهیه نقشه نهایی فازی شوری آب و خاک توسط



جدول ۵: مساحت مربوط به هر یک از کلاس‌های شوری آب و خاک

کلاس	مساحت (%)		مساحت (km ²)	
	شوری آب	شوری خاک	شوری آب	شوری خاک
نامناسب	۰/۰۰	۲۴/۳۱	۰/۱۱	۹۵۰/۲۳
متوسط	۳۶/۶۰	۱۱/۷۸	۱۴۳۰/۸۷	۴۶۰/۶۳
خوب	۳۱/۶۹	۲۵/۷۴	۱۲۳۸/۹۱	۱۰۰۶/۲۷
خیلی خوب	۳۱/۶۵	۳۸/۱۶	۱۲۳۷/۱۰	۱۴۹۱/۸۶

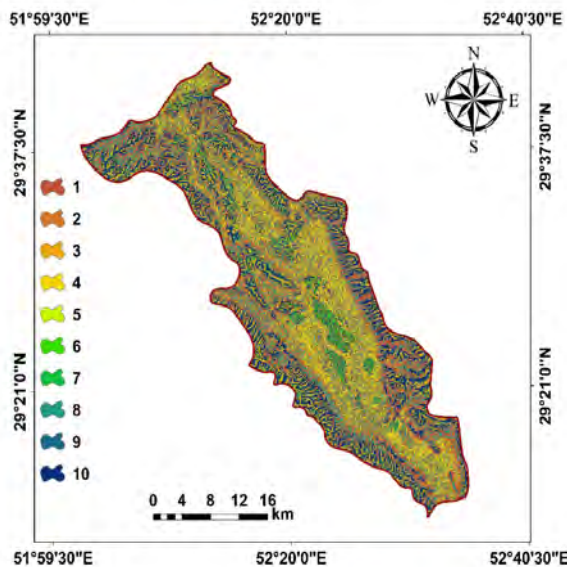


نگاره ۸: نقشه TPI منطقه مورد مطالعه. (الف): مقیاس کوچک (۵*۵)، (ب): مقیاس بزرگ (۴۵*۴۵).

۳-۴- طبقه بندی لندفرم‌ها

نتایج نشان می‌دهد که مقادیر TPI منطقه مورد مطالعه بین ۴۳۱/۸۲ تا ۲۱۲/۹۹- و برای مقیاس ۳*۳ و ۲۱۲/۹۹- تا ۴۳۱/۸۲ برای مقیاس ۴۵*۴۵ است (نگاره ۸). از TPI منطقه به منظور استخراج نقشه لندفرم منطقه مورد مطالعه استفاده شد.

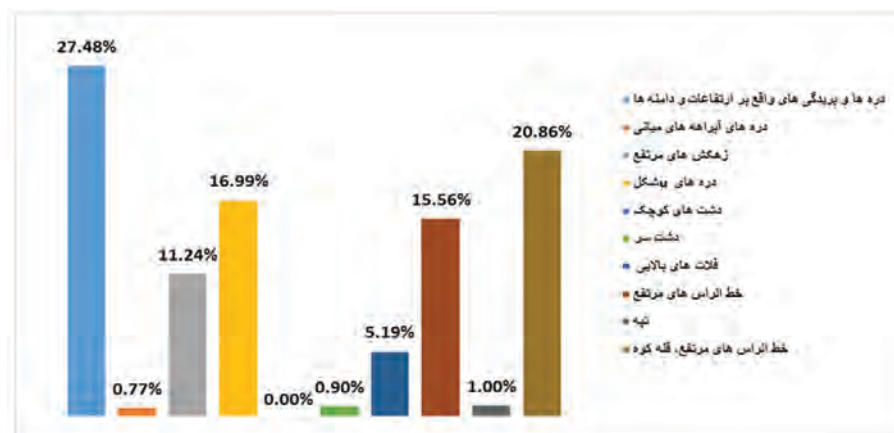
همانطور که در نگاره ۹ نشان داده شده است کدهای نزدیک ۱۰ نشان دهنده مناطق مرتفع مانند یال و تپه‌ها، کدهای نزدیک صفر نشان دهنده مناطق مسطح یا مناطقی با تغییرات شیب کم و کد منفی نشان دهنده مناطق پست مثل دره‌ها و آبراهه‌ها می‌باشد. هر کدام از لندفرم‌های طبقه‌بندی شده بخشی از منطقه را دربرمی‌گیرند که در نگاره ۹ نشان داده شده است.



