پهنه‌بندی شوری خاک به‌منظور کاربری محیطی فضای سبز
با استفاده از تکنیک AHP و اصول زمین‌آماری (در جزیره کیش)

محسن باقری بداغ‌آبادی[*]، عباس امینی فسخودی[**] و عیسی اسفندیارپور[***]

[*] کارشناس ارشد خاکشناسی و کارشناس GIS دانشگاه صنعتی اصفهان

[**] دانشجوی دکتری برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه اصفهان

[***] گروه خاکشناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان

چکیده

انعطاف‌پذیری و تطابق بیشتر روش مورد استفاده با اهداف مطالعه - بویژه در مطالعات محیطی - با نزدیکتر ساختن نتایج مطالعه به واقعیت‌ها، تصمیم‌سازی و برنامه‌ریزی برای مدیریت محیط را منطقی‌تر خواهد ساخت. مقاله حاضر حاصل مطالعه‌ای است که با هدف برآورد و پهنه‌بندی بهینه شوری خاک جهت برنامه‌ریزی و طراحی فضای سبز در جزیره کیش انجام گرفته است. برای این منظور با انجام عملیات میدانی و مطالعات آزمایشگاهی داده‌های اولیه بدست آمد و با پردازش‌های لازم برروی آنها به‌کمک تکنیک AHP و روش‌های برنامه‌ریزی خطی، برای تجزیه و تحلیل نهایی آماده گردید. در این راستا به‌منظور تعیین ضرایب وزنی مناسب برای شوری لایه‌های مختلف عمقی خاک با توجه به هدف مطالعه و محاسبه شوری نهایی در هر پروفیل نمونه، با استفاده از مدل‌های خطی برنامه‌ریزی اولویت‌بندی[1]، روشی وزنی معرفی و با نشان‌دادن برتری آن نسبت به روش معمول (فائو)، مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه با بکارگیری دو روش درون‌یابی ساده و تخمین‌گر زمین‌آماری کریجینگ[2] و با استفاده از نرم‌افزار ILWIS اقدام به تهیه نقشه‌های پیوسته پراکنش شوری خاک گردید. پس از پهنه‌بندی مجدد نقشه‌ها، با استفاده از تکنیک روی‌هم‌اندازی و محاسبه ماتریس خطا (ماتریس درهمی[3])، دو روش فوق مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده همخوانی بسیار بالایی بین دو نقشه در حدود ۹۰ درصد بود. بر این اساس، باوجود برتری اثبات‌شده کریجینگ، با توجه به سهولت کاربرد و انعطاف‌پذیری قابل قبول درون‌یابی ساده در مقایسه با کریجینگ برای توصیف فرآیندهای طبیعی، در

1- preference programming
2- kriging
3 - Confusion matrix

شرایطی با یکنواختی نسبی متغیرهای مکانی از دقت و صحت قابل قبولی برخوردار بوده و کارایی مناسبی دارد. در نهایت پهنه‌بندی‌های صورت گرفته به‌کمک هر دو روش فوق نیز حاکی از محدودیت ناچیز شوری در اکثر خاک‌های منطقه مورد مطالعه برای کاربری فضای سبز بود.

واژه‌های کلیدی: پهنه‌بندی، شوری، فضای سبز، AHP، برنامه‌ریزی اولویت‌بندی، درون‌یابی ساده، کریجینگ و GIS.

مقدمه

شوری خاک به‌عنوان یک عامل محدودکننده به‌طور مستقیم روی رشد گیاهان تاثیر می‌گذارد. به همین دلیل در علوم کشاورزی و منابع طبیعی همواره مورد توجه قرار گرفته و پژوهش‌های فراوانی را به خود اختصاص داده‌است که در این بین تهیه نقشه شوری خاک و یا به‌عبارت دیگر برآورد شوری خاک در نقاط نمونه‌برداری‌نشده (نقاط نامعلوم) اهمیت وجایگاه ویژه‌ای دارد. در علوم خاک نیز متغیر شوری، به‌طور مستقیم در بیشتر سیستم‌های طبقه‌بندی و ارزیابی خاک و اراضی وارد شده‌است. بنابراین داشتن اطلاعات دقیق و درست دربرآورد شوری و تعیین روند تغییرات آن می‌تواند کمک شایانی به فرآیند تصمیم‌سازی و مدیریت اراضی بنماید. با توجه به اینکه شوری خاک با عمق تغییر می‌کند، هر چه روشی بتواند برآورد بهتری از شوری با توجه به عمق به‌دست دهد کاراتر و مناسب‌تر خواهد بود. در بیشتر روش‌ها، تنها عمق معینی از خاک در نظر گرفته می‌شود (معمولاً لایه سطحی خاک) و به روند تغییرات شوری در عمق خاک، توجه خاصی نمی‌شود، در حالیکه این امر بویژه در کشت گیاهانی که دارای رشد ریشه عمقی هستند، اهمیت بسزایی دارد. در این بین روش فائو یکی از معمول‌ترین روش‌ها می‌باشد که تغییرات عمقی شوری را در نظر گرفته و در آن شوری اعماق ۰ تا ۵۰ سانتی‌متر، ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر و ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر با هم ادغام می‌شود تا شوری نهایی در هر پروفیل یا نیمرخ خاک به‌دست آید. برای نمونه، جایی‌که هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC) در عمق‌های ۰ تا ۵۰ و ۵۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر کمتر از ٤ دسی‌زیمنس بر متر و برای عمق ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر کمتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر باشد، شوری نهایی در کلاس S0 و یا بدون محدودیت شوری قرار می‌گیرد (ISWRT, 1979). این روش بسیار ساده و کاربردی است ولی هر نقطه تنها در یک طبقه قرار می‌گیرد و به این ترتیب، داده‌های کمی نتایجی کیفی (طبقات تعریف‌شده شوری) فرو کاسته شده و از این‌رو در تجزیه و تحلیل فرآیندهای طبیعی دارای ضعف بوده و از انعطاف‌پذیری کمی برخوردارمی‌باشد.

مطالعه حاضر در پی برآورد مقادیر شوری خاک و پهنه‌بندی آن برای برنامه‌ریزی و مدیریت فضای سبز در جزیره کیش می‌باشد. بر اساس این هدف، روشی با الهام از روش‌های چندمعیاره و مدل‌های خطی تصمیم‌گیری برای پردازش داده‌ها معرفی و با نشان دادن برتری آن نسبت به روش معمول فائو (برای هدف مورد نظر در این مطالعه)، مورد استفاده قرار خواهد گرفت. برای تهیه نقشه‌های پراکنش شوری نیز دو روش درون‌یابی ساده و تخمین‌گر زمین‌آماری کریجینگ مورد استفاده قرار گرفته و با انجام عملیات روی‌هم‌اندازی به مقایسه آنها و در نهایت نتیجه‌گیری کلی مبادرت خواهد شد.

۲- پیشینه تحقیق

در استرالیا برای تهیه نقشه شوری روش‌های گوناگونی

ارایه شده‌است که هر روش با توجه به هدف، دقت، مقیاس و نیز میزان هزینه‌ها، مزایا و معایبی دارد. در این روش‌ها با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، امواج رادار و غیره نقشه‌های شوری تهیه می‌شود. در این روش‌ها می‌توان یک طبقه‌بندی گسسته و یا پیوسته را با توجه به روند کار به‌دست آورد (Spies, 2004).

بلا و همکاران نیز در مطالعه‌ای که در حوضه رودخانه Alligator در شمال استرالیا جهت بررسی روش‌های مناسب جلوگیری از نفوذ آب‌های شور به آب‌های شیرین و نیز تأثیر آن بر حاصلخیزی و بهره‌وری اراضی کشاورزی انجام دادند از روشی موسوم به APSAR (قطبش‌سنجی هوایی با استفاده از رادار) برای تهیه نقشه شوری خاک استفاده کردند (Bella et al, 2001).

