نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۲۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۱، ص. ۲۸۶-۲۷۲

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 26, No. 4, Winter 2013, p. 272-286

بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی (مطالعه موردی: شهرستان شیراز)

ندا اسد فلسفی زاده[۱]- محمود صبوحی صابونی[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۸

چکیده

پدیده تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی جهان است که با انتشار روز افزون گازهای‌گلخانه‌ای و پدیده‌های ارتباط از راه دور بر سرعت آن افزوده شده است. از پیامدهای شناخته شده ناشی از تغییر اقلیم، تغییر در میزان بارش باران، افزایش وقوع خشک‌سالی و مناطق بیابانی و تغییر در سطح منابع آب سطحی و زیر زمینی می‌باشد. در مطالعه حاضر جهت بررسی آثار پدیده تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی شهرستان شیراز، ۳ حلقه چاه واقع در دشت شیراز انتخاب گردید. آمار میانگین سطح آب این چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۵۷- ۱۳۸۷ بر روی متغیر سال رگرس شد. با استفاده از آمار سالیانه بارندگی طی سال‌های ۱۳۳۷- ۱۳۸۷ و شاخص بارندگی استاندارد، احتمال وقوع سال خشک در شهرستان شیراز تعیین؛ سپس با استفاده از برنامه‌ریزی ریاضی تصادفی دومرحله‌ای و آمار زراعی شهرستان شیراز طی سال‌های ۱۳۵۷- ۱۳۸۷، آثار اعمال ۵ سناریو پمپاژ با احتمال وقوع سال خشک بررسی شد. نتایج بخش اول مطالعه نشان داد که سطح آب چاه‌های کشاورزی مورد نظر در سطح (p=۰/۰۳۴) کاهش معناداری به میزان ۰/۴- یافته‌اند. همچنین، محاسبه شاخص بارندگی استاندارد در شهرستان شیراز نشان داد که احتمال وقوع سال خشک، ۰/۲ است. نتایج حل مدل نشان داد که کاهش بلندمدت درآمد و سود کشاورزی تحت تغییر اقلیم ملایم در سال خشک به ترتیب ۴/۵ و ۶/۴ درصد و در مقابل کاهش کوتاه مدت درآمد و سود کشاورزی در سناریوی مشابه به ترتیب از ۵۴ و ۳۰ درصد تا ۷۴ و ۸۵ درصد برآورد شد. آب مورد استفاده کشاورزی در کوتاه مدت و بلند مدت کمتر از وضعیت موجود به دست آمد. کاهش در مصرف آب باعث کاهش در عملکرد و درنتیجه درآمد کشاورزی منطقه خواهد شد اما، از وارد آمدن خسارات بلندمدت به سطح تولید محصولات زراعی و منابع آب زیرزمینی جلوگیری می‌کند. در پایان با توجه به نتایج به دست آمده از سناریوهای مختلف اقلیمی و امکان وقوع حالات مختلف تغییر در سطح منابع آب زیرزمینی، اتخاذ سیاست‌های حمایتی در جهت افزایش انگیزه زارعین در استفاده بهینه از منابع آب پیشنهاد می‌گردد.

واژه های کلیدی: تغییرات اقلیمی، منابع آب زیرزمینی، برنامه ریزی تصادفی دو مرحله ای، شیراز

مقدمه

افزایش جمعیت کره زمین که باعث تغییر کاربری زمین، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و دامداری و تولید ضایعات جامد و مایع شده، تبعات مختلفی به همراه داشته است که پدیده تغییر اقلیم یکی از آن‌ها است. انتشار روز افزون گازهای‌گلخانه‌ای و پدیده‌های ارتباط از راه دور عوامل مختلفی هستند که بر سرعت پدیده تغییر اقلیم تاثیر می‌گذارند. به مجموعه‌ای از گازها که مقداری از انرژی خورشیدی را در جو زمین نگه می‌دارند و باعث گرم شدن جو می‌شوند، گازهای گلخانه‌ای می‌گویند. گازهای گلخانه‌ای بطور طبیعی در جو زمین وجود دارند اما، فعالیت‌های انسان و آلودگی‌های ناشی از این فعالیت‌ها، مقدار گازهای مذکور را بطور غیر طبیعی افزایش و در نتیجه، گرمای ناشی از تابش اشعه خورشید در جو زمین محبوس و دمای کره زمین افزایش می‌یابد. از پیامدهای شناخته شده ناشی از تغییر آب و هوا، تغییر در میزان بارش، جهت وزش باد، افزایش وقوع خشکسالی، افزایش مناطق بیابانی و تغییر در سطح منابع آب سطحی و زیر زمینی می‌باشد (۵).

عدم شناخت یا درک صحیح از میزان آسیب پذیری سریع آب‌های زیر زمینی، باعث بروز سهل‌انگاری‌های زیادی در برداشت از این منابع حیاتی شده است. در شرایط حاضر حدود ۲۲۰ دشت از مجموعه ۶۰۹ دشت عمده کشور دارای اضافه برداشت بوده و بر مبنای آخرین بیلان ۶/۱ میلیارد مترمکعب است. حفر بی‌رویه چاه در ایران از یکسو و استفاده از لوله‌های بزرگ تر جهت برداشت از آب چاه ها، از جمله عواملی هستند که باعث افت سطح آب‌های زیرزمینی، غیراقتصادی شدن برداشت آب، خشک شدن قنات‌ها، پیشروی

۱و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email:msabuhi39@yahoo.com)

آب‌های شور در منابع آب زیرزمینی، شور شدن خاک و نابودی مزارع و باغ‌ها، کاهش قدرت جذب آب در اثر نشست زمین و بیابان زایی در بیشتر نقاط ایران شده است (۱).

شهرستان شیراز با وسعتی معادل ۱۰۴/۳ هزار کیلومتر مربع در مرکز استان فارس و در حد ۲۹ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی واقع شده است. آب و هوای منطقه به علت واقع شدن در منطقه کوهستانی، معتدل است. کل بارندگی سالیانه شهر شیراز ۳۳۷/۸ میلی‌متر است، ۲۸/۱ میلی‌متر این بارندگی‌ها به میانگین بارش سالیانه و ۵۷/۵، ۱۲/۶، ۰/۸ و ۳۷/۲ میلی‌متر به ترتیب به میانگین بارش زمستان، بهار، تابستان و پاییز اختصاص دارد. عمده‌ترین محصولات زراعی شامل گندم، جو، ذرت، لوبیا، کلزا و گوجه‌فرنگی و محصولات باغی عمده مورد کشت شامل انگور، مرکبات، گردو و سیب می‌باشد. منابع آبی مورد استفاده در بخش کشاورزی شهرستان شامل چاه، چشمه، قنات و رودخانه‌های دائم و فصلی است (۲).

