

کارگاه فنی  
اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب  
۲۴ بهمن ماه ۱۳۸۶

تحلیل ریسک تغییر در نیاز آبی محصولات کشاورزی در اثر پدیده تغییر اقلیم  
در شبکه آبیاری زاینده رود

نازنین شاه کرمی<sup>۱</sup>، سعید مرید<sup>۲</sup>، علیرضا مساح بوانی<sup>۳</sup>، هدایت فهمی<sup>۴</sup>

۱- چکیده

یکی از تبعات بارز تغییر اقلیم، تاثیر آن بر نیاز آبی محصولات کشاورزی می باشد که می تواند مدیریت منابع آب را با چالش های جدی همراه سازد. در این تحقیق، با استفاده از مدل های AOGCM<sup>۵</sup> گزارش سوم IPCC<sup>۶</sup> شامل CCSR، CGCM2، CSIRO-MK2، ECHAM4، GFDL-R30، HadCM3 و NCAR-DOE PCM (سناریوی انتشار A2)، اثرات ناشی از سناریوهای اقلیمی دما و بارندگی تا افق سال ۲۱۰۰ بر نیاز آبی چهار محصول عمده در حوضه زاینده رود شامل گندم، جو، چغندر قند و سیب زمینی بررسی شده است. در تعیین سناریوهای تغییر اقلیم، به دلیل عدم قطعیت ناشی از بکارگیری مدل های فوق، محدوده تغییرات دما و بارندگی ماهیانه آنها برای دوره های آتی بکار گرفته شد. سپس به منظور تحلیل عدم قطعیت و ریسک، سری زمانی ماهیانه دما و بارندگی تا افق ۱۰۰ ساله به تعداد نمونه های لازم (۱۰۰۰ نمونه) تولید گردید و در ادامه نیز با استفاده از یک مدل، نیاز آبی متعاقب آنها و ریسک تغییرات در تقاضای آبی چهار گیاه فوق بررسی شد. نتایج حاکی از افزایش معنی دار تقاضا در آب بخش کشاورزی است، ضمن اینکه سیب زمینی حساسیت کمتری را به این پدیده از خود نشان می دهد.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، عدم قطعیت، نیاز آبی گیاهان، حوضه زاینده رود

۱- دانشجوی دکتری سازه های آبی دانشگاه تربیت مدرس

۲- گروه سازه های آبی دانشگاه تربیت مدرس

۳- گروه آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران (پروفسور ابرویرحان)

۴- شرکت سهامی مدیریت منابع آب وزارت نیرو

5- Atmospheric-Ocean General Circulation Model

6- Intergovernmental Panel of Climate Change

## ۲- مقدمه

یکی از اثرات بارز تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی است. در کشور ما نیز از آنجائیکه این بخش عمده ترین مصرف کننده آب است، لذا مطالعه و ارزیابی آن می‌تواند در جهت کاهش اثرات منفی تغییر این پدیده، بسیار موثر و حائز اهمیت باشد. چنین بررسی‌هایی در دیگر کشورها نیز مورد توجه زیادی بوده است. در تحقیق Rosenweig و همکاران (۲۰۰۴) به بحث اثرات تغییر اقلیم بر میزان آب مورد تقاضای محصول و آب در دسترس برای آبیاری پرداخته و اثرات این تغییرات بر تقاضای آب بخش‌های صنعتی و شهری را ارزیابی نمودند. آنها گزینه‌های تطبیق را برای حفظ اطمینان‌پذیری<sup>۱</sup> سیستم بررسی کرده و به منظور ارزیابی استراتژی‌های تطبیق در بخش‌های کشاورزی و منابع آب، روش‌هایی را برای ادغام سناریوهای تغییر اقلیم با مدل‌های هیدرولوژی، کشاورزی و مدیریتی پیشنهاد دادند. این مطالعه برای مناطق اصلی کشاورزی در آرژانتین، برزیل، چین، مجارستان، رومانی و آمریکا با استفاده از طرح‌های مربوط به تغییر اقلیم، تولید کشاورزی، جمعیت، تکنولوژی و رشد GDP<sup>۲</sup> انجام شد. شاخص‌های ارزیابی در این تحقیق شامل مقادیر برآورد شده رواناب، مجموع تقاضای آب بخش‌های صنعتی، شهری و کشاورزی، میزان تقاضای تأمین شده، اطمینان‌پذیری (در صد سال‌هایی که تقاضای آب تأمین شده است) و نسبت تقاضا به رواناب بود. جهت انجام اقدامات تطبیقی راهکارهایی چون تغییر در برنامه‌ریزی کاشت، استفاده از واریته‌های مقاومتر و تغییر تکنولوژی بررسی و ارزیابی شد.