گرچه روش‌های نوین متعددی مانند استفاده از امواج رادار، تصاویر ماهواره‌ای و غیره برای برآورد پراکنش شوری خاک توسعه یافته‌است، لکن به‌دلیل محدودیت‌های فنی، مالی، زمانی و ... بکارگیری آنها همیشه مقدور نیست. بنابراین در مطالعات معطوف به تصمیم‌گیری و مدیریت محیط بایستی روشی را برگزید که بیشترین کارایی و انعطاف را بر اساس داده‌های موجود (داده‌های حاصل از مطالعات عمومی خاکشناسی، نمونه‌برداری‌های صحرایی و . . .) دارا باشد.

محمدی (۱۳۸۱) با استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی اقدام به طبقه‌بندی و ارزیابی شوری خاک منطقه رامهرمز خوزستان نمود. نتایج به‌دست‌آمده در این روش برخلاف روش‌های معمول طبقه‌بندی که تنها چند طبقه را مشخص می‌کند، یک طبقه‌بندی پیوسته که دارای تغییرات تدریجی است را ارایه می‌نماید. بنابراین نتایج همچنان به صورت کمی می‌باشد و کاربران را در تصمیم‌گیری و مسایل مدیریتی بیشتر یاری می‌کند و در نتیجه دارای کارایی مناسبی است. اما از مشکلات کاربردی این روش نیز می‌توان به انتخاب تابع عضویت و تعیین حدود منطقه انتقالی اشاره نمود.

روش‌های زمین‌آماری مانند کریجینگ، به دلیل اینکه بهترین برآورد ناااریب خطی را برای تعیین مقادیر مجهول در مناطق نمونه‌برداری‌نشده بدست می‌دهد، در مطالعات خاکشناسی بسیار استفاده شده‌است (Odeh et al, 1995). حاج‌رسولیها و همکاران (۱۹۸۰) مقایسه‌ای بین روش‌های آمار کلاسیک و زمین‌آمار برای مطالعات شوری در مزارع نیشکر هفت‌تپه خوزستان انجام دادند. بر اساس نتایج حاصل، وابستگی فضایی ساختار تغییرپذیری‌ها که به‌طور طبیعی در برخی مزارع وجود دارد، امکان استفاده از روش‌های زمین‌آماری را فراهم می‌کند و در نتیجه برآورد بهتر و دقیق‌تری از مقدار شوری را بدست می‌دهد. ولی برای مقادیر شوری مشاهده‌شده که دارای وابستگی فضایی نبودند از آمار کلاسیک استفاده شد.

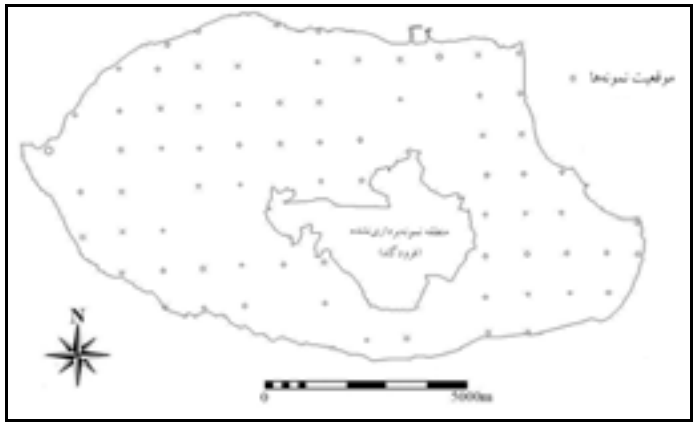
تریانتافیلیس[1] و همکاران (۲۰۰۱) نیز با مقایسه پنج روش زمین‌آماری برای برآورد شوری، دریافتند روش کریجینگ رگرسیونی برآورد بهتری را نسبت به روش‌های کریجینگ معمولی[2]، کریجینگ سه‌بعدی[3] و کوکریجینگ[4] بدست می‌دهد ولی در پایان به بررسی و در نظر گرفتن سود و هزینه‌ها برای انتخاب روش مورد استفاده تأکید نمودند.

۳- مواد و روش‌ها

۳- ۱- معرفی منطقه

جزیره کیش یکی از جزایر ایرانی خلیج فارس است که با مساحت ۹۰/٤٥٧ کیلومتر مربع و ارتفاع نسبی ۳۲

1- Teriantafilis
2 -Ordinary Kriging (OK_1 و OK_2)
3 - three-dimensional kriging: 3-DK
4 - Co-Kriging



شکل ۱- نقشه جزیره کیش و موقعیت نمونه‌های برداشت‌شده

متر از سطح دریا، در عرض شمالی ۲٦ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۲٦ درجه و ۳٤ دقیقه و طول شرقی ۵۳ درجه و ۵۳ دقیقه تا ۵٤ درجه و ٤ دقیقه قرار گرفته‌است. میانگین‌های بارندگی و درجه حرارت سالانه به‌ترتیب ۲۰۳/۵۵ میلی‌متر و ۲٦/۷ درجه سانتی‌گراد، رژیم رطوبتی خاک اریدیک ضعیف[1] و رژیم حرارتی آن نیز هایپرترمیک[2] می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس طبقه‌بندی دومارتن، بیابانی گرم با علامت $A_{1.2}m_4$ می‌باشد. مواد مادری جزیره از جنس مرجان‌های آهکی و مارن‌های گچی است (باقری، ۱۳۸۱).

۳- ۲- روند مطالعه

نخست به‌منظور انجام مطالعات میدانی و نمونه‌برداری، پس از تفسیر مقدماتی عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس ۱/۱۰۰۰۰ و جداسازی واحدهای مقدماتی خاک، محل حفر نیمرخ‌های خاک به روش شبکه‌بندی تعیین گردید. استفاده از روش‌های نظام‌دار برای نمونه‌برداری، بویژه هنگامی‌که هدف تخمین مقدار متغیر (در اینجا شوری) با استفاده از روش‌های زمین‌آماری است، چون منجر به خطای تخمین همگن‌تر می‌گردد، ترجیح داده می‌شود (Webster & Oliver, 2000). همچنین در این حالت بررسی روند تغییرات ساده‌تر و امکان‌پذیرتر می‌باشد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). جداسازی واحدهای مقدماتی خاک از این نظر مفید و سودمند است که می‌توان با توجه به آن شبکه‌بندی جهت نمونه‌برداری را به‌گونه‌ای طراحی کرد که در واحدهای مختلف حداقل یک نقطه مشاهداتی برای بازدید و نمونه‌برداری قرار بگیرد. بعلاوه توجه به پوشش گیاهی منطقه در تجزیه وتحلیل‌ها و نتیجه‌گیری نهایی، دلیل دیگری برای جداسازی واحدهای مقدماتی خاک می‌باشد، چون پوشش گیاهی یکی از معیارهای تفسیر و جداسازی واحدهای مقدماتی خاک به‌شمار می‌رود. بنابراین پس از حفر و تشریح نیمرخ‌ها، از تمام افق‌ها و لایه‌های جداشده حدود ۲۵۰ نمونه از ۷٤ نیمرخ خاک تشریح شده برداشت شد.

شکل ۱ موقعیت منطقه و نمونه‌های برداشت‌شده را نشان می‌دهد. در ناحیه مرکزی جزیره به‌علت برخورداری از موقعیت استراتژیک (محل فرودگاه) نمونه‌برداری صورت نگرفت.

مطالعات آزمایشگاهی با ارسال نمونه‌ها به آزمایشگاه گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی لازم بر اساس روش‌های

1 - Weak Aridic
2 - Hyperthermic

استاندارد انجام گرفت. داده‌ها و نتایج به‌دست‌آمده پس از پردازش‌های اولیه، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شایان ذکر است که همراه با نمونه‌برداری‌ها، پوشش گیاهی و میزان نسبی آن نیز به‌عنوان یک شاخص صوری از شوری (با توجه به اینکه دیگر خصوصیات منطقه تأثیر کمتری بر پوشش گیاهی دارند) جهت ارزیابی‌های ضمنی و مقدماتی مورد بررسی قرار گرفت.

