



دانشکده کشاورزی  
گروه اقتصاد کشاورزی

رساله جهت دریافت درجه دکتری در رشته اقتصاد کشاورزی - اقتصاد تولید و مدیریت واحدهای کشاورزی

عنوان

اثرات اقتصادی تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریت منابع آب بر زیربخش زراعت در حوضه  
آبریز آجی چای (مطالعه موردی: دشت سراب)

استاد راهنما

دکتر قادر دشتی

اساتید مشاور

دکتر جواد حسینزاد فیروزی

دکتر ابوالفضل مجنونى هریس

پژوهشگر

فاطمه ثانی

شهریور ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به

پدرزحمکش و مادر مهربانم

آن دو فرشته واسطوره صبر و استقامت که

از خواسته‌هایشان گذشتند

سختی‌ها را به جان خریدند و

خود را سپر بلاهای مشکلات و ناملایمات کردند تا

من به جایگاهی که اکنون در آن ایستاده‌ام برسم.

## پاسکزاری

لطیفاً، اینک که در سایه لطف تو و در پرتو کرم و سخاوت تو، پلکانی دیگر از علم رایج مودم، تو را شکر گزارم. در این رهگذر، به رسم ادب خود را ملزم می‌دانم که با توضیح تام و از صمیم قلب شکر و سپاس خالصانه خود را از استادانه‌های گرانقدرم جناب آقای دکتر قاددشتی عرضه دارم، که در طول این مسیر، زحمات بی‌شائبه‌ای متحمل گشته و بابر دباری مرا راهنمایی فرمودند. بی‌شک انجام مراحل مختلف این رساله بدون حمایت و پشتیبانی ایشان امکان‌پذیر نبود. مدیون لطف و بزرگواری ایشان، هستم و از افتخار شاکردی در محضر ایشان به خود می‌بالم. از استادان مشاور، جناب آقای دکتر جواد حسین زاده فیروزی و جناب آقای دکتر ابوالفضل مجنون‌هریس به دلیل مشاوره‌ها و راهنمایی‌های ارزنده‌شان سپاسگزارم. از داوران محترم پایان‌نامه، آقایان دکتر مرتضی مولانی، دکتر باب‌اله حیاتی و دکتر محمد قهرمان زاده به خاطر نظرات ارزنده و اصلاحات بجای و دلسوزانه‌شان ممنون و سپاسگزارم. از اساتید محترم گروه اقتصاد کشاورزی که در طی این دوره از تحصیلم بارها راهنمایی‌های خویش یاریم نمودند، کمال شکر را دارم.

در پایان زیباترین سپاس‌ها را به خانواده عزیزم که دعای خیرشان همواره حلال مشکلاتم بوده و در فراز و نشیب این مسیر همواره یار و پشتیبانم بوده، تقدیم میدارم و از مهدی، مهربانی و صبوری‌شان بی‌نهایت سپاسگزارم.

فاطمه ثانی

شهریور ۱۴۰۰

نام خانوادگی: ثانی	نام: فاطمه
<b>عنوان رساله:</b> اثرات اقتصادی تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریت منابع آب بر زیر بخش زراعت در حوضه آبریز آجی چای (مطالعه موردی: دشت سراب)	
استاد راهنما: دکتر قادر دشتی اساتید مشاور: دکتر جواد حسین‌زاد فیروزی و دکتر ابوالفضل مجنونی هریس	
مقطع تحصیلی: دکتری	رشته: اقتصاد کشاورزی
گرایش: اقتصاد تولید و مدیریت واحدهای کشاورزی      دانشگاه: تبریز	
دانشکده: کشاورزی	تاریخ فارغ‌التحصیلی: ۱۴۰۰/۶/۳۱
تعداد صفحه: ۱۲۷	
<b>کلیدواژه‌ها:</b> برنامه‌ریزی درجه دوم توأم با ریسک، تغییر اقلیم، حوضه آجی‌چای، مدل هیدرو-اقتصادی، مدیریت منابع آب، WEAP-MABIA.	
<b>چکیده</b> <p>تغییرات اقلیمی مهم‌ترین معضل کره زمین در قرن حاضر است، بنابراین ارزیابی و پیش‌بینی اثرات سوء تغییرات اقلیمی بر منابع آب و محیط طبیعی و همچنین اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از بخش‌های آسیب‌پذیر در اثر تغییر اقلیم منابع آبی می‌باشد که کاهش دسترسی به آب، می‌تواند اثرگذاری شایان توجه اما متفاوت بر سطح زیرکشت، الگوی کشت و عملکرد محصولات در مناطق مختلف یک حوضه آبی داشته باشد. حوضه آجی‌چای یکی از بزرگترین مناطق کشاورزی و مصرف آب در حوضه دریاچه ارومیه است که در سال‌های اخیر به دلیل اثرات تغییر اقلیم و عوامل انسانی، کارکرد خود در تأمین حق‌آبه دریاچه ارومیه را از دست داده است. از این‌رو هدف مطالعه حاضر، بررسی اثرات سناریوهای اقلیمی و سناریوهای مدیریت منابع آب بر مقدار آب در دسترس، الگوی کشت، عملکرد و سود کشاورزان در شهرستان سراب به عنوان یکی از سرشاخه‌های اصلی آجی چای می‌باشد. سناریوهای شبیه‌سازی شده شامل کاهش سهم آب بخش کشاورزی، افزایش راندمان آبیاری و افزایش قیمت آب آبیاری می‌باشند. بدین منظور از مدل هیدرو-اقتصادی مبتنی بر ریسک بهره گرفته شد که در بخش اقتصادی از مدل برنامه‌ریزی ریاضی درجه دوم توأم با ریسک و در بخش هیدرولوژیکی از مدل WEAP-MABIA استفاده گردید. داده‌های مورد نیاز از تکمیل ۲۱۰ پرسشنامه از کشاورزان در سال ۱۳۹۸ جمع‌آوری گردید. برای شبیه‌سازی میزان تغییر اقلیم، دوره ۲۰۱۸-۱۹۸۷ میلادی به عنوان دوره پایه و دوره ۲۰۵۰-۲۰۱۸ به عنوان دوره آتی انتخاب و برای تولید داده‌های روزانه اقلیمی از مدل HadCM3 و ریزمقیاس‌سازی LARS-WG تحت سناریوهای انتشار A2، B1 و A1B استفاده شد. نتایج نشان داد که با وقوع تغییر اقلیم میزان آب در دسترس به صورت میانگین ۱۸/۲ درصد کاهش یافته و موجب کاهش سود و اشتغال بخش کشاورزی شده و الگوی کشت به سمت محصولات با نیاز آبی پایین تغییر خواهد یافت.</p>	

همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که در صورت ثابت ماندن روش‌های مدیریتی در آینده‌ی نزدیک، عملکرد محصولات کاهش چشمگیری خواهد یافت. سناریوی افزایش ۲۰ و ۴۰ درصدی قیمت آب آبیاری به ترتیب سبب افزایش ۵/۹ و ۷/۳ درصدی میزان آب در دسترس شده و با اعمال این سناریو سود کشاورزان به ترتیب ۸/۴ و ۱۰/۳ درصد کاهش می‌یابد. اجرای سناریوی کاهش ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سهم آب بخش کشاورزی به ترتیب موجب کاهش سود کشاورزان به اندازه ۱۹/۳، ۲۴/۳ و ۳۷/۳ درصد می‌گردد که نشان دهنده تغییرات محسوس سود کشاورزان می‌شود. با بهبود راندمان آبیاری به میزان ۲۵ و ۳۵ درصد، سود کشاورزان منطقه به ترتیب ۵/۲ و ۷/۵ درصد و همچنین میزان آب در دسترس ۱۱/۱ و ۱۴/۴ درصد افزایش خواهند یافت که نسبت به سناریوهای افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش سهم آب کشاورزی وضعیت مطلوبتری در سود کشاورزان منطقه را ارائه می‌دهد. بررسی شاخص‌های پایداری در وضعیت فعلی حاکی از ناپایداری منابع آبی بوده و در اثر تغییر اقلیم شرایط وخیم‌تری را تجربه خواهد کرد، به طوری که از ۰/۸۶ در حالت پایه به ۰/۷۲ تحت سناریوی انتشار A۲ می‌رسد. با اعمال سناریوهای مدیریتی، میزان شاخص‌های پایداری نسبت به تغییر اقلیم بهبود یافته و بیشترین افزایش مربوط به سناریوی افزایش راندمان آبیاری می‌باشد. در این سناریو میانگین شاخص پایداری کشاورزی نسبت به تغییر اقلیم ۱۱/۱ درصد افزایش و شاخص کمبود آب آبیاری ۲۶/۶ درصد کاهش می‌یابد که حاکی از بهبود وضعیت پایداری منطقه است. از این رو پیشنهاد می‌شود با بالا بردن راندمان آبیاری که با تغییر تکنولوژی آبیاری همراه می‌باشد، محصولاتی که دارای صرفه‌های اقتصادی می‌باشند را به الگوی کشت اضافه نموده و سود کشاورزان حوضه را افزایش داده و به افزایش شاخص پایداری کشاورزی منطقه کمک کرد.

## فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

### فصل اول - کلیات

۱-۱-مقدمه.....	۲
۲-۱-بیان مسئله.....	۳
۳-۱-اهمیت و ضرورت تحقیق.....	۸
۴-۱-اهداف تحقیق.....	۱۳
۵-۱-سوالات تحقیق.....	۱۳
۶-۱-وضعیت متغیرهای اقلیمی در شهرستان سراب.....	۱۴
۷-۱-وضعیت تولید محصولات زراعی در شهرستان سراب.....	۱۵
۱-۷-۱-سطح زیرکشت و عملکرد گندم آبی و دیم.....	۱۵
۲-۷-۱-سطح زیرکشت و عملکرد جو آبی و دیم.....	۱۷
۳-۷-۱-سطح زیرکشت و عملکرد سیب زمینی.....	۱۸
۴-۷-۱-سطح زیرکشت و عملکرد یونجه.....	۱۹
۵-۷-۱-سطح زیرکشت و عملکرد لوبیا.....	۲۱
۸-۱-جمع بندی.....	۲۲

### فصل دوم - مبانی نظری و پیشینه تحقیق

۱-۲-مقدمه.....	۲۵
۲-۲-مبانی نظری تحقیق.....	۲۵
۱-۲-۲-مفهوم تغییر اقلیم.....	۲۵
۲-۲-۲-مدل های جهانی اقلیم.....	۲۶
۳-۲-۲-مدل های جفت شده ی جوی- اقیانوسی.....	۲۷
۴-۲-۲-انواع مدل های AOGCM.....	۲۸
۵-۲-۲-ریزمقیاس گردانی (ریزگردانی).....	۳۰
۶-۲-۲-مدل ریزمقیاس گردانی LARS-WG.....	۳۰
۷-۲-۲-سناریوهای انتشار.....	۳۲
۳-۲-تعریف ریسک.....	۳۴
۱-۳-۲-نگرش های ریسکی افراد.....	۳۴
۲-۳-۲-قیمت ریسک و معادل قطعی.....	۳۶
۴-۲-چارچوب نظری مدل هیدرو- اقتصادی.....	۳۶
۵-۲-بهینه یابی با استفاده از مدل برنامه ریزی توأم با ریسک.....	۳۸
۱-۵-۲-مبنای تئوریک برنامه ریزی درجه دوم توأم با ریسک.....	۴۰
۶-۲-مدل WEAP.....	۴۱

۴۳	.....پیشینه تحقیق
۴۳	.....۱-۷-۲ مطالعات داخلی
۴۳	.....۱-۱-۷-۲ مطالعات مشابه از نظر موضوع
۴۵	.....۲-۱-۷-۲ مطالعات مشابه از نظر مواد و روش‌ها
۴۸	.....۲-۷-۲ مطالعات خارجی
۴۸	.....۱-۲-۷-۲ مطالعات مشابه از نظر موضوع
۵۰	.....۲-۲-۷-۲ مطالعات مشابه از نظر مواد و روش‌ها
۵۳	.....۸-۲ جمع‌بندی

### فصل سوم- مواد و روش‌ها

۵۶	.....۱-۳ مدل هیدرو-اقتصادی
۵۶	.....۱-۱-۳ مدل اقتصادی
۵۶	.....۱-۱-۱-۳ برنامه‌ریزی درجه دوم همراه با ریسک
۶۳	.....۲-۱-۳ مدل هیدرولوژیکی
۶۵	.....۲-۳ شاخص‌های ارزیابی
۶۵	.....۱-۲-۳ اطمینان‌پذیری
۶۶	.....۲-۲-۳ برگشت‌پذیری
۶۶	.....۳-۲-۳ آسیب‌پذیری
۶۶	.....۳-۳ یکپارچه‌سازی مدل
۶۸	.....۴-۳ سناریوهای مدیریتی منابع آب
۶۹	.....۵-۳ تشریح منطقه مورد مطالعه
۷۱	.....۱-۵-۳ لایه کاربری اراضی حوضه آبریز آجی‌چای در سال ۲۰۱۵
۷۲	.....۲-۵-۳ دشت سراب
۷۳	.....۳-۵-۳ دشت اسفروشان
۷۶	.....۴-۵-۳ دشت دوزدوزان
۷۷	.....۵-۵-۳ دشت مهربان
۷۸	.....۶-۳ جامعه آماری و روش جمع‌آوری اطلاعات
۷۹	.....۷-۳ جمع‌بندی

### فصل چهارم- نتایج و بحث

۸۱	.....۱-۴ مقدمه
۸۱	.....۲-۴ آمار توصیفی
۸۲	.....۳-۴ نتایج برآورد ضریب ریسک‌گریزی
۸۴	.....۴-۴ پیش‌بینی تغییر اقلیم
۸۶	.....۵-۴ اثر تغییر اقلیم بر عملکرد و نیاز آبی محصولات
۸۷	.....۶-۴ اثر تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریتی بر میزان آب در دسترس
۸۹	.....۷-۴ اثر تغییر اقلیم بر الگوی کشت



- ۹۱-۸-۴ اثر سناریوی کاهش سهم آب بخش کشاورزی بر الگوی کشت.....
- ۹۳-۹-۴ اثر سناریوی افزایش قیمت آب آبیاری بر الگوی کشت.....
- ۹۴-۱۰-۴ اثر سناریوی افزایش راندمان آب آبیاری بر الگوی کشت.....
- ۹۵-۱۱-۴ اثر تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریتی بر سود کشاورزان.....
- ۹۹-۱۲-۴ اثر تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریتی بر اشتغال کشاورزان منطقه.....
- ۱۰۰-۱۳-۴ اثر تغییر اقلیم و سناریوهای مدیریتی بر پایداری کشاورزی.....
- ۱۰۷-۱۴-۴ جمع‌بندی.....

### فصل پنجم- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

- ۱۰۹-۱-۵ نتیجه‌گیری.....
- ۱۱۲-۲-۵ پیشنهادها.....
- ۱۱۳-۳-۵ پیشنهادها برای مطالعات آتی.....
- ۱۱۵-فهرست منابع و مأخذ.....

## فهرست اشکال

عنوان.....	صفحه.....
شکل (۱-۱) درصد تغییر در تولید کشاورزی کشورها تا سال ۲۰۵۰ در اثر تغییر اقلیم.....	۹
شکل (۱-۲) روند تغییرات سطح کشت آبی از سال ۱۹۷۶ تا ۲۰۱۱.....	۱۱
شکل (۲-۱) ساختار افقی و قائم مدل جفت‌شده جوی-اقیانوسی مدل HadCM۳.....	۲۹
شکل (۲-۲) وضعیت چهار خانواده سناریوی SRES.....	۳۳
شکل (۱-۳) مرز کارا در فضای ریسک و بازدهی (E-V).....	۵۹
شکل (۳-۲) تقریب ضریب ریسک‌گریزی مطلق کشاورزان.....	۵۹
شکل (۳-۳) نمای مدل بارش رواناب روزانه MABIA در WEAP.....	۶۴
شکل (۴-۳) نمای کلی مدل هیدرو-اقتصادی (H-E).....	۶۷
شکل (۳-۵) شمائی کلی از حوضه آبریز آجی‌چای، موقعیت آن در حوضه دریاچه ارومیه.....	۷۰
شکل (۳-۶) شمائی از ساختار و سیستم طبیعی سرشاخه حوضه آبریز آجی‌چای.....	۷۱
شکل (۳-۷) نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۵ حوضه آبریز آجی‌چای.....	۷۱
شکل (۳-۸) موقعیت منطقه کشاورزی سراب در حوضه آجی‌چای.....	۷۲
شکل (۳-۹) موقعیت منطقه کشاورزی اسبفروشان شرقی در حوضه آجی‌چای.....	۷۴
شکل (۳-۱۰) موقعیت منطقه کشاورزی اسبفروشان غربی در حوضه آجی‌چای.....	۷۵
شکل (۳-۱۱) موقعیت منطقه کشاورزی دوزدوزان در حوضه آجی‌چای.....	۷۶
شکل (۳-۱۲) موقعیت منطقه کشاورزی مهربان ۱ در حوضه آجی‌چای.....	۷۷