مطالعات بسیاری جهت بررسی اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی و منابع آب مورد استفاده کشاورزی در نقاط مختلف دنیا انجام شده است. رنجان و تاپسوان (۱۳) انعطاف پذیری بخش کشاورزی در پاسخ به تغییرات اقلیمی به علت کمبود آب را در غرب استرالیا بررسی کردند. آن‌ها تصمیم کشاورزان به تغییر کاربری زمین را در پاسخ به مشکل کمبود آب برای بخش کشاورزی مدل‌سازی کردند. نتایج نشان داد که تصمیم به تغییر کاربری زمین و متعاقباً خروج کشاورزان از پروسه تولید روند خطرناکی برای بخش کشاورزی است و منجر به کاهش سود در بخش کشاورزی خواهد شد. همچنین نتایج مدل حاکی از آن بود که سیاست قیمت‌گذاری آب در این وضعیت به صورت ابزاری غیرکارا برای تخصیص آب خواهد شد. فینگر واشمید (۸) با بکارگیری روش تلفیقی[1] که از داده‌های شبیه سازی شده زیست محیطی در مدل اقتصادی استفاده می‌کند، به تجزیه و تحلیل اثر آب و هوا بر تولید محصولات ذرت و گندم زمستانه در کشور سوئیس پرداختند. نتایج نشان داد که فعالیت کشاورزان و عملکرد محصولات به تغییرات اقلیمی و قیمت محصولات حساس است. ریدسما و همکاران (۱۴) به بررسی اثرات تنوع و تغییر اقلیم بر عملکرد منطقه‌ای محصول ذرت با استفاده از مدل فرآیند- محور[2] در اروپا پرداختند. نتایج نشان داد که عملکرد بالقوه با بالا رفتن درجه حرارت افزایش می‌یابد که بر خلاف شبیه‌سازی‌های مدل بود و در نتیجه پاسخ‌های مدل با واقعیت مطابقت ندارد. با در نظرگرفتن اثرات مدیریتی، تفاوت بین عملکرد مشاهده و شبیه‌سازی شده به وسیله آبیاری و سطح زیرکشت ذرت توضیح داده شدند. نکته قابل توجه در نتایج وابسته بودن اثر عوامل به مناطق بود.

واثقی و اسماعیلی (۴) در مطالعه ای به اندازه گیری اثرات اقتصادی تغییر اقلیم بر تولید محصول گندم با استفاده از روش ریکاردین پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که متغیرهای اقلیمی آثار معنادار و غیرخطی بر درآمد خالص به ازای هر هکتار کشت گندم دارند. مهسافر و همکاران (۳) اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه را با استفاده ار مدل گردش عمومی شماره ۳ مرکز هادلی[3] از سری مدل های گردش عمومی جو برای دوره ۲۱۰۰-۲۰۰۰ شبیه سازی کردند. اثرات تغییر اقلیم بر تراز آتی دریاچه ارومیه بر اساس سناریوهای مختلف حاکی از افزایش میانگین سالانه و کاهش میانگین سالانه تراز سطح دریاچه بوده است.

در این مطالعه به بررسی آثار کاهش سطح منابع آب زیر زمینی ناشی از پدیده تغییرات اقلیمی بر تولیدات کشاورزی در شهرستان شیراز واقع در استان فارس پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

جهت مطالعه آثار پدیده تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی شهرستان شیراز ابتدا ۳ حلقه چاه واقع در دشت شیراز انتخاب گردید. آمار میانگین سطح آب این چاه‌ها طی سال‌های ۱۳۵۷- ۱۳۸۷ بر روی متغیر سال رگرس شد. سپس با استفاده از آمار سالیانه بارندگی طی سال‌های ۱۳۳۷- ۱۳۸۷ و شاخص بارندگی استاندارد، احتمال وقوع سال خشک در شهرستان شیراز تعیین شد. این شاخص با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$SPI = \frac{(P_i - P)}{S} \qquad (۱)$$

در این رابطه P_i بارندگی سال مورد نظر بر حسب میلیمتر در سال، P میانگین بارندگی بلند مدت بر حسب میلیمتر در سال و S انحراف معیار بلند مدت بارندگی می‌باشد. اگر شاخص مذکور بیشتر از ۲ ترسالی شدید، بین ۱/۵ تا ۱/۹۹ ترسالی، بین ۱ تا ۱/۴۹ ترسالی ملایم وجود دارد و اگر بین ۱- تا ۱/۴۹- خشکسالی ملایم، ۱/۵- تا ۱/۹۹- خشکسالی شدید و کمتر از ۲- خشکسالی کامل وجود دارد. اعداد بین ۰/۹۹- و ۰/۹۹ نشان دهنده‌ی سالی با بارندگی نرمال است (۱۰).

در مطالعه حاضر، به منظور بررسی اثرات کاهش سطح منابع آب زیر زمینی از مدل برنامه‌ریزی تصادفی دو مرحله‌ای استفاده شده است. رویکردهای متفاوتی برای حل مسائل در شرایط وجود ریسک ارائه شده است که به طور کلی می‌توان در دو دسته آن‌ها را طبقه‌بندی کرد. اولین رویکرد که بسیار رایج است مدل برنامه‌ریزی

1- Integrated Approach
2- Process-based model
3- Hadley centre of meteorology No.3 (HadCM3)

تصادفی بدون مرجع[1] و رویکرد دوم، برنامه‌ریزی تصادفی با مرجع[2] نام دارد (۱۱).

تفاوت اصلی دو حالت ذکر شده، در زمان اتخاذ تصمیم است. این دو حالت منجر به ایجاد دو نوع بسیار متفاوت از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی در شرایط ریسک شده است. در برنامه‌ریزی تصادفی بدون مرجع تمام تصمیمات با فرض معلوم بودن پیامدها گرفته و اجرا می‌شوند. عامل ریسک در مدل برنامه‌ریزی تصادفی در ضرایب تابع هدف، ضرایب فنی (تکنیکی) و سمت راست معادلات ظاهر می‌شوند. برنامه ریزی تصادفی دو مرحله‌ای که یکی از انواع برنامه‌ریزی تصادفی با مرجع است، برای ترسیم ریسک فنی در مدل به کار گرفته می شود. خصوصیت مهمی که این روش را از روش‌های دیگر متمایز می‌کند، انجام فعالیت‌ها در دو یا چند مرحله است. در مرحله اول تنها فعالیت‌هایی که برای شروع کار لازم است اجرا می‌شوند. در مراحل بعدی فعالیت‌ها بر اساس تقاضا یا پیامدهای تصادفی از نتیجه فعالیت‌های مرحله اول انجام می‌شوند. لازم به ذکر است پاسخ مرحله اول نقش تعیین کننده در اجرای مراحل بعدی مدل دارد (۹).