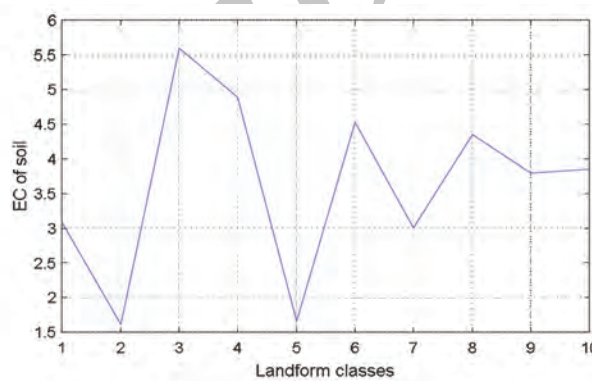
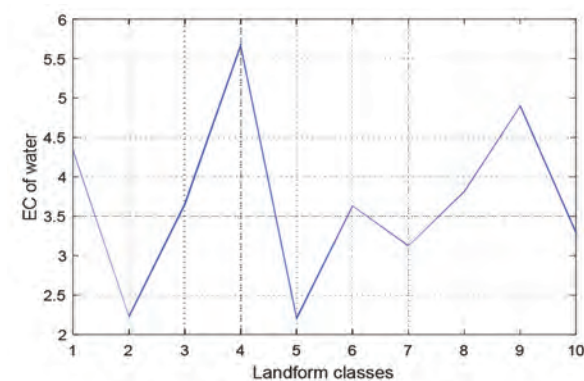
نگاره ۹: نقشه لندفرم منطقه مورد مطالعه

با توجه به نگاره ۹ مشخص می‌شود که ارتفاعات در اطراف حوضه آبخیز قرار گرفته‌اند و لندفرم‌های واقع در ارتفاعات کمتر در مرکز حوضه آبخیز واقع شده‌اند. با توجه به نگاره ۹ و ۱۰ مشخص می‌شود که بیشترین لندفرم در منطقه رودخانه (۲۷/۴۸) و کمترین مساحت مربوط به

مساحت مربوط به هر یک از طبقات لندفرم در نگاره ۱۰ نشان داده شده است. طبقات ۱ تا ۱۰ در نگاره ۹ به ترتیب نشان دهنده طبقات دره‌ها و بریدگی‌های واقع بر ارتفاعات و دامنه‌ها، دره‌های آبراهه‌های میانی، زهکش‌های مرتفع، دره‌های II شکل، دشت‌های کوچک، دشت سر، فلات‌های بالایی (سطوح مسطح واقع بر ارتفاعات)، خط‌الراس‌های مرتفع، تپه، خط‌الراس‌های مرتفع، قله کوه می‌باشد.



