بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی کشاورزی

گروه علوم خاک

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد رشته‌ی

مهندسی کشاورزی-علوم خاک

استفاده از تخمین‌گرهای مختلف در پهنه‌بندی وضعیت شوری و سدیمی خاک‌های منطقه‌ی اسلامیه‌ی رفسنجان

استادان راهنما

دکتر اردوان کمالی

دکتر عیسی اسفندیارپور بروجنی

استاد مشاور

دکتر سید جواد حسینی‌فرد

نگارنده

فریده افریدون

اسفند 1390

تمامی حقوق مادي مترتب بر نتايج مطالعات، ابتكارات و نوآوري‌هاي

حاصل از پژوهش موضوع اين پايان‌نامه، متعلق به دانشگاه

ولي‌عصر (عج) رفسنجان است.

دانشگاه ولی‌عصر(عج) رفسنجان

دانشکده‌ی کشاورزی

گروه خاک‌شناسی

پایان‌نامه‌ی کارشناسی‌ارشد

مهندسی کشاورزی -رشته‌ی علوم خاک

استفاده از تخمین‌گرهای مختلف در پهنه‌بندی وضعیت شوری و سدیمی خاک‌های منطقه‌ی اسلامیه‌ی رفسنجان

فریده افریدون

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۰ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

۱- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر اردوان کمالی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۲- استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر عیسی اسفندیارپور بروجنی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۳- استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر سید جواد حسینی‌فرد	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۴- استاد داور داخل گروه	دکتر حسین شیرانی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء
۵- استاد داور خارج از گروه	دکتر محمد هادی فرپور	با مرتبه ی علمی دانشیار	امضاء
۶- نماینده‌ی تحصیلات تکمیلی	دکتر علی توکلی	با مرتبه ی علمی استادیار	امضاء

چکیده

شوری و سدیمی بودن خاک از جمله مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. بنابراین، شناخت تغییرات مکانی این ویژگی‌ها در خاک (به‌خصوص در اراضی کشاورزی) به‌منظور برنامه‌ریزی خاص مکانی، موضوعی اجتناب‌ناپذیر است. در چنین شرایطی، روش‌های درون‌یابی مکانی، ابزاری را فراهم می‌کنند تا با به‌کارگیری داده‌های نقطه‌ای و تخمین مقادیر یک متغیر محیطی در محل‌هایی که نمونه‌برداری نشده است، داده‌های پیوسته‌ی مکانی را به ارمغان آورند. با این وجود، انتخاب یک تخمینگر خاص در گرو توجه به الگوی نمونه‌برداری، تعداد نمونه‌ها، کیفیت داده‌ها، برهم‌کنش موجود بین متغیرهای مختلف و مواردی از این قبیل است. پژوهش حاضر می‌کوشد تا ضمن پهنه‌بندی مکانی وضعیت شوری و سدیمی خاک‌های منطقه‌ی اسلامیه‌ی رفسنجان، به‌منظور مدیریت بهتر این منطقه، دقت تخمینگرهای آماری وزن‌دهی معکوس فاصله و اسپلاین و نیز تخمینگر زمین‌آماری کریجینگ معمولی را از طریق محاسبه‌ی شاخص جذر میانگین مربعات خطای استانداردشده (RMSE%) مورد بررسی قرار دهد و تأثیر تعداد نمونه در صحت تخمین این ویژگی‌ها را برای تخمینگرهای مزبور آزمون نماید. بدین منظور، از 99 نقطه‌ی مشاهداتی در قالب یک الگوی نمونه‌برداری شبکه‌ای منظم (با فاصله‌ی 500 متر) و از سه عمق صفر تا 40، 40 تا 80 و 80 تا 120 سانتی‌متر، نمونه‌های خاک جمع‌آوری شدند و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع و نسبت جذب سطحی سدیم آن‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. در نهایت، نقشه‌های پیوسته‌ی تغییرات شوری و سدیمی خاک به کمک هر کدام از تخمینگرهای سه‌گانه ترسیم شدند و از طریق آزمون‌های آماری فریدمن و ویلکاکسون مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در تعداد نمونه‌های نسبتاً زیاد (99 نقطه‌ی مشاهداتی)، اختلاف آماری معنی‌داری بین این سه تخمینگر در سطح اطمینان 95 درصد وجود ندارد. این در حالی است که کاهش تصادفی تعداد نمونه‌ها به مجموعه‌های 79، 59 و 39تایی، نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین تخمینگرهای کریجینگ معمولی با اسپلاین و وزن‌دهی معکوس فاصله با اسپلاین بود؛ لیکن تفاوت بین روش‌های کریجینگ معمولی با وزن‌دهی معکوس فاصله در این حالت نیز معنی‌دار نشد. به دیگر سخن، روی هم‌اندازی نقشه‌های به‌دست آمده و محاسبه‌ی صحت عمومی آن‌ها، بیان‌گر درصد هم‌خوانی بالاتر بین دو تخمینگر کریجینگ معمولی و وزن‌دهی معکوس فاصله (حتی در تعداد نمونه‌های کم) بود. با توجه به این‌که بهینه‌سازی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله نسبت به کریجینگ معمولی، راحت‌تر و آسان‌تر می‌باشد و افراد با تجربه‌ی کم‌تر می‌توانند از عهده‌ی این‌کار برآیند؛ بنابراین، استفاده از تخمینگر آماری وزن‌دهی معکوس فاصله می‌تواند در مطالعات آتی برای منطقه‌ی مطالعاتی بیش از پیش مدنظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: اسپلاین، تغییرپذیری مکانی، خاک‌های شور و سدیمی، کریجینگ، وزن‌دهی معکوس فاصله