۳- ۳- پردازش داده‌ها[1]

همانگونه که قبلاً اشاره شد، برای هرکدام از ۷٤ پروفیل مورد مطالعه چندین مقدار شوری برای لایه‌های مختلف عمقی محاسبه شد. با در نظر گرفتن هر پروفیل بعنوان یک نقطه برای تصمیم‌گیری و برآورد شوری نقاط نمونه‌برداری نشده دیگر، لازم است تا مقادیر شوری لایه‌های مختلف هر پروفیل به گونه‌ای که هدف مطالعه برآورده شود، با یکدیگر ترکیب شده و در پایان مقدار واحدی بدست آید. در مقاله حاضر با توجه به هدف مطالعه (ارزیابی شوری برای مدیریت فضای سبز)، روش معمول و مرسوم برای ارزیابی و تهیه نقشه شوری (روش فائو) مناسب تشخیص داده نشد و به جای آن روشی پیشنهادی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه برای روشن‌تر شدن کاستی روش مرسوم و برتری روش پیشنهادی برای این مطالعه، به معرفی اجمالی آنها خواهیم پرداخت.

۳- ۳- ۱- روش معمول (روش فائو)

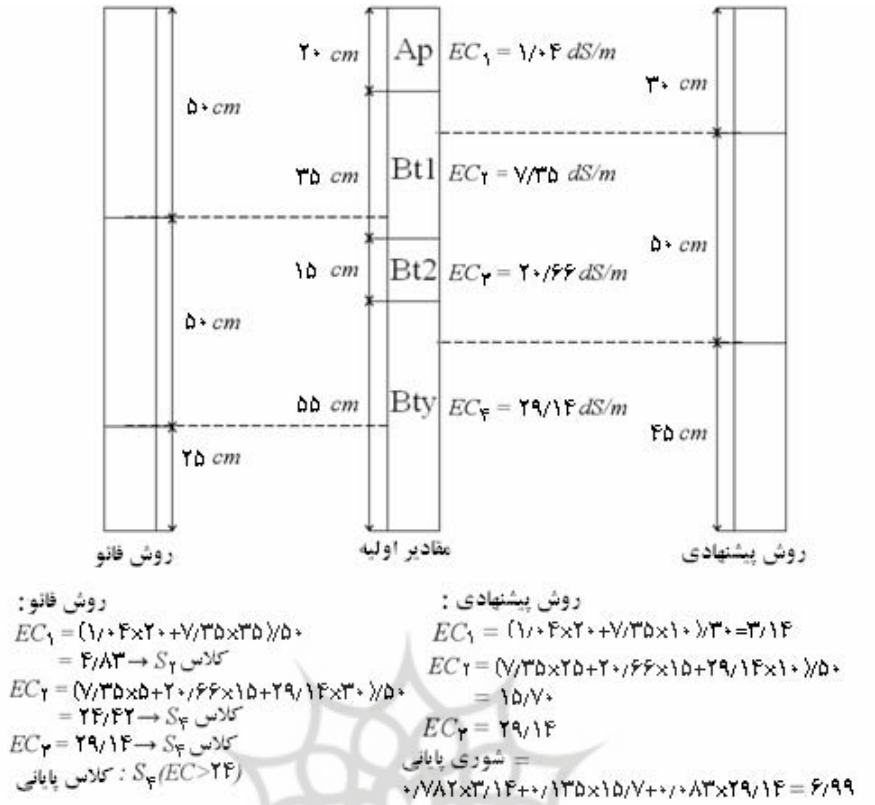
این روش در محاسبه شوری، برای همه لایه‌ها وزن یکسان در نظر می‌گیرد و مقدار شوری برای لایه‌بندی‌های ۰-۵۰ سانتی‌متر ، ۵۰-۱۰۰ سانتی‌متر و ۱۵۰ – ۱۰۰ سانتی‌متر تعیین می‌گردد. سپس بر اساس نوعی وزن‌دهی کیفی و تدریجی و مهم‌تر دانستن لایه‌های بالاتر، کلاس‌ها یا طبقات شوری بدست‌آمده برای سه لایه ذکرشده با هم ادغام و طبقه شوری پایانی خاک به صورت کیفی تعیین می‌گردد (ISWRT, 1979).

چون پایه و اساس تهیه نقشه شوری در این روش نقشه خاک است و هیچگونه تجزیه و تحلیل آماری که نشان‌دهنده وجود تفاوت معنی‌دار بین واحدهای گوناگون نقشه باشد انجام نمی‌شود، حدود اطمینان واحدهای جداشده نامشخص خواهد بود. همچنین در این روش از داده‌هایی کمی، نقشه‌ای کیفی تهیه می‌گردد که تنها طبقات شوری را نشان می‌دهد. این موضوع در دنیای علمی امروزی چندان خوشایند نمی‌باشد که داده‌های کمی را به داده‌هایی کیفی تبدیل کنیم. از طرفی در نقشه‌ای که با این روش بدست می‌آید برآورد شوری به معنی واقعی آن، یعنی برآورد شوری در نقاط نمونه‌برداری‌نشده یا نامعلوم و با درنظر داشتن نمونه‌های معلوم موجود بر اساس روابط و محاسبات ریاضی و منطقی، انجام نمی‌گیرد و تنها با توجه به اینکه نقطه نمونه‌برداری‌نشده در چه واحدی قرار می‌گیرد، کلاس یا طبقه شوری واحد مربوطه به نمونه مورد نظر نسبت داده می‌شود.

بنابراین برآورد شوری و نیز روند تغییرات آن محدود به مرز واحدها یا طبقات جداشده می‌باشد. به‌عبارت دیگر دریک واحد جداشده، کلاس شوری در تمام واحد یکسان و ثابت در نظر گرفته می‌شود. البته گاه در شرح یا توصیف هر واحد، دامنه تغییرات شوری نیز بیان می‌شود ولی باز هم چگونگی، روند ویا جهت تغییرات مشخص نمی‌باشد.

بنابر دلایل ذکرشده، در مطالعه حاضر مقایسه‌ای بین

1 - Data Processing



شکل۲- مقادیر اولیه و بازسازی شده عمق و شوری‌های معادل در دو روش فائو و پیشنهادی برای یک پروفیل نمونه

نقشه بدست‌آمده از این روش و روش‌های مورد استفاده مطالعه صورت نگرفت، ولی به‌صورت نقطه‌ای مقایسه‌ای بین شوری بدست‌آمده از این روش با روش وزنی پیشنهادی انجام شد. این مقایسه همانگونه که خواهیم دید به خوبی کاستی روش فائو برای هدف این مطالعه یعنی کاربری فضای سبز را نشان می‌دهد.

۳- ۳- ۲- روش وزنی پیشنهادی (استفاده از مدل‌های خطی تصمیم‌گیری)

برای کاربری خاص موردنظر در مطالعه حاضر، مطالعه شوری در لایه‌های سطحی از اهمیت بیشتری برخوردار است. بنابراین عمق‌های مختلف مورد مطالعه در نیمرخ‌های خاک‌های برداشت‌شده، بر اساس مبانی نظری مربوط به ویژگی گیاهان کشت شده (گیاهان چمنی، گیاهان بوته‌ای و درختچه‌ای و درختان) برای فضای سبز و به‌کمک تجزیه کلاستر به سه گروه «از ۰ تا ۳۰»، «از ۳۰ تا ۸۰» و «بیش از ۸۰ سانتی‌متر» طبقه‌بندی شد تا با لحاظ نمودن درجات متفاوت اهمیت شوری در هرکدام از این طبقات، مقدار آن در هر نیمرخ خاک را به‌دست آوریم.

