





ریاست جمهوری
سازمان حفاظت محیط زیست

عنوان طرح:

بررسی روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری

مشاور: دانشگاه شهرکرد

مجری: دکتر رسول زمانی احمد محمودی

همکار: دکتر خدایار عبدالهی

کارفرما:

اداره کل حفاظت محیط زیست چهارمحال و بختیاری

فروردین ماه ۱۳۹۷

چکیده

مشکلات مربوط به کمیت و کیفیت آب یکی از مسائل بسیار مهمی است که مطالعات بسیاری در زمینه آن در بسیاری از مناطق مختلف جهان صورت گرفته است. افزایش سریع جمعیت و نیاز روزافزون به منابع آبی، بروز خشکسالی‌ها و کمبود آب، توزیع ناهمگون زمانی و مکانی منابع آب و مشکلات مربوط به افزایش بی‌رویه استفاده از منابع آب زیرزمینی و کاهش کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی از جمله این مشکلات هستند که اهمیت مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح در زمینه منابع آب و آگاهی از وضعیت مؤلفه‌های بیلان آب در حوضه را دو چندان می‌کنند. ویژگی‌های اقلیمی و جغرافیایی ایران سبب قرارگیری بخش عمده‌ای از ایران در مناطق خشک و نیمه خشک شده است. در بسیاری از شهرها و روستاهای ایران منابع آب زیرزمینی به عنوان مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت هستند. بنابراین بررسی کیفیت این منابع و شناسایی عوامل آلاینده و نقاط آلوده در این مناطق از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از معضلات منابع آب کشور، افت بیش از حد منابع آب زیرزمینی دشت‌های کشور می‌باشد. استان چهارمحال و بختیاری نیز از این امر مستثنی نبوده و در معرض افت و کاهش منابع آب زیرزمینی قرار دارد. به همین دلیل در این تحقیق روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار گرفت. به دلیل قابلیت مدل‌های توزیعی در شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز، در این تحقیق برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب شامل رواناب، تغذیه آب زیرزمینی، برگاب و تبخیر-تعرق از مدل توزیعی بیلان آب ماهانه WetSpas-M استفاده شد. دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ برای اعتبارسنجی و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ برای واسنجی مدل انتخاب شد. نتایج نشان‌دهنده دقت خوب مدل در شبیه‌سازی رواناب و جریان پایه حوضه مورد مطالعه بود. علاوه بر این نتایج شبیه‌سازی توزیعی مؤلفه‌های بیلان آب نشان داد که به طور متوسط سهم سالانه رواناب، تغذیه آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان‌های زیرقشری) و تبخیر-تعرق (تبخیر از سطح خاک، تعرق از گیاه و برگاب) از ۵۴۴ میلی‌متر بارندگی به ترتیب ۱۷٪ (۹۵ میلی‌متر)، ۵۴٪ (۲۹۲ میلی‌متر) و ۲۴٪ (۱۱۹ میلی‌متر) بود. به منظور بررسی تأثیر کاربری اراضی بر کیفیت آب شرب استان تعداد ۱۳۲ نمونه آب از ۱۳۲ حلقه چاه در نقاط مختلف استان در فواصل زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ تهیه شد. نقشه‌های توزیع مکانی نشان داد کیفیت آب زیرزمینی در شمال و شمال شرق شهرکرد در مقایسه با سایر نقاط استان از کیفیت پایین‌تری برخوردار است. همچنین بررسی کیفیت آب زیرزمینی در فواصل زمانی ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ نشان از کاهش کیفیت آب زیرزمینی با گذشت زمان دارد. نتایج نشان داد که از بین سه کاربری مرتع، کشاورزی و مسکونی، کیفیت آب زیرزمینی در مراتع بهتر و مقدار نترات در آن نیز کمتر از دو کاربری دیگر بود. همچنین بررسی اثر خشکسالی بر کیفیت آب نشان داد که با بروز خشکسالی، کیفیت

آب کاهش می‌یابد. از دیگر نتایج این تحقیق این بود که کیفیت آب استان بیشتر تحت تأثیر مقدار نیترات بوده است.

کلمات کلیدی: بیلان آب، استان چهارمحال و بختیاری، کیفیت آب، خشکسالی، نیترات، مدل توزیعی
WetSpas-M

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول - مقدمه

۱۳	۱-۱ مقدمه و کلیات
۱۳	۱-۱-۱-۱ مفهوم و اهمیت بیلان آب
۱۴	۱-۱-۱-۲ اهمیت مدل‌های هیدرولوژیکی
۱۵	۱-۱-۱-۳ منابع آب زیرزمینی
۱۵	۱-۳-۱-۱ اهمیت منابع آب زیرزمینی
۱۶	۱-۳-۱-۲ کیفیت آب‌های زیرزمینی
۱۸	۱-۲ اهمیت و ضرورت طرح
۱۸	۱-۲-۱ اهداف طرح
۱۸	۱-۲-۲ فرضیه‌های طرح
۱۹	۱-۲-۳ مراحل کلی انجام طرح

فصل دوم - بررسی منابع

۲۱	۲-۱ بررسی مطالعات بیلان آب
۲۴	۲-۲ بررسی مطالعات مدل هیدرولوژیکی توزیعی WetSpas-M
۲۶	۲-۳ بررسی مطالعات کیفیت آب

فصل سوم - مواد و روش‌ها

۳۰	۳-۱ منطقه مورد مطالعه
۳۲	۳-۲ روش تحقیق
۳۲	۳-۲-۱ جمع‌آوری و بررسی نرمال بودن داده‌های کیفیت آب
۳۲	۳-۲-۲ محاسبه شاخص IRWQI
۳۳	۳-۲-۳ محاسبه شاخص خشکسالی SPI
۳۶	۳-۲-۴ تهیه واریوگرام
۳۷	۳-۲-۵ تعیین الگوی توزیع مکانی شاخص‌ها
۳۹	۳-۲-۶ تحلیل مؤلفه اصلی
۴۱	۳-۲-۷ روش مقایسه کاربری‌ها از نظر میزان نیترات و شاخص IRWQI

۴۱	۳-۲-۸- معرفی مدل توزیعی بیلان آب WetSpass-M
۴۲	۳-۲-۸-۱- فرضیات مدل توزیعی WetSpass-M
۴۷	۳-۲-۸-۲- داده‌های مورد نیاز مدل WetSpass-M
۴۸	۳-۲-۸-۳- روش اجرای مدل WetSpass-M
۶۵	۳-۲-۸-۴- واسنجی مدل WetSpass-M
۶۶	۹-۲-۳- روش بررسی ارتباط پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب
۶۸	۱۰-۲-۳- بررسی کیفیت آب در مناطق دارای منبع آلاینده

فصل چهارم - نتایج و بحث

۶۹	۱-۴- بررسی مقادیر پارامترهای کیفی آب و محاسبه شاخص‌ها
۷۳	۲-۴- نتایج بررسی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI
۸۶	۳-۴- نتایج بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات
۸۹	۴-۴- مقایسه بین کیفیت آب زیرزمینی و مقدار نیترات
۹۰	۵-۴- نتایج بررسی اثر خشکسالی بر کیفیت آب با استفاده از شاخص SPI
۹۱	۶-۴- نتایج تحلیل عاملی
۹۲	۷-۴- نتایج مقایسه کاربری‌های اراضی از نظر مقدار نیترات و شاخص IRWQI
۹۴	۸-۴- نتایج بررسی کیفیت آب در منابع آلاینده
۹۶	۹-۴- تفکیک جریان پایه از جریان کل
۹۶	۱۰-۴- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل WetSpass-M
۹۸	۱۱-۴- نتایج شبیه‌سازی بیلان آب
۹۹	۱۲-۴- نتایج ارزیابی ارتباط بین متغیرهای کیفی با مؤلفه‌های بیلان آب

فصل پنجم - نتیجه‌گیری

۱۱۰	۱-۵- نتیجه‌گیری کلی
۱۱۳	منابع

فهرست شکل‌ها

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی استان چهارمحال و بختیاری و نقاط نمونه‌برداری شده.....	۳۱
شکل ۳-۲- نقشه کاربری اراضی استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۵.....	۳۱
شکل ۳-۳- واریوگرام ایده آل به همراه پارامترهای آن.....	۳۷
شکل ۳-۴- شماتیکی از ورودی‌ها و خروجی‌های مدل WetSpass.....	۴۷
شکل ۳-۵- نقشه مدل رقومی ارتفاع حوضه مورد مطالعه.....	۴۸
شکل ۳-۶- نقشه شیب حوضه مورد مطالعه.....	۴۹
شکل ۳-۷- نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه.....	۴۹
شکل ۳-۸- نقشه بافت خاک حوضه مورد مطالعه.....	۵۰
شکل ۳-۹- نقشه چند ضلعی‌های تیسن و مساحت ایستگاه‌های بارندگی.....	۵۲
شکل ۳-۱۰- نقشه هم‌بارش حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰.....	۵۳
شکل ۳-۱۱- نقشه هم‌عمق آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰.....	۵۴
شکل ۳-۱۲- نقشه هم میزان سرعت باد حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰.....	۵۴
شکل ۳-۱۳- نقشه تبخیر از تشت حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰.....	۵۵
شکل ۳-۱۴- نقشه هم‌دمای حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰.....	۵۵
شکل ۳-۱۵- نقشه‌های میانگین سالانه تبخیر از تشت در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.....	۵۶
شکل ۳-۱۶- نقشه‌های میانگین سالانه تبخیر از تشت در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱.....	۵۷
شکل ۳-۱۷- نقشه‌های میانگین سالانه عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.....	۵۸
شکل ۳-۱۸- نقشه‌های میانگین سالانه عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱.....	۵۹
شکل ۳-۱۹- نقشه‌های میانگین سالانه بارش در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.....	۶۰
شکل ۳-۲۰- نقشه‌های میانگین سالانه بارش در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱.....	۶۱
شکل ۳-۲۱- نقشه‌های میانگین سالانه دما در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.....	۶۲
شکل ۳-۲۲- نقشه‌های میانگین سالانه دما در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱.....	۶۳
شکل ۳-۲۳- نقشه‌های میانگین سالانه سرعت باد در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶.....	۶۴
شکل ۳-۲۴- نقشه‌های میانگین سالانه سرعت باد در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱.....	۶۵
شکل ۳-۲۵- موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در حوضه.....	۶۷
شکل ۴-۱- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۶.....	۷۴
شکل ۴-۲- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۶.....	۷۴

- شکل ۳-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۷ ۷۵
- شکل ۴-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۷ ۷۵
- شکل ۵-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۸ ۷۶
- شکل ۶-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۸ ۷۶
- شکل ۷-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۹ ۷۷
- شکل ۸-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۹ ۷۷
- شکل ۹-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۰ ۷۸
- شکل ۱۰-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۰ ۷۸
- شکل ۱۱-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۱ ۷۹
- شکل ۱۲-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۱ ۷۹
- شکل ۱۳-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۲ ۸۰
- شکل ۱۴-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۲ ۸۰
- شکل ۱۵-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۳ ۸۱
- شکل ۱۶-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۳ ۸۱
- شکل ۱۷-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۴ ۸۲
- شکل ۱۸-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۴ ۸۲
- شکل ۱۹-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۵ ۸۳
- شکل ۲۰-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ ۸۳
- شکل ۲۱-۴- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۶ ۸۴
- شکل ۲۲-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶ ۸۴
- شکل ۲۳-۴- واریوگرام نیترات برای سال ۱۳۹۵ ۸۷
- شکل ۲۴-۴- نقشه پهنه‌بندی مقدار نیترات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ ۸۷
- شکل ۲۵-۴- واریوگرام نیترات برای سال ۱۳۹۶ ۸۸
- شکل ۲۶-۴- نقشه پهنه‌بندی مقدار نیترات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶ ۸۸
- شکل ۲۷-۴- مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات و کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ ۸۹
- شکل ۲۸-۴- مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات و کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵ ۹۰
- شکل ۲۹-۴- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵-۹۶ ۹۱
- شکل ۳۰-۴- مقایسه میزان شاخص IRWQI (میانگین \pm خطای استاندارد) در کاربری‌های مورد بررسی (ANOVA, $p < 0.05$) ۹۳
- شکل ۳۱-۴- مقایسه میزان نیترات (میانگین \pm خطای استاندارد) در کاربری‌های مورد بررسی (ANOVA, $p < 0.05$) ۹۴
- شکل ۳۲-۴- هیدروگراف تفکیک جریان پایه از جریان کل ایستگاه ارمند ۹۶

- شکل ۴-۳۳- هیدروگراف رواناب تفکیک شده و شبیه‌سازی شده ایستگاه ارمند ۹۷
- شکل ۴-۳۴- هیدروگراف جریان پایه تفکیک شده و شبیه‌سازی شده ایستگاه ارمند ۹۸
- شکل ۴-۳۵- روند تغییرات اجزای بیلان آب و متوسط سالانه بارش حوضه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ ۹۹
- شکل ۴-۳۶- نمودار همبستگی بین تبخیر و تعرق ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) SAR (ب) PH (ج) نیترات و (د) سختی کل برای چاه شماره ۱۴ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ ۱۰۲
- شکل ۴-۳۷- نمودار همبستگی بین رواناب ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) EC (ب) SAR (ج) PH (د) نیترات (ه) سختی کل برای چاه شماره ۱۳ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ ۱۰۵
- شکل ۴-۳۸- نمودار همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) EC (ب) PH و (ج) نیترات برای چاه ۲۹ و (د) سختی کل برای چاه شماره ۴۱ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ ۱۰۸

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۳- پارامترهای شاخص IRWQIGC و وزن‌های آن‌ها	۳۳
جدول ۲-۳- راهنمای تعیین معادل توصیفی شاخص IRWQIGC محاسبه شده	۳۳
جدول ۳-۳- طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI (McKee و همکاران، ۱۹۹۵)	۳۶
جدول ۴-۳- توصیف تناسب داده‌های برای تحلیل عاملی با استفاده از ضریب KMO	۴۰
جدول ۵-۳- پارامترهای پیش فرض توصیفی طبقات کاربری اراضی در مدل WetSpass (راهنمای مدل)	۴۳
جدول ۶-۳- پارامترهای پیش فرض توصیفی بافت خاک در مدل WetSpass (راهنمای مدل)	۴۴
جدول ۷-۳- مشخصات کلی ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه مورد مطالعه	۵۱
جدول ۸-۳- مشخصات کلی چاه‌های مورد مطالعه در حوضه	۶۷
جدول ۱-۴- آمار چاه‌های با میزان IRWQI غیر مطلوب (بد و نسبتا بد) در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶	۶۹
جدول ۲-۴- آمار چاه‌های با نیترا ت بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶	۷۱
جدول ۳-۴- آمار چاه‌های با مقدار منیزیم بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶	۷۱
جدول ۴-۴- آمار چاه‌های با کدورت بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶	۷۲
جدول ۵-۴- آمار چاه‌های با کلر بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶	۷۲
جدول ۶-۴- پارامترهای مربوط به واریوگرام‌های IRWQI در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۶	۸۵
جدول ۷-۴- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی IRWQI در فصل تر	۸۵
جدول ۸-۴- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی IRWQI در فصل خشک	۸۵
جدول ۹-۴- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی IRWQI در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۶	۸۶
جدول ۱۰-۴- پارامترهای مربوط به واریوگرام نیترا ت در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶	۸۸
جدول ۱۱-۴- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی نیترا ت	۸۹
جدول ۱۲-۴- آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بار تلت	۹۲
جدول ۱۳-۴- ماتریس عاملی دوران یافته	۹۲
جدول ۱۴-۴- کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI در مناطق دارای منبع آلاینده در شعاع‌های ۵۰۰ متر و ۱ و ۵ کیلومتری	۹۵
جدول ۱۵-۴- کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI در مناطق دفن زباله در شعاع‌های ۵۰۰ متر و ۱ و ۵ کیلومتری	۹۵
جدول ۱۶-۴- مقادیر بهینه پارامترهای عمومی و اسنجی شده مدل	۹۷
جدول ۱۷-۴- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه تبخیر و تعرق واقعی و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی	۱۰۰
جدول ۱۸-۴- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه رواناب و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی	۱۰۳
جدول ۱۹-۴- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی	۱۰۶

جدول ۴-۲۰- نتایج بررسی همبستگی بین پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب..... ۱۰۹

فهرست جدول‌های پیوست

عنوان	صفحه
جدول ۱- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶.....	۱۲۳
جدول ۲- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷.....	۱۲۴
جدول ۳- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸.....	۱۲۵
جدول ۴- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹.....	۱۲۶
جدول ۵- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰.....	۱۲۷
جدول ۶- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱.....	۱۲۸
جدول ۷- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶....	۱۲۹
جدول ۸- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷....	۱۳۰
جدول ۹- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸....	۱۳۱
جدول ۱۰- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹.۱۳۲	۱۳۲
جدول ۱۱- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰.۱۳۳	۱۳۳
جدول ۱۲- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱.۱۳۴	۱۳۴
جدول ۱۳- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶.....	۱۳۵
جدول ۱۴- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷.....	۱۳۶
جدول ۱۵- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸.....	۱۳۷
جدول ۱۶- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹.....	۱۳۸
جدول ۱۷- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰.....	۱۳۹
جدول ۱۸- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱.....	۱۴۰

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه و کلیات

۱-۱-۱- مفهوم و اهمیت بیلان آب

منظور از بیلان آب، بررسی مقدار آب ورودی و خروجی، انواع هدررفت و ذخیره آب از زمان ورود آن به حوضه آبخیز به شکل بارش، رواناب، تبخیر و تعرق و ذخیره آب در خاک می‌باشد (برخورداری، ۱۳۹۳). بیلان هیدرولوژیکی در یک منطقه به صورت رابطه زیر بیان می‌شود:

$$P - R - G - ET = \Delta S \quad (1-1)$$

در رابطه فوق، P مقدار بارندگی، R رواناب سطحی، G جریان آب زیرزمینی، ET تبخیر و تعرق و ΔS مقدار ذخیره آب در حوضه هستند (علیزاده، ۱۳۸۶). میزان، توزیع و نوع بارش، پوشش گیاهی، خصوصیات فرآیند تجمع و ذوب برف، خصوصیات لایه خاک و سازندهای زمین‌شناسی از جمله عواملی هستند که میزان رواناب و مؤلفه‌های بیلان آب حوضه را تحت تأثیر قرار می‌دهند (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله کاربردهای بیلان آب این است که در یک منطقه می‌توان رابطه منطقی بین پتانسیل منابع آبی موجود در منطقه و میزان آب مصرفی از این منابع به دست آورد که در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح و تخصیص بهینه منابع آب کمک بسیاری می‌نماید. به عنوان مثال، اگر در منطقه‌ای بیلان آب زیرزمینی منفی باشد، یعنی میزان مصرف آب از میزان آب دریافتی بیش‌تر بوده است. به این ترتیب آگاهی از وضعیت بیلان آب در یک منطقه باعث می‌شود تا برنامه‌ریزی صحیح صورت گیرد و با اصلاح الگوی مصرف در بخش‌های مختلف کشاورزی، صنعتی، خانگی، تفریحی و بخش‌های دیگر تا حدی این مشکل را برطرف کرد (بیاتی، ۱۳۹۶). در بیلان آب دریاچه‌ها و حوضه‌های آبخیز معمولاً عدم قطعیت بزرگ با مقدار تخمینی یک یا چند مؤلفه همراه است. به عنوان مثال برآورد قابل اطمینان و دقیق جریان‌های آب زیرزمینی و تبخیر حتی با تحقیقات گسترده نیز دشوار است (Winter، ۱۹۸۱؛ LaBaugh و همکاران، ۱۹۹۷). مدل‌سازی هیدرولوژیکی به عنوان

یک ابزار مهم برای درک فرآیندهای هیدرولوژیکی و ارزیابی تأثیر ورودی‌های پارامترهای مختلف بر مؤلفه‌های بیلان آب استفاده می‌شود (Dai و همکاران، ۲۰۱۷).

تکنیک‌های تخمین بیلان آب شامل روش‌های بسیار ساده مانند مدل‌های یکپارچه و روش‌های تجربی میدانی تا مدل‌های بسیار پیچیده مبتنی بر کامپیوتر که می‌توانند بیلان آب را در مقیاس‌های زمانی (ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه) و مکانی مختلف محاسبه کنند، می‌باشد (Xu و Singh، ۱۹۹۸؛ Ghandhari و Moghaddam، ۲۰۱۱). انتخاب روش مناسب بستگی به اهداف مطالعه و میزان داده‌های در دسترس دارد (Zhang و همکاران، ۲۰۰۲). مدل‌های بیلان آب ماهانه برای اولین بار توسط Thorntwaite در سال ۱۹۴۰ ارائه شد و سپس در سال ۱۹۵۵ توسط Mather و Thorntwaite توسعه یافتند (Xu و Singh، ۱۹۹۸). در سال‌های ۱۹۵۹ تا ۱۹۶۶ مدل‌های هیدرولوژیکی مبتنی بر کامپیوتر با مدل‌های SWM که بر روی تخمین رواناب تمرکز داشتند، تکامل یافتند. امروزه مدل‌های متعددی با مفروضات و پارامترهای مختلف برای محاسبات بیلان آب در دسترس هستند (Thapa و همکاران، ۲۰۱۷). استفاده و گسترش مدل‌های ریاضی هیدرولوژی حوضه آبخیز، یکی از روش‌های دستیابی به توسعه پایدار و رفع مشکلات مدیریت و برنامه‌ریزی جامع منابع آب می‌باشد (سعیدی و زهرایی، ۱۳۹۰).

۲-۱-۱- اهمیت مدل‌های هیدرولوژیکی

به منظور استفاده بهینه از منابع آب، شناخت پدیده‌های هیدرولوژیکی ضروری است و رواناب سطحی یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژیکی به شمار می‌رود. از این رو برآورد دقیق رواناب در زمینه مدیریت منابع آب از اهمیت زیادی برخوردار است (زلکی و همکاران، ۱۳۹۰). مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی با بهره‌مندی از روش‌های مختلف نظری میزان رواناب را برآورد می‌کنند (رهنما، ۱۳۸۷). این مدل‌ها حالت ساده شده‌ای از چرخه هیدرولوژی می‌باشند (احمدنژاد و همکاران، ۱۳۸۹). این مدل‌ها از نظر نمایش مکانی به سه دسته یکپارچه، نیمه توزیعی و توزیعی تقسیم می‌شوند (افخمی و نصیری صالح، ۱۳۹۴). با وجود توسعه مدل‌های توزیعی، عملکرد آن‌ها در مقیاس منطقه‌ای رضایت‌بخش نبوده است زیرا این مدل‌ها مختص مقیاس خاصی می‌باشند و کمبود داده‌های ورودی به عنوان یک عامل محدودکننده در مدل‌سازی عمل می‌کند (Singh و Woolhiser، ۲۰۰۲). به منظور شبیه‌سازی و مدیریت یک حوضه آبخیز، استفاده از مدلی که حجم وسیعی از داده‌ها از قبیل پارامترهای هواشناسی، توپوگرافی، خصوصیات خاک، کاربری اراضی و پوشش گیاهی، سیستم‌های انتقال رواناب، داده‌های سطح آب زیرزمینی و کیفیت آب را در نظر بگیرد، می‌تواند کارآمدتر باشد (Neitsch، ۲۰۰۵). اجرای مدل‌های یکپارچه به صرف وقت و هزینه زیادی نیاز ندارد ولی این مدل‌ها قادر به بررسی تغییرات مکانی پارامترها نیستند (دولت‌آبادی و زمردیان، ۱۳۹۲). مدل‌های نیمه توزیعی، توزیع پیوسته و مکانی از متغیرهای حالت را نشان نمی‌دهند ولی قادر به نمایش ویژگی‌های مهم حوضه هستند (Pechlivanidis و همکاران، ۲۰۱۱). در ابتدا مدل‌های شبیه‌سازی بیلان آب در حوضه آبخیز به صورت یکپارچه و سپس نیمه توزیعی بودند. ولی امروزه مدل‌های کاملاً توزیعی به دلیل فراهم شدن سیستم اطلاعات جغرافیایی مورد استقبال قرار گرفته‌اند (Sheikh، ۲۰۰۶). این مدل‌ها به دلیل قابلیت اتصال

به GIS تغییرات مکانی پارامترهای هیدرولوژیکی را در نظر می‌گیرند (دولت‌آبادی و زمردیان، ۱۳۹۲). یکی از مزیت‌های این مدل‌ها، امکان بررسی بسیاری از مسائل و مشکلات هیدرولوژی و مدیریتی توسط محققین و کارشناسان در سطح حوضه آبخیز است (Karssenber, ۱۹۹۶). مدل WetSpas (Water and Energy Transfer between Soil, Plants and Atmosphere under quasi-Steady State) از جمله مدل‌های توزیعی می‌باشد که برای برآورد میانگین بلندمدت الگوهای مکانی رواناب سطحی، تبخیر-تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی استفاده می‌شود و به داده‌های ورودی متوسط بارش بلندمدت فصلی نیاز دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۵). این مدل در سازمان مهندسی هیدرولوژیکی و هیدرولیک دانشگاه بروکسل به منظور پیش-بینی انتقال آب و انرژی بین خاک، گیاه و جو تحت حالت شبه ماندگار ساخته شده است. نسخه اصلی آن یک مدل بیلان آب توزیعی بود که در نرم‌افزار ArcView جهت پیش‌بینی فرآیندهای هیدرولوژیکی در پایه زمانی فصلی و سالانه نوشته شده بود. نسخه بعدی مدل با اضافه شدن قابلیت شبیه‌سازی برگاب، رواناب، تبخیر-تعرق، بیلان آب خاک و تغذیه آب زیرزمینی در مقیاس زمانی ماهانه (مدل WetSpas-M) ارائه شد (عبدالهی و همکاران، ۲۰۱۲). جدیدترین نسخه مدل به صورت مستقل از نرم‌افزار ArcView بوده و با هدف شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب در مناطق خشک و نیمه خشک توسعه یافته است (عبدالهی، ۲۰۱۵). در این تحقیق، نسخه جدید این مدل (WetSpas-M 1.3) مورد استفاده قرار گرفته است.

۳-۱-۱- منابع آب زیرزمینی

۳-۱-۱-۱- اهمیت منابع آب زیرزمینی

آب‌های زیرزمینی یکی از باارزش‌ترین منابع طبیعی هستند که از سلامتی انسان، توسعه اقتصادی و تنوع زیست محیطی حمایت می‌کنند (Jha و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین دبی آب زیرزمینی، یک مؤلفه مهم چرخه هیدرولوژیکی و شیمیایی سیستم‌های لیمنولوژیکی است (Healy و همکاران، ۲۰۰۷؛ Rosenberry و Winter، ۲۰۰۹). سفره‌های آب زیرزمینی منبع آب جریان پایه برای رودخانه‌ها در حالت غیاب بارندگی هستند. بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی، سبب افت سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت این منابع می‌شود. به همین دلیل برنامه‌ریزی صحیح و مدیریت منابع آب زیرزمینی به ویژه در مناطقی که این منابع به عنوان منبع اصلی تأمین آب هستند، ضروری است (Rahman و همکاران، ۲۰۱۶؛ An و همکاران، ۲۰۱۵). به دلیل رشد جمعیت و نیاز روز افزون به منابع آبی، تناقض شدیدی بین منابع آب و تقاضا ایجاد شده است (Lee و همکاران، ۲۰۰۷). هزینه و کاربری استفاده از منابع آب سطحی نیز نسبت به منابع آب زیرزمینی بیشتر است، به همین دلیل، استفاده از آب‌های زیرزمینی در اولویت قرار دارد (Ghosh و Nag، ۲۰۱۳). منابع آب‌های زیرزمینی با مشکلاتی از قبیل افت سطح آب، کاهش نرخ بارندگی و افزایش آلاینده‌های طبیعی و غیرطبیعی مواجه هستند (یاری، ۱۳۸۷). مشکلات مربوط به آب‌های زیرزمینی از هر دو جهت کمی و کیفی حائز اهمیت است. آب‌های زیرزمینی نقش مهمی در سلامت اقتصادی و اجتماعی جمعیت شهری کشورهای در حال توسعه ایفا می‌کنند (Wakode و همکاران، ۲۰۱۸). با این حال مدیریت ضعیف و بهره‌برداری بیش از اندازه از منابع آب زیرزمینی سبب کاهش آب‌های زیرزمینی و بدتر شدن کیفیت آن‌ها

می‌شود (Sun و همکاران، ۲۰۰۹؛ Lijzen و همکاران، ۲۰۱۴). علاوه بر این، تغییرات در کیفیت و کمیت آب، پیامدهای زیست محیطی و اجتماعی و اقتصادی نیز به همراه دارد. با فعالیتهای شدید انسانی و تغییرات زیست محیطی، کنترل آلودگی آبهای زیرزمینی به یک مسئله دشوار برای مدیریت آبهای زیرزمینی تبدیل شده است (Hu و همکاران، ۲۰۱۰). این مسئله برای برداشتن گامی به سوی مدیریت پایدار و فعال منابع آبهای زیرزمینی امری ضروری است. مقدار ناکافی و دسترسی سخت به منابع آبهای سطحی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک، باعث شده است که آبهای زیرزمینی به عنوان منبع اصلی تأمین نیازهای انسان محسوب شود (Dent، ۲۰۰۷؛ Sener و Davraz، ۲۰۱۳) و برای مصارف شهری، روستایی و آبیاری قابل استفاده هستند (Uyan و Cay، ۲۰۱۳). در واقع یکی از مشکلات جدی در مناطق با اقلیم خشک و نیمه خشک مانند ایران مشکل کمبود آب می‌باشد (رستمیان و همکاران، ۱۳۸۷). از ویژگیهای این مناطق می‌توان به تغییرات مکانی و زمانی بارش، بالا بودن مقدار تبخیر و تعرق پتانسیل، وسعت زیاد حوضه‌های آبخیز و کمبود داده‌های دبی در زیرحوضه‌های کوچک بالادستی اشاره کرد (برخورداری، ۱۳۹۳). در ایران، آبهای زیرزمینی بخش زیادی از آبهای عمومی کشور را تأمین می‌کنند، از اقتصادهای کشاورزی و صنعتی حمایت می‌کنند و جریان آب رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و تالاب‌ها را تأمین می‌کنند. امروزه سفره‌های زیرزمینی، منبع اصلی تأمین آب شرب بیش از ۱/۵ میلیارد نفر در سراسر جهان است (Dolati، ۲۰۱۲). بر اساس آماربرداری‌های انجام‌شده در کشور ۶۳ درصد آب شرب آحاد جامعه از طریق آبهای زیرزمینی و ۳۰ درصد از آبهای سطحی تأمین می‌شود. اهمیت مسئله کمبود آب در این مناطق، با رشد سریع جمعیت و نیاز روزافزون به منابع آبی، توزیع ناهمگون مکانی و زمانی منابع آب از یک طرف و مسائل و مشکلات مربوط به کیفیت این منابع از طرفی دیگر افزایش می‌یابد و به یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن حاضر تبدیل شده است (دولت‌آبادی و زمردیان، ۱۳۹۲).

۲-۳-۱-۱- کیفیت آبهای زیرزمینی

مسئله دیگر در مورد آبهای زیرزمینی مربوط به کیفیت آنهاست. کیفیت آبهای زیرزمینی به عنوان بزرگ‌ترین منبع آب شیرین قابل دسترس، به طور پیوسته در حال تغییر است (معینیان و همکاران، ۱۳۹۵). بخشی از کیفیت آبهای زیرزمینی مربوط به بارش است اما نوع تشکیلات زمین، طول و زمان مسیر طی شده مهم‌ترین نقش را ایفا می‌کنند (صادقی و همکاران، ۱۳۹۵). کیفیت این آبها با توجه به طول مسیر طی شده و فراوانی مواد انحلالی در مسیر از نظر مکانی متغیر است. این پدیده علاوه بر کم‌آبی به ویژه مناطق خشک و بیابانی، کیفیت نامناسب این آبها را نیز به دنبال دارد (مهدوی، ۱۳۷۸).

کیفیت و کمیت آب در سیستم‌های طبیعی با مجموعه‌ای از فرآیندهای پیچیده مانند واکنش‌های هوازدگی ژئوشیمیایی مواد معدنی حاصل از سنگ بستر در ارتباط است. با این حال، فعالیتهای بشر در حال حاضر به طور فزاینده‌ای نقش مهمی در کنترل کیفیت و کمبود آب در جریان رودخانه‌ها دارند (Ayivi و Jha، ۲۰۱۸). فعالیتهای بشر موجب تغییر در ویژگی‌های حوضه آبخیز مانند پوشش زمین می‌شود که به نوبه خود بر فرآیندهای بیوژئوشیمیایی که در حوضه آبخیز عمل می‌کنند، تأثیر می‌گذارد. در نتیجه می‌تواند

موجب افزایش ورود مواد شیمیایی و مقدار آب از حوضه آبخیز به جریان رودخانه‌ها شود یا مانع از ورود آن‌ها گردد. کیفیت جریان رودخانه‌ها نیز می‌تواند به طور مستقیم تحت تأثیر ورود مواد شیمیایی حاصل از دخالت‌های بشر مانند مواد مغذی گیاهی و فلزات سمی قرار گیرد ولی برخلاف رودخانه‌ها، آلودگی منابع آب زیرزمینی عمدتاً غیرقابل بازگشت است، زیرا نوسازی آب در اعماق زمین در مقایسه با آب‌های سطحی، بسیار کند صورت می‌گیرد. همچنین بیشتر رودخانه‌ها نهایتاً به آب‌های آزاد ختم می‌شوند، در حالی که منابع آب زیرزمینی با گذشت زمان، صرفاً به ذخایر آلوده آب تبدیل می‌شوند (Dolati, 2012). شهرنشینی به عنوان یک عامل مؤثر بر کمیت و کیفیت منابع آب، اغلب سطح زمین را تغییر می‌دهد و تغییرات ناشی از آن ممکن است به کاهش شدید و یا افزایش سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش در کیفیت آب‌های زیرزمینی منجر شود (Sekhar و همکاران، ۲۰۱۳؛ Bai و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به این فعالیت‌ها، مدیریت یکپارچه و تخصیص کافی منابع آب بین کاربران مختلف آب در شرایط تغییر شرایط آب و هوایی، مسائل مهمی است که جوامع مختلف در حال حاضر با آن روبه‌رو هستند یا در دهه‌های آینده با آن مواجه خواهند شد (Simonovic, ۲۰۰۲). علاوه بر این، در سال‌های اخیر تغییرات اقلیمی سبب استفاده بیشتر از آب‌های زیرزمینی در کشاورزی و شرب شده است بنابراین باید مدیریت این آب‌ها با دقت بیشتری صورت گیرد. شناخت کیفیت این آب‌ها در رابطه با شرب و کشاورزی، یکی از راه‌های استفاده مؤثر از این آب‌ها برای مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح و دقیق منابع آب نیاز است که به اطلاعات دقیق در این زمینه نیاز دارد (Adeli, 2010). کاربری اراضی به دو صورت مثبت و منفی بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارد، بنابراین تعیین میزان تأثیر و سهم مشارکت هر یک از انواع مختلف کاربری اراضی، به‌ویژه در مناطقی که آب برای مصارف شرب و خانگی از منابع آب سطحی و زیرزمینی تأمین می‌شود، از اهمیت زیادی برخوردار است. دو آلاینده عمده آب‌های زیرزمینی نترات و فسفات هستند که منشأ اصلی آن‌ها فاضلاب شهری و فعالیت‌های کشاورزی هستند (Datta و همکاران، ۱۹۹۷). در چند دهه اخیر در بیشتر موارد وقوع آلودگی نترات در آب‌های زیرزمینی مربوط به فاضلاب‌های کشاورزی و استفاده از کودهای نیتروژنه بوده است (Lerner و Papatolios, ۱۹۹۳؛ Thorburn و همکاران، ۲۰۰۳).

اگر نیتروژن و فسفر بیش از مقدار مورد نیاز گیاه در خاک مصرف شوند، مقدار مازاد آن از طریق فرایند آبشویی به آب‌های زیرزمینی پیوسته و یا توسط رواناب وارد آب‌های سطحی خواهد شد. اگر مقدار این مواد بیش از حد استاندارد باشد پدیده یوتروفیکاسیون صورت می‌گیرد که این پدیده سبب رشد جلبک‌ها و سایر گیاهان آبی و در نتیجه کاهش اکسیژن محلول آب، کاهش شفافیت آب و افزایش تقاضای بیوشیمیایی اکسیژن آب خواهد شد.

۲-۱- اهمیت و ضرورت طرح

مشکلات مربوط به کمیت و کیفیت آب، ضرورت مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح در زمینه منابع آب سطحی و زیرزمینی را به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند ایران نشان می‌دهد. آگاهی از وضعیت منابع آب و مؤلفه‌های بیلان آب در یک حوضه در برنامه‌ریزی صحیح در تعیین مقدار تخصیص آب به بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب، صنعت و ... کمک می‌نماید. از طرفی دیگر اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب نیز سبب آگاهی از وضعیت کیفیت آب یک حوضه خواهد شد که به دنبال آن می‌توان منابع آلاینده را مشخص و از این منابع با ارزش محافظت نمود. از آنجا که پاکسازی منابع آب زیرزمینی از آلاینده‌های مختلف بسیار مشکل و در مواردی غیرممکن است و با توجه به اینکه در برخی مناطق اهمیت آب‌های زیرزمینی به عنوان منبع تأمین آب شرب بسیار اهمیت دارد، ضرورت تحقیق در این زمینه‌ها آشکار می‌شود. روش‌های مختلفی برای بررسی کمیت و کیفیت منابع آب وجود دارد به عنوان مثال یکی از روش‌هایی که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی می‌باشد که این امکان را فراهم می‌کنند که با شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب، عکس‌العمل حوضه با حداقل زمان و هزینه بررسی شود (بیاتی، ۱۳۹۶).

به منظور بررسی وضعیت کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز شاخص‌های کیفی آب به عنوان یک ابزار مناسب در این زمینه مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر این بررسی اثر عواملی مانند تغییر اقلیم، خشکسالی‌ها و کاربری اراضی بر کیفیت آب، در شناخت ارتباط این عوامل با کیفیت آب و مدیریت و برنامه‌ریزی در جهت رفع برخی مشکلات مربوط به کیفیت آب کمک بسیاری خواهد نمود.

۱-۲-۱- اهداف طرح

• هدف کلی طرح

بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری

• اهداف جزئی

- مقایسه کیفیت منابع آب زیرزمینی با استانداردهای موجود
- مشخص کردن مناطق بحرانی (نقاط با کیفیت پایین آب)
- ارزیابی رابطه ماهانه مقادیر متغیرهای کیفی آب با بیلان آب حوضه آبخیز بالادست
- بررسی خود وابستگی متغیرهای کیفی از نظر همبستگی متغیر در گام پیشین

۲-۲-۱- فرضیه‌های طرح

- شاخص‌های کیفی منابع آب زیرزمینی استان طی ده سال گذشته تنزل پیدا کرده است.
- نقاط داغ کیفی در نزدیکی مناطق مسکونی محدوده مطالعاتی واقع شده‌اند.
- مقادیر شاخص‌های کیفی ماهانه با دبی متوسط ماهانه ارتباط معناداری دارند.
- همبستگی آماری متغیرهای کیفی به مقدار مرحله قبل تصادفی نیست.

۳-۲-۱- مراحل کلی انجام طرح

به طور خلاصه انجام این تحقیق شامل موارد زیر است:

- تهیه نقشه مدل رقومی ارتفاع، نقشه مربوط به موقعیت ایستگاه‌ها و مرز حوضه مورد مطالعه
- جمع‌آوری داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های موجود در منطقه و تهیه سری زمانی نقشه‌های هم-بارش ماهانه حوضه در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS (Geographic Information System) و یا نرم‌افزار سیستم اطلاعات جامع آب و زمین ILWIS (Integrated Land and Water Information System)
- تهیه و جمع‌آوری آمار دمای ایستگاه‌های موجود در منطقه و ترسیم نقشه‌های هم مقدار دما به صورت سری زمانی در محیط نرم‌افزار GIS و یا ILWIS
- تهیه سری زمانی نقشه‌های تبخیر پتانسیل یا تبخیر از سطح تشت در محیط نرم‌افزار GIS و یا ILWIS
- بارگذاری داده‌های سرعت باد و تهیه سری زمانی نقشه‌های هم میزان سرعت باد در محیط نرم‌افزار GIS و یا ILWIS
- تهیه نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه
- تهیه نقشه خاک منطقه به منظور تعیین نوع و کلاس بافت خاک موجود در حوضه مورد مطالعه
- تهیه نقشه شیب منطقه در محیط نرم‌افزار GIS و یا ILWIS
- تهیه آمار و اطلاعات چاه‌های پیرومتری منطقه از سازمان آب منطقه‌ای و تدوین نقشه سری زمانی تراز عمق آب زیرزمینی در محیط نرم‌افزار GIS و یا ILWIS
- ورود داده‌ها و نقشه‌ها به مدل توزیعی WetSpas-M و اجرای مدل
- واسنجی و اعتبارسنجی مدل توزیعی WetSpas-M برای حوضه مورد مطالعه
- ارزیابی عملکرد مدل WetSpas-M
- تحلیل نتایج به دست آمده از مدل WetSpas-M
- جمع‌آوری پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری حوضه مورد مطالعه
- انجام آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها
- بررسی کیفیت آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه با محاسبه شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی IRWQIGC (Iran Water Quality Index for Groundwater Resources-Conventional Parameters)
- مقایسه کیفیت آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه با استانداردهای موجود
- بررسی همبستگی مکانی و ترسیم واریوگرام با استفاده از نرم‌افزار GS PLUS
- تهیه نقشه‌های تخمین و پهنه‌بندی برای تخمین در نقاط نمونه‌برداری نشده در محیط GIS

- ارزیابی نتایج حاصل از تخمین با استفاده از روش جک نایف (Jack Knifing)
- محاسبه خطای مدل‌ها به روش‌های مختلف و تعیین مدلی با درصد خطای کمتر
- تهیه نقشه‌های توزیع مکانی شاخص IRWQI، شاخص SPI و نیترات آب زیرزمینی با استفاده از روش کریجینگ (Kriging)
- بررسی اثر مقدار نیترات بر کیفیت آب زیرزمینی
- بررسی اثر خشکسالی بر کیفیت آب زیرزمینی
- شناسایی مهم‌ترین عوامل فیزیوگرافی مؤثر بر تولید پارامترهای کیفی آب با استفاده از روش تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) در نرم‌افزار SPSS
- سنجش تناسب جامعه آماری برای انجام PCA به وسیله آزمون KMO (Kaiser-Meyer-Olkin)
- مقایسه کاربری‌ها از نظر مقدار نیترات و کیفیت آب زیرزمینی
- بررسی رابطه ماهانه مقادیر متغیرهای کیفی آب با بیلان آب حوضه آبخیز بالادست

فصل دوم

بررسی منابع

۱-۲- بررسی مطالعات بیلان آب

Leterme و همکاران (۲۰۱۲) حساسیت تغذیه آب‌های زیرزمینی به شرایط آب و هوایی مختلف را با استفاده از روش ایستگاه‌های آنالوگ اقلیمی یعنی ایستگاه‌هایی که در حال حاضر شرایط آب و هوایی متناظر با وضعیت آب و هوایی آینده را دارند، بررسی کردند. شبیه‌سازی تغذیه آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل بیلان آب خاک HYDRUS-1D براساس معادله ریچاردز و سری‌های زمانی هواشناسی از ایستگاه‌های آنالوگ انجام شد. این مطالعه از چهار ایستگاه آنالوگ برای یک آب و هوای گرم استوایی با تغییرات میانگین بارندگی سالانه و تبخیر و تعرق پتانسیل به ترتیب از -۴۲% تا $+۵\%$ و از $+۸\%$ تا $+۸۲\%$ در مقایسه با آب و هوای فعلی استفاده کرده است. نتایج محاسبات بیلان آب شامل تغییر در تغذیه آب زیرزمینی با کاهش ۷۲% تا افزایش ۳% برای چهار ایستگاه آنالوگ متفاوت بود.

Budipriyanto و همکاران (۲۰۱۵) بیلان آب را در جزیره کوچک پوترن واقع در شرق جاوا اندونزی، بررسی کردند. کاربری اراضی در این جزیره تحت تأثیر مناطق کشاورزی است و بافت خاک عمده در این منطقه رس می‌باشد. به منظور برآورد تبخیر و تعرق در محاسبات بیلان آب از روش تورنت وایت استفاده شد. در این جزیره، بارش ۱۷۹۰ میلی‌متر، تبخیر و تبخیر پتانسیل ۲۰۴۷ میلی‌متر، آب مازاد ۳۰۰ میلی‌متر و کمبود آب ۵۵۷ میلی‌متر در سال است. نتایج نشان داد که جزیره پوترن دارای آب تجدیدپذیر محدودی است که می‌تواند منجر به بحران آب در آینده شود.

Gunkel و همکاران (۲۰۱۵) به منظور برآورد مؤلفه‌های بیلان آب در بخش فوقانی حوضه آبخیز وادی فاریا که نوعی حوضه کارستی نیمه خشک در شرق مدیترانه است از مدل توزیعی هیدرولوژیکی TRAIN-ZIN استفاده کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که میانگین تبخیر و تعرق واقعی سالانه حدود ۷۰% بارش و سهم تغذیه آب زیرزمینی و رواناب به ترتیب ۳۰% و ۱% از بارش بود. همچنین تغییرپذیری مکانی زیاد و بین سال‌ها و وجود ویژگی‌های کارستی نشان داد که منابع آب در این منطقه بسیار آسیب‌پذیر هستند.

Thapa و همکاران (۲۰۱۷) به منظور برآورد مؤلفه‌های بیلان آب و بررسی تغییرات زمانی و فصلی آن‌ها در دره کتمان‌دو واقع در نیپال از سه مدل هیدرولوژیکی SWAT، HBV و BTOPMC استفاده کردند. داده‌های

ورودی مدل‌ها شامل بارش، داده‌های اقلیمی و تبخیر و تعرق پتانسیل بود. عملکرد مدل‌ها با استفاده از معیارهای ارزیابی NS، PBIAS و R^2 مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که این مدل‌ها رواناب را به خوبی در این حوضه شبیه‌سازی کردند.

در مطالعه‌ای احمدنژاد و همکاران (۱۳۸۹) فرآیند بارش- رواناب حوضه آبخیز کورکورسر، چگونگی تجمع و ذوب برف و مؤلفه‌های بیلان آب را با استفاده از مدل BROOK90 شبیه‌سازی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که مؤلفه‌های تبخیر و تعرق به تغییر وضعیت پوشش گیاهی و تغییرات درجه حرارت و مؤلفه‌های رواناب به تغییرات بارش بسیار حساس بودند. همچنین آنالیز حساسیت مدل نشان داد که تخریب جنگل‌ها و کاهش پوشش گیاهی موجب افزایش رواناب سطحی، جریان آب زیرزمینی و کاهش تبخیر و تعرق در حوضه می‌شود.

پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) بیلان آب حوضه خشک و کوهستانی منشا واقع در استان یزد را بررسی کردند. در این مطالعه تبخیر و تعرق در سطح حوضه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مودیس و روش الگوریتم سبال و تبخیر و تعرق واقعی حوضه نیز به صورت روزانه و پیکسل به پیکسل برآورد شد. همچنین برای برآورد میزان بارش و رواناب حوضه از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری استفاده شد. تغییرات ذخیره حوضه نیز با اندازه‌گیری نفوذ سطحی توسط استوانه‌های نفوذ محاسبه گردید. با برآورد مؤلفه‌های بیلان آب به جز تبخیر و تعرق و قرار دادن آن‌ها در معادله، تبخیر و تعرق واقعی محاسبه و با مقدار برآورد شده توسط الگوریتم سبال مقایسه گردید. نتایج نشان‌دهنده منطقی بودن مقدار تبخیر- تعرق برآورد شده توسط الگوریتم بود. علاوه بر این، نتایج این تحقیق نشان داد که تبخیر و تعرق واقعی نقش مهمی در هدررفت آب در این حوضه دارد به طوری که مقدار متوسط آن ۵۴۰ میلی‌متر در سال بود. هدررفت رواناب و نفوذ نیز به ترتیب حدود ۱۱۷ و ۱۲۵ میلی‌متر در سال آبی ۸۶-۸۵ بود.

در مطالعه‌ای قلعه‌بان تکمه‌دانش (۱۳۹۱) مؤلفه‌های بیلان آب را در حوضه آبخیز نیشابور با واسنجی مدل بیلان آب حوضه بررسی نمود. در این مطالعه ابتدا با استفاده از معادلات اصلی بیلان آب سطحی، زیرزمینی و عمومی، مدل بیلان آب تهیه شد. سپس پارامترهای مربوط به مدل طی فرایند واسنجی، تخمین زده شدند. مدل مورد استفاده در این مطالعه یک مدل غیرتوزیعی بود که با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی حل می‌شد. خروجی مدل مذکور ضرایبی از مؤلفه‌های مجهول بیلان آب بوده که مقادیر مجهول را با دقت بیشتری محاسبه می‌کند. نتایج واسنجی مدل با ضریب نش- ساتکلیف برای هیدروگراف سالانه آبخانه ۰/۹۹ و برای ایستگاه هیدرومتری حسین آباد جنگل ۰/۹۶ عملکرد مطلوب مدل را نشان داد.

افخمی (۱۳۹۲) عملکرد مدل توزیعی MIKE SHE و مدل یکپارچه MIKE NAM را در شبیه‌سازی بیلان آب حوضه آبخیز قره‌سو واقع در استان اردبیل را مورد بررسی قرار داد. در این مطالعه با استفاده از معیارهای ارزیابی مدل‌ها دبی شبیه‌سازی شده مدل با دبی مشاهداتی ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه مورد مطالعه بررسی شد. در نهایت نتایج نشان داد که هر دو مدل بیلان آب حوضه قره‌سو را به خوبی شبیه‌سازی کردند. علاوه بر این، مدل یکپارچه MIKE NAM نسبت به مدل توزیعی MIKE SHE مقدار تبخیر و

تعرق واقعی کمتری را محاسبه می‌کند، بنابراین به کارگیری این مدل در مناطق خشک و نیمه خشک مناسب‌تر است.

جباری و همکاران (۱۳۹۲) بیلان آبی حوضه آبخیز سنجابی واقع در استان کرمانشاه را با استفاده از مدل SWAT2009 بررسی نمودند. ارزیابی مدل با استفاده از معیارهای نش ساتکلیف (NS)، ضریب تعیین (R^2)، خطای نسبی میانگین قدرمطلق (MARE) و درصد تفاوت (D) صورت گرفت و نتایج نشان داد که این مدل در شبیه‌سازی رواناب دقت مطلوبی داشته است. همچنین خطای کم برآوردی و بیش برآوردی ناچیزی به ترتیب در دوره واسنجی و اعتبارسنجی مشاهده شد. نتایج بیلان آبی این حوضه نیز حاکی از بیش‌ترین هدر-رفت آب به صورت تبخیر-تعرق بود.

جوانمرد (۱۳۹۳) با استفاده از مدل نیمه توزیعی SWAT بیلان آبی حوضه رودخانه آق‌چای واقع در شمال استان آذربایجان غربی را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق، به منظور بررسی عدم قطعیت مدل و پارامتر-ها سه الگوریتم SUFI-2، GLUE و PSO استفاده شد. نتایج نشان داد که در بررسی عدم قطعیت پارامترهای بیلان آب حوضه آق‌چای، الگوریتم SUFI-2 از دقت خوبی برخوردار است.

عابدی (۱۳۹۳) اثرات هیدرولوژیکی سد یامچی را بر روی مؤلفه‌های بیلان آب در دوره قبل و بعد از احداث سد در حوضه آبخیز بالیخلوچای با استفاده از مدل SWAT بررسی کرد. پس از واسنجی مدل، پارامترهای بهینه مشخص و مدل اجرا شد. بررسی نتایج تأثیر احداث سد بر روی مؤلفه‌های بیلان آب نشان داد که احداث سد موجب افزایش تبخیر و تعرق و کاهش رواناب، نفوذ و تغذیه آب زیرزمینی می‌شود.

در مطالعه شیخ و همکاران (۱۳۹۴) بیلان آب و جریان خروجی حوضه آبخیز چهل‌چای در محیط GIS و برنامه نویسی PCRaster شبیه‌سازی شد. عوامل و پارامترهای مورد استفاده در محاسبه مؤلفه‌های بیلان آب شامل بارش، ذوب برف، تبخیر-تعرق، رطوبت خاک، رواناب سطحی ناشی از بارش، آب پایه و جریان زیرقشری بودند. دبی خروجی حوضه از مجموع دبی رواناب، جریان زیرقشری و آب پایه محاسبه شد. نتایج ارزیابی داده‌های دبی به دست آمده از مدل‌سازی با داده‌های دبی مشاهداتی ثبت شده در خروجی حوضه با ضریب نش-ساتکلیف ۰/۷ برای دوره واسنجی و ۰/۵ برای دوره اعتبارسنجی، رضایت‌بخش بود. از آنجا که نتایج شبیه‌سازی جریان حوضه مناسب بود، مؤلفه‌های بیلان آب نیز محاسبه شدند. همچنین ضریب آبدهی کل سالانه حوضه برای دوره واسنجی ۱/۱۹٪ توسط مدل محاسبه گردید در صورتی که مقدار مشاهداتی آن در این دوره ۲۲٪ بود. شیخ و همکاران علیرغم سادگی مدل مورد استفاده در این مطالعه، آنرا به دلیل نزدیکی برآورد آبدهی کل سالانه حوضه برای برآورد و تفکیک مؤلفه‌های بیلان آب مناسب معرفی کردند.

برخورداری و همکاران (۱۳۹۴) بیلان آبی ماهانه حوضه یزد-اردکان را بر اساس روش تورنت وایت-ماتر اصلاح شده در در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی توسعه دادند. داده‌های ورودی مدل شامل نقشه‌های ماهانه بارش، دما و ظرفیت نگهداری آب در خاک در عمق ریشه و خروجی‌های مدل شامل نقشه‌های ماهانه تبخیر و تعرق واقعی، نقشه ذخیره آب خاک، کمبود رطوبت و آب مازاد هستند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که بیش از ۸۰ درصد بارندگی از طریق تبخیر و تعرق، حدود ۸ درصد از طریق رواناب سطحی و مابقی از طریق رواناب زیرسطحی از حوضه خارج می‌شود.

۲-۲- بررسی مطالعات مدل هیدرولوژیکی توزیعی WetSpass-M

Paul (۲۰۰۶) اثر کاربری اراضی بر تغذیه آب‌های زیرزمینی را در منطقه‌ای در ایالت جیلین غربی بررسی کرد که در آن کاربری اراضی بسیار تحت تأثیر کشاورزی بود. وی مدل WetSpass- Modflow برای ایجاد توزیع تغذیه و تخلیه در منطقه مورد مطالعه استفاده نمود. سپس نتایج را با یک سناریوی جنگل طبیعی فرضی تحت پوشش جنگل چوب متراکم، مقایسه کرد. نتایج نشان داد که تغذیه آب‌های زیرزمینی به ویژه در زمین لخت و انواع کاربری اراضی مسکونی به طور قابل توجهی کاهش یافت. روند تغذیه در کاربری اراضی کشاورزی مشابه با زمین لخت و مسکونی ولی قدری کم‌تر بود. جنگل پهن‌برگ، جنگل چوب، جنگل پراکنده و دیگر اشکال جنگل تلفات کمی در تغذیه داشتند، اما اثر کل آن‌ها قابل اغماض بود. هیچ تغییری در تغذیه برای سیستم‌های زهکشی طبیعی، دریاچه‌ها و رودخانه‌ها مشاهده نشد. همچنین تمام شاخص‌ها نشان دادند که شهرنشینی و کشاورزی علل اصلی کاهش قابل توجه تغذیه آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه بودند. نتایج مطالعه Batelaan و De Smedt (۲۰۰۷) نشان داد که تغذیه یک الگوی پیچیده مکانی و وابسته به بافت خاک و پوشش زمین دارد که نتایج مدل با نقاط تخمین میزان جریان بیلان آب در بلژیک و هلند مطابقت داشت.

Dams و همکاران (۲۰۰۸) اثرات تغییر کاربری اراضی در آینده بر بیلان هیدرولوژیکی و مقدار آب زیرزمینی را در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در حوضه آبخیز کلینی نیت، بلژیک با استفاده از مدل‌های تخصیص تغییر کاربری اراضی (CLUE-S)، مدل بیلان آب WetSpass و مدل جریان آب زیرزمینی Modflow بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که در اثر تغییر کاربری اراضی در سال‌های مورد مطالعه به طور متوسط هد آب زیرزمینی و جریان کمی کاهش می‌یابد.

Yun و همکاران (۲۰۱۱) تأثیر تغییر کاربری اراضی بر اساس مدل‌سازی بیلان آب WetSpass و GIS را در حوضه رودخانه گویشو در چین بررسی کردند. در این تحقیق ۲۱/۱۶٪ سهم از مقدار بارش مربوط به تغذیه آب زیرزمینی و ۷۲/۵۴٪ مربوط به تبخیر- تعرق بود و مجموع نرخ تغذیه آب‌های زیرزمینی سالانه در کاربری‌های گندم‌زار، علف‌زار، زمین شهری و جنگل کاهش یافت. همچنین ۴ میلیون مترمکعب از تغذیه آب زیرزمینی سالانه در منطقه مورد مطالعه با نرخ متوسط مکانی ۱۰۰/۴۸ و ۹۸/۴۱ میلی‌متر بر سال به ترتیب در سال‌های ۱۹۸۰ و ۲۰۰۵ بر اثر تغییر کاربری اراضی کاهش یافت که به دلیل افزایش مناطق شهری و سکونت‌گاه‌های روستایی و همچنین کاهش زمین‌های زراعی بود.

Arefaine و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از مدل WetSpass بیلان آب را در حوضه فرعی ایلالا واقع در شمال اتیوپی شبیه‌سازی کردند. نتایج نشان داد که به دلیل نرخ بالای تبخیر-تعرق، درجه حرارت بالا، باد خشک، بارش و رطوبت نسبی کم، مقدار تغذیه آب‌های زیرزمینی کم بود.

Gebreyohannes و همکاران (۲۰۱۳) مدل بیلان آب WetSpass را در حوضه جبع در اتیوپی به کار بردند. نتایج مدل در این تحقیق نشان داد که ۷۶٪ از بارش مربوط به تبخیر-تعرق، ۱۸٪ مربوط به رواناب و تنها ۶٪ مربوط به تغذیه آب زیرزمینی بود.

نتایج مطالعه Pandian و همکاران (۲۰۱۴) در کومباتور و تیروپور در هند با استفاده از مدل WetSpass نشان داد که تغییرات مکانی تغذیه باتوجه به توزیع کاربری اراضی، بافت خاک، شیب، سطح آب زیرزمینی، شرایط اقلیمی و غیره می‌تواند قابل توجه باشد.

Wang و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WetSpass اثر تغییر اقلیم بر الگوهای مکانی و زمانی منابع آب را در بالادست رودخانه یانگ تسه در چین بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مدل، دبی‌های رودخانه را به خوبی شبیه‌سازی می‌کند.

Abdollahi (۲۰۱۵) روش و مدل اصلاح شده WetSpass-M را با جایگزینی مقیاس زمانی ماهانه به جای مقیاس زمانی فصلی توسعه داد. وی یک ضریب رواناب کلی معرفی نمود که قادر به برآورد رواناب برای کلاس‌های کاربری اراضی مختلف است. همچنین جریان پایه از تغذیه شبیه‌سازی شده با جریان پایه استخراج شده از طریق یک فیلتر دیجیتال مورد استفاده برای داده‌های مشاهداتی رودخانه را مقایسه کرد که سازگاری خوبی را نشان داد. از مزایای مدل اصلاح شده این است که برای حوضه‌های متوسط و بزرگ قابل اجرا می‌باشد. علاوه بر این چون داده‌های ماهانه برای متغیرهای اقلیمی و جریان رودخانه به طور گسترده‌ای در دسترس هستند، مدل اصلاح شده می‌تواند برای مناطقی که در آن‌ها داده‌های روزانه در دسترس نیستند، استفاده شود.

Zarei و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل توزیعی بیلان آب ماهانه (WetSpass-M) مؤلفه‌های بیلان آب را در حوضه مشهد در انواع مختلف کاربری اراضی مورد بررسی قرار دادند. نتایج مدل نشان داد که سهم مؤلفه‌های بیلان آب از میانگین بلندمدت بارش ماهانه ۲۲ میلی‌متری حوضه شامل ۱۴٪ رواناب سطحی، ۲۹٪ تغذیه آب زیرزمینی و ۵۷٪ تبخیر-تعرق بود. همچنین نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مدل WetSpass-M برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب حوضه مشهد بسیار مناسب است.

در مطالعه‌ای دیگر، سلیمانی مطلق (۱۳۹۵) به بررسی بیلان آب زیرزمینی و برآورد تغذیه آب زیرزمینی، برگاب، رواناب و تبخیر و تعرق واقعی در حوضه آبخیز سراب سیدعلی در ناحیه غربی کشور پرداخت. در این مطالعه از مدل توزیعی بیلان آب ماهانه WetSpass-M و مدل آب زیرزمینی Modflow استفاده شد. در این تحقیق مدل WetSpass-M با ضریب نش ساتکلیف ۰/۸ و ۰/۷۸ به ترتیب تغذیه و رواناب حوضه مورد مطالعه را با دقت بالایی شبیه‌سازی کرد. نتایج شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب در مقیاس سالانه نشان داد که به طور متوسط تغذیه آب زیرزمینی، تبخیر و تعرق و روانابه ترتیب ۶۴٪، ۳۰٪ و ۷٪ از بارش سالانه را به خود اختصاص دادند.