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

فصل اول: مقدمه

هدف‌های پژوهش.....4

فصل دوم: پیشینه‌ی پژوهش

2-1- تخمینگرهای زمین‌آماری.....8

2-1-1- کریجینگ.....8

2-2- روش‌های غیر زمین‌آماری.....8

2-2-1- اسپلاین.....8

2-2-2- وزن‌دهی معکوس فاصله.....9

2-3- مروری بر برخی مطالعات انجام‌شده در جهان.....9

2-4- مروری بر برخی مطالعات انجام‌شده در ایران.....10

فصل سوم: مواد و روش‌ها

3-1- معرفی منطقه‌ی مورد مطالعه.....13

3-2- مطالعات ستادی.....15

3-3- مطالعات صحرایی.....15

3-4- مطالعات آزمایشگاهی.....15

3-5- مطالعات آماری و زمین‌آماری.....15

3-5-1- اثر کاهش تعداد نمونه بر نتایج تخمین.....19

3-5-2- محاسبه‌ی میزان هم‌خوانی نقشه‌های ترسیم‌شده.....21

3-5-3- اعتبارسنجی نقشه‌ها.....21

فصل چهارم: نتایج و بحث

4-1- تجزیه و تحلیل آماری و زمین‌آماری داده‌ها.....23

4-1-1- خلاصه‌ی آماری متغیرها.....23

4-1-2- بررسی الگوی تغییرپذیری متغیرها با استفاده از تخمینگر کریجینگ معمولی.....27

4-1-3- بررسی الگوی تغییرپذیری متغیرها با استفاده از تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله.....41

4-1-4- بررسی الگوی تغییرپذیری متغیرها با استفاده از تخمینگر اسپلای.....47
4-2- اثر کاهش تعداد نمونه بر نتایج تخمین.....54
4-2-1- مقایسه‌ی نتایج مربوط به تخمینگرهای مختلف پس از کاهش تعداد نمونه‌ها.....64
4-3- محاسبه‌ی میزان هم‌خوانی نقشه‌های پیوسته‌ی ترسیم‌شده.....71
فصل پنجم: نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادها
5-1- نتیجه‌گیری کلی..... 75
5-2- پیشنهادها.....76

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

3-1- موقعیت منطقه‌ی مطالعاتی به‌همراه 99 نقطه‌ی مشاهداتی.....14
4-1- هیستوگرام‌های مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی غیر نرمال.....26
4-2- واریوگرام‌های رویه‌ای مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....28
4-3- واریوگرام‌های رویه‌ای مربوط به درصد شن و 29
4-4- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....31
4-5- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به درصد شن و رس.....32
4-6- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....35
4-7- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به درصد شن و رس خاک.....36
4-8- نقشه‌های موضوعی تخمینگر کریجینگ معمولی مربوط به کلسیم + منیزیم محلول خاک.....38
4-9- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به کلسیم + منیزیم محلول خاک.....39
4-10- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به کلسیم + منیزیم محلول.....40
4-11- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....42
4-12- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با درصد شن و رس خاک.....43
4-13- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....45
4-14- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به درصد شن و رس خاک.....46
4-15- بهینه‌سازی توان تخمینگر اسپلاین در ارتباط با نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک.....48
4-16- بهینه‌سازی توان تخمینگر اسپلاین در ارتباط با درصد شن و رس خاک.....49