در مرکز تغییر اقلیم کالیفرنیا نیز تحقیقی در این خصوص توسط Joyce و همکاران (۲۰۰۶) انجام شد. هدف مشخص آن، شناخت اثرات تغییر اقلیم بر سه مولفه اصلی هیدرولوژی حوضه (مقادیر جریان ورودی سالیانه به مخازن، تغییرات زمانی جریان رودخانه و استمرار خشکسالی) و سپس تاثیر اقدامات تطبیق در بهبود وضعیت این سه مولفه در آینده بود. در بررسی اثرات تغییر اقلیم، فرض گردید که وضعیت الگوی کشت و تکنولوژی آبیاری در طول ۱۰۰ سال آینده (تا سال ۲۱۰۰) بدون تغییر باقی بماند که این حالت منجر به کاهش شدید در تحویل آب سطحی و افزایش پمپاژ از آب زیرزمینی خواهد شد. سپس به منظور ارزیابی استراتژی‌های تطبیق، تاثیر افزایش راندمان آبیاری و تغییر الگوهای کشت در بهبود وضعیت تأمین آب با استفاده از مدل جامع WEAP بررسی شد. اعمال این راهکارها سبب کاهش تقاضای آب در بخش کشاورزی گردید. همچنین بررسی‌ها نشان دهنده کاهش مقدار پمپاژ آب زیرزمینی مابین سال‌های ۲۰۷۰ تا ۲۱۰۰ بود. از طرفی با کاهش تقاضای آب بخش کشاورزی، تحویل آب به بخش شهری که با افزایش تقاضا مواجه بود، نیز از اطمینان‌پذیری بیشتری برخوردار خواهد شد. موارد مشابهی نیز توسط Payne و همکاران (۲۰۰۴)، Quinn و همکاران (۲۰۰۴)، و Varanou و همکاران (۲۰۰۲) انجام شده است.

تحقیق حاضر نیز با هدف مشابهی تنظیم شده است تا تاثیر پدیده تغییر اقلیم را بر تقاضای آب کشاورزی ارزیابی نماید و در ادامه و کارهای بعدی به بحث تطبیق بپردازد. ولی این تفاوت با بیشتر تحقیقات قبلی

1- Reliability

2- Gross Domestic Product

وجود دارد که این تحقیق بحث ریسک را در خود جای داده، طیف متنوعی از داده‌های مدل‌های GCM را مورد استفاده قرار می‌دهد.

منطقه مطالعاتی این تحقیق، شبکه آبیاری محدوده رودخانه زاینده رود در نظر گرفته شده است که وسعتی حدود ۱۸۰ هزار هکتار را دارد و گیاهانی مانند گندم، جو، سیب زمینی و چغندر قند محصولات اصلی آن را تشکیل می‌دهند.

### ۳- مواد و روش‌ها

#### ۳-۱- پردازش داده‌های تغییر اقلیم

دما و بارندگی دو عامل مهم در بررسی اثرات تغییر اقلیم و از طرفی خروجی اصلی مدل‌های AOGCM هستند. با توجه به اهداف این تحقیق، تنها خروجی دمای این مدل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. بدین منظور در ابتدا محدوده تغییرات سناریوهای اقلیم دما با استفاده از مدل‌های AOGCM گزارش سوم IPCC و سناریوی انتشار A2 نسبت به دوره پایه تولید شد. تشریح این مدل‌ها و همچنین روشهای استفاده شده که منتج به تولید محدوده وزن دار تغییرات سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی حوضه زاینده رود نسبت به دوره پایه گردید، در دیگر مقاله ارائه شده توسط نگارندگان برای این کارگاه (شاه کرمی و همکاران، ۱۳۸۶) آمده که از تشریح مجدد آنها صرفنظر می‌گردد. اما بطور خلاصه نتایج بخش قبل منجر به تولید گسسته دو عامل سناریوی تغییر اقلیم دما و وزن آن گردید. در ادامه شرح لازم برای تولید سری زمانی دما در دوره‌های آتی خواهد آمد.