بیاتی (۱۳۹۶) مؤلفه‌های بیلان آب را در حوضه آبخیز ونک که یکی از زیرحوضه‌های واقع در حوضه بزرگ کارون است با استفاده از مدل توزیعی WetSpass-M شبیه‌سازی کرد. همچنین در این مطالعه جریان پایه این حوضه در ماه‌های خشک و تر سال مقایسه شد. نتایج شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب در حوضه مورد مطالعه نشان داد که تغذیه آب زیرزمینی، بیش‌ترین سهم از بارش سالانه حوضه را به خود اختصاص داد. همچنین مدل توزیعی WetSpass-M با ضریب کارایی ۰/۵۸ و ۰/۵۲ برای رواناب و جریان پایه در دوره واسنجی و مقادیر متناظر ۰/۵۶ و ۰/۵۱ در دوره اعتبارسنجی، رواناب و جریان پایه حوضه آبخیز ونک را به

خوبی شبیه‌سازی نمود. نتایج مقایسه جریان پایه در ماه‌های خشک و تر سال در این حوضه نیز نشان داد که بین آب پایه در این ماه‌ها در حوضه ونک تفاوت معناداری وجود دارد.

۳-۲- بررسی مطالعات کیفیت آب

Jager (۱۹۹۰) از بین روش‌های مختلف زمین‌آماری، روش کریجینگ ساده و معمولی را به عنوان روش‌های مناسب به ترتیب برای تهیه نقشه تغییرات PH و TDS در دشت ارسنجان در شمال شرق استان فارس معرفی کرد. Ahmed (۲۰۰۲) نیز روش کریجینگ را مناسب‌ترین روش به ویژه برای بررسی تغییرات مکانی TDS معرفی نمود.

Hill و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی کیفیت آب‌های آلوده به آرسنیک در منطقه شمال غربی بنگلادش با استفاده از روش کریجینگ معمولی برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی آب‌های آلوده به آرسنیک پرداختند. آن‌ها برای تهیه واریوگرام تجربی و نقشه‌های پهنه‌بندی میزان غلظت آرسنیک، از شبکه نمونه‌برداری تصادفی و از پایگاه داده‌ها استفاده کردند و برای مناطق نمونه‌برداری نشده ارزیابی صحیحی توسط نقشه‌های کریجینگ انجام شد. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که روش‌های زمین‌آماری مانند کریجینگ اطلاعات را بر روی ساختار خاصی از آلودگی آرسنیک در حوضه اکتشافی با مقیاس کوچک، درون‌یابی می‌کند.

دانشور وثوقی و دین‌پژوه (۱۳۹۱) با استفاده از روش اسپیرمن، روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل را بررسی نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان‌دهنده روند افزایشی تغییرات غلظت تمام متغیرهای کیفی آب در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه بود که بیش‌ترین روند افزایشی مربوط به TDS بود. افت شدید کیفیت آب زیرزمینی در این دشت طی سال‌های مورد مطالعه از دیگر نتایج این مطالعه بود.

قمشیون و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات مکانی پنج ویژگی هدایت الکتریکی، کلر، غلظت املاح محلول، سدیم و سولفات آب زیرزمینی دشت سمنان- سرخه را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای پهنه‌بندی ویژگی‌های کیفی آب از روش عکس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ و دو روش زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ استفاده کردند که روش کوکریجینگ برای عامل‌های کیفی در ۶۷ درصد حالات در مقایسه با سایر روش‌های میان‌یابی مورد بررسی دقت بیشتری داشت. در این مطالعه مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی عامل‌های کیفی نشان داد که در طول دوره آماری ۱۱ساله (از سال آبی ۱۳۷۸-۱۳۷۹ تا ۱۳۸۸-۱۳۸۹) میزان عامل‌های کیفی به سمت چاه‌های شماره ۱۵ و ۲۳ در حال پیشروی است و در مرزهای دشت دارای روند افزایشی می‌باشد. درحالی‌که در بخش‌های مرکزی هر دو دشت سمنان و سرخه تغییر محسوسی دیده نشد. ایشان لیتولوژی سازندهای حواشی، برداشت بی‌رویه از چاه‌های این مناطق، افزایش تبخیر و در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی و اعمال روش نامناسب آبیاری و کشاورزی در این منطقه را از عوامل مؤثر بر نتایج به‌دست آمده معرفی کردند.

سلیمانی مطلق و همکاران (۱۳۹۲) اثر خشکسالی را بر کیفیت آب سطحی حوضه آبخیز کشکان در استان لرستان طی سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۸ بررسی کردند. در این تحقیق با استفاده از شاخص‌های SPI، RDI و

SDI دوره‌ها و شدت خشکسالی‌های هواشناسیو هیدرولوژیک تعیین گردید. در دوره‌های با شدت و تداوم خشکسالی بیشتر، درصد تغییرات کیفیت آب نسبت به میانگین درازمدت محاسبه و کیفیت آب شرب و کشاورزی با استفاده از نمودارهای شولر و ویلکوکس تحلیل شد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که اثر خشکسالی بر تغییرات پارامترهای کیفی منابع آب سطحی به خصوص EC، TDS، Na، Cl و SO_4^{2-} قابل ملاحظه بود. همچنین نتایج نشان‌دهنده تغییر کیفیت آب شرب رودخانه‌های افرینه و چمانجیر از کلاس خوب به قابل قبول در اثر خشکسالی بود. علاوه بر این روند افزایشی خشکسالی تأثیر منفی بر کیفیت آب-های سطحی حوضه آبخیز کشکان داشته است.

زاهدی‌فر و همکاران (۱۳۹۲) تغییرات مکانی برخی ویژگی‌های کیفی آب‌های زیرزمینی ۸۰ حلقه چاه در دشت فسا در استان فارس را بررسی نمودند. در مطالعه ایشان روش کریجینگ معمولی نقطه‌ای به عنوان روش تخمین مناسب برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مشخص شد. نتایج مربوط به نقشه‌های پهنه‌بندی نشان داد که کیفیت آب‌های زیرزمینی نیمه جنوبی منطقه نسبت به نیمه شمالی کمتر بود.

اسدی نلیوان و همکاران (۱۳۹۲)، روش‌های معین و زمین‌آماری را برای پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب در دشت کبودرآهنگ در استان همدان را بررسی و مقایسه نمودند. به همین منظور توزیع آلاینده-های TH، TDS، EC و PH از روش معین عکس فاصله و روش‌های زمین‌آماری توابع شعاعی، تخمین‌گر موضعی، تخمین‌گر عام و روش کریجینگ معمولی استفاده شد. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که برای تهیه نقشه توزیع مکانی پارامترهای EC، TDS، TH و روش تخمین‌گر توابع شعاعی و برای PH روش تخمین‌گر عام کمترین مقدار RMSE را داشت. از دیگر نتایج این مطالعه کاهش کیفیت آب زیرزمینی در اثر برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و حفر چاه‌های غیرمجاز معرفی شد.

ملکیان و میردشتوان (۱۳۹۴) با استفاده از روش‌های زمین‌آماری کریجینگ، کوکریجینگ و IDW و داده-های کیفی ۴۱ حلقه چاه پیرومتری در دشت هشتگرد، کیفیت آب زیرزمینی این منطقه را ارزیابی کردند. نتایج نشان داد که کوکریجینگ، بیشتر شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی را بهتر از سایر روش‌ها شبیه‌سازی می‌کند.

محمدیاری و همکاران (۱۳۹۴) خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی مناطق خشک و نیمه خشک مهران و دهلران را با استفاده از روش‌های زمین‌آمار بررسی کردند. متغیرهای مورد ارزیابی شامل سدیم، کلر، سولفات، TDS و TH بود. در این تحقیق بهترین روش درون‌یابی برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس معیار مقدار RMSE کمتر روش کریجینگ نسبت به روش IDW بود. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که ۳۷ درصد از منطقه برای شرب مناسب، ۱۳ درصد نسبتاً مناسب و ۵۰ درصد نامناسب می‌باشد. به این ترتیب کیفیت آب منطقه مورد مطالعه برای شرب در حد مطلوب نبود. همچنین در بخش‌هایی از منطقه، بالا بودن میزان سختی و سایر عناصر روند افزایشی داشت. ایشان دلیل کاهش کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه را جانشین شدن رسوبات آبرفتی با سازند گچساران گزارش کردند.

صراف (۱۳۹۴) در پژوهشی از پارامترهای شیمیایی کیفی دشت پلور در حوضه آبریز رودخانه هراز-پلور نمونه‌برداری کرده و غلظت نوترینت‌هایی نظیر نترات، فسفات و سولفات را در ۲۳ حلقه چاه در منطقه،

اندازه‌گیری نمود. در این تحقیق با استفاده از روش‌های زمین‌آماري یا درون‌یابی مکانی شامل کریجینگ معمولی و روش‌های معین مانند عکس فاصله، تابع شعاعی، تخمین‌گر موضعی و تخمین‌گر عام، تغییرات مکانی میزان غلظت فسفات، نیترات و سولفات را مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این مطالعه نشان داد که برای تهیه پهنه‌های آلوده به سولفات، روش کریجینگ ساده، برای فسفات، روش کریجینگ معمولی و در مورد نیترات، روش معکوس فاصله، نسبت به سایر روش‌های معین، مناسب‌تر بود. همچنین تغییرات غلظت فسفات در منطقه پرورش ماهی، بیش‌ترین تراکم را داشته که علت آن وجود فسفات در مواد غذایی و دفعی ماهیان بود. تغییرات پراکندگی غلظت نیترات نیز نشان داد که غلظت نیترات در مناطق بالادست رودخانه، افزایش یافته که وی دلیل آن را احتمال ورود پساب‌های کشاورزی به این مناطق و علت وجود بیش‌ترین میزان سولفات در منطقه امامزاده اسماعیل و اطراف آن را احتمال وجود بستر گوگردی آب با توجه به عدم وجود مراکز صنعتی در این مناطق گزارش نمود.

نجف‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) به بررسی اثر عوامل اقلیمی و زمین‌شناسی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مهولات در شمال شرق کشور پرداختند. در این مطالعه با استفاده از داده‌های سطح آب، هدایت الکتریکی و غلظت کل نمک‌های محلول، نقشه نوسانات سطح آب زیرزمینی و متغیرهای کیفی در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۶ و ۱۳۹۱ با روش زمین‌آماري تهیه شد. سپس برای تعیین عوامل مؤثر بر تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی، عواملی مانند کاهش میزان بارش و خشکسالی‌ها (با استفاده از نمودار شاخص بارش استاندارد)، وضعیت زمین‌شناسی، رسوب‌شناسی و پیشروی جبهه‌های آب شور از کویرهای مجاور مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که سطح آب در قسمت وسیعی از منطقه افت داشته است. همچنین در طول دوره آماری بیش‌ترین تمرکز متغیرهای کیفی مورد مطالعه در خروجی منطقه در قسمت‌های غرب و جنوب غرب منطقه بوده و روند تغییرات تقریباً تا انتهای دوره آماری افزایشی و در حال شور شدن بوده است. از دیگر نتایج این تحقیق افت سطح آب زیرزمینی در منطقه به واسطه افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری از راه‌های مختلف مانند افزایش اراضی باغی و کاهش بارش و خشکسالی‌های اخیر بود که این امر بر پیشروی جبهه‌های آب شور از کویرهای مجاور در جنوب و غرب منطقه مطالعاتی را از طریق مسلیل‌ها و کانال‌ها اثر گذاشته و موجب کاهش کیفیت آن‌ها می‌گردد.

مقیمي و بابایی فینی (۱۳۹۵) رابطه خشکسالی و کیفیت آب زیرزمینی را با استفاده از شاخص SPI، نمودارهای شولر، پایپر و ویلکوکس در دشت ابهر بررسی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که خشکسالی‌های متناوب در سال‌های اخیر موجب افت شدیدتر سطح آب زیرزمینی در این منطقه شده است ولی با وجود آلودگی‌های صنایع مختلف و افزایش مصرف کودهای شیمیایی در تمام دشت، در کاهش کیفیت شیمیایی منابع آب زیرزمینی، تغییرات چندانی صورت نگرفت.

قاسمی دهنوی و همکاران (۱۳۹۵) کیفیت آب رودخانه ازنا در لرستان را با استفاده از نمودارهای پایپر، شولر، ویلکوکس و سری زمانی در دوره خشک و مرطوب بررسی کردند. نتایج نمودار پایپر نشان‌دهنده تیپ آب‌های بی‌کربناته کلسیکی بود و نمودار شولر نیز نشان داد که کیفیت آب از نظر شرب در دو دوره خشک و مرطوب در حد خوب و قابل قبول قرار دارد همچنین آزمون آنالیز رگرسیون خطی کاتیون‌ها، آنیون‌ها و

هدایت الکتريکی به عنوان متغير وابسته در مقابل مجموع مواد جامد محلول به عنوان متغير مستقل نشان - دهنده همبستگی بالا بين TDS با EC و CI بود.

زارعی و امیری (۱۳۹۵) تغییرات الگوی مکانی کیفیت آب زیرزمینی را از نظر شرب و کشاورزی در دشت فسا در دوره آماری ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۲ بررسی کردند. در این تحقیق پارامترهای مؤثر در هریک از روش‌های طبقه‌بندی کیفیت آب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار با داده‌های ۲۵ حلقه چاه پهنه‌بندی و مساحت تحت تأثیر کلاس‌های کیفی مختلف مشخص شد. سپس از آزمون‌های آماری غیرپارامتریک (اسپیرمن) و پارامتریک (رگرسیون خطی) برای بررسی تغییرات مساحت در دوره استفاده شد. نتایج نشان داد که در هر دو روش آماری برای آب شرب و کشاورزی مساحت مناطق دارای کلاس‌های مناسب‌تر در حال کاهش و مساحت مناطق دارای کلاس‌های نامناسب، در حال افزایش می‌باشند.

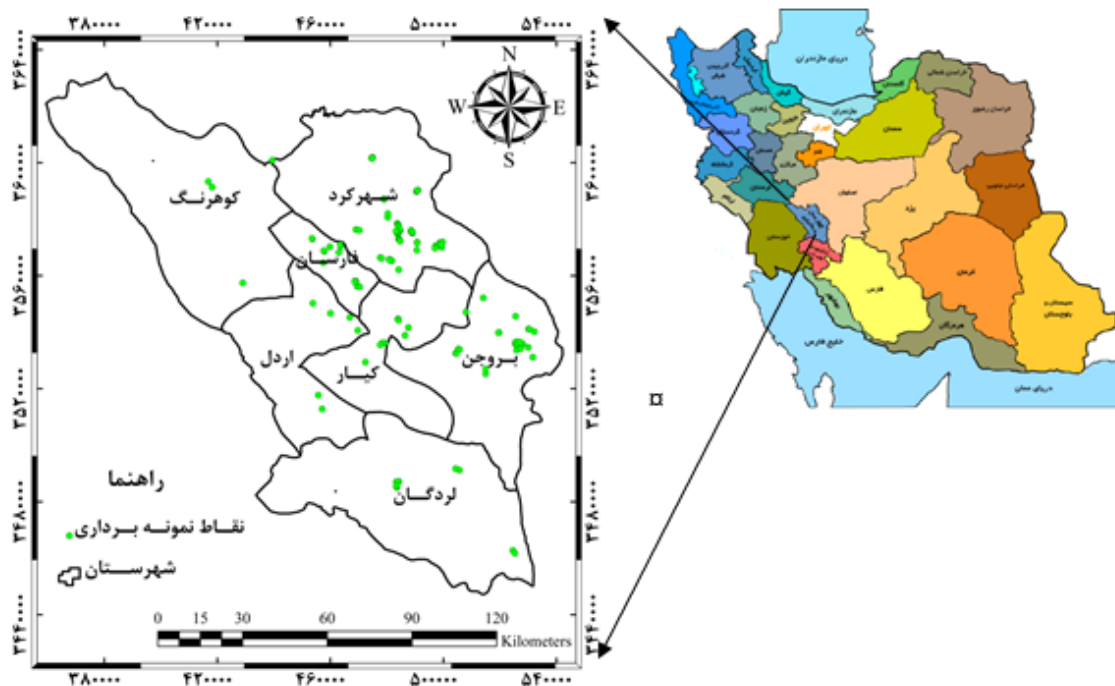
سلطانی گردفرامری و همکاران (۱۳۹۵) اثرات خشکسالی‌های اقلیمی اخیر را بر میزان شوری آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان با استفاده از روش‌های زمین‌آمار و GIS ارزیابی نمودند. به همین منظور از داده‌های هواشناسی دشت یزد-اردکان در دو دوره زمانی، بارش بلندمدت ۷ ایستگاه، سال‌های ۱۳۴۶ تا ۱۳۹۱ و بارش کوتاه‌مدت ۴۱ ایستگاه، سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ استفاده کردند. در ارزیابی مدل‌های واریوگرافی خشکسالی ها، مدل کروی و گوسین در خشکسالی و شوری، بهترین مدل و روش زمین‌آماري کریجینگ و کوکریجینگ بهترین مدل انتخاب شدند. از نتایج دیگر این تحقیق این بود که در اکثر ایستگاه‌ها با روند منفی بارش، روند مثبت شوری آب زیرزمینی مشاهده می‌شود و در مناطقی که بیش‌تر تحت خشکسالی قرار داشته، کیفیت آب زیرزمینی شدیدتر کاهش یافته و شوری آن نیز بیش‌تر شده است.

فصل سوم

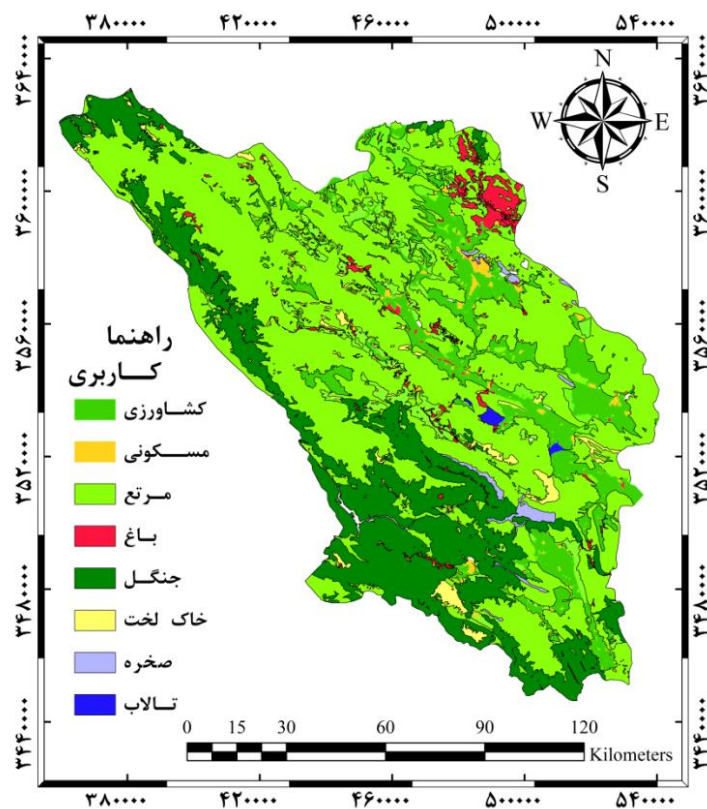
مواد و روش‌ها

۱-۳- منطقه مورد مطالعه

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۳۲۸ کیلومترمربع در جنوب غربی ایران و در بخش مرکزی کوه-های زاگرس واقع شده است. از شمال به استان اصفهان، از غرب به استان خوزستان و از جنوب به استان کهگیلویه و بویر احمد محدود شده است. موقعیت این استان بین $49^{\circ}28'$ تا $51^{\circ}25'$ طول شرقی و $31^{\circ}09'$ تا $32^{\circ}48'$ عرض شمالی می‌باشد. یکی از معضلات منابع آب کشور، افت بیش از حد منابع زیرزمینی دشت‌های کشور است. این مسئله در استان چهارمحال و بختیاری نیز وجود دارد و با مشکل افت و کاهش منابع آب زیرزمینی مواجه است. سهم غالب منابع آب زیرزمینی در تأمین نیازهای آبی استان در بخش شرب و صنعت نزدیک به ۱۰۰ درصد و در بخش کشاورزی بیش از ۷۰ درصد برآورد شده است، این مسئله اهمیت حفظ و حراست از منابع آب زیرزمینی برای نیل به بهره‌برداری پایدار از منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۲). در این تحقیق، برای بررسی کیفیت آب از داده‌های آب زیرزمینی ۱۳۲ حلقه چاه آب شرب استفاده شد که موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده در شکل ۱-۳ و نقشه کاربری اراضی استان نیز در شکل ۲-۳ مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۱- موقعیت جغرافیایی استان چهارمحال و بختیاری و نقاط نمونه برداری شده



شکل ۳-۲- نقشه کاربری اراضی استان چهارمحال و بختیاری در سال ۱۳۹۵

۳-۲-۲- روش تحقیق

۳-۲-۱- جمع آوری و بررسی نرمال بودن داده‌های کیفیت آب

در این تحقیق از داده‌های مربوط به پارامترهای کیفی آب شامل هدایت الکتریکی آب (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، نترات، فسفات، سختی کل (TH) و پتانسیل هیدروژن آب (PH) در ۱۳۲ نمونه آب زیرزمینی طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ استفاده شد که از شرکت آب و فاضلاب شهری استان چهارمحال و بختیاری تهیه شد. اطلاعات مربوط به این چاه‌ها به دلایلی مانند خشک شدن چاه‌ها، پلمپ شدن برخی چاه‌ها به علت وضعیت ناپایدار کیفیت آب، حفر چاه‌های جدید یا اتصال چاه‌های کشاورزی به شبکه اصلی، متغیر بوده به طوری که در برخی سال‌ها میزان اطلاعات مربوط به مقادیر پارامترهای کیفی آب بیش‌تر و در برخی سال‌ها میزان اطلاعات کمتر بود. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از اندازه‌گیری نمونه‌ها در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS ورژن ۲۴ انجام شد. به منظور بررسی نرمال بودن داده‌های کیفیت آب از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. این آزمون از نوع آزمون‌های آماری ناپارامتری است که یکی از اصلی‌ترین ملاک‌ها برای انتخاب آزمون‌های پارامتریک یا ناپارامتریک می‌باشد و نرمال نبودن توزیع داده‌ها را نشان می‌دهد.

۳-۲-۲- محاسبه شاخص IRWQI

یکی از روش‌های بسیار ساده و دور از پیچیدگی‌های ریاضی و آماری که می‌تواند شرایط کیفی آب را بازگو نماید، استفاده از شاخص‌های کیفی آب می‌باشد. در مطالعه حاضر از شاخص کیفیت منابع آب زیرزمینی $IRWQI_{GC}$ به منظور بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی استان استفاده شد. این شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$IRWQI_{GC} = \left[\prod_{i=1}^n I_i^{w_i} \right]^{\frac{1}{\gamma}} \quad (۳-۱)$$

$$\gamma = \sum_{i=1}^n w_i \quad (۳-۲)$$

که در آن، w_i وزن پارامتر i ام، n تعداد پارامترها و I_i مقدار شاخص برای پارامتر i ام از منحنی رتبه‌بندی هستند.

به منظور محاسبه این شاخص از برنامه محاسباتی شاخص $IRWQI$ در اکسل (هاشمی، ۱۳۹۰) استفاده شد. در برنامه ذکر شده مقدار مربوط به هر پارامتر را که دارای وزن مشخصی است و در جدول ۳-۱ مشاهده می‌شود، وارد کرده و در صورت نداشتن مقدار هر پارامتر، جای آن را خالی می‌گذاریم، که در این تحقیق مقادیر BOD_5 و COD در دسترس نبود. سپس نرم‌افزار مقدار شاخص را با توجه به رابطه مربوط به شاخص که در قسمت قبل گفته شد، محاسبه می‌نماید. به منظور تعیین معادل توصیفی شاخص محاسبه شده از جدول ۳-۲ استفاده می‌شود.

جدول ۳-۱- پارامترهای شاخص IRWQIGC و وزن‌های آن‌ها

ردیف	پارامتر	وزن	توضیحات
۱	نیترات	۰/۱۵۱	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۲	کلیرم مدفوعی	۰/۱۳۴	بر حسب MPN/100ml
۳	هدایت الکتریکی	۰/۱۲۹	بر حسب میکروزیمنس بر سانتی‌متر
۴	سختی کل	۰/۱۰۳	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر کربنات کلسیم
۵	SAR	۰/۰۸۹	-
۶	BOD ₅	۰/۰۸۸	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۷	فسفات	۰/۰۸۵	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۸	COD	۰/۰۸	بر حسب میلی‌گرم بر لیتر
۹	PH	۰/۰۷۴	واحد استاندارد
۱۰	اکسیژن محلول	۰/۰۶۷	بر حسب درصد اشباع

جدول ۳-۲- راهنمای تعیین معادل توصیفی شاخص IRWQIGC محاسبه شده

مقدار شاخص	معادل توصیفی
کمتر از ۱۵	خیلی بد
۱۵-۲۹/۹	بد
۳۰-۴۴/۹	نسبتاً بد
۴۵-۵۵	متوسط
۵۵/۱-۷۰	نسبتاً خوب
۷۰/۱-۸۵	خوب
بیشتر از ۸۵	بسیار خوب

۳-۲-۳- محاسبه شاخص خشکسالی SPI

اداره هواشناسی آمریکا خشکسالی را کاهش بارندگی در مقیاس زمانی پیوسته و به میزانی که به صورت مضر بر زندگی حیوانات و گیاهان اثرگذار باشد و به نقصان منابع آبی مورد نیاز جهت اهداف محلی (مصارف مردمی) و تأمین انرژی برق آبی بیانجامد، تعریف نموده است (Dracup و همکاران، ۱۹۸۰). از طرفی خشکسالی کمبود مستمر و غیرطبیعی رطوبت در یک دوره زمانی معین معمولاً یک ساله نیز تعریف شده است. واژه مستمر در این تعریف به معنای تداوم حالت کمبود و واژه غیرطبیعی به معنای انحراف شاخص موردنظر از شرایط طبیعی یا میانگین می‌باشد (زاهدی و قویدل، ۱۳۸۱). اگرچه برای خشکسالی تعاریف مختلفی ارائه شده است ولی تعریف آن از دیدگاه هواشناسی، اقلیمی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و ... متفاوت است. بر همین اساس انواع مختلفی از شاخص‌ها برای بیان خشکسالی در نقاط مختلف دنیا ارائه شده است. شاخص‌های خشکسالی با استفاده از اطلاعات اقلیمی و هیدرولوژی نظیر درجه حرارت، بارندگی، برف، جریان رودخانه‌ها و سایر منابع آبی تصویر جامعی از وضعیت خشکسالی را به‌طور منطقه‌ای، در غالب محدوده‌ای از اعداد ارائه می‌دهند (Delpla و همکاران، ۲۰۰۹).

شاخص بارش استاندارد (Standardized Precipitation Index) SPI یکی از پرکاربردترین شاخص‌های بررسی خشکسالی هواشناسی در جهان و ایران می‌باشد که در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت (۳، ۶ و ۹ ماهه) و بلندمدت (۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه) محاسبه شده است. شاخص SPI کوتاه‌مدت، نشان‌دهنده شرایط رطوبت کوتاه‌مدت و برآورد فصلی از بارندگی است. در این شاخص تغییرات بیش‌تری قابل مشاهده است که این موضوع نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر این شاخص به تغییرات رطوبت است. هرچه مقیاس زمانی طولانی‌تر شود، بارندگی ماه جدید اثر کمتری بر کل بارندگی دارد و شاخص به آهستگی پاسخ می‌دهد. شاخص SPI طولانی‌مدت دوره خشکسالی را بهتر منعکس می‌کند (حجازی زاده وهمکاران، ۱۳۹۰).

زمانی که SPI به طور مداوم منفی باشد و شدت آن به ارقام منفی یک یا کمتر برسد خشک‌سالی اتفاق افتاده است و زمانی که مقدار شاخص SPI به مقادیر مثبت برگردد خشکسالی تمام می‌شود. بنابراین خشکسالی یک دوره زمانی دارد و برای آن شروع و خاتمه تعریف می‌شود و شدت آن برای هر ماه تا زمانی که خشکسالی تداوم دارد محاسبه می‌گردد. شاخص SPI فقط بر اساس داده‌های بارش استوار است و در مقایسه مکانی نتایج به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای بررسی خشکسالی از قابلیت زیادی برخوردار است، به طوری که برای بررسی خشکسالی مطالعات بسیاری در اکثر نقاط جهان با استفاده از این شاخص صورت گرفته است (Hayes, 2000).

برای محاسبه این شاخص آمار طولانی‌مدت مورد نیاز است. آمارها به یک توزیع آماری برازش داده شده و این توزیع به توزیع نرمال تبدیل می‌شود که میانگین صفر و انحراف از معیار یک دارد. سپس با برازش توزیع گاما به داده‌های بارندگی مقادیر بی‌بعدی حاصل می‌شود که خود حالت نرمال دارند و می‌توانند در تعمیم اطلاعات نقطه‌ای به اطلاعات منطقه‌ای توسط مدل‌های زمین‌آماری چون کریجینگ استفاده شوند که البته شرط استفاده از این تکنیک‌ها نرمال بودن داده‌ها می‌باشد. بنابراین امکان بررسی مکانی خشکسالی را تسهیل می‌کنند. با برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارندگی برای یک دستگاه معین، شاخص SPI محاسبه می‌شود. احتمالات تجمعی گاما $G(X)$ با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$G(X) = \frac{1}{\beta^{\alpha} \Gamma(\alpha)} \int_1^x x^{a-1} \varepsilon^{-\frac{x}{\beta}} \quad (3-3)$$

که α و β به ترتیب مقدار بهینه پارامتر شکل و پارامتر مقیاس، X مقدار بارندگی و $\Gamma(\alpha)$ تابع گاما هستند. پارامترهای توزیع چگالی احتمال گاما از داده‌های نمونه با روش حداکثر درست‌نمایی برای هر ایستگاه، برای مقیاس زمانی انتخابی و برای هر ماه از سال برآورد می‌شود.

$$\tilde{\alpha} = \frac{1}{4A} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad (3-4)$$

$$\beta = \frac{X}{\tilde{\alpha}} \quad (3-5)$$

$$A = \ln(x) = \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3-6)$$

که n تعداد مشاهدات بارندگی و x برای یک ماه مشخص میانگین بارندگی تجمعی برای یک ماه، در طول دوره آماری هستند. چون تابع گاما برای $(X=0)$ بارندگی صفر میلی متر تعریف نشده و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، احتمال تجمعی کل که در برگزیده مقادیر صفر نیز است از رابطه زیر به دست می آید.

$$H(X) = q + P G(X) \quad (3-7)$$

که q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی و $P = 1 + q$ است. اگر m تعداد داده‌های بارندگی صفر در سری زمانی n تایی باشد، آن گاه q از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$q = \frac{m}{n} \quad (3-8)$$

پس از محاسبه احتمال تجمعی کل، $H(X)$ مقدار متغیر تصادفی نرمال استاندارد هم احتمال با احتمال مذکور که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است محاسبه می شود. روابط زیر SPI را با توجه به مقادیر $H(X)$ ارائه می دهند.

$$SPI = - \left[t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad (0 < H(X) \leq 0.5) \quad (3-9)$$

$$SPI = + \left[t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right] \quad (0.5 < H(X) \leq 1) \quad (3-10)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{H(X)^2} \right]} \quad (0 < H(X) \leq 0.5) \quad (3-11)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1 - H(X))^2} \right]} \quad (0.5 < H(X) \leq 1) \quad (3-12)$$

که $C_0, C_1, C_2, d_1, d_2, d_3$ مقادیر ثابت و $H(X)$ احتمال تجمعی هستند.

$$C = 2.535537 \\ D_1 = 3.432788$$

$$C_1 = 0.802853 \\ D_2 = 0.18929$$

$$C_2 = 0.030328 \\ D_3 = 0.003308$$

همچنین طبقات مختلف SPI بر اساس نتایج McKee و همکاران (۱۹۹۵) در جدول ۳-۳ ارائه شده است.

جدول ۳-۳- طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI (McKee و همکاران، ۱۹۹۵)

مقدار شاخص	وضعیت
$SPI \leq 2$	ترسالی حاد
$1/5 \leq SPI < 1/99$	ترسالی شدید
$1 \leq SPI < 1/49$	ترسالی متوسط
$-0/99 \leq SPI < +0/99$	نرمال
$-1/49 \leq SPI < -1$	خشکسالی متوسط
$-1/99 \leq SPI < -1/5$	خشکسالی شدید
$SPI < -2$	خشکسالی حاد

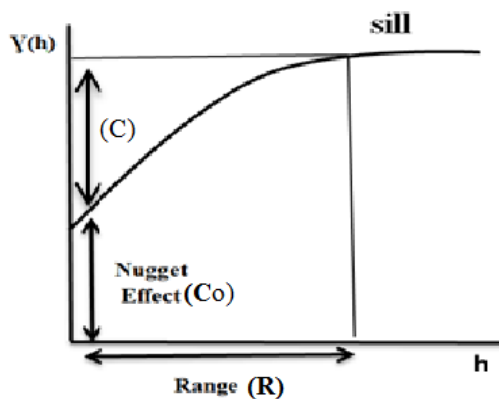
از جمله مزیت‌های شاخص SPI این است که می‌تواند برای مقیاس‌های زمانی مختلف از یک ماه تا چندین سال محاسبه شود (Dalezios و همکاران، ۲۰۰۰). از دیگر مزیت‌های این شاخص، فراهم کردن هشدار اولیه خشکسالی، کمک نمودن به ارزیابی شدت خشکسالی و روش محاسبه آسان‌تر نسبت به سایر شاخص‌ها می‌باشد. این شاخص پنج مشخصه اصلی خشکسالی (مدت، تناوب، شدت، بزرگی و فراوانی) را در نظر می‌گیرد و به عنوان یک شاخص احتمالاتی، دوره‌های خشک و تر غیرعادی را بهتر از شاخص پالمر نشان می‌دهد (Do، ۲۰۰۵). همچنین، شاخص SPI می‌تواند کمبودهای بارندگی در دوره‌های مختلف را تعیین نموده و آب‌وهوای خشک و تر را با روشی مشابه مشخص و متمایز کند. علاوه بر این با استفاده از نتایج این شاخص می‌توان پهنه‌بندی مکانی خشکسالی، شبیه‌سازی و مدل‌سازی جهت پیش‌بینی زمانی خشکسالی را انجام داد (Shamsnia و همکاران، ۲۰۰۹).

از جمله معایب این شاخص نیز این است که در محاسبات مربوط به مقیاس‌های زمانی ماهانه، وضعیت افزایش یا کاهش بارش در کل ماه در نظر گرفته می‌شود و دقیقاً مشخص نیست که کمبود بارش در ابتدا یا انتهای ماه بوده است در نتیجه در مراحل حساس رشد گیاه نسبت به کم‌آبی نمی‌تواند معیار خوبی از وضعیت رطوبت خاک و کمبود رطوبتی در شرایط کشاورزی باشد.

۴-۲-۳- تهیه واریوگرام

در آمار کلاسیک نمونه‌هایی که از جامعه به‌منظور شناخت آن برداشت می‌شوند، فاقد اطلاعات مکانی (فاصله و جهت) می‌باشند و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از اندازه‌گیری آن‌ها مستقل از موقعیت مکانی نمونه صورت می‌گیرد. در حالی که در زمین‌آمار علاوه بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی آن نیز در نظر گرفته می‌شود. می‌توان ارتباط مکانی بین مقادیر کمیت مورد بررسی را در قالب‌های ریاضی بیان کرد که به نام ساختار مکانی شناخته می‌شوند. یکی از مهم‌ترین روش‌ها و ابزارها برای بررسی این ساختار ارائه شده، واریوگرام (نیم تغییرنما) می‌باشد (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). هدف از محاسبه واریوگرام بررسی تغییرپذیری متغیر نسبت به فاصله مکانی یا زمانی است (حسنی‌پاک، ۱۳۷۷). تخمین زمین‌آمار شامل دو مرحله است که مرحله نخست شناخت و مدل‌سازی ساختار فضایی متغیر بوده که به‌وسیله تحلیل تغییر نما قابل بررسی است و مرحله دوم تخمین به روش‌های مختلف مانند کریجینگ می‌باشد. در زمین‌آمار یکی از ابزارهایی که

برای تشریح ارتباط مکانی یک متغیر استفاده می‌شود تغییر نما یا به عبارتی کمیتی برداری است که نشان-دهنده درجه همبستگی مکانی بین نقاط برحسب مربع تفاضل مقدار دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آن‌ها می‌باشد. ویژگی‌های تغییر نماها به وسیله سه پارامتر دامنه تأثیر (R)، آستانه $(C+C_0)$ ، اثر قطعه‌ای یا تصادفی (C_0) تعریف می‌شود (شکل ۳-۳). دامنه تأثیر عبارت است از فاصله‌ای که در آن واریوگرام به حد ثابتی رسیده و مدل برازشی به حالت خط افقی نزدیک می‌شود. این دامنه محدوده‌ای را که می‌توان از داده‌های موجود در آن برای برآورد مقدار متغیر مجهول استفاده کرد، را مشخص می‌کند. هرچه دامنه تأثیر بزرگ‌تر باشد، پیوستگی مکانی بیشتری را نشان می‌دهد. آستانه نیز به مقدار ثابتی که واریوگرام در دامنه تأثیر به آن می‌رسد، گفته می‌شود که مقدار آن برابر واریانس کل تمام نمونه‌هایی است که در محاسبه تغییر نما استفاده شده‌اند. در روش کریجینگ واریوگرام‌هایی که به سقف مشخص می‌رسند مهم‌تر هستند. اثر قطعه‌ای (C_0) مقدار عددی واریوگرام در مبدأ مختصات به ازای h برابر صفر است. در گام صفر مقدار h باید صفر شود و به آهستگی (با شتاب اندک) و به‌طور منظم باشد. برخی مطالعات تجربی نشان داده است که اکثر واریوگرام‌های تجربی، در فواصل ابتدایی تغییرات ناگهانی و سریع دارند و مقدار واریوگرام در مبدأ مختصات، بیشتر از صفر می‌باشد. به‌طور کلی به مقدار عددی واریوگرام در گام صفر اثر قطعه‌ای می‌گویند (محمدی، ۱۳۸۵). در این تحقیق پس از آنالیز داده‌ها و اطمینان از نرمال بودن آن‌ها، برای تحلیل ساختار مکانی داده‌ها از واریوگرام استفاده شد که بررسی همبستگی مکانی و ترسیم واریوگرام، تخمین متغیرها در نقاط نمونه‌برداری نشده، تهیه نقشه‌های تخمین و پهنه‌بندی با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS و GS plus صورت گرفت.



شکل ۳-۳- واریوگرام ایده آل به همراه پارامترهای آن

۵-۲-۳- تعیین الگوی توزیع مکانی شاخص‌ها

توصیف تمام تغییرات پارامترهای کیفی توسط شاخص‌ها به دلیل تغییرات مکانی پارامترها امکان‌پذیر نیست. بنابراین برای توصیف و نمایش تغییرات مکانی متغیرهای موردنظر، با در نظر گرفتن اطلاعات موجود از محل‌های نمونه‌برداری شده می‌توان مقادیر آن‌ها را در نقاطی که نمونه‌برداری نشده‌اند، تخمین زد. درون‌یابی عبارت است از تخمین و برآورد متغیر پیوسته در مناطقی که مقدار آن نامشخص است که تغییرات پیوسته

مکانی را به صورت یک سطح تعریف شده مجسم می‌کند. برای برآورد متغیرهایی که تغییرات زمانی و مکانی دارند روش‌های مختلفی وجود دارد که تفاوت این روش‌ها در نحوه محاسبه وزنی است که به نقاط مشاهده شده اطراف نقطه مجهول داده می‌شود (خلیقی سیکارودی، ۱۳۸۷). برخی از این روش‌ها مانند روش تیسن، بر اساس نزدیکی مقادیر متغیر و با فرض مستقل بودن آن‌ها، مقادیر پارامترها را در موقعیت‌های مجهول تخمین می‌زنند. دسته دوم از این مدل‌ها که به آن‌ها روش‌های زمین‌آمار اطلاق می‌شود نظیر روش‌های کریجینگ، کو کریجینگ، TPSS و WMA، به دلیل در نظرگیری همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها، اهمیت بیشتری دارند. در روش‌های زمین‌آمار علاوه بر مقدار یک کمیت معین در یک نمونه، موقعیت مکانی نمونه نیز در نظر گرفته می‌شود. بنابراین می‌توان به همراه موقعیت مکانی نمونه‌ها مقدار کمیت موردنظر را نیز بررسی نمود (ذبیحی و همکاران، ۱۳۹۰). کریجینگ به معنای تخمین بهینه می‌باشد که بر منطق میانگین متحرک وزن دار استوار است و به‌عنوان بهترین تخمین گر نااریب شناخته شده است زیرا با کمترین مقدار واریانس تخمین صورت می‌گیرد. کوکریجینگ همان روش کریجینگ بوده که از یک متغیر کمکی برای تخمین استفاده می‌کند. به منظور محاسبه وزن‌ها در این روش از مدل برازش داده شده بر واریوگرام استفاده می‌شود. در روش کریجینگ داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند (حسینی پاک، ۱۳۷۷). در روش کریجینگ مقدار یک متغیر در یک نقطه به عنوان تابعی از یک‌روند مشخص، قابل پیش‌بینی بوده و نیز مؤلفه تصادفی محسوب می‌شود. روش کریجینگ می‌تواند این روند را به عنوان یک جمله با ضریب ثابت (مثل کریجینگ ساده) و یا به عنوان چندجمله‌ای (مثل کریجینگ جهانی) در نظر گیرد. واریانس اختلاف بین مقدار ارزش نقاط مربوط به فاصله نقاط است که به عنوان واریوگرام شناخته می‌شود. کریجینگ یک روش درون‌یابی پیشرفته می‌باشد که یک سطح را از روی دسته‌ای از نقاط تخمین می‌زند که این نقاط دارای فاکتور Z می‌باشند. روش‌های درون‌یابی دیگر از تحلیل‌های متنی استفاده می‌کنند. درحالی‌که روش کریجینگ با بررسی اوضاع مکانی پدیده‌هایی که دارای فاکتور Z هستند به تولید خروجی می‌پردازد، قبل از این که بهترین روش برآورد برای تولید سطح خروجی را تعیین کنیم. البته این روش برای نقاطی که دارای چال‌ها و برجستگی‌های غیرعادی هستند مناسب نیست (محبتی و همکاران، ۱۳۸۸). کریجینگ یک برآوردگر خطی است که رابطه آن به صورت زیر است.

$$Z = \sum_{i=1}^n w_i z(x_i) \quad (3-13)$$

که در آن Z مقدار متغیر مکانی برآورد شده، $z(x_i)$ مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه و w_i وزن آماری اختصاص داده شده به نمونه x_i می‌باشند.

در این تحقیق برای ارزیابی روش‌های درون‌یابی مورد بررسی از روش اعتبارسنجی متقاطع جک‌نایف (Jackknife Cross validation Procedure) استفاده شد. این روش بر مبنای حذف موقت یک نمونه و تخمین آن و سپس برگرداندن نمونه‌ی مورد نظر به مجموعه داده‌ها و تکرار این عمل برای تمام نمونه‌های موجود می‌باشد. نتیجه استفاده از این روش منجر، ایجاد دو مجموعه داده شامل مقادیر تخمینی و مقادیر

مشاهده شده اولیه است که می‌توان از طریق محاسبه شاخص‌های مختلف آماری، اقدام به ارزیابی نتایج حاصل از تخمین و بهینه‌سازی ویژگی‌های مختلف تخمین‌گر موردنظر نمود (محمدی، ۱۳۸۵). همچنین برای انتخاب بهترین مدل از معیارهای آماری ضریب تبیین R^2 و جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. ضریب تبیین R^2 میزان همبستگی بین مقادیر برآورد شده توسط مدل و مقادیر واقعی را نشان می‌دهد. مقدار این ضریب بین صفر و یک متغیر است که اگر نزدیک به یک باشد، X بخش بیشتری از تغییرات Y را تبیین می‌کند. مهم‌ترین معیار نیز برای ارزیابی تخمین، مقدار مجذور میانگین مربع خطا (Root Mean Squared Error) است که معمولاً هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد دقت روش بیشتر است. این ضرایب به صورت زیر محاسبه می‌شوند.

$$R^2 = \frac{SSR}{SST} \quad (3-14)$$

$$RMSE = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n [Z(X_i) - Z^*(X_i)]^2} \quad (3-15)$$

که در آن Z^* مقدار برآورد شده در نقطه X_i ، Z مقدار مشاهده شده در نقطه X_i و N تعداد نقاط هستند (ثقفیان و رحیمی بندر آبادی، ۱۳۸۴؛ ویلکس، ۲۰۰۵).

پس از بررسی روش‌های درونیابی بهترین روش از نظر مقدار بیش‌تر R^2 و مقدار کمتر RMSE (دقت بالاتر) انتخاب شده و نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص IRWQI برای سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶، نیترا برای سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ و SPI برای سال ۹۶-۱۳۹۵ با استفاده از واریوگرام مناسب به‌دست آمده، در نرم‌افزار Arc GIS تهیه شدند.

۳-۲-۶- تحلیل مؤلفه اصلی

تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که با کاهش پیچیدگی تحلیل متغیرهای اولیه مسئله، زمانی که با حجم وسیعی از اطلاعات روبه‌رو هستیم به تفسیر بهتر اطلاعات کمک می‌کند (Camdevyren و همکاران، ۲۰۰۵). در این تحقیق به منظور تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل اصلی از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. سپس، تناسب جامعه آماری برای انجام PCA با استفاده از آزمون KMO بررسی شد. همچنین به منظور بهبود روابط بین ورودی‌ها و عامل‌های اولیه و تفکیک بهتر آن‌ها جهت عضویت در عامل‌ها، از دوران Varimax استفاده شد (Ouyang، ۲۰۰۵). در تحلیل مؤلفه اصلی یک ماتریس همبستگی تشکیل شده و در ادامه مؤلفه‌هایی که بخش کوچکی از تغییرات جامعه را پوشش می‌دهند، کنار گذاشته می‌شوند. سپس تعداد عامل‌های اصلی که قادر باشند توصیف جامعی از متغیرها داشته باشند، تعیین می‌شوند و متغیرها با توجه به میزان همبستگی با این مؤلفه‌ها، در زیر گروه آن‌ها قرار می‌گیرند و از روی بیشینه بار عاملی، متغیرهای اصلی در هر مؤلفه مشخص می‌شوند (Lausch و Herzog، ۲۰۰۲).

از جمله روش‌هایی که برای تعیین و تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی استفاده می‌شود، ضریب KMO است که مقدار آن بین صفر و یک متغیر است و از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$KMO = \frac{\sum \sum r_{ij}^2}{\sum \sum r_{ij}^2 + \sum \sum a_{ij}^2} \quad (3-16)$$

که در آن r_{ij} ضریب همبستگی ساده بین متغیرهای i و j و a_{ij} ضریب همبستگی جزئی بین آن‌هاست. مقادیر کوچک KMO نشان می‌دهد که همبستگی بین زوج متغیرها نمی‌تواند توسط متغیرهای دیگر تبیین شود، بنابراین کاربرد تحلیل عاملی متغیرها ممکن است قابل توجیه نباشد. همان‌طور که در جدول ۳-۴ مشاهده می‌شود اگر مقدار KMO کمتر از ۰/۵ باشد، نشان‌دهنده مناسب نبودن داده‌ها برای تحلیل عاملی است و اگر مقدار آن بین ۰/۵ تا ۰/۶۹ باشد، با احتیاط بیشتر می‌توان به تحلیل عاملی پرداخت و در صورتی که مقدار آن بزرگتر از ۰/۷ باشد، همبستگی‌های موجود در بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب خواهد بود (کلانتری، ۱۳۸۵).

جدول ۳-۴- توصیف تناسب داده‌های برای تحلیل عاملی با استفاده از ضریب KMO

مقدار KMO	تناسب داده‌ها برای تحلیل عاملی
بزرگتر یا مساوی ۰/۹	عالی
۰/۸ - ۰/۸۹	خیلی خوب
۰/۷ - ۰/۷۹	خوب
۰/۶ - ۰/۶۹	متوسط
۰/۵ - ۰/۵۹	ضعیف
کمتر از ۰/۵	غیر قابل پذیرش

برای اطمینان از مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی علاوه بر اینکه ماتریس همبستگی‌هایی که پایه تحلیل قرار می‌گیرند در جامعه برابر صفر نیست، باید از آزمون کرویت بارتلست استفاده نمود که به صورت زیر به دست می‌آید.

$$\chi^2 = -(n-1 - \frac{2p+5}{6}) \ln|R| \quad (3-17)$$

که در آن n تعداد آزمودنی‌ها، p تعداد متغیرها و R قدر مطلق دترمینان ماتریس همبستگی می‌باشند. این آماره دارای توزیع مربع کای با $0.5p(p-1)$ درجه آزادی است. مقدار اطلاعات موجود در $|R|$ با بررسی رابطه بین تعداد مشاهده‌ها و تعداد متغیرها و احتمال خطا برای رد کردن فرضیه صفر عدم وجود تفاوت از ماتریس همانی بررسی می‌شود. ماتریس همانی ماتریسی است که همه عناصر قطری آن یک و همه عناصر غیرقطری آن صفر باشد. آزمون بارتلست این فرضیه را که ماتریس همبستگی‌های مشاهده شده متعلق به جامعه‌ای با متغیرهای ناهمبسته است بررسی می‌کند. برای آن که یک مدل عاملی معنادار باشد، باید متغیرها همبسته باشند، در غیر این صورت دلیلی برای تبیین مدل عاملی وجود ندارد. اگر فرضیه این که متغیرها با هم رابطه

ندارند، رد نشود، تحلیل عاملی کاربرد نخواهد داشت و باید در آن تجدید نظر کرد. مربع کای معنی‌دار نیز نشان‌دهنده حداقل شرایط لازم برای اجرای تحلیل عاملی می‌باشد (کلانتری، ۱۳۸۵).

۷-۲-۳- روش مقایسه کاربری‌ها از نظر میزان نیت‌رات و شاخص IRWQI

در این تحقیق به منظور مقایسه میزان نیت‌رات و شاخص IRWQI بین کاربری‌های مختلف از آزمون ANOVA و برای مقایسه چندگانه از آزمون دانکن استفاده شد. آزمون ANOVA برای مقایسه میانگین دو یا چند جامعه (اثر یک متغیر مستقل گروه‌بندی بر یک متغیر کمی وابسته) استفاده می‌شود. این آزمون نشان می‌دهد که آیا بین میانگین‌های گروه‌ها تفاوتی وجود دارد یا خیر ولی مشخص نمی‌شود که بین کدام گروه‌ها اختلاف وجود دارد. بنابراین باید برای این منظور از آزمون‌های پس تجربی استفاده شود که مهم‌ترین آن‌ها آزمون‌های دانکن، توکی و شفه می‌باشند (کلانتری، ۱۳۸۵).

۸-۲-۳- معرفی مدل توزیعی بیلان آب WetSpas-M

مدل توزیعی WetSpas در سازمان مهندسی هیدرولوژیک و هیدرولیک دانشگاه بروکسل به منظور پیش-بینی انتقال آب و انرژی بین خاک، گیاه و جو تحت حالت شبه ثابت ساخته شده است (Abdollahi, ۲۰۱۵). مدل مذکور به عنوان یک روش فیزیکی برای ارزیابی متوسط بلندمدت و تنوع مکانی، مؤلفه‌های بیلان آب مانند رواناب سطحی، تبخیر-تعرق واقعی و تغذیه آب زیرزمینی بنا شده است (Batelaan و De Smedt, ۲۰۰۱ و ۲۰۰۷). این مدل به طور ویژه برای مطالعه اثرات بلندمدت تغییرات کاربری اراضی روی رژیم آبی حوضه‌های آبخیز کاربرد دارد (Batelaan و همکاران، ۲۰۰۳). نسخه اصلی این مدل به صورت یک الحاقیه در نرم‌افزار ArcView در مقیاس زمانی فصلی و سالانه برای مناطق معتدل مرطوب مانند کشور بلژیک ارائه شده بود (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷). نسخه‌های اخیر مدل با قابلیت شبیه‌سازی برگاب، رواناب، تبخیر-تعرق، بیلان آب خاک و تغذیه آب زیرزمینی در مقیاس زمانی ماهانه توسعه یافته است (Mustafa و همکاران، ۲۰۱۷). جدیدترین نسخه این مدل با نام WetSpas-M مستقل از نرم‌افزار ArcView می‌باشد و قابلیت شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب را در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷؛ Melki و همکاران، ۲۰۱۷). از جمله قابلیت‌های این مدل، شبیه‌سازی تغییرات طولانی مدت رواناب سطحی، تبخیر-تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر پوشش زمین، بافت خاک و نیروهای جو می‌باشد (Wang و همکاران، ۲۰۱۵). علاوه بر این، مدل مذکور در مطالعات مختلفی در جهان به منظور بررسی اثر کاربری اراضی بر سیستم تغذیه آب‌های زیرزمینی، اثر تغییر اقلیم بر الگوهای مکانی و زمانی منابع آب، تأثیر تغییر اقلیم بر سیستم تغذیه آب‌های زیرزمینی، برآورد مؤلفه‌های بیلان آب از جمله رواناب سطحی، تبخیر-تعرق، برگاب و تغذیه آب‌های زیرزمینی و بررسی اثر تغییر در پوشش سطح نفوذناپذیر بر روی بیلان آب و سیستم آب‌های زیرزمینی استفاده شده است.

۱-۸-۲-۳ - فرضیات مدل توزیعی WetSpa-M

این مدل که یک مدل توزیعی است حوضه را به صورت واحدهای کوچک پیکسلی در نظر می‌گیرد و در نرم-افزار ArcView GIS به صورت یک مدل شطرنجی یکپارچه شده است. این مدل به منظور در نظر گرفتن غیریکنواختی کاربری اراضی در هر پیکسل، آن را به چهار کاربری اراضی پوشش گیاهی، خاک لخت، مخازن آب و قسمت نفوذناپذیر تقسیم می‌کند (De Smedt و Batelaan، ۲۰۰۱). به عبارت دیگر در هر پیکسل تبخیر-تعرق، رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی برای هر چهار کاربری اراضی محاسبه و برای کل پیکسل با هم جمع می‌شوند (بیاتی، ۱۳۹۶). روابط مربوط به محاسبه بیلان آب در هر پیکسل به صورت زیر می‌باشند:

$$ET_{raster} = a_v ET_v + a_s ET_s + a_o ET_o + a_i ET_i \quad (3-18)$$

$$S_{raster} = a_v S_v + a_s S_s + a_o S_o + a_i S_i \quad (3-19)$$

$$R_{raster} = a_v R_v + a_s R + a_o R_o + a_i R_i \quad (3-20)$$

که ET_{raster} ، S_{raster} و R_{raster} به ترتیب تبخیر-تعرق، رواناب سطحی و تغذیه آب زیرزمینی در یک سلول شطرنجی بر حسب میلی‌متر و a_v ، a_s ، a_o و a_i به ترتیب مساحت مربوط به پوشش گیاهی، خاک لخت، مخازن آب و سطح نفوذناپذیر می‌باشند (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷). پارامترهای کاربری اراضی WetSpa برای شرایط معتدل مانند بلژیک انتخاب و کالیبره شده است. بنابراین به منظور استفاده از این مدل در مناطق با اقلیم دیگر نیاز به جداول مراجعه‌ای اصلاح شده (جدول ۳-۵ و ۳-۶) دارد (Al Kuisi و El-Naqa، ۲۰۱۳). این مدل به منظور محاسبه بیلان آب، بارش را به چهار قسمت برگاب، رواناب سطحی، تبخیر-تعرق و تغذیه آب‌های زیرزمینی تقسیم می‌کند (Abdollahi، ۲۰۱۵).

$$P = I + S_v + T_v + R_v \quad (3-21)$$

که P مقدار بارش، I برگاب، S_v رواناب سطحی، T_v تبخیر-تعرق و R_v تغذیه آب زیرزمینی هستند.

جدول ۳-۵- پارامترهای پیش فرض توصیفی طبقات کاربری اراضی در مدل WetSpa (راهنمای مدل)

کد	نوع کاربری	سطح پوشش	سطح خاک لغت	سطح نفوذناپذیر	سطح آب آزاد	سطح عمق ریشه	شاخص سطح برگ	حداقل روزنه برگ	ارتفاع گیاه	ضریب ضربه مایننگ	فاکتور اراضی	مقاومت آبرودینامیکی
۱	اراضی شهری	۰/۲	۰	۰/۸	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۶۶۷	۲۱۲
۲	اراضی دست ساخت	۰/۵	۰	۰/۵	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۵	۲۱۲
۳	صنعتی	۰/۴	۰	۰/۶	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۲۵	۰/۵۷۱	۲۱۲
۴	زیر ساخت	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۵	۲۱۲
۵	بنادر	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴۵	۰/۴۴۴	۲۱۲
۶	فرودگاه	۰/۲	۰	۰/۸	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۶۶۷	۲۱۲
۷	حفاری	۰	۱	۰	۰	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۹	۰/۲۲۲	۴۲۶
۱۰	ساختمان های مسکونی	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴۵	۰/۴۴۴	۲۱۲
۲۱	کشاورزی	۰/۸	۰/۲	۰	۰	۰/۴	۴	۱۸۰	۰/۶	۰/۰۳۷	۰/۵۴۱	۱۱۵
۲۳	علف زار	۱	۰	۰	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۲	۰/۰۷	۰/۲۸۶	۱۷۷
۲۷	ذرت	۰/۸	۰/۲	۰	۰	۰/۳	۴	۱۸۰	۱/۵	۰/۰۵	۰/۴	۷۶
۲۸	علف زار مرطوب	۱	۰	۰	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۲	۰/۰۵۵	۰/۲۶۴	۱۵۲
۲۹	باغ	۰/۸	۰/۲	۰	۰	۰/۸	۶	۱۵۰	۳	۰/۰۵	۰/۴	۵۴
۳۱	جنگل های برگ ریز	۱	۰	۰	۰	۲	۵	۲۵۰	۱۸	۰/۱	۰/۲	۲۷
۳۲	درختان جنگلی	۱	۰	۰	۰	۲	۶	۵۰۰	۱۵	۰/۱	۰/۲	۲۸
۳۳	جنگل مخلوط	۱	۰	۰	۰	۲	۵	۳۷۵	۱۶	۰/۱	۰/۲	۲۸
۳۵	علف جاروب	۱	۰	۰	۰	۰/۲	۶	۱۱۰	۰/۷۵	۰/۰۵	۰/۴	۱۰۴
۳۶	بوته زار	۱	۰	۰	۰	۰/۶	۶	۱۱۰	۲	۰/۰۵	۰/۴	۶۶
۳۷	ریگزارها	۰/۳	۰/۷	۰	۰	۰/۵	۲	۱۱۰	۱	۰/۰۴	۰/۵	۹۱
۴۴	جنگل دشت گل آلود/نمک مارش	۰/۴	۰/۲	۰	۰/۴	۰/۳	۲	۱۱۰	۰/۵	۰/۰۲۵	۰/۵۷۱	۱۲۴
۵۱	رودخانه قابل کشتیرانی	۰	۰	۰	۱	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۱	۴۲۶
۵۲	آب	۰	۰	۰	۱	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۱	۴۲۶
۵۳	محل اتصال رودخانه به دریا	۰	۰	۰	۱	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۱	۴۲۶
۵۴	دریا	۰	۰	۰	۱	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۱	۴۲۶
۵۵	رودخانه غیرقابل دسترس	۰	۰	۰	۱	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	۱	۴۲۶
۲۰۱	بزرگراه	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۲۵	۰/۸	۲۱۲
۲۰۲	جاده	۰/۶	۰/۱	۰/۳	۰	۰/۳	۲	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۵	۲۱۲
۳۰۱	درخت صنوبر	۱	۰	۰	۰	۲	۱۲	۲۲۰	۱۳	۰/۴	۰/۰۵	۲۹
۳۰۲	درختان کاج	۱	۰	۰	۰	۲	۶	۵۵۰	۱۵	۰/۴	۰/۰۵	۲۸
۳۰۳	درختان راش	۱	۰	۰	۰	۲	۶	۲۲۰	۲۰	۰/۴	۰/۰۵	۲۶
۳۰۴	درختان توس	۱	۰	۰	۰	۲	۵	۲۲۰	۱۶	۰/۴	۰/۰۵	۲۸
۳۰۵	درختان بلوط	۱	۰	۰	۰	۲	۴	۱۵۰	۱۷	۰/۴	۰/۰۵	۲۷
۳۰۶	درختان سرو	۱	۰	۰	۰	۲	۵	۲۵۰	۱۸	۰/۴	۰/۰۵	۲۷
۳۰۷	چمن زار	۱	۰	۰	۰	۰/۳	۲	۱۴۰	۰/۱۲	۰/۰۲۵	۰/۵۷۱	۲۱۲
۵۰۰	رخنمون سنگی	۰/۱	۰	۰/۹	۰	۰/۲	۰/۵	۱۰۰	۰/۱۲	۰/۰۱	۰/۶۶۷	۲۱۰
۵۰۱	مراتع فقیر	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰	۰/۴	۰/۶	۱۸۰	۰/۶	۰/۰۱۷	۰/۵۴۱	۱۲۰
۵۰۲	مراتع متوسط	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰	۰/۴	۰/۸	۱۸۰	۰/۶	۰/۰۲۷	۰/۵۴۱	۱۱۵
۵۰۳	مراتع خوب	۰/۷	۰/۲	۰/۱	۰	۰/۴	۱/۸	۱۸۰	۰/۶	۰/۰۳	۰/۵۴۱	۱۱۲
۵۰۴	کشاورزی دیم	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰	۰/۴	۰/۸	۱۸۰	۰/۶	۰/۰۲۵	۰/۵۴۱	۱۱۵
۵۰۵	جنگل تنک	۰/۲	۰	۰/۱	۰	۲	۳	۳۷۵	۱۶	۰/۰۵	۰/۲	۹۸
۵۰۶	جنگل نیمه انبوه	۰/۵	۰/۴	۰/۱	۰	۲	۴	۳۷۵	۱۶	۰/۰۷	۰/۲	۸۶
۵۰۷	جنگل انبوه	۰/۸	۰	۰	۰	۲	۵	۳۷۵	۱۶	۰/۱	۰/۲	۷۵
۵۰۸	زمین آیش	۰/۲	۰/۹	۰	۰	۰/۵	۲	۱۱۰	۱	۰/۰۳	۰/۵	۱۱۰
۵۰۹	کشاورزی آبی	۰/۵۵	۰/۳۵	۰/۱	۰	۱/۸	۳	۳۷۵	۱۶	۰/۰۴۵	۰/۲	۹۵
۵۱۰	مناطق شور	۰/۱	۰/۹	۰	۰	۰/۰۵	۰	۱۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲۵	۰/۲۲۲	۳۵۰

جدول ۳-۶- پارامترهای پیش فرض توصیفی بافت خاک در مدل WetSpass (راهنمای مدل)

کد	بافت خاک	ظرفیت مزرعه	نقطه پژمردگی	آب در دسترس گیاه	رطوبت باقیمانده	A_1^* عمق تبخیر	ارتفاع کشش	درصدی از بارش تابستان	درصدی از بارش زمستان	θ^{**}
	(مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	(مترمکعب بر مترمکعب)	یا شدت بزرگتر از نرخ نفوذ خاک	یا شدت بزرگتر از نرخ نفوذ خاک	
۱	شنی	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۱۳۶
۲	شنی لومی	۰/۱۵	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۳۵	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۱۷۶
۳	لوم شنی	۰/۲۱	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۴۱	۰/۰۵	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۲۶۶
۴	لوم سیلتی	۰/۲۹	۰/۱	۰/۱۹	۰/۰۱۵	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۰۷	۰/۴۰۸
۵	لومی	۰/۲۵	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۰۲۷	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۰۲	۰/۳۳۳
۶	سیلتی	۰/۳	۰/۱	۰/۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۶۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۴۲۹
۷	لوم رسی-شنی	۰/۲۶	۰/۱۶	۰/۱	۰/۰۶۸	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۵۴	۰/۳	۰/۳۵۱
۸	لوم رسی-سیلتی	۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۳۳	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۵۶۳
۹	لوم رسی	۰/۳۳	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۰۷۵	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۶۲	۰/۴۱	۰/۴۹۳
۱۰	رس شنی	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۱۰۹	۰/۰۵	۰/۲۹	۰/۸	۰/۶۸	۰/۴۷۱
۱۱	رسی سیلتی	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۱۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵	۰/۳۴	۰/۸۴	۰/۷۵	۰/۷۵۴
۱۲	رسی	۰/۴۶	۰/۳۳	۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۹۵	۰/۸۵	۰/۸۵۲

* پارامتر تجربی خاک برای محاسبه تبخیر و تعرق

** جزء رطوبت خاک در بخش ریشه

روابط زیر مربوط به نحوه محاسبه برگاب در مدل مذکور هستند:

$$I_m = P_m I_R \quad (3-22)$$

$$I_R = \frac{I_m}{P_m} = 1 - \exp\left(\frac{-I_D dp}{P_m}\right) \quad (3-23)$$

$$I_D = a LAI \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{P_m(1 - \exp(-0.463 LAI))}{a LAI}}\right) \quad (3-24)$$

که I_m مقدار برگاب (بر حسب میلی‌متر در ماه)، P_m بارش ماهانه (بر حسب میلی‌متر)، I_R نسبت برگاب، dp تعداد روزهای بارانی در ماه، I_D آستانه برگاب روزانه، LAI شاخص سطح برگ و a پارامتر برگاب هستند. مقدار پیش‌فرض a برابر با $4/5$ میلی‌متر می‌باشد ولی مقدار نهایی این پارامتر برای هر حوضه طی فرآیند واسنجی مدل تعیین می‌شود (Sutanto و همکاران، ۲۰۱۲).