4-17- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی اشباع خاک.....51
4-18- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به درصد شن و رس خاک.....52
4-19- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....57
4-20- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....58
4-21- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....59
4-22- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....60
4-23- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....61
4-24- واریوگرام‌های همه‌جهته‌ی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....62

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

2-1- برخی از مهم‌ترین روش‌های درون‌یابی.....7

4-1- خلاصه‌ی آماری مربوط به مجموعه‌ی داده‌های اولیه (99 نقطه‌ی مشاهداتی).....24

4-2- مدل‌های واریوگرامی و پارامترهای میان‌یابی ویژگی‌های مورد مطالعه در مجموعه داده‌های 99تایی.....33

4-3- RMSE% حاصل از سه تخمینگر مورد مطالعه در رابطه با مجموعه داده‌های 99تایی.....53

4-4- خلاصه‌ی آماری مربوط به مجموعه داده‌های 79تایی.....55

4-5- خلاصه‌ی آماری مربوط به مجموعه داده‌های 59تایی.....55

4-6- خلاصه‌ی آماری مربوط به مجموعه داده‌های 39تایی.....56

4-7- مدل‌های واریوگرامی و پارامترهای میان‌یابی ویژگی‌های مورد مطالعه در مجموعه داده‌های 79تایی.....63

4-8- مدل‌های واریوگرامی و پارامترهای میان‌یابی ویژگی‌های مورد مطالعه در مجموعه داده‌های 59تایی.....63

4-9- مدل‌های واریوگرامی و پارامترهای میان‌یابی ویژگی‌های مورد مطالعه در مجموعه داده‌های 39تایی.....64

4-10- RMSE% حاصل از سه تخمینگر مورد مطالعه در رابطه با مجموعه داده‌های 79تایی.....65

4-11- RMSE% حاصل از سه تخمینگر مورد مطالعه در رابطه با مجموعه داده‌های 59تایی.....65

4-12- RMSE% حاصل از سه تخمینگر مورد مطالعه در رابطه با مجموعه داده‌های 39تایی.....66

4-13- میانگین رتبه‌ای RMSE%های تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 79تایی.....67

4-14- میانگین رتبه‌ای RMSE%های تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 59تایی.....67

4-15- میانگین رتبه‌ای RMSE%های تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 39تایی.....68

4-16- نتایج آزمون فریدمن به‌منظور مقایسه‌ی سه تخمینگر مورد استفاده با اندازه‌های نمونه‌ای متفاوت در اعماق مختلف.....69

4-17- نتایج آزمون ویلکاکسون در ارتباط با مجموعه داده‌های 79تایی.....70

4-18- نتایج آزمون ویلکاکسون در ارتباط با مجموعه داده‌های 59تایی.....70

4-19- نتایج آزمون ویلکاکسون در ارتباط با مجموعه داده‌های 39تایی.....71

4-20- درصد هم‌خوانی تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 99تایی.....73

4-21- درصد هم‌خوانی تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 79تایی.....73

4-22- درصد هم‌خوانی تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 59تایی.....73

4-23- درصد هم‌خوانی تخمینگرهای مختلف در ارتباط با مجموعه داده‌های 39تایی.....74

پیوست‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 1 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک موجود در مجموعه داده‌های 79تایی.....78
شکل 2 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های درصد شن و رس موجود در مجموعه داده‌های 79تایی.....79
شکل 3 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک موجود در مجموعه داده‌های 59تایی.....80
شکل 4 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های درصد شن و رس موجود در مجموعه داده‌های.....81
شکل 5 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک موجود در مجموعه داده‌های 39تایی.....82
شکل 6 پیوست- هیستوگرام فراوانی RMSE%های حاصل از تکرار ده‌گانه‌ی نمونه‌های درصد شن و رس موجود در مجموعه داده‌های 39تایی.....83
شکل 7 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....84
شکل 8 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....85
شکل 9 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی 86
شکل 10 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با درصد شن و رس در تعداد نمونه‌های 59تایی 87
شکل 11 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....88
شکل 12 پیوست- بهینه‌سازی توان تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله در ارتباط با درصد شن و رس در تعداد نمونه‌های 39تایی 89