بررسی اثرات کاهش سطح منابع آب زیر زمینی با استفاده از مدل برنامه ریزی تصادفی دو مرحله‌ای، در ۵ سطح پمپاژ آب و تغییرات اقلیمی ملایم، متوسط و شدید که در بردارنده افزایش دما به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه می‌باشد، انجام گرفت. جواب‌های حاصل از مرحله اول مدل اثرات بلندمدت بدون در نظر گرفتن تغییرات تصادفی سالیانه در مقادیر مختلف پمپاژ آب و مرحله دوم نتایج اثرات کوتاه‌مدت با در نظر گرفتن اثرات تصادفی محیطی مورد بررسی قرار گرفت. تابع حداکثرسازی سود به عنوان تابع هدف در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است و محدودیت‌های آب، زمین، ترکیب کشت و پمپاژ با توجه به شرایط موجود در نظر گرفته شد. مدل برنامه‌ریزی ریاضی به صورت زیر نوشته می‌شود:

در روابط ۲a تا ۲c، عبارت $iacost_{r,k,z}$، هزینه ثابت غیر از آبیاری الگوی کشت محصولات آبی k در منطقه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z، $dacost_{r,k}$، هزینه ثابت الگوی کشت محصولات دیم kدر منطقه r، $iestabcost_z$، هزینه ثابت آبیاری محصولات آبی تحت آبیاری منبع زیرزمینی z، $Area_{r,z}$، سطح زیرکشت محصولات در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z، p_s ، احتمال وقوع تغییر آب و هوای ملایم، متوسط و شدید، $iincome_{s,j,h}$، درآمد خالص محصول آبی j تحت سیستم آبیاری h تحت تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید، $dincome_{s,j}$ درآمد خالص محصول دیم j تحت تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید، $I\,\mathrm{Pr}od_{s,j,h,r,z}$، تولید محصول آبی j تحت سیستم آبیاری h طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید و در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z، $D\,\mathrm{Pr}od_{s,j,r}$ تولید محصول دیم j طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید و در ناحیه r، $Agp\cos t_{s,r,z}$ ، هزینه‌های پمپاژ به ازای هر واحد آب مصرفی طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z و $Agwater_{s,r,z}$ ، کل آب مصرفی در ناحیه r طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید تحت آبیاری منبع زیرزمینی z می‌باشند.

تابع هدف در قالب سه رابطه ۲a تا ۲c آورده شده است. رابطه ۲a مفهوم بلندمدت (مرحله اول) آبیاری و ساختار سرمایه گذاری را نشان می‌دهد. روابط ۲b و ۲c تصمیمات کوتاه مدت (مرحله دوم) که در اثر عوامل تصادفی گرفته می‌شوند را مشخص می‌کنند. این بخش تصمیماتی از قبیل زمین مورد کشت یا آیش گذاشتن آن و مقدار آب آبیاری مورد نیاز را در نظر می‌گیرد.

رابطه‌های $iincome_{s,j,h}$ و $dincome_{s,j}$ در بخش ۲b تابع هدف از روابط زیر قابل محاسبه است:

$$iincome_{s,j,h} = cprice_j * Yield_{s,j,h} \qquad (۱۳)$$

$$dincome_{s,j} = cprice_j * Yield_{s,j} \qquad (۱۴)$$

که در این رابطه $cprice_j$ قیمت محصول j و $Yield_{s,j,h}$، عملکرد محصول j تحت سیستم آبیاری h در تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید می‌باشد.

رابطه شماره ۳ نشان دهنده محدودیت آب می‌باشد. این محدودیت نشان می‌دهد که آب مورد استفاده محصولات در مناطق مختلف و با تغییرات آب و هوایی گوناگون از کل آب مورد استفاده کشاورزی در آن ماه بیشتر نبایستی باشد. در این رابطه $wateruse_{j,h,s,r,m}$، آب مورد استفاده آبیاری محصول j تحت سیستم آبیاری h طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید، در ماه m و در منطقه r می‌باشد.

رابطه ۴ محدودیت کل زمین کشاورزی در دسترس است که نشان می‌دهد کل سطح زیرکشت آبیاری به اضافه زمین‌های قابل تبدیل به زمین‌های کشاورزی از کل زمین‌های موجود نبایستی بیشتر باشد. در این محدودیت $MAKEDRY_{r,z}$، زمین‌های قابل تبدیل به زمین کشاورزی در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z و $availand_{r,z}$، کل زمین‌های در دسترس ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z است.

1- Stochastic programming without recourse
2- Stochastic programming with recourse

Maximize:

$$\left[-\sum_{j}\sum_{r}\sum_{k} ia\cos t_{r,k,z} * imix_{r,k,z} - \sum_{j}\sum_{r}\sum_{k} da\cos t_{r,k} * dmix_{r,k} - \sum_{r}\sum_{z} iestab\cos t_{z} * Area_{r,z} \right] \quad (۲a)$$

$$+ \sum_{s} p_{s} * \left[\sum_{r}\sum_{z}\sum_{j}\sum_{h} iincome_{s,j,h} * I\Pr od_{s,j,h,r,z} + \sum_{r}\sum_{j} dincome_{s,j} * D\Pr od_{s,j,r} \right] \quad (۲b)$$

$$- \sum_{r}\sum_{z} Agp\cos t_{s,r,z} * Agwater_{s,r,z} \quad (۲c)$$

Subject to:

$$\sum_{j}\sum_{h} wateruse_{j,h,s,r,m} * I\Pr od_{s,j,h,r,z} - Agwater_{s,r,z} \le 0 \qquad \forall s,r,z \quad (۳)$$

$$Area_{r,z} + MAKEDRY_{r,z} \le availand_{r,z} \qquad \forall r,z \quad (۴)$$

$$\sum_{j}\sum_{h} I\Pr od_{s,j,h,r,z} - Area_{r,z} \le 0 \qquad \forall s,r,z \quad (۵)$$

$$\sum_{j} D\Pr od_{s,j,r} - \sum_{z} MAKEDRY_{r,z} \le 0 \qquad \forall s,r \quad (۶)$$

$$\sum_{h} I\Pr od_{s,j,h,r,z} - \sum_{k} IP_{j,k,r} * imix_{r,z,k} \le 0 \forall s,j,r,z \qquad \forall s,j,r,z \quad (۷)$$

$$\sum_{j}\sum_{h} I\Pr od_{s,j,h,r,z} - \sum_{j}\sum_{k} IP_{j,k,r} * imix_{r,k,z} = 0 \qquad \forall s,r,z \quad (۸)$$

$$I\Pr od_{s,j,r} - \sum_{k} IP_{j,k,r} * dmix_{s,k,r} \le 0 \qquad \forall s,j,r \quad (۹)$$

$$\sum_{j}\sum_{h} D\Pr od_{s,j,r} - \sum_{j}\sum_{k} IP_{j,k,r} * dmix_{k,r} = 0 \qquad \forall s,r \quad (۱۰)$$

$$-Agp\cos t_{s,r,z} + \beta + \alpha Aglift_{s,r,z} = 0 \qquad \forall s,r,z \quad (۱۱)$$

$$-Lift_{s,w} + ENDWATER_{s,w} = zerolift_{w} \qquad \forall s,w \quad (۱۲)$$

روابط شماره ۵ و ۶ به ترتیب محدودیت دسترسی زمین‌های زیر کشت آبی و دیم است. این محدودیت نشان می‌دهد که سطح زیرکشت محصولات آبی و دیم از کل سطح زیرکشت محصولات کمتر است.

روابط شماره ۷ و ۸ محدودیت‌های مربوط به الگوی کشت محصولات آبی و روابط شماره ۹ و ۱۰ محدودیت‌های مربوط به الگوی کشت محصولات دیم منطقه هستند. رابطه ۷ نشان می‌دهد که سطح زیرکشت انتخابی تمام روش‌های آبیاری، معادل میانگین وزنی فراوانی نسبی (IP) محصول j در الگوی کشت k ام طی ۳۰ سال زراعی مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه است. به طوری که میانگین وزنی الگوی کشت‌های موجود در منطقه طی ۳۰ سال زراعی $\sum_{k} IP_{j,k,r} = 1$ است. معادله ۸ گویای این است که سطح زیرکشت متوسط آبی منطقه، با سطح زیرکشت مختلف تحت سیستم آبیاری h طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید برابر است. رابطه ۹ نشان می‌دهد که سطح زیرکشت دیم انتخابی، معادل میانگین وزنی فراوانی نسبی (IP) محصول j در الگوی کشت k ام طی ۳۰ سال زراعی در منطقه مورد مطالعه است. معادله ۱۰ گویای این است که سطح زیرکشت متوسط دیم منطقه، با کل سطح زیرکشت دیم منطقه طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید برابر است.