در این مدل رواناب سطحی با استفاده از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$S R_m = C_{Sr} C_h (P_m - I_m) \quad (3-25)$$

$$C_h = \frac{P_m}{LP(P_m^{\alpha} + ET_m^{\alpha})^{\frac{1}{\alpha}}} \quad \text{if } ET_m > P_m \quad (3-26)$$

$$C_h = 1 \quad \text{if } ET_m \leq P_m$$

که SR_m مقدار رواناب سطحی ماهانه بر حسب میلی‌متر، C_{Sr} ضریب رواناب واقعی (بدون بعد)، C_h ضریب نشان‌دهنده وضعیت رطوبت خاک (بدون بعد)، ET_m تبخیر و تعرق پتانسیل (بر حسب میلی‌متر در ماه)، L_p ضریب واسنجی بی‌بعد اثر تبخیر و تعرق پتانسیل بر رواناب سطحی و وابسته به شرایط رطوبتی خاک و α ضریب مربوط به تبخیر و تعرق که مقدار بهینه آن برای هر حوضه طی فرآیند واسنجی مدل تعیین می‌شود. در این مدل، ضریب رواناب پتانسیل در هر پیکسل از مجموع ضریب رواناب مناطق نفوذ پذیر (C_{per}) و ضریب رواناب بخش نفوذ ناپذیر (C_{Imp}) محاسبه می‌شود (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷):

$$C_{per} = W_1 \left(\frac{0.02}{n} \right) + W_2 \left(\frac{\theta_w}{1 - \theta_w} \right) + W_3 \left(\frac{S_p}{10 + S_p} \right) \quad (3-27)$$

$$W_1 + W_2 + W_3 = 1 \quad (3-28)$$

$$C_{wp} = \left(1 - \frac{A_{Imp}}{100} \right) C_{per} + \frac{A_{Imp}}{100} C_{Imp} \quad (3-29)$$

$$C_{Imp} = 0.9 \exp(0.024 A_{Imp}) \quad (3-30)$$

که n ضریب زبری مانینگ، θ_w مقدار رطوبت حجمی خاک در نقطه پژمردگی، S_p شیب سطح زمین بر حسب درصد، W_1 ، W_2 و W_3 وزن‌های سه مؤلفه تشکیل دهنده C_{per} ، C_{Imp} ضریب رواناب سطوح نفوذ ناپذیر و A_{Imp} درصد سطح نفوذ ناپذیر در هر پیکسل هستند. همچنین به منظور تبدیل ضریب رواناب پتانسیل به واقعی، از ضریب C_{wp} برای میانگین بارش روزانه در تعداد روزهای بارانی (\bar{P}_{24} بر حسب میلی‌متر بر روز در هر ماه) استفاده می‌شود (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷).

$$C_{sr} = \frac{C_{wp} \bar{P}_{24}}{C_{wp} \bar{P}_{24} - RCD \times C_{wp} + RCD} \quad (3-31)$$

که RCD سطح خشکی متوالی منطقه (بر حسب میلی‌متر) است که مقدار آن بین محدوده ۱ (برای بارش بسیار سنگین و یا سیل آسا و بیش از ۱۰ روز بارانی متوالی در هر ماه) و ۱۰ (برای شدت بارندگی کم با تعداد روز بارانی کمتر از ۲ روز در هر ماه) می‌باشد. به دلیل اثر ذخیره‌سازی سطحی ماهانه رواناب ماه قبل در رواناب حجمی ماه بعد رواناب هر ماه بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$Q_{(t)} = XQ_{(t-1)} + 0.001(1 - X) A SR_m \quad (3-32)$$

که X عامل تأخیر (بین صفر و یک)، $Q_{(t-1)}$ رواناب حجمی ماه قبل (بر حسب مترمکعب در ماه) و A مساحت (بر حسب مترمربع) می‌باشد. منظور از عامل تأخیر صفر این است که در طول یک ماه هیچ بارندگی در آنجا بدون رواناب سطحی صورت نمی‌گیرد (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷). محاسبه تبخیر و تعرق در مدل WetSpas-M به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$C = \frac{1 + \frac{\gamma}{\Delta}}{1 + \frac{\gamma}{\Delta} \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (3-33)$$

$$r_a = \frac{1}{K^2 U_a Z_a} \left(\ln \left(\frac{Z_a - Z_d}{Z_0} \right) \right)^2 \quad (3-34)$$

$$T_{rv} = c E T_p \quad (3-35)$$

$$T_v = \left(1 - A_1^{w/T_{rv}} \right) T_{rv} \quad (3-36)$$

$$W = P_m + (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) R_d \quad (3-37)$$

که γ ثابت سایکرومتری (بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی گراد)، Δ گرادیان مشتق اول از منحنی فشار بخار اشباع (بر حسب کیلوپاسکال بر درجه سانتی گراد)، r_c مقاومت سطحی توده‌ای (بر حسب ثانیه بر متر)، r_a مقاومت آیرودینامیکی، K ثابت ون کارمن (۰/۴۱)، U_a سرعت باد (بر حسب متر بر ثانیه در ارتفاع Z_a بر حسب متر)، Z_d ارتفاع جابجایی پایین‌ترین نقطه (متر)، Z_0 ارتفاع زبری آیرودینامیکی سطح (متر)، T_{rv} تعرق مرجع، T_v تعرق واقعی، A_1 پارامتر وابسته به محتوای شن و ماسه نوع خاک، W آب در دسترس برای تعرق، R_d عمق ریشه و $\theta_{fc} - \theta_{pwp}$ مقدار آب در دسترس گیاه در هر گام زمانی هستند (Abdollahi و همکاران، ۲۰۱۷).

در نهایت، تغذیه آب زیرزمینی R_m بر حسب میلی‌متر در ماه به عنوان باقی‌مانده بیلان آب و جریان پایه ماهانه برای هر سلول با در نظر گرفتن اثر ذخیره‌سازی ماه قبل در تغذیه آب زیرزمینی ماه فعلی محاسبه می‌شوند:

$$R_m = P_m - SR_m - ET_m \quad (3-38)$$

$$Q_{b(t)} = \beta Q_{b(t-1)} + 0.001 N_m (1 - \beta) \emptyset R_m \quad (3-39)$$

که β پارامتر ذخیره‌سازی (بین صفر و یک)، $Q_{b(t-1)}$ جریان پایه ماه قبل (بر حسب مترمکعب در ماه)، N_m تعداد روزهای هر ماه و \emptyset پارامتر مشارکت کننده در تغذیه برای جریان پایه فعلی (بر حسب مترمربع در روز) هستند و برای مساحت پیکسل A (مترمربع) با شاخص خشکیدگی k (روز) به صورت زیر محاسبه می‌شود (Allen و Arnold، ۱۹۹۹):

$$\emptyset = \frac{1.15 A}{k} \quad (3-40)$$

همچنین ماژول ذوب برف در مدل WetSpass به منظور برآورد میزان ذوب برف در ماه‌های برفی شامل پارامترهای پوشش سطح برف، درجه حرارت، فاکتور درجه روز و ضرایب مدل است (سلیمانی مطلق، ۱۳۹۵). مبنای معادلات ذوب برف در مدل مذکور روابط زیر هستند (Leopold و Dunne، ۱۹۷۸).

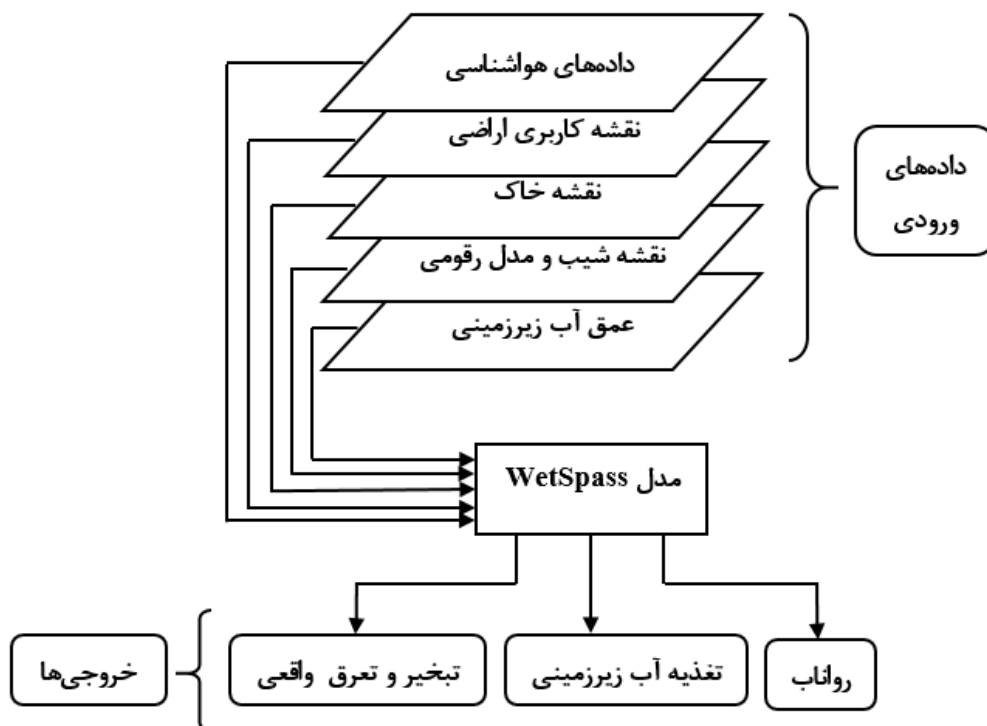
$$\text{PerSW} = \frac{100}{1.35^T} \times 1.61 + 1 \quad (3-41)$$

$$\text{SM} = C_m \times T_a \times D_n \quad (3-42)$$

که PerSW درصد پوشش برف، T دمای هوای ماهانه، SM مقدار ذوب برف بر حسب میلی‌تر، C_m شاخص درجه روز بر حسب میلی‌متر بر درجه سانتی‌گراد در روز، T_a میانگین دمای هوای روزانه و D_n تعداد روزها در هر ماه هستند (سلیمانی مطلق، ۱۳۹۵).

۲-۸-۳- داده‌های مورد نیاز مدل WetSpass-M

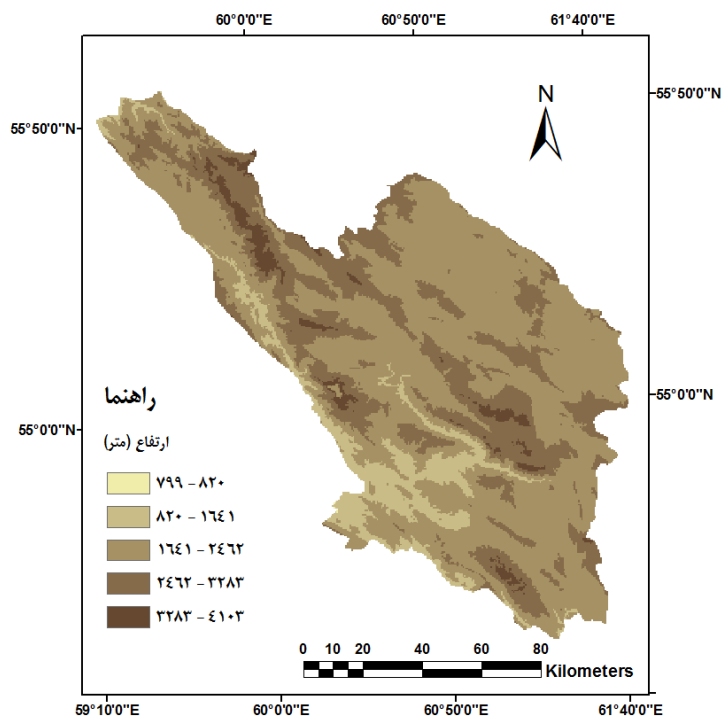
داده‌های مورد نیاز مدل توزیعی بیلان آب WetSpass-M شامل داده‌های اقلیمی - هیدرولوژیکی و داده‌های رقومی می‌باشد. البته همه داده‌های ورودی مدل باید به صورت نقشه‌های رستری با فرمت Ascii تهیه شوند به جز تعداد روزهای بارانی که متوسط‌گیری مکانی می‌شود. خروجی‌های مدل نیز به صورت نقشه‌های رستری است. همچنین یک فایل حاوی خلاصه‌ای از متوسط‌گیری مکانی پارامترها از خروجی‌های این مدل می‌باشد. شکل ۳-۴ شماتیکی از ورودی‌ها و خروجی‌های مدل را نشان می‌دهد.



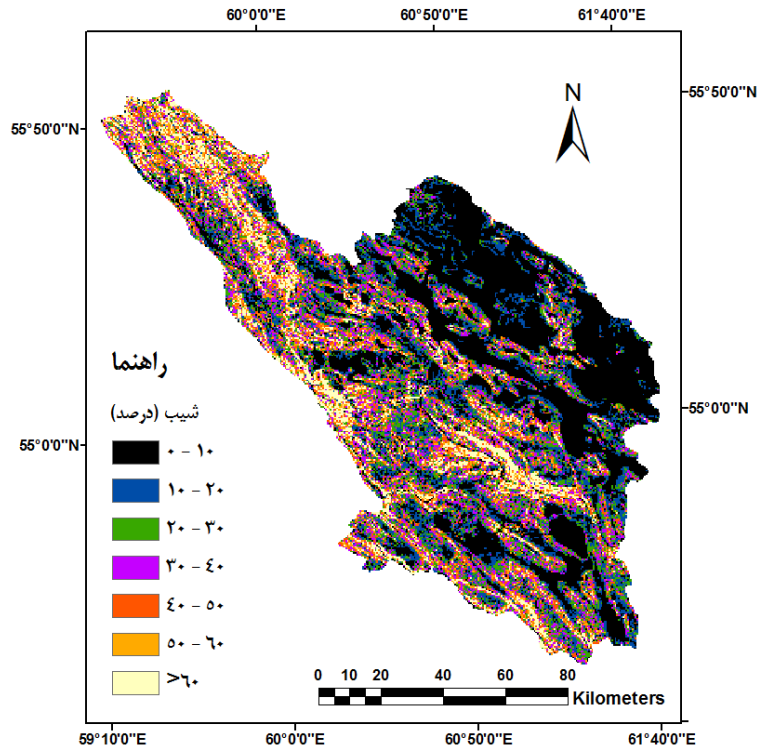
شکل ۳-۴ - شماتیکی از ورودی‌ها و خروجی‌های مدل WetSpass

۳-۲-۸-۳ - روش اجرای مدل WetSpass-M

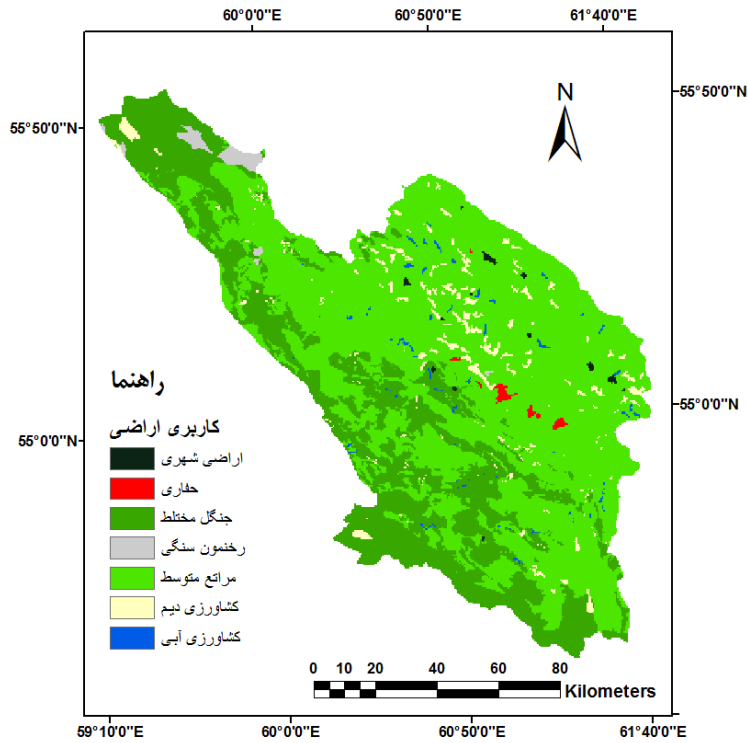
به منظور اجرای مدل ابتدا باید داده‌های ورودی آماده شوند. در این تحقیق نقشه‌های ورودی ماهانه پارامترهای بارش، دما، تبخیر از تشت، عمق آب زیرزمینی و سرعت باد در ارتفاع دو متر و نقشه‌های مدل رقومی ارتفاع، شیب زمین بر حسب درصد، کاربری اراضی و بافت خاک می‌باشند که تمامی نقشه‌ها با ابعاد پیکسل 500×500 متر، تعداد ستون ۳۶۳ و ۳۶۹ سطر در محیط نرم‌افزارهای Arc GIS و ILWIS تهیه شد. به دلیل دسترسی سخت به اطلاعات بافت خاک در قسمتی از حوضه (قسمتی از شمال و شمال شرق استان) و با توجه به این که تمامی نقشه‌ها باید دارای مرز یکسانی باشند، این بخش از حوضه برای مدل‌سازی با مدل WetSpass-M حذف شد. حداکثر ارتفاع این حوضه ۴۱۰۳ متر در ارتفاعات حوضه و حداقل ارتفاع آن ۷۹۹ متر در خروجی حوضه می‌باشد (شکل ۳-۵). نیمه غربی حوضه تنوع شیب بیشتری دارد در حالی که در نیمه شرقی حوضه بیشتر شیب کمتر از ۱۰ درصد مشاهده می‌شود. شیب متوسط این حوضه نیز حدود ۲۶ درصد است (شکل ۳-۶). انواع کاربری اراضی در این حوضه شامل اراضی شهری، حفاری، جنگل مختلط، رخنمون سنگی، مراتع متوسط، کشاورزی دیم و کشاورزی آبی هستند. عمده‌ترین کاربری اراضی حوضه مراتع متوسط است که حدود ۶۵ درصد از حوضه را پوشش می‌دهد (شکل ۳-۷). همچنین طبق طبقه‌بندی فائو، در حوضه مورد مطالعه انواع بافت خاک شنی، لوم شنی، لوم سیلتی، لومی، لوم رسی - شنی، لوم رسی - سیلتی، لوم رسی، رس شنی، رسی - سیلتی و رسی وجود دارد. عمده‌ترین بافت‌های خاک حوضه خاک رس شنی، لوم سیلتی و لوم رسی - سیلتی هستند که به ترتیب ۲۶، ۲۵ و ۲۴ درصد از حوضه مورد مطالعه را پوشش می‌دهند (شکل ۳-۸).



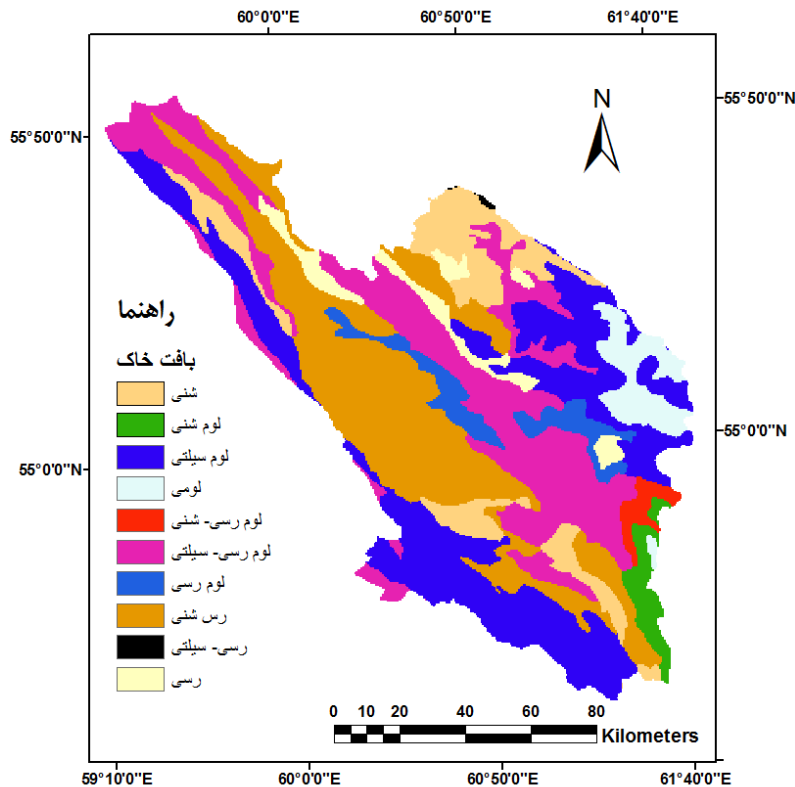
شکل ۳-۵ - نقشه مدل رقومی ارتفاع حوضه مورد مطالعه



شکل ۳-۶- نقشه شیب حوضه مورد مطالعه



شکل ۳-۷- نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه



شکل ۳-۸- نقشه بافت خاک حوضه مورد مطالعه

در تحقیق حاضر نقشه بافت خاک و نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری و داده‌های هواشناسی و هیدرومتری نیز از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان چهارمحال و بختیاری تهیه شدند. جدول ۳-۷ نیز مشخصات کلی ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه مورد مطالعه برای مدل‌سازی در این تحقیق استفاده شد را نشان می‌دهد.

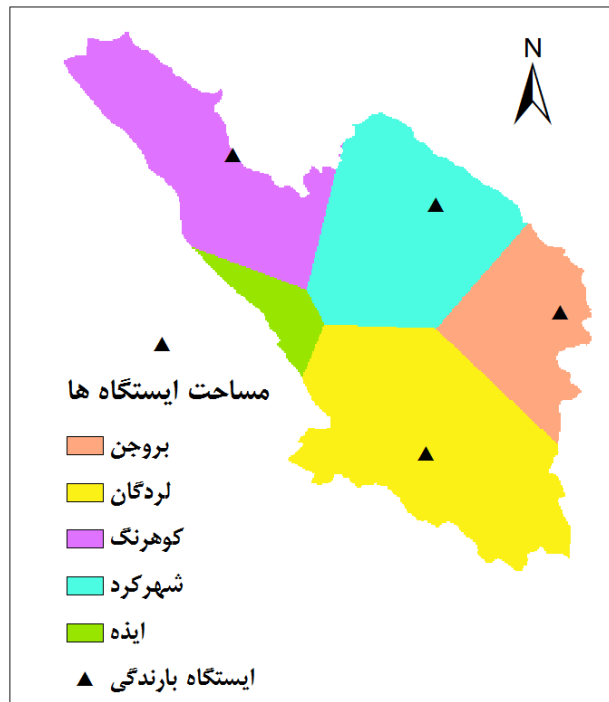
در این تحقیق متوسط مکانی تعداد روزهای بارانی حوضه برای هر ماه با استفاده از روش چند ضلعی‌های تیسن در نرم‌افزار ILWIS محاسبه شد. به این ترتیب با مشخص شدن سهم هر ایستگاه باران‌سنجی از مساحت کل حوضه، متوسط مکانی تعداد روزهای بارانی هر ماه به روش میانگین وزنی بدست آمد. در روش چند ضلعی‌های تیسن، ابتدا ایستگاه‌های مجاور به هم متصل شده تا مثلث‌هایی ایجاد شود، سپس با ترسیم عمود منصف اضلاع مثلث‌ها چند ضلعی‌هایی تشکیل می‌شود که هر ایستگاه داخل یکی از آن‌ها قرار خواهد گرفت (شکل ۳-۹). در نهایت با محاسبه مساحت مربوط به هر چند ضلعی و مقدار پارامتر در هر ایستگاه (تعداد روزهای بارانی) مقدار متوسط آن پارامتر در کل حوضه محاسبه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۶).

$$\bar{N} = \frac{\sum N_i A_i}{\sum A_i} \quad (3-43)$$

که در آن \bar{N} ، N_i و A_i به ترتیب میانگین تعداد روزهای بارانی، تعداد روزهای بارانی هر ایستگاه و مساحت مربوط به هر ایستگاه در چندضلعی‌های تیسن را نشان می‌دهند.

جدول ۳-۷- مشخصات کلی ایستگاه‌های داخل و خارج حوضه مورد مطالعه

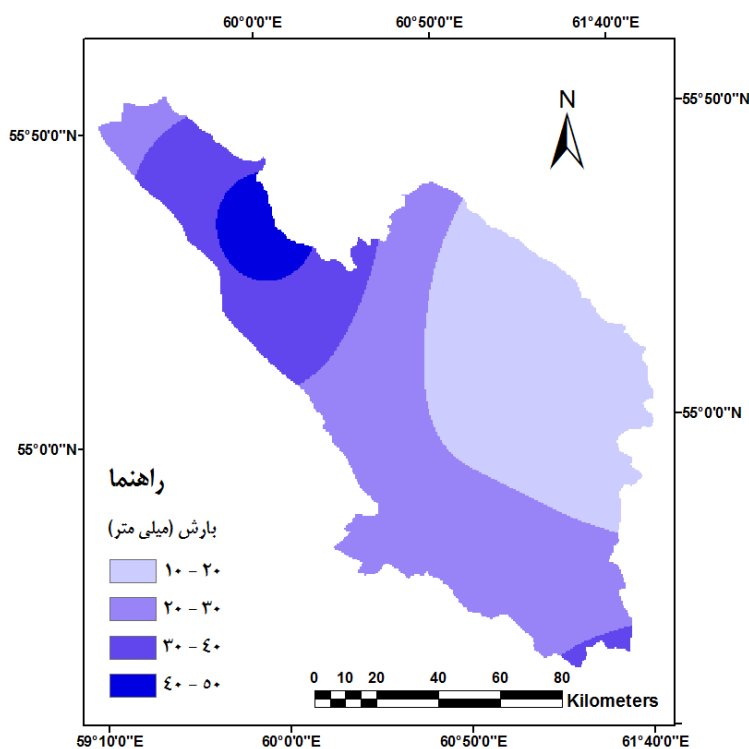
مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌ها					نوع ایستگاه	نام ایستگاه
ارتفاع (متر)	طول		عرض			
	درجه	دقیقه	درجه	دقیقه		
۱۶۲۹	۴۸	۴۵	۳۳	۵۵	هواشناسی / سینوپتیک	بروجرد
۲۰۲۲	۴۹	۴۲	۳۳	۲۴	هواشناسی / سینوپتیک	الیگودرز
۳۲۰/۵	۴۹	۱۷	۳۱	۵۶	هواشناسی / سینوپتیک	مسجد سلیمان
۷۶۷	۴۹	۵۲	۳۱	۵۱	هواشناسی / سینوپتیک	ایذه
۱۴۳	۴۸	۲۳	۳۲	۲۴	هواشناسی / سینوپتیک	دزفول
۶۷	۴۸	۵۰	۳۲	۰۳	هواشناسی / سینوپتیک	شوشتر
۸۲/۹	۴۸	۲۵	۳۲	۱۶	هواشناسی / سینوپتیک	صفی آباد
۱۸۳۱/۵	۵۱	۴۱	۳۰	۵۰	هواشناسی / سینوپتیک	یاسوج
۶/۶	۴۸	۱۵	۳۰	۲۲	هواشناسی / سینوپتیک	آبادان
۲۲/۵	۴۸	۴۰	۳۱	۲۰	هواشناسی / سینوپتیک	اهواز
۲۰۴۸/۹	۵۰	۵۱	۳۲	۱۷	هواشناسی / سینوپتیک	شهرکرد
۱۵۸۰	۵۰	۴۹	۳۱	۳۱	هواشناسی / سینوپتیک	لردگان
۲۱۹۷	۵۱	۱۸	۳۱	۵۷	هواشناسی / سینوپتیک	بروجن
۲۲۸۵	۵۰	۰۷	۳۲	۲۶	هواشناسی / سینوپتیک	کوه‌رنگ
۵۴۰	۴۸	۴۶	۳۲	۵۶	تبخیر سنجی	تنگ پیچ
۴۸۰	۴۸	۴۶	۳۲	۴۹	تبخیر سنجی	تله زنگ
۲۳۲۹	۵۱	۴۳	۳۱	۱۱	تبخیر سنجی	حنا
۲۳۸۰	۴۹	۵۰	۳۳	۱۴	تبخیر سنجی	آب باریک
۲۳۸۰	۵۰	۵۷	۳۱	۵۴	تبخیرسنجی / اقلیم‌شناسی	آورگان
۲۱۵۹	۵۱	۱۴	۳۱	۳۸	باران سنجی / تبخیرسنجی	سولگان
۸۲۰	۴۹	۳۶	۳۲	۰۴	تبخیر سنجی	سد عباسپور
۱۶۷۰	۵۰	۳۸	۳۲	۰۲	تبخیر سنجی	بهشت آباد
۲۱۵۰	۵۰	۲۰	۳۲	۱۴	تبخیر سنجی	دزک آباد
۱۴۹۰	۴۸	۴۸	۳۳	۴۷	تبخیر سنجی	رحیم آباد
۱۰۳۹	۵۰	۴۶	۳۱	۴۰	هیدرومتری	ارمند



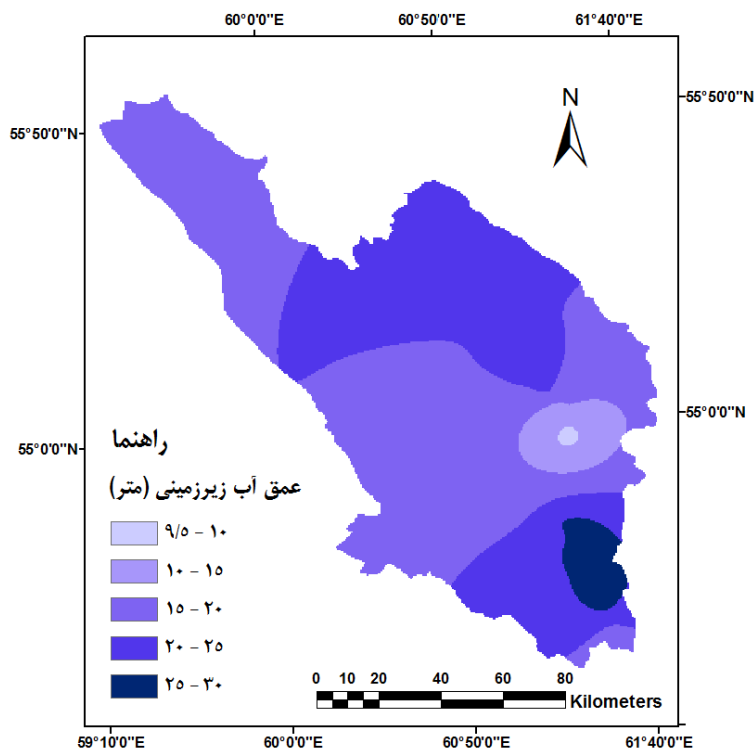
شکل ۳-۹- نقشه چند ضلعی‌های تیسسن و موقعیت و مساحت ایستگاه‌های بارندگی

نقشه‌های بارش، عمق آب زیرزمینی، سرعت باد، تبخیر از تشت و دما برای هر ماه از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ تهیه شد و شماره‌گذاری نقشه‌ها برای ورود به مدل WetSpas-M از یک شروع تا ماه آخر در دوره آماری نام‌گذاری شدند. به این صورت که ماه فروردین سال ۱۳۷۵ با شماره نقشه یک آغاز و آخرین نقشه که مربوط به اسفند سال ۱۳۹۱ بود با شماره نقشه ۲۰۴ نام‌گذاری شد. در نهایت برای هر یک از پارامتر (بارش، عمق آب زیرزمینی، سرعت باد، تبخیر از تشت و دما) ۲۰۴ نقشه تهیه شد. در این مطالعه به دلیل کوهستانی بودن منطقه و اهمیت رواناب ناشی از ذوب برف در حوضه مورد مطالعه نقشه پوشش سطح برف با استفاده از روش شاخص دما، نقشه مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌های هم‌دمای هر ماه در نرم‌افزار ILWIS تهیه شد. روش شاخص دما برای هر درجه حرارت بالای حد انجماد، مقدار مشخصی از ذوب برف را در نظر می‌گیرد (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۴). پارامترهای موردنیاز در بخش ذوب برف مدل، چگالی برف (Snow density)، فاکتور ذوب برف (Melt factor) و دمایی که بالاتر از آن ذوب برف صورت می‌گیرد (Base Temperature) می‌باشند (بیاتی، ۱۳۹۶). بنابراین ۲۰۴ نقشه پوشش برف نیز برای هر ماه در نرم‌افزار ILWIS تهیه شد. به منظور تهیه سری زمانی نقشه‌های هم‌بارش، هم‌عمق آب زیرزمینی و نقشه‌های هم‌میزان سرعت باد از روش درون‌یابی کریجینگ ساده استفاده شد. به عنوان نمونه نقشه‌های هم‌بارش، هم‌عمق آب زیرزمینی و هم‌میزان سرعت باد دی ماه سال ۱۳۹۰ در شکل‌های ۳-۱۰، ۳-۱۱ و ۳-۱۲ برای حوضه مورد مطالعه مشاهده می‌شود. کریجینگ تخمین‌گری نارایب است که تنها یک متغیر را پیش‌بینی می‌کند و واریانس تخمین آن حداقل است. از مزیت‌های این روش این است که مقدار خطا را ارائه می‌دهد بنابراین با مشخص شدن قسمتهایی از نقشه که خطای بیش‌تری دارند، برای کاهش خطا می‌توان در این قسمت‌ها از

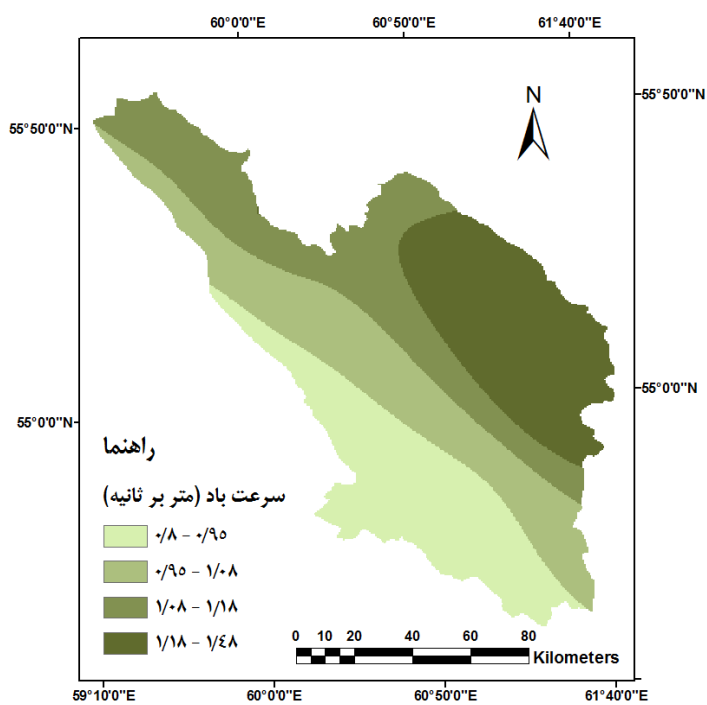
داده‌های بیش‌تری استفاده کرد (معروفی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین سری زمانی نقشه‌های تبخیر از تشت و هم‌دمای حوضه مورد مطالعه از رابطه همبستگی بین تبخیر از تشت و دما با ارتفاع ایستگاه‌ها استفاده شد. سپس با استفاده از روابط همبستگی بدست آمده بین پارامترهای مذکور در هر ماه و نقشه مدل رقومی ارتفاع حوضه، نقشه‌های مربوطه در نرم‌افزار ILWIS تهیه شدند. به عنوان نمونه نقشه‌های تبخیر از تشت و هم‌دمای حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰ در شکل‌های ۳-۱۳ و ۳-۱۴ مشاهده می‌شود. از آنجا که تعداد نقشه‌های ورودی مدل در مجموع ۱۲۲۸ نقشه رستری با فرمت Ascii بود به دلیل تعداد زیاد نقشه‌ها در این تحقیق میانگین ماهانه نقشه‌های هر سال نیز تهیه و در شکل‌های ۳-۱۵ تا ۳-۲۴ نشان داده شده است.



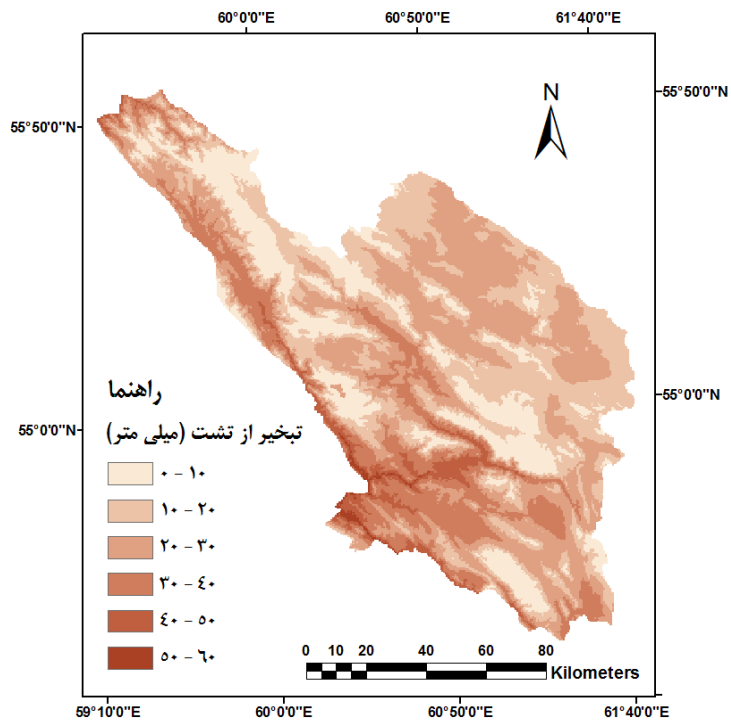
شکل ۳-۱۰- نقشه هم‌بارش حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰



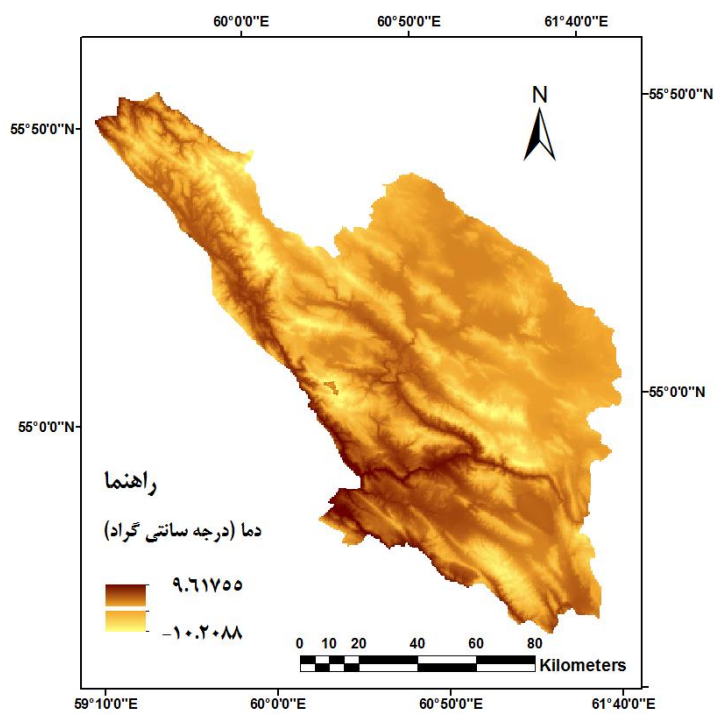
شکل ۳-۱۱- نقشه هم عمق آب زیرزمینی حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰



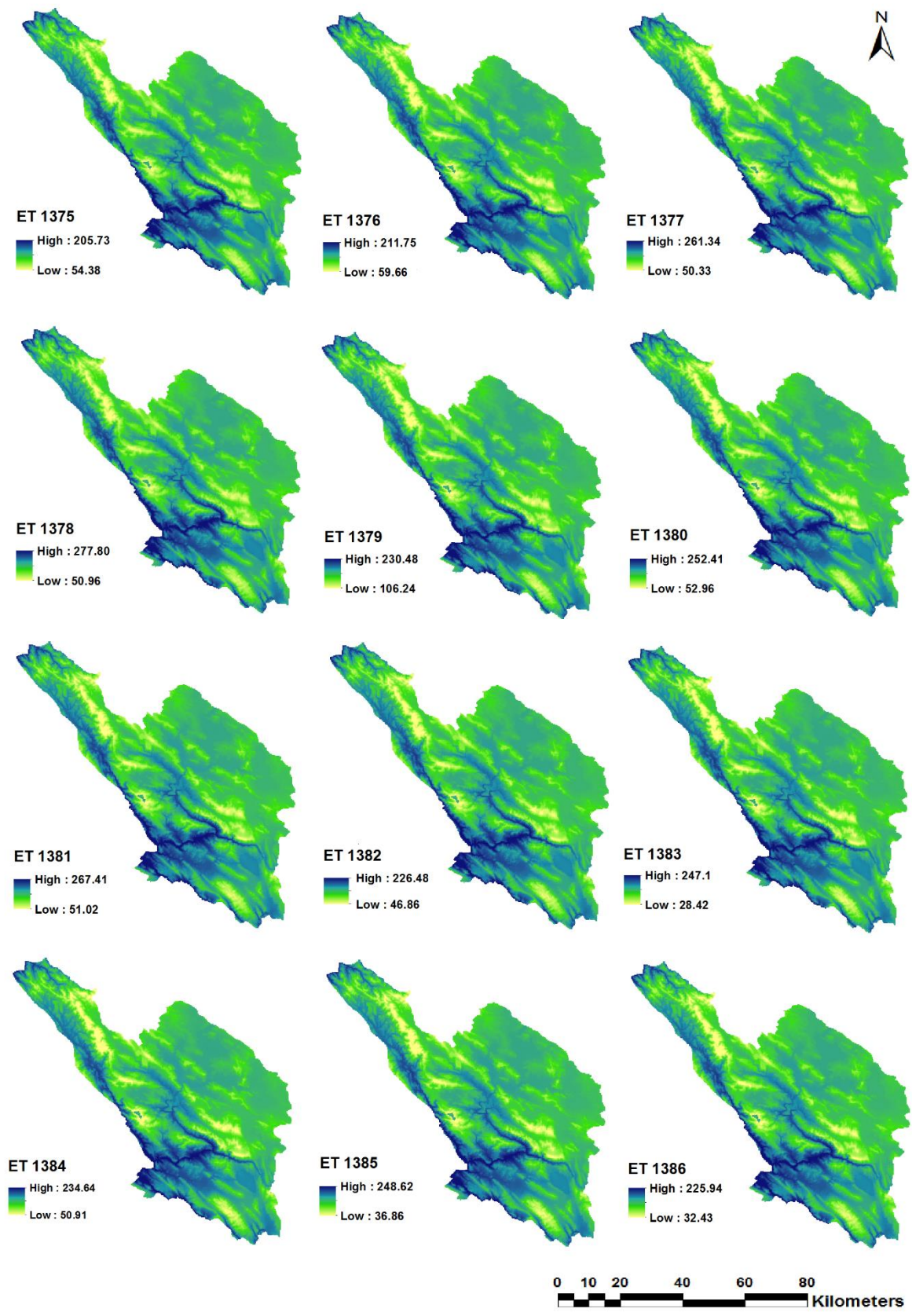
شکل ۳-۱۲- نقشه هم میزان سرعت باد حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰



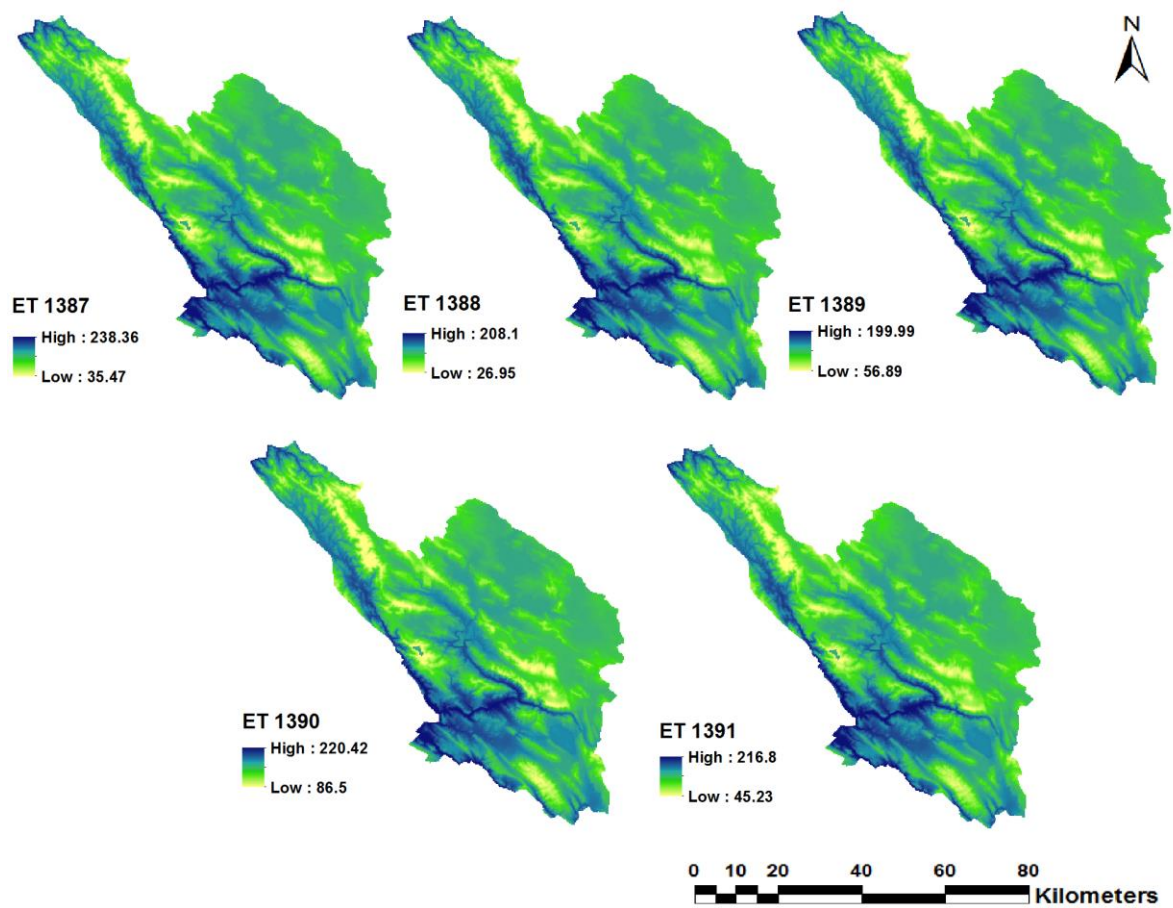
شکل ۳-۱۳- نقشه تبخیر از تشت حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰



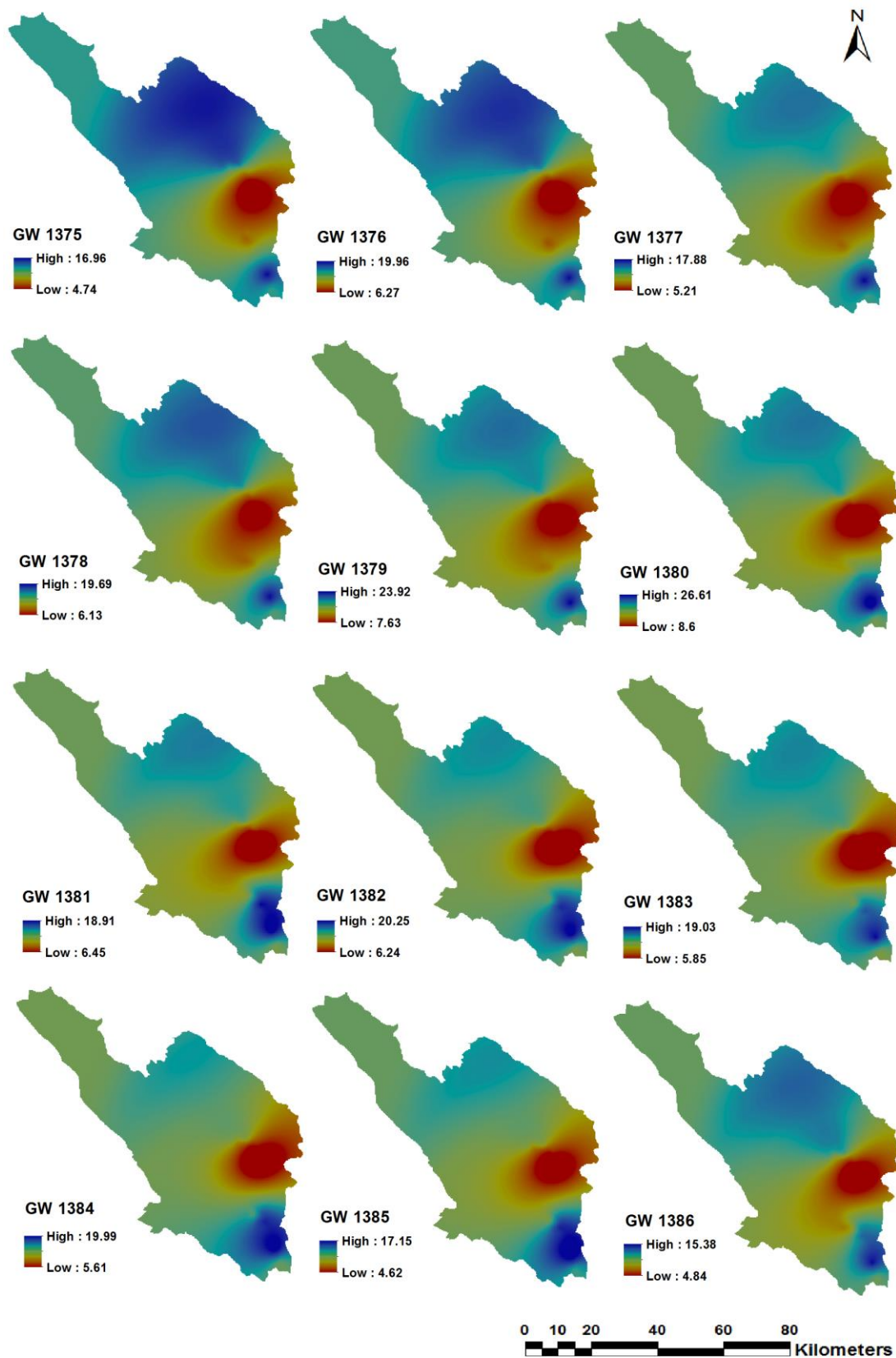
شکل ۳-۱۴- نقشه همدمای حوضه مورد مطالعه در دی ماه سال ۱۳۹۰



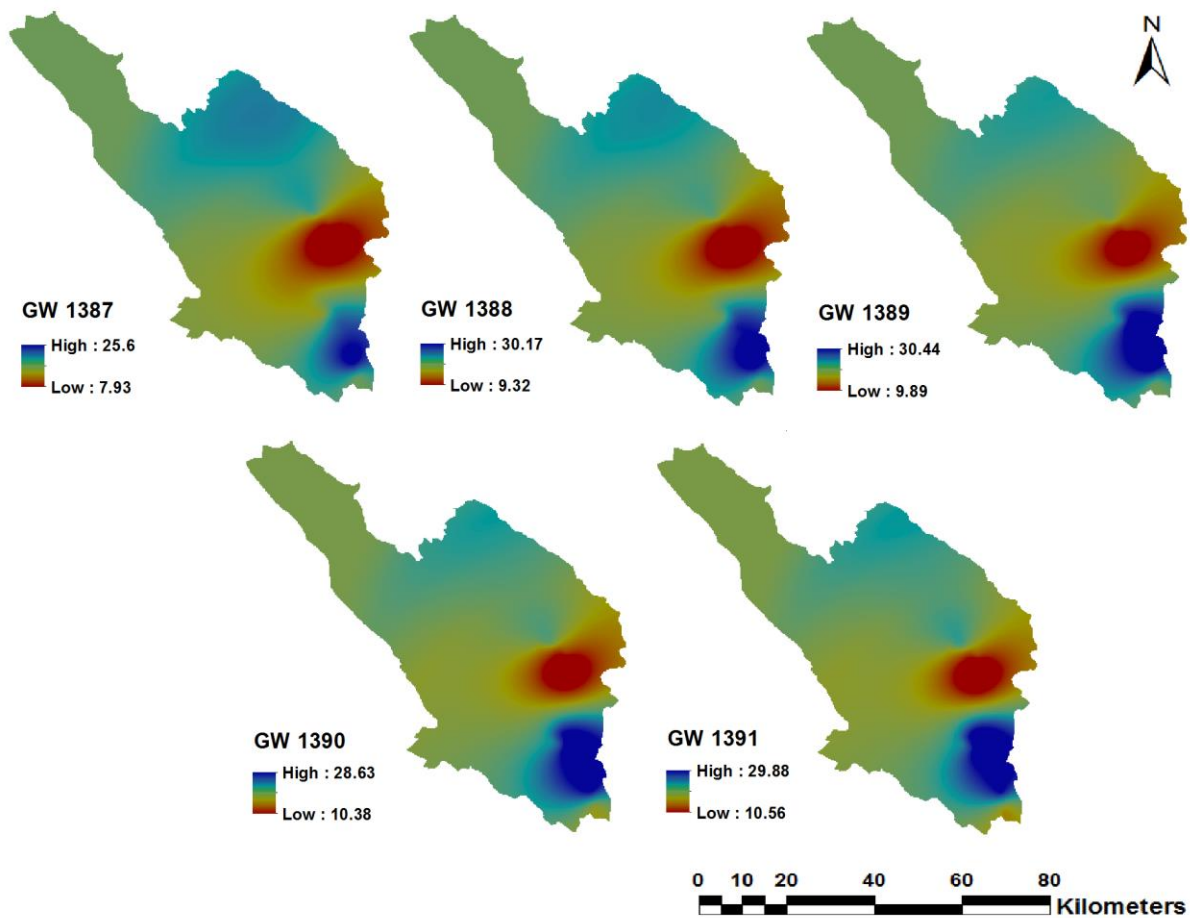
شکل ۳-۱۵- نقشه‌های میانگین سالانه تبخیر از تشت در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶



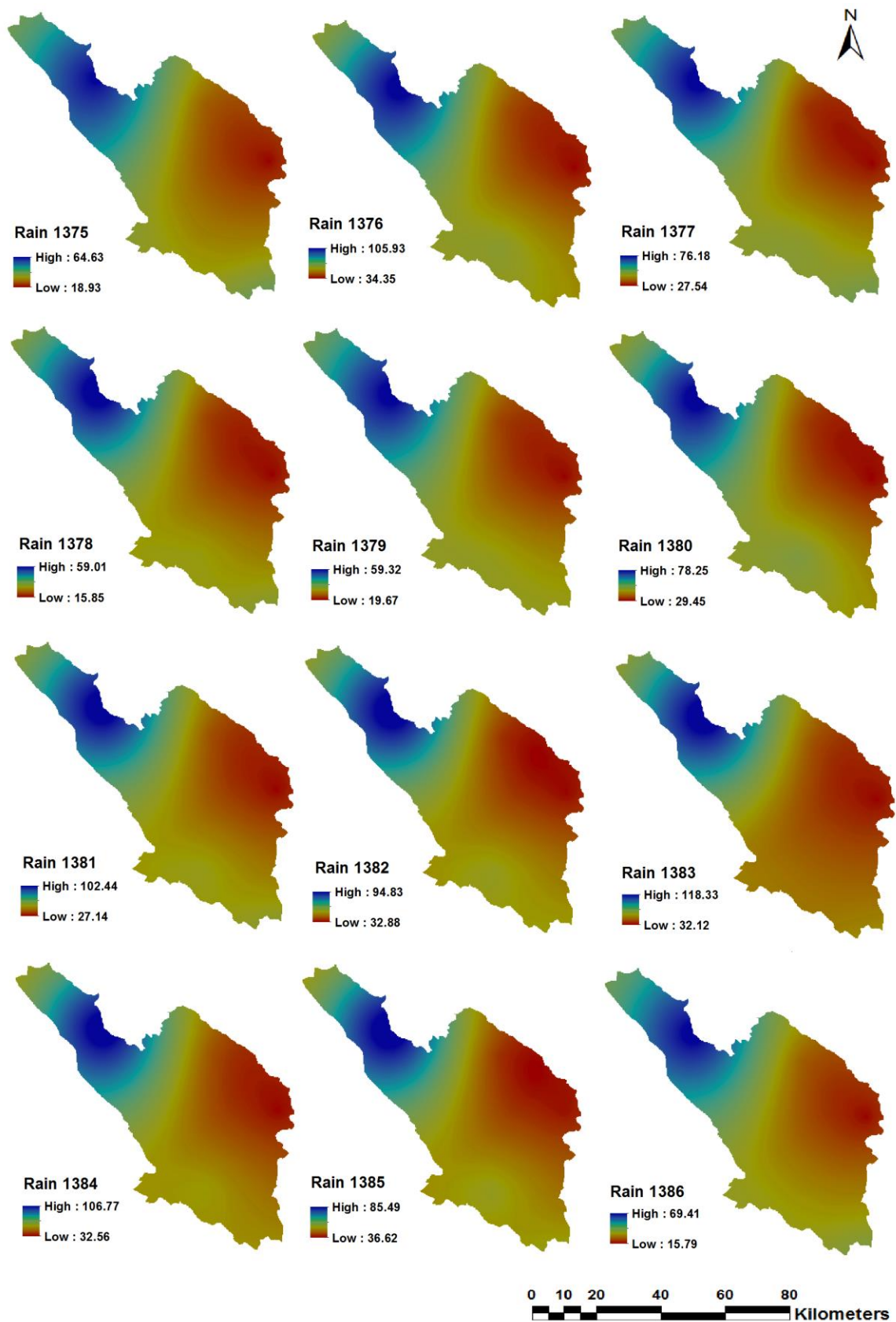
شکل ۳-۱۶- نقشه‌های میانگین سالانه تبخیر از تشت در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱



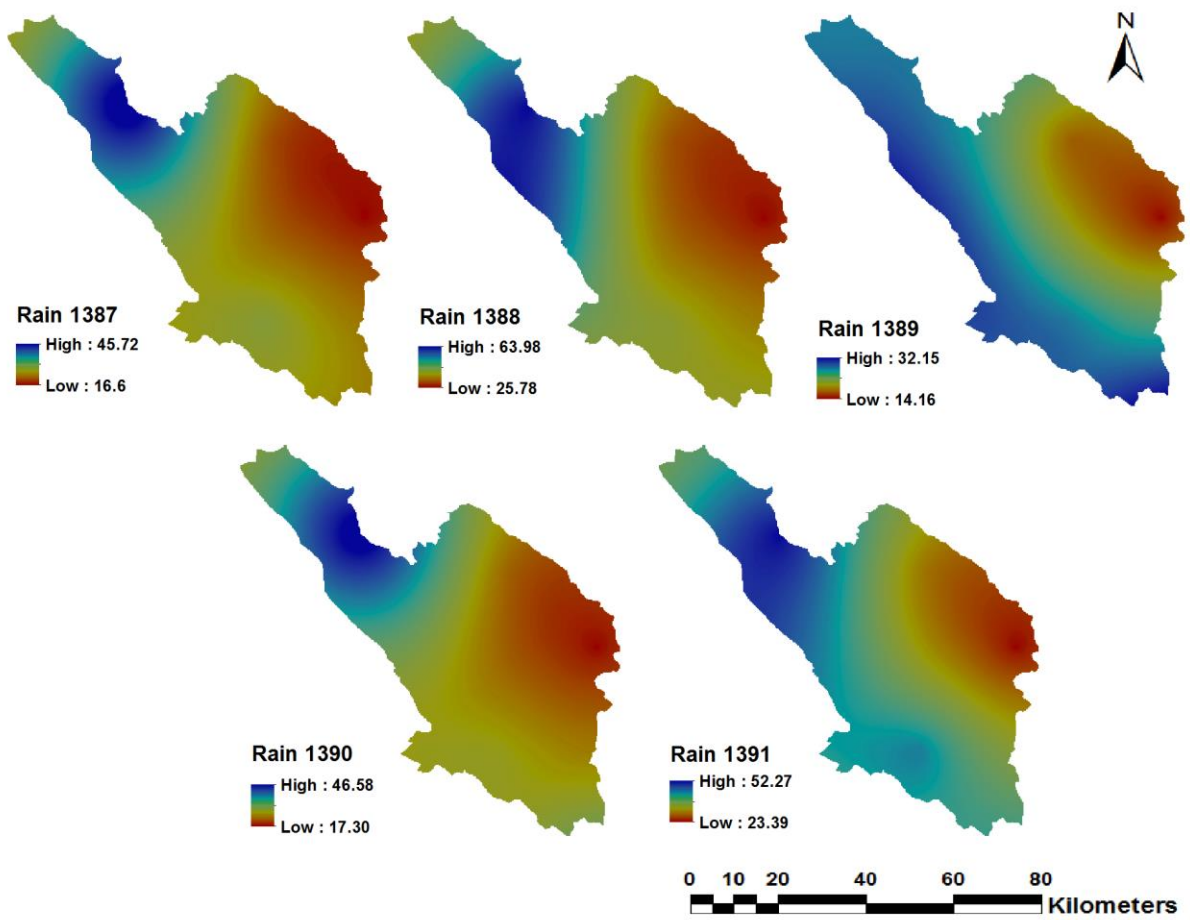
شکل ۳-۱۷- نقشه‌های میانگین سالانه عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶



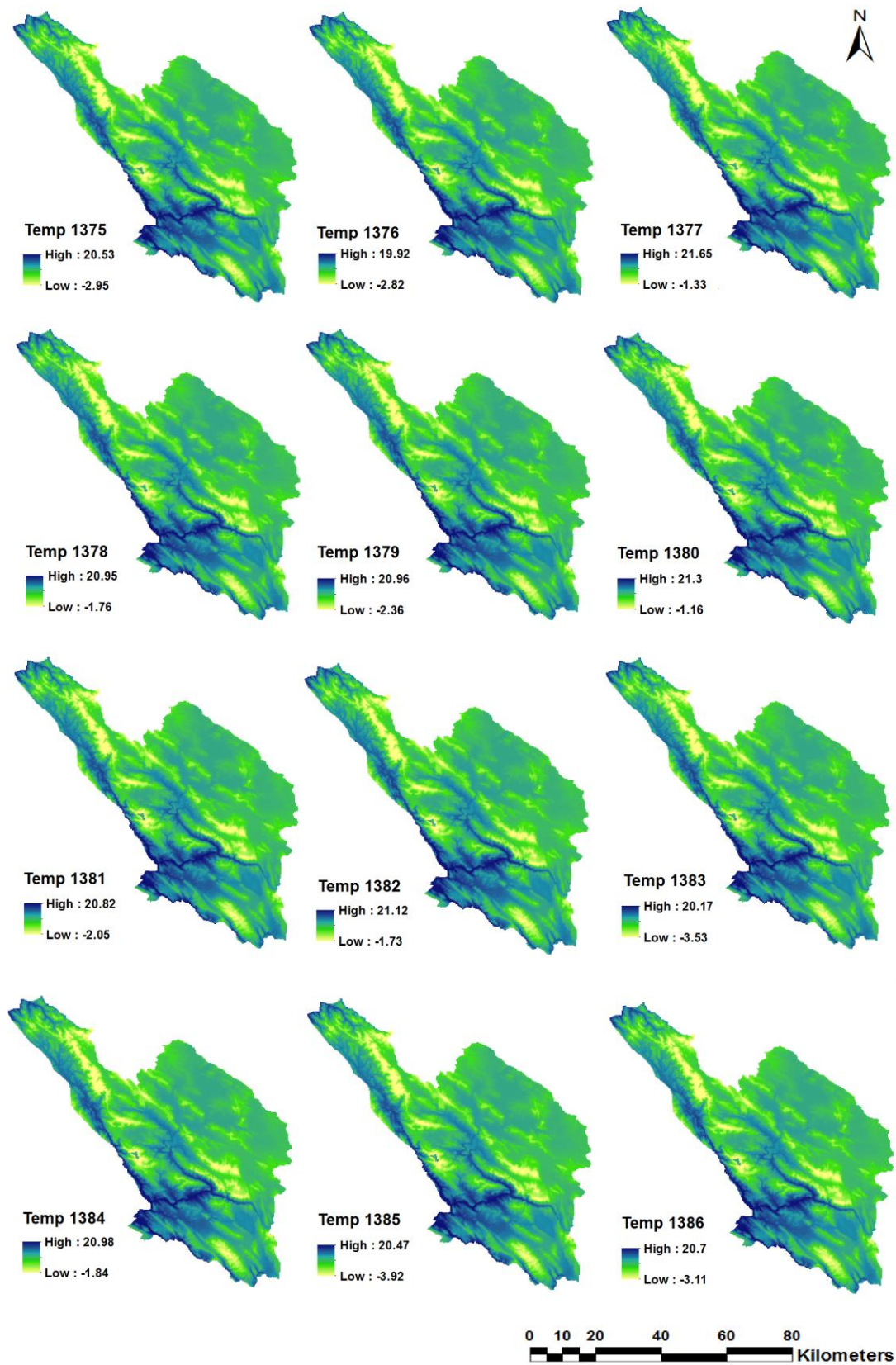
شکل ۳-۱۸- نقشه‌های میانگین سالانه عمق آب زیرزمینی در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱



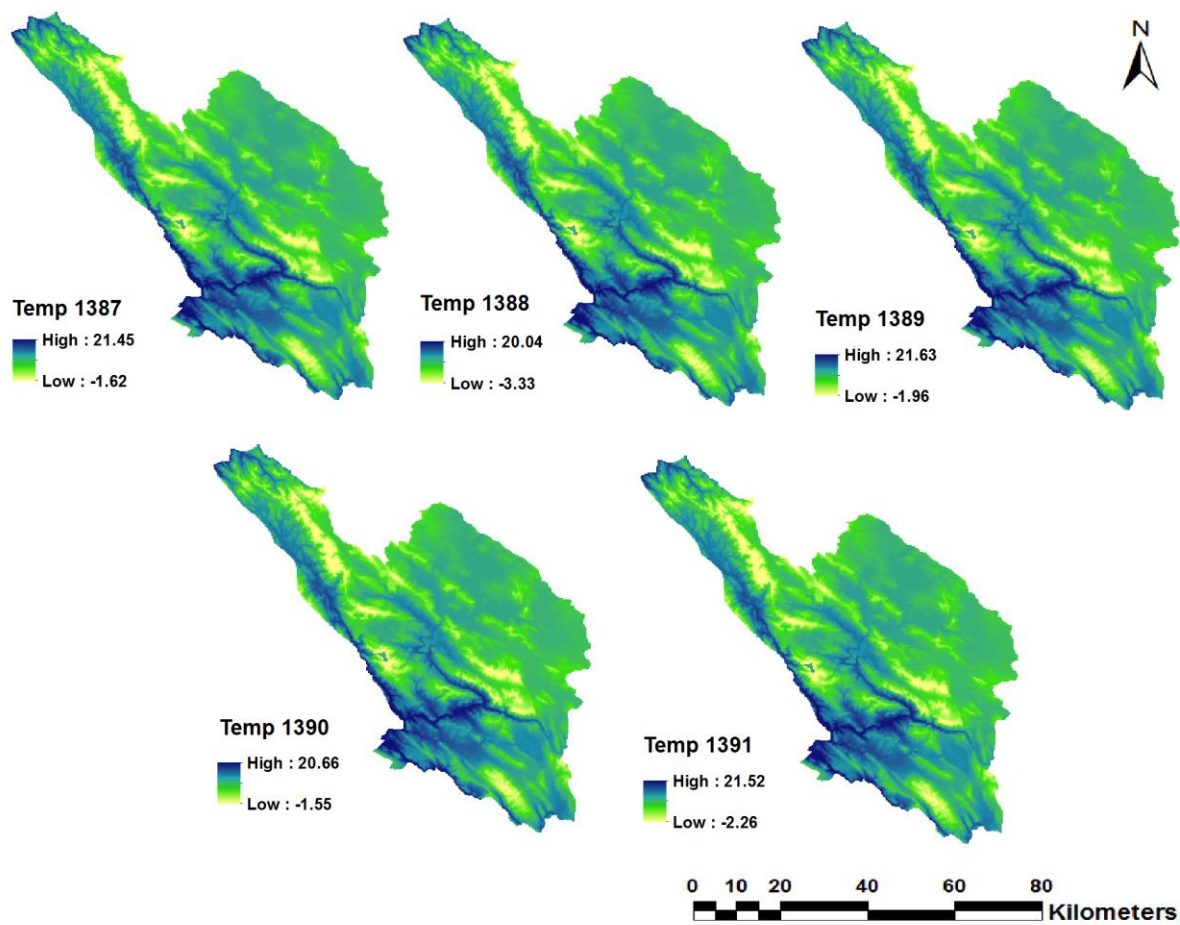
شکل ۳-۱۹- نقشه‌های میانگین سالانه بارش در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶



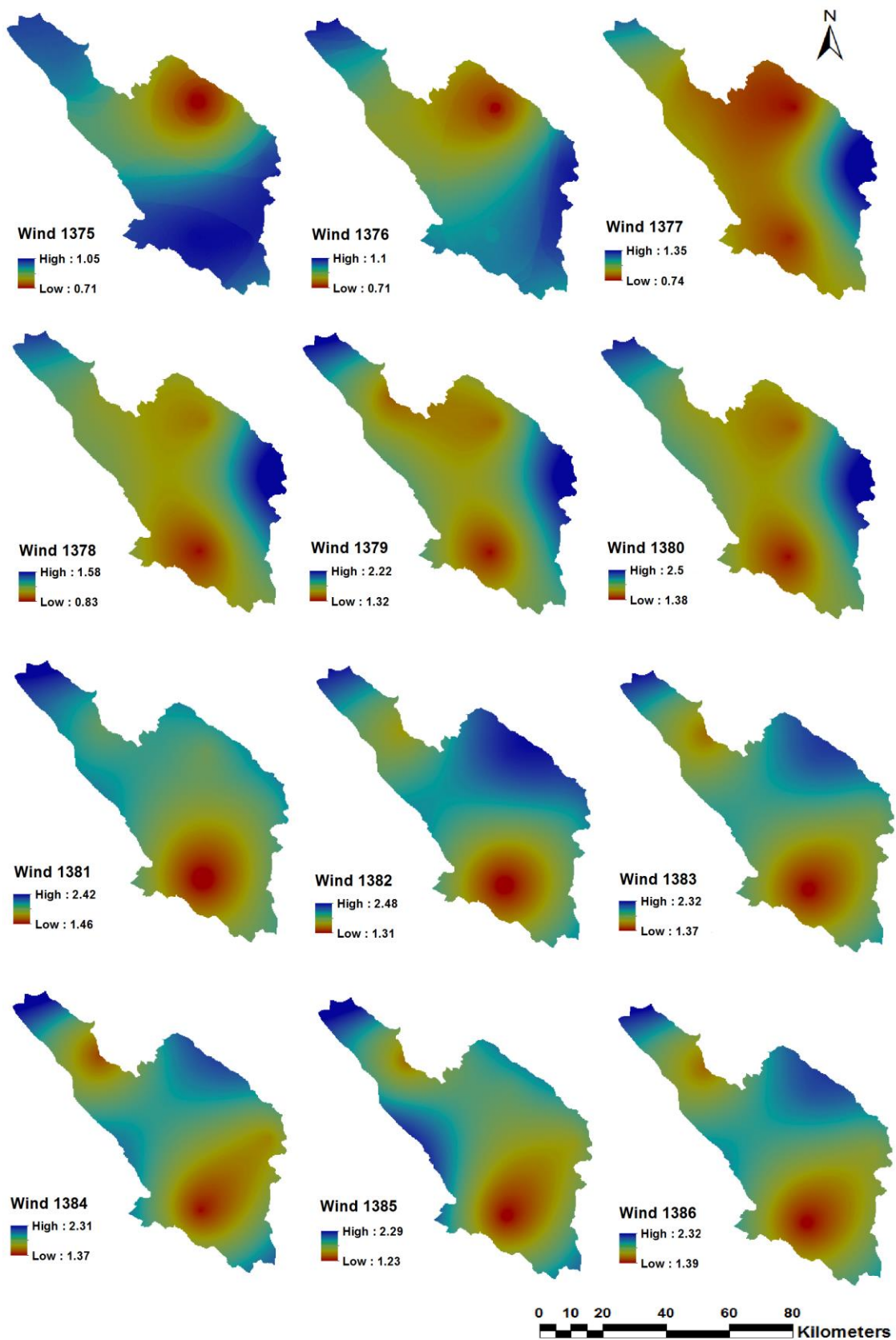
شکل ۳-۲- نقشه‌های میانگین سالانه بارش در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱



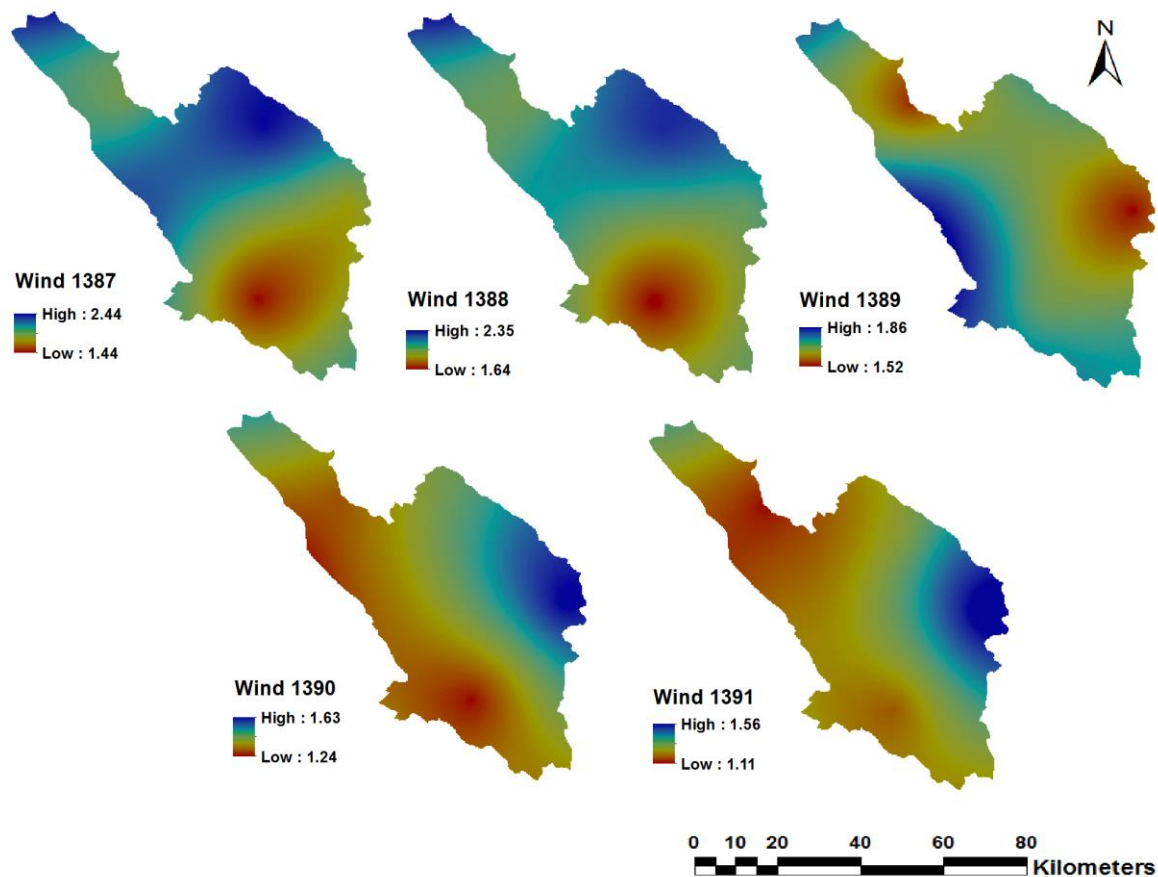
شکل ۳-۲۱- نقشه‌های میانگین سالانه دما در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶



شکل ۳-۲۲- نقشه‌های میانگین سالانه دما در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱



شکل ۳-۲۳- نقشه‌های میانگین سالانه سرعت باد در سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶



شکل ۳-۲۴- نقشه‌های میانگین سالانه سرعت باد در سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۱

۳-۲-۸-۴- واسنجی مدل WetSpas-M

فرایند واسنجی تنظیم پارامترهای مدل بر اساس بررسی نتایج در برابر مشاهدات برای اطمینان از همان پاسخ در طول زمان است. به عبارت دیگر مقایسه نتایج مدل که با استفاده از داده‌های هواشناسی بدست آمده با جریان ثبت شده است. در این فرایند پارامترهای مدل تا زمانی که الگوی جریان شبیه‌سازی شده مطابق جریان مشاهداتی گردد، تغییر داده می‌شوند (Abraham و همکاران، ۲۰۰۷). پارامترهای مدل WetSpas-M که مقدار آن‌ها طی فرایند واسنجی مدل مشخص می‌شود شامل برگاب a ، ضریب α و L_P و فاکتور ذوب برف MF می‌باشند. در این مطالعه واسنجی مدل به صورت دستی، با استفاده از روش سعی و خطا و با در نظر گرفتن ضریب نش- ساتکلیف به عنوان تابع هدف انجام شد. مقدار ضریب کارایی نش- ساتکلیف به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$ENS = 1 - \frac{\sum(Q_{obs} - Q_{sim})^2}{\sum(Q_{obs} - Q_{obs})^2} \quad (3-44)$$

که ENS ضریب کارایی نش- ساتکلیف، Q_{obs} دبی مشاهداتی، Q_{sim} دبی شبیه‌سازی شده و $\overline{Q_{obs}}$ میانگین دبی مشاهداتی هستند.

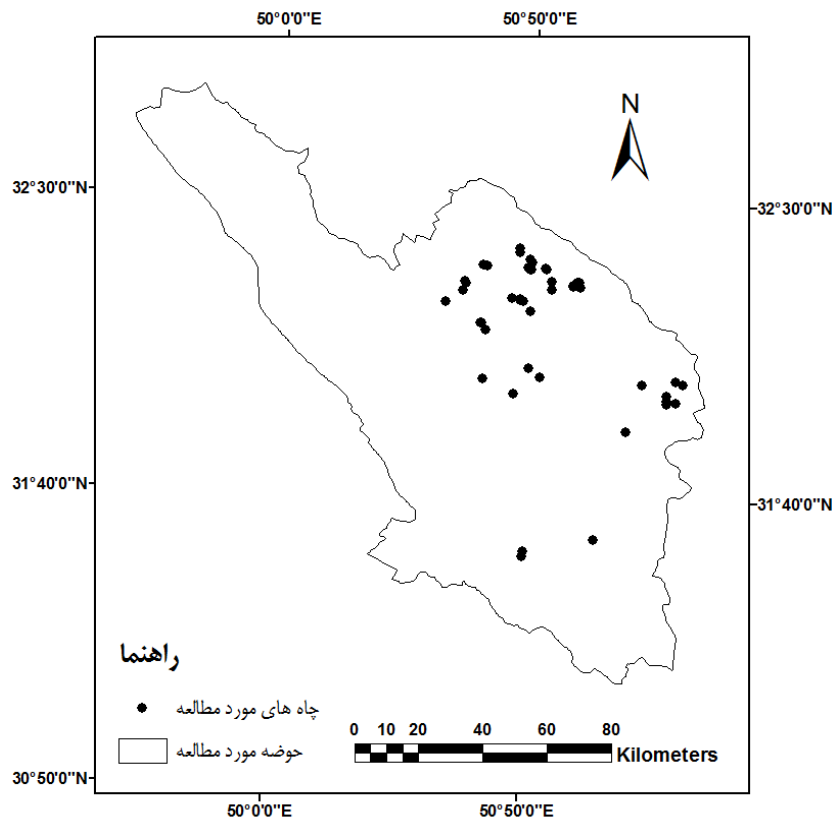
همچنین در این تحقیق، با استفاده از نرم‌افزار WHAT (Web-based Hydrograph Analysis Tool) و روش فیلتر دیجیتال بازگشتی، مقدار جریان پایه از داده‌های دبی روزانه مشاهداتی تفکیک شد. معادله این روش بصورت رابطه زیر است (Eckhardt، ۲۰۰۸).

$$q_t = \frac{(1 - BFI_{max})\alpha \times q_{t-1} + (1 - \alpha)BFI_{max}Q_t}{1 - \alpha BFI_{max}} \quad (3-45)$$

که q_t جریان پایه فیلتر شده در زمان t ، q_{t-1} جریان پایه فیلتر شده در زمان $t-1$ ، Q_t جریان کل در زمان t (بر حسب مترمکعب بر ثانیه)، α ثابت منحنی فرود، و BFI_{max} حداکثر مقدار شاخص جریان پایه هستند (Eckhardt، ۲۰۰۸).

۹-۲-۳- روش بررسی ارتباط پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب

نقشه‌های خروجی مدل WetSpas-M شامل نقشه‌های ماهانه رواناب، تغذیه آب زیرزمینی، تبخیر-تعرق واقعی و برگاب می‌باشند. از طرفی مقادیر پارامترهای EC، SAR، PH، نترات، فسفات و سختی کل در هر چاه نیز جمع‌آوری شد. سپس اقدام به بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و مؤلفه‌های بیلان آب شد. به همین منظور ابتدا جدول مربوط به موقعیت چاه‌ها تهیه و چاه‌های داخل حوضه شماره‌گذاری شدند. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc Gis فایل نقطه‌ای موقعیت چاه‌ها تهیه و یک بافر با شعاع ۵۰۰ متر اطراف هر چاه زده شد. همان‌طور که قبلاً گفته شد به دلیل در دسترس نبودن اطلاعات بافت خاک در قسمتی از استان چهارمحال و بختیاری، مرز حوضه برای تهیه نقشه‌های ورودی مدل کمی محدود شد و به تبع آن مرز نقشه-های خروجی مدل نیز بر اساس مرز جدید بودند. بنابراین تعدادی از چاه‌ها بیرون مرز جدید قرار گرفتند، از طرفی باتوجه به اینکه شعاع بافر برای هر چاه ۵۰۰ متر در نظر گرفته شد برخی روی هم قرار گرفتند در نتیجه تعدادی از چاه‌ها حذف شدند. شکل ۳-۲۵ موقعیت و جدول ۳-۸ مشخصات کلی چاه‌های مورد مطالعه در این بخش از تحقیق را نشان می‌دهند. سپس سیستم مختصات نقشه پلیگونی ایجاد شده، تعیین و به فرمت رستری و سپس اسکی تبدیل شد. پس از آن در نرم‌افزار الویس با استفاده از دستور cross سهم هر چاه از مقدار مؤلفه‌های بیلان آب در نقشه‌های خروجی مدل (نقشه‌های ماهانه رواناب، تغذیه آب زیرزمینی، تبخیر-تعرق واقعی و برگاب) برای هر ماه مشخص شد. در نهایت ارتباط بین مقادیر پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب از نظر زمانی و مکانی مورد ارزیابی قرار گرفت.



شکل ۳-۲۵- موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در حوضه

جدول ۳-۸- مشخصات کلی چاه‌های مورد مطالعه در حوضه

شماره چاه	منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	اردل	۴۶۹۷۵۰	۳۵۴۰۵۸۸
۲	آلونی	۵۰۵۶۷۶	۳۴۹۱۱۷۴
۳	بروجن	۵۲۷۱۶۷	۳۵۳۶۵۱۱
۴	بروجن	۵۲۷۱۷۷	۳۵۳۵۰۲۹
۵	بروجن	۵۲۷۳۵۶	۳۵۳۴۱۴۰
۶	بروجن	۵۳۰۰۵۴	۳۵۳۴۶۳۶
۸	بروجن	۵۳۰۱۴۲	۳۵۴۱۱۴۳
۹	بروجن	۵۳۲۲۳۳	۳۵۴۰۲۰۷
۹	جونقان	۴۶۸۷۱۳	۳۵۵۸۱۲۱
۱۰	جونقان	۴۶۹۰۵۹	۳۵۵۸۰۷۴
۱۱	جونقان	۴۷۰۳۷۲	۳۵۵۶۰۷۲
۱۲	سورسجان	۴۶۹۰۷۶	۳۵۷۶۳۳۶
۱۳	سورسجان	۴۷۰۲۴۸	۳۵۷۶۰۹۲
۱۴	شلمراز	۴۸۴۱۵۷	۳۵۴۴۲۰۵
۱۵	شهرکرد	۴۸۳۶۲۳	۳۵۷۵۱۹۷
۱۶	شهرکرد	۴۸۳۶۶۷	۳۵۷۸۵۲۸
۱۷	شهرکرد	۴۸۴۰۶۸	۳۵۷۵۱۴۶

۳۵۷۷۳۶۵	۴۸۴۲۱۲	شهرکرد	۱۸
۳۵۷۵۳۰۲	۴۸۸۹۴۱	شهرکرد	۱۹
۳۵۸۰۶۷۷	۴۸۰۳۳۳	شهرکرد	۲۰
۳۵۸۱۹۵۹	۴۸۰۳۸۶	شهرکرد	۲۱
۳۵۷۵۷۷۴	۴۸۳۲۵۱	شهرکرد	۲۲
۳۵۷۵۸۲۰	۴۸۸۶۳۶	شهرکرد	۲۳
۳۵۶۲۱۱۷	۴۸۴۱۷۹	طاقانک	۲۴
۳۵۶۴۵۹۸	۴۵۷۵۰۴	فارسان	۲۵
۳۵۷۱۰۲۳	۴۶۳۵۷۲	فارسان	۲۶
۳۵۷۰۳۶۵	۴۶۳۷۴۶	فارسان	۲۷
۳۵۶۸۲۱۷	۴۶۳۰۱۷	فارسان	۲۸
۳۵۳۹۸۳۱	۵۱۹۴۶۳	فردنبه	۲۹
۳۵۷۰۵۲۰	۴۹۷۲۱۹	فرخ شهر	۳۰
۳۵۶۹۹۷۷	۴۹۹۴۶۳	فرخ شهر	۳۱
۳۵۷۰۱۳۲	۴۹۷۲۹۶	فرخ شهر	۳۲
۳۵۷۱۶۱۱	۴۹۸۶۹۷	فرخ شهر	۳۳
۳۵۷۱۴۲۸	۴۹۹۱۴۴	فرخ شهر	۳۴
۳۵۶۹۰۴۳	۴۹۰۵۹۰	کیان	۳۵
۳۵۷۱۵۷۴	۴۹۰۶۷۶	کیان	۳۶
۳۵۲۵۲۵۶	۵۱۴۹۵۱	گندمان	۳۷
۳۵۴۱۶۰۱	۴۸۷۶۶۰	گهرو	۳۸
۳۴۸۵۲۷۶	۴۸۳۳۵۷	لردگان	۳۹
۳۴۸۷۰۳۱	۴۸۳۹۰۲	لردگان	۴۰
۳۵۳۶۱۷۳	۴۷۹۳۷۶	ناغان	۴۱
۳۵۶۶۱۴۲	۴۷۸۲۰۹	هفشجان	۴۲
۳۵۶۵۷۷۲	۴۸۰۹۱۴	هفشجان	۴۳
۳۵۶۵۴۳۸	۴۸۱۰۲۰	هفشجان	۴۴
۳۵۶۵۲۹۱	۴۸۱۷۸۲	هفشجان	۴۵

۱۰-۲-۳- بررسی کیفیت آب در مناطق دارای منبع آلاینده

به منظور بررسی کیفیت آب در مناطق دارای منبع آلاینده نیز ابتدا جدول مربوط به موقعیت آلاینده‌ها و پس از آن در نرم‌افزار Arc Gis فایل نقطه‌ای آن تهیه و سه بافر با شعاع‌های پانصد متر، یک کیلومتر و پنج کیلومتر اطراف موقعیت هر آلاینده زده شد. سپس سیستم مختصات نقشه‌های پلیگونی ایجاد شده، تعیین و به فرمت رستری و سپس اسکی تبدیل شدند. پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی شده شاخص IRWQI در سال ۱۳۹۶، در نرم‌افزار الویس با استفاده از دستور cross کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI تا شعاع پانصد متر، یک کیلومتر و ۵ کیلومتر در اطراف هر منبع آلاینده مشخص شد. در نهایت کیفیت آب در اطراف هر منبع آلاینده در شعاع‌های پانصد متر، یک و پنج کیلومتری مقایسه شدند.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۱-۴- بررسی مقادیر پارامترهای کیفی آب و محاسبه شاخص‌ها

در این تحقیق بعد از انجام آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و اطمینان از نرمال بودن داده‌های کیفیت آب، شاخص کیفیت آب زیرزمینی IRWQI در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۶ و شاخص SPI در سال ۱۳۹۶ برای ۱۳۲ چاه مورد مطالعه محاسبه شدند. از آنجا که تعداد پارامترهای کیفی آب زیاد بود به منظور توصیف بهتر وضعیت کیفیت آب از شاخص کیفیت آب زیرزمینی استفاده شد. شاخص‌ها، داده‌ها را خلاصه نموده و کیفیت آب را با یک عدد مشخص می‌کنند. بنابراین، کیفیت آب زیرزمینی در چاه‌های مورد مطالعه طبق شاخص IRWQI مورد بررسی قرار گرفت. در فصل قبل جدول وضعیت کیفیت آب بر اساس این شاخص ارائه شد. با مقایسه مقادیر شاخص بدست آمده مربوط به هر چاه در منطقه مورد مطالعه با جدول ذکر شده، وضعیت کیفیت آب در برخی چاه‌ها غیر مطلوب (بد و نسبتاً بد) بود. جدول ۴-۱ آمار این چاه‌ها و کاربری‌های آن‌ها را نشان می‌دهد. از این ۵۴ چاه دارای کیفیت غیر مطلوب، تعداد ۲۰ چاه مربوط به کاربری مسکونی و ۲۴ چاه مربوط به کاربری کشاورزی بودند. از دلایل پایین بودن کیفیت آب در این چاه‌ها می‌توان به استفاده از کودهای شیمیایی، گسترش فاضلاب‌های شهری و صنعتی و دامداری‌ها اشاره کرد.

جدول ۴-۱- آمار چاه‌های با میزان IRWQI غیر مطلوب (بد و نسبتاً بد) در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶

شماره	منطقه	محل نمونه برداری	کاربری	IRWQI
۱	سفیددشت	چاه ۴ سفیددشت	مرتع	۱۷/۶
۲	فراذنبه	چاه ۵	مرتع	۱۸
۳	سورشجان	چاه ۲ سورشجان	مسکونی	۲۲/۸
۴	فراذنبه	چاه شماره ۴ جاده عباس آباد (غیر فعال)	کشاورزی	۲۴
۵	فراذنبه	چاه شماره ۲ جاده عباس آباد (غیر فعال)	کشاورزی	۲۵/۸
۶	سامان	چاه ۳-خ امام	باغ	۲۷/۱
۷	سامان	چاه ۲،۱	باغ	۲۸/۸
۸	لردگان	چاه شماره ۱۵ اداره آب	مسکونی	۲۸/۸
۹	لردگان	چاه شماره ۴-نهالستان	مسکونی	۲۸/۸
۱۰	سامان	چاه ۱-خ امام	مسکونی	۲۸/۹

۲۹/۵	باغ	چاه ۲-جاده شهرکرد	سامان	۱۱
۳۰	مسکونی	چاه ۱ خ شهررداری	هفشجان	۱۲
۳۰/۴	مسکونی	چاه ۴ خ امام	سامان	۱۳
۳۱/۴	کشاورزی	چاه ۱۶ - محوطه	شهرکرد	۱۴
۳۳/۲	کشاورزی	چاه ۱۰,۱ - محوطه	شهرکرد	۱۵
۳۴/۱	باغ	چاه ۷ خ امام	سامان	۱۶
۳۴/۴	کشاورزی	چاه ۱۷	بروجن	۱۷
۳۵/۲	کشاورزی	چاه شماره ۲	جونقان	۱۸
۳۵/۳	کشاورزی	چاه ۴ - پارک معلم	هفشجان	۱۹
۳۵/۵	مرتع	چاه ۱۲ - مرجن	بروجن	۲۰
۳۶	کشاورزی	چاه ۳ - پارک جنگلی	بروجن	۲۱
۳۶	مسکونی	چاه شماره ۳ حاجی اباد	لردگان	۲۲
۳۶/۷	مسکونی	چاه ۱۲ - محوطه	شهرکرد	۲۳
۳۷	مسکونی	چاه ۲ مدرسه شهید چمران	هفشجان	۲۴
۳۷/۳	کشاورزی	چاه ۴ - سیاسرد	بروجن	۲۵
۳۷/۳	کشاورزی	چاه شماره ۳ جاده کمر بندی	سورشجان	۲۶
۳۷/۸	مرتع	چاه ۱۳ - مرجن	بروجن	۲۷
۳۷/۸	مسکونی	چاه ۱۶	بروجن	۲۸
۳۸/۳	کشاورزی	چاه ۲۲ - کمر بندی	شهرکرد	۲۹
۳۸/۴	مسکونی	چاه ۷,۱ - محوطه	شهرکرد	۳۰
۳۸/۶	کشاورزی	چاه ۲۵ - کمر بندی	شهرکرد	۳۱
۳۹	مسکونی	چاه ۱ - مقابل ساختمان دادگاه	گندمان	۳۲
۳۹/۲	کشاورزی	چاه شماره ۱ نرسیده به فیل آباد زیر	بابا حیدر	۳۳
۳۹/۲	کشاورزی	چاه شماره ۴	جونقان	۳۴
۳۹/۵	کشاورزی	چاه ۴,۱ - محوطه	شهرکرد	۳۵
۳۹/۶	کشاورزی	چاه ۱۰ - نقنه	بروجن	۳۶
۳۹/۷	مرتع	چاه ۱۱ - مرجن	بروجن	۳۷
۳۹/۷	مسکونی	چاه ۱۲,۱ - محوطه	شهرکرد	۳۸
۴۰	مسکونی	چاه ۱۴ هنرستان	بروجن	۳۹
۴۰	کشاورزی	چاه ۸,۱ - محوطه	شهرکرد	۴۰
۴۰/۱	مسکونی	چاه شماره ۲ حاجی آباد	لردگان	۴۱
۴۰/۷	مسکونی	چاه ۵ - جاده سیاسرد	بروجن	۴۲
۴۱/۳	جنگل	چاه ۲۰	بروجن	۴۳
۴۲/۱	مسکونی	چاه ۱۵ هنرستان	بروجن	۴۴
۴۳/۱	مسکونی	چاه ۲۰ - چالستر	شهرکرد	۴۵
۴۳/۲	کشاورزی	چاه ۱ - خ زاینده رود	سودجان	۴۶
۴۳/۳	مسکونی	چاه ۳۲ - فرودگاه	شهرکرد	۴۷
۴۳/۶	کشاورزی	چاه ۳	نافچ	۴۸
۴۴	کشاورزی	چاه ۱۹ - اشکفتک	شهرکرد	۴۹
۴۴	کشاورزی	چاه جدید کیان (شماره ۶ کیان)	کیان	۵۰
۴۴/۱	مسکونی	چاه ۲ - ترمینال	لردگان	۵۱
۴۴/۷	کشاورزی	چاه ۲۴ - کمر بندی	شهرکرد	۵۲
۴۴/۹	کشاورزی	چاه ۱۹	بروجن	۵۳
۴۴/۹	کشاورزی	چاه ۳۳ - فرودگاه	شهرکرد	۵۴

همچنین مقایسه‌ای بین مقدار نیترات در چاه‌های مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶ با مقدار مجاز آن صورت گرفت. طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در مورد مقدار نیترات و نیتريت، مجموع نسبت غلظت هر کدام به مقادیر توصیه شده نباید از یک بیشتر باشد و حداکثر مجاز نیترات و نیتريت به ترتیب ۵۰ و ۳ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. جدول ۴-۲ آمار چاه‌هایی که مقدار نیترات آن‌ها در سال ۱۳۹۶ بیشتر از حد مجاز بود، ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول مشاهده می‌شود، مقدار نیترات فقط در چاه‌های با کاربری مسکونی و کشاورزی زیاد بوده است. دلیل این امر را می‌توان به مصرف بیش‌ازحد کودهای نیتروژن‌دار و آبشویی نیترات خاک در اثر آبیاری در این مناطق نسبت داد. جدول ۴-۳ نیز آمار چاه‌های با مقدار منیزیم بیش از حد مجاز را نشان می‌دهد. حداکثر مطلوب مقدار منیزیم ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

جدول ۴-۲- آمار چاه‌های با نیترات بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶

ردیف	منطقه	چاه	کاربری	غلظت نیترات (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	بروجن		مسکونی	۷۵
۲	بروجن		کشاورزی	۶۶/۳
۳	فرادنبه		کشاورزی	۷۱
۴	فرادنبه		کشاورزی	۶۵
۵	شهرکرد		کشاورزی	۵۱/۵
۶	شهرکرد		کشاورزی	۶۱/۵
۷	لردگان		مسکونی	۵۲/۴
۸	هفشجان		کشاورزی	۵۱/۳۴
۹	هفشجان		مسکونی	۵۸/۸
۱۰	هفشجان		مسکونی	۵۸/۸
۱	لردگان	چاه شماره ۴-نهلستان	مسکونی	۵۱/۵
۲	بروجن	چاه ۱۷	کشاورزی	۵۳/۳
۳	فرادنبه	چاه شماره ۲ جاده عباس آباد(غیر فعال)	کشاورزی	۵۴/۷
۴	فرادنبه	چاه شماره ۴ جاده عباس آباد(غیر فعال)	کشاورزی	۶۵
۵	هفشجان	چاه ۱ خ شهرداری	مسکونی	۷۲/۳

جدول ۴-۳- آمار چاه‌های با مقدار منیزیم بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶

ردیف	منطقه	چاه	کاربری	غلظت منیزیم (میلی‌گرم بر لیتر)
۱	لردگان	چاه شماره ۲ حاجی آباد	مسکونی	۴۰/۷۲۶۸
۲	لردگان	چاه شماره ۳ حاجی آباد	مسکونی	۳۵/۶۲۳۸
۳	لردگان	چاه شماره ۴-نهلستان	مسکونی	۳۵/۱۳۷۸
۴	لردگان	چاه شماره ۵ اداره آب	مسکونی	۳۵/۶۷۲۴
۵	سورسجان	چاه ۲ سورسجان	مسکونی	۴۲/۲۸۲
۶	سفیددشت	چاه ۴ سفیددشت	کشاورزی	۳۸/۱۰۲۴
۷	فرادنبه	چاه ۵	مرتع	۴۵/۳۹۲۴

یکی دیگر از پارامترهای کیفی مورد بررسی در چاه‌های استان، میزان کدورت بود. حد مطلوب کدورت در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران یک NTU و حداکثر مجاز آن پنج NTU می‌باشد. تأمین کدورت کم تر یا مساوی یک NTU در خروجی تصفیه خانه‌های متعارف آب الزامی می‌باشد. جدول ۴-۴ چاه‌های با کدورت بیش از حد مجاز را نشان می‌دهد.

جدول ۴-۴- آمار چاه‌های با کدورت بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶

ردیف	منطقه	چاه	کاربری	کدورت (NTU) ^۱
۱	بروجن	چاه ۷ عطاکله	کشاورزی	۵/۵۲
۲	فارسان	چاه ۳ فارسان	مسکونی	۸/۵
۳	چلگرد	چشمه خط انتقال	کشاورزی	۹/۱۲
۴	سفیددشت	چاه ۴ سفیددشت	کشاورزی	۱۰/۵
۵	بابا حیدر	چاه شماره ۲ نرسیده به جاده	کشاورزی	۱۱
۶	سودجان	آب‌های سطحی	مرتع	۱۵/۴۲

حد مطلوب PH بین ۸/۵-۶/۵ و مقدار مجاز آن بین ۹-۶/۵ است. با توجه میزان حد مطلوب در سال ۱۳۹۶ مقدار PH در تمامی چاه‌ها مطلوب بود. همچنین حد مطلوب سختی کل در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱۰۰۰ و حداکثر مجاز آن ۱۵۰۰ می‌باشد. در نتیجه آب شرب استان چهارمحال و بختیاری از نظر میزان سختی کل مشکلی نداشت و این مقدار در حد مطلوب بود. حد مطلوب سولفات در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۲۵۰ و حداکثر مجاز آن ۴۰۰ می‌باشد. حد مطلوب آمونیاک NH_3 در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۱/۵ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. حد مطلوب سدیم نیز در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۲۰۰ و حداکثر مجاز آن ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد، ولی در شرایط نبودن منبع آب با کیفیت برتر در منطقه تا ۲۵۰ میلی‌گرم بر لیتر مجاز است.

حد مطلوب کلر در آب شرب طبق استاندارد شماره ۱۰۵۳ مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ۲۵۰ و حداکثر مجاز آن ۴۰۰ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در جدول ۴-۵ چاه‌های با مقدار کلر بیشتر از حد مجاز در سال ۱۳۹۶ مشخص شده است.

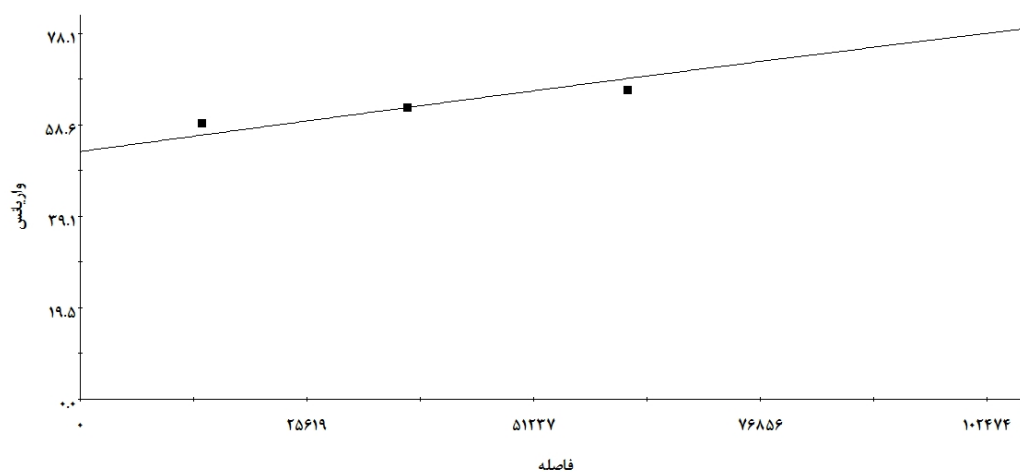
جدول ۴-۵- آمار چاه‌های با کلر بیش از حد مجاز در استان چهارمحال و بختیاری سال ۱۳۹۶

ردیف	منطقه	چاه	کاربری	کلر
۱	سفیددشت	چاه ۴ سفیددشت	کشاورزی	۳۷۵
۲	فراذنبه	چاه ۵	مرتع	۴۶۰

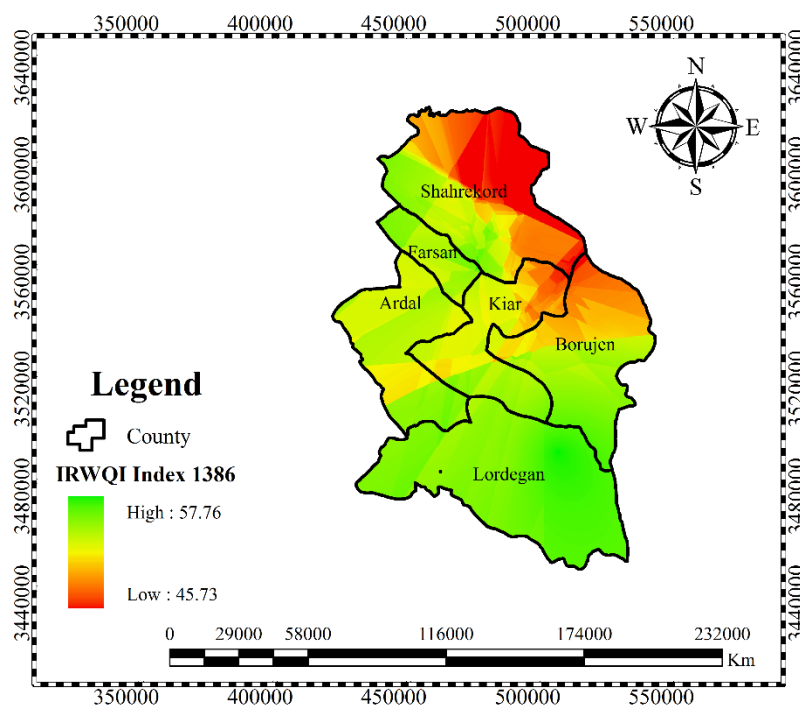
۲-۴- نتایج بررسی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI

از آنجا که توصیف تمام تغییرات پارامترهای کیفی توسط شاخص‌ها به دلیل تغییرات مکانی پارامترها امکان‌پذیر نیست. بنابراین به منظور توصیف و نمایش تغییرات مکانی متغیرهای موردنظر، با در نظر گرفتن اطلاعات موجود از محل‌های نمونه‌برداری شده می‌توان مقادیر آن‌ها را در نقاطی که نمونه‌برداری نشده‌اند، تخمین زد. به همین منظور باید نقشه‌های پهنه‌بندی شده این پارامترها با استفاده از روش‌های زمین‌آماري تهیه شود. همان‌طور که در فصل قبل نیز گفته شد، روش کریجینگ بهترین تخمین‌گر نارایب شناخته شده است زیرا با کمترین مقدار واریانس تخمین صورت می‌گیرد. از آنجا که داده‌ها نرمال بودند، روش کریجینگ استفاده شد. به منظور محاسبه وزن‌ها در این روش از مدل برازش داده شده بر واریوگرام استفاده می‌شود. بهترین واریوگرام‌های تهیه شده بر اساس بالاترین ضریب R^2 و نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی بر اساس شاخص IRWQI با استفاده از روش کریجینگ در منطقه مورد مطالعه (شهرستان‌های شهرکرد، فارس، کیار، اردل، بروجن و لردگان) در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ در شکل‌های ۴-۱ تا ۴-۲ ارائه شده است. در جدول ۴-۶ نیز پارامترهای مربوط به هر واریوگرام ارائه شده است. در مورد نقشه‌های پهنه‌بندی شده کیفیت آب، هرچه مقدار شاخص IRWQI بیشتر باشد به معنی بالاتر بودن کیفیت آب است که با رنگ سبز نشان داده شده است. مناطق با رنگ قرمز پایین بودن کیفیت آب در این مناطق را نشان می‌دهند. البته حد پایین و بالای مقادیر این شاخص در هر سال متفاوت است. بنابراین وضعیت کیفیت آب در هر سال باید با توجه به جدول طبقه‌بندی کیفیت آب از نظر مقدار این شاخص که در فصل قبل توضیح داده شد در نظر گرفته شود. روند زمانی نقشه‌های کیفیت آب زیرزمینی بر حسب شاخص IRWQI طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ نشان می‌دهد که حد پایین و بالای این نقشه‌ها در هر سال دارای نوسان است ولی به طور متوسط حد بالای نقشه‌ها که نشان‌دهنده کیفیت بالاتر است به صورت افزایشی بوده و این به معنای بهتر شدن کیفیت آب است در حالی که حد پایین نقشه‌ها که نشان‌دهنده کیفیت پایین‌تر آب است روند کاهشی دارد که این به معنای کاهش کیفیت آب می‌باشد. اگر بخواهیم متوسط کیفیت آب زیرزمینی منطقه را طی این ۱۰ سال مورد مطالعه در نظر بگیریم می‌توان گفت که روند کیفیت آب زیرزمینی در حال کاهش است. بنابراین مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق و صحیح در مورد حفاظت از این منابع با ارزش امری ضروری است زیرا آلودگی آب‌های زیرزمینی یک مسئله جدی بوده و حذف آلاینده‌ها بسیار مشکل و گاهی غیر ممکن است. در مورد تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی نیز طبق این نقشه‌ها مشاهده می‌شود که کیفیت آب در مناطق مختلف، متفاوت است. شاید بهتر باشد وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی از نظر مکانی و زمانی باهم بررسی شود زیرا مناطقی که با گذشت زمان کیفیت آب آن‌ها رو به کاهش است شناسایی شده و می‌توان مطالعاتی به منظور بررسی عوامل موثر بر کاهش کیفیت آب زیرزمینی انجام داد تا در مدیریت و برنامه‌ریزی برای حذف آلاینده‌ها و در جهت جلوگیری از آلودگی بیشتر این مناطق اقدام شود. از نظر روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت آب زیرزمینی با توجه به مقدار شاخص IRWQI در نقاط مختلف در هر سال متغیر است و نمی‌توان روند مشخصی برای کل شهرستان‌ها مشاهده کرد. اگر سال ۱۳۸۶ و ۱۳۹۶ را به عنوان مبنا در نظر بگیریم، در سال ۱۳۸۶ بهترین کیفیت آب در لردگان مشاهده می‌شود که کیفیت آب در طبقه نسبتاً خوب

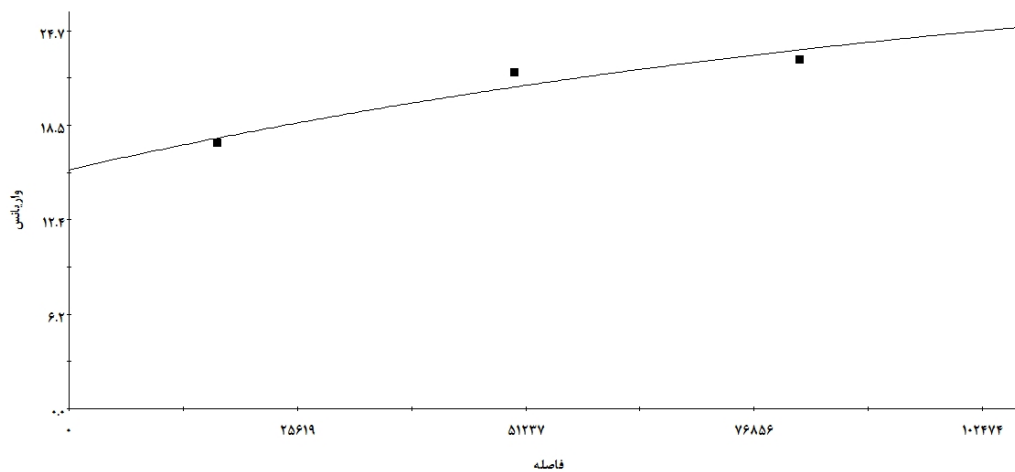
بوده و بدترین کیفیت آب در قسمت‌های شمال شرق و شرق شهرستان شهرکرد می‌باشد که وضعیت آب در طبقه متوسط بوده است. در سال ۱۳۹۶ وضعیت کیفیت آب شهرستان اردل در طبقه خوب قرار گرفته در- حالی که کیفیت آب در قسمت شمال و شمال شرق شهرستان بروجن کاهش یافته و در طبقه بد قرار گرفته است.