شکل 13 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....90
شکل 14 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....91
شکل 15 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌هایی 79تایی.....92
شکل 16 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....93
شکل 17 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....94
شکل 18 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 79تایی.....95
شکل 19 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....96
شکل 20 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....97
شکل 21 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....98
شکل 22 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....99
شکل 23 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....100
شکل 24 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 59تایی.....101
شکل 25 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....102
شکل 26 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....103

شکل 27 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به نسبت جذب سطحی سدیم و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره‌ی اشباع خاک در تعداد نمونه‌هایی 39تایی 104
شکل 28 پیوست- نقشه‌های کریجینگ معمولی مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....105
شکل 29 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر وزن‌دهی معکوس فاصله مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....106
شکل 30 پیوست- نقشه‌های موضوعی تخمینگر اسپلاین مربوط به درصد شن و رس خاک در تعداد نمونه‌های 39تایی.....107

فصل اول

مقدمه

کشاورزی به‌عنوان یکی از محورهای بخش اقتصادی در تأمین مواد غذایی مورد نیاز بشر، مطرح می‌باشد؛ به‌طوری که در حال حاضر تقریباً یک‌سوم تولیدات غذایی جهان با محصولات کشاورزی تأمین می‌شوند که با توجه به روند رشد روزافزون جمعیت در دنیا و افزایش نیاز بشر به غذا، توسعه‌ی بخش کشاورزی و عوامل مؤثر بر آن مورد توجه پژوهشگران و دانشمندان قرار گرفته است (Tanji, 1990). با توجه به این‌که تخریب اراضی اغلب در اثر بهره‌برداری نادرست انسان از اراضی به‌وجود می‌آید، افت کیفیت و در نهایت، غیرقابل استفاده شدن اراضی را به‌دنبال دارد (Eswaran *et al*., 2010). این مسأله، پس از قرن بیستم به یک مشکل جهانی تبدیل شده است؛ به‌طوری که در حال حاضر، بیش از 50 درصد اراضی خشک جهان با تخریب مواجه هستند (Gregene and Chou, 1994). با وجودی که فرسایش آبی از سهم بالایی در تخریب اراضی برخوردار است، اما شور شدن اراضی نیز عامل مهمی در وقوع این مشکل محسوب می‌گردد (Ghasemi *et al*., 1995).

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده‌ی رشد گیاهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. در این مناطق به‌دلیل کم بودن بارندگی، بالا بودن پتانسیل تبخیر و تعرق و عدم وجود آبشویی طبیعی املاح، نمک‌های محلول در محیط ریشه تجمع می‌یابند. از طرف دیگر، آبیاری

محصولات کشاورزی در این مناطق با منابع آب‌های سطحی یا زیرزمینی که در اثر عبور از سازندهای شور، دارای املاح محلول زیادی هستند به مشکلات شوری اراضی دامن می‌زند (برزگر، 1379).

به‌طورکلی، زیاد بودن تبخیر از سطح خاک، بارندگی کم، پستی و بلندی اراضی، آبیاری با آب دارای کیفیت نامناسب و سنگ مادری را می‌توان از عوامل مهم شوری خاک در ایران بیان نمود (حق‌نیا و کوچکی، 1376).

شوری خاک، رشد گیاهان را از طریق فرایندهای مختلف زیست‌شیمیایی و فیزیولوژیکی مختل می‌کند (Zeng and Shannon, 2000). بررسی‌های انجام‌شده در اراضی شور نشان داده‌اند که در این-گونه اراضی، غلظت زیاد املاح محلول در خاک سبب کاهش جذب آب توسط گیاه یا خشکی فیزیولوژیک می‌شود. در نتیجه، رشد ریشه و متعاقب آن جذب عناصر غذایی کاهش می‌یابد و برای رشد بهینه باید عناصر غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرند (Magisted, 1945). هم‌چنین، تنش شوری می‌تواند متابولیسم گیاه را از طریق بر هم زدن تعادل یونی تحت تأثیر قرار دهد. این مشکل باعث تجمع بیش از حد یون‌هایی ویژه (مانند سدیم و کلر) در بافت گیاهی می‌شود و در نتیجه، سمیت و عدم تعادل غذایی در گیاه را به دنبال دارد (Karimi *et al.*, 2011). علاوه بر این، شوری خاک می‌تواند بر آزادسازی عناصر غذایی از فاز جامد و اضافه شدن آن‌ها به محلول خاک، حرکت عناصر غذایی به سطح ریشه و انتقال عناصر غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی گیاه نیز تأثیر سویی داشته باشد (ملکوتی و همایی، 1383).