#### ۳-۲- روش عامل تغییر<sup>۱</sup> در تولید سری زمانی دما دوره‌های آتی

در مراحل قبل برای محاسبه سناریوی تغییر اقلیم در هر یک از مدل‌های AOGCM مقادیر «اختلاف» برای دما بین میانگین ۳۰ ساله در دوره‌های آتی (مثلاً ۲۰۳۹-۲۰۱۰) و دوره شبیه‌سازی شده پایه توسط همان مدل (۱۹۶۱-۱۹۹۰ یا ۲۰۰۰-۱۹۷۱) برای هر سلول از شبکه محاسباتی محاسبه گردید (Jones and Hulme, 1996). به بیان دیگر این مقادیر بیانگر اختلاف میزان میانگین ۳۰ ساله تغییر اقلیم نسبت به دوره پایه می‌باشند. نهایتاً برای بدست آوردن سری زمانی سناریوی اقلیمی در آینده، این مقادیر به مقادیر اندازه‌گیری شده (۱۹۶۱-۱۹۹۰ یا ۲۰۰۰-۱۹۷۱) افزوده می‌شود (رابطه ۱) (Wigly 2004; Wilby and Harris, 2005; Diaz-Nieto and Wilby, 2005).

$$T = T_{\text{obs}} + (\bar{T}_{\text{GCM, fut}} - \bar{T}_{\text{GCM, base}}) \quad (1)$$

در این رابطه،  $T_{obs}$  بیانگر سری زمانی دمای (اغلب ماهانه) مشاهداتی در دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) یا (۱۹۷۱-۲۰۰۰)،  $\bar{T}_{GCM, fut}$  میانگین ۳۰ ساله دما، شبیه‌سازی شده توسط AOGCM در دوره‌های آتی (مانند ۲۰۱۰-۲۰۳۹)،  $\bar{T}_{GCM, base}$  میانگین ۳۰ ساله دما، شبیه‌سازی شده توسط AOGCM در دوره مشابه با دوره مشاهداتی (۱۹۶۱-۱۹۹۰ یا ۱۹۷۱-۲۰۰۰) و  $T$  سری زمانی سناریوی اقلیم دما می‌باشد.

### ۳-۳- محاسبه نیاز آبی محصولات کشاورزی

منظور از نیاز آبی مقدار آبی است که باید به یک پوشش زراعی داده شود، تا در طول دوره رویش صرف تبخیر و تعرق شود و بدون اینکه گیاه با تنش آبی مواجه شود، رشد خود را کامل کرده به تولید حداکثر برسد. روشهای محاسبه تبخیر و تعرق به دو دسته کلی تقسیم می‌شود: روشهای مستقیم (مانند استفاده از لیسیمتر) و روشهای غیر مستقیم یا محاسبه ای که در اینجا از روش محاسباتی آن استفاده می‌شود. اساس کلی این روش بر اساس رابطه زیر است:

$$ET = K_C * ET_0 \quad (2)$$

که در آن:

ET: تبخیر و تعرق گیاه مورد نظر

ET<sub>0</sub>: تبخیر و تعرق گیاه مرجع یا تبخیر و تعرق پتانسیل

K<sub>C</sub>: ضریب گیاهی

دقیق ترین روش شناخته شده به منظور محاسبه ET<sub>0</sub> روش پنمن ماننیتس اصلاح شده توسط FAO است که شرح آن در مرجع Doorenbos و همکاران (۱۹۸۴) قابل دسترس است. برای تعیین ضریب گیاهی، کل دوره رویش به چهار بخش (مرحله ابتدایی رشد، مرحله توسعه گیاه، مرحله میانی و مرحله نهایی) تقسیم می‌شود که در هر قسمت ضریب پوشش گیاهی به صورت یک خط مشخص می‌شود. ورودی‌های لازم میزان تبخیر و تعرق پتانسیل، رطوبت نسبی میانگین و سرعت باد است.

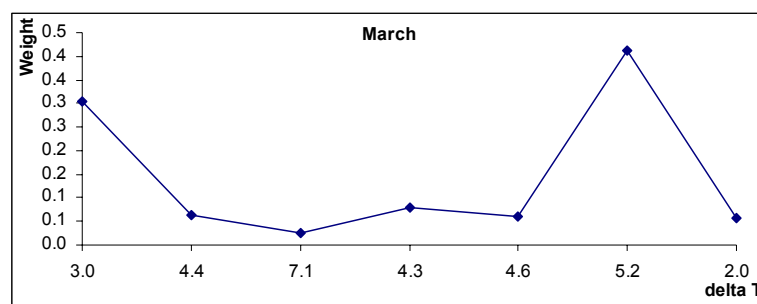
### ۳-۳-۱ محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره‌های آتی