نگاره ۱۰: مساحت هر یک از طبقات لندفرم



نگاره ۱۱: ارتباط بین لندفرم و شوری آب در منطقه مورد مطالعه. (الف: آب، (ب): خاک

آن‌ها در محیط GIS نقشه فازی شوری آب و خاک تهیه شد (Aliabadi and Soltanifard, 2014). به منظور تهیه نقشه درونیابی شوری آب و خاک منطقه مورد مطالعه، از ۴۰ نمونه آب (چاه) و ۷۰ نمونه خاک (پروفیل در ۱۰۰ سانتی متر اولیه خاک) استفاده شد. سپس به کمک مدل IDW نقشه درونیابی شوری‌ها تهیه شد. علت انتخاب این مدل به منظور درونیابی شوری دقت بالای آن و RMSE کم این مدل نسبت به دیگر مدل‌ها مانند کریجینگ است. در این روش از درونیابی مقادیر در فاصله کمتر وزن بیشتری دریافت کرده و تأثیر بیشتری در پیش بینی مقادیر برای نقاط مجهول دارند. نتایج حاصل از درونیابی شوری آب و خاک نشان داد که کمترین و بیشترین مقادیر برای شوری آب به ترتیب ۰/۴۲ و ۳/۰۷ است در حالیکه برای شوری خاک به ترتیب ۰/۸۷ و ۸/۷۵ می‌باشد. بیشترین شوری خاک در جنوب غرب منطقه مورد مطالعه می‌باشد. در حالیکه بیشترین شوری آب در شمال

دشت‌ها (۰/۰) می‌باشد.

در پایان ارتباط بین نقشه لندفرم و نقشه شوری آب و خاک منطقه مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد که شوری آب در دره‌ها بسیار بالا است در حالیکه شوری خاک در زهکش‌های بالادست بیشترین مقدار را دارد. همچنین نتایج نشان داد که حداقل شوری خاک و آب در دشت‌ها واقع شده است. نتایج حاصل از مطالعات Ali و Moghanm در ۲۰۱۳ نیز نشان داد که کمترین مقدار شوری آب و خاک در دشت‌ها قرار دارد.

۵- نتیجه گیری

از آنجایی که تغییرات شوری آب و خاک در حوضه‌های آبخیز به صورت پیوسته در مکان تغییر می‌کند، در این مطالعه به منظور همگن کردن داده‌های شوری آب و خاک با استفاده از روش فازی (مقادیر بین ۰ تا ۱) نقشه‌های فازی

شوری آن‌ها در دشت‌ها باعث شده که این مناطق از شوری کمتری نسبت به سایر قسمت‌ها برخوردار باشند. در واقع به کمک نقشه‌های زمین شناسی (جنس سازند) و نقشه‌های لندفرم (پستی و بلندی‌های منطقه) می‌توان میزان شوری را تخمین زد. نتایج حاصل مربوط به حوضه آبخیز مورد مطالعه بوده و برای مناطقی که از نظر زمین شناسی و پستی و بلندی مشابه منطقه مورد مطالعه هستند قابل تعمیم است. اما برای مناطق با شوری بالا مانند گنبد‌های نمکی و یا مناطقی که فاقد شوری زیاد هستند نمی‌توان از این نتایج استفاده نمود.

منابع و مأخذ

۱. اژیرابی، کامکار، عبدی؛ رحیم، بهنام، امید؛ ۱۳۹۴. مقایسه شاخص‌های مختلف استخراج شده از تصاویر ماهواره لندست برای پهنه بندی شوری خاک در مزرعه نمونه ارتش گرگان. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، شماره ۱۱. ص ۱۷۳.
۲. حق وردی، ا. ۱۳۸۶. تخمین شوری پروفیل خاک در شبکه آبیاری و زهکشی دشت تبریز با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی و مدل کامپیوتری saltmod. پایان نامه کارشناسی ارشد. مهندسی کشاورزی-آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.
۳. محمدی، ج. ۱۳۸۷. مطالعه تغییرات مکانی شوری خاک در منطقه رامهرمز با استفاده از نظریه ژئو استاتستیک (کوکریجینگ). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۳، شماره ۱، صفحه ۶-۱.
۴. محمودی، جعفری، کریم زاده، رضایی؛ فرید، رضا، حمیدرضا، نفیسه ۱۳۹۴. پهنه‌بندی شوری خاک‌های منطقه جنوب شرق استان اصفهان با استفاده از داده‌های زمینی و سنجنده TM ماهواره ای. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، شماره ۷۱، صص ۳۱-۴۵.
۵. میرزایی، ع.ا.، حسن نیا، ر.د. ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، فازی-عصبی تطبیقی و منحنی سنجه شوری در برآورد شوری آب زیر زمینی (مطالعه موردی: اراضی پایاب سد حاجیلر). نشریه آبیاری و زهکشی