سدیمی بودن خاک نیز از دیگر مشکلاتی است که می‌تواند به‌تنهایی و یا به‌همراه شوری، خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک را تحت تأثیر قرار دهد. به‌طورکلی، تجمع املاح در خاک تأثیر عمده‌ای بر خواص فیزیکی و شیمیایی آن دارد و تعیین‌کننده‌ی کمیت و کیفیت جامعه‌ی گیاهان خاک می‌باشد. وجود املاح سدیم، اغلب موجب انتشار ذرات رس و هوموس می‌شود و لایه یا افق بسیار متراکمی در زیر خاک تشکیل می‌دهد که مانع از عبور آب و هوا به ریشه‌ی گیاهان می‌گردد. در نتیجه، به‌دلیل حاصلخیزی کم، واکنش خاک بالا و ساختمان ضعیف، عملکرد محصول در چنین خاک‌هایی کاهش می‌یابد (Oosterbaan, 2003).

به‌طورکلی، عدم تعادل عناصر غذایی در خاک، کم‌آبی، نامطلوب بودن کیفیت آب آبیاری و کاهش مستمر آن و نیز استمرار خشک‌سالی، سبب پایین آمدن عملکرد محصولات کشاورزی در مناطق متأثر از شوری و سدیمی خاک می‌شود (زین‌الدینی و همکاران، 1386). بنابراین، برآورد هر چه دقیق‌تر از وضعیت شوری و سدیمی خاک و تعیین روند تغییرات مکانی آن می‌تواند در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت بهتر اراضی مؤثر واقع شود (باقری بداغ‌آبادی و همکاران، 1386).

بررسی تغییرات شوری و سدیمی خاک به‌طور مستقیم در صحرا به‌ویژه در مناطقی با وسعت زیاد، پرهزینه و زمان‌بر است؛ از این‌رو نیاز به روش‌هایی که بتوانند به‌راحتی سطح وسیعی از مناطق را پایش کنند و روند تغییرات شوری را مورد بررسی قرار دهند احساس می‌شود (معروفی و همکاران، 1388). از جمله‌ی این روش‌ها، تهیه‌ی نقشه‌ی شوری خاک می‌باشد. به‌منظور تهیه‌ی نقشه‌های شوری خاک می‌توان از دو روش سنتی و نوین استفاده کرد. نقشه‌های سنتی علاوه بر نیاز به هزینه و زمان زیادتر، به‌علت در نظر نگرفتن تغییرپذیری مکانی خاک، قابلیت کم‌تری در نمایش شوری خاک دارند. این مسأله باعث شده است که در حال حاضر، روش سنتی به‌ویژه برای مناطق بزرگ، از استقبال عمومی کم‌تری برخوردار باشد (صالحی و همکاران، 1383). بنابراین، در چند دهه‌ی اخیر، روش‌های ریاضی و آماری یا ترکیبی از دو روش سنتی و نوین توسط پژوهشگران مختلف، مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Resende *et al*., 2002). تهیه‌ی این نقشه‌ها نیاز به درون‌یابی مکانی نقاط نمونه‌برداری‌نشده بر اساس نقاط نمونه‌برداری‌شده دارد. بدین‌منظور برای درون‌یابی مکانی داده‌ها، انواع تخمینگرهای زمین‌آماری، غیر زمین‌آماری و یا ترکیبی از این دو روش وجود دارند که این تخمینگرها از دیدگاه شیوه‌ی وزن‌دهی به نقاط نمونه‌برداری‌شده، با یکدیگر متفاوت می‌باشند. در واقع، تخمینگرهای زمین‌آماری، وزن‌دهی را براساس موقعیت مکانی داده‌ها انجام می‌دهند؛ در حالی‌که روش‌های آماری به موقعیت مکانی توجهی ندارند (Li and Heap, 2008).

به‌دلیل افزایش سریع سطح زیر کشت، افزایش تعداد چاه‌ها، برداشت بیش از حد مجاز از سفره‌های آب زیرزمینی و نامطلوب شدن کیفیت آب‌های مناطق مختلف استان کرمان که اثرات نامطلوب زیادی بر روی خصوصیات خاک‌های این مناطق، به‌ویژه ویژگی‌های شیمیایی آن‌ها (از جمله شوری و سدیمی بودن خاک) داشته است (زین‌الدینی و همکاران، 1386)؛ پژوهش حاضر می‌کوشد تا ضمن پهنه‌بندی مکانی وضعیت شوری و سدیمی خاک‌های منطقه‌ی اسلامیه‌ی رفسنجان، به‌منظور مدیریت بهتر این منطقه، دقت تخمینگرهای آماری وزن‌دهی معکوس فاصله و اسپلاین و نیز تخمینگر زمین‌آماری کریجینگ معمولی را مورد بررسی و مقایسه قرار دهد.

1-1- هدف‌های پژوهش

1- مقایسه‌ی دقت تخمینگرهای آماری و زمین‌آماری در پهنه‌بندی مکانی شوری و سدیمی بودن خاک.

2- تأثیر تعداد نمونه در صحت تخمین شوری و سدیمی بودن خاک با استفاده از تخمینگرهای مختلف.

3- مقایسه‌ی نقشه‌های شوری و سدیمی خاک در عمق‌های مختلف.

4- مقایسه‌ی نقشه‌های شوری و سدیمی خاک حاصل از تخمینگرهای مختلف برای یک عمق خاص.

فصل دوم

پیشینه‌ی پژوهش

خاک محصول فرآیندهایی است که به‌صورت تدریجی و پیوسته در زمان و مکان تغییر می‌نمایند (Trangmar *et al*., 1985). بنابراین، بسیاری از متغیرها و خصوصیات خاک، دارای تغییرات پیوسته‌ی مکانی می‌باشند. در نتیجه، شناخت کمّی این تغییرات برای اعمال مدیریت خاص مکانی[1] که خود پایه و اساس کشاورزی دقیق[2] است، ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد (Larson *et al*., Goovaerts, 1999; Webester, 2000; 1997). امروزه مدیریت اراضی بدون در نظر گرفتن تغییرپذیری مکانی و موضعی خصوصیات خاک و عدم یکنواختی مکانی، مدیریتی مناسب و بهینه محسوب نمی‌گردد؛ زیرا این نوع مدیریت، عواقب زیست محیطی و اقتصادی نامطلوبی را به دنبال دارد (محمدی، 1385). اما به‌دلیل محدودیت‌های اقتصادی، آسان نبودن نمونه‌برداری در بسیاری از نقاط (هم‌چون حاشیه‌ی رودخانه‌ها و دامنه‌ی کوه‌ها) و هزینه‌های بالای تجزیه‌های آزمایشگاهی، در نقاط معدودی، مشاهده و نمونه‌برداری انجام می‌پذیرد. بنابراین، برای اطلاع پیدا کردن از وضعیت تغییرپذیری و هم‌چنین وضعیت پدیده‌ی مورد نظر در نقاطی که نمونه‌برداری صورت نگرفته است باید با استفاده از داده‌های در دسترس و مدل آماری ساخته-شده به تخمین نقاط اقدام نمود (محمدی، 1385). بدین‌منظور، روش‌های درون‌یابی[3]، ابزار قدرتمندی برای تخمین نقاط نمونه‌برداری‌نشده با استفاده از داده‌های موجود در نقاط نمونه‌برداری‌شده در همان

[1] Site specific management
[2] Precision agriculture
[3] Interpolation

منطقه می‌باشند (Zhou *et al*., 2007). در واقع، به روش‌های تخمین و برآورد مقدار یک متغیر پیوسته در مناطقی که نمونه‌برداری صورت نگرفته است با استفاده از مقدار همان متغیر در مناطقی که نمونه-برداری انجام شده است، درون‌یابی می‌گویند (قهرودی‌تالی، 1384). شیوه‌های درون‌یابی به دو روش کلی انجام می‌شوند. روش اول، متقن[1] نامیده می‌شود که در این شیوه، درون‌یابی بر اساس تعیین فاصله از نقاط نمونه‌برداری‌شده و بر پایه‌ی شباهت‌ها (مانند وزن‌دهی معکوس فاصله[2]) یا درجه‌ی هموارسازی (مانند توابع پایه‌ی شعاعی[3]) انجام می‌شود. روش دوم، درون‌یابی زمین‌آماری (مانند کریجینگ) است که بر اساس ویژگی‌های آماری نقاط نمونه‌برداری‌شده استوار می‌باشد. تکنیک‌های درون‌یابی زمین‌آماری، کمّیت هم-بستگی مکانی[4] نقاط نمونه‌برداری‌شده را مد نظر قرار می‌دهند (حبشی و همکاران، 1388). در واقع، تکنیک‌های درون‌یابی به گروه‌های غیر زمین‌آماری، زمین‌آماری یا ترکیبی از این دو روش تقسیم می‌شوند (Li and Heap, 2008)که به برخی از این روش‌ها در جدول 2-1 اشاره شده است.