از آنجائیکه برای برآورد ET<sub>0</sub> نیاز به اطلاعات فراوانی می‌باشد و کلیه این داده‌ها در دسترس نبودند، تلاش شد تا رابطه‌ای بین دما و ET<sub>0</sub> در دوره پایه برقرار گردد و سپس این رابطه برای دوره‌های آتی مورد استفاده قرار گردد. بدین منظور روش شبکه‌های عصبی و رگرسیون مورد استفاده قرار گرفت. استفاده از تکنیک شبکه‌های عصبی با هدفی که در اینجا اشاره شد در تحقیقات متنوعی مورد استفاده قرار گرفته است که بهمنی، (۱۳۸۳)؛ Sudheer و همکاران (۲۰۰۳) و Kumar و همکاران (۲۰۰۲) از آن جمله هستند.

#### ۴- پردازش داده‌های اقلیمی دما در حوضه زاینده رود

##### ۴-۱- تولید محدوده تغییرات سناریوهای تغییر اقلیم

به منظور بررسی پدیده تغییر اقلیم حوضه زاینده رود در دوره آتی نیاز به طی گام‌هایی برای استخراج سناریوهای تغییر اقلیم دما می‌باشد. دوره‌های آتی شبیه سازی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۹۹-۲۰۷۰ و دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۱ انتخاب گردید و برنامه ریزی با گام‌های زمانی ماهیانه انجام شد. لازم به ذکر مجدد است که شرح این مراحل به طور کامل در مرجع (شاه کرمی و همکاران، ۱۳۸۶) آمده است. به طور نمونه محدوده وزن دار تغییر دمای حاصل از مدل‌های AOGCM برای دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹ برای یک ماه در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱: محدوده وزن دار تغییر دمای حاصل از مدل‌های AOGCM در دوره ۲۰۷۰-۲۰۹۹

##### ۴-۲- تولید سناریوهای تغییر اقلیم به تعداد زیاد با استفاده از مدل تولید داده

همانطور که از شکل ۱ مشخص است، تغییرات متغیرهای اقلیمی دما در دوره آتی در مقایسه با دوره پایه در داخل یک محدوده قرار گرفته که مقادیر داخل این محدوده دارای ارزش یکسان نبوده بلکه بر اساس توانایی مدل‌های AOGCM در شبیه سازی دوره پایه، وزن گذاری شده اند. به منظور تولید سری زمانی دما دوره‌های آتی بر اساس روش عامل تغییر، نیاز به داشتن میانگین ماهیانه طولانی مدت تغییرات دما در این دوره‌ها است. به این منظور با استفاده از نرم افزار SIMLAB و بر اساس مقادیر گسسته وزنی برای هر مقدار میانگین طولانی مدت ماهیانه دما در هر دوره (مشابه آنچه در شکل ۱ برای یک ماه آمده است)، ۱۰۰۰ نمونه سناریوی تغییر اقلیم ( $\Delta T$ ) برای هر دوره حاصل شد.

##### ۴-۳- استخراج سناریوهای اقلیمی دوره‌های آتی

بر اساس ۱۰۰۰ سناریوی تغییر اقلیم بدست آمده در بند قبل، برنامه عامل تغییر در FORTRAN نوشته شد. بدین وسیله برای هر یک از دوره‌های آتی ۱۰۰۰ سری زمانی ماهیانه دما حاصل شد. لازم به ذکر است که برای تولید مقادیر سناریوهای تغییر اقلیم بکار رفته در این برنامه، از ایستگاه اصفهان در پایین

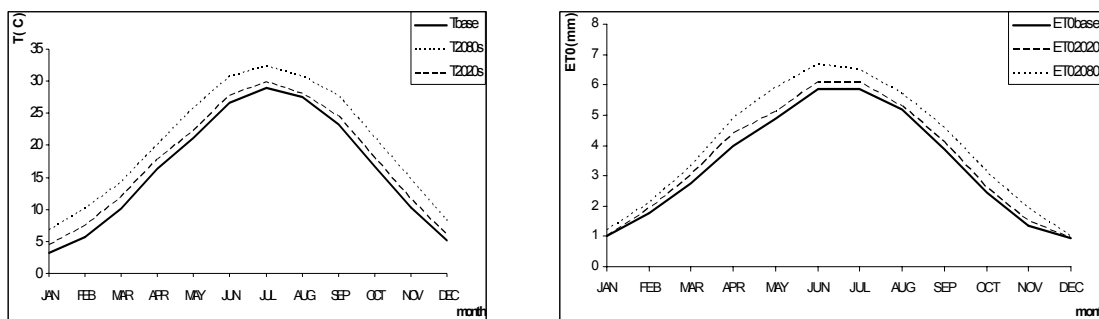
دست سد که در محدوده اراضی کشاورزی است، استفاده گردید و متعاقباً از آن برای تولید سری زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل استفاده خواهد شد.