بنابراین در مرحله اول، چون نمونه‌های برداشت‌شده دقیقاً در این عمق‌ها نبودند، مقدار شوری در هرکدام از این لایه‌ها بازسازی شد. برای مثال در نیمرخ خاکی به عمق کلی ۱۲۵ سانتی‌متر که در فواصل عمقی ۰ تا۲۰، ۲۰ تا ۵۵، ۵۵ تا ۷۰ و ۷۰ تا ۱۲۵ سانتی‌متری آن، نمونه‌های برداشت‌شده به‌ترتیب دارای شوری‌هایی معادل ۱/۰٤، ۷/۳۵، ۲۰/٦٦ و ۲۹/۱٤ دسی‌زیمنس بر متر باشند، مقدار شوری در لایه‌های عمقی بازسازی‌شده فوق و همچنین در سه لایه روش معمول فائو در شکل(۲) محاسبه و نشان

داده‌شده‌است.

در ادامه به‌منظور تعیین درجه اهمیت و وزن عددی شوری خاک در هرکدام از لایه‌های سه‌گانه فوق (در واقع بردار اوزان $W=(w_1,w_2,w_3)^T$)، مدلی ریاضی با الهام از روش‌های برنامه‌ریزی خطی مورد استفاده قرار گرفت. متغیرهای تصمیم در این مدل همان مؤلفه‌های بردار اوزانِ W بوده و پارامترهای مدل برای برآورد این اوزان نیز به کمک فن AHP، از طریق مقایسه‌های دوبدوی شوری عمق‌های مختلف هر پروفیل برای هدف مطالعه و با مراجعه به نظرات کارشناسی متخصصین موضوع بدست آمده‌اند. بطور کلی مدل فوق از جمله روش‌های برنامه‌ریزی اولویت‌بندی[1] بوده و تابع هدف آن می‌تواند به طرق مختلفی فرموله گردد (امینی فسخودی و ملاقاسمی، ۱۳۸۳).

در تکنیک AHP2 مسأله تصمیم‌گیری از طریق تشکیل درخت سلسله‌مراتب تصمیم حل می‌شود و در آن آلترناتیوها یا گزینه‌هایی که هدف تصمیم‌گیری در نهایت تعیین اهمیت نسبی آنها بصورت وزن‌های عددی می‌باشد، با همدیگر رقابت کرده و بصورت دوبه دو مورد مقایسه قرار می‌گیرند. در این تکنیک کارشناسان و افراد خبره قضاوت‌های مقایسه‌ای زوجی ساده‌ای را از طریق سلسله‌مراتب ایجاد شده تا رسیدن به اولویت‌هایی برای تمامی گزینه‌ها انجام می‌دهند (امینی فسخودی، ۱۳۸۱). به این ترتیب با خرد کردن مسأله و روند مقایسات زوجی، دقت و صحت تصمیم نیز بیشتر می‌شود (Kirti, 2001). به این اعتبار گفته می‌شود که فرآیند AHP مستلزم مقایسات زوجی بین گزینه‌ها بوده و این مقایسات نیز در قالب ماتریس‌های مقایسات زوجی و بر اساس طیف ۹ قسمتی ساعتی در فن AHP که توسط خود پرفسر ساعتی (مبدع عراقی‌الاصل آن) ارایه شده است، صورت می‌گیرد.

برای این منظور، به‌کمک تکنیک فوق نظرات و قضاوت‌های افراد خبره[3] در رشته‌های زراعت، خاکشناسی، باغبانی و منابع طبیعی در قالب ماتریس‌های مقایسات زوجی[4] $\{(a_{ijk} \mid i,j=1,2,...,n \; ; \; k=1,2,...,k)\}$ که در آن n تعداد گزینه‌های مورد مقایسه (و در اینجا معادل ۳) و k تعداد افراد خبره (در اینجا ۱۲ نفر) می‌باشد}، جمع‌آوری شد. k نشان‌دهنده هر فرد تصمیم‌گیرنده و a_{ij} بیانگر میزان ارجحیت یا اهمیت گزینه iام در مقایسه با گزینه jام به لحاظ موضوع مورد مقایسه می‌باشد. مسأله اولویت‌بندی و وزن‌دهی گروهی در نهایت یافتن بردار $W=(w_1,w_2,w_3)^T$ از اولویت‌ها یا وزن‌های گروهی است، بطوری‌که نسبت‌های $\frac{w_i}{w_j}$ بطور تقریبی نزدیک به قضاوت‌های اولیه (a_{ij}) باشند. به این ترتیب یافتن بردار اولویت‌ها یا وزن‌های نهایی در واقع فرموله کردن و حل مدلی برای کمینه کردن اختلاف بین a_{ij}ها و $\frac{w_i}{w_j}$ها است که منشأ آن ناسازگاری ماتریس‌های اولیهٔ حاوی قضاوت‌های افراد تصمیم‌گیرنده در مقایسه زوجی عناصر مورد مقایسه است (اصغرپور، ۱۳۷۷).

بنابراین در مدل خطی مورد استفاده، هدف مینیمم کردن اختلاف بین a_{ij} و $\frac{w_i}{w_j}$ها، متغیرهای تصمیم وزن‌ها یا اولویت‌های w_i و w_j و محدودیت‌ها نیز نامعادلات $w_i \geq 0$ و معادله نرمال‌سازی $\sum w_i = 1$ هستند، که از ملزومات تکنیک AHP بحساب می‌آیند. پارامترهای a_{ij} نیز همانگونه که قبلا ذکر شد از طریق ماتریس‌های مقایسات زوجی AHP بدست آمده‌اند.

1 - Preference Programming
2- Analytic Hierarchy Process
3 - Panel of Experts
4 - pair-wise comparison judgments matrices

به این ترتیب، در نهایت مدل برنامه‌ریزی اولویت گروهی (GPP) زیر در محیط Excel فرموله و حل گردید (امینی فسخودی و ملاقاسمی، ۱۳۸۳):

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\bar{a}_{ij}w_j - w_i\right)^2 \ \min$$

$$w_i \in R_+^n \qquad \text{و} \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \qquad s.t:$$

تابع هدف در مدل فوق، بر اساس روش «حداقل مجذورات وزین‌شده» (WLS)، به‌عنوان مناسب‌ترین روش از میان روش‌های موجود برای این منظور (Gass & Rapcsak, 2004) بهینه‌سازی شده است. از حل مدل فوق، بردار اوزانی برای درجه اهمیت شوری در لایه‌های سه‌گانه عمق خاک، جهت کاربری فضای سبز بدست آمد و بر اساس آن مقدار نهایی میانگین موزون شوری در هر نیمرخ خاک نیز از رابطه $Salt_p = \sum_{i=1}^{n} w_i.Salt_i$ محاسبه‌شده و در تجزیه و تحلیل‌های بعدی و تهیه نقشه‌های پراکنش شوری مورد استفاده قرار گرفت.

۳- ٤- روش‌های تجزیه و تحلیل (تهیه نقشه‌های پراکنش شوری)

همانگونه که گفته‌شد، در این مقاله برای تهیه نقشه شوری ویا برآورد شوری در نقاطی که نمونه‌برداری نشده‌است از دو روش درون‌یابی ساده و کریجینگ استفاده شد. روش درون‌یابی ساده، روشی ساده و معمول می‌باشد که در بسیاری از نرم‌افزارها قابل اجرا است و نیازی به دانستن مبانی نظری خاص ندارد. درمقابل روش کریجینگ، با داشتن پشتوانه‌ای قوی از مبانی نظری و در عین حال تا حدی پیچیده، برآوردهایی مطمئن و نااریب را بدست می‌دهد. لذا مقایسه روش درون‌یابی ساده با روش اثبات‌شده کریجینگ، می‌تواند به عنوان میزانی برای صحت و دقت روش درون‌یابی ساده در کاربردهای عملی در نظر گرفته شود. در ادامه مبانی ریاضی این دو روش به اختصار شرح داده شده است.