## فهرست نمودارها

عنوان.....	صفحه.....
نمودار (۱-۱) تغییرات سطح زیرکشت آبی در حوضه آجی چای.....	۶.....
نمودار (۱-۲) تغییرات هر کلاس کشاورزی دشت سراب در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵.....	۷.....
نمودار (۱-۳) روند تغییرات میانگین دمای سالانه شهرستان سراب طی سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۰.....	۱۴.....
نمودار (۱-۴) روند تغییرات میانگین مجموع بارش سالانه شهرستان سراب طی سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۰.....	۱۵.....
نمودار (۱-۵) سطح زیرکشت گندم آبی و دیم شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۶.....
نمودار (۱-۶) عملکرد گندم آبی و دیم شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۶.....
نمودار (۱-۷) سطح زیرکشت جو آبی و دیم شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۷.....
نمودار (۱-۸) عملکرد جو آبی و دیم شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۸.....
نمودار (۱-۹) سطح زیرکشت محصول سیب‌زمینی شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۹.....
نمودار (۱-۱۰) عملکرد محصول سیب‌زمینی در شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۱۹.....
نمودار (۱-۱۱) سطح زیرکشت محصول یونجه شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۲۰.....
نمودار (۱-۱۲) عملکرد محصول یونجه شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۲۱.....
نمودار (۱-۱۳) سطح زیرکشت محصول لوبیا شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۲۱.....
نمودار (۱-۱۴) عملکرد محصول لوبیا شهرستان سراب طی سال‌های ۱۳۶۹-۹۸.....	۲۲.....
نمودار (۲-۱) منحنی مطلوبیت افراد براساس نگرش‌های ریسکی.....	۳۵.....
نمودار (۴-۱) سهم هریک از محصولات در الگوی کشت منطقه در سناریوی افزایش قیمت آب آبیاری.....	۹۴.....
نمودار (۴-۲) سهم هریک از محصولات در الگوی کشت منطقه در سناریوی افزایش راندمان آب آبیاری.....	۹۵.....
نمودار (۴-۳) شاخص سود کشاورزان منطقه تحت سناریوهای اقلیمی و مدیریت منابع آب.....	۹۹.....
نمودار (۴-۴) مقایسه شاخص پایداری کشاورزی تحت سناریوهای اقلیمی و مدیریت منابع آب.....	۱۰۶.....
نمودار (۴-۵) اثر سناریوهای مدیریت منابع آب بر شاخص کمبود آب آبیاری تحت تغییر اقلیم.....	۱۰۷.....

## فهرست جداول

عنوان.....صفحه

جدول (۲-۱) مشخصات مدل HadCM۳.....	۲۹
جدول (۲-۲) مشخصات سناریوهای انتشار SRES در سال ۲۱۰۰ نسبت به ۱۹۹۰.....	۳۴
جدول (۳-۲) سطح زیرکشت آبی محصولات مختلف به همراه میزان آب مصرفی آنها در دشت سراب.....	۷۳
جدول (۳-۳) سطح زیرکشت آبی محصولات مختلف به همراه میزان آب مصرفی آنها در اسفروشان شرقی.....	۷۴
جدول (۳-۴) سطح زیرکشت آبی محصولات مختلف به همراه میزان آب مصرفی آنها در اسفروشان غربی.....	۷۵
جدول (۳-۵) سطح زیرکشت آبی محصولات مختلف به همراه میزان آب مصرفی آنها در دوزدوزان.....	۷۶
جدول (۳-۶) سطح زیرکشت آبی محصولات مختلف به همراه میزان آب مصرفی آنها در مهریان ۱.....	۷۷
جدول (۴-۲) میانگین سطح زیرکشت محصولات مختلف طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۲ (هکتار).....	۸۱
جدول (۴-۲) میانگین و شاخص‌های پراکندگی بازده ناخالص تولیدات کشاورزی طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۲.....	۸۲
جدول (۴-۳) ماتریس ضرایب همبستگی بازده ناخالص محصولات.....	۸۲
جدول (۴-۴) ضریب ریسک‌گریزی مطلق، نسبی و حق بیمه اجتناب از ریسک کشاورزان شهرستان سراب.....	۸۳
جدول (۴-۵) میانگین و درصد توزیع ریسک‌گریزی براساس مناطق.....	۸۴
جدول (۴-۶) مقادیر شاخص‌های ارزیابی مدل برای دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی.....	۸۵
جدول (۴-۷) درصد تغییرات عملکرد و نیاز آبی محصولات در اثر تغییر اقلیم.....	۸۷
جدول (۴-۸) درصد تغییرات میزان آب در دسترس در سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری.....	۸۸
جدول (۴-۹) درصد تغییرات سطح زیر کشت محصول در اثر تغییر اقلیم.....	۹۰
جدول (۴-۱۰) درصد تغییرات سطح زیرکشت در سناریوهای کاهش سهم آب بخش کشاورزی.....	۹۲
جدول (۴-۱۱) درصد تغییرات سود کشاورزان در سناریوی کاهش سهم آب بخش کشاورزی نسبت به سناریو مرجع.....	۹۶
جدول (۴-۱۲) درصد تغییرات سود کشاورزان در سناریوی افزایش قیمت آب آبیاری نسبت به سناریوی مرجع.....	۹۷
جدول (۴-۱۳) درصد تغییرات سود کشاورزان در سناریوی افزایش راندمان آبیاری نسبت به سناریوی مرجع.....	۹۸
جدول (۴-۱۴) درصد تغییرات میزان اشتغال در سناریوهای قیمتی و غیرقیمتی آب آبیاری.....	۱۰۰
جدول (۴-۱۵) مقادیر شاخص پایداری کشاورزی مناطق کشاورزی در حالت پایه.....	۱۰۱
جدول (۴-۱۶) معیارهای اطمینان‌پذیری، برگشت‌پذیری و آسیب‌پذیری برای مناطق کشاورزی.....	۱۰۲
جدول (۴-۱۷) ارزیابی شاخص پایداری کشاورزی و کمبود آب آبیاری برای مناطق کشاورزی.....	۱۰۴

# فصل اول

## کلیات

## ۱-۱- مقدمه

تغییر اقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی قرن ۲۱ همواره مورد توجه دانشمندان و پژوهشگران بوده است. تغییرات اقلیم بر بخش‌های مختلف اقتصادی مانند کشاورزی، جنگلداری، آب، صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه اثر می‌گذارد (کمفرت<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹)؛ اما در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش اقتصادی به اقلیم است و اقلیم تعیین‌کننده اصلی مکان، منابع، تولید و بهره‌وری فعالیت‌های کشاورزی است و انتظار می‌رود با ادامه روند فعلی گرمایش زمین، تولید در بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت در ۵۰ سال آینده محدود شود (کاتیولی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸). به عبارت دیگر می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بروز هرگونه تغییر احتمالی اقلیمی در آینده، تولیدات کشاورزی را در سطوح مختلف دستخوش تغییرات جدی کرده و منجر به افت بهره‌وری عوامل تولید، کاهش درآمد کشاورزان، پایین آمدن سطح زیرکشت و شاغلین بخش کشاورزی می‌شود. از آنجایی که کشاورزی فعالیت اقتصادی است که هدف آن تولید غذا و در نتیجه امنیت غذایی حال و آینده می‌باشد، تغییر اقلیم می‌تواند این امنیت را با مخاطره روبرو سازد (فائو<sup>۳</sup>، ۲۰۱۳).

حوضه آبی‌چای یکی از بزرگترین مناطق کشاورزی و مصرف آب در حوضه دریاچه ارومیه است که در سال‌های اخیر با گسترش و توسعه بهره‌برداری از این منابع، کارکرد خود را در تأمین حق‌آبه دریاچه ارومیه از دست داده و جزو کانون‌های بروز بحران در دریاچه قلمداد شده است. براساس آمار ایستگاه آب‌سنجی سرین‌دیزج (ایستگاه خروجی حوضه) متوسط بلندمدت جریان سالانه خروجی از حوضه آبی-چای (۹۵-۱۳۶۵) MCM ۲۳۰ می‌باشد. لازم بذکر است که متوسط جریان سالانه خروجی از حوضه طی دوره ۷۶-۱۳۶۵ (می‌توان گفت قبل از روند کاهشی سطح دریاچه) MCM ۳۶۰ و طی دوره ۹۵-۱۳۷۷ MCM ۱۰۰ می‌باشد. در حالی که براساس آخرین مصوبه وزارت نیرو در سال ۱۳۹۶ حقایق زیست‌محیطی دریاچه که باید از حوضه آبی‌چای تأمین گردد سالانه MCM ۲۲۰ است که به اندازه MCM ۱۲۰ بیشتر از متوسط جریان سالانه خروجی از حوضه است که بایستی تأمین گردد (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸).

نیاز آبی حوضه با توسعه منطقه و تغییرات اقلیمی در حال افزایش است و در شرایط خشکسالی حوضه‌های دیگر، انتقال آب از آن‌ها برای نیازهای شرب و کشاورزی ممکن است محدود گردد که نتیجه آن فشار مضاعف به منابع حوضه آبریز آبی‌چای جهت تأمین آب مورد نیاز خواهد بود. در این خصوص سناریوهای مدیریتی از جمله کم‌آبیاری محصولات کشاورزی، کاهش سهم آب بخش کشاورزی، افزایش

<sup>۱</sup> Kemfert<sup>۲</sup> Cattivelli et al<sup>۳</sup> FAO

راندمان آبیاری و تغییر الگوی کشت به سمت محصولات کم‌آب‌بر می‌تواند در کاهش میزان مصرف آب و به‌ویژه دستیابی به تعادل منابع آبی حوضه آبریز آجی‌چای مؤثر باشند.

با وجود این‌که حل کامل کسری مخزن در این منطقه بسیار مشکل به نظر می‌رسد، ولی با بررسی وضعیت کنونی منابع آب و نیز ارزیابی راهکارها و استراتژی‌های مختلف می‌توان به جلوگیری از تشدید بحران و حرکت به سمت تعادل در حوضه آبریز آجی‌چای امیدوار بود. این کار تنها با جامع‌نگری و لحاظ نمودن کلیه مؤلفه‌های تأثیرگذار و تأثیرپذیر در وضعیت منابع آب ممکن خواهد شد.

مطالب پژوهش حاضر در پنج فصل ارائه گردیده است. در فصل اول بیان مسأله، ضرورت و اهمیت موضوع، اهداف و سوالات تحقیق ذکر شده و در پایان نیز خلاصه‌ای از وضعیت تولید محصولات زراعی منطقه ارائه می‌گردد. در فصل دوم ابتدا مبانی نظری تحقیق حاضر بیان شده و سپس در قسمت پیشینه تحقیق به بررسی مطالعات مشابه داخلی و خارجی پرداخته می‌شود. فصل سوم به معرفی مدل‌های اقتصادی و هیدرولوژیکی اختصاص داده شده و در فصل چهارم نتایج حاصل از خروجی‌های مدل‌های فصل سوم و تفاسیر آن‌ها مدنظر قرار می‌گیرد. در نهایت فصل پنجم نیز نتیجه‌گیری کلی و پیشنهادات حاصل از نتایج را ارائه می‌کند.

## ۱-۲- بیان مسئله

تغییرات اقلیمی جهانی در طول دهه‌های گذشته همواره موضوع بحث بوده است. از مهم‌ترین اثرات وقوع تغییرات اقلیمی اثر آن بر چرخه هیدرولوژی و سیستم‌های منابع آب از طریق تأثیر بر کمیت و کیفیت آب و میزان عرضه و تقاضا است. تغییر اقلیم کاهش منابع آب رودخانه‌ای، وقوع دوره‌های خشکسالی پی در پی و افزایش پیک سیلاب را نیز در پی داشته است (یایمر و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۹). تأثیر منفی تغییرات اقلیمی در آینده به سبب نگرش جوامع بر توسعه سریع صنعت و توجه کمتر به محیط‌زیست می‌تواند شدت گرفتن آن را به دنبال داشته باشد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که این پدیده می‌تواند بر سیستم‌های مختلف شامل منابع آب، کشاورزی، محیط‌زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد اثرات منفی داشته باشد (صمدی و مساح‌بوانی، ۱۳۸۷). تغییرات در الگوهای اقلیمی به‌ویژه دما و بارندگی به عنوان یک نتیجه‌ی منطقی از افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای ممکن است فرایندهای هیدرولوژیکی، منابع آب موجود و آب در دسترس برای کشاورزی، شرب، صنعت، زندگی جانوری در رودخانه و دریاچه‌ها و نیروی برقی را تحت تأثیر قرار دهد (انگل و مکیننی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۹).

<sup>۱</sup> Yimer et al

<sup>۲</sup> Ingol and Mckinney

افزایش غلظت گاز کربنیک و اثبات نظریه اثر گلخانه‌ای که براساس آن نوع و ترکیب گازهای موجود در اتمسفر به شدت بر دمای کره زمین تاثیر می‌گذارد، حقایق انکارناپذیر است که وقوع تغییرات آینده اقلیمی را محتمل ساخته‌اند (ریلی و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳). سناریوهای موجود در مورد افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر، برآوردهای مختلفی را از تغییرات دما در آینده ارائه کرده‌اند. با وجودی که مقیاس زمانی برآورد در بروز اختلاف بین پیش‌بینی‌ها موثر است (استرلینگ و همکاران<sup>۲</sup>، ۱۹۹۸)، ولی مدل‌های مختلف گردش عمومی افزایش دمای کره زمین برای سال ۲۰۶۰ میلادی را بین ۲ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد برآورد کرده‌اند (پاو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۰۰). همچنین موسسه بین‌دولتی تغییرات اقلیم<sup>۴</sup> (IPCC) پیش‌بینی می‌کند که اگر اوضاع جهان به همین صورت باقی بماند، متوسط درجه حرارت کره زمین در خلال قرن حاضر ۴/۱ تا ۸/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. این پیش‌بینی مربوط به درجه حرارت متوسط کره‌زمین است و انتظار می‌رود که این افزایش در خشکی بسیار بیشتر از اقیانوس-ها، در عرض جغرافیایی بالاتر، بسیار بیشتر از مناطق استوایی و در بخش‌های داخلی قاره‌ها بیشتر از نواحی ساحلی باشد (طراوتی، ۱۳۸۵).

پدیده تغییر اقلیم در عرض‌های جغرافیایی که کشور ایران در آن واقع شده است، بیشترین آثار منفی را دارد؛ چراکه ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک جغرافیایی و نوار بیابانی، جزو مناطق کم‌باران با بارندگی سالیانه ۲۲۶ میلی‌متر (یک سوم بارندگی جهان) و توزیع مکانی نامنظم بارش (بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در ۲۸ درصد کشور) طبقه‌بندی می‌شود. خشکسالی‌هایی که از نیمه دهه ۱۳۷۰ بر کشور سیطره افکنده، افزایش ملموس دما، کاهش نزولات جوی، کاهش رواناب رودخانه‌ها، خشک شدن تالاب‌های کشور و در راس آن دریاچه ارومیه و کاهش سطح جنگلی کشور در ارتفاعات البرز و زاگرس از مصادیق آن هستند (مرید و عبدالمنافی، ۱۳۹۲).

در گزارش سال ۲۰۰۷ موسسه بین‌دولتی تغییرات اقلیم، اطلاعات پنج ایستگاه هواشناسی با حداقل ۱۰۰ سال داده برای ایران تحلیل شده است که نتایج آن برای همه ایستگاه‌ها افزایش معنی‌دار در میانگین دمای سالانه را نشان می‌دهد (IPCC، ۲۰۰۷). پیش‌بینی‌های این مؤسسه برای ایران تحت سناریوهای تغییر اقلیم، بیانگر افزایش متوسط درجه حرارت تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۳۰ سال آینده و ۳/۵ الی ۴ درجه سانتی‌گراد تا صد سال آینده است که در این صورت بارندگی نیز افت محسوسی خواهد داشت؛ ضمن اینکه افزایش درجه حرارت به افزایش قابل توجه تبخیر و تعرق سالانه منجر خواهد شد (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲).

<sup>۱</sup> Reilly et al

<sup>۲</sup> Easterling et al

<sup>۳</sup> Pauw et al

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



منابع آبی یکی از بخش‌های آسیب‌پذیر در اثر تغییر اقلیم می‌باشد، تغییر در بارندگی، رطوبت، دبی رودخانه و تبخیر و تعرق بیش‌ترین آسیب را بر منابع آب گذاشته (رگتب و پرودهوم<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲) و این آسیب‌ها به همراه رشد جمعیت و توسعه اقتصادی-اجتماعی افزایش خواهد یافت. به همین دلیل کم‌آبی و خشکسالی و پیامدهای نامطلوب آن بر منابع طبیعی، تولیدات کشاورزی، توسعه اقتصادی و اجتماعی یکی از چالش‌های اساسی ایران و سایر مناطق مستعد خشکسالی محسوب می‌شود (لیو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸).

بخش کشاورزی به عنوان بزرگترین مصرف‌کننده آب (بیش از ۹۰ درصد) تأمین‌کننده غذا و الیاف در جهان می‌باشد، بنابراین امنیت غذایی جوامع به طور مستقیم تحت تأثیر منابع آبی است (استیو و همکاران<sup>۳</sup>، ۲۰۱۵). توسعه ناپایدار و عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و تشدید آن در شرایط تغییر اقلیم از جمله مسائل مهم در مدیریت منابع آب کشور محسوب می‌گردد. این موضوع لزوم توجه به اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب تجدیدپذیر و مصارف آبی را آشکار می‌سازد.

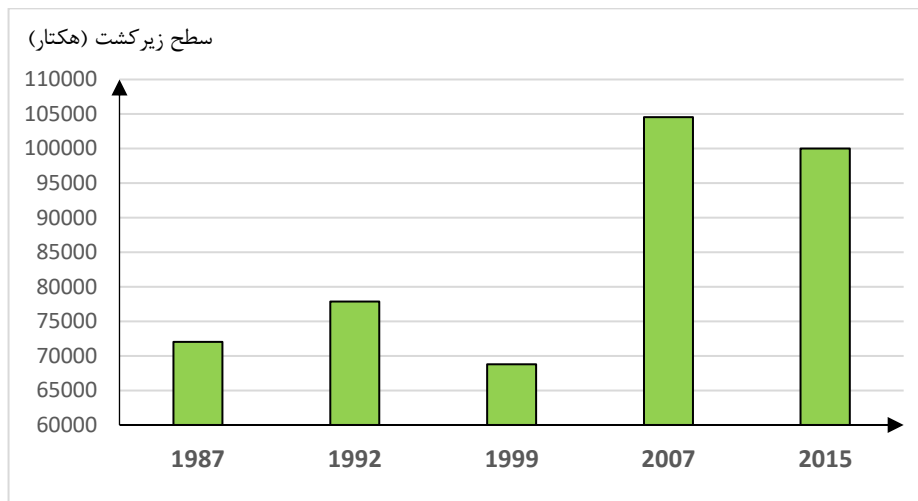
تغییر در پارامترهای اقلیمی به‌ویژه افزایش دما و کاهش بارش در تداوم خشکی دریاچه ارومیه تأثیرگذار بوده است. بررسی‌ها بیانگر این است که علاوه بر افزایش دما، میزان بارش در سطح حوضه نیز با کاهش قابل ملاحظه‌ای مواجه گردیده است. تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر در حوضه آبریز دریاچه ارومیه کاهش یافته است. این خود می‌تواند یکی از دلایل کاهش رواناب در حوضه دریاچه ارومیه باشد.

آجی‌چای با مساحتی بالغ بر ۱۲۶۰۰ کیلومتر مربع بعد از حوضه زرينه‌رود و سيمينه‌رود بزرگ‌ترین زیرحوضه دریاچه ارومیه به شمار می‌آید. همانطور که در نمودار (۱-۱) نشان داده شده است، براساس لایه‌های کاربری اراضی بدست آمده از تصاویر ماهواره‌ای، مساحت کشت آبی حوضه آجی‌چای از ۷۲۰۰۵ هکتار در سال ۱۹۸۷ تا مساحت ۱۰۰۰۳۰ هکتار در سال ۲۰۱۵ افزایش یافته است. البته بیشترین مساحت کشت آبی براساس لایه‌های کاربری تهیه شده برابر ۱۰۴۵۴۹ هکتار در سال ۲۰۰۷ و کمترین مساحت کشت آبی برابر ۶۸۸۰۲ هکتار در سال ۱۹۹۹ بوده است. کاهش مساحت کشت آبی در سال ۱۹۹۹ مربوط به خشکسالی شدید و سراسری حوضه در این سال می‌باشد. براساس لایه‌های کاربری بدست آمده، کشت آبی در حوضه آجی‌چای از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ برابر با ۲۸۱۵۶ هکتار افزایش یافته است (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸).

<sup>۱</sup> Ragab & Prodhomme

<sup>۲</sup> Liu et al

<sup>۳</sup> Esteve et al

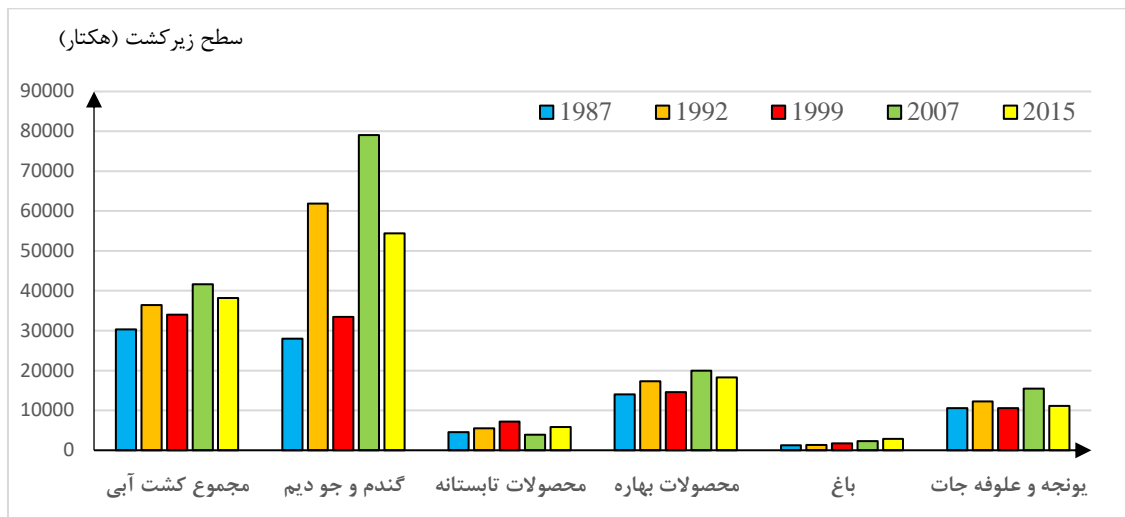


نمودار (۱-۱) تغییرات سطح زیرکشت آبی در حوضه آبی چای

مأخذ: ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸

وسعت اراضی کشاورزی در حوضه آبریز آبی چای تقریباً ۳۰ درصد کل اراضی کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. هر یک از شهرستان‌های تبریز، سراب، بستان‌آباد، هریس، آذرشهر، اسکو و شبستر به ترتیب ۲۳، ۳۸، ۱۲، ۸، ۷، ۳ و ۲ درصد از کل مساحت کشت‌های آبی حوضه آبی چای را در سال ۲۰۱۵ را به خود اختصاص داده‌اند. تمرکز کشاورزی آبی در شهرستان‌های تبریز و سراب ۶۱ درصد بوده و شهرستان سراب به عنوان مرکز اصلی کشاورزی حوضه آبی چای شناخته می‌شود. بیشترین مساحت باغ نیز مربوط به شهرستان‌های تبریز، آذرشهر، سراب و اسکو است که به ترتیب ۲۸، ۱۷، ۱۶ و ۱۵ درصد از مساحت کل باغ حوضه را تشکیل می‌دهند (سازمان جهاد کشاورزی استان آذربایجان شرقی، ۱۴۰۰). بر این اساس شهرستان سراب با دارا بودن ۱۶ سرشاخه اصلی آبی چای، نسبت به شهرستان‌های دیگر نقش بیش‌تری در تولیدات زراعی و باغی و در نتیجه مصرف آب کشاورزی دارد. این دشت در سال ۱۳۹۵ حدوداً دارای ۴۸۱۰۰ هکتار اراضی زراعی آبی (حدود ۳۸ درصد اراضی آبی حوضه آبریز آبی چای)، ۲۶۷۰ هکتار باغ آبی (حدود ۱۶ درصد باغات حوضه آبریز آبی چای) و ۶۲۲۰۰ هکتار اراضی دیم (حدود ۳۲ درصد از اراضی دیم حوضه آبریز آبی چای) می‌باشد. الگوی کشت آبی این محدوده شامل گندم، جو، یونجه، اسپرس، سیب‌زمینی، انواع جالیز (خیار، گوجه‌فرنگی و ...) و حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) و الگوی باغی آن شامل سیب، خشکبار (عمدتاً گردو)، انواع میوه‌های هسته‌دار (زردآلو، آلبالو و ...)، و گونه‌های غیرمثمر می‌باشند.

تغییرات سطح زیرکشت هر یک از پنج کلاس کشاورزی (گندم و جو دیم، محصولات تابستانه، محصولات بهاره، باغ، یونجه و سایر علوفه‌جات) شهرستان سراب با استفاده از لایه‌های کاربری اراضی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ در نمودار (۱-۲) نشان داده شده است (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸).



### نمودار (۱-۲) تغییرات هر کلاس کشاورزی شهرستان سراب در سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵

مأخذ: ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۸

با توجه به نمودار (۱-۲)، مجموع کشت آبی شهرستان سراب از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ در حدود ۷۸۲۵ هکتار افزایش یافته است. البته بیشترین مساحت کشت شده در پنج دوره بررسی شده مربوط به سال ۲۰۰۷ و کمترین آن در سال ۱۹۸۷ می‌باشد. در طی دوره‌های مورد بررسی سطح زیرکشت گندم و جو دیم، محصولات بهاره و باغی دارای روند صعودی هستند.

نتایج پژوهش‌های گوناگون بیانگر وقوع تغییر اقلیم در حوضه آبریز آجی‌چای و تأثیر آن بر منابع آب این حوضه در افق ۱۰۰ ساله است (زاهدی و همکاران، ۱۳۸۶؛ صالحی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ساری صراف همکاران، ۱۳۹۴). دشت سراب نیز از این قاعد مستثنی نبوده و پیش‌بینی می‌شود که تحت تأثیر تغییر اقلیم در دوره آتی دما بین ۰/۳ تا ۰/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و بارش‌های تابستانه بین ۳ تا ۱۶ درصد کاهش یابد (احمدی‌فر و همکاران، ۱۳۹۹). اگرچه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی مدیریت و تغییر در فاکتورهایی مانند آبیاری، خاک، رقم، محصول، تکنولوژی‌های مورد استفاده و بهینه‌سازی الگوی کشت مطابق با اقلیم در کشت محصولات زراعی می‌توانند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد و عملکرد محصولات کشاورزی و تولید پایدار مواد غذایی نقش به‌سزایی داشته باشد (ازکان و آکائوز<sup>۱</sup>، ۲۰۰۲).

تخفیف<sup>۲</sup> و سازگاری<sup>۳</sup> دو روش شناخته شده برای کاهش اثرات منفی تغییر اقلیم می‌باشد که استراتژی‌های تخفیف به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مدیریتی مختلف از قبیل کاهش کاربرد کودهای شیمیایی (ورج و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۷)، مکانیزاسیون، کشت و کار گیاهان زراعی با

<sup>۱</sup> Ozkan & Akcaoz

<sup>۲</sup> Mitigation

<sup>۳</sup> Adaptation

<sup>۴</sup> Vergé et al

هدف تولید سوخت‌های زیستی (پالسون و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱؛ اگلی و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۵؛ فالون و بت<sup>۳</sup>، ۲۰۱۰)، حرکت به سمت کشاورزی ارگانیک (شیفرا و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۰۹) و غیره اشاره دارد. منظور از سازگاری نیز استراتژی‌هایی است که رشد و نمو گیاه طوری تنظیم شود که کمتر در معرض تغییرات اقلیمی به وقوع پیوسته قرار گیرد (روزنویک و توبیلو<sup>۵</sup>، ۲۰۰۷). راهکارهای سازگاری بسته به سیستم کشاورزی، منطقه و سناریوهای تغییر اقلیمی متفاوت می‌باشد. از جمله این استراتژی‌ها می‌توان به تغییر تاریخ کاشت، تراکم کاشت (بیندی و اولسن<sup>۶</sup>، ۲۰۰۰؛ ترنکا و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۴)، استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرمتر، تغییر در تناوب کشت و سناریوهای مدیریت آبیاری (از جمله افزایش راندمان آبیاری، افزایش قیمت آب آبیاری و کاهش سهم آب بخش کشاورزی) و در نتیجه تغییر الگوی کشت محصولات هر منطقه اشاره کرد (اسمیت و اسکینر<sup>۸</sup>، ۲۰۰۲؛ توبیلو و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۲).

تغییر در الگوی کشت منطقه نیز نیازمند بررسی وضعیت منطقه از جهت سطح زیرکشت، شرایط اقلیمی، دسترسی به منابع آبی، دسترسی به بازار، نیازهای منطقه، هزینه‌های تولید و سایر محدودیت‌های تولید است که با تغییر هر یک از این شرایط در وضعیت موجود، عملکرد و سطح تولیدی محصولات در الگوی کشت تغییر پیدا می‌کند. برای حل مسائل مربوط به آب مانند پدیده تغییر اقلیم، مدل‌های چندبعدی بهتر از مدل‌های تک‌بعدی می‌تواند کارساز باشد. مدل‌های چندبعدی اثرات دقیق این پدیده را بهتر نشان خواهد داد و باعث برنامه‌ریزی و مدیریت دقیق‌تر اثرات آن خواهد شد. در این راستا تلاش شده از مدل هیدرو-اقتصادی<sup>۱۰</sup> استفاده گردد تا نتایج دقیق‌تری بدست آید، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر تغییر اقلیم و سیاست‌های مدیریت منابع آب بر الگوی کشت، منابع آب و سود کشاورزان منطقه صورت گرفته است.

### ۱-۳- اهمیت و ضرورت تحقیق

تولید محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل مختلفی می‌باشد که عوامل طبیعی و نهاده‌های تولید از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌باشند. تغییرات عوامل طبیعی خارج از کنترل مدیران بوده و به طرز محسوسی تولید فراورده‌های کشاورزی را تحت تأثیر قرار داده و آن را با ریسک مواجه می‌سازد. همچنین آب یکی از مهم‌ترین نهاده‌های تولیدی می‌باشد که در سال‌های اخیر به یکی از نهاده‌های پرتنش تبدیل

<sup>۱</sup> Powlson et al

<sup>۲</sup> Ogle et al

<sup>۳</sup> Falloon & Betts

<sup>۴</sup> Shiferaw

<sup>۵</sup> Rosenzweig & Tubiello

<sup>۶</sup> Bindi & Olesen

<sup>۷</sup> Trnka et al

<sup>۸</sup> Smit & Skinner

<sup>۹</sup> Tubiello

<sup>۱۰</sup> Hydro-Economic