رابطه ۱۱ محدودیت هزینه پمپاژ کشاورزی است. در این رابطه، هزینه پمپاژ کشاورزی به ازای هر واحد آب مصرفی طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z ، از طریق رگرسیون خطی تخمین زده شده از ارتفاع آب پمپاژ شده $Aglift_{s,r,z}$ طی تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید در ناحیه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z محاسبه می‌شود. در این رابطه، β عرض از مبدأ و α شیب رگرسیون تخمینی است.

رابطه ۱۲ معادله محدودیت پمپاژ منطقه‌ای را نشان می‌دهد که ارتفاع پایه منبع $Lift_{s,w}$ با تفاوت بیشترین ($ENDWATER_{s,w}$) و

کمترین ارتفاع منبع ($zerolift_{s,w}$) در منطقه w تحت تغییرات آب و هوایی ملایم، متوسط و شدید برابر است.

عبارات $imix_{r,k,z}$ و $dmix_{r,k}$ در تابع هدف به ترتیب نشان دهنده سطح زیرکشت محصولات آبی در ترکیب کشت k در منطقه r تحت آبیاری منبع زیرزمینی z، سطح زیرکشت محصولات دیم در ترکیب کشت k در منطقه r هستند. جهت تعیین مقادیر این عبارات، از اطلاعات زراعی دوره ۱۳۸۷- ۱۳۵۷ در شهرستان شیراز استفاده شد. طبق اطلاعات موجود، طی سال‌های مورد نظر در این شهرستان، ۸ ترکیب کشت آبی و ۱ ترکیب کشت دیم مورد استفاده قرار گرفته است. ترکیب‌های کشت مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است.

همان‌طور که در جدول مشاهده می شود، محصولات زراعی عمده منطقه که در این ترکیب‌های کشت نیز به کار می‌روند شامل گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، پنبه، نخود، لوبیا، کلزا، آفتابگردان، کنجد، چغندرقند، سیب زمینی، پیاز، گوجه فرنگی، خربزه، هندوانه و خیار می‌باشند.

نتایج و بحث

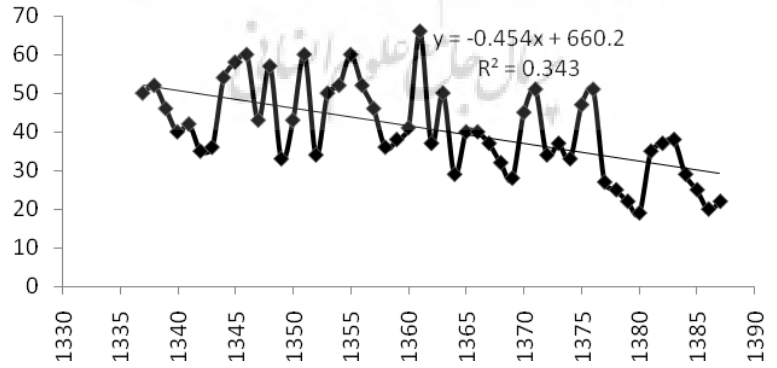
در این بخش به ارائه نتایج به دست آمده پرداخته شده است. بررسی‌های آماری روند ۳۰ ساله سطح چاه‌های مورد نظر در سطح (p=۰/۰۳۴) کاهش معناداری به میزان ۰/۴- یافته‌اند (نمودار ۱).

همچنین محاسبه شاخص بارندگی استاندارد در شهرستان شیراز نشان داد که احتمال وقوع سال خشک، نرمال و تر به ترتیب ۰/۲، ۰/۶۴ و ۰/۱۶ است. تعداد وقوع سال‌های خشک طی ۱۰ سال اخیر افزایش یافته است. تعداد خشکسالی طی سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۷۷، ۳ بار خشکسالی متوسط و طی سال‌های ۱۳۷۷- ۱۳۶۷، ۱ بار خشکسالی شدید بوده است.

جدول ۱- ترکیب‌های کشت آبی و دیم مورد استفاده در شهرستان شیراز طی سال‌های ۱۳۵۷- ۱۳۸۷

الگوی کشت	محصولات
الگوی کشت آبی	
الگوی کشت ۱	گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، پنبه، نخود، لوبیا، کلزا، آفتابگردان، کنجد، چغندرقند، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه و خیار
الگوی کشت ۲	گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، پنبه، نخود، لوبیا، عدس، کلزا، آفتابگردان، کنجد، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه و خیار
الگوی کشت ۳	گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، نخود، لوبیا، عدس، کلزا، آفتابگردان، کنجد، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه و خیار
الگوی کشت ۴	گندم، جو، برنج، پنبه، نخود، عدس، کلزا، آفتابگردان، کنجد، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، هندوانه و خیار
الگوی کشت ۵	گندم، جو، برنج، پنبه، نخود، عدس، کلزا، آفتابگردان، کنجد، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی
الگوی کشت ۶	گندم، جو، برنج، نخود، لوبیا، عدس، کلزا، آفتابگردان، کنجد، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی
الگوی کشت ۷	گندم، جو، برنج، پنبه، نخود، لوبیا، عدس، سیب زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی
الگوی کشت دیم	
الگوی کشت ۱	گندم، جو، عدس
الگوی کشت ۲	گندم، جو

منبع: اطلاعات پایه مطالعه



نمودار ۱- تغییر میانگین سطح چاه‌های مورد مطالعه طی سال‌های ۱۳۵۷- ۱۳۸۷ در شهرستان شیراز

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شدت و تعداد خشکسالی‌ها طی دهه اخیر افزایش یافته است. همچنین، می‌توان اظهار کرد که افزایش وقوع خشکسالی و کاهش سطح منابع آب زیرزمینی در ارتباط مستقیم با یکدیگر هستند.

۵ سناریوی اقلیمی شامل تغییر میزان پمپاژ آب در مقادیر خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد و افزایش دما به میزان ۱، ۲ و ۴ درجه سانتیگراد می‌باشد که تحت عنوان تغییرات اقلیمی ملایم، متوسط و شدید نامگذاری می‌شوند با احتمال وقوع سال خشک اجرا شد. نتایج به دست آمده از سناریوهای ذکر شده در جداول ۲ تا ۶ نشان داده شده است.