۳- ٤- ۱- درون‌یابی ساده

این روش با محاسبه شیب تغییرات متغیر (در اینجا شوری) برای نمونه‌های معلوم مجاور، مقدار متغیر را برای نقاط بینابینی (نقاط نامعلوم یا نمونه‌برداری‌نشده)، با توجه به فاصله نقطه مجهول موردنظر تا نقاط معلوم (نمونه‌برداری‌شده) برآورد می‌کند. روش محاسبه در حالت یک بعدی (در واقع حالتی که تنها یک راستا را در نظر بگیریم) برای تابع z = f(x) انجام می‌شود و به‌صورت زیر می‌باشد:

$$S_X = S_A + \frac{d_{AX}}{d_{AB}}(S_B - S_A) \quad \text{یا} \quad S_X = S_B + \frac{d_{BX}}{d_{AB}}(S_A - S_B)$$

که در آن SX ، SA و SB به ترتیب مقدار شوری در نقاط X ، A و B می‌باشد و dAB، dAX و dBX نیز فاصله نقاط مربوطه از یکدیگر است. در حالت دو بعدی (برای یک سطح) نیز روش محاسبه مانند حالت یک بعدی می‌باشد، با این تفاوت که در این حالت تابع دومتغیره z = f(x,y) درون‌یابی می‌شود (ILWIS, 2001).

۳- ٤- ۲- تخمین‌گر زمین‌آماری کریجینگ

در زمین‌آمار می‌توان با داشتن مقادیر یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار آن کمیت را در نقطه دیگری با مختصات معلوم برآورد نمود، به شرطی که مختصات مقدار نامعلوم در دامنه‌ای که ساختار فضایی حاکم است قرار گیرد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). برآورد مقادیر متغیری با توزیع و ساختار فضایی و ارزیابی خطای همراه با این

برآورد کریجینگ نامیده می‌شود (Davis, 1973). کریجینگ یک تخمین‌گر زمین‌آماری می‌باشد که ماترون[1] به افتخار D. G. Krige – مبدع این روش– این نام را بر آن نهاد. این تخمین‌گر که به نام BLUE[2] نیز خوانده می‌شود، دارای ویژگی‌هایی است که عبارتند از:

۱– مقادیر برآوردی برای نقاط نامعلوم ترکیبی خطی از مقادیر نمونه‌های مجاور آنها است، یعنی:

$$\hat{\mu}_k = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i x_i$$

که در آن $\hat{\mu}_k$ تخمین کریجینگ و λ_i بردار اوزان اختصاص داده‌شده به نمونه‌ها است. بعبارت دیگر یک مقدار کریج‌شده یا برآورد شده با نسبت دادن وزن‌های λ_i به مقادیر معلوم اندازه‌گیری شده در نقاط مجاور بدست می‌آید.

۲– ناااریب است، یعنی امید ریاضی آن برابر میانگین واقعی (μ_w) نمونه‌ها است.

$$E(\hat{\mu}_k - \mu_w) = 0$$

۳– میانگین مربع خطا دارای کمترین مقدار ممکن است، یعنی:

$$E\left[(\hat{\mu}_k - \mu_w)^2\right] = \text{a min}$$

در این روش پس از اندازه‌گیری مقدار متغیر برای نمونه‌های متعدد همراه با در نظر گرفتن موقعیت آنها، مقدار متغیر در نقاط نمونه‌برداری‌نشده نیز با توجه به موقعیت آنها و فاصله‌ای که با نقاط معلوم دارند برآورد می‌گردد. این امر در عمل با رسم واریوگرام (پراش‌نما یا تغییرنما:[3]) که در واقع بیانگر ساختار واریانس نمونه‌های معلوم برداشت‌شده نسبت به فواصل بین آنها می‌باشد و ساختار تغییرپذیری نسبت به فاصله (مکانی یا زمانی) را نشان می‌دهد، صورت می‌گیرد (حسنی پاک، ۱۳۷۷ و رندو، ۱۳۷۱). فرمول محاسبه پراش‌نما به صورت زیر است:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x+h) - Z(x)]^2$$

که در آن Z(x) و Z(x+h) مقادیر نمونه‌ها در موقعیت‌های x و x+h و N(h) تعداد زوج مشاهدات در هر فاصله h می‌باشد (پیشین). در نهایت با برازش یک مدل نظری به داده‌ها و بدست آوردن پارامترهای مربوطه شامل دامنه[4]، آستانه[5] و اثر قطعه‌ای[6]، فرایند تخمین پیوسته مقادیر شوری برای تمامی سطح منطقه مورد مطالعه انجام شد.

برای ارزیابی و کنترل نتایج حاصل از درون‌یابی‌ها و اطمینان از برآوردهای حاصل نیز، تعداد هشت نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب و به‌عنوان نمونه‌های شاهد کنار گذاشته شد تا در محاسبات وارد نشده و پس از انجام درون‌یابی‌ها، مقادیر برآوردشده هر دو روش برای نقاط مزبور با یکدیگر و با مقادیر واقعی آنها مقایسه شود و علاوه بر خطای برآوردها، میزان دقت برآورد دو روش نیز مورد مقایسه قرار گیرد.

٤– نتایج

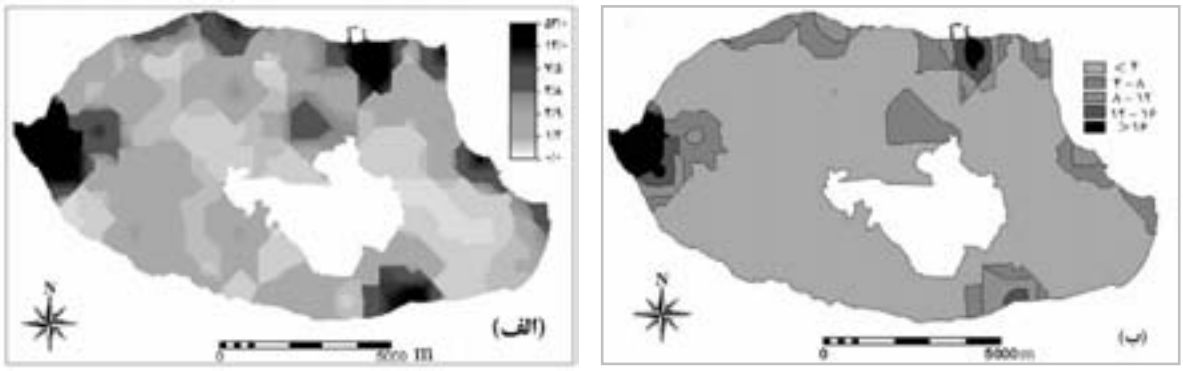
٤– ١– بردار اوزان

با توجه به آنچه گفته‌شد، نخست از حل مدل GPP، بردار اوزان زیر برای درجه اهمیت شوری در لایه‌های سه‌گانه عمق خاک، جهت کاربری فضای سبز حاصل شد:

$W = (۰/۷۸۲ , ۰/۱۳۵ , ۰/۰۸۳)\,T$.

لازم به یادآوری است در برخی نیمرخ‌ها که تنها دو لایه از سه لایه فوق موجود بود، با حل مدل برای فقط دو لایه مورد مقایسه، بردار اوزان به‌صورت $W = (۰/۸٦ , ۰/۱٤)\,T$

1- Matheron
2- Best Linear Unbiased Estimator
3- variogramm
4- range
5-sill
6- nugget



شکل شماره۲- نقشه‌های پیوسته (الف) و طبقه‌بندی‌شدهٔ (ب) شوری خاک‌های جزیره کیش بر اساس روش درون‌یابی ساده

به‌دست آمد. در موارد معدودی نیز تنها یک لایه و در نتیجه فقط یک عدد برای شوری وجود داشت که با در نظر گرفتن Wi = ۱، همان عدد به‌عنوان شوری خاک در نیمرخ مربوطه منظور گردید.