## ۵- تاثیر تغییر اقلیم بر نیاز آبی حوضه زاینده رود در دوره‌های آتی

### ۵-۱- تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره پایه و آتی

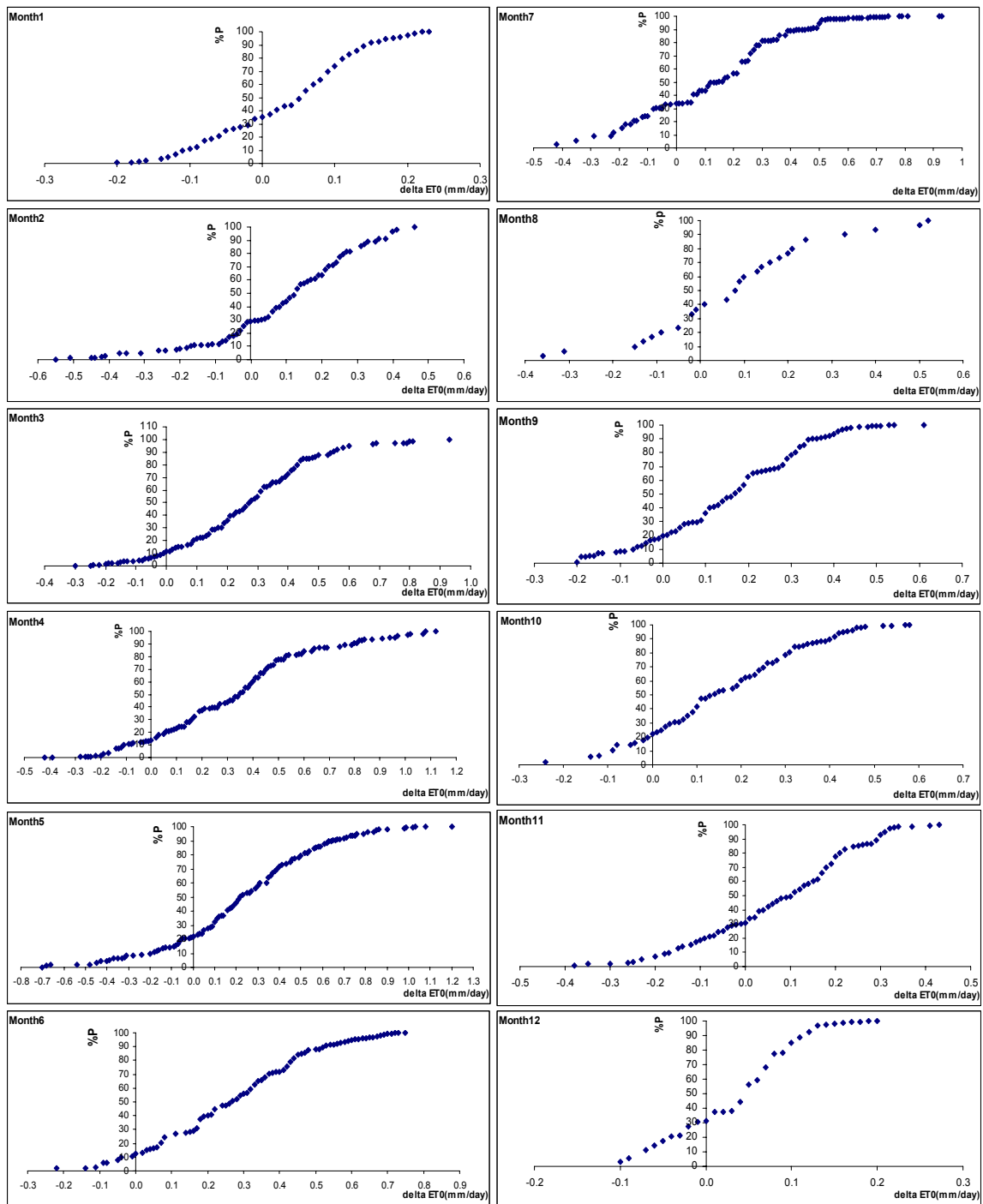
به منظور تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل در دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۷۱) داده‌های مورد نیاز برای معادله پنمن ماننیتس به صورت ماهیانه از اطلاعات ایستگاه اصفهان جمع آوری گردید و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل حوضه در این دوره محاسبه شد که در شکل ۲-ب مقادیر ماهیانه آن آمده است. در ادامه نیز رابطه آن با دما با روش‌های مورد اشاره بررسی شد که در نهایت رابطه رگرسیون ساده مورد استفاده قرار گرفت. بدین ترتیب با استفاده از ۱۰۰۰ سری زمانی دما، ۱۰۰۰ سری زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل برای هر دوره تولید گردید.