نتایج اجرای سناریوها در سال خشک نشان داد که در نتیجه کاهش محدودیت‌های آبیاری که در اثر افزایش پمپاژ و کاهش دما ایجاد می‌شود، آب مورد استفاده در کشاورزی افزایش می‌یابد. همچنین، با افزایش میزان پمپاژ سود و درآمد سالیانه افزایش می‌یابد. البته در برخی سناریوها خلاف این موضوع ثابت شده که دلیل عمده آن افزایش هزینه‌های متغیر می‌تواند باشد. سود و درآمد فعالیت کشاورزی در هیچ یک از سناریوها از وضعیت موجود بیشتر نشد. نتایج نشان می‌دهد که پایین بودن سطح منابع آبی در شهرستان شیراز باعث کاهش نسبی تولیدات این منطقه شده است. علاوه بر آن وقوع هر یک از سناریوهای تعیین شده باعث کاهش بیشتر تولیدات شد. ترکیب الگوی کشت در هر یک از سناریوها نسبت به وضعیت موجود تغییر کرد. چنانچه مشاهده می‌شود الگوهای کشت عمده مورد استفاده در سال خشک، الگوهای ۱، ۲ و ۴ هستند. مقایسه نتایج نشان می‌دهد که در اکثر سال‌های زراعی الگوی کشت مورد استفاده بر خلاف الگوهای بهینه پیشنهادی بوده است. الگوی کشت دیم مورد استفاده نیز در مدل بهینه سازی شد. همانطور که در ردیف شاخص الگوی کشت دیم جداول ۲ تا ۶ مشاهده می‌شود، سطح زیر کشت بهینه تعیین شده تحت تغییر اقلیم شدید در دو سناریوی اول صفر است که نشان می‌دهد به دلیل کم شدن نزولات جوی در سال خشک بهتر است که سطح زیر کشت محصولات دیم پایین تر باشد. به نظر می‌رسد که رعایت این موضوع باعث ذخیره آب در سفره‌های زیرزمینی خواهد شد و به نوعی به بازگشت آب به سفره‌های آب زیرزمینی در سال‌های خشکسالی شدید کمک خواهد کرد.

جدول ۲- نتایج پمپاژ بسیار کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال خشک

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۳۳۴	۲۳۹/۸	۲۵۵/۶	۳۱۷/۶
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۷۳/۲	۳۹/۳	۴۶/۲	۶۱/۳
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب/سال)	۴۶۸۷۲	۲۵۰۹۰/۸	۳۱۷۲۷/۴	۳۳۴۸۷/۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۳۷	۰	۱۸۱/۳	۲۹۲/۴
الگوی کشت ۲	۳۴۰/۸	۱۷۷/۹	۲۰۱/۹	۰
الگوی کشت ۳	۰	۰	۱۳۸/۶	۲۲۴/۲
الگوی کشت ۴	۳۴۱	۱۶۵/۵	۰	۲۶۶/۳
الگوی کشت ۵	۰	۰	۰	۳۴۸/۶
الگوی کشت ۶	۰	۰	۱۹۸/۱	۰
الگوی کشت ۷	۰	۴۷/۷	۰	۰
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۸۱/۶	۲۷/۶	۶۲/۵	۵۵/۲
الگوی کشت ۲	۶۴/۸	۰	۱۴/۴	۴۱/۴
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۱/۵	۲۲/۳	۳۱/۶	۳۲/۶
سود (میلیون ریال)	۲۸/۱	۹/۸	۱۳/۱	۱۹/۲

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- نتایج پمپاژ کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال خشک

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۳۳۴	۲۱۸/۳	۳۷۵/۱	۴۲۵/۱
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۷۳/۲	۳۵/۳	۴۸/۲	۶۰/۸
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۴۶۸۷۲	۲۷۴۲۵/۵	۳۰۹۹۶/۲	۳۵۲۲۶
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۳۷	۱۱۷/۵	۰	۲۰۷/۲
الگوی کشت ۲	۳۲۴	۲۶۴/۸	۲۹۸/۹	۲۱۰/۴
الگوی کشت ۳	۰	۰	۱۱۸/۷	۱۴۰/۵۲
الگوی کشت ۴	۳۴۱	۰	۰	۰
الگوی کشت ۵	۰	۰	۱۵۰/۲	۰
الگوی کشت ۶	۰	۱۰۶/۵	۱۹۷/۷	۰
الگوی کشت ۷	۰	۱۸۴	۰	۶۴/۲
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۸۱/۶	۳۱/۱	۵۷/۱	۶۶/۲
الگوی کشت ۲	۶۴/۸	۰	۰	۴۵/۷
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۱/۵	۲۴/۸	۲۶/۲	۳۱/۶
سود (میلیون ریال)	۲۸/۱	۱۰/۴	۱۶/۶	۲۳/۶

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٤- نتایج اجرای سناریوی پمپاژ متوسط تحت سناریوهای اقلیمی در سال خشک

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۳۳۴	۲۴۳/۵۲	۲۸۱/۶۲	۲۹۰/۷۶
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۷۳/۲	۳۹/۴	۵۵/۲	۷۴/۲
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۴۶۸۷۲	۳۱۲۷۹/۲	۳۷۹۱۷/۱	۴۷۷۳۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۳۷	۳۱۰/۲	۰	۳۲۴
الگوی کشت ۲	۳۲۴	۲۱۶/۳۸	۲۷۵/۰۷	۰
الگوی کشت ۳	۰	۱۱۶/۲	۰	۱۰۹/۴
الگوی کشت ۴	۳۴۱	۲۳۱/۳	۲۵۰/۸	۰
الگوی کشت ۵	۰	۰	۳۳۵/۴	۲۷۹/۱
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۱۲۷/۱
الگوی کشت ۷	۰	۰	۹۳/۹	۶۴
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۸۱/۶	۳۴/۱	۶۲/۴	۸۰/۸
الگوی کشت ۲	۶۴/۸	۲۶/۹	۳۵/۸	۶۵/۶
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۱/۵	۱۶/۳	۲۶/۵	۳۲/۴
سود (میلیون ریال)	۲۸/۱	۱۱/۸	۱۹/۷	۲۵/۸

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵- نتایج پمپاژ زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال خشک

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۳۳۴	۳۵۲/۸	۳۷۴/۱	۳۴۱/۸
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۷۳/۲	۴۳/۲	۶۴/۹	۷۹/۵
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۴۶۸۷۲	۳۲۲۴۲	۳۸۹۲۲/۶	۴۶۷۵۰
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۳۷	۳۸۸	۳۶۰/۸	۴۵۵
الگوی کشت ۲	۳۲۴	۳۰۰/۲	۴۰۱/۲	۳۳۸/۳
الگوی کشت ۳	۰	۰	۰	۱۲۷/۴
الگوی کشت ۴	۳۴۱	۲۱۹	۳۸۵/۳	۰
الگوی کشت ۵	۰	۱۲۶/۱	۰	۲۱۸/۱
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۱۱۶/۲
الگوی کشت ۷	۰	۰	۷۵/۱	۱۰۰/۴
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۸۱/۶	۴۴/۲	۶۵/۳	۸۶/۴
الگوی کشت ۲	۶۴/۸	۳۸/۲	۲۱/۷	۷۰/۴
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۱/۵	۲۱/۳	۲۶/۹	۲۸/۶
سود (میلیون ریال)	۲۸/۱	۱۵/۱	۲۱/۵	۲۳/۷

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٦- ضنتایج پمپاژ بسیار زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال خشک

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۳۳۴	۲۰۱/۳	۳۲۶	۳۴۹/۸
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۷۳/۲	۵۰/۱	۶۰/۳	۸۴/۱
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۴۶۸۷۲	۳۹۶۲۹	۴۳۰۰۲/۲	۵۱۳۴۹
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۳۷	۴۷۱/۱	۶۱۶	۴۰۰/۴
الگوی کشت ۲	۳۲۴	۳۲۴/۶	۳۳۸/۸	۴۳۴/۳
الگوی کشت ۳	۰	۶۷/۴	۹۷/۱	۱۳۶
الگوی کشت ۴	۳۴۱	۲۳۷/۲	۱۴۶/۳	۱۰۳/۹
الگوی کشت ۵	۰	۱۳۷/۹	۲۰۶/۲	۲۳۴/۱
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۸۱/۹
الگوی کشت ۷		۶۰/۱	۷۵/۱	۱۶۲/۶
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۸۱/۶	۶۱/۳	۷۵/۶	۹۰/۶
الگوی کشت ۲	۶۴/۸	۰	۴۳/۱	۷۱
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۱/۵	۳۰/۶	۳۵/۹	۴۲/۲
سود (میلیون ریال)	۲۸/۱	۲۱/۱	۲۴/۴	۲۸/۶

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج نشان می‌دهند که در اثر وقوع تغییرات اقلیمی متوسط و ملایم افزایش نسبی در سطح زیر کشت و تعداد الگوهای کشت پیشنهادی به وجود می آید. به طوری که در هر یک از حالات، ۴ الگوی کشت آبی و ۲ الگوی کشت دیم با سطوح زیر کشت بالاتر پیشنهاد شده است. همانطور که در جداول ۲ تا ۶ مشاهده می‌شود، افزایش سطح زیر کشت در اثر وقوع تغییر اقلیم متوسط و ملایم، افزایش درآمد و سود کشاورزان را در بر خواهد داشت که بیان کننده بهبود شرایط فعالیت کشاورزی در این حالات می‌باشد.

کاهش بلند مدت درآمد و سود کشاورزی تحت تغییر اقلیم ملایم در سال خشک به ترتیب ۴/۵ و ۶/۴ درصد و در مقابل کاهش کوتاه مدت درآمد و سود کشاورزی در سناریوی مشابه به ترتیب از ۵۴ و ۳۰ درصد تا ۷۴ و ۸۵ درصد برآورد شد. آب مورد استفاده کشاورزی در کوتاه مدت و بلند مدت کمتر از وضعیت موجود به دست آمد. این کاهش در مصرف آب باعث کاهش در عملکرد و در نتیجه درآمد کشاورزی منطقه خواهد شد اما از وارد آمدن خسارات بلندمدت به سطح تولید محصولات زراعی و منابع آب زیرزمینی جلوگیری می‌کند.

نتایج تخمین تغییرات بلندمدت در میزان آب مصرفی تحت تغییرات اقلیمی ملایم، متوسط و شدید نشان داد که میزان آب مصرفی تحت سناریوی تغییر اقلیم شدید کاهش یافته است. شدت کاهش در تغییر اقلیم ملایم و متوسط کمتر بود. یکی از فاکتورهایی که بر میزان آب مصرفی اثر گذاشته، روش آبیاری در منطقه بود. نتایج نشان می‌دهد که در بلند مدت بکارگیری آبیاری قطره‌ای در جهت بهینه سازی میزان آب مصرفی در منطقه مؤثر است. پاسخ‌های کوتاه مدت به تغییر در میزان آب مصرفی نیز با کشت نکردن الگوهای کشتی که دارای محصولات با نیاز آبی بالا هستند به دست آمد.

نتایج مدل برای سال‌های نرمال و خشک در شهرستان شیراز نیز محاسبه شد که روند به دست آمده در این سال‌ها نیز همانند سال خشک بود. برای مشاهده جداول مربوطه به پیوست الف مراجعه کنید.

نتیجه گیری و پیشنهادها

روند افزایش جمعیت و گسترش منابع و نیاز به آب برای تامین غذای بشری سبب شده که آب به عنوان یک عامل حیاتی و بوجود آورنده بحران تلقی شود. بیلان منفی برخی از سفره‌های آب زیرزمینی، الگوی مصرف نامناسب آب، تغییرات کیفی مرتبط با افت سطح آب زیرزمینی، مشکلات اجرا و محدودیت‌های قانون توزیع عادلانه آب، محدودیت‌های فرهنگی و مشکلات اجتماعی در روند حراست از منابع آب زیرزمینی، همچنین مشکلات پاسخگویی سریع و دقیق به تقاضاهای رسیده از جمله چالش‌های فرا روی حفاظت و بهره برداری از منابع آب زیرزمینی کشور هستند. نتایج به دست آمده از بررسی منابع آب زیرزمینی در شهرستان شیراز نیز این موضوع را تأیید می‌کند. در پایان آیش گذاری زمین‌های کشاورزی در صورت رخ دادن تغییرات اقلیمی جهت جلوگیری از خسارات بلندمدت به تولیدات کشاورزی منطقه پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- احمدی فر م. ۱۳۸۷. سایت شبکه تحلیل‌گران تکنولوژی ایران، مرکز مطالعات توسعه و فناوری دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- پورتال استانداری استان فارس. ۱۳۸۸. http://www.fars.ir/portal

۳- مهسافر ح.، مکنون ر. و ثقفیان ب. ۱۳۹۰. اثرات تغییر اقلیم بر بیلان آبی دریاچه ارومیه. تحقیقات منابع آب ایران، ۱(۷): ۵۸-۴۷.

۴- واثقی ا. و اسماعیلی ع. ۱۳۸۷. بررسی اثر اقتصادی تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی ایران: روش ریکاردین (مطالعه موردی: گندم). علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۵(ب): ۶۹۶-۶۸۵.

5- Angel J. 2008. Potential Impacts of Climate Change on Water Availability. Illinois State Water Survey. Institute of Natural Resource Sustainability.

6- Cacho O., Hean R., Ginoga K., and Wise R. 2008. Economic Potential of land-use Change and Forestry for Carbon Sequestration and Poverty Reduction, Part 1. Australian Centre for International Agricultural Research. Canberra.

7- Chen C.C., Gillig D., and McCarl B.A. 2002. Effects of climatic change on a water dependent economy: A study of the Texas Edwards Aquifer. Climatic Change, 49(4): 397-409.

8- Finger R., and Schmid S. 2008. Modeling agricultural production risk and the adaptation to climate change. Agricultural Finance Review, 40: 25-41.

9- Hazell P.B.R., and Norton R.D. 1986. Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture. Mc millan publishing company. New York.

10- Jones P.D., Johnson T., and Wheeler D. 1997. Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibralter and SW Iceland. International Journal of Climatology, 17: 117-128.

11- McCarl B.A. and Spreen T.H. 2009. Applied Mathematical Programming using Algebraic Systems.
12- Mejías P., Ortega C., and Flichman G. 2004. Integrating agricultural policies and water policies under water supply and climate uncertainty. Water Resources Research, 40. DOI 10. 1029/2003WR002877.
13- Ranjan R., and Tapsuwan S. 2008. Exit timing decisions under land speculation and resource scarcity in agriculture. Selected paper prepared for presentation as a Poster at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting, Orlando, FL, July 27-29.
14- Reidsma P., Ewert F., Boogaard H., and Diepen K. 2009. Regional crop modeling in Europe: The impact of climatic conditions and farm characteristics on maize yields. Agricultural Systems, 100: 51-60.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پیوست الف:

جدول ۱-الف: نتایج پمپاژ بسیار کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال نرمال

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۴۴۵/۹	۲۸۲/۷	۲۶۷/۲	۳۴۶/۱
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۸۶/۳	۴۱/۱	۴۶/۶	۶۵/۹
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب/سال)	۱۰۵۲۶۰	۶۳۲۸/۱	۶۹۳۴۰/۳	۷۲۹۸۱/۷
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۰	۰	۱۶۷/۲	۲۳۳/۳
الگوی کشت ۲	۴۴۹/۱	۱۷۷/۷	۲۰۱/۹	۰
الگوی کشت ۳	۲۴۱/۵	۰	۱۳۸/۶	۱۲۴/۲
الگوی کشت ۴	۳۶۵/۲	۱۴۸/۵	۰	۲۹۵/۳
الگوی کشت ۵	۰	۰	۰	۰
الگوی کشت ۶	۲۱۹	۰	۱۲۴	۱۶۸/۱
الگوی کشت ۷	۰	۶۴/۷	۰	۱۳۳/۹
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۹۶	۳۱	۳۶/۲	۵۸/۴
الگوی کشت ۲	۸۶/۴	۲۱/۶	۰	۳۹
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۵/۴	۲۰/۱	۲۲/۵	۲۷/۶
سود (میلیون ریال)	۳۰/۳	۱۰/۸	۱۵/۱	۲۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۲-الف: نتایج پمپاژ کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال نرمال

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۴۴۵/۹	۲۹۲/۷	۳۱۴/۶	۳۵۷/۲
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۸۶/۳	۴۰/۱	۴۸/۲	۶۷/۲
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۰۵۲۶۰	۷۲۱۱۸	۷۹۳۶۰	۸۴۲۷۶
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۰	۰	۰	۱۶۰/۳
الگوی کشت ۲	۴۴۹/۱	۲۳۷/۲	۴۱۹	۳۶۲/۷
الگوی کشت ۳	۲۴۱/۵	۰	۱۷۰/۷	۰
الگوی کشت ۴	۳۶۵/۲	۶۸/۹	۱۴۰/۶	۲۰۰/۳
الگوی کشت ۵	۰	۸۱/۷	۱۵۴/۲	۰
الگوی کشت ۶	۲۱۹	۱۳۲/۹	۱۲۵	۲۰۴/۴
الگوی کشت ۷	۰	۰	۰	۰
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۹۶	۴۰/۴	۴۵/۱	۶۲/۱
الگوی کشت ۲	۸۶/۴	۰	۰	۴۳/۹
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۵/۴	۲۳/۳	۲۶	۳۰/۶
سود (میلیون ریال)	۳۰/۳	۱۳/۷	۱۸/۴	۲۴/۳

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳-الف: نتایج پمپاژ متوسط تحت سناریوهای اقلیمی در سال نرمال

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۴۴۵/۹	۲۵۱	۳۹۴/۳	۳۰۰/۱
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۸۶/۳	۴۱/۲	۵۳	۷۰/۵
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۰۵۲۶۰	۷۹۲۶۴	۸۱۶۴۷/۹	۹۲۱۹۱/۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۰	۰	۱۵۲	۱۹۳/۱
الگوی کشت ۲	۴۴۹/۱	۳۰۰/۹	۰	۴۵۷/۲
الگوی کشت ۳	۲۴۱/۵	۱۱۲/۸	۱۸۷/۵	۲۹۷/۹
الگوی کشت ۴	۳۶۵/۲	۰	۱۹۵/۱	۲۴۹/۴
الگوی کشت ۵	۰	۸۸/۲	۰	۰
الگوی کشت ۶	۲۱۹	۰	۲۷۹/۷	۰
الگوی کشت ۷	۰	۱۳۹/۴	۰	۰
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۹۶	۴۲/۴	۵۱/۲	۷۸/۶
الگوی کشت ۲	۸۶/۴	۳۹/۵	۰	۵۷
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۵/۴	۲۵/۲	۳۰/۷	۳۵/۲
سود (میلیون ریال)	۳۰/۳	۱۵/۷	۲۲/۶	۲۸/۵

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٤-الف: نتایج پمپاژ زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال نرمال

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۴۴۵/۹	۴۱۴/۱	۴۰۸/۱	۴۲۷/۲
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۸۶/۳	۵۶/۳	۷۰/۸	۸۲/۵
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۰۵۲۶۰	۸۳۳۴۶	۸۵۸۶۱	۱۰۳۶۴۸/۳
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۰	۲۶۱/۳	۰	۳۶۵
الگوی کشت ۲	۴۴۹/۱	۳۴۵	۰	۴۴۷/۷
الگوی کشت ۳	۲۴۱/۵	۰	۲۷۱/۱	۳۴۹/۳
الگوی کشت ۴	۳۶۵/۲	۲۴۵/۹	۰	۲۵۶
الگوی کشت ۵	۰	۰	۱۲۶/۸	۰
الگوی کشت ۶	۲۱۹	۱۹۷/۳	۲۶۷/۳	۳۲۰/۲
الگوی کشت ۷	۰	۰	۱۴۰/۶	۱۹۴/۶
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۹۶	۶۲	۶۹/۴	۹۰/۲
الگوی کشت ۲	۸۶/۴	۰	۷۴/۳	۸۱/۴
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۵/۴	۳۱/۹	۳۶/۳	۴۲/۷
سود (میلیون ریال)	۳۰/۳	۱۹/۶	۲۴/۶	۲۷/۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۵-الف: نتایج پمپاژ بسیار زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال نرمال

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۴۴۵/۹	۳۰۱/۸	۴۶۹/۳	۴۵۱/۴
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۸۶/۳	۶۶/۲	۸۲/۸	۹۰/۲
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۰۵۲۶۰	۸۲۱۹۷	۹۸۶۴۷/۱	۱۰۷۵۴۰/۶
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۰	۳۰۲/۲	۳۵۶	۳۸۹/۱
الگوی کشت ۲	۴۴۹/۱	۵۶۴	۰	۴۶۱/۲
الگوی کشت ۳	۲۴۱/۵	۰	۲۹۸/۲	۲۲۳/۶
الگوی کشت ۴	۳۶۵/۲	۲۸۸/۳	۳۱۷	۳۸۶/۱
الگوی کشت ۵	۰	۰	۱۴۹/۵	۱۳۶/۴
الگوی کشت ۶	۲۱۹	۲۳۱/۱	۲۹۹/۳	۲۴۲
الگوی کشت ۷	۰	۱۲۰/۷	۱۴۹/۲	۲۰۷/۳
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۹۶	۷۴	۸۵/۶	۱۰۱
الگوی کشت ۲	۸۶/۴	۶۲/۴	۸۷/۸	۴۰/۵
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۵/۴	۳۶/۲	۴۰/۵	۴۶
سود (میلیون ریال)	۳۰/۳	۲۱/۶	۲۵/۱	۳۱/۶

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ٦-الف: نتایج پمپاژ بسیار کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال تر