همان‌طورکه انتظار می‌رفت در کاربری فضای سبز، اهمیت شوری در لایه‌های سطحی خاک به‌مراتب بیش از لایه‌های زیرین بوده و با افزایش عمق از میزان اهمیت آن کاسته می‌شود.

٤- ۲- نقشه‌های پراکنش شوری

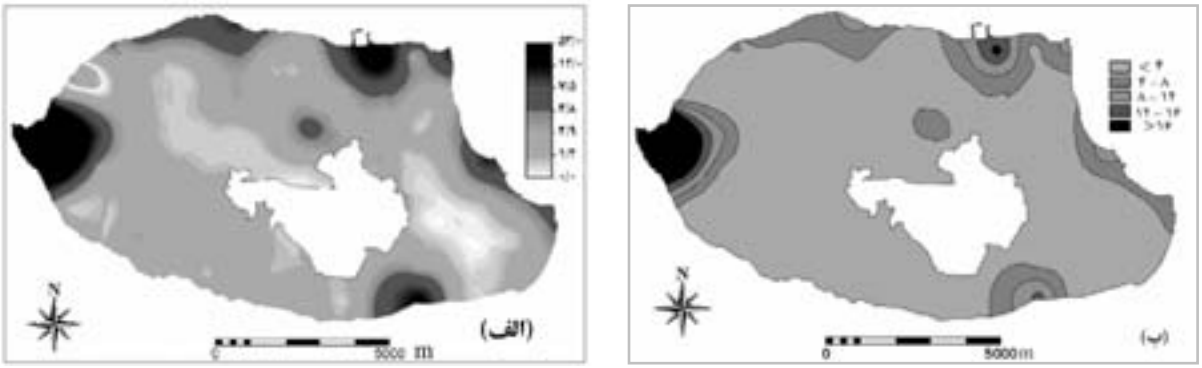
بر اساس اوزان محاسبه شده و با انجام محاسبات لازم، شوری نهایی برای پروفیل‌های نمونه در دامنه‌ای از ۰/٤۳ تا ۵۳ دسی‌زیمنس بر متر متغیر بدست آمدند. در ادامه نقشه‌های پیوسته شوری، براساس دو روش درون‌یابی ساده و کریجینگ تهیه و سپس اقدام به پهنه‌بندی آنها گردید.

در روش درون‌یابی ساده پس از اینکه مقادیر شوری نهایی هر پروفیل به‌کمک نرم‌افزار ILWIS رقومی شد و نقشه پیوسته شوری خاک به‌دست آمد، طبقه‌بندی مجددی[1] با پنج پهنه بر اساس کلاس‌های استاندارد شوری خاک بر روی آن انجام گرفت. لازم به ذکر است که چون نتایج آزمایشگاهی نشان داده‌بود بیشتر مناطق دارای محدودیت شوری نیست، دامنه کلاس S۲ در طبقه‌بندی به روش فائو، از ۸ تا ١٦ دسی‌زیمنس برمتر به دو کلاس ۸ تا ۱۲ و ۱۲ تا ١٦ تبدیل شد تا تغییرات را بیشتر و بهتر نشان دهد. همچنین با توجه به سطح کم شوری بیش از ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر، دو کلاس S۳ و S٤ نیز با هم ادغام گردید. به این ترتیب پهنه‌های شوری خاک‌های جزیره کیش در طبقاتی از: کمتر از ٤، ٤ تا ۸، ۸ تا ۱۲، ۱۲ تا ١٦ و بیشتر از ١٦ دسی‌زیمنس بر متر مشخص گردید. شکل شماره (۲) نقشه‌های نهایی تحلیل فوق را نشان می‌دهد.

در روش کریجینگ، ترسیم پراش‌نما در چهار جهت اصلی جهت شمالی- جنوبی، شرقی- غربی، شمال شرقی- جنوب غربی و شمال غربی- جنوب شرقی صورت گرفت. نتایج حاصل حاکی از عدم ناهمسانگردی[2] بین نمونه‌ها بود. بر این اساس مناسب‌ترین الگو برای مدل-کردن پراش‌نما، مدلی کروی[3] با دامنه تغییرات ۲۵۰۰ متر، آستانه ٤۲ و اثر قطعه‌ای ۵ به‌دست آمد که به‌کمک آن نقشه مربوطه در نرم‌افزار ILWIS3.2 تهیه گردید. شکل

1- Re-classification

2 - Anisotropy
3 - spherical



شکل شماره ۳- نقشه‌های پیوسته (الف) و طبقه‌بندی‌شدهٔ (ب) شوری خاک‌های جزیره کیش بر اساس روش کریجینگ

شماره ۳ نیز نقشه‌های نهایی حاصل از این تحلیل را به دو صورت پیوسته و پهنه‌بندی‌شده نشان می‌دهد.

٤- ۳- مقایسه روش‌های برآورد

در نقشه پراکنش شوری حاصل از روش درویابی ساده، پنج پهنهٔ به‌دست آمده هرکدام به‌ترتیب ۷۸/۹۳، ۱۱/٥٤، ٤/٥۷، ۱/۰٤ و ۲/۹۲ درصد از خاک‌های منطقه را شامل می‌شوند. این مقادیر در پهنه‌های پنج‌گانه نقشه پراکنش حاصل از روش کریجینگ نیز به‌ترتیب برابر با ۷۸/۰۸، ۱۳/٦٤، ۳/۷۳، ۱/٥ و ۳/۰٥ درصد می‌باشند. همان‌طورکه ملاحظه می‌شود نتایج فوق حاکی از آن است که هر دو روش مورد استفاده نتایج تقریباً یکسانی را دربر داشته اند.

همچنین بر اساس هر دو روش فوق مشاهده می‌شود که بیشترین میزان شوری، با توجه به نقشه‌های فوق (شکل‌های ۲ و ۳)، مربوط به غربی‌ترین نقطه جزیره می‌باشد که با توجه به شکل و موقعیت آن و همچنین جهت جریان امواج دریایی و نیز شکل گل‌باد منطقه و جهت باد غالب آن، به‌نظر می‌رسد که محل تجمع نهشته‌های دریایی[1] باشد (اسفندیارپور، ۱۳۸۰) و به‌طورکلی درصد بسیار کمی از خاک‌های منطقه را شامل می‌شود. نکته دیگر آنکه بر اساس هر دو نقشه به‌دست‌آمده، غالب خاک‌های جزیره فاقد محدودیت جدی در زمینه شوری هستند.

در ادامه به‌منظور ارزیابی مقایسه‌ای روش‌های ذکر شده، اقدام به روی‌هم‌اندازی نقشه‌های پراکنش حاصل در محیط ILWIS گردید (map overlay operation). قابل‌ذکر است که میزان تشابه پهنه‌بندی‌ها در دو نقشه، بر اساس درصد پیکسل‌هایی محاسبه می‌شود که در هر دو نقشه به نحو یکسانی اشغال شده و در پهنه‌های واحدی واقع شده‌اند (Sicat et al, 2004). بدیهی است که این میزان تشابه را هم برای هرکدام از کلاس‌های پنج‌گانه و هم برای کل نقشه می‌توان محاسبه نمود. این عمل با محاسبه ماتریس خطا (ماتریس درهمی[2]) در نرم‌افزارILWIS انجام گرفت.

جدول زیر مساحت و میزان هر یک از پهنه‌های پنج-گانه را دو نقشه فوق، همراه با میزان هم‌خوانی آنها (حاصل از روی‌هم‌اندازی نقشه‌ها) به‌صورت درصد

1 - marine deposits
2 - confusion matrix

نشان می‌دهد.

