





واحد استان کرمانشاه



جمهوری اسلامی ایران  
جهاد دانشگاهی واحد استان کرمانشاه  
معاونت پژوهش و فناوری

عنوان طرح:

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی دشت اسلام آباد غرب) کد طرح: (۲۰-۲۳۵۲)

گروه پژوهشی:

هیدرولیک و منابع آب

مسئول طرح:

خلیل جلیلی

آذر ماه ۱۳۹۵

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

عنوان طرح: بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم (مطالعه موردی دشت اسلام آباد غرب)  
کد طرح: ( ۲۰-۲۳۵۲ )

جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه  
گروه پژوهشی هیدرولیک و منابع آب

مشخصات مسئول و همکاران طرح:

نام و نام خانوادگی	مسئولیت در طرح	تخصص	رتبه علمی	جمع کل نفر ساعت همکاری در طرح
خلیل جلیلی	مجری	علوم و مهندسی آبخیزداری	مربی پژوهش	۷۲۰
جلال جلیلی	همکار	آبیاری	مربی پژوهش	۴۸۰
همایون حصادی	همکار	منابع آب	استادیار پژوهش	۱۴۰
مسلم حدیدی	همکار	سنجش از دور و GIS	مربی پژوهش	۱۴۴

آذرماه ۱۳۹۵

## چکیده:

به دلیل وابستگی نیازهای آبی مناطق خشک و نیمه خشک به منابع آب زیرزمینی، مدیریت بهینه آبخوانها و بررسی تغییرات آن بسیار اهمیت دارد. هدف از این پژوهش، ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر آبخوان دشت اسلام آباد و تخصیص بهینه اراضی به محصولات موجود در الگوی کشت، برای دستیابی به بیشترین سود است. مسئله بهینه سازی با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی به روش سیمپلکس و با استفاده از نرم افزار Lingo حل شد. ۴ سناریوی مدیریتی و ۷ برنامه عملیاتی با لحاظ محدودیت های موجود تحلیل و آنالیز حساسیت شدند. به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر آبخوان، از خروجی مدل های گردش عمومی جو استفاده گردید. برای تولید داده های هواشناسی سه دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ در منطقه، مدل LARS-WG مورد واسنجی قرار گرفت و سپس خروجی های مدل های CSMK، HadCM3، IPCM4 و CGMR در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد کوچک مقیاس شده اند و بهترین مدل ها برای سناریوهای سه گانه A1B، B1 و A2 انتخاب شدند. نتایج نشان داد که در کلیه سناریوهای مدیریتی کشت چغندر، ذرت، نخود، گوجه فرنگی و جالیز از الگوی کشت بهینه حذف شد. گندم در ۳ سناریو و ۶ برنامه عملیاتی، افزایش سطح زیر کشت داشته است. در کلیه سناریوهای مدیریتی، افزایش سود حاصل از بهینه سازی از ۱۹ تا ۵۵ درصد متغیر است. نتایج بدست آمده از تجزیه و تحلیل حساسیت نیز نمایانگر تاثیر پذیری زیاد توابع هدف از میزان آب در دسترس، سطح کل اراضی و سطح کشت یونجه است. نتایج بررسی اثرات تغییر اقلیم نشان از کاهش بارش سالانه منطقه به میزان ۳/۶، ۱۱/۴ و ۷۸/۸ میلی متر، افزایش متوسط دمای حداقل و حداکثر ماهانه به میزان ۰/۵، ۱/۴ و ۲/۸ درجه و ۰/۳، ۱/۲ و ۲/۷ درجه و کاهش ۰/۰۴ و افزایش ۰/۰۹ و ۰/۳ ساعتی ساعات آفتابی در سه دوره زمانی آینده است. این تغییرات سبب افزایش تبخیر و تعرق و نیاز آبی محصولات کشاورزی و باغی می گردد به طوری که برای دستیابی به میزان سودی برابر با سناریوی ثابت سطح آبخوان، در بهترین سناریوی اقلیمی ۱۲ درصد و در بدترین سناریو ۵۱ درصد افزایش نیاز به آب در دسترس را به دنبال دارد.

**کلمات کلیدی:** بهینه سازی، LARS-WG، شبیه سازی، بیان آب، اسلام آباد.



## فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
۱-مقدمه و کلیات.....	۲
۱-۱-مقدمه.....	۲
۲-۱-اهداف پژوهش.....	۷
۳-۱-سوالات پژوهش.....	۸
۴-۱-فرضیه های پژوهش.....	۸
۵-۱-جنبه های نوآوری پژوهش.....	۸
۶-۱-مفاهیم پژوهش.....	۹
۱-۶-۱-بیان آب.....	۹
۲-۶-۱-تغییر اقلیم.....	۹
۳-۶-۱-مدلهای اقلیمی و مدل های چرخش عمومی جو.....	۱۰
۴-۶-۱-سناریوهای انتشار.....	۱۰
۵-۶-۱-ریز مقیاس سازی.....	۱۲
۶-۶-۱-مدلهای بهینه سازی.....	۱۲
۷-۶-۱-جواب بهینه.....	۱۳
۸-۶-۱-تابع هدف.....	۱۳
۹-۶-۱-تابع محدودیت.....	۱۳
۱۰-۶-۱-متغیر تصمیم.....	۱۴
۱۱-۶-۱-برنامه ریزی خطی.....	۱۴
فصل دوم: مروری بر پژوهش های انجام شده.....	۱۶
۲- مروری بر پژوهش های انجام شده.....	۱۷
۱-۲-مقدمه.....	۱۷
۲-۲-پژوهش های مرتبط با بهره برداری از منابع آب زیرزمینی.....	۱۷

- ۳-۲ پژوهش‌های مرتبط با برنامه‌ریزی زراعی و مدیریت منابع آب با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی ..... ۲۱
- ۴-۲ پژوهش‌های مرتبط با مدل‌سازی و شبیه‌سازی آب زیرزمینی ..... ۲۵
- ۵-۲ پژوهش‌های مرتبط با اثرات تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی ..... ۲۸
- ۶-۲ جمع‌بندی ..... ۳۲
- فصل سوم مواد و روش‌ها ..... ۳۴
- ۳ مواد و روش‌ها ..... ۳۵
- ۱-۳ مقدمه ..... ۳۵
- ۲-۳ منطقه مورد مطالعه ..... ۳۵
- ۱-۲-۳ موقعیت جغرافیایی ..... ۳۵
- ۲-۲-۳ هواشناسی ..... ۳۶
- ۳-۲-۳ هیدرولوژی ..... ۳۷
- ۴-۲-۳ چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای ..... ۳۷
- ۵-۲-۳ زمین‌شناسی ..... ۳۷
- ۶-۲-۳ هیدروژئولوژی منطقه ..... ۳۸
- ۳-۳ روش پژوهش ..... ۳۹
- ۱-۳-۳ گردآوری داده‌های آماری و انجام مطالعات کتابخانه‌ای ..... ۴۰
- ۲-۳-۳ تحلیل کاربری و استفاده از اراضی در وضعیت موجود ..... ۴۰
- ۳-۳-۳ تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود ..... ۴۱
- ۴-۳-۳ تحلیل منابع آبی و تغذیه و تخلیه آبخوان در وضعیت موجود ..... ۴۱
- ۵-۳-۳ ژئوالکتریک در دشت اسلام‌آباد ..... ۴۵
- ۶-۳-۳ شناخت اولیه وضعیت بهره‌برداری و تغذیه آبخوان و تعیین سطح تراز پایدار آبخوان (مدل‌سازی نوسانات سطح ایستابی و شبیه‌سازی آب زیرزمینی) ..... ۴۶
- ۷-۳-۳ تعیین الگوی بهینه با توجه به وضعیت منابع آبی و الگوی کشت ..... ۴۶
- ۴-۳ اجرای مدل بهینه‌سازی ..... ۴۷

- ۳-۵ شبیه سازی اثرات تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی منطقه و بهینه سازی مصرف در سناریوهای مطرح تغییر اقلیم ..... ۴۸
- ۳-۵-۱ تولید سناریوهای اقلیمی ماهانه با استفاده از مدل های AOGCM ..... ۴۸
- ۳-۵-۲ ریزمقیاس سازی ..... ۴۹
- ۳-۶ تجزیه و تحلیل نهایی، ارائه راهکارها و تحلیل وضعیت آتی ..... ۵۰
- فصل چهارم: نتایج ..... ۵۱
- ۴ نتایج ..... ۵۲
- ۴-۱ مقدمه ..... ۵۲
- ۴-۲ وضعیت کاربری اراضی و محصولات الگوی کشت موجود در دشت اسلام آباد ..... ۵۳
- ۴-۲-۱ تعیین سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره ای ..... ۵۳
- ۴-۲-۲ نتایج تعیین سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از اطلاعات برداشت مکانی سازمان جهاد کشاورزی ..... ۵۴
- ۴-۳ تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود ..... ۵۵
- ۴-۴ وضعیت منابع آب دشت اسلام آباد ..... ۵۶
- ۴-۵ بررسی روند تغییرات بارشی در منطقه ..... ۵۷
- ۴-۶ روند صدور مجوز بهره برداری از منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد ..... ۵۸
- ۴-۷ محاسبه سطح آب زیرزمینی با استفاده از چاه های مشاهده ای ..... ۵۸
- ۴-۸ تعیین بیلان آبی دشت اسلام آباد ..... ۵۹
- ۴-۸-۱ جریان ورودی زیرزمینی به محدوده بیلان ( $Q_{in}$ ) ..... ۵۹
- ۴-۸-۲ نفوذ مستقیم از ریزش های جوی ( $Q_p$ ) ..... ۶۰
- ۴-۸-۳ آب نفوذ یافته از جریان های سطحی ( $Q_r$ ) ..... ۶۱
- ۴-۸-۴ آب برگشتی از مصارف کشاورزی ( $Q_i$ ) ..... ۶۱
- ۴-۸-۵ آب برگشتی از مصارف شرب و صنعت ( $Q_{sw}$ ) ..... ۶۱
- ۴-۸-۶ جریان خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان ( $Q_{out}$ ) ..... ۶۲
- ۴-۸-۷ حجم آب تخلیه شده از آبخوان مورد مطالعه توسط چاه ها، چشمه ها و قنوات ( $Q_{ex}$ ) ..... ۶۳

- ۶۳.....۸-۸-۴ تغییرات حجم آب مخزن ( $\Delta V$ ).....
- ۶۴.....۹-۴ محاسبه سطح آب زیرزمینی با استفاده از چاه‌های مشاهده‌ای.....
- ۶۸.....۱۰-۴ بهینه‌سازی سطح تخصیص اراضی.....
- ۶۸.....۱-۱۰-۴ توابع محدودیت در مدل بهینه سازی.....
- ۷۱.....۲-۱۰-۴ مدل بهینه‌سازی.....
- ۷۲.....۱۱-۴ نتایج بهینه‌سازی و آنالیز حساسیت در منطقه.....
- ۷۶.....۱۲-۴ تحلیل وضعیت آبخوان در شرایط تغییر اقلیم.....
- ۷۶.....۱-۱۲-۴ مدل‌ها و سناریوهای انتخابی.....
- ۷۶.....۲-۱۲-۴ بررسی عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دما و بارش و ساعات آفتابی.....
- ۷۸.....۳-۱۲-۴ ارزیابی دقت مدل‌های اقلیمی HadCM3، CSMK3 و IPCM4 در شبیه‌سازی دما و بارش و ساعات آفتابی.....
- ۸۵.....۴-۱۲-۴ ارزیابی تغییر اقلیم.....
- ۱۰۰.....۱۳-۴ تعیین نیاز آبی منطقه در شرایط تغییر اقلیم.....
- ۱۰۱.....۱۴-۴ بهینه‌سازی در شرایط تغییر اقلیم.....
- ۱۰۴.....فصل پنجم: بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....
- ۱۰۵.....۵ بحث، نتیجه‌گیری و پیشنهادها.....
- ۱۰۵.....۱-۵ مقدمه.....
- ۱۰۶.....۲-۵ وضعیت پراکنش محصولات کشاورزی و نیاز آبی آنها.....
- ۱۰۶.....۳-۵ تفسیر نقشه‌های هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳/۶، ۲۹/۴، ۶۳/۲، ۱۳۶، ۲۹۴ و ۶۳۲ متری الکترودهای فرستنده جریان.....
- ۱۰۷.....۴-۵ تحلیل وضعیت منابع آبی.....
- ۱۰۷.....۱-۴-۵ وضعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی.....
- ۱۰۸.....۲-۴-۵ بیان آبخوان دشت اسلام‌آباد.....
- ۱۰۹.....۳-۴-۵ تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی.....
- ۱۱۲.....۵-۵ بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی.....

- ۱۱۲..... ۱-۵-۵ استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در مدیریت منابع
- ۱۱۳..... ۲-۵-۵ سطح اختصاص یافته به هر محصول در وضعیت موجود و بعد از بهینه‌سازی
- ۱۱۴..... ۳-۵-۵ تعیین میزان سوددهی محصولات مختلف در وضعیت موجود و بعد از بهینه‌سازی
- ۱۱۵..... ۴-۵-۵ تجزیه و تحلیل حساسیت
- ۱۱۷..... ۶-۵-۵ تحلیل وضعیت آبخوان در شرایط تغییر اقلیم
- ۱۱۷..... ۱-۶-۵ بررسی عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دما و بارش و ساعات آفتابی
- ۱۱۷..... ۲-۶-۵ ارزیابی دقت مدل‌های اقلیمی HadCM3 ، CSMK3 و IPCM4 در شبیه‌سازی دما و بارش و ساعات آفتابی
- ۱۲۰..... ۷-۵-۵ تغییرات منابع آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم
- ۱۲۰..... ۸-۵-۵ تعیین نیاز آبی منطقه در شرایط تغییر اقلیم
- ۱۲۰..... ۹-۵-۵ بهینه‌سازی در شرایط تغییر اقلیم
- ۱۲۱..... ۱۰-۵-۵ جمع‌بندی کلی
- ۱۲۳..... ۱۱-۵-۵ آزمون فرضیات
- ۱۲۴..... ۱۲-۵-۵ پیشنهادها
- ۱۲۶..... منابع مورد استفاده
- ۱۳۹..... پیوست ها

## فهرست جداول

شماره صفحه	عنوان
۱۱.....	جدول ۱-۱- خلاصه ای از خصوصیات اصلی ۴ سناریوی شاخص در سال ۲۱۰۰.....
۳۷.....	جدول ۱-۳- مشخصات جغرافیایی ۲۰ حلقه چاه مشاهده‌ای فعال دشت اسلام‌آباد.....
۴۹.....	جدول ۲-۳- مشخصات مدل‌های جهانی آب و هوا مربوط به گزارش چهارم IPCC گنجانده شده در نسخه LARS-WG 6 :۲۰۱۱-۲۰۳۰، T1: ۲۰۴۵-۲۰۶۵، T2: ۲۰۴۶-۲۰۶۵، T3: ۲۰۸۰-۲۰۹۹.....
۴۹.....	جدول ۳-۳- خصوصیات سناریوهای A1B، B1 و A2 و غلظت CO2 (ppm) در دوره‌های آتی.....
۵۳.....	جدول ۱-۴- تعداد نمونه‌های تعلیمی استفاده شده در مدل سازی با استفاده از سنجش از دور.....
۵۳.....	جدول ۲-۴- نتایج مدل‌های مورد بررسی جهت تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی.....
۵۴.....	جدول ۳-۴- سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از سنجش از دور (بر حسب هکتار).....
۵۴.....	جدول ۴-۴- سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی در دشت اسلام‌آباد (بر حسب هکتار).....
۵۵.....	جدول ۵-۴- اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۹۲).....
۵۵.....	جدول ۶-۴- اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سال آبی ۹۳-۹۲).....
۵۶.....	جدول ۷-۴- ویژگی‌های خاک‌شناسی دشت اسلام‌آباد حاصل از آنالیز پروفیل‌های شاهد.....
۵۶.....	جدول ۸-۴- اطلاعات گیاهی لازم برای محاسبه نیاز آبی با استفاده از نرم افزار Cropwat.....
۵۶.....	جدول ۹-۴- نیاز آبی محصولات موجود در الگوی کشت دشت اسلام‌آباد (متر مکعب در هکتار).....
۶۰.....	جدول ۱۰-۴- خلاصه جریان‌های ورودی زیرزمینی در مقاطع مختلف در محدوده بیلان اسلام‌آباد.....
۶۱.....	جدول ۱۱-۴- محاسبات نفوذ از بارندگی در محدوده بیلان اسلام‌آباد.....
۶۲.....	جدول ۱۲-۴- خلاصه جریان‌های خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان اسلام‌آباد غرب.....
۶۴.....	جدول ۱۳-۴- مقادیر اجزاء مختلف بیلان آب زیرزمینی.....
۶۹.....	جدول ۱۴-۴- اطلاعات آبخوان دشت اسلام‌آباد.....
۶۹.....	جدول ۱۵-۴- سناریوهای مدیریتی و آب قابل استحصال آبخوان دشت اسلام‌آباد.....
۷۲.....	جدول ۱۶-۴- توزیع سطح کشت محصولات در وضعیت موجود و شرایط بهینه سناریوهای مدیریتی (هکتار).....
۷۳.....	جدول ۱۷-۴- سود حاصل از توزیع بهینه سطح کشت محصولات کشاورزی و باغی (میلیون ریال).....
۷۸.....	جدول ۱۸-۴- نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG.....
۷۸.....	جدول ۱۹-۴- نتایج مقایسه عوامل اقلیمی مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده.....
۷۹.....	جدول ۲۰-۴- نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص‌های مورد نظر ایستگاه اسلام‌آباد غرب (سناریوی A1B).....

- جدول ۴-۲۱ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص های مورد نظر ایستگاه اسلام آباد غرب (سناریوی A2)..... ۷۹
- جدول ۴-۲۲ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص های مورد نظر ایستگاه اسلام آباد غرب (سناریوی B1)..... ۸۰
- جدول ۴-۲۳ بهترین مدل در شبیه سازی بر اساس میانگین خطای مطلق MAE..... ۸۰
- جدول ۴-۲۴ بهترین مدل در شبیه سازی متغیرهای اقلیمی بر اساس متوسط خطای مطلق..... ۸۰
- جدول ۴-۲۵ اطلاعات نیاز آبی محصولات مختلف در وضعیت فعلی و شرایط تغییر اقلیم (مترمکعب)..... ۱۰۱
- جدول ۴-۲۶ سود حاصل از توزیع بهینه سطح کشت محصولات کشاورزی و باغی (میلیون ریال)..... ۱۰۲
- جدول ۴-۲۷ مقایسه وضعیت سوددهی در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نسبت به شرایط کنونی..... ۱۰۲
- جدول پ-۱ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A1B دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱)..... ۱۴۵
- جدول پ-۲ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A2 دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱)..... ۱۴۶
- جدول پ-۳ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی B1 دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱)..... ۱۴۶
- جدول پ-۴ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A1B دوره زمانی ۲۰۶۵-۲۰۴۶)..... ۱۴۷
- جدول پ-۵ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A2 دوره زمانی ۲۰۶۵-۲۰۴۶)..... ۱۴۷
- جدول پ-۶ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی B1 دوره زمانی ۲۰۶۵-۲۰۴۶)..... ۱۴۸
- جدول پ-۷ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A1B دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰)..... ۱۴۸
- جدول پ-۸ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A2 دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰)..... ۱۴۹
- جدول پ-۹ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی B1 دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰)..... ۱۴۹

## فهرست شکل ها

شماره صفحه	عنوان
۳۹.....	شکل ۳-۱ موقعیت جغرافیایی منطقه و منابع بهره برداری آب زیرزمینی دشت اسلام آباد.....
۳۹.....	شکل ۳-۲ نمودار جریانی روش انجام پژوهش.....
۵۷.....	شکل ۴-۱ میانگین متحرک بارش ۳ و ۵ ساله بارش در دشت اسلام آباد.....
۵۸.....	شکل ۴-۲ تغییرات صدور پروانه تعداد چاه بهره برداری در دشت اسلام آباد غرب.....
۵۸.....	شکل ۴-۳ تغییرات بارش و سطح آب زیرزمینی در دشت اسلام آباد (دوره ۲۶ ساله).....
۶۳.....	شکل ۴-۴ نقشه جهت جریان های ورودی و خروجی دشت اسلام آباد.....
۶۵.....	شکل ۴-۵ پراکنش چاه های مشاهده ای و سطح اثر آنها در دشت اسلام آباد.....
۶۵.....	شکل ۴-۶ نقشه هم ضریب آبگذری در دشت اسلام آباد.....
۶۶.....	شکل ۴-۷ خطوط هم ضخامت آبخوان در دشت اسلام آباد.....
۶۶.....	شکل ۴-۸ خطوط هم افت سطح آب زیرزمینی در سال بیلان در دشت اسلام آباد.....
۶۷.....	شکل ۴-۹ نقشه خطوط هم عمق آب زیرزمینی در سال بیلان در دشت اسلام آباد.....
۶۷.....	شکل ۴-۱۰ نقشه خطوط هم تراز سطح آب زیرزمینی دشت اسلام آباد.....
۷۴.....	شکل ۴-۱۱ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۱.....
۷۴.....	شکل ۴-۱۲ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۲.....
۷۴.....	شکل ۴-۱۳ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۳.....
۷۵.....	شکل ۴-۱۴ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۴.....
۷۵.....	شکل ۴-۱۵ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۵.....
۷۵.....	شکل ۴-۱۶ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۶.....
۷۶.....	شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین ماهانه بارش مشاهداتی و شبیه سازی شده.....
۷۷.....	شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و شبیه سازی شده.....
۷۷.....	شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین ماهانه دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه سازی شده.....
۷۷.....	شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین ماهانه ساعات آفتابی مشاهداتی و شبیه سازی شده.....
۸۱.....	شکل ۴-۲۱ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B.....
۸۱.....	شکل ۴-۲۲ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2.....
۸۲.....	شکل ۴-۲۳ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1.....
۸۲.....	شکل ۴-۲۴ میزان تطابق دمای حداقل شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B.....
۸۲.....	شکل ۴-۲۵ میزان تطابق دمای حداقل شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2.....
۸۳.....	شکل ۴-۲۶ میزان تطابق دمای حداقل شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1.....



- شکل ۴-۲۷ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B ..... ۸۳
- شکل ۴-۲۸ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2 ..... ۸۳
- شکل ۴-۲۹ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1 ..... ۸۴
- شکل ۴-۳۰ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B ..... ۸۴
- شکل ۴-۳۱ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2 ..... ۸۴
- شکل ۴-۳۲ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1 ..... ۸۵
- شکل ۴-۳۳ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۸۵
- شکل ۴-۳۴ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۸۶
- شکل ۴-۳۵ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۸۶
- شکل ۴-۳۶ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۸۶
- شکل ۴-۳۷ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۸۶
- شکل ۴-۳۸ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۸۷
- شکل ۴-۳۹ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۸۷
- شکل ۴-۴۰ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۸۸
- شکل ۴-۴۱ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۸۸
- شکل ۴-۴۲ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۸۹
- شکل ۴-۴۳ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۸۹
- شکل ۴-۴۴ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۹۰
- شکل ۴-۴۵ تغییرات فصلی دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۹۰
- شکل ۴-۴۶ تغییرات فصلی دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۹۰
- شکل ۴-۴۷ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۹۱
- شکل ۴-۴۸ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۹۱
- شکل ۴-۴۹ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۹۱
- شکل ۴-۵۰ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۹۲
- شکل ۴-۵۱ تغییرات ماهانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۹۳
- شکل ۴-۵۲ تغییرات ماهانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۹۳
- شکل ۴-۵۳ تغییرات ماهانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ..... ۹۴
- شکل ۴-۵۴ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ ..... ۹۴
- شکل ۴-۵۵ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ ..... ۹۴

- شکل ۴-۵۶ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹..... ۹۵
- شکل ۴-۵۷ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰..... ۹۵
- شکل ۴-۵۸ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵..... ۹۵
- شکل ۴-۵۹ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹..... ۹۶
- شکل ۴-۶۰ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰..... ۹۷
- شکل ۴-۶۱ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵..... ۹۷
- شکل ۴-۶۲ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹..... ۹۷
- شکل ۴-۶۳ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰..... ۹۸
- شکل ۴-۶۴ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵..... ۹۸
- شکل ۴-۶۵ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹..... ۹۸
- شکل ۴-۶۶ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰..... ۹۹
- شکل ۴-۶۷ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵..... ۹۹
- شکل ۴-۶۸ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹..... ۹۹
- شکل ۵-۱ سطح اختصاص یافته به محصولات مختلف در وضعیت موجود و پس از بهینه سازی..... ۱۱۳
- شکل ۵-۲ سطح اختصاص یافته به محصولات مختلف در وضعیت موجود و پس از بهینه سازی در سناریوهای هفت گانه..... ۱۱۴
- شکل ۵-۳ سودآوری تولیدات کشاورزی در سناریوهای مختلف مدیریتی..... ۱۱۵
- شکل پ-۱ نمونه موردی مقاومت ظاهری در پروفیل های ۱۸ گانه برداشت شده در دشت اسلام آباد..... ۱۴۰
- شکل پ-۲ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳/۲ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۱
- شکل پ-۳ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۲۹/۴ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۱
- شکل پ-۴ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۶۳/۲ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۲
- شکل پ-۵ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳۶ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۲
- شکل پ-۶ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۲۹۴ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۳
- شکل پ-۷ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۶۳۲ متری الکترودهای فرستنده جریان..... ۱۴۳
- شکل پ-۸ نمونه ای از حل مسئله بهینه سازی در دشت اسلام آباد..... ۱۴۴
- شکل پ-۱۰ برخی از خصوصیات مسئله بهینه سازی حل شده دشت اسلام آباد..... ۱۴۵

# فصل اول

## مقدمه و کلیات

Archive of SID

## ۱- مقدمه و کلیات

### ۱-۱- مقدمه

ایران با قرار گرفتن در کمربند پرفشار جنب حاره‌ای، از آب و هوایی خشک و نیمه‌خشک برخوردار است. این عامل باعث شده که بارش سالانه در کشور حدود یک سوم بارش سالانه جهان باشد. این کاهش در میزان بارندگی، رواناب‌های دائمی و فصلی حاصل از بارندگی‌ها را تحت تاثیر قرار داده و سبب شده است آب‌های زیرزمینی برای تأمین آب مصرفی در بخش‌های مختلف اقتصادی، کشاورزی، اجتماعی و شرب به عنوان اصلی‌ترین منبع ذخیره آب مورد توجه باشد. حتی در برخی نقاط، آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع آب موجود برای مصارف شرب و کشاورزی است (نوذری و زالی، ۱۳۹۲).

منابع آب زیرزمینی ایران در حدود ۷۷/۸ درصد مصارف شرب، صنعت و کشاورزی را تأمین می‌کند (قهاری و پاکپور ۱۳۸۶). این در حالی است که از ۴۰۰ میلیارد متر مکعب بارش متوسط کشور، تنها ۳۵ میلیارد مترمکعب آن به مصرف تغذیه آبخوان‌ها می‌رسد (کوثر، ۱۳۷۴). همگام با پیشرفت فن‌آوری، بهره‌برداری از این ذخایر در چند دهه اخیر به شدت رو به فزونی گذاشته، در نتیجه افت سطح ایستابی و کاهش این ذخایر رو به افزایش است. این امر مدیریت صحیح منابع آب زیرزمینی را به طور جدی مدنظر دست اندرکاران قرار داده است (UN/WWAP، ۲۰۰۳) که اهداف مطرح در این نوع مدیریت، به دست آوردن حداکثر کمیت و کیفیت آب متناسب با هدف مورد نظر و با کمترین هزینه می‌باشد (Mays و Todd، ۲۰۰۵). به طور کلی ارزیابی و مدیریت منابع آب به عنوان عوامل کلیدی راهکار توسعه جامع محسوب می‌گردند (Sen، ۲۰۰۸). از این رو براساس قابلیت تطابق زیاد مدل‌های پیشرفته (شبه‌سازی آب زیرزمینی با سامانه هیدروژئولوژی آبخوان) و امکان استفاده از این مدل‌ها برای پیش‌بینی وضعیت آینده، شرایط مناسبی را به منظور استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی فراهم آورده است. به عقیده بیشتر صاحب‌نظران مدیریت آب، کشورهای با بحران آب مواجه هستند در صورتی می‌توانند نسبت به آینده خود امیدوار باشند که در جهت افزایش کارایی و بهره‌وری آب به ویژه در بخش کشاورزی تلاش کنند (Bartoi، ۲۰۰۷).

آب اثرات معنی‌داری بر روی ثبات کشاورزی و تولید دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸). در کشورهای روبه‌رشد، ثبات و استمرار رشد کشاورزی از عوامل عمده کمک‌کننده به ثبات اجتماعی و رشد اقتصادی به شمار می‌رود (Gongnand، ۲۰۰۰). لذا کیفیت و کمیت آب نقش مهمی در میزان عملکرد محصول و رسیدن

به امنیت غذایی و توسعه پایدار دارد (نوری و همکاران، ۱۳۹۱). پایداری کشاورزی به دنبال دسترسی به سه هدف کلی اقتصاد کشاورزی سالم، حفظ جامعه روستایی و حفظ محیط زیست است (Jamshidzadeh و Mirbagheri، ۲۰۱۱) که با استفاده بهینه از نهاده‌هایی نظیر آب ممکن می‌شود. اسناد بالادستی توسعه نشان می‌دهد که در تمام برنامه‌های توسعه پس از انقلاب و بویژه برنامه پنجم، به توسعه پایدار کشاورزی تأکید شده است (افراخته و همکاران، ۱۳۹۲). بر اساس تعاریف توسعه پایدار، مدیریت بهره‌برداری از منابع آب باید به گونه‌ای باشد که در آن نه تنها نیازهای امروز بلکه نیاز آیندگان در نظر گرفته شده باشد. مدیریت کمی منابع آب زیرزمینی اول نیازمند شناخت خصوصیات فیزیکی آبخوان با استفاده از مدل‌های هیدروژئولوژیکی و سپس پیش‌بینی رفتار آبخوان در اثر تغییر شرایط تغذیه و تخلیه می‌باشد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۲).

منابع آب زیرزمینی نقش عمده‌ای در توسعه کشاورزی، صنعتی و بهداشتی دارند. بهره‌برداری بیش از حد، به دلیل سهولت دستیابی به این منابع، باعث پایین آمدن سطح ایستابی در سفره آب و نابودی ذخایر زیرزمینی می‌گردد (فهیمی، ۱۳۷۹). تعداد دشت‌های بحرانی کشور روز به روز در حال افزایش است (عباس‌پور و عنایی، ۱۳۸۰) و افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌ها در بیشتر دشت‌های کشور گزارش شده است (شاهی‌دشت و عباس‌نژاد، ۱۳۹۰).

بر اساس آمار و اطلاعات ثبت شده شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه، در سال ۱۳۸۶ بین ۱/۲ تا ۱/۹ میلیارد متر مکعب آب زیرزمینی از دشت‌های استان برای مصارف مختلف استخراج گردیده است. این در حالی است که استان کرمانشاه با پوشش حدود ۱/۴۸ درصد از سطح کشور، در شرایط نرمال پتانسیل تحویل ۱/۱ میلیارد متر مکعب آب در سال را برای مصرف دارد (حصادی و همکاران، ۱۳۸۹). به دلیل شرایط مشابه در سایر دشت‌های کشور، کشاورزان به اجبار برای آبیاری و جبران کمبود جریان، از آب زیرزمینی به شکلی کنترل نشده استفاده می‌نمایند که نتیجه آن افت حدود ۰/۵ متر در سال سطح آب زیرزمینی دشت‌های کشور در ۱۵ سال اخیر (افضلی و شاهدی، ۱۳۹۳)، افت ۵ تا ۳۰ متری در سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دشت ماهیدشت در اثر برداشت آب سالانه (ملکی و همکاران، ۱۳۸۸)، افت ۰/۵ متر در سال برای آب‌های زیرزمینی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ در دشت کاشان (Jamshidzadeh و Mirbagheri، ۲۰۱۱)، افت ۰/۷۷ متر در سال سطح آب در دشت اسلام‌آباد و افت ۱/۷۵ متری در دشت سراب نیلوفر به عنوان برخی از نتایج گزارش شده پژوهشگران در کشور است. این وضعیت مؤید سیر قهقرایی منابع آب زیرزمینی در کشور می‌باشد. با توجه به محدودیت منابع آبی، بی‌شک پایداری کشاورزی در گرو مدیریت صحیح منابع آبی در دو بخش عرضه و تقاضا و کنترل مصرف بی‌رویه آن است. در این راستا مدیریت الگوی کشت متناسب با پتانسیل‌های منطقه با رعایت اصول اکولوژیک و دارای مزیت اقتصادی پایدار برای بهره‌برداران یک ضرورت اساسی و یک الزام در برنامه‌ریزی است.

یکی از مشکلات مهم در ارتباط با برداشت بی‌رویه آب از آبخوان‌های زیرزمینی، افت سطح آب و متراکم شدن لایه‌ها و رسوبات تشکیل دهنده مخزن آبخوان است. تراکم لایه بر خصوصیات هیدرودینامیکی سفره تأثیر گذاشته و باعث کاهش نفوذپذیری و افت ضریب ذخیره آن می‌شود. این پدیده علاوه بر ناپایداری زمین موجب کاهش دائمی حجم مخزن و به هم خوردن تعادل طبیعی آن نیز می‌گردد. در این صورت لایه آب زیرزمینی از حالت پویا و دینامیک خارج شده و جزو دشت‌های بحرانی قرار می‌گیرد (لشکری‌پور و همکاران، ۱۳۸۷).

ضعف در جامع‌نگری و به هم پیوستگی مؤلفه‌های مدیریت آب و برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه بحرانی، اثراتی منفی همچون تخریب و هدررفت ذخایر آبخوان‌ها، عدم اطمینان از تولیدات کشاورزی و عدم توسعه توریسم و افزایش هزینه‌های وابسته به استحصال آب از عمق بیشتر را سبب می‌شود (Brown و همکاران، ۱۹۹۹). مدیریت بهینه منابع آبی، رعایت الگوی مناسب کشت و شناخت پتانسیل‌ها و محدودیت‌های منابع در بخش تولید کشاورزی برای افزایش سطح تولید و سود بهره‌برداران بسیار حائز اهمیت است و برنامه‌ریزی و بهره‌برداری پایدار از منابع محدود آبی برای نیل به این مهم به عنوان یک ضرورت مطرح می‌گردد.

مدیریت مناسب از منابع آب زیرزمینی نیاز به دانش از مقدار، توزیع و هدررفت آب را دارد. بدون چنین ارزیابی، اثرات توسعه گذشته و پیش‌بینی تأثیرات توسعه آینده را نمی‌توان به اندازه کافی تعیین نمود (Taheri و Tizro، ۲۰۰۷). لذا در اغلب مدل‌های مدیریت منابع آب، لازم است آبخوان به صورت پیوسته و زمان‌مند شبیه‌سازی شود (محمدرضاپور طبری و همکاران، ۱۳۸۹) و ارزیابی صحیح و دقیقی از بیلان آب در مقیاس حوضه آبخیز، که از اثر متقابل اقلیم، زمین‌شناسی، ریخت‌شناسی، خاک و پوشش گیاهی ناشی می‌شود اهمیت بسیار دارد (Simmers و Devries، ۲۰۰۲).

مدل‌سازی آبخوان یکی از روش‌های غیر مستقیم مطالعه منابع آب زیرزمینی است که با توجه به کارآیی بالا و مقرون به صرفه بودن، توجه بسیاری را نسبت به خود جلب کرده است (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۲). سطح آب زیرزمینی، یک پارامتر موثر در تعیین دقت در مدل‌سازی آب‌های زیرزمینی است. بنابراین استفاده از ابزار ساده برای پیش‌بینی سطح آب‌های زیرزمینی آینده و پر کردن نقایص در مجموعه داده‌ها از مسائل مهم در هیدرولوژی آب‌های زیرزمینی است (Fallah-Mehdipour، ۲۰۱۳). پیش‌بینی عمق سطح آب زیرزمینی و برآورد نوسانات آن، یکی از اقدامات لازم در جهت برنامه‌ریزی‌های جامع مدیریتی در رابطه با منابع آب زیرزمینی است. با توجه به روابط غیرخطی و پیچیده حاکم بر جریان آب زیرزمینی، طراحی مدلی دقیق و در عین حال ساده ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای پیش‌بینی رفتار این منابع محسوب می‌گردد (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰).

بازدهی مؤثر، تولید بهینه، پایداری آب زیرزمینی و تجدیدپذیری از جمله مفاهیم مورد استفاده در مدیریت سیستم‌های آب زیرزمینی است (Liu و Gau، ۲۰۰۲؛ Sharp، ۱۹۹۸). پیشگویی الگوی رفتاری تغییرات در سیستم‌های منابع آب، تحت تأثیر اعمال سیاست‌های بهره‌برداری می‌تواند بهره‌برداران این منابع را به منظور استفاده بهینه و بر اساس اصل توسعه پایدار یاری نماید (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰). لذا به منظور لحاظ یک رویکرد جامع در تحقق توسعه پایدار برای منابع تجدیدپذیر آب زیرزمینی یک منطقه، محاسبه بیلان یک پیش‌نیاز اساسی برای مدیریت مؤثر این منابع می‌باشد (گنجی خرم‌دل و همکاران، ۱۳۸۷). برآورد بیلان آب‌های زیرزمینی به منظور ارزیابی عملکرد ایمن از سیستم آبخوان و در نتیجه بهره‌برداری منطقی و مدیریت پایدار منابع آب ضروری است (Voudouris و همکاران، ۲۰۰۶) و این موضوع از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت مخازن آب زیرزمینی و یا به طور کلی منابع آب به شمار می‌آید (ولایتی، ۱۳۷۴). با برقراری بیلان، توانمندی آب هر منطقه مشخص شده و چگونگی تأثیر دخالت انسان در چرخه طبیعی آشکار می‌شود. این امر به مدیران و دست‌اندرکاران اجازه می‌دهد تا برنامه معقول و سودمندی را در استفاده از آب تدوین نموده و اجرا نمایند. همچنین با توجه به آن می‌توان دبی قابل اطمینان (دبی مجاز) یا برداشت بیش از حد مجاز از ذخائر آب را با توجه به شرایط موجود و یا در شرایط خاصی در آینده تعیین نمود (جباری و همکاران، ۱۳۸۸). به کمیت درآوردن میزان تغذیه آب زیرزمینی، یک پیش‌نیاز اساسی برای تخمین بیلان و مدیریت مؤثر منابع آب زیرزمینی می‌باشد. این موضوع، یک مبحث عمده را در مناطقی که با تقاضای بالا برای مصارف آب زیرزمینی مواجه هستند، تشکیل می‌دهد. به هر حال تعیین میزان تغذیه آبخوان در ارزیابی منابع آب زیرزمینی، یکی از مشکل‌ترین مسائل می‌باشد (Sophocleous، ۱۹۹۱).

برای تعیین مقادیر بهینه تخصیص از منابع، رعایت محدودیت‌های برداشت الزامی است که این امر در مورد منابع آب زیرزمینی با کنترل تغییرات تراز میسر می‌شود (محمدرضاپور طبری و همکاران، ۱۳۸۹). بهینه‌سازی مصرف و تخصیص منابع آب موجود از جمله راهکارهای مدیریت پایدار منابع آب است. زیرا ترکیبی از دو تکنیک قدرتمند شبیه‌سازی و بهینه‌سازی است که در تدوین معیارهای طراحی، فرآیند تصمیم‌گیری و مدیریت بهینه اقتصادی پروژه‌ها بسیار مؤثر می‌باشد (Bozorghaddad و Marino، ۲۰۱۰). لذا استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در این مسئله می‌تواند برای کارشناسان و برنامه‌ریزان راهگشا باشد.

امروزه جوهره علم مدیریت در شیوه مدل‌سازی متجلی است و روش‌های برنامه‌ریزی در جهت تخصیص بهینه منابع کمیاب برای به دست آوردن بیشترین منافع از مهم‌ترین ابزارهای کاربردی علم مدیریت به شمار می‌رود. در برنامه‌ریزی علوم محیطی در مقایسه با بخش صنعت، تصمیم‌گیران معمولاً با بهینه کردن همزمان چندین هدف مواجه‌اند (محسنی ساروی و همکاران، ۱۳۸۲). کاربری اراضی بر روی واحدهای مختلف زمین می‌تواند با استفاده از یک مدل برنامه‌ریزی برای بهینه‌سازی درآمد کاربری زمین و کاهش تأثیرات زیست محیطی بهینه گردد (Riedel، ۲۰۰۳).

اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب به عنوان موضوعی چالش برانگیز در بسیاری از مناطق خشک دنیا مطرح بوده و توجه بسیاری از پژوهشگران را در دهه‌های اخیر به خود معطوف ساخته است. انتظار می‌رود که تغییر در متوسط فراسنج‌های اقلیمی بویژه دما و بارندگی تأثیر قابل توجهی بر منابع آب در دسترس آینده بگذارد. طبق مطالعات قبلی، تغییرات ۱۰ درصدی میزان نزولات جوی عمدتاً منجر به تغییرات ۱۵ تا ۲۵ درصدی جریان رودها می‌شود و این در حالی است که افزایش دو درجه سانتی‌گرادی دما معمولاً منجر به کاهش ۵ تا ۱۲ درصدی جریان‌ها می‌گردد (Zhange و همکاران، ۲۰۰۹؛ Lorena و همکاران، ۲۰۱۰). بعلاوه متغیر آب‌شناسی رواناب در مناطق خشک و نیمه‌خشک در مقایسه با رواناب در مناطق مرطوب نسبت به شرایط تغییر اقلیم حساس‌ترند (IPCC، ۲۰۰۸). همچنین مناطقی که در عرض‌های جغرافیایی متوسط پایین قرار دارند به دلیل کاهش قابل توجه نزولات جوی (Lin و همکاران، ۱۹۹۹) بیشترین تبعات منفی این پدیده را متحمل خواهند شد.

تغییرات دمایی یکی از اثرات واضح و قابل اندازه‌گیری تغییر اقلیم می‌باشد اما تغییر اقلیم اثرات دیگری از جمله تغییر در میزان رطوبت جو، بارندگی و جریان‌ات جوی نیز ایجاد می‌کند که کل سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهد. افزایش دما موجب افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت در جو می‌شود. با افزایش هر درجه دما، ۷ درصد به ظرفیت نگهداری رطوبت جو زمین افزوده می‌شود (IPCC، ۲۰۰۷). افزایش ظرفیت رطوبت و مقدار بخار آب جو منجر به تغییر در خصوصیات بارندگی و وقوع بارش‌های شدید می‌شود. تغییر اقلیم خصوصیات بارش نظیر مقدار، شدت، فراوانی، دوره و نوع بارش را دچار تغییر می‌کند و روی خصوصیات مقادیر حدی تأثیر گذار می‌باشد (IPCC، ۲۰۰۷). پیش‌بینی‌های انجام شده برای مناطق مدیترانه‌ای با مدل‌های گردش عمومی جو و مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای<sup>۱</sup> بیانگر کاهش میانگین بارش در این مناطق است. اما این کاهش با افزایش فراوانی وقوع و شدت بارش‌های سنگین همراه می‌باشد (Nunes و همکاران، ۲۰۰۹).

حوضه‌های مختلف پاسخ‌های گوناگونی به تغییرات اقلیم از خود نشان می‌دهند که بستگی به بزرگی حوضه، خصوصیات فیزیوگرافی، هیدرولوژی، زمین‌شناسی و وسعت دریاچه‌ها و ذخایر آب زیرزمینی دارد. به طور خاص، زمین‌شناسی حوضه و ارتفاع اولین عوامل کنترل‌کننده زمان و مقدار رواناب در مواجهه با تغییر اقلیم می‌باشند (Hamlet و Lettenmaier، ۲۰۰۷). عامل مهم دیگر زمین‌شناسی حوضه است. حوضه‌هایی که بخش قابل توجهی از جریان رودخانه از آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود حساسیت کمتری به تغییرات اقلیم دارند (Jung و Chang، ۲۰۱۰).

امروزه با توجه به رشد جمعیت و افزایش تقاضای منابع آب سالم و به دلیل نمایان شدن پدیده تغییر اقلیم که اثرات منفی بر منابع آب جهان دارد، توجه به مدیریت منابع آب تحت تأثیر تغییر اقلیم بیش از پیش به چشم می‌خورد. این امر موجب شده است که مدیران و کارشناسان مربوط به بخش آب، به تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی وضعیت اقلیم در آینده و ارزیابی اثرات آن به منظور کنترل و کاهش اثرات آن بر منابع آب به خصوص

<sup>1</sup> Regional Climate Model, RCM



آب‌های زیرزمینی پردازند. از طرفی با توجه به موقعیت ایران و قرارگیری آن در کمربند خشک جهان، باعث شده است که بررسی پدیده تغییر اقلیم و ارزیابی اثرات آن بر روی منابع آب کشور مورد توجه قرار گیرد. از طرفی با توجه به محدودیت منابع و نیاز روزافزون جمعیت رو به افزایش زمین، استفاده بهینه از منابع برای پاسخگویی به نیازهای انسان بسیار لازم و ضروری است. بنابراین کارشناسان به فکر ارائه راه‌حل‌های مناسب برای مدیریت بهینه منابع حوضه آبخیز بوده و کشاورزی پایدار و استفاده پایدار از منابع را تنها راه حل این مشکل می‌دانند. از این رو بهینه‌سازی تخصیص منابع محدود در یک منطقه به منظور حفظ منابع و استفاده بهینه از آنها امری کارآ و لازم است. لذا این تحقیق در پی بهینه‌سازی تخصیص منابع محدود آب و اراضی کشاورزی به محصولات مختلف الگوی کشت دشت اسلام‌آباد به منظور استفاده بهینه از منابع آب زیرزمینی و پیشینه‌سازی سوددهی تولیدات بخش کشاورزی است که این مهم هم در وضعیت کنونی و هم در شرایط تغییر اقلیم مورد کنکاش و مقایسه قرار گرفته است.

وجود اطلاعات دقیق و قابل استناد از جمله مطالعات ژئوالکتریک، چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای کافی با پراکنش مناسب در دشت اسلام‌آباد، زمینه تحلیل‌های صحیح کارشناسی برای تعیین بیلان دقیق آب زیرزمینی را فراهم آورده است. بنابراین با اطمینان نزدیک به واقعیت می‌توان در مورد پایداری تولید و کشاورزی با توجه به حجم آب قابل مدیریت و در دسترس اظهار نظر نمود. در این پژوهش، کلیه متغیرهای ورودی و خروجی بیلان با حداکثر دقت و کمترین خطا برآورد گردیده است. وابستگی زیاد به منابع آب زیرزمینی و ضرورت تعادل بخشی به این منبع مهم، موجب شد تا پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد در شرایط کنونی و تغییر اقلیم، مورد بررسی و بهینه‌سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات با توجه به محدودیت آب در دسترس صورت پذیرد.

## ۱-۲ اهداف پژوهش

پژوهش حاضر در پی دستیابی به اهداف زیر می‌باشد:

- بررسی و شناخت وضعیت موجود منابع و مصارف آب زیرزمینی، ظرفیت‌ها، محدودیت‌ها و برنامه‌های توسعه در دشت اسلام‌آباد به عنوان بستر و مبنایی برای مدیریت سطح ایستابی،
- شبیه‌سازی سطح ایستابی آب زیرزمینی با توجه به نوسانات تغذیه و تخلیه تحت سناریوهای مدیریتی،
- شبیه‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر سطح ایستابی و بررسی حساسیت آبخوان دشت اسلام‌آباد به تغییر اقلیم،
- مقایسه وضعیت بهره‌برداری موجود منابع آب زیرزمینی با وضعیت بهینه (در هر دو شرایط حال و آینده) در دشت اسلام‌آباد.

### ۱-۳ سوالات پژوهش

سؤالات زیر در پژوهش حاضر مورد توجه است:

- ثبات سطح آبخوان ناشی از سناریوهای مدیریتی، چه تأثیری بر میزان درآمد کشاورزان دارد؟
- تغییر اقلیم چه نقشی بر پتانسیل منابع آب زیرزمینی دشت مورد مطالعه دارد؟
- آیا سطح بهینه محصولات الگوی کشت در شرایط فعلی و شرایط تغییر اقلیم با هم مشابه هستند؟
- تأثیر سیاست‌های جاری مدیریت بهره‌برداری آب زیرزمینی، بر میزان افت سطح ایستابی چگونه است؟

### ۱-۴ فرضیه‌های پژوهش

بر اساس سؤالات پژوهش، فرضیات ذیل در انجام پژوهش در نظر گرفته شده است:

- ❖ ثبات سطح ایستابی آبخوان در تراز کنونی، باعث کاهش معنی‌دار درآمد کشاورزان می‌گردد.
- ❖ تغییر اقلیم، تأثیر معنی‌داری بر میزان آب قابل استحصال، در آبخوان دشت اسلام‌آباد ندارد.
- ❖ توزیع بهینه کشت به دست آمده با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، در وضعیت موجود و شرایط تغییر اقلیم با هم مشابه نیستند.

### ۱-۵ جنبه‌های نوآوری پژوهش

این پژوهش با رویکردی جامع به برنامه‌ریزی پایدار منابع آب در آبخوان‌ها، علاوه بر شناخت پتانسیل‌ها و محدودیت‌های منابع آبی با شیوه‌ای واقع‌گرایانه به برآورد میزان بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی پرداخته است. تحقیقات انجام شده در کشور پیرامون بیلان آب زیرزمینی و شبیه‌سازی تغییرات سطح آبخوان در دوره‌های مختلف و نیز در آینده با لحاظ تغییرات اقلیمی در حال رخداد و بهینه‌سازی مصرف مبتنی بر این نتایج بسیار محدود است. تأثیر تغییر اقلیم بر بیلان آب زیرزمینی از نوآوری‌های پژوهش حاضر می‌باشد. مدل‌سازی بیلان در شرایط تغییر اقلیم، بهینه‌سازی استحصال با لحاظ محدودیت‌های مرتبط با بهره‌برداران و مقایسه شرایط بهینه در وضعیت فعلی و شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی از دیگر نوآوری‌های پژوهش حاضر است. نتایج پژوهش حاضر یک دید مدیریتی جامع را برای کارشناسان و تصمیم‌گیران بخش آب فراهم خواهد نمود تا بتوانند با یک دید جامع‌نگر و با تحلیل روند بهره‌برداری منابع از گذشته تا آینده، تصمیمات اصولی اتخاذ نمایند.

## ۶-۱ مفاهیم پژوهش

### ۱-۶-۱-۱ بیان آب<sup>۱</sup>

بررسی و تبادلات آب در یک محدوده معین که بر اصل بقاء جرم در چرخه آب تأکید دارد بیان خواننده می شود. طبق این تعریف بیان آب شامل کلیه آب‌هایی است که در یک زمان معین وارد یک محدوده خاص شده و در این ناحیه به مصرف رسیده، ذخیره شده و یا به صورت مختلف از محدوده خارج می گردد (محمودی، ۱۳۷۷).

### ۱-۶-۲-۱ تغییر اقلیم<sup>۲</sup>

تغییر اقلیم و نوسانات اقلیم<sup>۳</sup> دو عبارتی می باشد که در مباحث مرتبط با تغییر اقلیم به کار می روند و تفکیک این دو حائز اهمیت می باشد. نوسانات اقلیمی به تغییرات حول میانگین و سایر آماره‌ها (انحراف معیار، وقوع رخداد‌های حدی و نظایر آن) در مقیاس‌های زمانی و مکانی فراتر از وقایع انفرادی آب و هوایی گفته می شود. این تغییرات ممکن است به موجب فرآیندهای طبیعی داخلی سیستم اقلیمی (تغییرات درونی) یا تغییرات در عوامل طبیعی و عوامل انسانی بیرونی (تغییرات بیرونی) مثل افزایش گازهای گلخانه‌ای ایجاد شود (IPCC، ۲۰۰۷).

تغییر اقلیم به حالتی از تغییر در اقلیم گفته می شود که قابل شناسایی باشد (مثلاً با استفاده از آزمون‌های آماری) و این تغییرات در میانگین و یا خصوصیات اقلیمی روی داده و برای مدت طولانی ماندگار باشد. تغییر اقلیم می تواند به موجب فرآیندهای طبیعی داخلی یا عوامل خارجی و یا تغییرات مداوم انسانی در ترکیب اتمسفر و کاربری اراضی روی دهد (IPCC، ۲۰۰۷).

کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد، تغییر اقلیم را این گونه تعریف می کند: "تغییر در اقلیم که به طور مستقیم یا غیر مستقیم به فعالیت‌های بشری مرتبط بوده و ترکیب جو زمین را تغییر داده و با نوسانات اقلیمی طبیعی دوره‌های زمانی مشابه قابل مقایسه باشد." همانطور که ملاحظه می شود کنوانسیون تغییر اقلیم سازمان ملل متحد، بین تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های انسانی که ترکیب اتمسفر را تغییر می دهد و نوسانات اقلیمی مرتبط با شرایط طبیعی تمایز قایل می شود.

1. Water Balance

2. Climate Change

3. Climate Variability

## ۱-۶-۳-مدل های اقلیمی<sup>۱</sup> و مدل های چرخش عمومی جو<sup>۲</sup>

نمایش عددی یک سامانه اقلیمی بر اساس خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی، ارتباطات و بازخورد-های فرآیندها برای تمام یا بیشتر خصوصیات شناخته شده را مدل اقلیمی می گویند. سامانه اقلیم می تواند با مدل-هایی با پیچیدگی متنوع نمایش داده شود که بستگی به این دارد که برای یک جزء یا مجموعه اجزاء مدل سازی انجام شود و تا چه حد فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی نمایش داده شود. مدل های جفت شده اتمسفر/اقیانوس/ دریا-یخ چرخش عمومی جو (AOGCMs<sup>۳</sup>) نمایش جامعی از سامانه اقلیم را ارائه می کند. این مدل ها فرآیندهای فیزیکی اتمسفر، اقیانوس، یخ پوسته ۴ و سطح زمین را نمایش می دهند و به عنوان ابزار تحقیقاتی مناسب برای مطالعه و شبیه سازی اقلیم و پاسخ اقلیم جهانی به افزایش گازهای گلخانه ای برای اهداف اجرایی شامل پیش بینی های اقلیمی در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه بکار می روند (IPCC, ۲۰۰۷).

مدل های گردش عمومی، اقلیم جهان را در یک شبکه سه بعدی بر روی سطح زمین ترسیم می کنند که دارای دقت مکانی افقی بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ کیلومتر و در راستای قائم از ۱۰ تا ۲۰ لایه و گاهی تا ۳۰ لایه در اقیانوس ها می رسد. این وضوح مکانی برای مطالعات ارزیابی اثرات مخصوصاً در اثرات هیدرولوژی بسیار بزرگ است همچنین فرآیندهای فیزیکی زیادی نظیر فرآیندهای مربوط به ابرها، اقیانوس ها و بارش های کوهستانی که در مقیاس زمانی کوچکتر اتفاق می افتد، نمی توانند به خوبی مدل شوند. در این حالت به طور تقریبی اثرات میانگین آن ها با در نظر گرفتن رابطه فیزیکی مربوط با متغیرهای بزرگ مقیاس، در مدل لحاظ می شود که به این عمل پارامتره کردن<sup>۵</sup> می گویند.

مدل های گردش عمومی خود شامل دو دسته کلی می باشند، مدل های AGCMs<sup>۶</sup> که بر هم کنش اتمسفر را در نظر می گیرند و مدل های OGCMs<sup>۷</sup> که برهم کنش اقیانوس ها را در نظر می گیرند. معمولاً مدل های گردش عمومی ترکیبی از هر دو دسته OGCMs و AGCMs را شامل می شوند.

## ۱-۶-۴ سناریوهای انتشار<sup>۸</sup>

سناریوهای SRES از ۴ مجموعه خانواده سناریوهای (A1, A2, B1, B2) تشکیل شده اند. هر کدام از این خانواده سناریوها، مسائل مختلف سیاسی- اجتماعی، اقتصادی، جمعیتی، تکنولوژیکی و زیست محیطی را

1. Climate Models

2. General Circulation Models

3. Atmosphere Ocean General Circulation Models

4. Cryospher

5. Parameterization

6. Atmospheric GCMs

7. Oceanic GCMs

8. Emission scenarios

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

متفاوت از دیگری در نظر می‌گیرند و مبتنی بر میزان انتشار دی‌اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین تا پایان قرن حاضر می‌باشند.

جدول ۱-۱- خلاصه ای از خصوصیات اصلی ۴ سناریوی شاخص در سال ۲۱۰۰

A1	A2	B1	B2	۱۹۹۰	خصوصیات سناریو
۷/۱	۱۵/۱	۷/۲	۱۰/۴	۵/۲	جمعیت (میلیارد نفر)
۶۸۰	۸۳۴	۵۴۷	۶۰۱	۳۵۴	غلظت CO <sub>2</sub> (ppm)
۲/۵۲	۳/۰۹	۲/۰۴	۲/۱۶	---	تغییر میانگین دمای سالانه کره زمین (°C)
۱/۷-۳/۶۶	۲/۱۲-۴/۴۱	۱/۳۷-۲/۹۹	۱/۴۵-۳/۱۴	---	محدوده تغییرات دمای میانگین جهانی (°C)
۵۸	۶۲	۵۰	۵۲	---	افزایش میانگین جهانی سطح آب دریا (cm)
۲۳-۱۰۱	۲۷-۱۰۷	۱۹-۹۰	۲۰-۹۳	---	محدوده تغییرات افزایش جهانی سطح آب دریا (cm)

در خانواده سناریوهای گروه A1 جهان با رشد اقتصادی سریع، رشد کم جمعیت، اوج جمعیت در اواسط قرن و روند کاهشی پس از آن همراه با معرفی تکنولوژی‌های جدید ترسیم شده است. در این خانواده به مسائل اقتصادی بیشتر از محیط زیست پرداخته شده است و دیدگاه‌های جهانی به جای منطقه‌ای می‌باشد. سه زیر شاخه متفاوت برای گروه A1 براساس نوع تکنولوژی مورد استفاده در قرن ۲۱ در نظر گرفته شده است. سناریوی استفاده از سوخت فسیلی (A1FI)، استفاده از منابع انرژی غیرفسیلی (A1T) و منابع فسیلی و غیرفسیلی به صورت متعادل (A1B).

سناریوی A2: جهان به صورت ناهمگون با رشد مداوم جمعیت و رشد اقتصادی منطقه‌ای که بسیار پراکنده و کندتر از بقیه سناریوها می‌باشد توصیف شده است.

سناریوی B1: وضعیت جمعیت در این سناریو مانند سناریو A1 می‌باشد با این تفاوت که تأکید در این سناریو بیشتر در استفاده از انرژی‌های پاک و محیط زیست می‌باشد. در این خانواده بر پایداری اقتصادی محیط زیست و اقتصاد در سطح جهانی تأکید دارد.

سناریوی B2: به منظور تقویت مسائل اقتصادی، اجتماعی و محیط زیست بر راه‌حل‌های منطقه‌ای تأکید دارد و این جهان یک دنیای ناهمگون با تغییرات تکنولوژی با سرعت کمتر، اما تنوع بیشتر می‌باشد. تأکید بیشتر در این سناریو بر ابتکار عمل جوامع و نوآوری‌های آن برای یافتن راه‌حل‌های منطقه‌ای نسبت به راه‌حل‌های جهانی می‌باشد.

## ۱-۶-۵ ریزمقیاس سازی<sup>۱</sup>

مدل‌های گردش عمومی جو دارای تفکیک مکانی بزرگ می‌باشند و قادر نیستند که خصوصیات یک منطقه که کوچکتر از یک سلول می‌باشد از قبیل توپوگرافی، ابر و کاربری اراضی را نمایش دهند. به عنوان مثال مدل HadCM3 دارای تفکیک مکانی  $3/7$  درجه و  $2/5$  درجه به ترتیب در جهت طول و عرض جغرافیایی می‌باشد در حالی که برای مدل‌های هیدرولوژیکی تفکیک مکانی باید به مقدار  $0/125$  درجه باشد تا قادر به شبیه‌سازی جریان ماهانه در حوضه‌های کوهستانی باشد (Fowler و همکاران، ۲۰۰۷). شکاف موجود بین قدرت تفکیک مدل‌های اقلیمی و فرآیندهای منطقه‌ای، مشکل جدی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم از جمله کاربرد سناریوهای تغییر اقلیم برای مدل‌های هیدرولوژیکی ایجاد کرده است. این مشکل از طریق مجموعه روش‌هایی حل می‌شود که به روش‌های ریزمقیاس سازی معروف می‌باشد (Fowler و همکاران، ۲۰۰۷). ریزمقیاس سازی روشی است که با استفاده از آنالیز داده‌ها، اطلاعات محلی برای مقیاس‌های مکانی منطقه‌ای (۱۰-۱۰۰ کیلومتر) از مدل‌هایی با مقیاس کلان بدست می‌آید. دو روش اصلی برای ریزمقیاس سازی خروجی‌های GCM ها وجود دارد. روش دینامیکی<sup>۳</sup> که یک مدل اقلیمی با دقت بالاتر در GCM اجرا می‌شود. دیگری استفاده از روش‌های آماری<sup>۴</sup> است که برای یافتن روابط تجربی بین متغیرهای اقلیمی GCM و اقلیم محلی می‌باشد.

## ۱-۶-۶ مدل‌های بهینه سازی

مدل‌های ریاضی که بیشینه یا کمینه نمودن یک تابع چند متغیره را شامل می‌گردند به نام مدل‌های بهینه<sup>۵</sup> خوانده می‌شوند. دسته عمده‌ای از مدل‌های بهینه به نام مدل‌های برنامه‌ریزی<sup>۶</sup> مورد توجه است که کاربرد آنها در حل مسایل مختلف مانند مسایل نظامی، سیاسی، صنعت، مدیریت و اقتصاد بسیار بااهمیت می‌باشد (اصغرپور، ۱۳۹۱). تئوری بهینه‌سازی روش‌های انتخاب بهینه از متغیرهای تصمیم را توسعه می‌بخشد. بسته به ویژگی‌های مسأله یکی از تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی مانند برنامه‌ریزی خطی<sup>۷</sup>، برنامه‌ریزی پویا<sup>۸</sup>، برنامه‌ریزی غیرخطی<sup>۹</sup>، برای دست‌یابی به بهترین راه‌حل مورد استفاده قرار می‌گیرد (Nikkami، ۱۹۹۹).

1. Downscaling

2. Hadley Centre Coupled Model, version 3

3. Dynamical downscaling

4. Statistical downscaling

5. Optimization Models

6. Programming Model

7. Linear Programming, (LP)

8. Dynamic Programming, (DP)

9. Non Linear Programming, (NLP)

مدل‌های برنامه‌ریزی شامل واگذاری مناسب‌ترین ترکیب از منابع محدود<sup>۱</sup> در رسیدن به هدف یا اهداف تصمیم می‌باشد. به این قرار که هر تصمیم گیرنده منابعی در اختیار دارد که همگی از نظر کمیت یا کیفیت و یا هر دو محدود می‌باشند. واگذاری ترکیب خاصی از این منابع محدود در رسیدن به هدف مشخصی در یک تصمیم، مدل برنامه‌ریزی را تشکیل می‌دهد. چنانچه منابع موجود در اختیار تصمیم گیرنده نامحدود بود، اصولاً مشکلی به نام برنامه‌ریزی وجود نمی‌داشت. بنابراین از آنجایی که منابع همواره محدود و در بسیاری موارد کمیاب می‌باشند، واگذاری مناسب‌ترین ترکیب آنها در رسیدن به مقدار بهینه هدف تصمیم، برنامه‌ریزی را به وجود می‌آورد.

اجزاء هر مدل برنامه‌ریزی شامل تابع هدف، تابع محدودیت و متغیر تصمیم می‌باشد. تابع هدف تابعی است ریاضی که از متغیرهای تصمیم تشکیل یافته و بیانگر هدف مدل می‌باشد. این تابع نشان دهنده خواسته‌ها و آرزوهای تصمیم گیرنده مانند بیشینه‌سازی سود و یا کمینه‌سازی هزینه است. تابع محدودیت عبارت از یک معادله یا نامعادله متشکل از متغیرهای تصمیم می‌باشد که محدودیت‌های مدل را جهت دستیابی به اهداف مدل بیان می‌کند و متغیرهای تصمیم، متغیرهایی را شامل می‌شود که تصمیم گیر به دنبال تعیین مقدار آنها بوده، به نحوی باعث بهینه شدن تابع هدف می‌گردند. (مهرگان، ۱۳۹۴ و اصغرپور، ۱۳۹۱).

#### ۱-۶-۷ جواب بهینه<sup>۲</sup>

بهترین جواب موجه است و به عبارتی دیگر جوابی است که به ازاء آن تابع هدف را به مطلوب‌ترین وضعیت ممکن در می‌آورد (مهرگان، ۱۳۹۴).

#### ۱-۶-۸ تابع هدف<sup>۳</sup>

تابعی است ریاضی که از متغیرهای تصمیم تشکیل یافته و بیانگر هدف مدل می‌باشد. این تابع نشان دهنده خواسته‌ها و آرزوهای تصمیم گیرنده مانند بیشینه‌سازی سود یا کمینه نمودن هزینه است (اصغرپور، ۱۳۹۱ و مهرگان، ۱۳۹۴).

#### ۱-۶-۹ تابع محدودیت<sup>۴</sup>

عبارت است از یک معادله یا نامعادله متشکل از متغیرهای تصمیم است که محدودیت‌های مدل را برای دستیابی به اهداف مدل بیان می‌کند (مهرگان، ۱۳۹۴).

<sup>۱</sup> . Limited Resources

<sup>۲</sup> . Optimal Solution

<sup>۳</sup> . Objective Function

<sup>۴</sup> . Constraint Function

### ۱-۶-۱۰ متغیر تصمیم<sup>۱</sup>

عبارت است از متغیرهایی که به دنبال تعیین مقدار آنها بوده به نحوی که باعث بهینه شدن تابع هدف شوند و همزمان در کلیه محدودیت ها صدق کنند (مهرگان، ۱۳۹۴).

### ۱-۶-۱۱ برنامه ریزی خطی

برنامه ریزی خطی عبارت از یک تکنیک ریاضی جهت تخصیص منابع محدود موجود به بهترین صورت ممکن می باشد به شرطی که روابط بین عوامل خطی و مستقیم باشند.

کلمه خطی در عبارت پیش گفته دال بر آن است که روابط بین متغیرها در این مدل خاص برنامه ریزی، باید کاملاً متناسب و مستقیم باشند (اصغرپور، ۱۳۹۱).

برنامه ریزی خطی با بهینه کردن (بیشینه یا کمینه)، متغیر وابسته ای که به صورت برنامه ریزی خطی با مجموعه ای از متغیرهای مستقل مرتبط می شود و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل یافته از متغیرهای مستقل در ارتباط است. متغیرهای مستقل مقدارشان توسط تصمیم گیرنده تعیین شده و مقدار متغیرهای وابسته را که به عنوان ستاده مدل ارائه می گردند تعیین می کنند (مهرگان، ۱۳۹۴ و اصغرپور، ۱۳۹۱).

تابع هدف کلی در یک مسأله برنامه ریزی خطی دو متغیره به صورت رابطه ۱-۲ نوشته می شود:

$$\text{Max, Min}(Z) = C_1 X_1 + C_2 X_2 \quad \text{رابطه (۲-۱)}$$

فرمول بندی عمومی مسئله برنامه ریزی خطی برای دست یابی به مقادیر بیشینه و کمینه  $n$  متغیر تصمیم

$x_1, x_2, \dots, x_n$  نیز به صورت رابطه ۱-۳ نوشته می شود (مهرگان، ۱۳۹۴).

برای بیشینه یا کمینه سازی تابع هدف:

$$Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (۳-۱)$$

تابع هدف (۳-۱) مشروط به برآورده کردن  $m$  محدودیت زیر می باشد:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1n} x_n (\leq \geq) b_1$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2n} x_n (\leq \geq) b_2$$

.

$$a_{i1} x_1 + a_{i2} x_2 + \dots + a_{in} x_n (\leq \geq) b_i$$

.

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + \dots + a_{mn} x_n (\leq \geq) b_m$$

که محدودیت ها می توانند به سه صورت  $\geq$ ،  $\leq$  یا  $=$  باشند و در نهایت متغیرها نیز الزاماً باید غیر منفی باشند.

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

1. Decision Variable



بر اساس توضیحات بالا یک مسئله برنامه ریزی خطی را می توان در شکل ماتریسی ۴-۱ بیان نمود

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (4-1). (Kalavathy, 2001)$$

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$$

$$b = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} a_{11} a_{12} \dots a_{1n} \\ a_{21} a_{22} \dots a_{2n} \\ \vdots \\ a_{m1} a_{m2} \dots a_{mn} \end{pmatrix}$$

مسائل مربوط به برنامه ریزی خطی را می توان به سه روش هندسی<sup>۱</sup>، جبری<sup>۲</sup> و سیمپلکس حل نمود. مسایلی را که فقط شامل دو متغیر باشند از طریق هندسی به سادگی قابل حل می باشند. برای مسایل با بیش از دو متغیر، کاربرد روش هندسی غیر ممکن و یا بسیار مشکل می گردد. از این رو روش های دیگری در حل مسایل خطی مورد نیاز است که از آن جمله روش جبری می باشد. البته روش جبری جوابگوی حل عمومی مسایل خطی نیست اما به واقع پلی است که به روش سیمپلکس منتهی خواهد شد. روش عمومی حل مسایل با بعد وسیع، روش سیمپلکس است که عبارت از تجسس سیستماتیک برای یافتن راه حل های پایه ای عملی و متعاقباً یافتن راه حل مطلوب می باشد (اصغرپور، ۱۳۹۱).