بعد از تولید ۱۰۰۰ سری زمانی تبخیر و تعرق پتانسیل برای دوره‌های آتی با استفاده از یک کد نوشته شده در FORTRAN، در هر دوره برای هر ماه مقادیر دما و تبخیر و تعرق پتانسیل متناظر با آن جدا شده و سپس تابع توزیع احتمال تجمعی  $ET_0$  ماهیانه برای دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۷ بدست آمد. شکل ۲ مقادیر دما و  $ET_0$  میانگین دوره‌های آتی را در مقایسه با دوره پایه نشان می‌دهد.

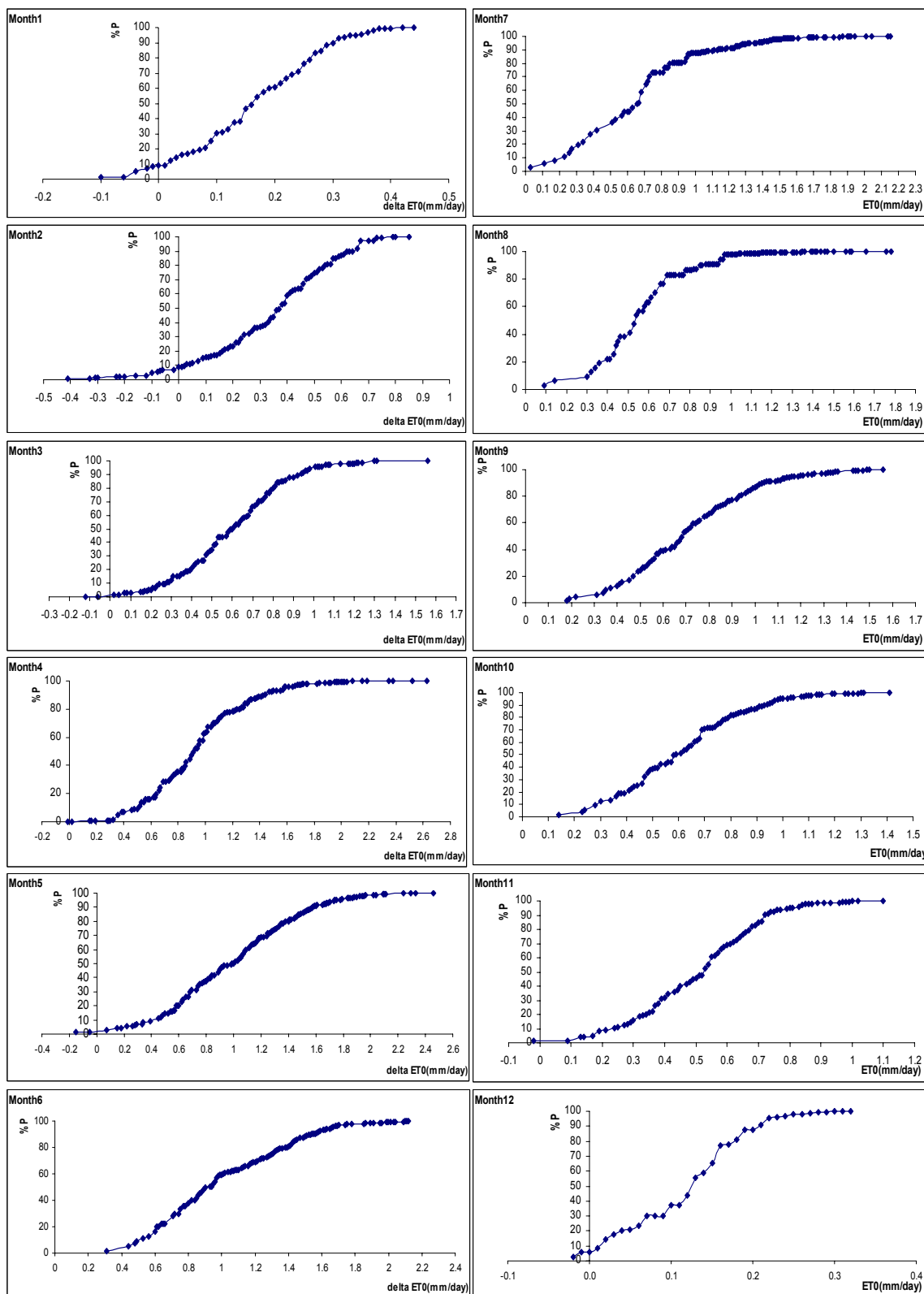


شکل ۲: میانگین دما و میزان تبخیر و تعرق پتانسیل حوضه در دوره پایه و دوره‌های آتی

همچنین با کسر مقادیر  $ET_0$  هر ماه در دوره‌های آتی از مقدار متناظر دوره پایه، مقادیر  $\Delta ET_0$  در هر دوره برآورد شد که در غالب احتمالاتی آن در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.



شکل ۳: ریسک نیاز آبی پتانسیل در دوره (۲۰۳۹-۲۰۱۰)



شکل ۴: ریسک نیاز آبی پتانسیل در دوره (۲۰۷۰ - ۲۰۹۹)



### ۵-۲- تعیین نیاز آبی محصولات اصلی حوضه زاینده رود در دوره‌های آتی

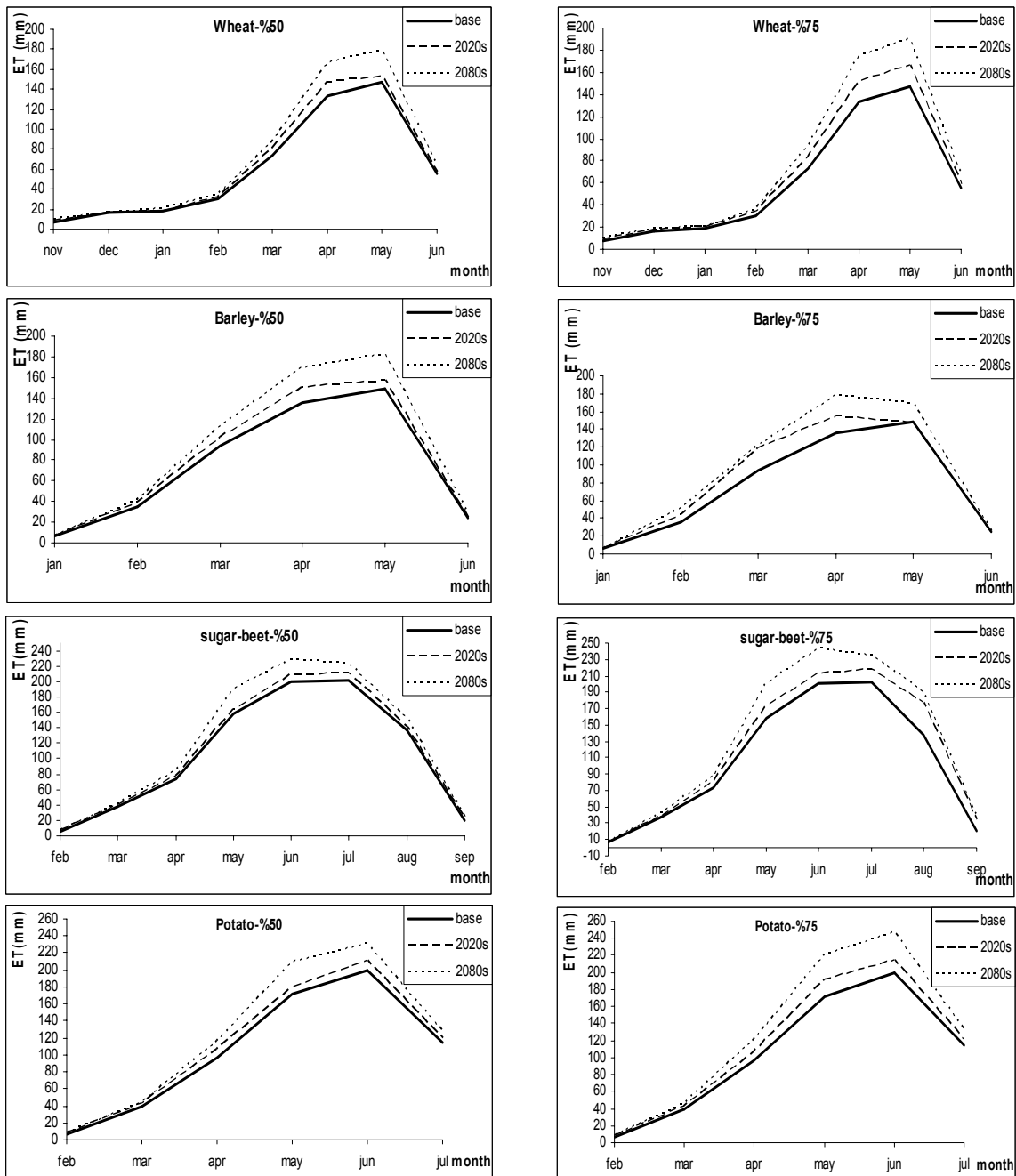