جدول ۱- مقایسه نتایج پهنه‌بندی نقشه شوری با دو روش انجام شده

نقشه‌ها / پهنه‌ها	درون‌یابی ساده	کریجینگ	میزان تطابق در کل منطقه
پهنه اول	۷۸/۹۳	۷۸/۰۸	۷٦/٤۲
پهنه دوم	۱۱/٥٤	۱۳/٦٤	۷/۹۳
پهنه سوم	٤/٥۷	۳/۷۳	۲/۱٤
پهنه چهارم	۱/۰٤	۱/٥	۰/٦٦
پهنه پنجم	۲/۹۲	۳/۰٥	۲/٤۹
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۸۹/٦٤

همانطور که ملاحظه می‌شود نتایج این تحلیل حاکی از میزان تشابه کلی ۸۹/٦٤ درصد دو نقشه و تشابهات داده‌شده برای هر پهنه در کل منطقه در هرکدام از کلاس‌های پنج‌گانه می‌باشد. این میزان تطابق دال بریکسان بودن نتایج حاصل از دو روش فوق می‌باشد.

برای مقایسه درون‌یابی‌ها و اطمینان از برآوردهای حاصل نیز همانگونه که قبلاً ذکر شد، از هشت پروفیل بعنوان پروفیل‌های شاهد استفاده شد. مراجعه به مقادیر واقعی و مقایسه آنها با مقادیر برآوردشده دو روش فوق برای این نقاط، حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار بین آنها می‌باشد. ضریب همبستگی بین برآوردهای حاصل از کریجینگ و درون‌یابی ساده با مقادیر واقعی به ترتیب برابر با ۰/۷۹۳ و ۰/۷۸۷ و با سطوح معنی‌داری ۰/۰۱۹ و ۰/۰۲۰ می‌باشد. همچنین همبستگی بین خود این دو روش برابر ۰/٦۷۸ و سطح اطمینان ۰/۰٦۰ می‌باشد. مقایسه نتایج واقعی و برآوردشده نیز نشان داد که هرچه روند کاهش یا افزایش تغییرات یکنواخت‌تر باشد، مقادیر برآوردشده دو روش نزدیکتر هستند و هر چه مقادیر شوری بین نمونه‌ها فاقد روند مشخصی در کاهش یا افزایش باشند، اختلاف مقادیر برآوردشده با یکدیگر زیادتر می‌شود، ولی نتایج روش کریجینگ به مقادیر واقعی نزدیکتر هستند که این با توجه به مبانی نظری و پشتوانه منطقی و قوی آن بدیهی است (Bagheri Bodaghabadi & Amini Fasakhodi, 2006).

۵- بحث و نتیجه‌گیری

همان‌گونه که در بخش‌های قبل نیز ذکر شد، پردازش داده‌های اولیه بر اساس هدف مطالعه مرحله‌ای بسیار اساسی و دارای اهمیت ویژه، پیش از پرداختن به تجزیه و تحلیل نهایی محسوب می‌شود.

روش معمول برای به‌دست‌آوردن شوری در یک نیمرخ خاک که دارای چندین نمونه برداشت‌شده از عمق‌های مختلف است، محاسبه میانگین موزون آنها بر اساس ضخامت‌شان می‌باشد. واضح است که این روش کاربری خاصی را مدنظر نداشته و در محاسبه میانگین موزون، فقط ضخامت را درنظر گرفته و اهمیت آن‌را مورد

توجه قرار نمی‌دهد (البته همان‌گونه که گفته‌شد شوری پایانی بر اساس یک نوع وزن‌دهی کیفی و تدریجی محاسبه می‌شود). این امر در مورد کاربری‌های خاص

جدول شماره (۲): داده‌ها و اطلاعات مربوط به دو نیمرخ خاک نمونه

		پروفیل اول				پروفیل دوم		
عمق		۲۰	۳۵	۱۵	۵۵	۱۰	۱۵	۱۰۰
شوری		۱/۰٤	۷/۳۵	۳۰/٦٦	۳۹/۱٤	۵/۸۱	۲٤/۹۲	۱/۷۸
شوری کل:	به روش فائو (معمول)	۱۷/۵۲					٤/۸۸	
	به روش وزنی پیشنهادی	٦/۹۹					۱۱/۸۸	

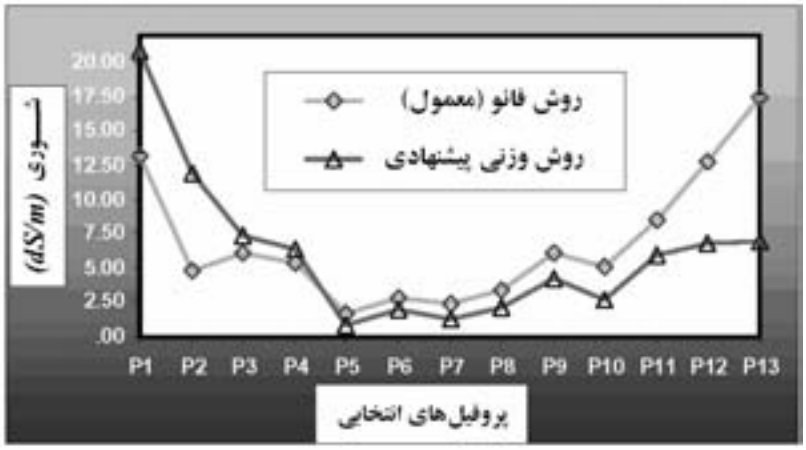
مانند آنچه در این مقاله مورد مطالعه قرار گرفته است، گاهی ممکن است گمراه‌کننده باشد. اما همان‌طور که دیدیم در روش پیشنهادی مورد استفاده، هدف مطالعه و به‌عبارتی دیگر کاربری مورد نظر، تعیین‌کننده وزن و اهمیت شوری عمق‌های مختلف می‌باشد. برای نشان دادن تفاوت این دو روش و در واقع نقش و اهمیت پردازش صورت گرفته بر روی داده‌های اولیه، دو نیمرخ‌های خاک نمونه (جدول ۲) انتخاب و شوری آنها به هر دو روش محاسبه و تشریح گردید.

همانطور که ملاحظه می‌شود، در نیمرخ خاک اول شوری خاک در لایه‌های سطحی کم بوده و با افزایش عمق مقدار آن زیاد می‌شود، به همین جهت لایه‌های سوم و چهارم به دلیل شوری بالا و ضخامت زیاد (۷۰ cm)، شوری کل را در روش فائو تحت تأثیر خود قرار داده‌است. شوری لایه‌های سه‌گانه (۰ تا۵۰، ۵۰ تا ۱۰۰ و ۱۰۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر) به ترتیب S_2 ، S_4 و S_4 می‌باشد و براساس روش فائو کلاس شوری نهایی S_4 ارزیابی می‌شود،که برای کاربری فضای سبز و به‌طورکلی کشت هرگونه گیاه نامناسب به نظر می‌رسد. اما در روش پیشنهادی، از آنجایی که به لایه‌های سطحی اهمیت و وزن بیشتری تعلق گرفته، شوری نهایی را در حدود۱/۳ مقدار پیشین به‌دست می‌دهد که قابل قبول‌تر و منطقی‌تر است و این به‌دلیل شوری کم خاک در لایه‌های سطحی می‌باشد که برای رشد گیاهان دارای اهمیت بسزایی است. صحت این مدعا را مشاهدات میدانی، مبنی بر پوشش گیاهی مناسب و خوب در مناطقی که بر اساس روش فائو نامناسب ولی بر اساس روش پیشنهادی مناسب ارزیابی می‌شود (مانند منطقه اولین پروفیل تشریح شده در فوق) تأیید کرد.

به همین ترتیب در مورد نیمرخ خاک دوم نیز به دلیل شوری زیاد لایه‌های سطحی خاک و مقدار کم آن در عمق‌های بیشتر، وضعیت درست بر عکس حالت اول است. پوشش گیاهی نامناسب در این مناطق نیز تأیید دیگری بر مطابقت بیشتر روش پیشنهادی با واقعیت و در نتیجه کاربردی‌تر بودی آن در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی می‌باشد. بنابراین مشاهده می‌شود که پردازش مناسب داده‌ها بر اساس هدف مطالعه حتی ممکن است نتایجی نه تنها متفاوت بلکه معکوس با روش‌های متداول در بر داشته باشد. نمودار ۱ روند متفاوت مقدار شوری را با دو روش فوق در ۱۳ نیمرخ خاک انتخاب‌شده نشان می‌دهد.