<sup>1</sup>. Graphical Method

<sup>2</sup>. Algebra Method

## فصل دوم

### مروری بر پژوهش‌های انجام شده

Archive of SID

## ۲- مروری بر پژوهش‌های انجام شده

### ۱-۲ مقدمه

با توجه به چارچوب، اهداف و فرضیات پژوهش و به منظور جمع‌بندی مناسب از نتایج پژوهش‌های انجام شده، پیشینه پژوهش در چند زیربخش تخصصی ارائه می‌گردد و پژوهش‌های انجام شده در خارج و داخل کشور از قدیم به نوین ارائه گردیده است:

### ۲-۲ پژوهش‌های مرتبط با بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

مدیریت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی و توجه به اجزاء بیلان آب در حوضه‌های آبخیز از جمله مباحث مهم در برنامه‌ریزی صحیح منابع آبی است. تحقیقات مختلفی پیرامون زوایا و اجزاء مختلف تغذیه و تخلیه از سفره‌های آب زیرزمینی و یا حوضه‌های آبخیز به عنوان واحدهای قابل مدیریت منابع آب انجام شده است.

Tu و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی در زمینه آنالیز دینامیکی سرعت نفوذ تغذیه مصنوعی آبخوان در یک مطالعه موردی در دشت پینگ تونگ<sup>۱</sup> تایوان، نبود مدیریت مناسب و بهره‌برداری ناپایدار را دلیل افت شدید سفره دانسته‌اند.

Meddi و Boucefiane (۲۰۱۳) در پژوهشی با مطالعه منابع آب زیرزمینی و نفوذ طبیعی در حوضه چلیفزارس<sup>۲</sup>، تأثیر کاهش بارش را بر آب زیرزمینی بررسی نموده و در چهار دهه گذشته کاهش حجم آب ذخیره‌ای سدها را به دلیل کاهش بارش گزارش نموده‌اند. این وضعیت سبب بهره‌برداری بی‌رویه از آب زیرزمینی به‌ویژه در بخش کشاورزی گردیده است. به‌طور معمول تکامل تدریجی پتانسیل آب زیرزمینی به‌طور کاملاً نزدیک به نوسانات بارش مرتبط است که مدیریت این منابع را تحت تأثیر قرار می‌دهد و روی سطح آب زیرزمینی اثر منفی دارد.

<sup>1</sup>.Ping Tung

<sup>2</sup>.Cheliff-Zahrez

Ngongondo و همکاران (۲۰۱۵) تغییرات اجزاء بیلان آب را در دو حالت مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده در طی سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۷۱ مورد پژوهش قرار داده و کاهش بارش به همراه افزایش دما به عنوان دلایل محدودیت بیشتر منابع آب معرفی و برآورد ویژگی‌های زمانی و مکانی مؤلفه‌های کلیدی بیلان آب را به عنوان یک چالش بزرگ در سراسر جهان ذکر نموده‌اند.

Alcala و همکاران (۲۰۱۵)، یک مدل هیدرولوژی-اقتصادی را به منظور تشریح پویایی ارتباط و وابستگی آب زیرزمینی و مسائل اقتصادی برای استفاده پایدار در اراضی خشک با داده‌های محدود معرفی نمودند که در یک دهه با تخصیص آب کشاورزی و ثابت نگه داشتن مصرف کنندگان بزرگ آب زیرزمینی، مدول هیدرولوژی پویای بیلان خالص آب زیرزمینی را ارائه داده و مدول اقتصادی تغییرات مصرف کنندگان آب را برای جمعیت و توریست تولید نموده‌اند. مدل با ورود شرایط مشابه برای توریست و سناریوی آب در دسترس اجرا و عدم تعادل آب زیرزمینی با تغذیه خالص آبخوان منعکس گردیده است و به منظور کاهش تخریب منابع آب زیرزمینی، استفاده از فن‌آوری‌هایی مانند ذخیره فاضلاب و برگشت آن به چرخه آبیاری، استحصال رواناب‌های حاصل از رگبارها و نگهداری شبکه‌های آبیاری به منظور بهبود بهره‌وری سیستم را پیشنهاد نموده‌اند.

مهدوی (۱۳۷۴) با انجام پژوهشی در زمینه مدیریت آب و تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی در شهرستان جهرم، برای بقای کشت و کار در این شهرستان، به این نتیجه رسیدند که هر چند توسعه کشاورزی همراه با استفاده از روش‌های جدیدتر آبیاری می‌باشد ولی به علت عدم کنترل کامل در بهره‌برداری، سطح آب‌های زیرزمینی آن افت شدیدی یافته که مسلماً راه‌حلی جز کنترل برداشت همراه با توسعه تغذیه سفره‌ها برای بقای کشاورزی وجود نخواهد داشت.

آل شیخ و همکاران (۱۳۸۳) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، بیلان آبی دشت تالش را به دست آوردند. نتایج نشان داد که بیشتر مناطق دشت تالش فاقد محدودیت برداشت بوده و توسعه بهره‌برداری در آن توصیه شده است.

لشکری پور و همکاران (۱۳۸۴)، افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد را مورد بررسی قرار دادند و افت بیش از ۳۰ متر در طی ۲۴ سال را به دلیل برداشت بی‌رویه و فشار بر منابع آبی ذکر نموده‌اند و جلوگیری از برداشت بی‌رویه، افزایش راندمان مصرف و استفاده از الگوی کشت مناسب را از ضروریات کنترل پدیده نشست در این منطقه ذکر بر شمرده‌اند.

رزاق منش (۱۳۸۵) در تحقیقی با بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز نشان داد که میزان برداشت فعلی در منطقه بیشتر از حد مجاز سالانه می‌باشد. نتایج همچنان نشان داد که با افزایش برداشت در طولانی مدت باعث افت سطح ایستابی تا حدود ۵ متر خواهد گردید و میزان شوری آب زیر زمینی در دراز مدت افزایش پیدا خواهد کرد.

صبحی و توانا (۱۳۸۶) با مطالعه بر روی آثار جانبی منفی ناشی از بهره‌برداری بیش از حد منابع آب زیرزمینی دشت لارستان به این نتیجه رسیدند که با کم کردن دبی آب چاه‌های آبیاری از طریق ایجاد محدودیت در مجوز احداث چاه، بخصوص چاه‌های با دبی زیاد، این آثار جانبی منفی کاهش می‌یابد و احداث چاه در جایی از مزرعه که حداقل فاصله را نسبت به حدود زمین زراعی داشته باشد، از مصرف بیش از حد آب و در نتیجه ایجاد آثار جانبی منفی جلوگیری می‌کند.

گنجی خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) به منظور بهینه نمودن شبکه پایش، روشی را ارائه کردند که بتوان با دقت مناسب بیلان آب زیرزمینی را تخمین زد. در این روش با استفاده از زمین آمار درجه اهمیت هر چاه مشاهده‌ای بررسی و تأثیر آن در تعیین بیلان آب زیرزمینی به دست آمده است.

حجتی و بوستانی (۱۳۸۸) با مطالعه بر روی بیلان آب‌های زیرزمینی دشت خیر واقع در شهرستان استهبان به این نتیجه رسیدند که حجم کل تخلیه سالانه بیشتر از حجم کل تغذیه سالانه بوده و در نتیجه حجم ذخایر آب‌های زیرزمینی هر سال مقداری کاهش می‌یابد. میانگین افت سطح آب زیرزمینی در این دشت ۷/۰۸ متر در ۱۰ سال گزارش شده است. این موضوع نه تنها موجب کاهش منابع آب و آبدهی چاه‌ها شده بلکه مشکلات جدی دیگری از جمله هجوم آب‌های شور به آبخوان، خشک شدن چشمه‌ها و نشست زمین، افزایش هزینه‌های پمپاژ و کاهش محصولات کشاورزی در اثر شور شدن آب چاه‌ها را نیز به دنبال داشته است.

اکبری و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی با روش درون‌یابی و تهیه نقشه‌های خطوط هم‌پتانسیل و پهنه‌بندی افت سطح آب زیرزمینی نشان دادند سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مرکزی و غربی آبخوان دشت مشهد تا سی متر کاهش داشته است. یعنی بطور متوسط در طی ۲۰ سال به میزان ۱۲/۱ متر و هر ساله ۶۰ سانتی متر سطح آب کاهش یافته است.

پورمحمدی و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی و برآورد اجزای بیلان آبی در حوضه‌های مناطق خشک (حوضه آبخیز منشاء یزد) با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پرداختند و نشان دادند که بیشتر هدررفت آب در این حوضه توسط تبخیر و تعرق واقعی صورت می‌گیرد که مقدار آن در سال آبی ۸۶-۸۵ حدود ۵۴۰ میلی‌متر در سال و هدررفت به وسیله رواناب و نفوذ، به ترتیب ۱۱۷ و ۱۲۵ میلی‌متر در سال بود.

Jamshidzadeh و Mirbagheri (۲۰۱۱) کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت کاشان را مورد پژوهش قرار داده و افت ۰/۵ متر در سال برای آب‌های زیرزمینی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ در این دشت را گزارش نموده‌اند.

Ekrami و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیق خود به بررسی روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت یزد اردکان در دوره ۸۸-۱۳۷۹ پرداختند. نتایج حاکی از روند نزولی تغییرات سطح آب

زیرزمینی بوده و در هر سال متوسط افت حدود ۰/۵ متر می‌باشد. از دلایل اصلی افت شدید سفره آب زیرزمینی افزایش تکرار خشکسالی و برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی است.

محمدی قلعه‌نی و همکاران (۱۳۹۱) با مطالعه بر روی تاثیر خشکسالی بر افت منابع آب همدان نتیجه گرفتند که خشکسالی بر منابع آب‌های سطحی منطقه اثرات تخریبی مستقیم داشته ولی در آب‌های زیرزمینی بین کاهش بارش و افت سطح ایستابی ضریب همبستگی معنی دار وجود ندارد. خشکسالی به صورت غیر مستقیم از طریق کاهش تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی از منابع آب سطحی، افزایش برداشت از طریق چاه‌های عمیق برای مصارف کشاورزی، افزایش دما و مقدار تبخیر- تعرق بر منابع آب زیرزمینی موثر می‌باشند.

محمدی قلعه‌نی و همکاران (۱۳۹۱) تأثیر عوامل اقلیمی بر افت تراز آب زیرزمینی آبخوان دشت ساوه را ارزیابی کردند و نشان دادند که احداث سد ساوه روی رودخانه قره‌چای می‌تواند دلیل اصلی افت سطح آب زیرزمینی در آبخوان دشت ساوه باشد. در این تحقیق روند تغییرات بارندگی و دبی خروجی حوضه در سه ایستگاه شاه‌عباسی، رازین و جلایر تحلیل و نتایج نشان‌دهنده روند افزایشی بارندگی و روند کاهشی دبی بوده است که بیانگر تأثیر بیشتر فعالیت‌های انسانی در کاهش دبی رودخانه‌های قره‌چای و مزلقان می‌باشد.

پورزند و بخشوده (۱۳۹۱) ارزیابی پایداری کشاورزی در برخی از شهرستان‌های استان فارس را با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی توافقی انجام داده و بیان آب به عنوان یکی از شاخص اصلی مورد نظر در بررسی پایداری کشاورزی تأکید و بیان منفی آبخوان را یکی از عوامل حرکت نظام کشاورزی به سمت ناپایداری معرفی نموده‌اند.

AbbasNegad و Shahidast (۲۰۱۳) در بررسی آسیب پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیرزمینی منطقه به این نتیجه رسیدند که سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت در سال‌های گذشته سیر نزولی داشته و از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۹ متوسط افت سالانه حدود ۸۰ سانتی متر بوده است.

Fallah-mahdipour و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهش خود تخمین و شبیه‌سازی ماهانه سطوح آب زیرزمینی را انجام داده و سطح ماهانه آب زیرزمینی را به عنوان یک پارامتر مؤثر در تعیین دقت مدل‌سازی آب زیرزمینی معرفی نموده‌اند. همچنین دیدگاه شبیه‌سازی مبتنی بر برنامه‌ریزی ژنتیک را یک ابزار مؤثر در تعیین سطح آب زیرزمینی برشمرده‌اند.

جلیلی و همکاران (۱۳۹۳) به اولویت‌بندی کانال‌های زهکشی دشت سراب نیلوفر برای تغذیه آبخوان آن پرداخته و تغییرات حجم مخزن آن را منفی و برابر ۲۸/۹۷- میلیون متر مکعب گزارش نموده‌اند. همچنین بیان داشته‌اند که تنها ۳۰/۱ درصد از اضافه برداشت از آبخوان آزاد این دشت قابل جبران است و

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

تغییرات مخزن به عددی برابر  $20/24$  - میلیون متر مکعب کاهش پیدا خواهد نمود. ایشان افت  $1/75$  متر در سال و افت بیش از  $35$  متری سطح آبخوان در طی  $20$  سال را نشان مدیریت ناپایدار و نامناسب بر منابع تولید دشت و افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری دانسته‌اند.

جلیلی و همکاران (۱۳۹۳) در تحلیل وضعیت افت سطح ایستابی آبخوان دشت اسلام‌آباد با توجه به چگونگی تخصیص منابع آب زیرزمینی، افت  $0/77$  متر در سال سطح آب در دشت اسلام‌آباد را گزارش نموده‌اند. برداشت بی‌رویه و مدیریت نامناسب و نظارت ناکافی بر میزان آب استخراجی از آبخوان در دهه گذشته سبب افت حدود  $7$  متری سطح آب زیرزمینی شده است. علاوه بر آن، کشت محصولات با نیاز آبی بالا نظیر چغندر قند و ذرت به عنوان کشت غالب در منطقه سبب تشدید وضعیت مذکور گردیده است.

Hassan-Esfahani و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود پیرامون تخصیص بهینه آب آبیاری، بهینه‌سازی مصرف آب در سیستم‌های آبیاری با استفاده از دیدگاه بیلان آب و صرفه‌جویی  $20$  درصدی در مصرف آب بدون کاهش سود را از نتایج مدیریت صحیح و بهینه‌سازی تخصیص و مصرف آب گزارش نموده‌اند.

## ۲-۳ پژوهش‌های مرتبط با برنامه‌ریزی زراعی و مدیریت منابع آب با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی

مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در مسائل منابع آب کاربردهای وسیعی یافته‌اند و امروزه به عنوان ابزاری توانمند در مدیریت منابع آب مطرح هستند. برنامه‌ریزی زراعی و مدیریت اراضی با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی به‌ویژه بهینه‌سازی آبیاری در بخش کشاورزی، توسط محققین مختلفی مورد پژوهش قرار گرفته است.

Singh و Singh (۱۹۹۹)، حداکثر سازی تولید و سود با به کارگیری برنامه‌ریزی بهینه کشت در یک مطالعه موردی در Mahi Comand در هند را انجام دادند. در این تحقیق زمانی که حداکثر نمودن تولید به عنوان هدف اصلی مورد نظر بوده،  $86/6\%$  منطقه تنها به کشت گندم و سبزیجات اختصاص یافته و بهره‌برداری کل از منابع آب  $63/72\%$  و بکارگیری نیروی انسانی (کار)  $29/54$  درصد بوده است. این تحقیق همچنین نشان داد که برنامه‌ریزی کشت در سطح منطقه تولیدات را از  $60$  تا  $96\%$  و برگشت خالص را از  $23$  تا  $26\%$  افزایش داده است و نیز برای اجرای برنامه کشت بهتر و تولید بالاتر تأسیس شرکت‌های تعاونی توصیه گردیده است.

Riedel (۲۰۰۳)، بهینه‌سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی برای نواحی کوهستانی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و سیستم اطلاعات جغرافیایی جهت دستیابی به پایداری را در یکی از حوضه‌های

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

آبخیز کوهستانی شمال تایلند بررسی کرد. هدف از انجام این تحقیق فهرست برداری و آنالیز خصوصیات زمین و کاربری اراضی برای تفکیک واحدهای مدیریت اراضی و نیل به یک بنیان پایدارتر کشاورزی و بررسی حالات مختلف استفاده از اراضی با به کارگیری برنامه ریزی خطی و سیستم اطلاعات جغرافیایی بود که نتیجه این تحقیق دلالت بر موفقیت آمیز بودن تلفیق مذکور دارد.

Rounsvell و همکاران (۲۰۰۳)، مدل سازی توزیع مکانی کاربری کشاورزی اراضی در مقیاس منطقه ای در دو منطقه انگلیس را مورد ارزیابی قرار دادند. این تحقیق روشی را برای مدل سازی توزیع مکانی کاربری کشاورزی اراضی ارائه داده است که بر شبیه سازی فرآیندهای تصمیم گیری در مقیاس اراضی کشاورزی ( مبتنی بر بهینه سازی) و پاسخ محصولات به محیط فیزیکی آنها بنا شده است. نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می کنند که فرضیه های اساسی مدل که کشاورزان از ریسک بیزار بوده و دنبال به حداکثر رساندن سود هستند یک فرض منطقی برای مطالعات منطقه ای می باشد هر چند مطالعات بیشتر فرآیندهای تصمیم گیری مانند نقش نگرش کشاورز به ریسک، دیدگاه های متفاوت نسبت به قیمت های آینده و سوددهی و تأثیر تأخیر زمانی در فرآیند تصمیم برای بهبود توانایی ها برای توزیع کاربری کشاورزی اراضی مناسب می باشند.

Vedula و همکاران (۲۰۰۴) از برنامه ریزی خطی برای رسیدن به سیاست استفاده بهینه برداشت تلفیقی منابع آب با توجه به محصولات گوناگون در کشور هند استفاده کردند و پاسخ آبخوان را بر اساس استفاده از مدل اجزاء محدود آب زیرزمینی مدل سازی نموده و در نهایت کارآیی بالای مدل را تأیید نمودند.

Khare و همکاران (۲۰۰۶) امکان استفاده از برداشت تلفیقی از منابع آب را با لحاظ محدودیت های مدیریتی و هیدرولوژیکی با استفاده از مدل بهینه سازی مهندسی - اقتصادی مورد پژوهش قرار دادند. بسته نرم افزار بهینه ساز Lindo برای تخصیص بهینه منابع آب سطحی و زیرزمینی مورد استفاده قرار گرفت و علاوه بر تأیید کارآیی مدل در این امر، به الگوی کشت بهینه با حداکثر رساندن سود خالص دست یافتند. Moa و همکاران (۲۰۰۹) نیز مدل سازی مفهومی مشکلات هیدرولوژیکی و در نهایت معرفی سیستم پشتیبانی تصمیم گیری به عنوان تحلیل گر توانمند اثرات تولید شده تحت سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب را در اسپانیا معرفی نمودند. این سیستم پشتیبان تصمیم، کاربر را قادر می سازد که اثرات مختلف تولید را تحت سناریوهای مختلف مدیریتی ارزیابی نماید.

Moa و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود در جنوب شرقی اسپانیا از شبکه بیزین مرتب شده به منظور مدیریت جامع منابع آب و به عنوان سیستم پشتیبانی تصمیم گیری استفاده نمودند. نتایج نشان داد که در شرایط فعلی، بیلان آبی در چهار آبخوان منفی است و حتی با استفاده از ملاحظات منطقی نیز ممکن نیست که آبخوان به حالت طبیعی برگردد و یا در مدت کوتاهی حتی به سطح آبی ترازهای فعلی روزانه



برگردد. هر مداخله‌ای برای کاهش افت نیز به ناچار تأثیر منفی روی درآمد کشاورزی می‌گذارد. مگر اینکه تغییرات دیگری مانند تغییر محصول، افزایش قیمت بازار و غیره به منظور افزایش درآمد ایجاد شود. همچنین با استفاده از این روش سودمندترین و کم‌سودترین منطقه آبیاری شده مشخص و در نهایت نشان داده شد که شبکه مذکور می‌تواند تفاوتی بین بخش‌های هیدرولوژیکی و بخش‌های اجتماعی-اقتصادی به وجود آورد.

Almaraz و همکاران (۲۰۱۵) به منظور طراحی شبکه تخصیص آب و تعیین عناصر و معیارهای تأثیرگذار در فرآیند حل مسائل چند هدفه، شبکه‌های بهینه‌سازی مختلف را با یکدیگر مقایسه نمودند و نشان دادند که استفاده از مدل برنامه‌ریزی اعداد مختلط غیرخطی مناسب‌تر است.

غلامی (۱۳۸۰) تعیین تناوب زراعی بهینه با استفاده از برنامه‌ریزی خطی را با هدف تعیین الگوی بهینه تناوب زراعی برای به دست آوردن درآمد خالص و مقایسه آن با وضع موجود، در مزرعه ای ۱۱۰ هکتاری در شهرستان بجنورد انجام داد. در این مطالعه تناوب‌های مختلف زراعی مورد بررسی قرار گرفته و در نهایت تحلیل حساسیت مسئله نشان داد که درآمد خالص مزرعه حاصل از چهار تناوب زراعی بهینه و همچنین نهاده‌های محدود کننده، از دامنه تغییرات نسبتاً انعطاف‌پذیری برخوردار بوده و نهایتاً با تحلیل پارامتریک، جواب نهایی مسأله حاصل از توابع اولیه نسبت به توابع جدید به عنوان جواب نهایی مطلوب مزرعه تأیید و تعیین گردید.

محسنی ساروی و همکاران (۱۳۸۲) تعیین الگوی بهینه بهره‌برداری از منابع حوضه‌های آبخیز با استفاده از برنامه‌ریزی هدف<sup>۱</sup> در زیرحوضه گرمابدشت از زیرحوضه‌های قره‌سو در منطقه‌ای در استان گلستان را انجام دادند. در این پژوهش با توجه به مدل برنامه‌ریزی هدف حوضه مورد مطالعه برای چهار کاربری جنگل صنعتی، چراگاه، پارک و منطقه حفاظت شده در نظر گرفته شد. اولویت‌بندی بر اساس اهداف اقتصادی، زیست محیطی، اجتماعی به‌طور جداگانه صورت گرفته است. داده‌ها و اطلاعات بررسی شده در این مدل، مقدار درآمد بهره‌برداران، مقدار سرمایه‌گذاری نقدی، بیشینه نمودن تولید کاربری‌های مختلف، کمینه نمودن رسوب‌گذاری و استفاده بهینه از زمین، تأمین آب برای ساکنین پایین دست و بیشینه نمودن اشتغال در منطقه بودند که با توجه به تمام دیدگاه‌های مطرح شده تحلیل شده و مورد مقایسه قرار گرفته است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که الگوی پیشنهادی بر اساس دیدگاه اقتصادی دارای برتری نسبی نسبت به دیگر دیدگاه‌هاست زیرا که در آن تمام اهداف مورد نظر تأمین شده است اما در سایر دیدگاه‌ها دسترسی به تمام اهداف ممکن نبوده است و در هر دیدگاه دستیابی به برخی اهداف مطرح شده در آن امکان‌پذیر بوده است.

<sup>1</sup>. Goal Programming

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جلیلی و همکاران (۱۳۸۵) بهینه سازی کاربری اراضی را به منظور بهینه سازی سود محصولات کشاورزی در دشت بریموند استان کرمانشاه انجام داده و گزارش نموده اند که مدیریت سطح تخصیص اراضی به کاربری های مختلف کشاورزی و منابع طبیعی با حفظ محدودیت موجودیت منابع آب در دسترس، ۱۸/۶ درصد افزایش سود خالص تولید را در پی داشته است.

Mahdimoradi و همکاران (۲۰۰۷) مدل برنامه ریزی ریاضی خطی را با لحاظ سه گروه محدودیت بیان ماهانه مخزن، تأمین نیاز ماهانه سیستم برای تولید محصولات و کاهش تبخیر مخزن، به منظور تخصیص بهینه آب آبیاری در الگوی چند محصوله مورد پژوهش قرار دادند. آنالیز حساسیت سناریوهای مدیریت آبیاری تأثیرات متقابل محدودیت های اعمال شده را در مدل برنامه ریزی بر نتایج خروجی نشان داده و قابلیت کاربردی این مدل را تأیید و کاربرد آن را توصیه نمودند.

Sadeghi و همکاران (۲۰۰۹) با بهینه سازی کاربری اراضی در مقیاس حوضه آبخیز بر کارایی مدل برنامه ریزی خطی در حل مسائل چند هدفه مدیریت منابع آب و خاک تأکید داشته و در مطالعه موردی در استان کرمانشاه افزایش سود تولیدات کشاورزی و منابع طبیعی و کاهش فرسایش خاک را گزارش نموده اند.

Marino و Bozorg Haddad (۲۰۱۰)، در بهره برداری بهینه از چاه های آبخوان های ساحلی به این نتیجه رسیدند که کارایی و عملکرد الگوریتم بهینه سازی جفت گیری زنبور عسل<sup>۱</sup> در مقایسه با الگوریتم ژنتیک در زمینه مسائل شبیه سازی و بهینه سازی آب های زیرزمینی مناسب تر است.

محمدی و همکاران (۱۳۹۱) تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی چند هدفه غیرخطی فازی را در یک مطالعه موردی در شهرستان مرودشت استان فارس مورد پژوهش قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی چند هدفه نسبت به الگوی جاری و حتی الگوهای تک هدفه با انجام مصالحه بین آرمان های چندگانه برتری دارد و اجرای این الگو علاوه بر کاهش مصرف آب و کود شیمیایی، افزایش بازده برنامه ای و کاهش ریسک را نیز دربر دارد.

Vafakhah و Mohseni Saravi (۲۰۱۱) بهینه سازی مدیریت فرسایش خاک را در زیرحوضه اورازان با برنامه ریزی خطی و نرم افزار ADBASE به انجام رساندند. نتایج این پژوهش در بهینه سازی کاربری زمین با لحاظ محدودیت های قانونی منجر به کاهش ۱۰/۲۹ درصدی فرسایش خاک و ۱۷/۷۱ درصدی درآمد خالص گردید.

Fallah-Mehdipour و همکاران (۲۰۱۳) تخمین و شبیه سازی ماهانه سطوح آب زیرزمینی را با استفاده از برنامه ریزی ژنتیک انجام دادند. نتایج نشان داد که دیدگاه شبیه سازی مبتنی بر برنامه ریزی

<sup>1</sup>. Honey-Bee Mating Optimization (HBMO)

ژنتیک یک ابزار مؤثر در تعیین سطوح آب زیرزمینی است. تعیین سطح آب زیرزمینی یک پارامتر مؤثر در تعیین دقت مدل سازی آب زیرزمینی است.

Hassan-Esfahani و همکاران (۲۰۱۵) به ارزیابی تخصیص بهینه آب آبیاری با استفاده از دیدگاه بیان آب پرداخته و یک دیدگاه مدل سازی را معرفی نمودند که با کاهش ۲۰ درصدی در کمیت آب مورد استفاده تغییری در میزان سود حاصل ایجاد نخواهد شد.

Roozbahani و همکاران (۲۰۱۵) به پژوهش در زمینه تخصیص بهینه آب با لحاظ سازش چند منظوره بین ارزش های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی پرداخته و از یک مدل بهینه ساز با لحاظ سه هدف اجتماعی و دو موضوع اقتصادی و زیست محیطی در جهت تخصیص پایدار آب برای دستیابی به منافع اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی استفاده نمودند. استفاده از تکنیک های برنامه ریزی نشان از اختصاص ۸۳ درصد از منابع آبی به نیازمندی های زیست محیطی حوضه دارد.

آشفته و بزرگ حداد (۱۳۹۴) ارزیابی های بر پایه ریسک نیاز آبی محصولات تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل های AOGCM انجام داده و بیان نموده اند که آثار تغییر اقلیم بر نیاز آبی مشخص است. ایشان سناریوهای تغییر اقلیم متغیرهای اقلیمی را تولید نمودند و بررسی ها نشان داد حجم تقاضای آبی بر اساس سطح زیر کشت فعلی برای محصولات افزایش یافته و ریسک تغییرات نیاز آبی نیز افزایش می یابد. Bozorg Haddad و همکاران (۲۰۱۶) یک روش بهینه سازی احتمالاتی را برای برآورد تمایل کشاورزان به پرداخت هزینه آب برای جلوگیری از کمبود آب ارائه نموده و بیان داشته اند که افزایش قابلیت اطمینان آب آبیاری؛ هزینه های ذخیره سازی و قیمت آبی که کشاورزان باید پرداخت نمایند را افزایش می دهد و ارزیابی تمایل کشاورزان به پرداخت هزینه آب، کلید تعیین قابلیت اطمینان از آب آبیاری قابل دسترس است. نتایج نشان داد در شرایط عدم کمبود آب، هزینه پایین آب هیچ اثری بر استفاده از آب ندارد. در شرایط کمبود آب، کشاورزان به منظور کاهش مصرف آب و هزینه آن، از سیستم های آبیاری با راندمان بالا استفاده می نمایند و الگوی کشت موجود را به الگوی کشت محصولات با نیاز آبی پایین تر تغییر می دهند.

## ۲-۴ پژوهش های مرتبط با مدل سازی و شبیه سازی آب زیرزمینی

مدل سازی عددی جریان آب زیرزمینی به یک ابزار ارزشمند برای مدیریت صحیح سیستم های آب زیرزمینی تبدیل شده است (Sedki و Ouazar، ۲۰۱۱؛ Manghi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Dong و همکاران، ۲۰۱۲؛ Xu و همکاران، ۲۰۱۲). بخصوص برای ارزیابی تأثیر فعالیت های موجود و آینده در منابع آب های زیرزمینی بسیار کاربرد دارد (Huang و همکاران، ۲۰۰۸). مدل سازی رفتار آب زیرزمینی جهت

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

پیش بینی سطح ایستابی یا بهینه سازی منابع آب زیرزمینی سیستم آبخوان توسط پژوهشگران مختلفی انجام شده است.

Wang و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تلفیق مدل MODFLOW تحت MAPGIS و برنامه سامانه اطلاعات جغرافیایی، وضعیت آبخوان دشتی واقع در شمال چین را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از سامانه اطلاعات جغرافیایی جهت ایجاد لایه های ورودی مدل استفاده گردیده و در بیان آب زیرزمینی دشت مذکور برای بازه زمانی یکساله ۲۰۰۳-۲۰۰۲ تهیه نمودند. نتایج این پژوهش بیانگر بیان منفی و وضعیت بحرانی منابع آب زیرزمینی این دشت می باشد و عامل این وضعیت نابسامان را بهره برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی معرفی نمودند.

Holman و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از مدل های استوکاستیکی و تعینی، اثر تغییر اقلیم را بر روی پتانسیل تغذیه آب های زیرزمینی منطقه ای در انگلستان با هدف بهبود شیوه های مدیریت بر این منابع بررسی نمودند. بر اساس نتایج حاصله، آنها توصیه نمودند که مدل سازی استوکاستیکی در سامانه های آب زیرزمینی حساس از قابلیت بالاتری برخوردار می باشد.

Lachall و همکاران (۲۰۱۲) کاربرد مدل سه بعدی جریان آب زیرزمینی در مناطق نیمه خشک با استفاده از MODFLOW را در یکی از آبخوان های کشور تونس مورد بررسی قرار دادند و این مدل را به عنوان یک ابزار مفید برای شبیه سازی و تحلیل فرآیندهای هیدرولوژیکی برای سفره های آب زیرزمینی پیچیده و ارائه برنامه مدیریتی در آبخوان ها معرفی نمودند.

Xu و همکاران (۲۰۱۲) مدل سازی دینامیک آب زیرزمینی با استفاده از مدل MODFLOW در آبخوان های با سطح ایستابی کم توسط را به انجام رساندند. نتایج شبیه سازی، سودمندی و قابلیت کاربردی این مدل توسعه یافته را با بسته نرم افزاری SWAP<sup>۱</sup> در مدل سازی آب زیرزمینی تأیید نمود.

Sefelnasr و همکاران (۲۰۱۵) شبیه سازی سناریوهای مدیریت آب زیرزمینی در آبخوان مورد مطالعه و نیز پیش بینی تأثیرات محیطی بر شرایط بهره برداری کنونی و آتی در کل سیستم را با استفاده از مدل جریان آب زیرزمینی سه بعدی توسعه بخشیده و اقتصادی ترین سناریوی بهره برداری را تا سال ۲۱۰۰ پیشنهاد نمودند.

کتیبه و حافظی (۱۳۸۳) با استفاده از مدل MODFLOW به بررسی مدیریت بهره برداری از آب های زیرزمینی و ارزیابی عملکرد طرح تغذیه مصنوعی دشت آب باریک بم پرداختند. شبیه سازی آبخوان مؤید آن است که روند افت سطح ایستابی، به رغم تغذیه مصنوعی کماکان ادامه دارد به طوری که در دوره ۳۰ ساله (۸۳-۱۳۸۲) میزان افت در حدود ۱۸ متر بوده است.

<sup>1</sup>. Source Water Assessment Program

فضل اولی و همکاران (۱۳۸۵) تأثیر پخش سیلاب را در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی دشت موسیان استان ایلام با استفاده از مدل MODFLOW مورد ارزیابی قرار دادند. شبیه سازی آبخوان تا سال ۱۴۰۰ نشان داد که آبخوان مذکور با وجود انجام عملیات پخش سیلاب، همچنان با افت سطح ایستابی مواجه خواهد بود. همچنین نتایج حاصل از آزمون تحلیل حساسیت مبین تأثیرگذاری بسیار زیاد عامل تغذیه بر نوسانات سطح ایستابی است.

عطایی زاده و چیت سازان (۱۳۸۸) با استفاده از مدل MODFLOW به بررسی اثر خشک سالی بر میزان ذخیره آبخوان دشت میداود پرداختند. به منظور تبیین اثر خشکسالی سال آبی ۸۶-۸۷، ذخیره آبخوان، اطلاعات اقلیمی و هیدرولوژیکی این سال به عنوان ورودی به مدل معرفی گردید و پس از مدل سازی، میزان ذخیره و بیلان آبخوان محاسبه گردید و مشاهده شد که ذخیره آبخوان از مقدار ۶۱۲ میلیون متر مکعب در سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ به میزان ۵۹۱/۶ میلیون مترمکعب در سال آبی ۸۷-۱۳۸۶ تقلیل یافته است.

فاتحی مرج و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی اثرات خشکسالی بر وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت گربایگان و ارائه راه کارهای مدیریتی با استفاده از مدل ریاضی MODFLOW پرداختند. در این تحقیق ۴ سناریو شامل ترسالی، وضعیت نرمال، خشکسالی متوسط و خشکسالی شدید مورد توجه قرار گرفت. نتایج بر اساس هیدروگراف آبخوان نشان می دهد که بیلان آب زیرزمینی تا سال ۱۳۷۵ مثبت بوده به طوری که در سال ۱۳۷۲ میزان ذخیره به مقدار ۶ میلیون متر مکعب افزایش یافته است. حال آن که از سال ۱۳۷۶ ذخیره آبخوان کاهش یافته و در سال ۱۳۸۵ کمبود ذخیره به حداکثر مقدار خود به میزان ۲/۲۷- میلیون متر مکعب رسیده است. همچنین پیش بینی بیلان آب زیرزمینی نشان می دهد که با تغییر سناریو از حالت ترسالی به خشکسالی شدید میزان ذخیره نیز به ترتیب بین ۱/۷- تا ۲/۲۷- تغییر و در این راستا تراز آب زیرزمینی هم در شرایط مختلف خشکسالی تغییر خواهد کرد و در مناطق با تراکم بیش تر چاه های بهره برداری، افت بیش تری رقم خواهد خورد.

چیت سازان و همکاران (۱۳۹۱)، مدیریت کمی و کیفی آبخوان دشت رامهرمز با استفاده از مدل ریاضی در MODFLOW به انجام رساندند و نتایج حاصل از بیلان مدل کمی تحت سناریوهای مدیریتی مختلف نشان داد که آبخوان قابلیت تحمل تنش های شدید را داراست و با مدیریت صحیح می توان از آب آبخوان جهت توسعه کشاورزی منطقه استفاده کرد. از نظر کیفی نیز آبخوان در مرحله گذر از خط ۵۰ درصد آلودگی است که با توجه به سناریوهای مختلف و با برنامه ریزی مناسب می توان طی طولانی مدت آبخوان را پاکیزه کرد.

Moosavi و همکاران (۲۰۱۴) بهینه سازی موزجک ANFIS و ANN با استفاده از روش تاگوچی را برای پیش بینی سطح آب زیرزمینی در دو زیر حوضه در مشهد انجام داده و ساختارهای بهینه را برای هر

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

دو مدل تعیین نمودند. آزمایش های تأیید شده با استفاده از ساختار بهینه تولید شد و به این نتیجه رسیدند که بهترین مدل ANFIS از بهترین مدل ANN بهتر و مناسب تر است.

## ۵-۲ پژوهش های مرتبط با اثرات تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی

Yu و همکاران (۲۰۰۲) اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب جنوب تایوان به وسیله مورد بررسی قرار دادند. به منظور تولید متغیرهای اقلیمی آتی از خروجی شبیه های تولید کننده آب و هوا استفاده شد. در این تحقیق با استفاده از آزمون من کندال روند متغیرهای اقلیمی و با ماتریس احتمال انتقال، رخداد بارندگی روزانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان از وجود روند افزایشی در دما، میزان بارندگی در ماه های ژانویه تا مه و افزایش احتمال انتقال روزهای خشک به روزهای خشک دارند. همچنین وجود روند کاهشی در تعداد روزهای تر در ژوئن تا دسامبر و کاهش این احتمال برای انتقال روزهای تر به روزهای تر دیده شد. در ادامه با فرض عدم تغییر روند و واریانس در داده های گذشته و آینده، داده های دما برای دوره های آتی بر اساس روش اتورگرسیون درجه اول تهیه و با استفاده از توزیع ویبول شبیه تولید داده های بارندگی تهیه شد. نتایج معرف داده های تولید شده بارندگی به مدل شبیه سازی جریان نشان از افزایش رواناب به میزان ۲۶ درصد در فصل های تر و کاهش آن به میزان ۲۱ درصد در فصل های خشک دارد.

Panda و همکاران (۲۰۰۷) روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در منطقه ای در هند را بررسی نمودند. نتایج تحقیق آنان نشان داد که افت سطح آب به علت کمبود باران در طول سال های خشک، دمای بالا و دخالت بشری نتوانسته در سال های مرطوب با تغذیه این افت را جبران کند.

Lorena و همکاران (۲۰۱۰) به ارزیابی منابع آب حوضه اوکلاهما تحت سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از یک شبیه هیدرولیکی کاملاً توزیعی پرداختند. شبیه هیدرولوژیکی برای شرایط فعلی و همچنین تحت سناریوهای تغییرات اقلیمی تولید شده به کار گرفته شد. شبیه سازی های آب شناسی نشان دادند که جریان و تبخیر واکنش های متفاوتی نسبت به تغییرات بارش از خود نشان می دهند. روندهای مثبت در بارش باعث افزایش منابع سطحی و زیرزمینی می شود در حالی که به دلیل رطوبت خاک در حوضه، بارش تأثیر کمی بر تبخیر می گذارد. مقایسه اثرات روند بارش بر منابع آب زیرزمینی و سطحی نشان داد که افزایش منابع آب سطحی سه برابر بیشتر از منابع زیرزمینی است که بیانگر تأثیرات کمتر سامانه آب زیرزمینی در تغییرات اقلیمی است.

Acharya و همکاران (۲۰۱۱) ارزیابی کمی اثرات تغییر اقلیم بر آب شناسی حوضه رود پلات<sup>۱</sup>، در وایومینگ<sup>۱</sup> را انجام دادند. این پژوهش به ارزیابی موجودیت بلند مدت آب رود پلات و توسعه

<sup>۱</sup>. Platte

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

پیش‌بینی‌های جریان تحت شرایط تغییر اقلیم می‌پردازد. جریان سالانه شبیه‌سازی شده برای دوره‌های آبی بین ۲۰ تا ۶۲ درصد نسبت به دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰) تغییر می‌کند. شبیه‌سازی‌ها نشان می‌دهند که ماه‌های مرطوب مرطوب‌تر و ماه‌های خشک خشک‌تر می‌شوند.

Timothy و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر تغییر جهانی اقلیم بر ابعاد کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و هیدرولوژی زیرسطحی بیان داشتند که شدت و فراوانی دوره‌های خشک آینده در ترکیب با دوره‌های گرم شدن، بایستی در مفاهیم منابع آب زیرزمینی که در مقیاس زمان و مکان دارای عدم‌یقین هستند مدنظر قرار گیرد و تحقیقات بیشتر برای بهبود دانسته‌های ما نسبت به رفتارهای به‌هم‌پیوسته اقلیم و آب زیرزمینی مورد نیاز است.

Riasat و همکاران (۲۰۱۲) تأثیرات پتانسیل تغییر اقلیم بر روی منابع آب زیرزمینی در استرالیا را مورد ارزیابی قرار دادند. کاهش بارندگی از حدود سال ۱۹۷۵ و افزایش بهره‌برداری منجر به کاهش سطح برخی از آبخوان‌های زیرزمینی شده و گستره و سلامت اکوسیستم‌های وابسته به آب زیرزمینی کاهش یافته‌اند.

Waibel و همکاران (۲۰۱۳)، تغییرپذیری مکانی پاسخ سیستم‌های آبخوان به تغییرات اقلیمی در حوضه آبخیز Deschutes را برای پیش‌برد فرآیند هیدرولوژیکی سطحی و مدل‌های جریان آب زیرزمینی مورد بررسی قرار دادند و تحلیل داده‌های هیدرولوژیکی و اقلیمی تاریخی و مطالعات مدل‌سازی نشان می‌دهد که آب زیرزمینی در تعیین پاسخ سیستم‌های رودخانه به تغییرات اقلیمی یک نقش کلیدی بازی می‌کند و پاسخ‌های آب زیرزمینی می‌تواند بسته به موقعیت و مقیاس مکانی سیستم‌های جریان و خصوصیات آبخوان آنها متغیر باشد.

Schönhart و همکاران (۲۰۱۶) تأثیرات تغییر اقلیم بر روی تولیدات کشاورزی و محیط‌زیست را در کشور اتریش مورد پژوهش قرار داده و نشان دادند که با سیاست‌های سازگار در محل سود ناخالص بالاتر است و افزایش بهره‌وری حاصل از تغییرات آب و هوایی منجر به بدتر شدن شرایط محیطی و کاهش غنای گونه‌های گیاهی است.

Shrestha و همکاران (۲۰۱۶) تأثیرات تغییر اقلیم را بر روی منابع آب زیرزمینی در دلتای Mekong در کشور ویتنام مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که در آینده میانگین سالانه دما ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و تا پایان قرن ۲۱ افزایش ۴/۵ درجه‌ای دما تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 پیش‌بینی شده است. بارش در آینده در فصل مرطوب افزایش و در فصل خشک کاهش می‌یابد. میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی و در نتیجه سطح آب‌های زیرزمینی و ذخیره‌سازی نیز در کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت کاهش می‌یابد.

<sup>1</sup>. Wyoming

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

کارآموز و همکاران (۱۳۹۰) ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی را در یک مطالعه موردی در دشت رفسنجان به انجام رساندند. به منظور ارزیابی اثرات تغییر اقلیم از خروجی مدل‌های گردش عمومی GCM جو استفاده گردید و ریزمقیاس سازی متغیرهای اقلیمی در مطالعات توسط مدل LARS-WG انجام گرفت.

Farzaneh و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جریان رورخانه‌ای، از داده‌های مشاهداتی ۱۹۹۰-۱۹۶۱ ایستگاه سینوپتیک شهر کرد استفاده نمودند. از بین مدل‌های تغییر اقلیم، خروجی مدل HadCM3 دارای بیشترین و مناسب‌ترین همبستگی با داده‌های مشاهداتی را داشته و بر اساس نتایج آن بیان داشتند که تغییر اقلیم اثرات نامطلوبی را بر هیدرولوژی و منابع آب حوضه دارد.

آشفته و بزرگ حداد (۱۳۹۲) ارزیابی آثار تغییر آب و هوا بر دبی رودخانه را با رویکردی احتمالاتی انجام داده و مدل HadCM3 را تحت سناریوی A2 به کار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که متوسط رواناب سالانه بلند مدت در سه دوره آتی نسبت به دوره پایه کاهش می‌یابد. به رغم کاهش حجم کل رواناب در دوره های آتی نسبت به دوره پایه، این کاهش به جریان‌های متوسط و زیاد مرتبط گردیده و در جریان‌های کم، حجم کل رواناب سه دوره آتی نسبت به دوره پایه به ترتیب ۴۷، ۴۱ و ۱۴ درصد افزایش می‌یابد.

آشفته و بزرگ حداد (۱۳۹۲(۱)) تأثیر تغییر اقلیم بر شاخص‌های عملکرد مخازن در تأمین آب آبیاری با هدف بهره‌برداری بهینه از مخزن سد و تأمین آب برای مصارف کشاورزی و محیط‌زیست را مورد پژوهش قرار دادند و تأثیر تغییر اقلیم بر روی حجم آب ورودی به سد و حجم تقاضای آب پایین دست، با بررسی سه سناریوی تغییر اقلیم در حوضه آبخیزی در آذربایجان شرقی بررسی گردید. کمینه‌سازی مجموع مربعات کمبودها در تخصیص به این اهداف برای هر ماه و سناریوی تغییر اقلیم با استفاده از نرم افزار LINGO (الگوریتم برنامه‌ریزی غیرخطی) تعیین شد و نتایج نشان داد که شاخص‌های مورد ارزیابی دارای تغییر قابل توجهی می‌باشند.

کوهی و ثنائی‌نژاد (۱۳۹۲) بررسی مقایسه‌ای سناریوهای تغییر اقلیم را برای متغیر تبخیر-تعرق در ارومیه انجام داد و تبخیر و تعرق کنونی را با شرایط آتی و وقوع تغییر اقلیم مقایسه نمودند. برای دهه‌های آتی خروجی های مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 توسط SDSM و سناریوی A2 با استفاده از مدل LARS-WG را مورد استفاده قرار دادند. نتایج نشان داد که در دوره ۱۹۶۱-۱۹۹۰ این متغیر دارای روند نزولی بوده است اما میانگین افزایش مقدار تبخیر-تعرق حاصل از دو سناریو طی ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ نسبت به دوره پایه با استفاده از SDSM به ترتیب ۰/۴٪، ۰/۷٪ و ۰/۱۲٪ و در مدل LARS-WG در سناریوی A2 به میزان ۰/۳٪، ۰/۷٪ و ۰/۱۴٪ به دست آمده است.



طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) اثرات ناشی از تغییر اقلیم روی دما، بارندگی و رواناب در حوضه آبخیز بارنیشابور را با استفاده از مدل HadCM3 تحت سه سناریوی A1B، A2 و B1 بررسی نمودند. ریزمقیاس سازی با استفاده از مدل LARS-WG انجام گرفته و هر سه سناریو نتایج تقریباً مشابهی مبنی بر کاهش بارش و افزایش تابش، دمای حداقل و دمای حداکثر در دوره‌های آتی نشان دادند. نتایج حاصل از سناریوی A2 حاکی از افزایش میانگین دمای حداکثر و حداقل تقریباً به صورت یکسان و به میزان ۱/۱، ۳/۲ و ۴/۶ درجه سانتی‌گراد، افزایش تابش به میزان ۰/۷، ۰/۳۰ و ۰/۳۳ میلی ژول در متر مربع در روز و کاهش بارش به میزان ۱۶/۴، ۱۷/۶ و ۳۱/۹ درصد به ترتیب در دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره پایه ۱۹۷۱-۲۰۱۰ بوده است.

Gohari و همکاران (۲۰۱۳) اثرات تغییر اقلیم را بر تولید ۴ محصول عمده کشاورزی در حوضه آبخیز زاینده رود مورد ارزیابی قرار دادند. در دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۴ تحت شرایط تغییر اقلیم دمای ماهانه افزایش و بارش ماهانه در برخی ماه‌ها کاهش و برخی افزایشی گزارش گردید. در این شرایط انتظار می‌رود تولید محصولات کشاورزی برای همه محصولات کاهش یابد و محصولات با نیاز آبی بالاتر، بیشتر تحت اثر تغییر اقلیم قرار می‌گیرند.

منصوری و همکاران (۱۳۹۳) آثار ناشی از تغییر اقلیم را بر دما، بارندگی و رواناب در دوره‌های آتی با کمک مدل LARS-WG و مدل مفهومی هیدرولوژیکی SWAT در حوضه زرنینه رود مورد ارزیابی قرار دادند. میانگین نتایج مدل LARS-WG نشان داد که متوسط ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر در دوره ۲۰۱۵-۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. همچنین متوسط ماهانه بارندگی در فصل بهار کاهش یافته در حالی که به مقدار آن در فصل‌های تابستان و پاییز افزوده خواهد شد. این نتایج نشان داد که در دوره آتی نه تنها در مقدار بارش بلکه در الگوی بارش نیز تغییراتی رخ خواهد داد.

آخونی پورحسینی و همکاران (۱۳۹۴) اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیر زمینی دشت اردبیل را مورد ارزیابی قرار دادند. بدین منظور از داده‌های ثبت شده سه حلقه چاه پیزومتری طی دوره ۲۰۰۶-۱۹۸۷ استفاده گردید. جهت پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی آینده از سناریوهای مدل اقلیمی HadCM3 بهره گرفته شد. نتایج حاصله، بیانگر افت سطح آب کلیه چاه‌های پیزومتری مورد مطالعه تحت هر سه سناریو تغییر اقلیم برای دوره‌های آتی می‌باشد.

Zareian و همکاران (۲۰۱۵) اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم را بر حوضه آبخیز زاینده رود ارزیابی نموده و نشان دادند دمای سالانه این حوضه از ۰/۵۹ تا ۱/۳۴ درجه سانتی‌گراد در آینده نزدیک و ۱/۰۲ تا ۲/۵۳ درجه در آینده دور افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش دمای فصلی در تابستان اتفاق می‌افتد. در این دوره‌ها تغییرات بارش از ۱/۷۸ تا ۲۰/۷۸- درصد و ۱۴/۳۵- تا ۳۲/۸۲ درصد برآورد شده است و بیشترین

کاهش بارش در زمستان مشاهده می شود. این پژوهش همچنین نشان داده است که حوضه با یک کمبود آب اساسی تحت اثر تغییر اقلیم مواجه خواهد شد.

Ashofteh و همکاران (۲۰۱۶) عملکرد مدل گردش عمومی جو اقیانوس که جامع ترین ابزار برای تولید سناریوهای آب و هوایی و پیش بینی های هیدرولوژیکی است را ارزیابی نموده و سناریوهای احتمالی دما و بارش در دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰) برای حوضه آیدوغموش آذربایجان شرقی، برآورد نمودند. نتایج نشان می دهد مدل های هیبرید و HadCM3 با ضرایب همبستگی ۰.۹۱٪ خروجی های قابل اطمینانی را ارائه می دهند.

Ashofteh و همکاران (۲۰۱۶(۲)) به تحلیل روند بلند مدت و تغییرات ناگهانی در متغیرهای هیدرواقليمی مانند رواناب در حوضه آیدوغموش ایران در دوره ۱۹۷۱-۲۰۰۰ با استفاده از آزمون ناپارامتریک من کندل پرداختند. نتایج نشان داد که با سطح اطمینان ۰.۹۹٪ میزان بارش سالانه و کل رواناب دارای روند کاهشی و دما روندی افزایشی دارد. تغییرات ناگهانی شیب در منحنی تجمعی در سال ۱۹۸۸ نشان داد که رابطه بین متغیرهای آب و هوایی و رواناب توسط فعالیت های انسانی (استفاده از آب کشاورزی) تحت تأثیر قرار گرفته است. همچنین متغیرهای اقلیمی و فعالیت های انسانی به ترتیب سبب کاهش ۷۹ و ۲۱ درصدی میزان رواناب در حوضه مورد مطالعه گردیده اند.

نتایج تحقیقات در زمینه ارزیابی اثرات نشان می دهد که در بیشتر آنها وضعیت سامانه تحت تأثیر تغییر اقلیم از دیدگاه آب شناسی یعنی تنها با بررسی توزیع احتمالاتی متغیر مورد نظر و آن هم برای توزیع های محدود مورد توجه قرار گرفته است. حال آنکه برای برنامه ریزان منابع آب ضروری است که علاوه بر معلوم بودن وضعیت توزیع های مختلف احتمالاتی سامانه مورد نظر در هر ماه (دیدگاه آب شناسان) همبستگی گروه های زمانی وضعیت سامانه تحت تأثیر شرایط تغییر اقلیم از طریق احتمال انتقال جریان نیز مورد بررسی قرار گیرد.

## ۲-۶ جمع بندی

در یک جمع بندی کلی می توان گفت که در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب پژوهش های مختلفی در ایران و سایر کشورها انجام شده است اما در خصوص بیلان آب زیرزمینی و مدل سازی بیلان در شرایط تغییر اقلیم پژوهش زیادی صورت نگرفته است. از طرفی فرموله نمودن شرایط پیچیده حاکم بر اکوسیستم های طبیعی به منظور بهینه سازی مدیریت منابع آب زیرزمینی و پیش بینی تأثیرات زیست محیطی سناریوهای مدیریتی و ضرورت تعیین اقتصادی ترین سناریوی پیشنهادی یک الزام مورد تأکید است که بتواند علاوه بر حفظ پایداری سیستم های طبیعی، بیشینه سازی سوددهی منابع در جهت حفظ منافع بهره برداران را مدنظر قرار دهد. بعلاوه به منظور بهینه سازی استحصال با لحاظ محدودیت های مرتبط با

بهره‌برداران و مقایسه شرایط بهینه در وضعیت فعلی و شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی نیز بعد دیگری از نگاه جامع مدیریتی بر موضوع بیلان آب زیرزمینی است و این پژوهش با نگاه دقیق مدیریتی به این مقوله، سناریوهای مختلف را مورد کنکاش علمی قرار داده است. پژوهش‌های انجام شده توسط پژوهشگران مختلف نشان دهنده آنست که هر کدام به بررسی یک موضوع خاص از وضعیت منابع آب مانند بیشینه‌سازی سود دهی محصولات کشاورزی، مدل‌سازی تغییرات آب زیرزمینی، بررسی وضعیت و میزان تغییر اقلیم پرداخته‌اند. اما در این پژوهش علاوه بر تحلیل روند تغییرات سطح آب زیرزمینی در وضعیت کنونی به بررسی این تغییرات در آینده پرداخته است. بررسی وضعیت تغییر اقلیم و اثرات آن بر میزان آب مورد نیاز بخش کشاورزی در دهه‌های آتی و نیز تغییرات تراز آب زیرزمینی حاصل از این استحصال از جمله موارد با اهمیتی است که در این پژوهش به صورت کاملاً دقیق به آن پرداخته شده است که در پژوهش‌های پیش گفته دیده نمی‌شود.

در مجموع به‌رغم پذیرش تأثیر تغییر اقلیم بر چرخه هیدرولوژی و عواقب آن در حجم آب قابل استحصال و اثرات آن بر تولیدات کشاورزی به عنوان اجزای به هم مرتبط اکوسیستم، تاکنون ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و میزان آسیب‌پذیری ناشی از آن بر وضعیت منابع آب زیرزمینی و آب در دسترس در کشور مورد توجه کافی قرار نگرفته است. از طرف دیگر با توجه به لزوم سازگاری با تغییر اقلیم در بخش‌های مختلف و بویژه مسائل اقتصادی-اجتماعی، ارزیابی‌های کمی از میزان تأثیرپذیری این مسائل در شرایط تغییر اقلیم ارائه نشده است. لذا لازم است تحقیقاتی در خصوص کمی کردن اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب و بویژه منابع آب زیرزمینی و حجم آب قابل استحصال انجام شود که بتوان با شناخت اثرات، شیوه مدیریت بر منابع در دسترس و نیز برنامه‌ریزی‌های مدیریتی سازگار با شرایط آینده در راستای کاهش زیان‌ها را در دستور کار تصمیم‌گیران قرار داد.

## فصل سوم مواد و روش‌ها

Archive of SID

## ۳ مواد و روش‌ها

### ۳-۱ مقدمه

ارزیابی مسائل مدیریتی در خصوص منابع آب زیرزمینی در کشور با چالش‌هایی همچون عدم دستیابی به داده‌ها و اطلاعات دقیق در خصوص دشت و شرایط هیدروژئولوژی آبخوان همراه است اما ضرورت شناخت آبخوان‌ها، اهمیت ورود به تحقیقات در شرایط کنونی و بررسی وضعیت آنها در دهه‌های آتی را با توجه به تغییرات اقلیمی پیش رو، را دو چندان می‌نماید. در این بخش ابتدا به منطقه مورد مطالعه و مشخصات اصلی مورد نیاز در تحقیق و سپس به روش کار مورد استفاده در کاربرد برنامه‌ریزی خطی و سپس مدل‌سازی و اعمال نتایج خروجی سناریوهای تغییر اقلیم در دستیابی به اهداف تحقیق پرداخته خواهد شد.

### ۳-۲ منطقه مورد مطالعه

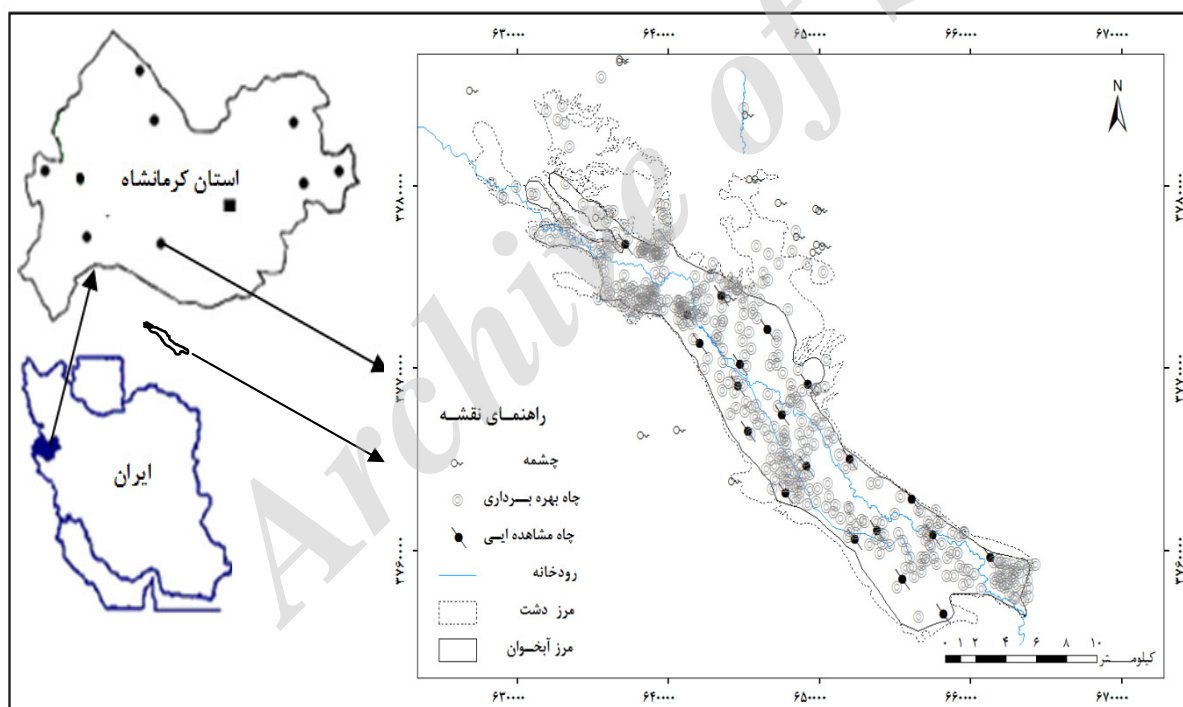
#### ۳-۲-۱ موقعیت جغرافیایی

منطقه مورد مطالعه دشت اسلام‌آباد، در حوضه آبریز سیمره و کرخه علیا در جنوب غربی استان کرمانشاه در محدوده  $15^{\circ} 46'$  تا  $47^{\circ} 46'$  طول شرقی و  $24^{\circ} 33'$  تا  $20^{\circ} 34'$  عرض شمالی واقع شده است. وسعت حوضه و دشت حدود ۸۵۵ کیلومتر مربع است که ۷۶ درصد آن را (معادل ۶۵۰ کیلومتر مربع) نواحی کوهستانی و ۲۴ درصد بقیه (۲۰۵ کیلومتر مربع) را پهنه‌های دشت تشکیل می‌دهد. بلندترین نقطه ارتفاعی در ارتفاع ۲۳۴۲ متر و پست‌ترین نقطه با ارتفاع ۱۲۹۱ متر از سطح دریا در خروجی بستر رودخانه راوند در جنوب شرقی محدوده واقع شده است. راه‌های ارتباطی

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

کرمانشاه- ایلام، حمیل، سرپل ذهاب و راه‌های روستائی دسترسی به محدوده را امکان‌پذیر می‌سازد. وجود سرشاخه‌های پر آب رودخانه‌ها در گذشته موجب تراکم روستاها در این محدوده گردیده که با توجه به بارندگی مناسب و وجود اراضی و مراتع وسیع اهالی منطقه بیشتر به کشاورزی و دامداری اشتغال دارند.

در سال‌های اخیر به سبب وجود خشکسالی‌ها و کاهش شدید منابع آب سطحی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی این دشت حاصلخیز و با اهمیت، به‌طور فزاینده افزایش یافته و کاهش سطح ایستابی آبخوان منطقه را سبب گردیده است و این امر هر ساله تشدید می‌گردد. دسترسی مناسب، وجود ۵ حلقه چاه اکتشافی و حدود ۲۰ حلقه چاه مشاهده‌ای می‌تواند اطلاعات مفیدی را در زمینه شبیه‌سازی آبخوان منطقه، روند برنامه‌ریزی و مدیریت نوسانات سطح آب زیرزمینی در اختیار قرار دهد. لذا حوضه آبخیز دشت اسلام‌آباد به عنوان محدوده مطالعاتی مفید برای این پژوهش انتخاب گردید. شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی دشت اسلام‌آباد را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳ موقعیت جغرافیایی منطقه و منابع بهره‌برداری آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد

## ۲-۲-۳ هواشناسی

از نظر هواشناسی منطقه دارای اقلیم مدیترانه‌ای خشک تا خفیف و در بعضی نواحی شمالی نیمه‌مرطوب می‌باشد، محدوده تحت تاثیر جریان‌های باران‌زای مدیترانه‌ای قرار داشته از این رو از پوشش

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

گیاهی مناسبی برخوردار است. متوسط بارندگی سالانه محدوده بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی متر می باشد که در بعضی نواحی شمالی به ۷۵۰ میلی متر در سال می رسد. میانگین دمای سالانه محدوده حدود ۱۲ درجه سانتیگراد می باشد.

### ۳-۲-۳ هیدرولوژی

راوند رودخانه اصلی منطقه به شمار می آید، این رودخانه از پایین دست خسروآباد که رودخانه کوند وارد حوضه می شود شکل گرفته و با عبور از حاشیه اسلام آباد پس از پیوستن رودخانه چمبرز به آن از منتهی الیه جنوب شرقی محدوده خارج می شود. این رودخانه در ادامه مسیر به رودخانه آب چنار چرداول و سیمره پیوسته و سرانجام به رودخانه کرخه می ریزد. این رودخانه در دشت مورد بررسی بیش از یک دهه اخیر خشک و بی آب بوده و حتی رواناب های فصلی هم در آن جریان نیافته اند.

### ۳-۲-۴ چاه های اکتشافی و مشاهدهای

برای تحلیل وضعیت هیدروژئولوژی منطقه ۵ حلقه چاه اکتشافی و ۲۰ حلقه چاه مشاهدهای در منطقه حفر گردیده است. جدول ۱-۳ مشخصات جغرافیایی ۲۰ حلقه چاه مشاهدهای فعال دشت مورد مطالعه را نشان می دهد.

جدول ۱-۳ مشخصات جغرافیایی ۲۰ حلقه چاه مشاهدهای فعال دشت اسلام آباد

نام چاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	نام چاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
انتهای فرودگاه	۶۴۹۰۲۳	۳۷۶۹۰۳۸	۱۳۲۳/۱۴	سیاسیا شیخه	۶۴۹۰۷۷	۳۷۶۴۶۳۰	۱۳۱۹/۸۶
ابتدای فرودگاه	۶۴۶۵۰۱	۳۷۷۲۱۳۱	۱۳۲۳/۴	جنوب سیاسیا شیخه	۶۴۷۶۸۷	۳۷۶۳۱۶۰	۱۳۳۹/۵۴
ونانی	۶۴۴۶۹۸	۳۷۷۰۲۰۰	۱۳۲۲/۳۴	سیاسیا بیگ زاده	۶۵۲۲۷۳	۳۷۶۰۶۰۲	۱۳۲۰
مقابل میدان بار	۶۴۲۹۹۹	۳۷۷۴۶۷۴	۱۳۲۹/۱۱	چقا کبود	۶۵۳۷۶۲	۳۷۶۱۰۹۵	۱۳۱۹/۳۳
سیلو	۶۳۷۱۰۸	۳۷۷۶۸۰۰	۱۳۴۱/۲۹	چقا چنگا علیا	۶۵۷۴۴۱	۳۷۶۰۸۳۹	۱۳۰۸/۸۷
برف آباد علیا	۶۴۱۱۷۸	۳۷۷۲۹۴۶	۱۳۲۹/۸۵	منصور آباد	۶۵۵۴۱۹	۳۷۵۸۴۲۳	۱۳۲۳/۰۱
بین برف آباد علیا و سفلی	۶۴۱۹۹۸	۳۷۷۱۳۴۰	۱۳۲۷/۶۱	چشمه سنگی	۶۵۸۱۵۹	۳۷۵۶۵۲۳	۱۳۱۴/۴۵
چقا گل	۶۴۴۵۵۳	۳۷۶۹۰۲۷	۱۳۲۶/۶۶	کله جوب	۶۵۱۹۵۷	۳۷۶۴۹۹۰	۱۳۲۶/۰۶
بورگ	۶۴۷۴۴۷	۳۷۶۷۴۱۸	۱۳۲۱/۲۱	بدرگرد	۶۶۱۲۵۸	۳۷۵۹۵۸۸	۱۳۱۰/۵۷
جنوب بورگ	۶۴۵۱۹۲	۳۷۶۶۵۲۱	۱۳۴۷/۹۵	سرجاده چقا کبود	۶۵۶۰۳۰	۳۷۶۲۸۱۴	۱۳۲۶/۰۵

### ۳-۲-۵ زمین شناسی

این منطقه از نظر تقسیمات زمین شناسی ایران و از دیدگاه ساختاری طبق تقسیم بندی اشتوکلین (۱۳۵۵) و تقسیم بندی بربریان (۱۹۸۱) در پهنه زاگرس چین خورده جای گرفته است. قدمت کهن ترین سنگ های منطقه به اواخر کرتاسه و پالئوسن می رسد لیکن آهک و دولومیت سازندهای آسماری و شهبازان و نهشته ها و پادگانه های آبرفتی جوان کواترنری گسترده ترین واحدهای زمین شناسی منطقه می باشد. واحدهای گوناگون سنگی منطقه به ترتیب از قدیم به جدید دربرگیرنده سازند امیران (Am)، سازند تله زنگ (Tz)، سازند کشکان (Kn)، سازندهای آسماری و شهبازان تفکیک نشده (As-Sh)، گروه فارس (M)، نهشته ها و پادگانه های آبرفتی کهن کواترنری (Qt2)، نهشته ها و پادگانه های آبرفتی

جوان کواترنری (Qt2) و سنگ لغزش و ریزش (RS) می باشد. این منطقه از دیدگاه زمین ساختی نیز فعال بوده و به دلیل فعال بودن گسل های منطقه، پیرامون آن در گذشته نه چندان دور، شاهد زلزله های ویرانگری بوده است.