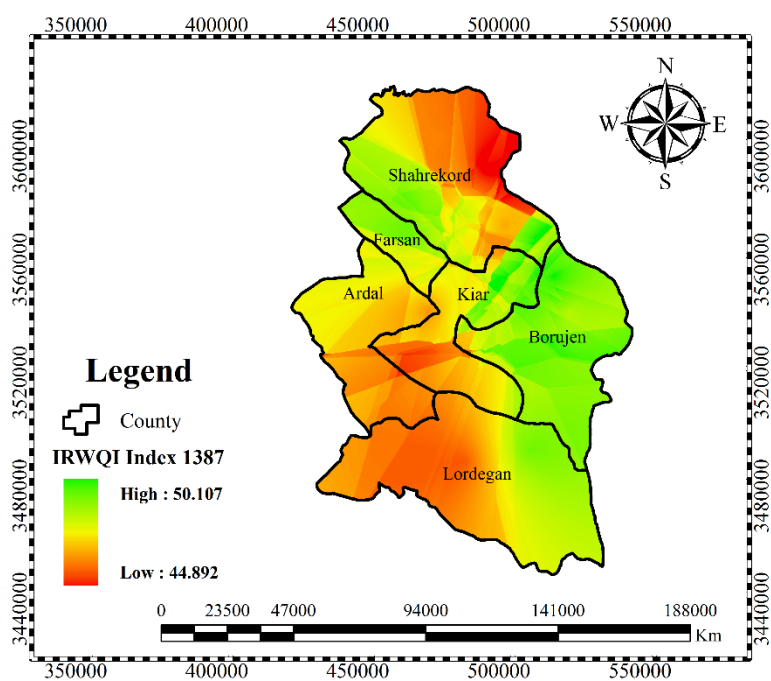
شکل ۴-۱- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۶



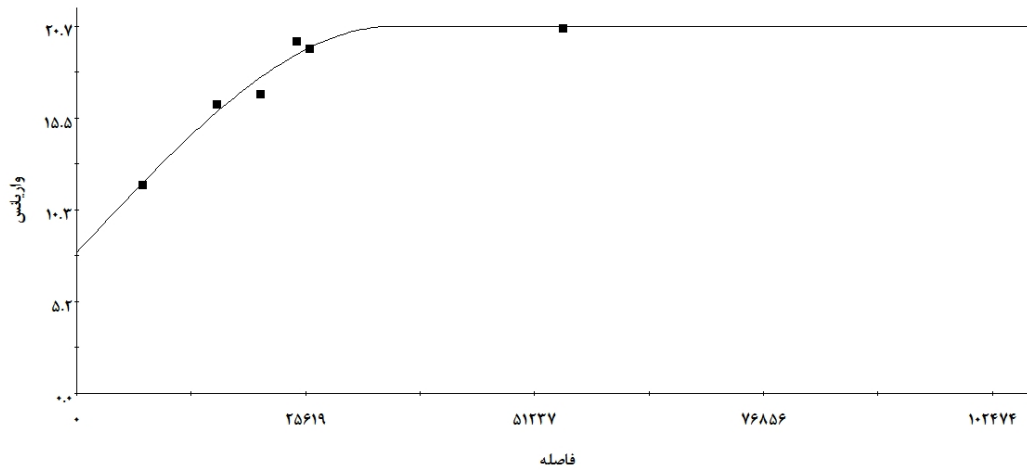
شکل ۴-۲- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۶



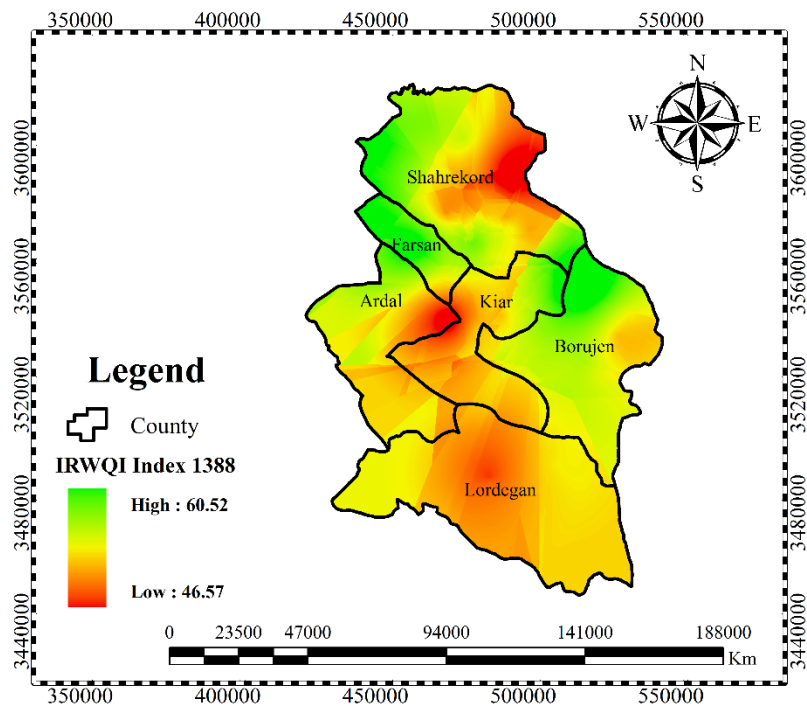
شکل ۴-۳- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۷



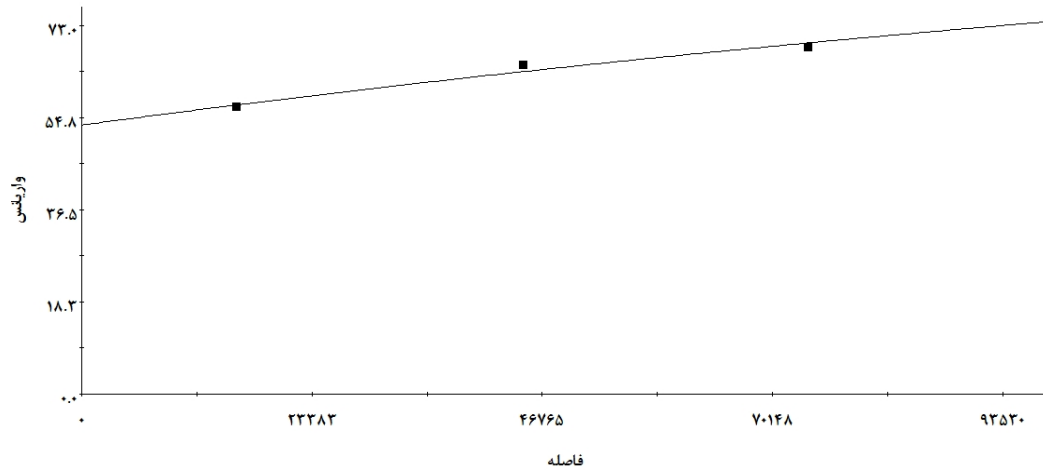
شکل ۴-۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۷



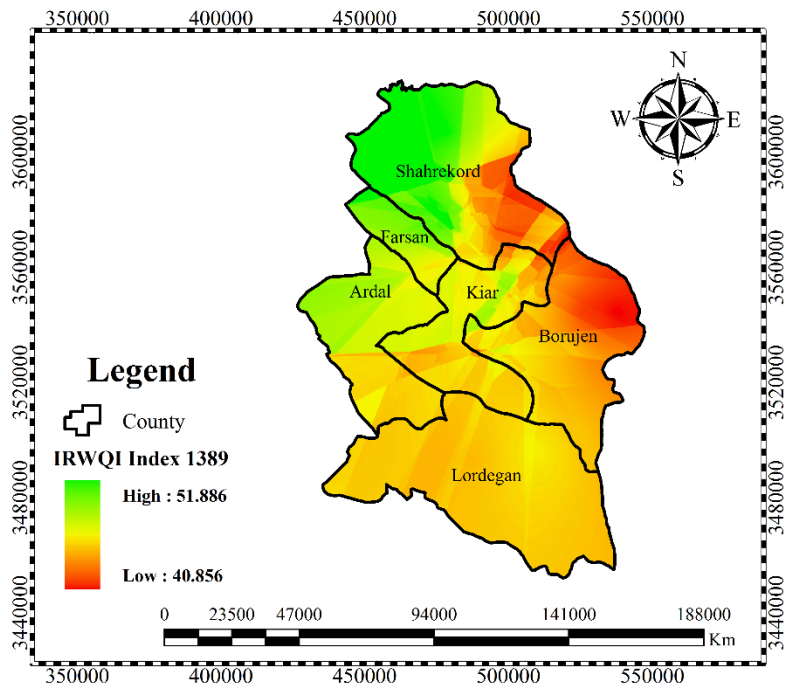
شکل ۴-۵- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۸



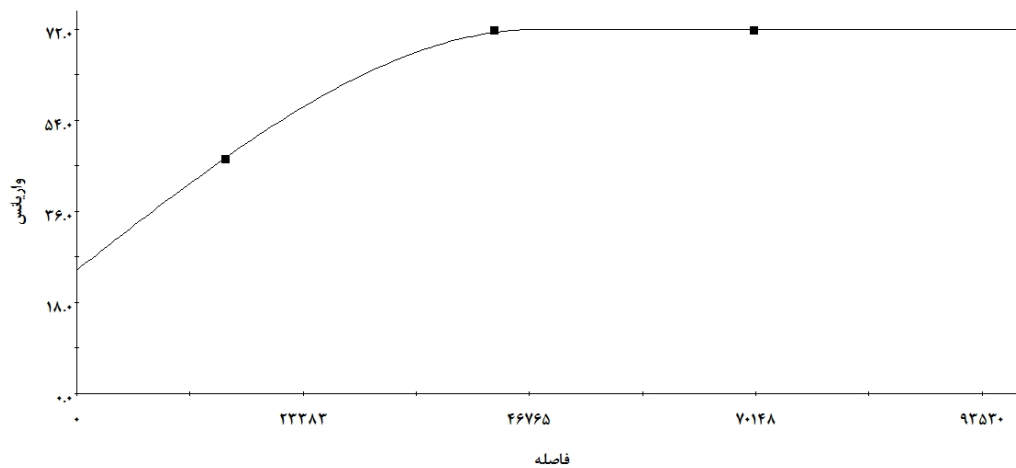
شکل ۴-۶- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۸



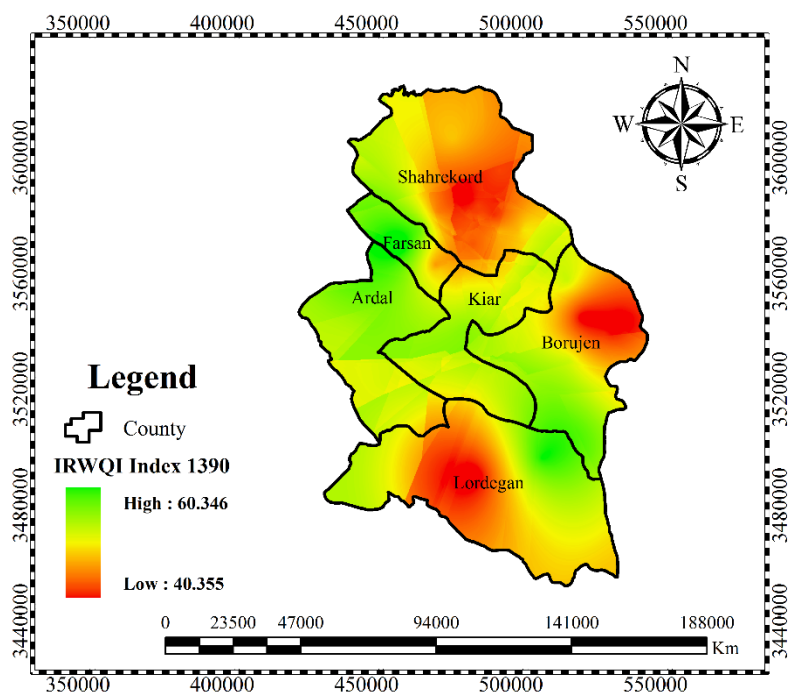
شکل ۴-۷- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۸۹



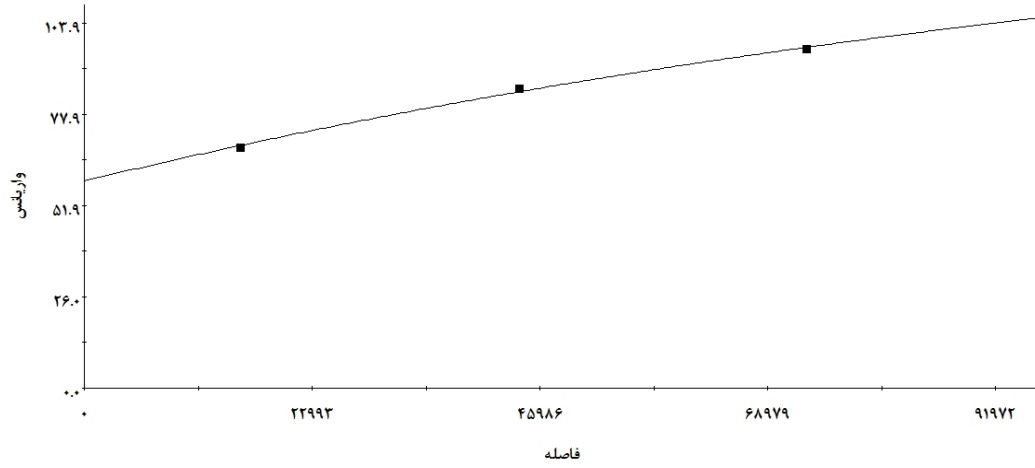
شکل ۴-۸- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۸۹



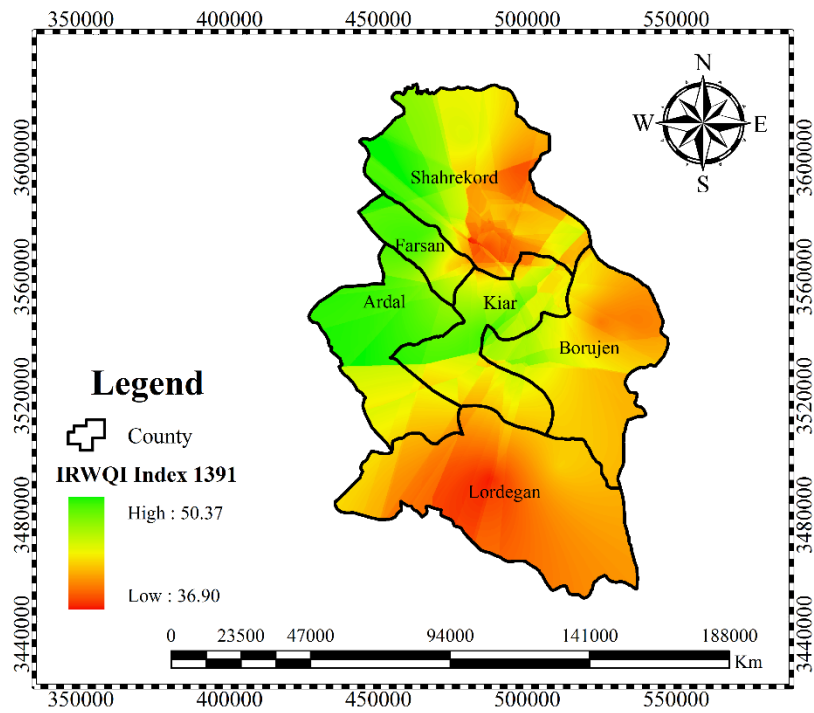
شکل ۴-۹- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۰



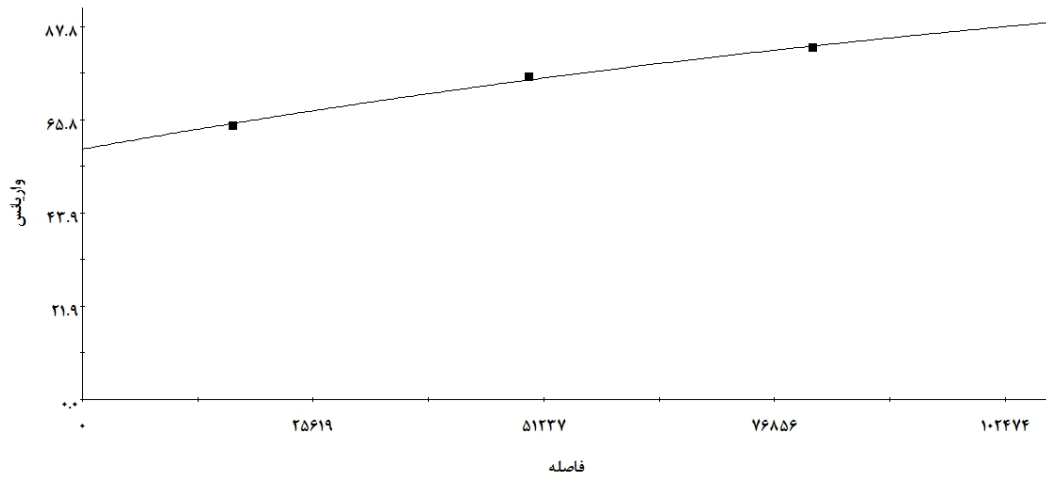
شکل ۴-۱۰- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۰



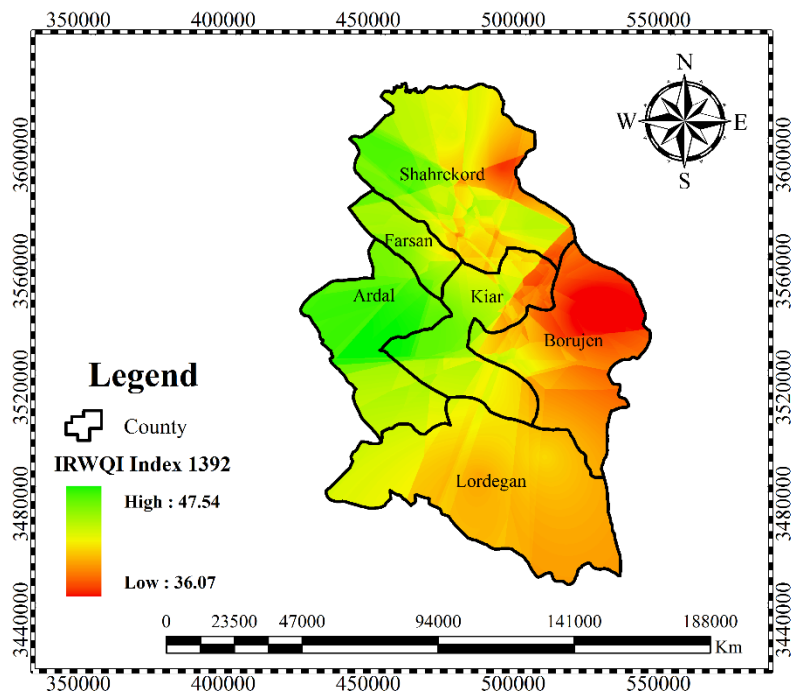
شکل ۴-۱۱- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۱



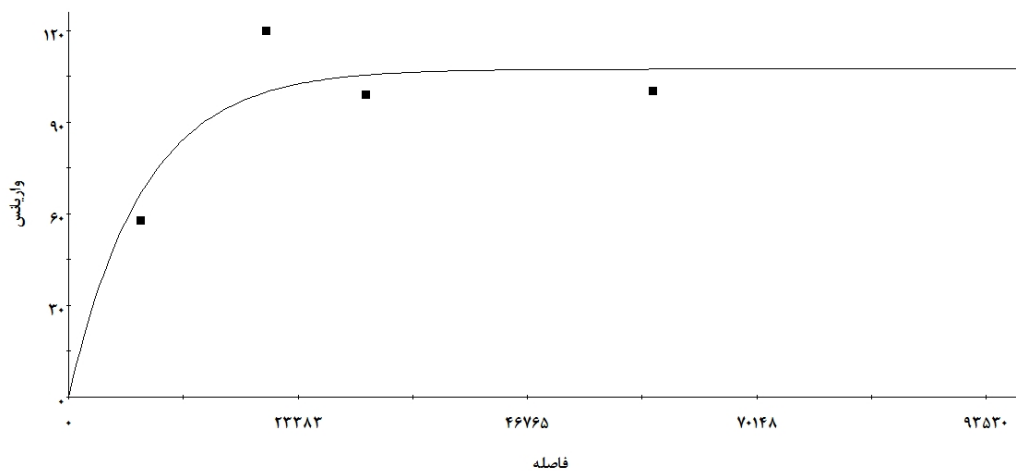
شکل ۴-۱۲- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۱



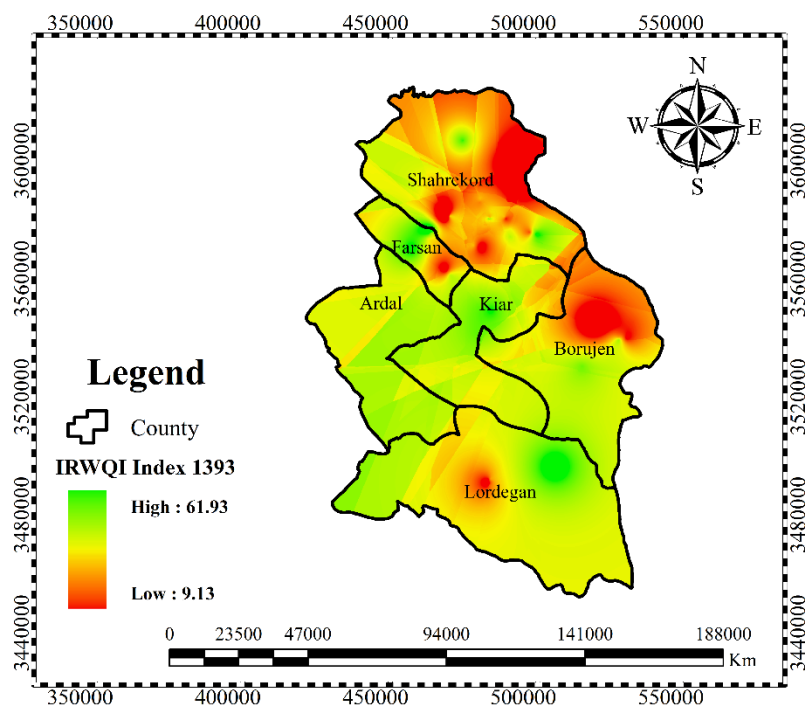
شکل ۴-۱۳- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۲



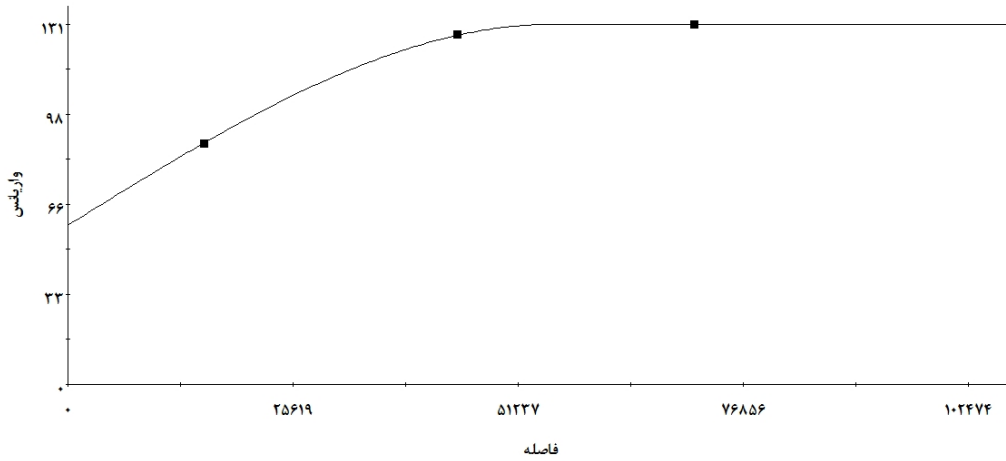
شکل ۴-۱۴- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۲



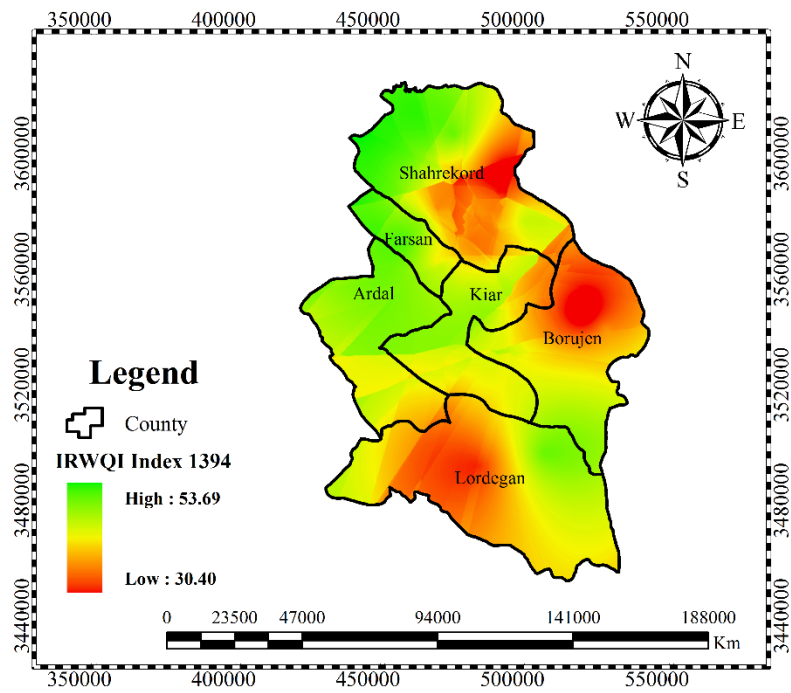
شکل ۴-۱۵- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۳



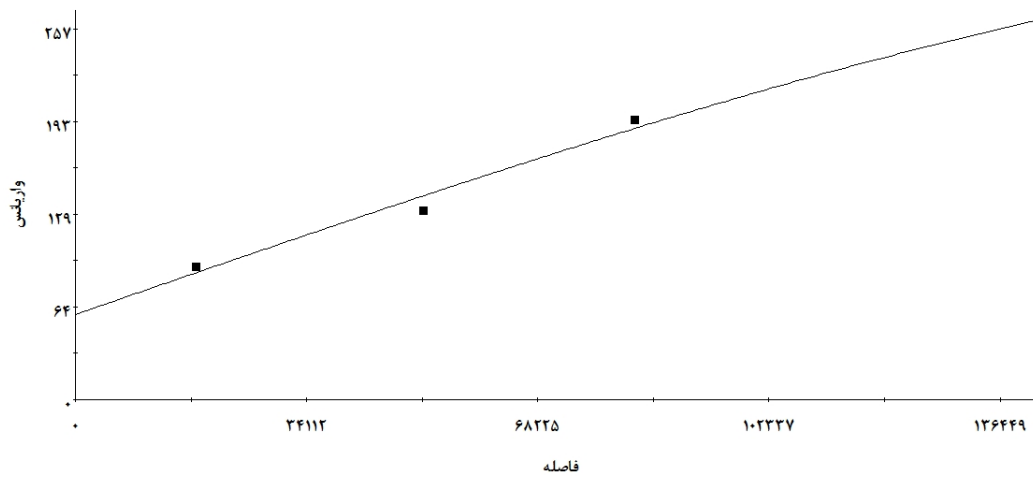
شکل ۴-۱۶- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۳



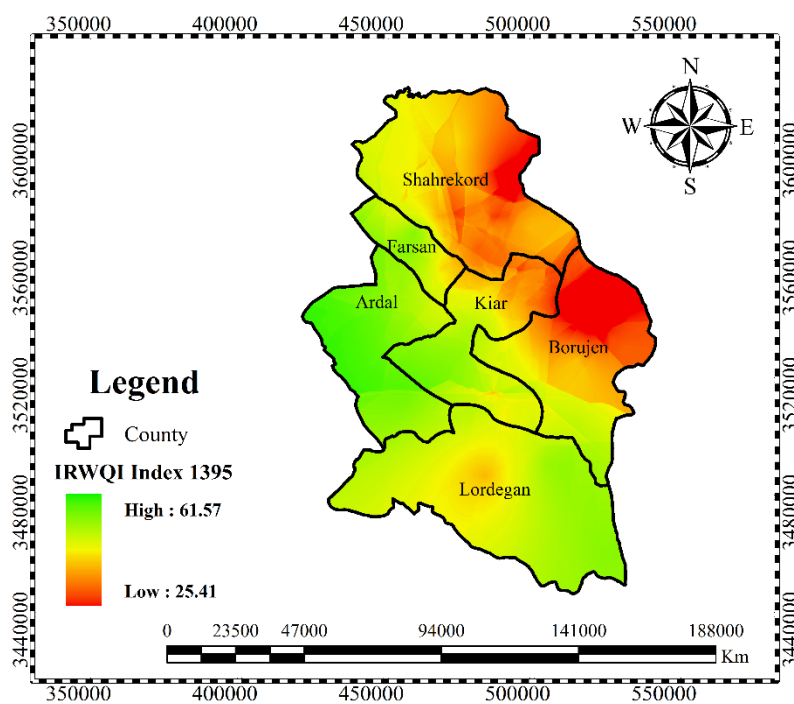
شکل ۴-۱۷- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۴



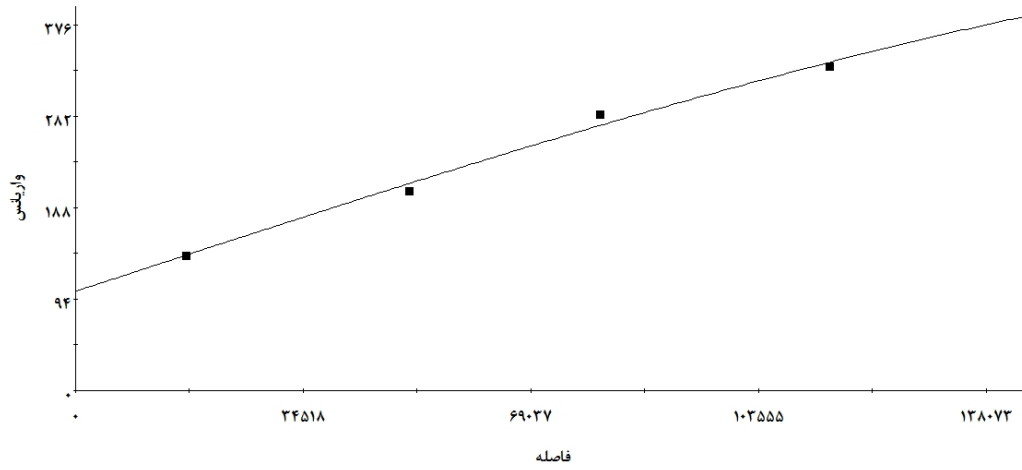
شکل ۴-۱۸- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۴



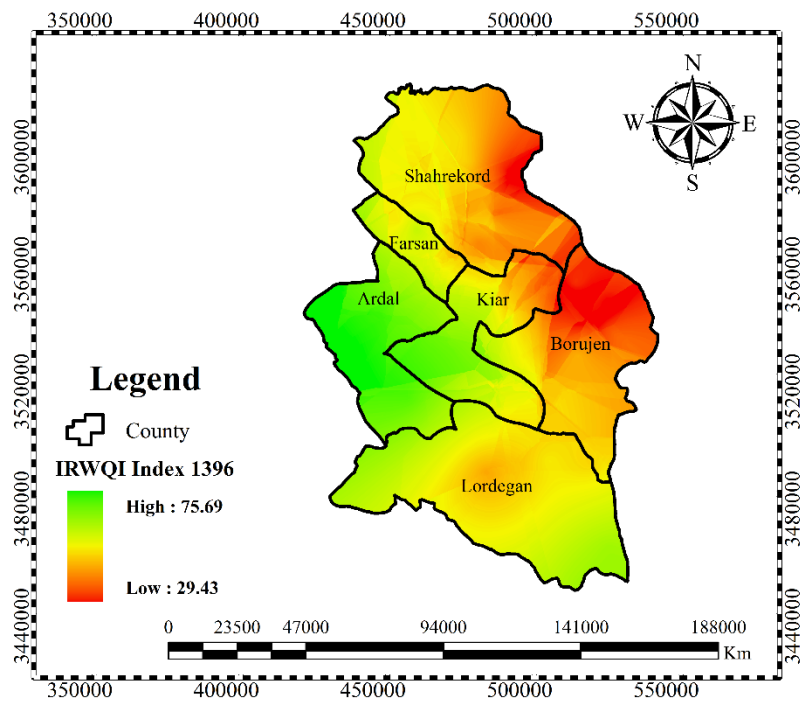
شکل ۴-۱۹- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۵



شکل ۴-۲۰- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵



شکل ۴-۲۱- واریوگرام شاخص IRWQI برای سال ۱۳۹۶



شکل ۴-۲۲- نقشه پهنه‌بندی کیفیت آب با استفاده از شاخص IRWQI در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶

جدول ۴-۶- پارامترهای مربوط به واریوگرام های IRWQI در سال های ۱۳۸۶-۱۳۹۶

سال	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه تأثیر	R^2
۱۳۸۶	۵۲/۹	۱۰۵/۸۱	۳۱۱۰۰۰	۰/۹۹۹
۱۳۸۷	۱۵/۶۳	۳۱/۲۷	۱۱۸۰۰۰	۰/۹۱۷
۱۳۸۸	۷/۹۴	۲۰/۶۸	۳۵۴۰۰	۰/۹۶۸
۱۳۸۹	۵۳/۳	۱۰۶/۶۱	۲۰۲۵۰۰	۰/۹۶۴
۱۳۹۰	۲۴/۴	۷۱/۹۷	۴۷۷۰۰	۰/۹۹۹
۱۳۹۱	۵۸/۹	۱۴۷/۵۱	۱۲۹۹۰۰	۰/۹۹۶
۱۳۹۲	۵۸/۹	۱۱۹/۲۶	۱۵۷۶۰۰	۰/۹۹۴
۱۳۹۳	۰/۱	۱۰۷/۱۰۰	۷۶۰۰	۰/۷۳۵
۱۳۹۴	۵۸	۱۳۱/۲	۵۵۳۰۰	۱
۱۳۹۵	۵۹	۳۱۸/۹	۲۳۹۶۰۰	۰/۹۷۱
۱۳۹۶	۱۰۲	۴۶۲/۶	۲۴۳۳۰۰	۰/۹۹

جداول ۴-۷، ۴-۸ و ۴-۹ به ترتیب مقادیر ضریب R^2 و RMSE مربوط به شاخص IRWQI را برای روش های درون یابی در فصل تر، فصل خشک و در سال های ۱۳۸۶-۱۳۹۶ نشان می دهد.

جدول ۴-۷- مقادیر R^2 و RMSE برای روش های درون یابی IRWQI در فصل تر

سال	R^2	RMSE	مدل
۱۳۸۶	۰/۹۶	۸/۳	خطی
۱۳۸۷	۰/۸	۵/۷	نمایی
۱۳۸۸	۰/۹۵	۴/۵۴ - ۴/۵۷	کروی-گوسی
۱۳۸۹	۰/۹۷	۸/۱۶	نمایی
۱۳۹۰	۰/۹۹	۹/۴۵	کروی
۱۳۹۱			به دلیل پراکنش نامناسب نقاط نمونه درون یابی برای محدوده مورد نظر قابل رسم نبوده است.
۱۳۹۲	۰/۹۸	۹/۳۲	کروی
۱۳۹۳	۰/۹۹	۸/۸۹	نمایی
۱۳۹۴	۰/۹۹	۶/۷۰	کروی

جدول ۴-۸- مقادیر R^2 و RMSE برای روش های درون یابی IRWQI در فصل خشک

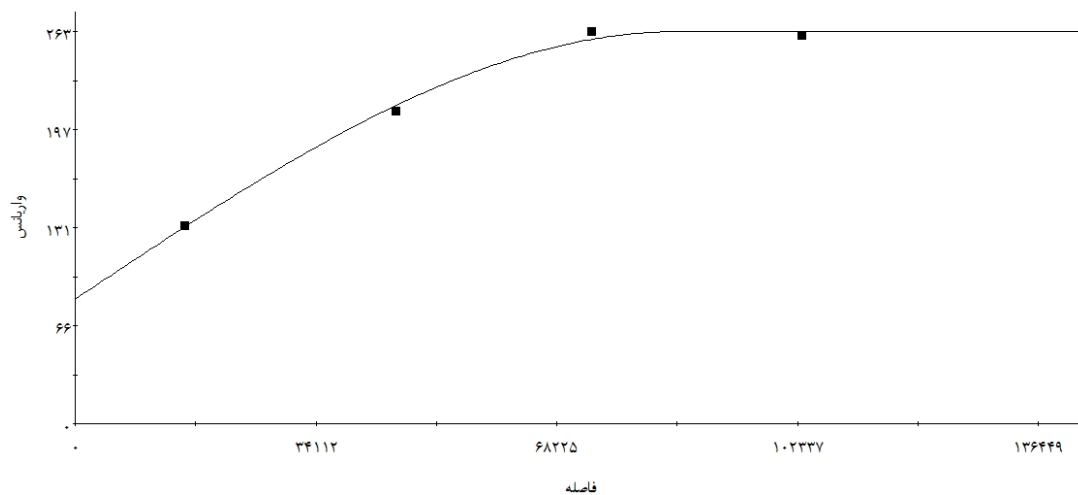
سال	R^2	RMSE	مدل
۱۳۸۶	۰/۹۹	۷/۹۶	گوسی
۱۳۸۷	۰/۹۹	۵/۲۲	کروی
۱۳۸۸	۰/۹	۵/۲۳	خطی
۱۳۸۹	۰/۹۹	۴/۹۶	کروی
۱۳۹۰	۰/۹۸	۵/۹۴	کروی
۱۳۹۱	۰/۹۵	۷/۲۰	نمایی
۱۳۹۲	۰/۹۵	۷/۷۸	نمایی
۱۳۹۳	۰/۸۴	۸/۱۷	نمایی
۱۳۹۴	۰/۹۸	۱۰/۳۶	کروی

جدول ۴-۹- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی IRWQI در سال‌های ۱۳۸۶-۱۳۹۶

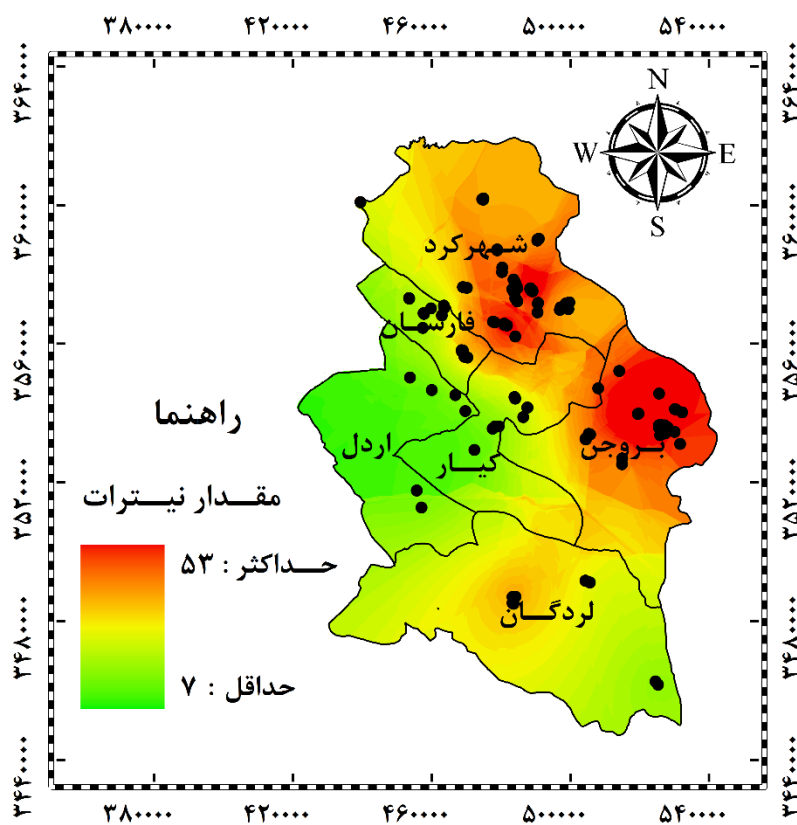
سال	R^2	RMSE	مدل
۱۳۸۶	۰/۹۷	۷/۸۳	کروی
۱۳۸۷	۰/۹۱	۴/۶۴	نمایی
۱۳۸۸	۰/۹۶	۳/۷۵	کروی
۱۳۸۹	۰/۹۶	۷/۵۶	نمایی
۱۳۹۰	۰/۹۹	۶/۴۶	کروی
۱۳۹۱	۰/۹۹	۸/۴۳	نمایی
۱۳۹۲	۰/۹۹	۸/۲۳	نمایی
۱۳۹۳	۰/۷۵	۸/۴۹	نمایی
۱۳۹۴	۱	۸/۶	کروی
۱۳۹۵	۰/۹۷	۸/۵	کروی
۱۳۹۶	۰/۹۹	۱۱/۲۴	کروی

۳-۴- نتایج بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات

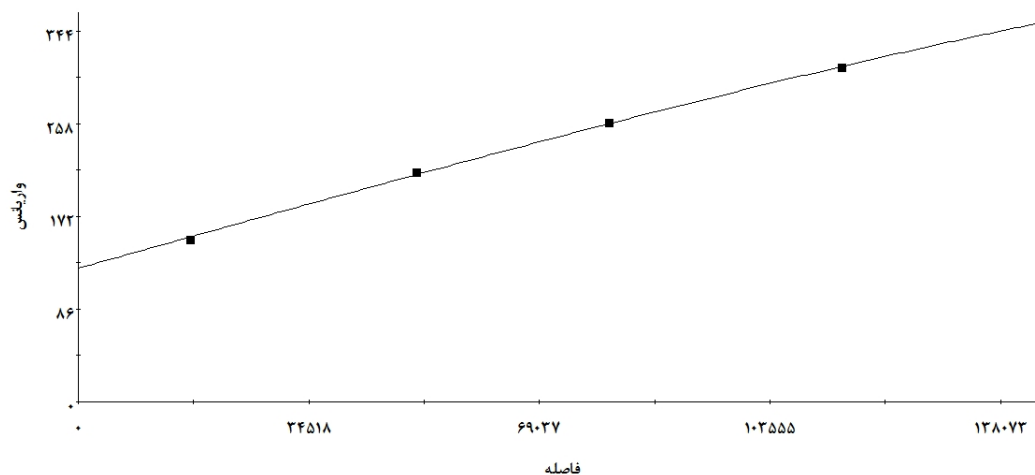
در این تحقیق برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی نیترات نیز از روش کریجینگ استفاده شد. در شکل‌های ۴-۲۳ تا ۴-۲۶ بهترین واریوگرام‌های تهیه شده بر اساس بالاترین ضریب R^2 و نقشه‌های پهنه‌بندی نیترات آب زیرزمینی با استفاده از روش کریجینگ در منطقه مورد مطالعه (شهرستان‌های شهرکرد، فارس، کیار، اردل، بروجن و لردگان) در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ ارائه شده است. در جدول ۴-۱۰ نیز پارامترهای مربوط به این واریوگرام‌ها و در جدول ۴-۱۱ ضرایب R^2 و RMSE روش درون‌یابی ارائه شده است. در نقشه‌های پهنه‌بندی نیترات، مقادیر پایین نیترات با رنگ سبز و مقادیر بیشتر با رنگ قرمز نشان داده شده‌اند. با توجه به اینکه حداکثر مجاز نیترات ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر است، حد پایین و بالای نقشه‌های نیترات سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ نشان می‌دهند که مقدار نیترات در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۵ کمتر بوده است. البته مقدار نیترات در شهرستان‌های مختلف متفاوت است. شهرستان اردل دارای نیترات کمتر و شهرستان‌های بروجن و شهرکرد دارای نیترات بیش‌تری هستند. نتایج مدلسازی انتقال نیترات در شهر همدان نشان داد که دلیل کاهش آلودگی در برخی مناطق، وضعیت مناسب حریم کیفی منابع آب و ضخامت بالای آبرفت بوده است. بدیعی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای در شیراز بیان کردند که علت کاهش میانگین سالیانه غلظت نیترات در سال ۱۳۸۴ احداث شبکه جمع‌آوری فاضلاب در محدوده‌ای که چاه‌های آهکی واقع شده‌اند، می‌باشد که فاضلاب‌ها در کوتاه‌ترین زمان از بین درز و شکاف‌های بافت آهکی عبور کرده و به آبخوان می‌پیوندند. ایشان همچنین دلیل بالا بودن غلظت نیترات در مناطق مرکزی و جنوب شرقی دشت شیراز را کاهش وجود شبکه‌های جمع‌آوری فاضلاب در این مناطق ذکر کردند. نتایج یک مطالعه دیگر نیز نشان داده است که شبکه جمع‌آوری فاضلاب می‌تواند موجب کاهش غلظت نیترات تا ۳۰ میلی‌گرم بر لیتر شود (Ehteshami و همکاران، ۲۰۰۷).



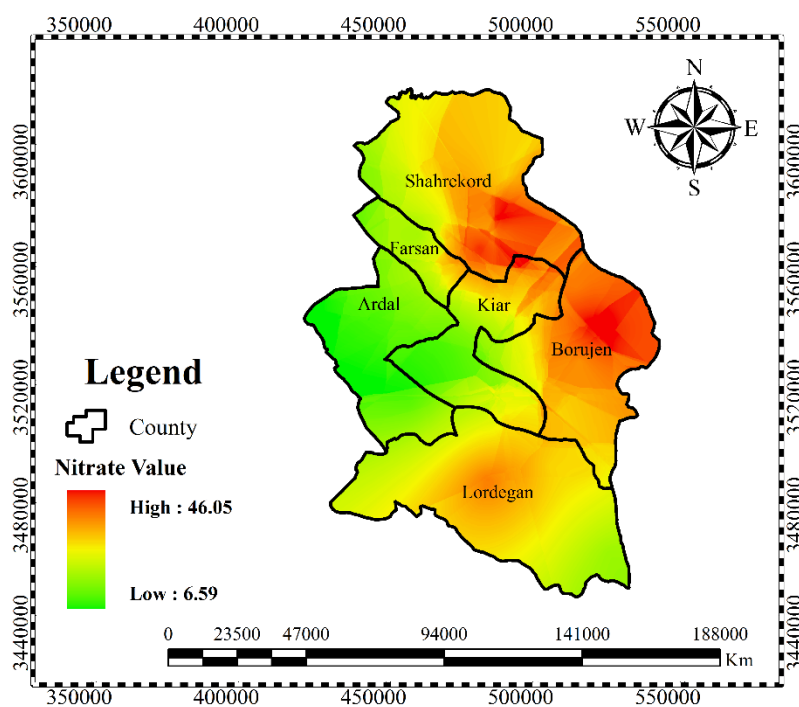
شکل ۴-۲۳- واریوگرام نیترات برای سال ۱۳۹۵



شکل ۴-۲۴- نقشه پهنه‌بندی مقدار نیترات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵



شکل ۴-۲۵- واریوگرام نیترات برای سال ۱۳۹۶



شکل ۴-۲۶- نقشه پهنه‌بندی مقدار نیترات آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۶

جدول ۴-۱۰- پارامترهای مربوط به واریوگرام نیترات در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

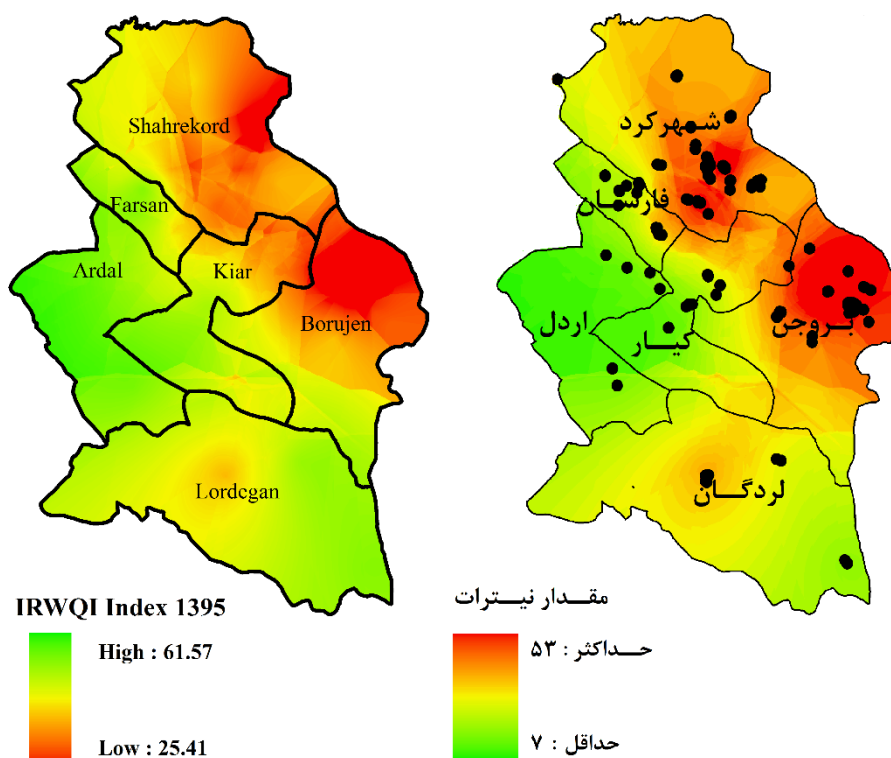
سال	اثر قطعه‌ای	آستانه	دامنه تأثیر	R^2
۱۳۹۵	۸۳/۴	۲۶۲/۷	۸۵۳۰۰	۰/۹۹۶
۱۳۹۶	۱۲۴	۴۴۸/۴	۲۸۰۴۰۰	۰/۹۹۹

جدول ۴-۱۱- مقادیر R^2 و RMSE برای روش‌های درون‌یابی نیترات

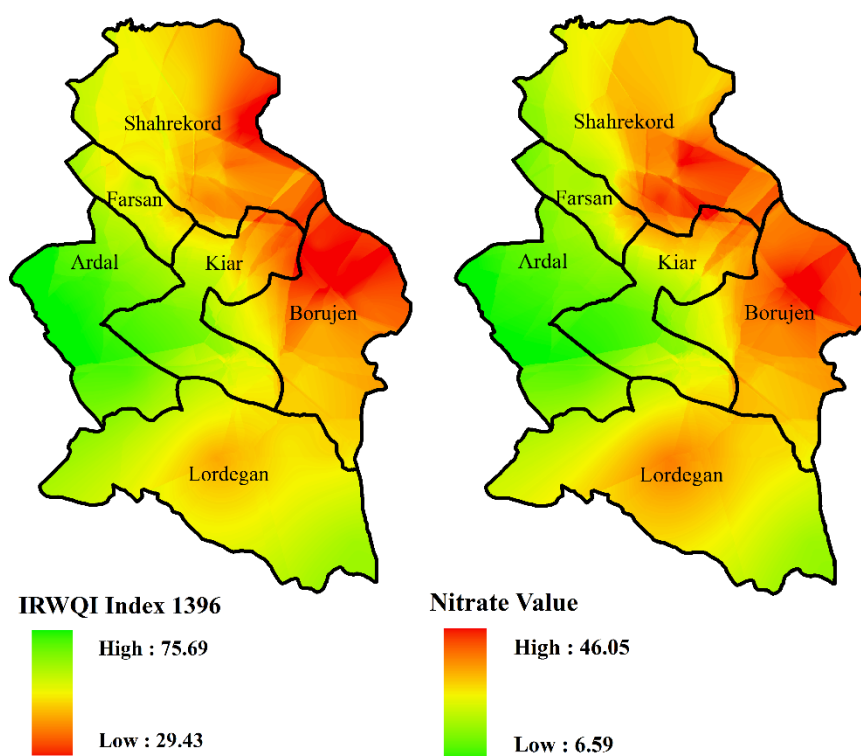
مدل	RMSE	R^2	سال
کروی	۹/۵۲	۰/۹۹	۱۳۹۵
کروی	۱۰/۱۱	۰/۹۹	۱۳۹۶

۴-۴- مقایسه بین کیفیت آب زیرزمینی و مقدار نیترات

با مقایسه نتایج نقشه‌های پهنه‌بندی شده کیفیت آب زیرزمینی بر اساس شاخص IRWQI و مقدار نیترات (شکل‌های ۴-۲۷ و ۴-۲۸) مشاهده می‌شود که کیفیت آب زیرزمینی می‌تواند تحت تأثیر مقدار نیترات باشد زیرا الگوی رنگی این نقشه‌ها تقریباً مشابه است. به طوری که با افزایش مقدار نیترات، کیفیت آب زیرزمینی کاهش یافته است. در مناطقی که با رنگ سبز مشخص شده‌اند مقدار نیترات کمتر و شاخص IRWQI بیشتر است که کیفیت بهتر آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. در هر دو سال مقدار نیترات آب زیرزمینی در شهرستان اردل کمتر بوده است، از طرفی کیفیت آب نیز در این شهرستان بهتر بوده است.



شکل ۴-۲۷- مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات و کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵

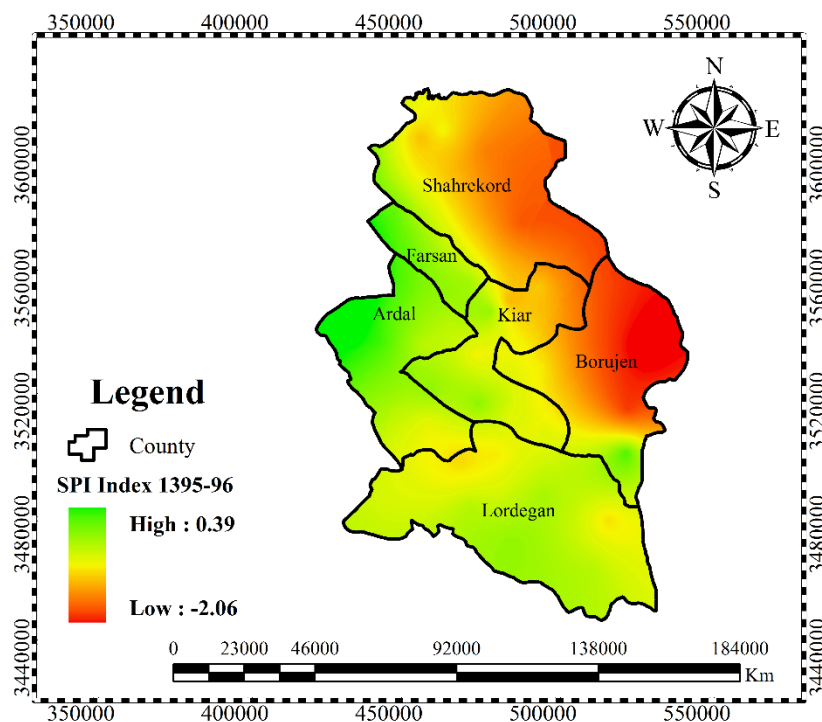


شکل ۴-۲۸- مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مقدار نیترات و کیفیت آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه در سال ۱۳۹۵

۵-۴- نتایج بررسی اثر خشکسالی بر کیفیت آب با استفاده از شاخص SPI

به منظور بررسی ارتباط خشکسالی و کیفیت آب زیرزمینی، نقشه پهنه‌بندی خشکسالی منطقه مورد مطالعه (شهرستان‌های شهرکرد، فارسان، کیار، اردل، بروجن و لردگان) بر اساس شاخص SPI با استفاده از روش کریجینگ در نرم‌افزار Arc Gis برای سال ۹۶-۱۳۹۵ تهیه شد. بر اساس طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI که در فصل قبل ارائه شد، در شکل ۴-۲۹ مشاهده می‌شود که حد پایین و بالای این شاخص برابر ۲- و ۰/۳۹ است که به ترتیب نشان‌دهنده خشکسالی حاد و وضعیت نرمال هستند. مقایسه نقشه پهنه‌بندی شده شاخص SPI در سال ۹۶-۱۳۹۵ با نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در شکل‌های ۴-۲۰ و ۴-۲۲ نشان می‌دهد که کیفیت آب زیرزمینی می‌تواند تحت تأثیر خشکسالی باشد زیرا الگوی رنگی این نقشه‌ها تقریباً مشابه است. به طوری که با کاهش شاخص SPI، شاخص IRWQI افزایش یافته است. به عنوان مثال مقایسه این نقشه‌ها نشان می‌دهد که در قسمت‌هایی از شهرستان بروجن که طبق شاخص SPI تحت خشکسالی حاد قرار گرفته است، کیفیت آب نیز طبق شاخص IRWQI در طبقه کیفیت آب بد می‌باشد. همچنین بخش اعظم شهرستان اردل نیز که طبق شاخص SPI در وضعیت نرمال قرار گرفته است، طبق شاخص IRWQI در سال ۱۳۹۵ دارای کیفیت آب نسبتاً خوب و در سال ۱۳۹۶ دارای کیفیت آب خوبی بوده است. نتایج تحقیق احراری رودی (۱۳۹۷) نشان داد که با کاهش بارندگی در دشت سیستان و بلوچستان، میانگین کل عناصر و مواد در آب‌های زیرزمینی افزایش یافت. وی بیان کرد که علاوه بر عامل طبیعی خشکسالی، عوامل انسانی مانند افزایش جمعیت، تغییر کاربری اراضی،

افزایش کارخانه‌ها، افزایش استفاده از کودهای شیمیایی و سموم دفع آفات در تغییر کیفیت آب زیرزمینی نقش داشته‌اند. نتایج مطالعه نریمانی و همکاران (۱۳۹۴) در رابطه با اثر خشکسالی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت بستان‌آباد در استان آذربایجان شرقی نیز نشان داد که خشکسالی‌ها به دلیل دخالت در مقدار آب ورودی، موجب تغییر در مقادیر یون‌های مختلف موجود در آب زیرزمینی می‌شوند. در تحقیق آن-ها در تمامی ایستگاه‌های موجود در حوضه، در سال خشک مقدار املاح موجود در آب از مقدار املاح موجود در سال مرطوب بیشتر بود.



شکل ۴-۲۹- نقشه پهنه‌بندی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در منطقه مورد مطالعه در سال ۹۶-۱۳۹۵

۴-۶- نتایج تحلیل عاملی

در این تحقیق به منظور تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل اصلی از نرم‌افزار آماری SPSS استفاده گردید و تناسب جامعه آماری با استفاده از آزمون KMO بررسی شد. نتایج مربوط به آزمون KMO در جدول ۴-۱۲ ارائه شده است. با توجه به این جدول، چون مقدار آماره KMO برابر ۰/۶۱۳ است، بنابراین می‌توان به تحلیل عاملی پرداخت. همچنین نتایج آزمون کرویت بارتلت نیز معنی‌دار است، به این مفهوم که بین متغیرها همبستگی معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۴-۱۲- آماره KMO و نتایج آزمون کرویت بارتلت

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.613
	Approx. Chi-Square	1.485E3
	df	55
Bartlett's Test of Sphericity		
	Sig.	.000

جدول ۴-۱۳ سهم متغیرها را در عامل‌ها بعد از چرخش نشان می‌دهد. هر متغیر در عاملی قرار می‌گیرد که با آن عامل همبستگی بالای معنی‌داری داشته باشد. طبق این جدول مشاهده می‌شود که سه مؤلفه اول حدود ۷۳ درصد تغییرات را توضیح می‌دهند.

جدول ۴-۱۳- ماتریس عاملی دوران یافته

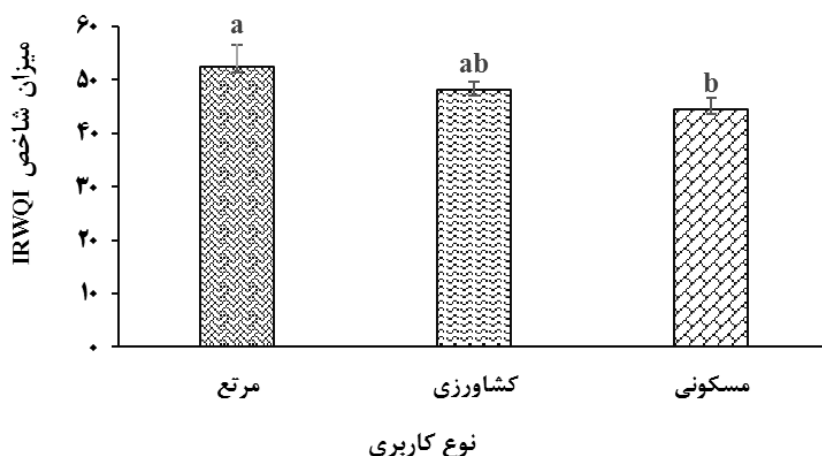
Parameter	Component		
	1	2	3
Mg	.641	.103	.444
Ca	.826	.264	.292
Cl	.911	.098	-.012
PO4	.065	.769	.176
NO3	.095	.120	.909
So4	.093	.910	-.021
k	.697	-.027	.141
Na	.661	.691	.084
F	.512	.062	.071
TS	.814	.470	.277
NO2	.246	.053	.827

Extraction Method: Principal Component Analysis.
 Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.
 a. Rotation converged in 5 iterations.

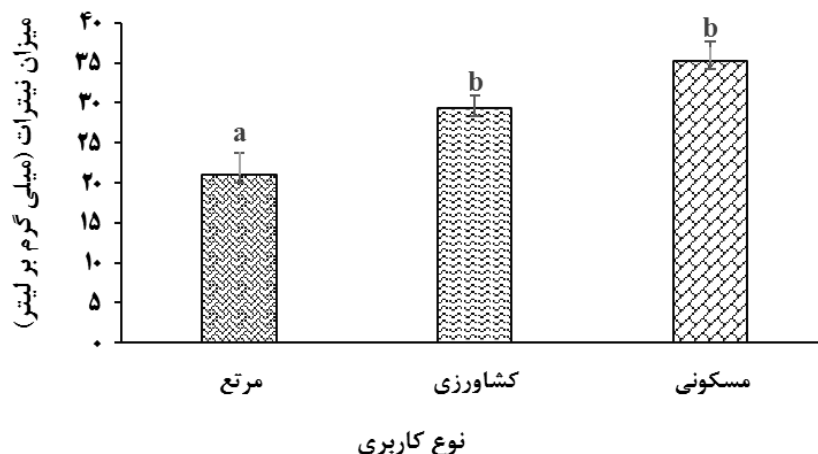
۷-۴- نتایج مقایسه کاربری‌های اراضی از نظر مقدار نیترات و شاخص IRWQI

به منظور مقایسه میزان نیترات و شاخص IRWQI بین کاربری‌های مختلف از آزمون ANOVA استفاده شد. نتایج آزمون ANOVA نشان داد که بین کاربری‌های مختلف مرتع، کشاورزی و مسکونی در سطح ۰/۰۱ اختلاف معناداری وجود دارد. به منظور بررسی اختلاف کاربری‌های اراضی در میزان نیترات و شاخص IRWQI از آزمون دانکن استفاده شد (شکل‌های ۴-۳۰ و ۴-۳۱). در شکل ۴-۳۰ مشاهده می‌شود که بین کاربری مرتع و مسکونی از نظر مقدار شاخص IRWQI اختلاف وجود دارد ولی بین کشاورزی و مرتع و بین کشاورزی و مسکونی اختلافی وجود ندارد. همچنین بیشترین و کمترین مقدار شاخص IRWQI مربوط به کاربری مرتع و مسکونی به ترتیب با مقدار ۵۲ و ۴۵ بود.

در شکل ۴-۳۱ نیز مشاهده می‌شود که بین کاربری مرتع و مسکونی و بین مرتع و کشاورزی از نظر مقدار نیترات اختلاف وجود دارد ولی بین کشاورزی و مسکونی اختلافی وجود ندارد. همچنین بالاترین و پایین‌ترین غلظت ثبت‌شده برای یون نیترات مربوط به کاربری مسکونی و مرتع به ترتیب با غلظت ۳۵ و ۲۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. مقدار بالای نیترات در کاربری‌های کشاورزی و مسکونی می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد. Kalvif و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی، منشأ آلودگی نیتراتی منابع آب زیرزمینی را ناشی از آلودگی‌های آب‌های زیرزمینی به فضولات انسانی و حیوانی گزارش کردند. نتایج مطالعه Lee و همکاران (۲۰۰۳) برای بررسی غلظت نیترات با استفاده از GIS نشان داد که کاربری‌های با فضای سبز و کشاورزی بیشترین اثر را در افزایش غلظت نیترات در فصول کم‌بارش دارد و کاربری مسکونی و تجاری نیز موجب افزایش غلظت در فصل بارش شده‌اند. تعیین منبع و کاهش در مبدأ، مؤثرترین روش برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات است که سبب بهبود کیفیت آب‌های زیرزمینی و شاید تخلیه نیترات به این منابع می‌شود (Anca, ۱۹۹۹).



شکل ۴-۳۰- مقایسه میزان شاخص IRWQI (میانگین \pm خطای استاندارد) در کاربری‌های مورد بررسی (ANOVA)، $(p < 0.05)$



شکل ۴-۳۱- مقایسه میزان نیترات (میانگین \pm خطای استاندارد) در کاربری‌های مورد بررسی (ANOVA، $p < 0.05$)

۸-۴- نتایج بررسی کیفیت آب در منابع آلاینده

به منظور بررسی کیفیت آب در منابع آلاینده، کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI تا شعاع‌های پانصد متر، یک کیلومتر و پنج کیلومتر در اطراف هر منبع آلاینده مشخص و کیفیت آب در اطراف هر منبع آلاینده در این دو شعاع مقایسه شدند. جدول ۴-۱۴ کیفیت آب را در مناطق دارای منبع آلاینده و جدول ۴-۱۵ نیز کیفیت آب را در مناطق دفن زباله نشان می‌دهند. در این جدول‌ها انتظار می‌رود که هرچه فاصله از مرکز دفن زباله و منبع آلاینده بیشتر شود، شاخص IRWQI افزایش یابد و کیفیت آب زیرزمینی بهتر گردد، هرچند تغییرات کیفیت آب در این شعاع‌ها بسیار جزئی بود ولی طبق جدول ۴-۱۵ تنها در برخی مناطق مانند شهرکرد، سورسجان، فرادنبه، جونقان، فارسان، مالخلیفه و اردل با دور شدن از محل دفن زباله کیفیت آب بهبود می‌یابد. این امر در سایر مناطق صادق نبوده و می‌توان گفت که عوامل دیگری نیز دخیل بوده‌اند که عمده‌ترین آن‌ها دخالت‌های بشر هستند. با توجه به اینکه روند تغییرات کیفیت آب از شعاع پانصد متر تا شعاع یک کیلومتر تقریباً در همه مناطق مطابق چیزی است که انتظار داریم، ممکن است در شعاع‌های منتخب در این مطالعه به ویژه شعاع پنج کیلومتری که فاصله زیادی است، منبع آلاینده دیگری نیز وجود داشته است. همچنین برخی از پارامترهای کیفی آب زیرزمینی مانند نیترات تحت تأثیر شبکه جمع‌آوری فاضلاب و مشخصات فیزیکی خاک شامل جنس خاک و جنس سنگ بستر می‌باشد (بدیعی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۴-۱۴- کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI در مناطق دارای منبع آلاینده در شعاع‌های ۵۰۰ متر و ۱ و ۵ کیلومتری

IRWQI			عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	منابع آلاینده
R=5km	R=1km	R=500m			
۴۲/۴۸	۴۲/۴۸	۴۲/۴۹	۳۵۷۴۳۴۲	۴۹۳۳۹۰	خروجی تصفیه خانه شهرک صنعتی شهرکرد
۴۹/۱۴	۴۶/۸۴	۴۶/۹۲	۳۵۷۳۰۳۲	۴۷۵۲۷۰	دباغی علیخانی
۴۳/۶۸	۴۳/۳۴	۴۳/۳	۳۵۶۲۴۴۶	۴۸۵۲۰۱	کشتارگاه طیور
۴۹/۱۱	۴۸/۷۶	۴۸/۶۴	۳۵۵۹۰۶۰	۴۸۴۲۴۱	کشتارگاه طیور جهانبین
۴۶/۸۶	۴۸/۶۱	۴۷/۹۸	۳۵۷۳۱۹۶	۴۷۵۷۵۹	کشتارگاه طیور سیمرغ
۶۰/۲	۶۰/۷۲	۶۰/۸	۳۵۳۶۳۹۲	۴۷۷۲۲۲	خمیر مایه ناغان
۵۴/۰۱	۵۳/۸۴	۵۳/۶	۳۵۵۱۹۴۴	۴۷۳۵۸۱	کشتارگاه صنعتی جونقان

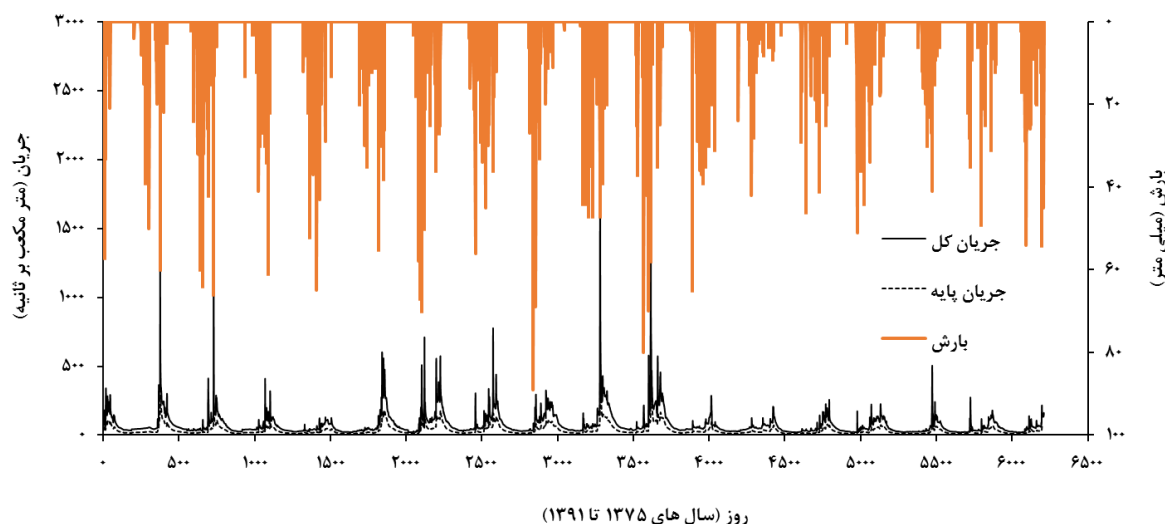
جدول ۴-۱۵- کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI در مناطق دفن زباله در شعاع‌های ۵۰۰ متر و ۱ و ۵ کیلومتری

IRWQI			عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	مکان دفن زباله
R=5km	R=1km	R=500m			
۳۸/۱۷	۳۷/۸۷	۳۷/۸۷	۳۵۸۰۱۶۸	۴۹۴۴۱۰	شهرکرد
۴۸/۲۴	۴۷/۱۳	۴۶/۹۹	۳۵۷۲۷۹۷	۴۷۵۵۴۶	سورسجان
۴۴/۰۶	۴۴/۲۸	۴۴/۱۸	۳۵۸۶۵۱۰	۴۸۱۷۸۱	نافچ
۴۰/۶۶	۴۲/۴۹	۴۲/۴۷	۳۵۷۴۴۸۴	۴۹۷۵۶۶	فرخشهر
۴۴/۹۱	۴۴/۹۳	۴۴/۹۴	۳۵۶۸۰۷۳	۴۷۹۰۰۱	هفشجان
۵۱/۵۸	۵۱/۴۰	۵۱/۵۱	۳۵۸۲۶۲۱	۴۵۹۵۸۰	هارونی
۵۶/۵۷	۵۶/۶۷	۵۶/۵۶	۳۶۰۰۰۳۰	۴۴۳۴۱۴	سودجان
۳۵/۹۷	۳۶/۲۹	۳۶/۳۱	۳۵۴۳۴۶۳	۵۳۶۵۴۲	بروجن
۴۵/۶۱	۴۵/۹۹	۴۶	۳۵۲۲۹۶۳	۵۱۶۸۶۷	گندمان
۳۵/۰۷	۳۵/۳۴	۳۵/۳۵	۳۵۵۵۰۳۳	۵۱۹۳۶۹	سفیددشت
۴۴/۶۴	۴۶/۰۳	۴۶/۱۱	۳۵۳۶۵۲۵	۵۰۱۵۲۳	بلداجی
۳۳/۰۸	۳۲/۷۸	۳۳/۲	۳۵۴۳۷۲۸	۵۲۲۱۸۳	فردنبه
۳۹/۱۲	۳۹/۳۵	۳۹/۳۶	۳۵۳۴۴۳۸	۵۳۵۲۹۱	نقنه
۵۳/۹۷	۵۴/۲۲	۵۴/۲۳	۳۵۷۵۷۳۳	۴۶۳۶۵۲	پردنجان و چلیچه
۵۳/۷۱	۵۳/۱۳	۵۳/۰۶	۳۵۵۳۸۱۸	۴۷۰۷۷۶	جونقان
۵۳/۴۳	۵۲/۴۴	۵۲/۴۳	۳۵۷۴۰۹۵	۴۵۵۳۷۰	فارسان
۵۵/۶۶	۵۵/۱۴	۵۵/۷۳	۳۵۷۵۰۴۱	۴۴۸۴۶۲	بابا حیدر
۵۴/۶۹	۵۵/۵۷	۵۵/۴۸	۳۵۴۵۵۸۸	۴۸۴۹۷۶	شلمزار
۵۶/۸۶	۵۷/۵۸	۵۷/۵۸	۳۵۴۵۰۶۵	۴۷۷۸۱۷	دستنا
۶۲/۰۲	۶۱/۶۵	۶۱/۶۶	۳۵۳۴۵۷۵	۴۷۳۷۰۲	ناغان
۵۱/۰۵	۵۱/۳۳	۵۱/۳۱	۳۵۴۳۶۸۹	۴۸۸۱۹۱	گهرو
۶۰/۸۲	۶۰/۸۲	۶۰/۸۲	۳۵۴۷۰۴۱	۴۶۰۱۳۷	کاج
۴۷/۵۱	۴۷/۵۴	۴۷/۵۰	۳۴۸۲۱۱۸	۴۸۳۸۶۴	لردگان

۵۱	۵۱/۰۲	۵۱/۰۳	۳۴۸۹۱۹۱	۵۰۸۳۳۷	آلونی
۶۰/۶۹	۶۰/۸۲	۶۰/۸۲	۳۴۵۴۱۹۲	۵۲۷۹۵۰	مالخلیفه
۶۲/۴۷	۶۲/۱۱	۶۲/۰۱	۳۵۳۶۲۹۶	۴۶۸۷۸۶	اردل
۴۷/۳۱	۴۷/۷۱	۴۷/۷۷	۳۵۹۶۲۷۸	۴۷۹۰۲۸	بن
۴۵/۵۸	۴۶/۷۹	۴۶/۷۹	۳۵۹۳۵۹۳	۴۷۹۹۷۳	وردنجان
۳۳/۸۸	۳۴/۱۲	۳۴/۱۱	۳۵۸۵۶۶۴	۴۹۶۹۲۲	سلمان

۹-۴- تفکیک جریان پایه از جریان کل

به منظور تفکیک جریان پایه از جریان کل ایستگاه هیدرومتری ارمند از روش فیلتر دیجیتال بازگشتی و نرم افزار WHAT استفاده شد که این روش در فصل قبل توضیح داده شد. هیدروگراف مربوط به تفکیک جریان پایه از جریان کل در شکل ۴-۳۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۳۲- هیدروگراف تفکیک جریان پایه از جریان کل ایستگاه ارمند

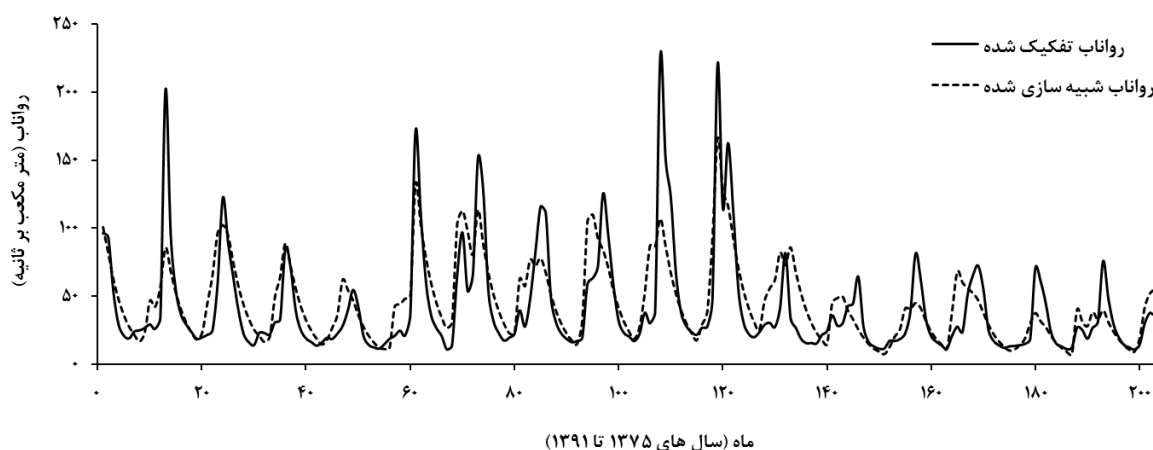
۱۰-۴- نتایج واسنجی و اعتبارسنجی مدل WetSpas-M

به منظور واسنجی مدل توزیعی WetSpas-M به صورت دستی از روش آزمون و خطا استفاده شد. همانطور که گفته شد ورودی‌های مدل به صورت نقشه‌های ماهانه هستند شماره‌گذاری نقشه‌های ورودی از عدد یک برای اولین ماه شروع تا آخرین عدد برای آخرین ماه یا نقشه ورودی ادامه دارد. به همین منظور سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ (ماه‌های ۱ تا ۶۰) به عنوان دوره اعتبارسنجی و سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۱ (ماه‌های ۶۱ تا ۲۰۴) به عنوان دوره واسنجی انتخاب شد. در طی این فرآیند به منظور بررسی عملکرد مدل، از ضریب کارایی نش- ساتکلیف استفاده گردید. همچنین در طی فرآیند واسنجی مدل، مقادیر بهینه پارامترهای عمومی مدل که به صورت مستقیم در حوضه قابل اندازه‌گیری نبودند، تعیین شد که نتایج آن در جدول ۴-۱۶ مشاهده می‌شود.

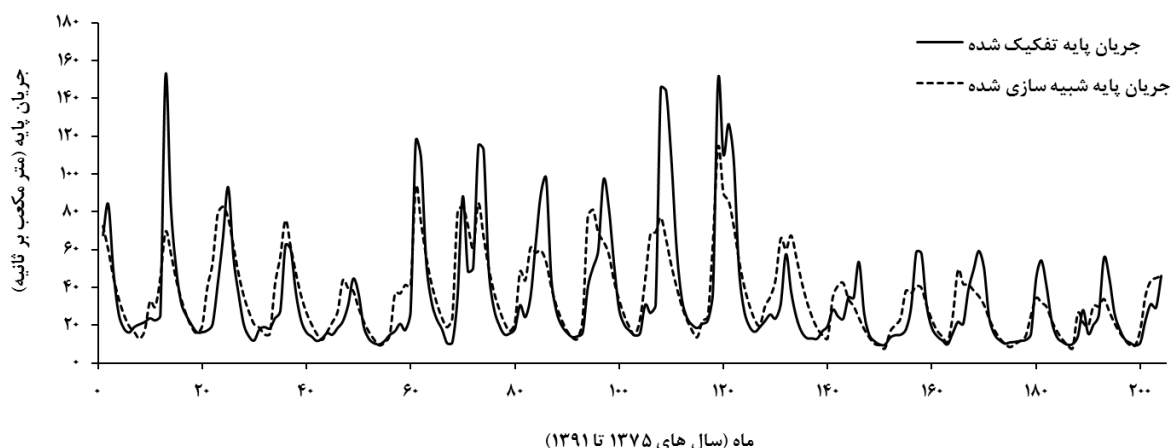
جدول ۴-۱۶- مقادیر بهینه پارامترهای عمومی واسنجی شده مدل

پارامترهای مدل	اجزای بیلان آب	مقدار واسنجی شده
α	تبخیر و تعرق	۰/۸
a	برگاب	۲/۵
Lp	رواناب سطحی	۲/۸
X	رواناب سطحی	۰/۷۶
β	جریان پایه	۰/۷۵
Φ	مشارکت کننده تغذیه	۰/۲۶

بررسی عملکرد مدل با استفاده از ضریب نش- ساتکلیف نتایج رضایت بخشی را نشان داد که مقدار این ضریب ۰/۶۲ برای رواناب و جریان پایه در دوره واسنجی و مقادیر ۰/۵۷ و ۰/۵۵ به ترتیب برای رواناب و جریان پایه در دوره اعتبارسنجی بود. شکل‌های ۴-۳۳ و ۴-۳۴ هیدروگراف‌های رواناب و جریان پایه تفکیک شده و شبیه‌سازی شده توسط مدل را برای ایستگاه هیدرومتری ارمند طی دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ نشان می‌دهند. مطابق این نمودارها اختلاف مقادیر جریان پایه و رواناب ایستگاه ارمند با مقادیر شبیه‌سازی شده آن توسط مدل در جریان‌های با مقدار زیاد، بیشتر است. این نشان می‌دهد که مدل جریان‌های سیلابی را به خوبی شبیه‌سازی نکرده است. اگرچه مدل در شبیه‌سازی نقاط پیک نمودار به خوبی عمل نکرده است ولی در مجموع روند شبیه‌سازی جریان مناسب بوده است و در برخی قسمت‌ها نمودار شبیه‌سازی شده جریان تقریباً بر جریان تفکیک شده منطبق شده است.



شکل ۴-۳۳- هیدروگراف رواناب تفکیک شده و شبیه‌سازی شده ایستگاه ارمند

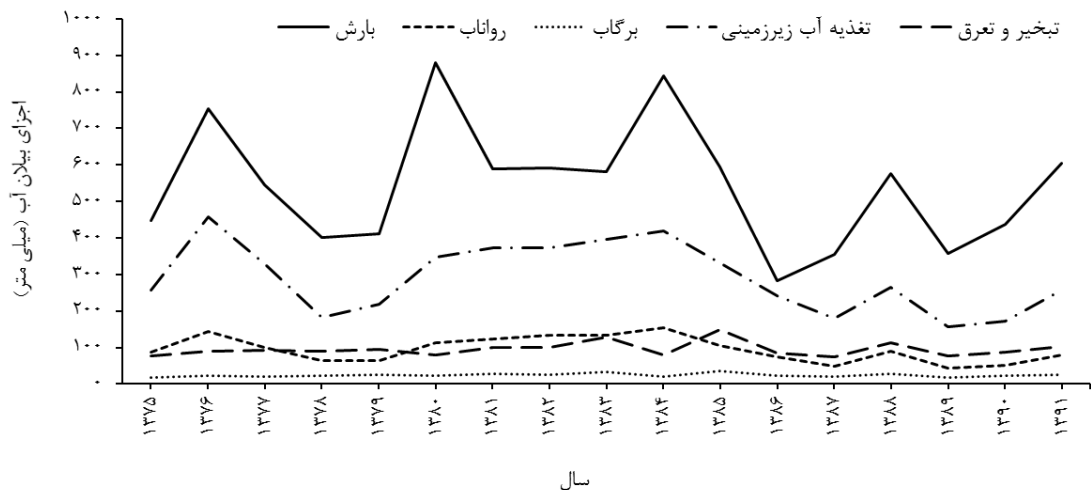


شکل ۴-۳۴- هیدروگراف جریان پایه تفکیک شده و شبیه سازی شده ایستگاه ارمند

۴-۱۱- نتایج شبیه سازی بیلان آب

طبق نتایج حاصل از شبیه سازی مؤلفه های بیلان آب توسط مدل WetSpas-M به طور متوسط سهم سالانه رواناب، تغذیه آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان های زیرقشری) و تبخیر و تعرق (تبخیر از سطح خاک، تعرق از گیاه و برگاب) از ۵۴۴ میلی متر بارندگی به ترتیب ۱۷٪ (۹۵ میلی متر)، ۵۴٪ (۲۹۲ میلی متر) و ۲۴٪ (۱۱۹ میلی متر) بود. بنابراین به طور متوسط بیشترین سهم مؤلفه های بیلان آب از بارش سالانه حوضه مربوط به تغذیه آب زیرزمینی است که نتایج به دست آمده با نتایج مطالعات سلیمانی مطلق (۱۳۹۵) در حوضه آبخیز سراب سیدعلی در غرب کشور و بیاتی (۱۳۹۶) در حوضه ونک واقع در استان های چهارمحال و بختیاری و اصفهان مطابقت داشت.

روند تغییرات مؤلفه های بیلان آب و متوسط بارش سالانه طی سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱ در شکل ۴-۳۵ مشاهده می شود. طبق این شکل روند تغییرات تغذیه آب زیرزمینی تقریباً با شیب مشابه متوسط بارش سالانه حوضه مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۱ نزولی است. رواناب نیز با شیب ملایم تر روندی نزولی دارد ولی تبخیر و تعرق و برگاب با شیب ملایمی روندی صعودی دارند.



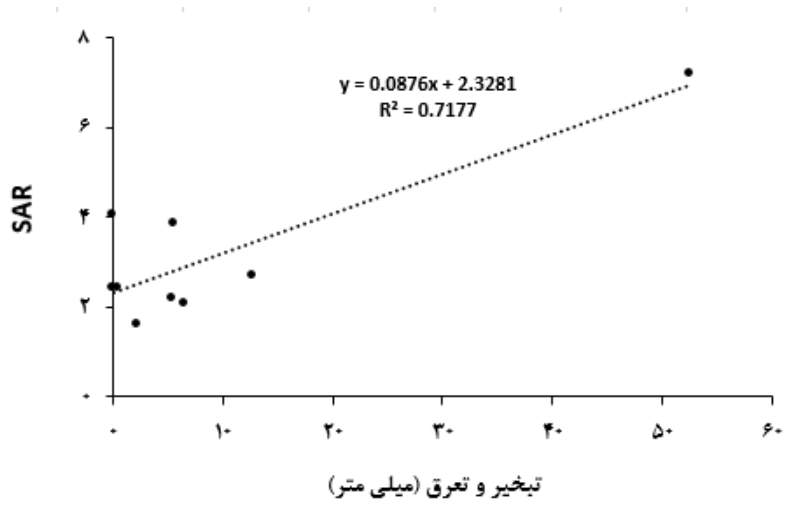
شکل ۴-۳۵- روند تغییرات اجزای بیلان آب و متوسط سالانه بارش حوضه مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۱

۱۲-۴- نتایج ارزیابی ارتباط بین متغیرهای کیفی با مؤلفه‌های بیلان آب

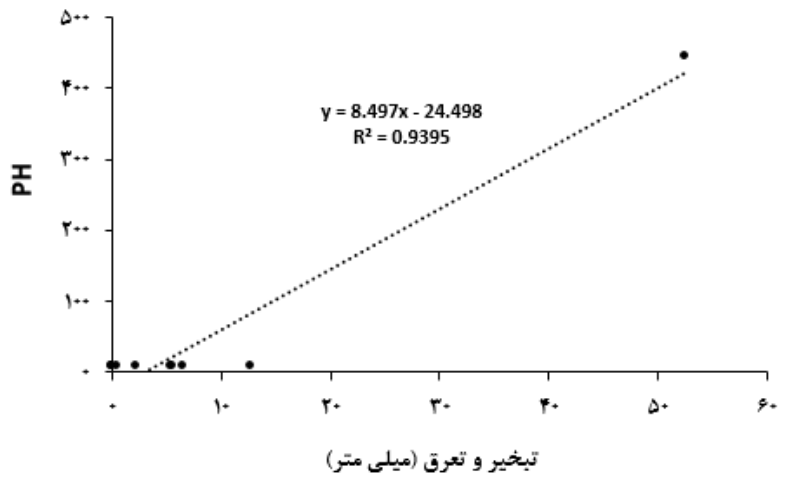
نقشه‌های خروجی مدل بیلان آب WetSpas-M شامل نقشه‌های تبخیر واقعی، تغذیه آب زیرزمینی و رواناب در مقیاس زمانی ماهانه بود. با استفاده از نرم‌افزار ILWIS و با توجه به موقعیت جغرافیایی چاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق، سهم هر چاه از مقدار توزیع شده مؤلفه‌های بیلان آب در سطح حوضه برای هر ماه تعیین شد (جدول مربوطه در قسمت پیوست موجود است). با توجه به میزان اطلاعات در دسترس و به منظور بررسی ارتباط بین پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ انتخاب شد. اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب در ماه‌های مختلفی از هر سال در دوره آماری منتخب صورت گرفته بود. بنابراین رابطه مقادیر پارامترهای کیفی با مقادیر معادل تبخیر و تعرق واقعی، تغذیه آب زیرزمینی و رواناب برآورد شده توسط مدل در این ماه‌ها طی سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱ بررسی شد. به همین منظور ضریب تعیین (R^2) بین پارامترهای کیفی EC، SAR، PH، نیترات، فسفات و سختی کل و مؤلفه‌های بیلان آب شامل تبخیر و تعرق واقعی، رواناب و تغذیه آب زیرزمینی طی دوره آماری مورد مطالعه برای هر چاه مطالعاتی محاسبه شد. نتایج مقادیر ضریب تعیین در جداول ۴-۱۷، ۴-۱۸ و ۴-۱۹ نشان داده شده است. طبق نتایج در جدول ۴-۱۷ با توجه به مقادیر بالای ضرایب همبستگی در چاه‌های ۱، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۷، ۲۴، ۲۸، ۳۰، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۷، ۳۸، ۴۱ و ۴۳ بین مقادیر تبخیر و تعرق واقعی و پارامترهای کیفی EC، SAR، PH، نیترات و سختی کل رابطه خطی مستقیم وجود دارد. این نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای کیفی آب تابعی از نوسانات تبخیر و تعرق ماهانه هستند. به طوری که با افزایش تبخیر و تعرق مقادیر SAR، PH، نیترات و سختی کل در این چاه‌ها افزایش می‌یابند. به عنوان نمونه نمودارهای همبستگی بین تبخیر و تعرق و پارامترهای کیفی برای چاه شماره ۱۴ در شکل ۴-۳۶ نشان داده شده است. نتایج بررسی نوع کاربری اراضی و بافت خاک مناطق مربوط به وجود این چاه‌ها نیز نشان داد که همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و تبخیر و تعرق به طور متوسط در بافت‌های خاک رسی و لوم رسی - سیلتی و کاربری مراتع متوسط وجود داشت.

جدول ۴-۱۷- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه تبخیر و تعرق واقعی و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی

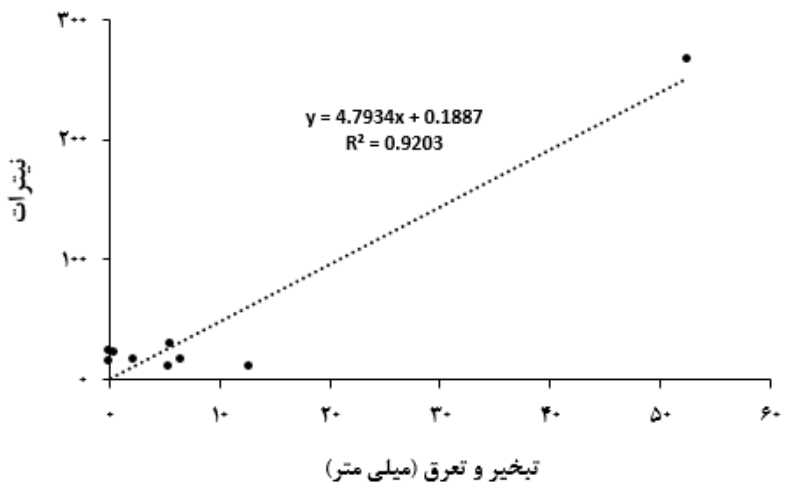
شماره چاه	EC	SAR	PH	نیترات	فسفات	سختی کل
۱	۰/۸۷	۰/۱۴	۰/۸۹	۰/۹۱	۰/۰۳	۰/۸۳
۲	۰/۴۸	۰/۳	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۰۳	۰/۳۳
۳	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵
۴	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۵۷	۰/۰۱
۵	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۱	۰/۰۷
۶	۰/۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۸
۷	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۲
۸	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۰۰۵
۹	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۴
۱۰	۰/۰۶	۰/۰۰۲	۰/۴	۰/۰۵	۰/۱۸	۰/۰۱
۱۱	۰/۲۸	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۳۱
۱۲	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۰۰۰۲	۰/۳
۱۳	۰/۷۱	۰/۸۳	۰/۷۲	۰/۷۳	۰/۲۷	۰/۷۴
۱۴	۰/۷۶	۰/۷۲	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۰۵	۰/۸۴
۱۵	۰/۷۷	۰/۴۳	۰/۹	۰/۸۸	۰/۰۰۲	۰/۷۶
۱۶	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۲
۱۷	۰/۸	۰/۶۸	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۰۰۰۰۰۱	۰/۷۳
۱۸	۰/۰۲	۰/۱۵	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۲
۱۹	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۱
۲۰	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۳۳	۰/۰۲
۲۱	۰/۰۰۳	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۱	۰/۴۱	۰/۰۰۱
۲۲	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۴	۰/۰۳	۰/۰۷
۲۳	۰/۰۲	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۷
۲۴	۰/۸۶	۰/۹	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۲۸	۰/۵۷
۲۵	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۰۵
۲۶	۰/۱	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۲	۰/۲۵
۲۷	۰/۱۶	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۱۳
۲۸	۰/۹۷	۰/۰۱	۰/۶۷	-	-	۱
۲۹	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۲	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۰۴
۳۰	۰/۵۵	۰/۷۵	۰/۹۹	۰/۹۷	۰/۰۳	۰/۶۹
۳۱	۰/۱۲	۰/۰۳	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۰۸
۳۲	۰/۶۸	۰/۶۷	۰/۷۴	۰/۷۱	۰/۲۶	۰/۶۶
۳۳	۰/۸۹	۰/۶۹	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۲۷	۰/۹۳
۳۴	۰/۹۲	۰/۷۲	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۱۷	۰/۸۲
۳۵	۰/۱	۰/۰۰۴	۰/۱۲	۰/۱۳	۰/۰۰۱	۰/۰۴
۳۶	۰/۱۴	۰/۰۰۲	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۱
۳۷	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۷۲	۰/۶۶	۰/۲۸	۰/۷
۳۸	۰/۹۲	۰/۸	۰/۸۵	۰/۸۶	۰/۰۶	۰/۷۱
۳۹	۰/۰۱	۰/۲۷	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۱
۴۰	-	-	-	-	-	-
۴۱	۰/۹۹	۰/۸۸	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۰۱	۰/۹۲
۴۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۱	۰/۰۱	۰/۱۱
۴۳	۰/۸	۰/۷۵	۰/۹	۰/۷۴	۰/۰۶	۰/۷۸
۴۴	۰/۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۰۰۲	۰/۱۳
۴۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۲۵	۰/۱۴



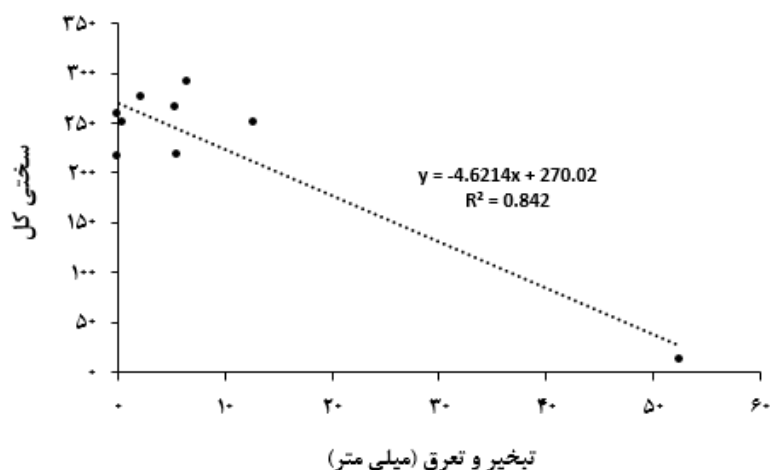
(الف)



(ب)



(ج)



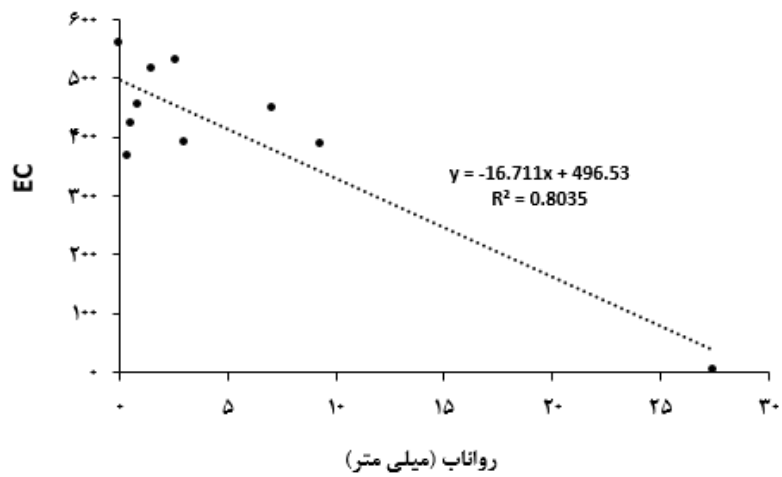
(د)

شکل ۴-۳۶- نمودار همبستگی بین تبخیر و تعرق ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) SAR (ب) PH (ج) نیترات و (د) سختی کل برای چاه شماره ۱۴ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱

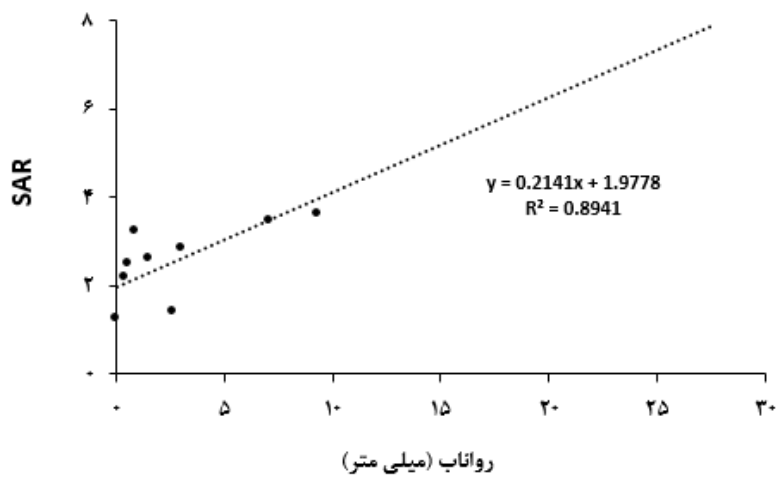
طبق نتایج در جدول ۴-۱۸ نیز با توجه به مقادیر بالای ضرایب همبستگی در چاه‌های ۱، ۱۳، ۱۴، ۲۴، ۲۸، ۳۰، ۳۳، ۳۴، ۳۷، ۳۸، ۴۱ و ۴۳ بین مقادیر رواناب و پارامترهای کیفی EC، SAR، PH، نیترات و سختی کل رابطه خطی مستقیم وجود دارد. این نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای کیفی آب تابعی از نوسانات رواناب ماهانه هستند. به طور مشابه با تبخیر و تعرق، با افزایش رواناب، مقادیر EC و سختی کل کاهش می‌یابند. به عنوان نمونه نمودارهای همبستگی بین رواناب و پارامترهای کیفی برای چاه شماره ۱۳ در شکل ۴-۳۷ نشان داده شده است. به طور مشابه با تبخیر و تعرق، نتایج بررسی نوع کاربری اراضی و بافت خاک مناطق مربوط به وجود این چاه‌ها نیز نشان داد که همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و رواناب به طور متوسط در بافت‌های خاک رسی و لوم رسی-سیلنتی و کاربری مراتع متوسط وجود داشت.

جدول ۴-۱۸- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه رواناب و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی

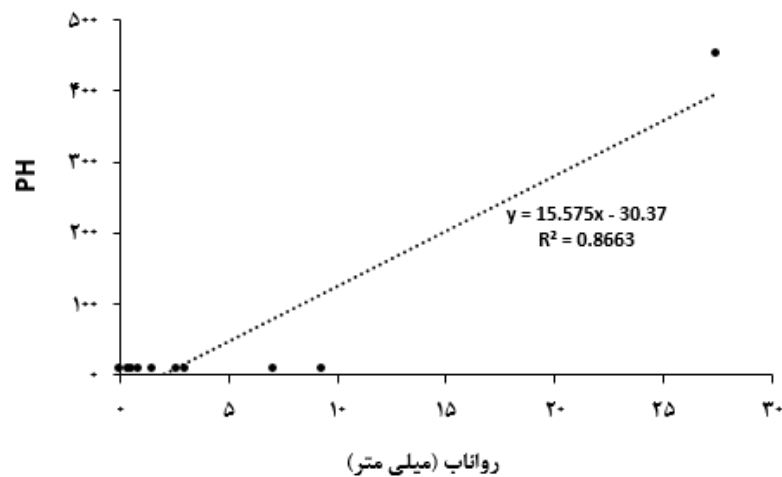
شماره چاه	EC	SAR	PH	نیترات	فسفات	سختی کل
۱	۰/۹	۰/۱۶	۰/۸۹	۰/۹۳	۰/۰۲	۰/۷۶
۲	۰/۳۳	۰/۱۷	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۰۶	۰/۱۸
۳	۰/۱۱	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۱۸
۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۱۳	۰/۵۶	۰/۰۰۲
۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۰۴
۶	۰/۰۵	۰/۰۰۰۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۳
۷	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۲
۸	۰/۰۲	۰/۰۰۴	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۲۸	۰/۰۰۱
۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۰۱
۱۰	۰/۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۴۶	۰/۲۵	۰/۰۵	۰/۰۱
۱۱	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۶
۱۲	۰/۱۷	۰/۰۶	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۰۰۰۰۳	۰/۳
۱۳	۰/۸	۰/۸۹	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۱۶	۰/۸۲
۱۴	۰/۶۵	۰/۶	۰/۸۵	۰/۸۳	۰/۰۵	۰/۶۹
۱۵	۰/۴۵	۰/۱۹	۰/۵۳	۰/۴۶	۰/۱۷	۰/۳۷
۱۶	۰/۱۲	۰/۰۰۲	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۱۳	۰/۰۹
۱۷	۰/۲۷	۰/۱۷	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۰۰۲	۰/۲۴
۱۸	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۲
۱۹	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۰۲
۲۰	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۵۱	۰/۰۰۴
۲۱	۰/۰۷	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۵۶	۰/۰۳
۲۲	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۱۳
۲۳	۰/۰۰۳	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۳
۲۴	۰/۸۸	۰/۹۲	۰/۹۲	۰/۸۶	۰/۴۱	۰/۵۶
۲۵	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۸	۰/۰۷
۲۶	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۱
۲۷	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۰۹
۲۸	۰/۹۹	۰/۰۳	۰/۵۹	-	-	۰/۹۸
۲۹	۰/۱۱	۰/۰۲	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۰۷	۰/۰۸
۳۰	۰/۵۹	۰/۶۷	۰/۸۵	۰/۸۲	۰/۰۰۲	۰/۶۶
۳۱	۰/۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۰۱
۳۲	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۳۸
۳۳	۰/۷۱	۰/۶	۰/۶۴	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۴۴
۳۴	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۱۷	۰/۴۳
۳۵	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲
۳۶	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۰۶
۳۷	۰/۷۹	۰/۵۴	۰/۷۳	۰/۶۹	۰/۲۵	۰/۷
۳۸	۰/۸۱	۰/۷۸	۰/۷۶	۰/۷۶	۰/۰۳	۰/۵۳
۳۹	۰/۰۰۰۳	۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۰۰۰۴
۴۰	-	-	-	-	-	-
۴۱	۰/۷۳	۰/۵۸	۰/۶۳	۰/۶۳	۰/۰۰۰۱	۰/۵۴
۴۲	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۹
۴۳	۰/۸۳	۰/۷۶	۰/۹۴	۰/۷۹	۰/۰۷	۰/۸۲
۴۴	۰/۰۱	۰/۰۰۰۴	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۱۱
۴۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۴۸	۰/۱۴



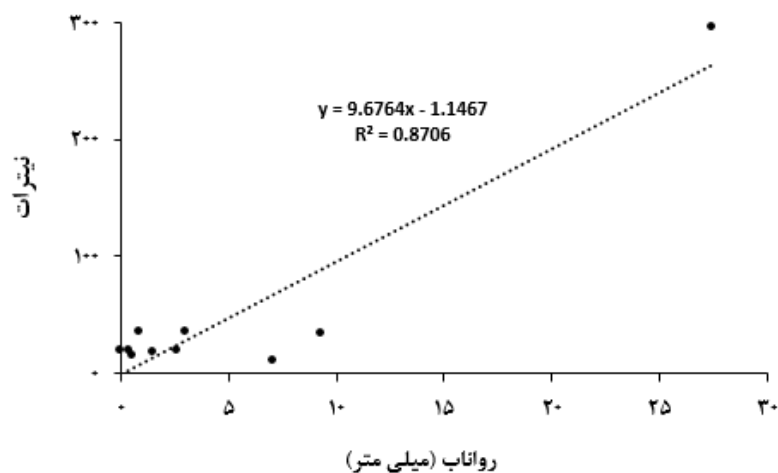
(الف)



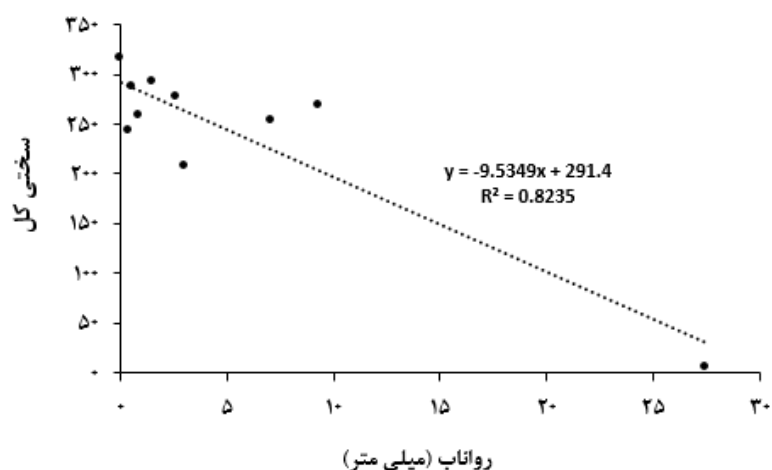
(ب)



(ج)



(د)



(ه)

شکل ۴-۳۷- نمودار همبستگی بین رواناب ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) EC (ب) SAR (ج) PH (د) نیترات (ه) سختی کل برای چاه شماره ۱۳ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱

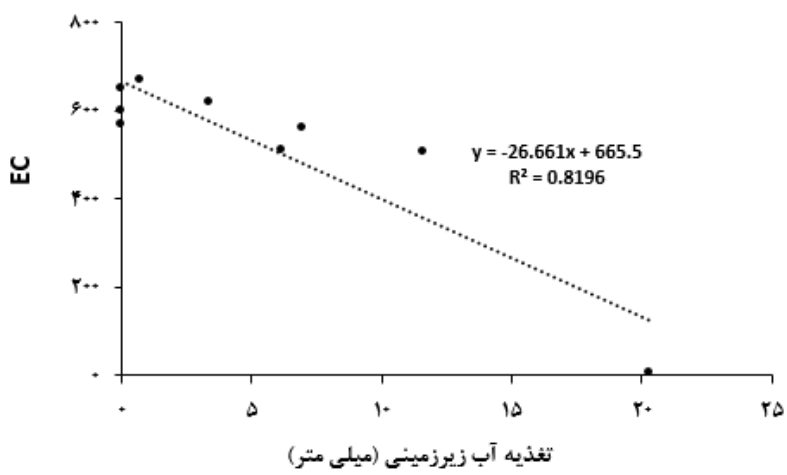
نتایج مربوط به همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی آب در هر چاه متغیر بود، به طوری که در تعداد کمی از ۴۵ چاه مورد مطالعه همبستگی مشاهده شد. همچنین در این تعداد کم نیز همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی با همه پارامترهای کیفی آب مشاهده نشد. طبق نتایج جدول ۴-۱۹ مقادیر بالای ضرایب همبستگی در چاه‌های ۳، ۲۴، ۲۹ و ۴۱ بین مقادیر تغذیه آب زیرزمینی و EC، در چاه‌های ۲۴، ۲۸، ۴۱ و ۴۳ بین مقادیر تغذیه آب زیرزمینی و SAR، و در چاه‌های ۳، ۲۴، ۲۸ و ۲۹ بین مقادیر تغذیه آب زیرزمینی و PH رابطه خطی مستقیم وجود دارد. همچنین در چاه شماره ۴۱ بین مقادیر تغذیه آب زیرزمینی و نیترات و سختی کل رابطه خطی مستقیم وجود دارد. به طور مشابه با تبخیر و تعرق و رواناب، با افزایش تغذیه آب زیرزمینی، مقادیر EC کاهش و مقادیر SAR و PH در چاه‌های ذکر شده افزایش می‌یابند. به عنوان نمونه نمودارهای همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی برای چاه‌های ۲۹ و ۴۱

در شکل ۴-۳۸ نشان داده شده است. نتایج بررسی نوع کاربری اراضی و بافت خاک مناطق مربوط به وجود این چاه‌ها نیز نشان داد که همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و تغذیه آب زیرزمینی به طور متوسط در بافت خاک لوم رسی - سیلتی و کاربری مراتع متوسط و اراضی شهری وجود داشت. ولی همانطور که گفته شد همبستگی تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی آب در تعداد معدودی از چاه‌های مورد مطالعه در حوضه مشاهده شد. علاوه بر این نتایج تحقیق نشان داد که بین مقادیر فسفات و پارامترهای بیلان آب همبستگی وجود نداشت.

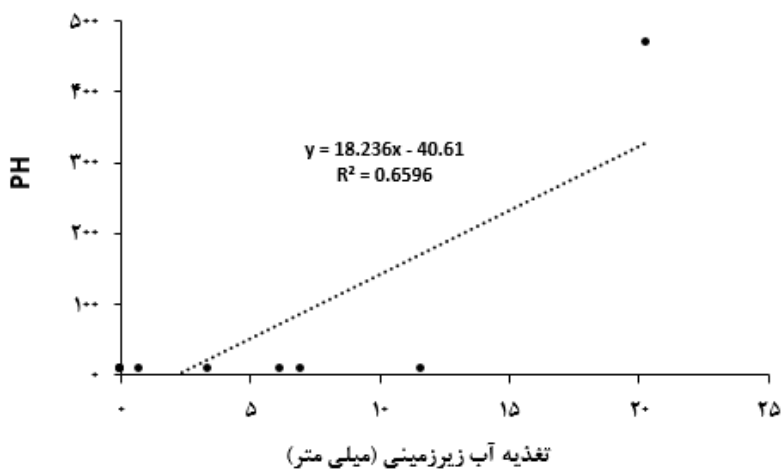
جدول ۴-۱۹- ضریب تبیین بین مقادیر ماهانه تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی آب برای هر چاه مطالعاتی

شماره چاه	EC	SAR	PH	نیترات	فسفات	سختی کل
۱	۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۲۷
۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۲
۳	۰/۵۴	۰/۱۳	۰/۵	۰/۳۸	۰/۰۲	۰/۳۹
۴	۰/۲	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۱۳	۰/۰۷
۵	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۲۵
۶	۰/۲۹	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۰۷	۰/۱۶
۷	۰/۳۷	۰/۲۷	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۰۸	۰/۲۶
۸	۰/۳۶	۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۰۴	۰/۲۲
۹	۰/۰۰۱	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۰۰۱
۱۰	۰/۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۳۹	۰/۲۲	۰/۰۴	۰/۰۲
۱۱	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۰۲	۰/۱
۱۲	۰/۰۵	۰/۰۰۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۱۶
۱۳	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۵۱	۰/۲۸
۱۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۰۲
۱۵	۰/۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۴۴	۰/۰۳
۱۶	۰/۰۹	۰/۰۰۳	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۱۷	۰/۰۶
۱۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱
۱۸	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۳
۱۹	۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
۲۰	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۴۷	۰/۰۰۴
۲۱	۰/۱	۰/۰۹	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۴۸	۰/۰۶
۲۲	۰/۱۱	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۱	۰/۱۷
۲۳	۰/۰۱	۰/۲۱	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۰۱
۲۴	۰/۶۵	۰/۷۱	۰/۵۸	۰/۴۷	۰/۷۲	۰/۳۶
۲۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۴
۲۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۰۱	۰/۰۹
۲۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۲۸	۰/۰۹
۲۸	۰/۱۵	۰/۶۳	۰/۸۶	-	-	۰/۳۵
۲۹	۰/۸۲	۰/۱۸	۰/۶۷	۰/۵۴	۰/۱۱	۰/۴۹
۳۰	۰/۰۰۳	۰/۰۸	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۶۶	۰/۰۴
۳۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۰۴
۳۲	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۰۳
۳۳	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۱	۰/۲۹	۰/۰۱
۳۴	۰/۰۰۱	۰/۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۱۴	۰/۰۰۱
۳۵	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲

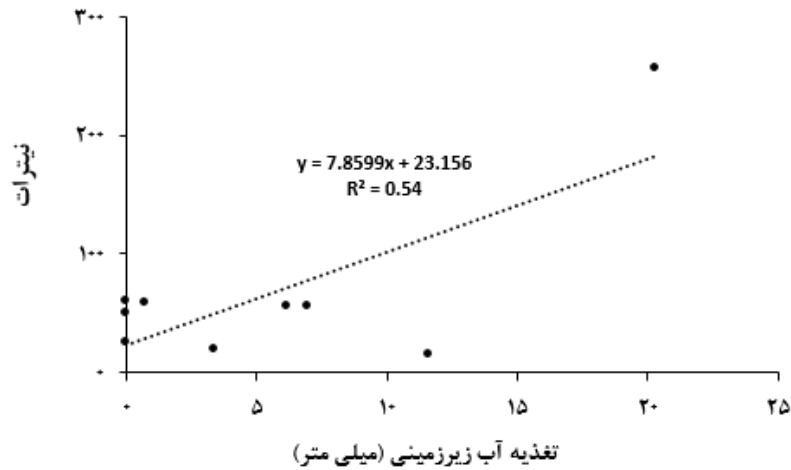
۰/۰۸	۰/۱۹	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۹	۳۶
۰/۱۳	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۳۱	۳۷
۰/۰۰۲	۰/۰۹	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۳۸
۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۰۰۲	۳۹
-	-	-	-	-	-	۴۰
۰/۶۳	۰/۰۸	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۵۷	۴۱
۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۳	۴۲
۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۳۲	۰/۶۱	۰/۲۸	۴۳
۰/۱۷	۰/۰۰۰۳	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۰۸	۴۴
۰/۲	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۴۵



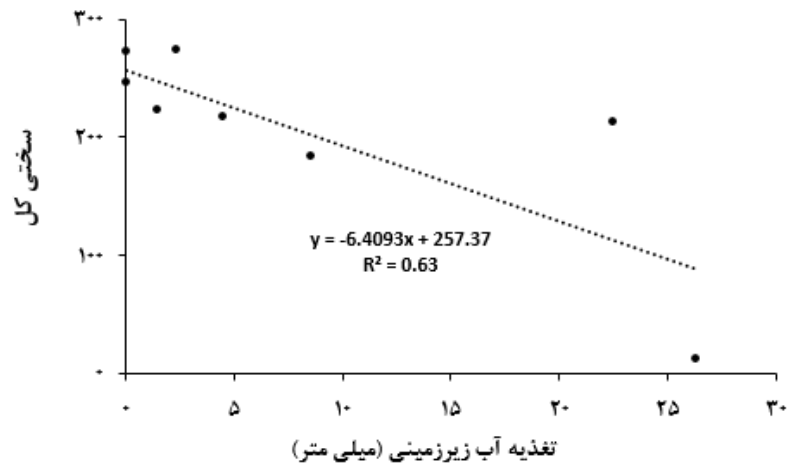
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۴-۳۸- نمودار همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی ماهانه و پارامترهای کیفی آب (الف) EC (ب) PH و (ج) نیترات برای چاه ۲۹ و (د) سختی کل برای چاه شماره ۴۱ طی دوره آماری ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۱

همچنین در نرم افزار SPSS به منظور بررسی همبستگی بین پارامترهای کیفی آب و مؤلفه‌های بیلان آب آزمون همبستگی پارامتری (ضریب پیرسون در SPSS) انجام شد. نتایج این آزمون نشان داد که با در نظر گرفتن ضریب پیرسون ۰/۶ به عنوان همبستگی قوی، بین پارامترهای زیر همبستگی وجود داشت:

- بین تبخیر و تعرق و PH در سال ۸۶ به طوری که با افزایش تبخیر و تعرق، PH آب افزایش می‌یابد.
- بین تغذیه آب زیرزمینی و SAR در سال ۸۸ به طوری که با افزایش تغذیه آب زیرزمینی، SAR کاهش می‌یابد.

که این نتایج در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار بودند (جدول ۴-۲۰). همچنین بین مقادیر بیلان آب با متغیرهای کیفی همبستگی قوی وجود نداشت. اکثر پارامترها همبستگی ضعیف داشتند.

جدول ۴-۲۰- نتایج بررسی همبستگی بین پارامترهای کیفی و مؤلفه‌های بیلان آب

Year	Water balance components	EC	SAR	NO3	P	TH	PH	IRWQI	
86	AET	Pearson Correlation	-.152	.193	-.201	-.287	-.142	.613**	.056
		Sig. (2-tailed)	.370	.251	.232	.085	.403	.000	.741
		N	37	37	37	37	37	37	37
	RE	Pearson Correlation	-.145	.064	-.203	-.320	-.096	.506**	.091
		Sig. (2-tailed)	.393	.706	.229	.053	.574	.001	.590
		N	37	37	37	37	37	37	37
	R	Pearson Correlation	-.055	.012	-.172	-.309	-.003	.382*	.048
		Sig. (2-tailed)	.746	.943	.309	.062	.987	.020	.780
		N	37	37	37	37	37	37	37
87	AET	Pearson Correlation	-.195	-.277	-.261	-.181	-.153	.104	.449**
		Sig. (2-tailed)	.227	.084	.104	.264	.347	.525	.004
		N	40	40	40	40	40	40	40
	RE	Pearson Correlation	-.174	-.266	-.100	-.191	-.069	.066	.286
		Sig. (2-tailed)	.283	.097	.539	.237	.670	.687	.074
		N	40	40	40	40	40	40	40
	R	Pearson Correlation	-.120	-.209	-.159	-.130	-.009	-.040	.309
		Sig. (2-tailed)	.461	.196	.326	.424	.956	.807	.052
		N	40	40	40	40	40	40	40
88	AET	Pearson Correlation	.200	-.010	-.049	-.019	-.050	-.162	-.101
		Sig. (2-tailed)	.198	.952	.756	.905	.751	.301	.519
		N	43	43	43	43	43	43	43
	RE	Pearson Correlation	.503**	-.604**	-.426**	.031	.406**	-.406**	.082
		Sig. (2-tailed)	.001	.000	.004	.843	.007	.007	.603
		N	43	43	43	43	43	43	43
	R	Pearson Correlation	.477**	-.478**	-.047	.156	.350*	-.186	-.106
		Sig. (2-tailed)	.001	.001	.763	.318	.021	.232	.497
		N	43	43	43	43	43	43	43
89	AET	Pearson Correlation	-.076	.012	-.334*	.087	.111	-.126	.155
		Sig. (2-tailed)	.626	.939	.027	.574	.475	.417	.317
		N	44	44	44	44	44	44	44
	RE	Pearson Correlation	-.026	.252	-.179	.148	-.159	-.144	.032
		Sig. (2-tailed)	.867	.099	.246	.337	.303	.351	.839
		N	44	44	44	44	44	44	44
	R	Pearson Correlation	.042	.263	-.046	-.021	.110	-.064	-.107
		Sig. (2-tailed)	.787	.085	.765	.893	.478	.682	.489
		N	44	44	44	44	44	44	44
90	AET	Pearson Correlation	.411**	.166	.211	-.057	.493**	-.221	-.248
		Sig. (2-tailed)	.006	.280	.168	.715	.001	.149	.104
		N	44	44	44	44	44	44	44
	RE	Pearson Correlation	.369*	.065	.102	.066	.336*	-.090	-.148
		Sig. (2-tailed)	.014	.673	.510	.670	.026	.560	.337
		N	44	44	44	44	44	44	44
	R	Pearson Correlation	.518**	.142	.260	.010	.477**	-.215	-.298*
		Sig. (2-tailed)	.000	.357	.088	.948	.001	.161	.050
		N	44	44	44	44	44	44	44
91	AET	Pearson Correlation	-.282	-.065	-.079	-.167	-.363*	-.007	.178
		Sig. (2-tailed)	.064	.675	.608	.277	.015	.965	.248
		N	44	44	44	44	44	44	44
	RE	Pearson Correlation	-.343*	-.082	-.079	-.207	-.393**	-.017	.190
		Sig. (2-tailed)	.023	.598	.610	.178	.008	.913	.217
		N	44	44	44	44	44	44	44
	R	Pearson Correlation	-.094	.078	.130	-.199	-.204	-.034	-.036
		Sig. (2-tailed)	.546	.613	.400	.196	.183	.827	.815
		N	44	44	44	44	44	44	44

AET: تبخیر و تعرق واقعی

RE: تغذیه آب زیرزمینی

R: رواناب سطحی

فصل پنجم

نتیجه‌گیری

۱-۵ نتیجه‌گیری کلی

سفره‌های آب زیرزمینی به عنوان مهم‌ترین منبع تأمین آب مورد نیاز بخش‌های مختلف کشاورزی، شرب و صنعت با خطرات مختلفی از جمله افت سطح و کاهش تغذیه آب زیرزمینی به دلیل افزایش بی‌رویه حفر چاه‌های غیر مجاز و کاهش بارندگی‌ها، افزایش جمعیت و مناطق شهری و به دنبال آن افزایش فاضلاب‌های شهری و صنعتی، توسعه زمین‌های کشاورزی و افزایش میزان مصرف کودهای شیمیایی و در نتیجه آلودگی آب‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت آن‌ها مواجه است. این مشکلات سبب شده است که مطالعات بسیاری در این زمینه در بسیاری از مناطق مختلف جهان صورت گیرد که نتایج این مطالعات اهمیت مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح در زمینه منابع آب را نشان می‌دهند. بخش عمده‌ای از ایران در مناطق خشک و نیمه خشک واقع شده است و با مشکلات کمبود منابع آب و آلودگی این منابع روبه‌روست. استان چهارمحال و بختیاری نیز در معرض افت و کاهش منابع آب زیرزمینی قرار دارد. بنابراین در این تحقیق روند تغییرات مکانی و زمانی کیفیت منابع آب زیرزمینی استان چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار گرفت. هرچند در برخی از مطالعات مدل‌های نیمه توزیعی و یکپارچه در شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز به خوبی عمل کرده‌اند ولی به طور کلی مدل‌های کاملاً توزیعی به دلیل قابلیت اتصال به سیستم اطلاعات جغرافیایی، تغییرات مکانی پارامترهای هیدرولوژیکی را در نظر می‌گیرند و محاسبات مربوط به پارامترها را برای هر پیکسل انجام می‌دهند. هرچند داده‌های ورودی این مدل‌ها زیاد است ولی به دلیل قابلیت‌هایی که دارند بیشتر مورد استقبال قرار گرفته‌اند. در این تحقیق نیز برای شبیه‌سازی مؤلفه‌های بیلان آب شامل رواناب، تغذیه آب زیرزمینی، برگاب و تبخیر-تعرق از مدل کاملاً توزیعی بیلان آب ماهانه WetSpas-M استفاده شد. دوره آماری ۱۳۷۵ تا ۱۳۷۹ برای اعتبارسنجی و ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۲ برای واسنجی مدل انتخاب شد. نتایج مربوط به بررسی عملکرد مدل با استفاده از ضریب کارایی نش-ساتکلیف برای رواناب و جریان پایه با مقدار ۰/۶۲ در دوره واسنجی و مقادیر ۰/۵۷ و ۰/۵۵ به ترتیب برای رواناب و جریان پایه در دوره اعتبارسنجی

نتایج رضایت‌بخشی را نشان داد. علاوه بر این نتایج شبیه‌سازی توزیعی مؤلفه‌های بیلان آب نشان داد که بیشترین سهم مؤلفه‌های بیلان آب از بارش متوسط سالانه حوضه مربوط به تغذیه آب زیرزمینی بود. به طوری که به طور متوسط سهم سالانه رواناب، تغذیه آب زیرزمینی (تغذیه آب زیرزمینی، رطوبت خاک و جریان‌های زیرقشری) و تبخیر-تعرق (تبخیر از سطح خاک، تعرق از گیاه و برگاب) از ۵۴۴ میلی‌متر بارندگی به ترتیب ۱۷٪ (۹۵ میلی‌متر)، ۵۴٪ (۲۹۲ میلی‌متر) و ۲۴٪ (۱۱۹ میلی‌متر) بود.

در مورد بررسی کیفیت آب زیرزمینی نیز نقشه‌های پهنه‌بندی کیفیت آب بر اساس شاخص IRWQI برای سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۶ تهیه شد. طبق نقشه‌های تهیه شده، در سال ۱۳۸۶ لرندگان دارای کیفیت آب در طبقه نسبتاً خوب و قسمت‌های شمال شرق و شرق شهرستان شهرکرد دارای کیفیت آب در طبقه متوسط می‌باشد. در حالی که در سال ۱۳۹۶ وضعیت کیفیت آب شهرستان اردل در طبقه خوب قرار گرفته و کیفیت آب در قسمت شمال و شمال شرق شهرستان بروجن کاهش یافته و در طبقه بد قرار گرفته است. نقشه‌های پهنه‌بندی نیترا نیز در سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ نشان داد که محدوده مقدار نیترا در سال ۱۳۹۶ نسبت به سال ۱۳۹۵ کمتر بوده است. همچنین مقدار نیترا در شهرستان‌های مختلف متفاوت بود به طوری که شهرستان اردل دارای نیترا کمتر و شهرستان‌های بروجن و شهرکرد دارای نیترا بیشتری بودند. از دیگر نتایج تحقیق حاضر این بود که کیفیت آب زیرزمینی می‌تواند تحت تأثیر مقدار نیترا باشد، زیرا در مناطقی که مقدار نیترا زیاد بود، کیفیت آب زیرزمینی بر اساس شاخص IRWQI کمتر بود. از طرفی در هر دو سال مقدار نیترا آب زیرزمینی در شهرستان اردل کمتر و کیفیت آب بهتر بود. بنابراین به طور کلی می‌توان گفت که شهرستان اردل از نظر کیفیت آب در استان چهارمحال و بختیاری از وضعیت بهتری برخوردار بود و منابع آب زیرزمینی در شهرستان‌های شهرکرد و بروجن کیفیت آب پایین‌تری داشت. یکی دیگر از نتایج این تحقیق در مورد سال ۹۶-۱۳۹۵ این بود که خشکسالی یک عامل مؤثر بر کاهش کیفیت آب است چرا که در مناطقی که خشکسالی شدیدتر بود کیفیت آب زیرزمینی نیز وضعیت بدتری داشت.

در این تحقیق اثر کاربری اراضی بر کیفیت آب شرب استان نیز بررسی شد. نتایج این بخش از تحقیق نشان داد که از بین سه کاربری مراتع، کشاورزی و مسکونی، کیفیت آب در کاربری مراتع بهتر و مقدار نیترا در آن نیز کمتر از دو کاربری دیگر بود. از دلایل مقدار بالای نیترا در کاربری‌های مسکونی و کشاورزی نسبت به مرتع می‌توان به فاضلاب‌های شهری، مصرف بیش از حد کودهای نیتروژن‌دار و آبخوبی نیترا خاک در اثر آبیاری در این مناطق نسبت داد.

علاوه بر این نتایج مربوط به ارتباط بین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی و مؤلفه‌های بیلان آب نشان داد که بین مقادیر تبخیر و تعرق واقعی و رواناب و پارامترهای کیفی EC، SAR، PH، نیترا و سختی کل رابطه

خطی مستقیم وجود داشت. به طوری که با افزایش تبخیر و تعرق واقعی و رواناب مقادیر SAR، PH، نیترات و سختی کل در برخی چاه‌های واقع در بافت‌های خاک رسی و لوم رسی - سیلتی و کاربری مراتع متوسط، افزایش یافت. در مورد همبستگی بین تغذیه آب زیرزمینی و پارامترهای کیفی آب نتایج در هر چاه متفاوت بود و در تعداد کمی از ۴۵ چاه مورد مطالعه همبستگی دیده شد. با افزایش تغذیه آب زیرزمینی، مقادیر EC کاهش و مقادیر SAR و PH در برخی چاه‌های واقع در بافت خاک لوم رسی - سیلتی و کاربری مراتع متوسط و اراضی شهری افزایش یافت. از دیگر نتایج مربوط به این بخش از تحقیق این بود که بین مقادیر فسفات و پارامترهای بیلان آب همبستگی وجود نداشت.

منابع

۱. احراری رودی م. ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی استان سیستان و بلوچستان. فصلنامه علمی-ترویجی یافته‌های نوین زمین‌شناسی کاربردی. جلد ۱۲. شماره ۲۳. صفحات ۱۰۴ تا ۱۱۳.
۲. احمدنژاد، ا.، گلمائی س، احمدی م. ۱۳۸۹. شبیه‌سازی فرآیند بارش- رواناب و مؤلفه‌های بیلان آب در حوزه آبخیز رودخانه‌ها (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کورکورسر). پژوهش‌نامه مدیریت حوزه آبخیز. سال ۱. شماره ۱. صفحات ۷۴ تا ۸۷.
۳. استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۵۳، ۱۳۷۶. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی.
۴. اسدی نلیوان، ا.، فتاحی، ا.، سقزاده ن. ۱۳۹۲. کاربرد و مقایسه روش‌های معین و زمین‌آماری برای پهنه-بندی کیفیت آب زیرزمینی از نظر شرب. نشریه مهندسی اکوسیستم‌های بیابان. جلد ۲. شماره ۳. صفحات ۵۵ تا ۶۶.
۵. افخمی م. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی و یکپارچه در شبیه‌سازی بیلان آب. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- آب. دانشکده مهندسی عمران. دانشگاه تربیت مدرس. ایران.
۶. افخمی م، نصیری صالح ف. ۱۳۹۴. ارزیابی عملکرد مدل‌های هیدرولوژیکی توزیعی و یکپارچه در شبیه‌سازی متوسط روزانه دبی جریان درحوضه آبریز رودخانه قره‌سو-اردبیل. مجله علمی-پژوهشی عمران مدرس. دوره پانزدهم.
۷. بدیعی‌نژاد، ا.، غلامی م.، جنیدی جعفری، ا.، عامری، ا. ۱۳۹۱. بررسی عوامل مؤثر بر غلظت نیترات منابع آب شرب زیرزمینی شیراز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). فصلنامه علمی پژوهشی دانشکده بهداشت یزد، جلد ۱۱. شماره ۲. صفحات ۴۷ تا ۵۶.
۸. برخوردار ج. ۱۳۹۳. ارزیابی مدل توزیعی بیلان آبی ماهانه در برآورد رواناب حوضه در مناطق خشک با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی حوزه آبخیز یزد-اردکان). پژوهش‌های آبخیزداری. شماره ۱۰۵.
۹. برخوردار ج، وارتانیان ت، خسروی ج. ۱۳۹۴. تهیه مدل توزیعی بیلان ماهانه آب خاک به روش تورنت وایت-ماتر (مطالعه موردی: حوزه آبخیز یزد اردکان). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۲۲. شماره ۳. صفحات ۴۶۶ تا ۴۸۰.
۱۰. بیاتی س. ۱۳۹۶. ارزیابی توزیعی بیلان آب با استفاده از مدل WetSpas-M (مطالعه موردی: حوضه آبخیز ونک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب. دانشکده کشاورزی. دانشگاه شهرکرد. ایران.
۱۱. پورمحمدی س، دستورانی م، چراغی ع، مختاری م، رحیمیان م. ۱۳۹۰. ارزیابی و برآورد اجزای بیلان آبی در حوزه‌های مناطق خشک با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز منشاد یزد). نشریه آب و فاضلاب. دوره ۲۲. شماره ۳. صفحات ۹۹ تا ۱۰۸.
۱۲. ثقفیان ب. رحیمی بندر آبادی س. ۱۳۸۴. مقایسه روش‌های درون‌یابی و برون‌یابی برای برآورد توزیع مکانی مقدار بارندگی سالانه. مجله‌ی تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲، صفحات ۷۴ تا ۸۴.

۱۳. جباری آ، حسینی م، خسروجردی ا. ۱۳۹۲. ارزیابی مدل SWAT 2009 در شبیه‌سازی بیلان آبی. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز. جلد ۵. شماره ۳. صفحات ۱۷۹ تا ۱۸۹.
۱۴. جوانمرد س. ۱۳۹۳. مدل‌سازی بیلان آب در حوضه آبریز آق‌چای با استفاده از مدل SWAT. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه زنجان. ایران.
۱۵. جهانبخش اصل س. دین‌پژوه ی. و عالی‌نژاد م.ح. ۱۳۹۴. مقایسه مدل‌های SRM و HEC-HMS در شبیه‌سازی رواناب ناشی از ذوب برف حوضه آبریز شهرچای ارومیه. فصلنامه هیدروژئومورفولوژی. سال ۲. شماره ۵. صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۷.
۱۶. حجازی زاده ز. جوی زاده س. عضدی قاجار آ. رحیمی دوکوهکی س. ۱۳۹۰. روشی نو به محاسبات اتوماتیک شاخص‌های خشک‌سالی در هزاره سوم نرم‌افزار DIC: نرم‌افزار تولیدشده ایرانی توسط نویسندگان این مقاله، نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی، قم، ۲۴ صفحه.
۱۷. حسینی پاک ع. ا. ۱۳۷۷. زمین‌آمار (ژئواستاتستیک)، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران، ۳۴۱ صفحه.
۱۸. خلیقی سیکارودی. ش. ۱۳۸۷. تعیین بهترین روش زمین‌آماری در تهیه نقشه خطوط هم‌باران (مطالعه موردی استان مازندران). اولین همایش بین‌المللی تغییر اقلیم و گیاه‌شناسی درختی در اکوسیستم‌های خزری، ۲۵ و ۲۶ اردیبهشت، ساری.
۱۹. دانشور وثوقی ف. دین‌پژوه ی. ۱۳۹۱. بررسی روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت اردبیل با استفاده از روش اسپیرمن، مجله محیط‌شناسی، جلد ۳۸. شماره ۴. صفحات ۱۷ تا ۲۸.
۲۰. دولت‌آبادی س، زمردیان م. ۱۳۹۲. شبیه‌سازی هیدرولوژیکی حوضه فیروزآباد با استفاده از مدل SWAT. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال چهارم. شماره چهاردهم.
۲۱. ذبیحی. ع. سلیمانی. ک. شعبانی. م. ابروش ص. ۱۳۹۰. بررسی توزیع مکانی بارش سالانه با استفاده از روش‌های زمین‌آماری (مطالعه موردی: استان قم). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۲.
۲۲. رستمیان ر، موسوی ف، حیدرپور م، افیونی م، عباسپور ک. ۱۳۸۷. کاربرد مدل SWAT2000 در تخمین رواناب و رسوب حوضه بهشت آباد از زیرحوضه‌های کارون شمالی. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. سال دوازدهم. شماره چهل و ششم.
۲۳. رهنما ا. ۱۳۷۸. برآورد رواناب سطحی در حوضه آبخیز بشار به روش CN با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس.
۲۴. زارعی ع. امیری م.ج. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات مکانی و پهنه‌بندی کیفیت آب شرب و کشاورزی با استفاده از تکنیک زمین‌آمار و GIS. نشریه علمی-پژوهشی اکوهیدرولوژی. جلد ۳. شماره ۴. صفحات ۵۰۵ تا ۵۱۶.
۲۵. زاهدی. م. قویدل، ی. ۱۳۸۱. شناخت، طبقه‌بندی و پیش‌بینی خشک‌سالی با استفاده از روش سری‌های زمانی در حوضه آبخیز دریاچه ارومیه، فضای جغرافیایی، شماره ۶: صفحات ۱۹ تا ۴۸.

۲۶. زاهدی فر م. موسوی ع.ا. رجبی م. ۱۳۹۲. پهنه‌بندی ویژگی‌های شیمیایی کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت فسا با استفاده از روش‌های زمین‌آماری. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۷. شماره ۴. صفحات ۸۱۲ تا ۸۲۲.
۲۷. زلکی بدیلی ن، صیاد غ، حمادی ک، اخوان س، عبدی ع. ۱۳۹۰. شبیه‌سازی رواناب ماهانه حوضه آبخیز سد مارون (ایدنک) با استفاده از مدل SWAT2005. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران تبریز، ۱۲ تا ۱۴ شهریور ۱۳۹۰.
۲۸. سعیدی ر، زهرایی ب. ۱۳۹۰. مدل‌سازی فرآیند بارش-رواناب در حوضه آبریز سد پیشین برای شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم. ششمین کنگره ملی مهندسی عمران. ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰. دانشگاه سمنان، ایران.
۲۹. سلطانی گردفرامری م. مظفری غ. شفیع ش. ۱۳۹۵. تحلیل اثرات خشکسالی‌های اقلیمی اخیر بر میزان شوری آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین‌آماری و GIS در دشت یزد- اردکان. فصلنامه علمی-پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. جلد ۲۷. شماره ۱۰۶. صفحات ۱۷۹ تا ۱۹۹.
۳۰. سلیمانی مطلق م. ۱۳۹۵. ارزیابی بیلان آب زیرزمینی با تأکید بر تفکیک کسری ناشی از خشکسالی و بهره‌برداری بیش از حد مجاز آبخوان (مطالعه موردی: دشت الشتر). پایان‌نامه دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری. دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین. دانشگاه کاشان. ایران.
۳۱. سلیمانی مطلق م. طالبی ع. زارعی م. ۱۳۹۲. بررسی اثرات خشکسالی بر کیفیت منابع آب سطحی حوضه آبخیز کشکان. پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز. جلد ۶. شماره ۱۲. صفحات ۱۵۴ تا ۱۶۵.
۳۲. شیخ و، حزبی ع، بهره‌مند ع. ۱۳۹۴. مدل‌سازی توزیعی و دینامیک بیلان آب حوضه آبخیز چهل‌چای در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی. پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز. دوره ۶. شماره ۱۲. صفحات ۲۹ تا ۴۲.
۳۳. صراف ا.پ. ۱۳۹۴. ارزیابی روش‌های زمین‌آماری در تهیه نقشه‌های کیفی آب‌های زیرزمینی و پهنه‌بندی آن‌ها (آبخوان حوضه آبریز هراز، دشت پلور). فصلنامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی. جلد ۱۵. شماره ۵۱. صفحات ۱۲۱ تا ۱۴۳.
۳۴. عابدی آ. ۱۳۹۳. بررسی اثرات سد یامچی روی پارامترهای بیلان آب حوضه بالیخوچای با استفاده از مدل SWAT. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه محقق اردبیلی. ایران.
۳۵. علیزاده ا. ۱۳۸۶. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات آستان قدس رضوی. چاپ بیست و یکم. ۸۰۸ صفحه.
۳۶. قاسمی دهنوی آ. ساریخانی ر. حسینی ح. احمدنژاد ز. ابراهیمی ب. ۱۳۹۵. ارزیابی کیفی و کمی آب‌های سطحی با استفاده از آنالیز آماری در رودخانه ازنا لرستان. مجله محیط زیست و مهندسی آب. جلد ۲. شماره ۴. صفحات ۳۰۶ تا ۳۲۱.
۳۷. قلعه‌بان تکمه‌داش م. ۱۳۹۱. مدل‌سازی مفهومی بیلان آب در مقیاس حوضه آبریز. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی آب. دانشکده کشاورزی. دانشگاه فردوسی مشهد. ایران.

۳۸. قمشیون م. ملکیان آ. حسینی خ. قرهچلو س. خاموشی م. ر. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت سمنان- سرخه با استفاده از روش‌های زمین‌آمار. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران. جلد ۱۹. شماره ۳. صفحات ۵۳۵ تا ۵۴۵.
۳۹. کلانتری خ. ۱۳۸۵. پردازش و تحلیل داده‌ها در تحقیقات اجتماعی- اقتصادی. انتشارات شریف، تهران. چاپ دوم. ۳۸۷ صفحه.
۴۰. محبتی ر. نژاد حسینی فشخامی ح. ۱۳۸۸. مبانی اصول و کاربردهای سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، چاپ اول، نشر علم کشاورزی، ۱۸۵ صفحه.
۴۱. محمدی، ج. ۱۳۸۵. پدومتری: جلد دوم، آمار مکانی. انتشارات پلک، ۴۵۳ صفحه.
۴۲. محمدیاری ف. اقدر ح. بصیری ر. ۱۳۹۴. پهنه‌بندی کیفیت آب زیرزمینی از لحاظ شرب با استفاده از روش‌های زمین‌آمار مطالعه موردی: مناطق خشک مهران و دهلران. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی. جلد ۲۶. شماره ۱۰۱. صفحات ۱۹۹ تا ۲۰۸.
۴۳. معروفی ص، گل محمدی گلمر، محمدی ک، زارع ابیانه ح. ۱۳۸۸. ارزیابی روش‌های زمین‌آمار در برآورد توزیع مکانی بارش در استان همدان در محیط GIS. مجله دانش آب و خاک. جلد ۱۹/۱. شماره ۲. صفحات ۱۴۷ تا ۱۶۴.
۴۴. معینیان خ، موسوی فر ا، راستگو ط. ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات کیفیت منابع آب آشامیدنی و زیرزمینی: یک مطالعه موردی در لردگان. فصلنامه کومش. جلد ۱۸. شماره ۳.
۴۵. مقیمی ش. بابایی فینی ا. ۱۳۹۵. رابطه خشکسالی با کیفیت آب‌های زیرزمینی دشت ابهر با استفاده از SPI و نمودارهای شولر، پایپر و ویلکوکس. فصلنامه علمی- پژوهشی جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). جلد ۷. شماره ۱. صفحات ۱۰۳ تا ۱۱۶.
۴۶. ملکیان آ. میردشتوان م. ۱۳۹۴. بررسی کیفیت آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی بر اساس تحلیل- های زمین‌آمار (مطالعه موردی: دشت هشتگرد استان البرز). مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۶۸. شماره ۴. صفحات ۸۰۹ تا ۸۲۰.
۴۷. مهدوی م. ۱۳۷۸. هیدرولوژی کاربردی، چاپ دوم، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
۴۸. نجف‌زاده ه. زهتابیان غ. ر. خسروی ح. گلکاریان ع. ۱۳۹۴. تأثیر عوامل اقلیمی و زمین‌شناسی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت مه‌ولت. نشریه علمی- پژوهشی اکوهیدرولوژی. جلد ۲. شماره ۳. صفحات ۳۲۵ تا ۳۳۶.
۴۹. نریمانی ن. ابراهیمی س. اسدی ا. ۱۳۹۴. اثر خشکسالی بر کیفیت منابع آب زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت بستان‌آباد، استان آذربایجان شرقی. دهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران. تبریز. دانشگاه تبریز. ایران.
۵۰. هاشمی ح. ۱۳۹۰. راهنمای محاسبه شاخص کیفیت منابع آب ایران. گروه مهندسی محیط زیست- آلاینده‌های محیط زیست. دانشگاه شهید بهشتی. پژوهشکده علوم محیطی.

۵۱. یاری ر. کوچک‌زاده م. ۱۳۸۷. مقایسه روش‌های زمین‌آماری برای پیش‌بینی پراکنش مکانی شورآب زیرزمینی، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب، انجمن علوم و مهندسی منابع آب ایران و دانشگاه تبریز.
52. Abdollahi K, Bashir I, and Batelaan O. 2012. WetSpas graphical user interface. Version 31-05-2012. Vrije Universiteit Brussel. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering. Belgium. 10p.
53. Abdollahi K, Bashir I, Verbeiren B, Harouna M.R, Griensven A.V, Husmans M, and Batelaan O. 2017. A distributed monthly water balance model: formulation and application on Black Volta basin. *Environmental Earth Science* 76 (198): 1-18.
54. Abdollahi K. 2015. Basin scale water balance modelling for variable hydrological regimes and temporal scales. Ph.D. Thesis. Department of Hydrology and Hydraulic Engineering. Faculty of Engineering. Vrije Universiteit Brussel. Brussel.
55. Abraham L.Z, Roehrig J, and Chekol D.A. 2007. Calibration and Validation of SWAT Hydrologic Model for Meki Watershed, Ethiopia. In Conference on International Agricultural Research for Development. University of Kassel Witzenhausen and University of Gottingen.
56. Adeli, M. 2010. Analysis of water resources quality of Gorgan county using with GIS, National conference of geomantic. Cartographic Center, May 2010. in Persian.
57. Ahmed S, Sherif M.M, Singh V.P, and Al-Rashed M. 2002. Groundwater network design: Application of geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a semi-arid region: Groundwater hydrology. *Journal of Balkema* 2(1): 37-57.
58. Al Kuisi M. and El-Naqa A. 2013. GIS based spatial groundwater recharge estimation in the Jafr basin, Jordan- Application of WetSpas models for arid regions. *Revista Mexicana de Ciencias Geologicas* 30(1): 96-109.
59. An H, Jee S.W, Lee S.J, Hyun Y, Yoon H, and Kim R.H. 2015. Suggestion of a Groundwater Quality Management Framework Using Threshold Values and Trend Analysis. *Journal of Soil and Groundwater Environment* 20(7): 112-120.
60. Anca mm. mathematical modeling of groundwater contamination with nitrogen compound. *The Science of the Total Environment* 1999; 208:75-83.
61. Arefaine T. Dessie N. and Tesfamichael G. 2012. Groundwater recharge, evapotranspiration and surface runoff estimation using WetSpas modeling method in Illala catchment, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science* 4(2): 96-110.
62. Arnold J.G. and Allen P.M. 1999. Automated methods for estimating baseflow and ground water recharge from streamflow records. *Journal of the American Water Resources Association* 35(2): 411-424.
63. Ayivi F and Jha M.K. 2018. Estimation of water balance and water yield in the Reedy Fork-Buffalo Creek Watershed in North Carolina using SWAT. *International Soil and Water Conservation Research*.
64. Bai X, Chen J, and Shi P. 2012. Landscape urbanization and economic growth in China: positive feedbacks and sustainability dilemmas. *Environmental Science and Technology* 46 (1): 132-139.

65. Batelaan O and De Smedt F. 2001. WetSpa: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional ground water modeling. *International Association of Hydrological Sciences Publication* 269: 11-18.
66. Batelaan O. and De Smedt F. 2007. GIS- based recharge estimation by coupling surface- subsurface water balances. *Journal of Hydrology* 337(3): 337-355.
67. Batelaan O. and De Smedt F. 2007. GIS- based recharge estimation by coupling surface- subsurface water balances. *Journal of Hydrology* 337(3): 337-355.
68. Batelaan O. and De Smedt F. and Triest L. 2003. Regional groundwater discharge: phreatophyte mapping, groundwater modelling and impact analysis of land- use change. *Journal of hydrology* 275 (1-2). 86-108.
69. Budipriyanto A, Khoiri M, Lestari W, and Rahman A. 2015. Study on water balance in Poteran- a small island in East Java, Indonesia. *Procedia Engineering* 125: 236-242.
70. Camdevyren H, Demyr N, Kanik A, et al. Use of principal component scores in multiple linear regression models for prediction of Chlorophyll-a in reservoirs. *Ecological Modelling* 2005; 181: 581-9.
71. Dai J.F, Chen J.Z, Lu G.A, Brown L.C, Gan L, and Xu Q.X. 2017. Application of SWAT99. 2 to sensitivity analysis of water balance components in unique plots in a hilly region. *Water Science and Engineering* 10(3): 209-216.
72. Dalezios NR. Loukas A. Vasiliades L. Liakopoulos E. 2000. Severity-duration-frequency analysis of droughts and wet periods in Greece. *Hydrological Sciences Journal*, 45(5): 751-69.
73. Dams J. Woldeamlak S.T. and Batelaan O. 2008. Predicting land-use change and its impact on the groundwater system of the Kleine Nete catchment, Belgium. *Hydrology and Earth System Sciences* 12: 1369-1385.
74. Datta P.S, Deb D.L, and Tyagi S.K. 1997. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in Delhi area based on ^{18}O , NO_3^- and K^+ composition. *Journal of Contaminant Hydrology* 27(3-4): 249-262.
75. Delpla I. jung A. V. Baures E. Clement M. and Thomas. O. 2009. Impact of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. *Environmental International* 35(8). 1225- 1233.
76. Dent D. 2007. Environment Geophysics Mapping Salinity and Water Resources. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 9: 130-136.
77. Do A. 2005. Regional drought analysis and mitigation using the SPI. ICID 21st European Regional Conference. 15-19 May. Frankfurt (Order) and Slubice. Germany and Poland.
78. Dolati, S. 2012. Dispersion process of phosphorous in groundwater resources (Case study: rice field of north of Iran). M.Sc. Thesis in Civil engineering- Environment, Khajeh Nasir Toosi University of Technology, Faculty of Civil engineering. in Persian.
79. Dracup J. A. Lee K. S. Edwin. G. And Paulson Jr. 1980. On the definition of droughts. *Water Resources Research*. 16. 297- 302.
80. Dunne T. Leopold L. B. 1978. *Water in Environmental Planning*. Macmillan. 818p.

81. Eckhardt K. 2008. A comparison of baseflow indices, which were calculated with seven different baseflow separation methods. *Journal of Hydrology* 352: 168-173.
82. Ehteshami M, Sharifi A. Evaluating Qualitative Modling Shahreray Aquifer. *Tecnology sci Subsistence Envi* 2007; 8(4):1-9.
83. Gebreyohannes T. De Smedt F. Walraevens K. Gebresilassie S. Hussien A. Hagos M. Amare K. Deckers J. and Gebrehiwot K. 2013. Application of a spatially distributed water balance model for assessing surface water and groundwater resources in the Geba basin, Tigray, Ethiopia. *Journal of Hydrology* 499: 110-123.
84. Ghandhari A and Moghaddam S.M.R.A. 2011. Water balance principles: a review of five watershed in Iran. *Journal of Environmental Science and Technology* 4 (5): 465–479.
85. Gunkel A, Shadeed S, Hartmann A, Wagener T, and Lange J. 2015. Model signatures and aridity indices enhance the accuracy of water balance estimations in a data-scarce Eastern Mediterranean catchment. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4: 487-501.
86. Healy R.W, Winter T.C, LaBaugh J.W, and Franke O.L. 2007. *Water budgets: Foundations for effective water-resources and environmental management*. U.S. Geological Survey Circular 1308, 98 p.
87. Hill A.J, Hossain F, and Bagtzoglou A.C. 2009. Zonal management of arsenic contaminated ground water in Northwestern Bangladesh. *Journal of Environmental Management* 90: 3721-3729.
88. http://www.spss-iran.com/index_files/Azmoons.htm.
89. Hu Y, Moiwu J.P, Yang Y, Han S, Yang Y. 2010. Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang irrigation district, North China plain. *Journal of Hydrology* 393(3-4): 219-232.
90. Jager N. 1990. *Hydrogeology and groundwater simulation*. Lewis Publication.
91. Jha M.K, Chowdhury A, Chowdary V.M, and Peiffer S. 2006. Groundwater management and development by integrated remote sensing and geographic information systems: prospects and constraints. *Water Resources Management* 21(2): 427-467.
92. Kalvif S, Khan IU, Siddiqui, et al. Nitrate/Nitrite Contamination in Groundwater of Karachi and its Correlation with Other Physicochemical Parameters. *Sci. Environ. Manage* 2005; 13(2): 121-125.
93. Karssenbergh D.J. 1996. *Manual PCRaster version2*, Dept. Physical Geography, Utrecht University, Utrecht, Netherlands.
94. LaBaugh J.W, Winter T.C, Rosenberry D.O, Schuster P.F, Reddy M.M, and Aiken G.R. 1997. Hydrological and chemical estimates of the water balance of a closed-basin lake in north central Minnesota. *Water Resources Research* 33 (12), 2799–2812.
95. Lausch A, Herzog F. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. *Ecological Indicators* 2002; 2(1-2): 3-15.
96. Lee J.J, Jang C.H, Wang S.W. and Liu C.W. 2007. Evaluation of potential health risk of arsenic-affected ground water using indicator kriging and does response model. *Science of the Total Environment* 384(1-3):151-62.

97. Lee SM, Min KD, Woo NC, et al. Statistical models for the assessment of nitrate contamination in urban groundwater using GIS. *Environmental Geology* 2003; 44(1): 210–221.
98. Lerner D.N, and Papatolios K.T. 1993. A simple analytical approach for predicting nitrates concentrations in pumped ground water. *Groundwater* 31(3): 370-376.
99. Leterme B, Mallants D, and Jacques D. 2012. Sensitivity of groundwater recharge using climatic analogues and HYDRUS-1D. *Hydrology and Earth System Sciences* 16: 2485-2497.
100. Lijzen J.P, Otte P, and Van Dreumel M. 2014. Towards sustainable management of groundwater: policy developments in The Netherlands. *Science of the Total Environment* 485: 804-809.
101. McKee T.B. Doesken N.J. and Kleist J. 1995. Drought monitoring with multiple time scale. *Proceedings of the Ninth conference on applied climatology*, Boston, MA: American Meteorological Society.
102. Melki A, Abdollahi K, Fatahi R, Abida H. 2017. Groundwater recharge estimation under semi arid climate: case of Northern Gafsa watershed, Tunisia.
103. Mozafarizadeh, M., Sajadi, Z. 2014. Survey of groundwater chemical pollution in the Borazjan plain. *Iranian South Medical Journal*. 17(5): 927-937. in Persian
104. Mustafa S.M.T, Abdollahi K, Verbeiren B, and Huysmans M. 2017. Identification of the influencing factors on groundwater drought and depletion in north-western Bangladesh. *Hydrogeology Journal* 1-19.
105. Nag S and Ghosh P. 2013. Variation in groundwater levels and water quality in chhatna block, bankura district, West Bengal—a GIS approach. *Journal of the Geological Society of India* 81: 261-280.
106. Neitsch S.L, Arnold J.G, Kiniry J.R. and Willams J.R. 2005. *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation*. Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 494 p.
107. Ouyang Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Res* 2005; 39(12): 2621-35.
108. Pandian M. Rajasimman UAB. and Saravanavel J. 2014. Identification of groundwater potential recharge zones using WetSpass model in parts of Coimbatore and Districts in Tamil Nadu, India. *International Journal of Water Research* 2(1): 27-32.
109. Paul M.J. 2006. Impact of land-use patterns on distributed groundwater recharge and discharge- A case study of Western Jilin, China. *Chinese Geographical Science* 16(3): 229-235.
110. Pechlivanidis I, Jacson B, McIntyre N, and Wheeler, H. 2011. Catchment scale hydrological modeling: A review of model types, calibration approaches and uncertainty methods in the context of recent developments in technology and applications. *Journal of Global NEST* 13(3):193-214.
111. Rahman AS, Kamruzzama M, Jahan CS, and Mazumder QH. 2016. Long-term trend analysis of water table using ‘MAKESENS’ model and sustainability of groundwater resources in drought prone Barind area, NW Bangladesh. *Journal of the Geological Society of India* 87: 179-193.

112. Rosenberry D.O. 2008. A seepage meter designed for use in flowing water. *Journal of Hydrology* 359: 118-130.
113. Sekhar M, Shindekar M, Tomer S.K, and Goswami P. 2013. Modeling the vulnerability of an urban groundwater system due to the combined impacts of climate change and management scenarios. *Earth Interactions* 17(10): 1-25.
114. Sener E and Davraz A. 2013. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). *Hydrogeology Journal* 21(3): 701–714.
115. Shamsnia S.A. Amiri S.N. and Pirmoradian N. 2009. Drought simulation in Fars province using standardized precipitation index and time series analysis (ARIMA model). *International Journal of Applied Mathematics*, 22(6):869-878.
116. Sheikh V. 2006. Soil moisture prediction: bridging even and continuous hydrological modeling. PhD thesis. Wageningen University. Wageningen, the Netherlands.
117. Simonovic S.P. 2002. World water dynamics: Global modeling of water resources. *Journal of Environmental Management* 66: 249–267.
118. Singh V.P and Woolhiser D.A. 2002. Mathematical Modeling of Watershed Hydrology. *Journal of Hydrologic Engineering* 7(4): 270-290.
119. Sun R, Jin M, Giordano M, Villholth K.G. 2009. Urban and rural groundwater use in Zhengzhou, China: challenges in joint management. *Hydrogeology Journal* 17 (6): 1495-1506.
120. Sutanto S.J, Wenninger J, Coenders-Gerrits A.M.J, and Uhlenbrook S. 2012. Partitioning of evaporation into transpiration, soil evaporation and interception: a comparison between isotope measurements and a HYDRUS-1D model. *Hydrology and Earth System Sciences* 16(8): 2605-2616.
121. Thapa B.R, Ishidaira H, Pandey V.P, and Shakya N.M. 2017. A multi-model approach for analyzing water balance dynamics in Kathmandu Valley, Nepal. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 9: 149-162.
122. Thorburn P.J, Biggs J.S, Weier K.L, and Keating B.A. 2003. Nitrate in groundwater of intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. *Agriculture, ecosystems and environment* 94(1): 49-58.
123. Uyan M and Cay T. 2013. Spatial analyses of groundwater level differences using geostatistical modeling. *Environmental and Ecological Statistics* 20 (4): 633–646.
124. Wakode H.B, Baier K, Jha R, and Azzam R. 2018. Impact of urbanization on groundwater recharge and urban water balance for the city of Hyderabad, India. *International Soil and Water Conservation Research* 6(1): 51-62.
125. Wang Y, Liao W, Ding Y, Wang X, Jiang Y, Song X, and Lei X. 2015. Water resource spatiotemporal pattern evaluation of the upstream Yangtze river corresponding to climate changes. *Quaternary International* 380: 187-196.
126. Wang Y. Liao W. Ding Y. Wang X. Jiang Y. Song X. and Lei X. 2015. Water resource spatiotemporal pattern evaluation of the upstream Yangtze river corresponding to climate changes. *Quaternary International* 380: 187-196.

127. Wilks D.S. 2005. *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences*. Second Edition, Academic Press Is an Imprint of Elsevier, Cornell University, USA. 627pp.
128. Winter T.C. 1981. Uncertainties in estimating the water balance of lakes. *Journal of the American Water Resources Association* 17 (1): 82–115.
129. Xu C.Y and Singh V.P. 1998. A review on monthly water balance models for water resources management. *Water Resources Management* 12: 20–50.
130. Yun P. Huili G. Demin Z. Xiaojuan L. and Nobukazu N. 2011. Impact of land use change on groundwater recharge in uishui river basin, China. *Chinese Geographical Science* 21(6): 734-743.
131. Zarei M. Ghazavi R. Vli A. and Abdollahi KH. 2016. Estimating groundwater recharge, evapotranspiration and surface runoff using land-use data: A case study in Northeast Iran. *Biological Forum- An International Journal* 8(2): 196-202.
132. Zhang L. Walker G.R and Dawes W.R. 2002. *Water Balance Modelling: Concepts and Applications*. In: McVicar T.R. Rui L. Walker J. Fitzpatrick R.W. Changming L. (Eds.). *Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia*. ACIAR Monograph Canberra, Australia. pp. 31–47.

پیوست‌ها

جدول ۱- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	72.43	8.08	2.22	0.31	0.03	0.00	1.37	3.35	12.88	2.55	6.94	3.42
2	33.86	6.71	2.07	0.47	0.03	0.00	1.22	2.29	18.85	6.94	14.06	3.59
3	14.00	1.13	0.27	0.03	0.00	0.00	0.08	0.36	13.00	-	2.16	1.09
4	16.77	3.21	1.23	0.27	0.01	0.00	0.55	1.29	9.82	-	0.80	1.70
5	18.25	4.27	1.71	0.40	0.02	0.00	0.78	1.75	8.09	-	0.17	2.00
6	18.55	4.42	1.69	0.40	0.02	0.00	0.84	1.81	7.90	-	-	2.06
7	19.63	5.01	1.90	0.45	0.03	0.00	1.01	2.06	7.34	-	-	2.21
8	19.78	5.12	1.89	0.45	0.03	0.00	1.05	2.10	5.96	-	-	2.20
9	72.47	8.93	2.25	0.25	0.03	0.00	1.41	3.90	13.38	3.17	7.90	3.52
10	71.40	8.82	2.25	0.25	0.03	0.00	1.40	3.86	12.45	2.35	6.65	3.47
11	75.30	6.65	1.59	0.17	0.02	0.00	0.97	2.85	14.53	2.79	7.82	3.05
12	70.82	10.96	2.56	0.27	0.03	0.00	1.69	4.84	11.82	1.87	5.91	3.71
13	69.93	10.68	2.55	0.26	0.03	0.00	1.66	4.73	11.10	1.23	4.84	3.63
14	29.25	6.87	2.26	0.31	0.03	0.00	1.19	2.95	12.48	2.29	6.51	3.06
15	70.33	7.99	2.39	0.18	0.03	0.00	1.32	3.73	12.03	2.13	6.23	3.22
16	63.01	4.45	0.88	0.05	0.01	0.00	0.61	2.50	11.85	1.95	5.97	3.14
17	70.36	8.06	2.40	0.18	0.03	0.00	1.32	3.75	12.02	2.13	6.22	3.20
18	70.25	8.27	2.38	0.18	0.03	0.00	1.38	3.83	11.89	2.00	6.03	3.27
19	69.43	7.59	2.33	0.17	0.03	0.00	1.30	3.55	11.84	1.97	5.96	3.14
20	70.41	8.97	2.38	0.20	0.03	0.00	1.52	4.09	11.91	1.99	6.05	3.47
21	70.37	9.07	2.37	0.20	0.03	0.00	1.55	4.13	11.84	1.93	5.96	3.50
22	70.42	8.29	2.41	0.18	0.03	0.00	1.36	3.84	12.03	2.13	6.23	3.25
23	71.85	5.95	1.68	0.12	0.02	0.00	0.93	2.75	13.73	2.23	6.86	2.84
24	29.92	7.17	2.30	0.21	0.03	0.00	1.19	3.30	11.99	2.04	6.08	3.05
25	73.62	11.83	2.55	0.33	0.03	0.00	1.76	5.07	13.73	3.46	8.41	3.93
26	69.99	11.20	2.48	0.28	0.03	0.00	1.64	4.79	10.86	2.02	4.36	3.72
27	71.27	11.09	2.47	0.28	0.03	0.00	1.63	4.74	12.00	1.99	6.11	3.76
28	72.41	11.17	2.49	0.29	0.03	0.00	1.64	4.78	12.95	2.82	7.39	3.80
29	15.82	1.17	0.27	0.03	0.00	0.00	0.08	0.39	14.34	0.11	4.30	1.16
30	27.51	1.92	0.31	0.01	0.00	0.00	0.14	0.81	17.10	2.47	8.14	1.96
31	26.61	6.17	2.00	0.19	0.03	0.00	1.20	2.85	9.94	0.24	3.09	2.91
32	28.24	2.01	0.33	0.02	0.00	0.00	0.16	0.86	16.85	2.25	7.79	2.04
33	27.10	6.30	2.01	0.18	0.03	0.00	1.22	2.92	10.25	0.52	3.58	2.96
34	26.86	6.25	2.00	0.19	0.03	0.00	1.21	2.89	9.81	0.12	2.89	2.93
35	28.48	6.86	2.29	0.18	0.03	0.00	1.18	3.23	11.87	1.98	5.97	2.98
36	28.86	6.98	2.29	0.18	0.03	0.00	1.21	3.30	12.05	2.15	6.23	3.03
37	22.95	5.42	2.17	0.49	0.03	0.00	0.98	2.12	7.59	-	-	2.37
38	28.07	6.47	2.24	0.33	0.03	0.00	1.15	2.75	12.16	1.98	6.03	2.97
39	89.14	6.44	2.26	0.48	0.03	0.00	1.00	2.02	26.83	12.39	23.74	3.75
40	53.43	9.79	2.98	0.47	0.03	0.00	1.04	2.91	27.46	12.36	23.22	5.16
41	68.05	9.33	3.05	0.45	0.05	0.00	1.64	3.81	2.88	-	-	5.67
42	70.46	8.34	2.43	0.22	0.03	0.00	1.34	3.81	11.91	1.97	6.01	3.25
43	70.28	7.86	2.40	0.21	0.03	0.00	1.27	3.63	11.86	1.94	5.94	3.16
44	70.47	7.78	2.40	0.21	0.03	0.00	1.26	3.59	12.01	2.06	6.13	3.15
45	70.38	7.71	2.39	0.21	0.03	0.00	1.25	3.57	11.95	2.02	6.06	3.13

جدول ۲- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	6.61	2.15	0.06	0	0.03	2.73	1.08	18.33	32.37	2.54	3.03	25.45
2	7.34	1.64	0.03	0	0.03	3.30	1.13	22.40	15.00	6.80	9.06	14.09
3	0.49	0.16	0.00	0	0	0.21	0.07	6.62	10.67	-	-	28.44
4	1.83	0.72	0.01	0	0.01	0.99	0.51	10.70	11.43	-	-	21.52
5	2.53	1.01	0.01	0	0.01	1.40	0.73	12.78	11.80	-	-	17.82
6	2.53	1.06	0.01	0	0.02	1.38	0.78	12.71	11.86	-	-	17.53
7	2.73	1.28	0.02	0	0.02	1.55	0.93	12.68	11.97	-	-	16.61
8	2.77	1.31	0.02	0	0.02	1.56	0.97	12.72	27.04	-	-	14.40
9	6.50	2.27	0.09	0	0.03	2.15	0.99	16.85	32.43	3.14	3.85	26.17
10	6.41	2.25	0.09	0	0.03	2.13	0.98	16.70	31.65	2.39	2.75	24.69
11	4.80	1.59	0.06	0	0.02	1.54	0.69	14.36	32.09	2.91	3.34	27.04
12	7.36	2.64	0.13	0	0.03	2.06	1.12	17.84	31.19	1.90	2.10	23.67
13	7.15	2.59	0.12	0	0.02	2.02	1.11	17.50	30.54	1.27	1.24	22.49
14	5.39	1.81	0.03	0	0.03	2.24	0.97	16.64	13.50	2.33	2.66	24.82
15	5.29	2.13	0.06	0	0.02	1.71	0.93	14.59	31.17	2.14	2.42	24.02
16	3.06	1.02	0.02	0	0.01	0.65	0.45	10.37	29.41	1.97	2.19	23.27
17	5.29	2.13	0.05	0	0.02	1.71	0.93	14.76	31.21	2.13	2.41	24.01
18	5.40	2.19	0.06	0	0.02	1.73	0.99	14.90	31.09	2.02	2.26	23.81
19	4.90	2.07	0.04	0	0.02	1.67	0.96	14.24	30.99	1.98	2.20	23.73
20	5.89	2.35	0.08	0	0.02	1.81	1.09	15.45	31.11	2.01	2.25	23.82
21	5.95	2.37	0.08	0	0.03	1.82	1.11	15.52	31.06	1.96	2.17	23.72
22	5.45	2.18	0.06	0	0.02	1.74	0.96	14.98	31.21	2.14	2.42	24.02
23	3.76	1.52	0.03	0	0.02	1.20	0.69	12.25	31.48	2.33	2.56	26.44
24	4.96	1.92	0.04	0	0.02	1.77	0.87	14.53	31.10	2.05	2.29	23.96
25	8.38	2.84	0.16	0	0.03	2.59	1.12	19.73	32.96	3.42	4.26	26.75
26	7.68	2.63	0.14	0	0.03	2.17	1.06	18.49	30.40	2.06	2.31	22.10
27	7.62	2.61	0.14	0	0.03	2.17	1.05	18.46	31.40	2.03	2.26	23.95
28	7.73	2.64	0.14	0	0.03	2.26	1.06	18.72	32.25	2.84	3.38	25.49
29	0.58	0.17	0.00	0	0	0.22	0.07	6.75	10.64	0.20	-	28.55
30	0.99	0.32	0.00	0	0	0.22	0.11	6.92	12.96	2.71	2.86	29.70
31	3.83	1.79	0.02	0	0.02	1.53	0.99	12.61	29.32	0.28	-	20.71
32	1.04	0.34	0.00	0	0.00	0.24	0.12	7.27	13.43	2.48	2.55	30.76
33	3.92	1.83	0.02	0	0.02	1.53	1.00	12.67	29.55	0.56	0.27	21.20
34	3.88	1.82	0.02	0	0.02	1.53	1.00	12.63	29.24	0.17	-	20.49
35	4.49	1.90	0.03	0	0.02	1.65	0.89	13.70	13.09	1.99	2.22	23.78
36	4.54	1.94	0.03	0	0.02	1.64	0.91	13.68	13.17	2.16	2.44	24.08
37	4.32	1.32	0.02	0	0.02	2.24	0.90	16.47	28.94	-	-	17.02
38	5.17	1.71	0.02	0	0.02	2.24	0.96	16.54	13.30	2.02	2.24	24.31
39	9.19	1.49	0.02	0	0.02	4.06	0.91	26.74	15.95	12.50	16.97	16.41
40	9.92	2.10	0.02	0	0.02	5.21	0.94	38.58	22.30	12.46	17.21	22.60
41	7.51	2.57	0.04	0	0.04	3.53	1.39	21.64	26.78	-	-	11.60
42	5.74	2.16	0.07	0	0.02	1.87	0.93	15.54	31.21	1.99	2.22	23.82
43	5.38	2.06	0.06	0	0.02	1.80	0.89	15.02	31.15	1.95	2.16	23.73
44	5.34	2.05	0.06	0	0.02	1.81	0.90	15.02	31.29	2.08	2.33	23.97
45	5.29	2.03	0.06	0	0.02	1.80	0.89	14.92	31.24	2.03	2.27	23.89

جدول ۳- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	35.59	14.81	0.82	0.11	0.10	1.65	1.08	52.83	22.85	8.71	6.73	10.18
2	18.20	9.68	0.86	0.10	0.10	0.80	1.13	58.38	28.55	12.28	11.35	6.25
3	8.49	2.88	0.21	0.02	0	-	0.07	17.42	25.85	7.82	5.14	5.77
4	9.83	5.89	1.06	0.14	0.04	-	0.50	18.76	21.49	6.54	3.58	3.61
5	10.45	7.39	1.50	0.21	0.05	-	0.72	19.43	19.11	5.62	2.63	2.29
6	10.44	7.45	1.50	0.21	0.06	-	0.77	19.50	18.90	5.49	2.46	2.01
7	11.17	8.06	1.60	0.25	0.08	-	0.93	19.54	18.19	5.09	1.94	1.03
8	10.94	8.06	1.61	0.25	0.08	-	0.97	19.56	16.78	4.11	0.61	-
9	45.95	18.03	0.79	0.12	0.08	2.00	0.99	52.83	23.36	9.18	7.21	11.28
10	44.00	17.80	0.79	0.12	0.08	1.99	0.98	52.03	22.45	8.54	6.44	9.74
11	46.94	14.81	0.56	0.09	0.06	1.35	0.69	55.59	25.15	9.65	7.55	11.47
12	42.72	21.34	0.83	0.14	0.10	2.54	1.12	51.57	21.79	8.14	5.94	8.81
13	41.15	20.81	0.83	0.14	0.10	2.51	1.11	50.91	21.08	7.63	5.33	7.60
14	18.55	12.74	0.96	0.17	0.09	1.56	0.97	52.54	22.69	8.54	6.42	9.58
15	43.01	16.48	0.79	0.17	0.08	2.22	0.93	51.47	22.07	8.33	6.12	9.21
16	40.34	11.71	0.31	0.05	0.03	0.77	0.43	47.54	21.81	8.02	5.97	8.89
17	43.00	16.48	0.79	0.17	0.08	2.23	0.93	51.53	22.06	8.32	6.11	9.20
18	42.74	16.63	0.79	0.17	0.09	2.24	0.99	51.42	21.90	8.23	6.01	8.99
19	42.62	15.29	0.81	0.17	0.08	2.13	0.96	51.39	21.88	8.21	5.97	8.91
20	42.80	17.70	0.79	0.14	0.10	2.30	1.09	51.42	21.86	8.22	6.02	9.00
21	42.67	17.76	0.79	0.14	0.10	2.31	1.12	51.36	21.79	8.17	5.97	8.89
22	43.02	16.83	0.79	0.17	0.08	2.25	0.96	51.54	22.03	8.33	6.12	9.21
23	46.13	13.27	0.57	0.12	0.06	1.51	0.69	53.53	24.43	8.49	6.91	10.23
24	42.94	14.72	0.86	0.17	0.08	1.94	0.88	51.50	22.11	8.28	6.06	9.03
25	46.91	23.22	0.85	0.10	0.10	2.49	1.12	53.52	23.65	9.44	7.52	11.92
26	40.72	22.26	0.81	0.10	0.10	2.44	1.06	50.82	20.84	7.44	5.13	7.15
27	43.14	22.14	0.81	0.10	0.10	2.42	1.06	51.82	21.96	8.24	6.08	9.06
28	45.19	22.19	0.82	0.10	0.09	2.42	1.06	52.70	22.89	8.92	6.87	10.64
29	10.17	3.11	0.18	0.02	0	0.08	0.07	17.54	26.99	7.97	6.26	7.97
30	46.06	6.28	0.11	0.02	0.01	0.19	0.11	49.68	29.21	8.80	8.51	12.15
31	38.56	11.68	0.90	0.19	0.09	1.67	0.99	49.14	20.11	6.87	4.39	5.70
32	47.41	6.48	0.12	0.02	0.01	0.21	0.12	37.54	29.01	9.09	8.30	11.87
33	39.21	11.99	0.88	0.19	0.09	1.71	1.00	49.54	20.38	7.08	4.65	6.22
34	38.29	11.81	0.89	0.19	0.09	1.70	1.00	49.17	19.95	6.77	4.29	5.48
35	42.66	14.04	0.86	0.17	0.08	1.99	0.89	51.37	21.98	8.23	5.99	8.91
36	43.05	14.26	0.84	0.17	0.08	2.02	0.91	51.50	22.14	8.36	6.14	9.24
37	12.82	8.89	1.47	0.21	0.08	0.95	0.89	49.26	18.35	5.16	2.06	1.26
38	17.77	11.77	1.01	0.17	0.08	1.45	0.96	52.35	22.41	8.30	6.14	9.00
39	21.27	9.81	0.57	0.03	0.08	0.62	0.92	64.51	35.43	16.80	17.35	6.12
40	31.88	15.40	0.72	0.03	0.08	0.59	0.92	56.65	37.95	13.44	16.88	8.31
41	28.38	15.77	1.26	0.18	0.12	1.86	1.37	49.07	16.00	2.20	-	-
42	42.81	17.07	0.83	0.17	0.08	2.18	0.93	51.53	21.97	8.22	6.00	8.93
43	42.67	16.21	0.83	0.17	0.08	2.13	0.90	51.46	21.94	8.19	5.96	8.85
44	42.99	16.03	0.84	0.17	0.08	2.10	0.90	51.58	22.08	8.30	6.08	9.09
45	42.87	15.92	0.84	0.17	0.08	2.10	0.89	51.53	22.03	8.26	6.04	9.00

جدول ۴- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	10.63	6.30	0.46	0	0.03	0.50	1.10	6.31	8.19	13.84	11.89	26.17
2	6.55	7.13	0.74	0	0.03	0.87	1.15	5.68	8.10	20.36	17.31	28.04
3	9.95	0.91	0.02	0	0.00	0.03	0.07	1.12	4.05	11.23	10.42	11.43
4	7.66	2.87	0.16	0	0.01	0.27	0.51	3.07	5.23	8.99	8.24	15.76
5	6.32	3.87	0.23	0	0.02	0.39	0.73	4.06	5.84	7.61	6.95	17.96
6	6.16	4.02	0.22	0	0.02	0.39	0.79	4.16	6.05	7.37	6.75	17.82
7	5.66	4.49	0.25	0	0.02	0.43	0.95	4.52	6.48	6.62	6.15	17.83
8	4.39	4.61	0.25	0	0.02	0.44	0.99	4.59	6.55	4.74	4.67	17.81
9	11.22	5.42	0.33	0	0.03	0.32	1.00	6.63	8.05	14.69	12.61	26.02
10	10.37	5.39	0.33	0	0.03	0.32	1.00	6.58	7.97	13.49	11.63	25.86
11	11.96	4.08	0.24	0	0.02	0.23	0.70	5.01	7.20	14.20	13.00	23.88
12	9.83	5.76	0.31	0	0.02	0.27	1.14	7.99	8.65	12.89	11.01	27.64
13	9.17	5.70	0.31	0	0.02	0.27	1.13	7.86	8.52	11.90	10.24	27.26
14	10.34	5.60	0.42	0	0.02	0.48	0.99	5.87	7.51	13.48	11.59	23.92
15	10.08	4.96	0.27	0	0.02	0.24	0.95	6.44	7.69	13.23	11.33	23.53
16	9.90	2.89	0.10	0	0.01	0.08	0.44	4.43	7.03	12.17	11.05	18.95
17	10.08	5.04	0.27	0	0.02	0.24	0.96	6.55	7.75	13.25	11.32	23.62
18	9.95	5.23	0.28	0	0.02	0.25	1.01	6.68	7.94	13.07	11.16	23.73
19	9.91	5.12	0.27	0	0.02	0.25	0.98	6.33	7.76	13.01	11.11	22.72
20	9.95	5.50	0.29	0	0.02	0.26	1.11	6.99	8.30	13.03	11.14	24.51
21	9.89	5.59	0.30	0	0.02	0.27	1.14	7.05	8.39	12.92	11.05	24.58
22	10.08	5.14	0.28	0	0.02	0.25	0.98	6.68	7.87	13.26	11.33	23.89
23	11.36	3.91	0.19	0	0.01	0.17	0.70	5.00	7.14	12.93	12.30	21.17
24	10.00	4.82	0.30	0	0.02	0.30	0.89	5.92	7.30	13.06	11.24	22.91
25	11.55	6.08	0.34	0	0.03	0.31	1.15	8.13	8.99	15.32	12.98	29.83
26	8.91	5.65	0.31	0	0.03	0.27	1.08	7.85	8.58	11.49	9.94	28.75
27	9.97	5.64	0.31	0	0.03	0.27	1.07	7.79	8.61	13.04	11.17	28.60
28	10.85	5.74	0.31	0	0.03	0.28	1.08	7.85	8.70	14.33	12.18	28.73
29	11.15	0.96	0.02	0	0	0.03	0.07	1.14	4.06	12.73	11.71	12.02
30	13.90	1.33	0.02	0	0	0.02	0.11	1.80	5.52	13.12	14.32	14.79
31	8.15	4.98	0.26	0	0.02	0.29	1.01	5.37	7.40	10.29	9.03	19.83
32	13.70	1.42	0.02	0	0	0.03	0.12	1.94	5.79	13.62	14.10	15.37
33	8.44	5.02	0.26	0	0.02	0.28	1.02	5.44	7.48	10.71	9.36	20.01
34	8.03	5.03	0.26	0	0.02	0.28	1.02	5.42	7.46	10.11	8.88	19.89
35	9.94	4.80	0.27	0	0.02	0.26	0.91	5.84	7.35	13.02	11.16	21.88
36	10.11	4.86	0.27	0	0.02	0.26	0.93	5.93	7.46	13.25	11.36	21.91
37	5.77	5.14	0.42	0	0.02	0.60	0.91	4.96	6.45	6.77	6.33	22.22
38	10.02	5.55	0.43	0	0.02	0.50	0.98	5.66	7.34	13.00	11.23	23.53
39	6.69	7.27	0.95	0	0.02	1.05	0.93	5.49	7.50	28.84	24.50	71.12
40	9.64	8.06	0.94	0	0.02	1.00	0.95	5.82	9.19	25.12	25.80	61.91
41	1.55	7.61	0.66	0	0.04	0.75	1.40	7.10	17.28	0.45	1.07	29.79
42	9.93	5.05	0.30	0	0.02	0.28	0.95	6.58	7.69	13.02	11.16	24.55
43	9.89	4.90	0.29	0	0.02	0.28	0.91	6.34	7.51	12.95	11.11	23.84
44	10.02	4.92	0.30	0	0.02	0.28	0.91	6.30	7.49	13.15	11.26	23.77
45	9.97	4.89	0.30	0	0.02	0.28	0.91	6.26	7.47	13.08	11.21	23.66

جدول ۵- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	10.47	8.61	0.03	0.16	0.03	0	1.12	56.31	3.71	6.32	6.53	10.41
2	10.75	6.39	0.07	0.35	0.01	0	1.17	63.66	6.16	7.38	11.18	9.81
3	2.30	1.21	0	0.01	0.00	0	0.07	60.02	1.16	2.39	4.38	1.47
4	5.47	3.28	0.02	0.09	0.01	0	0.51	52.80	2.39	3.19	2.91	4.14
5	7.06	4.34	0.03	0.13	0.01	0	0.74	48.72	3.02	3.60	2.02	5.49
6	7.03	4.50	0.05	0.13	0.01	0	0.79	48.49	2.94	3.66	1.85	5.78
7	7.48	4.95	0.06	0.14	0.02	0	0.95	47.90	2.86	3.72	1.33	6.89
8	7.48	5.09	0.07	0.14	0.02	0	0.99	46.36	2.86	3.75	0.50	7.07
9	10.39	10.08	0.03	0.07	0.06	0	1.03	56.36	2.48	6.28	7.12	9.96
10	10.32	9.91	0.03	0.07	0.06	0	1.02	55.24	2.49	6.16	6.29	9.87
11	8.07	7.54	0.02	0.06	0.04	0	0.71	61.53	2.02	5.66	7.25	7.61
12	11.78	12.67	0.03	0.03	0.07	0	1.17	54.64	2.13	6.59	5.80	11.21
13	11.62	12.23	0.03	0.03	0.07	0	1.16	53.76	2.13	6.36	5.14	11.07
14	9.96	6.71	0.03	0.16	0.07	0	1.00	55.36	3.61	5.10	6.17	9.13
15	10.02	8.28	0.03	0.03	0.10	0	0.97	54.60	1.96	4.77	6.00	9.50
16	5.64	5.04	0.01	0.01	0.03	0	0.45	51.18	1.40	4.46	5.84	5.44
17	10.20	8.30	0.03	0.03	0.10	0	0.97	54.62	1.98	4.71	6.00	9.67
18	10.25	8.56	0.03	0.03	0.10	0	1.03	54.49	1.98	4.85	5.88	9.99
19	9.85	7.55	0.03	0.04	0.10	0	0.99	54.37	2.00	4.42	5.83	9.65
20	10.41	9.60	0.03	0.03	0.10	0	1.13	54.55	1.98	5.44	5.89	10.49
21	10.43	9.73	0.03	0.03	0.10	0	1.16	54.52	1.99	5.51	5.83	10.65
22	10.31	8.62	0.03	0.03	0.10	0	1.00	54.66	1.99	4.87	6.01	9.85
23	7.83	6.00	0.02	0.03	0.07	0	0.71	60.91	1.54	4.05	6.64	7.62
24	9.59	7.24	0.03	0.07	0.10	0	0.90	54.40	2.37	4.59	5.89	8.80
25	12.20	14.39	0.03	0.05	0.07	0	1.18	57.23	2.40	7.81	7.47	11.65
26	11.76	13.33	0.03	0.04	0.06	0	1.11	53.58	2.09	7.02	4.89	11.11
27	11.72	13.18	0.03	0.04	0.06	0	1.10	54.96	2.09	7.05	5.93	11.07
28	11.83	13.30	0.03	0.04	0.06	0	1.11	56.15	2.19	7.17	6.78	11.18
29	2.40	1.20	0	0.01	0	0	0.07	59.40	1.15	2.40	5.53	1.62
30	3.05	1.89	0	0.00	0.01	0	0.11	67.02	0.67	2.63	7.95	2.99
31	8.36	5.69	0.03	0.06	0.06	0	1.02	51.54	2.06	3.86	4.07	8.88
32	3.19	1.96	0.00	0.00	0.01	0	0.12	69.43	0.73	2.73	7.73	3.15
33	8.43	5.85	0.03	0.05	0.09	0	1.02	51.91	2.01	3.92	4.36	9.00
34	8.39	5.78	0.03	0.05	0.06	0	1.03	51.39	2.03	3.89	3.96	8.98
35	9.36	6.64	0.03	0.05	0.10	0	0.92	54.24	2.12	4.12	5.82	8.90
36	9.39	6.79	0.03	0.05	0.10	0	0.94	54.47	2.04	4.16	6.00	9.06
37	9.06	5.25	0.03	0.23	0.02	0	0.92	49.09	4.25	4.50	1.46	7.28
38	9.78	6.15	0.03	0.18	0.07	0	0.99	54.94	3.77	4.94	5.85	8.83
39	12.12	5.96	0.03	0.47	0.01	0	0.95	73.71	7.94	8.72	17.75	9.13
40	17.96	9.23	0.03	0.45	0.01	0	0.99	74.95	11.50	13.16	18.32	10.80
41	13.06	9.17	0.05	0.27	0.05	0	1.41	50.37	5.22	12.46	-	11.73
42	10.33	8.90	0.03	0.06	0.10	0	0.97	54.51	2.27	5.20	5.85	9.50
43	10.07	8.18	0.03	0.06	0.10	0	0.93	54.39	2.25	4.86	5.80	9.19
44	10.03	8.07	0.03	0.06	0.10	0	0.93	54.55	2.30	4.85	5.93	9.16
45	10.00	7.97	0.03	0.06	0.10	0	0.92	54.49	2.28	4.79	5.89	9.12

جدول ۶- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تبخیر واقعی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	33.05	3.37	0.58	1.13	0	0.38	3.36	22.97	22.10	12.94	7.88	13.86
2	40.17	3.33	0.34	0.23	0	0.47	3.00	22.56	29.94	17.91	12.67	19.88
3	8.33	0.58	0.03	0.04	0	0.09	0.58	10.01	20.15	12.45	5.87	12.98
4	8.96	1.93	0.27	0.31	0	0.67	2.27	13.22	16.07	9.62	4.24	9.79
5	9.24	2.62	0.39	0.44	0	0.97	3.12	14.84	13.76	8.06	3.29	8.01
6	9.15	2.65	0.40	0.42	0	0.97	3.18	14.94	13.47	7.90	3.14	7.81
7	9.85	2.78	0.46	0.61	0	1.08	3.52	15.44	12.69	7.41	2.65	7.20
8	15.37	2.82	0.47	0.57	0	1.09	3.56	15.47	10.56	6.14	1.26	5.62
9	33.96	3.52	0.78	1.33	0	0.35	3.49	23.07	23.35	13.57	8.52	14.68
10	32.62	3.48	0.77	1.34	0	0.35	3.48	22.88	21.83	12.67	7.64	13.56
11	36.23	2.53	0.50	0.93	0	0.24	2.48	21.09	23.88	14.23	8.68	15.44
12	31.99	4.14	1.04	1.64	0	0.37	4.12	25.22	21.05	12.13	7.13	12.92
13	30.90	4.03	1.00	1.68	0	0.36	4.06	24.86	19.85	11.43	6.44	12.04
14	32.32	2.99	0.44	1.33	0	0.48	3.32	21.09	21.47	12.51	7.48	13.37
15	32.26	3.00	0.61	2.00	0	0.30	3.46	22.00	21.47	12.33	7.31	13.15
16	30.97	1.65	0.20	0.56	0	0.09	1.54	18.15	20.97	12.12	7.14	12.88
17	32.27	2.99	0.59	2.03	0	0.29	3.50	22.25	21.46	12.30	7.30	13.14
18	32.07	3.06	0.61	1.98	0	0.30	3.56	22.45	21.21	12.19	7.18	12.98
19	31.92	2.83	0.51	2.01	0	0.31	3.44	21.65	21.07	12.11	7.12	12.91
20	32.08	3.34	0.73	1.83	0	0.31	3.70	23.01	21.22	12.22	7.21	13.01
21	31.98	3.38	0.74	1.81	0	0.31	3.73	23.11	21.08	12.16	7.15	12.94
22	32.28	3.08	0.62	2.00	0	0.30	3.55	22.52	21.46	12.33	7.31	13.15
23	35.53	2.12	0.36	1.41	0	0.22	2.52	20.21	22.89	13.54	8.00	14.59
24	31.91	2.84	0.52	1.76	0	0.36	3.29	20.84	21.13	12.20	7.19	13.00
25	34.81	4.60	1.24	1.28	0	0.43	4.18	26.55	24.01	13.98	8.93	15.20
26	30.52	4.22	1.11	1.41	0	0.39	4.01	25.56	19.37	11.19	6.21	11.74
27	32.22	4.17	1.09	1.41	0	0.38	3.98	25.57	21.27	12.30	7.29	13.11
28	33.67	4.23	1.10	1.40	0	0.39	4.01	25.77	22.84	13.22	8.19	14.26
29	10.54	0.54	0.03	0.05	0	0.08	0.54	10.50	22.00	13.62	7.03	14.46
30	41.24	0.55	0.03	0.17	0	0.03	0.57	14.69	25.91	16.04	9.44	17.46
31	28.65	2.45	0.35	1.57	0	0.41	3.17	18.88	17.64	10.19	5.27	10.53
32	41.39	0.58	0.03	0.18	0	0.04	0.61	15.27	25.59	15.83	9.23	17.23
33	29.14	2.46	0.36	1.60	0	0.39	3.17	19.10	18.19	10.49	5.57	10.91
34	28.49	2.46	0.36	1.58	0	0.40	3.18	18.99	17.45	10.06	5.15	10.37
35	31.83	2.65	0.45	1.95	0	0.35	3.29	20.53	21.04	12.10	7.10	12.89
36	32.14	2.67	0.46	1.98	0	0.34	3.31	20.70	21.38	12.29	7.29	13.12
37	24.47	3.05	0.43	0.63	0	0.95	3.46	17.79	13.06	7.64	2.80	7.42
38	31.73	2.91	0.40	1.26	0	0.52	3.28	20.52	20.82	12.15	7.14	12.94
39	50.67	3.36	0.24	0.16	0	0.21	2.45	24.76	41.43	24.87	19.39	28.16
40	50.79	5.13	0.24	0.17	0	0.22	3.03	36.19	46.04	26.35	20.33	28.40
41	22.53	4.30	0.56	1.44	0	0.60	4.31	24.73	6.79	3.78	-	1.98
42	31.99	3.22	0.68	1.83	0	0.34	3.53	22.37	21.15	12.17	7.16	12.96
43	31.88	3.04	0.61	1.89	0	0.34	3.44	21.82	21.05	12.11	7.10	12.89
44	32.09	3.03	0.60	1.87	0	0.34	3.43	21.72	21.28	12.25	7.24	13.06
45	32.02	3.00	0.59	1.88	0	0.34	3.41	21.64	21.20	12.18	7.18	13.00

جدول ۷- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	24.92	12.37	3.67	0.54	0.06	0	2.20	4.72	56.38	36.39	27.51	5.77
2	70.62	11.19	3.84	0.93	0.06	0	2.24	3.68	53.43	38.63	22.27	5.86
3	21.45	7.08	3.33	0.86	0.05	0	1.42	2.68	10.86	-	12.18	2.44
4	31.38	7.82	3.75	0.99	0.05	0	1.55	2.90	22.77	-	18.97	3.10
5	36.53	8.24	3.95	1.07	0.06	0	1.63	3.02	29.14	-	22.47	3.46
6	37.43	8.54	3.89	1.06	0.06	0	1.74	3.14	30.34	-	-	3.61
7	39.65	8.68	3.56	0.90	0.06	0	1.81	3.28	31.98	-	-	3.93
8	37.26	8.40	3.33	0.86	0.06	0	1.77	3.13	30.52	-	-	3.77
9	39.99	15.55	4.26	0.52	0.06	0	2.53	6.32	68.00	38.80	31.71	6.44
10	40.59	15.41	4.27	0.51	0.06	0	2.52	6.28	68.44	39.38	32.72	6.45
11	26.77	14.14	4.11	0.50	0.06	0	2.40	5.76	55.52	34.12	26.70	5.60
12	49.28	16.61	4.22	0.46	0.06	0	2.72	6.90	75.64	40.32	36.46	7.00
13	44.22	15.88	4.12	0.44	0.06	0	2.62	6.60	71.37	38.83	35.13	6.77
14	61.36	10.41	3.74	0.54	0.06	0	1.92	4.12	44.38	33.35	23.29	5.24
15	29.69	13.03	4.13	0.32	0.05	0	2.22	5.67	54.88	35.67	27.15	6.08
16	44.92	17.85	5.65	0.47	0.09	0	3.27	7.39	61.25	38.58	30.17	6.78
17	25.05	12.36	4.00	0.31	0.05	0	2.14	5.39	51.25	34.00	25.64	5.88
18	26.86	12.69	3.96	0.31	0.06	0	2.24	5.50	53.03	34.50	26.54	6.04
19	21.00	11.64	3.88	0.30	0.06	0	2.11	5.08	46.42	32.89	24.11	5.74
20	38.84	14.65	4.10	0.36	0.06	0	2.56	6.24	64.15	38.12	31.14	6.69
21	39.65	14.81	4.08	0.36	0.06	0	2.61	6.28	64.87	38.35	31.56	6.77
22	27.08	12.72	4.01	0.32	0.06	0	2.20	5.52	53.38	34.52	26.47	6.00
23	14.21	11.13	3.77	0.29	0.06	0	2.05	4.83	38.03	28.42	19.96	4.98
24	67.63	11.98	4.11	0.40	0.06	0	2.06	5.13	49.47	34.59	25.31	5.65
25	60.85	18.83	4.33	0.58	0.06	0	2.90	7.53	88.09	44.23	40.59	7.28
26	54.52	17.78	4.36	0.53	0.06	0	2.85	7.35	81.41	44.31	39.70	7.08
27	59.83	18.30	4.49	0.55	0.06	0	2.93	7.59	85.41	44.03	40.62	7.32
28	54.93	17.79	4.37	0.54	0.06	0	2.84	7.32	81.40	42.15	38.16	7.10
29	23.85	7.44	3.42	0.78	0.05	0	1.48	2.87	11.43	17.03	11.59	2.73
30	27.66	9.23	3.42	0.32	0.06	0	1.89	3.95	15.57	18.27	10.06	3.40
31	58.46	10.76	3.78	0.38	0.06	0	2.16	4.64	39.60	32.28	23.83	5.48
32	25.70	8.92	3.35	0.32	0.05	0	1.84	3.79	14.98	17.95	10.03	3.21
33	60.24	11.05	3.81	0.37	0.06	0	2.20	4.78	40.98	32.77	24.13	5.61
34	59.08	10.89	3.77	0.37	0.06	0	2.18	4.69	40.28	32.48	24.18	5.54
35	63.59	11.12	3.96	0.33	0.05	0	1.99	4.87	43.40	32.84	23.09	5.50
36	64.74	11.34	3.96	0.32	0.05	0	2.04	4.98	44.25	33.01	23.24	5.61
37	44.73	8.11	3.54	0.85	0.05	0	1.55	2.87	36.75	-	-	4.02
38	58.37	9.83	3.71	0.57	0.06	0	1.85	3.85	41.57	32.91	22.65	5.05
39	21.88	10.83	4.27	0.98	0.06	0	1.86	3.27	53.63	39.61	15.10	5.90
40	72.12	8.18	3.92	1.09	0.07	0	1.91	2.60	60.30	43.17	19.77	4.98
41	28.31	9.08	3.10	0.52	0.05	0	1.72	3.42	61.07	-	-	2.97
42	33.03	13.56	4.19	0.40	0.05	0	2.25	5.77	59.90	37.08	29.24	6.13
43	28.08	12.75	4.14	0.38	0.05	0	2.13	5.48	54.69	35.75	27.28	5.90
44	27.13	12.62	4.13	0.38	0.05	0	2.12	5.41	53.92	35.52	26.86	5.86
45	26.53	12.51	4.13	0.38	0.05	0	2.10	5.38	53.21	35.36	26.64	5.83

جدول ۸- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	10.35	3.38	0.10	0	0.06	4.50	1.71	28.07	5.80	20.77	48.74	11.14
2	12.49	2.86	0.06	0	0.06	6.08	2.05	35.59	27.29	17.00	50.83	28.86
3	4.02	1.83	0.03	0	0.03	2.69	1.29	15.64	11.29	-	-	0.00
4	4.51	1.93	0.03	0	0.03	3.03	1.40	20.12	19.13	-	-	15.72
5	4.79	1.99	0.03	0	0.03	3.20	1.48	22.45	23.11	-	-	24.21
6	4.80	2.09	0.04	0	0.05	3.17	1.58	22.38	23.44	-	-	24.04
7	4.72	2.20	0.04	0	0.05	2.87	1.64	21.62	23.71	-	-	23.27
8	4.47	2.14	0.04	0	0.05	2.73	1.61	20.14	3.80	-	-	21.37
9	11.52	3.98	0.18	0	0.06	4.06	1.74	29.25	10.08	26.01	53.72	14.31
10	11.42	3.95	0.17	0	0.06	4.02	1.74	29.16	10.92	26.45	54.25	16.09
11	10.50	3.76	0.15	0	0.06	3.93	1.69	25.98	7.41	22.12	46.57	10.92
12	11.56	4.17	0.22	0	0.04	3.37	1.79	27.92	12.75	30.43	56.62	16.97
13	11.02	4.03	0.20	0	0.04	3.26	1.73	26.80	11.62	28.94	53.95	16.89
14	8.39	2.84	0.05	0	0.05	3.69	1.55	25.31	26.10	17.75	42.27	14.66
15	8.89	3.51	0.10	0	0.04	2.93	1.55	24.30	9.79	21.92	45.06	17.94
16	11.84	4.97	0.15	0	0.06	4.15	2.33	30.01	14.29	24.21	48.80	19.85
17	8.41	3.40	0.09	0	0.04	2.84	1.51	23.10	8.11	20.63	42.64	16.41
18	8.57	3.49	0.10	0	0.04	2.87	1.60	23.32	8.58	21.28	43.38	16.10
19	7.75	3.29	0.07	0	0.04	2.77	1.55	22.19	7.42	18.98	40.11	15.84
20	9.93	3.88	0.14	0	0.04	3.10	1.81	25.81	11.77	25.27	49.42	17.20
21	10.02	3.92	0.14	0	0.05	3.12	1.86	25.92	11.95	25.57	49.76	16.99
22	8.65	3.47	0.10	0	0.04	2.87	1.55	23.45	8.53	21.38	43.65	16.31
23	7.35	3.22	0.07	0	0.04	2.71	1.51	19.86	5.04	16.35	34.71	10.55
24	8.50	3.23	0.08	0	0.04	3.13	1.49	24.61	8.47	20.06	43.50	18.17
25	13.60	4.63	0.28	0	0.06	4.38	1.83	32.23	14.22	34.17	66.09	14.62
26	12.54	4.43	0.26	0	0.06	3.81	1.83	29.61	14.04	34.29	64.20	18.22
27	13.01	4.54	0.26	0	0.06	3.94	1.88	30.88	15.49	33.92	63.72	18.64
28	12.70	4.44	0.25	0	0.06	3.95	1.83	30.22	13.24	32.15	61.23	15.79
29	4.64	2.00	0.02	0	0.04	2.88	1.33	16.46	12.09	9.34	-	0.00
30	5.76	2.89	0.03	0	0.04	2.58	1.51	15.31	11.84	9.29	21.42	0.00
31	6.76	3.12	0.03	0	0.05	2.86	1.76	21.96	7.86	17.43	-	17.83
32	5.54	2.81	0.03	0	0.04	2.54	1.48	14.63	10.94	9.13	21.05	0.00
33	6.97	3.21	0.04	0	0.05	2.87	1.78	22.23	8.26	17.78	38.42	17.65
34	6.83	3.16	0.03	0	0.05	2.86	1.78	21.96	8.02	17.67	-	17.83
35	7.48	3.12	0.05	0	0.04	2.82	1.48	22.57	27.54	18.01	39.65	17.52
36	7.57	3.19	0.05	0	0.04	2.81	1.51	22.58	27.79	18.22	39.79	17.10
37	6.51	2.03	0.03	0	0.04	3.63	1.40	24.10	4.34	-	-	22.84
38	8.06	2.69	0.04	0	0.04	3.70	1.53	25.16	25.59	16.97	41.38	15.38
39	15.37	2.64	0.04	0	0.04	7.60	1.69	42.10	27.46	12.56	52.71	30.76
40	16.51	2.16	0.05	0	0.05	7.08	1.75	35.24	24.40	15.06	57.67	28.63
41	8.53	2.38	0.05	0	0.05	3.63	1.41	26.05	13.75	-	-	30.16
42	9.62	3.55	0.12	0	0.04	3.19	1.55	25.84	10.35	23.71	48.47	18.64
43	8.99	3.39	0.10	0	0.04	3.08	1.49	24.89	9.38	21.93	45.79	18.61
44	8.93	3.36	0.10	0	0.04	3.09	1.49	24.87	9.10	21.60	45.43	18.31
45	8.84	3.34	0.10	0	0.04	3.07	1.48	24.71	9.01	21.38	45.07	18.39

جدول ۹- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	23.45	23.30	1.33	0.19	0.17	2.83	1.75	21.46	72.82	9.02	23.59	13.82
2	34.13	15.58	1.59	0.19	0.20	1.54	2.08	18.67	89.04	9.27	24.25	12.32
3	12.20	10.75	2.75	0.45	0.13	-	1.31	19.05	33.26	0.00	8.87	2.43
4	17.91	12.49	3.08	0.52	0.14	-	1.43	32.18	65.58	3.34	15.36	7.51
5	20.77	13.35	3.25	0.55	0.15	-	1.51	38.90	82.00	5.41	18.82	10.37
6	20.88	13.50	3.26	0.55	0.17	-	1.62	39.26	81.89	5.91	19.31	11.32
7	22.77	13.83	2.92	0.50	0.17	-	1.68	39.18	78.88	6.47	19.69	13.01
8	21.07	13.03	2.76	0.47	0.16	-	1.64	36.02	69.97	6.62	18.78	-
9	23.10	32.73	1.43	0.25	0.18	3.97	1.77	34.00	74.62	7.41	20.42	12.09
10	25.15	32.49	1.43	0.25	0.18	3.96	1.77	34.61	76.03	7.90	20.99	13.25
11	16.44	27.92	1.42	0.24	0.17	3.69	1.72	23.06	62.01	5.36	17.18	8.81
12	31.44	37.00	1.36	0.23	0.18	4.34	1.82	40.18	71.97	6.77	18.33	11.65
13	30.23	35.20	1.33	0.23	0.17	4.22	1.77	36.09	69.25	6.41	17.89	11.72
14	39.47	19.77	1.57	0.29	0.15	2.70	1.58	14.89	74.20	5.32	18.46	6.50
15	27.29	29.06	1.34	0.30	0.15	4.01	1.58	26.11	72.30	3.23	15.49	7.78
16	33.58	35.43	1.85	0.43	0.24	5.62	2.39	35.46	77.46	5.05	17.49	10.00
17	24.50	27.52	1.31	0.30	0.15	3.87	1.53	22.29	68.51	2.71	14.76	7.15
18	24.87	27.77	1.31	0.30	0.15	3.88	1.62	23.17	68.40	3.30	15.34	7.93
19	22.16	25.17	1.34	0.30	0.15	3.70	1.58	18.14	67.62	2.65	14.87	7.31
20	29.59	31.56	1.33	0.24	0.18	4.16	1.84	31.88	72.88	5.20	17.31	9.99
21	29.69	31.64	1.33	0.24	0.18	4.16	1.89	32.23	72.72	5.51	17.60	10.37
22	25.06	28.18	1.31	0.30	0.15	3.91	1.58	23.66	68.70	3.05	15.06	7.49
23	14.96	22.51	1.30	0.29	0.15	3.56	1.54	12.39	53.45	1.87	11.61	5.00
24	21.91	25.90	1.49	0.31	0.15	3.63	1.52	22.08	74.34	3.40	16.02	6.99
25	30.37	41.66	1.41	0.18	0.18	4.40	1.87	50.34	78.43	10.49	24.25	18.48
26	33.55	39.15	1.42	0.18	0.18	4.46	1.86	44.63	74.11	9.06	21.32	16.35
27	35.00	40.54	1.46	0.19	0.19	4.59	1.91	49.14	78.98	9.25	21.79	15.81
28	30.42	39.27	1.43	0.18	0.18	4.44	1.86	44.98	75.36	8.45	20.99	14.43
29	14.25	11.59	2.52	0.46	0.13	1.74	1.35	20.33	33.04	0.00	8.33	0.61
30	0	15.47	1.44	0.33	0.15	2.94	1.54	0.00	26.07	0.00	5.59	0.00
31	18.50	20.75	1.64	0.38	0.18	3.33	1.79	12.73	70.38	4.45	17.35	10.69
32	0.00	14.73	1.42	0.33	0.15	2.85	1.50	9.87	25.40	0.00	5.61	0.00
33	19.58	21.49	1.60	0.38	0.18	3.43	1.81	13.85	70.79	4.40	17.30	10.51
34	19.23	20.99	1.61	0.38	0.18	3.36	1.81	12.98	70.08	4.61	17.49	11.06
35	21.15	24.08	1.45	0.30	0.15	3.59	1.50	16.94	71.52	2.43	15.03	6.82
36	21.76	24.56	1.42	0.30	0.15	3.66	1.54	17.55	71.06	2.41	14.96	6.81
37	25.46	13.18	2.36	0.37	0.14	1.62	1.43	9.03	81.04	7.95	21.51	11.57
38	37.49	18.16	1.65	0.30	0.15	2.52	1.56	12.67	75.39	5.34	18.59	6.16
39	37.79	15.76	1.06	0.06	0.17	1.21	1.71	19.32	95.05	7.10	22.47	10.57
40	31.31	11.53	1.02	0.07	0.17	1.32	1.80	37.94	109.4	13.67	26.60	9.27
41	29.94	17.25	1.23	0.20	0.14	2.21	1.46	26.38	91.56	15.22	-	-
42	27.10	30.10	1.40	0.30	0.15	3.94	1.57	29.60	74.92	4.42	16.80	8.65
43	25.54	28.33	1.41	0.30	0.15	3.83	1.51	25.97	73.99	3.61	16.02	7.71
44	24.63	27.92	1.42	0.30	0.15	3.79	1.52	25.35	73.98	3.55	15.99	7.43
45	24.59	27.72	1.42	0.30	0.15	3.78	1.50	24.89	73.86	3.44	15.88	7.37

جدول ۱۰- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	14.85	9.88	0.77	0	0.06	0.85	1.76	8.47	11.93	8.66	33.64	43.59
2	13.07	12.21	1.38	0	0.05	1.67	2.10	8.76	12.96	12.19	49.94	50.85
3	0.00	6.11	0.44	0	0.03	0.77	1.32	5.18	5.75	0.63	8.87	20.34
4	4.47	6.98	0.49	0	0.04	0.89	1.45	6.43	8.54	7.62	18.34	28.81
5	7.00	7.48	0.53	0	0.04	0.94	1.52	7.08	10.01	11.51	23.50	33.11
6	7.61	7.79	0.52	0	0.04	0.94	1.63	7.26	10.51	12.18	23.96	32.92
7	9.78	7.99	0.47	0	0.04	0.82	1.69	7.34	11.08	12.80	24.58	32.17
8	9.76	7.66	0.45	0	0.04	0.79	1.66	6.86	10.33	13.16	23.61	29.61
9	18.42	9.61	0.62	0	0.06	0.61	1.79	10.20	12.88	4.38	25.39	48.21
10	19.30	9.58	0.62	0	0.06	0.62	1.78	10.19	12.91	5.56	26.42	48.19
11	14.21	9.09	0.62	0	0.06	0.63	1.73	8.79	10.83	3.98	21.87	40.50
12	21.07	9.03	0.52	0	0.04	0.46	1.84	10.36	13.06	3.83	21.46	48.36
13	20.67	8.76	0.51	0	0.03	0.45	1.78	9.94	12.55	4.13	21.16	46.26
14	12.98	8.76	0.70	0	0.04	0.82	1.60	7.89	11.14	6.81	29.49	40.42
15	20.52	8.31	0.47	0	0.04	0.42	1.59	9.35	12.06	1.92	20.49	42.88
16	22.72	11.54	0.68	0	0.05	0.62	2.40	12.37	14.43	4.81	23.64	49.79
17	19.40	8.01	0.46	0	0.04	0.41	1.55	8.79	11.52	1.37	19.45	40.77
18	19.76	8.30	0.47	0	0.04	0.42	1.64	8.95	11.89	2.10	20.29	40.96
19	19.01	8.11	0.46	0	0.04	0.43	1.59	8.52	11.54	1.99	20.16	38.76
20	21.67	9.23	0.50	0	0.04	0.46	1.86	10.08	13.29	3.85	22.70	45.08
21	21.81	9.38	0.51	0	0.04	0.47	1.90	10.14	13.47	4.26	23.17	45.15
22	19.61	8.16	0.47	0	0.04	0.42	1.59	8.94	11.72	1.62	19.75	41.35
23	14.16	7.65	0.44	0	0.03	0.41	1.55	7.46	9.58	1.41	15.35	32.70
24	18.05	8.28	0.53	0	0.04	0.54	1.53	8.93	11.61	3.22	22.62	42.04
25	21.26	9.93	0.57	0	0.06	0.53	1.88	11.20	13.87	4.65	24.95	53.90
26	21.95	9.37	0.55	0	0.05	0.49	1.88	10.88	13.20	5.93	23.48	50.10
27	22.61	9.73	0.57	0	0.06	0.51	1.93	11.35	13.91	5.42	24.27	52.71
28	20.80	9.53	0.56	0	0.06	0.51	1.88	10.90	13.40	3.95	22.98	51.23
29	0.00	6.49	0.49	0	0.03	0.78	1.36	5.39	6.16	0.00	9.53	21.57
30	3.55	7.04	0.44	0	0.04	0.47	1.55	5.48	6.00	0.00	6.98	20.85
31	18.65	8.92	0.49	0	0.04	0.55	1.80	8.58	12.30	6.78	24.54	36.31
32	3.34	6.82	0.43	0	0.04	0.47	1.52	5.21	5.53	0.00	6.91	19.61
33	19.13	9.04	0.49	0	0.04	0.54	1.83	8.76	12.51	6.42	24.51	36.96
34	19.02	8.99	0.49	0	0.04	0.54	1.82	8.63	12.38	6.95	24.71	36.36
35	18.52	8.03	0.47	0	0.04	0.46	1.52	8.53	11.44	2.30	20.90	39.08
36	18.90	8.14	0.47	0	0.04	0.45	1.55	8.65	11.63	2.06	20.70	39.26
37	9.03	7.89	0.70	0	0.04	1.01	1.44	6.67	9.92	14.70	32.90	35.91
38	12.14	8.70	0.72	0	0.04	0.86	1.57	7.67	10.97	7.70	30.49	39.69
39	11.96	12.54	1.80	0	0.04	2.06	1.73	8.59	11.65	7.21	55.28	14.93
40	10.16	12.87	1.96	0	0.04	2.28	1.80	9.41	11.13	16.03	63.05	36.47
41	22.53	8.76	0.73	0	0.05	0.84	1.46	7.60	1.76	23.82	48.13	41.80
42	19.85	8.44	0.52	0	0.04	0.49	1.58	9.50	12.08	3.15	22.26	44.97
43	19.34	8.19	0.51	0	0.03	0.48	1.53	9.16	11.71	2.71	21.67	43.31
44	18.98	8.21	0.51	0	0.04	0.49	1.53	9.11	11.69	2.68	21.81	43.15
45	18.99	8.16	0.51	0	0.03	0.49	1.52	9.07	11.64	2.63	21.69	42.90

جدول ۱۱- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	16.01	12.76	0.06	0.28	0.06	0	1.79	37.10	4.48	9.79	41.16	16.91
2	17.67	10.38	0.12	0.70	0.01	0	2.13	37.36	9.02	12.14	37.55	17.19
3	11.08	6.80	0.06	0.29	0.03	0	1.34	0.00	3.60	3.81	16.38	9.46
4	12.92	7.51	0.06	0.34	0.04	0	1.47	23.78	4.29	5.30	25.50	11.03
5	13.86	7.92	0.07	0.36	0.03	0	1.55	36.18	4.66	6.12	30.19	11.92
6	13.84	8.23	0.11	0.35	0.03	0	1.66	36.29	4.55	6.27	30.49	12.57
7	13.30	8.31	0.12	0.27	0.04	0	1.72	34.96	4.02	6.22	31.96	13.20
8	12.53	8.08	0.12	0.26	0.04	0	1.68	28.34	3.72	5.95	29.06	12.74
9	18.08	17.10	0.06	0.15	0.13	0	1.83	49.89	3.39	10.60	45.74	18.24
10	18.08	16.86	0.06	0.15	0.13	0	1.83	51.21	3.40	10.50	46.80	18.22
11	16.75	15.14	0.06	0.16	0.12	0	1.77	34.69	3.41	8.80	39.62	16.74
12	17.86	18.63	0.06	0.06	0.12	0	1.88	55.07	2.41	11.10	48.10	18.17
13	17.28	17.61	0.06	0.06	0.12	0	1.83	51.05	2.34	10.45	46.83	17.60
14	15.07	9.80	0.06	0.28	0.12	0	1.62	36.41	4.30	7.76	40.58	15.01
15	16.39	13.07	0.06	0.06	0.18	0	1.62	46.76	2.33	7.52	47.90	16.74
16	21.48	17.74	0.09	0.08	0.26	0	2.45	55.92	2.96	8.83	51.22	22.91
17	15.61	12.27	0.06	0.06	0.18	0	1.57	42.16	2.24	7.11	45.75	16.07
18	15.67	12.65	0.06	0.06	0.18	0	1.67	42.40	2.24	7.40	45.94	16.60
19	15.06	11.14	0.06	0.07	0.18	0	1.61	38.82	2.25	6.56	44.84	16.05
20	17.03	15.22	0.06	0.05	0.18	0	1.90	50.13	2.36	8.94	49.00	18.40
21	17.05	15.41	0.06	0.05	0.18	0	1.94	50.07	2.36	9.09	49.04	18.63
22	15.78	12.76	0.06	0.06	0.18	0	1.62	43.05	2.24	7.42	45.98	16.37
23	14.09	10.65	0.06	0.06	0.17	0	1.57	26.04	2.18	5.72	37.71	14.85
24	16.14	11.72	0.06	0.13	0.19	0	1.56	44.32	3.00	7.25	45.79	15.89
25	19.43	22.42	0.06	0.09	0.12	0	1.94	62.21	2.87	13.70	48.67	19.52
26	18.70	20.54	0.06	0.07	0.12	0	1.93	58.37	2.71	12.20	48.66	18.61
27	19.34	21.16	0.06	0.07	0.12	0	1.99	63.66	2.84	12.67	50.88	19.32
28	18.82	20.57	0.06	0.08	0.12	0	1.93	58.54	2.82	12.38	48.19	18.80
29	11.58	6.94	0.06	0.29	0.06	0	1.38	0.00	3.74	4.05	17.58	10.17
30	11.92	8.34	0.06	0.09	0.17	0	1.58	0.00	2.33	3.83	22.73	12.63
31	14.77	9.60	0.06	0.11	0.13	0	1.83	35.73	2.75	6.03	43.67	16.82
32	11.52	8.02	0.05	0.09	0.16	0	1.54	0.00	2.27	3.60	22.28	12.19
33	14.98	9.93	0.06	0.10	0.19	0	1.85	36.86	2.70	6.17	44.48	17.15
34	14.80	9.74	0.06	0.11	0.13	0	1.85	35.87	2.70	6.08	43.98	17.00
35	15.27	10.39	0.06	0.09	0.18	0	1.54	40.30	2.53	6.21	45.29	15.66
36	15.34	10.64	0.06	0.08	0.18	0	1.58	40.46	2.44	6.28	45.60	15.98
37	13.69	7.57	0.06	0.40	0.04	0	1.46	36.32	5.28	7.33	34.30	12.04
38	14.84	9.01	0.06	0.31	0.12	0	1.60	35.58	4.55	7.52	39.78	14.58
39	19.80	9.79	0.06	0.96	0.01	0	1.75	36.75	11.76	13.74	36.22	15.73
40	15.96	7.14	0.07	1.05	0.01	0	1.80	50.99	9.57	10.85	40.78	15.25
41	13.87	8.58	0.05	0.30	0.05	0	1.49	50.22	4.45	2.10	-	14.82
42	16.88	14.05	0.06	0.10	0.18	0	1.62	49.81	2.73	8.43	47.86	16.70
43	16.43	12.87	0.06	0.10	0.18	0	1.55	47.13	2.70	7.70	47.12	16.14
44	16.37	12.69	0.06	0.11	0.18	0	1.56	46.57	2.77	7.67	46.76	16.09
45	16.31	12.53	0.06	0.11	0.18	0	1.55	46.26	2.74	7.54	46.73	16.01

جدول ۱۲- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده تغذیه آب زیرزمینی (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	22.22	4.99	0.99	1.99	0	0.65	5.39	34.88	54.99	38.95	27.78	26.44
2	12.48	5.55	0.66	0.46	0	0.91	5.42	36.63	61.29	52.30	31.94	37.79
3	9.49	4.19	0.81	1.06	0	1.97	5.47	16.07	19.05	14.40	8.63	9.08
4	14.96	4.57	0.92	1.20	0	2.28	6.24	22.75	38.49	28.01	15.71	20.76
5	17.70	4.77	0.98	1.25	0	2.44	6.64	26.16	48.57	35.10	19.60	26.90
6	17.57	4.84	1.00	1.20	0	2.45	6.77	26.46	48.64	35.07	20.63	26.78
7	19.17	4.62	0.91	1.28	0	2.12	6.45	26.89	48.71	34.29	21.75	25.59
8	10.72	4.43	0.87	1.14	0	2.01	6.12	24.88	44.80	31.59	21.05	24.25
9	30.25	5.85	1.53	2.83	0	0.69	6.35	39.58	53.78	36.39	26.91	26.32
10	31.76	5.80	1.51	2.87	0	0.69	6.34	39.58	55.57	37.42	27.54	27.39
11	21.18	5.49	1.37	2.73	0	0.68	6.01	33.47	45.33	30.76	22.49	21.12
12	35.70	6.04	1.79	2.89	0	0.63	6.51	39.86	51.56	34.42	27.95	27.82
13	34.38	5.77	1.68	2.91	0	0.61	6.29	38.25	50.33	33.33	26.75	26.75
14	20.29	4.38	0.75	2.36	0	0.82	5.31	32.18	52.99	37.43	22.14	24.77
15	33.43	4.63	1.08	3.70	0	0.53	5.84	36.37	52.47	32.13	20.29	21.00
16	37.86	6.37	1.59	5.03	0	0.75	8.20	42.88	56.84	35.08	23.83	23.22
17	30.81	4.42	1.02	3.62	0	0.51	5.61	34.53	49.76	30.41	19.05	19.46
18	30.96	4.51	1.05	3.53	0	0.51	5.70	34.90	49.99	30.76	20.27	19.84
19	28.73	4.16	0.88	3.58	0	0.54	5.52	33.43	49.40	29.98	18.55	18.08
20	34.91	5.17	1.30	3.39	0	0.55	6.23	38.43	53.33	33.72	24.67	23.34
21	34.91	5.22	1.31	3.34	0	0.55	6.27	38.59	53.41	33.90	25.29	23.52
22	31.22	4.54	1.08	3.56	0	0.51	5.69	34.97	49.90	30.71	19.86	20.01
23	19.29	4.08	0.87	3.43	0	0.52	5.31	28.16	39.04	23.49	14.77	12.89
24	29.28	4.51	0.96	3.44	0	0.67	5.73	35.09	53.22	33.84	19.83	22.09
25	35.22	7.01	2.17	2.32	0	0.74	6.89	43.76	56.08	38.20	33.23	31.28
26	36.95	6.64	2.03	2.68	0	0.71	6.80	41.08	54.19	36.52	31.08	30.95
27	38.90	6.82	2.07	2.78	0	0.72	7.01	43.13	56.84	38.30	32.01	31.79
28	35.17	6.65	2.01	2.66	0	0.71	6.81	41.80	53.60	36.33	30.38	29.59
29	11.40	4.14	0.73	1.38	0	1.72	5.37	17.28	19.86	14.78	8.32	8.24
30	0.00	3.68	0.64	2.94	0	0.66	4.94	18.15	18.47	10.82	6.88	1.88
31	24.66	4.04	0.69	3.36	0	0.81	5.79	32.62	52.02	32.14	20.45	18.95
32	0.00	3.59	0.62	2.85	0	0.66	4.82	16.96	18.03	10.61	6.80	1.81
33	25.79	4.09	0.71	3.44	0	0.77	5.84	33.28	52.39	32.25	20.66	18.85
34	25.22	4.05	0.70	3.37	0	0.79	5.80	32.78	52.16	32.16	20.77	19.00
35	28.25	4.08	0.80	3.62	0	0.62	5.54	33.58	51.47	31.34	17.78	18.71
36	28.77	4.11	0.81	3.67	0	0.59	5.58	33.93	51.26	31.04	17.95	18.32
37	9.85	4.40	0.73	1.11	0	1.62	5.45	27.35	55.48	41.39	24.08	31.71
38	18.77	4.28	0.68	2.24	0	0.90	5.26	31.44	53.60	38.22	21.96	25.39
39	13.05	5.69	0.46	0.33	0	0.41	4.51	39.53	63.18	57.77	29.07	41.89
40	20.70	4.34	0.50	0.37	0	0.48	4.30	32.78	72.13	67.64	33.25	49.05
41	34.87	3.68	0.64	1.77	0	0.67	4.55	33.09	76.09	53.33	-	41.21
42	33.36	4.98	1.21	3.38	0	0.61	5.95	37.15	53.98	34.50	22.36	24.20
43	32.12	4.69	1.08	3.49	0	0.60	5.79	35.98	53.32	33.60	20.62	22.76
44	31.41	4.66	1.07	3.45	0	0.61	5.77	35.83	53.13	33.61	20.48	22.62
45	31.37	4.62	1.05	3.48	0	0.61	5.75	35.67	53.08	33.48	20.24	22.41

جدول ۱۳- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۶

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	26.77	2.02	0.54	0.08	0.01	0	0.37	0.89	20.11	11.44	8.82	1.18
2	10.17	1.02	0.33	0.08	0.01	0	0.22	0.38	11.66	6.85	5.27	0.69
3	23.55	4.97	2.33	0.63	0.03	0	1.08	2.07	18.25	15.26	12.01	2.34
4	10.41	2.04	0.97	0.27	0.01	0	0.45	0.86	9.38	7.99	6.52	1.01
5	3.97	0.60	0.29	0.08	0.00	0	0.14	0.27	5.04	4.39	3.72	0.35
6	3.98	0.61	0.28	0.08	0.00	0	0.14	0.27	5.04	4.29	3.70	0.36
7	4.86	0.74	0.30	0.08	0.01	0	0.18	0.33	5.89	4.89	4.24	0.45
8	7.99	1.22	0.48	0.13	0.01	0	0.29	0.55	9.70	7.92	6.93	0.77
9	22.89	1.93	0.46	0.06	0.01	0	0.31	0.89	19.06	8.81	7.48	0.98
10	21.79	1.83	0.44	0.05	0.01	0	0.30	0.85	17.93	8.60	7.10	0.94
11	32.13	4.34	1.18	0.15	0.02	0	0.76	1.96	25.19	12.72	10.61	2.02
12	26.22	2.39	0.51	0.06	0.01	0	0.37	1.11	23.44	9.83	8.60	1.16
13	28.93	2.61	0.57	0.06	0.01	0	0.41	1.22	24.88	11.10	9.64	1.30
14	11.08	1.26	0.43	0.06	0.01	0	0.25	0.59	11.76	7.79	5.48	0.80
15	15.14	1.23	0.36	0.03	0.00	0	0.22	0.62	10.38	6.13	4.62	0.70
16	10.61	0.88	0.24	0.02	0.00	0	0.16	0.44	7.35	4.27	3.27	0.50
17	18.22	1.47	0.43	0.03	0.01	0	0.26	0.75	12.39	7.43	5.55	0.84
18	18.76	1.53	0.43	0.04	0.01	0	0.28	0.77	12.87	7.61	5.75	0.88
19	17.22	1.37	0.42	0.03	0.01	0	0.26	0.70	11.35	7.22	5.20	0.82
20	16.94	1.45	0.36	0.03	0.01	0	0.25	0.71	12.33	6.65	5.32	0.79
21	17.31	1.48	0.36	0.03	0.01	0	0.26	0.72	12.75	6.79	5.45	0.82
22	18.73	1.53	0.44	0.03	0.01	0	0.27	0.77	12.89	7.56	5.74	0.87
23	28.19	3.70	1.19	0.09	0.02	0	0.71	1.82	18.57	11.61	8.72	1.93
24	9.11	1.09	0.35	0.03	0.00	0	0.20	0.55	9.40	5.92	4.28	0.64
25	29.24	2.58	0.49	0.07	0.01	0	0.37	1.14	28.78	10.11	9.58	1.14
26	30.60	2.81	0.56	0.07	0.01	0	0.42	1.28	28.72	11.60	10.74	1.32
27	22.89	2.09	0.42	0.05	0.01	0	0.31	0.95	22.39	8.48	7.62	0.97
28	26.91	2.44	0.50	0.06	0.01	0	0.36	1.11	25.83	9.79	8.97	1.12
29	26.05	5.09	2.33	0.56	0.03	0	1.10	2.17	19.31	15.95	11.32	2.53
30	40.84	7.18	2.51	0.24	0.04	0	1.53	3.47	27.02	18.66	13.72	3.81
31	8.59	1.04	0.35	0.04	0.01	0	0.23	0.53	8.36	6.34	4.48	0.70
32	41.13	7.23	2.55	0.25	0.04	0	1.54	3.49	27.16	18.99	13.86	3.85
33	8.38	1.02	0.33	0.03	0.01	0	0.22	0.52	8.17	6.04	4.23	0.68
34	8.87	1.08	0.35	0.04	0.01	0	0.23	0.55	8.63	6.51	4.65	0.73
35	8.50	1.01	0.34	0.03	0.00	0	0.19	0.53	8.43	5.67	3.94	0.62
36	8.61	1.03	0.34	0.03	0.00	0	0.20	0.53	8.52	5.64	3.97	0.63
37	7.78	0.95	0.42	0.11	0.01	0	0.21	0.41	9.16	7.37	5.96	0.63
38	10.09	1.13	0.41	0.07	0.01	0	0.23	0.53	10.68	7.45	5.07	0.74
39	16.87	0.94	0.35	0.08	0.01	0	0.17	0.31	13.47	7.65	5.47	0.65
40	1.10	0.01	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.01	5.26	3.77	0.96	0.03
41	11.42	0.63	0.20	0.03	0.00	0	0.13	0.30	10.49	6.84	5.54	0.84
42	16.06	1.32	0.37	0.04	0.00	0	0.22	0.65	11.45	6.52	5.03	0.72
43	15.26	1.23	0.37	0.03	0.00	0	0.21	0.62	10.60	6.33	4.73	0.69
44	15.13	1.21	0.37	0.03	0.00	0	0.21	0.61	10.49	6.28	4.69	0.69
45	14.98	1.20	0.37	0.03	0.00	0	0.21	0.60	10.34	6.24	4.63	0.68

جدول ۱۴- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۷

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	2.03	0.48	0.02	0	0.01	0.68	0.28	6.25	10.66	6.56	15.30	9.95
2	1.57	0.23	0	0	0	0.55	0.20	4.88	4.10	3.66	9.35	4.13
3	3.15	1.20	0.02	0	0.02	1.85	0.98	14.97	16.09	8.83	20.13	21.35
4	1.33	0.48	0.01	0	0.01	0.77	0.41	6.58	7.39	4.62	10.57	11.14
5	0.43	0.13	0	0	0	0.23	0.12	2.39	3.08	2.54	5.82	6.01
6	0.41	0.14	0	0	0	0.22	0.13	2.31	3.03	2.53	5.67	5.75
7	0.47	0.17	0	0	0	0.24	0.16	2.52	3.48	2.89	6.31	6.22
8	0.77	0.28	0.01	0	0.01	0.39	0.27	4.09	8.56	4.73	10.21	9.89
9	1.67	0.42	0.02	0	0.01	0.44	0.21	4.62	8.74	5.88	12.17	8.12
10	1.57	0.40	0.02	0	0.01	0.41	0.20	4.42	8.37	5.67	11.83	7.83
11	3.61	1.06	0.04	0	0.02	1.12	0.53	9.49	12.52	8.16	17.31	11.89
12	1.95	0.49	0.03	0	0.01	0.40	0.24	4.87	9.64	7.33	13.80	8.68
13	2.10	0.54	0.03	0	0.01	0.44	0.27	5.39	10.76	8.20	15.43	9.78
14	1.23	0.30	0.01	0	0.01	0.42	0.20	4.18	5.03	4.02	9.84	8.08
15	0.96	0.29	0.01	0	0	0.24	0.15	2.84	6.33	3.68	7.72	6.37
16	0.67	0.21	0.01	0	0	0.17	0.11	1.97	4.37	2.63	5.39	4.23
17	1.15	0.35	0.01	0	0	0.30	0.18	3.43	7.68	4.39	9.28	7.76
18	1.18	0.36	0.01	0	0	0.30	0.19	3.50	7.83	4.59	9.55	7.72
19	1.05	0.34	0.01	0	0	0.29	0.19	3.27	7.51	4.06	8.78	7.61
20	1.11	0.33	0.01	0	0	0.26	0.18	3.12	6.74	4.33	8.61	6.30
21	1.13	0.34	0.01	0	0	0.27	0.18	3.18	6.86	4.45	8.80	6.34
22	1.19	0.36	0.01	0	0	0.30	0.19	3.51	7.79	4.57	9.53	7.76
23	2.72	0.98	0.02	0	0.01	0.83	0.51	7.77	12.20	6.59	14.15	12.38
24	0.90	0.26	0.01	0	0	0.26	0.14	2.86	6.06	3.35	7.43	6.37
25	2.42	0.52	0.03	0	0.01	0.50	0.23	5.42	9.81	7.85	15.10	8.32
26	2.44	0.56	0.03	0	0.01	0.49	0.26	5.78	10.87	9.02	16.75	9.56
27	1.85	0.42	0.03	0	0.01	0.37	0.20	4.33	8.19	6.46	12.28	7.23
28	2.16	0.49	0.03	0	0.01	0.44	0.23	5.10	9.61	7.38	14.22	8.46
29	3.57	1.28	0.02	0	0.03	1.93	0.98	15.25	16.23	8.76	20.56	20.93
30	5.02	2.05	0.03	0	0.03	1.85	1.21	15.45	19.13	9.69	21.86	20.67
31	0.77	0.27	0.00	0	0	0.26	0.18	2.74	6.40	3.41	7.43	6.53
32	5.06	2.07	0.02	0	0.03	1.89	1.24	15.69	19.40	9.86	22.24	21.03
33	0.75	0.27	0	0	0	0.24	0.18	2.61	6.14	3.25	7.09	6.20
34	0.79	0.28	0	0	0	0.26	0.19	2.79	6.54	3.53	7.59	6.61
35	0.79	0.25	0	0	0	0.24	0.14	2.60	3.91	3.02	6.82	6.29
36	0.80	0.26	0	0	0	0.23	0.14	2.58	3.91	3.02	6.77	6.21
37	0.96	0.22	0	0	0	0.43	0.19	4.19	7.04	3.98	9.66	8.43
38	1.14	0.28	0	0	0	0.41	0.19	4.03	4.77	3.74	9.35	7.87
39	2.25	0.20	0	0	0	0.68	0.15	5.76	3.96	3.72	10.63	4.24
40	0.19	0	0	0	0	0.01	0.00	0.51	0.44	1.00	5.02	0.43
41	0.77	0.15	0	0	0	0.24	0.11	2.61	5.09	3.73	8.77	5.29
42	1.08	0.30	0.01	0	0	0.27	0.15	3.15	6.56	4.09	8.51	6.59
43	1.00	0.28	0.01	0	0	0.26	0.15	3.02	6.42	3.80	8.09	6.62
44	0.99	0.28	0.01	0	0	0.27	0.15	3.02	6.40	3.73	8.01	6.61
45	0.98	0.28	0.01	0	0	0.26	0.14	2.99	6.36	3.69	7.94	6.59

جدول ۱۵- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۸

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	13.45	4.61	0.19	0.03	0.03	0.46	0.29	22.93	33.36	5.93	7.84	6.71
2	4.41	1.57	0.14	0.02	0.02	0.14	0.20	12.92	26.87	4.60	5.36	1.67
3	13.30	8.46	2.00	0.33	0.09	1.15	0.99	26.80	59.29	5.68	10.23	6.29
4	5.81	3.55	0.84	0.14	0.04	0.48	0.41	12.33	31.83	2.95	5.31	3.20
5	2.16	1.13	0.26	0.04	0.01	0.14	0.13	5.14	18.07	1.62	2.95	1.70
6	2.11	1.11	0.25	0.04	0.01	0.14	0.13	5.04	17.35	1.62	2.95	1.75
7	2.68	1.32	0.26	0.04	0.01	0.18	0.16	5.69	18.44	1.86	3.44	2.28
8	4.34	2.13	0.43	0.07	0.02	0.28	0.27	9.26	28.52	3.09	6.05	4.13
9	13.58	5.07	0.15	0.03	0.02	0.48	0.21	21.61	24.72	3.66	5.13	4.74
10	13.01	4.82	0.15	0.03	0.02	0.46	0.20	20.49	23.77	3.42	4.87	4.45
11	19.40	9.91	0.41	0.07	0.05	1.15	0.54	28.93	35.12	5.08	7.54	6.63
12	15.67	6.49	0.16	0.03	0.02	0.59	0.24	25.67	24.32	3.34	4.69	4.36
13	17.52	7.11	0.18	0.03	0.02	0.66	0.27	27.48	26.90	3.66	5.19	4.77
14	6.91	2.86	0.18	0.03	0.02	0.34	0.20	14.22	24.84	2.97	4.65	3.21
15	10.46	3.38	0.11	0.03	0.01	0.39	0.15	12.64	16.83	1.80	2.91	2.52
16	7.12	2.33	0.08	0.02	0.01	0.27	0.11	8.92	11.51	1.32	2.07	1.82
17	12.67	4.04	0.14	0.03	0.02	0.47	0.18	15.00	20.24	2.18	3.54	3.05
18	12.81	4.12	0.14	0.03	0.02	0.48	0.20	15.47	20.33	2.31	3.67	3.20
19	12.14	3.62	0.14	0.03	0.02	0.45	0.19	13.81	19.87	2.15	3.55	3.04
20	10.95	3.80	0.11	0.02	0.02	0.41	0.18	14.80	17.21	2.15	3.22	2.88
21	11.10	3.87	0.12	0.02	0.02	0.42	0.19	15.14	17.41	2.22	3.31	2.97
22	12.83	4.17	0.14	0.03	0.02	0.48	0.19	15.61	20.38	2.26	3.61	3.14
23	19.90	8.66	0.41	0.09	0.05	1.23	0.52	22.46	31.55	3.50	5.94	4.99
24	9.49	2.89	0.13	0.03	0.01	0.34	0.14	11.47	17.49	1.82	2.97	2.34
25	15.44	7.04	0.16	0.02	0.02	0.56	0.23	29.83	26.42	5.15	6.05	6.35
26	17.47	7.71	0.18	0.02	0.02	0.65	0.26	30.51	27.72	4.39	5.77	5.66
27	13.15	5.74	0.13	0.02	0.02	0.49	0.20	24.00	21.70	3.34	4.37	4.28
28	15.36	6.68	0.16	0.02	0.02	0.57	0.23	27.56	25.36	4.09	5.29	5.23
29	15.58	8.94	1.77	0.33	0.09	1.28	0.99	27.13	58.55	5.83	10.39	6.41
30	30.44	14.81	1.05	0.25	0.11	2.40	1.23	34.15	53.13	6.07	10.67	8.52
31	9.27	2.41	0.15	0.04	0.02	0.34	0.19	10.73	17.69	1.99	3.30	2.72
32	30.65	14.84	1.08	0.26	0.12	2.41	1.25	33.68	54.08	6.17	10.87	8.63
33	9.03	2.38	0.14	0.03	0.02	0.33	0.18	10.36	16.76	1.90	3.14	2.62
34	9.53	2.49	0.15	0.04	0.02	0.35	0.19	10.98	17.88	2.04	3.37	2.80
35	9.40	2.68	0.12	0.03	0.01	0.35	0.14	10.66	16.61	1.66	2.83	2.32
36	9.48	2.72	0.12	0.03	0.01	0.35	0.15	10.69	16.33	1.66	2.81	2.35
37	4.23	1.76	0.29	0.04	0.02	0.21	0.19	12.48	26.99	2.89	5.11	2.73
38	6.29	2.48	0.18	0.03	0.02	0.31	0.19	13.21	24.39	2.83	4.47	2.90
39	4.78	1.52	0.08	0.01	0.01	0.11	0.16	14.62	31.48	5.38	5.85	1.27
40	0.21	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.38	14.62	1.87	1.85	0.08
41	6.45	1.42	0.08	0.01	0.01	0.16	0.11	9.79	19.93	2.77	5.00	3.33
42	10.61	3.61	0.12	0.03	0.01	0.39	0.15	14.16	18.15	2.03	3.16	2.67
43	10.38	3.37	0.12	0.03	0.01	0.38	0.15	12.98	17.92	1.90	3.05	2.51
44	10.28	3.31	0.12	0.03	0.01	0.38	0.15	12.81	17.97	1.90	3.06	2.50
45	10.23	3.27	0.12	0.03	0.01	0.37	0.15	12.62	17.88	1.88	3.03	2.48

جدول ۱۶- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۸۹

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	6.96	1.91	0.12	0	0.01	0.13	0.29	2.59	3.73	6.49	12.73	11.60
2	1.83	1.49	0.13	0	0	0.15	0.20	1.58	2.28	6.96	12.68	8.60
3	6.62	5.06	0.32	0	0.02	0.57	1.00	5.79	7.52	9.81	14.93	22.90
4	3.32	2.14	0.13	0	0.01	0.24	0.42	2.51	3.38	5.12	7.73	10.27
5	1.73	0.70	0.04	0	0	0.07	0.13	0.90	1.35	2.80	4.18	3.96
6	1.74	0.71	0.04	0	0	0.07	0.13	0.92	1.39	2.78	4.09	3.81
7	2.24	0.86	0.04	0	0	0.07	0.16	1.11	1.70	3.12	4.63	4.20
8	3.63	1.42	0.07	0	0.01	0.12	0.27	1.72	2.89	5.14	7.59	6.72
9	6.00	1.32	0.07	0	0.01	0.07	0.22	2.57	2.97	3.93	7.56	9.61
10	5.74	1.27	0.07	0	0.01	0.07	0.21	2.47	2.85	3.75	7.24	9.12
11	8.56	3.07	0.19	0	0.02	0.19	0.54	4.98	5.44	5.80	11.31	17.49
12	6.68	1.38	0.06	0	0	0.06	0.24	3.13	3.43	3.62	6.73	10.70
13	7.50	1.54	0.07	0	0	0.06	0.27	3.31	3.77	4.04	7.56	11.63
14	4.70	1.28	0.09	0	0	0.10	0.20	1.83	2.42	4.30	8.45	7.65
15	4.69	0.88	0.04	0	0	0.04	0.15	1.84	2.01	2.31	4.67	5.96
16	3.24	0.65	0.03	0	0	0.03	0.11	1.42	1.55	1.68	3.32	4.08
17	5.71	1.08	0.05	0	0	0.05	0.19	2.11	2.43	2.81	5.70	7.18
18	5.81	1.14	0.05	0	0	0.05	0.20	2.20	2.60	2.96	5.90	7.29
19	5.61	1.10	0.05	0	0	0.05	0.19	2.00	2.45	2.91	5.83	6.79
20	4.92	1.01	0.05	0	0	0.04	0.18	2.14	2.47	2.63	5.07	6.42
21	5.01	1.05	0.05	0	0	0.04	0.19	2.20	2.57	2.72	5.21	6.52
22	5.77	1.11	0.05	0	0	0.05	0.19	2.19	2.52	2.88	5.78	7.33
23	9.14	2.83	0.15	0	0.01	0.13	0.53	4.49	5.12	4.72	9.53	14.69
24	4.24	0.87	0.05	0	0	0.05	0.14	1.63	1.83	2.48	4.99	5.77
25	6.71	1.43	0.07	0	0.01	0.06	0.24	3.20	3.50	4.14	7.56	12.25
26	7.42	1.54	0.07	0	0.01	0.07	0.27	3.42	3.82	4.21	7.74	12.69
27	5.60	1.16	0.06	0	0.01	0.05	0.20	2.85	2.95	3.19	5.88	9.77
28	6.58	1.37	0.07	0	0.01	0.06	0.23	3.14	3.38	3.83	7.07	11.42
29	7.63	5.24	0.35	0	0.02	0.56	1.00	6.01	7.63	9.84	16.13	23.70
30	14.56	6.34	0.34	0	0.03	0.36	1.24	8.45	10.26	8.92	17.32	27.12
31	4.56	1.05	0.05	0	0	0.05	0.19	1.61	2.30	2.96	5.59	5.34
32	14.68	6.45	0.34	0	0.03	0.37	1.27	8.49	10.38	9.12	17.66	27.45
33	4.43	1.00	0.05	0	0	0.05	0.18	1.58	2.23	2.80	5.31	5.14
34	4.69	1.08	0.05	0	0	0.05	0.19	1.66	2.38	3.01	5.70	5.44
35	4.34	0.86	0.04	0	0	0.04	0.14	1.54	1.83	2.34	4.73	5.35
36	4.39	0.86	0.04	0	0	0.04	0.15	1.57	1.87	2.32	4.68	5.33
37	2.89	1.19	0.09	0	0	0.13	0.19	1.40	2.07	4.72	8.28	6.82
38	4.29	1.23	0.09	0	0	0.10	0.19	1.68	2.27	4.26	8.32	7.24
39	1.53	1.49	0.16	0	0	0.18	0.16	1.45	1.73	8.12	16.98	17.31
40	0.09	0.10	0.00	0	0	0.00	0.00	0.15	0.24	2.66	7.22	4.67
41	3.86	0.77	0.05	0	0	0.06	0.11	1.11	2.96	4.13	8.31	4.66
42	4.64	0.92	0.05	0	0	0.04	0.15	1.93	2.07	2.53	5.04	6.45
43	4.58	0.89	0.05	0	0	0.04	0.15	1.81	1.96	2.46	4.96	6.21
44	4.54	0.90	0.05	0	0	0.05	0.15	1.79	1.95	2.49	5.01	6.18
45	4.52	0.89	0.05	0	0	0.05	0.15	1.77	1.93	2.46	4.97	6.13

جدول ۱۷- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۰

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	2.93	2.19	0.01	0.04	0.01	0	0.30	29.50	0.93	2.32	14.30	3.50
2	1.93	0.96	0.01	0.06	0	0	0.21	18.16	1.18	1.70	7.90	2.02
3	8.67	4.85	0.04	0.21	0.02	0	1.02	43.79	3.20	4.03	16.59	7.77
4	3.68	2.00	0.02	0.09	0.01	0	0.42	22.86	1.40	1.78	8.70	3.27
5	1.19	0.60	0.01	0.03	0	0	0.13	12.41	0.48	0.66	4.85	1.07
6	1.15	0.61	0.01	0.02	0	0	0.13	12.01	0.46	0.66	4.76	1.10
7	1.28	0.72	0.01	0.02	0	0	0.17	13.27	0.46	0.75	5.69	1.38
8	2.06	1.20	0.02	0.04	0.01	0	0.28	21.29	0.75	1.26	9.47	2.28
9	2.43	2.27	0.01	0.02	0.01	0	0.22	26.44	0.46	1.82	12.12	2.77
10	2.32	2.14	0.01	0.02	0.01	0	0.21	25.27	0.45	1.73	11.63	2.63
11	5.45	4.83	0.02	0.05	0.04	0	0.55	36.29	1.17	3.44	17.07	5.97
12	2.70	2.89	0.01	0.01	0.01	0	0.25	30.07	0.36	2.09	13.49	3.16
13	3.00	3.13	0.01	0.01	0.02	0	0.28	32.67	0.40	2.26	14.98	3.47
14	2.10	1.21	0.01	0.03	0.01	0	0.21	20.43	0.69	1.30	9.94	2.23
15	1.70	1.28	0.01	0.01	0.02	0	0.15	17.64	0.25	0.92	9.19	1.86
16	1.16	0.92	0.00	0	0.01	0	0.12	12.17	0.17	0.67	6.35	1.38
17	2.05	1.52	0.01	0.01	0.02	0	0.19	21.03	0.30	1.09	11.08	2.26
18	2.08	1.59	0.01	0.01	0.02	0	0.20	21.29	0.30	1.16	11.23	2.38
19	1.97	1.34	0.01	0.01	0.02	0	0.19	19.61	0.30	0.99	10.68	2.27
20	1.81	1.58	0.01	0	0.02	0	0.18	19.09	0.25	1.15	9.67	2.24
21	1.83	1.63	0.01	0	0.02	0	0.19	19.37	0.26	1.19	9.82	2.33
22	2.09	1.60	0.01	0.01	0.02	0	0.19	21.49	0.30	1.15	11.22	2.32
23	5.04	3.62	0.02	0.02	0.06	0	0.54	31.56	0.82	2.33	17.17	5.64
24	1.64	1.09	0.01	0.01	0.02	0	0.15	16.64	0.32	0.87	8.40	1.72
25	2.78	3.38	0.01	0.01	0.01	0	0.24	32.57	0.41	2.53	13.52	3.34
26	3.07	3.55	0.01	0.01	0.02	0	0.27	34.59	0.42	2.62	14.95	3.53
27	2.31	2.64	0.01	0.01	0.01	0	0.21	27.14	0.32	1.93	11.52	2.71
28	2.72	3.08	0.01	0.01	0.01	0	0.24	31.21	0.39	2.27	13.36	3.17
29	8.84	4.80	0.04	0.20	0.04	0	1.02	43.82	3.20	4.09	18.11	8.21
30	10.17	6.54	0.04	0.07	0.13	0	1.26	48.33	2.01	4.34	26.60	11.94
31	1.60	0.93	0.01	0.01	0.01	0	0.19	15.34	0.32	0.78	8.44	2.01
32	10.30	6.56	0.04	0.07	0.13	0	1.28	48.97	2.07	4.39	26.89	12.09
33	1.53	0.92	0.01	0.01	0.02	0	0.18	14.69	0.29	0.76	8.13	1.94
34	1.63	0.97	0.01	0.01	0.01	0	0.20	15.62	0.32	0.81	8.63	2.08
35	1.56	0.96	0.01	0.01	0.02	0	0.15	15.42	0.27	0.73	8.30	1.72
36	1.56	0.98	0.01	0.01	0.02	0	0.15	15.38	0.26	0.74	8.37	1.75
37	1.90	0.90	0.01	0.05	0.00	0	0.19	18.63	0.92	1.26	8.30	1.73
38	1.99	1.05	0.01	0.03	0.01	0	0.20	19.15	0.71	1.21	9.36	2.08
39	2.18	0.85	0.01	0.08	0	0	0.16	20.74	1.54	1.89	9.12	1.79
40	0.08	0.00	0	0	0	0	0.00	5.12	0.14	0.13	3.65	0.13
41	1.06	0.62	0	0	0	0	0.11	14.09	0.47	1.55	8.55	1.23
42	1.80	1.43	0.01	0.01	0.02	0	0.16	19.12	0.30	1.08	9.34	1.89
43	1.75	1.29	0.01	0.01	0.02	0	0.15	18.24	0.30	0.98	9.13	1.83
44	1.74	1.27	0.01	0.01	0.02	0	0.15	18.10	0.31	0.97	9.05	1.82
45	1.73	1.24	0.01	0.01	0.02	0	0.15	17.93	0.30	0.95	9.01	1.81

جدول ۱۸- سهم هر چاه از مقدار توزیع شده رواناب (میلی‌متر) در سطح حوضه برای هر ماه در سال ۱۳۹۱

چاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
1	14.85	0.75	0.15	0.32	0	0.10	0.91	9.02	24.56	16.72	10.11	10.89
2	7.96	0.49	0.06	0.04	0	0.08	0.53	5.35	18.10	16.01	7.84	9.22
3	11.62	2.94	0.59	0.79	0	1.49	4.30	18.11	31.94	22.09	11.42	17.02
4	5.15	1.22	0.25	0.32	0	0.63	1.82	8.08	16.63	11.55	5.89	8.86
5	2.00	0.36	0.08	0.09	0	0.19	0.58	3.11	9.03	6.30	3.19	4.78
6	1.92	0.36	0.07	0.09	0	0.19	0.57	3.06	8.71	6.08	3.23	4.58
7	2.44	0.40	0.08	0.11	0	0.20	0.64	3.56	9.74	6.66	3.79	4.88
8	4.93	0.65	0.13	0.17	0	0.32	1.05	5.80	15.62	10.73	6.74	7.86
9	12.81	0.65	0.18	0.32	0	0.08	0.79	7.43	17.17	10.86	7.30	8.08
10	12.29	0.62	0.17	0.32	0	0.07	0.76	7.12	16.44	10.37	6.92	7.72
11	18.38	1.60	0.41	0.83	0	0.20	1.89	13.91	24.75	15.77	10.35	11.70
12	14.47	0.77	0.23	0.38	0	0.08	0.91	8.33	16.38	10.28	7.69	8.53
13	16.22	0.84	0.25	0.43	0	0.09	1.01	9.28	18.33	11.49	8.44	9.42
14	10.46	0.50	0.09	0.29	0	0.10	0.69	6.14	16.47	11.15	6.14	7.62
15	9.92	0.40	0.10	0.35	0	0.05	0.57	5.20	11.58	6.92	4.18	4.95
16	6.72	0.28	0.07	0.23	0	0.03	0.40	3.61	7.87	4.75	3.06	3.40
17	12.03	0.47	0.12	0.43	0	0.06	0.70	6.29	14.12	8.41	5.04	5.95
18	12.13	0.49	0.12	0.42	0	0.06	0.71	6.43	14.25	8.54	5.32	6.06
19	11.56	0.44	0.10	0.43	0	0.06	0.69	6.06	14.02	8.31	4.91	5.64
20	10.27	0.46	0.12	0.32	0	0.05	0.63	5.63	11.84	7.27	4.97	5.39
21	10.40	0.47	0.12	0.32	0	0.05	0.64	5.74	12.01	7.39	5.14	5.48
22	12.16	0.49	0.12	0.43	0	0.06	0.71	6.41	14.19	8.51	5.23	6.09
23	18.87	1.28	0.28	1.17	0	0.17	1.84	13.01	22.66	13.46	8.03	9.31
24	9.11	0.38	0.09	0.32	0	0.06	0.55	4.89	11.60	7.16	4.06	5.08
25	14.14	0.85	0.26	0.28	0	0.09	0.90	8.66	18.40	11.78	9.29	9.32
26	16.04	0.91	0.28	0.37	0	0.09	1.02	9.57	18.93	12.04	9.15	10.02
27	12.10	0.68	0.21	0.28	0	0.07	0.77	7.16	14.50	9.16	6.88	7.54
28	14.14	0.80	0.24	0.32	0	0.08	0.89	8.38	17.25	10.94	8.18	8.89
29	14.31	2.81	0.53	1.00	0	1.26	4.07	18.90	33.31	22.78	11.79	17.04
30	28.82	2.67	0.49	2.36	0	0.51	4.02	24.45	38.11	22.95	13.52	15.22
31	8.82	0.36	0.07	0.34	0	0.08	0.61	4.97	12.23	7.39	4.36	4.71
32	29.02	2.71	0.49	2.38	0	0.53	4.09	24.74	38.72	23.36	13.71	15.47
33	8.58	0.35	0.07	0.33	0	0.07	0.59	4.79	11.66	7.02	4.18	4.48
34	9.06	0.37	0.07	0.34	0	0.08	0.63	5.10	12.45	7.51	4.47	4.78
35	9.00	0.34	0.07	0.34	0	0.06	0.54	4.72	11.39	6.78	3.74	4.55
36	9.06	0.34	0.07	0.35	0	0.05	0.54	4.73	11.30	6.69	3.76	4.48
37	6.55	0.52	0.09	0.14	0	0.21	0.74	5.17	14.94	11.15	5.72	8.10
38	9.65	0.47	0.08	0.27	0	0.10	0.67	5.77	15.84	10.92	5.82	7.41
39	9.50	0.48	0.04	0.03	0	0.04	0.41	5.61	22.66	20.99	8.84	11.49
40	1.28	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.01	0.52	8.71	9.27	3.08	3.91
41	6.63	0.25	0.04	0.12	0	0.05	0.34	3.81	14.40	10.36	6.02	7.09
42	10.06	0.44	0.11	0.33	0	0.06	0.60	5.44	12.13	7.45	4.60	5.57
43	9.90	0.41	0.10	0.34	0	0.06	0.58	5.27	11.98	7.33	4.32	5.34
44	9.81	0.41	0.10	0.33	0	0.06	0.58	5.23	11.98	7.36	4.31	5.35
45	9.77	0.40	0.10	0.34	0	0.06	0.58	5.20	11.94	7.31	4.26	5.29