محصولات عمده کشاورزی حوضه زاینده رود شامل گندم، جو، سیب زمینی و چغندر قند در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند. همانگونه که آمد، به منظور تعیین ضریب پوشش گیاهی  $K_C$  در دوره‌های آتی به روش FAO24 نیاز به داشتن سه متغیر اقلیمی تبخیر و تعرق، میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد ماهیانه، همچنین دانستن طول چهار دوره است. به این منظور در هر دوره برای هر احتمال مورد نظر، مقدار ET ماهیانه طولانی مدت را می‌توان بر اساس نتایج بخش ۵-۲ بدست آورد که به طور نمونه مقادیر بدست آمده برای احتمالات ۵۰ و ۷۵ درصد در جداول ۱ و ۲ آمده است. برای کسب مقادیر رطوبت نسبی متناظر از رابطه رگرسیونی بین  $ET_0$  با رطوبت نسبی میانگین در دوره پایه استفاده شد. همچنین فرض می‌شود که مقادیر سرعت باد متوسط طولانی مدت تغییر قابل ملاحظه‌ای با مقادیر متناظر دوره‌های آتی نداشته و لذا از همان مقادیر دوره پایه استفاده می‌شود. همچنین طول دوره‌های هر محصول با استفاده از اطلاعات محلی بدست آمد. نیاز آبی محصولات اصلی منطقه در فصل کشت در دوره‌های آتی با احتمال ۵۰٪ (الف) و ۷۵٪ (ب) در مقایسه با دوره پایه در شکل ۵ نشان داده شده است.