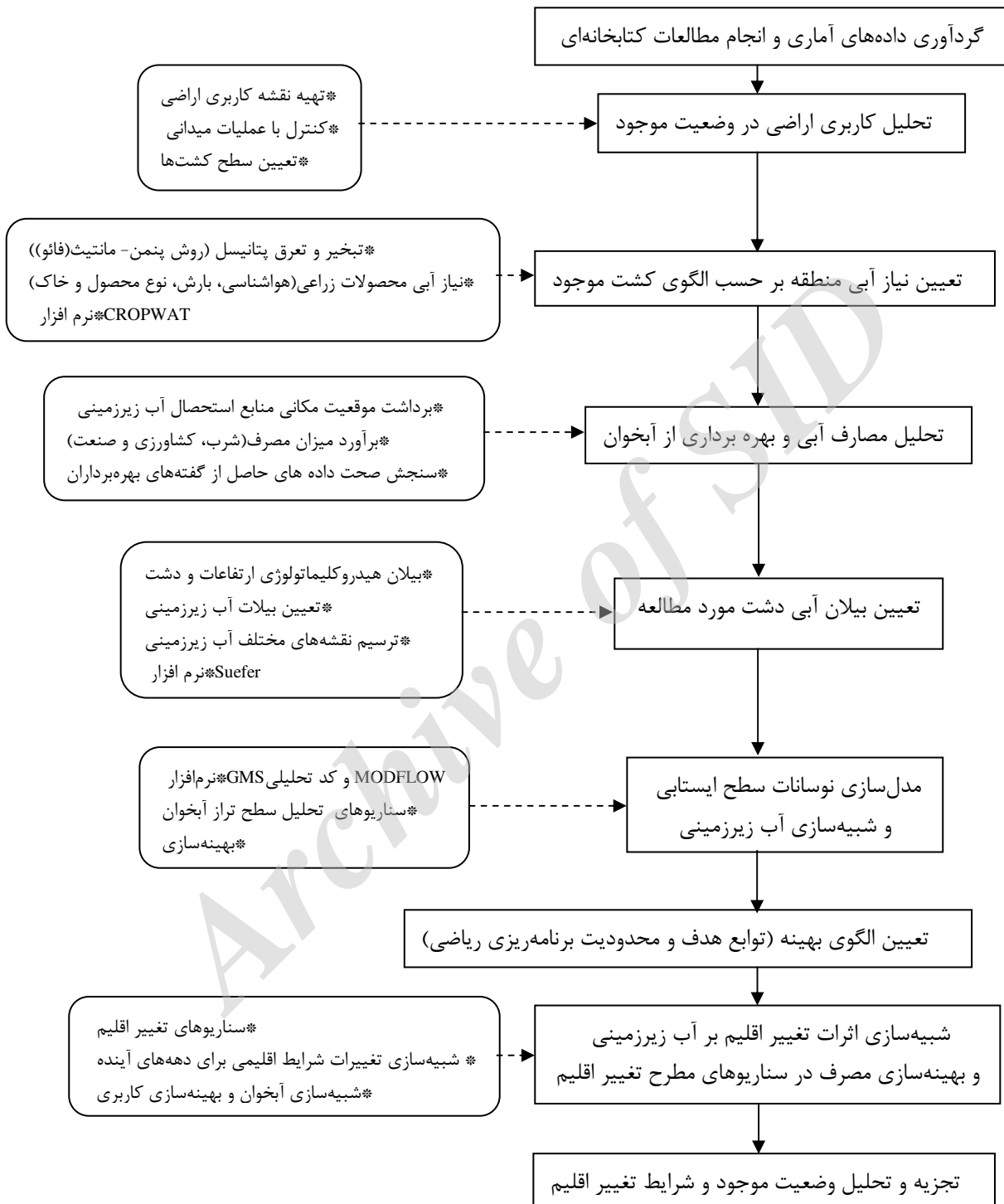
### ۳-۲-۶ هیدروژئولوژی منطقه

نتایج بدست آمده از چاه های اکتشافی، مشاهده ای و بهره برداری در دشت نشان دهنده افق های مشابه از رسوبات ریزدانه بوده که تا عمق نیز ادامه می یابد. واحدهای ریزدانه در محدوده طرح بیشتر از جنس رس، سیلت، مارن و واحدهای درشت دانه در حد شن و ماسه می باشد. ضخامت رسوبات آبرفتی در این دشت بین حداقل ۱۰ و حداکثر حدود ۱۸۰ متر در نوسان است. این رسوبات از نظر دانه بندی بسیار متنوع بوده و از رس و سیلت، شن و ماسه تا قلوه سنگ در آن دیده می شود. جنس سنگ کف در حفاری ها، متفاوت و بیشتر از جنس رس متراکم و نیز آهک می باشد. براساس نتایج بدست آمده از پمپاژ چاه های اکتشافی ضریب قابلیت انتقال آبخوان بین حداقل ۲۶۰ و حداکثر ۷۰۰ مترمربع در روز در نوسان است. متوسط ضریب ذخیره آبخوان ۳/۵ درصد و از ۰/۰۱ تا ۴ درصد تغییر می کند. سطح آب در حاشیه ارتفاعات حداکثر به حدود ۳۲ متر می رسد، به تدریج به سمت نواحی مرکزی از عمق برخورد به آب زیرزمینی کاسته شده به طوری که در مرکز دشت به حدود ۵ متر می رسد.



### ۳-۳ روش پژوهش

نمودار جریان‌ی روش انجام پژوهش در شکل ۳-۲ ارائه گردیده و در ادامه تشریح می‌گردد.



شکل ۳-۲ نمودار جریان‌ی روش انجام پژوهش

### ۳-۱-۳ گردآوری داده‌های آماری و انجام مطالعات کتابخانه‌ای

در این مرحله کلیه داده‌های آماری، اطلاعات و نتایج حاصل از پژوهش‌های انجام شده در منطقه گردآوری شد. کلیه آمار و اطلاعات چاه‌های اکتشافی و مشاهده‌ای و نیز نقشه‌های پایه منابع آب و زمین‌شناسی و پوشش گیاهی تهیه و اطلاعات توصیفی مربوط به آن ارزیابی شده و اطلاعات اصلاح و به‌روز گردید. در این بخش، از گزارش نهایی آماربرداری از منابع آب محدوده مطالعاتی اسلام‌آباد از آب منطقه‌ای استان کرمانشاه استفاده گردید. اطلاعات زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی، هواشناسی و فیزیوگرافی منطقه و نیز نقشه‌های پایه مربوط به موقعیت جغرافیایی دشت، محدوده‌های دشت و ارتفاعات تفکیک شده از گزارش‌های موجود در شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه استخراج گردید. نقشه‌های پایه توپوگرافی از سازمان جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه دریافت شد.

آمار و اطلاعات اقلیمی و داده‌های روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تعداد ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد غرب به منظور مدل‌سازی اقلیمی و ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه از اداره کل هواشناسی استان کرمانشاه دریافت گردید.

### ۳-۲-۳ تحلیل کاربری و استفاده از اراضی در وضعیت موجود

در این مرحله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده<sup>۱</sup> OLI ماهواره لندست (سال ۲۰۱۴)، نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش‌های طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان (SVM)<sup>۲</sup>، حداقل فاصله از میانگین (MD)<sup>۳</sup>، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)<sup>۴</sup>، فاصله ماحالانویی (MD)<sup>۵</sup>، نظارت شده بیشینه سازی احتمال (ML)<sup>۶</sup>، واگرایی اطلاعات طیفی (SID)<sup>۷</sup> و نقشه زاویه طیفی (SAM)<sup>۸</sup> تهیه گردید. به این منظور تعداد ۶۱۶ نمونه تعلیمی با استفاده از GPS تهیه شد. این نقشه با عملیات میدانی به صورت دقیق کنترل و اصلاح گشته و پراکنش کاربری‌ها در دشت مورد مطالعه به دست آمد و با استفاده از آن، مساحت کشت‌های مختلف در منطقه مطالعاتی تعیین گردید. به‌رغم دقت بالای نقشه تهیه شده، دقت مورد نظر برای تفکیک محصولات مختلف کشاورزی در این پژوهش حاصل نگردید. لذا با مراجعه به مراکز خدمات کشاورزی منطقه، اطلاعات بهره‌برداران دشت که در آن موقعیت مکانی کلیه قطعات اراضی زراعی کشاورزان به تفکیک تهیه گردیده است اخذ گردید و در برخی مناطق محدود نیز با عملیات میدانی و حضور در منطقه

<sup>۱</sup> . Operational Land Imager

<sup>۲</sup> . Support Vector Machine

<sup>۳</sup> . Minimum Distance to Mean

<sup>۴</sup> . Artificial Neural Network

<sup>۵</sup> . Mahalanobis Distance

<sup>۶</sup> . Maximum likelihood

<sup>۷</sup> . Spectral Information Divergence

<sup>۸</sup> . spectral Angle Mapping

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

و مراکز خدمات کشاورزی و نیز مصاحبه و تکمیل فرم‌ها و چک‌لیست تدوین شده برای بهنگام‌سازی و اصلاح داده‌ها، کاربری‌های کشاورزی به تفکیک آبی، دیم و باغات تفکیک و برای تحلیل حجم نیاز آبی میزان بهره‌برداری از منابع آب مورد استفاده قرار گرفت.

### ۳-۳-۳ تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود

در این بخش بر اساس ۱۴ محصول موجود در الگوی کشت منطقه، در دو بخش نیاز آبی محصولات مختلف تعیین گردید. بخش اول مربوط به محصولاتی است که پژوهش‌های مرتبط به نیاز آبی آنها در مراکز پژوهشی انجام شده است و از نتایج خروجی این پژوهش‌ها استفاده گردید. برای سایر محصولات نیز به این ترتیب عمل شد که پس از برآورد تبخیر و تعرق پتانسیل به روش پنمن-مانتیت (فائو)، نیاز آبی محصولات زراعی و باغی با استفاده از داده‌های هواشناسی، بارش، اطلاعات نوع محصول و خاک از طریق مدل نرم‌افزاری CROPWAT به دست آمد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۱). CROPWAT یک مدل تجربی مدیریت آبیاری است که توسط FAO<sup>۱</sup> برای محاسبه نیاز آبی محصولات مختلف با استفاده از داده‌های اقلیمی و داده‌های مربوط به محصول توسعه داده شد (Rosenzweig و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج این بخش برای تدقیق محاسبات میزان بهره‌برداری از منابع آب در راستای تعیین بیلان آبخوان دشت و نیز بهینه‌سازی سطح تخصیص اراضی به محصولات موجود در الگوی کشت در توابع محدودیت مورد استفاده قرار گرفت.

### ۳-۳-۴ تحلیل منابع آبی و تغذیه و تخلیه آبخوان در وضعیت موجود

منابع آبی در منطقه شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی است. تحلیل بلندمدت آبدهی رودخانه، وضعیت آبدهی آن را در ماه‌های مختلف نشان می‌دهد. آمار و اطلاعات نشان داد تنها رودخانه دائمی این منطقه در دهه اخیر خشک و بدون هر گونه جریان روانابی بوده است. منابع استحصال آب زیرزمینی موجود در منطقه شامل چشمه‌ها، قنات، و چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی، شرب و صنعت است که از طریق برداشت دقیق موقعیت مکانی با حضور در محل ثبت اطلاعات گردیدند. به منظور افزایش دقت و صحت نتایج استخراجی از مستندات اداری و پرونده‌های بهره‌برداری چاه‌های کشاورزی، همزمان با برداشت موقعیت مکانی نسبت به تکمیل پرسش‌نامه تدوین شده به صورت چهره به چهره برای کسب اطلاعات تکمیلی بهره‌برداری اقدام گردید. در این پرسش‌نامه سؤالاتی مدنظر بود که در آن به چند شیوه گفته‌های بهره‌برداران مورد سنجش قرار گرفت. این شیوه‌ها شامل ۱- اطلاعات مجوز بهره‌برداری چاه ۲- کسب اطلاعات مربوط به چاه، پمپ، قدرت موتور و آبدهی چاه، ۳- اطلاعات سطح زیر کشت، دور

<sup>1</sup>. Food and Agriculture Organization .

آبیاری، تعداد ساعت آبیاری و نوع محصول است. بدین صورت با اطمینان بالایی می توان گفت اطلاعات گردآوری شده نزدیک به واقعیت و قابل استناد است و لذا حجم آب استحصالی با دقت اندازه گیری و برآورد گردیده است.

**تعیین بیلان آبی دشت اسلام آباد:** برای کمی سازی تغذیه دشت، متغیرهای مختلف اقلیمی، هیدرولوژیکی، سازندهای زمین شناسی و نیز جزئیات مربوط به منابع آبی مختلف موجود در منطقه، مطالعه شده و بر اساس آن، محاسبات بیلان بر اساس متغیرهای ورودی و خروجی دشت صورت پذیرفت. معادله بیلان آب زیرزمینی بر اساس رابطه ۳-۱ محاسبه می شود:

$$\Delta V = Q_{in} + Q_p + Q_s + Q_i + Q_{sw} - (Q_{out} + Q_{ex} + Q_d + Q_{et}) \quad (1-3)$$

که در آن:

$Q_{in}$  = حجم جریان ورودی آب زیرزمینی به محدوده بیلان.

$Q_p$  = حجم آب مستقیم نفوذ یافته از ریزش های جوی.

$Q_r$  = حجم آب نفوذ یافته از جریان های سطحی.

$Q_i$  = حجم آب نفوذ یافته از برگشت کشاورزی به محدوده بیلان.

$Q_{sw}$  = حجم آب نفوذ یافته از پساب شهری و روستایی به محدوده بیلان.

$Q_{out}$  = حجم جریان خروجی آب زیرزمینی از محدوده بیلان.

$Q_{ex}$  = حجم آب تخلیه شده از آبخوان توسط چاه ها، چشمه ها و قنوات از محدوده بیلان.

$Q_d$  = حجم آب زهکشی شده از آبخوان.

$Q_{et}$  = حجم آب تبخیر شده از سفره آب زیرزمینی.

$\Delta V$  = تغییرات حجم ذخیره شده سفره آب زیرزمینی در محدوده بیلان.

**حجم جریان ورودی آب زیرزمینی به محدوده بیلان:** برای تعیین جریان ورودی زیرزمینی

به محدوده بیلان ( $Q_{in}$ )، طول جبهه های ورودی آب زیرزمینی و گرادیان هیدرولیکی از روی نقشه میانگین تراز درازمدت سطح آب استخراج شد. با توجه به موقعیت مکانی ۲۰ چاه پیزومتری موجود در دشت اسلام آباد و بررسی تغییرات ماهانه عمق آب زیرزمینی، از کسر میزان عمق آب هر چاه از ارتفاع سطح زمین در محل چاه پیزومتری، ارتفاع تراز آب زیرزمینی یا سطح ایزوپیز محاسبه گردید. سپس با استفاده از نرم افزار Surfer و به روش کریجینگ، خطوط هم ارتفاع آب زیرزمینی ترسیم گردید. خطوط جریان خطوط عمود بر خطوط هم تراز آب زیرزمینی هستند که در منطقه ترسیم گردیدند و بر این اساس مقاطع ورودی و خروجی در منطقه تعیین گردید. حال بر پایه معادله دارسی جهت محاسبه جریان ورودی از مقاطع مختلف، گرادیان هیدرولیک، عرض مقطع ورودی، ضریب قابلیت انتقال در مقطع مورد نظر ارزیابی شد و بر اساس رابطه ۳-۲ حجم جریان ورودی به دست آمد:

$$R = T.I.L.t \quad (2-3)$$

که در آن  $T$ ، ضریب قابلیت انتقال (متر مربع بر روز) است که از نتایج آزمایشات پمپاژ به دست می آید،  $a$ ، گرادیان هیدرولیکی (یک بر هزار)؛  $L$ ، طول مقطع جریان (کیلومتر) و  $t$  دوره بیلان برحسب روز است.

به منظور شناخت ضخامت آبرفت و همچنین تعیین ضرایب هیدرودینامیک (حاصل از آزمایشات پمپاژ)، از اطلاعات عمق و ضخامت لایه های مختلف چاه های اکتشافی و مشاهده ای منطقه، همچنین جنس و عمق سنگ کف استفاده گردید. در محدوده اسلام آباد غرب در مجموع تعداد ۵ حلقه چاه اکتشافی به همراه چاه های مشاهده ای مجاور، برای تعیین ضرایب هیدرودینامیک آبخوان حفر شده است.

**نفوذ مستقیم از ریزش های جوی ( $Q_p$ ):** مقادیر نفوذ از بارش مستقیم به آبخوان با بکارگیری روش فائو و استفاده از عوامل بارندگی، تبخیر و تعرق پتانسیل و درجه حرارت و طبق رابطه ۳-۳ به دست آمد:

$$R_p = 0.8 \times \sqrt{(R - C_i \log E)} \quad (3-3)$$

در این معادله  $R_p$ : میزان آب نفوذی که به طور مستقیم از بارش به آبخوان اضافه می گردد (میلی متر)،  $R$ : میزان بارندگی به میلی متر،  $C$ : ضریب ثابت متناسب با درجه حرارت،  $E$ : میزان تبخیر و تعرق پتانسیل به میلی متر است و ضریب متناسب با درجه حرارت از رابطه ۳-۴ بدست می آید:

$$C = 0.0008T^2 + 0.0773T + 0.9524 \quad (4-3)$$

که در آن،  $C$ : ضریب ثابت متناسب با درجه حرارت و  $T$ : متوسط دمای ماهانه به سانتی گراد است. **آب نفوذ یافته از جریان های سطحی ( $Q_f$ ):** برای محاسبه این پارامتر به این صورت عمل گردید که ابتدا بر اساس روش S.C.S حجم رواناب حاصل از ارتفاعات مشرف به محدوده بیلان محاسبه شد. با توجه به ویژگی های کاربری اراضی، عملیات حفاظتی، شیوه کاشت، شیب و گروه های هیدرولوژیکی و با استفاده از جدول Chow، شماره منحنی متوسط معادل با ۷۰ برآورد گردید. با توجه به متغیرهای شیب منطقه و نوع و تراکم پوشش گیاهی و بافت خاک در مناطق مختلف حدود ۷٪ از این میزان به آبخوان نفوذ می نماید.

**آب برگشتی از مصارف کشاورزی ( $Q_i$ )، صنعت و شرب:** در زمینه تخمین ضرایب جریان بازگشتی از مصارف اصلی (شرب، صنعت و کشاورزی) در سطح حوضه آبخیز تحقیقات اندکی صورت گرفته است. بر اساس نتایج تحقیقات در دشت های مختلف کشور، پژوهشگران نتایجی را ارائه نموده اند. درزی و همکاران (۱۳۸۵)، ضریب بازگشت به آب زیرزمینی را ۰/۲۵ تا ۰/۳۰؛ کریمی و اردکانیان (۱۳۸۵)، ۰/۲۵، و شرب و صنعت را ۰/۵؛ طالبی حسین آباد و همکاران (۱۳۹۰) بین ۰/۲ تا ۰/۳ و بازگشت آب شرب را بین ۰/۶۹ تا ۰/۸؛ سبز زاده و علی محمدی (۱۳۹۱)، ۰/۱۴۵، ترنجیان (۱۳۸۸)، برای آبیاری تحت فشار ۰/۱۵ و برای آبیاری غرقابی، نشتی و غیره ۰/۳؛ قاسمی (۱۳۸۹)، ۰/۳ و برای شرب و صنعت

۰/۷ و سند ملی آب ایران راندمان کاربرد آب در مزرعه را برای آبیاری ثقلی ۰/۴۸ و آب برگشتی را ۰/۲۴ پیشنهاد نموده است (کرامتی و همکاران، ۱۳۸۸).

در این پژوهش برای تخمین درصد آب برگشتی اراضی کشاورزی در منطقه، سطح آب زیرزمینی، بافت خاک، نوع و سیستم آبیاری، وجود و یا عدم وجود شبکه آبیاری و تغییرات سالانه تراز آب زیرزمینی در نظر گرفته شد. افت شدید سطح آب زیرزمینی تا حدود ۴۲ متری از سطح زمین، امکان تغذیه از طریق آب برگشتی را کاهش می‌دهد. در ابتدای دشت و نیز در خروجی دشت درصد آب برگشتی می‌تواند بیشتر باشد. در نیمه جنوبی دشت به دلیل بافت سنگین هدایت هیدرولیکی پایین است و به‌رغم وجود ۱۸۰ متر آبرفت در این محدوده، پتانسیل آبی و آبدهی چاه‌ها بسیار ضعیف است. در نیمه شمالی، امتداد لایه‌ها و تخلیه به سمت دشت بوده و در اطراف جاده اصلی و بویژه به سمت دامنه، هدایت هیدرولیکی و آبدهی مناسب است. به دلیل بافت نسبتاً درشت‌تر درصد آب برگشتی این مناطق بیشتر است. اما در کل منطقه به دلیل بافت سنگین و نیمه سنگین دریافت و تغذیه از آب برگشتی بسیار محدود است. آبدهی مناسب برخی از چاه‌ها به دلیل وجود سازندهای شهبازان و تغذیه از کف و از سازند سخت می‌باشد. با توجه به شرایط آبخوان و مقایسه آن با استانداردها و مقالات علمی چاپ شده در این زمینه توسط پژوهشگران مختلف، در محاسبات بیلان آب برگشتی صنعت و شرب ۶۵ درصد و در بخش کشاورزی ۲۰ درصد منظور گردید. این عدد حاصل بهره‌مندی از آمار و اطلاعات و نقشه‌های دقیق و چاه‌های اکتشافی و مطالعات ژئوفیزیک انجام شده در دشت و نیز بهره‌مندی از نظرات ارزشمند کارشناسان خبره استان در زمینه منابع آب زیرزمینی می‌باشد که در جلسات کارشناسی و فنی مورد ارزشیابی قرار گرفت.

**جریان خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان ( $Q_{out}$ ):** با توجه به نقشه ایزوپیز و رسم خطوط جریان در جهت عمود بر آن در محدوده بیلان تنها مسیر خروجی از دشت تعیین گردید و بر اساس معادله داری همانند جریان‌های ورودی محاسبات آن انجام پذیرفت.

**حجم آب تخلیه شده از آبخوان توسط چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوات از محدوده ( $Q_{ex}$ ):** منابع استحصال آب زیرزمینی موجود در منطقه شامل چشمه‌ها و چاه‌های بهره‌برداری کشاورزی و شرب و صنعت از طریق برداشت دقیق موقعیت مکانی با حضور در محل ثبت اطلاعات گردید. برای نیل به این هدف و مطابق بند "د" روش پژوهش، اطلاعات حاصل از گفتگوی مستقیم با بهره‌برداران به چند شیوه مورد راستی‌آزمایی قرار گرفت لذا با اطمینان بالایی اطلاعات گردآوری شده مربوط به تخلیه آبخوان قابل استناد، نزدیک به واقعیت و با حداقل خطا می‌باشد (جلیلی و همکاران، ۱۳۹۳).

**حجم آب زهکشی شده از آبخوان ( $Q_d$ ):** به دلیل برداشت بی‌رویه و توسعه بهره‌برداری از منابع و افت ناشی از آن و پائین بودن سطح آب زیرزمینی، این متغیر در سال‌های اخیر، صفر منظور گردید.

**حجم آب تبخیر شده از سفره آب زیرزمینی ( $Q_{et}$ ):** تبخیر از لایه آبداری که در عمق بیش از ۵ متر است قابل چشم پوشی است. نقشه هم عمق آب زیرزمینی مشخص می کند که در محدوده مورد مطالعه عمق برخورد به آب بیش از ۵ متر می باشد. بنابراین هیچ تبخیری از سطح سفره آب زیرزمینی صورت نمی گیرد.

**تغییرات حجم مخزن  $\Delta V$ :** این تغییرات با استفاده از رابطه ۳-۵ بررسی گردید.

$$V = A \times s \times (\pm \Delta h) \quad (5-3)$$

که در آن  $V$ : تغییرات حجم مخزن،  $A$ : سطح محدوده بیلان،  $s$ : ضریب ذخیره (بدون بعد) و  $\pm \Delta h$ : تغییرات سطح آبخوان در زمان مشخص (تغییرات مهر ۱۳۶۲ تا شهریور ۱۳۹۳ تقسیم بر ۳۰ سال) می باشد. به منظور تحلیل صحیح بیلان آبخوان دشت اسلام آباد علاوه بر اطلاعات پیش گفته، کلیه ارقام اندازه گیری سطح ایستابی در چاه های مشاهده ای تحلیل و نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی ترسیم گردید. در هر محل با داده های موجود علاوه بر شرح و بسط چگونگی وضعیت زمین شناسی و هیدروژئولوژی منطقه (جزئیاتی نظیر خصوصیات لایه های آبدار، جنس آبرفت، سنگ کف و سطح ایستابی و عمق آبخوان)، نقشه های هم عمق (هم ارتفاع) آب های زیرزمینی، جهت جریان آب های زیرزمینی و همچنین محل های تغذیه و تخلیه، تعیین مقادیر افت آبخوان در دشت و مقادیر شیب یا گرادیان هیدرولیکی و ضرائب هیدرودینامیکی آبخوان منطقه محاسبه و نقشه های خطوط هم عمق سنگ کف، خطوط هم ضخامت آبخوان زیرزمینی با استفاده از نرم افزار Surfer ترسیم و سایر نقشه ها و اطلاعات توصیفی پارامترهای مختلف در محیط GIS تهیه و تحلیل گردید.

### ۳-۳-۵ ژئوالکتریک در دشت اسلام آباد

برای بررسی ویژگی های سفره آب زیرزمینی ۱۵۷ سونداژ الکتریکی، با آرایه الکترودی شلوم برگر برداشت شده که حداکثر فاصله الکترودهای فرستنده جریان در آنها ۱۰۰۰ متر در نظر گرفته شده و در نتیجه بیشترین عمق مورد مطالعه در حدود ۲۵۰ متر بوده است. سونداژهای الکتریکی در امتداد ۱۸ پروفیل برداشت شده که فاصله آنها از یکدیگر در امتداد هر پروفیل غالباً در حدود یک کیلومتر بوده ولی با توجه به عوارض سطحی بین حداقل ۵۰۰ تا حداکثر ۲ کیلومتر تغییر می کند.

به منظور بررسی آب های زیرزمینی با توجه به مقادیر مقاومت ویژه الکتریکی لایه های زمین، مطالعات ژئوالکتریک در دشت انجام پذیرفته است. با رسم منحنی های هم مقدار مقاومت ویژه ظاهری اطلاعات مفیدی از چگونگی وضعیت لایه های زمین تا عمق نفوذ مؤثر جریان الکتریکی، به دست آمد. در آرایه شلوم برگر معمولاً عمق نفوذ مؤثر جریان الکتریکی در حدود ۱/۴ فاصله الکترودهای فرستنده جریان در نظر گرفته می شود. با مقایسه نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری متناظر با فواصل متفاوت الکترودهای

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

فرستنده جریان نیز اطلاعات با ارزشی از تغییرات عمقی ویژگی های لایه ها بدست می آید. از آنجا که نقشه های هم مقاومت ویژه ظاهری مستقیماً براساس داده های صحرایی ترسیم می شوند، خطاهای ناشی از تفسیر اشتباه در آنها وارد نشده و بطور مشخص متأثر از ویژگی های فیزیکی لایه های زمین هستند.

### ۳-۳-۶ شناخت اولیه وضعیت بهره برداری و تغذیه آبخوان و تعیین سطح تراز پایدار آبخوان (مدل سازی نوسانات سطح ایستابی و شبیه سازی آب زیرزمینی)

با توجه به وضعیت تغذیه و بهره برداری از آبخوان، شبیه سازی شرایط فعلی آبخوان با توجه به اطلاعات موجود با استفاده از بسته نرم افزاری GMS و کد تحلیلی و مدل MODFLOW صورت می گیرد (Xu و همکاران، ۲۰۱۲).

داده ها و اطلاعات پایه و نیز اطلاعات ژئوهیدرولوژی منطقه از شرکت آب منطقه ای استان کرمانشاه دریافت و به روز گردید. با توجه به موقعیت مکانی و اطلاعات استخراجی از تحلیل نوسانات سطح آب چاه های مشاهده ای در دوره ۳۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۶۳) تغییرات تراز آب زیرزمینی به دست آمد. از تفاضل ارتفاع مکان چاه و عمق آب زیرزمینی سطح ایزوپیز در هر چاه و در هر سال به دست آمده و نقشه های هم سطح آب زیرزمینی به منظور تحلیل نوسانات سطح ایستابی در دشت ترسیم گردید. ضریب ذخیره دشت نیز از تحلیل های ژئوهیدرولوژی چاه های اکتشافی منطقه به دست آمد با داشتن این اطلاعات و نیز افت سطح آبخوان در سال بیلان، سطح بیلان؛ حجم اضافه برداشت آب زیرزمینی محاسبه گردید. حجم آب مجاز قابل استحصال نیز از تفاضل آب برداشت شده و حجم اضافه برداشت آبخوان در سال بیلان به دست آمد.

سناریوهای مختلفی برای سطح تراز آبخوان تعریف و بر اساس آن حجم آب قابل استحصال در هر حالت به دست آمد. سه سناریوی مورد نظر شامل ثبات سطح ایستابی آبخوان در تراز کنونی به منظور جلوگیری از تخریب محیط زیست، به صفر رسیدن بیلان منفی دشت های کشور طی ۵ سال و سناریوی بازگشت سطح ایستابی آبخوان به سطح تراز اولیه طی ۲۰ سال است. به این ترتیب برای هر وضعیت، بهینه سازی تخصیص سطح اراضی در شرایط محدودیت آب قابل استحصال در هر سناریو به منظور بیشینه سازی سود بهره برداران صورت گرفت.

### ۳-۳-۷ تعیین الگوی بهینه با توجه به وضعیت منابع آبی و الگوی کشت

با توجه به کشت های مختلف موجود در منطقه، وضعیت منابع آبی، بهره برداری منابع آب و مسائل اقتصادی و اجتماعی حاکم، بررسی الگوی کشت موجود و تحلیل های اقتصادی سود و هزینه صورت می پذیرد (Moa و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج این بخش به عنوان ضرایب تابع هدف و نیز محدودیت های



بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

حاکم به عنوان توابع محدودیت فرمول بندی می گردد. پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله و تعیین محدودیت های موجود در منطقه، مسئله بهینه سازی در دشت اسلام آباد به صورت رابطه ۳-۶ فرمول بندی گردید:

$$\text{تابع هدف: (۳-۶)} \quad \text{Max}(Z) = \sum_1^n C_{Bi} X_i$$

توابع محدودیت شامل روابط ۳-۷ تا ۳-۱۷ است که به شرح زیر ارائه می شود:

$$C_{WU_i} \leq B_1 \quad (۳-۷)$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_{14} \leq B_2 \quad (۳-۸)$$

$$X_1 = X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_8 + X_9 \quad (۳-۹)$$

$$X_{11} + X_{12} = X_{13} + X_1 \quad (۳-۱۰)$$

$$X_{10} \geq B_3 \quad (۳-۱۱)$$

$$X_{10} \leq B_4 \quad (۳-۱۲)$$

$$X_7 \leq B_6 \quad (۳-۱۳)$$

$$X_6 \geq B_7 \quad (۳-۱۵)$$

$$X_7 \leq B_8 \quad (۳-۱۶)$$

$$X_1, X_2, \dots, X_{14} \geq 0 \quad (۳-۱۷)$$

که در آن Z در آمد خالص سالانه،  $X_i$ ،  $C_{Bi}$ ،  $C_{WU_i}$  به ترتیب مساحت زیر کشت، در آمد خالص و نیاز آبی هر محصول،  $B_1$  حجم آب قابل بهره برداری مطابق سناریوهای مدیریتی،  $B_2$  سطح کل اراضی دشت،  $B_3$ ،  $B_5$  و  $B_7$ ، سطح اراضی باغی، سبزی کاری و یونجه کاری،  $B_4$ ،  $B_6$  و  $B_8$  نیز به ترتیب بیشترین سطح اراضی باغی، سبزی کاری و یونجه کاری است.

### ۳-۴ اجرای مدل بهینه سازی

برای دست یابی به مناسب ترین وضعیت سطح کشت اراضی برای رسیدن به اهداف تحقیق با استفاده از روش سیمپلکس و با کمک نرم افزار Lingo نسخه ۱۱، مسئله برنامه ریزی خطی موجود برای ۳ سناریوی مدیریتی در قالب ۶ برنامه عملیاتی، مدل سازی و اجرا گردید. به منظور شناسایی مؤثرترین محدودیت منابع و همچنین محصولات کشاورزی در تغییر مقدار تابع هدف از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای این منظور میزان درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد تغییرات (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) هر یک از منابع محدودیت بررسی و حساسیت تابع هدف نسبت به آنها ارزیابی شد و مقایسات میزان سطوح اختصاص یافته به هر کاربری و تولید و در آمد آنها در وضعیت موجود و شرایط تغییر اقلیم انجام شد.

### ۳-۵ شبیه سازی اثرات تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی منطقه و بهینه سازی مصرف در سناریوهای مطرح تغییر اقلیم

سناریوهای مطرح در تغییر اقلیم با استفاده از خروجی های ریزمقیاس شده مدل های چرخش عمومی جو شامل CGMR، GCM3، HadCM3 و IPCM4<sup>۱</sup> تهیه و تغییرات شرایط اقلیمی برای دهه های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱؛ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) شبیه سازی شد. در این مدل ها سه سناریوی A2، B1 و A1B مورد تحلیل قرار گرفت.

### ۳-۵-۱ تولید سناریوهای اقلیمی ماهانه با استفاده از مدل های AOGCM<sup>۲</sup>

در حال حاضر معتبرترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی، مدل های سه بعدی جفت شده گردش عمومی اتمسفر-اقیانوس (AOGCM) می باشد. نسخه LARS-WG6 شامل پیش بینی های ۱۵ مدل GCM<sup>۳</sup> به کار رفته در گزارش چهارم IPCC<sup>۴</sup> است (Solomon et al., 2007) که در جدول ۳-۲ ارائه گردیده است. برای بسیاری از این مدل ها پیش بینی های آب و هوا برای ۳ سناریوی انتشار گازهای گلخانه ای در دسترس هستند. پیش فرض های کلیدی سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای و افزایش غلظت CO<sub>2</sub> در جدول ۳-۳ ارائه شده است. خروجی این مدل ها به صورت میانگین ماهانه متغیرهای اقلیمی از جمله بارش، حداقل و حداکثر درجه حرارت و تابش برای دوره های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۱ در دسترس است.

<sup>۱</sup>. Institut Parisien de Chimie Moléculaire, , version 4

<sup>۲</sup>. Atmospheric-Ocean General Circulation Model

<sup>۳</sup>. General Circulation Models

<sup>۴</sup>. Intergovernmental Panel on Climate Change

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۳-۲ مشخصات مدل‌های جهانی آب و هوا مربوط به گزارش چهارم IPCC گنجانده شده در نسخه LARS-

T3: ۲۰۸۰-۲۰۹۹, T2: ۲۰۴۶-۲۰۶۵, T1: ۲۰۱۱-۲۰۳۰ WG 6

دوره زمانی	سناریوی انتشار	قدرت تفکیک به درجه	مدل	کشور	مرکز تحقیق
T1,T2,T3	SRA1B, SRB1	1.9 × 1.9°	CSMK3	Australia	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
T1,T2,T3	SRA1B	2.8 × 2.8°	CGMR	Canada	Canadian Centre for Climate Modelg and Analysis
T1,T2,T3	SRA1B, SRB1	2.8 × 2.8°	FGOALS	China	Institute of Atmospheric Physics
T1,T2,T3	A1B, A2	1.9 × 1.9°	CNCM3	France	Centre National de Recherches Meteorologiques
T1,T2,T3	SRA1B, SRA2, SRB1	2.5 × 3.75°	IP CM4	France	Institute Pierre Simon Laplace
T1,T2,T3	SRA1B, SRA2, SRB1	1.9 × 1.9°	MPEH5	Germany	Max-Planck Institute for Meteorology
T1,T2,T3	SRA1B, SRB1	2.8 × 2.8°	MIHR	Japan	National Institute for Environmental Studies
T1,T2,T3	SRA1B, SRB1	1.9 × 1.9°	BCM2	Norway	Bjerknes Centre for Climate Research
T1,T2,T3	SRA1B, SRA2, SRB1	2.5 × 3.75°	HadCM3	UK	UK Meteorological Office
T1, T2	SRA1B, SRA2	1.3 × 1.9°	HadGEM		
T1,T2,T3	SRA1B, SRA2, SRB1	2.0 × 2.5°	GFCM21	USA	Geophysical Fluid Dynamics Lab
T1,T2,T3	SRA1B, SRB1	3 × 4°	GIAOM	USA	Goddard Institute for Space Studies
T1, T2	SRA1B, SRB1	2.8 × 2.8°	NCPCM	USA	National Centre for Atmospheric Research
T1, T2, T3	SRA1B, SRA2, SRB1	1.4 × 1.4°	NCCCS		

جدول ۳-۳ خصوصیات سناریوهای A1B, B1 و A2 و غلظت CO2 (ppm) در دوره‌های آتی (Nakicenovic and Swart, 2000)

غلظت CO2			فرضیات	سناریو
۲۰۸۰-	۲۰۴۶-	۲۰۱۱-		
۲۰۹۹	۲۰۶۵	۲۰۳۰		
۴۱۰	۴۹۲	۵۳۸	تغییر سریع در ساختارهای اقتصادی، بهبود نگرانی‌های زیست محیطی (یک نگرانی جهانی در مورد پایداری زیست محیطی و اجتماعی و تلاش بیشتر در معرفی فن‌آوری‌های پاک وجود دارد) جمعیت جهان در سال ۲۱۰۰ به ۷ میلیارد نفر می‌رسد	B1 (جهان پایدار)
۴۰۶	۴۸۶	۵۸۱	رشد سریع اقتصادی، رشد جمعیت پایین، مقدمه تکنولوژی‌های جدید و کارآمد، ظرفیت سازی، همگرایی اقتصادی و فرهنگی در سطح جهان، کاهش قابل توجهی در اختلاف‌های منطقه‌ای در درآمد سرانه	A1B (جهان با رشد اقتصادی)
۴۱۴	۵۴۵	۷۵۴	حدا کردن هویت فرهنگی مناطق مختلف، جهان ناهمگن و احتمال کمتر همکاری‌های بین‌المللی، تأکید بر ارزش‌های خانوادگی، سنت‌های محلی و در نتیجه رشد جمعیت بالا، تمرکز کمتر بر رشد اقتصادی	A2

### ۲-۵-۳ ریزمقیاس سازی

مدل‌های GCM نشان‌دهنده مهارت‌های متفاوت در شبیه‌سازی الگوهای چرخش و تغییر و تنوع فصلی و درون فصلی هستند (Doblas-Reyes و همکاران، ۲۰۰۶؛ Palmer و همکاران، ۲۰۰۵). با این حال قدرت تفکیک فضایی کم نتایج GCM منجر به اشتباهات عمده و عدم قطعیت زیاد در خروجی آنها در مقیاس

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

محلی، به ویژه برای بارش می شود. منع خطاها مربوط به این واقعیت است که بسیاری از فرآیندهای کوچک مقیاس را نمی توان به روشنی در مدل های آب و هوا نشان داد و باید تقریب زد. این امر به دلیل محدودیت در قدرت محاسباتی، محدودیت درک ما از فرآیندهای کوچک مقیاس و عدم مشاهدات دقیق مورد نیاز برای اعتبارسنجی است. دقت مدل LARS-WG با مقایسه داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده در دوره آماری مشترک این داده ها انجام شده و تفاوت ها با استفاده از آزمون آماری  $t$  جفتی<sup>1</sup> مورد بررسی قرار گرفت.

### ۳-۶ تجزیه و تحلیل نهایی، ارائه راهکارها و تحلیل وضعیت آبی

با استناد به نتایج حاصله برای وضعیت مورد بررسی در پژوهش و ارزیابی روند بارش و دما در شرایط تغییر اقلیم، نتایج به دست آمده در بخش های مختلف ارائه و در خصوص میزان تولیدات کشاورزی، سود حاصل از آنها در شرایط تغییر اقلیم و اثرات آن بر وضعیت اقتصادی مردم مقایسه کمی صورت گرفت.

---

<sup>1</sup> . Paired Sample T-test

## فصل چهارم نتایج

Archive of SID

## ۴ نتایج

### ۴-۱ مقدمه

هدف از انجام این پژوهش، بهینه‌سازی تخصیص سطح اراضی دشت اسلام‌آباد به محصولات موجود در الگوی کشت با استفاده از برنامه‌ریزی خطی است که در شرایط محدودیت منابع آب قابل استحصال، میزان سود حاصل از تولیدات به بیشترین میزان ممکن برسد. این وضعیت تحت سناریوهای مختلف مدیریتی در وضعیت کنونی و شرایط تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به این هدف پس از انتخاب دشت اسلام‌آباد که مطالعات پایه آن توسط شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه تهیه شده بود وضعیت کنونی بیلان دشت تحلیل گردید. سپس تمام مواردی که در منطقه به عنوان محدودیت به شمار می‌آید تعیین شده و فاکتورهای لازم جهت بهینه‌سازی استخراج و معادلات هدف و توابع محدودیت منابع نوشته شد. با حل مسئله به دست آمده با استفاده از مدل LINGO سطح تخصیص بهینه اراضی در منطقه تعیین و آنالیز حساسیت مربوط به آن نیز انجام شد. شبیه‌سازی تغییر اقلیم با استفاده از مدل LARS-WG و تحت سه سناریوی اقلیمی انجام شد و بر اساس نتایج خروجی، وضعیت آبخوان در شرایط تغییر اقلیم بررسی گردید. آنچه تاکنون در بخش‌های پیشین ذکر شد مواد و روش‌های مورد استفاده و نحوه انجام تحقیق بود در ادامه به بیان نتایج مختلف حاصل از بهینه‌سازی برای رسیدن به اهداف مورد نظر پرداخته خواهد شد.

## ۴-۲ وضعیت کاربری اراضی و محصولات الگوی کشت موجود در دشت اسلام آباد

سطح اختصاصی یافته به محصولات موجود در الگوی کشت به دو شیوه تعیین و بررسی گردید.

### ۴-۲-۱ تعیین سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

برای تفکیک محصولات مختلف کشاورزی در دشت اسلام آباد از تصاویر ماهواره‌ای سال ۲۰۱۴ مربوط به سنجنده OLI<sup>۱</sup> ماهواره لندست استفاده شد. برای افزایش دقت و کنترل مرزهای تفکیکی محصولات نسبت به برداشت نمونه های تعلیمی مطابق جدول ۴-۱ اقدام شد. پس از اخذ تصاویر و پردازش و تحلیل های مورد نیاز بر روی تصاویر با استفاده از مدل های مختلف، در نهایت مدل ماشین بردار پشتیبان با ۸۳/۱۶ درصد دقت و ضریب Kappa برابر ۰/۸۰۷، دارای بیشترین صحت بود. نتایج این مقایسه در جدول ۴-۲ ارائه شده است. بر این اساس پراکنش کشت محصولات مختلف در منطقه به دست آمد. جدول ۴-۳ این پراکنش را نشان می دهد.

جدول ۴-۱ تعداد نمونه های تعلیمی استفاده شده در مدل سازی با استفاده از سنجنش از دور

نوع محصول	طبقه بندی	اعتبار سنجی	مجموع نمونه های تعلیمی
یونجه	۲۳	۸	۳۱
چغندر	۴۷	۳۲	۷۹
ذرت	۹	۴	۱۳
نخود دیم	۴۵	۲۷	۷۲
گندم دیم	۸۸	۴۲	۱۳۰
باغ میوه	۱۵	۷	۲۲
جو دیم	۶۶	۳۱	۹۷
نخود آبی	۹	۳	۱۲
گندم آبی	۴۹	۲۲	۷۱
سیب زمینی	۳۳	۱۳	۴۶
مسکونی	۳۳	۱۰	۴۳
مجموع	۴۱۷	۱۹۹	۶۱۶

جدول ۴-۲ نتایج مدل های مورد بررسی جهت تعیین سطح زیر کشت محصولات کشاورزی

مدل	SVM	NN	MD	ML	MahD	SAM	SID
دقت کلی	۸۳/۱۶	۷۴/۰۹۳۳	۶۳/۴۷۱۵	۵۸/۲۹۰۲	۵۵/۴۴۰۴	۴۳/۷۸۲۴	۳۶/۰۱۰۴
ضریب Kappa	۰/۸۰۶۹	۰/۷۰۳۶	۰/۵۹۳	۰/۵۲۶۱	۰/۵۰۲۴	۰/۳۸۸۸	۰/۳۰۱۴

<sup>1</sup>. Operational Land Imager

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۲ نشان می دهد که مدل ماشین بردار پشتیبان دارای بالاترین دقت می باشد اما این دقت هم نتوانست تفکیک محصولات زراعی مورد نظر در این پژوهش را راهم نماید.

جدول ۴-۳ سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از سنجش از دور (بر حسب هکتار)

کشاورزی دیم			کشاورزی آبی							محصولات
نخود دیم	جو دیم	گندم دیم	نخود	یونجه	باغ	سیب زمینی	ذرت	چغندر	گندم	
۷۲۱/۵	۲۸۴۴	۱۵۷۶	۳۰۷۶	۱۸۷۰	۷۵۲/۱	۱۹۹۶	۳۱۹۹	۱۵۰۱	۲۶۲۷	سطح

همانطور که از جدول های ۴-۳ و ۴-۴ مشخص است در پردازش تصاویر ماهواره ای، به رغم دقت بالای مدل، دقت مورد نظر برای تفکیک محصولات مختلف کشاورزی در این پژوهش حاصل نگردید. زیرا برخی از محصولات را نتوانسته است از سایرین تفکیک نموده و بنظر می رسد به همین میزان در تفکیک گندم و جو از یکدیگر و نیز نخود آبی و دیم از همدیگر دچار خطا گردیده است.

#### ۴-۲-۲ نتایج تعیین سطح پراکنش محصولات کشاورزی و باغی با استفاده از اطلاعات برداشت مکانی سازمان جهاد کشاورزی

با مراجعه به مراکز خدمات کشاورزی منطقه، اطلاعات بهره برداران دشت که در آن موقعیت مکانی کلیه قطعات اراضی زراعی کشاورزان به تفکیک تهیه شده اخذ گردید. در برخی مناطق محدود نیز با عملیات میدانی و حضور در منطقه و مراکز خدمات کشاورزی و نیز مصاحبه و تکمیل فرم ها و پرسش نامه های تدوین شده جهت بهنگام سازی و اصلاح داده ها، کاربری های کشاورزی به تفکیک آبی، دیم و باغات به دست آمد. از سطح حدود ۲۰۵ کیلومتر مربعی دشت اسلام آباد در مجموع ۳۵۶۶/۲ هکتار از اراضی مستعد و بسیار حاصلخیز دشت به ۱۳ محصول کشاورزی و باغات آبی اختصاص یافته است. این سطح تنها ۱۷/۴ درصد از سطح دشت را فرا می گیرد و سایر قسمت های آن به صورت دیم کشت می گردند. سطح زیر کشت محصولات مختلف در جدول ۴-۴ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۴ سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و باغی در دشت اسلام آباد (بر حسب هکتار)

کشاورزی دیم			کشاورزی آبی											
عذس دیم	نخود دیم	جو دیم	گندم دیم	جالیز	گوجه فرنگی	نخود	سبزی	یونجه	باغ	سیب زمینی	ذرت	چغندر	گندم	محصولات
۳/۲	۷۶۶۲/۲	۳۶/۸	۷۷۴۵/۴	۲۲۳/۳	۲۸	۲۲/۸	۶	۶۸/۵	۲۱/۸	۱۱۲/۳	۵۴۵/۳	۴۷۰/۵	۱۹۰۱/۹	مساحت



### ۴-۳ تعیین نیاز آبی منطقه بر حسب الگوی کشت موجود

برای محصولاتی که با استفاده از نرم افزار Cropwat محاسبه نیاز آبی آنها صورت گرفت اطلاعات اقلیمی، خاک شناسی و اطلاعات مربوط به نوع گیاه به لحاظ ویژگی های فیزیولوژیکی و رشد گیاه مورد نیاز است که داده های مربوطه در جداول ۴-۵ تا ۴-۸ ارائه گردیده است. با عنایت به نیازمندی مدل برای محاسبه نیاز آبی به داده های اقلیمی با فرمت تاریخ میلادی این اطلاعات بر این اساس استخراج و به عنوان ورودی مدل تعریف گردید. برای ویژگی های خاک شناسی منطقه با استفاده از پلی گون های تیسن در منطقه میانگین گیری وزنی انجام شد و برای منطقه اعمال گردید. با استفاده از این اطلاعات نیاز آبی محصولات مختلف محاسبه و نتایج حاصله در جدول ۴-۹ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۵ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (دوره آماری ۲۰۱۳-۱۹۹۲)

متغیر	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
دمای حداقل	-۴/۷۱	-۳/۲۵	-۰/۱۷	۴/۴۲	۷/۸۳	۱۱/۵۱	۱۵/۴۹	۱۴/۹۴	۱۰/۰۷	۶/۰۶	۱/۳۵	-۲/۳۱
دمای حداکثر	۷/۶	۹/۹۳	۱۴/۸۷	۲۰/۱۴	۲۶/۰۸	۳۲/۸۵	۳۶/۵۵	۳۶/۵۷	۳۱/۹	۲۵/۲	۱۶/۰۲	۱۰/۶۵
درصد رطوبت نسبی	۷۶/۴۸	۷۱/۹۵	۶۲/۱۵	۵۸/۷۶	۴۸/۷۲	۳۱/۸۷	۲۶/۰۵	۲۵/۱۱	۲۹/۶۶	۴۲/۱۲	۶۶/۴۵	۷۳/۱۸
سرعت وزش باد (km/day)	۱۱۹/۸	۱۵۰/۴	۱۸۶/۵	۱۸۸/۵	۱۷۸/۷	۲۰۷/۴	۲۱۴/۸	۲۱۱/۳	۱۷۹/۹	۱۴۰/۲	۱۰۶	۱۰۹/۲
ساعات آفتابی (hr)	۱۶۰	۱۶۸/۳	۲۱۶/۴	۲۲۸/۷	۲۹۱/۱	۳۵۰/۸	۳۵۳/۵	۳۴۷/۵	۳۱۳/۷	۲۵۹/۷	۱۹۷/۶	۱۶۷/۸
بارش (mm)	۷۱/۸	۶۷/۲	۷۳/۵	۵۵/۶	۲۱/۷	۱	۰/۹	۰/۲	۲/۳	۲۷/۲	۷۴/۱	۵۸/۶

جدول ۴-۶ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سال آبی ۹۳-۹۲)

متغیر	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
دمای حداقل	-۴/۳	-۱/۳	۰/۸	۳/۸	۹	۱۲/۵	۱۴/۸	۱۴/۲	۹/۲	۳/۵	۴/۳	-۲/۵
دمای حداکثر	۹/۳	۱۳/۲	۱۷/۱	۲۱/۴	۲۳/۶	۳۲/۷	۳۷/۲	۳۶/۱	۳۱/۳	۲۴/۸	۱۵	۹/۲
درصد رطوبت نسبی	۷۳/۳	۷۲/۳	۵۹/۵	۵۵/۶	۳۹/۷	۲۶/۲	۲۲/۶	۲۳/۵	۲۷/۳	۴۴/۲	۷۲/۶	۷۹/۴
سرعت وزش باد (km/day)	۱۶۴/۲	۱۷۲/۸	۲۴۱/۹	۲۰۷/۴	۲۱۶	۲۷۶/۵	۲۵۰/۶	۲۲۴/۶	۲۲۴/۶	۱۸۱/۴	۱۲۱	۱۲۱
ساعات آفتابی (hr)	۱۷۱/۴	۲۰۰/۲	۲۲۸	۲۴۱/۸	۲۳۵/۹	۳۲۲/۴	۳۵۸/۳	۳۵۲/۵	۳۱۱/۹	۳۰۰/۳	۱۳۲/۳	۱۶۱/۵
بارش (mm)	۷۶/۳	۲۵/۷	۰/۷	۱۲/۴	۴۵/۹	۰	۰	۰	۰	۰	۱۴۰/۹	۷۸/۳

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۷ ویژگی های خاک شناسی دشت اسلام آباد حاصل از آنالیز پروفیل های شاهد

نام روستا	نوع خاک	نفوذ (cm/hr)	FC*	PWP**	TAM=(FC-PWP)***
تجراکبر	Clay	۱	۴۲	۲۲	۲۰
سیاسیا کبخسروی	Silty clay - Clay loam	۱/۲	۳۴	۱۶/۵	۱۷/۵
سیاسیا شیخه	Clay	۱	۳۶	۱۹	۱۷
امیرآباد	Silty clay	۱/۶	۲۸	۱۵	۱۳
برف آباد	Clay	۰/۹	۳۷	۱۹/۵	۱۷/۵
ونایی	Clay - Clay loam	۱	۳۶	۱۹	۱۷
برف آباد علیا	Clay	۱	۳۵	۱۸/۵	۱۶/۵
سیاسیا شیخه	Clay - loam Clay	۱	۳۳	۱۷/۵	۱۵/۵
جاف برسیمین	loam Silty clay	۱/۱	۳۲	۱۷	۱۵

\* Field Capacity: ظرفیت زراعی \*\* Permanent Wilting Point: نقطه پژمردگی دائم

\*\*\* Total Available Moisture: ظرفیت کل رطوبت قابل دسترس گیاه

جدول ۴-۸ اطلاعات گیاهی لازم برای محاسبه نیاز آبی با استفاده از نرم افزار Cropwat

گوجه فرنگی	خیار	جو	نخود	هندوانه	سیب زمینی	ذرت	چغندر	گندم		
۰/۶	۰/۵	۰/۳	۰/۵	۰/۴	۰/۵	۰/۷	۰/۳۵	۰/۴	اولیه	مقادیر Kc
۱/۵۱	۱/۲۹	۱/۲۹	۱/۴۸	۱/۳۱	۱/۵۱	۱/۷۱	۱/۵۳	۱/۲۹	میانی	
۰/۸۷	۰/۹۹	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۶۹	۰/۷۹	۰/۲۹	پایانی	
۳۵	۲۰	۳۰	۳۵	۲۰	۲۵	۲۰	۳۰	۳۰	شروع	نیاز رشد گیاه (روز)
۴۵	۳۰	۱۴۰	۲۵	۳۰	۳۰	۳۵	۴۵	۱۴۰	توسعه	
۷۰	۴۰	۳۰	۳۰	۳۰	۴۵	۴۰	۹۰	۴۰	میانه	
۳۰	۱۵	۲۰	۲۰	۳۰	۳۰	۳۰	۱۵	۳۰	پایانی	
۱۱۰	۱۰۰	۱۲۵	۸۰	۱۱۰	۵۰	۱۳۵	۹۵	۱۷۰	عمق ریشه (cm)	
۰/۴	۰/۵	۰/۵۵	۰/۴	۰/۴	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۵	تخلیه بحرانی	
۶۰	۳۰	۱۰۰	۵۰	۴۰	۶۰	۲۰۰	۵۰	۱۰۰	ارتفاع گیاه (cm)	

Kc: ضریب گیاهی: نسبت تجربی تبخیر و تعرق گیاه در شرایط استاندارد به تبخیر و تعرق گیاه مرجع

تخلیه بحرانی: درصدی از رطوبت قابل استفاده خاک که می تواند توسط گیاه مصرف شود و بیشتر از آن مقدار محصول کاهش

پیدا کند

جدول ۴-۹ نیاز آبی محصولات موجود در الگوی کشت دشت اسلام آباد (متر مکعب در هکتار)

محصولات	گندم	چغندر	ذرت	سیب زمینی	باغ	یونجه	سبزی	نخود	گوجه فرنگی	جالیز
نیاز آبی	۳۳۱۰	۱۰۰۵۰	۷۱۷۰	۷۴۲۰	۶۷۸۳	۹۸۹۰	۷۸۷۰	۳۸۶۰	۷۸۶۰	۴۵۰۵

#### ۴-۴ وضعیت منابع آب دشت اسلام آباد

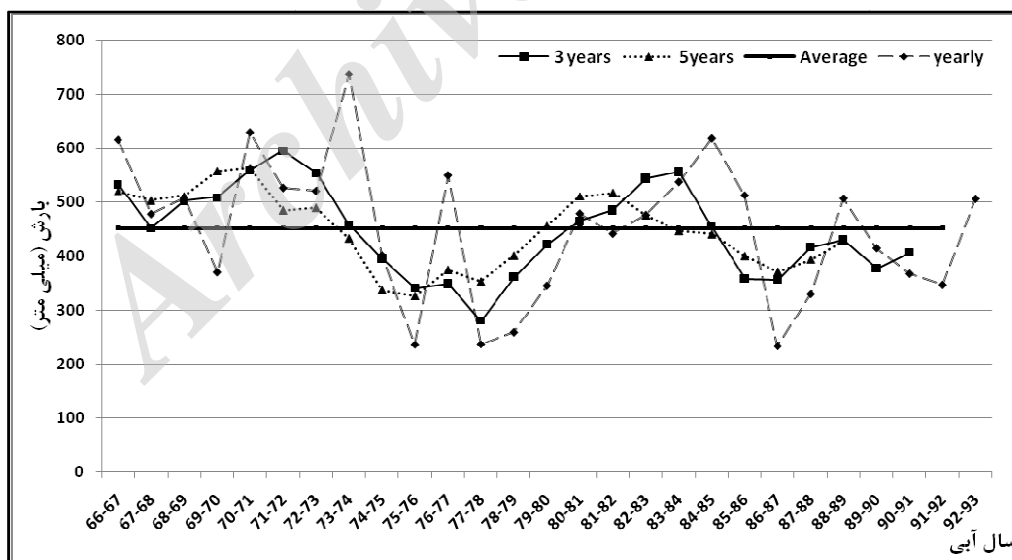
با عملیات صحرائی گسترده، ۴۹۳ حلقه چاه بهره برداری و ۵۱ دهنه چشمه ثبت موقعیت گردید. همزمان با برداشت موقعیت مکانی چاه های بهره برداری حجم آب استحصالی توسط هر چاه و نیز نوع

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

برداشت و نوع استفاده از آب استحصالی به دست آمد. بر این اساس از مجموع ۴۴/۵۴ میلیون متر مکعب آب استحصالی، ۴۲/۷۳ میلیون متر مکعب مربوط به چاه‌ها و ۱/۸۱ میلیون متر مکعب مربوط به چشمه‌های منطقه است و آب سطحی قابل برداشت در منطقه وجود ندارد. از حجم آب بهره‌برداری شده در سال بیلان، مقدار ۱۰/۵۹ میلیون متر مکعب به مصرف شرب شهری و روستایی، دامپروری، صنعت و فضای سبز و ۳۳/۹۵ میلیون متر مکعب به مصرف محصولات مختلف کشاورزی می‌رسد که قابل مدیریت و بهینه‌سازی است. در بخش کشاورزی آبی ۹۳/۰۴ درصد از سطح اراضی کشاورزی آبی به کشت چهار محصول غالب منطقه یعنی گندم، ذرت، چغندر و سیب زمینی اختصاص یافته است. برای آبیاری این سطح ۶۶/۰۸ درصد از کل آب مصرفی دشت و ۹۰/۱ درصد از کل آب مصرفی در بخش کشاورزی از آبخوان اسلام‌آباد برداشت می‌گردد.

#### ۴-۵ بررسی روند تغییرات بارشی در منطقه

شکل ۴-۱ میانگین متحرک بارش ۳ و ۵ ساله دشت اسلام‌آباد را نشان می‌دهد. روند تغییرات بارشی منطقه و ترسیم منحنی‌های میانگین متحرک ۳ و ۵ ساله دشت نشان دهنده اینست که از سال ۱۳۸۵ به بعد منطقه دوره خشکسالی را سپری نموده و شدت خشکسالی هم زیاد است. بعلاوه طول دوره مرطوب کوتاه‌تر، دوره‌های خشکسالی طولانی‌تر و تغییرات بارش در دو دهه اخیر به طور کلی روندی نزولی دارد و تنها در برخی از سال‌ها میزان بارش از متوسط بلند مدت بیشتر بوده است.

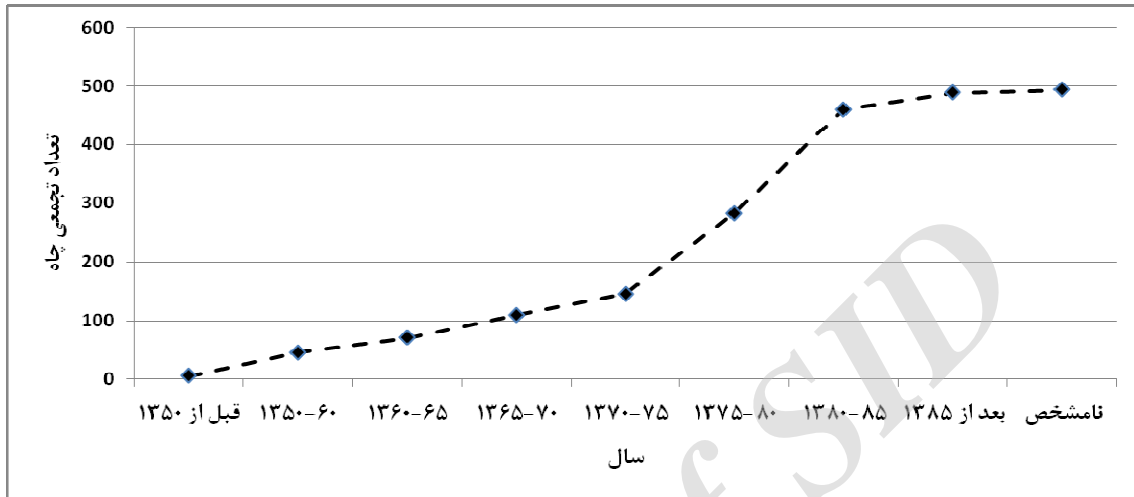


شکل ۴-۱ میانگین متحرک بارش ۳ و ۵ ساله دشت اسلام‌آباد

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

#### ۴-۶ روند صدور مجوز بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشت اسلام‌آباد

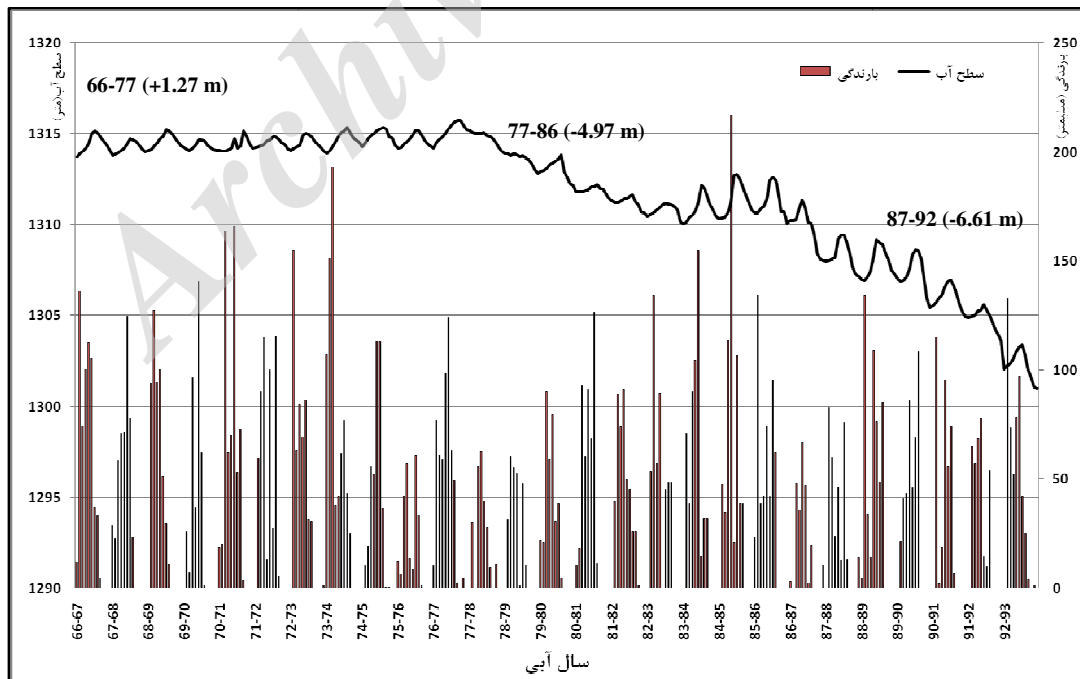
نتایج بررسی صدور پروانه بهره‌برداری چاه‌های کشاورزی نشان داد که تا سال ۱۳۷۶ و در ۱۵ سال منتهی به این سال آبی، تغییرات سطح آب زیرزمینی مثبت بوده است و صدور مجوز بهره‌برداری برای بیش از ۶۴ درصد از تعداد چاه‌های موجود در دشت در دهه ۸۵-۱۳۷۵ روی داده است (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲ تغییرات صدور پروانه تعداد چاه بهره‌برداری در دشت اسلام‌آباد غرب

#### ۴-۷ محاسبه سطح آب زیرزمینی با استفاده از چاه‌های مشاهده‌ای

تغییرات سطح آب زیرزمینی و بارش ماه‌های مختلف در دوره ۲۶ ساله موجود در دشت اسلام‌آباد در شکل ۴-۳ ارائه گردیده است.



شکل ۴-۳ تغییرات بارش و سطح آب زیرزمینی در دشت اسلام‌آباد (دوره ۲۶ ساله)

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

شکل ۳-۴ نشان می دهد که در دهه ۶۵-۷۵ روند تغییرات آب زیرزمینی تا حدودی افزایشی است. سپس این روند به کاهشی تبدیل شده و در ۶ سال منتهی به سال بیلان (۹۳-۹۲)، افت سطح تراز آب زیرزمینی به میزان ۶/۶۱ متر اتفاق افتاده است. هیدروگراف ترسیم شده براساس اطلاعات اندازه گیری سطح آب در چاه های مشاهده ای نشان می دهد که سطح آب زیرزمینی در این دشت در ۱۵ سال اخیر به میزان ۱۱/۵۸ متر و هر سال بطور متوسط ۰/۷۷ متر افت داشته است.

#### ۸-۴ تعیین بیلان آبی دشت اسلام آباد

بیلان آب زیرزمینی در اسلام آباد در وسعتی معادل با ۱۹۴/۳۸ کیلومتر مربع انجام شد. با در نظر گرفتن داده ها و اطلاعات مربوط به دوره درازمدت بیلان، عوامل تغذیه و تخلیه کننده آبخوان آبرفتی تعیین و نتایج حاصله در جداول ۴-۱۰ تا ۴-۱۳ ارائه گردیده است.

#### ۸-۴-۱ جریان ورودی زیرزمینی به محدوده بیلان (Q<sub>in</sub>)

با بکارگیری نقشه گرادیان هیدرولیکی از روی نقشه میانگین تراز درازمدت سطح آب زیرزمینی و بر پایه معادله دارسی، مطابق جدول ۴-۱۰ حجمی معادل ۳/۵۵ میلیون مترمکعب در سال به عنوان جریان ورودی به آبخوان محاسبه گردید.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۱۰ خلاصه جریان‌های ورودی زیرزمینی در مقاطع مختلف در محدوده بیلان اسلام آباد

حجم جریان (MCM)	دوره بیلان (روز)	ضریب قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day)	گرادیان هیدرولیکی (۱:۱۰۰۰)	طول مقطع (km)	
۰/۱۷	۳۶۵	۵۰	۲/۹۶	۳/۱۰	۱
۰/۰۶	۳۶۵	۱۰۰	۲/۹۷	۰/۵۸	۲
۰/۰۴	۳۶۵	۱۵۰	۲/۹۷	۰/۲۲	۳
۰/۰۲	۳۶۵	۱۲۰	۱/۶۴	۰/۲۶	۴
۰/۲۷	۳۶۵	۱۰۰	۲/۲۶	۳/۲۹	۵
۰/۰۹	۳۶۵	۱۰۰	۳/۶۵	۰/۷۰	۶
۰/۰۹	۳۶۵	۱۰۰	۳/۵۵	۰/۶۰	۷
۰/۰۲	۳۶۵	۱۲۰	۰/۹۲	۰/۵۰	۸
۰/۰۳	۳۶۵	۱۲۰	۱/۱۲	۰/۵۸	۹
۰/۰۱	۳۶۵	۱۰۰	۰/۵۳	۰/۳۰	۱۰
۰/۲۲	۳۶۵	۲۰۰	۳/۹۲	۰/۷۸	۱۱
۰/۲۰	۳۶۵	۲۰۰	۳/۹۲	۰/۷۲	۱۲
۰/۱۱	۳۶۵	۲۲۰	۴/۱۳	۰/۳۴	۱۳
۰/۱۶	۳۶۵	۱۸۰	۱/۹۲	۱/۲۶	۱۴
۱/۱۳	۳۶۵	۲۰۰	۲/۹۹	۵/۱۷	۱۵
۰/۱۵	۳۶۵	۱۵۰	۲/۷۵	۱/۰۳	۱۶
۰/۳۸	۳۶۵	۱۰۰	۱/۴۴	۷/۲۸	۱۷
۰/۱۶	۳۶۵	۱۸۰	۱/۹۲	۱/۳۰	۱۸
۰/۱۳	۳۶۵	۱۵۰	۱/۹۶	۱/۱۹	۱۹
۰/۱۰	۳۶۵	۱۵۰	۲/۴۶	۰/۷۳	۲۰
۳/۵۵	جمع کل				

#### ۴-۸-۲ نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی (Qp)

با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و استفاده از رابطه فائو نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی و تغذیه آبخوان

محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۴-۱۱ ارائه گردید.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۱۱ محاسبات نفوذ از بارندگی در محدوده بیلان اسلام آباد

ماه	درجه حرارت (درجه سانتیگراد)	بارندگی (mm)	تبخیر و تعرق پتانسیل (mm)	ارتفاع نفوذ (میلیمتر)	سطح بیلان (km <sup>2</sup> )	میزان نفوذ (MCM)
مهر	۱۷/۱	۲۲/۸	۴۶/۳	۰/۰۰	۱۹۴/۳۸	۰/۰۰۰
آبان	۱۰/۵	۴۹/۲	۷۲/۷	۵/۴۳	۱۹۴/۳۸	۱/۰۵۶
آذر	۴/۸	۶۵/۱	۶۰	۶/۳۴	۱۹۴/۳۸	۱/۲۳۲
دی	۱/۵	۷۱/۲	۴۰/۱	۶/۶۷	۱۹۴/۳۸	۱/۲۹۶
بهمن	۱/۱	۷۶/۶	۴۳/۲	۶/۹۲	۱۹۴/۳۸	۱/۳۴۶
اسفند	۵/۳	۷۸/۴	۵۹/۵	۶/۹۸	۱۹۴/۳۸	۱/۳۵۶
فروردین	۱۰/۸	۶۶/۸	۱۰۰/۸	۶/۳۷	۱۹۴/۳۸	۱/۲۳۸
اردیبهشت	۱۵/۳	۴۴/۵	۱۵۷/۹	۵/۰۷	۱۹۴/۳۸	۰/۹۸۶
خرداد	۲۱/۶	۱۳/۲	۲۰۴/۲	۰/۰۰	۱۹۴/۳۸	۰/۰۰
تیر	۲۶/۲	۰/۶	۲۲۸/۴	۰/۰۰	۱۹۴/۳۸	۰/۰۰
مرداد	۲۷/۱	۰/۱	۲۳۲/۹	۰/۰۰	۱۹۴/۳۸	۰/۰۰
شهریور	۲۳/۲	۱/۶	۱۹۷/۶	۰/۰۰	۱۹۴/۳۸	۰/۰۰

#### ۴-۸-۳ آب نفوذ یافته از جریانهای سطحی (Q<sub>f</sub>)

سالانه حجمی معادل ۲۳۳/۴۷ میلیون مترمکعب آب حاصل از بارش در ارتفاعات بصورت رواناب تولید می شود که با توجه به روش پژوهش، حجم آب نفوذی به آبخوان بیشتر از ۱۶/۳۴ میلیون مترمکعب است.