همانگونه که ملاحظه می‌شود هر دو نمودار روند تقریباً مشابهی دارند. لکن برای پروفیل‌های شماره یک تا چهار مقادیر شوری در روش پیشنهادی بیشتر و برای پروفیل‌های بعدی مقادیر روش معمول بیشتر می‌باشد. باتوجه به ضخامت و شوری هر لایه مشخص می‌شود که در پروفیل‌های شماره یک تا چهار شوری‌های بیشتر

متعلق به لایه‌های سطحی‌تر (بالاتر) بوده و چون در روش



نمودار ۱- مقادیر نهایی و روند متفاوت تغییرات شوری محاسبه شده برای ۱۳ پروفیل نمونه بر اساس دو روش معمول و پیشنهادی

پیشنهادی به لایه‌های بالا اهمیت بیشتری داده می‌شود، بنابراین شوری نهایی بیشتر از روش معمول بدست می‌آید. بدیهی است که با کمتر شدن شوری لایه‌های سطحی و افزایش ضخامت آن، مقادیر محاسبه شده در دو روش به هم نزدیکتر می‌شود. برای نمونه در نیمرخ‌های خاک شماره ۵ و ٦ به دلیل گفته‌شده دو نمودار به هم نزدیکتر شده‌اند. همچنین بدست آمدن مقادیر کمتر شوری برای پروفیل‌های ۸ تا ۱۳ به علت شوری زیاد لایه‌های زیرین (عمقی‌تر) می‌باشد (Amini Fasakhodi & Bagheri Bodaghabadi, 2006).

در رابطه با برآوردهای انجام شده نیز شایان ذکر است که با وجود برتری تأییدشدهٔ تخمینگرکریجینگ نسبت به روش‌های ساده درون‌یابی در برآورد مکانی مقادیر مجهول، یکسانی نسبتاً زیاد نتایج حاصل از این دو روش در مطالعه صورت گرفته را می‌توان به یکنواختی نسبی تغییرات شوری خاک در کل منطقه مورد مطالعه نسبت داد. آنچه این امر را تأیید می‌نمود، نزدیکی بسیار زیاد برآوردهای حاصل از دو روش بین نقاطی بود که مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ شوری اطراف آنها نیز دارای تغییرات یکنواخت‌تری بودند. بنابراین در جاهایی - مانند منطقه مورد بررسی در این مطالعه- که جهت و مقدار تغییرات مکانی متغیرها تقریباً یکنواخت باشد، استفاده از روش درون‌یابی ساده، به‌دلیل سریع‌تر بودن، سهولت و سادگی کاربرد و حصول نتایج قابل قبول، مناسب‌تر به‌نظر می‌رسد. این امر بویژه هنگامی که بحث هزینه‌ها، زمان، هدف و غیره به‌میان آید، اهمیت و جایگاه خاصی را پیدا می‌کند. به‌علاوه لزوم توجه به تحلیل‌های هزینه-فایده و در نظر گرفتن آن برای بررسی و ارزیابی دقیق‌تر و مفصل‌تر هر رویکرد ضروری می‌باشد (Trantafilis,2001).

منابع

۱- اسفندیارپور بروجنی، عیسی، «*بررسی ژنز، رده‌بندی و تهیه نقشه خاک‌های جزیره کیش*»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۱.

۲- اصغرپور، محمدجواد، *تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره*، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۷.

۳- امینی فسخودی، عباس، «*طراحی مدلی برای مکان‌یابی و تعیین ظرفیت بهینه کارخانجات صنایع شیر و فرآورده‌های لبنی (و آزمون آن در منطقه کرمانشاه)*»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد توسعه روستایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ۱۳۸۱.

٤- امینی فسخودی، عباس و مهدی ملاقاسمی، «تعیین *ضرائب وزنی مناسب برای مؤلفه‌های خلاقیت با استفاده از تکنیک AHP و یک مدل OR. رویکرد قطعی و فازی*»، دانشگاه امام حسین، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس سیستم‌های فازی ایران، تهران، ۱۳۸۳.

۵- باقری، محسن، *ارزیابی تناسب اراضی جزیره کیش برای کاربری‌های مهندسی (غیر کشاورزی) و کشاورزی*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۸۱.

٦- حسنی‌پاک، علی‌اصغر ، *زمین‌آمار*، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۷.

۷- رندو، جی. ام ، *اصول زمین‌آماری*، ترجمه: اصغر خدایاری، دانشگاه تهران، تهران، ۱۳۷۱.

۸- محمدی، جهانگرد، *طبقه‌بندی و ارزیابی شوری خاک با استفاده از نظریه مجموعه‌های بول و فازی*، مجموعه مقالات سومین همایش مجموعه‌های فازی و کاربردهای آن، تهران، ۱۳۸۱.

9-Amini Fasakhodi, A. and M. Bagheri Bodaghabadi (2006), "Determining the Importance of Salinity in Different Layers of Soil for Landscape Management Application; Using the AHP Technique and "Group Fuzzy Preference Programming" Model", 18th International Soil Meeting, Harran University, Sanliurfa, Turkey.

10-Bagheri Bodaghabadi, M and A. Amini Fasakhodi (2006), "A comparison between simple and geostatistical methods for soil salinity estimation, using GIS (case study: Iranian Kish island)", 18th International Soil Meeting, Harran University, Sanliurfa, Turkey.

11- Bella, D., Mengesa, C., Ahmada, W. and Van zylb, J.J., (2001), "The application of dielectric retrieval algorithms for mapping soil salinity in a tropical coastal environment using airborn polarimetric SAR", Remot Sensing of Environment, VBol. 75, pages 375-384.

12- Davis, J. C. (1973), "Statistics and Data Analysis in Geology", John Wiley and Sons, London.

13-Gass, S. I. and Rapcsak, T., (2004), "Singular value decomposition in AHP", European Journal of Operational Research, Vol. 154, Pages 573-584.

14-Hajrasuliha, S., N. Baniabbasi, J. Metthey and D. R. Nielsen (1980), "Spacial variability of soil sampling for salinity studies in southwest Iran", Irrg. Sci., Vol. 2, Pages 1-12.

15-ILWIS 3.0 Academic User's Guide,Unit Geo Software Development Sector Remote Sensing & GIS, IT Department, International Institute for

Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, The Netherlands, May 2001.

16- Iranian Soil and Water Research Institute (ISWRI), 1979, "Guidelines to Land Capability of Irrigation", Ministry of Agri., Pub. No. 205, Tehran, Iran.

17-Kirti, H. peniwati Srisoepardani (2001). Evaluation of group decision making methods. Available in: WWW.expertchoice.com.

18-Odeh, I. O. A., A. B. McBratney and D. J. Chittlebourough (1995), "Further results on pridictioin from terrain attributes: heterotopic co-kriging and regression- kriging", Geoderma, Vol. 67, Pages 512-236.

19-Sicat, Rodrigo S., Emmanuel John M. Carranza & Uday Bhaskar Nidumola (2004), “Fuzzy modeling of farmers’ knowledge for land suitability classification”, Agricultural Systems, (Article in press).

20- Spies, Brian and Woodgate, Petter, (2004), “Salinity mapping methods in the Australian context”, Bureau of rural studies, Australia.

21-Triantaflis, J., I. O. A. Odeh, and A. B. Mc Bratney (2001), "Five geostatistical methods to predict soil salinity from electromagnetic induction data across irrigated cotton", Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 65, Pages 869-878.

22-Webster R. and M. Oliver, (2000), "Geostatistics for Environmental Sciences", Wiley West Sussen, England.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی