



www.pearson.com



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی کشاورزی سازه‌های آبی

## بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی دشت میامی جهت مصارف کشاورزی بر اساس تکنیک‌های زمین‌آمار

نویسنده: شعله زاهدی

استاد راهنما:

دکتر صمد امام‌قلی‌زاده

اساتید مشاور:

دکتر مهدی دل‌قندی

مهندس رضا آشوری

دی ۱۳۹۶





فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم شعله زاهدی با شماره دانشجویی ۹۴۳۸۰۹۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش سازه های آبی تحت عنوان بررسی کیفی آبهای زیرزمینی دشت میامی جهت مصارف کشاورزی بر اساس تکنیک های زمین آمار که در تاریخ ۱۳۹۶/۱۰/۳۰ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

| قبول (با درجه: ..... عالی) <input type="checkbox"/> مردود <input type="checkbox"/> |                       |            |       |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|-------|
| نوع تحقیق: نظری <input checked="" type="checkbox"/> عملی <input type="checkbox"/>  |                       |            |       |
| عضو هیأت داوران                                                                    | نام و نام خانوادگی    | مرتبه علمی | امضاء |
| ۱- استاد راهنمای اول                                                               | دکتر صمد امامقلی زاده | دانشیار    |       |
| ۲- استاد راهنمای دوم                                                               | -                     | -          | -     |
| ۳- استاد مشاور                                                                     | دکتر مهدی دلقندی      | استادیار   |       |
| ۴- استاد مشاور                                                                     | مهندس رضا آشوری       | مربی       |       |
| ۵- نماینده تحصیلات تکمیلی                                                          | دکتر اسماعیل محمودی   | استادیار   |       |
| ۶- استاد ممتحن اول                                                                 | دکتر روزبه مؤذن زاده  | استادیار   |       |
| ۷- استاد ممتحن دوم                                                                 | دکتر خلیل اژدری       | دانشیار    |       |



نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: دکتر محمد رضا غامی تیان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع

مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

## تعهد نامه

اینجانب شعله زاهدی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته سازه‌های آبی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی کیفی آب‌های زیرزمینی دشت میامی جهت مصارف کشاورزی بر اساس تکنیک‌های زمین‌آمار تحت راهنمایی دکتر صمد امامقلی‌زاده متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می‌گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

## تاریخ

## امضای دانشجو

### مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

## مقالات مستخرج از پایان نامه

استفاده از زمین آمار در ارزیابی کمی و کیفی آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت میامی استان سمنان). کنفرانس ملی دانش و فناوری‌های نوین در علوم مهندسی در عصر تکنولوژی، ۱۷ آبان ۱۳۹۶، تهران.

بررسی تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی (مطالعه موردی دشت میامی استان سمنان). کنفرانس ملی دانش و فناوری‌های نوین در علوم مهندسی در عصر تکنولوژی، ۱۷ آبان ۱۳۹۶، تهران.

## چکیده

امروزه یکی از موانع توسعه و گسترش کشاورزی پایدار، کیفیت نامناسب آب آبیاری است. بررسی کیفیت و روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در مدیریت پایدار منابع آب هر منطقه، اهمیت زیادی دارد. بررسی کیفیت آب معمولاً مبتنی بر تجزیه شیمیایی و اندازه‌گیری پارامترهای شیمیایی آب است. اندازه‌گیری این پارامترها در یک سطح وسیع، هزینه‌بر و وقت‌گیر بوده و روش‌های تخمین‌گر، مورد نیاز است. از سوی دیگر با توجه به ماهیت زمین آماری این پارامترها، استفاده از تخمین‌گرهای زمین آماری، ضروری به نظر می‌رسد. در این تحقیق، کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی استان سمنان برای مصارف آبیاری از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ و با استفاده از تکنیک‌های زمین آماری، بررسی شد. برای این منظور از میانگین ۱۴ پارامتر شیمیایی کیفیت آب شامل سدیم، درصد سدیم، کلر، هدایت الکتریکی، سولفات، کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، آنیون‌ها، کاتیون‌ها، پ‌هاش، کل جامدات محلول، سختی کل و نسبت جذب سدیم، در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ در ۲۷ حلقه چاه با پراکنش مناسب در دشت استفاده شد. میزان این پارامترها با استانداردهای مختلف آبیاری سنجیده شد و نشان داد که آب‌های قسمت شرقی دشت در کل دوازده سال مورد بررسی، از نظر طبقه بندی ویلکاکس و استاندارد آبیاری قطره‌ای و بارانی، در رده نامناسب بوده و میزان چهار پارامتر کلر، منیزیم، کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی آن نیز، فراتر از حدود مجاز فائو بوده است. آب‌های قسمت‌های میانی و غربی دشت از لحاظ فائو بدون مشکل، از لحاظ طبقه‌بندی ویلکاکس، متوسط و از لحاظ آبیاری قطره‌ای و بارانی، محدودیت کم تا متوسط را داشتند. کیفیت نامناسب آب قسمت شرقی و متوسط قسمت‌های میانی و غربی دشت، توسط شاخص‌های آبیاری، نقشه‌های پهنه‌بندی و نمودارهای روند زمانی سه قسمت مختلف دشت، نیز تأیید شد. روند زمانی اکثر پارامترهای شیمیایی آب، در این بازه زمانی، افزایشی است و نشان‌دهنده کاهش روزافزون کیفیت آب زیرزمینی دشت می‌باشد. همه پارامترهای آب در سطح ۹۹ درصد با یکدیگر همبستگی داشتند و بهترین مدل واریوگرام برازانده شده بر آن‌ها، مدل کروی و خطی با ساختار مکانی قوی بوده که نشان‌دهنده ضرورت استفاده از زمین آمار در تحلیل آن‌هاست.

**واژگان کلیدی:** کیفیت آب زیرزمینی، استانداردهای آب آبیاری، زمین آمار، دشت میامی استان سمنان

## فهرست مطالب

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| فصل اول: مقدمه.....                          | ۱  |
| ۱-۱- مقدمه.....                              | ۲  |
| ۲-۱- ضرورت و اهمیت موضوع.....                | ۴  |
| ۳-۱- اهداف تحقیق.....                        | ۵  |
| ۴-۱- روش انجام تحقیق.....                    | ۶  |
| ۵-۱- روند تدوین پایان نامه.....              | ۷  |
| فصل دوم: کلیات و بررسی منابع پیشین.....      | ۹  |
| ۱-۲- کیفیت آب زیرزمینی.....                  | ۱۰ |
| ۲-۲- کیفیت آب در انواع سنگ مخزن.....         | ۱۰ |
| ۱-۲-۲- سنگ‌های آذرین.....                    | ۱۱ |
| ۲-۲-۲- سنگ‌های رسوبی تبخیری و غیرتبخیری..... | ۱۲ |
| ۳-۲-۲- سنگ‌های دگرگونی.....                  | ۱۲ |
| ۳-۲- کیفیت آب کشاورزی.....                   | ۱۲ |
| ۱-۳-۲- مسئله شوری.....                       | ۱۳ |
| ۲-۳-۲- مسئله نفوذ.....                       | ۱۳ |
| ۳-۳-۲- مسئله سمیت.....                       | ۱۳ |
| ۴-۳-۲- عوامل متفرقه.....                     | ۱۴ |



۴-۲- بررسی کیفیت آب در یک سطح وسیع..... ۱۴

۵-۲- پیشینه تحقیق..... ۱۵

**فصل سوم : مواد و روش‌ها**..... ۲۵

۱-۳- خصوصیات منطقه مورد مطالعه..... ۲۶

۱-۱-۳- آب و هوای منطقه..... ۲۷

۲-۱-۳- هیدرولوژی منطقه..... ۲۸

۳-۱-۳- هیدروژئولوژی منطقه..... ۲۸

۴-۱-۳- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه..... ۲۸

۵-۱-۳- زمین‌شناسی و تکتونیک منطقه..... ۳۰

۲-۳- داده‌های مورد نیاز..... ۳۰

۳-۳- استانداردهای کیفیت آب کشاورزی..... ۳۳

۱-۳-۳- استاندارد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد..... ۳۳

۲-۳-۳- استاندارد مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران..... ۳۴

۱-۲-۳-۳- استاندارد آبیاری قطره‌ای..... ۳۴

۲-۲-۳-۳- استاندارد آبیاری بارانی..... ۳۵

۳-۳-۳- طبقه‌بندی ویلکاکس..... ۳۶

۴-۳-۳- شاخص‌های آبیاری..... ۳۹

۴۰.....۵-۳-۳- ماتریس همبستگی پیرسون.....

۴۱.....۴-۳- بررسی تغییرات زمانی.....

۴۱.....۱-۴-۳- مدل رگرسیونی.....

۴۲.....۲-۴-۳- مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده.....

۴۳.....۵-۳- تکنیک‌های زمین آماری.....

۴۴.....۱-۵-۳- واریوگرام.....

۴۸.....۲-۵-۳- کریجینگ.....

۵۰.....۶-۳- عکس فاصله وزن دار.....

۵۳.....**فصل چهارم: نتایج و بحث**.....

۵۴.....۱-۴- نتایج آماری.....

۵۵.....۲-۴- نتایج بررسی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس استانداردها.....

۵۶.....۱-۲-۴- استاندارد فائو.....

۵۷.....۲-۲-۴- استاندارد سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.....

۵۷.....۱-۲-۲-۴- آبیاری قطره‌ای.....

۵۸.....۲-۲-۲-۴- آبیاری بارانی.....

۵۹.....۳-۲-۴- طبقه‌بندی ویلکاکس.....

۶۱.....۴-۲-۴- شاخص‌های آبیاری.....

- ۳-۴- ماتریس همبستگی پیرسون..... ۶۳
- ۴-۴- روند زمانی پارامترهای آب در دشت میامی..... ۶۴
- ۵-۴- روند زمانی پارامترهای آب در شرق، میانه و غرب دشت میامی..... ۶۷
- ۶-۴- پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب در دشت میامی..... ۷۲
- ۴-۶-۱- واریوگرام پارامترهای شیمیایی..... ۷۳
- ۴-۶-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی به روش کریجینگ معمولی..... ۷۶
- ۴-۷-۱- پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری در دشت میامی..... ۹۰
- ۴-۷-۱- واریوگرام شاخص‌های آبیاری..... ۹۰
- ۴-۷-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری به روش کریجینگ معمولی..... ۹۱
- ۴-۸-۱- پهنه‌بندی تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم..... ۹۴
- ۴-۸-۱- واریوگرام تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم..... ۹۵
- ۴-۸-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم به روش عکس فاصله وزن‌دار..... ۹۵
- ۴-۹-۱- پهنه‌بندی تراز سطح آب در دشت میامی جنوبی..... ۱۰۱
- ۴-۹-۱- واریوگرام تراز سطح آب..... ۱۰۲
- ۴-۹-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح آب به روش کریجینگ معمولی..... ۱۰۳
- فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات..... ۱۰۵**

۱-۵- نتیجه گیری..... ۱۰۶

۲-۵- پیشنهادات..... ۱۰۸

**منابع و مأخذ..... ۱۰۹**

منابع فارسی..... ۱۱۰

منابع انگلیسی..... ۱۱۴

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۳- موقعیت دشت میامی جنوبی در استان سمنان و ایران..... ۲۷
- شکل ۲-۳- واحدهای زمین‌شناسی دشت میامی جنوبی..... ۲۹
- شکل ۳-۳- موقعیت ۲۷ چاه انتخابی در دشت میامی جنوبی..... ۳۲
- شکل ۴-۳- دیاگرام ویلکاکس..... ۳۷
- شکل ۵-۳- نمایی از اجزای یک واریوگرام..... ۴۶
- شکل ۱-۴- روند کلسیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۴
- شکل ۲-۴- روند آنیون از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۴
- شکل ۳-۴- روند منیزیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۴
- شکل ۴-۴- روند کاتیون از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۴
- شکل ۵-۴- روند TDS از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۶-۴- روند سولفات از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۷-۴- روند SAR از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۸-۴- روند EC از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۹-۴- روند کلر از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۱۰-۴- روند سختی کل از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۵
- شکل ۱۱-۴- روند بی‌کربنات از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۶
- شکل ۱۲-۴- روند پ‌هاش از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۶
- شکل ۱۳-۴- روند سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۶
- شکل ۱۴-۴- روند درصد سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴..... ۶۶

- شکل ۴-۱۵- روند pH در سه قسمت دشت ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۶- روند Mg در سه قسمت دشت ..... ۶۷
- شکل ۴-۱۷- روند  $\text{HCO}_3$  در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۱۸- روند TH در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۱۹- روند Anion در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۰- روند SAR در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۱- روند سدیم در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۲- روند Cation در سه قسمت دشت ..... ۶۸
- شکل ۴-۲۳- روند کلسیم در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۴- روند درصد سدیم در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۵- روند TDS در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۶- روند کلر در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۷- روند سولفات در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۸- روند EC در سه قسمت دشت ..... ۶۹
- شکل ۴-۲۹- سمی‌واریوگرام کروی برازش شده بر پارامتر کلسیم و اجزای آن (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۰- سمی‌واریوگرام خطی برازش شده بر پارامتر سولفات و اجزای آن (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۵
- شکل ۴-۳۱- پهنه‌بندی آنیون در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۶
- شکل ۴-۳۲- پهنه‌بندی هدایت الکتریکی در دشت میامی (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۷
- شکل ۴-۳۳- پهنه‌بندی بی‌کربنات در دشت میامی (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۸
- شکل ۴-۳۴- پهنه‌بندی پ‌هاش در دشت میامی (سال ۱۳۹۴) ..... ۷۹
- شکل ۴-۳۵- پهنه‌بندی سختی کل در دشت میامی (سال ۱۳۹۴) ..... ۸۰

- شکل ۴-۳۶- پهنه‌بندی کل جامدات محلول در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۱
- شکل ۴-۳۷- پهنه‌بندی درصد سدیم در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۲
- شکل ۴-۳۸- پهنه‌بندی نسبت جذب سدیم در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۳
- شکل ۴-۳۹- پهنه‌بندی سدیم در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۴
- شکل ۴-۴۰- پهنه‌بندی سولفات در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۵
- شکل ۴-۴۱- پهنه‌بندی کاتیون در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۶
- شکل ۴-۴۲- پهنه‌بندی کلر در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۷
- شکل ۴-۴۳- پهنه‌بندی کلسیم در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۸
- شکل ۴-۴۴- پهنه‌بندی منیزیم در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۸۹
- شکل ۴-۴۵- واریوگرام خطی برازش شده بر شاخص نسبت کلی و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)..... ۹۱
- شکل ۴-۴۶- پهنه بندی نسبت کلی (KR) در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۹۲
- شکل ۴-۴۷- پهنه بندی نسبت جذب منیزیم (MAR) در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۹۳
- شکل ۴-۴۸- پهنه بندی شوری بالقوه (PS) در دشت میامی (سال ۱۳۹۴)..... ۹۴
- شکل ۴-۴۹- واریوگرام تجربی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲)..... ۹۵
- شکل ۴-۵۰- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲)..... ۹۶
- شکل ۴-۵۱- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹)..... ۹۷
- شکل ۴-۵۲- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲)..... ۹۸
- شکل ۴-۵۳- پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲)..... ۹۹
- شکل ۴-۵۴- پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹)..... ۱۰۰
- شکل ۴-۵۵- پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲)..... ۱۰۱
- شکل ۴-۵۶- واریوگرام نمایی برازش شده بر تراز سطح آب و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)..... ۱۰۲

شکل ۴-۵۷- پهنه‌بندی سطح آب چاه‌های دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴).....۱۰۳



## فهرست جداول

- جدول ۳-۱- حدود مجاز ترکیبات آب برای کشاورزی..... ۳۴
- جدول ۳-۲- درجه محدودیت کیفیت آب آبیاری برای روش آبیاری قطره ای..... ۳۵
- جدول ۳-۳- درجه محدودیت کیفیت آب آبیاری برای آبیاری بارانی..... ۳۵
- جدول ۳-۴- محدوده غلظت سدیم و کلر که باعث آسیب دیدن برگ‌ها می‌شود..... ۳۶
- جدول ۳-۵- حدود EC و SAR در طبقه بندی ویلکاکس..... ۳۷
- جدول ۴-۱- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت شرقی دشت ..... ۵۵
- جدول ۴-۲- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت میانی دشت ..... ۵۵
- جدول ۴-۳- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت غربی دشت ..... ۵۵
- جدول ۴-۴- طبقه بندی ویلکاکس کیفیت آب چاه‌های قسمت شرقی دشت ..... ۵۹
- جدول ۴-۵- طبقه بندی ویلکاکس کیفیت آب چاه‌های قسمت میانی دشت ..... ۶۰
- جدول ۴-۶- طبقه بندی ویلکاکس کیفیت آب چاه‌های قسمت غربی دشت ..... ۶۰
- جدول ۴-۷- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت شرقی دشت ..... ۶۱
- جدول ۴-۸- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت میانی دشت ..... ۶۱
- جدول ۴-۹- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت غربی دشت ..... ۶۲
- جدول ۴-۱۰- خصوصیات ماتریس همبستگی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی..... ۶۳
- جدول ۴-۱۱- آزمون اثرات بین آزمودنی برای پارامترهای TH, SAR, PH, EC, Na ..... ۷۱

جدول ۴-۱۲- مشخصات بهترین مدل واریوگرام برازش شده بر ۱۴ پاراکتر کیفی.....۷۳

جدول ۴-۱۳- آزمون نرمال بودن شاخص‌های نسبت جذب منیزیم، نسبت کلی و شوری بالقوه.....۹۰

# فصل اول

## مقدمه

## ۱-۱- مقدمه

آب‌های زیرزمینی بزرگترین ذخیره آب شیرین را در مناطق خشک و نیمه‌خشک تشکیل می‌دهند و از مهمترین منابع مورد استفاده در شرب و کشاورزی به شمار می‌روند. در مناطق خشک و دور از رودخانه‌ها و دریاچه‌های آب شیرین، غالباً تنها راه تأمین آب برای مصارف مختلف، استفاده از منابع آب زیرزمینی است (صداقت، ۱۳۸۷).

آب زیرزمینی، آبی است که در داخل خاک نفوذ کرده و در لایه‌های متخلخل زیرزمینی محبوس شده است. فرایند نفوذ آب در خاک، باعث تصفیه آب می‌شود و به همین دلیل است که آب‌های زیرزمینی به عنوان منابع آب شیرین برای انسان به شمار می‌روند.

کیفیت آب از لحاظ مفهوم به مشخصات یک منبع آب اشاره دارد که بر مطلوبیت آن برای مصرفی خاص اثر می‌گذارد، مصارف خاص، نیازهای کیفی متفاوت دارند و هرگاه منبع آبی در مقایسه با آب دیگری نتایج بهتری بدهد و یا مسائل و مشکلات کمتری ایجاد کند، کیفیت بهتری خواهد داشت.

کیفیت آب‌های زیرزمینی به اندازه کمیت آن برای قابل استفاده بودن در مصارف مختلف، مهم و ضروری است و نتیجه کلیه فرایندها و واکنش‌هایی است که از زمان تشکیل و تراکم آب در اتمسفر، تا زمانی که توسط چاه، قنات یا چشمه از زیر زمین خارج می‌شود، بر روی آب عمل کرده است (صداقت، ۱۳۸۷). متأسفانه ارتباط مسیرهای حرکتی آب زیرزمینی در چرخه هیدرولوژی به سطح زمین، امکان آلوده شدن آن توسط بشر را فراهم می‌کند که از ارزش آن می‌کاهد (طاهری تیزرو، ۱۳۸۴).

کیفیت آب‌های زیرزمینی و تغییرات آن در یک منطقه بطور کلی از یک سو توسط فرایندهای طبیعی از جمله سنگ‌شناسی، سرعت جریان آب زیرزمینی در آبخوان، تعامل آب با خاک و سنگ و از سوی دیگر توسط عوامل انسان‌زاد نظیر کشاورزی، صنعت، توسعه شهری و افزایش بهره‌برداری از

منابع آب، تأمین می‌شود. افزایش بی‌رویه جمعیت، محدودیت منابع آب‌های سطحی و بهره‌برداری بیش از اندازه از آب‌های زیرزمینی، باعث افت شدید سطح آب و کاهش کیفیت آبخوان‌ها شده است. از طرف دیگر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری نیز آلاینده‌های مختلفی را به آبخوان‌ها تحمیل و باعث کاهش کیفیت آب می‌شوند.

کشاورزی، بزرگترین مصرف کننده منابع آب زیرزمینی است. غلظت نمک‌های موجود در آب آبیاری، هرچند کم ولی مهم‌اند زیرا به علت فرایند تبخیر و تعرق، غلظت نمک در آب‌هایی که از منطقه ریشه گیاهان عبور می‌کنند، معمولاً چندین برابر آب آبیاری است. مطلوبیت آب برای آبیاری نه تنها با توجه به مقدار کل نمک موجود در آن، بلکه با توجه به نوع نمک تعیین می‌شود. مصرف آب کم کیفیت در کشاورزی، علاوه بر کاهش محصول، خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را تغییر می‌دهد که نتیجه آن کاهش حاصلخیزی اراضی است.

بررسی کیفیت آب شامل تجزیه و تحلیل موارد فیزیکی آب (درجه حرارت، رنگ، مزه و بو، کدر بودن و مواد معلق)، موارد شیمیایی آب (نمک‌ها و یون‌های محلول در آب)، موارد بیولوژیکی آب (باکتری‌ها، ویروس‌ها، پرتوزاها و کرم‌های انگلی) و موارد اکولوژیکی آب (روابط اجزای آب با موجودات زنده و غیرزنده در ارتباط با چرخه آب در طبیعت) می‌باشد. آب یک حلال مهم و همگانی است. از این خاصیت آب در آزمایشگاه استفاده می‌شود و از تجزیه شیمیایی آب، کیفیت آب سنجیده می‌شود. تجزیه شیمیایی کامل یک نمونه آب زیرزمینی، عبارت است از تعیین غلظت کلیه مواد معدنی موجود در آن (صداقت، ۱۳۸۷).

یکی از راه‌های نمایش تجزیه شیمیایی آب‌های زیرزمینی، تهیه نقشه‌های مختلف شیمی آب است. برای تهیه این نقشه‌ها از چاه‌های موجود در منطقه که پراکندگی مناسبی داشته و در آبخوان معینی حفر شده باشند، نمونه‌برداری شده و نتایج بر روی نقشه منطقه پیاده می‌شود. بدین صورت که نقاط نمونه‌برداری شده، میان‌یابی شده و در نهایت نقاط هم‌ارزش به هم متصل می‌شوند.

پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی، داده‌های زمین آماری می‌باشند، بدین معنی که این نوع داده-ها در موقعیت‌های ثابت و مشخص، در ناحیه‌ای پیوسته مشاهده می‌شوند. لذا از زمین آمار برای تحلیل این داده‌ها استفاده می‌شود. تخمین زمین آماری، فرایندی است که طی آن می‌توان مقدار یک کمیت در نقاطی با مختصات معلوم را با استفاده از مقدار همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم به دست آورد.

## ۲-۱- ضرورت و اهمیت موضوع

تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی و شور شدن منابع آب، خطری بزرگ در راه توسعه کشاورزی کشور به خصوص در اراضی خشک است. مشکل بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک، تنها کم‌آبی نیست بلکه کیفیت نامناسب آب‌های موجود نیز به آن اضافه می‌شود (مهدوی، ۱۳۷۸). شناخت آماری از روند کیفیت آب و شناسایی عوامل انسان زاد مؤثر بر آن، برای مدیریت پایدار کیفیت آب، لازم است (ژای و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴).

منطقه میامی استان سمنان دارای آب و هوای خشک تا نیمه‌خشک است. به علت بارندگی کم و هوای گرم، رودهای منطقه بیشتر حالت مسیل داشته و جریان سطحی زیادی در منطقه وجود ندارد. بنابراین عمده آب مورد نیاز مردم از آب زیرزمینی می‌باشد و به دلیل برداشت بیش از حد از سفره‌های آب زیرزمینی از طریق چاه‌های عمیق، دشت‌های منطقه دچار افت سطح آب و کاهش حجم مخزن آب زیرزمینی شده است (محمدی، ۱۳۹۱).

از آنجا که تهیه و تدوین هر گونه راهکاری برای مقابله با بحران آب، نیازمند آگاهی کامل از روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب بوده و بررسی کیفیت آب زیرزمینی در دشت میامی جنوبی استان سمنان، تاکنون انجام نشده است. بنابراین انجام این تحقیق، لازم و ضروری به نظر می‌رسد. نتایج به-

---

1- Zhai et al

دست آمده از این تحقیق می‌تواند اطلاعات و داده‌های با ارزشی را در اختیار برنامه‌ریزان و مسئولان قرار دهد و آن‌ها را در اتخاذ تصمیمات راهبردی هدایت کند.

### ۳-۱- اهداف تحقیق

این تحقیق با اهداف زیر شکل گرفت:

بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان جهت مصارف کشاورزی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، با استفاده از ۱۴ پارامتر شیمیایی آب شامل سدیم، درصد سدیم، کلر، هدایت الکتریکی<sup>۱</sup>، سولفات، کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، آنیون‌ها، کاتیون‌ها، پ‌هاش<sup>۲</sup>، کل جامدات محلول<sup>۳</sup>، سختی کل<sup>۴</sup> و نسبت جذب سدیم<sup>۵</sup>، توسط:

۱- استاندارد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (فائو)<sup>۶</sup>

۲- استاندارد مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران<sup>۷</sup>

۳- طبقه‌بندی ویلکاکس<sup>۸</sup>

۴- شاخص‌های آبیاری

- 
- 1- Electrical conductivity (EC)
  - 2- Potential of hydrogen (pH)
  - 3- Total dissolved solids (TDS)
  - 4- Total Hardness (TH)
  - 5- Sodium adsorption ratio (SAR)
  - 6- Food And Agriculture Organization Of The United Nations (FAO)
  - 7- institute of standards and industrial Research (ISIRI)
  - 8- Wilcox

۵- بررسی تغییرات زمانی و روند ۱۴ پارامتر ذکر شده در بازه زمانی مذکور، در کل دشت و به

تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت

۶- بررسی تغییرات مکانی و پهنه بندی ۱۴ پارامتر ذکر شده و شاخص‌های شوری بالقوه<sup>۱</sup>، نسبت

جذب منیزیم<sup>۲</sup> و نسبت کلی<sup>۳</sup> در سال ۱۳۹۴ بر اساس روش کریجینگ معمولی

۷- پهنه‌بندی تغییرات زمانی دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در بازه زمانی ۱۳۸۲

تا ۱۳۹۴ بر اساس روش عکس فاصله وزن‌دار

۸- بررسی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی تراز سطح آب در سال ۱۳۹۴ بر اساس روش کریجینگ

معمولی

#### ۴-۱- روش انجام تحقیق

برای رسیدن به اهداف تحقیق، از داده‌های سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان در ۲۷ حلقه چاه با پراکنش مناسب در دشت میامی جنوبی، در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، استفاده گردید. داده‌ها آنالیز شده، شاخص‌های آبیاری محاسبه شد. میانگین، حداکثر و حداقل پارامترهای شیمیایی آب و شاخص‌های آبیاری در کل دشت و به تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت تعیین گردید. سپس با استانداردها و شاخص‌های کیفیت آب کشاورزی، مقایسه شد.

همچنین با استفاده از نرم افزار Excel، روند زمانی پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی در کل دشت و به تفکیک سه قسمت دشت ترسیم گردید. با استفاده از نرم افزار SPSS<sup>۴</sup>، نرمال بودن توزیع پارامترها، همبستگی آن‌ها، معنی‌داری روند آن‌ها در کل دشت و چگونگی تفاوت میانگین آن‌ها در سه

---

1- Potential Salinity (PS)

2- Magnesium adsorption ratio (MAR)

3- Kelly ratio (KR)

4- Statistical package for social science



قسمت مختلف دشت در دوازده سال مورد بررسی، انجام شد. با استفاده از نرم افزار  $GS^+$ <sup>۱</sup>، بهترین واریوگرام<sup>۲</sup> برازنده شده بر پارامترها و شاخص‌های آبیاری به‌دست آمد. با استفاده از نرم افزار GIS<sup>۳</sup> و روش کریجینگ<sup>۴</sup>، پهنه بندی ۱۴ پارامتر شیمیایی آب، شاخص‌های آبیاری و تراز سطح آب در سال ۱۳۹۴ در دشت انجام گردید. همچنین پهنه‌بندی تغییرات دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در دشت با استفاده از نرم افزار GIS و روش عکس فاصله وزن‌دار (IDW)<sup>۵</sup>، انجام شد.

## ۵-۱- روند تدوین پایان‌نامه

در فصل اول پایان‌نامه، مقدمه، ضرورت و اهمیت موضوع، اهداف و روش تحقیق ذکر شده است. در فصل دوم ابتدا کلیاتی در رابطه با منطقه مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی و در ادامه به مرور تحقیقات پیشین در زمینه مورد تحقیق اشاره شد. در فصل سوم مواد و روش‌های مختلف انجام تحقیق ذکر شد، در فصل چهارم، نتایج و بحث پیرامون مقایسه کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی با استانداردها و طبقه‌بندی‌های مختلف آب کشاورزی ارائه شد، روند زمانی پارامترهای شیمیایی در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ در کل دشت و به تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت تعیین گردید. پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب، شاخص‌های آبیاری و تراز سطح آب در سال ۱۳۹۴ انجام شد و پهنه‌بندی تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم سال ۱۳۹۴ نسبت به

- 
- 1- Geostatistics for the invironmental sciences
  - 2- Variogram
  - 3- Geographic Information System
  - 4- Kriging
  - 5- Inverse Distance Weighted (IDW)

سال ۱۳۸۹ و ۱۳۸۲، ارائه گردید. در آخر و در فصل پنجم به نتیجه‌گیری از تحقیق حاضر و ارائه پیشنهاداتی در رابطه با موضوع تحقیق پرداخته شد.

## فصل دوم

### کلیات و بررسی منابع پیشین

در این فصل ابتدا کلیاتی در رابطه با مفهوم آب زیرزمینی و کیفیت آن، مسائل گوناگون ناشی از کیفیت آب کشاورزی و چگونگی بررسی کیفیت آب زیرزمینی در یک سطح وسیع، ارائه گشت. سپس تحقیقات دیگر پژوهشگران در زمینه موضوع مورد تحقیق، ارائه شد و در نهایت، به چگونگی استفاده از تحقیقات دیگر پژوهشگران جهت پیشبرد این تحقیق، پرداخته شد.

## ۲-۱- کیفیت آب زیرزمینی

آب که مایه حیات انسان و کلیه موجودات زنده روی کره زمین به شمار می‌رود به صورت نسبتاً خالص در اثر بارندگی به سطح کره زمین نازل می‌شود. اولین منبع آلوده کننده آب، اتمسفر کره زمین می باشد که حاوی ذرات گرد و غبار و گازهای مختلف بوده و قطرات باران را آلوده می‌کند. جذب گازکربنیک در زمان نزول برف و باران، انجام می‌گیرد. در اثر جاری شدن بر روی سطح زمین نیز مواد گوناگون در آب باران و یا آب حاصل از ذوب برف، حل و یا جذب گشته و بدین صورت نیز از کیفیت آن کاسته می شود. آب‌ها با کیفیت های مختلف به آبراهه‌ها، رودها و رودخانه‌ها سرازیر می‌شوند. مقداری از آب‌ها نیز با جذب عناصر شیمیایی مختلف از بین لایه‌های خاک گذشته و به سفره‌های آب زیرزمینی می‌پیوندد.

به کلیه آب‌هایی که به طور طبیعی در زیر سطح زمین وجود دارند، آب زیرسطحی گفته می شود. اما همه آن‌ها تبدیل به آب زیرزمینی نمی‌شود. اساساً آب‌های زیرسطحی ممکن است به سه حالت درآید. اول، در اثر نیروی موینگی به سطح زمین کشانده شده و از آنجا به صورت بخار به جو باز می‌گردد. دوم، توسط ریشه گیاهان جذب شده و بوسیله عمل تعرق به اتمسفر برمی‌گردد و حالت سوم، آب نفوذ کرده در اثر نیروی ثقل به طرف پایین کشیده شده و به آب‌های زیرزمینی تبدیل می‌گردد.

جنس سنگ یا تشکیلات زمین‌شناسی لایه آبدار، مدت توقف آب در لایه آبدار و طول راهی که آب برای رسیدن به محل تخلیه طی می‌کند در کیفیت آب زیرزمینی مؤثر است. بطور کلی پدیده‌های

مهم ژئوشیمی که باعث تغییرات آب در زمین می‌گردند به دو دسته شیمیایی و تغییردهنده تقسیم می‌شوند. پدیده‌های شیمیایی عبارتند از انحلال، اکسیداسیون، احیا و پدیده‌های تغییردهنده که بعد از طی مسافتی کم و بیش طولانی رخ داده و باعث تغییرات ترکیب شیمیایی آب می‌شوند عبارتند از واکنش احیای سولفات، تبادل یونی و فرایند تغلیظ (غفوری، ۱۳۷۱).

کیفیت آب زیرزمینی بسته به کیفیت آب سطحی نفوذی نیز تغییر می‌کند. گازهای جذب‌شده با منشأ آتشفشانی نیز باعث افزایش مواد محلول و معدنی آب‌های زیرزمینی می‌گردد. آب آبیاری نیز، املاح بیشتری را به آب‌های زیرزمینی وارد می‌کند و باعث کاهش کیفیت آن می‌شود. غلظت املاح آب نفوذی آبیاری به نفوذپذیری خاک، تسهیلات زهکشی، مقدار آب مورد استفاده گیاهان، آب وهوا، طول مسیر و زمان نفوذ آب، بستگی دارد. از طرف دیگر هرچه سفره آب زیرزمینی سطحی‌تر، درجه حرارت هوا بالاتر و هوا خشک‌تر باشد، افزایش املاح آب زیرزمینی در اثر تبخیر، بیشتر است (صداقت، ۱۳۸۷).

## **۲-۲- کیفیت آب در انواع سنگ‌های مخزن**

آب‌های زیرزمینی می‌تواند در هر نوع سنگی (رسوبی، آذرین و دگرگونی) تشکیل شود. کیفیت آب زیرزمینی در انواع سنگ مخزن، متفاوت است. میزان پارامترهای شیمیایی آب در انواع این سنگ‌ها بدین قرارند:

### **۲-۲-۱- سنگ‌های آذرین**

در زمین‌های گرانیتی، میزان پارامترهای کلسیم، منیزیم، سولفات و کلر آب‌ها، خیلی کم است، همچنین باقیمانده خشک (کل جامدات محلول)، نیز در این آب‌ها کم است. در زمین‌های بازالتی، کلسیم و منیزیم زیادی در آب وجود دارد و باقیمانده خشک کم است.

### **۲-۲-۲- سنگ‌های رسوبی تبخیری و غیر تبخیری**

در زمین‌های آهکی، باقیمانده خشک آب، کم است. در زمین‌های گچی نمکی، میزان املاح آب، بالا است و باقیمانده خشک زیادی در آب وجود دارد.

در زمین‌های ماسه‌ای و شنی، میزان املاح شامل کلر، سولفات، سدیم، کلسیم و منیزیم در آب زیاد است. در زمین‌های کاملاً سیلیسی، املاح آب کم بوده و پهاش خیلی کم است. در آب‌های زمین‌های رسی و مارنی به دلیل سرعت کم حرکت آب، میزان املاح زیاد است و سولفات‌ها به‌صورت سولفات کلسیم و سولفات منیزیم و کلرها به‌صورت کلرورسدیم وجود دارند.

### **۳-۲-۲- سنگ‌های دگرگونی**

به علت سرعت کم حرکت آب در سنگ‌های دگرگونی، میزان املاح، زیاد است. در سنگ‌های میکاشیست، مقدار مواد قلیایی و آهن آب، زیاد است و در شیست‌های پیریت‌دار، مقدار سولفات آب، زیاد و درجه اسیدی بالا است (محمدی، ۱۳۹۱).

### **۳-۲- کیفیت آب کشاورزی**

آنچه از نظر کشاورزی در ارتباط با کیفیت آب، مطرح است، غلظت و ترکیبات محلول در آب است که بیشترین تأثیر را بر رشد گیاه یا خصوصیات خاک دارد. نمک‌های محلول و یون‌های موجود در آب، به طور مستقیم بر رشد گیاهان اثر می‌گذارد و در درازمدت نیز با تأثیر بر خصوصیات خاک، باعث کاهش کیفیت خاک می‌گردد. مسائل ناشی از کیفیت آب در کشاورزی عبارتند از شوری، سرعت نفوذ آب، سمیت یون ویژه و عوامل متفرقه.

### **۲-۳-۱- مسئله شوری**

هرگاه انباشتگی نمک در ناحیه ریشه زیاد باشد، گیاه در جذب آب کافی از محلول شور خاک با مشکل مواجه می‌شود. کاهش آب در گیاه، باعث بروز تنش‌های طولانی آب، کاهش سرعت رشد و کاهش عملکرد گیاه شده و مسئله شوری به وقوع می‌پیوندد. نشانه‌هایی که گیاه در این خصوص آشکار می‌کند مشابه نشانه‌های کم‌آبی مانند پژمردگی زودرس، بروز رنگ سبز مایل به آبی تیره در برگ و گاهی ایجاد برگ‌های ضخیم‌تر و مومی است. این نشانه‌ها در مراحل مختلف رشد گیاه متفاوت-اند و در مراحل اولیه رشد گیاه بیشتر ملموس‌اند.

### **۲-۳-۲- مسئله نفوذ**

مسئله نفوذ در ارتباط با کیفیت آب، زمانی رخ می‌دهد که سرعت نفوذ معمولی آب به‌طور محسوسی، کند شود و به ناخالصی‌های کلسیم، منیزیم، سدیم، بی‌کربنات و هدایت الکتریکی آب آبیاری ارتباط دارد. گرچه سرعت نفوذ آب در خاک، ممکن است به‌طور محسوسی به کیفیت آب آبیاری بستگی داشته باشد، ولی عوامل دیگری نظیر ساختمان و درجه فشردگی خاک، میزان مواد آلی و مشخصات شیمیایی خاک، پوشش گیاهی خاک و عمق آب روی سطح خاک نیز در این زمینه، مؤثر هستند.

### **۲-۳-۳- مسئله سمیت**

مسائل سمیت، زمانی رخ می‌دهد که ریشه گیاه، برخی از یون‌ها را جذب و با غلظت‌های زیاد در بافت‌های خود انباشته کند و موجب آسیب‌دیدگی گیاه و کاهش عملکرد محصول شود. آسیب‌دیدگی گیاه به غلظت یون‌های سمی، حساسیت گیاه، میزان آب مصرف شده و مدت زمانی که ریشه در معرض یون‌های سمی قرار دارد بستگی دارد. یون‌های سمی محلول در آب آبیاری عبارتند از سدیم، کلر و بور. حساسیت همه گیاهان در برابر این یون‌های سمی یکسان نیست، معمولاً گیاهان چندساله یا دائمی حساس‌ترند. نشانه‌های سمیت با سوختگی حاشیه برگ و کلروز بین رگبرگ‌ها ظاهر می‌شود. بایستی توجه شود که هرچند معمولاً سمیت با شوری همراه است اما سمیت با شوری فرق می‌کند و به کمبود آب ربطی ندارد.

## ۲-۳-۴- عوامل متفرقه

نیترژن زیاد، پهاش غیرمعمول و ازدیاد منیزیم در آب آبیاری، مسائل گوناگون دیگری در گیاه از جمله رشد بیش از حد، خوابیدگی، رسوبات بدمنظر و ... را باعث می‌شوند (آیرز و وستکات<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵). درهرحال، استفاده موفقیت‌آمیز از آب آبیاری، تنها بر اساس میزان پارامترهای کیفی آب نبوده و شرایط دیگری نظیر خصوصیات خاک، وضعیت زهکشی، شرایط اقلیمی، مدیریت آبیاری، مدیریت کشت و کار و نوع گیاه نیز بر معیارهای موردنظر در کیفیت آب آبیاری، تأثیرگذار هستند و بایستی در رابطه آب، خاک و گیاه، لحاظ شوند. بطوری‌که یک آب، ممکن است برای یک محصول و در یک خاک به‌خصوص، مناسب نباشد اما برای خاک دیگر و محصول دیگر مناسب باشد و یا اینکه مصرف آن فقط مقدار کمی، کاهش محصول را ایجاد کند.

## ۲-۴- بررسی کیفیت آب در یک سطح وسیع

کیفیت آب‌های زیرزمینی در مقیاس مکانی و زمانی عمل می‌کند و نمی‌توان خواص آن را در طول مکان و زمان ثابت فرض کرد. با توجه به طول مسیر طی شده و میزان مواد انحلالی در مسیر، کیفیت آب می‌تواند تفاوت زیادی در نقاط مختلف پیدا کند (مهدوی، ۱۳۷۸). بررسی کیفیت آب زیرزمینی در یک سطح وسیع، معمولاً مشکل است، لذا برای چنین سطوحی، نقطه‌هایی را به صورت نمونه انتخاب و داده‌های آن را به کل منطقه مطالعاتی، تعمیم می‌دهند.

روش‌های مختلفی برای تخمین نقاط اندازه‌گیری نشده بر اساس نقاط اندازه‌گیری شده وجود دارد که در یک تقسیم بندی کلی می‌توان آن‌ها را به روش‌های زمین‌آماري و روش‌های کلاسیک تقسیم بندی نمود. در آمار کلاسیک، مشاهدات، مستقل از هم و فارغ از موقعیت مکانی فرض می‌شوند. درحالی‌که در زمین‌آمار علاوه بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت فضایی نمونه نیز مورد توجه قرار گرفته و بدین لحاظ می‌توان موقعیت فضایی نمونه‌ها را همراه با مقدار کمیت، یکجا مورد

---

1- Ayers and Westcott



تحلیل قرار داد. زمین آمار شاخه ای از علم آمار کاربردی است که با استفاده از اطلاعات بدست آمده از نقاط نمونه برداری شده، قادر به ارائه مجموعه وسیعی از تخمین‌گرهای آماری به منظور برآورد خصوصیت مورد نظر در نقاط نمونه برداری نشده، است. در نظر گرفتن موقعیت فضایی و همچنین وابستگی فضایی بین مشاهدات نمونه، به شناخت بیشتر جامعه مورد بررسی کمک می‌کند.

## ۲-۵- پیشینه تحقیق

در سال‌های اخیر پژوهشگران بسیاری، کیفیت آب زیرزمینی دشت‌های مختلف را بر اساس طبقه بندی‌های مختلف، برای مصارف مختلف و بر اساس روش‌های زمین آماری، بررسی نموده‌اند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره کرد.

در تحقیقی که به منظور پیش‌بینی الگوی پراکنش مکانی پارامترهای شیمیایی کیفی آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی در استان گلستان بر اساس زمین‌آمار انجام شده، ساختار کروی<sup>۱</sup> واریوگرام با همبستگی مکانی خوب برای همه پارامترها به دست آمده است. همچنین بر اساس استاندارد ویلکاکس، ۹۵ درصد منطقه دارای کیفیت متوسط آب (C3S1, C3S2) بوده و بر اساس راهنمای فائو، ۸۹ درصد منطقه، کیفیت خوب تا متوسط آب را دارا بوده اند. آب‌های با کیفیت خوب، بیشتر در نواحی شرقی، جنوب شرقی و شمال غربی منطقه بوده‌اند. همچنین با استفاده از شاخص‌های شوری بالقوه و شوری مؤثر<sup>۲</sup>، احتمال بروز شوری در نواحی مرکزی و غربی دشت، بیشتر تشخیص داده شده است (دلبری و همکاران، ۱۳۹۵).

در تحقیقی که به منظور بررسی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی دشت کاشان طی یک دوره ۱۲ ساله ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۲ با بهره‌گیری از روش‌های زمین‌آمار انجام شده، روش کریجینگ

---

1- Spherical  
2- Effective salinity

براساس ضریب تبیین بالاتر، برای پهنه‌بندی انتخاب شده است. همچنین نتایج حاکی از دیاگرام شولر<sup>۱</sup> و ویلکاکس، نشان‌دهنده روند کاهشی کیفیت آب شرب و کشاورزی در منطقه مورد مطالعه بوده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). در تحقیقی که به منظور مقایسه بهترین مدل واریوگرام و درون‌یابی به منظور تحلیل مکانی دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در دشت شیرامین آذربایجان شرقی انجام شده، برای هر دو پارامتر بر اساس ارزیابی متقابل، مدل کروی به‌عنوان بهترین مدل واریوگرام و روش کریجینگ ساده به عنوان بهترین روش درون‌یابی، انتخاب شده است (ولیزاده-کامران و همکاران ۱۳۹۵).

نتایج پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت ملایر، نشان‌دهنده مدل واریوگرام کروی و روش کوکریجینگ<sup>۲</sup> ساده به عنوان مناسب‌ترین واریوگرام و روش پهنه‌بندی بوده است. همچنین جهت مصارف کشاورزی بر مبنای دیاگرام ویلکاکس، وضعیت کیفی آب کشاورزی دشت در دو دسته خوب و متوسط طبقه‌بندی شده است (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی پارامترهای کلسیم، منیزیم، پ‌هاس، کلر، سولفات و سدیم آب زیرزمینی در دشت جیرفت طی سال‌های ۱۳۹۱-۱۳۸۱، نشان‌دهنده افزایش میزان پارامترهای پ‌هاس، سدیم، کلر و سولفات در آب و کاهش میزان کلسیم و منیزیم، بوده است. کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت در حالت کلی در سال ۱۳۹۱ نسبت به سال ۱۳۸۱، کاهش داشته و روند تغییرات مکانی به گونه‌ای بوده که با حرکت به سمت جنوب و غرب، کاهش کیفیت آب، بیشتر بوده است (سلیمانی‌ساردو و همکاران، ۱۳۹۵).

در بررسی تغییرات الگوی مکانی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ کشاورزی در دشت فسا، بر مبنای داده‌های ۲۵ حلقه چاه در بازه زمانی ۱۳۹۲-۱۳۸۷، پس از پهنه‌بندی پارامترهای مؤثر در روش‌های طبقه‌بندی کیفیت آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار در GIS، مساحت تحت تأثیر کلاس‌های کیفی مختلف تعیین شد. الگوی مکانی کلی کیفیت آب کشاورزی نشان داد که منطقه مورد مطالعه،

---

1- Schoeller

2- Cokriging

سه کلاس خوب، متوسط و بد داشته که مساحت مناطق با کیفیت متوسط در حال کاهش و مساحت مناطق با کیفیت بد در حال افزایش بوده است (زارعی و امیری، ۱۳۹۵). در دشت دزفول، برای پهنه-بندی آب زیرزمینی بر اساس ارزیابی متقابل، روش کوکریجینگ با واریوگرام گوسین<sup>۱</sup>، انتخاب شده و نتایج حاصل از رسم نقشه‌های پهنه‌بندی، نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب کیفیت منابع آب زیرزمینی در قسمت‌های جنوب شرقی و شرقی دشت، بوده است (ادیب و زمانی، ۱۳۹۴).

در بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت ورامین جهت مصارف کشاورزی، با استفاده از داده‌های ۷۴ حلقه چاه در سال ۸۸، ابتدا نقشه پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب ترسیم گردیده و سپس با روش سلسله‌مراتبی و ایجاد ماتریس زوجی، به هر کدام از پارامترها وزن داده شده و در نهایت با تلفیق لایه-ها و انتخاب وزن‌ها، کیفیت آب منطقه برای کشاورزی، در قسمت‌های شمال غرب، جنوب غرب و غرب، بد و در قسمت‌های مرکز، شمال و شمال شرق، مطلوب، تشخیص داده شده است (نخعی و همکاران، ۱۳۹۲).

در بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب بر اساس سه شاخص هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و کل جامدات محلول در بازه زمانی ۱۳۸۹-۱۳۸۱ در دشت یزد-اردکان، با استفاده از ۳۰ حلقه چاه و روش کریجینگ جهت پهنه‌بندی، نتایج نشان‌دهنده این مطلب بوده که با حرکت از غرب و جنوب غرب به سمت شمال، شمال شرق و شرق منطقه مورد مطالعه، از کیفیت آب‌های زیرزمینی کاسته شده است (علمدارلو و همکاران، ۱۳۹۴). بررسی تغییرات مکانی و زمانی برخی از پارامترهای کیفی آب زیرزمینی شامل هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و سدیم در دشت کوهپایه - سگری اصفهان، نشان داده که کیفیت آب در سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۴، کاهش چشمگیری پیدا کرده است. افزایش چشمگیر مقادیر پارامترها در مناطق جنوبی دشت و در حاشیه رودخانه زاینده‌رود، بوده است (عباسی جندانی و طالبی، ۱۳۹۴). در دشت هشتگرد البرز نتایج بررسی پارامترهای شیمیایی آب

---

1- Gaussian

چاه‌های دشت، نشان داده که ۹۹ درصد از سطح آبخوان جهت مصارف کشاورزی بر اساس طبقه بندی ویلکاکس در رده خوب و یک درصد در رده متوسط قرار دارد (ملکیان و میردشتوان، ۱۳۹۴).

در بررسی امکان اجرای آبیاری قطره‌ای و بارانی بر اساس پارامترهای شیمیایی آب، با استفاده از GIS در دشت‌های استان همدان، نتایج نشان‌دهنده این موضوع بوده که دشت کبودرآهنگ، بیشترین محدودیت را در اجرای آبیاری بارانی و دشت رزن- قهاوند، بیشترین محدودیت را در اجرای آبیاری قطره‌ای داشته است. هم چنین دشت‌های نه‌اوند و تویسرکان از نظر اجرای هر دو سامانه تحت فشار با توجه به کیفیت آب زیرزمینی، مناسب ترین شرایط را داشته‌اند (قائم‌زاده و اخوان، ۱۳۹۳).

در تهیه نقشه کیفیت منابع آب زیرزمینی با روش‌های زمین‌آمار در بهبهان، بهترین روش میان-یابی با ارزیابی متقابل، روش کوکریجینگ معمولی تشخیص داده شده و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس، ۳۳٪ از سطح منطقه مورد مطالعه دارای وضعیت مناسب، ۳۴٪ دارای وضعیت متوسط و ۳۳٪ دارای وضعیت نامناسب برای مصارف کشاورزی بوده‌اند (مزارعی بهبهانی و همکاران، ۱۳۹۳). در آبخوان دشت بابک استان کرمان، بدترین کیفیت آب شرب و کشاورزی مربوط به مناطق جنوب و جنوب شرقی دشت بوده و علت افت شدید کیفیت به سمت جنوب و جنوب شرقی، وجود کفه نمک که احتمالاً ادامه کفه نمک کویر سیرجان بوده، دانسته شده است. همچنین از علل دیگر کاهش کیفیت آب زیرزمینی در این قسمت، تجمع روستاها و زمین‌های کشاورزی عنوان شده است (جهانشاهی و همکاران، ۱۳۹۳).

در تهیه نقشه‌های کیفی آب زیرزمینی به منظور شناسایی مناطق مناسب برای شرب و کشاورزی در حوضه چهاردولی استان کردستان، پهنه‌بندی پارامترهای آب با استفاده از نرم افزار GIS نشان داد که بیشتر آب‌های منطقه، کیفیت مناسبی برای کشاورزی و مصارف خانگی داشته، تنها قسمت کوچکی در مرکز، کیفیت نامناسبی داشته و مناطق غربی و شمال شرقی از کیفیت بهتری برخوردار بوده‌اند (قادری و همکاران، ۱۳۹۳). در دشت قهاوند همدان، بررسی میزان پارامتر هدایت الکتریکی

نشان داده که آب‌های زیرزمینی در بخش مرکزی دشت، به نسبت بسیار شور هستند (طاهری تیزرو و همکاران، ۲۰۱۴).

در شمال غرب کبودرآهنگ استان همدان، با بررسی و تجزیه و تحلیل داده‌های کیفی شیمیایی آب زیرزمینی و نقشه‌های هیدروژئوشیمیایی، مشخص گردید که کیفیت آب از لحاظ کشاورزی، مناسب تا قابل قبول (C2S1, C3S1)، از لحاظ شرب، قابل قبول و از لحاظ صنعتی، خاصیت خوردنگی دارد (کردی و همکاران، ۱۳۹۳). در غرب شهرستان مریوان استان کردستان، ارزیابی کیفیت آب بر اساس نمودارهای ویلکاکس و شولر، نشان داد که آب بیشتر چاه‌ها و چشمه‌های مورد مطالعه، کیفیتی مناسب برای شرب و آبیاری داشته‌اند و همچنین با حرکت از شرق به غرب از میزان پارامترها کاسته شده است (صالحی و زینی‌وند، ۱۳۹۳).

در ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی با شاخص‌های کیفی آب و GIS در مناطق شمالی مصر، ۱۱ پارامتر شیمیایی آب، مورد بررسی قرار گرفته و رابطه همبستگی قوی‌ای بین دو پارامتر کلسیم و کلر مشاهده شده است. همچنین بر اساس درصد سدیم، شاخص نفوذپذیری<sup>۱</sup> و نسبت جذب سدیم، تنها کمتر از سه درصد منطقه برای آبیاری، مناسب نبوده‌اند (السید ربی<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷). در بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از پارامترهای کیفی، آمار چند متغیره و زمین‌آمار در بنگلادش مرکزی، مدل واریوگرام نمایی<sup>۳</sup> مناسب‌ترین مدل برازش شده بر بیشتر پارامترها، به‌دست آمده است و میزان کلسیم، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، آهن و آرسنیک منطقه، بیشتر از استانداردهای بنگلادش و بین المللی بوده است (بودرود دوزا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۶).

---

1- Permeability index

2- Elsayed rabei

3- Exponential

4- Bodrud-Doza et al

در تحقیقی به منظور پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی در دشت ایوانکی تبریز از شاخص‌های متفاوت آبیاری از جمله نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی استفاده شده، از روش عکس فاصله وزن دار جهت پهنه‌بندی استفاده گردیده و نتایج، نشان‌دهنده کیفیت بد آب جهت مصارف کشاورزی در جنوب و مرکز، متوسط در شرق و خوب در غرب منطقه مورد مطالعه بوده است (دوچشمه گرجی و ودیعتی، ۲۰۱۴).

نتایج بررسی کیفیت آب آبگیر لاهان<sup>۱</sup> تایلند با رسم نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب در سال ۲۰۱۰، کلاس دو برای کیفیت آب به‌دست آمده که بر اساس تعریف دپارتمان کنترل آلودگی تایلند برای مصرف، مناسب تشخیص داده شده، اما نیازمند تصفیه بوده است (پونگپچ و سوانواری<sup>۲</sup>، ۲۰۱۲). در بررسی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از پارامترهای کیفی و GIS در منطقه جادا<sup>۳</sup> شمال شرقی نیجریه، کیفیت آب زیرزمینی برای مصرف شرب، مناسب تشخیص داده شد. از طرف دیگر بر اساس سختی کل، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول، کیفیت آب برای آبیاری، مناسب و بر اساس نسبت جذب منیزیم و شاخص نفوذپذیری برای آبیاری نامناسب تشخیص داده شده است (ایشاکو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۱).

- 
- 1- Lahan Swamp
  - 2- Pongpetch and Suwanwaree
  - 3- Jada area
  - 4- Ishaku et al

در تحقیق انجام شده در کوتاهیا<sup>۱</sup> ترکیه و بررسی کیفیت آب آبیاری و خاک کشاورزی، نشان داده که آب زیرزمینی در مجموع برای آبیاری مناسب است و درصد سدیم پایینی دارد البته به دلیل وجود کلسیم، منیزیم و بی کربنات، سختی آب بالاست (ارسلان<sup>۲</sup>، ۲۰۱۷).

بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای اهداف آبیاری در پنگیانگ<sup>۳</sup> چین در سال ۲۰۱۲، کیفیت عالی تا خوب آب زیرزمینی منطقه برای اهداف کشاورزی را نشان داده است. از سوی دیگر هوازگی معدنی و تبادل یونی، مهم ترین عوامل کنترل کننده کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی منطقه دانسته شده است (لی و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳).

در بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای آبیاری در اطراف معدن زغال سنگ دیناچپور<sup>۵</sup> بنگلادش، آب منطقه برای آبیاری، مناسب و کیفیت آب، عمدتاً مربوط به هوازگی سنگ ها و تبخیر طبیعی تشخیص داده شده است (فرهاد هولادار و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۶).

در بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای اهداف آشامیدنی و کشاورزی در بلوک چهاطنا محدوده بانکورا<sup>۷</sup> غرب بنگال، کیفیت شیمیایی آب به لیتولوژی منطقه مرتبط دانسته شده و برای آشامیدن و کشاورزی مناسب تشخیص داده شده است همچنین آب زیرزمینی در مجموع شیرین و سخت تا

- 
- 1- Kutahya
  - 2- Arslan
  - 3- Pengyang County
  - 4- Li et al
  - 5- RSC Coal Mining Dinajpur
  - 6- Farhad Howladar et al
  - 7- Chhatna Block, Bankura District

خیلی سخت برآورد شده است (کاندا و کانتی‌نگ<sup>۱</sup>، ۲۰۱۵). در بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای اهداف آبیاری در آگیر بهاسکارائوکونتا نالگوندا<sup>۲</sup> هند، بر اساس شاخص‌های کربنات سدیم باقیمانده<sup>۳</sup>، شاخص نفوذپذیری، نسبت کلی، درصد سدیم، هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، کیفیت آب در کل، مناسب تشخیص داده شده است (سرینیواسا ردی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۳).

در مطالعه ای در پنجاب<sup>۵</sup> هندوستان، کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از شاخص کیفیت آب زیرزمینی و GIS، متوسط تا خوب ارزیابی شده و تنها بعضی قسمت‌ها دارای کیفیت ضعیف بوده‌اند. همچنین با استفاده از داده های ماهواره‌ای کاربری زمین و پوشش گیاهی در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۶ و برقراری همبستگی بین این دو با پارامترهای کیفی آب زیرزمینی، مشخص شده که مناطق دارای شهرنشینی سریع همزمان با صنعتی شدن، کیفیت ضعیف تا نامناسب آب زیرزمینی را دارا بوده‌اند (سینگ و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۱). در ارزیابی شاخص کیفیت آب آبیاری در حوضه آبخیز دمام<sup>۷</sup> کربلا، با استفاده از داده‌های ۳۰ حلقه چاه در سال ۲۰۱۲، تقریباً ۵۶ درصد منطقه در قسمت محدودیت شدید برای مصرف تشخیص داده شده‌اند که بیشتر، نواحی مرکزی و جنوب شرقی منطقه

- 
- 1- Kundu and Kanti Nag
  - 2- Bhaskar Rao Kunta watershed, Nalgonda District
  - 3- RSC
  - 4- Srinivasa Reddy
  - 5- Punjab
  - 6- Singh et al
  - 7- Al-dammam Confined Aquifer



مورد مطالعه بوده‌اند. بقیه ۴۴ درصد منطقه نیز محدودیت بالایی برای مصرف داشته‌اند (خلف و حسن<sup>۱</sup>، ۲۰۱۳).

در مطالعه‌ای در آبخوان دشت ایرانشهر استان سیستان و بلوچستان، از آنالیز شیمیایی ۲۵ حلقه چاه در دشت به منظور تعیین پارامترهای هیدروژئوشیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت استفاده و جهت مصارف کشاورزی و بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس، تیپ آب‌های دشت، C4S4, C4S3, C3S2 بوده است. همچنین بر اساس سختی کل، آب زیرزمینی، نرم و تیپ هیدروشیمی غالب در کل منطقه مورد مطالعه، سدیم-کلریدی، سدیم-سولفاتی و سدیم-بی‌کربناتی بوده است (گلچین و اژدری مقدم، ۲۰۱۶).

در مطالعه انجام شده در شهر کنیا<sup>۲</sup> ترکیه بر اساس هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم، با استفاده از داده‌های ۱۷۷ حلقه چاه پراکنده در منطقه و روش کریجینگ معمولی در نرم افزار GIS، توزیع مکانی پارامترها تعیین شده و نتایج، نشان‌دهنده کیفیت بهینه آب زیرزمینی در جنوب غربی منطقه مورد مطالعه بوده است. از طرف دیگر، کیفیت آب از جنوب به شمال منطقه، کم شده است (ناس و برکتای<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰).

با بررسی منابع و مرور تحقیقات ذکرشده، جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان برای مصارف کشاورزی، از استانداردهای فائو، استاندارد سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای آبیاری قطره‌ای و بارانی، طبقه‌بندی ویلکاکس، شاخص‌های شوری بالقوه، نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی استفاده گردید. همچنین جهت پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب،

---

1- Khalaf and Hassan

2- Konya city

3- Nas and Berktaay

شاخص‌های آبیاری و تراز سطح آب از روش کریجینگ معمولی و جهت پهنه‌بندی تغییرات دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از روش عکس فاصله وزن‌دار در نرم افزار GIS استفاده شد.

## فصل سوم

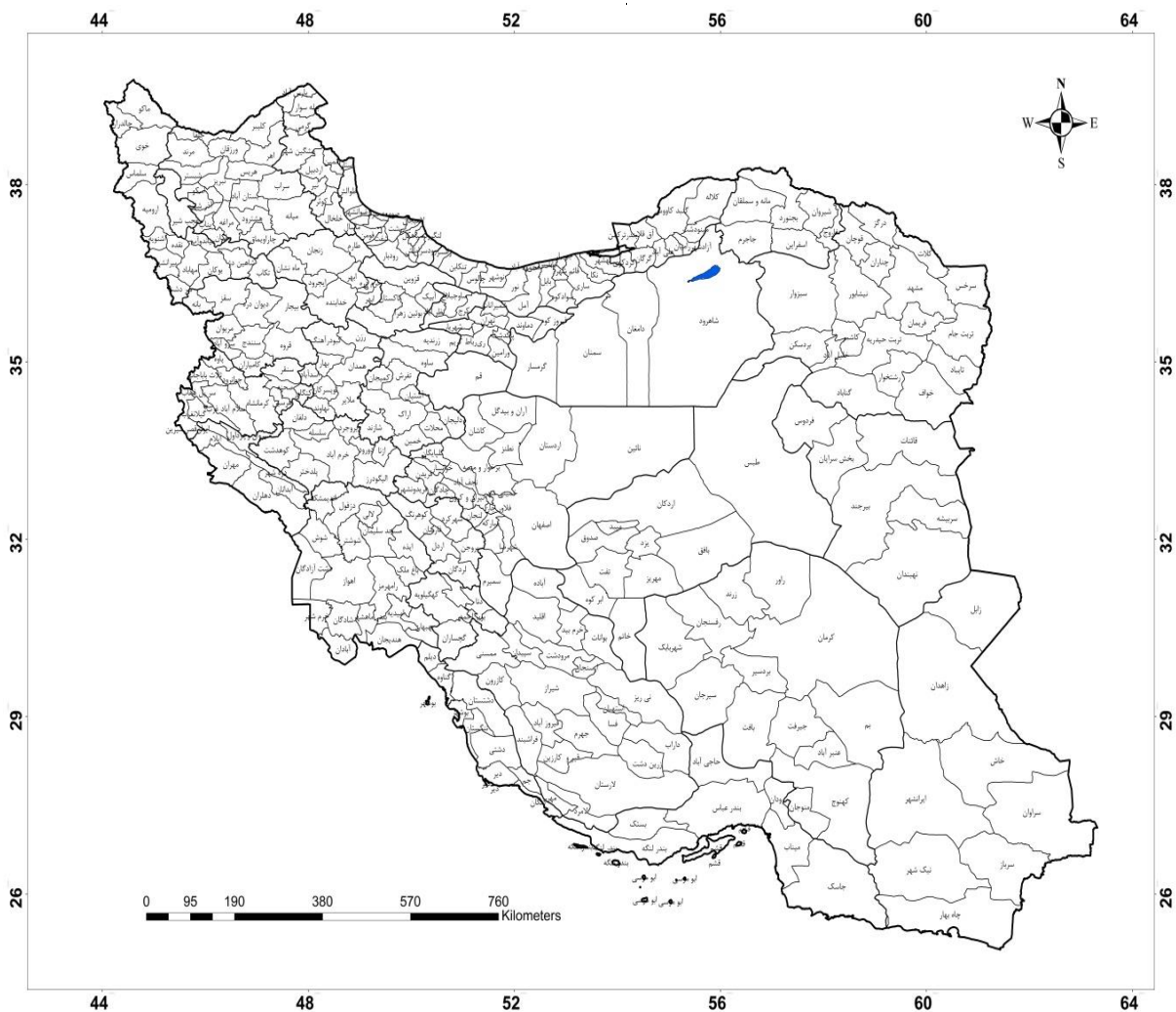
### مواد و روش ها

در این فصل ابتدا دشت میامی جنوبی، معرفی شد و ویژگی‌های آب و هوایی، هیدرولوژی، هیدروژئولوژی و زمین‌شناسی (چینه‌شناسی و گسل‌شناسی) آن ارائه گردید. در ادامه، نتایج آماری پارامترهای کیفی آب به تفکیک سه قسمت دشت ارائه گشت. همچنین روش‌های مختلف بررسی کیفیت آب از لحاظ کشاورزی شامل استانداردهای فائو و سازمان استاندارد ایران، طبقه‌بندی ویلکاکس، شاخص‌های شوری بالقوه، نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی، معرفی و تفسیر شدند. همچنین ماتریس همبستگی پارامترها، مدل‌های رگرسیونی و خطی عمومی - اندازه‌های تکرار شده، تعریف شدند. از سوی دیگر تکنیک‌های زمین آماری شامل واریوگرافی، میان‌یابی و پهنه‌بندی، معرفی و تحلیل شدند.

### ۳-۱- خصوصیات منطقه مورد مطالعه

منطقه میامی در ۶۵ کیلومتری شرق شاهرود در طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه، در بخش انتهایی شمال شرقی ایران واقع شده است. این دشت دارای وسعتی به اندازه ۵۰۴۶/۲۵ کیلومتر مربع است و جزو مناطق مطالعاتی مشترک بین استان‌های سمنان، گلستان و خراسان شمالی است. این در حالی است که درصد بسیار ناچیزی از این محدوده (حدود ۰/۷ درصد) در استان گلستان و حدود ۰/۴ درصد در استان خراسان شمالی قرار گرفته است. زراعت و باغبانی در درجه اول و دامداری و سایر مشاغل فرعی در درجه بعدی به‌عنوان منبع اصلی درآمد مردم به‌شمار می‌آید. گیاهانی که در این منطقه می‌رویند بیشتر بوته‌ای بوده و به‌ندرت درختچه‌ای هستند. کشت غالب منطقه، جو، گندم، پنبه، فلفل، سیب-زمینی، عدس و... می‌باشد. دشت میامی جنوبی به وسعت ۶۰۹/۴۴۶ کیلومتر مربع در قسمت جنوبی دشت میامی بوده و شهر میامی در این قسمت قرار دارد. از روستاهای این قسمت نیز می‌توان به محمدآباد، شریف آباد و ساق آباد اشاره کرد.

موقعیت قرارگیری دشت میامی جنوبی در شهرستان شاهرود، استان سمنان و نقشه ایران نشان داده شده است (شکل ۳-۱).



شکل ۳-۱- موقعیت دشت میامی جنوبی در استان سمنان و ایران

### ۳-۱-۱- آب و هوای منطقه

منطقه میامی از نظر اقلیمی دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی است. بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی و جنوبی آن گرم و خشک و بخش‌هایی از شمال آن سرد و خشک است. وزش بادهای شدید در قسمت اعظم سال بخصوص در زمستان و بهار از مشخصات این ناحیه است. درجه حرارت در

روزهای تابستان گاهی به ۴۵ درجه و حتی بیشتر می‌رسد، حال آنکه شب هوا سرد است (عباسی، ۱۳۸۸). اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتون و بر اساس نقشه‌های متوسط بارش سالانه و متوسط درجه حرارت سالانه، در محدوده بسیار خشک تا نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌گردد (محمدی، ۱۳۹۱).

### **۳-۱-۲- هیدرولوژی منطقه**

زهکش اصلی جریانات سطحی و زیرزمینی محدوده مورد مطالعه، کال میامی بوده که با توجه به وسعت حوضه آبریز، دارای شیب ملایمی می‌باشد. به دلیل پراکندگی حوضه‌ها، شیب کم و بارش کم، اغلب جریانات به صورت فصلی و سیلابی بوده و در مجموع پتانسیل آب سطحی حوضه، ضعیف است. مسیل‌های مهمی که در اثر بارندگی‌های سیل‌آسا ممکن است در آن‌ها سیل جاری شود، کال شور و کال زیدر می‌باشند.

### **۳-۱-۳- هیدروژئولوژی منطقه**

از واحدهای آبخوان‌ساز محدوده، می‌توان به دشت‌های میامی جنوبی، میامی شمالی، مزج و جیلان اشاره نمود. سازندهای آهکی کوه‌های میامی به عنوان مهم‌ترین آبخوان آهکی منطقه می‌باشد. آبخوان موجود در این منطقه، تک‌سفره ای و از نوع آزاد است.

### **۳-۱-۴- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه**

تفکیک واحدهای موجود در این منطقه بر اساس داده‌های فسیل‌شناسی و خصوصیات سنگ‌شناسی و جایگاه چینه‌شناسی آن‌ها صورت گرفته است. این واحدها از قدیم به جدید به شرح زیر می‌باشد.

**الف- پرمین:** به طور پراکنده در قسمت‌های شمال و شمال غرب محدوده، مساحت کمی دارد.

**ب- کرتاسه:** در جنوب میامی با ضخامت شایان توجه، ستیغ قله‌های مرتفع را می‌سازد.

د- **کوارتز**: شامل پهنه‌های رسی، مناطق کشاورزی، رسوبات ماسه‌ای سست، عناصر قلیه‌ای و شنی و گاه ماسه‌ای، شامل پادگانه‌های جوان و دشتهای آبرفتی و آبرفت‌های جوان که در منطقه وجود دارند.

The map displays a variety of geological units labeled with codes such as Qft1, Qft2, Qc, Qcu, Qs,d, Qcf, Qal, Qf1, Qf2, Qc1, Qc2, Qc3, Qc4, Qc5, Qc6, Qc7, Qc8, Qc9, Qc10, Qc11, Qc12, Qc13, Qc14, Qc15, Qc16, Qc17, Qc18, Qc19, Qc20, Qc21, Qc22, Qc23, Qc24, Qc25, Qc26, Qc27, Qc28, Qc29, Qc30, Qc31, Qc32, Qc33, Qc34, Qc35, Qc36, Qc37, Qc38, Qc39, Qc40, Qc41, Qc42, Qc43, Qc44, Qc45, Qc46, Qc47, Qc48, Qc49, Qc50, Qc51, Qc52, Qc53, Qc54, Qc55, Qc56, Qc57, Qc58, Qc59, Qc60, Qc61, Qc62, Qc63, Qc64, Qc65, Qc66, Qc67, Qc68, Qc69, Qc70, Qc71, Qc72, Qc73, Qc74, Qc75, Qc76, Qc77, Qc78, Qc79, Qc80, Qc81, Qc82, Qc83, Qc84, Qc85, Qc86, Qc87, Qc88, Qc89, Qc90, Qc91, Qc92, Qc93, Qc94, Qc95, Qc96, Qc97, Qc98, Qc99, Qc100. A blue line runs diagonally across the map, likely representing a major geological boundary or a specific geological feature. The map includes a scale bar from 0 to 16 Kilometers and a compass rose indicating North (N), South (S), East (E), and West (W).

Qft1: ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای قدیمی مرتفع

Qft2: ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید کم ارتفاع

$Q_{s, d}$ : رسوبات ماسه‌ای سست در بردارنده تلماسه‌ها

Qcf : پھنہ رسی

### ۳-۱-۵- زمین شناسی ساختمانی و تکتونیک منطقه

منطقه مورد مطالعه از نظر تقسیم‌بندی ساختاری، جزیی از ایران مرکزی است که در جنوب گسل میامی قرار دارد. گسل‌های منطقه عمدتاً دارای سه نوع روند هستند. شرقی- غربی، شمال‌غربی- جنوب‌شرقی، شمال‌شرقی- جنوب‌غربی که روند اصلی گسل‌های منطقه، شرقی- غربی است. در صفحات بین گسل‌ها، چین‌خوردگی‌های پرشماری وجود دارند. چین‌خوردگی‌ها از نظر اندازه، توزیع و گسترش، بسیار متغیرند و در اغلب موارد به موازات گسل‌های اصلی یا با زاویه کمی از آن‌ها جای دارند (محمدی، ۱۳۹۱).

### ۳-۲- داده‌های مورد نیاز

برای رسیدن به اهداف تحقیق از داده‌های سازمان آب منطقه‌ای استان سمنان در دوره دوازده ساله ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ استفاده شد و ۱۴ پارامتر شیمیایی آب شامل سدیم، درصد سدیم، کلر، هدایت الکتریکی، سولفات، کلسیم، منیزیم، بی‌کربنات، آنیون‌ها، کاتیون‌ها، پ‌هاش، کل جامدات محلول، سختی کل و نسبت جذب سدیم، در ۲۷ حلقه چاه با پراکنش مناسب در دشت میامی جنوبی، مورد بررسی قرار گرفتند.

بر حسب تعاریف، آنیون‌ها عبارتند از مجموع کربنات، بی‌کربنات، نیتрат، کلر و سولفات. کاتیون‌ها شامل کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم می‌باشند. هدایت الکتریکی متناسب با غلظت مجموع یون‌های موجود در آب است. درصد سدیم، مجموع مقدار سدیم و پتاسیم به مقدار کل کاتیون‌ها ضرب در صد است. نسبت جذب سدیم عبارت است از مقدار سدیم به جذر میانگین مجموع کلسیم و منیزیم

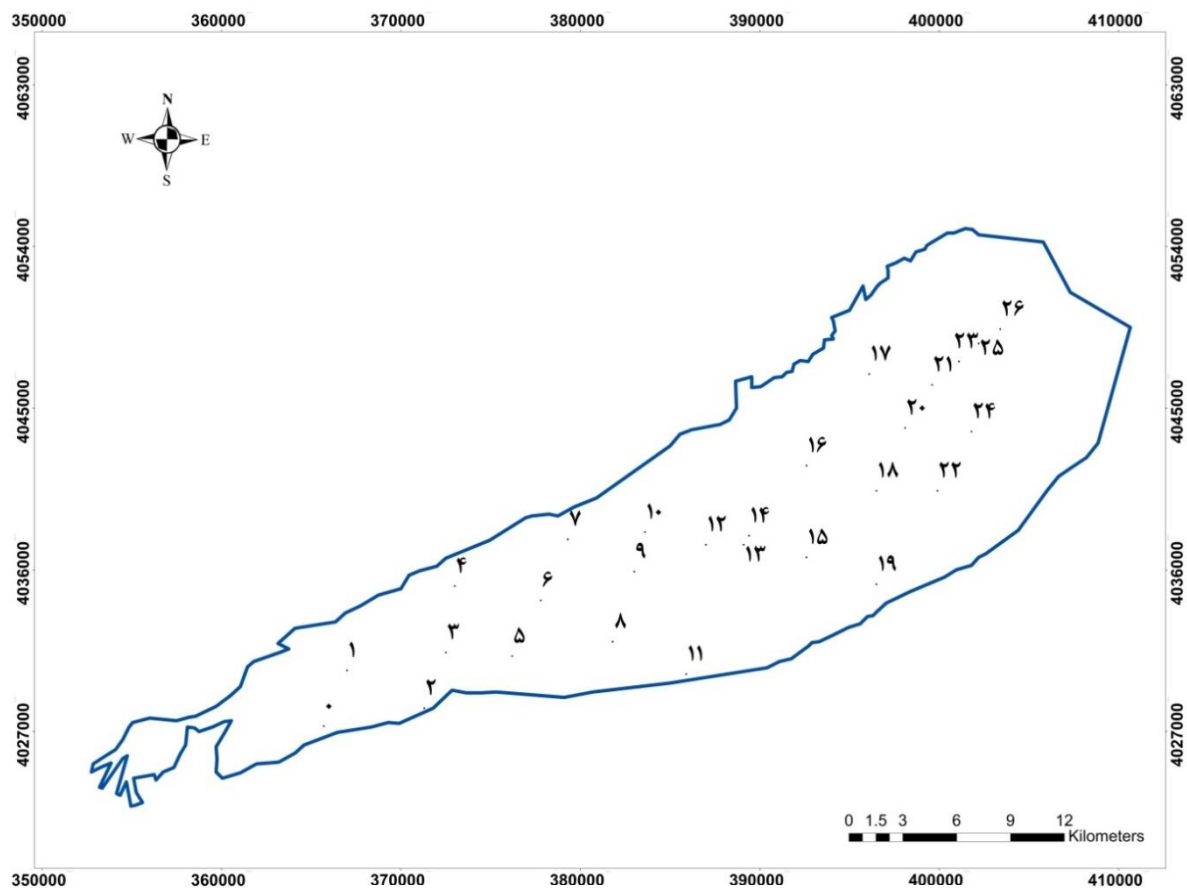
$$(\text{Na} / \sqrt{(\text{Ca} + \text{Mg})/2})$$

سختی کل عبارت است از یون‌هایی که باعث سختی آب می‌شوند شامل کلسیم و منیزیم، کل جامدات محلول، نمک‌هایی است که در آب، محلول بوده‌اند و پ‌هاش منفی لگاریتم یون هیدروژن و



معیاری برای سنجش اسیدی بودن یا قلیایی بودن محلول است. واحد هدایت الکتریکی بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر، کل جامدات محلول بر حسب میلی‌گرم بر لیتر و بقیه پارامترها بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر می‌باشند. نسبت جذب سدیم، (میلی اکی‌والان بر لیتر) به توان ۰/۵، درصد سدیم بر حسب درصد و پهاش بی واحد است.

۲۷ حلقه چاه انتخابی در دشت عبارتند از چاه‌های کارخانه قند، ایستگاه بکران، مهدی آباد، علی آباد، بکران پل، اسلام آباد، شریف آباد، محمدآباد قنبریان، نجف آباد، ساق آباد، ابوذر، جمهوری، حدیدی، باهنر، ابراهیم آباد، اخوت، زیراب، تاجی ۲، سعیدی ۲، مزارمی عابدی، جودانه، کافه عباسی، کلاته اسد، آب مرجان، کنده سیاه، آردزیدر و قدس طالب‌پور. موقعیت چاه‌ها در دشت در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳- موقعیت ۲۷ چاه انتخابی در دشت میامی جنوبی

- |                 |                   |                      |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| ۰- جودانه       | ۹- حدیدی          | ۱۸- مهدی آباد        |
| ۱- کافه عباسی   | ۱۰- باهنر         | ۱۹- زیراب            |
| ۲- کلاته اسد    | ۱۱- ابراهیم آباد  | ۲۰- علی آباد         |
| ۳- آب مرجان     | ۱۲- اخوت          | ۲۱- بکران پل         |
| ۴- کنده سیاه    | ۱۳- تاجی ۲        | ۲۲- اسلام آباد       |
| ۵- آردزیدر      | ۱۴- سعیدی ۲       | ۲۳- شریف آباد        |
| ۶- قدس طالب پور | ۱۵- مزارمی عابدی  | ۲۴- محمدآباد قنبریان |
| ۷- ابوذر        | ۱۶- کارخانه قند   | ۲۵- نجف آباد         |
| ۸- جمهوری       | ۱۷- ایستگاه بکران | ۲۶- ساق آباد         |

### **۳-۳- استانداردهای کیفیت آب کشاورزی**

برای تعیین حدود قابل قبول کیفیت منبع آب برای کشاورزی (حدود مجاز پارامترهای آب آبیاری)، روش‌های مختلفی وجود دارد ولی آنچه وجه مشترک تمامی روش‌ها می‌باشد یکسان بودن تقریبی حدود تعیین شده است. در صورت تخطی از حدود تعیین شده، آب، آلوده تلقی و اقدامات لازم جهت جلوگیری از آلودگی آب، بایستی اجرا شوند. تغییر مواد محلول یا معلق یا تغییر درجه حرارت و دیگر خواص فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی آب در حدی که آن را برای مصرفی که برای آن مقرر است مضر یا غیرمفيد سازد، آلودگی آب، قلمداد می‌شود (استاندارد کیفیت آب‌های ایران، ۱۳۹۵).

### **۳-۳-۱- استاندارد سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد**

فائو یا سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد از سازمان‌های بین‌المللی است که در زمینه توسعه کشاورزی فعالیت دارد. سازمان فائو در سال ۱۹۴۵ توسط ۴۴ کشور عضو سازمان ملل متحد تأسیس شد. متخصصان فائو به تأمین راهکارهای سیاستی، تعریف استانداردها و چارچوب مقررات بین‌المللی و ارائه پشتیبانی‌های فنی لازم در طیف وسیعی از موضوعات مربوط به کشاورزی و توسعه روستایی (مواردی از قبیل تولید محصولات کشاورزی، حمایت از مصرف کننده، امنیت غذایی، جنگلداری، محیط زیست و غیره) می‌پردازند.

سازمان فائو، استاندارد ترکیبات آب برای مصارف کشاورزی را در گزارش فائو ۲۹، تعیین کرده است. این استاندارد از سوی منابع مختلفی به‌عنوان بهترین استاندارد پارامترهای کیفی آب برای مصارف کشاورزی استفاده می‌شود. ده پارامتر آب در جدول فائو برای مصرف کشاورزی، محدودیت دارند و مقادیر بیشتر از حد مجاز آن‌ها، قابل قبول نمی‌باشد. جدول ۳-۱ گزارش فائو برای حدود مجاز ترکیبات آب کشاورزی را نشان می‌دهد.

جدول ۳-۱- حدود مجاز ترکیبات آب برای کشاورزی (فائو ۲۹)

| پارامتر         | نماد | واحد    | حدود مجاز | پارامتر       | نماد             | واحد                     | حدود مجاز |
|-----------------|------|---------|-----------|---------------|------------------|--------------------------|-----------|
| هدایت الکتریکی  | EC   | ds/m    | ۰ - ۳     | بی کربنات     | HCO <sub>3</sub> | meq/lit                  | ۰ - ۱۰    |
| کل جامدات محلول | TDS  | mg/lit  | ۰ - ۲۰۰۰  | کلرید         | Cl               | meq/lit                  | ۰ - ۳۰    |
| کلسیم           | Ca   | meq/lit | ۰ - ۲۰    | سولفات        | SO <sub>4</sub>  | meq/lit                  | ۰ - ۲۰    |
| منیزیم          | Mg   | meq/lit | ۰ - ۵     | نسبت جذب سدیم | SAR              | (meq/lit) <sup>0.5</sup> | ۰ - ۱۵    |
| سدیم            | Na   | meq/lit | ۰ - ۴۰    | پ هاش         | pH               |                          | ۶ - ۸/۵   |

### ۳-۳-۲- استاندارد مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، برای کیفیت آب آبیاری تحت فشار (قطره‌ای و بارانی) رهنمودها و استانداردهایی را ارائه کرده است. این استانداردها، حدود مجاز پارامترهای شیمیایی مهم آب در این دو نوع سیستم آبیاری، را مشخص کرده است. چنانچه میزان این پارامترها از حدود مجاز این استانداردها، بیشتر باشد، نامناسب می‌باشد و مشکلاتی در سیستم آبیاری یا گیاه ایجاد می‌شود.

#### ۳-۳-۱- آبیاری قطره‌ای

انسداد قطره‌چکان‌ها در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای، به دلایل کیفی آب وابسته است و تصفیه و اصلاح شیمیایی آب، روش مؤثری در پیشگیری خطر گرفتگی لوله‌ها و قطره‌چکان‌هاست. عوامل مؤثر در انسداد قطره‌چکان‌ها را می‌توان به سه گروه تقسیم بندی کرد که عبارتند از عوامل فیزیکی، عوامل شیمیایی و عوامل زیستی (بیولوژیک). عوامل فیزیکی انسداد شامل مواد معلق مانند شن، لای، رس، مواد پلاستیک، مواد آلی از قبیل بقایای حیوانی و گیاهی و میکروبی (جلبک‌ها، دیاتومه‌ها، لاروها و غیره) می‌باشد. عوامل شیمیایی‌ای که باعث انسداد قطره‌چکان‌ها می‌شوند عبارتند از رسوب کربنات کلسیم و رسوب آهن فریک و انسداد قطره‌چکان‌ها در اثر عوامل بیولوژیک در آب‌های حاوی مواد آلی و سولفید هیدروژن و آهن، رخ می‌دهد، بدین‌صورت که وجود سولفید هیدروژن و آهن در آب‌های

محتوی کربن آلی باعث پیدایش رشته‌هایی از لجن در جداره لوله‌ها و انسداد می‌شود. استفاده از کودهای شیمیایی و بالا رفتن دمای آب در داخل لوله‌ها، پیدایش این لجن‌ها را تشدید می‌کند (علیزاده، ۱۳۷۶). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد کیفیت آب آبیاری قطره‌ای را ارائه کرده است (جدول ۲-۳).

جدول ۲-۳- درجه محدودیت کیفیت آب آبیاری برای روش آبیاری قطره‌ای

| بدون محدودیت  | محدودیت کم تا متوسط | محدودیت شدید |
|---------------|---------------------|--------------|
| $< 800$       | 800-3000            | $> 3000$     |
| (μmhos/cm) EC |                     |              |
| $< 500$       | 500-2000            | $> 2000$     |
| (mg/lit) TDS  |                     |              |
| $< 7$         | 7-8                 | $> 8$        |
| pH            |                     |              |

### ۳-۲-۳- آبیاری بارانی

از آنجایی که در آبیاری بارانی، آب بر روی سطح برگ‌ها پاشیده می‌شود، مقدار شوری، بی‌کربنات، سدیم و کلر آب آبیاری از اهمیت زیادی برخوردار است. در گیاهان حساس، آن زمان که با آبیاری به روش‌های سطحی، مسئله سمیت با سدیم و کلر پیش نمی‌آید در روش آبیاری بارانی به دلیل جذب برگ، ممکن است چنین عوارضی پیش بیاید (حاج رسولیها، ۱۳۸۲). مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد کیفیت آب برای آبیاری بارانی را ارائه کرده است (قائمی‌زاده و اخوان، ۱۳۹۳). (جدول ۳-۳)

جدول ۳-۳- درجه محدودیت کیفیت آب آبیاری برای آبیاری بارانی

| بدون محدودیت               | محدودیت کم تا متوسط | محدودیت شدید |
|----------------------------|---------------------|--------------|
| $< 3$                      | $> 3$               |              |
| (meq/lit) Na               |                     |              |
| $< 3$                      | $> 3$               |              |
| (meq/lit) Cl               |                     |              |
| $< 1/5$                    | 1/5-8/5             | $> 8/5$      |
| (meq/lit) HCO <sub>3</sub> |                     |              |

همچنین راهنمای فائو برای کیفیت آب آبیاری بارانی با توجه به نوع محصولات زراعی و حد غلظت سدیم و کلری که باعث آسیب دیدن برگ‌ها می‌شود، در جدول ۳-۴ ارائه شده است (حاج-رسولیه‌ها، ۱۳۸۲).

جدول ۳-۴- محدوده غلظت سدیم و کلر که باعث آسیب دیدن برگ‌ها می‌شود (میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

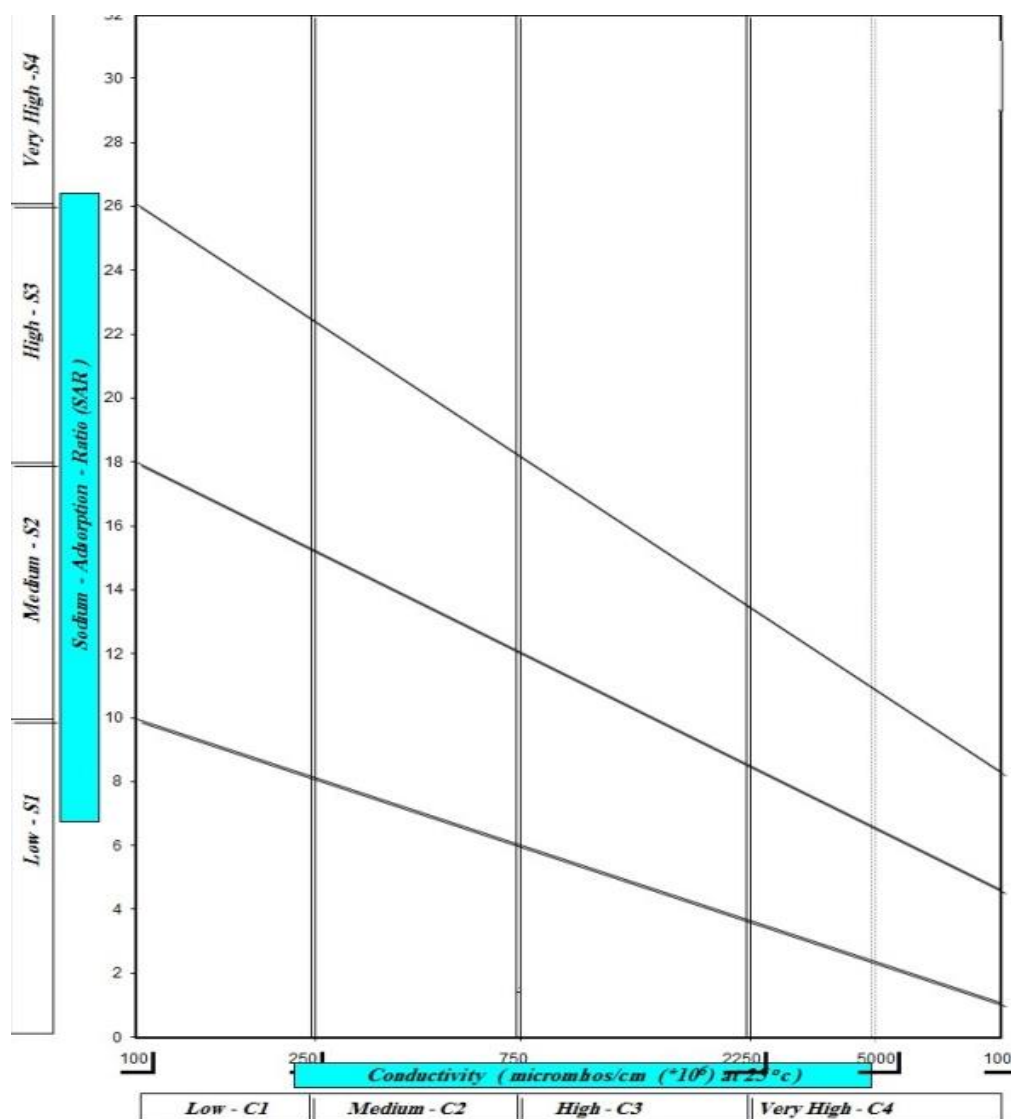
| <۵     | ۵-۱۰       | ۱۰-۲۰  | >۲۰        |
|--------|------------|--------|------------|
| بادام  | انگور      | یونجه  | گل کلم     |
| زردآلو | فلفل       | جو     | پنبه       |
| مرکبات | سیب‌زمینی  | ذرت    | چغندر قند  |
| آلو    | گوجه‌فرنگی | خیار   | آفتابگردان |
|        | کنجد       | سورگوم |            |
|        |            | گلرنگ  |            |
|        |            | کنجد   |            |

### ۳-۳-۳- طبقه‌بندی ویلکاکس

طبقه‌بندی ویلکاکس یکی از مهم‌ترین روش‌های طبقه‌بندی آب آبیاری است. در این روش، آب آبیاری با در نظر گرفتن هدایت الکتریکی تحت عنوان احتمال ضرر شوری و نسبت جذب سدیم تحت عنوان قلیایی بودن، در ۱۶ کلاس بصورت S1C1 تا S4C4 طبقه‌بندی شده است. علامت C مشخص‌کننده EC و S مشخص‌کننده مقدار SAR می‌باشد. جدول ۳-۵ حدود EC و SAR را در این طبقه‌بندی نشان می‌دهد.

جدول ۳-۵- حدود EC و SAR در طبقه بندی ویلگاکس

| کیفیت | SAR ((me/lit) <sup>0.5</sup> ) | کلاس | کیفیت | EC(ds/m)  | کلاس |
|-------|--------------------------------|------|-------|-----------|------|
| عالی  | <۱۰                            | S1   | عالی  | <۰/۲۵     | C1   |
| خوب   | ۱۰-۱۸                          | S2   | خوب   | ۰/۲۵-۰/۷۵ | C2   |
| متوسط | ۱۸-۲۶                          | S3   | متوسط | ۰/۷۵-۲/۲۵ | C3   |
| بد    | >۲۶                            | S4   | بد    | >۲/۲۵     | C4   |



شکل ۳-۴- دیاگرام ویلگاکس

در محور افقی، ارقام هدایت الکتریکی و در محور عمودی نسبت جذب سدیم قرار دارند. گروه شوری کم (C1) برای آبیاری هر نوع خاک تقریباً مناسب است. گروه شوری متوسط (C2) را در گیاهانی که تا حدودی نسبت به نمک مقاوم هستند، به راحتی می توان استفاده کرد و در مورد گیاهانی که به شوری حساس هستند، باید عمل آبشویی انجام شود. گروه شوری زیاد (C3) که در خاک هایی که عمل زهکشی مناسبی ندارند نیاستی استفاده شود و در صورت استفاده مداوم از این آب، برای جلوگیری از بروز مشکل شوری، بایستی عمل آبشویی و شخم زدن خاک به طور مرتب انجام گیرد. گروه شوری خیلی زیاد (C4) فقط در شرایطی می تواند استفاده شود که خاک دارای نفوذپذیری زیاد و زهکشی مناسب باشد، انجام عمل آبشویی، خوب انجام شود و همچنین در گیاهانی استفاده شود که به شوری مقاومت خیلی زیادی داشته باشند.

گروه قلیایی کم (S1)، برای هر خاک و گیاهی مناسب بوده ولی حتی المقدور بایستی در آبیاری گیاهانی که به سدیم حساس نیستند استفاده شود. گروه قلیایی متوسط (S2) را در خاک هایی که دارای بافت درشت و نفوذپذیری زیادی هستند به راحتی می توان استفاده کرد. در خاک های بافت سنگین که دارای ظرفیت تبادلی کاتیونی بالایی هستند و به خصوص در شرایط آبشویی خیلی کم، به سختی می توان استفاده کرد چون ضرر سدیم، بیشتر است. گروه قلیایی زیاد (S3) که فقط معمولاً در خاک های شنی که نفوذپذیری زیادی دارند می تواند استفاده شود. همچنین غلظت کل نمک هم باید کم باشد. در خاک هایی که دارای گچ هستند به راحتی می توان از این گروه آب استفاده کرد. گروه قلیایی خیلی زیاد (S4)، که برای آبیاری مناسب نیستند. فقط در خاک هایی که غلظت نمک آن ها کم است و دارای کلسیم قابل حل بیشتر می باشند، در صورت اهتمام به عمل آبشویی و با اضافه کردن مواد شیمیایی اصلاح کننده نظیر گچ یا ژپس می توانند قابل استفاده شوند.



کلاس C1S1 آب‌های خیلی خوب، C1S2, C2S2, C2S1 آب‌های خوب، C1S3, C2S3, C3S2، C3S1 آب‌های متوسط و C1S4, C2S4, C3S4, C4S4, C4S1, C4S2, C4S3، C3S3 آب‌های نامناسب برای کشاورزی‌اند.

### ۳-۳-۴- شاخص‌های آبیاری

شاخص شوری بالقوه برای توصیف کیفیت آب برای آبیاری در هدایت الکتریکی‌هایی بیشتر از ۲۵۰ میکروموس برسانتی‌متر (۰/۲۵ ds/m) مورد استفاده قرار می‌گیرد. دونین<sup>۱</sup> در سال ۱۹۵۴ بیان کرد که مناسب بودن آب برای آبیاری فقط بستگی به غلظت نمک‌های محلول در آن ندارد، زیرا نمک‌های با قابلیت حل پایین در خاک رسوب کرده و با هر نوبت آبیاری بر مقدار آن‌ها در خاک افزوده می‌شود. افزایش غلظت نمک‌های با قابلیت حل بالا باعث افزایش شوری خاک می‌گردد. شاخص شوری بالقوه، خطر افزایش شوری در اثر افزایش کلر و سولفات را تخمین می‌زند. افزایش یون‌های کلر و سولفات می‌تواند باعث افزایش پتانسیل اسمزی محلول خاک در زمانی که رطوبت قابل استفاده خاک کمتر از ۵۰ درصد باشد، گردد (دلبری و همکاران، ۱۳۹۵). شاخص شوری بالقوه از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$PS = Cl + (SO_4) / 2 \quad (۱-۳)$$

بر اساس شوری بالقوه، کیفیت آب می‌تواند به سه طبقه خوب ( $PS < 3$ )، متوسط ( $PS = 3-15$ ) و بد ( $PS > 15$ ) تقسیم‌بندی شود (دونین، ۱۹۵۴). (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

نسبت کلی نیز یکی دیگر از پارامترهایی است که برای مناسب بودن آب برای آبیاری استفاده می‌شود. این نسبت بر اساس مقایسه سدیم با کلسیم و منیزیم است. آب‌های دارای نسبت کلی کوچکتر از یک برای آبیاری مناسب‌اند. نسبت کلی بر اساس معادله کلی (کلی، ۱۹۴۰) محاسبه می‌شود.

1- Doneen

$$KR = Na / (Ca + Mg) \quad (2-3)$$

نسبت جذب منیزیم نیز برای بررسی خطر منیزیم استفاده می‌شود و توسط معادله زیر به دست می‌آید (راقونات<sup>۱</sup>، ۱۹۸۷). (بر حسب درصد).

$$MAR = Mg.100 / (Ca + Mg) \quad (3-3)$$

چنانچه نسبت جذب منیزیم بزرگتر از ۵۰ درصد به دست آید، منیزیم، به عنوان خطر محسوب می‌شود. با افت سطح آب‌های زیرزمینی، آب‌ها علاوه بر شورتر شدن، تلخ نیز می‌شوند. عامل تلخی آب مربوط به عنصر منیزیم می‌باشد (دوچشمه‌گر جی و ودیعتی، ۲۰۱۴).

### ۳-۳-۵- ماتریس همبستگی پیرسون<sup>۲</sup>

ضریب همبستگی، ابزاری آماری برای تعیین نوع و درجه رابطه یک متغیر کمی با متغیر کمی دیگر است و یکی از معیارهای مورد استفاده در تعیین شدت رابطه و همچنین نوع رابطه (مستقیم یا معکوس) دو متغیر است. همبستگی بین دو متغیر نشان‌دهنده این است که افزایش یا کاهش یک متغیر چه تأثیری بر افزایش یا کاهش متغیر دیگر دارد ولی این همبستگی، ضرورتاً دال بر رابطه علی بین متغیرها نمی‌باشد.

جهت بررسی همبستگی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با یکدیگر از ضریب همبستگی پیرسون در نرم افزار SPSS استفاده شد. ضریب همبستگی پیرسون یا ضریب همبستگی حاصلضرب-گشتاور پیرسون، میزان همبستگی بین دو متغیر تصادفی را می‌سنجد و برابر است با کوواریانس دو متغیر تقسیم بر حاصلضرب انحراف معیار آن‌ها. این ضریب بین ۱ تا -۱ است. اگر این ضریب برابر ۱ باشد،

---

1- Raghunath

2- Pearson

بیانگر رابطه مستقیم کامل بین دو متغیر است، رابطه مستقیم یا مثبت به این معناست که اگر یکی از متغیرها افزایش (کاهش) یابد، دیگری نیز افزایش (کاهش) می یابد. زمانی که ضریب همبستگی برابر صفر باشد نشان می دهد که بین دو متغیر، رابطه خطی وجود ندارد.

### ۳-۴- بررسی تغییرات زمانی

جهت بررسی تغییرات زمانی ۱۴ پارامتر شیمیایی آب در دشت میامی جنوبی در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۲، از مدل رگرسیونی استفاده گردید و معناداری این مدل‌ها نیز توسط نرم افزار SPSS به دست آمد. از طرف دیگر چاه‌های دشت به سه قسمت شرقی، شامل چاه‌های کارخانه قند، ایستگاه بکران، علی آباد، ساق آباد، نجف آباد، شریف آباد، بکران پل، محمد آباد قنبریان، مهدی آباد، اسلام آباد، قسمت میانی شامل چاه‌های ابوذر، جمهوری، حدیدی، زیراب، ابراهیم آباد، باهنر، اخوت، تاجی<sup>۲</sup>، سعیدی<sup>۲</sup>، مزارمی عابدی و قسمت غربی شامل چاه‌های جودانه، کافه عباسی، کلاته اسد، آب مرجان، کنده سیاه، آردزیدر، قدس طالب پور تقسیم شدند و تغییرات زمانی پارامترها، به تفکیک این سه قسمت دشت نیز به دست آمد. همچنین جهت مقایسه میانگین پارامترها در این سه قسمت در سال-های بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۲، از مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده<sup>۱</sup> در نرم افزار SPSS استفاده گردید.

### ۳-۴-۱- مدل رگرسیونی

در معادله‌های رگرسیونی،  $y$  مقادیر پارامترها (متغیر وابسته) و  $x$  زمان (متغیر مستقل) می‌باشد. جهت ایجاد معادله رگرسیونی برازش شده بر پارامترها از ضریب رگرسیون استاندارد نشده که شیب خط (a) است و مقدار ثابت که عرض از مبدأ (b) است، استفاده می‌شود. ضریب همبستگی ( $r$ ) در معادلات رگرسیونی، ضریب استاندارد شده بتا و نشانگر میزان تأثیر متغیر مستقل بر متغیر وابسته است. این

---

1. Generalized Linear Model - Repeated measures

ضریب بیانگر مثبت و یا منفی بودن رابطه بین دو متغیر (مقادیر پارامترها و زمان) می‌باشد. مقدار این ضریب بین ۱- و ۱ می‌باشد. همبستگی مثبت به این معنی است که هرگاه ارزش متغیر مستقل افزایش یابد، مقدار متغیر وابسته نیز افزایش خواهد یافت.

ضریب تبیین ( $r^2$ ) در معادلات رگرسیونی، توان دوم ضریب همبستگی است. این ضریب مشخص می‌کند که چقدر می‌توان به پیش‌بینی نمودار مطمئن بود. مقدار ضریب تبیین، بین صفر تا یک بوده و هر چه این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد به معنای رابطه قوی‌تری بین دو متغیر مقادیر پارامترها ( $y$ ) و زمان ( $x$ ) می‌باشد.

### ۳-۴-۲- مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده

برای اطلاع از چگونگی تفاوت میانگین پارامترها در سه قسمت دشت در سال‌های مختلف بازه زمانی مورد بررسی، از مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده در نرم افزار SPSS استفاده گردید.

جهت بررسی تفاوت‌هایی که بین ارزش میانگین چندین گروه وجود دارد، تحلیل واریانس استفاده می‌شود. تحلیل واریانس، میانگین‌ها را با استفاده از تخمین‌های واریانس با هم مقایسه می‌کند که در واقع مربوط به تغییرپذیری بین گروه‌ها و درون گروه‌ها است. در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان چندین نوع (طرح یا مدل) تحلیل واریانس را بسته به تعداد متغیرهای مستقل و شیوه‌ای که آن‌ها برای آزمودنی‌ها (گروه‌ها) به کار برده می‌شوند و بعضاً تعداد متغیرهای وابسته مورد استفاده در مدل در نظر گرفت. رابطه یک یا چند عامل، با یک متغیر وابسته (تحلیل واریانس یک متغیره) و یا چند متغیر وابسته (تحلیل واریانس چند متغیره) ارزیابی می‌شود و این عامل‌ها، یا بین آزمودنی‌ها (گروه-ها) و یا درون آزمودنی‌ها می‌باشند.

مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده از مدل‌های پیشرفته تحلیل واریانس است. استفاده از مدل خطی عمومی- اندازه‌های تکرار شده، زمانی است که پژوهشگر علاقه‌مند است تغییراتی که در روند زمان

در آزمودنی به وجود می آید را مشاهده یا اندازه گیری نماید. اندازه های تکراری عبارتند از اندازه های یک متغیر مشخص برای هر مورد، در چند وضعیت مختلف و طرحی که به بررسی این اندازه ها می پردازد، طرح اندازه های تکرار شده است.

در این تحقیق، معناداری تفاوت میانگین مقادیر ۱۴ پارامتر شیمیایی آب در سال های مختلف بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت، توسط این مدل بررسی گردید.

### ۳-۵- تکنیک های زمین آماری

در بررسی های محیطی اغلب با داده هایی مواجه می شویم که مستقل از یکدیگر نیستند و به نوعی وابستگی آن ها ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن آن ها در فضای مورد بررسی است. این گونه داده ها، داده های فضایی نامیده می شوند و به دلیل وجود همبستگی فضایی بین آن ها، روش های معمول آمار برای تحلیل چنین داده هایی قابل استفاده نیست و لازم است به نحوی ساختار همبستگی داده ها در تحلیل آماری آن ها محسوب شود.

بدیهی است که تحلیل آماری داده های فضایی با روش های آماری معمول مقدور نیست، زیرا شرط اساسی که همان استقلال داده هاست، تحقق پیدا نمی کند. از این رو شاخه آمار فضایی شکل گرفته است. آمار فضایی شاخه ای از علم آمار است که در آن به بررسی متغیرهایی پرداخته می شود که از خود، ساختار همبستگی فضایی نشان می دهند. در این شاخه تلاش می شود تا این ساختار، که همان ارتباط بین مقادیر متغیر و فاصله و جهت قرارگیری آن هاست، تعیین شود و برای افزایش دقت در تحلیل آماری آن ها مورد استفاده قرار گیرد (محمدزاده، ۱۳۹۱).

آمار فضایی شامل روش ها، الگوریتم ها و ابزارهای مختلفی برای تجزیه و تحلیل داده های مکانی و مدل سازی الگوی توزیع مکانی آن ها در گستره های نمونه برداری است. در حقیقت، آمار فضایی این امکان را برای متخصصان فراهم می آورد تا با تلفیق اطلاعات عددی متغیرها با اطلاعات مربوط به

موقعیت جغرافیایی آن‌ها از طریق الگوریتم‌های ریاضی و آماری، به درک صحیحی از چگونگی توزیع مکانی داده‌ها دست یابند. شناخت و توصیف کمی یک فرایند محیطی و سپس پیش‌بینی و تخمین رفتار آن در مکان (یا زمان) و موقعیت‌هایی که فاقد مشاهده و نمونه هستند، نیازمند در اختیار داشتن الگو و مدلی از آن فرآیند است. در حقیقت، مدل‌سازی متغیر ناحیه‌ای در چهارچوب نظریه احتمال، رسالت اساسی این تجزیه و تحلیل‌هاست.

یکی از زیر مجموعه‌های مهم آمار فضایی، زمین‌آمار است. تکنیک‌های زمین آماری شامل دو مرحله می‌باشد. مرحله اول، شناخت و مدل‌سازی ساختار فضایی است. در این مرحله، مفهوم پیوستگی، همگنی، ناهمگنی و در نهایت ساختار فضایی به وسیله واریوگرام بررسی می‌شود. مرحله دوم، تخمین زمین آماری است که به مشخصات مدل واریوگرام برازش شده در مرحله اول، وابسته است.

### ۳-۵-۱- واریوگرام

یکی از ابزارهای مطالعات زمین آمار، تابعی آماری به نام واریوگرام یا تغییرنما است که امکان تجزیه و تحلیل ساختار مقیاس و شدت تغییرات مکانی متغیرهای ناحیه‌ای را فراهم می‌آورد. چنانچه واریوگرام به درستی تعیین شود، از آن نه تنها برای تخمین آماری بلکه می‌توان به منظور طراحی و اصلاح شبکه نمونه برداری نیز استفاده کرد.

بین مقادیر مختلف یک پارامتر در نمونه‌ها و فاصله و جهت قرارگیری نمونه‌ها، ارتباط وجود دارد. این ارتباط فضایی (فاصله‌ای و جهتی) ممکن است در قالب‌های ریاضی قابل بیان باشد که این قالب‌ها، ساختار فضایی نام دارند. گسترش فضایی که در آن بین نمونه‌ها، وابستگی وجود دارد بوسیله واریوگرام (تغییرنما) مشخص می‌شود. هدف اصلی از برقرارکردن واریوگرام این است که ساختار تغییرپذیری را نسبت به فاصله بشناسیم.

واریانس مقدار عناصر بین نقاطی به فاصله  $h$  از یکدیگر، می‌تواند همبستگی متقابل مقدار دو نقطه به فاصله  $h$  را بیان کند. این واریانس وابسته به فاصله را تغییرنا می‌نامند و با  $\gamma(h)$  نشان می‌دهند. با تقسیم تغییرنا بر عدد ۲، نیم‌تغییرنا (سمی واریوگرام<sup>۱</sup>) به‌دست می‌آید. با استفاده از رابطه زیر می‌توان مقدار نیم‌تغییرنا را محاسبه کرد.

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [Z(x_i) - Z(x_{i+h})]^2 \quad (4-3)$$

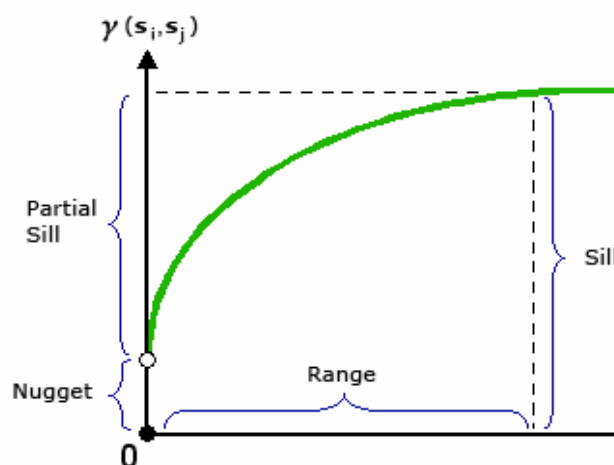
که در آن  $\gamma^*(h)$  مقدار نیم‌تغییرنمای تجربی برای تعداد  $n$  جفت نمونه است که به فاصله  $h$  از یکدیگر قرار گرفته‌اند.  $Z(x_i)$  نیز ارزش متغیر  $x$  در نقطه  $i$  می‌باشد. مقدار واریوگرام به فاصله بین مقادیر یک متغیر ناحیه‌ای در دو نقطه وابسته است. اگر این مقدار به جهت نیز وابسته باشد، واریوگرام ناهمسانگرد<sup>۲</sup> و در غیر این صورت همسانگرد<sup>۳</sup> نامیده می‌شود. در واریوگرافی برای تشریح و مدل‌سازی رفتار واریوگرام از سه مؤلفه استفاده می‌شود: دامنه تأثیر<sup>۴</sup>، حد آستانه یا سقف<sup>۵</sup> و اثر قطعه‌ای<sup>۶</sup>. دامنه تأثیر حداکثر فاصله‌ای است که پس از آن ساختار مکانی دیگر وجود ندارد و واریوگرام به مقدار ثابتی می‌رسد و در حقیقت نشان‌دهنده فاصله‌ای است که در آن می‌توان از تخمین‌گرهای زمین‌آماري

- 
- 1- Semivariogram
  - 2- Anisotropic
  - 3- Isotropic
  - 4- Range
  - 5- Sill
  - 6- Nugget Effect

استفاده کرد. بدیهی است که دامنه تأثیر بزرگتر دلالت بر ساختار فضایی گسترده‌تر دارد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷).

عرض واریوگرام از مبدأ، اثر قطعه‌ای نامیده می‌شود و بیانگر واریانس قطعه‌ای و بدون ساختار است ( $C_0$ ). به لحاظ نظری، اثر قطعه‌ای باید صفر باشد. ولی در عمل، ممکن است به علت وجود خطا به هنگام نمونه برداری و اندازه‌گیری، اینگونه نباشد. مقدار  $C$ ، واریانس ساختاردار<sup>۱</sup> و تابع موقعیت فضایی (فاصله و جهت) است، که در اصل، عرض کوواریوگرام<sup>۲</sup> از مبدأ است که بر عکس واریوگرام، کوواریانس مقدار عناصر بین نقاطی به فاصله  $h$  می‌باشد. وقتی واریوگرام به مقدار ثابت خود می‌رسد، ارتفاع واریوگرام برابر حد آستانه یا سقف واریوگرام، یعنی برابر مجموع واریانس قطعه‌ای و ساختاردار است ( $C+C_0$ ).

نسبت واریانس ساختاردار به حد آستانه، ( $C/(C+C_0)$ )، استحکام ساختار مکانی واریوگرام است. میزان ۷۵ درصد و بیشتر، نشان دهنده ساختار قوی، بین ۲۵ تا ۷۵ درصد بیانگر ساختار متوسط و کمتر از ۲۵ درصد نشان دهنده ساختار ضعیف متغیر مورد بررسی است. نمایی از یک واریوگرام و اجزای آن در شکل (۳-۵) نشان داده شده است.



شکل ۳-۵- نمایی از اجزای واریوگرام

- 
- 1- Partial sill
  - 2- Covariogram



برای برآورد تغییرنگار، لازم است یک مدل معتبر به تغییرنگار تجربی داده‌ها برازنده شود. برای این منظور، نخست تغییرنگار تجربی مشاهدات در فواصل مختلف محاسبه و نمودار آن رسم می‌شود، سپس با استفاده از روش‌های برازش، انواع مدل‌های تغییرنگار پارامتری معتبر به مقادیر تغییرنگار تجربی، برازنده شده و پارامترهای بهترین مدل برآورد می‌شود (محمدزاده، ۱۳۹۱). طرز کار مشابه برازش تابع توزیع احتمال به داده‌هایی است که هیستوگرامی را تشکیل می‌دهند. همانطور که اگر توزیع یک دسته داده از توزیع شناخته‌شده‌ای پیروی کند، انجام بررسی‌های آماری این داده‌ها ساده‌تر است. به همین ترتیب است اگر مدلی تئوریک به داده‌های تجربی برازنده شده و سپس مدل در فرایند تخمین استفاده شود.

همانگونه که تعداد مدل‌های توزیع احتمال، محدود است برای واریوگرام نیز تعداد محدودی مدل شناخته شده است که به دو گروه مدل‌های سقف دار و بدون سقف تقسیم می‌شوند. مدل‌های سقف دار شامل کروی، نمایی، گوسی و اترقطعه‌ای تام و مدل‌های بدون سقف شامل توانی (خطی)، دویسین (لگاریتمی)، موجی و سهمی‌گون می‌باشند. واریوگرام‌هایی که به سقف ثابت می‌رسند از اهمیت بیشتری برخوردارند و مقدار سقف، برابر واریانس کل مقدار متغیر در جامعه نمونه‌های برداشت شده است.

متداول ترین مدل واریوگرام که بیشترین کاربرد را در مطالعات محیط زیستی دارد، مدل کروی است. مدل کروی، از مبدأ مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدأ رفتار خطی دارد. با افزایش  $h$  منحنی به سرعت به سمت مقادیر بیشتر  $\gamma(h)$  صعود می‌کند. آنگاه به تدریج از شیب آن کم می‌شود و در دامنه تأثیر به سقف خود می‌رسد و در همین مقدار باقی می‌ماند. مدل نمایی نیز مانند مدل کروی از مبدأ مختصات شروع شده و در نزدیکی مبدأ، رفتار خطی دارد ولی آهنگ صعود آن، آرامتر از مدل کروی است، در عمل هیچگاه به حد آستانه یا سقف معینی نمی‌رسد و به همین دلیل، دامنه تأثیر آن

نامعلوم است. در بین مدل‌های بدون سقف نیز مدل خطی، کاربرد بیشتری دارد. این نوع واریوگرام، خط مستقیم ساده‌ای است که از مبدأ مختصات گذشته و با مقدار شیب خود مشخص می‌شود. در این تحقیق، مدل‌های کروی و خطی برای ۱۴ پارامتر شیمیایی و مدل نمایی برای تراز سطح آب، به عنوان بهترین مدل واریوگرام برازش شده، تعیین گردیدند.

واریوگرافی اولین قدم برای مدل‌سازی ساختار مکانی به منظور استفاده در تخمین گر کریجینگ است. در این تحقیق به منظور به‌دست آوردن بهترین مدل واریوگرام تئوری برازش شده از نرم افزار GS+ استفاده گردید. نرم افزار GS+، یکی از ابزارهای قوی در علم زمین‌آمار و میان‌یابی به‌ویژه در تعیین واریوگرام می‌باشد. پارامترهای واریوگرام (شامل دامنه تأثیر، اثر قطعه‌ای و سقف)، در تعیین اوزان نسبی داده‌های معلوم در تخمین نقطه مجهول (بر اساس موقعیت آن‌ها نسبت به هم)، در روش تخمین گر کریجینگ، نقش ایفا می‌کنند و مورد استفاده قرار می‌گیرند. بنابراین چنانچه در انتخاب مدل واریوگرام، اشتباهی صورت گیرد در کلیه مراحل تخمین‌های زمین‌آماري منعکس می‌گردد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷).

### **۳-۵-۲- کریجینگ**

به منظور تخمین نقاط مجهول، میان‌یابی مکانی و در نهایت پهنه‌بندی پارامترهای آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان از روش کریجینگ معمولی در نرم‌افزار ArcGIS، استفاده شد. این نرم‌افزار، نرم‌افزاری برای کاربردهای GIS است که اطلاعات مکانی و داده‌های توصیفی را برای ایجاد نقشه‌ها، جداول و نمودارها، فراهم می‌کند و اجازه ساخت یک سیستم کامل اطلاعات مکانی را فراهم می‌کند.

کریجینگ، یکی از روش‌های زمین‌آماري مناسب و پیشرفته جهت تحلیل توزیع داده‌های مکانی و تخمین است. این تخمین‌گر زمین‌آماري به افتخار یکی از پیشگامان علم زمین‌آمار به نام د.جی. کریگ<sup>۱</sup> که یک مهندس معدن آفریقای جنوبی بود به نام کریجینگ نامگذاری شده است. کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است و تخمین‌گری نااریب (فاقد خطاهای نظام‌دار) با کمترین واریانس تخمین است. شرط نااریب بودن در روش‌های دیگر تخمین همانند روش چندضلعی، عکس فاصله وزن‌دار نیز اعمال می‌شود ولی در کریجینگ، واریانس تخمین نیز حداقل است.

کریجینگ، مجموعه‌ای از فنون رگرسیون خطی است که وابستگی تصادفی بین داده‌ها را در نظر می‌گیرد. این وابستگی تصادفی جزو ماهیت فرایند زمین‌آماري است. در این روش برای پیش‌گویی و تخمین در یک موقعیت مشخص، به مشاهدات نزدیک‌تر، وزن بیشتر و به مشاهدات دورتر، وزن کمتری داده می‌شود. همچنین وزن‌ها به گونه‌ای انتخاب می‌شوند که واریانس تخمین، حداقل شود. کریجینگ یکی از تخمین‌گرهای مطلق است به این معنی که در صورت تخمین مقدار کمیت در نقاط اندازه‌گیری شده، مقدار تخمینی باید با مقدار اندازه‌گیری شده برابر باشد. خطای تخمین‌گر کریجینگ تابع مشخصات واریوگرام مورد تخمین و نه تابع مقدار واقعی داده‌ها است. این خصوصیت به ما کمک می‌کند که بهترین نقاط را برای نمونه‌برداری (نقاطی که واریانس تخمین را به حداقل می‌رسانند)، انتخاب کنیم (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷).

معادله کریجینگ بصورت زیر می‌باشد:

$$Z^*_V = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z_{Vi} \quad (5-3)$$

که در آن  $Z^*_V$  عیار تخمینی،  $\lambda_i$  وزن یا اهمیت کمیت وابسته به نمونه  $i$  ام و  $Z_{Vi}$  عیار نمونه  $i$  ام است. این نوع کریجینگ را کریجینگ خطی می‌نامند زیرا ترکیب خطی از  $n$  داده است. شرط استفاده

---

1- D.G.Krige

از کریجینگ خطی این است که متغیر، توزیع نرمال داشته باشد. در صورتیکه متغیر مورد نظر، توزیع نرمال نداشته باشد، باید از کریجینگ غیرخطی استفاده کرد و یا می‌توان ابتدا با تبدیلی، توزیع متغیر مورد نظر را نرمال کرد و آنگاه روی داده‌های تبدیل یافته، کریجینگ خطی انجام داد. جهت ترسیم نقشه‌ها از کریجینگ نقطه‌ای استفاده می‌شود. در کریجینگ نقطه‌ای، مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر مورد تخمین، به‌صورت نقطه در نظر گرفته می‌شوند. به این ترتیب که بر اساس نقاط واقع در شبکه نمونه‌برداری، ابتدا شبکه منظمی از نقاط تعریف شده مجهول با مختصات معلوم، به روش کریجینگ نقطه‌ای مورد تخمین قرار می‌گیرد و سپس با یک الگوریتم انتخابی، خطوط هم‌تراز آن‌ها رسم می‌شود (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷).

بسته به اینکه میانگین میدان تصادفی متغیر مورد بررسی، معلوم، ثابت نامعلوم یا تابعی از موقعیت‌ها (مختصات) باشد، کریجینگ به ترتیب به انواع کریجینگ ساده، معمولی و عام تفکیک می‌شود (محمدزاده، ۱۳۹۱).

کریجینگ معمولی<sup>۱</sup> بهترین تخمین را در صورت نرمال بودن توزیع داده‌ها ارائه می‌دهد (دلبری و همکاران، ۱۳۹۵). در این نوع کریجینگ، مقدار میانگین مجهول است ولی فرض می‌شود که مقدار آن ثابت و مستقل از مختصات است. در این تحقیق، به جهت اینکه میانگین متغیر تصادفی ما (میزان پارامترها)، نامعلوم، ثابت و کاملاً تصادفی (مستقل از مختصات) بوده، از روش کریجینگ معمولی جهت پهنه‌بندی استفاده گردید.

### ۳-۶- عکس فاصله وزن‌دار

زمانی که ساختار فضایی وجود نداشته باشد، تخمین‌گرهای زمین‌آماري کارایی چندانی نداشته و از روش‌های معین برای پهنه‌بندی استفاده می‌شود. یکی از بهترین روش‌های معین در درون‌یابی و رسم

---

1- Ordinary kriging

نقشه‌های پهنه‌بندی، روش عکس فاصله وزن‌دار است. در این روش همانند روش کریجینگ از فاصله به‌عنوان وزن متغیر معلوم در پیش‌بینی نقاط مجهول، استفاده می‌شود ولی این وزن‌ها، فقط بر اساس فاصله موقعیت مشاهدات از موقعیت اندازه‌گیری نشده، محاسبه می‌شود و فاصله نسبی موقعیت‌های مشاهدات نسبت به هم در وزن آن‌ها دخالتی ندارند، همین مسأله باعث دقت کمتر آن نسبت به روش کریجینگ است (محمدزاده، ۱۳۹۱).

هرچه فاصله داده معلوم از نقطه مجهول افزایش می‌یابد، لازم است وزن‌ها بر اساس فاصله کاهش یابد. بنابراین فاصله‌ها معکوس می‌شوند و از معکوس فاصله به‌عنوان وزن نقاط اندازه‌گیری شده در پیش‌بینی نقاط مجهول استفاده می‌شود به همین دلیل است که این مدل، عکس فاصله وزن‌دار، نام گرفته است. در این تحقیق در مورد پهنه‌بندی تغییرات دو پارامتر SAR , EC به جهت اینکه هیچگونه ساختار همبستگی فضایی وجود نداشت، از این روش استفاده گردید.



## فصل چہارم

### نتائج و بحث

در این فصل، ابتدا نتایج آماری ۱۴ پارامتر شیمیایی آب و شاخص‌های آبیاری به تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت میامی جنوبی در بازه دوازده ساله مورد بررسی (۱۳۸۲-۱۳۹۴) ارائه شد. سپس نتایج مقایسه پارامترهای شیمیایی و شاخص‌های آبیاری دشت میامی جنوبی با استانداردهای مختلف آبیاری و حدود مجاز شاخص‌ها ارائه گردید. همچنین ماتریس همبستگی پارامترهای شیمیایی آب جهت شناخت چگونگی همبستگی پارامترها، ارائه شد. از سوی دیگر روند زمانی پارامترها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، در کل دشت و به تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت، انجام شد و نتیجه معنی‌داری آن‌ها نیز توسط نرم‌افزار SPSS، تعیین گردید. بهترین مدل‌های واریوگرام برازنده شده در سال ۱۳۹۴ بر ۱۴ پارامتر کیفی آب، شاخص‌های آبیاری و تراز سطح آب تعیین گردید و نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترها، شاخص‌ها و تراز سطح آب در سال ۱۳۹۴ در نرم افزار GIS ترسیم شد. جهت بررسی تغییرات دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، این بازه زمانی به دو قسمت، تقسیم و تغییرات این دو پارامتر در سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲، سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹ و همچنین در کل بازه دوازده ساله مورد بررسی یعنی سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲، در نرم افزار GIS پهنه‌بندی و ترسیم گردید.

#### ۱-۴- نتایج آماری

نتایج آماری ۱۴ پارامتر شیمیایی آب در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت عبارت از قسمت شرقی شامل چاه‌های کارخانه قند، ایستگاه بکران، علی آباد، ساق آباد، نجف آباد، شریف آباد، بکران پل، محمد آباد قنبریان، مهدی آباد، اسلام آباد، قسمت میانی شامل چاه‌های ابوذر، جمهوری، حدیدی، زیراب، ابراهیم آباد، باهنر، اخوت، تاجی<sup>۲</sup>، سعیدی<sup>۲</sup>، مزارمی عابدی و قسمت غربی شامل چاه‌های جودانه، کافه عباسی، کلاته اسد، آب مرجان، کنده سیاه، آردزیدر، قدس طالب پور، محاسبه و به ترتیب در جداول ۱-۴، ۲-۴ و ۳-۴ ارائه شده است.



جدول ۴-۱- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت شرقی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۲-۱۳۹۴)

| Na     | Cl     | Ca     | Mg     | EC       | SAR                     | PH  | Na%  | HCO3   | SO4    | TDS    | TH     | Cation | Anion  |         |
|--------|--------|--------|--------|----------|-------------------------|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| me/lit | me/lit | me/lit | me/lit | μmhos/cm | (me/lit) <sup>0.5</sup> | -   | %    | me/lit | me/lit | mg/lit | me/lit | me/lit | me/lit |         |
| ۲۲/۲   | ۲۲/۶   | ۵/۳    | ۸/۳    | ۴۶۹۵     | ۱۱/۹                    | ۶/۹ | ۶۷/۴ | ۲/۶    | ۱۱/۹   | ۲۹۹۰   | ۶۸۴    | ۴۵/۸   | ۴۷/۳   | میانگین |
| ۳۷/۳   | ۳۶/۷   | ۶/۸    | ۹/۱    | ۵۲۷۹     | ۱۳/۷                    | ۷/۲ | ۷۰/۷ | ۳      | ۱۴/۳   | ۳۳۴۴   | ۷۲۹    | ۵۱/۵   | ۵۳/۱   | حداکثر  |
| ۲۷/۶   | ۲۷/۷   | ۴/۶    | ۶/۳    | ۳۹۶۹     | ۱۰/۳                    | ۶/۸ | ۶۴/۸ | ۲/۳    | ۹      | ۲۵۷۳   | ۵۸۰    | ۳۹/۲   | ۳۹/۷   | حداقل   |

جدول ۴-۲- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت میانی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۲-۱۳۹۴)

| Na     | Cl     | Ca     | Mg     | EC       | SAR                     | PH  | Na%  | HCO3   | SO4    | TDS    | TH     | Cation | Anion  |         |
|--------|--------|--------|--------|----------|-------------------------|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| me/lit | me/lit | me/lit | me/lit | μmhos/cm | (me/lit) <sup>0.5</sup> | -   | %    | me/lit | me/lit | mg/lit | me/lit | me/lit | me/lit |         |
| ۱۰/۲   | ۹      | ۲/۷    | ۳/۹    | ۱۷۳۱     | ۵/۶                     | ۷/۲ | ۵۹/۷ | ۳/۳    | ۵      | ۱۱۰۰   | ۳۳۴    | ۱۶/۸   | ۱۷/۳   | میانگین |
| ۱۱/۱   | ۱۰/۲   | ۳/۱    | ۵/۳    | ۲۰۶۴     | ۶/۲                     | ۷/۵ | ۶۴/۳ | ۳/۶    | ۶/۷    | ۱۲۸۴   | ۴۲۰    | ۱۹/۵   | ۲۰/۳   | حداکثر  |
| ۹/۵    | ۸/۲    | ۲/۲    | ۳/۲    | ۱۵۶۲     | ۵/۲                     | ۷   | ۵۵/۶ | ۳      | ۳/۹    | ۹۹۴    | ۲۹۱    | ۱۵/۳   | ۱۵/۷   | حداقل   |

جدول ۴-۳- ویژگی‌های آماری پارامترهای آب در قسمت غربی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۲-۱۳۹۴)

| Na     | Cl     | Ca     | Mg     | EC       | SAR                     | PH  | Na%  | HCO3   | SO4    | TDS    | TH     | Cation | Anion  |         |
|--------|--------|--------|--------|----------|-------------------------|-----|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| me/lit | me/lit | me/lit | me/lit | μmhos/cm | (me/lit) <sup>0.5</sup> | -   | %    | me/lit | me/lit | mg/lit | me/lit | me/lit | me/lit |         |
| ۶      | ۵      | ۲/۳    | ۳/۴    | ۱۱۹۷     | ۳/۵                     | ۷/۳ | ۴۹/۲ | ۳/۳    | ۳/۷    | ۷۷۵    | ۲۹۱    | ۱۱/۸   | ۱۲/۱   | میانگین |
| ۶/۶    | ۵/۷    | ۲/۶    | ۴/۱    | ۱۲۹۷     | ۳/۹                     | ۷/۷ | ۵۲/۱ | ۳/۶    | ۴/۴    | ۸۳۳    | ۳۳۹    | ۱۳     | ۱۳/۱   | حداکثر  |
| ۵/۵    | ۳/۹    | ۱/۸    | ۲/۶    | ۱۱۱۷     | ۳                       | ۷   | ۴۶   | ۳/۱    | ۲/۸    | ۷۱۸    | ۲۴۰    | ۱۰/۶   | ۱۱/۱   | حداقل   |

## ۴-۲- نتایج بررسی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس استانداردها

جهت بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان برای مصارف کشاورزی، پارامترهای شیمیایی کیفی آب با استانداردهای فائو، سازمان استاندارد و تحقیقات ایران و طبقه‌بندی ویلکاکس، مقایسه و نتایج زیر حاصل شد.

#### ۴-۲-۱- استاندارد فائو

استاندارد فائو شامل حدود مجاز ده پارامتر شیمیایی آب است. میانگین این ده پارامتر شامل سدیم، منیزیم، کلسیم، بی‌کربنات، کلر، سولفات، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، پهاش و نسبت جذب سدیم در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت میامی جنوبی در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، با حدود مجاز این استاندارد (جدول ۳-۱) مقایسه و نتایج زیر به دست آمدند.

در قسمت شرقی دشت، بر اساس جدول ۴-۱، مقدار میانگین پارامترهای سدیم، کلسیم، نسبت جذب سدیم، پهاش، بی‌کربنات و سولفات به ترتیب برابر با ۳۲/۲، ۵/۳، ۸/۳، ۱۱/۹، ۶/۹، ۲/۶ و ۱۱/۹ بوده و در حدود مجاز سازمان فائو قرار دارند. مقدار میانگین پارامترهای کلر، منیزیم، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول به ترتیب برابر با ۳۲/۶، ۸/۳، ۴۶۹۵ و ۲۹۹۰ بوده و فراتر از حدود مجاز فائو می‌باشد. به معنای اینکه آب زیرزمینی قسمت شرقی دشت میامی جنوبی جهت مصارف کشاورزی از لحاظ استاندارد فائو به جهت میزان پارامترهای کلر، منیزیم، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول، مناسب نمی‌باشد و در گیاهان زراعی، علفی و درختان حساس نسبت به این چهار پارامتر، نایستی مصرف گردد.

در قسمت میانی و غربی دشت، بر اساس جداول ۴-۲ و ۴-۳، مقدار میانگین ده پارامتر سدیم، کلر، کلسیم، منیزیم، هدایت الکتریکی، نسبت جذب منیزیم، پهاش، بی‌کربنات، سولفات و کل جامدات محلول به ترتیب در قسمت میانی برابر با ۱۰/۲، ۹، ۲/۷، ۳/۹، ۱۷۳، ۵/۶، ۷/۲، ۳/۳، ۵ و ۱۱۰۰ و در قسمت غربی برابر با ۶، ۵، ۲/۳، ۳/۴، ۱۱۹۷، ۳/۵، ۷/۳، ۳/۳، ۳/۷ و ۷۷۵ بوده و همگی در محدوده مجاز سازمان فائو قرار دارند. به معنای اینکه آب‌های زیرزمینی قسمت‌های میانی و غربی دشت میامی جنوبی، جهت مصارف کشاورزی، از نظر استاندارد فائو مناسب می‌باشند.

اثرات ناشی از مقادیر فراتر از حدود مجاز پارامترهای کلر، منیزیم، هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول در قسمت شرقی دشت، به‌طور خلاصه عبارتند از: اگر غلظت کلر در آب آبیاری زیاد باشد، نشانه‌های آسیب‌دیدگی مانند سوختگی یا خشک شدن بافت در برگ ظاهر می‌شود. معمولترین

سمیت از کلر موجود در آب آبیاری ناشی می‌شود. چون کلر با آب خاک حرکت کرده و به راحتی جذب گیاه شده و با جریان تعرق گیاهی به طرف برگ‌ها می‌رود (آیرز و وستکات، ۱۹۸۵). ازدیاد منیزیم علاوه بر مسمومیت مستقیم برای درخت، باعث انهدام ساختمان خاک نیز می‌شود. انهدام خاک به معنی کاهش و مختل شدن نفوذپذیری خاک است. متأسفانه به خطر قلیائیت منیزیم کمتر پرداخته می‌شود در حالیکه خطر منیزیم به دلیل برداشت بی‌رویه و افت سطح آب‌های زیرزمینی روز-به‌روز بدتر می‌شود.

آب‌های با شوری و هدایت الکتریکی بالا نیز، برای گیاهان، سمی بوده و خطر شورشدن خاک را به همراه دارند. غلظت بالای نمک در خاک سبب ایجاد شرایط فیزیولوژیکی خشک می‌شود. در چنین شرایطی گرچه خاک مرطوب به نظر می‌رسد اما گیاهان به دلیل عدم توانایی ریشه در جذب آب پژمرده می‌شوند (حاج‌رسولیه‌ها، ۱۳۸۲). با توجه به رابطه کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی آب، بر اساس معادله‌های  $TDS = 640 \cdot EC$  (ds/m) برای  $EC < 5$  (mg/l) و  $TDS = 800 \cdot EC$  (ds/m) برای  $EC > 5$  (فپس<sup>۱</sup>، ۲۰۱۷). این دو پارامتر (هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول) اثرات و کارکرد مشابهی دارند.

#### ۴-۲-۲- استاندارد سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران

کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان جهت استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره-ای و بارانی سنجیده شد. برای این منظور، مقادیر میانگین پارامترهای شیمیایی آب سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت با استانداردهای مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی، مقایسه شده و نتایج زیر به‌دست آمد.

#### ۴-۲-۲-۱- آبیاری قطره‌ای

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان برای مصرف آبیاری به روش قطره‌ای، از مقادیر میانگین سه پارامتر شیمیایی آب شامل هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و پ-

---

1- Guy fipps

هاش در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۲، در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت استفاده، این مقادیر با استاندارد کیفیت آب برای آبیاری قطره‌ای سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (جدول ۳-۲)، مقایسه شده و نتایج زیر به‌دست آمد.

در قسمت شرقی دشت، بر اساس جدول ۴-۱، میانگین پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات- محلول و پهاش به‌ترتیب برابر با ۴۶۹۵، ۲۹۹۰ و ۶/۹ بوده و به ترتیب در رده‌های محدودیت شدید، محدودیت شدید و بدون محدودیت قرار داشته‌اند. به معنای اینکه آب زیرزمینی قسمت شرقی دشت میامی جنوبی از جهت میزان پارامترهای هدایت الکتریکی و کل جامدات محلول، برای آبیاری به روش قطره‌ای مناسب نمی‌باشند.

در قسمت میانی و غربی دشت، بر اساس جدول ۴-۲ و ۴-۳، میانگین پارامترهای هدایت- الکتریکی، کل جامدات محلول و پهاش به‌ترتیب برابر با ۱۷۳۱، ۱۱۰۰ و ۷/۲ در قسمت میانی و ۱۱۹۷، ۷۷۵ و ۷/۳ در قسمت غربی بوده که هر سه در رده محدودیت کم تا متوسط بوده‌اند. به معنای اینکه آب زیرزمینی قسمت‌های میانی و غربی دشت میامی جنوبی، از لحاظ استفاده در آبیاری به روش قطره‌ای، مناسب می‌باشند.

#### ۴-۲-۲-۲-۴ آبیاری بارانی

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان برای مصرف آبیاری به روش بارانی، از مقادیر میانگین سه پارامتر شیمیایی آب شامل سدیم، کلر و بی‌کربنات، در بازه زمانی ۱۳۹۴-۱۳۸۲، در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت، استفاده گردید. این مقادیر با استاندارد کیفیت آب برای آبیاری بارانی سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران (جدول ۳-۳)، مقایسه شد و نتایج زیر به‌دست آمد.

مقدار میانگین پارامترهای سدیم و کلر در هر سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت میامی جنوبی به ترتیب برابر با ۳۲/۲، ۱۰/۲ و ۶ برای سدیم و ۳۲/۶، ۹ و ۵ برای کلر بوده و دارای محدودیت مصرف بوده‌اند. به این معنا که آب‌های زیرزمینی دشت میامی جنوبی به خصوص در قسمت شرقی،

جهت مصرف در آبیاری بارانی از جهت میزان سدیم و کلر، مناسب نمی‌باشند. میانگین پارامتر بی-کربنات در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت به‌ترتیب برابر با ۲/۶، ۳/۳ و ۳/۳ بوده و در رده محدودیت کم تا متوسط برای مصرف بوده است. به معنای اینکه آب‌های زیرزمینی هر سه قسمت دشت میامی جنوبی مشکلی از بابت پارامتر بی‌کربنات در آبیاری بارانی ندارد.

#### ۴-۲-۳- طبقه‌بندی ویلکاکس

بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۸۲-۱۳۹۴) به بازه‌های زمانی حدوداً سه ساله تقسیم گردید و طبقه‌بندی ویلکاکس برای ۲۷ حلقه چاه دشت میامی جنوبی به تفکیک سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت در سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴، انجام و در جدول‌های ۴-۴ تا ۶-۴ ارائه شده است.

جدول ۴-۴- طبقه بندی ویلکاکس آب چاه‌های قسمت شرقی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴)

| نام چاه          | ۱۳۸۳  | ۱۳۸۶  | ۱۳۸۹  | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۴  |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| کارخانه قند      | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 |
| ایستگاه بکران    | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 |
| مهدی آباد        | C3-S2 | C3-S1 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 |
| علی آباد         | C3-S1 | C3-S1 | C3-S2 | C4-S2 | C4-S2 |
| بکران پل         | C4-S3 | C4-S2 | C4-S2 | C4-S3 | C4-S4 |
| اسلام آباد       | C3-S2 | C3-S2 | C4-S2 | C4-S3 | C4-S3 |
| شریف آباد        | C4-S3 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 |
| محمدآباد قنبریان | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S3 | C4-S3 |
| نجف آباد         | C4-S3 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 |
| ساق آباد         | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 | C4-S4 |

جدول ۴-۵- طبقه بندی ویلکاکس آب چاه‌های قسمت میانی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴)

| نام چاه      | ۱۳۸۳  | ۱۳۸۶  | ۱۳۸۹  | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۴  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ابوذر        | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| جمه‌وری      | C2-S1 | C2-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S2 |
| حدیدی        | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S1 | C3-S2 |
| باهنر        | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C4-S2 |
| ابراهیم آباد | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| اخوت         | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 |
| تاجی ۲       | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 |
| سعیدی ۲      | C3-S2 | C3-S2 | C4-S2 | C3-S2 | C4-S2 |
| مزرامی عابدی | C4-S2 | C4-S2 | C4-S2 | C3-S2 | C4-S2 |
| زیر آب       | C3-S2 | C4-S2 | C3-S2 | C4-S3 | C4-S3 |

جدول ۴-۶- طبقه بندی ویلکاکس آب چاه‌های قسمت غربی دشت میامی جنوبی (۱۳۸۳، ۱۳۸۶، ۱۳۸۹، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴)

| نام چاه      | ۱۳۸۳  | ۱۳۸۶  | ۱۳۸۹  | ۱۳۹۲  | ۱۳۹۴  |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| جودانه       | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| کافه عباسی   | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| کلانته اسد   | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| آب مرجان     | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| کنده سیاه    | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 | C3-S2 |
| آردزیدر      | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |
| قدس طالب پور | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 | C3-S1 |

بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس در دشت میامی جنوبی استان سمنان این نتایج به‌دست آمدند:

آب‌های قسمت شرقی دشت در سال‌های مورد بررسی از بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، همگی نامناسب برای کشاورزی اند (C3S1-C3S2-C4S2-C4S3-C4S4)، تنها چاه مهدی آباد در تمام سال-های مورد بررسی و چاه‌های اسلام آباد و علی آباد در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۸۶، کیفیتی متوسط داشته‌اند. آب‌های قسمت میانی دشت، اکثراً دارای کیفیتی متوسط می‌باشند (C3S1-C3S2-C3S1-) C4S2-C4S3)، ولی چاه باهنر در سال ۱۳۹۴، سعیدی ۲ در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴، زیراب در سال-

های ۱۳۸۶، ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ و مزارمی عابدی در همه سال‌های مورد بررسی بجز ۱۳۹۲، کیفیت نامناسب داشته‌اند. چاه‌های قسمت غربی دشت، همگی کیفیتی متوسط برای مصارف کشاورزی داشته‌اند (C3S1-C3S2).

#### ۴-۲-۴- شاخص‌های آبیاری

برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان توسط شاخص‌های آبیاری، نتایج آماری شاخص‌های آبیاری سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت عبارت از قسمت شرقی شامل چاه-های کارخانه قند، ایستگاه بکران، علی آباد، ساق آباد، نجف آباد، شریف آباد، بکران پل، محمد آباد قنبریان، مهدی آباد، اسلام آباد، قسمت میانی شامل چاه‌های ابوذر، جمهوری، حدیدی، زیراب، ابراهیم آباد، باهنر، اخوت، تاجی ۲، سعیدی ۲، مزارمی عابدی و قسمت غربی شامل چاه‌های جودانه، کافه عباسی، کلاته اسد، آب مرجان، کنده سیاه، آردزیدر، قدس طالب پور، در بازه دوازده ساله مورد بررسی تعیین شد (جدول‌های ۷-۴، ۸-۴ و ۹-۴).

جدول ۷-۴- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت شرقی دشت میامی جنوبی

| نسبت کلی<br>(نسبت) | نسبت جذب منیزیم<br>(%) | شوری بالقوه<br>(meq/lit) |         |
|--------------------|------------------------|--------------------------|---------|
| ۱/۹                | ۶۰/۹                   | ۳۸/۶                     | میانگین |
| ۲/۵                | ۶۵/۴                   | ۴۳/۷                     | حداکثر  |
| ۱/۵                | ۴۹/۶                   | ۳۲/۱                     | حداقل   |

جدول ۸-۴- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت میانی دشت میامی جنوبی

| نسبت کلی<br>(نسبت) | نسبت جذب منیزیم<br>(%) | شوری بالقوه<br>(meq/lit) |         |
|--------------------|------------------------|--------------------------|---------|
| ۱/۲                | ۵۹/۲                   | ۱۱/۵                     | میانگین |
| ۱/۶                | ۶۳/۲                   | ۱۳/۶                     | حداکثر  |
| ۱                  | ۵۴/۹                   | ۱۰/۱                     | حداقل   |

جدول ۴-۹- ویژگی‌های آماری شاخص‌های آبیاری در قسمت غربی دشت میامی جنوبی

| نسبت کلی<br>(نسبت) | نسبت جذب منیزیم<br>(%) | شوری بالقوه<br>(meq/lit) |         |
|--------------------|------------------------|--------------------------|---------|
| ۱                  | ۵۹/۸                   | ۶/۸                      | میانگین |
| ۱/۲                | ۶۵/۲                   | ۷/۸                      | حداکثر  |
| ۰/۸                | ۵۱/۸                   | ۶                        | حداقل   |

میانگین این شاخص‌ها در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت، با حدود مجاز آن‌ها (ارایه شده در بخش ۳-۳-۴) مقایسه گردید و این نتایج به‌دست آمدند. در قسمت شرقی دشت، بر اساس جدول ۴-۷، میانگین پارامترهای شوری بالقوه، نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی به‌ترتیب برابر با ۳۸/۶، ۶۰/۹ و ۱/۹ بوده و هر سه در رده نامناسب بوده‌اند. به این معنا که آب‌های زیرزمینی قسمت شرقی دشت میامی جنوبی، شوری ناشی از پارامترهای کلر و سولفات داشته، خطر منیزمی داشته و نسبت سدیم به مجموع کلسیم و منیزیم در آن، بالا بوده است و بنابراین، نامناسب جهت مصارف کشاورزی به ویژه از جهت میزان پارامترهای ذکر شده می‌باشد.

در قسمت میانی دشت، بر اساس جدول ۴-۸، میانگین پارامترهای شوری بالقوه، نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی به‌ترتیب برابر با ۱۱/۵، ۵۹/۲ و ۱/۲ بوده و به ترتیب در رده متوسط، نامناسب و نامناسب بوده‌اند، به معنای اینکه خطر منیزمی و سدیمی بودن آب‌های زیرزمینی قسمت میانی دشت میامی جنوبی نیز وجود دارد. در قسمت غربی دشت، بر اساس جدول ۴-۹، میانگین پارامترهای شوری بالقوه، نسبت جذب منیزیم و نسبت کلی به‌ترتیب برابر با ۶/۸، ۵۱/۸ و ۱ بوده و به ترتیب در رده متوسط، نامناسب و متوسط بوده‌اند. به معنای اینکه در قسمت غربی دشت، تنها خطر منیزمی بودن آب‌های زیرزمینی، وجود دارد.



### ۳-۴- ماتریس همبستگی پیرسون

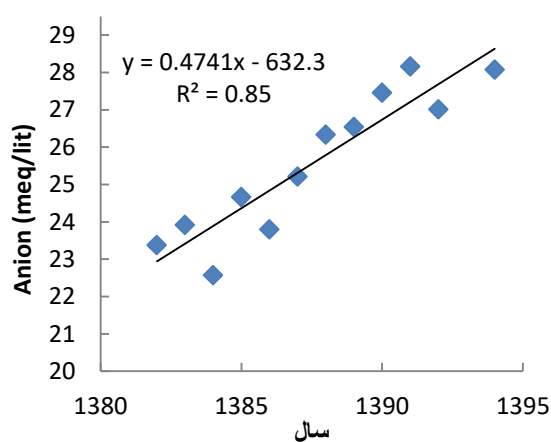
به منظور شناخت پارامترهای با بیشترین همبستگی، از ماتریس پیرسون در نرم افزار SPSS استفاده گردید. بر اساس این ماتریس، همه پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان در سال ۱۳۹۴، در سطح ۹۹ درصد با یکدیگر همبستگی دارند. سدیم با کاتیون و آنیون، منیزیم و کلسیم با سختی کل، کاتیون و آنیون با یکدیگر و با هدایت الکتریکی، بی کربنات با پهاش، کلر با کاتیون، کل جامدات محلول با آنیون، سولفات با کل جامدات محلول، نسبت جذب سدیم با سدیم و درصد سدیم با نسبت جذب سدیم، بیشترین همبستگی را دارا می‌باشند. بیشترین همبستگی با ضریب همبستگی ۰/۹۹۹ مربوط به پارامترهای کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی، آنیون و کاتیون با یکدیگر و با هدایت الکتریکی می‌باشد. جدول (۴-۱۰) ضرایب همبستگی پارامترهای آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی را در سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.

جدول ۴-۱۰- خصوصیات ماتریس همبستگی کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی

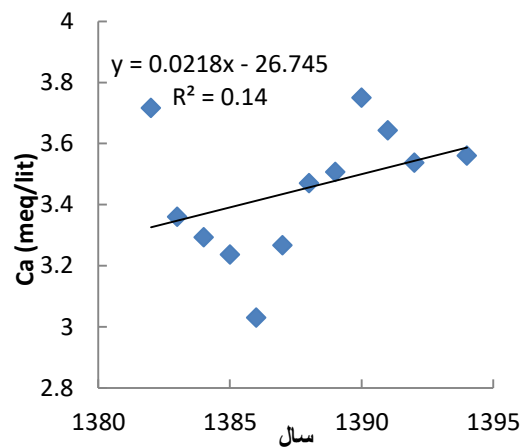
|        | Na | Mg   | Ca   | Cation | Anion | Hco3  | EC   | Cl   | TH   | TDS  | So4  | SAR  | PH    | Na%   |
|--------|----|------|------|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Na     | ۱  | ۰/۷۶ | ۰/۷۵ | ۰/۹۸   | ۰/۹۸  | -۰/۸۸ | ۰/۹۸ | ۰/۹۹ | ۰/۷۷ | ۰/۹۸ | ۰/۹  | ۰/۹۷ | -۰/۸۶ | ۰/۸۴  |
| Mg     |    | ۱    | ۰/۸۹ | ۰/۸۴   | ۰/۸۴  | -۰/۷۲ | ۰/۸۵ | ۰/۸۱ | ۰/۹۸ | ۰/۸۶ | ۰/۸۹ | ۰/۶۳ | -۰/۷۶ | ۰/۴۹  |
| Ca     |    |      | ۱    | ۰/۸۲   | ۰/۸۲  | -۰/۷۲ | ۰/۸۲ | ۰/۷۷ | ۰/۹۵ | ۰/۸۳ | ۰/۹۱ | ۰/۶۳ | -۰/۷۱ | ۰/۴۸  |
| Cation |    |      |      | ۱      | ۰/۹۹  | -۰/۸۸ | ۰/۹۹ | ۰/۹۹ | ۰/۸۶ | ۰/۹۹ | ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | -۰/۸۸ | ۰/۷۹  |
| Anion  |    |      |      |        | ۱     | -۰/۸۸ | ۰/۹۹ | ۰/۹۹ | ۰/۸۵ | ۰/۹۹ | ۰/۹۴ | ۰/۹۴ | -۰/۸۷ | ۰/۷۹  |
| Hco3   |    |      |      |        |       | ۱     | ۰/۸۸ | ۰/۸۸ | ۰/۷۴ | ۰/۸۸ | ۰/۸۱ | ۰/۸۵ | ۰/۸۷  | -۰/۶۹ |
| EC     |    |      |      |        |       |       | ۱    | ۰/۹۹ | ۰/۸۶ | ۰/۹۹ | ۰/۹۴ | ۰/۹۳ | -۰/۸۷ | ۰/۷۹  |
| Cl     |    |      |      |        |       |       |      | ۱    | ۰/۸۱ | ۰/۹۸ | ۰/۹  | ۰/۹۵ | -۰/۸۷ | ۰/۸   |
| TH     |    |      |      |        |       |       |      |      | ۱    | ۰/۸۷ | ۰/۹۲ | ۰/۶۴ | -۰/۷۶ | ۰/۵   |
| TDS    |    |      |      |        |       |       |      |      |      | ۱    | ۰/۹۵ | ۰/۹۲ | -۰/۸۸ | ۰/۷۸  |
| So4    |    |      |      |        |       |       |      |      |      |      | ۱    | ۰/۸۳ | -۰/۸۴ | ۰/۷   |
| SAR    |    |      |      |        |       |       |      |      |      |      |      | ۱    | -۰/۸۵ | ۰/۹۱  |
| PH     |    |      |      |        |       |       |      |      |      |      |      |      | ۱     | -۰/۷۹ |
| Na%    |    |      |      |        |       |       |      |      |      |      |      |      |       | ۱     |

#### ۴-۴- روند زمانی پارامترهای آب در دشت میامی جنوبی

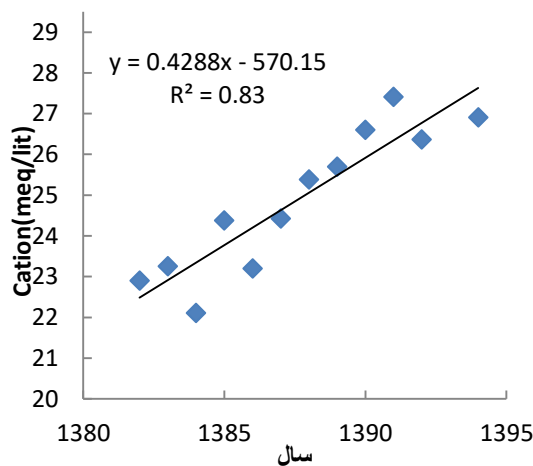
جهت بررسی روند زمانی پارامترهای شیمیایی آب در دشت میامی جنوبی، ابتدا میانگین مقادیر ۱۴ پارامتر شیمیایی آب در ۲۷ حلقه چاه دشت در سال‌های بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ محاسبه گردید. سپس روند زمانی این ۱۴ پارامتر از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ در دشت میامی جنوبی، در شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۴ ترسیم و معادلات رگرسیونی، همراه با ضریب تبیین آن‌ها تعیین گردید.



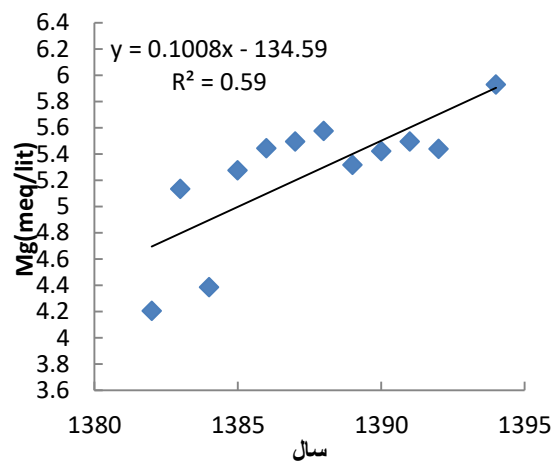
شکل ۴-۲- روند آنیون از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



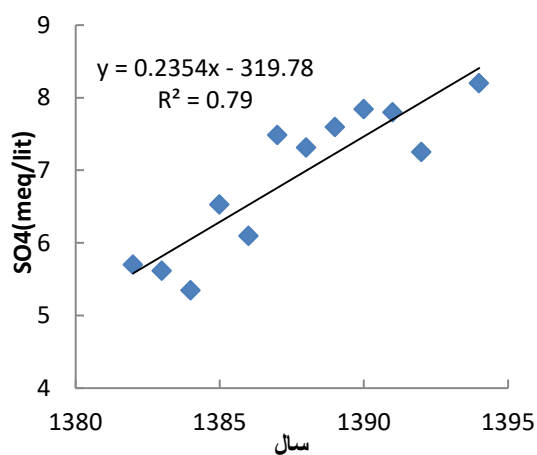
شکل ۴-۱- روند کلسیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



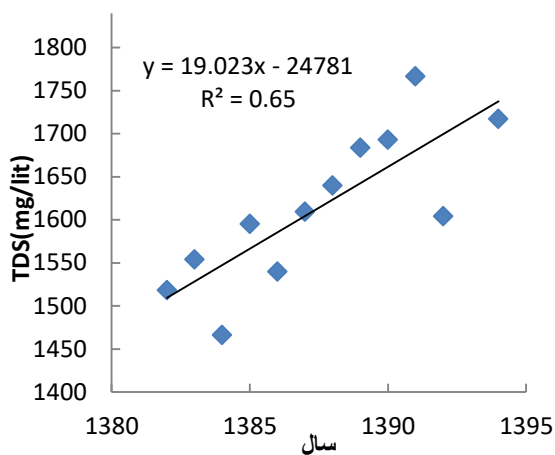
شکل ۴-۴- روند کاتیون از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



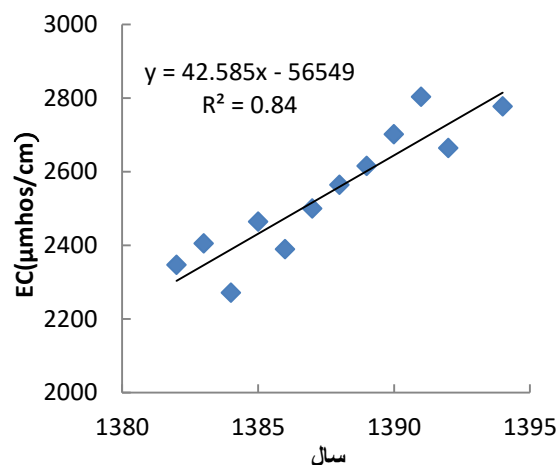
شکل ۴-۳- روند منیزیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



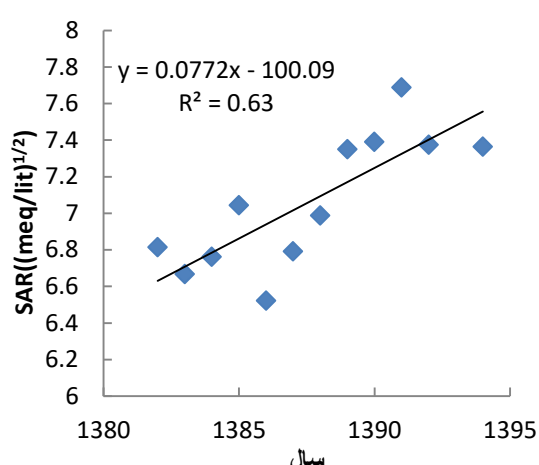
شکل ۴-۶- روند سولفات از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



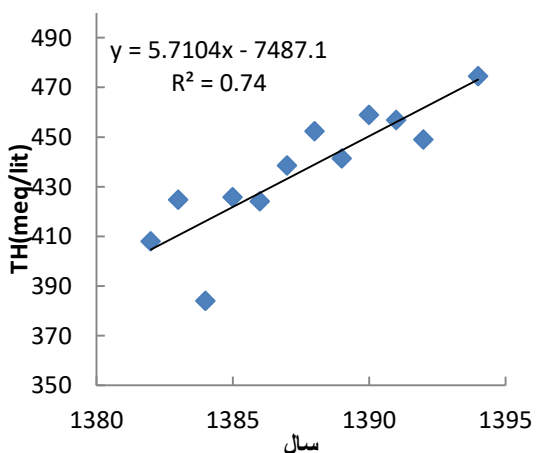
شکل ۴-۵- روند TDS از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



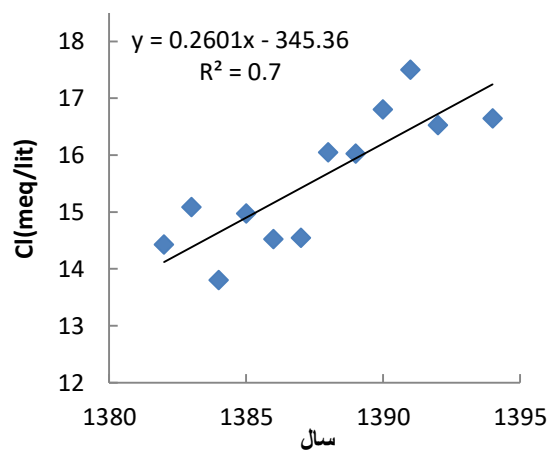
شکل ۴-۸- روند EC از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



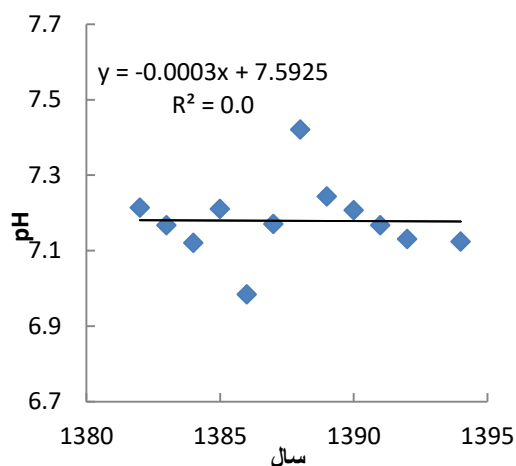
شکل ۴-۷- روند SAR از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



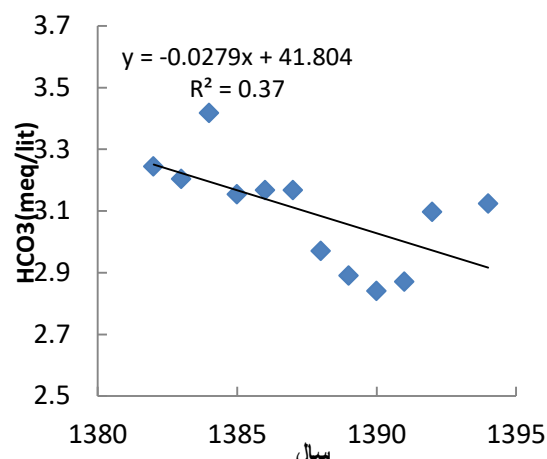
شکل ۴-۱۰- روند سختی کل از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



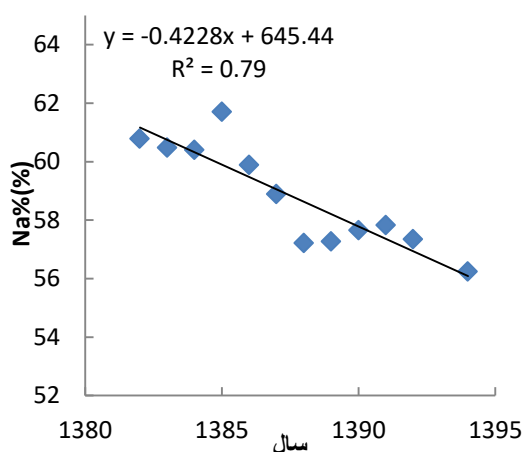
شکل ۴-۹- روند کلر از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



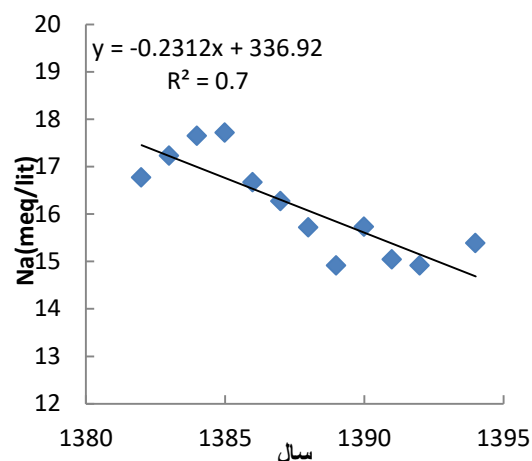
شکل ۴-۱۲- روند پهاش از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



شکل ۴-۱۱- روند بی کربنات از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



شکل ۴-۱۴- روند درصد سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴



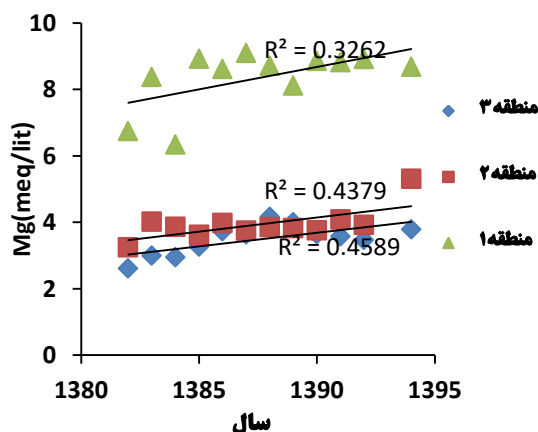
شکل ۴-۱۳- روند سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴

ضریب همبستگی ۱۴ پارامتر شیمیایی آب زیرزمینی با زمان نیز در نرم افزار SPSS تعیین شد. ضریب همبستگی پارامترهای هدایت الکتریکی، آنیون، کاتیون، سولفات، کلر، کل جامدات محلول، سختی کل، نسبت جذب سدیم، کلسیم و منیزیم با زمان، مثبت و نشان دهنده افزایش مقادیر این پارامترها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ است. ضریب همبستگی پارامترهای بی کربنات، پهاش، سدیم و درصد سدیم، منفی است و این پارامترها در بازه زمانی مورد بررسی، روند نزولی داشته‌اند. در مجموع با توجه به افزایش مقادیر اکثر پارامترهای شیمیایی آب از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، کیفیت آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان، کاهش داشته است.

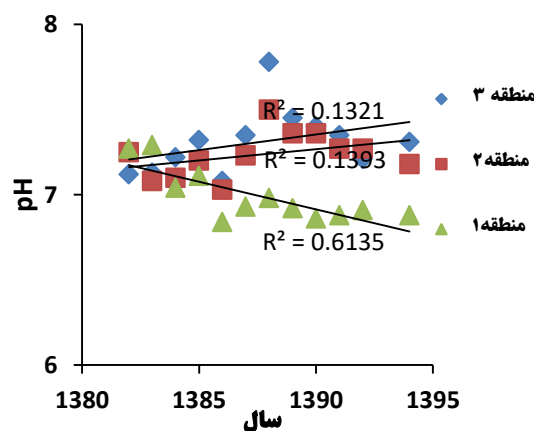
معنادار بودن استفاده از معادله‌های رگرسیونی در سطح ۹۵ درصد نیز با استفاده از سطح معنی-داری<sup>۱</sup> جدول ANOVA در نرم افزار SPSS بررسی شد. با توجه به Sig کوچکتر از ۰/۰۵، معادله‌های رگرسیونی برای اکثر پارامترها در سطح ۹۵ درصد به بالا معنادار و مناسب است. در مورد پارامترهای کلسیم، بی‌کربنات، درصد سدیم و پ‌هاش مقدار Sig بزرگتر از ۰/۰۵ بوده و معادله رگرسیونی در سطح ۹۵ درصد، معنادار نیست.

#### ۴-۵- روند زمانی پارامترهای آب در شرق، میانه و غرب دشت میامی جنوبی

جهت مشاهده چگونگی روند زمانی ۱۴ پارامتر شیمیایی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان در مکان، ابتدا چاه‌های دشت به سه قسمت شرقی، میانی و غربی تقسیم شد. سپس میانگین مقادیر پارامترهای شیمیایی آب در هر کدام از این سه قسمت در سال‌های بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ تعیین شد و روند زمانی پارامترها از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ به تفکیک سه قسمت شرقی (منطقه ۱)، میانی (منطقه ۲) و غربی (منطقه ۳) دشت ترسیم گردید (شکل‌های شماره ۴-۱۵ تا ۴-۲۸).

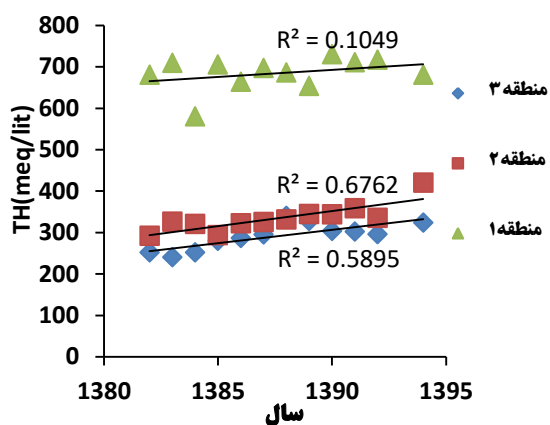


شکل ۴-۱۶- روند منیزیم در سه قسمت

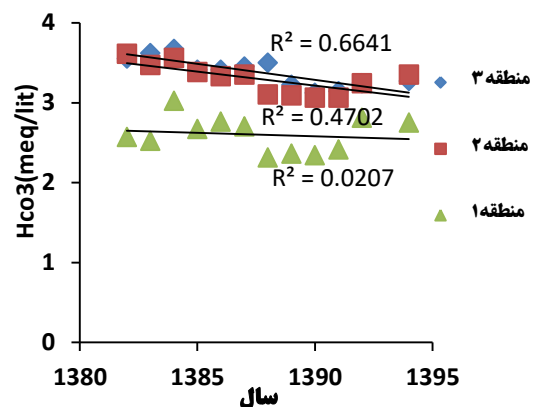


شکل ۴-۱۵- روند PH در سه قسمت دشت

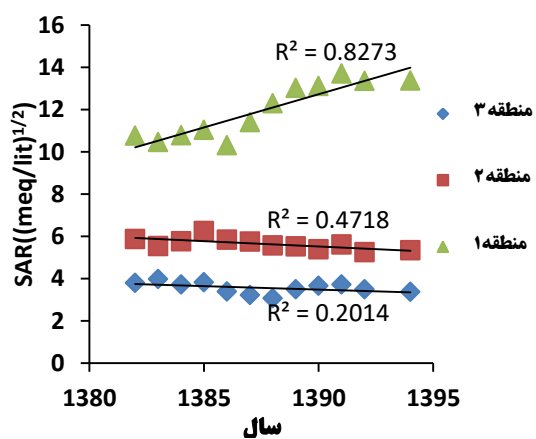
1- significance



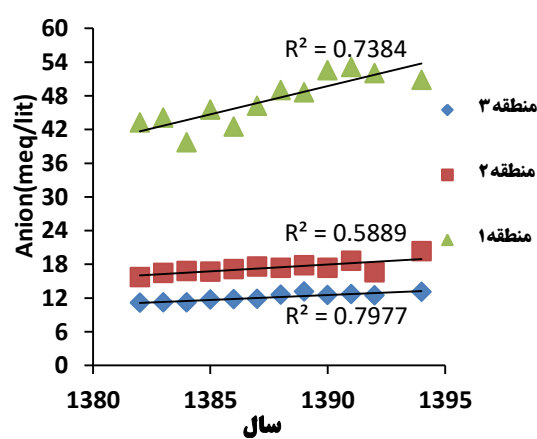
شکل ۴-۱۸- روند سختی کل در سه قسمت دشت



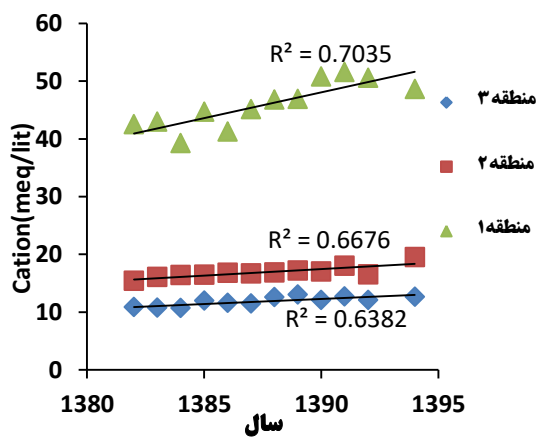
شکل ۴-۱۷- روند بی کربنات در سه قسمت دشت



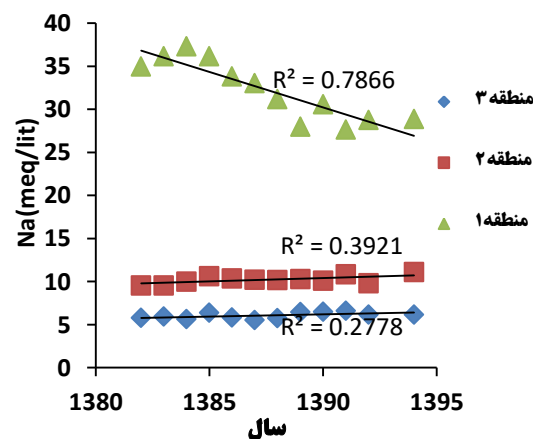
شکل ۴-۲۰- روند SAR در سه قسمت دشت



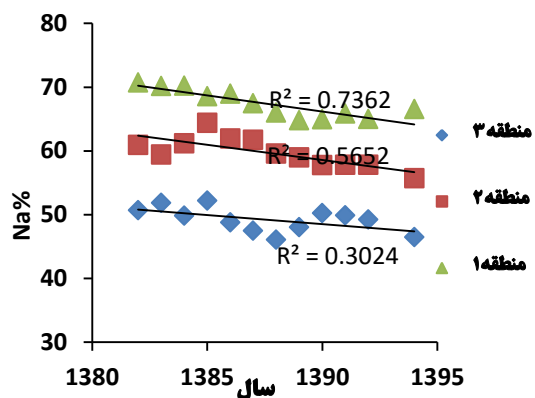
شکل ۴-۱۹- روند آنیون در سه قسمت دشت



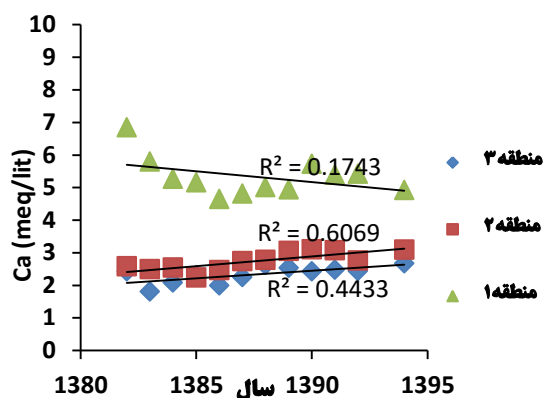
شکل ۴-۲۲- روند کاتیون در سه قسمت دشت



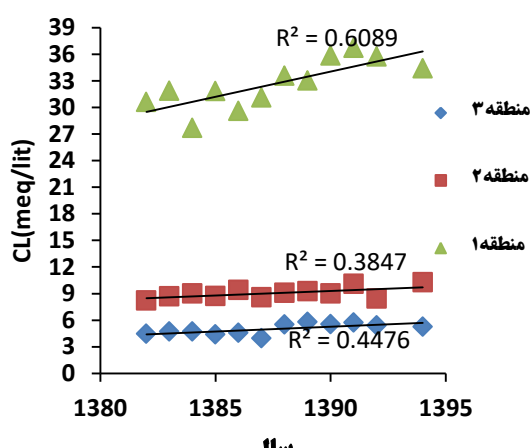
شکل ۴-۲۱- روند سدیم در سه قسمت دشت



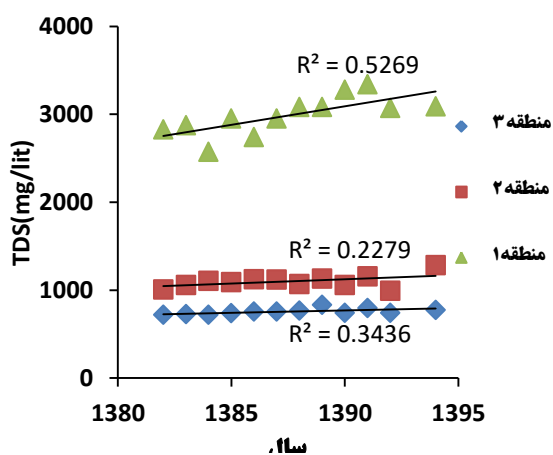
شکل ۴-۲۴- روند درصد سدیم در سه قسمت دشت



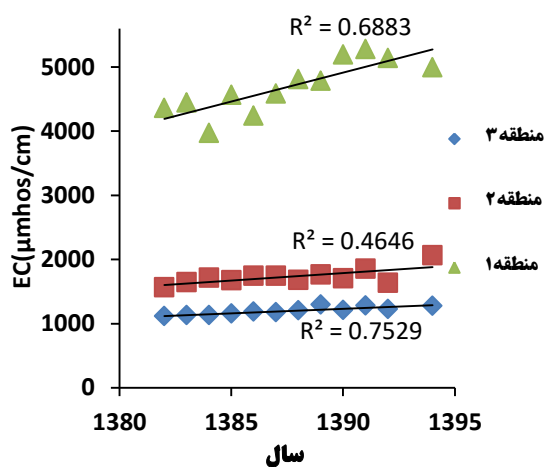
شکل ۴-۲۳- روند کلسیم در سه قسمت دشت



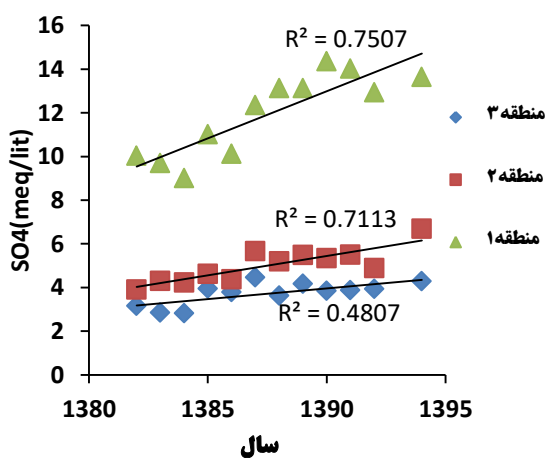
شکل ۴-۲۶- روند کلر در سه قسمت دشت



شکل ۴-۲۵- روند TDS در سه قسمت دشت



شکل ۴-۲۸- روند EC در سه قسمت دشت



شکل ۴-۲۷- روند سولفات در سه قسمت دشت

بر اساس نتایج حاصله، روند زمانی ده پارامتر منیزیم، کلسیم، کلر، سولفات، کل جامدات محلول، سختی کل، هدایت الکتریکی، آنیون، کاتیون و نسبت جذب سدیم در هر سه قسمت دشت، افزایشی و در قسمت شرقی دشت، شیب افزایشی بیشتری دارد. از بین این ده پارامتر، تنها پارامتر کلسیم در قسمت شرقی دشت، روند کاهشی داشته است. تغییرات سه قسمت دشت این ده پارامتر به گونه‌ای بوده که روند آن‌ها در کل دشت، افزایشی بوده است.

در مورد ۴ پارامتر درصد سدیم، سدیم، بی‌کربنات و پهاش، پارامترهای درصد سدیم و بی‌کربنات در هر سه قسمت دشت، کاهش و پارامترهای سدیم و پهاش در قسمت شرقی دشت، کاهش و در قسمت‌های میانی و غربی، اندکی افزایش داشته‌اند. تغییرات این چهار پارامتر در سه قسمت دشت به گونه‌ای بوده که روند آن‌ها در کل دشت، کاهشی بوده است.

میزان دوازده پارامتر آنیون، هدایت الکتریکی، کلر، کل جامدات محلول، سختی کل، کاتیون، منیزیم، سولفات، نسبت جذب سدیم، درصد سدیم، کلسیم و سدیم در قسمت شرقی دشت بیشتر از قسمت‌های میانی و غربی است و میزان دو پارامتر بی‌کربنات و پهاش برعکس سایر پارامترها در قسمت شرقی دشت کمتر از قسمت میانی و غربی است.

میانگین مقادیر پنج پارامتر هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، سختی کل، سدیم و پهاش در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت و در ۱۲ سال مورد بررسی، با استفاده از تحلیل واریانس چند متغیره مدل خطی - اندازه های تکرار شده در نرم افزار SPSS، مقایسه شد. برای این منظور ابتدا کرویت پارامترها مورد بررسی قرار گرفت. کرویت به تشابه روابط بین متغیرهای وابسته و مستقل در اندازه‌گیری تکرار شده مربوط می‌شود. در این تحقیق آزمون کرویت ماتریس کوواریانس - واریانس در سطح خطای ۰/۰۵ برای هیچکدام از پارامترهای مورد بررسی پذیرفته نشد ( $\text{Sig} < 0/05$ )، بنابراین از آزمون هیون - فلت<sup>۱</sup> استفاده شد. در جدول آزمون اثرات درون‌آزمودنی<sup>۲</sup> نیز ردیف هیون - فلت برای

---

1. Huynh-feldt  
2. Tests of Within- Subject Effects



بررسی معنی‌داری استفاده و این نتایج به‌دست آمدند. برای پارامترهای سدیم، هدایت الکتریکی و پ-هاش، اثر معنی‌دار از متغیر زمان وجود دارد ( $\text{Sig} < 0/05$ )، همچنین فعل و انفعال کافی بین دو متغیر زمان و منطقه نیز وجود دارد ( $\text{Sig} < 0/05$ ). در مورد پارامتر سختی کل، اثر معنی‌داری از متغیر زمان وجود دارد اما اثر تعاملی‌ای بین متغیر زمان و منطقه وجود ندارد ( $\text{Sig} > 0/05$ ). در مورد پارامتر نسبت جذب سدیم اثر معنی‌داری از متغیر زمان وجود ندارد ( $\text{Sig} > 0/05$ )، اما اثر تعاملی کافی بین دو متغیر زمان و منطقه وجود دارد. در نهایت مهم‌ترین خروجی نرم افزار SPSS در بررسی معنی‌داری ارتباط بین پارامترهای مورد بررسی در سه منطقه مختلف دشت در بازه دوازده ساله مورد بررسی، جدول آزمون اثرات بین آزمودنی<sup>۱</sup> است (جدول ۴-۱۱).

**جدول ۴-۱۱- آزمون اثرات بین آزمودنی برای پارامترهای TH, SAR, PH, EC, Na**

| Source                        | Type III Sum of Squares | Df | Mean Square   | F         | Sig. | Partial Eta Squared |
|-------------------------------|-------------------------|----|---------------|-----------|------|---------------------|
| Transformed Variable: Average |                         |    |               |           |      |                     |
| Measure: EC                   |                         |    |               |           |      |                     |
| Intercept                     | 1455289613.00           | 1  | 1455289613.00 | 31.523    | .000 | .650                |
| Area                          | 161653288.900           | 2  | 80826644.470  | 1.751     | .204 | .171                |
| Error                         | 784832631.100           | 17 | 46166625.360  |           |      |                     |
| Measure: PH                   |                         |    |               |           |      |                     |
| Intercept                     | 11129.809               | 1  | 11129.809     | 63628.526 | .000 | 1.000               |
| Area                          | 2.386                   | 2  | 1.193         | 6.822     | .007 | .445                |
| Error                         | 2.974                   | 17 | .175          |           |      |                     |
| Measure: Na                   |                         |    |               |           |      |                     |
| Intercept                     | 56729.968               | 1  | 56729.968     | 55.664    | .000 | .756                |
| Area                          | 22419.850               | 2  | 11209.925     | 10.999    | .001 | .550                |
| Error                         | 18344.771               | 18 | 1019.154      |           |      |                     |
| Measure: TH                   |                         |    |               |           |      |                     |
| Intercept                     | 33027522.700            | 1  | 33027522.700  | 257.723   | .000 | .938                |
| Area                          | 3026889.532             | 2  | 1513444.766   | 11.810    | .001 | .581                |
| Error                         | 2178574.993             | 17 | 128151.470    |           |      |                     |
| Measure: SAR                  |                         |    |               |           |      |                     |
| Intercept                     | 8997.978                | 1  | 8997.978      | 91.383    | .000 | .843                |
| Area                          | 1290.298                | 2  | 645.149       | 6.552     | .008 | .435                |
| Error                         | 1673.895                | 17 | 98.464        |           |      |                     |

1- Tests of Between- Subjects Effects

بر اساس سطح معنی داری این جدول (آزمون اثرات درون- آزمودنی) برای پارامتر منطقه (Area) با توجه به مقدار Sig کوچکتر از ۰/۰۵ برای پارامترهای سدیم، سختی کل، پ هاش و نسبت جذب سدیم، میانگین مقادیر پارامترها در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت در هر سال از بازه دوازده ساله مورد بررسی، کاملاً متفاوت می باشند. در مورد پارامتر هدایت الکتریکی و با توجه به سطح معنی داری بزرگتر از ۰/۰۵، میانگین این پارامتر در هر قسمت دشت در هر سال، تفاوت معنی داری با هم ندارند. به معنی اینکه میانگین پارامتر هدایت الکتریکی در یک قسمت دشت با میانگین این پارامتر در همان قسمت در هر سال از بازه دوازده ساله مورد بررسی، با هم متفاوت نیستند. اثر متقابل زمان و منطقه (به معنای تفاوت میانگین پارامترها در مناطق مختلف و در زمان های مختلف)، در مورد هر پنج پارامتر مورد بررسی، وجود دارد. به معنای اینکه میانگین هر پنج پارامتر مورد بررسی در سه قسمت مختلف دشت و در سال های مختلف بازه دوازده ساله، با هم تفاوت معنی داری دارند.

#### ۴-۶- پهنه بندی پارامترهای شیمیایی آب در دشت میامی جنوبی

جهت بررسی تغییرات مکانی ۱۴ پارامتر کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴ و پهنه بندی آنها از تکنیک های زمین آماری استفاده گردید. ابتدا نرمال بودن توزیع آماری پارامترها برای به دست آوردن واریوگرام و استفاده از روش کریجینگ، مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف<sup>۱</sup> در نرم افزار SPSS استفاده شد. آزمون کولموگروف- اسمیرنوف یک آزمون ناپارامتری برای بررسی توزیع مشاهدات است. نتایج بررسی این آزمون نشان داد که توزیع هر ۱۴ پارامتر آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴، نرمال نمی باشد ( $SIG < 0/05$ ). برای نرمال کردن داده ها از روش لگاریتم گیری از آنها (در پایه ده)، استفاده گردید. این روش نسبت به سایر روش های نرمال سازی نظیر جذر پارامترها، نتایج بهتری داشته و توزیع پارامترهای نرمال یا نزدیک تر به نرمالی را ارائه داد.

---

1- Kolmogorov-Smirnov

#### ۴-۶-۱- واریوگرام

نیم تغییرنمای تجربی داده‌های نرمال‌شده، در نرم افزار GS+ محاسبه و ترسیم شد. سپس بهترین مدل تئوری با ارزیابی متقابل و بر اساس مجموع مربعات باقیمانده کمتر و ضریب تبیین بالاتر، بر آن‌ها برازش شد. نتایج اجزای بهترین مدل واریوگرام برازش شده بر ۱۴ پارامتر نرمال‌شده آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴، در جدول ۴-۱۲ نشان داده شده است.

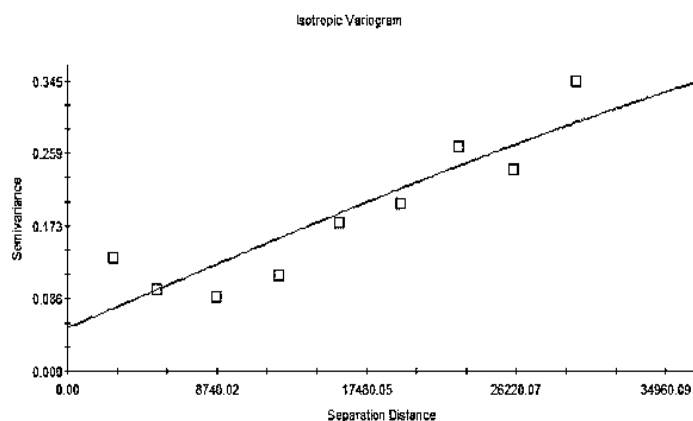
جدول ۴-۱۲- بهترین مدل واریوگرام برازش شده بر ۱۴ پارامتر شیمیایی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی (سال ۹۴)

| پارامتر  | مدل  | اثر قطعه‌ای (m) | آستانه (m) | دامنه تأثیر (m) | C/(C0+C) | r <sup>2</sup> | RSS   |
|----------|------|-----------------|------------|-----------------|----------|----------------|-------|
| LnTH     | کروی | ۰/۰۵۳           | ۰/۴۰۳      | ۷۱۱۰۰           | ۰/۸۶۸    | ۰/۸۸۴          | ۰/۰۰۴ |
| LnTDS    | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۲/۰۰۵      | ۶۹۹۰۰           | ۱        | ۰/۹۶۵          | ۰/۰۳۹ |
| LnSO4    | کروی | ۰/۰۰۱           | ۲/۰۱۱      | ۴۸۹۸۰           | ۱        | ۰/۹۵۸          | ۰/۰۵۸ |
| LnPH     | خطی  | ۰               | ۰/۰۰۴      | ۶۹۷۸۰           | ۰/۹۹۸    | ۰/۹۷۳          | ۰     |
| LnNa%    | خطی  | ۱               | ۴۱۲/۹      | ۳۸۲۶۰           | ۰/۹۹۸    | ۰/۹۲۲          | ۸۵۳۱  |
| LnNa     | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۲/۰۱۱      | ۴۱۶۴۰           | ۱        | ۰/۹۶۳          | ۰/۱۴۶ |
| LnHCO3   | کروی | ۰               | ۰/۲۴       | ۳۲۱۶۰           | ۱        | ۰/۹۶۲          | ۰/۰۰۳ |
| LnAnion  | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۱/۹۵       | ۶۹۹۶۰           | ۰/۹۹۹    | ۰/۹۶۸          | ۰/۰۳۶ |
| LnCl     | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۲/۰۱۱      | ۳۵۱۳۰           | ۱        | ۰/۹۶۲          | ۰/۱۸۲ |
| LnSAR    | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۲/۰۱       | ۶۳۱۳۰           | ۱        | ۰/۹۵۲          | ۰/۰۷۴ |
| LnCa     | کروی | ۰/۰۳۱           | ۰/۱۷۲      | ۲۷۹۰۰           | ۰/۸۲     | ۰/۸۶۳          | ۰/۰۰۲ |
| LnMg     | کروی | ۰/۰۶۴           | ۰/۵۱۵      | ۷۱۱۰۰           | ۰/۸۷۶    | ۰/۸۳۱          | ۰/۰۱۱ |
| LnEC     | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۱/۹۶۳      | ۶۹۹۷۰           | ۰/۹۹۹    | ۰/۹۶۷          | ۰/۰۳۶ |
| LnCation | خطی  | ۰/۰۰۱           | ۱/۹۱۲      | ۶۹۹۲۰           | ۰/۹۹۹    | ۰/۹۷           | ۰/۰۳۱ |

بر اساس نتایج حاصل از جدول ۴-۱۲، برای پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کلر، کل جامدات محلول، سدیم، آنیون، کاتیون، درصد سدیم و پهاش، بهترین مدل واریوگرام، خطی و برای پارامترهای سولفات، سختی کل، کلسیم، منیزیم و بی کربنات، مدل کروی تعیین شد. بهترین مدل واریوگرام برازش شده بر پارامترها در بقیه سال‌های بازه دوازده ساله نیز بررسی گردید و همین مدل‌ها به دست آمد، تنها برای پارامترهای پهاش و درصد سدیم، برای دیگر سال‌ها بجای مدل خطی، مدل کروی تعیین گردید. پارامترهای دارای واریوگرام کروی به جهت داشتن سقف معین، از اهمیت بالاتری برخوردارند. به این صورت که واریانس مقدار پارامترها در نقاط مختلف دشت، برابر با سقف واریوگرام می‌باشد.

ساختار مکانی بر اساس مقدار  $(C/(C+C_0))$  بزرگتر از ۰/۷۵ برای همه پارامترها، قوی است. این نسبت برای همه پارامترها به ۱ نزدیک و نشان‌دهنده ضرورت استفاده از زمین آمار در تحلیل آن-هاست. اجزای واریوگرام (اثر قطعه‌ای، دامنه تأثیر، سقف) برای ۱۴ پارامتر مورد بررسی نیز به دست آمدند. این اجزا در تعیین اوزان روش کریجینگ، جهت پیش‌گویی مقادیر مجهول بر اساس مقادیر معلوم، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بیشترین شعاع تأثیر برای پارامترهای منیزیم و سختی کل، برابر با ۷۱۱۰۰ متر می‌باشد. کلسیم دارای کمترین شعاع تأثیر برابر با ۲۷۹۰۰ متر است و با توجه به اینکه در تحقیق حاضر، فاصله چاه‌های دشت از یکدیگر، کمتر از شعاع تأثیر واریوگرام پارامترها می‌باشد لذا استفاده از روش‌های زمین آماری در تحلیل پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی، بجا و مفید است.

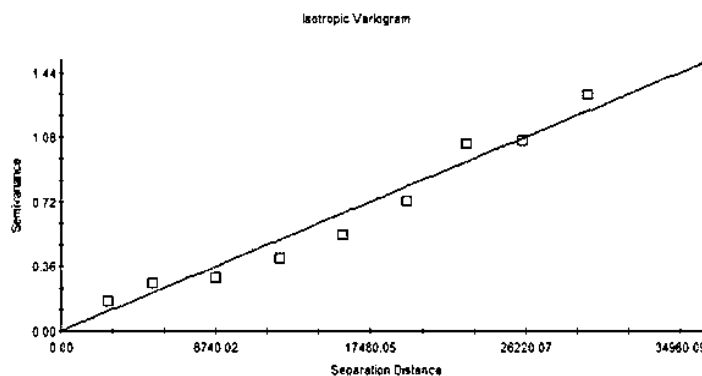
واریوگرام‌های کروی و خطی برازنده شده بر پارامترهای کلسیم و سولفات در سال ۱۳۹۴ در شکل‌های ۴-۲۹ و ۴-۳۰ نشان داده شده است.



Spherical model ( $C_0 = 0.0510$ ;  $C_0 + C = 0.4050$ ;  $A_0 = 71100.00$ ;  $r^2 = 0.811$ ;  $RSS = 0.0114$ )

| Isotropic Variogram Model - Primary Variate (Z) |              |                |                       |                    |                        |       |           | ✕                                    |                                      |                                       |                                     |
|-------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------|-----------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Model                                           | Nugget<br>Co | Sill<br>Co + C | Range<br>Parameter Ao | Effective<br>Range | Proportion<br>C/(Co+C] | r2    | RSS       |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input checked="" type="radio"/> Spherical      | 0.05300      | 0.40300        | 71100.0000            | 71100.0000         | 0.868                  | 0.884 | 4.618E-03 |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input type="radio"/> Exponential               | 0.04800      | 0.65900        | 71100.0000            | 13300.0000         | 0.927                  | 0.873 | 5.017E-03 |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input type="radio"/> Linear                    | 0.05425      | 0.26378        | 29746.7188            | 29746.7188         | 0.794                  | 0.890 | 0.152     |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input type="radio"/> Linear to sill            | 0.05600      | 0.54300        | 69970.0000            | 69970.0000         | 0.897                  | 0.890 | 4.345E-03 |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input type="radio"/> Gaussian                  | 0.09300      | 1.25100        | 70220.0000            | 21624.6077         | 0.926                  | 0.910 | 3.580E-03 |                                      |                                      |                                       |                                     |
| <input type="button" value="Refit"/>            |              |                |                       |                    |                        |       |           | <input type="button" value="Apply"/> | <input type="button" value="Print"/> | <input type="button" value="Cancel"/> | <input type="button" value="Exit"/> |

شکل ۴-۲۹ سمی‌واریوگرام کروی برازش شده بر پارامتر کلسیم و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)



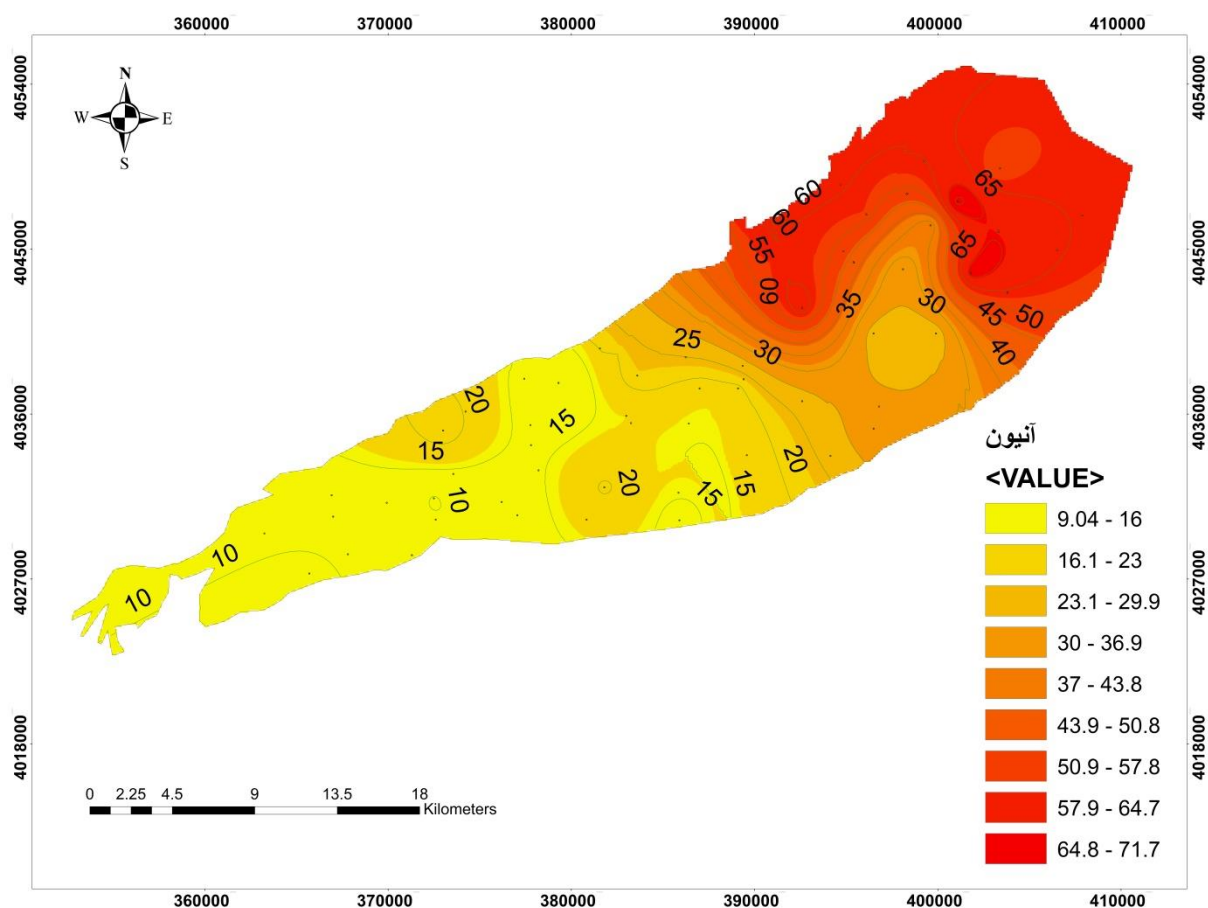
Linear model ( $C_0 = 0.0010$ ;  $C_0 + C = 2.0110$ ;  $A_0 = 48980.00$ ;  $r^2 = 0.958$ ;  $RSS = 0.0582$ )

| Isotropic Variogram Model - Primary Variate (Z) |              |                |                       |                    |                        |       |        | X                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Model                                           | Nugget<br>Co | Sill<br>Co + C | Range<br>Parameter Ao | Effective<br>Range | Proportion<br>C/(Co+C) | r2    | RSS    |                                                                                                                                                     |
| <input type="radio"/> Spherical                 | 0.00100      | 2.01100        | 70950.0000            | 70950.0000         | 1.000                  | 0.950 | 0.0719 |                                                                                                                                                     |
| <input type="radio"/> Exponential               | 0.00100      | 2.01100        | 37380.0000            | 12140.0000         | 1.000                  | 0.917 | 0.136  |                                                                                                                                                     |
| <input checked="" type="radio"/> Linear         | 0.00100      | 2.01100        | 48980.0000            | 48980.0000         | 1.000                  | 0.958 | 0.0582 |                                                                                                                                                     |
| <input type="radio"/> Linear to sill            | 0.00100      | 2.01100        | 48980.0000            | 48980.0000         | 1.000                  | 0.958 | 0.0582 |                                                                                                                                                     |
| <input type="radio"/> Gaussian                  | 0.17000      | 2.35000        | 34760.0000            | 60206.0861         | 0.928                  | 0.985 | 0.0195 |                                                                                                                                                     |
| <input type="button" value="Refit"/>            |              |                |                       |                    |                        |       |        | <input type="button" value="Apply"/> <input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Exit"/> |

شکل ۴-۳۰ سمی‌واریوگرام خطی برازش شده بر پارامتر سولفات و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)

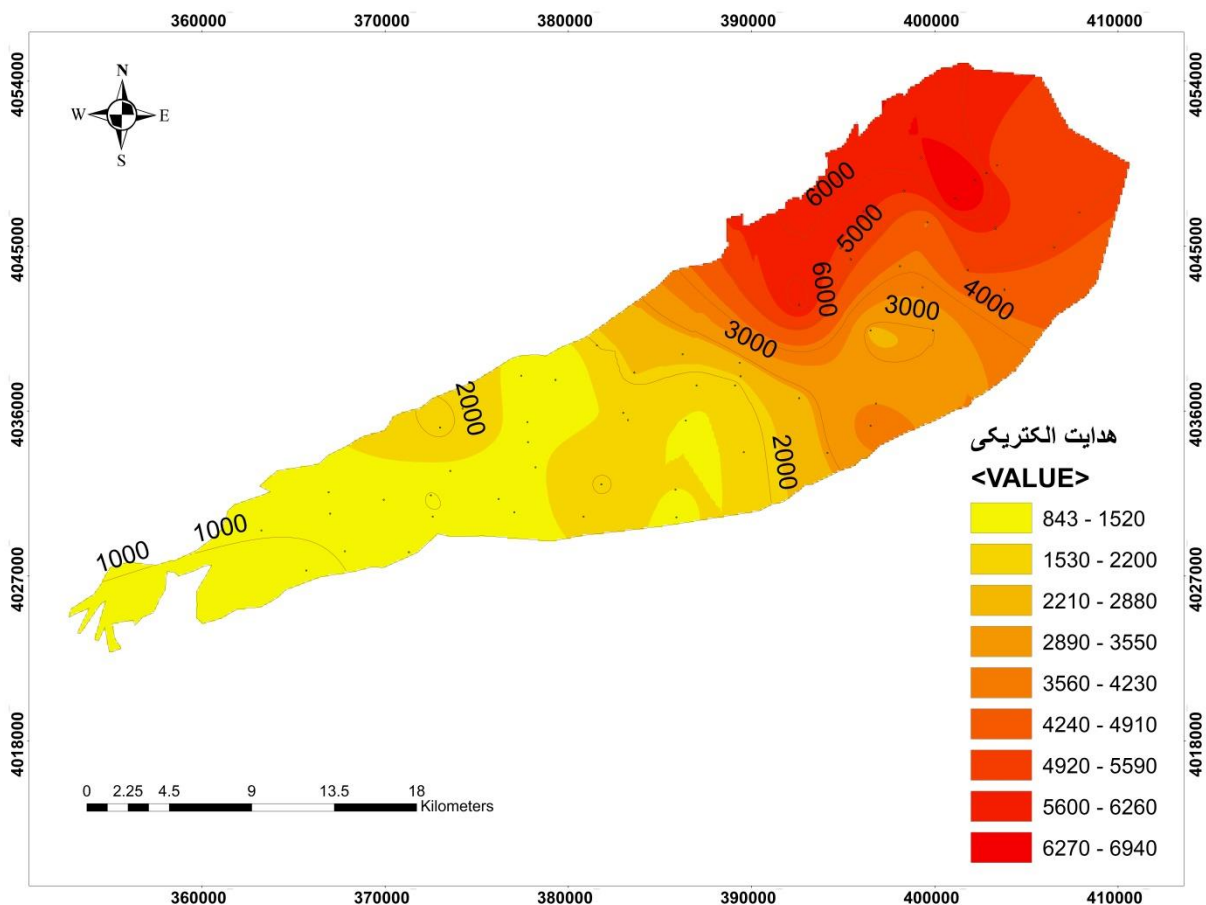
#### ۴-۶-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی به روش کریجینگ معمولی

جهت اطلاع از چگونگی توزیع مکانی پارامترهای شیمیایی آب در دشت میامی جنوبی، پس از تعیین بهترین مدل واریوگرام، داده‌های نرمال‌شده جهت میان‌یابی توسط روش کریجینگ معمولی به نرم افزار GIS، وارد و نقشه‌های پهنه‌بندی ۱۴ پارامتر شیمیایی آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۴، ترسیم گردید (شکل‌های ۴-۳۱ تا ۴-۴۴).



شکل ۴-۳۱- پهنه‌بندی آنیون‌ها در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

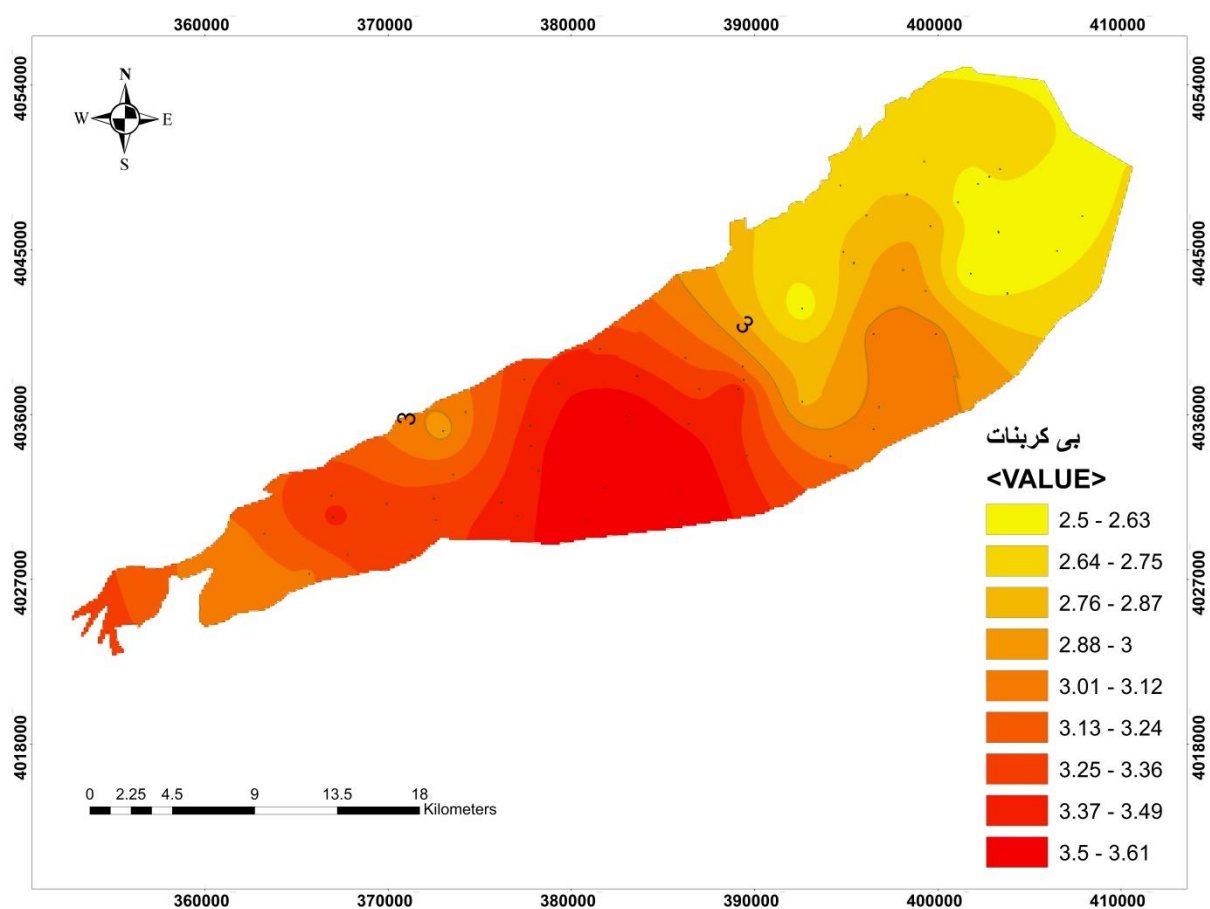
بر اساس شکل (۴-۳۱)، تجمع آنیون‌ها بطور کلی در قسمت شرقی دشت می‌باشد و بیشترین میزان آن در اطراف چاه‌های محمدآباد قنبریان و شریف آباد است. میزان این پارامتر در قسمت شرقی دشت حدوداً ۶ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. آنیون‌ها مجموع پارامترهای بی‌کربنات، کلر، کربنات، نیترات و سولفات می‌باشد.



شکل ۴-۳۲- پهنه‌بندی هدایت الکتریکی در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر)

بر اساس شکل (۴-۳۲)، تجمع پارامتر هدایت الکتریکی، بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در اطراف چاه شریف آباد است. میزان این پارامتر در قسمت شرقی دشت، حدوداً

۶ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی دشت، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان این پارامتر در قسمت شرقی و اکثر قسمت‌های میانی، بزرگتر از ۳۰۰۰ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است. همچنین از نظر طبقه‌بندی ویلکاکس نیز بزرگتر از ۲۲۵۰، در رده C4 و به معنای شوری خیلی زیاد آب‌های زیرزمینی در این قسمت‌ها می‌باشد.

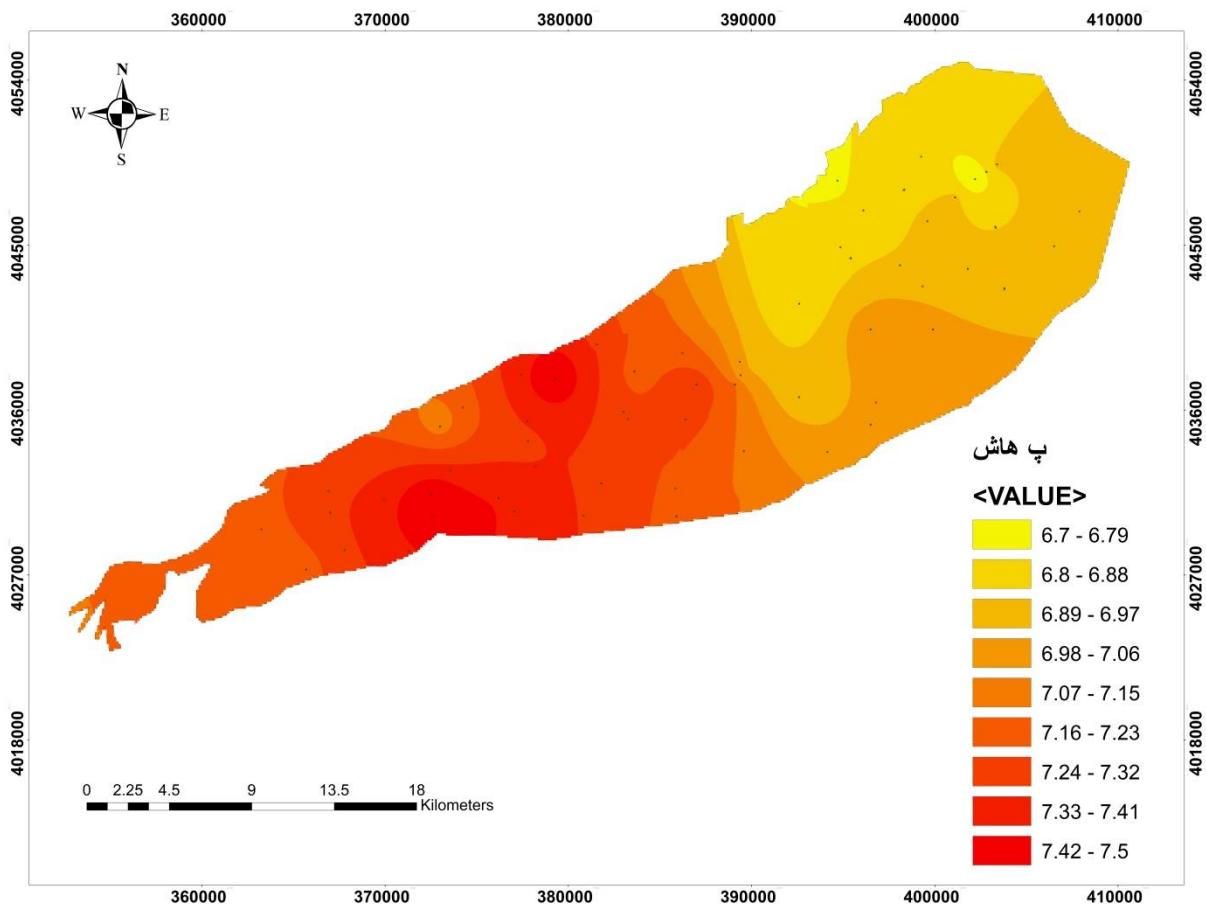


شکل ۴-۳۳- پهنه‌بندی بی‌کربنات در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۳۳)، تجمع پارامتر بی‌کربنات بطور کلی در جنوب قسمت میانی دشت بوده و بیشترین میزان آن در اطراف چاه‌های ابراهیم آباد، حدیدی و جمهوری است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت میانی دشت، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه



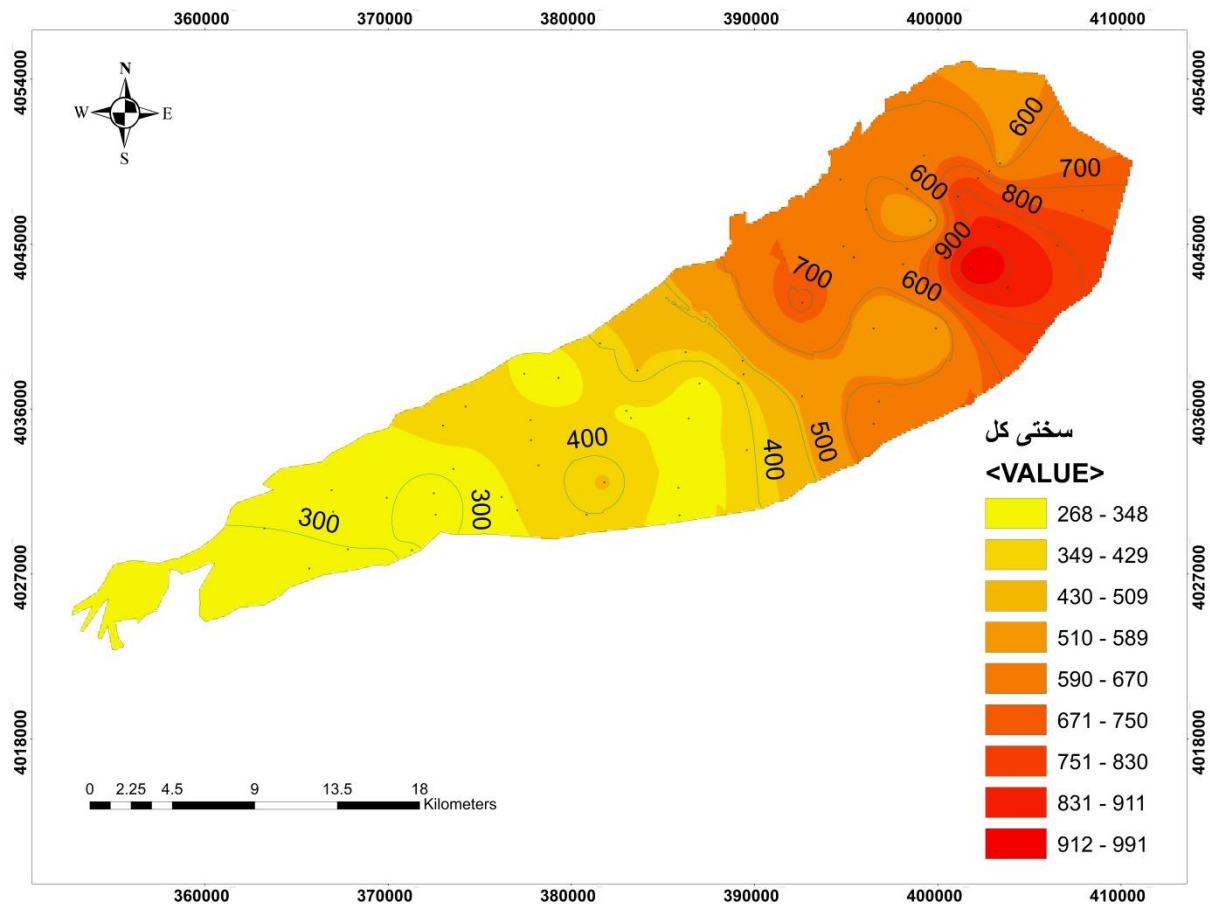
قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان پارامتر بی کربنات در کل دشت کمتر از ۱۰ و از لحاظ استاندارد فائو، مناسب می باشد. همچنین از نظر استاندارد سازمان استاندارد برای آبیاری بارانی، بین ۱/۵ تا ۸/۵ و متوسط است.



شکل ۴-۳۴- پهنه بندی پ هاش در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بدون واحد)

بر اساس شکل (۴-۳۴)، تجمع پارامتر پ هاش در قسمت های غربی و بیشترین میزان آن در اطراف چاه های آب مرجان، کلاته اسد و ابوذر است. کمترین میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت است. این نتیجه، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم مشخص بود که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت غربی دشت، می باشد. میزان پارامتر پ هاش در کل دشت در

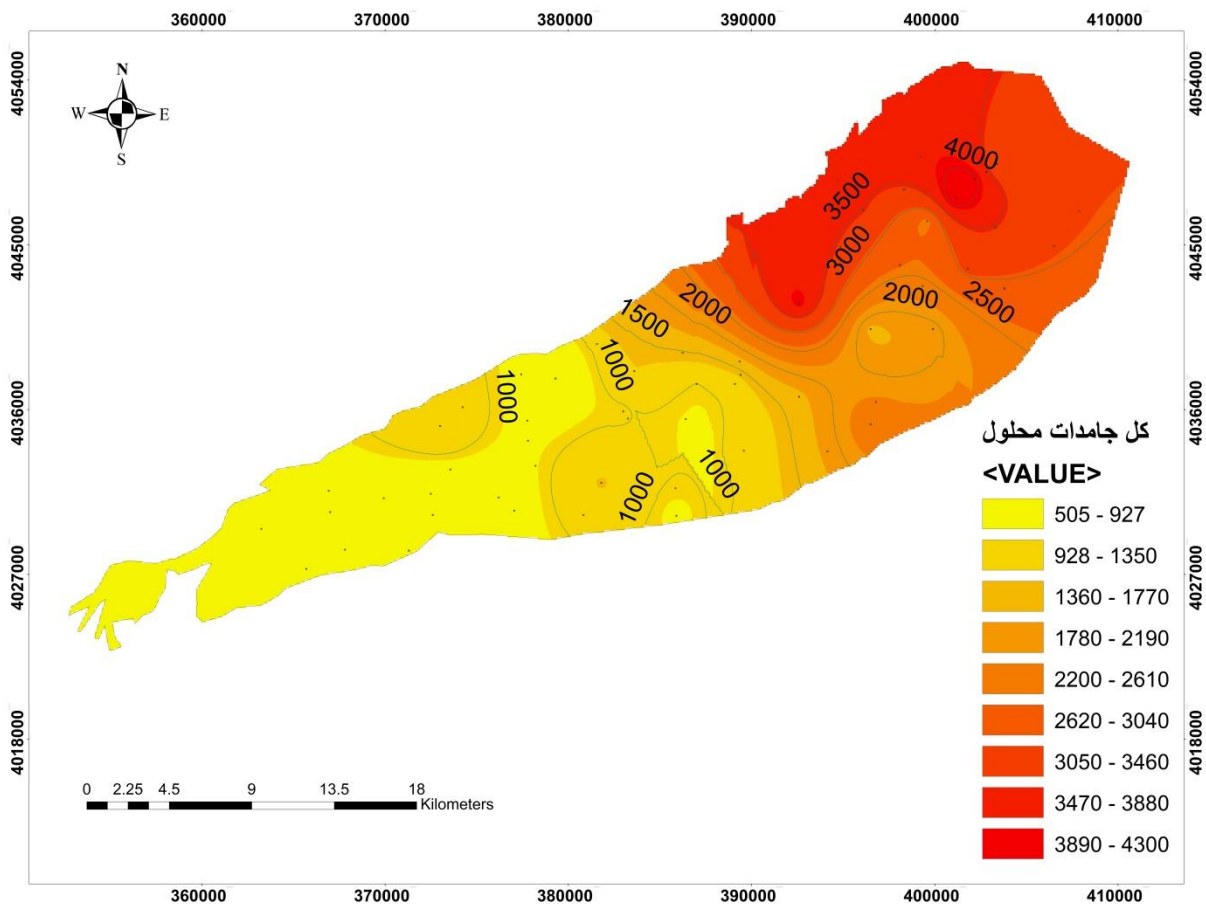
محدوده ۶-۸/۵ بوده و از لحاظ استاندارد فائو، مناسب می‌باشد. همچنین از نظر آبیاری قطره‌ای، کمتر از ۸ و مناسب است.



شکل ۴-۳۵- پهنه‌بندی سختی کل در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی والان برلیتر)

بر اساس شکل (۴-۳۵)، تجمع پارامتر سختی کل در قسمت شرقی دشت و بیشترین میزان آن در اطراف چاه‌های محمدآباد قنبریان و شریف آباد است. میزان این پارامتر در قسمت شرقی حدوداً ۳ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی دشت، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. با توجه به میزان

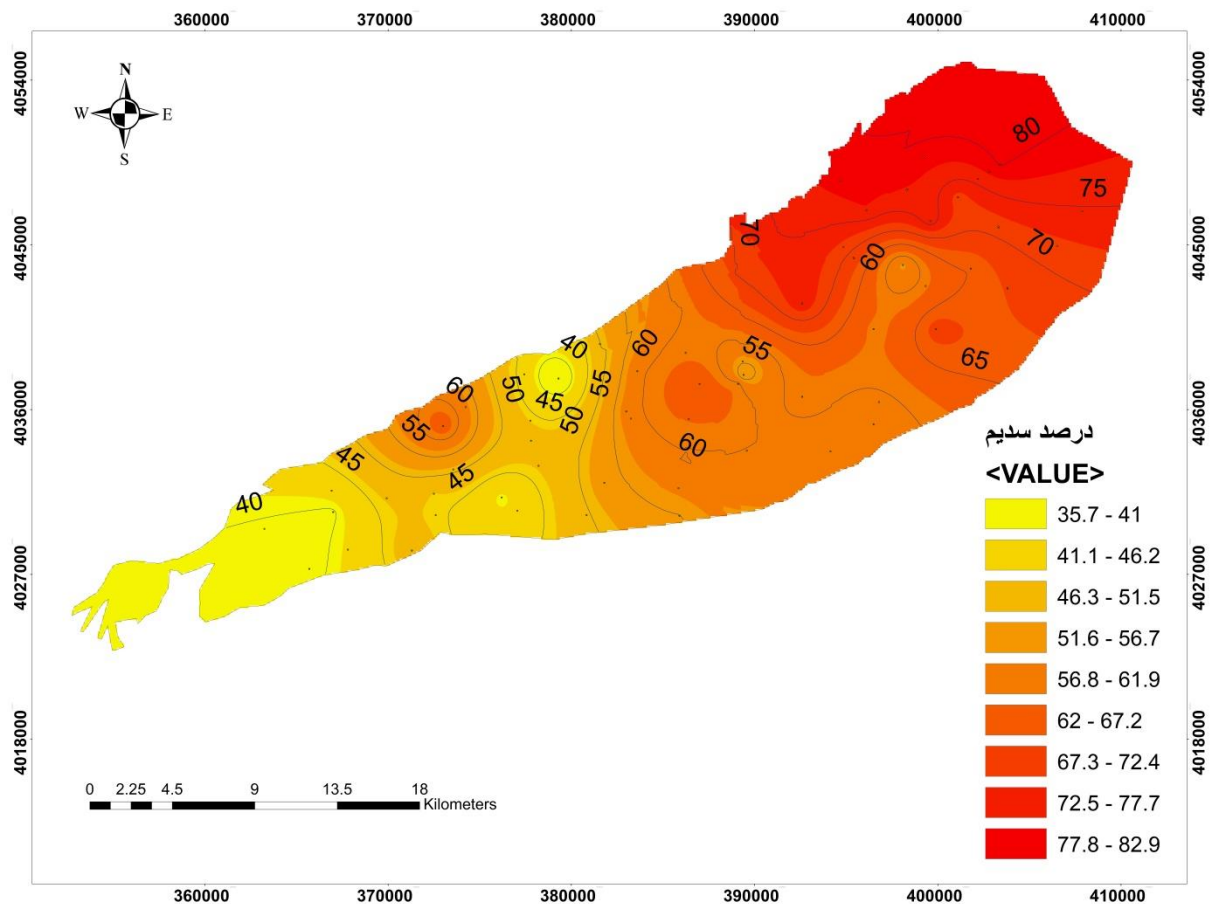
سختی کل بالاتر از ۳۰۰ در اکثر نقاط دشت، آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی، در رده خیلی سخت می‌باشد. سختی کل بالای آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی به دلیل غلبه پارامتر منیزیم می‌باشد.



شکل ۴-۳۶- پهنه‌بندی کل جامدات محلول در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی گرم بر لیتر)

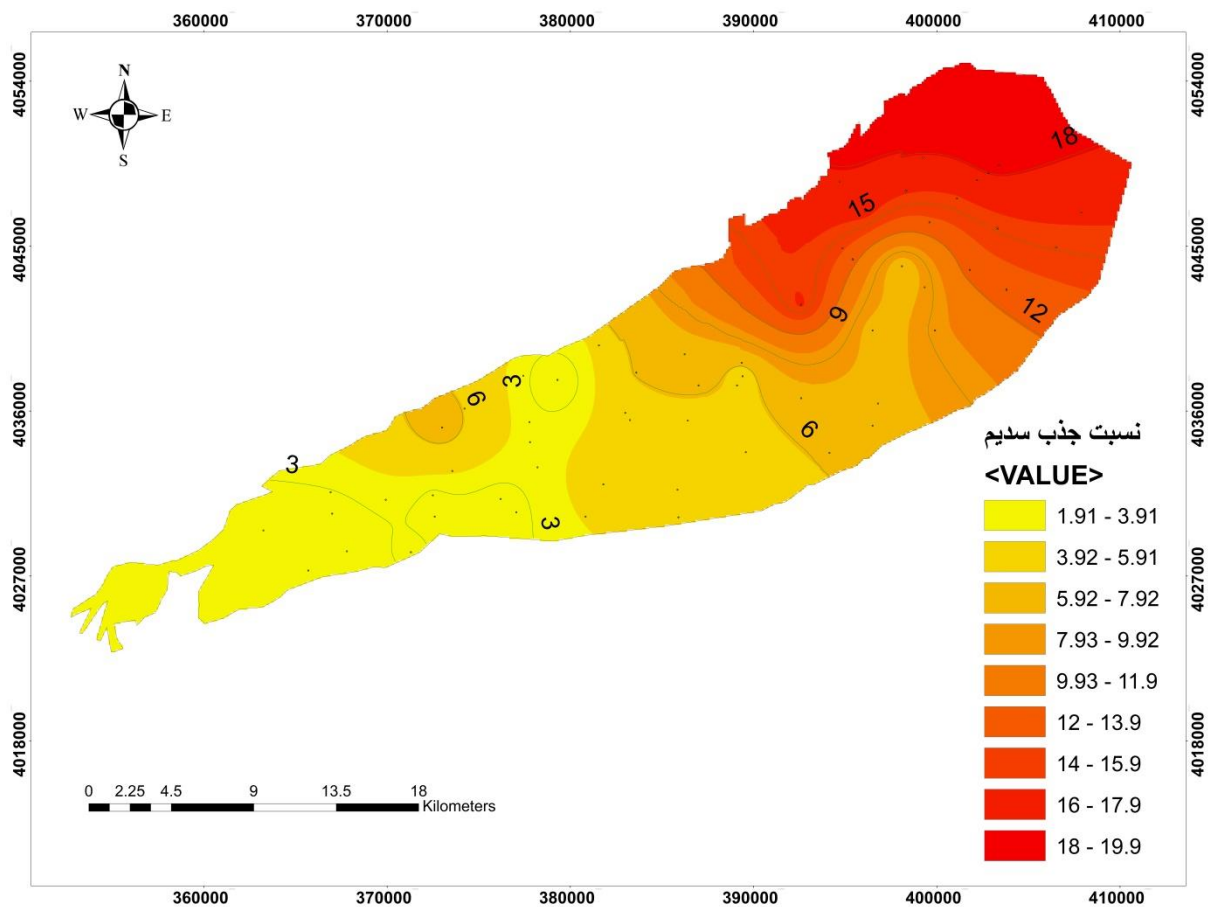
بر اساس شکل (۴-۳۶)، تجمع مقادیر کل جامدات محلول بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در اطراف چاه شریف آباد است. میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت حدوداً ۴ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم مشخص بود که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی دشت، می‌باشد. میزان این پارامتر در

قسمت شرقی و اکثر قسمت‌های میانی، بزرگتر از ۲۰۰۰ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است. همچنین از نظر آبیاری قطره ای نیز بزرگتر از ۲۰۰۰ و در رده نامناسب می‌باشد.



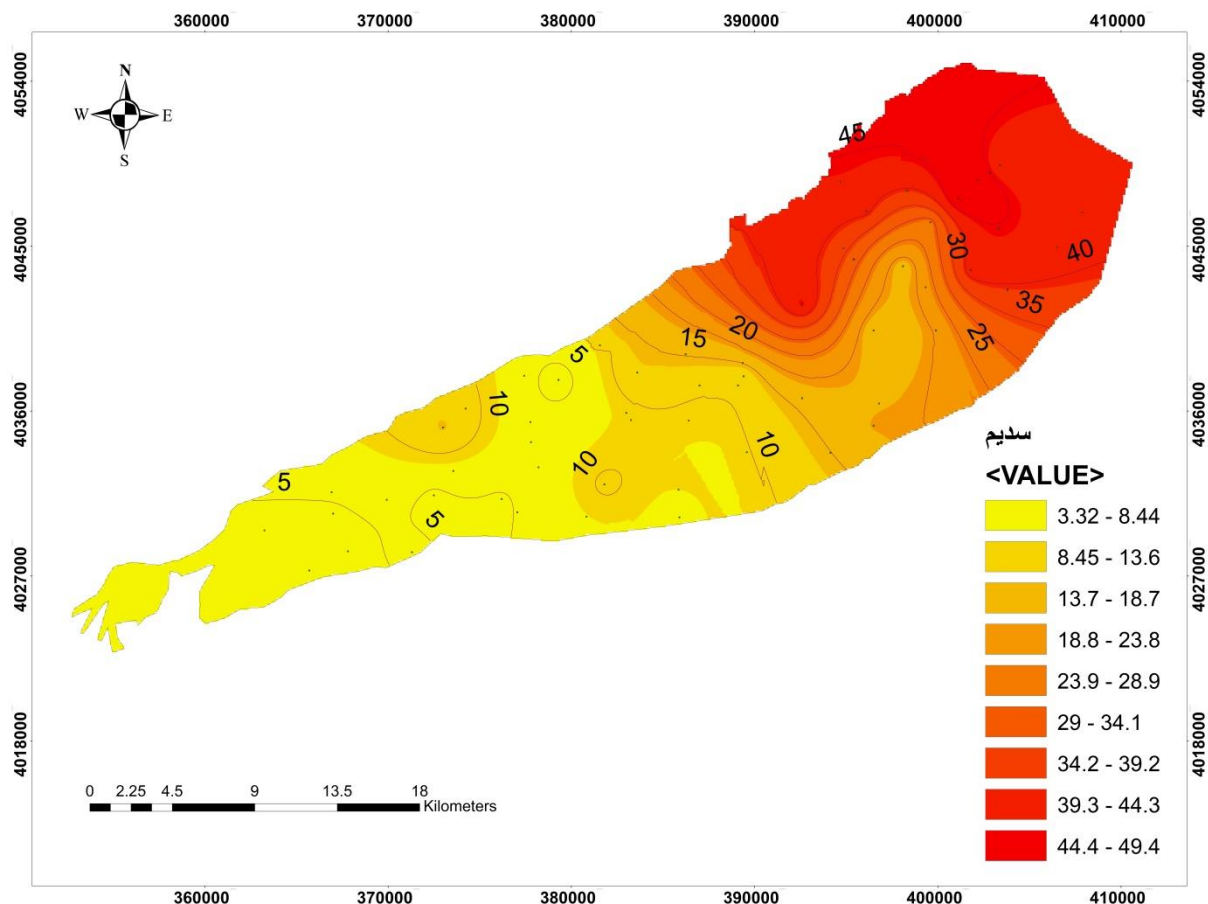
شکل ۴-۳۷- پهنه‌بندی درصد سدیم در دشت میانی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب درصد)

بر اساس شکل (۴-۳۷)، تجمع پارامتر درصد سدیم بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در اطراف چاه ساق آباد است. میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت حدوداً ۲ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی دشت، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید.



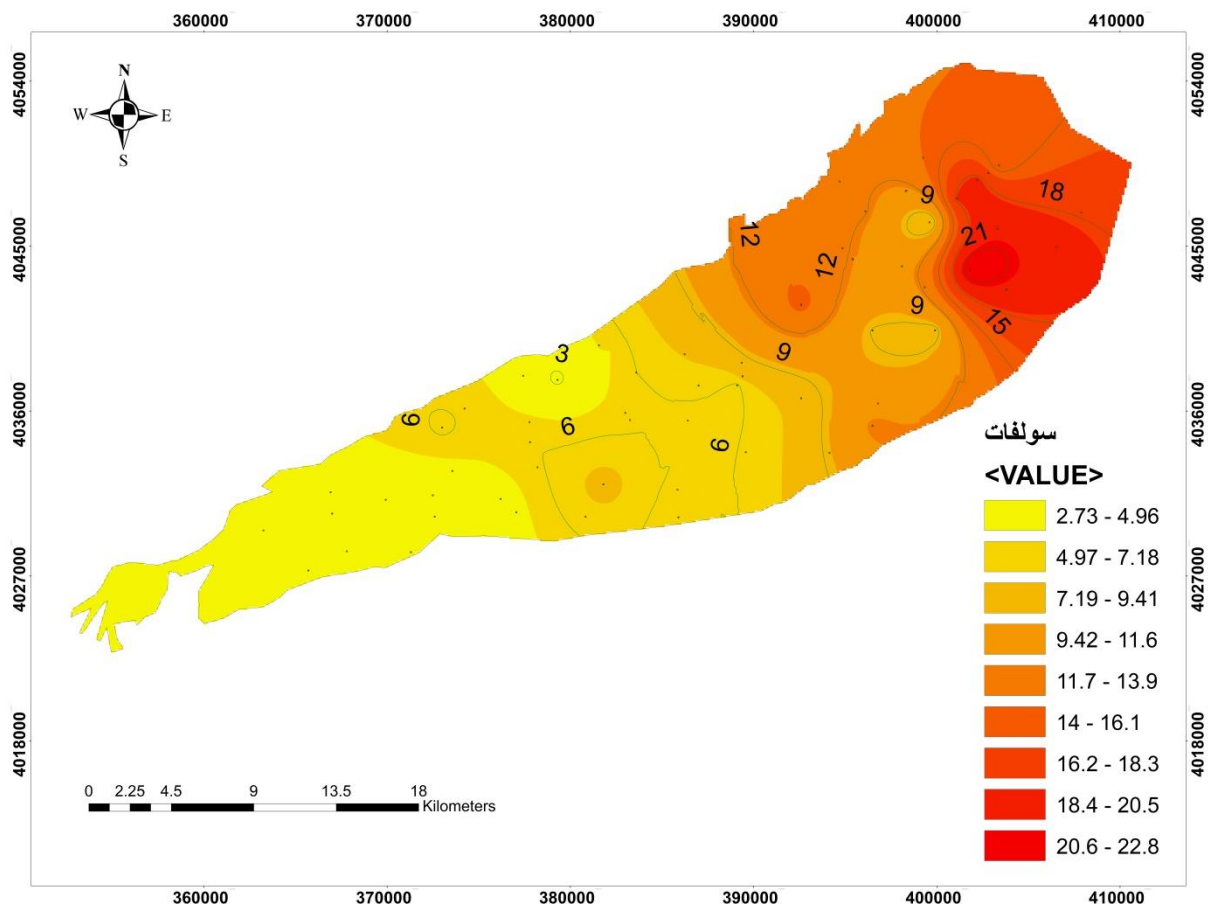
شکل ۴-۳۸- پهنه‌بندی نسبت جذب سديم در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی اکی والان بر لیتر) به توان ۰/۵

بر اساس شکل (۴-۳۸)، تجمع پارامتر نسبت جذب سديم بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه‌های ساق آباد و نجف آباد است، میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت تقریباً ۶ برابر قسمت غربی است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت، بزرگتر از ۱۵ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است.



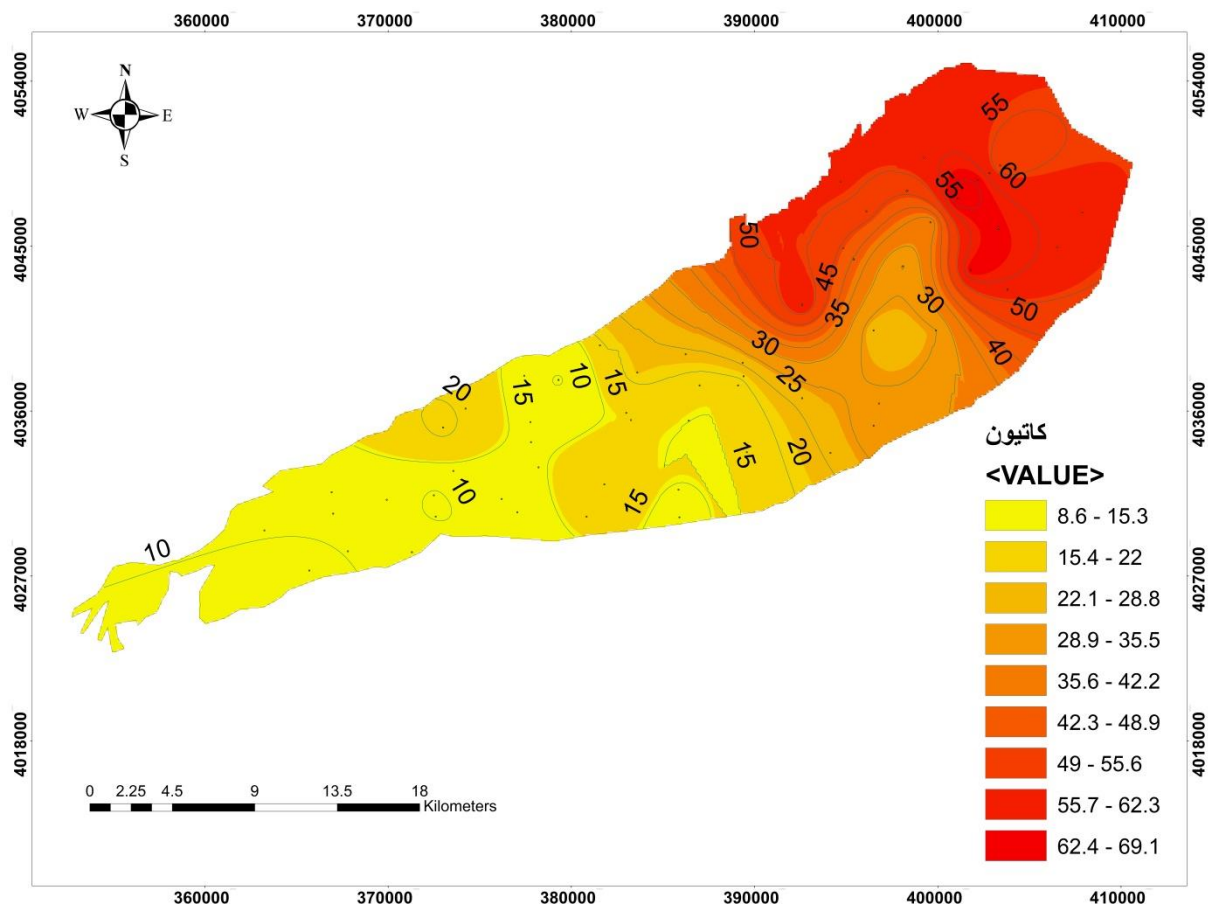
شکل ۴-۳۹- پهنه‌بندی سدیم در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۳۹)، تجمع پارامتر سدیم بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه‌های شریف آباد و نجف آباد است. میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت حدوداً ۹ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان این پارامتر در قسمت شمال شرقی دشت، بزرگتر از ۴۰ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است. همچنین از نظر آبیاری بارانی در همه نقاط دشت بزرگتر از ۳ و نامناسب می‌باشد.



شکل ۴-۴۰- پهنه‌بندی سولفات در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی اکی والان بر لیتر)

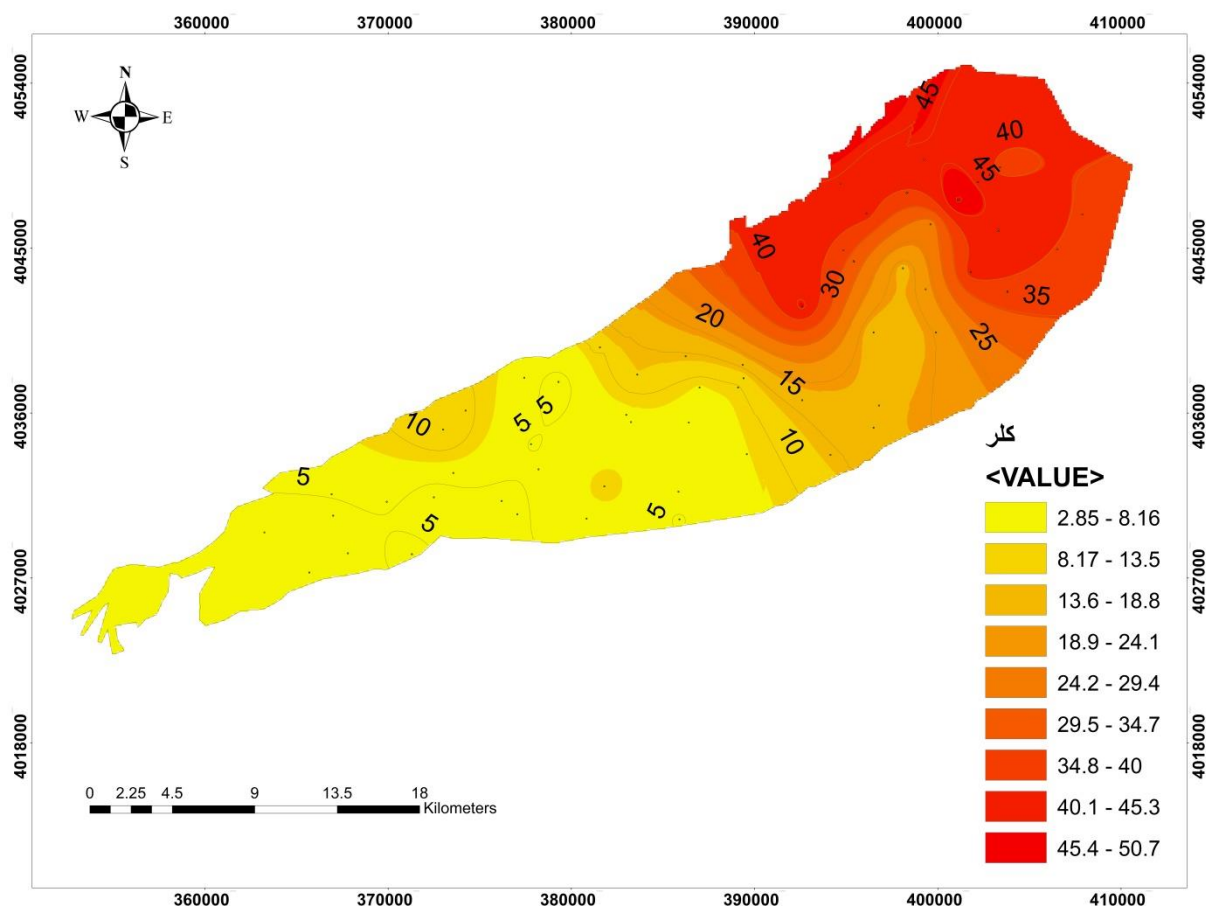
بر اساس شکل (۴-۴۰)، تجمع پارامتر سولفات بطور کلی در قسمت شرقی دشت و بیشترین میزان آن در اطراف چاه محمدآباد قنبریان است. میزان این پارامتر در قسمت شرقی دشت حدوداً ۶ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان این پارامتر در محدوده کوچکی از قسمت شرقی دشت، بزرگتر از ۲۰ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است.



شکل ۴-۴۱- پهنه‌بندی کاتیون‌ها در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

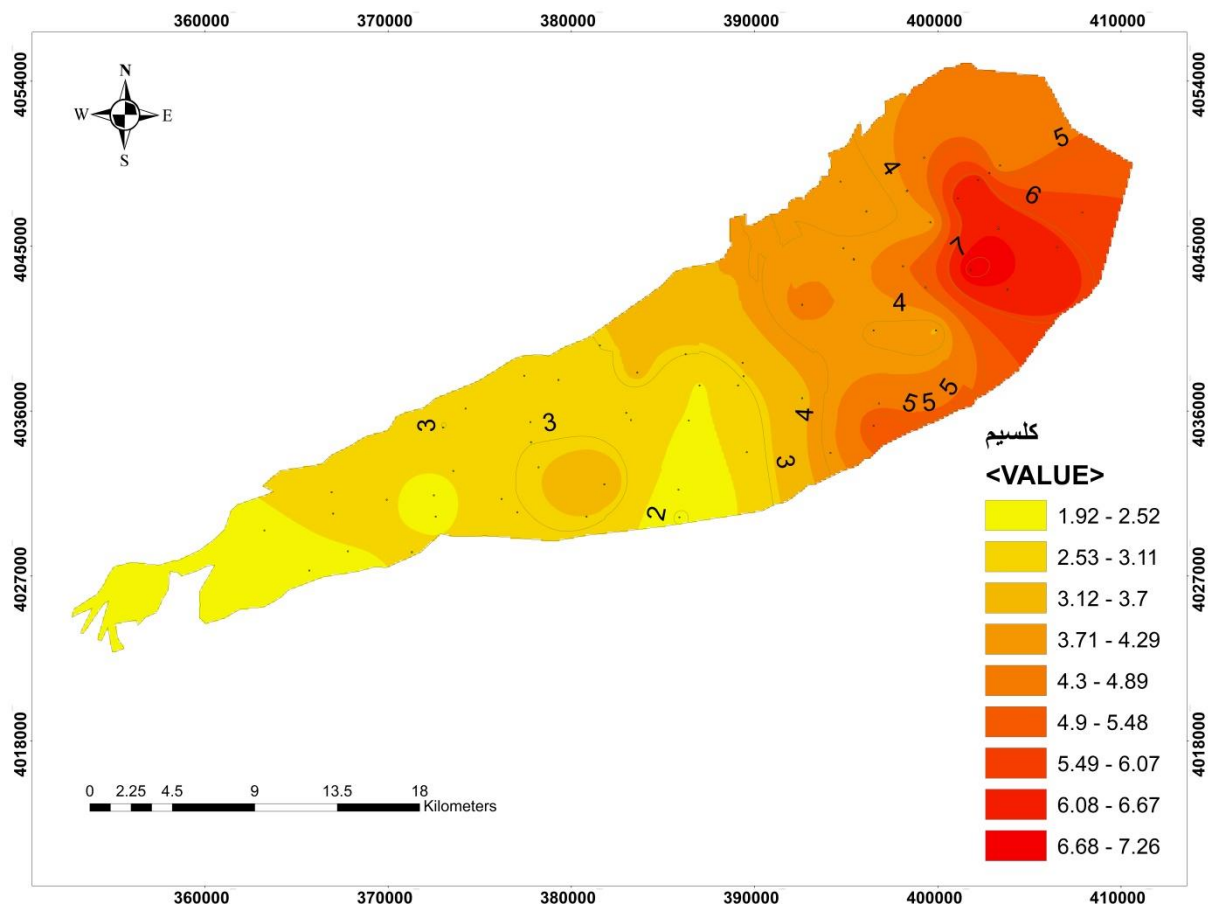
بر اساس شکل (۴-۴۱)، تجمع کاتیون‌ها بطور کلی در قسمت شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه شریف آباد است. میزان این پارامتر در قسمت‌های شرقی حدوداً ۶ برابر قسمت‌های غربی است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. کاتیون‌ها شامل مجموع پارامترهای کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم می‌باشد.





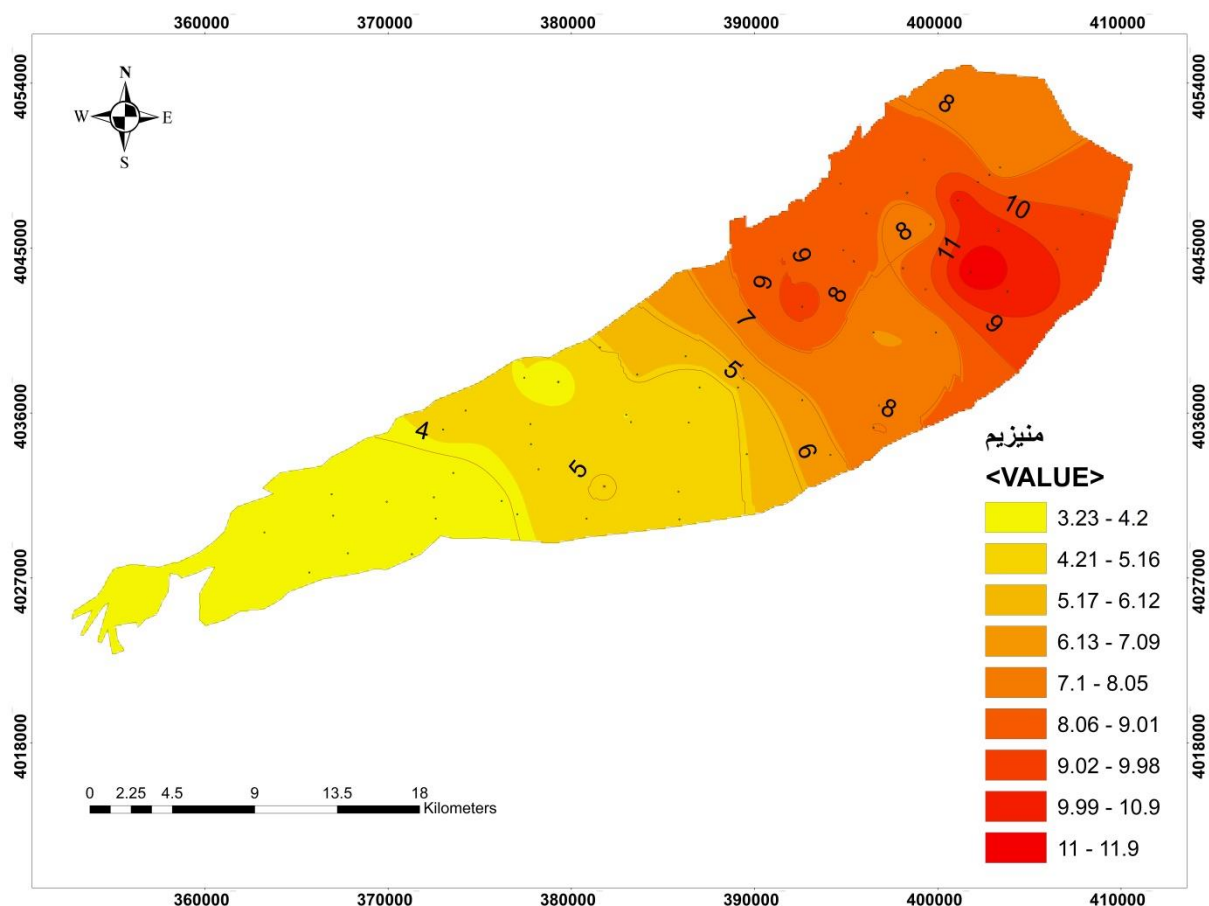
شکل ۴-۴۲- پهنه‌بندی کلر در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی اکی والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۴۲)، تجمع پارامتر کلر بطور کلی در شمال شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه شریف آباد می‌باشد. میزان این پارامتر در شمال شرقی دشت حدوداً ۹ برابر قسمت غربی است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان این پارامتر در قسمت شرقی، بزرگتر از ۳۰ و از لحاظ استاندارد فائو نامناسب است. همچنین از نظر آبیاری بارانی، در اکثر نقاط دشت، بزرگتر از ۳ و نامناسب می‌باشد.



شکل ۴-۴۳- پهنه‌بندی کلسیم در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی اکی والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۴۳)، تجمع پارامتر کلسیم بطور کلی در قسمت شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه محمدآباد قنبریان می‌باشد. میزان این پارامتر در قسمت شرقی دشت حدوداً ۳ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان کلسیم در همه نقاط دشت، کمتر از ۲۰ و مناسب است. میزان کلسیم آب‌های زیرزمینی دشت نسبت به منیزیم آن، پایین‌تر است (با توجه به نسبت جذب منیزیم بالاتر از ۵۰ درصد در همه نقاط دشت).



شکل ۴-۴۴- پهنه‌بندی منیزیم در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۴۴)، تجمع پارامتر منیزیم بطور کلی در قسمت شرقی دشت و بیشترین میزان آن در چاه محمدآباد قنبریان است. میزان این پارامتر در قسمت‌های شرقی دشت حدوداً ۳ برابر قسمت غربی دشت است. این نتیجه که بیشترین مقدار این پارامتر در قسمت شرقی، می‌باشد، از نمودارهای روند این پارامتر به تفکیک سه قسمت دشت هم تعیین گردید. میزان پارامتر منیزیم در همه نقاط میانی و شرقی دشت بزرگتر از ۵ و از لحاظ استاندارد فائو، نامناسب است.

#### ۷-۴- پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری در دشت میامی جنوبی

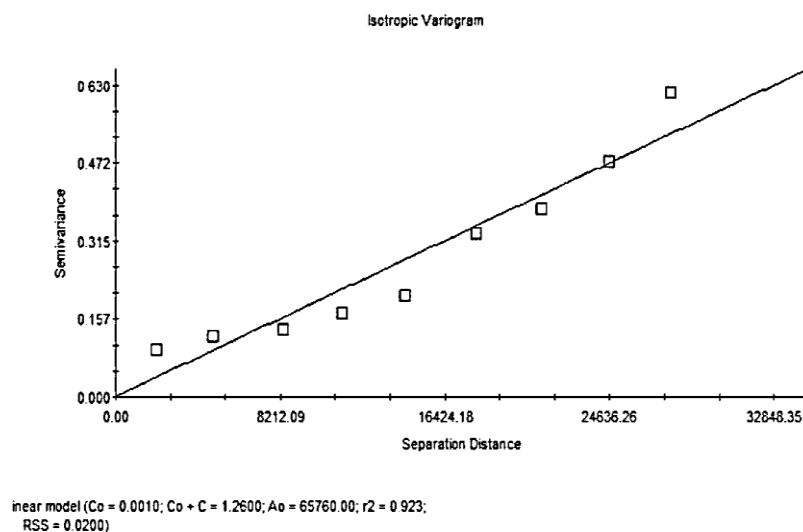
برای رسم نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های نسبت کلی، نسبت جذب منیزیم و شوری بالقوه در سال ۱۳۹۴، ابتدا نرمال بودن داده‌های این سه پارامتر بر اساس آزمون کولموگروف-اسمیرنوف در نرم افزار SPSS، بررسی گردید. داده‌های نسبت جذب منیزیم، نرمال بوده ( $\text{Sig} > 0.05$ ) ولی داده‌های دو پارامتر شوری بالقوه و نسبت کلی نرمال نبودند (جدول ۴-۱۳).

جدول ۴-۱۳- آزمون نرمال بودن شاخص‌های نسبت جذب منیزیم، نسبت کلی و شوری بالقوه (سال ۱۳۹۴)

| Tests of Normality |                                 |    |       |              |    |      |
|--------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
|                    | Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup> |    |       | Shapiro-Wilk |    |      |
|                    | Statistic                       | Df | Sig.  | Statistic    | Df | Sig. |
| نسبت جذب منیزیم    | .126                            | 27 | .200* | .930         | 27 | .068 |
| نسبت کلی           | .174                            | 27 | .035  | .903         | 27 | .015 |
| شوری بالقوه        | .190                            | 27 | .014  | .834         | 27 | .001 |

#### ۷-۴-۱- واریوگرام شاخص‌های آبیاری

نیم تغییرنمای تجربی داده‌های نرمال‌شده، در نرم افزار GS+ محاسبه و ترسیم شد. سپس بهترین مدل تئوری با ارزیابی متقابل و بر اساس مجموع مربعات باقیمانده کمتر و ضریب تبیین بالاتر، بر واریوگرام تجربی شاخص‌ها برازش شد. بهترین مدل واریوگرام برازش‌شده در نرم افزار GS+ برای نسبت جذب منیزیم، مدل کروی و برای نسبت کلی و شوری بالقوه، مدل خطی تعیین گردید. واریوگرام خطی برازانده شده بر شاخص نسبت کلی و اجزای آن در شکل ۴-۴۵ ترسیم شده است.

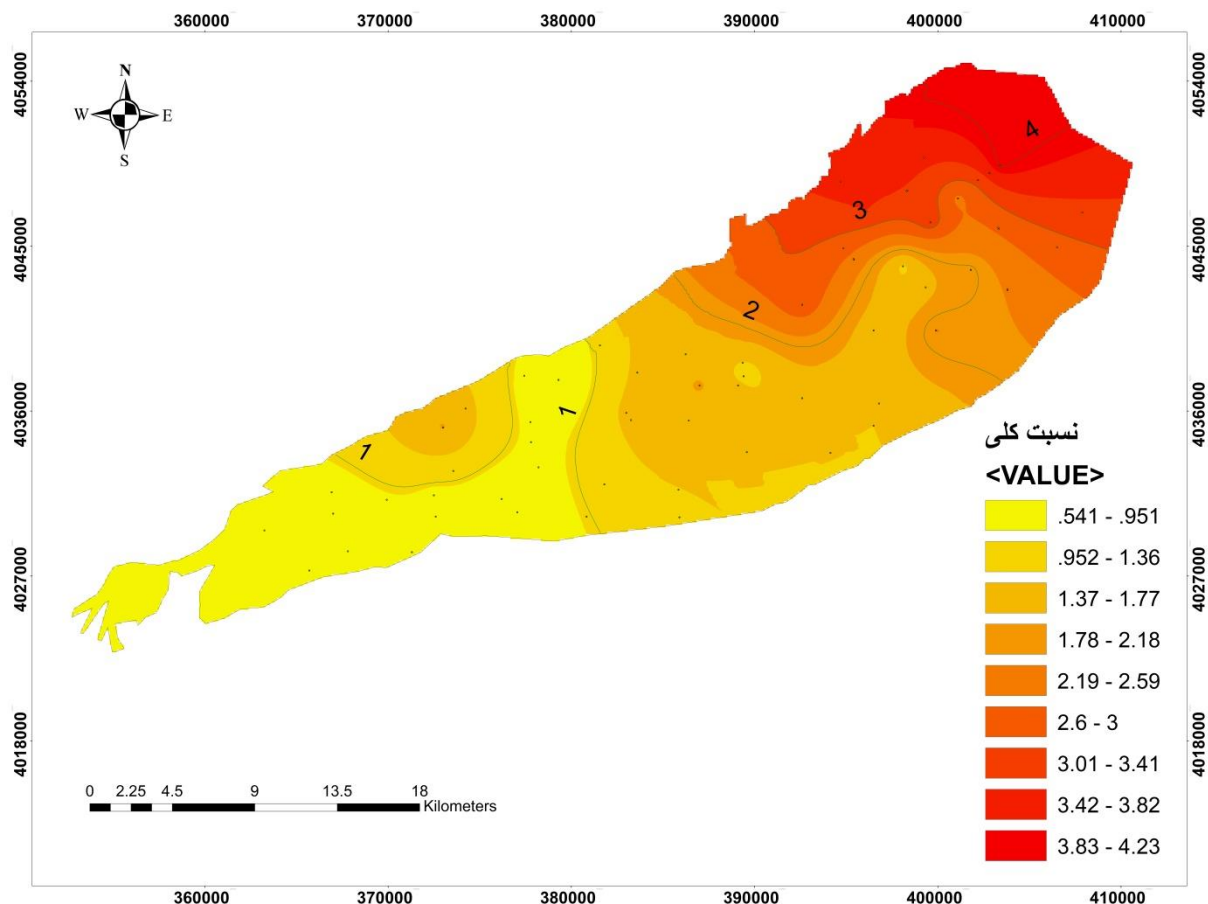


| Isotropic Variogram Model               |              |                |                       |                    |                        |       |           |
|-----------------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------|-----------|
| Model                                   | Nugget<br>Co | Sill<br>Co + C | Range<br>Parameter Ao | Effective<br>Range | Proportion<br>C/(Co+C) | r2    | RSS       |
| <input type="radio"/> Spherical         | 0.00100      | 0.93900        | 71100.0000            | 71100.0000         | 0.999                  | 0.911 | 0.0233    |
| <input type="radio"/> Exponential       | 0.00100      | 1.57400        | 71100.0000            | 13300.0000         | 0.999                  | 0.895 | 0.0282    |
| <input checked="" type="radio"/> Linear | 0.00100      | 1.26000        | 65760.0000            | 65760.0000         | 0.999                  | 0.923 | 0.0200    |
| <input type="radio"/> Linear to sill    | 0.00100      | 1.26000        | 65760.0000            | 65760.0000         | 0.999                  | 0.923 | 0.0200    |
| <input type="radio"/> Gaussian          | 0.08600      | 2.18200        | 53030.0000            | 91850.6543         | 0.961                  | 0.988 | 3.096E-03 |

شکل ۴-۴۵- واریوگرام خطی برازش شده بر شاخص نسبت کلی و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)

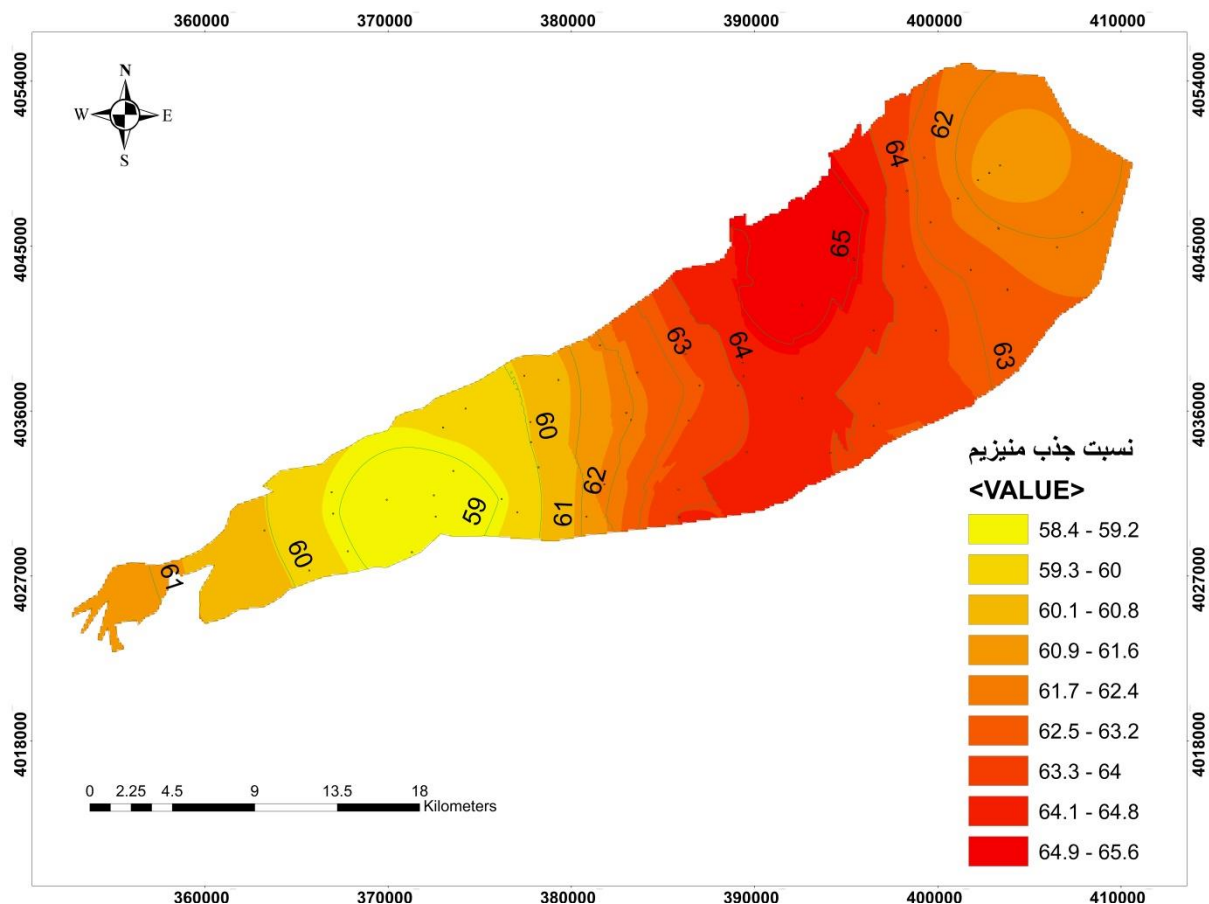
#### ۴-۷-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری به روش کریجینگ معمولی

در نهایت داده‌های نرمال شاخص‌های آبیاری، توسط روش کریجینگ معمولی، درون‌یابی شده و نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری به همراه خطوط هم‌تراز در نرم‌افزار GIS ترسیم گردید (شکل‌های ۴-۴۶ تا ۴-۴۸).



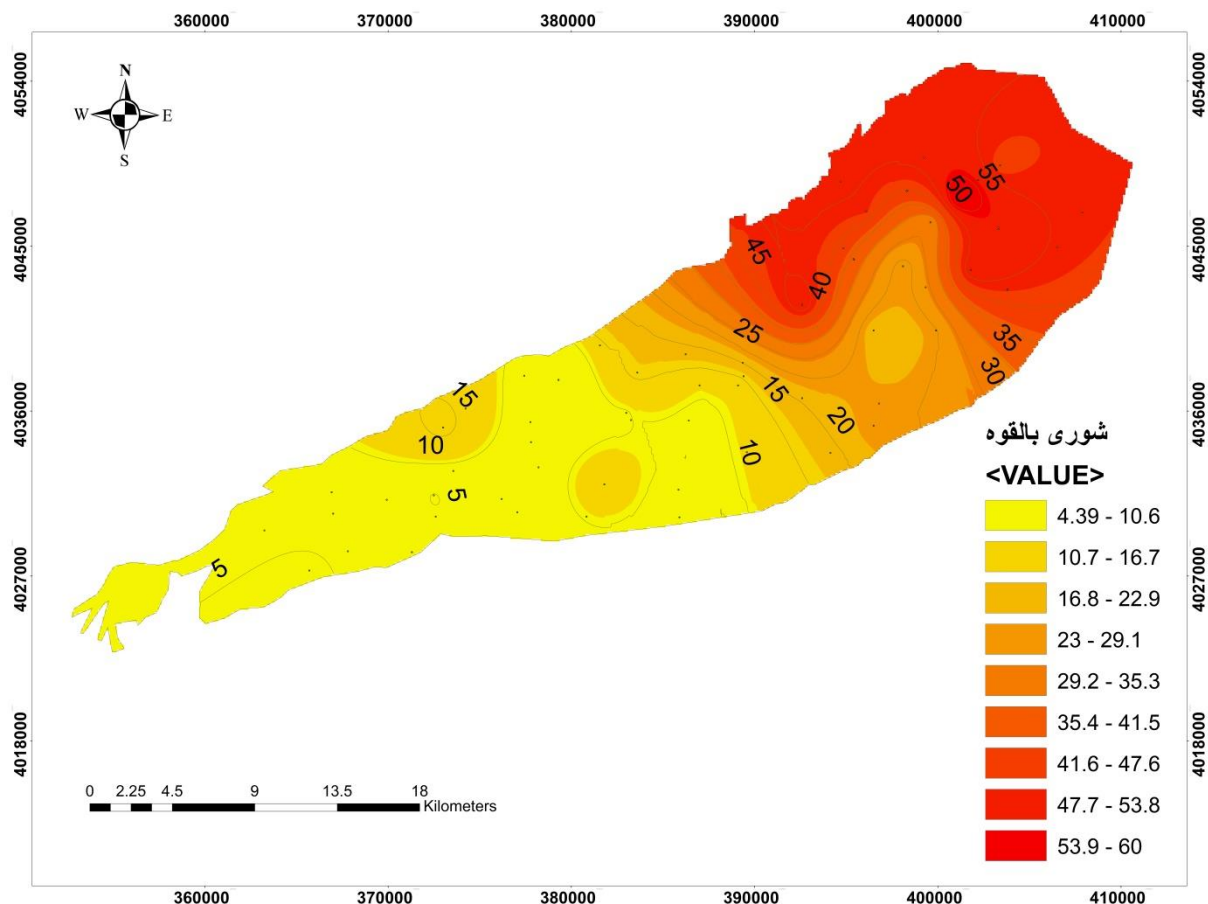
شکل ۴-۴۶- پهنه بندی نسبت کلی (KR) در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴)

بر اساس شکل (۴-۴۶)، تجمع شاخص نسبت کلی در سال ۱۳۹۴ در قسمت‌های شمال شرقی دشت است. میزان این شاخص در قسمت شرقی دشت حدوداً ۴ برابر قسمت غربی دشت است. همچنین میزان این شاخص در قسمت‌های شرقی و میانی دشت بیشتر از یک و در رده نامناسب برای آبیاری است، به معنای اینکه میزان سدیم از مجموع میزان کلسیم و منیزیم، در این قسمت‌ها بزرگتر است. در قسمت‌های غربی، میزان این شاخص کوچکتر از یک بوده و مناسب است.



شکل ۴-۴۷- پهنه بندی نسبت جذب منیزیم (MAR) در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب درصد)

بر اساس شکل (۴-۴۷)، تجمع شاخص نسبت جذب منیزیم، در مناطق مرکزی دشت است و بیشترین میزان آن در اطراف چاه ایستگاه بکران می باشد. میزان این شاخص در همه قسمت های دشت بزرگتر از ۵۰ درصد و در رده نامناسب است. به معنای اینکه میزان پارامتر منیزیم در آب های زیرزمینی همه قسمت های دشت میامی جنوبی، بیشتر از پارامتر کلسیم است.



شکل ۴-۴۸- پهنه بندی شوری بالقوه (PS) در دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴) (بر حسب میلی اکوی والان بر لیتر)

بر اساس شکل (۴-۴۸)، تجمع شاخص شوری بالقوه، در قسمت‌های شمال شرقی دشت است. میزان این شاخص در قسمت شرقی دشت حدوداً ۱۰ برابر قسمت غربی دشت است. همچنین میزان این شاخص برای قسمت‌های شرقی و اکثر قسمت‌های میانی دشت بزرگتر از ۱۵ بوده و در رده نامناسب برای آبیاری است، به معنای اینکه شوری ناشی از کلر و سولفات در این قسمت‌ها، بالا می‌باشد. بیشترین میزان این شاخص در اطراف چاه نجف آباد است. میزان این شاخص در قسمت‌های غربی دشت بین دو عدد ۳ و ۱۵ بوده و در رده متوسط می‌باشد.

#### ۴-۸- پهنه بندی تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم

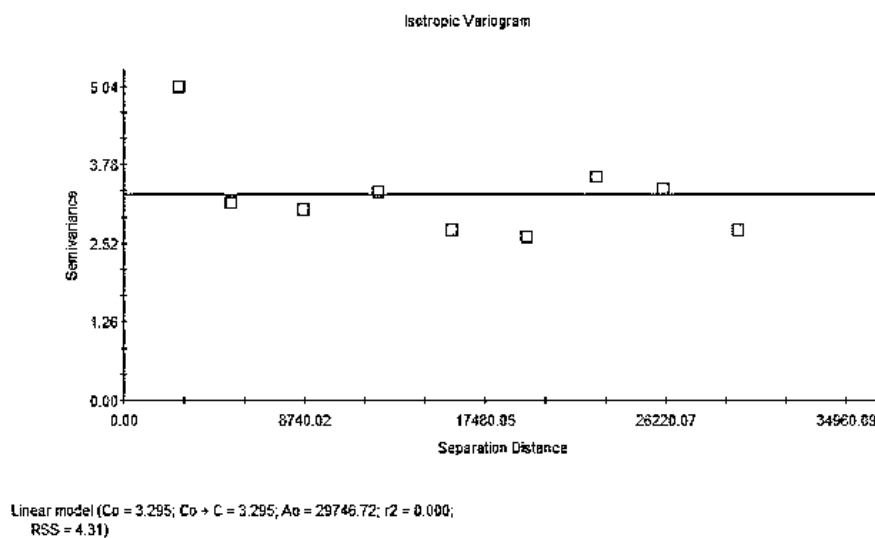
از آنجا که دو پارامتر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از مهم‌ترین پارامترها برای مصارف کشاورزی می‌باشند لذا برای اطلاع از نحوه تغییرات این دو پارامتر در بازه زمانی مورد بررسی (۱۳۸۲)



تا ۱۳۹۴)، این بازه زمانی به دو قسمت، تقسیم و نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات این دو پارامتر در شش سال اول (سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲)، شش سال دوم ( سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹) و در کل دوازده سال ( ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲)، در نرم افزار GIS ترسیم گردید.

#### ۴-۸-۱- واریوگرام تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم

برای انتخاب روش درونیابی و تخمین، ابتدا وجود ساختار فضایی برای تغییرات این دو پارامتر در نرم‌افزار GS+ بررسی گردید. برای این منظور نیم تغییرنمای تجربی داده‌های نرمال‌شده، در نرم افزار GS+ محاسبه و ترسیم شد. با توجه به واریوگرام به‌صورت خط مستقیم، نداشتن ساختار فضایی ثابت گردید (شکل ۴-۴۹).



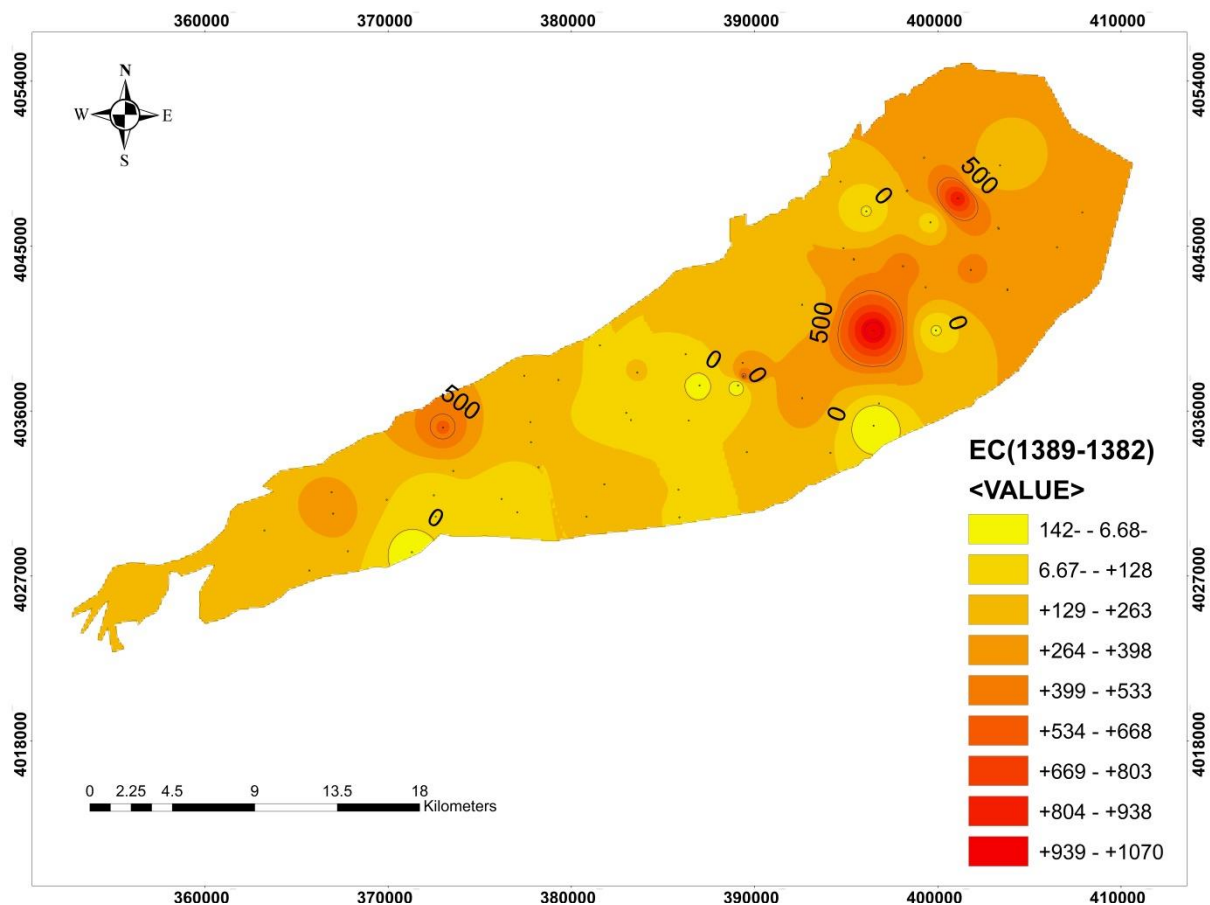
شکل ۴-۴۹- واریوگرام تجربی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲)

#### ۴-۸-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم به روش

##### عکس فاصله وزندار

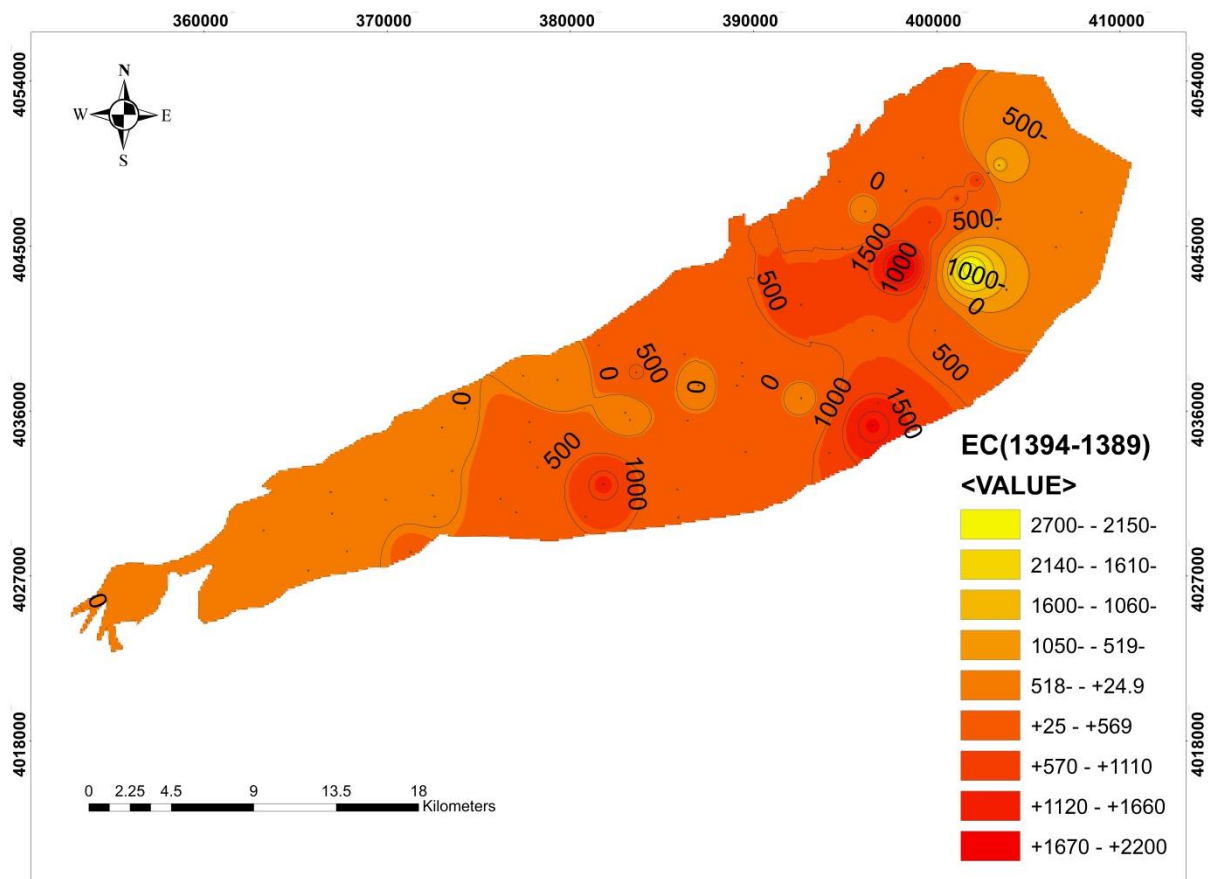
به دلیل نداشتن ساختار فضایی، از روش عکس فاصله وزندار برای پهنه‌بندی تغییرات نسبت جذب سدیم و هدایت الکتریکی استفاده شد. لازم به ذکر است که برای روش‌های معین درونیابی نظیر

عکس فاصله وزن دار، شرط نرمال بودن توزیع پارامترها لازم نیست. در نهایت تغییرات هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹، ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ و ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ در نرم افزار GIS پهنه‌بندی و ترسیم گردید (شکل‌های ۴-۵۵).



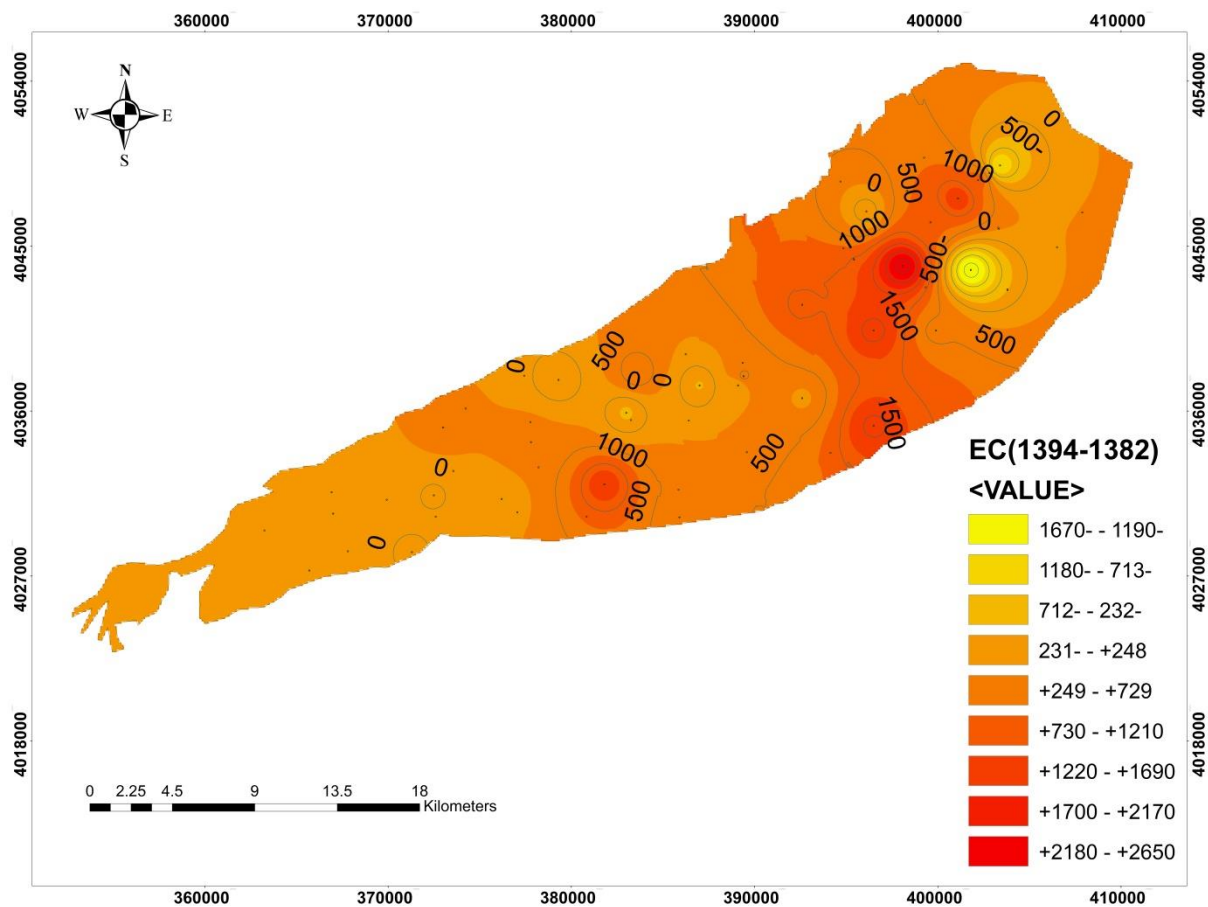
شکل ۴-۵۰- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲) (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر)

در بررسی تغییرات هدایت الکتریکی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹ با توجه به شکل ۴-۵۰، تغییر کم مثبتی در اکثر نقاط دشت وجود داشته و بیشترین مقدار این افزایش در اطراف چاه مهدی آباد و شریف آباد، حداکثر به میزان ۱۰۰۰ واحد بوده است.