#### ۴-۸-۴ آب برگشتی از مصارف کشاورزی (Q<sub>i</sub>)

براساس آماربرداری منابع آب میزان ۳۴/۸۴ میلیون مترمکعب از سفره جهت مصارف کشاورزی برداشت می گردد. با توجه به نوع و بافت خاک، نحوه آبیاری و وضعیت اراضی ۲۰ درصد برگشتی جهت برگشت مجدد به سفره در نظر گرفته شده که معادل با ۶/۹۷ میلیون مترمکعب است.

#### ۴-۸-۵ آب برگشتی از مصارف شرب و صنعت (Q<sub>sw</sub>)

باتوجه به آماربرداری صورت گرفته از منابع آب زیرزمینی، حجمی معادل با ۹/۷ میلیون مترمکعب جهت مصارف شرب و بهداشت مورد استفاده قرار می گیرد که با ملحوظ نمودن حدود ۶۵ درصد که مجدداً به سفره نفوذ می نماید، حجمی معادل با ۶/۳ میلیون مترمکعب مجدداً به آبخوان برمی گردد.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

#### ۴-۸-۶ جریان خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان (Qout)

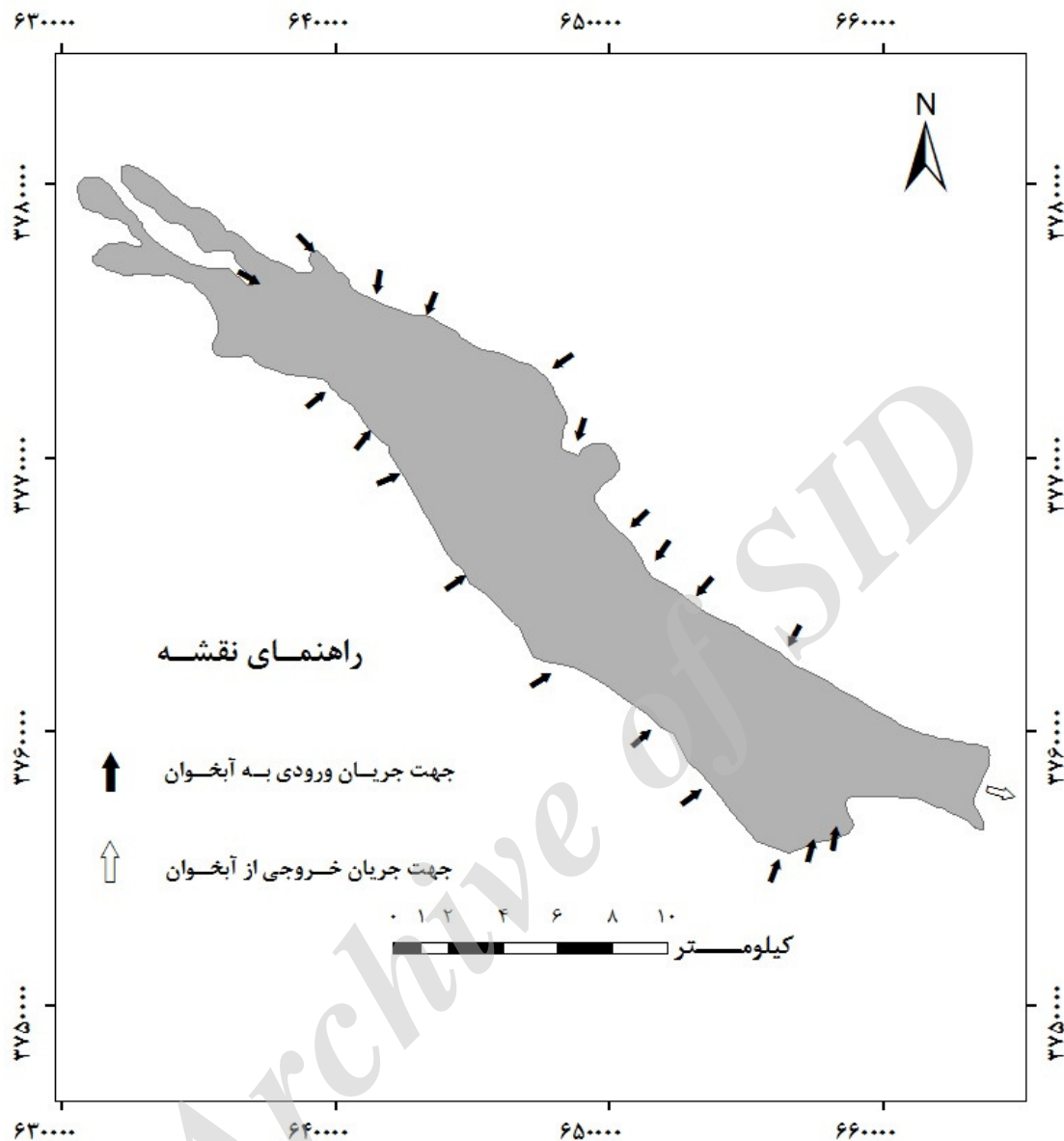
باتوجه به محدوده بیلان از مقطع خروجی جریان آب زیرزمینی حجمی معادل ۰/۹۵ میلیون مترمکعب آب خارج می گردد. جریان خروجی در شکل ۴-۴ مشخص گردیده و خلاصه محاسبات مقطع خروجی در جدول ۴-۱۲ ارائه شده است.

جدول ۴-۱۲ خلاصه جریان های خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان اسلام آباد غرب

حجم جریان (MCM)	دوره بیلان (روز)	ضریب قابلیت انتقال (m <sup>2</sup> /day)	گرادین هیدرولیک (۱:۱۰۰۰)	طول مقطع (km)	ردیف
۰/۹۵	۳۶۵	۲۰۰	۲/۶	۴/۹۸	۱



بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۴ نقشه جهت جریان‌های ورودی و خروجی دشت اسلام آباد

#### ۴-۸-۷ حجم آب تخلیه شده از آبخوان مورد مطالعه توسط چاه‌ها، چشمه‌ها و قنوت

( $Q_{ex}$ )

طبق آماربرداری محدوده اسلام آباد، ۴۹۳ حلقه چاه و ۵۱ دهانه چشمه در منطقه وجود دارد که جمعاً حجمی معادل با ۴۴/۵۴ میلیون مترمکعب آب را از آبخوان خارج می‌کنند.

#### ۴-۸-۸ تغییرات حجم آب مخزن ( $\Delta V$ )

در دوره آماری ۳۰ ساله، سالانه حدود ۰/۳۵ متر و در ۵ سال اخیر ۰/۶۹ متر کاهش در سطح آبخوان مشاهده می‌شود. با در نظر گرفتن سطح آبخوان برابر با ۱۹۴۳۸ هکتار و ضریب ذخیره آبخوان ۳/۵

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

درصد به ترتیب حجمی معادل با ۲/۳۸ و ۴/۶۹ میلیون متر مکعب کاهش حجم آب در هر سال وجود دارد. در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ نیز حدود ۳/۸۳ میلیون مترمکعب از آب آبخوان کاسته شده است. اجزاء بیلان در جدول ۴-۱۳ ارائه شده است.

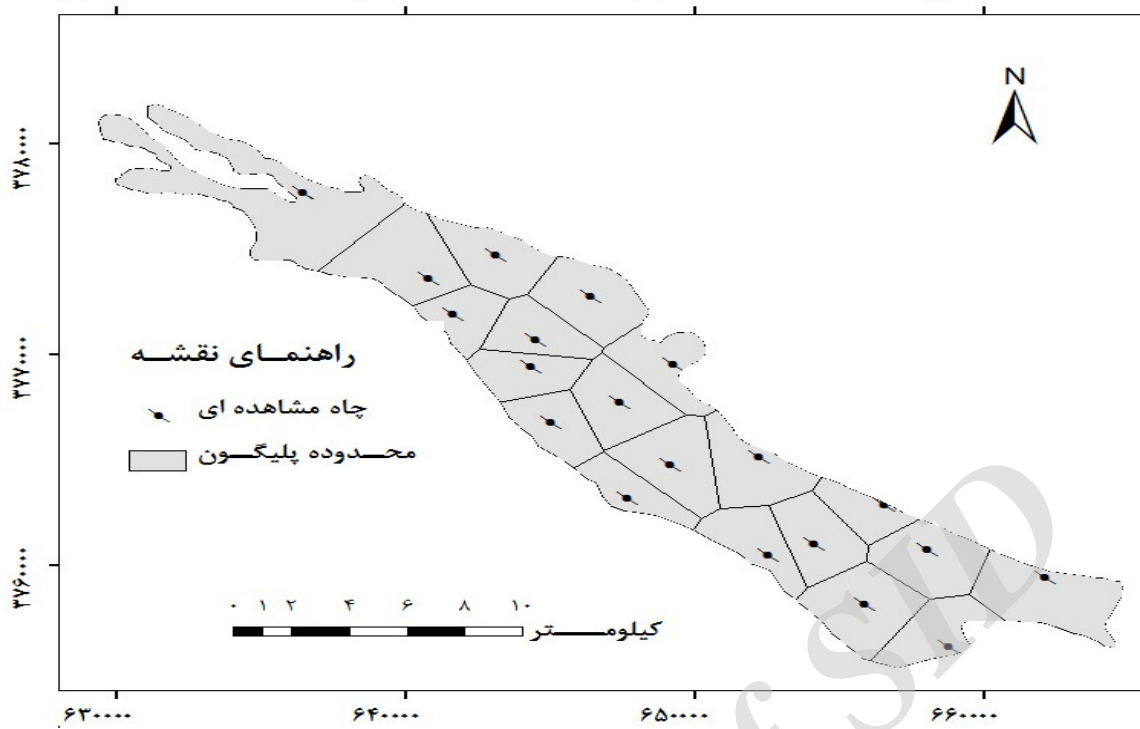
جدول ۴-۱۳ مقادیر اجزاء مختلف بیلان آب زیرزمینی

ردیف	شرح اجزا	تغذیه (MCM)	تخلیه (MCM)
۱	جریان ورودی زیرزمینی به محدوده بیلان ( $Q_{in}$ )	۳/۵۵	۰
۲	نفوذ مستقیم از ریزشهای جوی ( $Q_p$ )	۸/۵۰	۰
۳	نفوذ از جریان سطحی و سیلاب ( $Q_r$ )	۱۶/۳۴	۰
۴	آب برگشتی از مصارف کشاورزی ( $Q_i$ )	۶/۹۷	۰
۵	آب برگشتی از مصارف شهری ( $Q_{sw}$ )	۶/۳	۰
۶	جریان خروجی زیرزمینی از محدوده بیلان ( $Q_{out}$ )	۰	۰/۹۵
۷	برداشت از آبخوان جهت انواع مصارف ( $Q_{ex}$ )	۰	۴۴/۵۴
۸	تبخیر از سطح سفره ( $Q_d$ )	۰	۰
۹	حجم آب زهکشی شده از سفره آب زیرزمینی ( $Q_{et}$ )	۰	۰
۱۰	تغییرات حجم مخزن ( $\pm \Delta V$ )	۳/۸۳	۰
	جمع	۴۵/۴۹	۴۵/۴۹

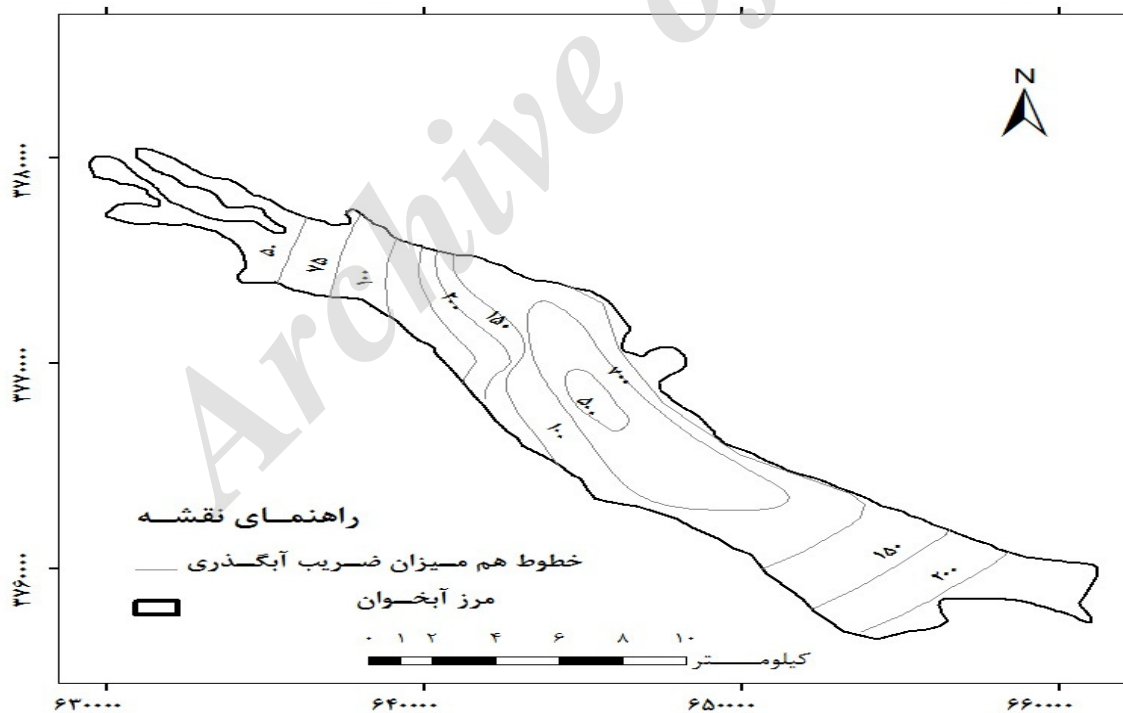
#### ۴-۹ محاسبه سطح آب زیرزمینی با استفاده از چاههای مشاهدهای

موقعیت مکانی و پراکنش چاههای مشاهدهای، نقشه هم ضریب آب گذری و تغییرات سطح آب زیرزمینی حاصل از تحلیل اطلاعات این چاهها و بارش ماههای مختلف در دوره ۲۶ ساله (۱۳۹۳-۱۳۶۷) در شکل های ۴-۵ تا ۴-۱۰ ارائه گردیده است.

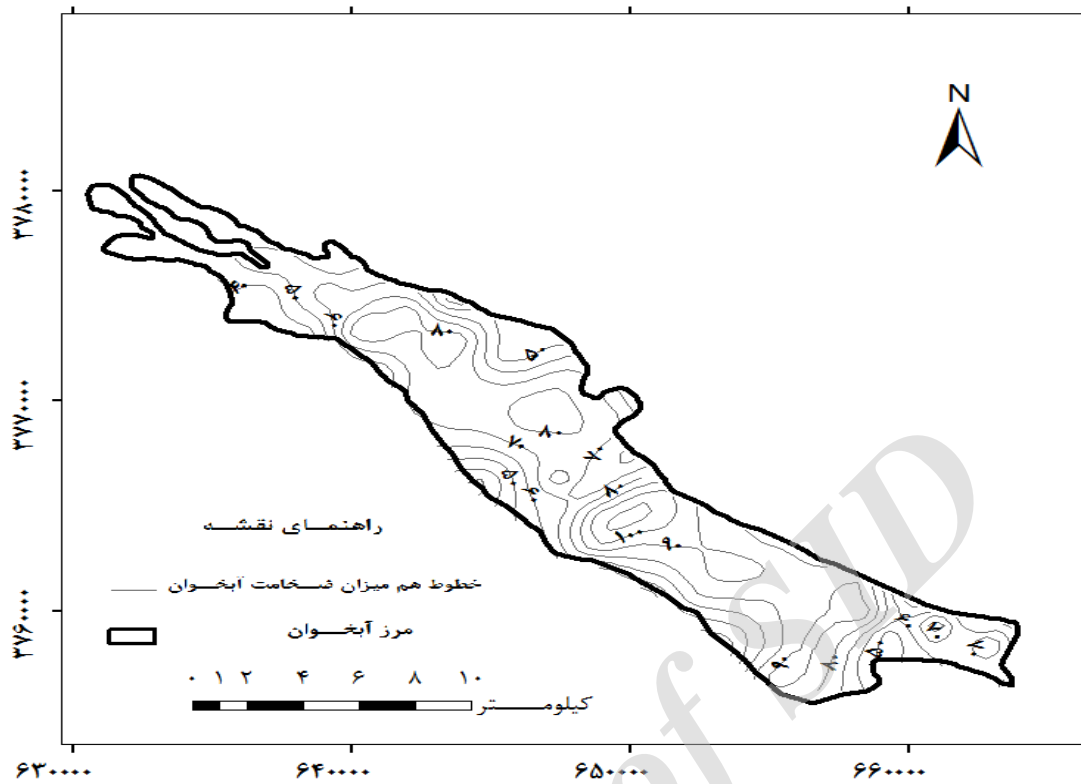
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



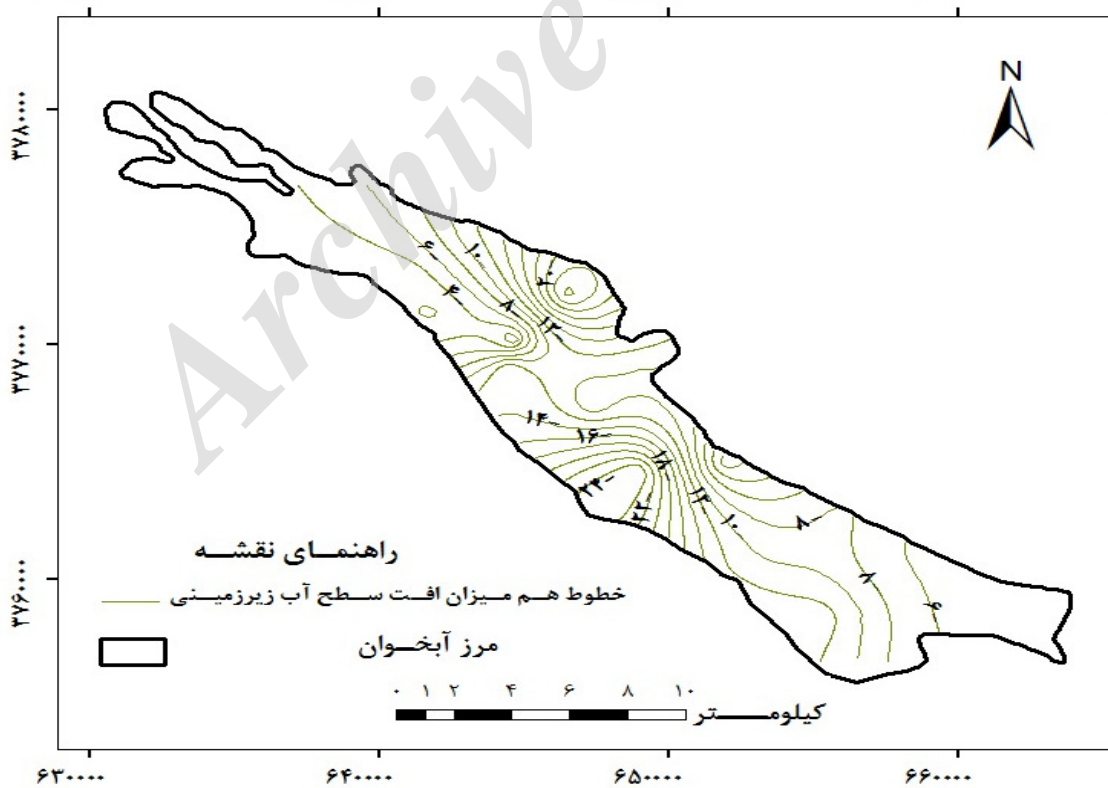
شکل ۴-۵ پراکنش چاه‌های مشاهده‌ای و سطح اثر آنها در دشت اسلام آباد



شکل ۴-۶ نقشه هم ضریب آبگذری در دشت اسلام آباد

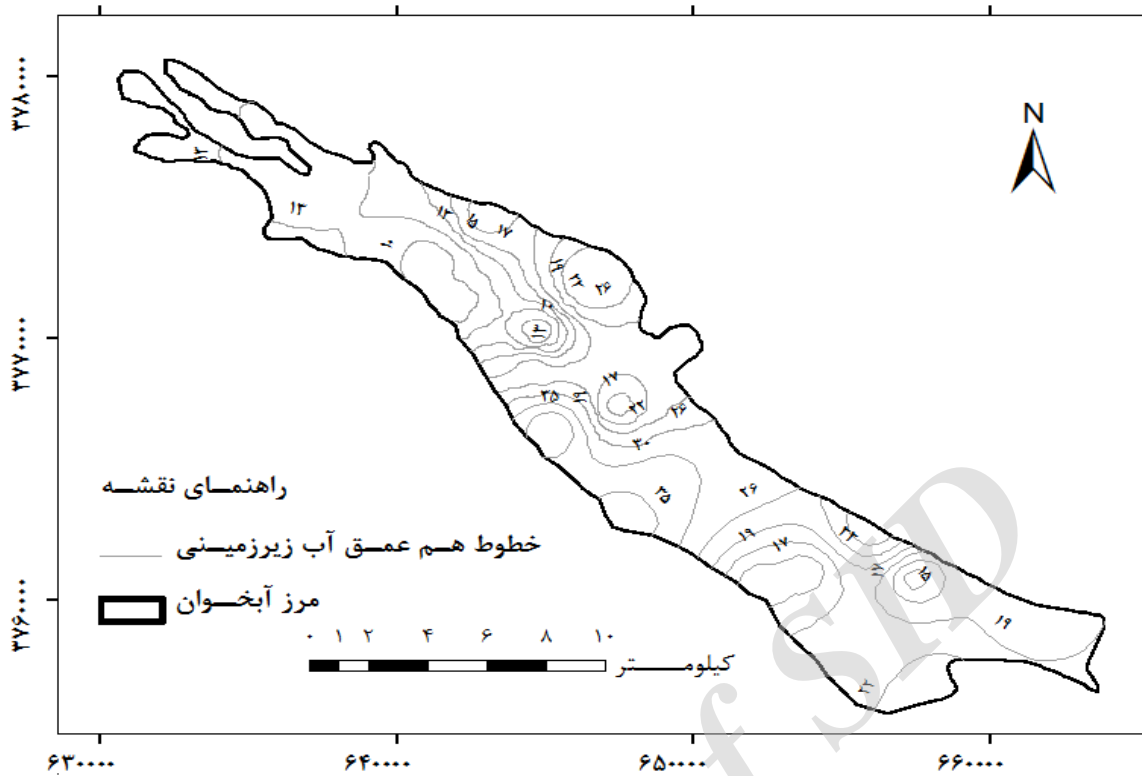


شکل ۴-۷ خطوط هم ضخامت آبخوان در دشت اسلام آباد

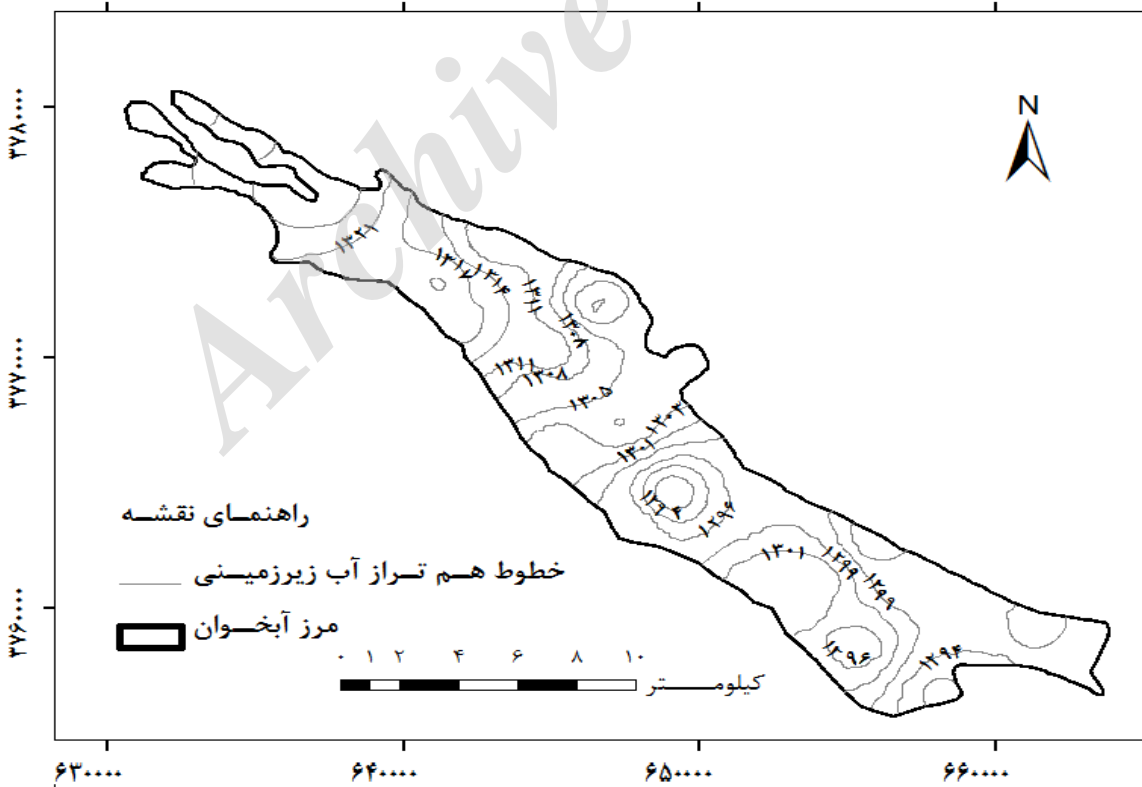


شکل ۴-۸ خطوط هم افت سطح آب زیرزمینی در سال بیلان در دشت اسلام آباد

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۹ نقشه خطوط هم عمق آب زیرزمینی در سال بیلان در دشت اسلام آباد



شکل ۴-۱۰ نقشه خطوط هم تراز سطح آب زیرزمینی دشت اسلام آباد

## ۴-۱۰ بهینه سازی سطح تخصیص اراضی

پس از تهیه اطلاعات مورد نیاز برای حل مسئله و تعیین محدودیت های موجود در منطقه، مسئله بهینه سازی در دشت اسلام آباد غرب به صورت زیر فرمول بندی گردید:

در شرایط فعلی امکان تغییر در استفاده از اراضی مسکونی، صنعتی و راه ها وجود ندارد. لذا مناطق مذکور از سطح کل کسر شده و سطح بهینه سازی (۱۸۸۴۸ هکتار) به دست آمد. پس از محاسبه تولید، درآمد ناخالص و هزینه های کاشت، داشت و برداشت؛ سود خالص سالانه هر محصول به عنوان ضریب در تابع هدف مورد استفاده قرار گرفت. برای محدودیت دسترسی به آب، نسبت به تعیین نیاز آبی محصولات مختلف اقدام و به عنوان ضریب برای متغیرها مورد استفاده قرار گرفت. سایر محدودیت ها نیز از طریق پیمایش میدانی و مصاحبه چهره به چهره در منطقه استخراج و توابع محدودیت نهایی شد. شکل عمومی مسئله در دشت اسلام آباد به صورت رابطه ۴-۱ نوشته شد:

$$\text{Max}(Z)=3.821*X1+7.67*X2+3.439*X3+8.1*X4+1.698*X5+2.196*X6+4.72*X7+1.24*X8+6.14*X9+7.4*X10+0.726*X11+0.072*X12+1.71*X13+1.09*X14 \quad (۴-۱)$$

که در آن:

متغیرهای تصمیم که با اندیس  $i$  در الگوی برنامه ریزی خطی مشخص شده اند شامل ۱۴ محصول عمده زراعی و باغی به ترتیب گندم آبی ( $i=1$ )، چغندر قند ( $i=2$ )، ذرت ( $i=3$ )، سیب زمینی ( $i=4$ )، نخود آبی ( $i=5$ )، یونجه ( $i=6$ )، سبزیجات ( $i=7$ )، جالیز ( $i=8$ )، گوجه فرنگی ( $i=9$ )، باغات میوه ( $i=10$ )، گندم دیم ( $i=11$ )، جو دیم ( $i=12$ )، نخود دیم ( $i=13$ ) و عدس ( $i=14$ ) است.

## ۴-۱۰-۱ توابع محدودیت در مدل بهینه سازی

محدودیت های منطقه پس از استخراج در چهار دسته محدودیت زیر در مدل لحاظ گردید:

### الف) محدودیت های دسترسی به منابع:

الف-۱: محدودیت دسترسی به منابع آب: با عنایت به وجود سناریوهای مختلف مدیریتی، در هر سناریو میزان آب در دسترس و قابل برنامه ریزی پایدار متفاوت است. لذا در سمت راست معادله برای هر سناریو میزان آب در دسترس متفاوت بوده و بر اساس آن مدل بهینه سازی اجرا گردید. میزان آب قابل دسترس بر اساس سطح بیلان، ضریب ذخیره آبخوان و نیز میزان افت مجاز در سناریوهای مختلف مدیریتی پیشنهاد شده در رساله، به دست آمد. این سناریوها شامل ثبات سطح آبخوان در وضعیت موجود، و نیز سناریوهای طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی که توسط سازمان مدیریت منابع آب ایران تدوین و ابلاغ گردیده است که در آن طی ۲۰ سال سطح آب زیرزمینی باید به سطح ایستابی اولیه برسد و نیز طی ۵ سال بیلان منفی آبخوان به صفر برسد نیز تحلیل گردید.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

از ۴۴/۵۴ میلیون متر مکعب آب بهره برداری شده در سال بیلان مجموع شرب شهری و روستایی و دامپروری و فضای سبز (۱۰/۵۹ میلیون متر مکعب) کسر شده و ۳۳/۹۵ میلیون متر مکعب باقی مانده مربوط به بخش کشاورزی و قابل مدیریت و بهینه سازی است. تابع ۲-۴ تابع محدودیت دسترسی به منابع آب است که در آن نیاز آبی محصولات بر حسب هزار متر مکعب به عنوان ضرایب متغیرهای تابع در نظر گرفته شد و مقدار سمت راست معادله نماینده مقدار در اختیار بودن منبع بر حسب هزار متر مکعب است و عدد ۲۵۳۷۸ در این ستون همان کمیت آب قابل بهره برداری بر اساس سناریوهای مختلف مدیریتی است که در برنامه های مختلف عملیاتی با اعداد ۳۰۵۳۰، ۲۸۸۱۰، ۲۷۰۹۰، ۱۸۸۷۰ جایگزین می شود. به عبارتی برنامه عملیاتی ۱ با برنامه های عملیاتی ۲ تا ۶ جایگزین می گردد. جزئیات موضوع در جدول ۴-۱۵ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۱۴ اطلاعات آبخوان دشت اسلام آباد

حجم بهره برداری آبخوان در سال بیلان (MCM)	سطح آبخوان (ha)	ضریب ذخیره آبخوان	حجم آب شرب شهری و روستایی، صنعت، دامپروری و فضای سبز (MCM)	آب بخش کشاورزی و قابل بهینه سازی (MCM)
۴۴/۵۴	۱۹۴۳۸	۰/۰۳۵	۱۰/۵۹	۳۳/۹۵

جدول ۴-۱۵ سناریوهای مدیریتی و آب قابل استحصال آبخوان دشت اسلام آباد

سناریوی مدیریتی	افت سطح آب زیرزمینی در سال بیلان (m)	حجم کسری مخزن (MCM)	آب قابل بهره برداری (برنامه عملیاتی) (MCM)
ثبات سطح آبخوان	۱/۲۶	۸/۵۷۲	۲۵/۳۷۸
طی ۵ سال بیلان منفی به صفر برسد	۰/۲۵۲	۱/۷۱	سال های اول تا پنجم به ترتیب: ۲۸/۸۱، ۳۰/۵۳، ۳۲/۲۴، ۲۵/۳۸، ۲۷/۰۹
طی ۲۰ سال سطح آبخوان به سطح ایستایی اولیه برسد	۱۱/۵۸ متر طی ۱۵ سال: ۰/۷۷۲ m/year	۵/۲۵	۱۸/۸۷

$$3.31X_1 + 10.05 X_2 + 7.17 X_3 + 7.42 X_4 + 3.86 X_5 + 9.89 X_6 + 7.87 X_7 + 4.505 X_8 + 7.86 X_9 + 6.783 * X_{10} \leq 25380 \quad (2-4)$$

الف-۲: محدودیت سطح اراضی کل: از مساحت ۱۹۴۳۸ هکتاری آبخوان، ۵۹۰ هکتار شامل اراضی مسکونی شهری، روستایی و صنعتی است لذا سطح باقی مانده برای تخصیص به محصولات ۱۴ گانه الگوی کشت ۱۸۸۴۸ هکتار است.

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} \leq 18848 \quad (3-4)$$

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

### ب) محدودیت های تناوب زراعی

ب-۱: محدودیت تناوب زراعی آبی: در تناوب زراعی الگوی کشت منطقه، ۵۰ درصد کشت های آبی به گندم اختصاص دارد و تناوب تکمیلی گندم، یکی از محصولات ذرت، چغندر قند، سیب زمینی و نخود آبی، جالیز و گوجه فرنگی است. لذا:

$$X_1 = X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_8 + X \quad (4-4)$$

ب-۲: محدودیت تناوب زراعی دیم: با کسر سطح اراضی آبی از سطح کل آبخوان، سطح مربوط به کشت محصولات دیم به دست می آید که در کشت دیم نیز بایستی تناوب رعایت شود. یعنی میزان سطحی که به کشت گندم و جو اختصاص می یابد با کشت های تکمیلی تناوب سالانه یعنی کشت نخود و عدس برابر خواهد بود:

$$X_{11} + X_{12} = X_{13} + X_{14} \quad (5-4)$$

### ج) محدودیت های اجتماعی و اقتصادی

ج-۱: سطح اراضی باغی: این سطح در منطقه ۲۱/۸ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی تواند کمتر باشد زیرا به علت بهره دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X_{10} >= 21.8 \quad (6-4)$$

ج-۲: بیشترین سطح اراضی باغی: سطح اراضی باغی ۲۱/۸ هکتار بوده اما این میزان می تواند به ۳۲/۷ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش که از نتایج حاصل از مصاحبه با باغداران منطقه به دست آمد این است که به دلیل شرایط اقلیمی منطقه و وقوع سرمازدگی و درصد ریسک نسبتاً بالا، باغداران تنها حاضر به افزایش سطح زیر کشت خود تا ۱/۵ برابر سطح موجود می باشند.

$$X_{10} <= 32.7 \quad (7-4)$$

ج-۳: سطح اراضی سبزی کاری: این کشت در منطقه ۶ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به علت بهره دهی مناسب و چند ساله بودن برخی از گونه های کشت شده، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X_7 >= 6 \quad (8-4)$$

ج-۴: بیشترین سطح اراضی سبزی کاری: سطح اراضی زیر کشت سبزیجات ۶ هکتار بوده اما نتایج حاصل از مصاحبه با کشاورزان منطقه نشان داد که این سطح تا دو برابر قابل افزایش است. زیرا به دلیل



بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

نیاز به نیروی انسانی در طی دوره رشد و تولید محصول و نیز امکان پذیر نبودن نگهداری در شرایط بازار مصرف اغلب مردم حاضر به کشت این محصول نمی باشند. زیرا معتقدند این کشت به واسطه نیاز به حضور نیروی کار در حضور مشتری برای فروش، با نیروی کارگری نمی تواند به درستی مدیریت شود و نیاز به خانوارهایی است که افراد بیشتری را برای کار در مزرعه دارند بنابراین:

$$X_7 \leq 12 \quad (9-4)$$

ج-5: سطح اراضی یونجه کاری: سطح اراضی زیر کشت یونجه در منطقه ۶۸/۵ هکتار بوده و این اراضی از این میزان نمی تواند کمتر باشد زیرا در حال حاضر به علت چند ساله بودن و بهره دهی مناسب، مردم منطقه تمایلی به تغییر این کاربری ندارند.

$$X_6 > 68.5 \quad (10-4)$$

ج-6: بیشترین سطح اراضی یونجه کاری: سطح اراضی زیر کشت یونجه ۶۸/۵ هکتار بوده اما این میزان می تواند به ۱۰۲/۸ هکتار افزایش یابد. دلیل این افزایش از نتایج حاصل از مصاحبه با کشاورزان منطقه به دست آمد که به دلیل شرایط آبی منطقه و طول دوره تولید این محصول امکان افزایش تا ۱۰۲/۸ هکتار را دارند.

$$X_{10} \leq 102.8 \quad (11-4)$$

#### د) محدودیت غیر منفی بودن متغیرها

در شرایط مدل برنامه ریزی خطی سطح اختصاص یافته به هر کاربری نباید منفی باشد.

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14} \geq 0 \quad (12-4)$$

### ۴-۱۰-۲ مدل بهینه سازی

با توجه به موارد گذشته و توابع هدف و محدودیتی که بیان شد به منظور دست یابی به مناسب ترین وضعیت سطح کشت اراضی آبی برای رسیدن به اهداف تحقیق با استفاده از روش سیمپلکس و با کمک نرم افزار LINGO نسخه ۱۱، مسئله برنامه ریزی خطی موجود برای پنج سناریوی مدیریتی در قالب ۷ برنامه عملیاتی مدل سازی و اجرا گردید (نمونه ای از این عملیات در محیط نرم افزاری در شکل های پ-۸ تا پ-۱۰ بخش پیوست ارائه شده است). به منظور شناسایی مؤثرترین محدودیت منابع و همچنین محصولات کشاورزی در تغییر مقدار تابع هدف از تحلیل حساسیت استفاده شد. برای این منظور میزان درصد تغییر تابع هدف مرتبط با درصد مشخصی از تغییرات (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد) هر یک از منابع محدودیت بررسی و در نهایت حساسیت تابع هدف نسبت به آنها مورد ارزیابی قرار گرفت.

## ۴-۱۱ نتایج بهینه سازی و آنالیز حساسیت در منطقه

نتایج توزیع بهینه محصولات مختلف کشاورزی و باغی حاصل از اجرای مدل بهینه ساز در جدول ۴-۱۶ آورده شده است.

جدول ۴-۱۶ توزیع سطح کشت محصولات در وضعیت موجود و شرایط بهینه سناریوهای مدیریتی (هکتار)

محصولات	وضعیت موجود	برنامه عملیاتی ۱	برنامه عملیاتی ۲	برنامه عملیاتی ۳	برنامه عملیاتی ۴	برنامه عملیاتی ۵	برنامه عملیاتی ۶
گندم	۱۹۰/۱۹	۲۲۷۷/۱	۲۹۱۶/۵	۲۷۵۷/۲	۲۵۹۶/۸	۲۴۳۶/۷	۱۶۷۰/۴
چغندر قند	۴۰۷/۵	.	.	.	.	.	.
ذرت	۵۴۵/۲	.	.	.	.	.	.
سیب زمینی	۱۱۲/۳	۲۲۷۷/۱	۲۹۱۶/۵	۲۷۵۷/۲	۲۵۹۶/۸	۲۴۳۶/۷	۱۶۷۰/۴
باغ	۲۱/۸	۳۲/۷	۳۲/۷	۳۲/۷	۳۲/۷	۳۲/۷	۳۲/۷
یونجه	۶۸/۵	۶۸/۵	۶۸/۵	۶۸/۵	۶۸/۵	۶۸/۵	۶۸/۵
سبزیجات	۶	۶	۶	۶	۶	۶	۶
نخود	۲۲/۸	.	.	.	.	.	.
گوجه فرنگی	۲۸	.	.	.	.	.	.
جالیز	۲۲۲/۳	.	.	.	.	.	.
گندم دیم	۷۷۴۵/۴	۷۰۹۳/۳	۶۴۵۴	۶۶۱۳/۲	۶۷۷۳/۶	۶۹۳۳/۷	۷۷۰۰
جو دیم	۳۶/۸	.	.	.	.	.	.
نخود دیم	۷۷۲۵/۴	۷۰۹۳/۳	۶۴۵۴	۶۶۱۳/۲	۶۷۷۳/۶	۶۹۳۳/۷	۷۷۰۰
عدس دیم	۳/۲	.	.	.	.	.	.
میزان سود	۳۲۸۴۴/۷	۴۴۸۴۵/۳	۵۰۹۱۰/۳	۴۹۳۹۹/۱	۴۷۸۷۷/۷	۴۶۳۵۹/۱	۳۹۰۹۰/۸
درصد تغییر سود	---	۳۶/۵	۵۵	۵۰/۴	۴۵/۸	۴۱/۱	۱۹

برنامه های عملیاتی ۶ گانه شامل ۱: ثبات سطح آبخوان، ۲ تا ۶: طی ۵ سال بیلان منفی به صفر برسد (۴) سال و سال / پنجم با سناریوی اول یکسان است) و ۶: طی ۲۰ سال سطح آبخوان به سطح ایستابی اولیه برسد

با دقت در جدول ۴-۱۶ مشخص است که در کلیه سناریوهای مدیریتی کشت های آبی چغندر، ذرت، نخود، گوجه فرنگی و جالیز از الگوی کشت بهینه حذف و گندم بجز در سناریوی سوم، در سایر سناریوها افزایش سطح زیر کشت داشته است. بیشترین تغییر مشاهده شده در جایگزینی کشت سیب زمینی به جای چغندر و ذرت است. باغ به بیشترین حد ممکن افزایش سطح یافته اما سبزیجات و یونجه در حداقل خود باقی مانده اند. در کشت دیم، جو و عدس حذف شده و کاهش سطح گندم و نخود بواسطه افزایش سطح زیر کشت آبی این محصولات است. در سناریوهای مختلف میزان سود حاصل از بهینه سازی در کلیه سناریوهای مدیریتی مثبت بوده و این افزایش از ۱۹ تا ۵۵ درصد است.

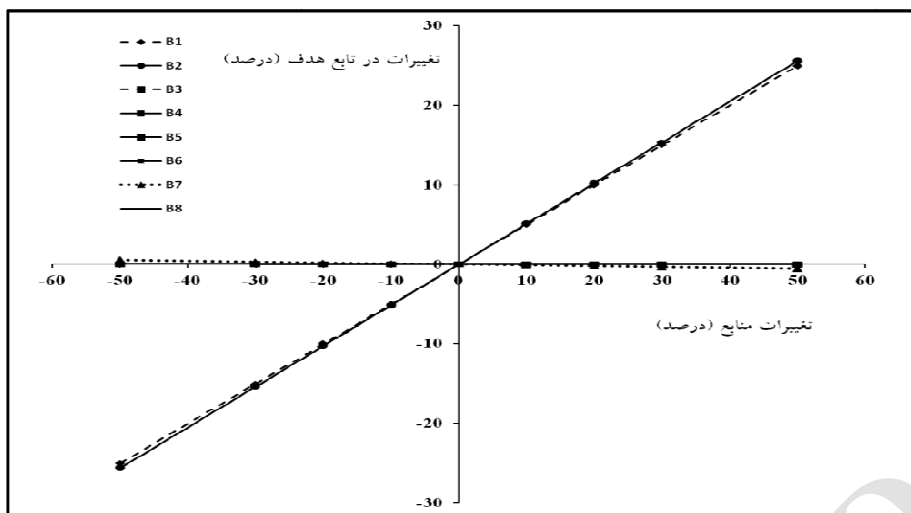
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

البته ممکن است اجرای الگوی بهینه به دست آمده به دلیل مسائل فرهنگی و شرایط اقتصادی حاکم بر زندگی کشاورزان قابل اجرا نباشد. به عنوان نمونه هزینه بالای کاشت تا برداشت سیب زمینی باعث شده که به رغم سود بالای این محصول، کشاورزان رغبت زیادی برای کاشت و افزایش سطح چندین برابری این محصول را نداشته باشند.

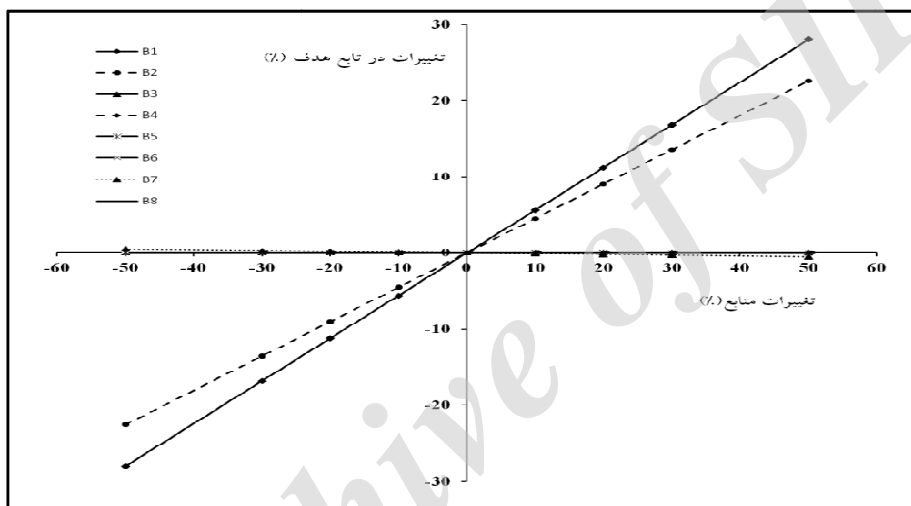
جدول ۴-۱۷ سود حاصل از توزیع بهینه سطح کشت محصولات کشاورزی و باغی (میلیون ریال)

سود کل	سود واحد سطح	مساحت (ha)	محصول		سود کل	سود واحد سطح	مساحت (ha)	محصول	
۸۷۰۰۸	۳۸/۲۱	۲۲۷۷/۱	X1	سناریوی ۲۵/۳۸ متر مکعب) میلیون	۶۳۸۲۶	۳۸/۲۱	۱۶۷۰/۴	X1	سناریوی ۱۸/۸۷ میلیون متر مکعب)
۱۸۴۴۴۵/۱	۸۱	۲۲۷۷/۱	X4		۱۳۵۳۰۲/۴	۸۱	۱۶۷۰/۴	X4	
۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6		۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6	
۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7		۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7	
۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10		۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10	
۵۱۴۹۷/۴	۷/۲۶	۷۰۹۳/۳	X11		۵۵۹۰۲	۷/۲۶	۷۷۰۰	X11	
۱۲۱۲۹۵/۴	۱۷/۱	۷۰۹۳/۳	X13		۱۳۱۶۷۰	۱۷/۱	۷۷۰۰	X13	
-----									
۹۹۲۲۳/۷	۳۸/۲۱	۲۵۹۶/۸	X1	سناریوی ۲۸/۸۱ متر مکعب) میلیون	۹۳۱۰۶/۳	۳۸/۲۱	۲۴۳۶/۷	X1	سناریوی ۲۷/۰۹ میلیون متر مکعب)
۲۱۰۳۴۰/۸	۸۱	۲۵۹۶/۸	X4		۱۹۷۳۷۲/۷	۸۱	۲۴۳۶/۷	X4	
۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6		۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6	
۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7		۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7	
۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10		۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10	
۴۹۱۷۶/۳	۷/۲۶	۶۷۷۳/۶	X11		۵۰۳۳۸/۷	۷/۲۶	۶۹۳۳/۷	X11	
۱۱۵۸۲۸/۶	۱۷/۱	۶۷۷۳/۶	X13		۱۱۸۵۶۶/۳	۱۷/۱	۶۹۳۳/۷	X13	
-----									
۱۱۱۴۳۹/۵	۳۸/۲۱	۲۹۱۶/۵	X1	سناریوی ۳۲/۲۴ متر مکعب) میلیون	۱۰۵۳۵۲/۶	۳۸/۲۱	۲۷۵۷/۲	X1	سناریوی ۳۰/۵۳ میلیون متر مکعب)
۲۳۶۲۳۶/۵	۸۱	۲۹۱۶/۵	X4		۲۲۳۳۳۳/۲	۸۱	۲۷۵۷/۲	X4	
۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6		۱۵۰۴/۳	۲۱/۹۶	۶۸/۵	X6	
۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7		۲۸۳/۲	۴۷/۲	۶	X7	
۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10		۲۴۱۹/۸	۷۴	۳۲/۷	X10	
۴۶۸۵۶	۷/۲۶	۶۴۵۴	X11		۲۴۰۱۱/۸	۷/۲۶	۶۶۱۳/۲	X11	
۱۱۰۳۶۳/۴	۱۷/۱	۶۴۵۴	X13		۱۱۳۰۸۵/۷	۱۷/۱	۶۶۱۳/۲	X13	

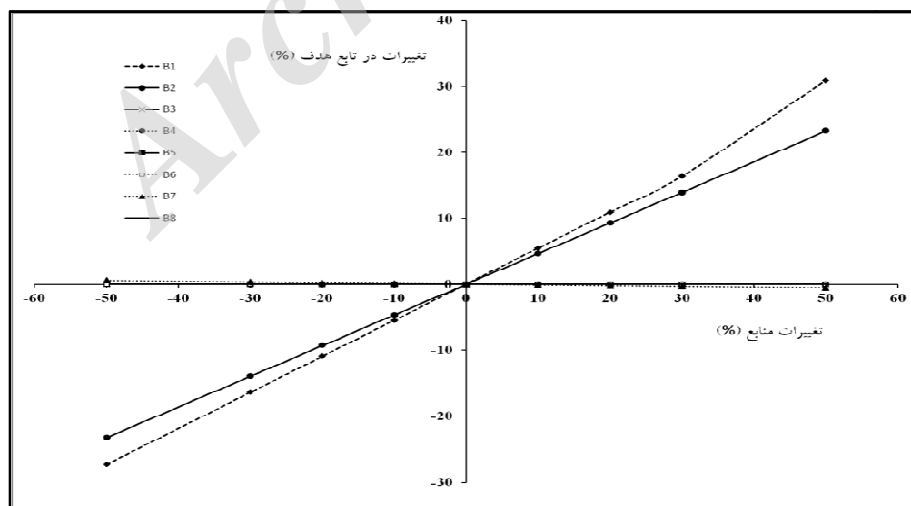
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۱۱ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۱

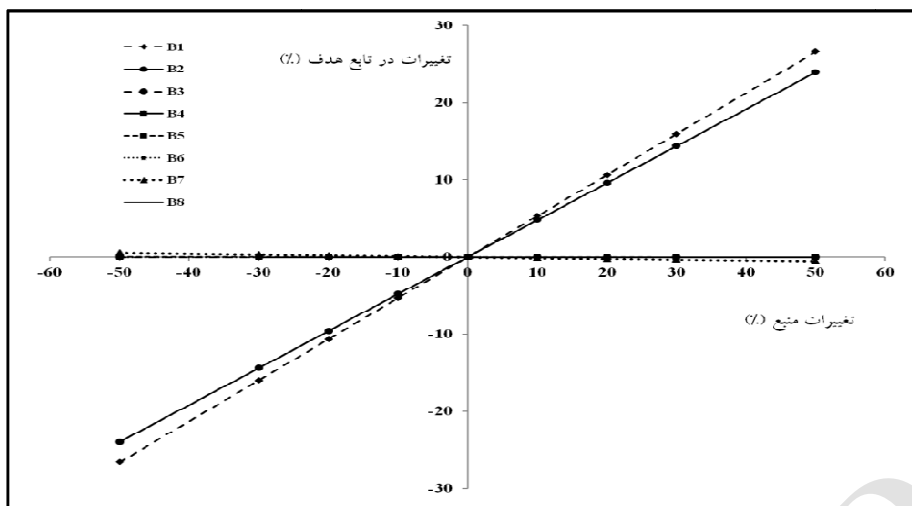


شکل ۴-۱۲ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۲

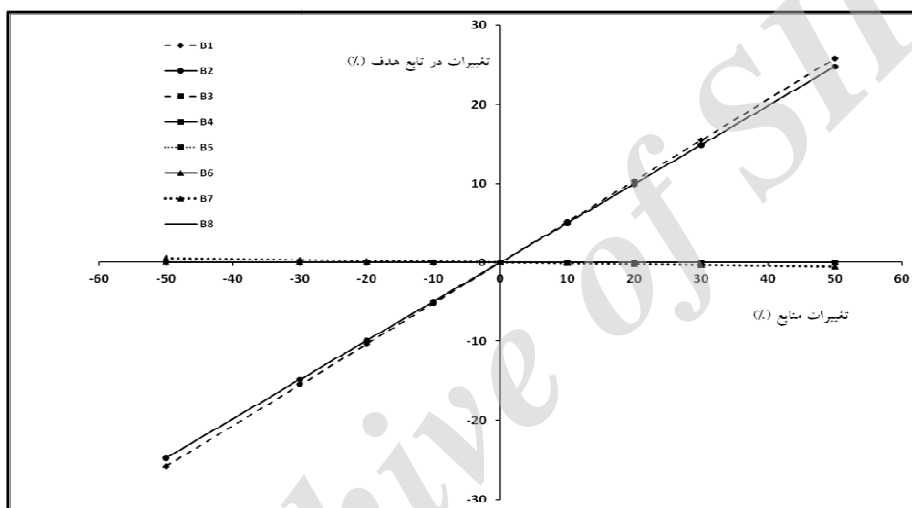


شکل ۴-۱۳ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۳

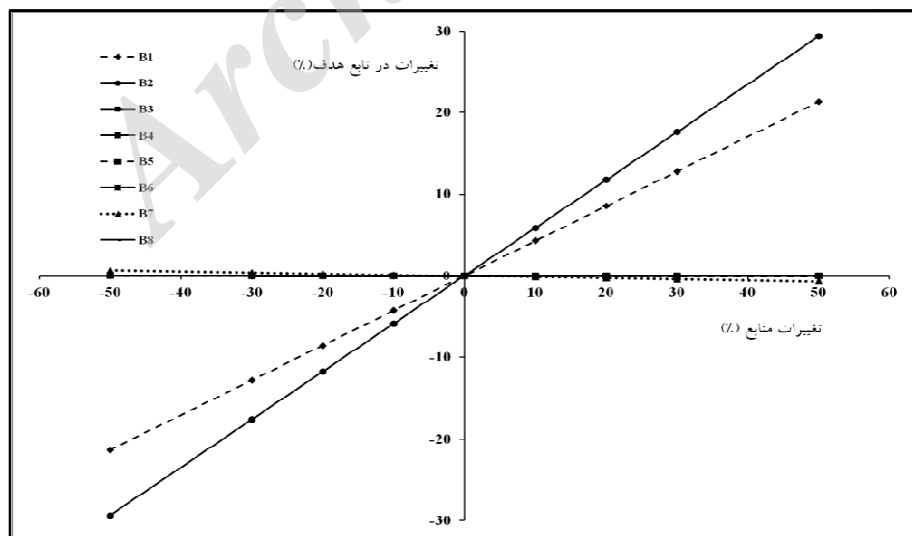
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۱۴ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۴



شکل ۴-۱۵ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۵



شکل ۴-۱۶ آنالیز حساسیت برنامه عملیاتی ۶

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

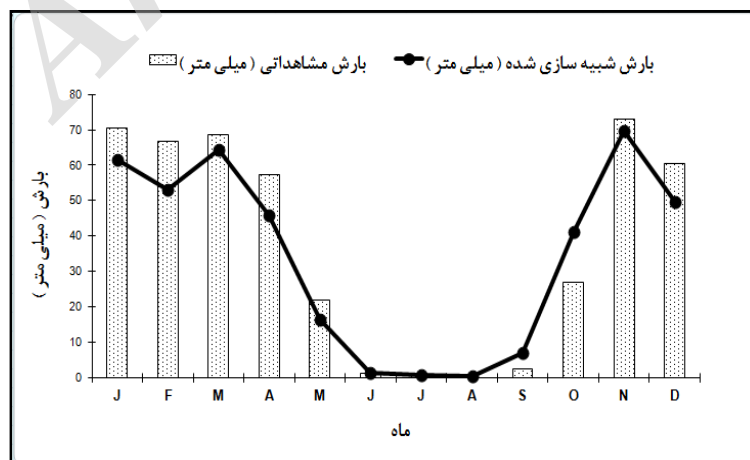
با توجه به شکل های ۴-۱۱ تا ۴-۱۶، در همه برنامه های عملیاتی B1 حجم آب قابل بهره برداری مطابق سناریوهای مدیریتی، B2 سطح کل اراضی دشت و B7، سطح اراضی یونجه کاری دارای بیشترین حساسیت می باشند.

## ۴-۱۲ تحلیل وضعیت آبخوان در شرایط تغییر اقلیم ۴-۱۲-۱ مدل ها و سناریوهای انتخابی

در این تحقیق از مدل های اقلیمی CGMR، CSMK3، HadCM3 و IPCM4 و سه سناریوی انتشار شامل A1B و B1، A2 و مدل آماری LARS-WG برای ریز مقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی برای دهه های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱؛ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) استفاده شد.

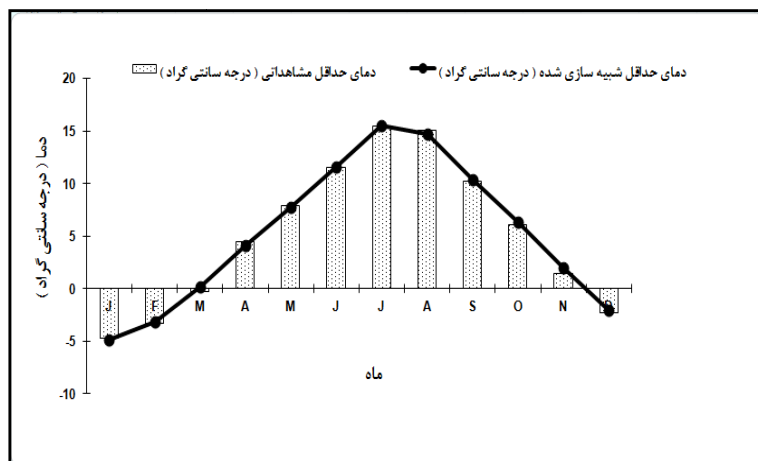
## ۴-۱۲-۲ بررسی عملکرد مدل LARS-WG در شبیه سازی دما و بارش و ساعات آفتابی

به طور کلی تولید داده توسط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می گیرد که عبارتند از: کالیبره کردن مدل، ارزیابی مدل و تولید داده های هواشناسی برای دوره آتی. قبل از تولید داده ها اطمینان از کارایی مدل ضروری است، بر این اساس در تحقیق حاضر داده های روزانه بارش، دمای حداقل و دمای حداکثر و ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد غرب از ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ به عنوان فایل ورودی به مدل LARS-WG معرفی شد. نتایج حاصل از اجرای مدل برای این دوره با داده های مشاهداتی مقایسه گردید تا از کارایی مدل برای ایستگاه مورد نظر اطمینان حاصل شود. در شکل های ۴-۲۷ تا ۴-۳۰، مقایسه میانگین بین داده های واقعی و داده های حاصل از مدل در دوره ۲۰۱۳-۱۹۹۲ آورده شده است. و میزان خطا نیز در جدول ۴-۱۸ ارائه گردیده است.

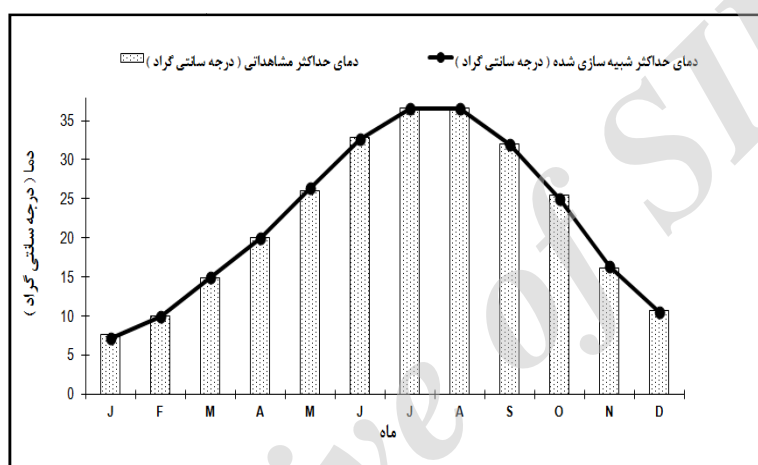


شکل ۴-۱۷ مقایسه میانگین ماهانه بارش مشاهداتی و شبیه سازی شده

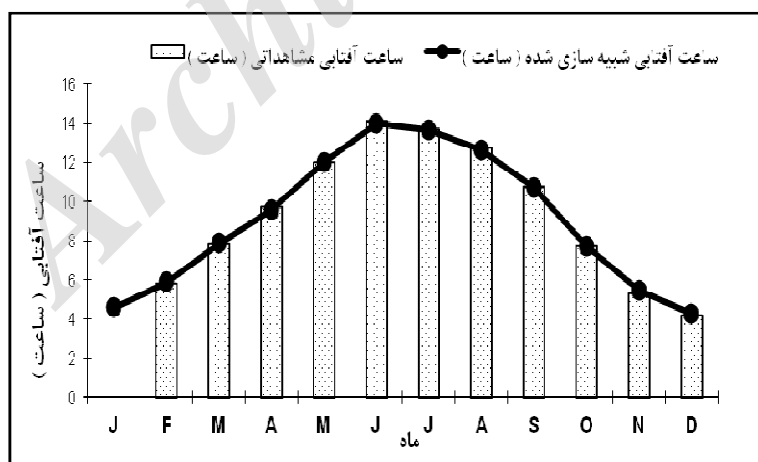
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۱۸ مقایسه میانگین ماهانه دمای حداقل مشاهداتی و شبیه سازی شده



شکل ۴-۱۹ مقایسه میانگین ماهانه دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه سازی شده



شکل ۴-۲۰ مقایسه میانگین ماهانه ساعات آفتابی مشاهداتی و شبیه سازی شده

جدول ۴-۱۸ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG

متغیر / نمایه	متوسط خطای مطلق <sup>۱</sup>	ریشه میانگین مربعات خطا <sup>۲</sup>	ضریب نش <sup>۳</sup>	ضریب تبیین (R <sup>۲</sup> )	اریب <sup>۴</sup>
بارش	۰/۶۹۷۵	۶/۹۲	۰/۹۴۶	۰/۹۴۷	۱/۱۶۴
دمای حداقل	۰/۰۳۶۵	۰/۲۸۳	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۱۱۸۳
دمای حداکثر	-۰/۰۶۵	۰/۲۲۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	-۰/۰۶۸۳
ساعات آفتابی	-۰/۰۱۳۳	۰/۲۰۴۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۹	-۰/۰۹۸۳

با توجه به شکل های ۴-۱۷ تا ۴-۲۰ و نتایج بدست آمده در جدول ۴-۱۸، مدل سازی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی به میزان بسیار خوبی با داده های مشاهداتی در تطابق می باشد. نتایج نشان داد که با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی و مقادیر پایین پارامترهای شاخص های خطاسنجی محاسبه شده، مدل LARS-WG، توانمندی مدل سازی اقلیم دوره گذشته حوضه مورد مطالعه را بر اساس یک سناریوی حالت پایه دارا می باشد. تحلیل آماری انجام شده با استفاده از آزمون t زوجی بین مقادیر مشاهده ای و شبیه سازی شده نشان داد که بین این دو مقدار در کلیه متغیرهای اقلیمی تفاوت معنی داری مشاهده نمی گردد (جدول ۴-۱۹). نتایج نشان دهنده تطابق مناسب این داده ها و قابلیت استفاده مدل در شبیه سازی سناریوهای تغییر اقلیم است.

جدول ۴-۱۹ نتایج مقایسه عوامل اقلیمی مشاهده ای و شبیه سازی شده

عامل اقلیمی	میانگین	انحراف از معیار	آماره t	درجه آزادی	P
بارش	-۱/۱۶۴۱	۷/۱۲۵۶	-۰/۵۶۶	۱۱	۰/۵۸۳
دمای حداقل	-۰/۱۱۸۳	۰/۲۶۸۹	-۱/۵۲۴	۱۱	۰/۱۵۶
دمای حداکثر	۰/۰۶۸۳	۰/۲۲۷۶	۱/۰۴۰	۱۱	۰/۳۲۱
ساعات آفتابی	۰/۰۹۸۳	۰/۱۸۷۶	۱/۸۱۶	۱۱	۰/۰۹۷

### ۴-۱۲-۳ ارزیابی دقت مدل های اقلیمی HadCM3، CSMK3 و IPCM4 در شبیه سازی دما و بارش و ساعات آفتابی

برای ارزیابی و تشخیص کارایی مدل ها از شاخص های خطا سنجی بین داده های مشاهداتی از پایگاه داده ای و داده های حاصل از مدل در دوره پایه (۲۰۱۳-۱۹۹۲)، استفاده گردید و در جدول (۴-۲۰) مقادیر مربوط به این شاخص های آماری آورده شده است.

<sup>1</sup> Mean of Absolute Error (MAE)  
<sup>2</sup> Root of Mean Square Error (RMSE)  
<sup>3</sup> Nash Sateclife  
<sup>4</sup> BAIS



بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۲۰ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص های مورد نظر ایستگاه اسلام آباد غرب (سناریوی A1B)

BIAS	R <sup>2</sup>	NA	RMSE	MAE		
۲/۴۸۱	۰/۹۷۲	۰/۹۵۶	۶/۲۹۸	-۰/۷۸۵	IPCM4	بارش
-۰/۳۹۶۷	۰/۹۷۲	-۰/۹۶۹۵	۵/۲۲۲۸	-۰/۹۷۸۳	HadCM3	
-۰/۷۷۱۷	۰/۹۸۱	-۰/۹۷۷۶	۴/۴۷۸۲	-۰/۱۷	CSMK3	
-۱/۴۹۴۲	۰/۹۸۲	-۰/۹۷۱۶	۵/۰۴۰۵	-۰/۸۹۲۵	CGMR	
۰/۶۴۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹	۰/۶۸۶	-۰/۱۷۳	IPCM4	دمای حداقل
-۰/۶۲۰۸	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۰۳	۰/۶۶۵۳	-۰/۱۷۰۸	HadCM3	
-۰/۳۹۱۷	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۵۵	۰/۴۵۲۳	-۰/۱۰۱۷	CSMK3	
-۰/۷۳۴۲	۰/۹۹۹	-۰/۹۸۷۵	۰/۷۵۵۵	-۰/۲۲۲۵	CGMR	
-۰/۴۸۷	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۷	۰/۵۳۶	۰/۱۳	IPCM4	دمای حداکثر
-۰/۴۴۰۸	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۷۳	-۰/۵۲۶۲	-۰/۱۳۲۵	HadCM3	
-۰/۱۹۰۸	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۸۷	۰/۳۷۳۱	-۰/۰۱۲۵	CSMK3	
-۰/۵۵۸۳	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۶	-۰/۶۳۹۵	-۰/۱۸۸۳	CGMR	
-۰/۰۱۵	۰/۹۹۷	-۰/۹۹۵	۰/۲۳۳	-۰/۰۵۵	IPCM4	ساعات آفتابی
-۰/۰۱۳۳	۰/۹۹۶	-۰/۹۹۶۱	۰/۲۱۵۶	-۰/۱۲۱۷	HadCM3	
-۰/۰۵۱۷	۰/۹۹۷	-۰/۹۹۷۱	-۰/۱۸۸۳	-۰/۱۰۱۷	CSMK3	
-۰/۱۱۰۸	۰/۹۹۵	-۰/۹۹۳۹	-۰/۲۷۱۶	-۰/۱۲۲۵	CGMR	

جدول ۴-۲۱ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص های مورد نظر ایستگاه اسلام آباد غرب (سناریوی A2)

BIAS	R <sup>2</sup>	NA	RMSE	MAE		
۲/۱۵۴۲	۰/۹۳۵	۰/۹۱۸۹	۸/۵۱۱۶	-۲/۴۵۴۲	IPCM4	بارش
-۰/۷۶۳۳	۰/۹۸۹	-۰/۹۸۸۲	۳/۲۵۱۸	-۰/۸۵۳۳	HadCM3	
----	----	----	----	----	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
-۰/۵۴۵۸	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۲۵	-۰/۵۸۵۲	-۰/۲۰۵۸	IPCM4	دمای حداقل
-۰/۶۹۱۷	۰/۹۹۹	-۰/۹۸۸۸	۰/۷۱۶	۰/۱۹	HadCM3	
----	----	----	----	----	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
-۰/۴۴۵	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۷۵	۰/۵۰۵۱	-۰/۲	IPCM4	دمای حداکثر
-۰/۵۱۶۷	۰/۹۹۹	-۰/۹۹۶۶	-۰/۵۹۴۶	۰/۱۵۵	HadCM3	
----	----	----	----	----	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
-۰/۰۵۷۵	۰/۹۹۶	-۰/۹۹۶۴	۰/۲۰۶۷	-۰/۱۴۵۸	IPCM4	ساعات آفتابی
-۰/۰۳۵۸	۰/۹۹۶	-۰/۹۹۵۹	۰/۲۲۱۴	-۰/۰۸۴۲	HadCM3	
----	----	----	----	----	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول ۴-۲۲ نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG بر اساس شاخص های مورد نظر ایستگاه اسلام آباد غرب (سناریوی B1)

BIAS	R <sup>2</sup>	NA	RMSE	MAE		
-۰/۳۶۱۷	۰/۹۷۴	۰/۹۷۲۳	۴/۹۷۸۲	-۰/۷۵	IPCM4	بارش
۲/۹۱۱۷	۰/۹۷۳	۰/۹۶۴۲	۵/۶۵۶۶	۱/۹۶۸۳	HadCM3	
-۰/۸۸۸۳	۰/۹۷۵	۰/۹۶۷۱	۵/۴۲۱۲	-۰/۳۱۶۷	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
۰/۶۰۲۵	۰/۹۹۹	۰/۹۹۱۱	۰/۶۳۹۶	۰/۱۹۲۵	IPCM4	دمای حداقل
۰/۶۳۶۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹	۰/۶۷۴۸	۰/۱۵۶۷	HadCM3	
۰/۴۲۲۵	۰/۹۹۹	۰/۹۹۵۱	۰/۴۷۴۹	۰/۰۸۵۸	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
۰/۴۲۱۷	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷۵	۰/۵۰۸۶	۰/۱۵۱۷	IPCM4	دمای حداکثر
۰/۴۵۵۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۷۲	۰/۵۳۴۷	۰/۱۱۵۸	HadCM3	
۰/۲۱۹۲	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸۸	۰/۳۴۵۸	-۰/۰۰۰۸	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
-۰/۰۴۹۲	۰/۹۹۷	۰/۹۹۵۵	۰/۲۳۱۷	۰/۰۷۴۲	IPCM4	ساعات آفتابی
-۰/۰۶۳۳	۰/۹۹۷	۰/۹۹۶۹	۰/۱۹۱۸	۰/۰۷	HadCM3	
۰/۰۶۵۸	۰/۹۹۷	۰/۹۹۷۱	۰/۱۸۷۲	۰/۱۲۰۸	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	

جدول ۴-۲۳ بهترین مدل در شبیه سازی بر اساس میانگین خطای مطلق MAE

B1	A2	A1B	
CSMK3	HadCM3	CSMK3	بارش
CSMK3	HadCM3	CSMK3	دمای کمینه
CSMK3	HadCM3	CSMK3	دمای بیشینه
HadCM3	HadCM3	IPCM4	ساعات آفتابی

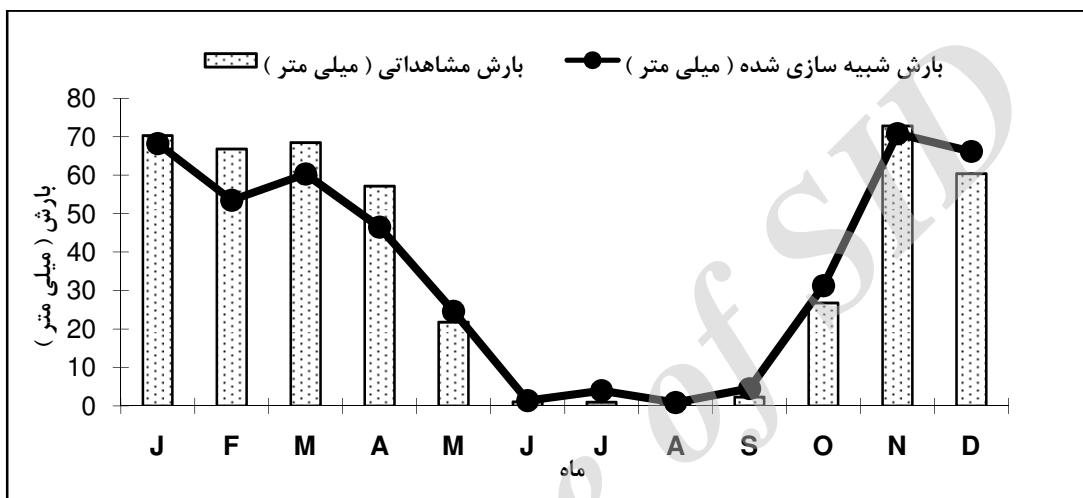
جدول ۴-۲۴ بهترین مدل در شبیه سازی متغیرهای اقلیمی بر اساس متوسط خطای مطلق

متوسط خطای مطلق	ساعات آفتابی	دمای بیشینه	دمای کمینه	بارش	مدل	
-۰/۱۰۶۷۵	۰/۰۵۵	۰/۱۳	۰/۱۷۳	-۰/۷۸۵	IPCM4	A1B
۰/۳۵۰۸۲۵	۰/۱۲۱۷	۰/۱۳۲۵	۰/۱۷۰۸	۰/۹۷۸۳	HadCM3	
<u>۰/۰۹۶۴۷۵</u>	۰/۱۰۱۷	۰/۰۱۲۵	۰/۱۰۱۷	۰/۱۷	CSMK3	
۰/۳۵۶۴۵	۰/۱۲۲۵	۰/۱۸۸۳	۰/۲۲۲۵	۰/۸۹۲۵	CGMR	
۰/۴۷۵۶۵	۰/۱۴۵۸	۰/۲	۰/۲۰۵۸	-۲/۴۵۴۲	IPCM4	A2
<u>۰/۰۸۴۲</u>	۰/۰۸۴۲	۰/۱۵۵	۰/۱۹	۰/۸۵۳۳	HadCM3	
----	----	----	----	----	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	
-۰/۰۸۲۹	۰/۰۷۴۲	۰/۱۵۱۷	۰/۱۹۲۵	-۰/۷۵	IPCM4	B1
۰/۵۷۷۷	۰/۰۷	۰/۱۱۵۸	۰/۱۵۶۷	۱/۹۶۸۳	HadCM3	
<u>-۰/۰۲۷۷۳</u>	۰/۱۲۰۸	-۰/۰۰۰۸	۰/۰۸۵۸	-۰/۳۱۶۷	CSMK3	
----	----	----	----	----	CGMR	

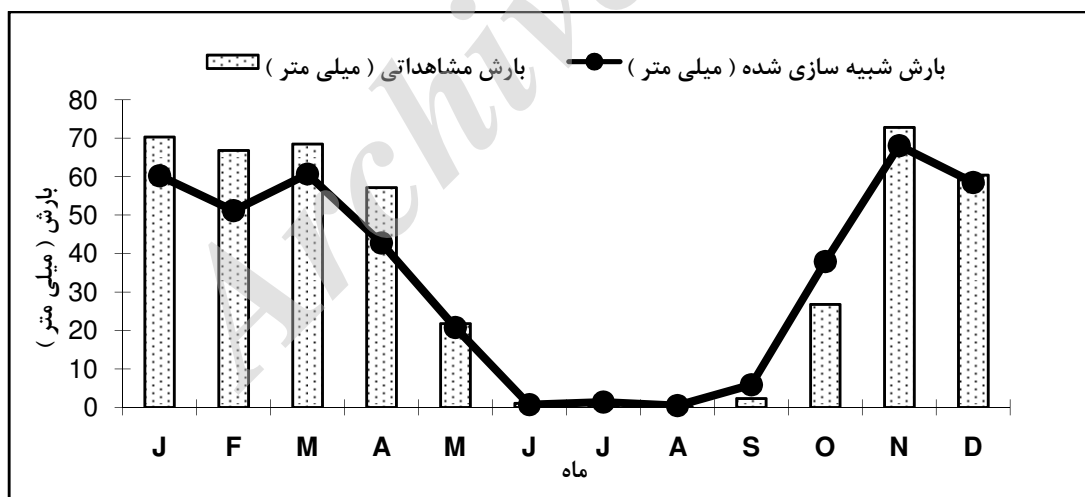
بهترین مدل در شبیه سازی هر کدام از متغیرها در جدول ۴-۲۳ نشان داده شد. با توجه به نتایج ارزیابی، در سناریو A2 برای چهار متغیر اقلیمی، مدل HadCM3 به عنوان مدل منتخب و در سناریوهای A1B و

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

B1 برای متغیرهای بارش و دمای حداقل و حداکثر، مدل CSMK3 و در سناریوهای A1B و B1 برای متغیر اقلیمی ساعات آفتابی به ترتیب مدل IPCM4 و HadCM3 به عنوان مدل های منتخب شبیه سازی انتخاب گردیدند. میزان انطباق مناسب برای هر کدام از متغیرهای اقلیمی بر اساس مدل منتخب و سناریوی مورد نظر در شکل های ۴-۲۱ تا ۴-۳۲ ارائه گردیده است و انطباق داده های پایه و شبیه سازی شده در هر کدام از مدل ها نشان دهنده دقت و کارآیی هر مدل در شبیه سازی داده های اقلیمی در منطقه است.

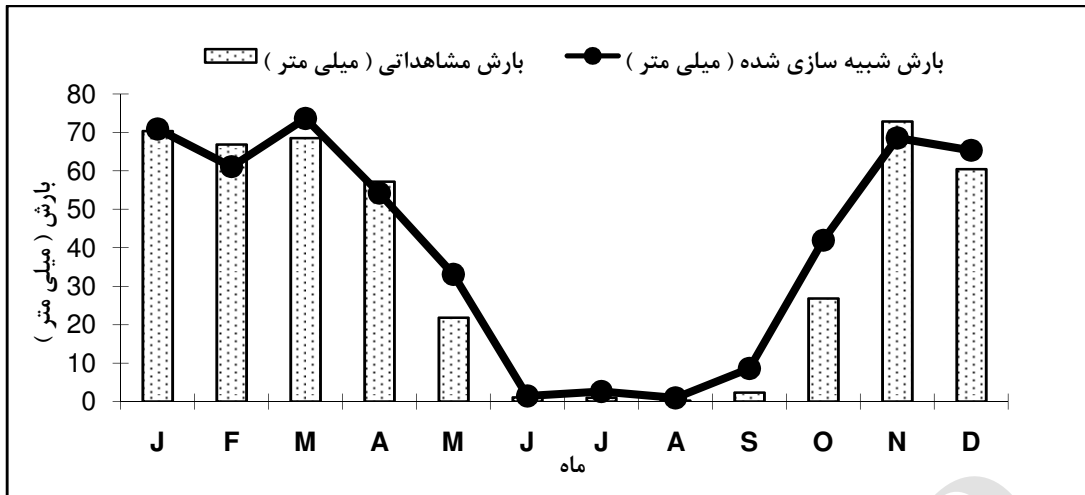


شکل ۲۱-۴ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B

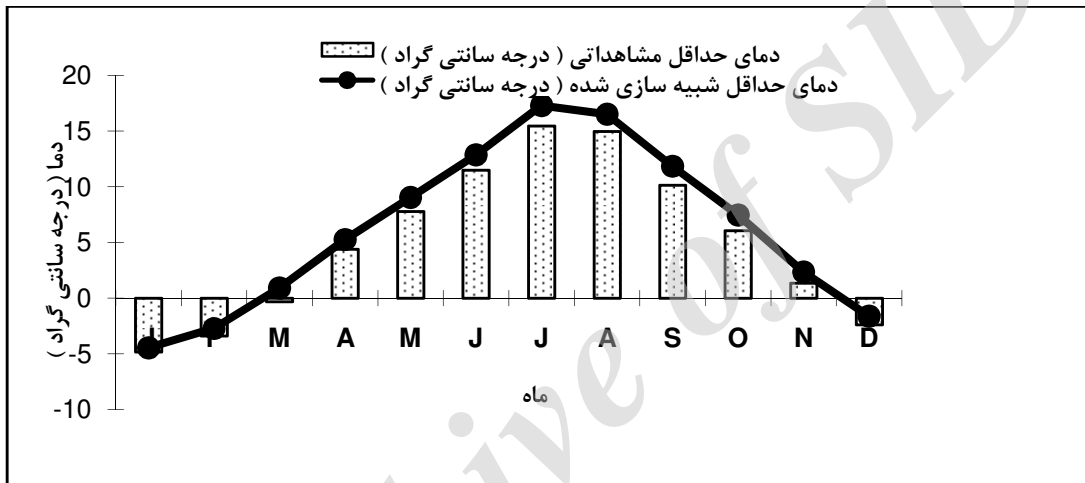


شکل ۲۲-۴ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2

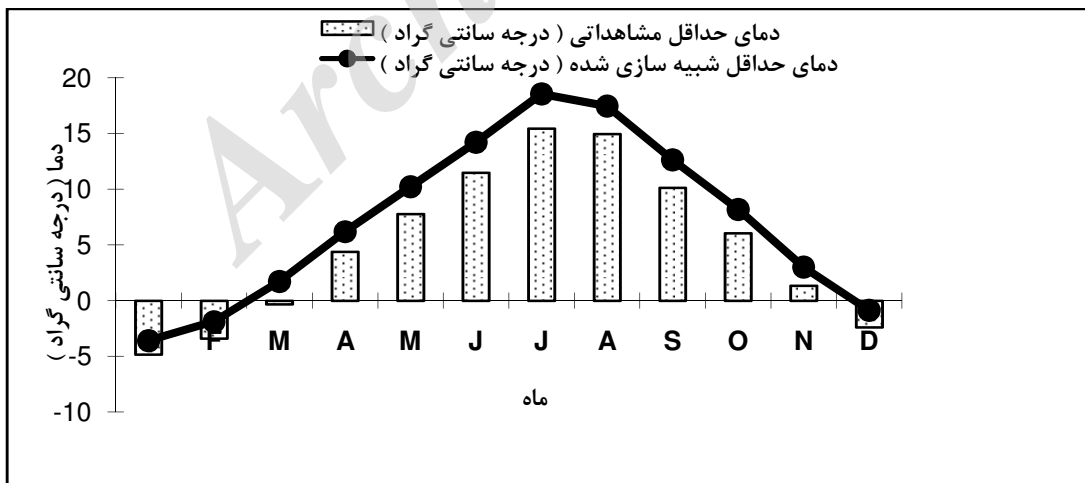
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۲۳ میزان تطابق بارش شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1

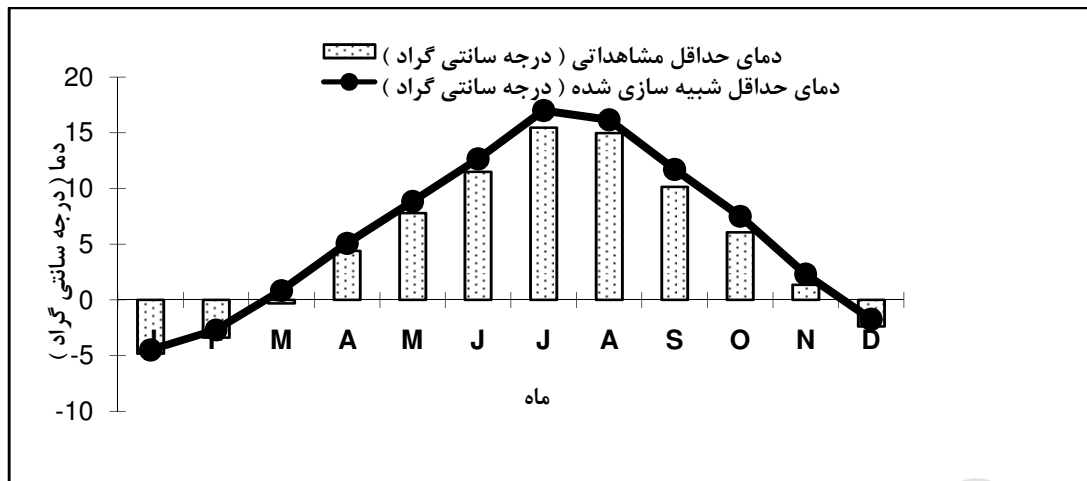


شکل ۴-۲۴ میزان تطابق دمای حداقل شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B

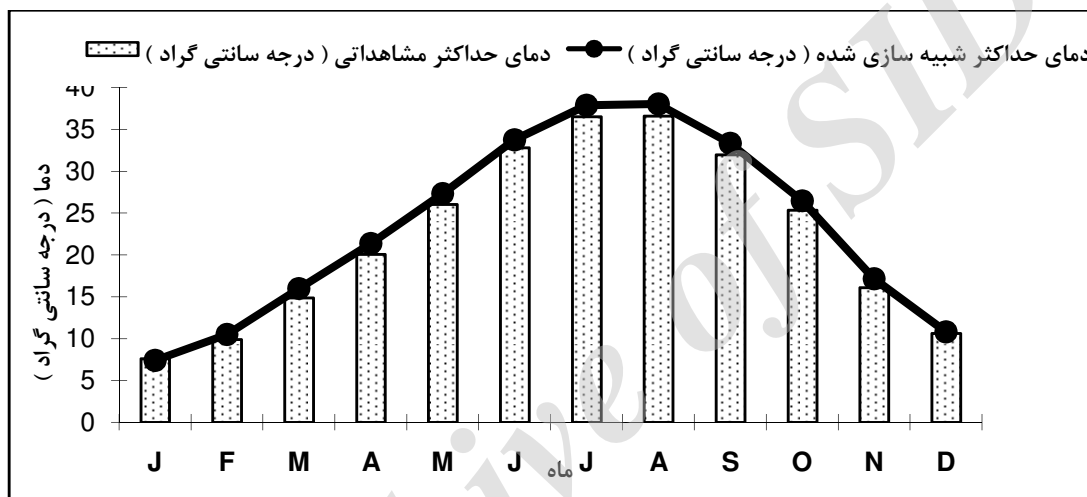


شکل ۴-۲۵ میزان تطابق دمای حداقل شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2

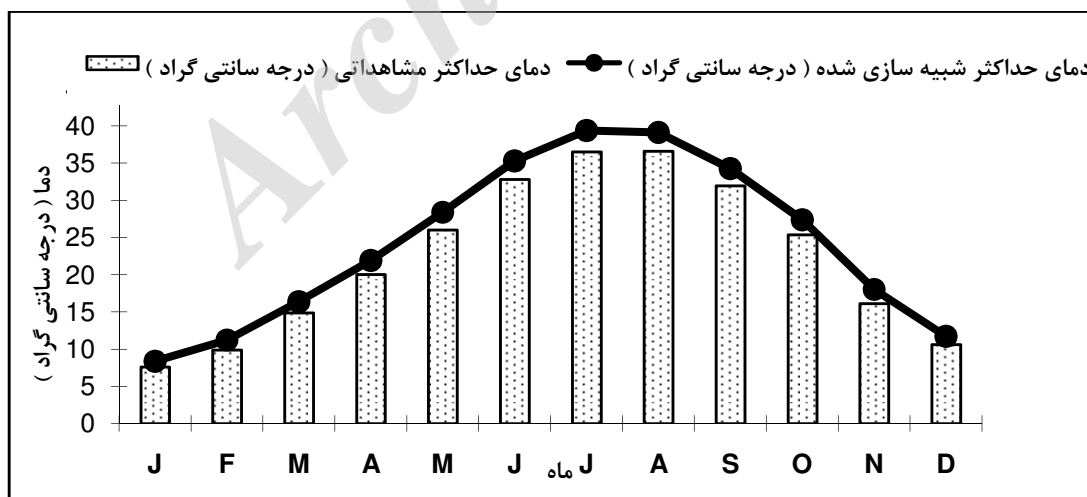
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۲۶ میزان تطابق دمای حدافل شبیه سازی شده و مشاهده‌ای در سناریوی B1

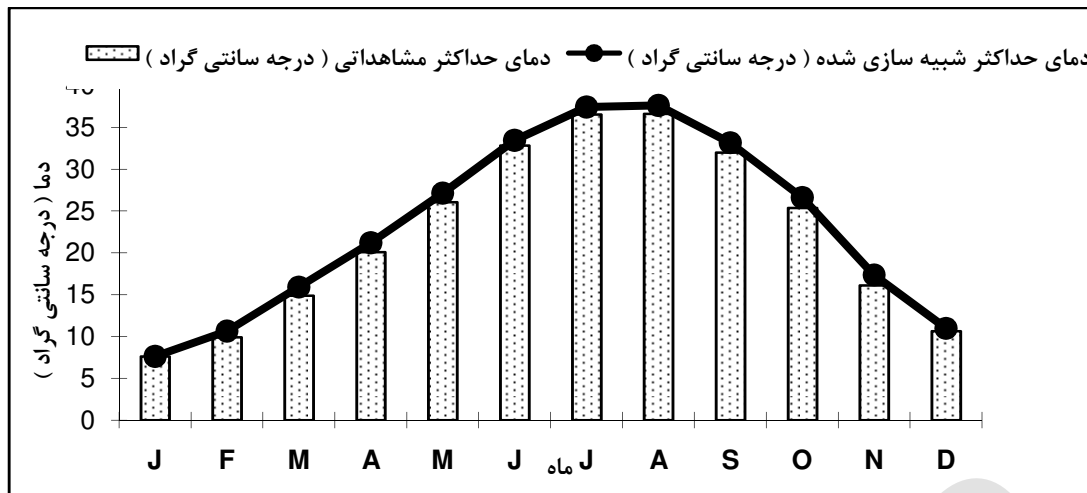


شکل ۴-۲۷ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه سازی شده و مشاهده‌ای در سناریوی A1B

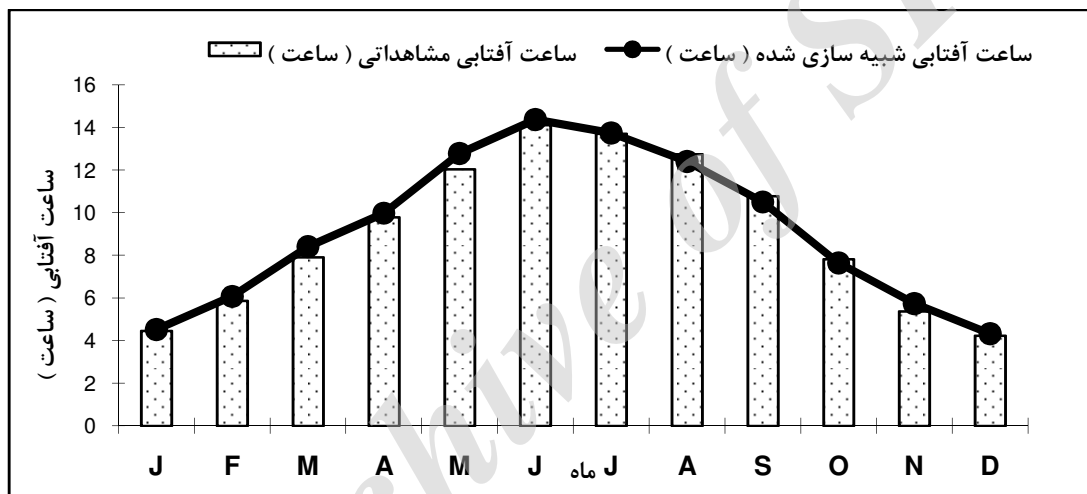


شکل ۴-۲۸ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه سازی شده و مشاهده‌ای در سناریوی A2

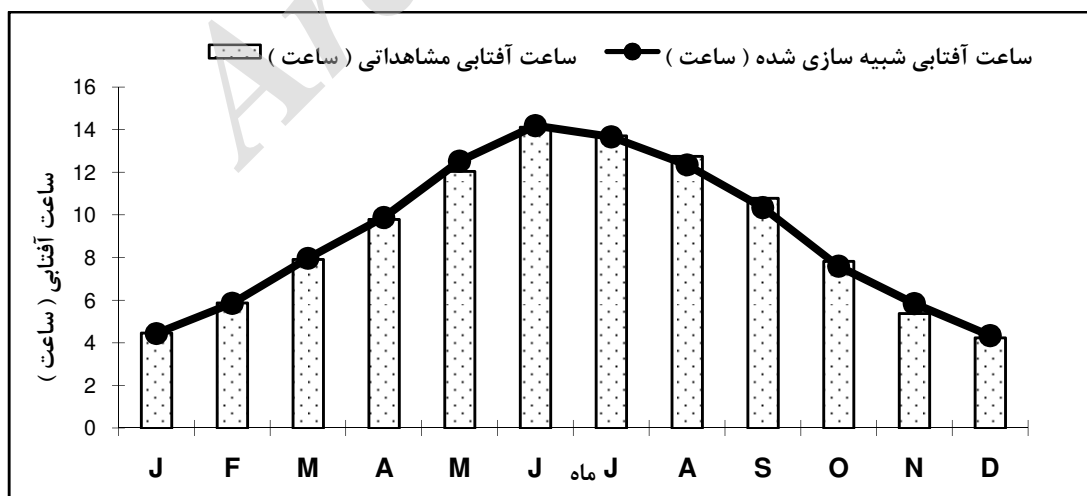
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۲۹ میزان تطابق دمای حداکثر شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1

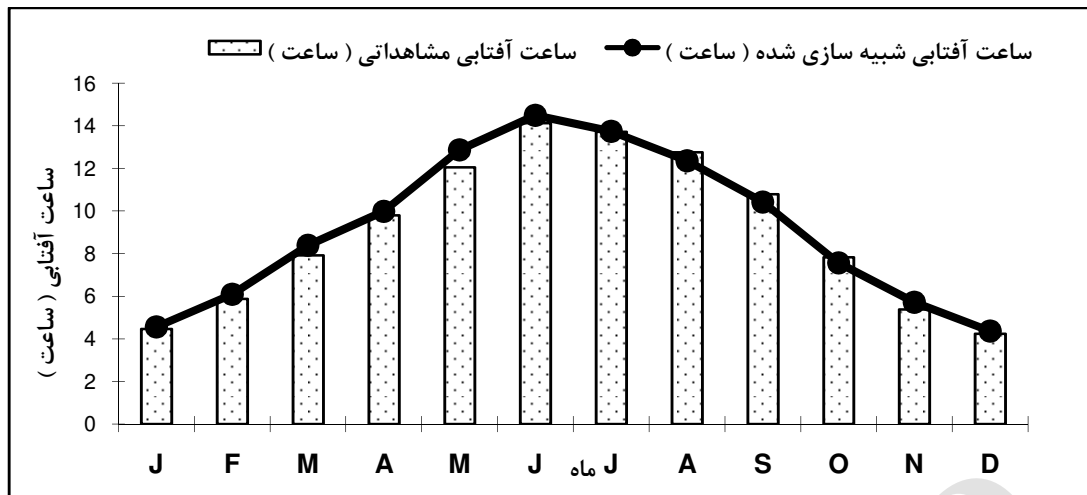


شکل ۴-۳۰ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A1B



شکل ۴-۳۱ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی A2

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



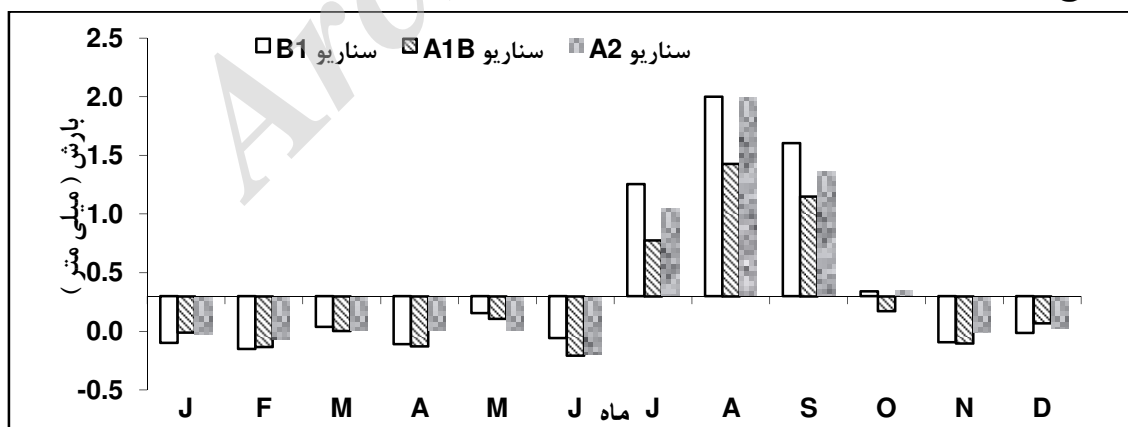
شکل ۴-۳۲ میزان تطابق ساعات آفتابی شبیه سازی شده و مشاهداتی در سناریوی B1

#### ۴-۱۲-۴ ارزیابی تغییر اقلیم

به منظور ارزیابی نوسانات اقلیمی منطقه مورد مطالعه، مدل های اقلیمی HadCM3 و IPCM4 و CSMK3 تحت سناریوهای A2، B1 و A1B مطابق جدول ۴-۲۵ برای متغیرهای اقلیمی اجرا شد و نسبت به مدل سازی برای سه دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۵-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ اقدام گردید. میزان تغییرات چهار متغیر اقلیمی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی بر اساس مدل های منتخب هر سناریو به دست آمده و ترسیم گردید. نتایج حاصله در شکل های ۴-۳۳ تا ۴-۶۸، برای میزان تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه بارش در دوره های سه گانه زمانی برای مدل های منتخب هر سناریو نشان می دهند.

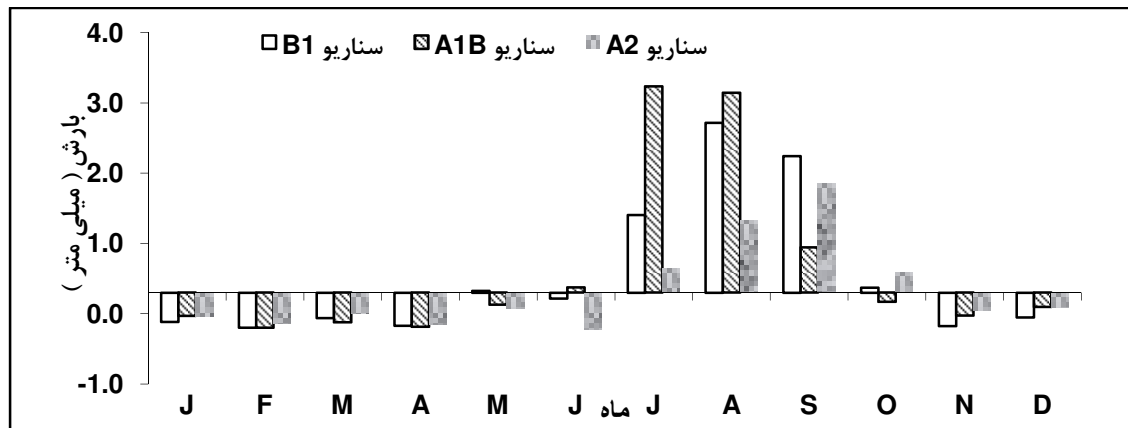
#### ۴-۱۲-۴-۱ نتایج تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه بارش

نتایج ارزیابی این تغییرات در شکل های ۴-۳۳ تا ۴-۴۱ ارائه شده است.

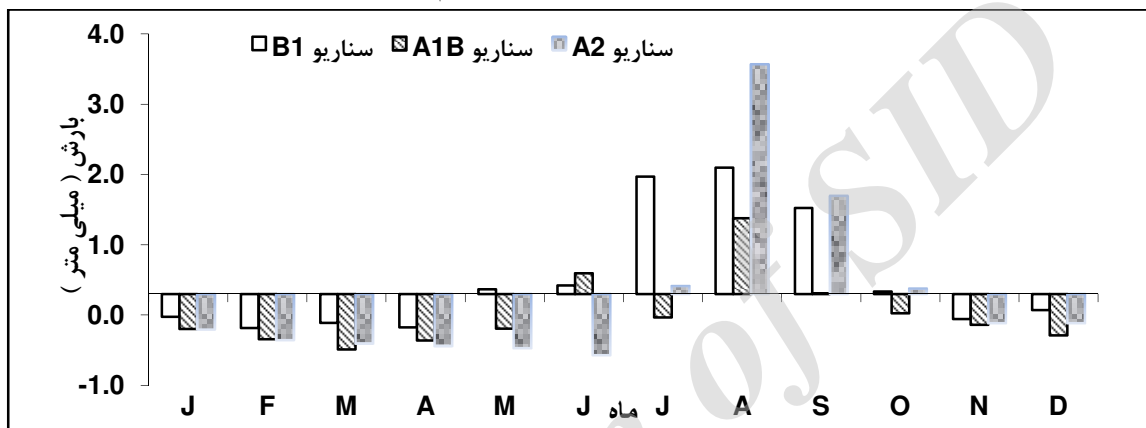


شکل ۴-۳۳ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

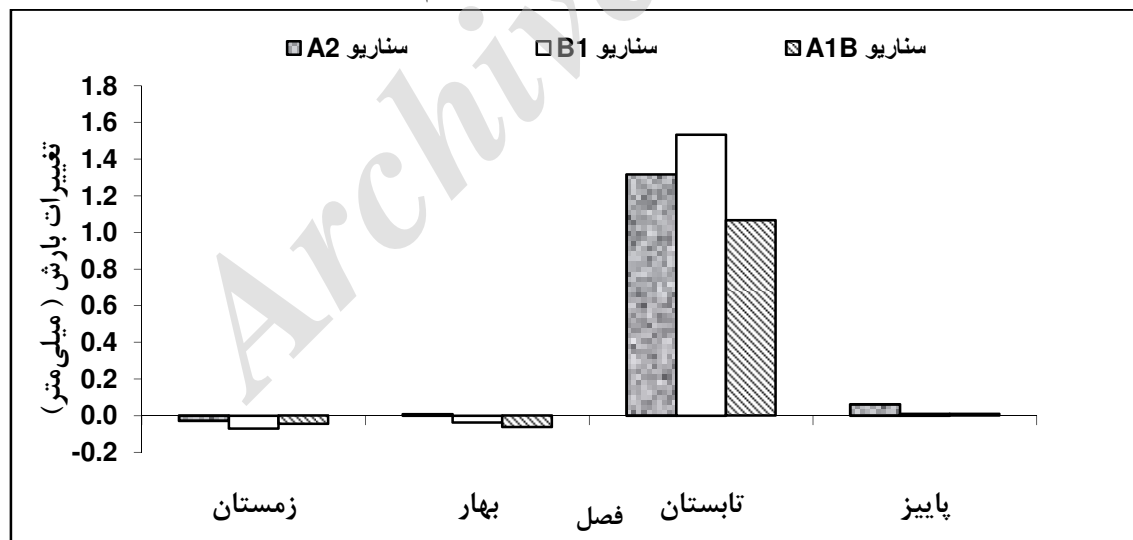
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۳۴ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



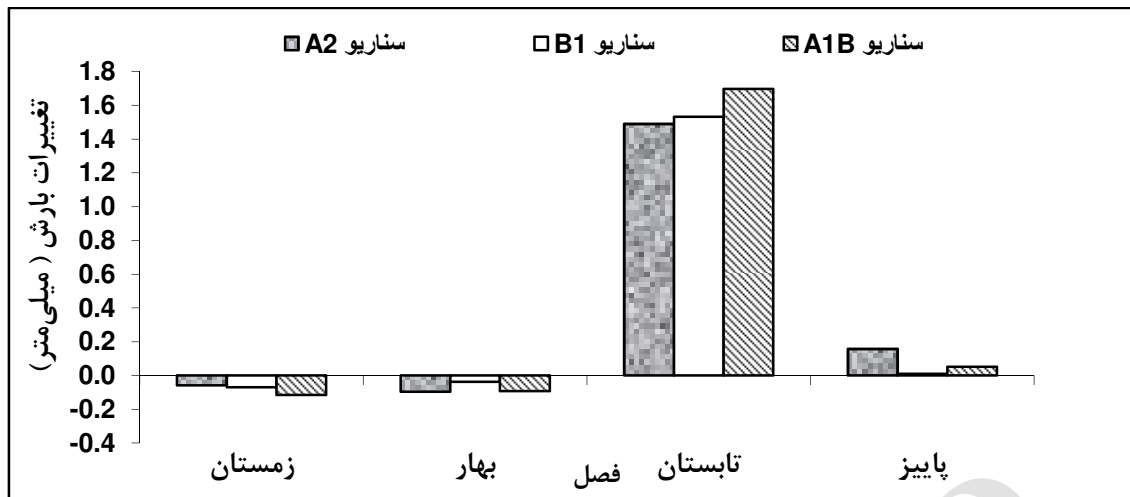
شکل ۴-۳۵ تغییرات ماهانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹



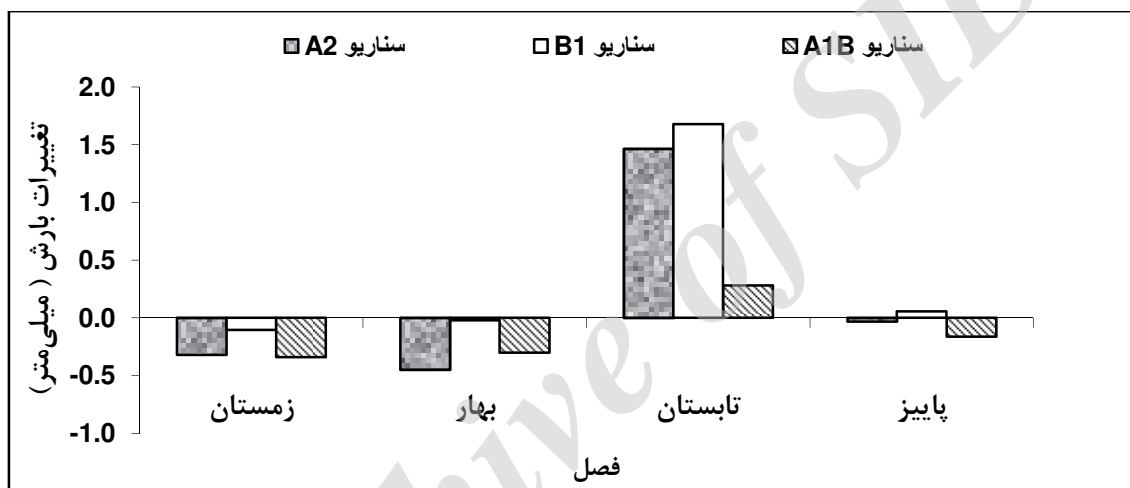
شکل ۴-۳۶ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



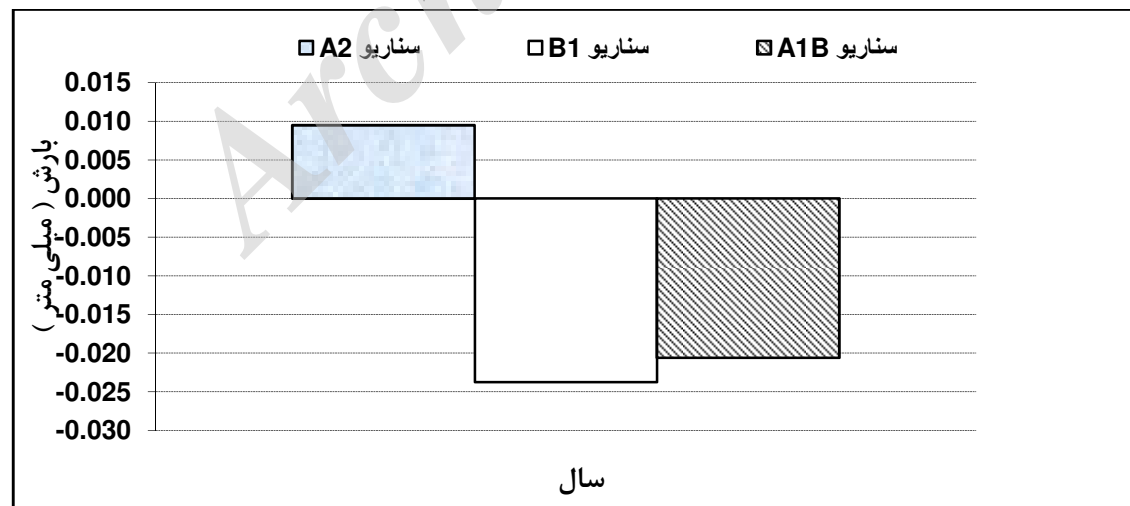
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۳۷ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

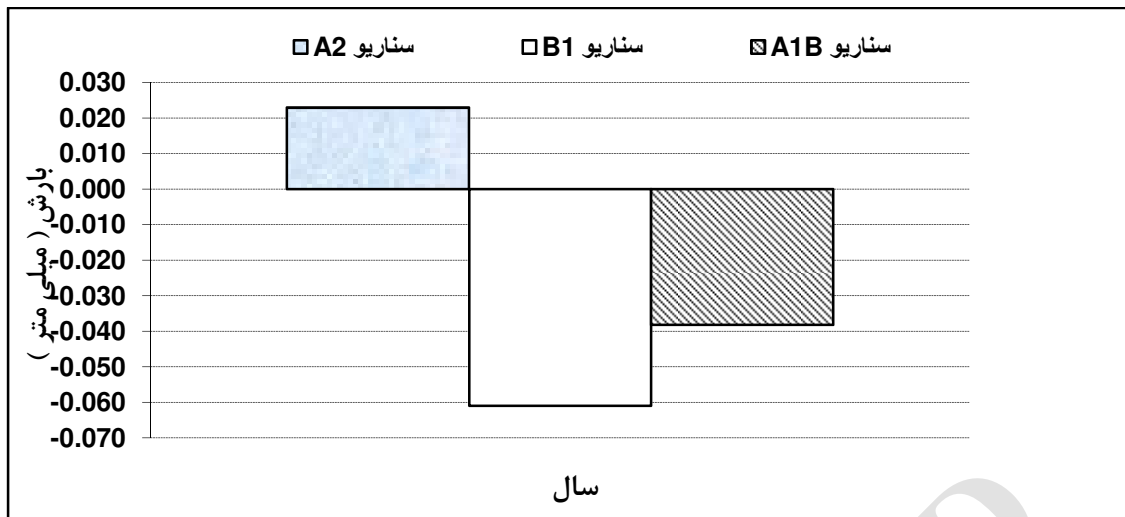


شکل ۴-۳۸ تغییرات فصلی بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

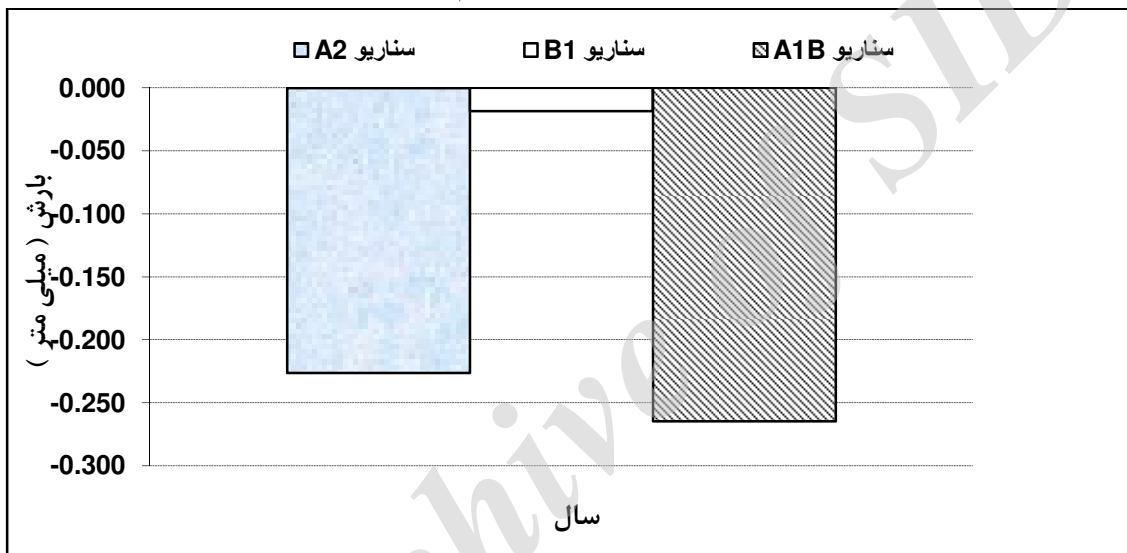


شکل ۴-۳۹ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۴۰ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



شکل ۴-۴۱ تغییرات سالانه بارش سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

الف) تغییرات بارش در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰:

نتایج حاصل از شکل های ماهانه فصلی و سالانه نشان می دهد که در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ در فصل تابستان در همه سناریوها افزایش بارش مشاهده می گردد و در سایر فصول به غیر از سناریوی A2 که افزایش اندکی را نشان می دهد برای سایر سناریوها کاهش است. این بدین معنی است که در فصل گرم افزایش بارش و در فصول مرطوب سال کاهش اتفاق خواهد افتاد. تغییرات سالانه بارش بر اساس سناریوی A2 افزایشی و در سناریوهای A1B و B1 کاهش است.

ب) تغییرات بارش در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵:

بر اساس شکل های این دوره زمانی از پیش بینی مدل، در همه سناریوها در فصول زمستان و بهار میزان بارش کاهش و در فصول تابستان و پاییز افزایش را نشان می دهد. تغییرات سالانه بارش بجز سناریوی A2 در سایر سناریوها کاهش است.

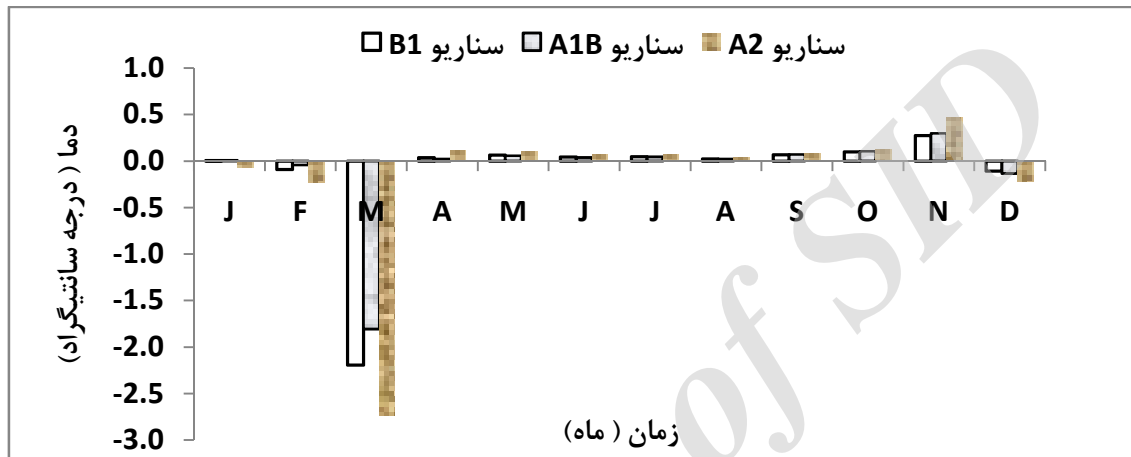
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

ج) تغییرات بارش در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹:

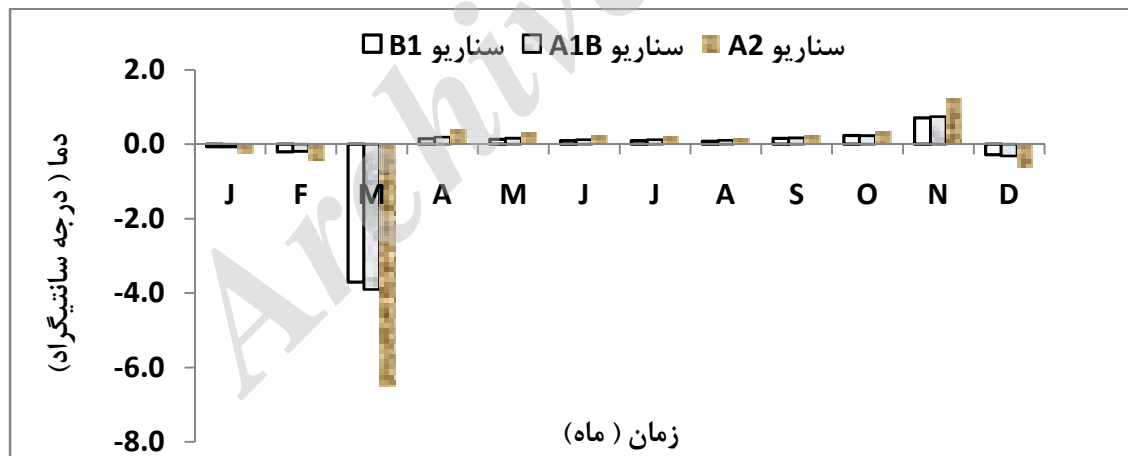
شکل های مربوط به این دوره زمانی نشان می دهند که تغییرات فصلی بارش در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ در تابستان افزایشی است و در سایر موارد بجز سناریوی B1 در فصل پاییز، در سایر فصول و سایر سناریوها کاهش می دهد. تغییرات سالانه بارش نیز در همه سناریوها کاهش را نشان می دهد.

#### ۴-۱۲-۲ نتایج تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دمای حداقل

نتایج ارزیابی این تغییرات در شکل های ۴-۴ تا ۴-۵ ارائه شده است.

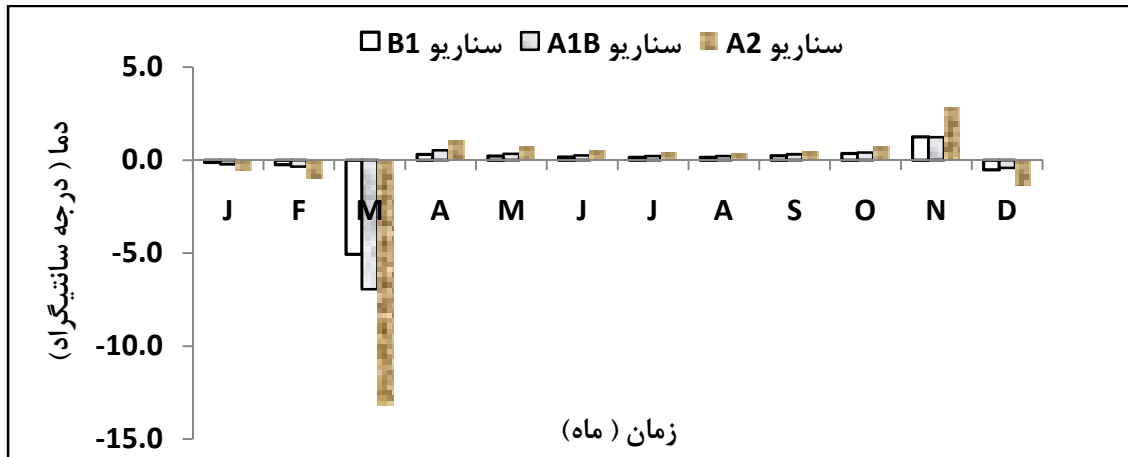


شکل ۴-۴ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

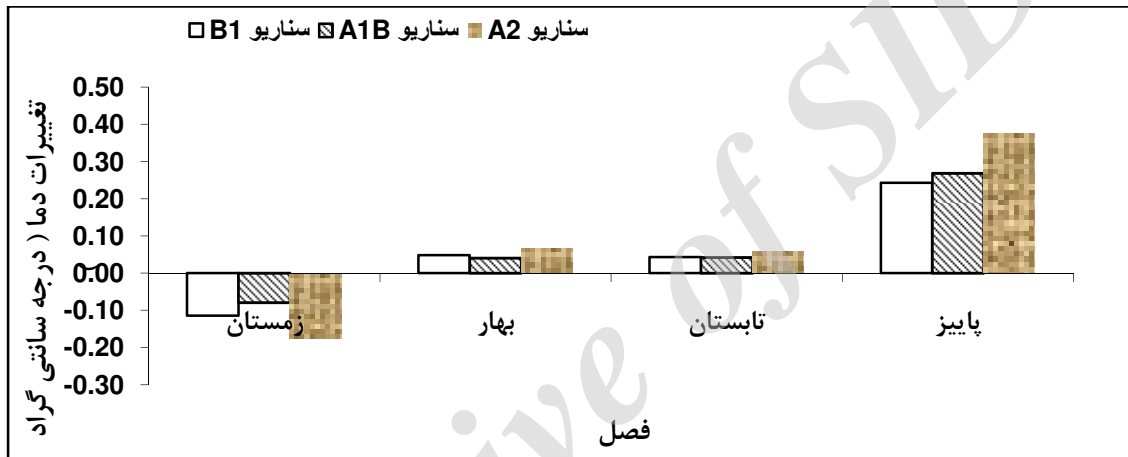


شکل ۴-۵ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

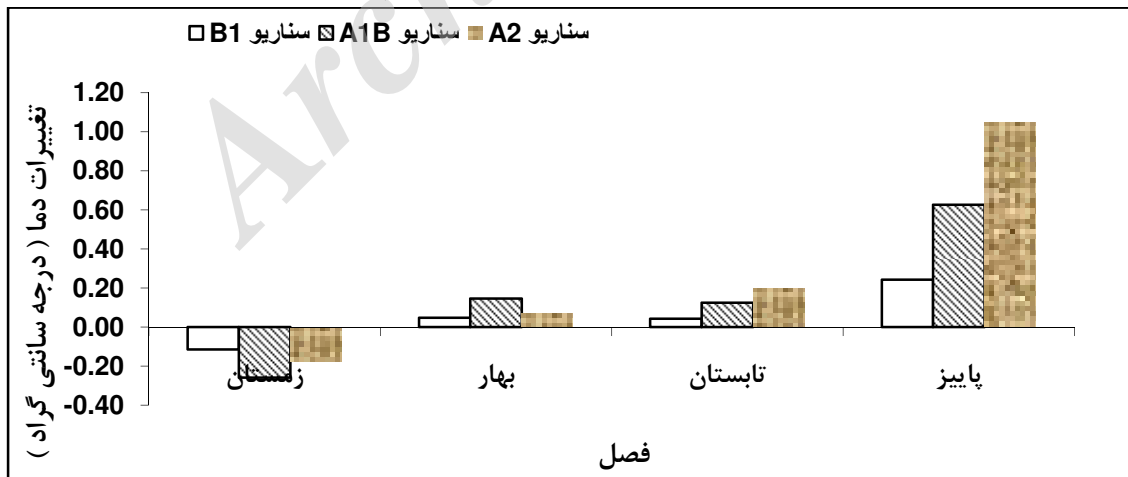
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴۴-۴ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

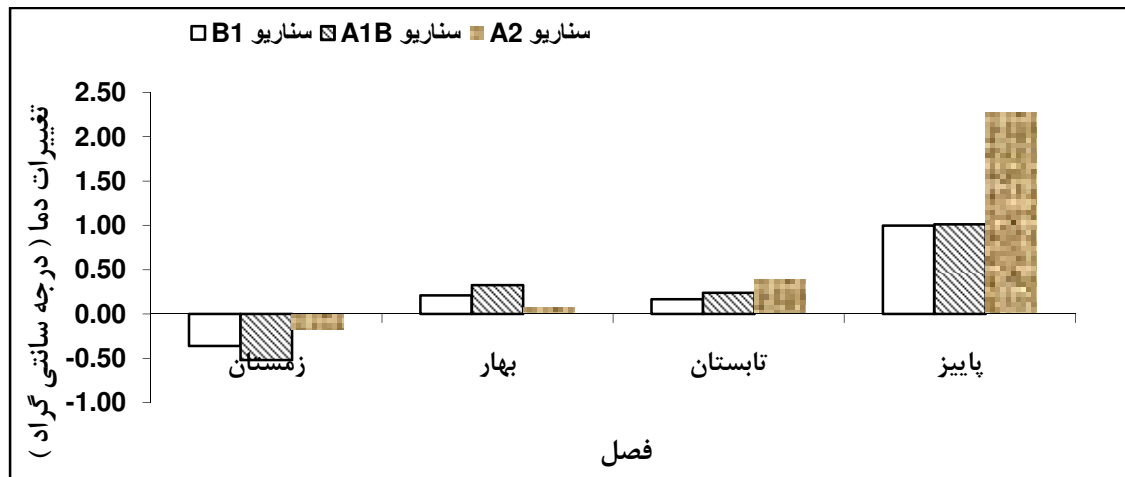


شکل ۴۵-۴ تغییرات فصلی دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

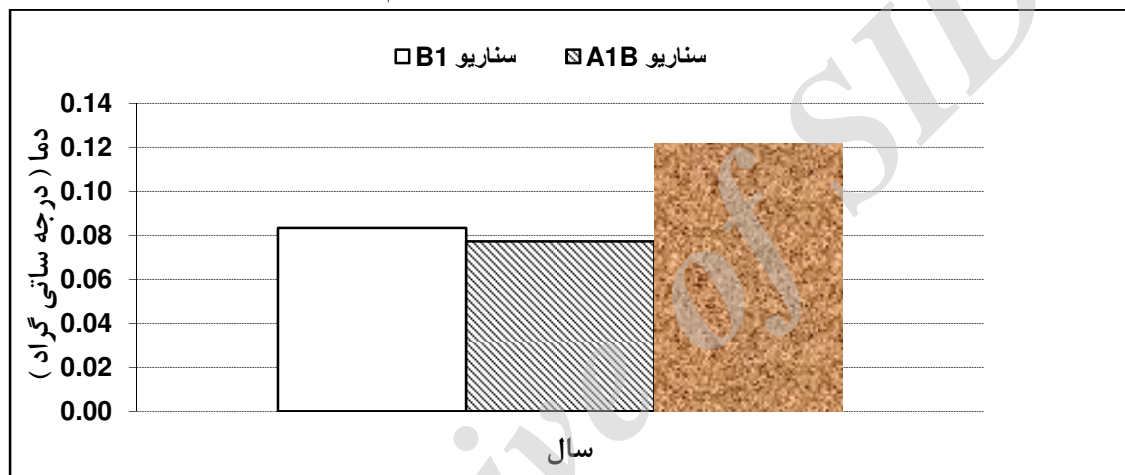


شکل ۴۶-۴ تغییرات فصلی دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

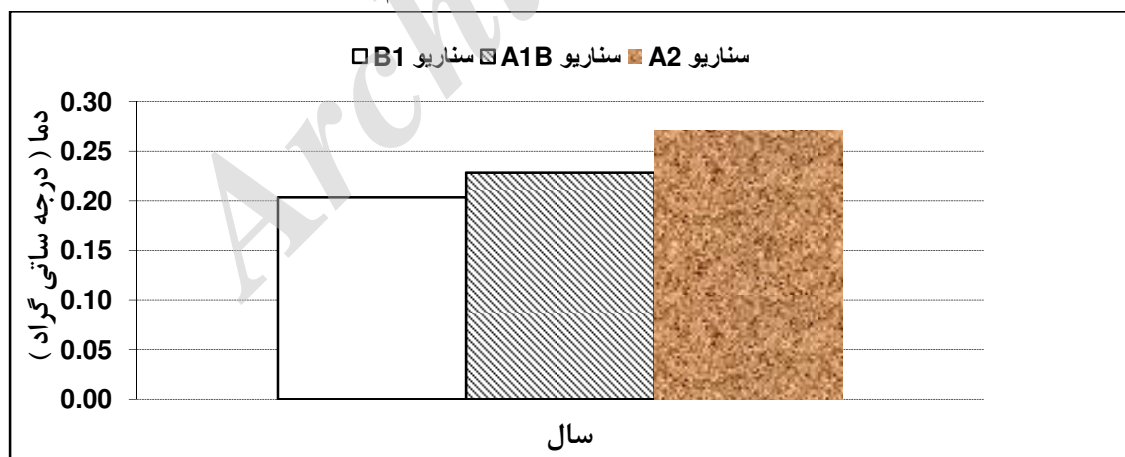
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



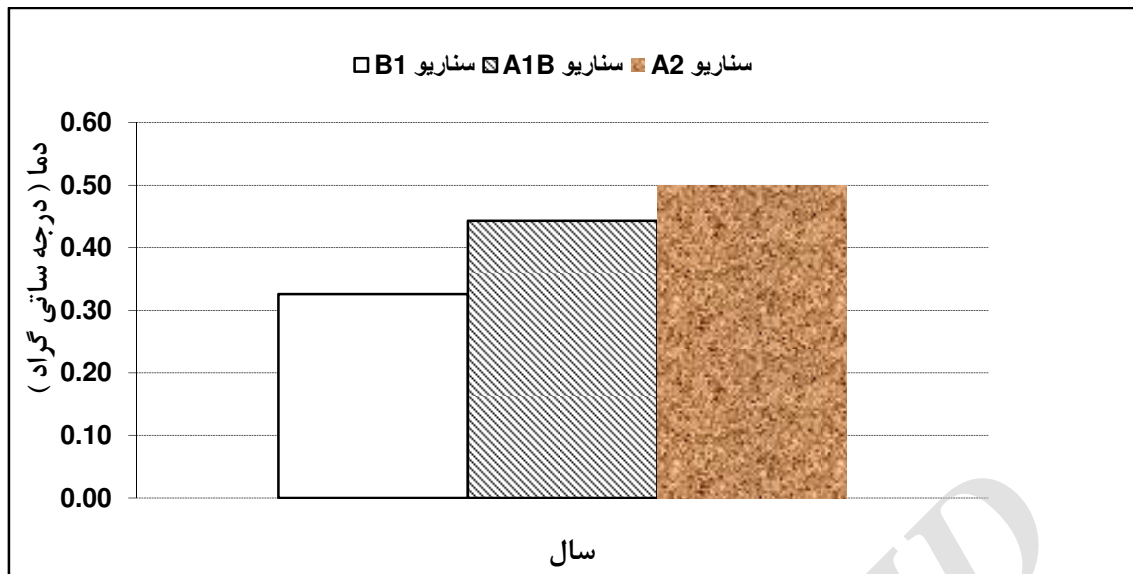
شکل ۴-۴۷ تغییرات ماهانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹



شکل ۴-۴۸ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



شکل ۴-۴۹ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



شکل ۴-۵۰ تغییرات سالانه دمای حداقل سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

#### الف) تغییرات دمای حداقل در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰:

نتایج حاصل از بررسی شکل های ۴-۵۲، ۴-۵۵ و ۴-۵۸، نشان می دهد که در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ تغییرات ماهانه دمای حداقل هم در حالت افزایشی و هم در حالت کاهش، بر اساس سناریوی A2 نسبت به سایر سناریوها بیشتر است. تغییرات دمای حداقل در فصل زمستان کاهشی و در سایر فصول افزایشی است. این بدین معنی است که تغییرات فصلی افزایش دما را نشان می دهند. تغییرات سالانه دمای حداقل نیز در همه سناریوها افزایش را نشان می دهد.

#### ب) تغییرات دمای حداقل در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵:

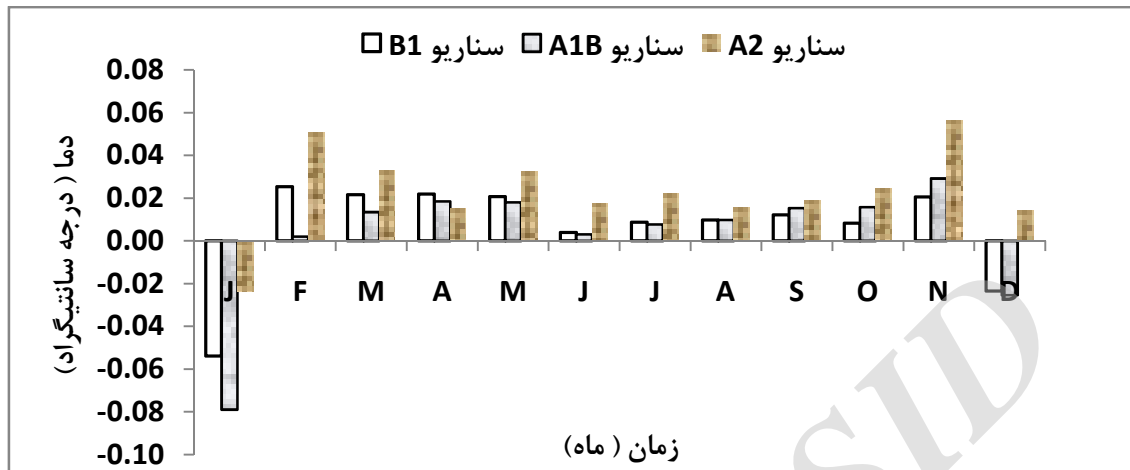
بر اساس شکل های ۴-۴۳، ۴-۴۶ و ۴-۴۹ در این دوره زمانی از پیش بینی مدل، تغییرات ماهانه دمای حداقل هم در حالت افزایشی و هم در حالت کاهش، بر اساس سناریوی A2 نسبت به سایر سناریوها بیشتر است. تغییرات دمای حداقل در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ در همه سناریوها، در فصل زمستان کاهشی و در سایر فصول افزایش را نشان می دهد. تغییرات سالانه نیز در این دوره برای هر سه سناریو افزایشی است.

#### ج) تغییرات دمای حداقل در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹:

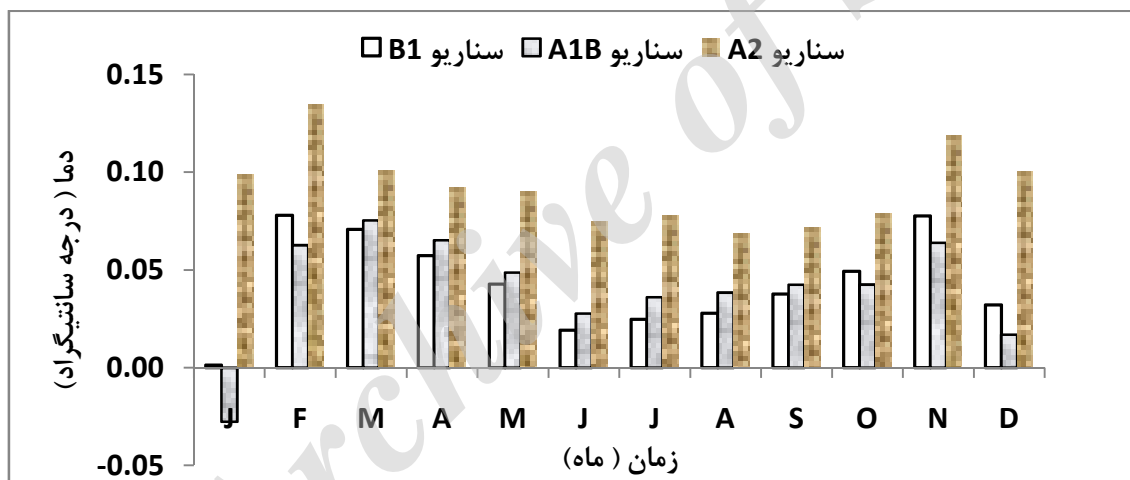
شکل های ۴-۴۴، ۴-۴۷ و ۴-۵۰ نشان می دهند که تغییرات ماهانه دمای حداقل هم در حالت افزایشی و هم در حالت کاهش، بر اساس سناریوی A2 نسبت به سایر سناریوها بیشتر است. در این دوره زمانی در فصل زمستان هر سه سناریو کاهش را نشان می دهد اما در بقیه فصول میزان تغییرات نشان دهنده افزایش دمای حداقل است. تغییرات سالانه دمای حداقل در هر سه سناریو در دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ افزایشی است.

### ۳-۴-۱۲-۴ نتایج بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دمای حداکثر:

نتایج ارزیابی این تغییرات در شکل های ۴-۵۱ تا ۴-۵۹ ارائه شده است.

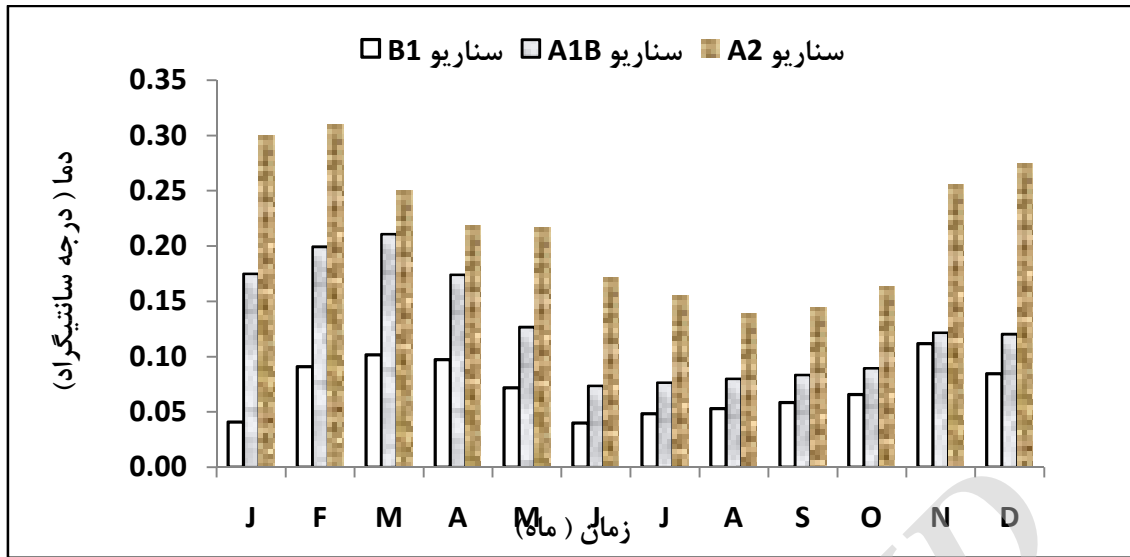


شکل ۴-۵۱ تغییرات ماهانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



شکل ۴-۵۲ تغییرات ماهانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

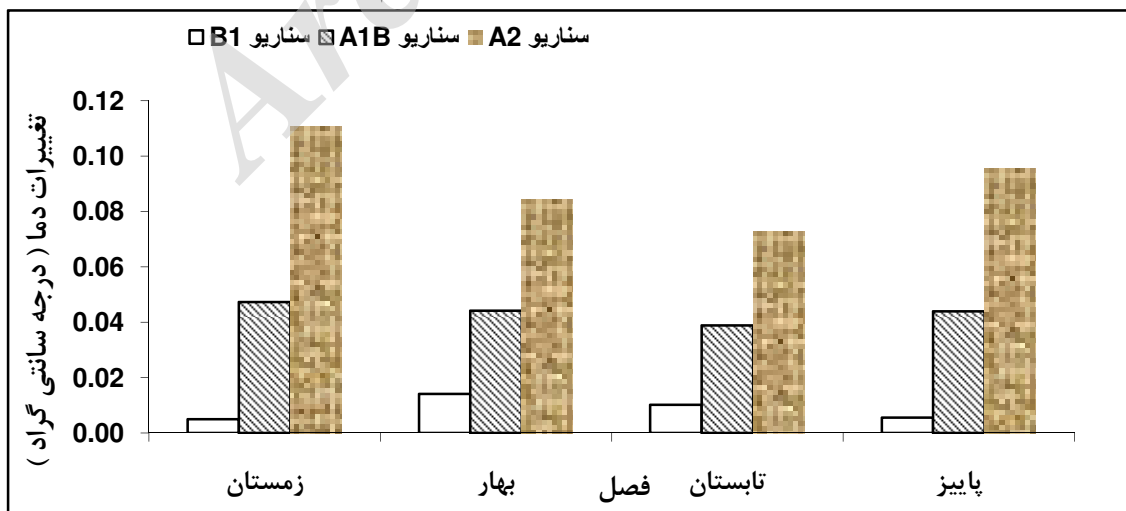
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۵۳ تغییرات دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹



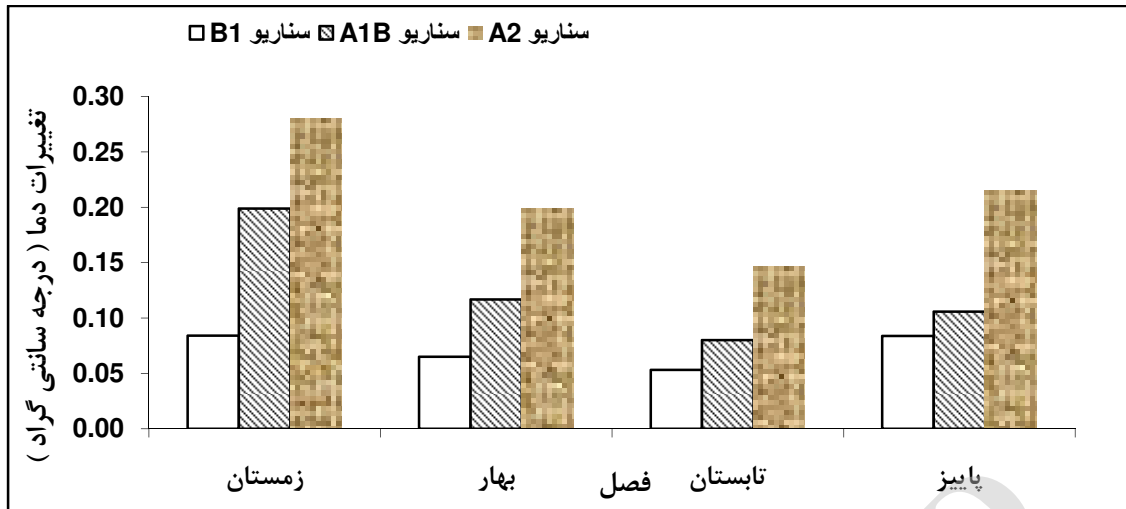
شکل ۴-۵۴ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



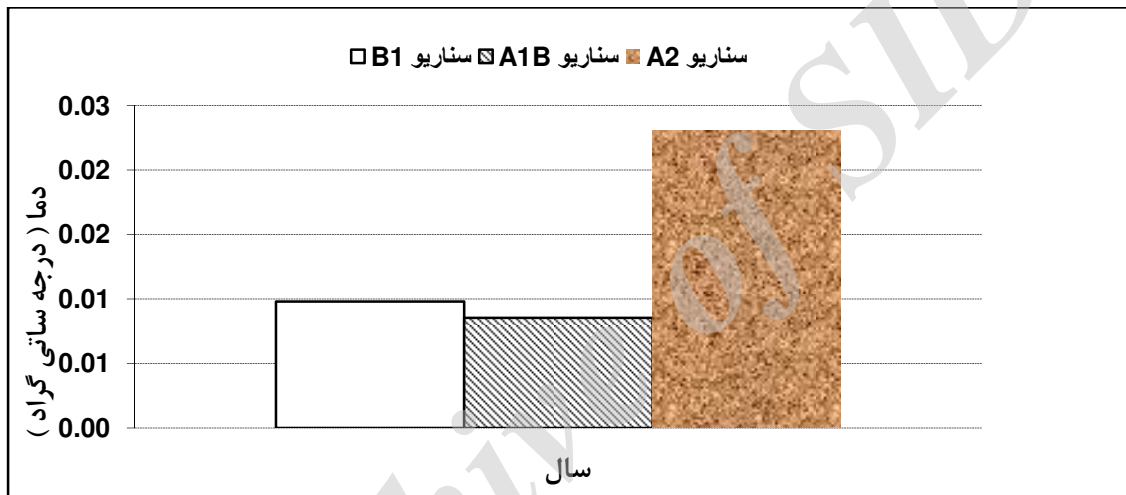
شکل ۴-۵۵ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



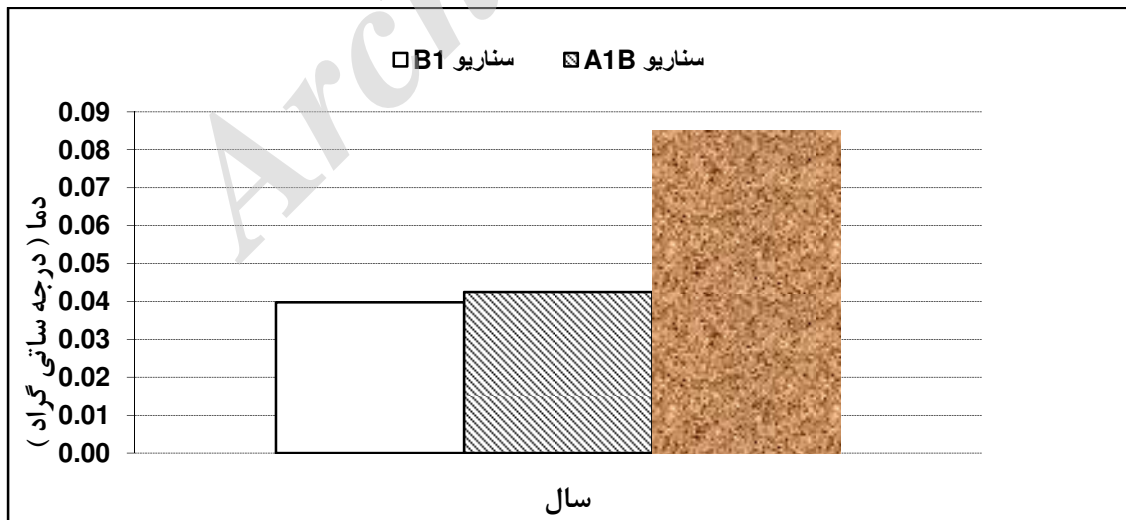
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



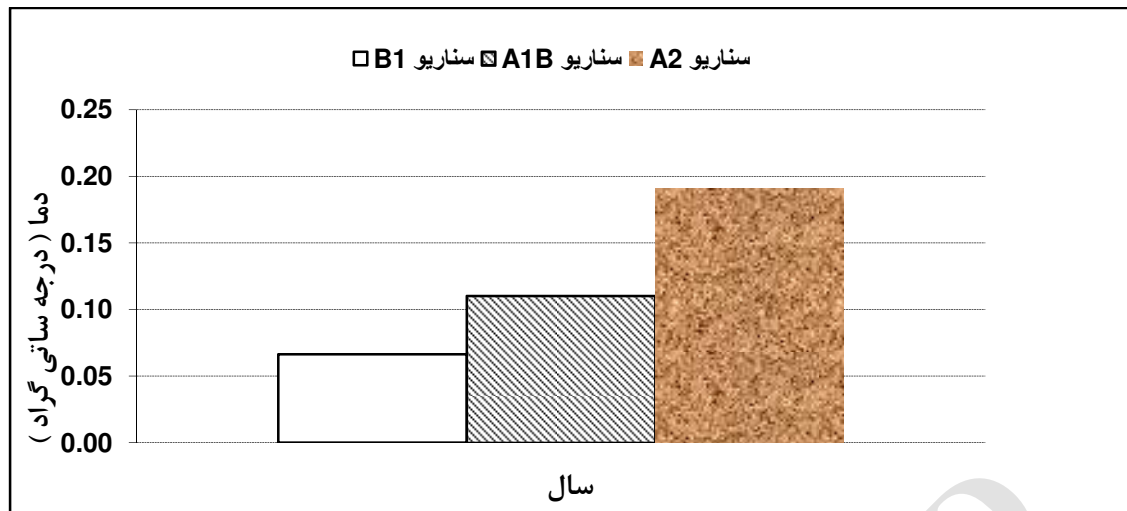
شکل ۴-۵۶ تغییرات فصلی دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹



شکل ۴-۵۷ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



شکل ۴-۵۸ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



شکل ۴-۵۹ تغییرات سالانه دمای حداکثر سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

الف) تغییرات دمای حداکثر در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰:

نتایج حاصل از بررسی شکل های ۴-۵۱، ۴-۵۴ و ۴-۵۷ نشان می دهد که در دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ میزان تغییرات ماهانه دمای حداکثر در ماه های مختلف متفاوت بوده و تغییرات دما در هر سناریو هم متفاوت است. تغییرات دمای حداکثر در فصول بهار و تابستان و پاییز افزایشی است و در زمستان نیز بجز سناریوی A1B که تغییرات کاهشی است در سایر سناریوها افزایش را نشان می دهد. تغییرات سالانه دمای حداکثر در همه سناریوها در این دوره زمانی افزایشی است.

ب) تغییرات دمای حداکثر در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵:

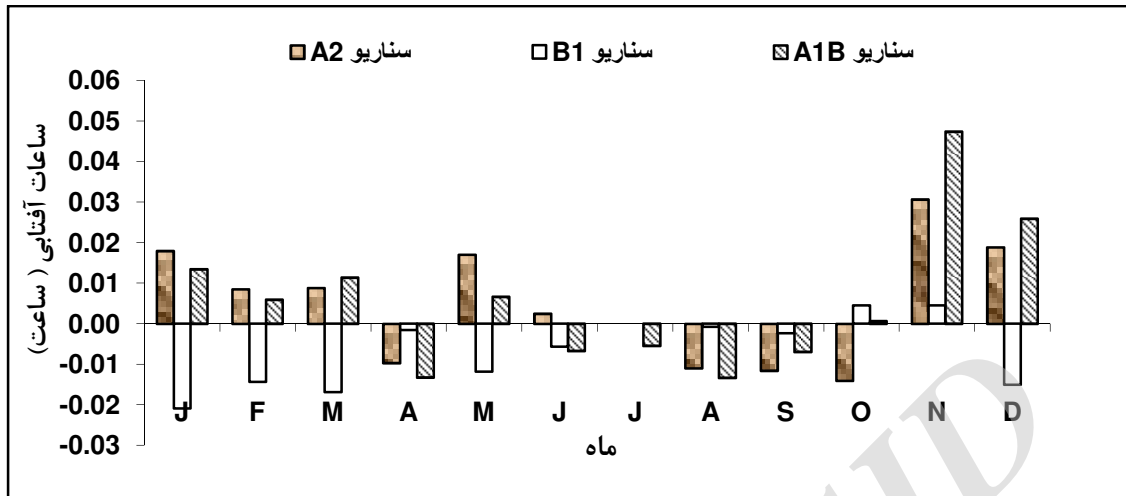
بر اساس شکل های ۴-۵۲، ۴-۵۵ و ۴-۵۸، در این دوره زمانی از پیش بینی مدل، روند تغییرات ماهانه دمای حداکثر در سناریوهای مختلف از مارس تا سپتامبر از یک روند خاص تبعیت می کند اما در سایر ماه ها این میزان تغییرات در سناریوهای مختلف متفاوت است. تغییرات دمای حداکثر در کلیه فصول افزایشی و بیشترین میزان افزایش مربوط به سناریوی A2 و کمترین میزان مربوط به سناریوی B1 است. تغییرات سالانه دمای حداکثر در همه سناریوها در این دوره زمانی افزایشی است.

ج) تغییرات دمای حداکثر در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹:

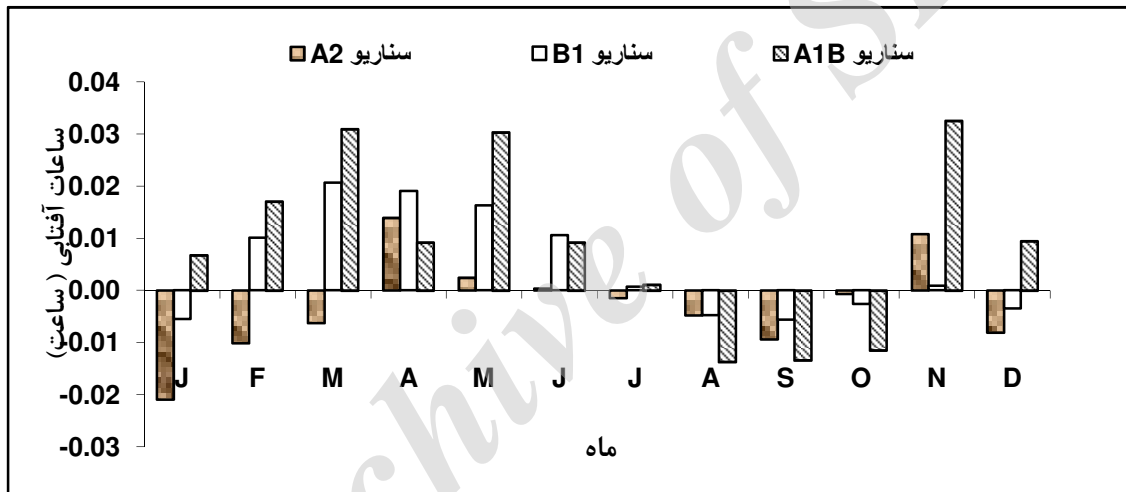
شکل های ۴-۵۳، ۴-۵۶ و ۴-۵۹ نشان می دهند که روند تغییرات ماهانه دمای حداکثر ماهانه در همه ماه های سال منظم بوده و به این شکل است که بیشترین تغییرات مربوط به سناریوی A2 و پس از آن سناریوهای A1B و B1 می باشد. تغییرات دمای حداکثر در کلیه فصول افزایشی و بیشترین میزان افزایش مربوط به سناریوی A2 و کمترین میزان مربوط به سناریوی B1 است. تغییرات سالانه دمای حداکثر در همه سناریوها در این دوره زمانی افزایشی است.

### ۴-۱۲-۴ نتایج بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه ساعات آفتابی

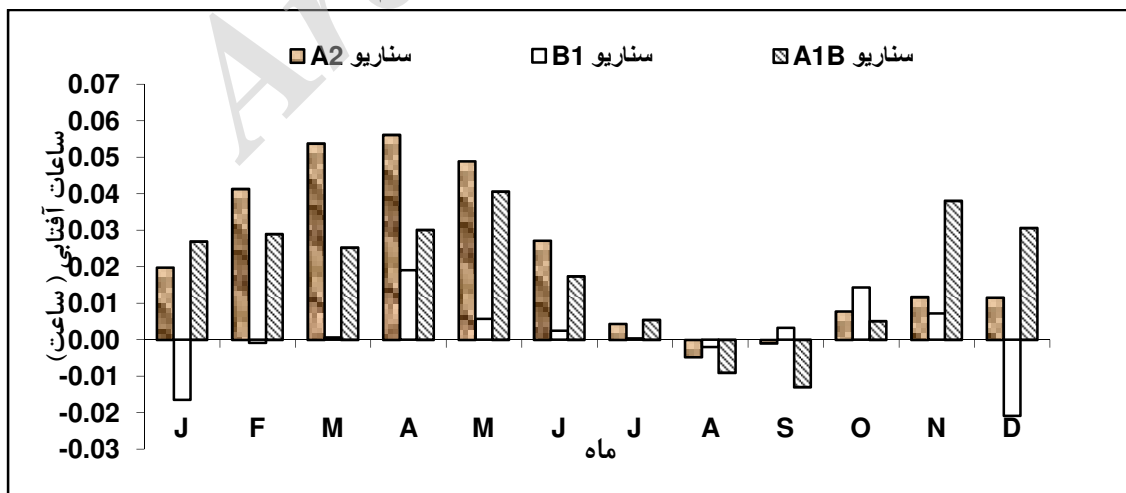
نتایج ارزیابی این تغییرات در شکل های ۴-۶۰ تا ۴-۶۸ ارائه شده است.



شکل ۴-۶۰ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

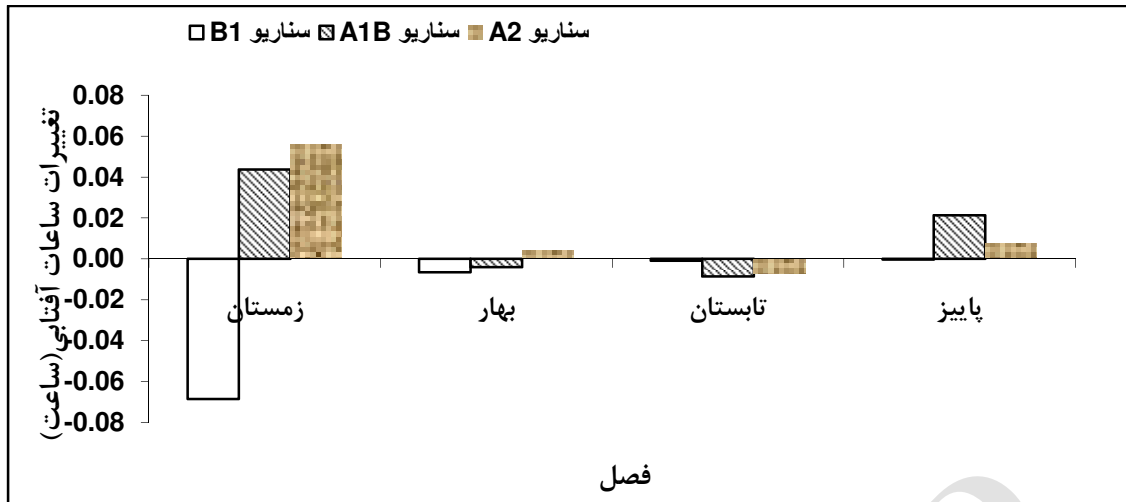


شکل ۴-۶۱ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

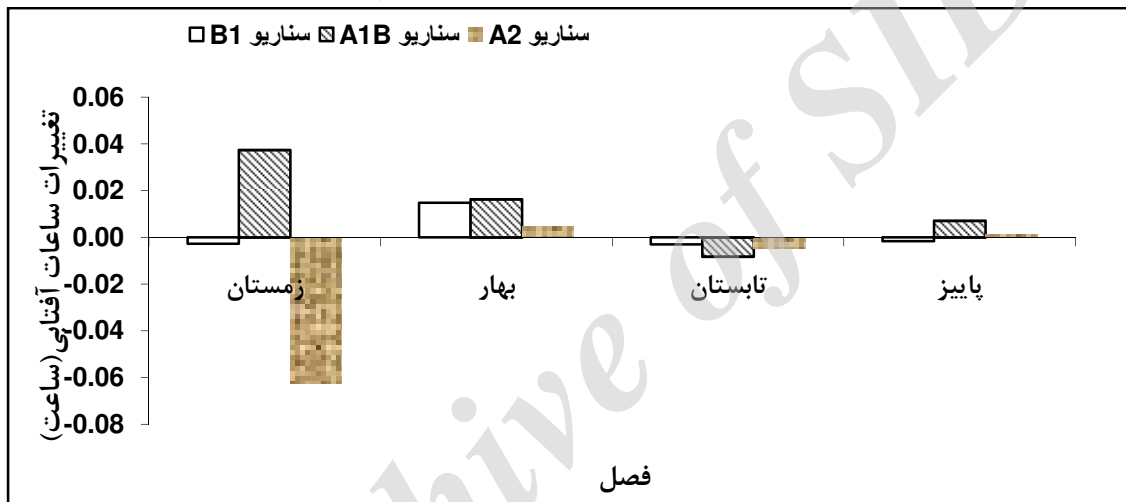


شکل ۴-۶۲ تغییرات ماهانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

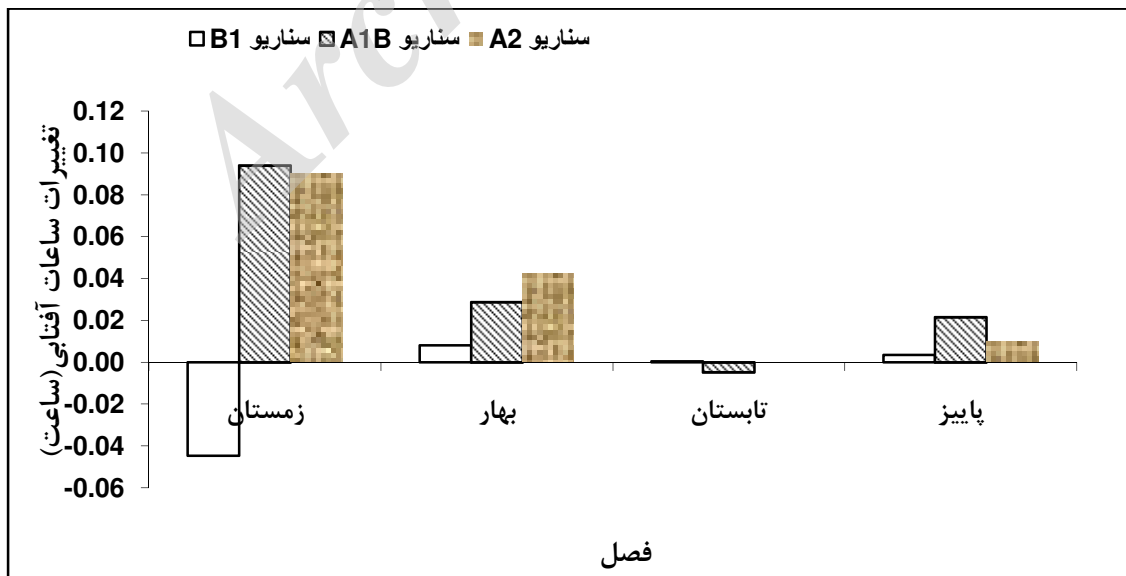
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۶۳ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰

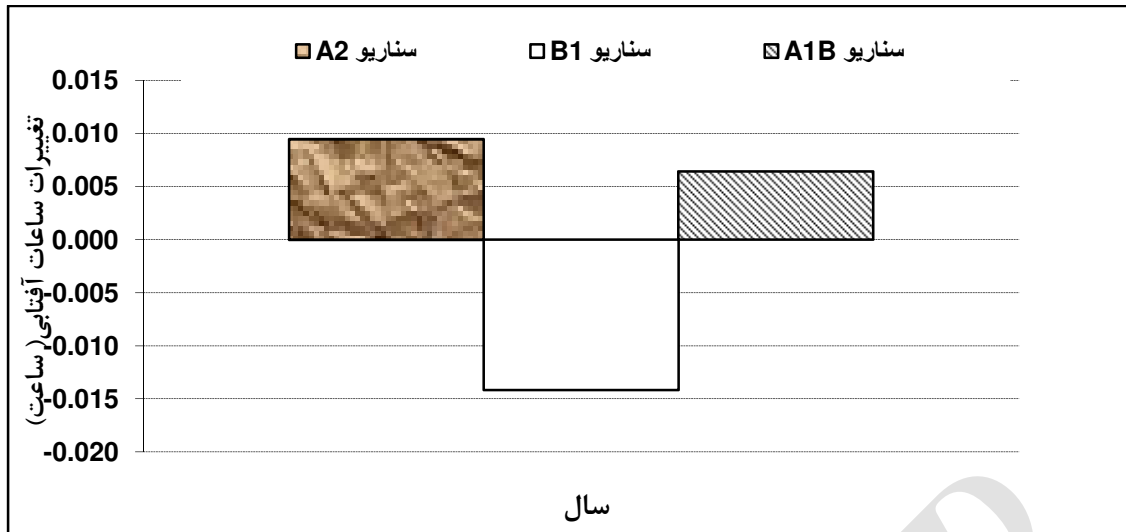


شکل ۴-۶۴ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵

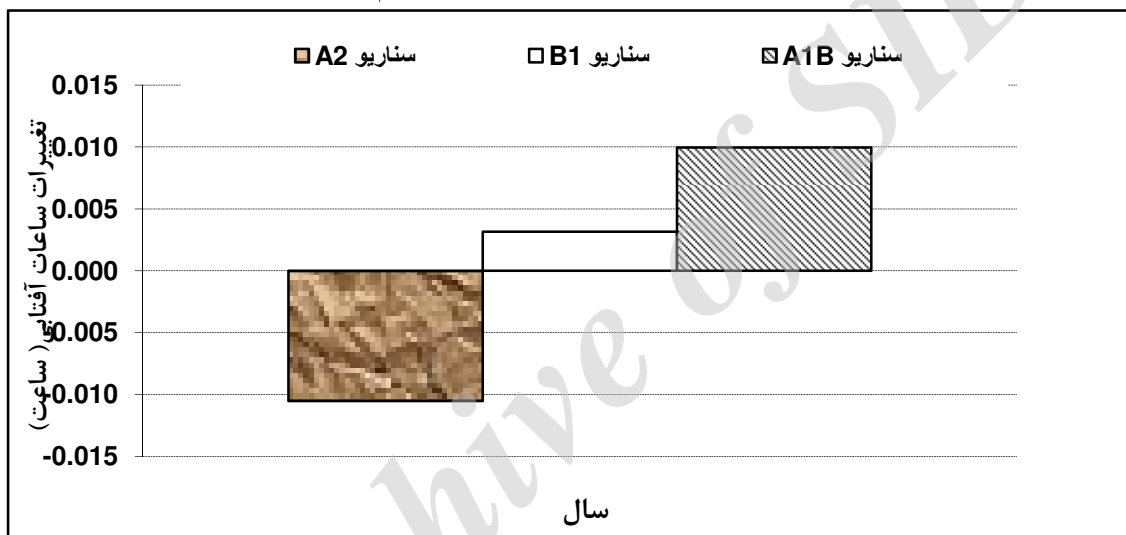


شکل ۴-۶۵ تغییرات فصلی ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

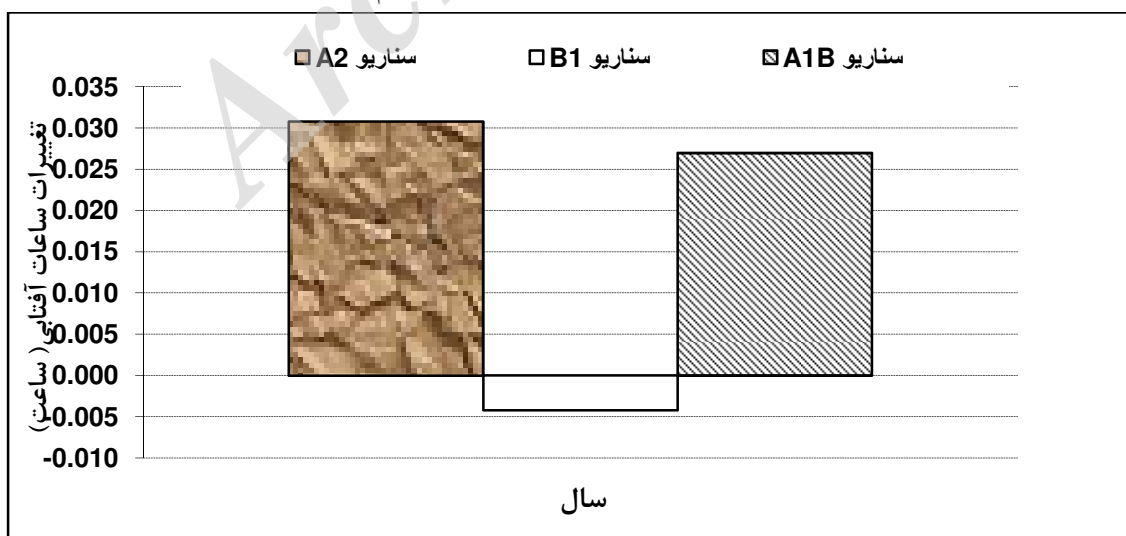
بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۴-۶۶ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰



شکل ۴-۶۷ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵



شکل ۴-۶۸ تغییرات سالانه ساعات آفتابی سه سناریوی تغییر اقلیم در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

الف) تغییرات ساعات آفتابی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱:

نتایج حاصل از بررسی شکل های ۴-۶۰، ۴-۶۳ و ۴-۶۶ نشان می دهد که در دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ روند تغییرات ماهانه ساعات آفتابی در ماه های مختلف متفاوت بوده و برای آن الگوی خاصی قابل استخراج نیست. در فصول زمستان و پاییز سناریوی B1 کاهش و A1B و A2 افزایش را نشان می دهند. اما در بهار و تابستان بجز سناریوی A2 در بهار، در سایر موارد کاهش ساعات آفتابی را نشان می دهد. تغییرات سالانه ساعات آفتابی در سناریوی B1 کاهش و در سایر سناریوها افزایش را نشان می دهد.

ب) تغییرات ساعات آفتابی در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶:

بر اساس شکل های ۴-۶۱، ۴-۶۴ و ۴-۶۷، در این دوره زمانی از پیش بینی مدل، روند تغییرات ماهانه ساعات آفتابی در ماه های مختلف متفاوت بوده و برای آن الگوی خاصی قابل استخراج نیست. در فصل زمستان سناریوی A2 و در فصل پاییز سناریوی B1 کاهش و سایر سناریوها افزایش را نشان می دهند اما هر سه سناریو در فصل بهار، افزایش و در فصل تابستان کاهش ساعات آفتابی را نشان می دهند. تغییرات سالانه ساعات آفتابی در این دوره زمانی در سناریوی A2 کاهشی و در سایر سناریوها افزایشی است.

ج) تغییرات ساعات آفتابی در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰:

شکل های ۴-۶۲، ۴-۶۵ و ۴-۶۸ نشان می دهند که روند تغییرات ماهانه ساعات آفتابی در ماه های گرم بسیار کمتر از ماه های سرد است و در ماه های آگوست و سپتامبر این تغییرات کاهشی است. در فصل زمستان سناریوی B1 کاهش و سناریوهای دیگر افزایش را نشان می دهند. در فصل تابستان همه سناریوها کاهشی و در فصول بهار و پاییز افزایش تغییرات در ساعات آفتابی را نشان می دهند. تغییرات سالانه ساعات آفتابی در این دوره زمانی در سناریوی B1 کاهشی و در سایر سناریوها افزایشی است.

#### ۴-۱۳ تعیین نیاز آبی منطقه در شرایط تغییر اقلیم

بدین منظور پیش فرض های زیر در نظر گرفته شد:

الگوی کشت فعلی در شرایط تغییر اقلیم نیز در نظر گرفته شده است.

اطلاعات خاک، همان شرایط فعلی خاک در نظر گرفته شده است.

شرایط سرعت باد در شرایط تغییر اقلیم در نظر گرفته نشده است.

رطوبت نسبی مانند شرایط فعلی در نظر گرفته شده است.

تفاوت قیمت محصولات نسبت به هم مانند وضعیت فعلی حفظ می شود.

تبعات احتمالی ناشی از تغییر اقلیم همانند تغییر سطح پوشش زمین، تاج پوشش گیاهی، ترکیب گیاهی

و غیره و تأثیر آن بر میزان رواناب و نفوذ منطقه و میزان آب در دسترس در نظر گرفته نشده است.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

این موارد همگی در راستای تنش آبی منطقه است و تحلیل وضعیت اقلیمی و شرایط آبی نشان دهنده حداقل تأثیر اقلیم بر منابع آب در دسترس است و با یک احتمال می توان گفت این شرایط در حد حداقل تأثیر است.

برای محصولاتی که با استفاده از نرم افزار Cropwat محاسبه نیاز آبی آنها صورت گرفت اطلاعات اقلیمی جدید در شرایط تغییر اقلیم جایگزین شرایط کنونی گردیده اما اطلاعات خاک شناسی، باد، رطوبت نسبی و اطلاعات مربوط به نوع گیاه و نیز الگوی کشت همان اطلاعات شرایط فعلی در نظر گرفته شده است. با استفاده از این اطلاعات نیاز آبی محصولات مختلف در شرایط تغییر اقلیم محاسبه و در جدول ۴-۳۵ ارائه گردیده است.

جدول ۴-۲۵ اطلاعات نیاز آبی محصولات مختلف در وضعیت فعلی و شرایط تغییر اقلیم (مترمکعب)

۲۰۸۰-۲۰۹۹			۲۰۴۶-۲۰۶۵			۲۰۱۱-۲۳۰			وضعیت کنونی	دوره سناریو
B1	A2	A1B	B1	A2	A1B	B1	A2	A1B		
۳۹۶۵	۴۹۹۵	۴۷۰۵	۳۸۷۲	۳۹۴۵	۳۹۰۷	۳۶۶۴	۳۶۹۴	۳۷۰۰	۳۳۱۰	گندم آبی
۱۲۰۳۹	۱۵۱۶۶	۱۴۲۸۵	۱۱۷۵۷	۱۱۹۷۹	۱۱۸۶۴	۱۱۱۲۴	۱۱۲۱۶	۱۱۲۳۳	۱۰۰۵۰	چغندر قند
۸۵۸۹	۱۰۸۲۰	۱۰۱۹۱	۸۳۸۸	۸۵۴۶	۸۴۶۴	۷۹۳۶	۸۰۰۲	۸۰۱۴	۷۱۷۰	ذرت
۸۸۸۹	۱۱۱۹۷	۱۰۵۴۷	۸۶۸۰	۸۸۴۴	۸۷۵۹	۸۲۱۳	۸۲۸۱	۸۲۹۴	۷۴۲۰	سیب زمینی
۴۶۲۴	۵۸۲۵	۵۴۸۶	۴۵۱۶	۴۶۰۱	۴۵۵۷	۴۲۷۲	۴۳۰۸	۴۳۱۴	۳۸۶۰	نخود آبی
۱۱۸۴۸	۱۴۹۲۴	۱۴۰۵۷	۱۱۵۷۰	۱۱۷۸۸	۱۱۶۷۵	۱۰۹۴۷	۱۱۰۳۷	۱۱۰۵۴	۹۸۹۰	یونجه
۹۴۲۸	۱۱۸۷۶	۱۱۱۸۶	۹۲۰۷	۹۳۸۰	۹۲۹۰	۸۷۱۱	۸۷۸۳	۸۷۹۷	۷۸۷۰	سبزیجات
۵۳۹۷	۶۷۹۸	۶۴۰۳	۵۲۷۰	۵۳۷۰	۵۳۱۸	۴۹۸۶	۵۰۲۸	۵۰۳۵	۴۵۰۵	جالیز
۹۴۱۶	۱۱۸۶۱	۱۱۱۷۲	۹۱۹۵	۹۳۶۹	۹۳۷۸	۸۷۰۰	۸۷۷۲	۸۷۸۵	۷۸۶۰	گوجه فرنگی
۸۱۲۶	۱۰۲۳۶	۹۶۴۱	۷۹۳۵	۸۰۸۵	۸۰۰۷	۷۵۰۸	۷۵۷۰	۷۵۸۲	۶۷۸۳	باغات میوه

#### ۴-۱۴ بهینه سازی در شرایط تغییر اقلیم

از آنجا که در شرایط تغییر اقلیم، عوامل اقلیمی مطابق جداول پ-۱ تا پ-۹ بخش پیوست تغییر یافته و این تغییرات باعث تغییر در میزان نیاز آبی محصولات مختلف زراعی و باغی مطابق جدول ۴-۲۵ می گردد، لذا بر اساس این میزان محاسباتی برای نیاز آبی گیاهان معادلات بهینه سازی شکل گرفت. از طرفی از بین سناریوهای اقلیمی، سناریوی ثبات سطح آبخوان (با میزان ۲۵۳۷۸ هزار متر مکعب آب قابل استحصال) در شرایط اقلیمی بطور منطقی قابل بررسی است و به عنوان نمونه اجرا گردید. سایر سناریوهای مدیریتی در شرایط فعلی مدیریتی پیشنهاد گردیده است. لذا شرایط این سناریو در مدل بهینه سازی گنجانده شد و مدل بهینه ساز اجرا گردید. سایر متغیرهای موجود در معادلات اقلیمی با وضعیت ثابت وضعیت کنونی در معادلات قرار گرفتند. نتایج حاصل از اجرای مدل برای دوره های زمانی و سناریوهای مختلف اقلیمی در ادامه ارائه گردیده است.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

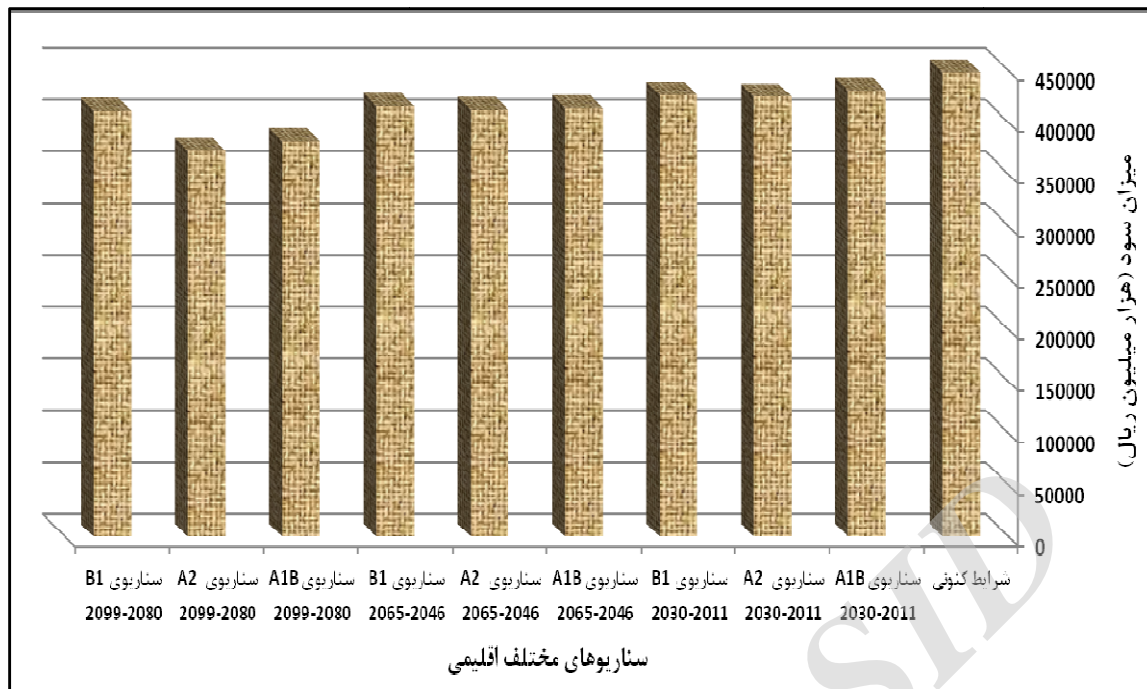
جدول ۴-۲۶ سود حاصل از توزیع بهینه سطح کشت محصولات کشاورزی و باغی (میلیون ریال)

محصول	مساحت (ha)	سود واحد سطح	سود کل	محصول	مساحت (ha)	سود واحد سطح	سود کل	
سناریوی AIB دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۲۰۳۱	۷۷۶۰۴/۵	سناریوی A2 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۲۰۲۷/۷	۷۷۴۷۸/۴	
	X4	۲۰۳۱	۱۶۴۵۱۱		X4	۲۰۲۷/۷	۱۶۴۲۴۳/۷	
	X6	۶۸۵	۱۵۰۴/۳		X6	۶۸۵	۲۱/۹۶	۱۵۰۴/۳
	X7	۶	۲۸۳/۲		X7	۶	۴۷/۲	۲۸۳/۲
	X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸		X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸	۲۴۱۹/۸
	X11	۷۳۳۹/۴	۵۳۲۸۴		X11	۷۳۳۹/۴	۷/۲۶	۵۳۳۰۸
	X13	۷۳۳۹/۴	۱۲۵۵۰۳/۷		X13	۷۷۰۰	۱۷/۱	۱۳۱۶۷۰
سناریوی B1 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۹۱۵/۴	۷۳۱۸۷/۴	سناریوی AIB دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۲۰۴۸/۵	۷۸۲۷۳/۲	
	X4	۱۹۱۵/۴	۱۵۵۱۴۷/۴		X4	۲۰۴۸/۵	۱۶۵۹۲۸/۵	
	X6	۶۸۵	۱۵۰۴/۳		X6	۶۸۵	۲۱/۹۶	۱۵۰۴/۳
	X7	۶	۲۸۳/۲		X7	۶	۴۷/۲	۲۸۳/۲
	X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸		X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸	۲۴۱۹/۸
	X11	۷۴۵۵	۵۴۱۲۳/۳		X11	۷۳۲۱/۸	۷/۲۶	۵۳۱۵۶/۳
	X13	۷۴۵۵	۱۲۷۴۸۰/۵		X13	۷۳۲۱/۸	۱۷/۱	۱۲۵۲۰۲/۸
سناریوی B2 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۹۳۳/۶	۷۳۸۸۲/۹	سناریوی A2 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۸۹۶/۲	۷۲۴۵۳/۸	
	X4	۱۹۳۳/۶	۱۵۵۶۲۱/۶		X4	۱۸۹۶/۲	۱۵۳۵۹۲/۲	
	X6	۶۸۵	۱۵۰۴/۳		X6	۶۸۵	۲۱/۹۶	۱۵۰۴/۳
	X7	۶	۲۸۳/۲		X7	۶	۴۷/۲	۲۸۳/۲
	X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸		X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸	۲۴۱۹/۸
	X11	۷۴۳۶/۸	۵۳۹۹۱/۲		X11	۷۴۷۴/۳	۷/۲۶	۵۴۲۶۳/۴
	X13	۷۴۳۶/۸	۱۲۷۱۶۹/۳		X13	۷۴۷۴/۳	۱۷/۱	۱۳۷۸۱۰/۵
سناریوی A2 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۴۷۹/۱	۵۶۵۱۶/۴	سناریوی B1 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۵۷۵/۷	۶۰۲۰۷/۵	
	X4	۱۴۷۹/۱	۱۱۹۸۰۷/۱		X4	۱۵۷۵/۷	۱۲۷۶۳۱/۷	
	X6	۶۸۵	۱۵۰۴/۳		X6	۶۸۵	۲۱/۹۶	۱۵۰۴/۳
	X7	۶	۲۸۳/۲		X7	۶	۴۷/۲	۲۸۳/۲
	X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸		X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸	۲۴۱۹/۸
	X11	۷۸۹۱/۳	۵۷۲۹۰/۸		X11	۷۷۹۴/۷	۷/۲۶	۵۶۵۸۹/۵
	X13	۷۸۹۱/۳	۱۳۴۹۴۱/۲		X13	۷۷۹۴/۷	۱۷/۱	۱۳۳۲۸۹/۴
سناریوی B1 دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۸۸۶/۱	۷۲۰۶۷/۹	سناریوی AIB دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰	X1	۱۸۸۶/۱	۷۲۰۶۷/۹	
	X4	۱۸۸۶/۱	۱۵۲۷۷۴/۱		X4	۱۸۸۶/۱	۱۵۲۷۷۴/۱	
	X6	۶۸۵	۱۵۰۴/۳		X6	۶۸۵	۲۱/۹۶	۱۵۰۴/۳
	X7	۶	۲۸۳/۲		X7	۶	۴۷/۲	۲۸۳/۲
	X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸		X10	۳۲/۷	۲۴۱۹/۸	۲۴۱۹/۸
	X11	۷۴۸۴/۳	۵۴۳۳۶		X11	۷۴۸۴/۳	۷/۲۶	۵۴۳۳۶
	X13	۷۴۸۴/۳	۱۲۷۹۸۱/۵		X13	۷۴۸۴/۳	۱۷/۱	۱۲۷۹۸۱/۵

جدول ۴-۲۷ مقایسه وضعیت سوددهی در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نسبت به شرایط کنونی

سناریوی B1 ۲۰۸۰-۲۰۹۹	سناریوی A2 ۲۰۸۰-۲۰۹۹	سناریوی AIB ۲۰۸۰-۲۰۹۹	سناریوی B1 ۲۰۴۶-۲۰۶۵	سناریوی A2 ۲۰۴۶-۲۰۶۵	سناریوی AIB ۲۰۴۶-۲۰۶۵	سناریوی B1 ۲۰۱۱-۲۰۳۰	سناریوی A2 ۲۰۱۱-۲۰۳۰	سناریوی AIB ۲۰۱۱-۲۰۳۰	شرایط کنونی	میزان سود
۴۱۱۳۶۶/۸	۳۷۲۷۶۲/۸	۳۸۱۹۲۵/۳	۴۱۵۸۷۲/۲	۴۱۲۳۲۷/۲	۴۱۴۱۴۵/۹	۴۲۶۷۶۸	۴۲۵۱۱۰/۶	۴۳۰۹۰۷/۴	۴۴۸۴۵۲/۲	
۰/۹۱۷	۰/۸۳۱	۰/۸۵۲	۰/۹۲۷	۰/۹۱۹	۰/۹۲۳	۰/۹۵۲	۰/۹۴۸	۰/۹۶۱	۱	نسبت به وضعیت موجود
-۰/۰۸۳	-۰/۱۶۹	-۰/۱۴۸	-۰/۰۷۳	-۰/۰۸۱	-۰/۰۷۷	-۰/۰۴۸	-۰/۰۵۲	-۰/۰۳۹	۰	تغییرات





شکل ۴-۶۹ مقایسه سود حاصل از سناریوهای مختلف در شرایط کنونی و سناریوهای تغییر اقلیم

با توجه به تغییرات سود در سناریوهای مختلف شرایط تغییر اقلیم و به منظور انجام مقایسه توصیفی بین اعداد، میزان سود سناریوی ثابت سطح آبخوان به عنوان مبنای مقایسه سود در نظر گرفته شد. بیشترین کاهش سود در سناریوی A2 در دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ و کمترین کاهش در سناریوی A1B در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ رخ داده است. با استفاده از نرم افزار Lingo و لحاظ شرایط هر سناریو در برنامه ریزی ریاضی، به طریق آزمون و خطا، میزان آب مورد نیاز برای دستیابی به سود مینا به دست آمد. برای به دست آوردن سود مینا در سناریوی A1B در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۸۳۷۰ هزار متر مکعب آب لازم است و در سناریوی A2 در دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹، ۳۸۲۹۹ هزار متر مکعب آب در دسترس نیاز است. یعنی برای کسب سود مینا در بهترین و بدترین سناریوی تغییر اقلیم به ترتیب ۱۲ درصد (۲/۹۹ میلیون متر مکعب) و ۵۱ درصد (۱۲/۹ میلیون متر مکعب) افزایش آب در دسترس نیاز است.

فصل پنجم  
بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

Archive of SID

## ۵ بحث، نتیجه گیری و پیشنهادها

### ۵-۱ مقدمه

این تحقیق با هدف بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت اسلام آباد در وضعیت کنونی و نیز تحلیل وضعیت در دهه های آینده صورت گرفته است. به منظور دستیابی به یک راهبرد جامع در مدیریت و برنامه ریزی منابع آب دشت مورد مطالعه از مدل های شبیه سازی و سناریوهای تغییر اقلیم استفاده شده است. این پژوهش همچنین با هدف توسعه و پیشبرد کاربرد روش برنامه ریزی خطی در مدیریت منابع آب زیرزمینی و قابلیت استفاده کاربردی روش های برنامه ریزی ریاضی در مدیریت منابع حوضه های طبیعی انجام شده است. بیان آب در منطقه بر اساس روش های علمی و مبتنی بر ویژگی های آبخوان مورد ارزیابی قرار گرفت. در مدل برنامه ریزی خطی میزان سود خالص حاصل از محصولات مختلف کشاورزی و باغی به عنوان ضرایب تابع هدف برای بیشینه سازی سوددهی حاصل از کشاورزی در منطقه با لحاظ محدودیت دسترسی به منابع آب قابل استحصال مطابق سناریوهای مختلف مدیریتی بکار گرفته شد. مدل Lingo برای حل مسئله برنامه ریزی خطی در مدل بهینه سازی مورد استفاده قرار گرفت. سناریوهای تغییر اقلیم با بکارگیری مدل LARS-WG برای پیش بینی متغیرهای اقلیمی در شرایط تغییر اقلیم مورد تحلیل قرار گرفته و شرایط منطقه در دهه های آتی شبیه سازی گردید. مراحل مختلف انجام کار و نتایج به دست آمده، در فصل های ۳ و ۴ تشریح گردیده است. در این بخش مباحث مربوط به نتایج اخذ شده در مراحل مختلف کار، جمع بندی و در نهایت ارائه پیشنهادها صورت می پذیرد.

## ۲-۵ وضعیت پراکنش محصولات کشاورزی و نیاز آبی آنها

از سطح حدود ۲۰۵ کیلومتر مربعی دشت اسلام آباد ۱۸۸۴۸ هکتار به محصولات کشاورزی و باغی اختصاص دارد. در مجموع ۳۴۰۰/۴ هکتار از اراضی مستعد و بسیار حاصلخیز دشت اسلام آباد به ۱۳ محصول کشاورزی و باغات آبی اختصاص یافته است. این سطح تنها ۱۸/۰۴ درصد از سطح دشت را فرا می گیرد و سایر قسمت های آن به صورت دیم کشت می گردند. از میزان تخلیه سالانه آبخوان، ۲۶ درصد به شرب شهری و روستایی اختصاص دارد و ۷۳ درصد به مصرف کشاورزی و تنها یک درصد مصرف صنعتی دارد. این در حالی است که بیش از ۱۶ هزار هکتار از اراضی حاصلخیز این دشت پتانسیل کشت آبی را دارند اما تنها به دلیل محدودیت منابع آب تحت کشت دیم قرار می گیرند.

با توجه به جداول ۴-۴ و ۴-۹ بیشترین نیاز آبی مربوط به محصولات چغندر قند و یونجه و پس از آن سبزی، گوجه فرنگی و سیب زمینی به عنوان پرمصرف ترین محصولات به شمار می روند. از طرفی کشت غالب دشت اسلام آباد غرب گندم، چغندر قند و ذرت است که چغندر قند و ذرت به عنوان پرمصرف ترین گیاهان زراعی در منطقه به حساب می آیند. این در حالی است که بیش از ۱۵ هزار هکتار از اراضی حاصلخیز این دشت در حال حاضر تحت کشت دیم قرار می گیرند چرا که بخشی از این اراضی از منابع آب سطحی مشروب می شده اند که خشک شدن رودخانه راوند در چند سال اخیر منجر به دیم شدن کشت در بخش عظیمی از دشت گردیده است. نبود برنامه ریزی مناسب در الگوی کشت متناسب با منابع آب منطقه از جمله مشکلات موجود بر سر راه مدیریت پایدار منابع آبی است که این مسئله نیز تصمیم گیری صحیح و مناسب مدیریتی را در سطوح بالای مدیریتی نیاز دارد. زیرا گاهی یک تصمیم کلان در راه اندازی صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی در یک استان و منطقه می تواند به نحو چشمگیری الگوی کشت را تحت تأثیر قرار داده و تمایل کشاورزان در کشت محصولات مورد نیاز صنایع تبدیلی بیشتر خواهد شد که این خود می تواند در مدیریت منابع آب زیرزمینی بسیار اثربخش باشد. برنامه ریزی بخش دولتی در خرید تضمینی محصولات و بیمه محصولات کشاورزی نیز می تواند به عنوان یک ابزار تشویقی برای بخش کشاورزی محسوب گردد که به کمک آن بتوان برای بهره برداری بهینه منابع آب زیرزمینی برنامه ریزی اصولی و پایدار انجام داد.

## ۳-۵ تفسیر نقشه های هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳/۶، ۲۹/۴، ۶۳/۲، ۱۳۶،

### ۲۹۴ و ۶۳۲ متری الکترودهای فرستنده جریان

نتایج حاصل از شکل های پ-۲ تا پ-۷ بخش پیوست نشان دهنده درصد بالای رسوبات ریزدانه سیلتی، رسی در خاک های کشاورزی و خاک های تشکیل دهنده لایه های سطحی آبرفت ها تا عمق حدود ۱۶ متری است. در این نقشه ها، محدوده های دارای مقاومت ظاهری بالاتر در ابتدا و انتهای

پروفیل‌های عرضی هستند که به کوهپایه‌ها نزدیک‌ترند. در برخی مناطق مقادیر مقاومت ظاهری تحت تأثیر وجود تپه آهکی موجود قرار گرفته و بیشترین مقدار را داشته و بیشتر از ۴۵۰ اهم متر است.

با مقایسه مقادیر مقاومت ظاهری در نقشه‌های هم مقاومت ظاهری به خوبی می‌توان افزایش تأثیر مقاومت ویژه سنگ بستر را بر روی مقادیر مقاومت ظاهری با افزایش عمق نفوذ موثر جریان الکتریکی، مشاهده نمود. در برخی مناطق، افزایش مقدار مقاومت ظاهری متأثر از افزایش ابعاد دانه‌بندی رسوبات آبرفتی بوده و با کاهش درصد رس و سیلت در رسوبات آبرفتی انتظار می‌رود آبدهی سفره آب زیرزمینی بیشتر از نقاط دیگر باشد. در نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۲۹۴ متری الکترودهای فرستنده جریان، با توجه به اینکه تقریباً در اغلب نقاط سطح آب زیرزمینی در عمق کمتری واقع شده است. بنابراین تا حدی مقادیر مقاومت ظاهری تحت تأثیر مقاومت ویژه آبرفت‌های آب‌دار بویژه در بخش‌های میانی دشت می‌باشد. به این ترتیب با افزایش عمق، اندکی از درصد رسوبات ریزدانه در رسوبات آبرفتی کاسته می‌شود و روند تدریجی افزایش مقاومت ظاهری با نزدیک شدن به تشکیلات مشرف به دشت نشان دهنده افزایش درصد رسوبات درشت دانه‌تر ماسه‌ای در آبرفت‌ها است.

مقایسه مقادیر مقاومت ظاهری در نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۶۳۲ متری الکترودهای فرستنده جریان و نقشه‌های قبل می‌توان به نحوه تغییرات عمقی مقادیر مقاومت ویژه که متناسب با ابعاد دانه‌بندی رسوبات آبرفتی و در نتیجه چگونگی آبدهی سفره آب زیرزمینی می‌باشند پی برد. با افزایش مقاومت ظاهری توسط منحنی میزان ۴۰ اهم متر مشخص شده که این افزایش را هم می‌توان متأثر از مقاومت ویژه بالای سنگ بستر آهکی دانست و هم به افزایش ابعاد رسوبات آبرفتی نسبت داد.

## ۵-۴ تحلیل وضعیت منابع آبی

### ۵-۴-۱ وضعیت بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی

در بخش کشت آبی، ۹۳/۰۴ درصد از سطح اراضی کشاورزی آبی به کشت چهار محصول غالب منطقه یعنی گندم، ذرت، چغندر و سیب زمینی اختصاص یافته است. برای آبیاری این سطح ۶۶/۰۸ درصد از کل آب مصرفی دشت و ۹۰/۱ درصد از کل آب مصرفی در بخش کشاورزی از آبخوان اسلام‌آباد برداشت می‌گردد. ساعات کارکرد چاه‌های بهره‌برداری برای چاه‌های عمیق با تخلیه سالانه ۳۸/۴ میلیون متر مکعب ۳۲۴۱ ساعت است. از این میزان بیش از ۱۰۰۰ ساعت مربوط به عملکرد چاه‌ها در تخلیه آب زیرزمینی به صورت غیر قانونی و بدون جواز بهره‌برداری است. این موضوع به نوبه خود یکی از عواملی است که به دلیل نبود نظارت کافی در بخش کشاورزی به وقوع می‌پیوندد. لذا ساماندهی بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی اگر بدین روال ادامه یابد نه تنها مدیریت پایدار امکان پذیر نخواهد بود بلکه باید

انتظار داشت روز به روز بر شدت این بحران افزوده شود. صبحی و توانا (۱۳۸۶) نیز در دشت لارستان به این نتیجه رسیدند که با کم کردن دبی چاه‌های کشاورزی از طریق ایجاد محدودیت در مجوز احداث چاه آثار منفی بهره‌برداری بیش از حد کاهش می‌یابد. لذا باید الزاماتی همچون مدیریت حجمی بهره‌برداری آب کشاورزی در برنامه‌ریزی مسئولین بخش آب قرار گیرد. به نظر می‌رسد که لازم است با برنامه‌ریزی دقیق و لحاظ نمودن مسائل اقتصادی و اجتماعی این امر محقق گردد و بطور غیرمستقیم مردم را تشویق نمود که نسبت به نصب کنتور بهره‌برداری حجمی اقدام نمایند. پیشنهاد حاصل از تحقیقات انجام شده توسط نگارندگان و برگزاری جلسات متعدد با بهره‌برداران به این صورت مطرح می‌گردد که دولت با تخصیص اعتبارات مناسب نسبت به تغییر سیستم آبیاری از سنتی به بارانی، تغییر نوع انرژی مصرفی از فسیلی به نیروی برق اقدام نماید و یکی از شروط برخورداری از تسهیلات دولتی، نصب کنتور لحاظ گردد. مدیریت کف‌شکنی چاه‌ها و ممانعت از حفر و کف‌شکنی چاه نیز از دیگر پیشنهاداتی است که بایستی در برنامه‌ریزی کوتاه‌مدت و میان‌مدت مسئولین به خوبی مورد توجه قرار گیرد چرا که بر خلاف منابع آب سطحی، بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی اگر بیش از حد ادامه یابد تأثیرات نامناسبی همچون نشست زمین را به دنبال خواهد داشت. به این ترتیب، امکان تغذیه مجدد آبخوان از بین خواهد رفت و این تخریب برگشت‌ناپذیر است. لذا بایستی قبل از وقوع صدمات جبران‌ناپذیر در بخش منابع آب زیرزمینی، تمهیدات مدیریتی و قانونی لازم اتخاذ و به مرحله اجرا درآید.

#### ۵-۴-۲ بیان آبخوان دشت اسلام‌آباد

خشک شدن رودخانه‌ها و ناپایداری منابع آب سطحی به عنوان گزینه‌هایی از منابع تأمین آب کشاورزی در دهه اخیر سبب شده است که کشاورزان به اجبار برای آبیاری و جبران کمبود جریان، از آب زیرزمینی به شکلی کنترل نشده استفاده نمایند. نتیجه این امر کاهش  $3/83$  میلیون متر مکعبی حجم آبخوان و افت  $1/2$  متری سطح آب زیرزمینی در سال بیان (سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲) بوده است. ملکی و همکاران (۱۳۸۸) نیز افت ۵ تا ۳۰ متری در سطح سفره آب زیرزمینی دشت ماهیدشت را ناشی از این موضوع گزارش نموده‌اند. این برداشت‌های بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در دشت‌های ممنوعه و ممنوعه بحرانی، اثراتی منفی همچون تخریب و هدررفت ذخایر آبخوان‌ها، عدم اطمینان از تولیدات کشاورزی و افزایش هزینه‌های وابسته به استحصال آب از عمق بیشتر را سبب می‌شود (Brown و همکاران، ۱۹۹۹). حصادی و همکاران نیز در سال ۱۳۸۹ گزارش نموده‌اند که بین  $1/2$  تا  $1/9$  میلیارد متر مکعب آب زیرزمینی از دشت‌های استان کرمانشاه برای مصارف مختلف استخراج گردیده است. این در حالی است که این استان پتانسیل تحویل  $1/1$  میلیارد متر مکعب آب در شرایط نرمال را در سال برای مصرف دارد و این اضافه برداشت متوجه منابع آب زیرزمینی می‌گردد.

برآورد مؤلفه‌های بیلان آب و رسیدن به دقت قابل قبول در محاسبات بیلان از جمله مراحل سخت، هزینه‌بر و زمان‌بر در این پژوهش بود که Ngongondo و همکاران (۲۰۱۵) نیز برآورد ویژگی‌های زمانی و مکانی مؤلفه‌های کلیدی بیلان آب را به عنوان یک چالش بزرگ در سراسر جهان ذکر نموده‌اند. بعلاوه محاسبات بیلان در این پژوهش در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ انجام شده و مبنای تحلیل‌های منابع آب زیرزمینی قرار گرفته است. در مطالعات بیلان، در خصوص مقیاس زمانی اندازه‌گیری بیلان پیشنهادی‌های مختلفی صورت گرفته است. در برخی پژوهش‌ها و مطالعات، پیشنهاد شده که مقیاس زمانی بیلان آب حتماً یکسال آبی کامل را دربرگیرد و گام‌های ماهانه و ده روزه می‌تواند مناسب باشد. به عنوان مثال Ficke (۱۹۷۲) طی تحقیقات خود در ایالات متحده، دوره‌های ماهانه و طولانی‌تری را برای تشکیل معادله بیلان پیشنهاد می‌نماید. درحالی‌که تحقیقات Harbeck (۱۹۶۲) مقیاس روزانه را نیز بسیار مناسب دانسته‌اند. مهدوی و آذرخشی (۱۳۸۳) مدل بیلان آبی ماهانه را برای حوضه‌های آبخیز کوچک کشور تعیین و بیان داشتند که این مدل‌ها برای برآورد ماهانه حوضه‌های آبخیز فاقد آمار مناسب هستند. نوذری و زالی (۱۳۹۲) وضعیت برداشت از آب زیرزمینی آبخوان دشت بهار همدان و تحلیل کاهش شدید سطح ایستابی و شیوه برداشت را در سال بیلان به عنوان زمان مناسب این بررسی مورد نظر قرار داده‌اند.

دقت کمی‌سازی مؤلفه‌های بیلان برای دستیابی دقیق به کمیت بیلان در یک آبخوان نیز از دیگر مسائلی است که در پژوهش‌های مرتبط با بیلان آبخوان‌ها مورد کنکاش قرار گرفته است. مؤلفه‌های مرتبط با آب زیرزمینی در دشت‌ها و آبخوان‌های کشور و بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی به رغم اینکه با عملیات گسترده میدانی و به شیوه‌های مختلف صحت‌سنجی برآورد می‌گردد اما به یقین دارای خطای برآوردی می‌باشد. کمبود اطلاعات مرتبط با آب زیرزمینی در دشت‌ها و آبخوان‌های کشور می‌تواند بر میزان عدم دقت بیفزاید اما حساسیت و اهمیت شناخت منابع آب زیرزمینی و تأثیر شیوه بهره‌برداری بر حجم ذخیره این منابع، لزوم پژوهش را در این شرایط محدودیت اطلاعات بیش از پیش آشکار می‌نماید. Mohammadi و همکاران (۲۰۱۴) نیز در ارزیابی سیستم‌های آب زیرزمینی با استفاده از معادلات بیلان آب، کمی‌سازی اجزا بیلان را با ۲۰ درصد خطا گزارش نموده‌اند و تأکید داشته‌اند که بیلان آب به عنوان یک معیار و شاخص مناسب در ارزیابی مدیریت حاکم بر آبخوان دشت مورد نظر قرار گیرد.

#### ۵-۴-۳ تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی

در دوره آماری ۳۰ ساله، سالانه حدود ۰/۳۵ متر و در ۵ سال اخیر سالانه ۰/۶۹ متر کاهش در سطح آبخوان دیده می‌شود. با در نظر گرفتن سطح آبخوان برابر ۱۹۴۳۸ هکتار و ضریب ذخیره آبخوان ۳/۵ درصد به ترتیب حجمی معادل با ۲/۳۸ و ۴/۶۹ میلیون متر مکعب در هر سال کسر مخزن وجود دارد. همچنین در سال آبی ۹۳-۱۳۹۲ نیز حدود ۳/۸۳ میلیون متر مکعب از آب آبخوان کاسته شده است.

نتایج بررسی در دشت اسلام آباد نشان می‌دهد ۶۰ درصد تغذیه آبخوان از طریق نفوذ مستقیم از ریزش‌های جوی و رواناب‌های منطقه صورت می‌گیرد. تأمین منابع آب مورد نیاز بخش کشاورزی در منطقه وابستگی کامل به آب زیرزمینی دارد و این در حالی است که در سال‌های اخیر افت سطح آب زیرزمینی دشت اسلام آباد شدت یافته است. شدت افت سطح تراز آبخوان با افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری در دهه ۱۳۸۵-۱۳۷۵ و در نتیجه تشدید بهره‌برداری از آبخوان همخوانی کامل دارد. این میزان بهره‌برداری با ذخایر سالانه آبخوان تناسب نداشته و سطح آب زیرزمینی دشت روندی کاملاً نزولی و تشدید شونده را نشان می‌دهد. به طوری که در ۶ سال منتهی به سال آبی ۹۳-۹۲، سطح آبخوان ۶/۶۱ متر افت داشته است و آبخوان با کسری ۳/۸۳ میلیون متر مکعبی در ذخیره سالانه در سال بیلان مواجه بوده و بیلان منفی است. حجتی و بوستانی (۱۳۸۸) در دشت خیر شهرستان استهبان نیز روند منفی در حجم ذخایر آب زیرزمینی و کاهش ۷/۰۸ متری تراز آب در طی ۱۰ سال را گزارش نموده‌اند. افت ۱۲/۱ متری سطح تراز آب زیرزمینی در طی ۲۰ سال در دشت مشهد توسط اکبری و همکاران (۱۳۸۸)، افت ۰/۵ متر در سال برای آب‌های زیرزمینی دشت کاشان از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ توسط Jamshidzadeh و Mirbagheri (۲۰۱۱)، افت سالانه برابر ۰/۵ متر در دشت اردکان یزد توسط Ekrami (۲۰۱۱)، متوسط افت سالانه حدود ۸۰ سانتی متر در دشت سیرجان توسط AbbasNegad و Shahidast (۲۰۱۳)، افت بیش از ۳۵ متر در طی ۲۰ سال در دشت سراب نیلوفر کرمانشاه توسط جلیلی و همکاران (۱۳۹۳)، از جمله گزارش‌های تحقیقی و مستند ارائه شده در این خصوص است که نتایج حاصل از این پژوهش را تأیید می‌نمایند.

روند تغییرات سطح آب زیرزمینی بیانگر شدت این وضعیت در آینده و تهدید پایداری تولید در منطقه است که Tu و همکاران (۲۰۱۱) در کشور تایوان، Ekrami و همکاران (۲۰۱۱)، لشکری پور و همکاران (۱۳۸۴)، صبوچی و توانا (۱۳۸۶)، جلیلی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نبود مدیریت مناسب و بهره‌برداری بی‌رویه را دلیل افت شدید سفره در دشت‌های مورد مطالعه دانسته‌اند.

دقت در ستون تخلیه سالانه (جدول ۴-۱۳) نشان می‌دهد که مجوز بهره‌برداری بیش از ۴۰ درصد کل تخلیه سالانه آبخوان از سال ۱۳۸۰ به بعد صادر شده است (شکل ۴-۲). به نظر می‌رسد دقت کارشناسی لازم در مکان‌یابی چاه‌ها و صدور پروانه حفر و بهره‌برداری لازم صورت نگرفته است. با توجه به هزینه‌هایی که بهره‌برداران برای حفر چاه متقبل شده‌اند امکان تغییر و بازنگری در پروانه‌ها وجود ندارد و این امر خود سبب دشواری مدیریت این منابع محدود زیرزمینی گردیده است. شکل شماره ۴-۳ نشان دهنده روند مصرف و شیب بهره‌برداری در هر دوره زمانی است که شیب آن از سال ۱۳۷۰ تا سال ۱۳۸۵ بسیار زیاد است. این امر خود تأییدی بر عدم نظارت و دقت کافی در مسائل کارشناسی صدور



مجوز بهره‌برداری از آبخوان است. به این ترتیب، پس از تنها پنج سال اثرات مخرب آن بر همگان آشکار گردید و در حال حاضر به عنوان یک مسئله و معضل در بخش منابع آب مطرح می‌باشد. نتایج نشان داد که تا سال ۱۳۷۶ و در ۱۵ سال منتهی به این سال آبی، تغییرات سطح آب زیرزمینی مثبت بوده است. در حالی که با صدور مجوز حفر و برداشت برای بیش از ۶۴ درصد از تعداد چاه‌های موجود در دشت در دهه ۸۵-۷۵، روند تغییرات آب زیرزمینی منفی شده و از سال ۸۷ به بعد با ورود به دوره خشکسالی، شدت روند نزولی بسیار چشمگیر و نگران کننده گردیده است. افزایش شیب تخلیه آب زیرزمینی در دو دهه اخیر و افت سطح ایستابی آب زیرزمینی در دشت اسلام‌آباد (شکل شماره ۴-۳) در دهه اخیر، نوسانات کم در میزان بارش ماهانه در منطقه (شکل ۴-۲) و کشت محصولات با نیاز آبی بالا همچون چغندر قند و ذرت در این وضعیت نامناسب آب‌های زیرزمینی در دشت مذکور همگی نشان از مدیریت و برنامه‌ریزی نامناسب در بخش آب و عدم توجه به اصول بهره‌وری و توسعه پایدار می‌باشد. جلیلی و همکاران (۱۳۹۳)، نیز افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری از دهه هفتاد تاکنون در دشت سراب نیلوفر و افت بیش از ۳۵ متری سطح آبخوان در طی ۲۰ سال را ناشی از مدیریت نامناسب بر منابع تولید در این دشت دانسته‌اند. لشکری پور و همکاران (۱۳۸۴) نیز افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد را به دلیل برداشت بی‌رویه و فشار بر منابع آبی ذکر نموده‌اند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

بیشترین مصرف منابع آب زیرزمینی به بخش کشاورزی تعلق دارد. میزان تخلیه آبخوان توسط بهره‌برداران نشان از تفاوت بین مجوز بهره‌برداری و میزان برداشت توسط کشاورزان دارد. به این ترتیب، اعمال نظارت بیشتر در کنترل برداشت بی‌رویه یک ضرورت است که تحویل حجمی منابع آب زیرزمینی به کشاورزان مهمترین راهکار دستیابی به این امر است. این مهم به صورت غیرمستقیم و از طریق فاکتورهای تشویقی در قالب اعطای تسهیلات مشروط به تغییر سیستم آبیاری سنتی و نصب کنتور قابل اجرا است. بعلاوه عدم همخوانی بین مجوز بهره‌برداری و میزان تخلیه به عنوان یک نتیجه اساسی تلقی می‌گردد که پژوهشگران در تحقیقات مرتبط با منابع آب زیرزمینی به این مهم توجه داشته‌اند و در جهت رفع این تفاوت که منبع اصلی خطا در مدل سازی و برنامه‌ریزی مدیریت منابع آب زیرزمینی است دقت کافی داشته باشند.

با توجه به روند نزولی تغییرات سطح آب زیرزمینی در آبخوان مورد مطالعه، ارائه راهکارهای صحیح مدیریتی همچون تخصیص بهینه منابع آبی و برنامه‌ریزی در راستای اصلاح الگوی کشت موجود از طریق سیاست‌های تشویقی، خرید تضمینی محصولات با نیاز آبی کمتر، بیمه محصولات کشاورزی و راه اندازی صنایع تبدیلی محصولات کشاورزی در منطقه یک ضرورت اجتناب ناپذیر است. این موارد بایستی در برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و میان مدت تصمیم‌سازان بخش آب استان و کشور لحاظ گردد.

از آنجا که این مسئله در اغلب دشت های کشور گزارش شده است لذا پیشنهاد می گردد بهینه سازی تخصیص منابع آب زیرزمینی و نیز لحاظ تأثیرات شرایط تغییر اقلیم در آینده بر این منابع برای کلیه دشت های کشور مورد توجه قرار گیرد.

## ۵-۵ بهینه سازی تخصیص سطح اراضی

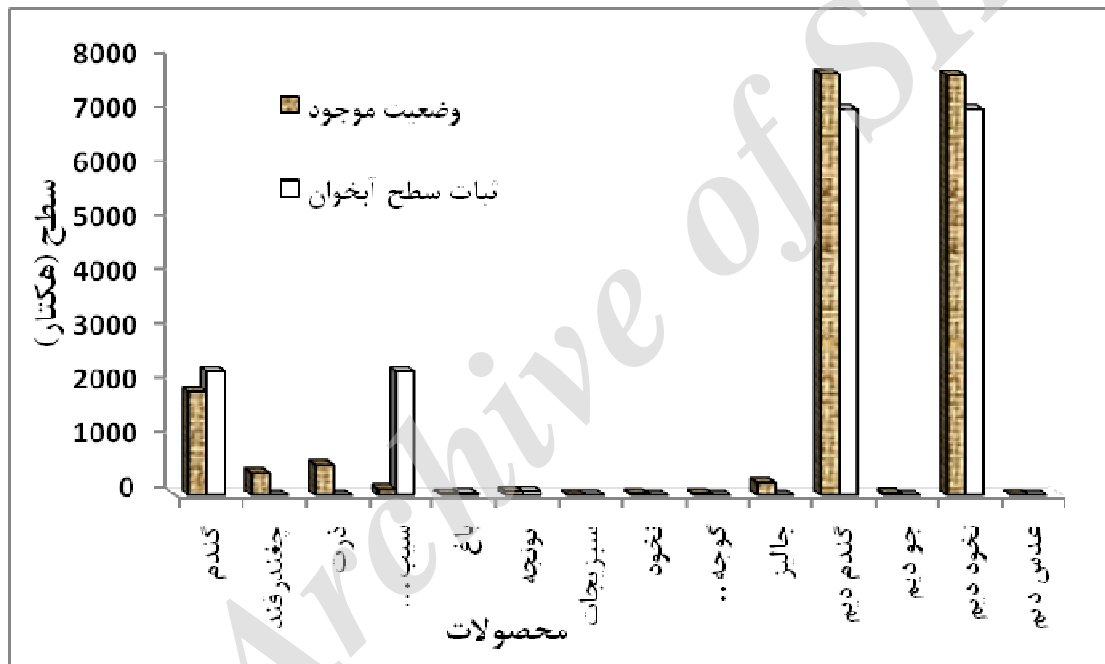
### ۵-۱-۵ استفاده از مدل های برنامه ریزی ریاضی در مدیریت منابع

بهینه سازی سطح تخصیص محصولات کشاورزی در این پژوهش توسط مدل برنامه ریزی خطی انجام شد. تلفیق مدل های برنامه ریزی ریاضی در پژوهش های علوم کشاورزی و محیطی بسیار موفقیت آمیز بوده و نتایج حاصل از این پژوهش نیز مؤید این موضوع است. از جمله پژوهش های انجام شده در این زمینه می توان به تحقیقات غلامی (۱۳۸۰) در تعیین تناوب زراعی بهینه، محسنی ساروی و همکاران (۱۳۸۲) در تعیین الگوی بهینه بهره برداری از منابع حوضه آبخیز، جلیلی و همکاران (۱۳۸۵) در بهینه سازی کاربری اراضی و بیشینه سازی سود و کمینه سازی فرسایش منابع تولید حوضه، محمدی و همکاران (۱۳۹۱) در تعیین الگوی کشت بهینه، Singh و Singh (۱۹۹۹) در برنامه ریزی کشت و حداکثر سازی تولید و سود، Nikkami و همکاران (۱۹۹۹) در بهینه سازی کاربری اراضی، Vedula و همکاران (۲۰۰۴) استفاده بهینه برداشت تلفیقی منابع آب، Khare و همکاران (۲۰۰۶) در تعیین الگوی کشت بهینه و بیشینه سازی سود، Mahdimoradi و همکاران (۲۰۰۷) در تخصیص بهینه آب آبیاری در الگوی چند محصوله، اشاره نمود. همه این پژوهش های انجام شده کارآیی مدل برنامه ریزی خطی در حل مسائل چند هدفه مدیریت منابع آب و خاک و تخصیص بهینه سطح اراضی و منابع آب کشاورزی در راستای رسیدن به حداکثر سود تولیدات کشاورزی و دستیابی به کشاورزی پایدار را تأیید نموده و استفاده آن را پیشنهاد نموده اند.

Bozorg Haddad و Marino (۲۰۱۰)، در بهره برداری بهینه از چاه های آبخوان های ساحلی، کارآیی و عملکرد الگوریتم بهینه سازی جفت گیری زنبور عسل را در زمینه مسائل شبیه سازی و بهینه سازی غیرخطی آب های زیرزمینی مناسب دانسته اند. Almaraz و همکاران (۲۰۱۵) به منظور طراحی شبکه تخصیص آب و تعیین عناصر و معیارهای تأثیرگذار در فرآیند حل مسائل چند هدفه، استفاده از مدل برنامه ریزی اعداد مختلط غیرخطی را مناسب تر گزارش نموده اند. Hassan-Esfahani و همکاران (۲۰۱۵) در ارزیابی تخصیص بهینه آب آبیاری با استفاده از دیدگاه بیلان آب، Roozbahani و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه تخصیص بهینه آب با لحاظ سازش چند منظوره بین ارزش های زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی استفاده از تکنیک های برنامه ریزی ریاضی را پیشنهاد نموده اند.

### ۵-۲ سطح اختصاص یافته به هر محصول در وضعیت موجود و بعد از بهینه سازی

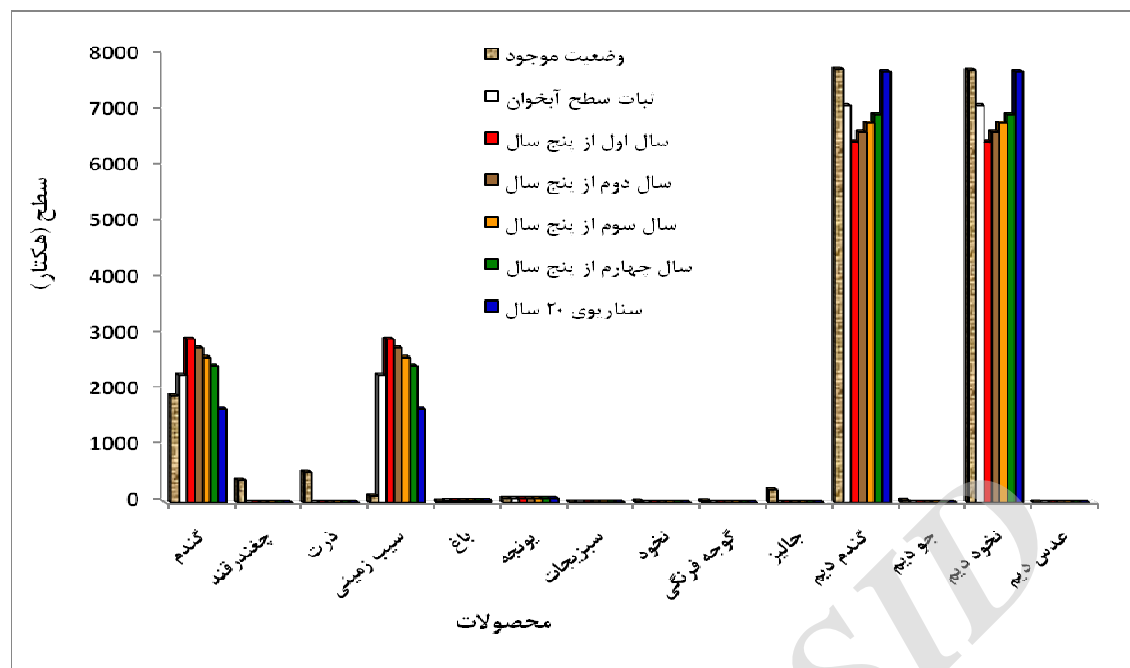
جداول ۴-۱۶ و ۴-۱۷ و شکل ۵-۱ گویای این مطلب است که تغییرات انجام شده بیشتر با جایگزینی گندم و سیب زمینی با گندم دیم و نخود دیم روی داده است. دلیل این موضوع اینست که سود این محصولات به ازاء واحد حجم آب مورد نیاز نسبت به سایر محصولات بیشتر است. عکس این موضوع در مورد دو محصول پرمصرف آب یعنی ذرت و چغندر قند اتفاق افتاده است که در آن‌ها کاهش سطح نسبت به وضعیت موجود مشاهده می گردد. چغندر قند به رغم آنکه دومین محصول با ارزش اقتصادی و سود تولید بالاست اما به دلیل نیاز آبی زیاد آن در مقایسه با سایر محصولات و سودآوری به ازاء مصرف واحد حجم آب با کاهش سطح مواجه شده است. در خصوص سیب زمینی، به رغم سودخالص بالاتر اما به دلیل عدم اطمینان از قیمت محصول و نیز نیاز به سرمایه اولیه بالا برای مراحل کاشت و داشت، کشاورزان تمایلی به کشت این محصول در منطقه نشان نداده اند.



شکل ۵-۱ سطح اختصاص یافته به محصولات مختلف در وضعیت موجود و پس از بهینه سازی

این تغییرات در دیگر سناریوهای مختلف اعمال شده در مدیریت منابع آب زیرزمینی و محدودیت‌های لحاظ شده منابع آب در دسترس نیز مشاهده می گردد که شکل ۵-۲ این تغییرات را در همه سناریوها نشان می دهد. در همه آنها جایگزینی محصولات پرسود و کم مصرف به جای محصولات دیم مشاهده می گردد. دلیل جایگزین نشدن کامل آنها با محصولات دیم کم سود مانند عدس و جو در واقع محدودیت اعمال شده به واسطه رعایت تناوب زراعی در منطقه است.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



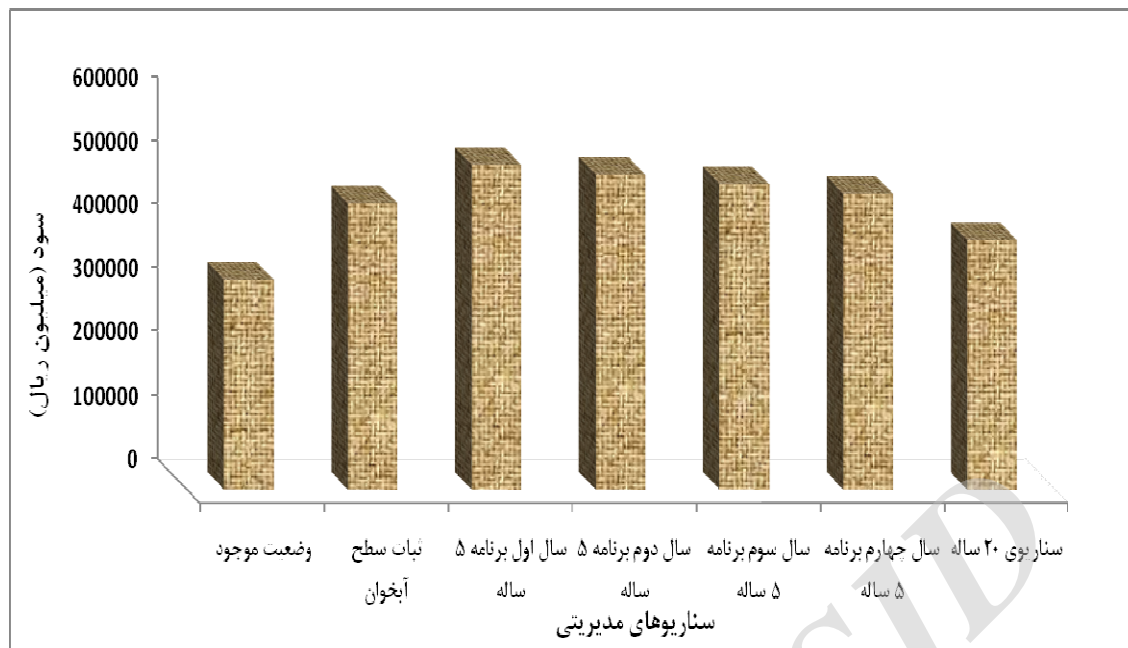
شکل ۵-۲ سطح اختصاص یافته به محصولات مختلف در وضعیت موجود و پس از بهینه سازی در سناریوهای هفت گانه Nikkami (۱۹۹۹) نیز در بهینه سازی کاربری اراضی یکی از زیرحوضه های دماوند به نتایج مشابهی دست یافته و افزایش ۳/۵ برابری در سطح اراضی باغی، افزایش در سطح محصولات آبی پرسود و کاهش ۱۰۰٪ در سطح اراضی دیم را پیشنهاد نموده است. جلیلی و همکاران (۱۳۸۳) نیز در پژوهش خود در حوضه آبخیز بریموند کرمانشاه، کاهش ۵۰/۰۷ درصدی اراضی دیم و افزایش ۱۳/۵ برابری سطح اراضی باغی نسبت به حالت فعلی را گزارش نموده اند.

### ۵-۳-۵ تعیین میزان سوددهی محصولات مختلف در وضعیت موجود و بعد از بهینه سازی

نتایج این تحقیق نشان داد که بهینه سازی تخصیص سطح اراضی کشاورزی، سوددهی تولیدات کشاورزی را بهبود می بخشد و در نتیجه علاوه بر رعایت محدودیت های موجود در مسئله بهینه سازی، به سودآوری بیشتری می انجامد که این یکی از مهم ترین الگوهای مورد نظر مسئولین کشاورزی است که از آن به عنوان کشاورزی پایدار یاد می شود.

شکل ۵-۳ نشان می دهد که وضعیت موجود کمترین میزان سودآوری محصولات کشاورزی را به خود اختصاص داده است. سناریوی ۲۰ ساله نیز که با کمترین میزان حجم آب در دسترس مشخص شده است نیز از وضعیت موجود به لحاظ سودآوری محصولات کشاورزی وضعیت مناسب تری دارد. این امر نشان از بهینه نبودن سطح تخصیص اراضی و از طرفی بهینه نبودن الگوی کشت موجود در منطقه است.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل ۵-۳ سودآوری تولیدات کشاورزی در سناریوهای مختلف مدیریتی

نتایج پژوهش Sadeghi و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که بهینه سازی کاربری اراضی در حوضه آبخیز علاوه بر کاهش هدررفت منابع، میزان سوددهی کاربری های مختلف را نیز بهبود می بخشد و در نتیجه علاوه بر حفظ منابع به سودآوری بیشتری می انجامد و افزایش ۱۱۹٪، میزان سودآوری حوضه آبخیز پس از بهینه سازی کاربری اراضی است. Nikkani و همکاران (۲۰۰۲) نیز در یکی از زیرحوضه های حوضه دماوند افزایش ۱۳۴٪ در سودآوری کاربری های حوضه آبخیز پس از بهینه سازی آن را اعلام نموده اند.

Hassan-Esfahani و همکاران (۲۰۱۵) در پژوهش خود پیرامون تخصیص بهینه آب آبیاری، بهینه سازی مصرف آب در سیستم های آبیاری با استفاده از دیدگاه بیلان آب و صرفه جویی ۲۰ درصدی در مصرف آب بدون کاهش سود را از نتایج مدیریت صحیح و بهینه سازی تخصیص و مصرف آب گزارش نموده اند.

#### ۴-۵-۵ تجزیه و تحلیل حساسیت

تجزیه و تحلیل حساسیت تابع هدف نسبت به پارامترهای قابل تغییر مسئله در این تحقیق انجام شد. که نتایج آن به تفکیک در ذیل بحث شده است. تحلیل حساسیت برای تغییرات ۱۰ تا ۵۰ درصدی در منابع و اثر آن در تابع هدف انجام شد که نتایج در شکل های ۴-۱۱ تا ۴-۱۶ ارائه شده است.

#### ۵-۴-۱ حساسیت پذیری تابع هدف و انتخاب حساس ترین پارامتر مدل

به منظور تحلیل نهایی حساسیت تابع هدف نسبت به منابع موجود در مسئله بهینه سازی دشت، درصد تغییرات سود و هزینه خروجی از مدل بهینه سازی را در سطح تغییرات اعمال شده در منابع، بررسی و نتایج نهایی در شکل های ۴-۲۰ تا ۴-۲۶ برای سناریوهای مختلف ارائه گردیده است.

در خصوص آنالیز حساسیت می توان نتیجه گرفت که هم افزایش و هم کاهش سود، بیشترین حساسیت را نسبت به کاهش حجم آب قابل بهره برداری دارد. دلیل این مسئله آن است که در منطقه مورد بررسی حجم آب قابل استحصال مطابق سناریوهای مدیریتی، محدود کننده ترین عامل اثر گذار است چرا که در دشت اسلام آباد کمتر از ۲۰ درصد اراضی حاصلخیز دشت به کشت آبی اختصاص دارد و محصولات آبی الگوی کشت منطقه سود بیشتری نسبت به محصولات دیم دارند بنابراین حساسیت مدل نسبت به این موضوع بسیار زیاد است و سطح اراضی در دسترس برای کشت آبی در مقایسه با آب به عنوان عامل محدود کننده محسوب نمی شود. اما سطح کل اراضی تخصیص یافته نیز در رتبه دوم حساسیت قرار دارد در این خصوص هر چه سطح اراضی بیشتر باشد به یقین میزان سود حاصل بیشتر است دلیل این موضوع آن است که به رغم آنکه امکان کشت آبی وجود ندارد اما اختصاص زمین بیشتر سبب افزایش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و در نتیجه افزایش سود تولید می شود و بالعکس در مورد کاهش سطح اراضی نیز این موضوع وجود دارد. پس از آن حساسیت کاهش و افزایش تابع بهینه ساز سود به سطح اراضی یونجه کاری در منطقه است. با افزایش این سطح سود کاهش و با کاهش سطح اراضی زیر کشت یونجه سود افزایش می یابد. علت این امر نسبت نیاز آبی یونجه نسبت به افزایش سود تولید در واحد سطح است. نیاز آبی یونجه ۳ برابر گندم است در حالی که به رغم درآمد ناخالص بالاتر، سود حاصل حتی کمتر است. بنابراین به جای افزایش یک هکتار یونجه با همین میزان آب می توان سطح کشت گندم را ۳ هکتار افزایش داده و سود کشاورز را سه برابر نمود یا اینکه سطح کشت گندم را دو هکتار افزایش داده و به این ترتیب علاوه بر افزایش درآمد، در آب مصرفی نیز به میزان یک سوم صرفه جویی و به این ترتیب به تعادل عرضه و تقاضا در آبخوان کمک نمود. هر چند کشاورزان بیشتر به دنبال منافع اقتصادی خود هستند. محسنی ساروی و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که الگوی پیشنهادی بر اساس دیدگاه اقتصادی دارای برتری نسبی نسبت به دیدگاه های اجتماعی و زیست محیطی است و Moa و همکاران (۲۰۱۰) نیز سودمندترین و کم سودترین منطقه آبیاری را مشخص و تفاوت بین بخش های هیدرولوژیکی و بخش های اجتماعی- اقتصادی را در سیستم های برنامه ریزی مشخص نمودند.

البته کم بودن میزان و درصد افزایش سود در مورد کشت یونجه مربوط به پایین بودن سطح کشت این محصول نسبت به کشت های دیگر است که علیرغم سود قابل قبول تأثیری زیادی در افزایش درصد سود کل منطقه ندارد.

## ۵-۶ تحلیل وضعیت آبخوان در شرایط تغییر اقلیم

### ۵-۶-۱ بررسی عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دما و بارش و ساعات آفتابی

ارزیابی چشمی شکل‌های ۴-۱۷ تا ۴-۲۰ مربوط به داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعات آفتابی با استفاده از مدل LARS-WG نشان دهنده تطابق مناسب و دقت مدل در تولید این داده‌هاست. بطور کلی نتایج نشان داد که با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی و مقادیر پایین پارامترهای شاخص‌های خطاسنجی محاسبه شده، مدل LARS-WG، توانمندی مدل‌سازی اقلیم حوضه مورد مطالعه را بر اساس یک سناریوی حالت پایه دارا می‌باشد. جدول ۴-۱۹ و نتایج تحلیل آماری انجام شده با استفاده از آزمون t زوجی نیز نشان داد که بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده کلیه متغیرهای اقلیمی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. کارآموز و همکاران (۱۳۹۰) در ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی در دشت رفسنجان از مدل LARS-WG استفاده و دقت آن را تأیید نموده‌اند. کوهی و ثنایی‌نژاد (۱۳۹۲) در منطقه ارومیه برای مقایسه تبخیر و تعرق مرجع و طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز ریزمقیاس‌سازی را با این مدل در حوضه آبخیز بار نیشابور انجام دادند. منصور و همکاران (۱۳۹۳) نیز آثار ناشی از تغییر اقلیم را بر دما، بارندگی در حوضه زرينه رود، در دوره‌های آبی با کمک مدل LARS-WG مورد بررسی قرار دادند. آشفته و بزرگ‌حداد (۱۳۹۲) ارزیابی آثار تغییر آب و هوا بر دبی رودخانه را با مدل HadCM3 را تحت سناریوی A2 بکار گرفتند.

### ۵-۶-۲ ارزیابی دقت مدل‌های اقلیمی HadCM3، CSMK3 و IPCM4 در شبیه‌سازی

#### دما و بارش و ساعات آفتابی

پژوهشگران مختلف با استفاده از شاخص میزان خطای مطلق یک مدل مشخص را تعیین و بر اساس آن برای سناریوهای مختلف بر اساس آن مدل تولید داده نموده‌اند. بر این اساس و با توجه به جدول ۴-۲۴ برای سناریوهای A1B و B1 مدل CSMK3، و برای سناریوی A2 مدل HadCM3 دارای کمترین میانگین خطای مطلق می‌باشند. اما دقت در جدول ۴-۲۳ نشان می‌دهد که انتخاب یک مدل مشخص برای همه سناریوها در همه متغیرهای اقلیمی تولید خطا می‌نماید. چرا که در سناریوی A2 مدل HadCM3 مناسب‌ترین مدل برای ۴ شاخصه اقلیمی، در سناریوهای A1B و B1 برای بارش، دمای حداقل و حداکثر مدل CSMK3 و برای ساعات آفتابی در سناریوی A1B، مدل IPCM4 و در سناریوی B1 مدل HadCM3 دارای کمترین خطا می‌باشند. بنابراین از بین چهار مدل مورد ارزیابی، سه مدل HadCM3، CSMK3 و IPCM4 دارای دقت لازم در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی است. با توجه به شکل‌های ۴-۲۱ تا ۴-۳۲ این میزان انطباق مناسب برای هر کدام از متغیرهای اقلیمی بر اساس مدل منتخب و سناریوی

مورد نظر ارائه گردیده است و نسبت به مدل سازی برای سه دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۵ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ اقدام گردید.

نتایج پژوهش حاضر HadCM3 را برای تعیین خروجی های ۴ متغیر اقلیمی در سناریوی A2 و متغیر ساعات آفتابی در سناریوی B1 مناسب دانسته است. آخونی پورحسینی و همکاران (۱۳۹۴) به منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیر زمینی دشت اردبیل و پیش بینی متغیرهای اقلیمی آینده از سناریوهای مدل اقلیمی HadCM3 بهره گرفته اند. Farzaneh و همکاران (۲۰۱۲) به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه ای، بیان داشتند که از بین مدل های تغییر اقلیم، خروجی مدل HadCM3 دارای بیشترین و مناسب ترین همبستگی با داده های مشاهداتی است. کوهی و ثنائی نژاد (۱۳۹۲) نیز برای دهه های آتی متغیر تبخیر-تعرق مرجع در ارومیه، خروجی های مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 را بکار گرفتند. همچنین طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) اثرات ناشی از تغییر اقلیم روی دما، بارندگی و رواناب در حوضه آبخیز بار نیشابور را با استفاده از مدل HadCM3 تحت سه سناریوی A2، A1B و B1 بررسی نمودند. Ashofteh و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که مدل های هیبرید و HadCM3 برای متغیرهای دما و بارش با ضرایب همبستگی ۹۱٪ خروجی های قابل اطمینانی را ارائه می دهند.

#### ۵-۶-۲-۱ بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه بارش

در دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱، در فصل گرم افزایش و در فصول مرطوب سال کاهش بارش اتفاق خواهد افتاد. تغییرات سالانه بارش بر اساس سناریوی A2 در دو دوره اول افزایشی اما در ۲۰۸۸-۲۰۹۹ و نیز در سناریوهای A1B و B1 در هر سه دوره زمانی کاهش یافته است.

Yu و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب جنوب تایوان، روند افزایشی در میزان بارندگی در ماه های Jan تا May را گزارش نموده اند. Gohari و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش های خود تغییرات بارش را در برخی ماه ها کاهش و در سایر ماه ها افزایشی توصیف نموده اند. طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) کاهش بارش به میزان ۱۶/۴، ۱۷/۶ و ۳۱/۹ درصد به ترتیب در دوره های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۷۱ را گزارش کرده اند. منصوری و همکاران (۱۳۹۳) بیان نموده اند که متوسط ماهانه بارندگی در فصل بهار کاهش یافته در حالی که به مقدار آن در فصل های تابستان و پاییز افزوده خواهد شد. بعلاوه در دوره آتی در الگوی بارش نیز تغییراتی رخ خواهد داد. Zareian و همکاران (۲۰۱۵) نیز در حوضه زاینده رود تغییرات ۱/۷۸ تا ۲۰/۷۸- درصدی بارش در آینده نزدیک و ۱۴/۳۵- تا ۳۲/۸۲ درصدی در آینده دور را ارائه و بیان نموده اند که بیشترین کاهش بارش در زمستان مشاهده می شود. نتایج تحقیقات Shrestha و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که بارش در آینده در فصل مرطوب افزایش و در فصل خشک کاهش می یابد.



### ۵-۶-۲-۲-۲ بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه دمای حداقل و دمای حداکثر

تغییرات ماهانه دمای حداقل، بر اساس سناریوی A2 نسبت به سایر سناریوها بیشتر است. تغییرات دمای حداقل در هر سه دوره و در همه سناریوها، در فصل زمستان کاهشی و در سایر فصول افزایش را نشان می دهد. تغییرات سالانه دمای حداقل در هر سه سناریو در هر سه دوره زمانی افزایشی است. تغییرات دمای حداکثر بجز سناریوی A1B در زمستان و در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، در کلیه دوره‌ها، کلیه فصول و سالانه و در کلیه سناریوها افزایشی است.

Yu و همکاران (۲۰۰۲) در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب جنوب تایوان، روند افزایشی در میزان دما را گزارش نموده‌اند. هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (۲۰۰۷) نیز در گزارش خود بیان داشته است که طی ۱۰۰ سال گذشته (۲۰۰۵-۱۹۰۶) دمای میانگین سطح زمین حدود ۰/۷۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و تا سال ۲۱۰۰ نیز ۱/۱ تا ۴/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. Gohari و همکاران (۲۰۱۳) نیز در پژوهش خود در حوضه زاینده رود، در دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۴، افزایش دمای ماهانه را تحت شرایط تغییر اقلیم بیان کرده‌اند. طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) اثرات ناشی از تغییر اقلیم را تحت سه سناریوی A2، A1B و B1 بررسی و هر سه سناریو نتایج تقریباً مشابهی مبنی بر افزایش دمای حداقل و دمای حداکثر در دوره‌های آتی را نشان دادند. Zareian و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند دمای سالانه این حوضه از ۰/۵۹ تا ۱/۳۴ درجه سانتی‌گراد در آینده نزدیک و ۱/۰۲ تا ۲/۵۳ درجه در آینده دور افزایش می‌یابد و بیشترین افزایش دمای فصلی در تابستان اتفاق می‌افتد. نتایج تحقیقات Shrestha و همکاران (۲۰۱۶) نشان داد که در آینده میانگین سالانه دما ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و تا پایان قرن ۲۱ افزایش ۴/۵ درجه‌ای دما تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 پیش‌بینی شده است.

### ۵-۶-۲-۳ بررسی تغییرات ماهانه، فصلی و سالانه ساعات آفتابی

تغییرات ساعات آفتابی الگوی مشخص و ثابتی در دوره‌های مختلف ندارد. در فصل تابستان ساعات آفتابی کاهش و در فصل بهار هم اغلب کاهشی اما در فصول پاییز و زمستان اغلب افزایشی است. تغییرات سالانه ساعات آفتابی در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، سناریوی B1 و در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰، سناریوی A2، کاهش و در سایر موارد افزایش را نشان می‌دهد. طائی سمیرمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در بررسی اثرات تغییر اقلیم روی دما، بارندگی و رواناب در حوضه آبخیز بار نیشابور، افزایش تابش را در دوره‌های آتی گزارش نمودند. نتایج حاصل از سناریوی A2 حاکی از افزایش تابش به میزان ۰/۰۷، ۰/۳۰ و ۰/۳۳ میلی ژول در متر مربع در روز به ترتیب در دوره‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ نسبت به دوره پایه ۲۰۱۰-۱۹۷۱ بوده است.

## ۵-۷ تغییرات منابع آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم

تغییرات آب و هوایی برآوردی برای اسلام آباد در شرایط تغییر اقلیم نشان از افزایش دما، کاهش بارش در فصل رویش و تغییر در الگوی زمانی پراکنش بارش دارد. این تغییرات با بالا بردن میزان تبخیر و تعرق، نیاز آبی گیاهان را افزایش داده و در شرایط یکسان به لحاظ تولید و سودآوری محصولات کشاورزی حجم آب بیشتری مصرف می‌گردد. با بهم خوردن تعادل عرضه و تقاضا در منابع آب زیرزمینی، سطح آب زیرزمینی هم کاهش می‌یابد.

آخونی پورحسینی و همکاران (۱۳۹۴) در بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت اردبیل، افت سطح آب کلیه چاه های پیزومتری مورد مطالعه تحت هر سه سناریو تغییر اقلیم را برای دوره های آتی پیش بینی نموده اند. نتایج تحقیقات Shrestha و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان داد که میزان تغذیه آب های زیرزمینی و در نتیجه سطح آب های زیرزمینی و ذخیره سازی نیز در کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت کاهش می‌یابد.

## ۵-۸ تعیین نیاز آبی منطقه در شرایط تغییر اقلیم

تغییر ماهانه متغیرهای اقلیمی در سناریوهای مختلف سبب تغییرات نیاز آبی در گیاهان مختلف می‌گردد. از آنجا که در ۸۳ درصد موارد کاهش بارش و افزایش دما در همه سناریوها و دوره ها رخ خواهد داد لذا نتیجه این امر افزایش تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان است. افزایش نیاز آبی گیاهان به طور متوسط در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۱۱/۴ درصد، در دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶، ۱۸/۱ درصد و در دوره ۲۰۹۹-۲۰۸۰، ۳۷/۶ درصد افزایش خواهد یافت. کوهی و ثنائی نژاد (۱۳۹۲) نیز بر اساس سناریوی A2 با استفاده از مدل LARS-WG در ریزمقیاس سازی، برای متغیر تبخیر-تعرق مرجع در ارومیه، نشان دادند که میانگین افزایش مقدار تبخیر-تعرق حاصل از این سناریو طی ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ نسبت به دوره پایه به میزان ۳/۴٪، ۷/۸٪ و ۱۴/۹٪ به دست آمده است.

## ۵-۹ بهینه سازی در شرایط تغییر اقلیم

تحلیل وضعیت سود حاصل از اجرای مدل بهینه سازی سطح کشت بر اساس شرایط سناریوهای مختلف تغییر اقلیم در شکل ۴-۶۹ ارائه گردیده است.

بیشترین کاهش سود در سناریوی A2 در دوره زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ و کمترین کاهش در سناریوی A1B در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ پیش بینی شده است. میزان سود سناریوی ثبات سطح آبخوان به عنوان مبنای مقایسه سود در نظر گرفته شد. برای کسب سود مبنای بهترین و بدترین سناریوی تغییر اقلیم به ترتیب

۱۲ درصد (۲/۹۹ میلیون متر مکعب) و ۵۱ درصد (۱۲/۹ میلیون متر مکعب) افزایش آب در مقایسه با شرایط موجود مورد نیاز است.

Gohari و همکاران (۲۰۱۳) نیز در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید ۴ محصول عمده کشاورزی در حوضه آبخیز زاینده رود، در دوره زمانی ۲۰۱۵ تا ۲۰۴۴ تحت شرایط تغییر اقلیم، گزارش نمودند که انتظار می رود تولید برای همه محصولات کشاورزی کاهش یابد. بر این اساس، محصولات با نیاز آبی بالاتر، بیشتر تحت اثر تغییر اقلیم قرار گرفته که نتایج پژوهش حاضر را تأیید می نماید.

## ۵-۱۰ جمع بندی کلی

همنوایی با طبیعت به جای سلطه بر طبیعت و استفاده معقول از منابع طبیعی، بهره برداری مقید و تأکید بر مصرف محدود و حفظ منافع نسل های آینده از جمله عناصر کلیدی دیدگاه کشاورزی پایدار می باشد. برای تعیین مقادیر بهینه تخصیص از منابع، رعایت محدودیت های برداشت الزامی است که این امر در مورد منابع آب زیرزمینی با کنترل تغییرات تراز میسر می شود. پایداری تولید کشاورزی مبتنی بر پایداری تأمین منابع آبی است و بیلان منفی آبخوان یکی از عوامل حرکت نظام کشاورزی به سمت ناپایداری است. توجه به روند افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی دشت، شدت بروز ناپایداری و کاهش تولید پایدار و سطح زیر کشت محصولات مختلف در دشت مورد مطالعه از نتایج حاصل از پژوهش انجام شده است. افزایش صدور پروانه های بهره برداری در یک دوره کوتاه زمانی و تقارن آن با وقوع خشک سالی، بهینه نبودن تخصیص منابع محدود آب زیرزمینی، مدیریت نامناسب و ناپایدار بر منابع تولید، نامناسب بودن الگوی کشت و عدم توجه به پتانسیل های منطقه از جمله مسائلی است که نشانگر ضعف مدیریت یکپارچه بر منابع آب و خاک دشت مورد مطالعه است.

با توجه به نتایج پژوهش، در دشت اسلام آباد بیلان آب منفی است و هر ساله این وضعیت تشدید می گردد. بنابراین، محدودیت اصلی وجود منابع آبی است. لذا بهینه سازی تخصیص و مدیریت الگوی کشت موجود در منطقه می تواند با مصرف همین مقدار ثابت آب زیرزمینی مصرفی، سطح زیر کشت محصولات آبی در دشت حاصلخیز اسلام آباد را حداقل سه برابر نماید. در صورتی که مدیریت بهینه منابع آب مدنظر قرار داده شود در آن صورت میزان برداشت آب زیرزمینی به یک سوم تقلیل خواهد یافت. به این ترتیب، پایداری بخش کشاورزی را در آینده می تواند بهبود بخشید. واضح و مبرهن است که برای دستیابی به توسعه پایدار در بخش کشاورزی، مدیریت صحیح و برنامه ریزی مناسب کاربری اراضی لازم است. این امر جز با جدیت و تلاش دلسوزانه روز افزون مدیران و تصمیم گیران بخش آب و کشاورزی میسر نخواهد شد و اگر در این باره اقدام مؤثر و تأثیرگذاری صورت نپذیرد نه تنها تخریب

اکوسیستم و هدررفت غیر قابل بازگشت منابع آب را نظاره گر خواهیم بود بلکه کاهش تولیدات کشاورزی و تأثیرات اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ناشی از آن؛ بحران مهار ناشدنی فقر را در پی دارد. شواهد موجود نشان می دهد که تغییر اقلیم به وقوع پیوسته است و پیش بینی مدل های مختلف اقلیمی دلالت بر تداوم آن در قرن حاضر دارد. پیامدهای تغییر اقلیم بر منابع آب می تواند وضعیت کشاورزی و مسائل اقتصادی اجتماعی حاصل از آن را تحت تاثیر قرار دهد. اثرات تغییر اقلیم با بالا رفتن دما، تغییر در میزان بارش، تغییر در پراکنش زمانی بارش، تغییر میزان تبخیر و تعرق و نیاز آبی گیاهان را در پی خواهد داشت. این امر با سناریوی ثبات سطح آبخوان در شرایط تغییر اقلیم منجر به کاهش سطح زیر کشت محصولات کشاورزی و کاهش درآمد کشاورزان خواهد شد. آگاهی از میزان آسیب پذیری منابع آب و خاک و پوشش گیاهی به تغییر اقلیم در انتخاب راهکارهای برتر به منظور سازگاری با شرایط آبی و کاهش اثرات منفی سودمند می باشد.

پژوهش حاضر با هدف تحلیل وضعیت منابع آب زیرزمینی در شرایط کنونی و رویداد تغییر اقلیم در دهه های آتی در دشت اسلام آباد انجام گرفت. بررسی نتایج در شرایط کنونی نشان از بهینه نبودن پراکنش محصولات کشاورزی و سطح تخصیص مربوط به آنها در دشت مورد مطالعه است. بیلان آب زیرزمینی در سال بیلان (۹۲-۹۳) منفی بوده و با کمبود  $3/83$  میلیون متر مکعبی آب در دسترس مواجه است. این حجم آب قابل استحصال معادل  $1/26$  متری در سطح آبخوان دشت می باشد. بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات مختلف در دو سناریوی ثبات سطح آبخوان و کاهش  $50$  درصدی میزان افت تراز آب زیرزمینی در دشت مورد مطالعه به ترتیب  $36/5$  و  $48/9$  درصد افزایش سود تولیدات کشاورزی نسبت به وضعیت کنونی را سبب شده است. تغییر سطح زیر کشت محصولات زراعی و باغی در دشت اسلام آباد با رعایت کلیه محدودیت های موجود در منطقه، در همه سناریوها و کلیه برنامه های عملیاتی، سبب افزایش سود تولید نسبت به وضعیت موجود می شود. از همه مهم تر اینکه حتی در سناریوی سوم و یا برنامه عملیاتی ۶، به رغم اینکه دست یابی به سطح ایستابی اولیه آب زیرزمینی که شاید  $20$  سال پیش اتفاق افتاده باشد دور از ذهن است باز هم میزان سود از سود تولید در وضعیت موجود و با این حجم اضافه برداشت بیشتر است. این نشان می دهد که برای دست یابی به کشاورزی پایدار، الگوی کشت منطقه نیاز به تحقیق و پژوهش بیشتر دارد. به منظور بررسی اثر تغییرات اقلیمی بر میزان آب و نیز تولیدات کشاورزی، مدل های اقلیمی CGMR، CSMK3، HadCM3 و IPCM4 و سه سناریوی انتشار شامل A2، B1، A1B استفاده شد. مدل آماری LARS-WG جهت ریزمقیاس نمایی داده های مدل گردش عمومی جو برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر متغیرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی برای دهه های آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱؛ ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) استفاده گردید.

نتایج ارزیابی مدل نشان داد که با توجه به مقادیر بالای ضریب همبستگی و مقادیر پایین پارامترهای شاخص‌های خط‌سنجی محاسبه شده، مدل LARS-WG، توانمندی مدل‌سازی اقلیم حوضه مورد مطالعه را بر اساس یک سناریوی حالت پایه دارا می‌باشد. تحلیل آماری انجام شده با استفاده از آزمون  $t$  زوجی بین مقادیر مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده نیز نشان داد که بین این دو مقدار در کلیه متغیرهای اقلیمی تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌گردد و نشان دهنده تطابق مناسب این داده‌ها و قابلیت استفاده مدل در شبیه‌سازی سناریوهای تغییر اقلیم است.

نتایج مطالعه تغییر اقلیم در سه دوره زمانی مورد بررسی در آینده، به ترتیب نشان از کاهش بارش سالانه منطقه به میزان  $۳/۶$ ،  $۱۱/۴$  و  $۷۸/۸$  میلی‌متر، افزایش متوسط دمای حداقل ماهانه به میزان  $۰/۵$ ،  $۱/۴$  و  $۲/۸$  درجه، افزایش متوسط دمای حداکثر ماهانه به میزان  $۰/۳$ ،  $۱/۲$  و  $۲/۷$  درجه و کاهش  $۰/۰۰۴$  و افزایش  $۰/۰۹$  و  $۰/۳$  ساعتی ساعات آفتابی است. این تغییرات سبب افزایش تبخیر و تعرق و نیاز آبی محصولات کشاورزی و باغی می‌گردد. این شرایط در آینده با در نظر گرفتن سناریوی ثبات سطح آبخوان کاهش سود تولیدات کشاورزی را به همراه دارد. به طوری که برای دستیابی به میزان سود برابر با این ستاریو در وضعیت کنونی، در بهترین سناریوی اقلیمی  $۱۲$  درصد و در بدترین سناریو  $۵۱$  درصد افزایش نیاز به آب در دسترس را به دنبال دارد. نتایج پژوهش حاضر ضمن تأیید اثرات تغییر اقلیم بر آینده مدیریت آبخوان‌ها، انتخاب برنامه‌های مدیریتی مناسب برای منابع آب و کشاورزی از اکنون برای دستیابی به کشاورزی پایدار در آینده را ضروری دانسته و این امر منوط به آگاهی از شرایط اقلیمی آتی است که می‌تواند در سازگاری با اثرات تغییر اقلیم در سطح منطقه مؤثر باشد.

## ۵-۱۱ آزمون فرضیات

بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش، فرضیات تحقیق به شرح زیر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

فرضیه اول بیان می‌کند که ثبات سطح ایستابی آبخوان در تراز کنونی، باعث کاهش معنی‌دار درآمد کشاورزان می‌گردد. تحلیل نتایج نشان داد که ثبات سطح آبخوان کاهش حجم آب قابل استحصال به میزان  $۸/۵۷$  میلیون متر مکعب را در پی دارد که سبب کاهش  $۲۵/۲۴$  درصدی سود می‌شود. بنابراین فرضیه تأیید می‌شود.

فرضیه دوم بر این موضوع اشاره دارد که تغییر اقلیم، تأثیر معنی‌داری بر میزان آب قابل استحصال، در آبخوان دشت اسلام‌آباد ندارد. نتایج نشان داد که برای کسب سود مبنای بهترین و بدترین سناریوی تغییر اقلیم به ترتیب  $۱۲$  درصد و  $۵۱$  درصد افزایش آب در دسترس نیاز است. بنابراین فرضیه سوم تأیید نمی‌گردد.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

در فرضیه سوم بیان گردیده است که توزیع بهینه کشت به دست آمده با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی، در وضعیت موجود و شرایط تغییر اقلیم با هم مشابه نیستند. جدول ۴-۲۶ در خصوص تخصیص سطح اراضی به محصولات موجود در الگوی کشت در سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نشان می‌دهد که این سطوح تخصیص یافته در همه سناریوها با هم متفاوت هستند و از طرفی جدول ۴-۲۷ نیز مؤید تفاوت دستیابی به سود در سناریوهای تغییر اقلیم نسبت به هم و نسبت به شرایط کنونی می‌باشد، لذا این فرضیه نیز تأیید می‌شود.

## ۱۲-۵ پیشنهادها

نتایج پژوهش، دورنمایی از اثرات تغییر اقلیم و پیامدهای آن بر منابع آب، کشاورزی و تولیدات مختلف زراعی و باغی و اثرات اقتصادی آن در دشت اسلام‌آباد را ارائه می‌نماید. با انجام پژوهش‌های مشابه و پیشنهادهای پژوهشی و اجرایی زیر می‌توان ابعاد تحقیقاتی و کاربردی پژوهش حاضر را توسعه داد.

استفاده از طیف وسیعتری از مدل‌های چرخش عمومی جو و سناریوهای انتشار و در صورت امکان مدل‌های اقلیمی منطقه‌ای جدید انجام پژوهش در خصوص معرفی گونه و یا ارقام سازگار محصولات کشاورزی متناسب با تغییرات متغیرهای اقلیمی در دهه‌های آتی

ارزیابی روش‌های دیگر ریزمقیاس سازی و تأثیر آن بر نتایج پژوهش انجام پژوهش‌های کاربردی در بخش آب زیرزمینی علیرغم وجود خطا در مدل سازی و یا شبیه‌سازی آبخوان‌ها به منظور شناخت گام به گام و دقیق‌تر این منابع استفاده از سنجش از دور در برآورد بیلان آب زیرزمینی در آبخوان دشت و مقایسه نتایج آن با نتایج پژوهش حاضر

برنامه‌ریزی بهینه در بخش مدیریت منابع آب منطقه با توجه به وضعیت بیلان آب و شرایط کاملاً متفاوت تخصیص در وضعیت کنونی و شرایط بهینه انجام پژوهش‌های کاربردی در خصوص برآورد میزان دقیق آب برگشتی از کشاورزی در منطقه به منظور تحلیل دقیق‌تر بیلان آب

استفاده از کنتورهای حجمی در چاه‌های بهره‌برداري به منظور تعیین دقیق حجم آب بهره‌برداري شده در مصارف مختلف و افزایش دقت محاسبات بیلان توجه ویژه به بخش کشاورزی منطقه و وضعیت اقتصادی بهره‌برداران به منظور تغییر در الگوی کشت و یا رعایت الگوی کشت پیشنهادی در منطقه

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

اختصاص تسهیلات در بخش کشاورزی به منظور توانمند سازی کشاورزان برای کاشت محصولات پرسود و با نیاز آبی بهینه در منطقه که نیازمند هزینه‌های بیشتر در مراحل سه گانه کاشت، داشت و برداشت می‌باشند.

Archive of SID

## منابع مورد استفاده

- آبایی، ب.، میرزایی، ف.، سهرابی، ت.، رضانی اعتدالی، ه. ۱۳۹۳. ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب با استفاده از یک سامانه پشتیبان برنامه‌ریزی و تکنیک ارزیابی چندمعیاره، مدیریت آب و آبیاری، ۴(۱): ۱۰۵-۱۲۲.
- آخونی پورحسینی، ف.، دربندی، س. و اسدی، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیر زمینی، در مجموعه مقالات کنفرانس و نمایشگاه مهندسی آب، تهران، ۲۵-۲۶ مهرماه ۱۳۹۴. ۸ ص.
- آذری، م.، مرادی، ح.ر.، ثقفیان، ب. و فرامرزی، م. ۱۳۹۲. ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگان‌رود. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷(۳): ۵۳۷-۵۴۷.
- احسانی، ع.، ارزانی، ح.، فرح‌پور، م.، احمدی، ح.، جعفری، م. و اکبرزاده، م. ۱۳۹۱. برآورد تبخیر و تعرق با استفاده از اطلاعات آب‌وهوایی، خصوصیات گیاه و خاک به کمک برنامه نرم‌افزار Cropwat 8.0. فصل‌نامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۹(۱): ۱-۱۶.
- آشفته، پ. و مساح‌بوانی، ع. ۱۳۸۸. تأثیر عدم قطعیت تغییر اقلیم بر رژیم سیلاب مطالعه موردی حوضه آیدوغموش، آذربایجان شرقی، تحقیقات منابع آب ایران، ۵(۲): ۲۷-۳۹.
- آشفته، پ. و بزرگ‌حداد، ا. ۱۳۹۲. ارائه‌ی رویکرد احتمالاتی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب. مجله‌ی مهندسی منابع آب، ۶: ۵۱-۶۶.
- آشفته، پ. و بزرگ‌حداد، ا. ۱۳۹۲(۱). ارائه‌ی رویکرد احتمالاتی ارزیابی اثرات تغییر آب و هوا بر بده‌ی رود آیدوغموش-آذربایجان شرقی. مجله‌ی مهندسی منابع آب، ۶: ۳۷-۵۲.
- آشفته، پ. و بزرگ‌حداد، ا. ۱۳۹۴. ارزیابی‌های بر پایه‌ی ریسک نیاز آبی محصولات تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از مدل‌های AOGCM. مجله منابع طبیعی ایران (مرتع و آبخیزداری)، ۶۸(۳): ۴۴۱-۴۵۷.
- اصغرپور، م.ج. ۱۳۹۱. برنامه‌ریزی خطی، چاپ نهم، مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، ۳۱۲ ص.
- افراخته، ح.، حجب‌پور، م.، گرزین، م. و نجاتی، ب. ۱۳۹۲. جایگاه توسعه پایدار کشاورزی در برنامه‌های توسعه ایران (مورد: برنامه‌های پنج ساله پس از انقلاب)، فصلنامه سیاست‌های راهبردی و کلان، ۱(۱): ۶۲-۴۳.
- اکبری، م.، جرگه، م.ر. و مدنی‌سادات، ح. ۱۳۸۸. بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مطالعه موردی: آبخوان دشت مشهد. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک (علوم کشاورزی و منابع طبیعی): ۱۶(۱۴): ۶۳-۷۸.



بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

- افضلی، آ. و شاهدهی، ک. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت آمل- بابل. پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز، ۵ (۱۰): ۱۵۶-۱۴۴.
- آل شیخ، ع. ا.، همراه، م.، هلالی، ح. و فاتحی، ع. ۱۳۸۳. کاربرد GIS در بیلان منابع آب زیرزمینی دشت تالش. نشریه علوم جغرافیایی، ۳ (۳ و ۴): ۹۹-۱۱۸.
- پورجعفر، ر.، هدایت، ن. و افروس، ع. ۱۳۸۸. مدل سازی رفتار آب زیرزمینی دشت باغملک با استفاده از نرم افزار Visual MODFLOW به منظور بررسی طرح تغذیه مصنوعی بهینه به روش پخش سیلاب. در مجموعه مقالات همایش ملی علوم آب، خاک، گیاه و مکانیزاسیون کشاورزی، خوزستان، دزفول، ۱۱-۱۲ اسفندماه ۱۳۸۸: ۸ ص.
- پورزند، ف. و بخشوده، م. ۱۳۹۱. ارزیابی پایداری کشاورزی استان فارس با استفاده از رهیافت برنامه ریزی توافقی. تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۴ (۱): ۲۶-۱.
- پورمحمدی، س.، دستورانی، م.ت.، چراغی، س.ع.م.، مختاری، م.ح. و رحیمیان، م.ح. ۱۳۹۰. ارزیابی و برآورد اجزای بیلان آبی در حوضه های مناطق خشک با به کارگیری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد. مجله آب و فاضلاب، ۳: ۹۹-۱۰۸.
- ترنجیان، ا. ۱۳۸۸. بررسی مکان های آسیب پذیر به آلودگی در سفره های آب زیرزمینی دشت همدان- بهار با استفاده از GIS. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا.
- جباری، پ.، قنبرپور، م.ر. و اشبه، ع.ر. ۱۳۸۸. ارزیابی و تعیین بیلان آب زیرزمینی آبخوان آزاد دشت ساری- نکا. در پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، (مدیریت پایدار بلایای طبیعی)، گرگان، ۲-۳ اردیبهشت ماه ۱۳۸۸. ۱۲ ص.
- جلیلی، خ. ۱۳۸۳. بهینه سازی کاربری اراضی بریموند استان کرمانشاه به منظور کمینه سازی فرسایش خاک با استفاده از برنامه ریزی خطی، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس.
- جلیلی، خ.، صادقی، س.ح.ر. و نیک کامی، د. ۱۳۸۵. بهینه سازی کاربری اراضی در حوضه های آبخیز به منظور کمینه سازی فرسایش خاک با استفاده از برنامه ریزی خطی، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۰ (۴-الف): ۱۵-۲۸.
- جلیلی، ج.، جلیلی، خ.، حصادی، ه. و حدیدی، م. ۱۳۹۳. تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی از طریق کانال های زهکش سطحی با استفاده از روش AHP. مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۸ (۲۴): ۲۹-۳۷.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

- جلیلی، ث.، چیت سازان، م.، و ساعت ساز، م. ۱۳۹۲. بهینه سازی پارامترهای هیدرولیکی آبخوان دشت ابهر با استفاده از مدل تفاضلات محدود، در سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، تهران، ۲۷-۳۰ بهمن ۱۳۹۲، ۷ صفحه.
- چیت سازان، م. و ساعت ساز، م. ۱۳۸۴. کاربرد مدل ریاضی MODFLOW در بررسی گزینه های مختلف مدیریت منابع آب دشت رامهرمز. مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۴(ب): ۱-۱۵.
- چیت سازان، م.، موسوی، س.ف.، میرزائی، س.ی. و رستگار زاده، س. ۱۳۹۱. مدیریت کمی و کیفی آبخوان دشت رامهرمز با استفاده از مدل ریاضی در MODFLOW و MD3DMS. مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، ۵: ۱-۸.
- حجتی، س.م. ح. و بوستانی ف. ۱۳۸۸. مدیریت پایدار آبخوان دشت خیر استهبان با استفاده از بیلان آب زیر زمینی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۲(۶): ۵۷-۷۲.
- حصادی ه.، حدیدی م. و پارسایی تبار ا. ۱۳۸۹. تهیه نقشه جامع منابع آب سطحی و شبکه هیدروگرافی استان کرمانشاه با استفاده از اطلاعات رقومی و عکس های هوایی، گزارش پایانی طرح تحقیقاتی، گروه هیدرولیک و منابع آب، جهاد دانشگاهی استان کرمانشاه، ۱۹۶ ص.
- دفتر حفاظت و بهره برداری از آب های زیرزمینی، ۱۳۸۵. گزارش دشت های ممنوعه کشور، نشریه شرکت مدیریت منابع آب ایران، وزارت نیرو، ۱۳ ص.
- رزاق منش، م.، سالمی، ت. و سراج، م. ۱۳۸۵. ارزیابی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تبریز. در مجموعه مقالات اولین همایش ملی مدیریت شبکه های آبیاری و زهکشی، اهواز، ۱۲-۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۸۵، ۱۲ ص.
- سازمان جهاد کشاورزی استان کرمانشاه، ۱۳۹۵. ارزیابی سامانه های آبیاری تحت فشار اجرا شده استان کرمانشاه، گزارش پایانی طرح، مشاور شرکت طرح اندیشان آبتین، ۱۷۰ ص.
- سبزو زاده، ا. و علیمحمدی، س. ۱۳۹۱. برآورد ضریب جریان بازگشتی از کشاورزی به کمک الگوریتم بهینه سازی دسته ذرات. نشریه آبیاری و زهکشی، ۴(۶): ۲۹۷-۳۰۵.
- شاهی دشت، ع.ل. و عباس نژاد، ا. ۱۳۹۰. ارائه راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی دشت های استان کرمان. فصل نامه زمین شناسی کاربردی، ۷(۲): ۱۳۱-۱۴۶.
- صبحی، م. و توانا، ح. ۱۳۸۶. بررسی آثار جانبی منفی ناشی از بهره برداری بیش از حد منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی شهرستان لارستان). مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۶۷-۷۹.
- صداقت، م. ۱۳۷۲. زمین و منابع آب (آب های زیرزمینی). انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۶۸ ص.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

طاهری تیزرو، ع.، زارع، م. و الیاسی، م. ۱۳۹۰. مدل سازی جریان آب زیرزمینی در دشت کبودرآهنگ با استفاده از مدل ریاضی MODFLOW، در مجموعه مقالات چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، ۱۳-۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۰: ۱۱ ص.

طائی سمیرمی، س.، مرادی ح.ر. و خداقلی، م. ۱۳۹۲. انتخاب مدل گردش عمومی جو و سناریو مناسب به منظور مطالعه اثرات اقلیم در حوضه آبخیز بار نیشابور، در مجموعه مقالات دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست، ارومیه، ۲۳ مردادماه ۱۳۹۲: ۱۵۰۷-۱۵۱۵.

طائی سمیرمی، س.، مرادی، ح.ر. و خداقلی، م. ۱۳۹۳. بررسی تغییرات جریان رودخانه بار نیشابور تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم. فصلنامه انسان و محیط زیست، ۲۹: ۱-۱۹.

عباس پور، م. و عنایی، ف. ۱۳۸۰. بحران های زیست محیطی و برنامه ریزی توسعه پایدار در ایران، در مجموعه مقالات اولین همایش ملی بحران های زیست محیطی ایران و راهکارهای بهبود آن، اهواز، ۵-۷ دی ماه ۱۳۸۰: ۱۴ ص.

عطایی زاده، س. و چیت سازان، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر خشکسالی بر کاهش کمی آبهای زیرزمینی دشت میداود با استفاده از مدل ریاضی. در مجموعه مقالات دومین همایش ملی اثرات خشکسالی و راهکارهای مدیریت آن، اصفهان، ۲۵-۲۶ اردیبهشت ۱۳۸۸. ۹ ص.

غلامی، م. ۱۳۸۲. تعیین تناوب زراعی بهینه با استفاده از برنامه ریزی خطی (مطالعه موردی: مزرعه ۱۱۰ هکتاری در شهرستان بجنورد). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ۱۰ (۱): ۱۷-۲۴.

فاتحی مرج، ا. ۱۳۸۱. ارزیابی تغذیه مصنوعی به وسیله پخش سیلاب با استفاده از مدل ریاضی در دشت آب باریک بم، استان کرمان. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، ۱۳۶ ص.

فاتحی مرج، ا.، طائی سمیرمی، م. و داودی، م. ۱۳۹۰. تحلیل نوسانات سطح ایستابی آبخوان گربایگان با استفاده از مدل عددی MODFLOW، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ۱۵۲ ص.

فاتحی مرج، ا.، طائی سمیرمی، م.، کلاهی، ع. و میرنیا، س.خ. ۱۳۹۰. پیش بینی نوسانات سطح ایستابی آبخوان گربایگان برای دوره زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۴۳۷ با استفاده از مدل عددی MODFLOW. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی)، ۳۴(۲): ۴۱-۵۰.

فرزانه، ع.، صمدی، ز.، اکبرپور، ا. و اسلامیان، س.س. ۱۳۸۹. معرفی پیش بینی کننده های منتخب جهت کوچک مقیاس کردن آماری-رگرسیون در زیرحوضه بهشت آباد کارون شمالی، در مجموعه مقالات نخستین کنفرانس ملی پژوهش های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه، ۲۱-۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۹: ۹ ص.

- فضل اولی، ر.، شریفی، ف. و بهنیا، ع. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر پخش سیلاب در تغذیه مصنوعی سفره آب زیرزمینی دشت موسیان استان ایلام. *مجله منابع طبیعی ایران*، ۵۹ (۱): ۵۴-۷۴.
- فهمی، ه. ۱۳۷۷. تغذیه مصنوعی و مسائل و مشکلات آن. نشریه منابع آب، ۱۶ (۱۰): ۷۷-۷۰.
- قاسمیه، ه. ۱۳۸۹. مدیریت جامع منابع آب با استفاده از روش DSS (مطالعه موردی، حوضه آبخیز کاشان). رساله دکتری، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشگاه تهران.
- قهاری، غ. و پاکپور، م. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر پخش سیلاب بر منابع آب زیرزمینی دشت گربایگان. *فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران*، ۱۴ (۳): ۳۶۸-۳۹۰.
- قیومی انارکی، س.، منصوری، ع. و کتابی ح. ۱۳۹۲. کاربرد مدل در پیش بینی وضعیت آبخوان دشت کاشان، در مجموعه مقالات هفتمین کنگره ملی مهندسی عمران، زاهدان، ۱۷-۱۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲: ۶ ص.
- کارآموز، م.، ابول پور، آ. و نظیف، س. ۱۳۹۰. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی مطالعه موردی دشت رفسنجان، در چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران، ۱۳-۱۴ اردیبهشت ماه ۱۳۹۰، ۱۰ ص.
- کتیبه، ه. و حافظی، س. ۱۳۸۳. مدیریت بهره برداری از آب های زیرزمینی و ارزیابی عملکرد طرح تغذیه مصنوعی دشت آب باریک بم با بکارگیری مدل Modflow. *مجله آب و فاضلاب*، ۱۵ (۲): ۴۵-۵۸.
- کرامتی طرقي، م.، پاسبان عیسی، ن. و قنبری، ع. ۱۳۸۸. بررسی عوامل مؤثر بر میزان آب خروجی از زهکش های شبکه آبیاری و زهکشی مغان و تأثیر شیوه های بهره برداری بر آن. در دوازدهمین همایش ملی کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، کرج، ۲۳ اسفندماه ۱۳۸۸، ص ۳۴۹-۳۳۵.
- کرسیک، ن. ۱۳۸۱. مدل سازی آب های زیرزمینی و حل مسائل هیدروژئولوژی، ترجمه منوچهر چیت سازان و حیدرعلی کشکولی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز، ۶۸۰ ص.
- کرمی، ع. و حیاتی، د. ۱۳۷۷. کشاورزی پایدار در مقایسه با کشاورزی متعارف: سنجش ایستارها. *مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱ (۲): ۱-۱۷.
- کوچکی، ع.، حسینی، م. و هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۸۸. کشاورزی پایدار، تألیف ای. ادواردز و همکاران، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۶۲ ص.
- کوثر، س. آ. ۱۳۷۴. مقدمه ای بر مهار سیلاب و بهره برداری بهینه از آنها: آبیاری سیلابی، تغذیه مصنوعی، بند های کوتاه خاکی. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، تهران، ۵۲۲ ص.

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

کوهی، م. و ثنائی نژاد، ح. ۱۳۹۲. بررسی سناریوهای تغییر اقلیم بر اساس نتایج حاصل از دو روش ریز مقیاس گردانی آماری برای متغیر تبخیر و تعرق مرجع در منطقه ارومیه. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۷): ۵۷۴-۵۵۹.

گنجی خرمدل، ن. محمدی، ک. و منعم م. ج. ۱۳۸۷. بهینه سازی شبکه چاه های مشاهده ای برای تخمین بیلان با روش نوسان دو گانه سطح آب زیرزمینی. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۲ (۲): ۳۷۰-۳۵۸.

لشکری پور، غ. ر. م. غفوری، ز. سوزی و ز. پیوندی. ۱۳۸۴. افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در دشت مشهد. در مجموعه مقالات نهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، تهران، ۸-۹ شهریورماه ۱۳۸۴، ص ۱۲۳-۱۳۱.

لشکری پور، غ. ر. م. و رستمی بارانی، ح. ر. ۱۳۸۷. بررسی علل تشکیل شکافها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر. مطالعات زمین شناسی، ۱ (۱): ۹۵-۱۱۱.

محسنی ساوری، م. فرزادگان، م. کوپایی، م. و خلقی، م. ۱۳۸۲. تعیین الگوی بهینه بهره برداری از منابع حوضه های آبخیز با استفاده از برنامه ریزی هدف. مجله منابع طبیعی ایران، ۵۶ (۱ و ۲): ۳-۱۶.

محمد رضا پور طبری، م. عبادی، ت. و مکنون، ر. ۱۳۸۹. ارائه مدل هوشمند تعیین رفتار تغییرات سطح آب زیرزمینی با لحاظ نمودن وضعیت دینامیکی سیستم آبخوان. آب و فاضلاب، ۴: ۷۰-۸۰.

محمدی قلعه نی، م. ابراهیمی، ک. و عراقی نژاد، ش. ۱۳۹۱. ارزیابی تاثیر عوامل اقلیمی بر افت منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان دشت ساوه). مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، ۱۹ (۴): ۱۸۹-۲۰۱.

محمدی، ح. بوستانی، ف. و کفیل زاده، ف. ۱۳۹۱. تعیین الگوی بهینه با استفاده از الگوریتم بهینه سازی چندهدفه غیر خطی فازی. آب و فاضلاب، ۴: ۴۳-۵۵.

محمودی، ح. ۱۳۷۷. ویژگی آبخوان شمال-شمال شرق اصفهان (منطقه گرگاب-کمشجه). پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی- آب شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۱۵ ص.

مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری. ۱۳۷۵. طرح توسعه ایستگاه تحقیقات کوثر، جلد سوم، مطالعات اولیه شناخت، گزارشهای زیست محیطی، آبهای زیرزمینی، کنترل سیلاب و مهندسی رودخانه و تلفیق و ارائه راه حل ها، ۲۰۵ ص.

ملک محمدی، ا. ۱۳۶۲. مبانی ترویج و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی، چاپ دوم، مرکز نشر دانشگاهی، ۴۴۴ ص.

ملکی، ا. حصادی، ه. و نادریان، پ. ۱۳۸۸. مکان یابی تغذیه مصنوعی آبخوان حوضه آبریز مرگ. مجله تحقیقات جغرافیایی، ۲۴ (۱) (پیاپی ۹۲): ۵۳-۷۸.

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

- منصوری، ب.، احمدزاده، ح.، مساح بوانی، ع.ر.، مرید، س.، دلاور، م. و لطفی، س. ۱۳۹۳. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب حوضه زربینه رود با استفاده از مدل SWAT. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۸(۶): ۱۱۹۱-۱۲۰۳.
- مهدوی، م. ۱۳۷۴. مدیریت آب و تغذیه مصنوعی سفره های آب زیرزمینی در شهرستان جهرم. مجله محیط شناسی، ۱۷: ۱۶-۲۳.
- مهرگان، م. ۱۳۹۴. پژوهش عملیاتی (برنامه ریزی خطی و کاربرد های آن). چاپ سی و چهارم، نشر کتاب دانشگاهی، تهران، ۵۳۶ ص.
- ناصری، ح.ر.، آدینه وند، ر. و صلوی تبار، ع. ۱۳۹۰. مدل سازی پویای سیستم در مدیریت بهره برداری آبخوان دشت تبریز. در مجموعه مقالات سی امین گردهمایی علوم زمین، تهران، ۱-۳ اسفندماه ۱۳۹۰، ۸ ص.
- نوذری، ح. و زالی، ع. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت برداشت از آب زیرزمینی آبخوان دشت همدان - بهار. نشریه دانش آب و خاک، ۲۳(۴): ۲۷۷-۲۹۰.
- نوری، س.ه. ۱۳۹۱. سنجش پایداری کشاورزی با تأکید بر منابع آب و خاک (نمونه ی موردی: شهرستان رضوانشهر). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا دانشگاه اصفهان.
- ولایتی، س. ۱۳۷۴. جغرافیای آبها و مدیریت منابع آب. انتشارات خراسان، ۳۵۸ ص.
- Abbas Nejad, A. and Shahidasht, W. 2013. Investigate the susceptibility of Sirjan plain due to excessive withdrawals from the aquifer area. *Geography and Urban Planning Regional*, 2013:85-96.
- Acharya, A., Piechota, T.C. and Tootle, G. 2011. Quantitative assessment of climate change on the hydrology of the North Platte River Watershed, Wyoming. *J. Hydrol. Eng.* 17(10): 1071-1083.
- Alcalá, F.J., Martínez-Valderrama, J., Robles-Marín, P., Guerrero, F., Martín-Martín, M., Raffaelli, G. and Asebriy, L. 2015. A hydrological-economic model for sustainable groundwater use in sparse-data drylands: Application to the Amtoudi Oasis in southern Morocco, northern Sahara. *Science of The Total Environment*, 537: 309-322.
- Almaraz, S.D., Marianne, B., Catherine, A.P., Ludovic, M. and Domenech, S. 2015. Design of a multi-contaminant water allocation network using multi-objective optimization. *Computer Aided Chemical Engineering*, 37: 911-916.
- Ambast, S.K., Tyagi, N.K. and Raul, S.K. 2006. Management of decing groundwater in the Trans Indo-Gangetic plain (India): Some options. *Agricultural Water Management*, 82: 279-296.
- Anuraga, T.S., Ruiz, L., Mohan Kumar, M.S., Sekhar, M. and Leijnse, T.A. 2006. Estimating groundwater recharge using land use and soil data: a case study in south India. *Agricultural Water Management*, 84 (1-2): 65-76.
- Ashofteh, P., Bozorg Haddad O. and Mariño M.A. 2013. Climate change impact on reservoir performance indexes in agricultural water supply. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 139(2): 85-97.

Ashofteh, P., Bozorg-Haddad, O. and Mariño, M. 2016. Performance evaluation of a developed hybrid AOGCM model under climate change. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001107 , 04016068.

Ashofteh, P., Bozorg-Haddad, O., Loáiciga, H., and Mariño, M. 2016(1). Evaluation of the impacts of climate variability and human activity on streamflow at the basin scale. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0001038, 04016028.

Bartoi, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M., and Viaggi, D. 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute ear programming models. *Agricultural Systems*. 93(1-3): 90-114.

Bozorg Haddad, O. and Marino, M.A. 2010. Optimum operation of wells in coastal aquifers. *Proceedings of the ICE - Water Management*, 164(3):135 –146

Bozorg-Haddad, O., Malmier, M., Mohammad-Azari, S. and Loáiciga, H.A. 2016. Estimation of farmers' wilgness to pay for water in the agricultural sector. *Agricultural Water Management* , 177: 284-290.

Brown, L.J., Dravid, P.N., Hudson, N.A. and Taylor, C.B. 1999. Sustainable groundwater resources, Heretaunga plains, Hawke's bay, New Zealand. *Hydrogeology Journal*, 7: 440–453.

Chang, H. and Jung, I.W. 2010. Spatial and temporal changes in runoff caused by climate change in a complex large river basin in Oregon. *Journal of Hydrology*, 388(3–4): 186-207.

De Vries, J.J. and Simmers, I. 2002. Groundwater recharge: an overview of processes and challenges. *Hydrogeology Journal*, 10: 8–15.

Doblas-Reyes, F.J., Hagedorn, R. and Palmer, T.N. 2006. Developments in dynamical seasonal forecasting relevant to agricultural management. *Clim Res*, 33:2-19.

Dong, Y., Li, G. and Xu, H. 2012. An areal recharge and discharge simulating method for MODFLOW. *Computers & Geosciences*, 42: 203–205.

Ekrami, M., Sharify, Z., Maleki Nejad, H. and Ekhtesasy, M. 2011. Changes in the quality and quantity of groundwater resources Yazd –Ardekan. *Journal of School Health*, 1(2-3): 92-82.

Ekström, M., Hingray, B. Mezghani, A. and Jones, P.D. 2005. Regional climate model data used within the SWURVE project 2: addressing uncertainty in regional climate model data for five European case study areas. *Hydrol. Earth Sys. Sci.* 11: 1085-1096.

Fallah-Mehdipour, E., Bozorg Haddad, O. and Marino, M.A. 2013. Prediction and simulation of monthly groundwater levels by genetic programming. *Journal of Hydro-Environment Research*, 7: 253-260.

Farzaneh, M. R., Eslamian, S.S., Samadi, Z. and Akbarpour, A. 2012. An appropriate general circulation model (GCM) to investigate climate change impact. *International Journal of Hydrology Science and Technology*, 2(1): 34-47.

Fowler, H.J., Blenkinsop, S. and Tebaldi, C. 2007. king climate change modelg to impacts studies: recent advances in downscag techniques for hydrological modelg. *International Journal of Climatology*, 27(12): 1547-1578.

Gau, H.S. and Liu, C.W. 2002. Estimation of the optimum yield in Yun- area of Taiwan using loss function analysis. *Journal of Hydrology*, 263: 177–187.

Gohari, A.R., Eslamian,S., Abedi-Koupaei, J., Massah Bavani, A.R.,Wang, D. and Madani, K. 2013. Climate change impacts on crop production in Iran's Zayandeh-Rud river rasin. *Science of The Total Environment*, 442:405-419.

Gongn, J. and , H. 2000. Sustainable development for agricultural region in China: case studies. *Forest Ecology and Management*, 128: 27-38.

Hamlet, A.F. and Lettenmaier, D.P. 2007. Effects of 20th century warming and climate variability on flood risk in western V.S. *Water Resources Research*, 43(6): Wo6427.

Hassan-Esfahani, L., Torres-Ruaand, A. McKee, M. 2015. Assessment of optimal irrigation water allocation for pressurized irrigation system using water balance approach, learning machines, and remotely sensed data. *Agricultural Water Management*, 153: 42-50.

Hiscock, K. 2006. Hydrogeology principles and Practice. Black Well Publication Co., Oxford, pp: 389.

Holman, I.P., Tascone, D. and Hess, T.M. 2009. A comparison of stochastic and deterministic downscag methods for modeg potential groundwater recharge under climate change in East Anglia, UK: Implications for groundwater resource management. *Hydrogeology Journal*, 17: 1629- 1641.

Hoogenboom, G. Jones, J.W., Porter, C.H., Wilkens, P.W., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A. and Tsuji, G.Y. 2003. Decision support system for agrotechnology transfer Version 4.0. Volume 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI.

Huang, J.Q., Christ, J.A. and Goltz, M.N. 2008. An assembly model for simulation of large-scale ground water flow and transport. *Ground Water*, 46: 882-892.

IPCC. 2001. Climate Change, The scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, U.K. 881P.

IPCC. 2007. The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change (Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds. 996 p.

IPCC. 2008. Climate change and water. Cambridge University Press.

Jain, A. and Indurthy, S. 2003. Comparative analysis of event based rainfall-runoff modeg technique-deterministic, statistical and artificial neural networks. *Journal of Hydrologic Engineering*, 8(2) 459-471.

Jamshidzadeh, Z. and Mirbagheri, S.A. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. *Desaation*, 270: 23-30.

Jung, I.W. and Chang, H. 2011. Assessment of future runoff trends under multiple climate change scenarios in the Willamette river basin, Oregon, USA. *Hydrological Processes*, 25(2): 258-277.

Kalavathy, S. 2001. Operation research, Vikas Publisher House PVT LTD, 506 pp.

Karant, K.R., 1994. Hydrogeology. Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., New Delhi, India, pp: 458.

Khare, D. and Jat, M.K. 2006. Assessment of conjunctive use of planning options, a case study of sapon irrigation command area of Indonesia. *Journal of Hydrology*, 328 (3-4): 764-777.

Korfmacher, K.S. 2000. Farmland preservation and sustainable agriculture: Grassroots and policy connections. *American Journal of Alternative Agriculture*, 5(1):37-43.

Lachall, F., Mlayah, A., Bedir, M., Tarhouni, J. and Leduc, C. 2012. Cimplimentation of a 3-D groundwater flow model in a semi-arid region using



MODFLOW and GIS tools: the Ze`Ramdine–Be`Ni Hassen Miocene aquifer system (east-central Tunisia). *Computers & Geosciences*, 48: 187–198.

Lin, J.Y., Cheng, C.T. and Chau, K.W. 2006. Using support vector machines for long-term discharge prediction. *Hydrol. Sci. J.* 51: 599-612.

Lorena, L., Leonardo, V. Enrique, R. and Goffredi, L. 2010. Basin-scale water resources assessment in Oklahoma under systematic climate change scenarios using a fully distributed hydrologic model. *J. Hydrol. Eng.*, 15: 107-118.

Louhichi, K., Blanco Fonseca, M., Flichman, G., Janssen, S.J.C. and Hengsdijk, H. 2005. A generic template for FSSIM. SEAMLESS Report No. 4, SEAMLESS Integrated Project, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 39 pp.

Lynam, J.K. 1994. Sustainable growth in agricultural production: the ks between production, resources, and research. in: Opportunities, use and transfer of systems research methods in agriculture to developing countries. In: zoldsworthy, P., PenninggDeveries, F. (Eds). (PP: 3 - 27.) Kluwer Academic Publishers,. The Netherlands.

Mahdi-Moradi, J., Bozorg Haddad, O., Karney, M.A. and Marino, B.W. 2007. Reservoir operation in assigning optimal multi-crop irrigation areas area. *Agricultural Water Management*, 90: 149-159.

Manghi, F., Williams, D., Safely, J. and Hamdi, M.R. 2011. Groundwater flow modeg of the Arqton basin to evaluate management strategies for expansion of the Arqton Desalter water production. *Water Resources Management*, 26: 21–41.

Mc Donald, N. and Harbaugh, A. 1998. A modular 3D finite difference ground water flow model: USGS.

Meddi, M. and Boucefiane, A. 2013. Climate change impact on groundwater in Cheliff-Zahrez basin (Algeria). *APCBEE Procedia*, 5: 446-450.

Moa, J.L., Arostegui, J.L.G., Benavente, J., Varela, C., Hera, A. and Geta, J.A.L. 2009. Aquifers overexploitation in SE Spain: a proposal for the integrated analysis for water management. *Water Resources Management*, 23(13): 2737-2760.

Moa, J.L., Bromley, J., Grcia-Arostegui, J.L., Sullivan, C. and Benavete, J. 2010. Integrated water resources management of overexploited hydrological system using objected-oriented bayesian networks. *Environmental Modeg & Software*, 25(4): 383-397.

Moosavi, V., Vafakhah, M., Shirmohammadi, B. and Ranjbar, M. 2014. Optimization of wavelet-ANFIS and wavelet-ANN hybrid models by Taguchi method for groundwater level forecasting. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39 (3): 1785-1796.

Muttiah, R.S. and Wurbs, R.A. 2002. Modeg the impact of climate change on water supply reliabilities. *Water International*, 27(3): 407-419

Nakicenovic, N. and Swart, R. 2000. Emissions scenarios special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge.

Ngongondo, C., Xu, Ch.Y. Tallaksen, L.M. and Alemaw, B. 2015. Observed and simulated changes in the water balance components over Malawi, during 1971–2000. *Quaternary International*, 369:7-16.

Nunes, J.P., Sexias, J., Keizer, J.J. and Ferreira, A.J.D. 2009. Sensitivity of runoff and soil erosion to climate change in two Mediterranean watersheds. Part II: Assessing impacts from changes in storm rainfall, soil moisture and vegetation cover. *Hydrological Processes*, 23(8): 1212-1220.

Nikkami, D. 1999. Optimizing the management of soil erosion using GIS, Ph.D dissertation. Concordia University, 108 pp.

Paliwal, B.S. 2008. Global ground water and management, 33rd international geological congress, General symposium: Hydrology, Oslo (Norway). Scientific publishers (India), Jodhpur 227-249.

Palmer, T.N., Doblas-Reyes, F.J., Hagedorn, R. and Weisheimer, A. 2005. Probabilistic prediction of climate using multimodel ensembles: from basics to applications. *Philos Trans R Soc B*, 360:1991–1998.

Panda, D.K., Mishra, A., Jena, S.K. and Kumar, A. 2007. The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology*, 343(3):140-153.

Pinder, G.F. 2002. Groundwater modeling using geographical information systems. John Wiley and Sons Inc, New York, 1<sup>st</sup> Edition, 636pp.

Pisinaras, V., Petalas, C., Tsihrintzis, V. A. and Zagana, E. 2007. A groundwater flow model for water resources management in the Ismarida plain. North Greece, *Environmental Modeling and Assessment*, 12: 75-89.

Riedel, C. 2003. Optimizing land use planning for mountainous regions using LP and GIS towards sustainability. *Journal of Soil Conservation*, 34(1): 121-124.

Roobahani, R., Schreider, S. and Abbasi, B. 2015. Optimal water allocation through a multi-objective compromise between environmental, social, and economic preferences. *Environmental Modeling & Software*, 64: 18–30.

Rosenzweig, C. Strzepek, K.M., Major, D.C., Iglesias, A., Yates, D.N., McCluskey, A., and Hillel, D. 2004. Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies. *Global Environmental Change*, 14: 345–360.

Rossing WAH, Zander P, Josien E, Groot JCJ, Meyer BC and Knierim A (2007) Integrative modeling approaches for analysis of impact of multifunctional agriculture: A review for France, Germany and The Netherlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 120(1): 41-57.

Rounsvell, M.D.A., Annetts J.E., Audsley E., Mayr T. and Reginster I. 2003. Modeling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agricultural Ecosystems and Environment*, 95: 465-479.

Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh. And Nikkami, D. 2009. Land use optimization in watershed scale. *Land Use Policy*, 26: 186-193.

Sarwar, A. and Eggers, H. 2006. Development of conjunctive use model to evaluate alternative management options for surface and groundwater resources. *Hydrogeology Journal*, 14: 1676-1687.

Scanlon, B.R., Healy, R.W. and Cook, P.G. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10(1): 18–39.

Scanlon, B.R., Keese, K.E., Ft, A.L., Ft, L.E., Gaye, C.B., Edmunds, W.M. and Simmers, I. 2006. Global Synthesis of groundwater recharge in semiarid and arid regions. *Hydrological Processes*, 20 (15): 3335–3370.

Schönhart, M., Schauppenlehner, T., Kuttner, M., Kirchner, M. and Schmid, E. 2016. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment: Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria. *Agricultural Systems*, 145:39–50.

Sedki, A. and Ouazar D. 2011. Swarm intelligence for groundwater management optimization. *Journal of Hydroinformatics*, 13: 520–532.

Sefelnasr, A., Gossel, W. and Wycisk, P. 2015. Groundwater management options in an arid environment: The Nubian Sandstone Aquifer System, Eastern Sahara. *Journal of Arid Environments*, 122: 46-58.

Sen, Z. 2008. Wadi hydrology. 1<sup>st</sup> Edition: CRC Press, 347pp.

Sharp, J.M. 1998. Sustainable groundwater supplies—an evolving issue: examples from major carbonate aquifers of Texas, USA. *In Proceedings of the International Groundwater Conference, Melbourne, 8-13 February 1998*: pp1–12.

Shrestha, S., Bach, T.V. and Pandey, V.P. 2016. Climate change impacts on groundwater resources in Mekong Delta under representative concentration pathways (RCPs) scenarios. *Environmental Science & Policy*, 61:1–13

Singh, A.K. and Singh J. P. 1999. Production and benefit maximization through optimal crop planning- a case study of Mahi Command. *Indian Journal of Soil Conservation*, 27(2):152-157.

Solomon, S. Qin, D., Manning, M., Marquis, M. 2007. Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Sophocleous, M A, 1991. Combining the soil water balance and water-level fluctuation methods to estimate natural ground water recharge: practical aspects. *Journal of Hydrology*, 124: 229-241.

Sophocleous, M., 2005. Groundwater recharge and sustainability in the high plains aquifer in Kansas, USA. *Hydrogeology Journal*, 13: 351–365.

Sullivan, C. 2002. Calculating a water poverty index. *World Development*, 30(7): 1195-1210.

Taheri Tizro, A., Voudouris, K.S. and Eini, M. 2007. Groundwater balance, safe yield and recharge feasibility in a semi-arid environment: a case study from western part of Iran. *Journal of Applied Sciences*, 7: 2967-2976.

Timothy, R. G., Taniguchi, M., Kooi, H., Gurdak, J.J., Allen, D.M., Hiscock, K.M., Holger, T. and Alice A., 2011. Beneath the surface of global change: impacts of climate change on groundwater. *Journal of Hydrology*, 405: 532–560.

Todd, D. K. and Mays, L.W. 2005. Groundwater hydrology: 3rd Edition, John Wiley and Sons Inc, New York, 636 pp.

Tu, Y-Ch., Ting, Ch-Sh., Tsai, H-T., Chen, J-W. and Lee, Ch-W. 2011. Dynamic analysis of the infiltration rate of artificial recharge of groundwater: a case study of Wanglong Lake, Pingtung, Taiwan. *Environmental Earth Science*, 63: 77-85.

UN/WWAP (United Nations/World Water Assessment Program). 2003. UN world water development report: Water for people water for life. UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) and Berghahn Books, Paris, New York and Oxford.

Vafakhah, M. and Mohseni Saravi, M. 2011. Optimizing Management of Soil Erosion in Orazan Sub-basin, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 13: 717-726.

Vedula, S., Mujumdar, P.P. and Sekhar, G.C. 2004. Conjunctive use mode for multicrop irrigation. *Journal of Agricultural Water Management*, 73: 193-221.

Voudouris, K., Diamantopoulou, P., Giannatos, G. and Zannis, P. 2006. Groundwater recharge via deep boreholes in the Patras Industrial Area aquifer system (NW Peloponnesus, Greece). *Bull. Eng. Geol. Environ.*, 65: 297-308.

Waibel, M.S., Gannett, M.W., Chang, H. and Hulbe, C.L., 2013. Spatial variability of the response to climate change in regional groundwater systems – examples from simulations in the Deschutes basin, Oregon. *Journal of Hydrology*, 486: 187–201.

Wang, S., Shao, J., Song, X., Zhang, Y., Huo, Z. and Zhou, X. 2008. Application of MODFLOW and geographical information system to groundwater flow simulation in North plain, China. *Environment Geology*, 55: 1449-1462.

Xu, X., Huang, G., Zhan, H., Qu, Zh. And Huang, Q. 2012. An integration of SWAP and MODFLOW-2000 for modeg groundwater dynamics in shallow water table areas. *Journal of Hydrology*, 412-413: 170–181.

Yu, P.S., Yang, T.C. and Wu, C.K. 2002. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. *J. Hydrol.* 260: 161-175.

Zareian, M.J., Eslamian, S. and Safavi, H.R. 2015. A modified regionalization weighting approach for climate change impact assessment at watershed scale. *Theoretical and Applied Climatology*, 122(3):497-516.

Zhange, J.Y., . Wang, G.Q., He, R.M. and Liu, C.S. 2009. Variation trends of runoffs in the Middle Yellow River Basin and its response to climate change. *Advanced Water Science.* 20: 153-158.

Archive of SID

## پیوست ها

Archive of SID

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

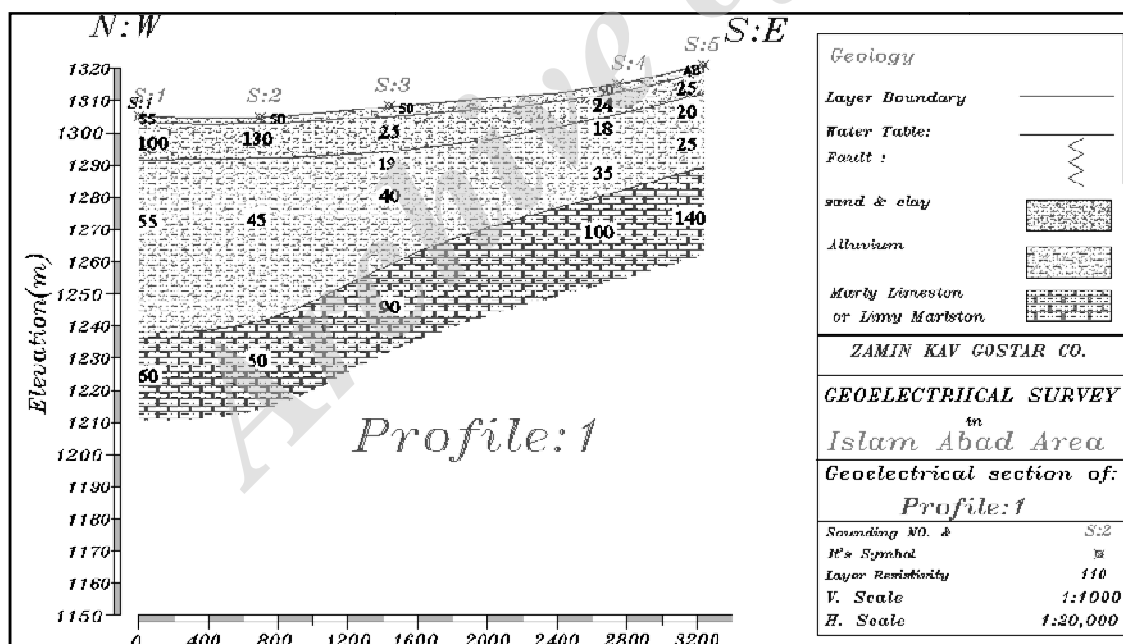
### پ-۱ ژئوالکتربیک

آبرفت‌های حاصل از فرسایش تشکیلات مشرف دشت اسلام‌آباد غالباً ریزدانه بوده و از مقاومت ویژه پایین برخوردارند و همانطور که انتظار می‌رود بیشترین ضخامت آنها در بخش میانی دشت می‌باشد. برای بررسی ویژگی‌های سفره آب زیرزمینی دشت مذکور ۱۵۷ سونداژ الکتربیکی، با آرایه الکترودی شلوم برگر برداشت گردید. شکل پ-۱ نمونه‌ای از پروفیل‌های برداشت مقاومت ظاهری را نشان می‌دهد که پس از این مرحله نقشه‌های هم‌مقاومت ظاهری در مناطق مختلف دشت ترسیم گردید (شکل‌های پ-۲ تا پ-۷).

پ-۱-۱ نقشه‌های هم‌مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳/۲، ۲۹/۴، ۶۳/۲، ۱۳۶، ۲۹۴ و ۶۳۲ متری

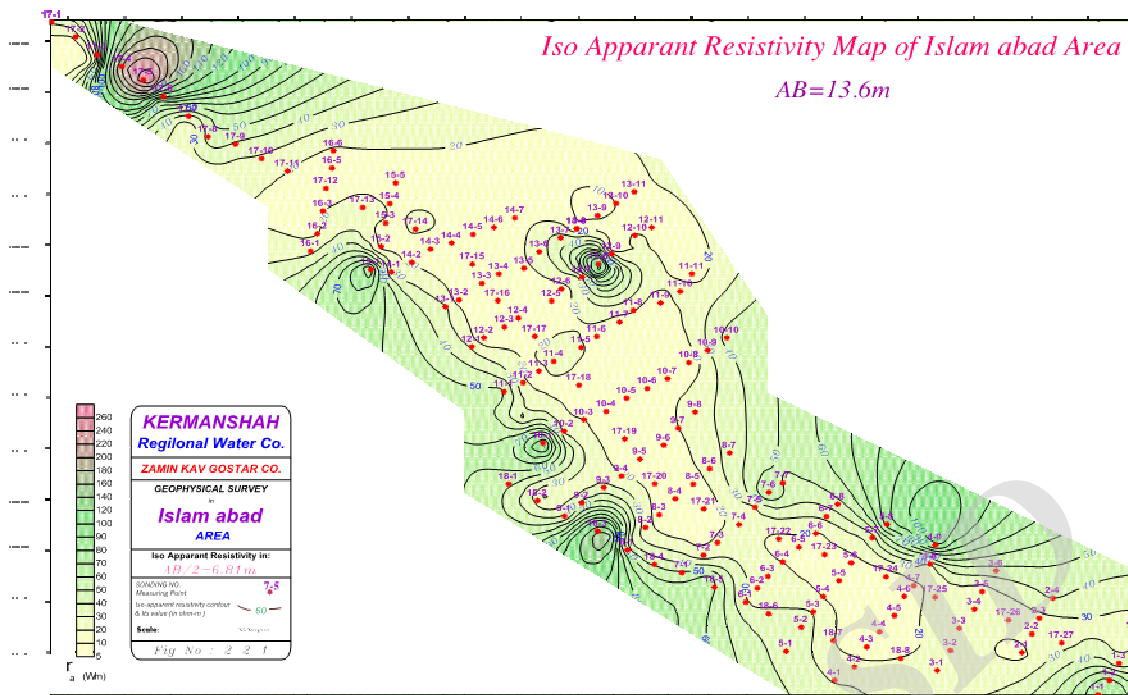
### الکترودهای فرسندده جریان

این نقشه‌ها به ترتیب مقدار میانگین مقاومت ویژه الکتربیکی لایه‌های زمین را از سطح تا عمق حدود ۳/۴، ۷/۳، ۱۵/۸، ۳۴، ۷۳ و ۱۵۸ متری در دشت مورد مطالعه، نشان می‌دهند. با توجه به منحنی‌های میزان هم‌مقاومت ظاهری در محدوده میانی دشت، در بیشتر نقاط مقادیر مقاومت ظاهری کمتر از ۲۰ اهم‌متر است.

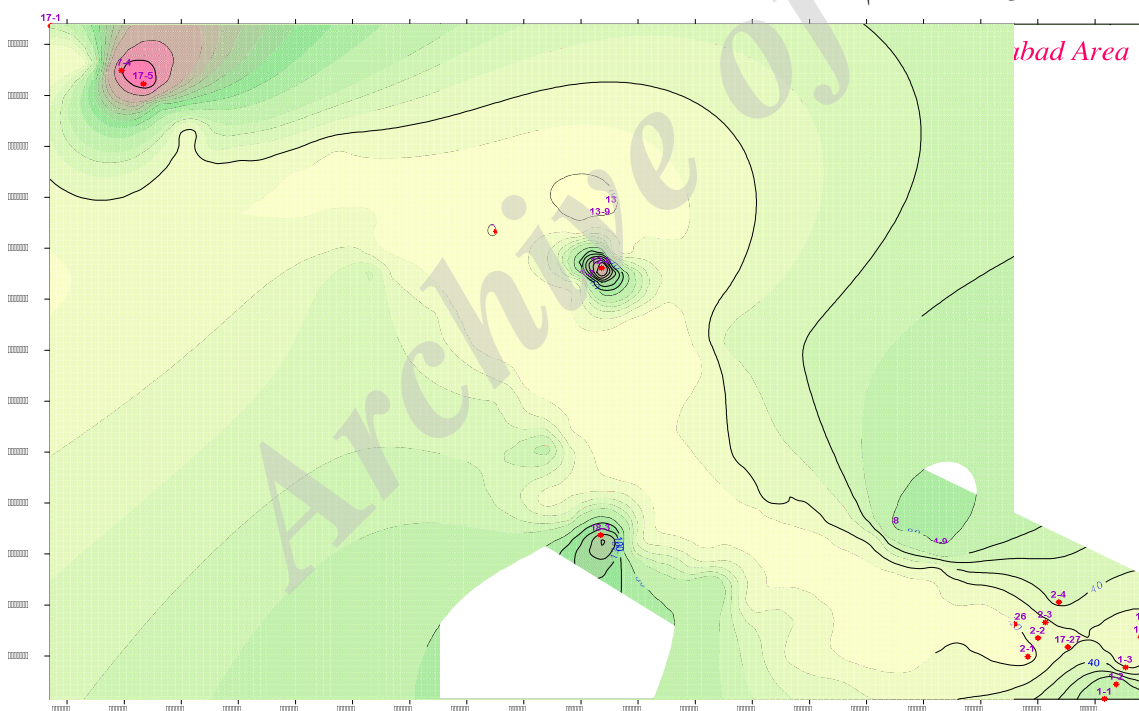


شکل پ-۱ نمونه موردی مقاومت ظاهری در پروفیل‌های ۱۸ گانه برداشت شده در دشت اسلام‌آباد

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

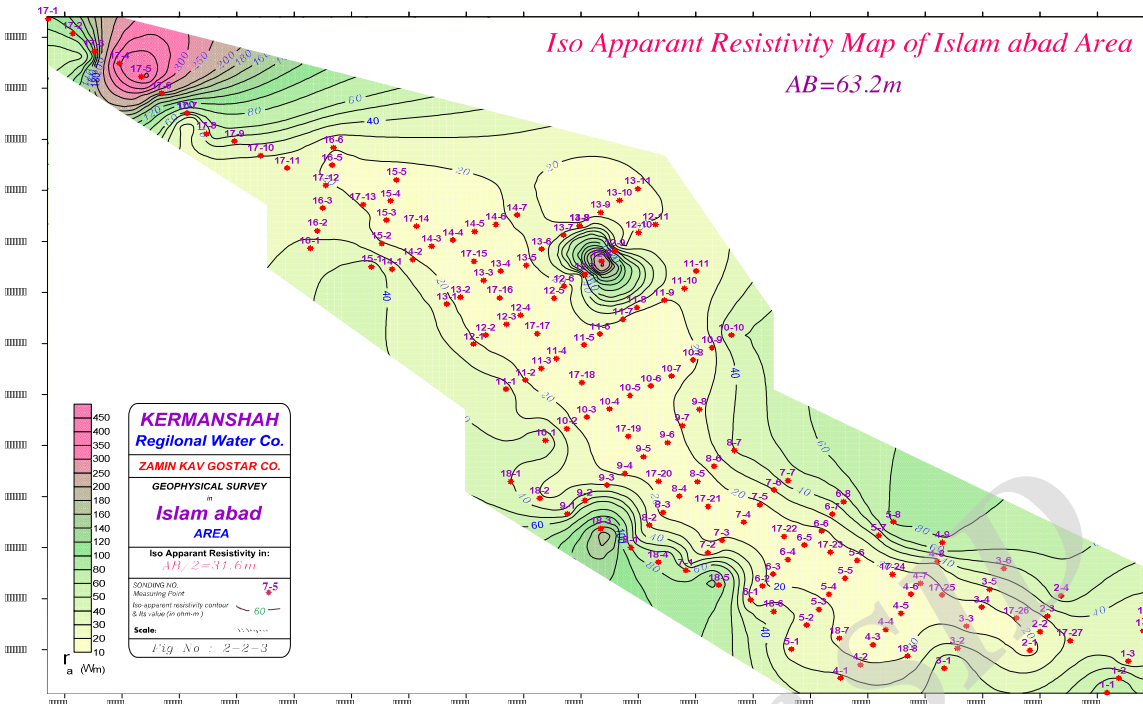


شکل پ-۲ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳/۲ متری الکترودهای فرستنده جریان

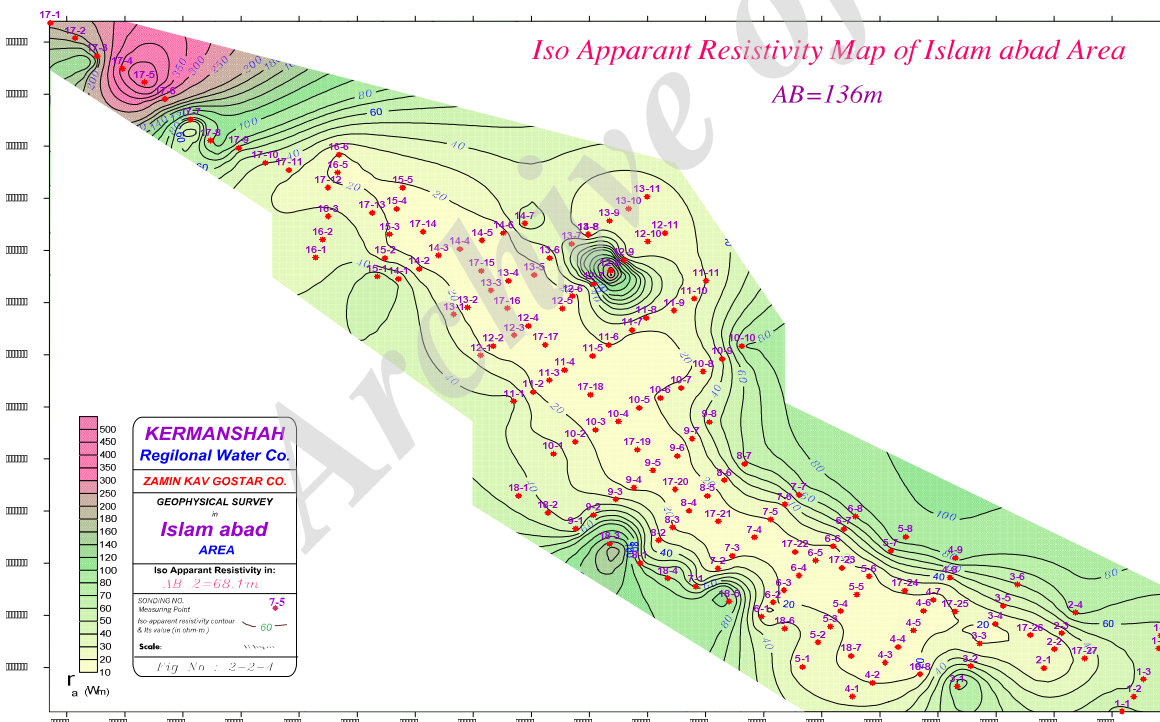


شکل پ-۳ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۲۹/۴ متری الکترودهای فرستنده جریان

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



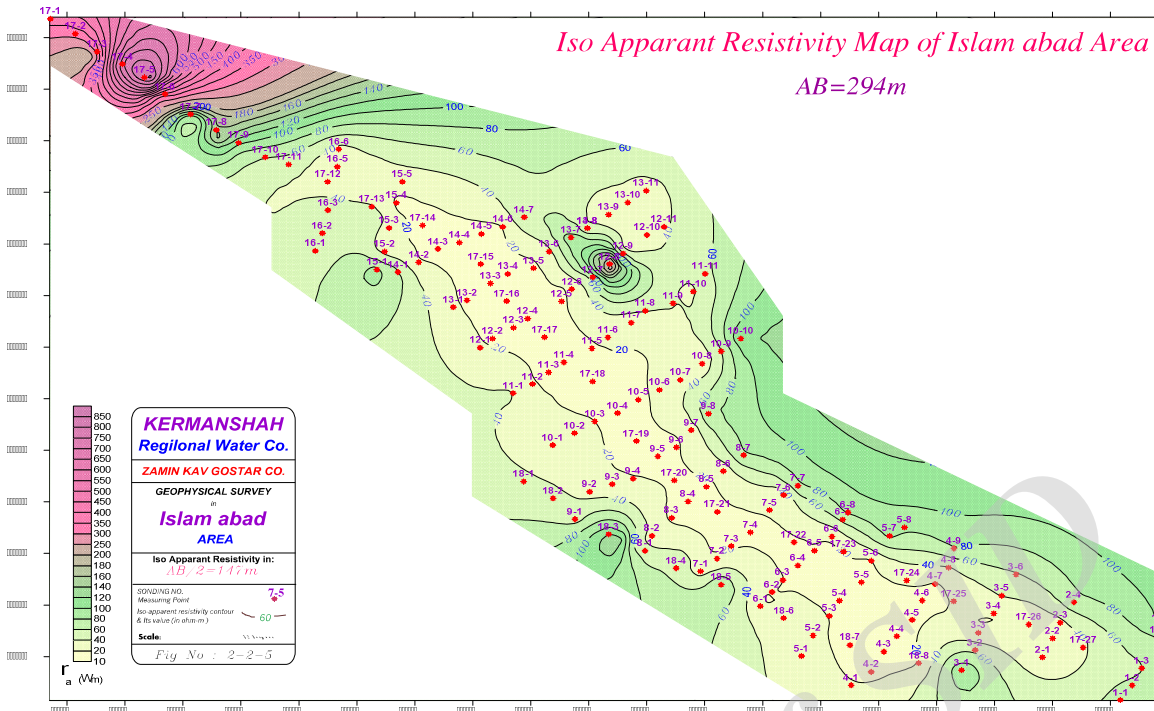
شکل پ-۴ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۶۳/۲ متری الکترودهای فرستنده جریان



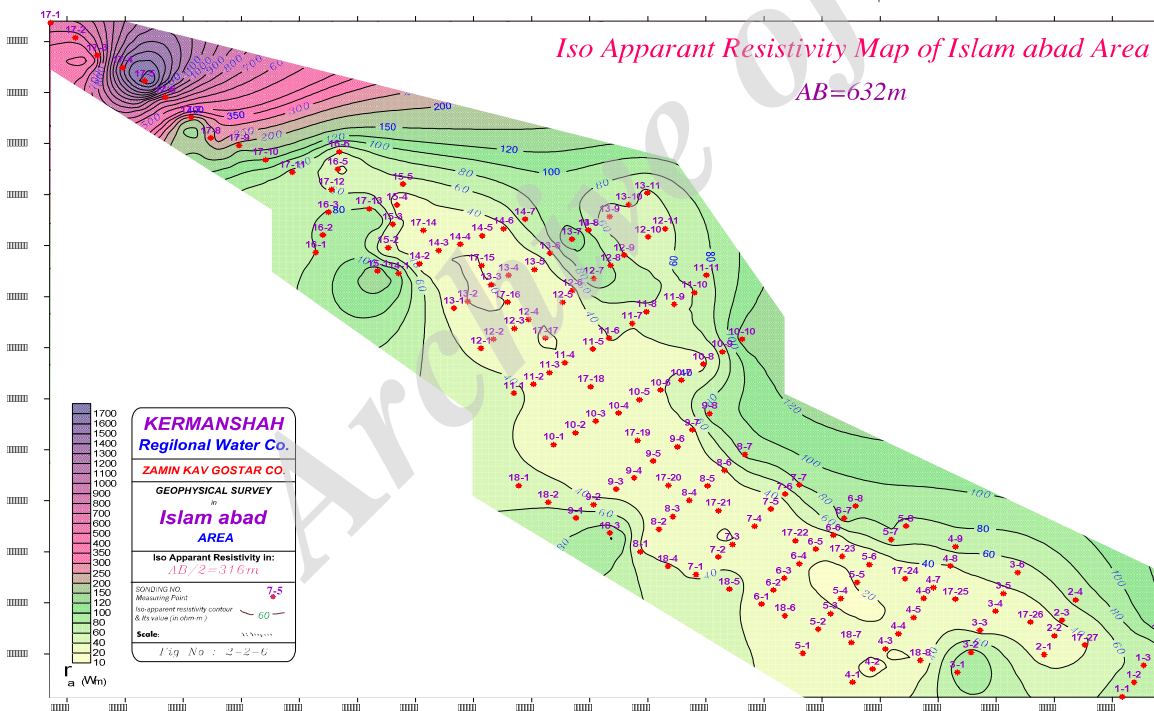
شکل پ-۵ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۱۳۶ متری الکترودهای فرستنده جریان



بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل پ-۶ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۲۹۴ متری الکترودهای فرستنده جریان



شکل پ-۷ نقشه هم مقاومت ظاهری متناظر با فاصله ۶۳۲ متری الکترودهای فرستنده جریان

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

```

LINGO 11.0 - LINGO Model - LINGO1
File Edit LINGO Window Help
max=3.821*X1+7.67*X2+3.439*X3+8.1*X4+1.698*X5+2.196*X6+4.72*X7+1.24*X8 +6.14*X9+7.4*X10 +0.726*X11+0.072*X12+1.71*X13+1.09*X14;
3.31*X1+10.050*X2+7.17*X3+7.42*X4+3.86*X5+9.89*X6+7.87*X7+4.505*X8+7.86*X9+ 6.783*X10<=25380;
X1=X2+X3+X4+X5+X8+X9;
X10>=21.8;
X10<=32.7;
X7>=6;
X7<=12;
X6>=68.5;
X6<=102.8;
X11+X12=X13+X14;
X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11+X12+X13+X14<=18848;

```

شکل پ-۸ نمونه ای از حل مسئله بهینه سازی در دشت اسلام آباد

LINGO 11.0 - [Solution Report - LINGO1]

Global optimal solution found.  
Objective value: 44845.52  
Infeasibilities: 0.000000  
Total solver iterations: 2

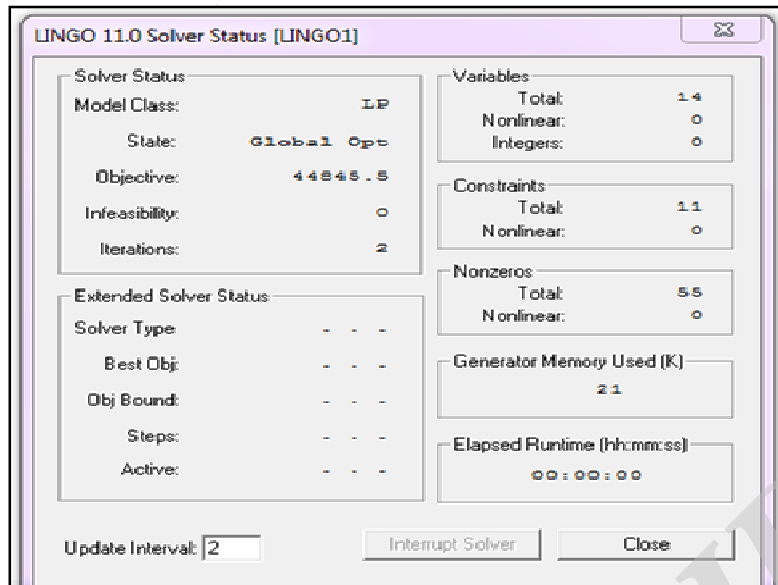
Variable	Value	Reduced Cost
X1	2277.121	0.000000
X2	0.000000	2.754842
X3	0.000000	4.440007
X4	2277.121	0.000000
X5	0.000000	3.255066
X6	68.50000	0.000000
X7	6.000000	0.000000
X8	0.000000	4.283227
X9	0.000000	2.348947
X10	32.70000	0.000000
X11	7093.279	0.000000
X12	0.000000	0.6540000
X13	7093.279	0.000000
X14	0.000000	0.6200000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	44845.52	1.000000
2	0.000000	0.8839702
3	0.000000	-0.3229413
4	10.90000	0.000000
5	0.000000	0.1860303
6	0.000000	-3.454845
7	6.000000	0.000000
8	0.000000	-7.764465
9	34.30000	0.000000
10	0.000000	-0.4920000
11	0.000000	1.218000

شکل پ-۹ نمونه حل شده از مسئله بهینه سازی در دشت اسلام آباد

بهینه سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم



شکل پ-۱۰ برخی از خصوصیات مسئله بهینه سازی حل شده دشت اسلام آباد

جدول پ-۱ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی AIB

دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec
بارش	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	-۰/۲	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴
	۶۹/۷	۵۷/۹	۶۸/۸	۵۰	۲۴/۲	-۰/۸	۱/۷	۰/۵	۵	۳۱/۴	۶۵/۳	۶۴/۶
	-۰/۷	-۸/۹	۰/۳	-۷/۲	۲/۳	-۰/۲	۰/۷	۰/۳	۲/۷	۴/۷	-۷/۵	۴/۲
	-۰/۹	-۱۳/۳	۰/۴	-۱۲/۶	۱۰/۷	-۲۰/۶	۷۷/۷	۱۴۲/۹	۱۱۵/۱	۱۷/۴	-۱۰/۳	۷
دمای کمینه	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۰/۱	۶/۱	۱/۴	-۲/۴
	-۴/۹	-۳/۲	۰/۳	۴/۵	۸/۲	۱۱/۹	۱۶/۱	۱۵/۳	۱۰/۹	۶/۷	۱/۸	-۲/۱
	-۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۵۶	۰/۱	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۶۸	۰/۳۲	۰/۷۱	۰/۶۳	۰/۴	۰/۳۲
	۰/۸	-۴/۴	-۱۸۰/۶	۲/۳	۵/۶	۳/۷	۴/۴	۲/۱	۷	۱۰/۴	۲۹/۶	-۱۳/۴
دمای بیشینه	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۲	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶
	۷	۹/۹	۱۵/۱	۲۰/۴	۲۶/۵	۳۲/۹	۳۶/۸	۳۷	۳۲/۴	۲۵/۸	۱۶/۶	۱۰/۴
	-۰/۶	۰/۰۲	۰/۲	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۱	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۴	۰/۴۷	-۰/۳۷
	-۷/۹	۰/۲	۱/۳	۱/۸	۱/۸	۰/۳	۰/۸	۱	۱/۵	۱/۶	۲/۹	-۲/۵
ساعات آفتابی	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۰/۸	۷/۸	۵/۴	۴/۲
	۴/۶	۵/۹	۸/۱	۹/۵	۱۲/۲	۱۳/۹	۱۳/۶	۱۲/۴	۱۰/۶	۷/۸	۵/۹	۴/۵
	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۸	-۰/۲۶	۰/۱۶	-۰/۱۹	-۰/۱۵	-۰/۳۴	-۰/۱۵	-۰/۱	۰/۵۱	۰/۲۲
	۱/۳	۰/۶	۱/۱	-۱/۳	۰/۷	-۰/۷	-۰/۵	-۱/۳	-۰/۷	۰/۱	۴/۷	۲/۶

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول پ-۲- اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی A2 دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	
بارش	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۶۸/۷	۶۲/۱	۶۹/۱	۵۷/۷	۲۲/۱	۰/۸	۱/۹	۵/۵	۳۶/۱	۷۱/۸	۶۱/۹	
	تغییرات ماهانه	-۱/۶۹	-۴/۷۱	۰/۵۹	۰/۵۶	۰/۲۴	-۰/۲	۰/۹۹	۳/۱۶	۹/۲۱	-۱/۰۱	۱/۵	
	درصد تغییرات ماهانه	-۲/۴	-۷	۰/۹	۱	۱/۱	-۱۹/۶	۱۰۵/۳	۱۳۶/۲	۳۴/۸	-۱/۴	۲/۵	
دمای کمینه	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵	۱۵/۵	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	-۴/۵	-۲/۶	۰/۵	۴/۹	۸/۶	۱۲/۳	۱۶/۵	۱۵/۶	۱۰/۹	۶/۸	-۱/۹	
	تغییرات ماهانه	۰/۳۲	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۴۹	۰/۷۵	۰/۷۹	۱/۰۵	۰/۵۸	۰/۷۹	۰/۷۳	۰/۵۲	
	درصد تغییرات ماهانه	-۶/۶	-۲۲/۴	-۲۷۴/۲	۱۱/۱	۹/۶	۶/۹	۶/۸	۳/۹	۷/۸	۱۲	-۲۱/۸	
دمای بیشینه	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۲/۶	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۷/۴	۱۰/۴	۱۵/۳	۲۰/۴	۲۶/۹	۳۳/۴	۳۷/۳	۳۷/۲	۳۲/۶	۱۷	۱۰/۸	
	تغییرات ماهانه	-۰/۱۸	۰/۵	۰/۴۹	۰/۳	۰/۸۴	۰/۵۸	۰/۸۱	۰/۵۷	۰/۶۱	۰/۹۱	۰/۱۵	
	درصد تغییرات ماهانه	-۲/۴	۵/۱	۳/۳	۱/۵	۲/۲	۱/۸	۲/۲	۱/۶	۱/۹	۵/۷	۱/۴	
ساعات آفتابی	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۲/۸	۱۲/۸	۷/۸	۵/۴	۴/۲	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۴/۶	۶	۸/۱	۹/۶	۱۲/۵	۱۴/۲	۱۳/۷	۱۲/۵	۱۰/۵	۷/۶	۴/۴	
	تغییرات ماهانه	۰/۱۶	۰/۱	۰/۱۴	-۰/۱۹	۰/۴۱	۰/۰۷	۰	-۰/۲۸	-۰/۲۵	-۰/۲۲	-۰/۱۶	
	درصد تغییرات ماهانه	۱/۸	۰/۹	۰/۹	-۱	۱/۷	۰/۲	۰	-۱/۱	-۱/۲	-۱/۴	۱/۹	

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

جدول پ-۳- اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام آباد (سناریوی B1 دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	
بارش	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۶۳/۴	۵۶/۸	۷۱	۵۰/۹	۲۵/۲	۱	۲/۱	۶	۳۵/۹	۶۶/۱	۵۹/۶	
	تغییرات ماهانه	-۶/۹۴	-۱۰/۰۸	۲/۵۱	-۶/۳۱	۳/۴	-۰/۰۶	۱/۱۸	۳/۷۲	۹/۱۳	-۶/۷۶	-۰/۸۷	
	درصد تغییرات ماهانه	-۹/۹	-۱۵/۱	۳/۷	-۱۱	۱۵/۶	-۵/۹	۱۲۵/۵	۱۶۰/۳	۳۴/۱	-۹/۳	-۱/۴	
دمای کمینه	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵	۱۵/۵	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	-۴/۸	-۳/۱	۰/۴	۴/۶	۸/۳	۱۲	۱۶/۲	۱۵/۳	۱۰/۸	۱/۷	-۲/۱	
	تغییرات ماهانه	-۰/۰۲	۰/۳۱	۰/۶۸	۰/۱۶	۰/۵	۰/۴۸	۰/۷۱	۰/۳۵	۰/۶۸	۰/۳۷	۰/۲۶	
	درصد تغییرات ماهانه	۰/۴	-۹/۲	-۲۱۹/۴	۳/۶	۶/۴	۴/۲	۴/۶	۶/۷	۹/۷	۲۷/۴	-۱۰/۹	
دمای بیشینه	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۲/۶	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۷/۲	۱۰/۱	۱۵/۲	۲۰/۵	۲۶/۶	۳۲/۹	۳۶/۹	۳۲/۳	۲۵/۶	۱۶/۴	۱۰/۴	
	تغییرات ماهانه	-۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۱۳	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۲۱	۰/۳۳	-۰/۲۵	
	درصد تغییرات ماهانه	-۵/۴	۲/۵	۲/۲	۲/۲	۲/۱	۰/۴	۰/۹	۱	۰/۸	۲	-۲/۴	
ساعات آفتابی	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۷/۸	۵/۴	۴/۲	
	Gen(۲۰۱۱-۲۰۳۰)	۴/۴	۵/۸	۷/۸	۹/۶	۱۲/۲	۱۴	۱۳/۷	۱۲/۵	۱۰/۵	۷/۷	۴/۳	
	تغییرات ماهانه	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۱۳	-۰/۲۲	۰/۱۲	-۰/۰۹	۰	-۰/۳	-۰/۳	-۰/۱۵	-۰/۰۳	
	درصد تغییرات ماهانه	-۰/۳	-۰/۶	-۰/۸	-۱/۱	۰/۵	-۰/۳	۰	-۱/۲	-۱/۴	-۱	۰/۴	

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول پ-۴ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی A1B)

دوره زمانی (۲۰۴۶-۲۰۶۵)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	بارش
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۰/۲	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	بارش
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۶۸/۲	۵۳/۵	۶۰/۳	۴۶/۵	۲۴/۶	۱/۴	۴	۰/۹	۴/۵	۳۱/۳	۷۰/۸	۶۶/۲	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	-۲/۱۶	-۱۳/۳۷	-۸/۲۴	-۱۰/۶۴	۲/۷۷	۰/۳۸	۳/۰۴	۰/۶۶	۲/۱۹	۴/۴۸	-۲/۰۱	۵/۷۵	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۳/۱	-۲۰	-۱۲	-۱۸/۱۶	۱۲/۷	۳۷/۳	۳۲۳/۴	۳۱۴/۳	۹۴/۴	۱۶/۷	-۲/۸	۹/۵	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۰/۱	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	دمای کمینه
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	-۴/۵	-۲/۷	۰/۹	۵/۳	۹	۱۲/۹	۱۷/۳	۱۶/۵	۱۱/۸	۷/۵	۲/۴	-۱/۶	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	۰/۳۵	۰/۶۵	۱/۲۱	۰/۸۵	۱/۲۴	۱/۳۸	۱/۸۴	۱/۵۳	۱/۷	۱/۳۹	۱	۰/۷۶	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۷/۳	-۱۹/۲	-۳۹۰/۳	۱۹/۳	۱۵/۹	۱۲	۱۱/۹	۱۰/۲	۱۶/۸	۲۲/۹	۷۴/۱	-۳۱/۹	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۲	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	دمای بیشینه
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۷/۴	۱۰/۵	۱۶	۲۱/۴	۲۷/۳	۳۳/۷	۳۷/۹	۳۸	۳۳/۳	۲۶/۴	۱۷/۱	۱۰/۸	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	-۰/۲۱	۰/۶۲	۱/۱۲	۱/۳۱	۱/۲۷	۰/۹۱	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۳۶	۱/۰۸	۱/۰۳	۰/۱۸	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۲/۸	۶/۳	۷/۵	۶/۵	۴/۹	۲/۸	۳/۶	۳/۹	۴/۳	۴/۳	۶/۴	۱/۷	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۲/۴	۱۰/۸	۵/۴	۴/۲	ساعات آفتابی
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۴/۵	۶/۱	۸/۴	۱۰	۱۲/۸	۱۴/۴	۱۳/۷	۱۲/۴	۱۲/۴	۱۰/۵	۷/۶	۴/۳	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	۰/۰۶	۰/۲	۰/۴۹	۰/۱۸	۰/۷۳	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۱۸	۰/۳۵	۰/۰۸	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	۰/۷	۱/۷	۳/۱	۰/۹	۳	۰/۹	۰/۱	-۱/۴	-۱/۳	-۱/۲	۳/۲	۰/۹	درصد تغییرات ماهانه

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

جدول پ-۵ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی A2 دوره

زمانی ۲۰۴۶-۲۰۶۵)

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	بارش
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۰/۲	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	بارش
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۶۷/۸	۵۷/۶	۶۸/۳	۴۸/۱	۲۳/۳	۰/۸	۱/۶	۰/۵	۶/۶	۴۲/۷	۷۶/۶	۶۵/۸	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	-۲/۶۲	-۹/۲۷	-۰/۲۵	-۹/۰۵	۱/۵۳	-۰/۲۳	۰/۶۱	۰/۲۸	۴/۲۸	۱۵/۸۹	۳/۷۷	۵/۳۷	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۳/۷	-۱۳/۹	-۰/۴	-۱۵/۸	۷	-۲۲/۵	۶۴/۹	۱۳۳/۳	۱۸۴/۵	۵۹/۳	۵/۲	۸/۹	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۰/۱	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	دمای کمینه
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	-۳/۶	-۱/۹	۱/۷	۶/۲	۱۰/۲	۱۴/۲	۱۸/۶	۱۷/۵	۱۲/۶	۸/۲	۳	-۰/۹	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	۱/۲۱	۱/۴۹	۲/۰۲	۱/۷۷	۲/۴۲	۲/۷۴	۳/۱۱	۲/۴۹	۲/۴۹	۲/۱۱	۱/۶۶	۱/۵۱	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۲۵/۱	-۴۴/۱	-۶۵/۱۶	۴۰/۱	۳۱	۲۳/۹	۲۰/۱	۱۶/۶	۲۴/۶	۳۴/۸	۱۲۳	-۶۳/۴	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۲	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	دمای بیشینه
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۸/۴	۱۱/۲	۱۶/۴	۲۱/۹	۲۸/۴	۳۵/۳	۳۹/۴	۳۹/۱	۳۴/۲	۲۷/۴	۱۸	۱۱/۷	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	۰/۷۵	۱/۳۳	۱/۵	۱/۸۵	۲/۳۵	۲/۴۶	۲/۸۴	۲/۵۲	۲/۲۹	۲	۱/۹۱	۱/۰۷	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	۹/۹	۱۳/۵	۱۰/۱	۹/۲	۹	۷/۵	۷/۸	۶/۹	۷/۲	۷/۹	۱۱/۹	۱۰/۱	درصد تغییرات ماهانه
Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۲/۴	۱۰/۸	۵/۴	۴/۲	ساعات آفتابی
Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)	۴/۴	۵/۹	۸	۹/۹	۱۲/۵	۱۴/۲	۱۳/۷	۱۲/۴	۱۲/۴	۱۰/۳	۷/۶	۴/۳	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
تغییرات ماهانه	-۰/۰۳	-۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۴۷	۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۴۵	-۰/۲۳	۰/۴۵	۰/۰۹	تغییرات ماهانه
درصد تغییرات ماهانه	-۰/۳	-۰/۲	۰/۳	۰/۴	۱/۹	۰/۳	-۰/۱	-۱/۶	-۲/۱	-۱/۵	۴/۲	۱/۱	درصد تغییرات ماهانه

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول پ-۶ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی B1)

دوره زمانی ۲۰۴۶-۲۰۶۵

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	
بارش	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۰/۲	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۶۲	۵۳/۴	۶۴/۴	۴۷/۴	۲۸/۹	۱/۲	۲/۳	۰/۸	۷/۵	۳۶/۷	۶۰	۵۷/۲	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
	-۸/۳۶	-۱۳/۳۹	-۴/۱	-۹/۷۶	۷/۱۳	۰/۲۲	۱/۳۲	۰/۵۷	۵/۲	۹/۹۱	-۱۲/۸۷	-۳/۳۶	تغییرات ماهانه
	-۱۱/۹	-۲۰	-۶	-۱۷/۱	۳۲/۷	۲۱/۶	۱۴۰/۴	۲۷۱/۴	۲۲۴/۱	۳۷	۱۷/۷	-۵/۴	درصد تغییرات ماهانه
دمای کمینه	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۰/۱	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	-۴/۵	-۲/۷	۰/۸	۵/۱	۸/۸	۱۲/۷	۱۷	۱۶/۲	۱۱/۷	۷/۵	۲/۳	-۱/۷	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
	۰/۳۳	۰/۶۹	۱/۱۵	۰/۶۶	۱/۰۳	۱/۱۷	۱/۵۴	۱/۱۸	۱/۵۷	۱/۴۴	۰/۹۶	۰/۶۶	تغییرات ماهانه
	-۶/۸	-۲۰/۴	-۳۷/۱	۱۵	۱۳/۲	۱۰/۲	۱۰	۷/۹	۱۵/۵	۲۳/۸	۷/۱	-۲۷/۷	درصد تغییرات ماهانه
دمای بیشینه	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۲/۲	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۷/۶	۱۰/۷	۱۵/۹	۲۱/۲	۲۷/۱	۳۲/۴	۳۷/۴	۳۷/۶	۳۳/۲	۲۶/۶	۱۷/۴	۱۱	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
	۰/۰۱	۰/۷۷	۱/۰۵	۱/۱۵	۱/۱۱	۰/۶۳	۰/۹	۱/۰۲	۱/۲	۱/۲۵	۱/۲۵	۰/۳۴	تغییرات ماهانه
	۰/۱	۷/۸	۷/۱	۵/۷	۴/۳	۱/۹	۲/۵	۲/۸	۳/۸	۴/۹	۷/۸	۳/۲	درصد تغییرات ماهانه
ساعات آفتابی	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۰/۸	۷/۸	۵/۴	۴/۲	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۴/۶	۶/۱	۸/۴	۱۰	۱۲/۹	۱۴/۵	۱۳/۷	۱۲/۴	۱۰/۴	۷/۶	۵/۷	۴/۴	Gen(۲۰۶۵-۲۰۴۶)
	۰/۱۱	۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۱۸	۰/۸۱	۰/۳۷	۰/۲	۰/۴	-۰/۳۷	-۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۱۳	تغییرات ماهانه
	۱/۲	۱/۹	۳	۰/۹	۳/۴	۱/۳	۰/۱	-۱/۶	-۱/۷	-۱/۷	۳/۲	۱/۵	درصد تغییرات ماهانه

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

جدول پ-۷ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی A1B)

دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹

ماه	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dec	
بارش	۷۰/۴	۶۶/۸	۶۸/۵	۵۷/۲	۲۱/۸	۱	۰/۹	۰/۲	۲/۳	۲۶/۸	۷۲/۸	۶۰/۴	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۵۶/۸	۴۴/۱	۳۵/۲	۳۶/۷	۱۷/۷	۱/۶	۰/۹	۰/۵	۳	۲۷/۶	۶۳/۱	۴۳/۲	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)
	-۱۳/۶۳	-۲۲/۷۸	-۳۳/۳۳	-۲۰/۴۶	-۴/۱۵	۰/۶۱	-۰/۰۳	۰/۲۹	۰/۷۲	۰/۸۲	-۹/۷۷	-۱۷/۲	تغییرات ماهانه
	-۱۹/۴	-۳۴/۱	-۴۸/۶	-۳۵/۸	-۱۹	۵۹/۸	-۳/۲	۱۳۸/۱	۳۱	۳/۱	-۱۳/۴	-۲۸/۵	درصد تغییرات ماهانه
دمای کمینه	-۴/۸	-۳/۴	-۰/۳	۴/۴	۷/۸	۱۱/۵	۱۵/۵	۱۵	۱۰/۱	۶/۱	۱/۴	-۲/۴	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	-۳/۷	-۲/۲	۱/۸	۶/۷	۱۰/۴	۱۴/۳	۱۸/۸	۱۸/۲	۱۳/۳	۸/۵	۳	-۱/۴	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)
	۱/۰۹	۱/۱۹	۲/۱۵	۲/۳	۲/۵۹	۲/۸۵	۳/۳۵	۳/۱۷	۳/۱۵	۲/۴۲	۱/۶۶	۱/۰۱	تغییرات ماهانه
	-۲۲/۶	-۳۵/۲	-۶۹/۳/۵	۵۲/۲	۳۳/۲	۲۴/۸	۲۱/۷	۲۱/۲	۳۱/۱	۳۹/۹	۱۲۳	-۴۲/۴	درصد تغییرات ماهانه
دمای بیشینه	۷/۶	۹/۹	۱۴/۹	۲۰/۱	۲۶	۳۲/۸	۳۶/۵	۳۶/۶	۳۲/۲	۲۵/۴	۱۶/۱	۱۰/۶	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۸/۹	۱۱/۹	۱۸	۲۳/۵	۲۹/۳	۳۵/۲	۳۹/۳	۳۹/۵	۳۴/۶	۲۷/۶	۱۸/۱	۱۱/۹	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)
	۱/۳۳	۱/۹۷	۳/۱۳	۳/۴۹	۳/۳	۳/۴۲	۲/۸	۲/۹۳	۲/۶۷	۲/۳۷	۱/۹۶	۱/۲۸	تغییرات ماهانه
	۱۷/۵	۱۹/۹	۲۱/۱	۱۷/۴	۱۲/۷	۷/۴	۷/۷	۸	۸/۴	۹	۱۲/۲	۱۲	درصد تغییرات ماهانه
ساعات آفتابی	۴/۵	۵/۹	۷/۹	۹/۸	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۳/۷	۱۲/۸	۱۰/۸	۷/۸	۵/۴	۴/۲	Obs(۲۰۱۳-۱۹۹۲)
	۴/۷	۶/۲	۸/۳	۱۰/۴	۱۳	۱۴/۶	۱۳/۹	۱۲/۵	۱۰/۵	۷/۹	۵/۸	۴/۵	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)
	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۴	۰/۵۹	۰/۹۸	۰/۴۹	۰/۱۵	-۰/۲۳	-۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۴۱	۰/۲۶	تغییرات ماهانه
	۲/۷	۲/۹	۳	۲/۵	۴/۱	۱/۷	۰/۵	-۰/۹	-۱/۳	۰/۵	۳/۸	۳/۱	درصد تغییرات ماهانه

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

بهبود سازی تخصیص سطح زیر کشت محصولات کشاورزی الگوی کشت موجود با توجه به محدودیت منابع آب در شرایط تغییر اقلیم

جدول پ-۸ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی A2)

دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹

Dec	Nov	Oct	Sep	Agu	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	ماه	
۷۰/۴	۷۲/۸	۲۶/۸	۲/۳	۰/۲	۰/۹	۱	۲۱/۸	۵۷/۲	۶۸/۵	۶۶/۸	۷۰/۴	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	بارش
۵۶	۶۴/۶	۳۶/۹	۶/۳	۱	۱/۳	۰/۴	۱۱/۶	۳۲	۴۰/۹	۴۳	۵۶	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	
-۱۴/۳۶	-۸/۲	۱۰/۱	۳/۹۴	۰/۷۵	۰/۳۹	-۰/۵۸	-۱۰/۲۳	-۲۵/۱۵	-۲۷/۶۴	-۲۳/۷۹	-۱۴/۳۶	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
-۱۱/۴	-۱۱/۳	۳۷/۷	۱۶۹/۸	۳۵۷/۱	۴۱/۵	-۵۶/۹	-۴۶/۹	-۴۴	-۴۰/۳	-۳۵/۶	-۲۰/۴	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
-۲/۴	۱/۴	۶/۱	۱۰/۱	۱۵	۱۵/۵	۱۱/۵	۷/۸	۴/۴	-۰/۳	-۳/۴	-۴/۸	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	دمای کمینه
۰/۹	۵/۲	۱۰/۴	۱۵	۲۰/۱	۲۱/۴	۱۷/۳	۱۳/۳	۹	۳/۸	۰	-۲	تغییرات ماهانه	
۳/۳۱	۳/۸۴	۴/۲۹	۴/۸۱	۵/۱۱	۵/۹	۵/۸	۵/۵۴	۴/۵۸	۴/۰۹	۳/۳۴	۲/۷۸	درصد تغییرات ماهانه	دمای بیشینه
-۱۳۹/۱	۲۸۴/۴	۷۰/۸	۴۷/۴	۳۴/۱	۳۸/۲	۵۰/۵	۷۱	۱۰۳/۹	-۱۳۱۹/۴	-۹۸/۸	-۵۷/۷	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
۱۰/۶	۱۶/۱	۲۵/۴	۳۲	۳۶/۶	۳۶/۵	۳۲/۸	۲۶	۲۰/۱	۱۴/۹	۹/۹	۷/۶	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	تغییرات ماهانه
۱۳/۶	۲۰/۲	۲۹/۵	۳۶/۶	۴۱/۷	۴۲/۲	۳۸/۵	۳۱/۷	۲۴/۴	۱۸/۶	۱۲/۹	۹/۹	درصد تغییرات ماهانه	
۲/۹۲	۴/۱۲	۴/۱۶	۴/۶۳	۵/۰۹	۵/۶۶	۵/۶۴	۵/۶۴	۴/۳۸	۳/۷۱	۳/۰۶	۲/۲۸	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	ساعات آفتابی
۲۷/۵	۲۵/۶	۱۶/۴	۱۴/۵	۱۳/۹	۱۵/۵	۱۷/۲	۲۱/۷	۲۱/۸	۲۵	۳۱	۳۰	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	
۴/۲	۵/۴	۷/۸	۱۰/۸	۱۲/۸	۱۳/۷	۱۴/۱	۱۲/۱	۹/۸	۷/۹	۵/۹	۴/۵	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
۴/۵	۵/۸	۷/۷	۱۰/۵	۱۲/۴	۱۳/۸	۱۵	۱۳/۷	۱۰/۷	۸/۹	۶/۵	۴/۸	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
۰/۲۶	۰/۴۶	-۰/۱	-۰/۲۷	-۰/۴	۰/۱۲	۰/۸۴	۱/۶۱	۰/۹	۱	۰/۵۹	۰/۳۴	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
۳/۱	۴/۳	-۰/۶	-۱/۳	-۱/۶	۰/۴	۳	۶/۷	۴/۶	۶/۳	۵	۳/۸	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

جدول پ-۹ اطلاعات ماهانه متغیرهای اقلیمی بهترین مدل شبیه‌سازی در ایستگاه سینوپتیک اسلام‌آباد (سناریوی B1)

دوره زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹

Dec	Nov	Oct	Sep	Agu	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	ماه	
۶۰/۴	۷۲/۸	۲۶/۸	۲/۳	۰/۲	۰/۹	۱	۲۱/۸	۵۷/۲	۶۸/۵	۶۶/۸	۷۰/۴	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	بارش
۶۴/۷	۶۸/۸	۳۵/۸	۵/۹	۰/۷	۲/۸	۱/۵	۲۹/۸	۴۷/۱	۶۰/۹	۵۴/۵	۶۸/۶	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	
۴/۲۳	-۴/۰۶	۸/۹۹	۳/۵۳	-۰/۴۴	۱/۸۵	۰/۴۳	۷/۹۸	-۱۰/۰۷	-۷/۶۱	-۱۲/۳۴	-۱/۷۵	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
۷	-۵/۶	۳۳/۶	۱۵۲/۲	۲۰۹/۵	۱۹۶/۸	۴۲/۲	۳۶/۶	-۱۷/۶	-۱۱/۱	-۱۸/۵	-۲/۵	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
-۲/۴	۱/۴	۶/۱	۱۰/۱	۱۵	۱۵/۵	۱۱/۵	۷/۸	۴/۴	-۰/۳	-۳/۴	-۴/۸	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	دمای کمینه
-۱/۱	۳	۸/۲	۱۲/۵	۱۷/۱	۱۷/۸	۱۳/۳	۹/۵	۵/۸	۱/۳	-۲/۵	-۴/۲	تغییرات ماهانه	
۱/۲۴	۱/۶۸	۲/۰۹	۲/۳۲	۲/۰۹	۲/۳۶	۱/۸۶	۱/۷۳	۱/۳۵	۱/۵۷	۰/۸۶	۰/۶۵	درصد تغییرات ماهانه	دمای بیشینه
-۵۲/۱	۱۲۴/۴	۳۴/۵	۲۲/۹	۱۴	۱۵/۳	۱۶/۲	۲۲/۲	۳۰/۶	-۵۰۶/۵	-۲۵/۴	-۱۳/۵	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
۱۰/۶	۱۶/۱	۲۵/۴	۳۲	۳۶/۶	۳۶/۵	۳۲/۸	۲۶	۲۰/۱	۱۴/۹	۹/۹	۷/۶	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	تغییرات ماهانه
۱۱/۵	۱۷/۹	۲۷	۳۳/۸	۳۸/۵	۳۸/۳	۳۴/۱	۲۷/۹	۲۲	۱۶/۴	۱۰/۸	۷/۹	درصد تغییرات ماهانه	
۰/۹	۱/۸	۱/۶۷	۱/۸۷	۱/۹۴	۱/۷۷	۱/۳۱	۱/۸۷	۱/۹۵	۱/۵۱	۰/۹	۰/۳۱	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	ساعات آفتابی
۸/۵	۱۱/۲	۶/۶	۵/۹	۵/۳	۴/۸	۴	۷/۲	۹/۷	۱۰/۲	۹/۱	۴/۱	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	
۴/۲	۵/۴	۷/۸	۱۰/۸	۱۲/۸	۱۳/۷	۱۴/۱	۱۲/۱	۹/۸	۷/۹	۵/۹	۴/۵	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
۴/۲	۵/۸	۷/۸	۱۰/۶	۱۲/۴	۱۳/۷	۱۴/۳	۱۲/۶	۱۰	۸/۱	۶	۴/۵	Obs(۱۹۹۲-۲۰۱۳)	
-۰/۰۲	۰/۴۱	۰	-۰/۱۸	-۰/۳۳	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۵۵	۰/۱۸	۰/۱۵	۰/۰۹	۰/۰۱	تغییرات ماهانه	درصد تغییرات ماهانه
-۰/۲	۳/۸	۰	-۰/۸	-۱/۳	۰	۰/۵	۲/۳	۰/۹	۰/۹	۰/۸	۰/۱	Gen(۲۰۸۰-۲۰۹۹)	

Obs: داده های مشاهده شده Gen: داده های تولیدی

## **Abstract**

Optimal management and assessment of aquifers changes are very important in arid and semiarid regions, because water demands are related to groundwater resources. The aim of present study is evaluate the effects of climate change on Islamabad aquifer and optimizing the allocation of land to crops pattern in Islamabad plain to achieve benefit maximization. The optimization problem was solved using linear programming model and simplex method by LINGO software. Four managerial scenarios and seven operational programs were analyzed and a sensitivity analysis was done. The output of general circulation climate models was used to evaluate the effects of climate change on Islamabad aquifer. LARS-WG model was calibrated using meteorological data to generations of future weather data in the study area, then CSMK, HadCM3, IPCM4 and CGMR models were applied and the results were downscaled by LARS-WG model in Islamabad synoptic station three periods, 2011-2030, 2046-2065 and 2080-2099. The best model for each scenario (A1B, B1 and A2) was selected. The results show, in all the managerial scenarios the crops that need regular irrigation such as; beet, corn, pea, tomato and cucurbits were withdrawn in optimized cultivation. The area under wheat showed an increasing trend, based on acreage in three scenarios and six operational programs. The beneficial rate of optimization in all managerial scenarios was positive and increase rate was from 19 to 55%. The results of sensitivity analysis also showed that objective functions are strongly related to the variety of the available water, the total of land area and the cultivation area of alfalfa. The results of climate change in future decades show that the annual rainfall will change to 3.6, 11.4 and 78.8 mm in 2011-2030, 2046-2065 and 208-2099 respectively. Monthly minimum and maximum temperatures increase 0.5, 1.4, 2.8 and 0.3, 1.2, 2.7 degrees in future decades respectively. Monthly sunshine hours will change to -0.004, 0.09 and 0.3 hours during those periods respectively. These changes will increase evapotranspiration and water requirement of agricultural and horticultural crops. So to achieve the equal benefit of this scenario in the current situation, need to more available water to 12% and 51% in the best and the worst scenarios respectively.

**Key words:** Optimization, LARS-WG, Simulation, Water Balance, Islamabad.





**Academic Center for Education, Culture and Research (ACECR)  
Kermanshah Province Branch**

**Final report (Title):  
Optimization of the Allowable Area to Agricultural Productions of Current Crop  
Pattern according to Water Resources Constraints in Climate Change**

**Conditions**

(a case study: Islam abad plain)

**Code: 2352-20**

**Research Group:  
Hydraulic and Water Resources**

**Principal Investigator (BY):  
Khalil Jalili**

**Date:  
Dec 2016**