سناریوها / شاخص‌ها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۵۰۲/۲	۳۹۴/۱	۴۰۲/۲	۵۵۱
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۹۲/۱	۵۲/۱	۶۵/۱	۷۲/۲
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب/سال)	۱۵۵۶۵۰	۱۰۵۶۶۴/۲	۱۱۹۶۸۱/۳	۱۲۷۲۲۶/۳
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۷۸/۶	۰	۲۰۲/۸	۳۵۶/۲
الگوی کشت ۲	۳۲۹/۳	۲۲۰/۵	۰	۰
الگوی کشت ۳	۰	۲۳۴	۱۴۶/۲	۹۴/۲
الگوی کشت ۴	۰	۱۴۸/۲	۰	۱۶۰/۵
الگوی کشت ۵	۰	۰	۱۵۶/۱	۰
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۲۰۰/۹
الگوی کشت ۷	۲۲۷/۱	۱۲۰	۱۲۹/۸	۱۹۴
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۱۲۶/۸	۴۵/۵	۰	۶۱/۴
الگوی کشت ۲	۹۵/۴	۳۴/۷	۵۶	۴۶/۲
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۸/۲	۲۲/۴	۲۸	۳۳/۱
سود (میلیون ریال)	۳۲/۳	۱۲/۶	۱۹/۶	۲۵/۳

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۷-الف: نتایج پمپاژ کم تحت سناریوهای اقلیمی در سال تر

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۵۰۲/۲	۳۹۷/۱	۴۲۲/۳	۴۶۰/۹
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۹۲/۱	۵۶/۲	۷۰/۳	۷۵/۶
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۵۵۶۵۰	۱۲۰۱۷۵/۳	۱۲۵۷۴۱/۴	۱۳۹۶۷۲/۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۷۸/۶	۰	۲۱۵/۹	۳۵۶/۲
الگوی کشت ۲	۳۲۹/۳	۲۵۶/۵	۳۲۴/۶	۰
الگوی کشت ۳	۰	۳۱۰/۹	۱۹۹/۸	۱۴۲/۳
الگوی کشت ۴	۰	۲۵۶/۸	۰	۱۹۴/۷
الگوی کشت ۵	۰	۰	۱۶۰/۴	۰
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۲۱۳
الگوی کشت ۷	۲۲۷/۱	۱۳۵/۲	۱۳۰/۱	۲۱۶/۹
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۱۲۶/۸	۵۰/۷	۶۶	۷۳/۴
الگوی کشت ۲	۹۵/۴	۳۹	۶۰/۶	۵۴/۳
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۸/۱	۲۵/۵	۳۲/۱	۳۷/۵
سود (میلیون ریال)	۳۲/۳	۱۶	۲۴/۱	۲۹/۹

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۸-الف: نتایج پمپاژ متوسط تحت سناریوهای اقلیمی در سال تر

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۵۰۲/۲	۳۵۲/۱	۴۰۹/۲	۴۷۴/۴
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۹۲/۱	۶۰/۱	۷۲/۱	۷۸/۶
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۵۵۶۵۰	۱۲۶۶۲۴	۱۲۹۰۲۰/۳	۱۴۳۲۲۱/۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۷۸/۶	۲۹۸	۲۲۶/۸	۳۹۲/۶
الگوی کشت ۲	۳۲۹/۳	۰	۰	۴۱۸/۶
الگوی کشت ۳	۰	۰	۲۳۳/۱	۲۱۶
الگوی کشت ۴	۰	۲۵۶/۱	۱۲۴/۷	۲۰۵/۵
الگوی کشت ۵	۰	۱۳۷/۹	۱۸۲	۰
الگوی کشت ۶	۰	۰	۱۳۲/۶	۲۴۶/۲
الگوی کشت ۷	۲۲۷/۱	۱۸۸	۰	۲۵۳/۹
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۱۲۶/۸	۵۲/۱	۷۰/۴۱	۸۶/۲
الگوی کشت ۲	۹۵/۴	۳۵/۵	۶۲	۶۰/۱
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۸/۱	۲۸	۳۶/۶	۴۱/۳
سود (میلیون ریال)	۳۲/۳	۲۰/۷	۲۵/۵	۲۹/۲

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۹-الف: نتایج پمپاژ زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال تر

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۵۰۲/۲	۴۵۰/۳	۳۹۵/۳	۴۳۱/۲
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۹۲/۱	۷۵/۰۳	۸۶/۱	۹۵/۶
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۵۵۶۵۰	۱۳۸۶۶۲/۲	۱۴۰۶۱۲/۲	۱۴۷۲۳۱/۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۷۸/۶	۲۸۴/۲	۳۷۱/۲	۴۶۷/۸
الگوی کشت ۲	۳۲۹/۳	۱۳۱/۰۷	۲۲۷/۵	۳۷۲/۱
الگوی کشت ۳	۰	۰	۲۸۸/۹	۳۰۴/۲
الگوی کشت ۴	۰	۲۹۵/۱	۱۷۲/۱	۲۴۵/۷
الگوی کشت ۵	۰	۰	۰	۰
الگوی کشت ۶	۰	۰	۰	۳۵۱
الگوی کشت ۷	۲۲۷/۱	۲۳۰/۴	۱۳۲/۵	۳۳۹/۲
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۱۲۶/۸	۶۴/۲	۷۵/۴	۱۰۰/۲
الگوی کشت ۲	۹۵/۴	۴۵/۰۱	۷۰/۹	۸۴/۲
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۸/۱	۳۴/۲	۳۸/۵	۴۲/۶
سود (میلیون ریال)	۳۲/۳	۲۳/۶	۲۵/۶	۲۹/۱

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۱۰-الف: نتایج پمپاژ بسیار زیاد تحت سناریوهای اقلیمی در سال تر

شاخص‌ها / سناریوها	وضعیت موجود	تغییر اقلیم شدید	تغییر اقلیم متوسط	تغییر اقلیم ملایم
شاخص‌های کشاورزی				
سطح زیرکشت آبی (هکتار)	۵۰۲/۲	۶۰۰/۱	۶۸۰/۶	۷۶۲/۲
سطح زیرکشت دیم (هکتار)	۹۲/۱	۷۷/۹	۸۵/۳	۱۰۰/۷
آب مورد استفاده (میلیون متر مکعب)	۱۵۵۶۵۰	۱۴۳۲۵۰/۲	۱۴۸۸۱۰/۱	۱۵۴۶۴۱
الگوی کشت آبی (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۴۷۸/۶	۴۰۵/۱	۶۰۵/۲	۶۸۲/۳
الگوی کشت ۲	۳۲۹/۳	۱۴۰	۳۵۶/۲	۵۸۲/۱
الگوی کشت ۳	۰	۰	۰	۲۲۹/۵
الگوی کشت ۴	۰	۳۰۲/۸	۲۵۰/۸	۳۱۰/۱
الگوی کشت ۵	۰	۱۵۲/۲	۱۹۵/۳	۰
الگوی کشت ۶	۰	۰	۲۹۰/۷	۳۷۱/۲
الگوی کشت ۷	۲۲۷/۱	۲۵۱/۴	۱۵۱/۲	۳۶۶
الگوی کشت دیم (هکتار)				
الگوی کشت ۱	۱۲۶/۸	۷۶/۱	۹۰/۴	۱۲۸
الگوی کشت ۲	۹۵/۴	۵۸/۳	۸۶/۲	۹۶/۶
شاخص‌های اقتصادی				
درآمد (میلیون ریال)	۴۸/۱	۴۰/۴	۴۷/۵	۴۹/۱
سود (میلیون ریال)	۳۲/۳	۲۵/۳	۲۸/۲	۳۲/۲

منبع: یافته‌های تحقیق