جدول 2-1- برخی از مهم‌ترین روش‌های درون‌یابی (Li and Heap, 2008)

غیر زمین-آماری	زمین‌آماری		ترکیبی
	چندمتغیره	تک‌متغیره	
روش نزدیکترین همسایه	کریجینگ ساده با میانگین موضعی متفاوت	کریجینگ ساده	کریجینگ با سطوح روند
روش مثلثی	کوکریجینگ ساده	کریجینگ معمولی	کریجینگ رگرسیونی
روش‌های رگرسیونی	کوکریجینگ معمولی	کریجینگ بلوکی	مجذور فاصله‌ی گرادیانی
سطوح روند	کوکریجینگ معمولی استانداردشده	کریجینگ مضاعف	
اسپلاین	کوکریجینگ شاخص	کریجینگ شاخص	
اسپلاین مکعبی	کریجینگ شاخص	کریجینگ گسسته	
معکوس فاصله	کریجینگ چندمتغیره		

[1] Deterministic
[2] Inverse Distance Weighting (IDW)
[3] Radial Basis Functions (RBF)
[4] Spatial correlation

2-1- تخمینگرهای زمین‌آماری

مجموعه‌ای از روش‌های آماری تحت عنوان زمین‌آمار برای بررسی تغییرات مکانی خصوصیات خاک، مورد استفاده قرار می‌گیرند که ارایه‌دهنده‌ی ابزاری برای توصیف الگوی تغییرپذیری متغیر مورد نظر (واریوگرام[1]) به‌منظور تخمین (کریجینگ) آن در نقاط نمونه‌برداری‌نشده با استفاده از اطلاعات محل‌های نمونه‌برداری‌شده می‌باشند (Goovaerts, 1999). در واقع، زمین‌آمار شاخه‌ای از علم آمار کاربردی است که با استفاده از اطلاعات حاصل از داده‌های موجود، قادر به ارایه‌ی مجموعه‌ی وسیعی از تخمینگرهای آماری به‌منظور برآورد خصوصیات مورد نظر در نقاطی می‌باشد که نمونه‌برداری نشده‌اند (Kalivas *et al.*, 2005).

2-1-1- کریجینگ

از جمله روش‌های زمین‌آماری می‌توان به روش کریجینگ اشاره کرد. کریجینگ، نام تعمیم‌یافته‌ای برای تمام روش‌های آماری، تخمین و برآورد متغیرهای ناحیه‌ای می‌باشد که به‌عنوان یک تابع خطی از مجموعه‌ی مشاهدات واقع در همسایگی نقطه‌ی مورد تخمین، شناخته می‌شود (Wakernagel, 2002).

این روش یکی از شیوه‌های بسیار مناسب و پیشرفته برای تحلیل مکانی و توزیع داده‌ها می‌باشد (Armstrong, 1998). در واقع، یک روش خطی میانگین‌گیری وزن‌دار است.

2-2- روش‌های غیر زمین‌آماری

از جمله‌ی روش‌های غیر زمین‌آماری می‌توان به دو روش اسپلاین[2] و وزن‌دهی معکوس فاصله اشاره نمود؛ چرا که کاربرد بیش‌تری نسبت به بقیه‌ی روش‌ها در علوم محیطی دارند (Booth, 2000).

2-2-1- اسپلاین

در روش اسپلاین از توابع ریاضی برای حداقل‌سازی انحناها و نوسانات سطحی متغیر مورد مطالعه استفاده می‌شود. پارامترهای توابع ریاضی مورد استفاده به نحوی تنظیم می‌شوند که سطح کلی برآوردشده با دارا بودن حداقل انحنا از نقاط اندازه‌گیری‌شده عبور کند. استفاده از این روش بیش‌تر مربوط به شرایطی است که تعداد نقاط نمونه‌برداری‌شده اندک باشند و تغییرپذیری متغیر مورد بررسی (مانند ارتفاع) تدریجی

[1] Variogram
[2] Spline