منطقه می‌باشد. به منظور همگن سازی شوری آب و خاک در منطقه مورد مطالعه و مقایسه آن با نوع لندفرم از روش فازی استفاده شد. در این روش همه مقادیر بین صفر تا ۱ قرار داده شدند. در واقع نقاط با شوری بیشتر عدد ۱ و نقاط بدون شوری عدد صفر را دریافت کردند. به منظور تعریف تابع عضویت و قرار دادن شوری آب و خاک بین صفر تا ۱ (همگن نمودن) از استانداردهای کیفیت آب استفاده شد. نتایج حاصل از روش فازی برای شوری خاک نشان داد که ۲۴/۳۱ درصد از منطقه در کلاس ضعیف (نامناسب)، ۱۱/۷۸ درصد در کلاس متوسط، ۲۵/۷۴ درصد در کلاس خوب و ۳۸/۱۶ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته‌اند. درحالی که برای شوری آب مشخص شد که ۳۶/۶ درصد در کلاس متوسط، ۳۱/۶۹ درصد در کلاس خوب و ۳۱/۶۵ درصد از منطقه در کلاس خیلی خوب قرار گرفته اند. در پایان ارتباط بین نقشه لندفرم و نقشه شوری آب و خاک منطقه مورد مطالعه تعیین شد. نتایج نشان داد که شوری آب در دره‌ها بسیار بالا است در حالیکه شوری خاک در زهکش‌های بالادست بیشترین مقدار را نشان داده است. همچنین نتایج نشان داد که حداقل شوری خاک و آب در دشت‌ها واقع شده است. بنابراین با تهیه نقشه لندفرم و نقشه‌های زمین شناسی منطقه و بدون اندازه‌گیری نقاط نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل داده‌ها به منظور تعیین میزان شوری آب و خاک، با صرف وقت و هزینه بسیار کمتر می‌توان به راحتی میزان شوری آب و خاک منطقه را در بخش‌های مختلف تعیین نمود. به این ترتیب که با داشتن نقشه DEM منطقه و تهیه نقشه لندفرم‌ها با استفاده از روش TPI می‌توان مناطقی را که در دشت‌ها قرار گرفته‌اند به عنوان مناطق با شوری کمتر و محل مناسب برای کشاورزی در نظر گرفت. در واقع نیازی به جمع‌آوری نقاط نمونه‌برداری و تجزیه و تحلیل آن‌ها در آزمایشگاه برای طبقه بندی منطقه در کلاس‌های شوری مختلف نیستیم. البته این نتایج مشابه مطالعات انجام شده توسط Ali و Moghanm در ۲۰۱۳ می‌باشد. در این مطالعه جنس سازندهای منطقه و عدم

"Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions". *Geoderma*, 77, PP. 85-113.

17. Meier A, Schindler G, Werro N (2008) Fuzzy classification on relational databases. In: Galindo M (ed) Handbook of research on fuzzy information processing in databases (Bd. II, S. 586-614). Information Science Reference, Hershey Oxford University Press, New York.

18. Mini, V., P.L. Patil and G.S. Dasog, 2007. A Remote Sensing Approach for Establishing the Soil Physiographic Relationship in the Coastal Agro Eco system of North Karnataka. *Karnataka J. Agric. Sci.*, 20(3): 524-530.

19. Mokarram M., K. Rangzan, A. Moezzi, J. Baninemeh. 2010. Land suitability evaluation for wheat cultivation by fuzzy theory approach as compared with parametric method. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 38, Part II.

20. Muhammetoglu A, Yardimci A, A Fuzzy Logic Approach to Assess Groundwater Pollution Levels Below Agricultural Fields. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2006; 118:337-354.