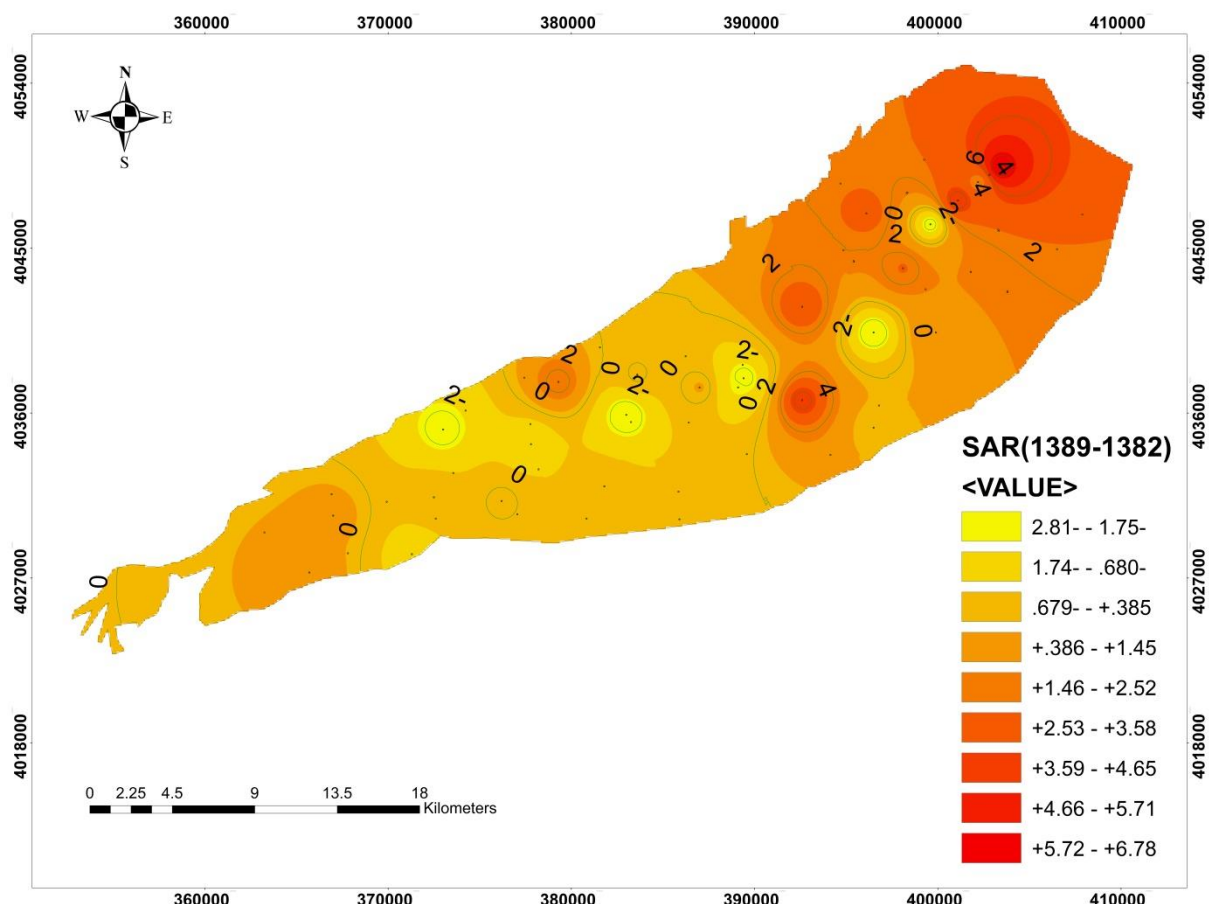
شکل ۴-۵۱- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹) (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر)

با توجه به شکل ۴-۵۱، تغییرات هدایت الکتریکی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ در اکثر نقاط دشت، در این بازه زمانی، افزایشی و حداکثر به میزان ۲۰۰۰ واحد در چاه‌های علی آباد و زیراب بوده است. تنها در محدوده‌ای کوچک از دشت، پارامتر هدایت الکتریکی، کاهش داشته است که در اطراف چاه محمدآباد قنبریان، بوده است.



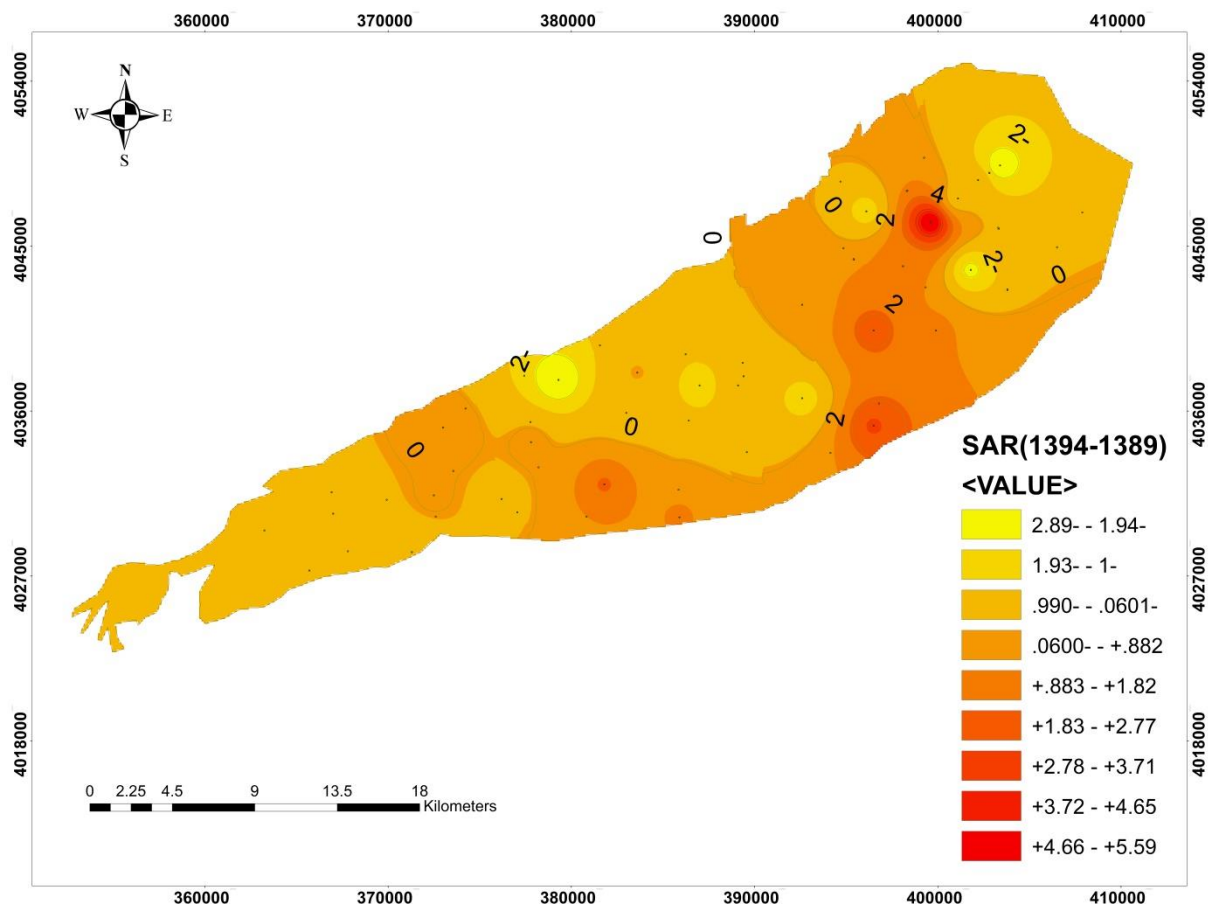
شکل ۴-۵۲- پهنه‌بندی تغییرات EC (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲) (بر حسب میکروموس بر سانتی‌متر)

از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ و با توجه به شکل ۴-۵۲، تغییرات هدایت الکتریکی در نقاط کمی از دشت، کاهشی و حداکثر به میزان ۱۰۰۰ واحد در اطراف چاه محمدآباد قنبریان بوده است. تغییرات سایر نقاط دشت، همگی، مثبت بوده است. بیشترین میزان افزایش این پارامتر در اطراف چاه علی آباد، حداکثر به میزان ۲۰۰۰ واحد بوده است.



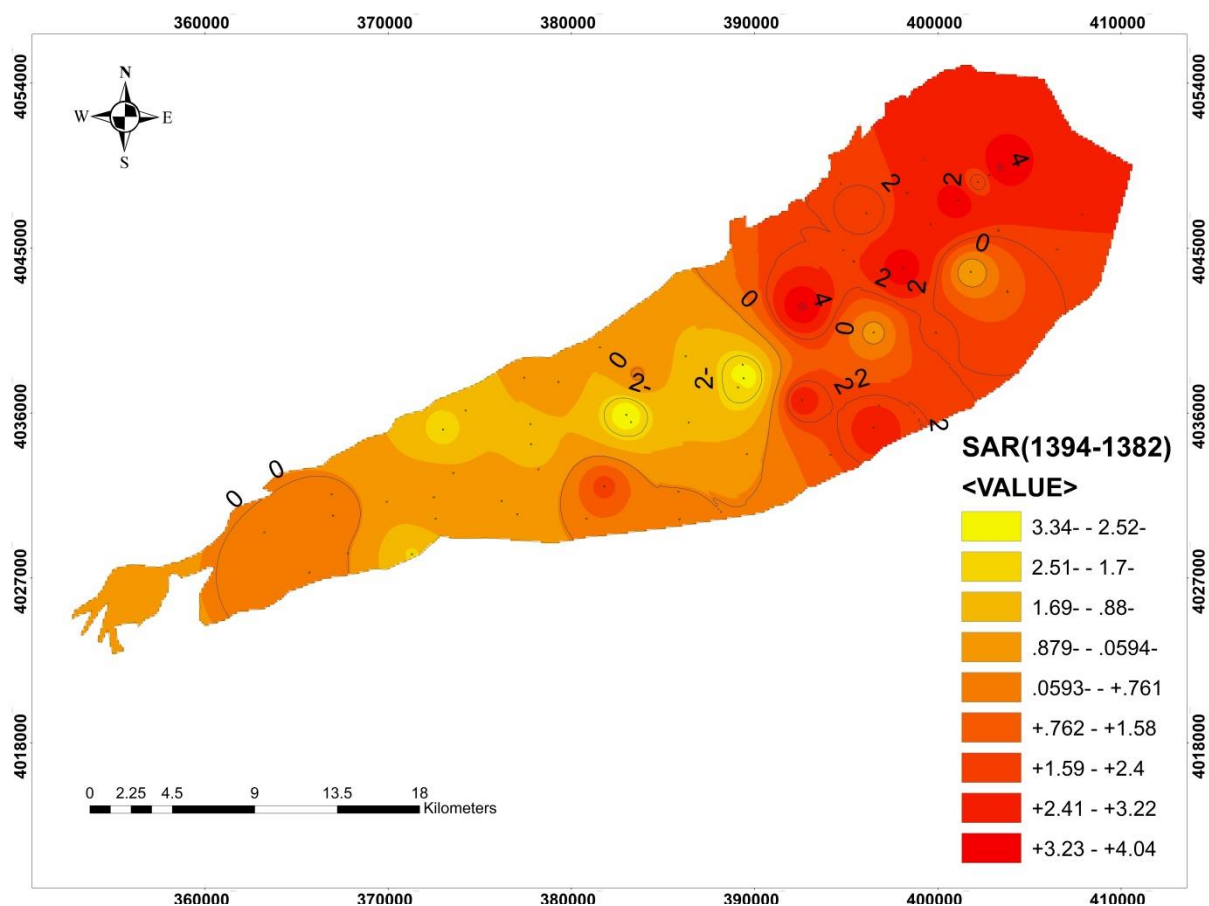
شکل ۴-۵۳. پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۸۹ نسبت به ۱۳۸۲) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به توان ۵/۰)

با توجه به شکل ۴-۵۳، در مورد نسبت جذب سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹، این پارامتر در بعضی قسمت‌های غربی و میانی، کاهش داشته است. بیشترین میزان این کاهش در اطراف چاه‌های حدیدی و مهدی آباد، حداکثر به میزان حدوداً دو واحد بوده است. نسبت جذب سدیم در این بازه زمانی در بخش‌های شرقی، عموماً افزایش و بیشترین میزان این افزایش در اطراف چاه ساق آباد حداکثر به میزان حدوداً ۶ واحد بوده است.



شکل ۴-۵۴- پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۹) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به توان ۰/۵

تغییرات نسبت جذب سدیم از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴ با توجه به شکل ۴-۵۴ در اکثر نقاط دشت تقریباً صفر یا کاهشی بوده است. بیشترین میزان این کاهش در اطراف چاه ابوذر و به میزان حدوداً ۳ واحد بوده است. نسبت جذب سدیم در این بازه زمانی، تنها در بعضی قسمت‌ها افزایش داشته است. بیشترین میزان افزایش در اطراف چاه بکران پل، حداکثر به میزان حدوداً ۶ واحد بوده است.



شکل ۴-۵۵- پهنه‌بندی تغییرات SAR (سال ۱۳۹۴ نسبت به ۱۳۸۲) (بر حسب میلی‌اکی‌والان بر لیتر) به توان ۰/۵

با توجه به شکل ۴-۵۵ از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، پارامتر نسبت جذب سدیم در قسمت‌های شرقی، افزایش و در قسمت‌های غربی و بخش‌هایی از مرکز، کاهش یا بدون تغییر بوده است. بیشترین مقدار کاهش در اطراف چاه سعیدی ۲ حداکثر به میزان حدوداً ۴ واحد بوده است و بیشترین میزان افزایش در اطراف چاه‌های ساق آباد و شریف آباد حداکثر به میزان ۴ واحد بوده است.

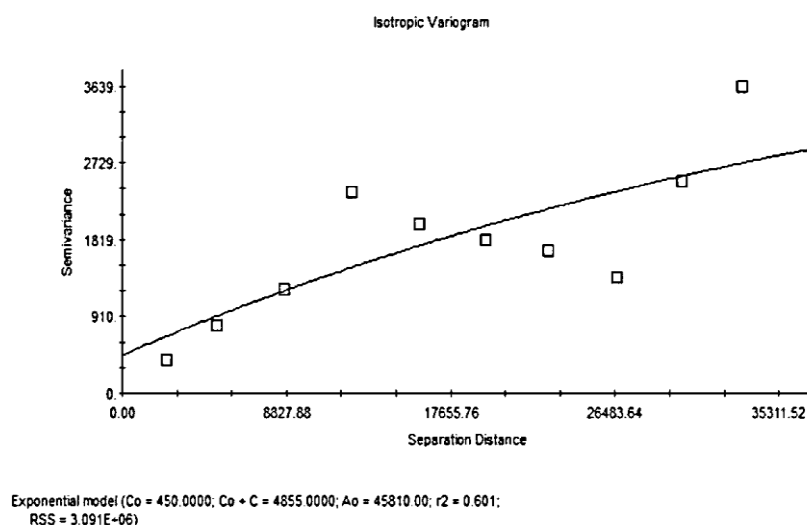
#### ۴-۹- پهنه‌بندی تراز سطح آب در دشت میامی جنوبی

با استفاده از داده‌های تراز سطح آب تعداد ۲۷ حلقه چاه پراکنده در دشت میامی جنوبی استان سمنان، در سال ۱۳۹۴، جهت پهنه‌بندی تراز سطح آب در دشت، ابتدا نرمال بودن توزیع داده‌های تراز

سطح آب توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف در نرم افزار SPSS تعیین شد. با استفاده از این آزمون، داده‌های تراز سطح آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی، نرمال بودند.

#### ۴-۹-۱- واریوگرام تراز سطح آب

نیم تغییرنمای تجربی داده‌های نرمال، در نرم افزار GS+ محاسبه و ترسیم شد. سپس بهترین مدل تئوری با ارزیابی متقابل و بر اساس مجموع مربعات باقیمانده کمتر و ضریب تبیین بالاتر، بر واریوگرام تجربی برازش شد. بهترین مدل تئوری واریوگرام برازنده شده بر داده‌ها، مدل نمایی تعیین شد. اجزای واریوگرام نمایی برازش داده شده بر تراز سطح آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴ در شکل ۴-۵۶ نشان داده شده است.



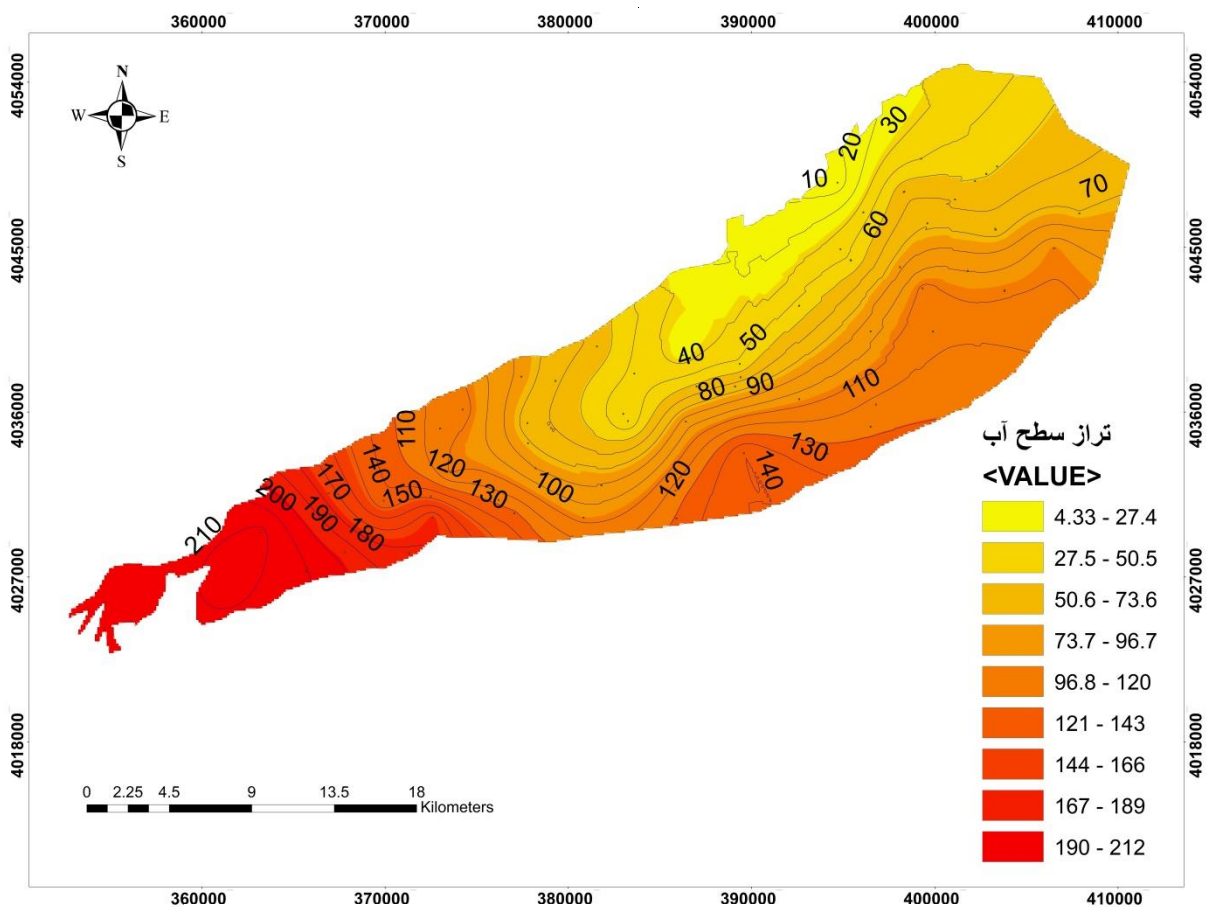
| Model                                        | Nugget<br>Co | Sill<br>Co + C | Range<br>Parameter Ao | Effective<br>Range | Proportion<br>C/(Co+C) | r2    | RSS       |
|----------------------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|--------------------|------------------------|-------|-----------|
| <input type="radio"/> Spherical              | 580.00000    | 4152.00000     | 75630.000             | 75630.0000         | 0.860                  | 0.599 | 3.102E+06 |
| <input checked="" type="radio"/> Exponential | 450.00000    | 4855.00000     | 45810.000             | 37430.0000         | 0.907                  | 0.601 | 3.091E+06 |
| <input type="radio"/> Linear                 | 582.86183    | 2845.78624     | 33303.0164            | 33303.0164         | 0.795                  | 0.604 | 1.839E+07 |
| <input type="radio"/> Linear to sill         | 600.00000    | 4448.00000     | 57250.000             | 57250.0000         | 0.865                  | 0.604 | 3.061E+06 |
| <input type="radio"/> Gaussian               | 1000.00000   | 5110.00000     | 42100.000             | 72919.3390         | 0.804                  | 0.564 | 3.375E+06 |

شکل ۴-۵۶- واریوگرام نمایی برازش شده بر تراز سطح آب و اجزای آن (سال ۱۳۹۴)



#### ۴-۹-۲- نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح آب به روش کریجینگ معمولی

در نهایت داده‌های تراز سطح آب، توسط روش کریجینگ معمولی، درون‌یابی شده و نقشه‌های پهنه‌بندی تراز سطح آب به همراه خطوط هم‌تراز در نرم‌افزار GIS ترسیم گردید (شکل ۴-۵۷).



شکل ۴-۵۷- پهنه‌بندی سطح آب چاه‌های دشت میامی جنوبی (سال ۱۳۹۴)

بر اساس نقشه پهنه‌بندی تراز سطح آب، سطح آب چاه‌های دشت در قسمت شرقی کمتر از قسمت میانی و قسمت میانی نیز کمتر از قسمت غربی است. پایین بودن سطح آب، می‌تواند دلیلی بر بالاتر بودن میزان اکثر پارامترهای شیمیایی آب در قسمت شرقی دشت و پایین بودن کیفیت آب در

این قسمت از دشت باشد. همچنین عوامل دیگری نظیر نوع ساختارهای زمین‌شناسی، نوع کاربری زمین‌ها، تجمع روستاها در قسمت شرقی دشت و ... نیز ممکن است دلیل کیفیت پایین‌تر آب‌های این قسمت از دشت باشد.

## فصل پنجم

### نتیجه گیری و پیشنهادات

## ۵-۱- نتیجه گیری

بررسی کیفیت آب جهت مصارف کشاورزی، یکی از مهم‌ترین مسائل مدیریت منابع آب است. در این تحقیق بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی برای مصارف کشاورزی انجام شد و بطور خلاصه نتایج زیر به دست آمدند:

۱- مقادیر اکثر پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان شامل منیزیم، کلسیم، کل جامدات محلول، هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، آنیون، کاتیون، سختی کل، سولفات و کلرید از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴ افزایش داشته است، بنابراین کیفیت عمومی آب در این بازه زمانی کاهش یافته است.

۲- نمودار تغییرات زمانی پارامترها به تفکیک سه قسمت دشت، نشان داد که میزان اکثر پارامترهای دشت در قسمت شرقی بیشتر از میانی و در قسمت میانی بیشتر از غربی است، البته میزان دو پارامتر بی کربنات و پهاش در قسمت شرقی کمتر از قسمت‌های میانی و غربی است.

۳- میزان پارامترهای سدیم، منیزیم، کلسیم، بی کربنات، کلر، سولفات، هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، نسبت جذب سدیم و پهاش در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ در سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت با استاندارد فائو مقایسه شدند و میزان چهار پارامتر منیزیم، کلر، کل جامدات محلول و هدایت الکتریکی قسمت شرقی دشت، فراتر از حدود مجاز این استاندارد بودند.

۴- بر اساس طبقه‌بندی ویلکاکس آب چاه‌های قسمت شرقی دشت، اکثراً نامناسب برای کشاورزی اند (C3S1-C3S2-C4S2-C4S3-C4S4)، آب چاه‌های قسمت میانی دشت، اکثراً دارای کیفیتی متوسط می‌باشند (C3S1-C3S2-C3S1-C4S2-C4S3) و آب چاه‌های قسمت غربی دشت، همگی کیفیتی متوسط برای مصارف کشاورزی داشته‌اند (C3S1-C3S2).

۵- در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، در قسمت شرقی دشت، میانگین دو پارامتر هدایت الکتریکی و کل-جامدات محلول برای آبیاری به روش قطره‌ای، در محدودیت شدید و پارامتر پهاش، بدون

محدودیت بوده و در قسمت‌های میانی و غربی، هر سه پارامتر هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول و پ‌هاش، در رده محدودیت کم تا متوسط بوده‌اند.

۶- در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، در هر سه قسمت شرقی، میانی و غربی دشت، میزان دو پارامتر سدیم و کلر برای آبیاری به روش آبیاری بارانی، محدودیت مصرف داشته و پارامتر بی‌کربنات در رده محدودیت کم تا متوسط بوده است.

۷- در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴، در قسمت شرقی دشت، هر سه شاخص شوری بالقوه، نسبت کلی و نسبت جذب منیزیم در رده نامناسب بوده‌اند. در قسمت میانی، نسبت کلی و نسبت جذب منیزیم در رده نامناسب و شوری بالقوه در رده متوسط بوده است. در قسمت غربی دشت، دو پارامتر نسبت کلی و شوری بالقوه در رده متوسط و نسبت جذب منیزیم در رده نامناسب قرار داشته‌اند.

۸- بهترین مدل واریوگرام با ارزیابی متقابل و بر اساس خطای کمتر و همبستگی بالاتر، برای پارامترهای هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کلر، کل جامدات محلول، سدیم، آنیون، کاتیون، درصد سدیم و پ‌هاش، خطی و برای پارامترهای سولفات، سختی کل، کلسیم، منیزیم و بی‌کربنات، مدل کروی تعیین شد. ساختار مکانی همه پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی، قوی و نشان‌دهنده ضرورت استفاده از زمین آمار در تحلیل این پارامترهاست.

۹- رسم نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴ نشان داد که تجمع مقادیر همه پارامترها بجز بی‌کربنات و پ‌هاش در قسمت شرقی دشت، بیشتر از قسمت میانی و قسمت میانی نیز بیشتر از قسمت غربی است. این موضوع در مورد دو پارامتر بی‌کربنات و پ‌هاش، متفاوت بوده و بیشترین تجمع مقادیر این دو پارامتر در قسمت‌های میانی و غربی دشت است.

۱۰- رسم نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص‌های آبیاری در دشت میامی جنوبی در سال ۱۳۹۴ نشان داد که میزان شاخص نسبت جذب منیزیم در کل دشت در رده نامناسب است. میزان دو شاخص

- شوری بالقوه و نسبت کلی در قسمت‌های شرقی و میانی دشت در رده نامناسب است. در قسمت-های غربی، شاخص نسبت کلی در رده مناسب و شاخص شوری بالقوه در رده متوسط است.
- ۱۱- پارامتر هدایت الکتریکی از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹، تغییر کم مثبتی داشته، از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴، در اکثر نقاط دشت بجز محدوده‌ای کوچک، افزایش داشته است و در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۴، در همه نقاط دشت بجز محدوده‌ای کوچک، افزایش داشته است.
- ۱۲- پارامتر نسبت جذب سدیم از سال ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۹، تنها در قسمت‌های شرقی دشت افزایش داشته است. از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۴، تقریباً بدون تغییر بوده و در بازه زمانی ۱۳۸۲-۱۳۹۴ تنها در قسمت‌های شرقی دشت، افزایش داشته است.
- ۱۳- پهنه‌بندی تراز سطح آب چاه‌های دشت در سال ۱۳۹۴، نشان داد که سطح آب در قسمت-های شرقی دشت بسیار کمتر از قسمت میانی و غربی است.

## ۵-۲- پیشنهادات

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق و اطلاع از وضعیت نامناسب آب‌های زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان جهت مصارف کشاورزی به‌ویژه در قسمت شرقی دشت، پیشنهاد می‌شود که در راستای جلوگیری از تخریب بیشتر آب،

- ۱- از برداشت بی‌رویه از چاه‌های دشت جلوگیری شود.
  - ۲- الگوی کشت متناسب با منطقه، اصلاح شود.
  - ۳- سیستم‌های سنتی آبیاری با سیستم‌های جدید و دارای راندمان بالا جایگزین شود.
  - ۴- حرکت آلاینده‌های کشاورزی، صنعتی و شهری به سیستم منابع آب زیرزمینی، مورد مطالعه قرار گیرد.
- با این امید که این مطالعه نقطه شروعی جهت حل مسائل موجود در این زمینه بوده و به مدیریت کارآمد منابع آب زیرزمینی دشت میامی جنوبی استان سمنان بیانجامد.

# منابع و مآخذ

## منابع فارسی

ادیب آ و زمانی ر، (۱۳۹۴)، بررسی تغییرات مکانی شاخص‌های کیفی دشت دزفول با استفاده از زمین آمار، **مجله مهندسی منابع آب** سال هشتم.

جهانشاهی ا، روحی مقدم ع و دهوری ع، (۱۳۹۳)، ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین آمار شهر بابک. **نشریه دانش آب و خاک** جلد ۲۴ شماره (۲) صفحه های ۱۸۳-۱۹۷.

حاج‌رسولیه‌ها ش، (۱۳۸۲)، **کیفیت آب برای کشاورزی**، مرکز نشر دانشگاهی تهران.

حسینی پاک ع ا (۱۳۷۷)، **زمین آمار**، انتشارات دانشگاه تهران.

دفتر آب و خاک معاونت محیط زیست انسانی، (۱۳۹۵)، **استاندارد کیفیت آب‌های ایران**، سازمان حفاظت محیط زیست.

دلبری م، امینی رکان ا و صادقی مرشت م (۱۳۹۵)، پیش‌بینی الگوی پراکنش مکانی شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی استان گلستان برای مصارف کشاورزی با استفاده از زمین آمار و جی آی اس، **نشریه هیدروژئولوژی** سال اول شماره یک، صفحات ۱۲۳-۱۰۷.

زارعی ع و امیری م، (۱۳۹۵)، ارزیابی تغییرات مکانی و پهنه بندی کیفیت آب شرب و کشاورزی با استفاده از تکنیک زمین آمار و GIS، **نشریه اکوهیدرولوژی**، دوره ۳، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۵، صفحات ۵۱۶-۵۰۵.

سلیمانی‌ساردو ف، برومند ن و آذره ع، (۱۳۹۵)، بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی در دشت جیرفت، **مجله منابع طبیعی ایران**، دوره ۶۹، شماره ۴، صفحات ۹۳۲-۹۲۱.

صادقی ه، آلبوعلی ع و قضاوی ر، (۱۳۹۵)، بررسی روند زمانی و مکانی تغییر پارامترهای کیفی آب دشت کاشان با استفاده از روشهای زمین آمار، **نشریه علوم آب و خاک**، سال بیستم، شماره هفتاد و ششم، صفحات ۸۳-۷۳.



صادقی ه، قاسمیه ه، مومنی دمنه ج و موسوی ح، (۱۳۹۵)، پهنه بندی کیفی آب آبیاری و شهری با استفاده از GIS (دشت ملایر)، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ششم، شماره ۲۴، تابستان ۹۵. صفحات ۱۲۸-۱۳۷.

صالحی ح و زینی‌وند ح، (۱۳۹۳)، بررسی کیفیت آب زیرزمینی برای شرب و کشاورزی و انتخاب مناسب‌ترین روش میان‌یابی آن (مطالعه موردی غرب شهرستان مریوان)، نشریه اکوهیدرولوژی، دوره یک، شماره ۳، صفحات ۱۶۶-۱۵۳.

صداقت م (۱۳۷۸)، زمین و منابع آب، انتشارات دانشگاه پیام‌نور.

طاهری تیزرو ع، (۱۳۸۴)، آب‌های زیرزمینی، انتشارات دانشگاه رازی.

عباسی جندانی ش و طالبی ع (۱۳۹۴)، مدل‌سازی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی در مناطق خشک با استفاده از روش‌های زمین آماری (مطالعه موردی دشت کوهپایه سگزی-اصفهان)، دو ماهنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، سال ۱۴ شماره اول صفحه‌های ۱۲۳ تا ۱۳۶.

عباسی ف، (۱۳۸۸)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی و هیدروژئوشیمیایی قنات‌های منطقه میامی جنوبی، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه شاهرود.

علمدارلو ا، اکرامی م و نسب‌پور س، (۱۳۹۴)، بررسی زمانی مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت یزد- اردکان با استفاده از زمین آمار، مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال چهارم، شماره ششم، صفحات ۶۳-۷۰.

علیزاده ا، (۱۳۷۶)، اصول و عملیات آبیاری قطره‌ای، انتشارات دانشگاه امام‌رضا.

غفوری م و مرتضوی ر، (۱۳۷۱)، آب شناسی، انتشارات دانشگاه تهران.

قادری ز، هزارخانی ا، رحیمی ک و کریمی‌کردستانی ح، (۱۳۹۳)، پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی به‌منظور بهره‌برداری در کشاورزی و مصارف کشاورزی (مطالعه موردی حوضه چهاردولی استان

کردستان)، پژوهشنامه بین المللی منابع آب و توسعه، جلد دوم شماره ۵، صفحات ۱۹۰-۱۸۰.

قائم‌زاده ف و اخوان س، (۱۳۹۳)، امکان‌سنجی اجرای سیستم‌های آبیاری تحت فشار بر اساس کیفیت آب (مطالعه موردی دشت‌های استان همدان)، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۲۱، شماره اول، صفحات ۸۳-۶۵.

کردی م، فضل‌نیا ع، پیرخراطی ح، رفیعی ب و وفايي ه، (۱۳۹۳)، ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی محدوده شمال‌غرب کبودرآهنگ جهت سنجش پارامترهای هیدروژئوشیمیایی، یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی، جلد ۱۶، صفحات ۴۶-۲۴.

محمدزاده م، (۱۳۹۱)، آمار فضایی و کاربردهای آن، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. محمدی س، (۱۳۹۱)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مدلسازی ریاضی آبخوان میامی جنوبی در استان سمنان، دانشکده زمین‌شناسی، دانشگاه شاهرود.

مزارعی بهبهانی س، حسینی ز و مدرسی ع، (۱۳۹۳)، مقایسه دقت روشهای مختلف زمین‌آمار در ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی برای استفاده‌های کشاورزی (مطالعه موردی: آبخوان دشت بهبهان)، دو فصلنامه مدیریت آب در مناطق خشک، جلد ۱، شماره ۲، صفحات ۶۵ تا ۷۴. ملکیان آ و میردشتوان م، (۱۳۹۴)، بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر اساس زمین‌آمار دشت هشتگرد البرز. مجله منابع طبیعی ایران دوره ۶۸ شماره ۴ صفحه‌های ۸۰۹-۸۲۰.

مهدوی م، (۱۳۷۸)، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران. نخعی م، ودیعتی م و اسمعیلی فلک م، (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی کیفی آب زیرزمینی دشت ورامین به روش تحلیل سلسله مراتبی در محیط GIS، تحقیقات منابع آب ایران، سال نهم، شماره ۳.

ولیزاده کامران خ، روستایی ش، رحیم پور ت و نخستین روحی م، (۱۳۹۵)، تعیین مناسب‌ترین  
روش زمین آمار در تهیه نقشه شوری آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی دشت شیرامین  
آذربایجان شرقی)، نشریه هیدروژئومورفولوژی شماره ۶ صفحات ۳۲-۱۷.

- Arslan S. (2017), Assessment of groundwater and soil quality for agricultural purposes in Kopruoren basin, Kutahya, Turkey, **Journal of African Earth Sciences** 131.
- Ayers R.S. and Westcott D.W. (1985), **FAO 29**.
- Bodrud-Dozaa M.D., Towfiqul Islam B.C., Ahmed F, Saha N, Das S and Rahman S. (2016), Characterization of groundwater quality using water evaluation indices, multivariate statistics and geostatistics in central Bangladesh, **Water Science**.
- Docheshmeh Gorgij A and Vadiati M. (2014), Determination of groundwater quality based on important irrigation indices using analytical hierarchy process method, **Agricultural Advances**, 3(6), pages: 176-185.
- ElSayed Rabeiy R. (2017), Assessment and modeling of groundwater quality using WQI and GIS in Upper Egypt area, **Environ Sci Pollut Res**.
- Fipps G. (2017), **Irrigation Water Quality Standards and Salinity Management Strategies**, Texas A&M AgriLife Extension Services.
- Golchin I and Azhdari Moghadam M. (2016), Hydro-geochemical characteristics and groundwater quality assessment in Iranshahr plain aquifer, Iran, **Environment Earth Science** 75, pages: 314-317.
- Howladar F., Deb P. and Muzemder S. (2016), Monitoring the Underground Roadway Water Quantity and Quality for Irrigation Use around the Barapukuria Coal Mining Industry, Dinajpur, Bangladesh, **Groundwater for Sustainable Development**.
- Ishaku J.M. Ahmed A.S, and Abubakar M.A. (2011), Assessment of groundwater quality using chemical indices and GIS mapping in Jada area, Northeastern Nigeria, **Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering**, vol. 1, no. 1, pages: 35-60.
- Khalaf R. and Hassan W. (2013), Evaluation of irrigation water quality index for al-dammam confined aquifer in the west and southwest of Karbala city, Iraq, **International Journal of Civil Engineering**, Vol. 2, Issue 3, pages: 21-34.
- Kundu A. and Kanti Nag S. (2015), Delineation of Groundwater Quality for Drinking and Irrigation Purposes: A Case Study of Chhatna Block, Bankura

District, West Bengal, **International Bulletin of Water Resources & Development**.

Li P., Wu J. and Qian H. (2013), Assessment of groundwater quality for irrigation purposes and identification of hydrogeochemical evolution mechanisms in Pengyang County, China, **Environ Earth Sci** 69, pages: 2211–2225.

Nas B. and Berktaş A. (2010), Groundwater quality mapping in urban groundwater using GIS, **Environment Monitoring Assessment** 160, pages: 215–227.

Pongpetch N. and Suwanwaree P. (2012), Spatial Water Quality Assessment and Mapping of Lahan Swamp, Chaiyaphum, Thailand, **Procedia environmental science**, pages: 655-659.

Reddy S. (2013), Assessment of groundwater quality for irrigation of Bhaskar Rao Kunta watershed, Nalgonda District, India, **International Journal of Water Resources and Environmental Engineering**, pages: 418-425.

Singh A. (2016), managing the water resources problems of irrigated agriculture through geospatial techniques: An overview, **Agricultural Water Management**.

Taheri tizro A., Parsafar N., Toranjian A. (2014), An Assessment of Groundwater Quality: A Case Study of Qahavand Plain, Hamadan Province, Iran, **International Bulletin of Water Resources & Development**, Vol. 2 – No. 4.

Wilcox LV, 1955, **Classification and use of irrigation waters**, USDA Circ.969. Washington DC.

Zhai X., Xia J., Zhang Y. (2014), Water quality variation in the highly disturbed Huai River Basin, China from 1994 to 2005 by multi-statistical analyses, **Science of the Total Environment** 496, pages: 594–606



## Assessment of groundwater quality of Miamay plain for agricultural purposes using geostatistical techniques

### **Abstract**

One of the obstacles to develop sustainable agriculture is the poor quality of irrigation water. It is important to evaluate the quality and process of underground water quality changes in the sustainable management of water resources in each region. The assessment of water quality is usually based on chemical decomposition and measurement of chemical parameters of water. Measuring these parameters in big area is costly and time-consuming, as result it required to estimating methods for prediction of those parameters. On the other hand, because of the geostatistical nature of these parameters, the use of geostatistical estimates is necessary. In this research, groundwater quality of the Miamay plain of Semnan province was studied for irrigation purposes from 2003 to 2015 using statistical techniques. For this purpose, the average of 14 chemical parameters of water quality including sodium, sodium percent, chloride, electrical conductivity, sulfate, calcium, magnesium, bicarbonate, anions, cations, pH, total dissolved solids, total hardness and Sodium adsorption ratio was used in 27 wells with proper distribution in plain in the period of 2003-2015. The value of these parameters was compared by different irrigation standards and results showed that the waters of the eastern plain in the twelve years studied were classified in terms of Wilcox classification and standard of drop and sprinkler irrigation. The amounts of four parameters include chloride, Magnesium, total dissolved solids and electrical conductivity have exceeded the FAO limits. The waters of the central and western parts of the plain were without FAO problems, in terms of Wilcox, moderate and in terms of drop and sprinkler irrigation, had a low to moderate restriction. The inadequate and medium water quality of the eastern parts, middle and western parts of the plain was confirmed by irrigation indices, zoning maps and trend diagrams in three different parts of the plain. The amount of most chemical water parameters during this time period is increasing, indicating an ever-increasing decline in groundwater quality in the plain. All parameters of the water were correlated at a level of 99%, and the best variogram model was fitted to them, is a spherical and linear model with a strong spatial structure indicating the necessity of using geostatistical techniques in their analysis.

**Keywords:** Groundwater quality, Water irrigation standards, Geostatistical techniques, Miamay plain of Semnan province.



**Shahrood University of Technology**

**Faculty of Agricultural Engineering**

## **MSc Thesis in Water Structures Engineering**

### **Assessment of groundwater quality of Miamay plain for agricultural purposes using geostatistical techniques**

**By: Sholeh Zahedi**

**Supervisor:**

**Dr. Samad Emamgholizadeh**

**Advisor:**

**Dr. Mehdi Delghandi**

**Eng. Reza Ashouri**

**January 2018**