21. Park, S.J., T.P. Burt, 2002. Identification and characterization of pedo-geomorphological processes on a hillslope. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66: 1897-1910.

22. Sanchez, J.F. (2007). Applicability of knowledgebased and Fuzzy theory-oriented approaches to land suitability for upland rice and rubber. M.Sc. Thesis, ITC, the Netherland.

23. Sarangi A., Singh M., Bhattacharya A.K., and Singh A.K. 2006. Subsurface drainage performance study using SALTMOD and ANN models, *Agricultural Water Management*, 4: 240-248.

24. Shobha G., Jayavardhana Gubbi, Krishna SRaghavan, Lakshmikanth K Kaushik, M. Palaniswami. 2014. A novel fuzzy rule based system for assessment of groundwater potability: A case study in South India. *IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE)*. Volume 15, Issue 2 (Nov.-Dec. 2013), PP35-41.

25. Srinivasulu, A., Sujanirao, CH., Lakshmi, G.V., Satyanarayana, T.V., and Boonstra, J. 2004. Model studies on salt and water balances at Konanki pilot area, Andhra Pradesh, India. *Irrigation and Drainage systems.*, 18: 1-26.

26. Tsoukalas, L.H., and Uhrig, R.E., 1997, *Fuzzy and neural approaches in engineering*: New York, John Wiley and Sons, Inc., 587 p.

27. Zadeh LH. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control* 8, 338-353.

ایران. شماره ۱. جلد ۷. ص ۵۸-۴۹.

۶. نورزاده، م، هاشمی، م، ملکوتی، م.ج. ۱۳۹۰. پهنه‌بندی پیوسته هدایت الکتریکی - اسیدیته خاک بر اساس خوشه‌بندی فازی برای دشت قم. *نشریه علوم آب و خاک*. جلد ۱۵ شماره ۵۷ صفحات ۱۹۹-۲۰۷.

7. Ali El-Keblawy, Mahmoud Ali Abdelfattah, A. Khedr. 2015. Relationships between landforms, soil characteristics and dominant xerophytes in the hyper-arid northern United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments* 117 (2015) 28e36.

8. Ali M, Thiem VD, Park JK, Ochiai RL, Canh DG, Danovaro-Holliday MC, Kaljee LM, Clemens JD, Acosta CJ. Geographic analysis of vaccine uptake in a cluster randomized controlled trial in Hue, Vietnam. *Health and Place*. 2007;13:577-578.

9. Ali R.R. and, F.S. Moghanm. 2013. Variation of soil properties over the landforms around Idku lake, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences* (2013) 16, 91-101.

10. Ariffin J, Abdul Ghani A, Zakaria N and Shukri Yahya A, 2003. Sediment prediction regression approach. 1st International Conference on Managing rivers in the 21st. Burrough PA, McDonnell RA (1998) Principles of geographical information systems. *Spatial Information System and Geostatistics*.

11. Dahiya S. Analysis of groundwater quality using fuzzy synthetic evaluation. *Journal of Hazardous Materials*. 2007; (147): 938-946.

12. E. Bijanzadeh, M. Mokarram, R. Naderi. 2014. Applying Spatial Geostatistical Analysis Models for Evaluating Variability of Soil Properties in Eastern Shiraz, Iran. *Iran Agricultural Research*, Vol. 33, No. 2, 2014.

13. Henderson, B.L., E.N. Bui, C.J. Moran, D.A.P. Simon, 2005. Australia-wide predictions of soil properties using decision trees. *Geoderma*, 124: 383-398.

14. Kumar, A., Bohra, C., Singh, L.K., 2003. *Environment, Pollution and Management*. APH Publishing, 2003 - Environmental management - 604 pages. ISBN: 81-7648-419-9.

15. Madyaka, M. 2008. Spatial modeling and prediction of soil salinization using SaltMod in a GIS environment. *J. ITC.*, thesis in Geoinformation science and earth observation.

16. McBratney, A. B., Odeh, I. O. A. (1997).