جدول ۱: تعیین نیاز آبی سالیانه حوضه زاینده رود در دوره‌های آتی با احتمال ۵۰٪ و کمتر

احتمال ۵۰٪	ET base	ET 2020S	ET 2080S	ET 2020S/ET base	ET 2080S/ET base
گندم	480.87	512.17	578.58	1.07	1.20
جو	443.59	478.70	540.91	1.08	1.22
چغندر قند	833.07	866.92	951.88	1.04	1.14
سیب زمینی	630.29	664.79	734.66	1.05	1.17

جدول ۲: نیاز آبی سالیانه محصولات عمده حوضه زاینده رود در دوره‌های آتی با احتمال ۷۵٪ و کمتر

احتمال ۷۵٪	ET base	ET 2020S	ET 2080S	ET 2020S/ET base	ET 2080S/ET base
گندم	480.87	539.89	611.49	1.12	1.27
جو	443.59	495.53	554.43	1.12	1.25
چغندر قند	833.07	939.98	1043.10	1.13	1.25
سیب زمینی	630.29	682.50	775.30	1.08	1.23



الف

ب

شکل ۵: نیاز آبی محصولات اصلی منطقه با احتمال ۵۰٪ (الف) و ۷۵٪ (ب) در دوره‌های آبی در

مقایسه با دوره پایه

جهت بیان این تغییرات بر حسب حجم تقاضا، با داشتن مساحت زیر کشت هر محصول و نیاز آبی مربوط، مجموع نیاز آبی منطقه نیز برآورد شد (جداول ۳ و ۴).

جدول ۳: مجموع نیاز آبی منطقه در دوره‌های آبی با احتمال ۵۰٪

احتمال ۵۰٪	V base(MCM)	V 2020s(MCM)	V 2080s (MCM)	$\Delta V2020$ (MCM)	$\Delta V2080$ (MCM)
گندم	547.43	583.06	658.66	35.63	111.23
جو	198.11	213.79	241.57	15.68	43.46
چغندر قند	93.00	96.78	106.27	3.78	13.26
سیب زمینی	30.46	32.12	35.50	1.67	5.04

جدول ۴: مجموع نیاز آبی منطقه در دوره‌های آبی با احتمال ۷۵٪

احتمال ۷۵٪	V base(MCM)	V 2020s(MCM)	V 2080s (MCM)	$\Delta V2020$ (MCM)	$\Delta V2080$ (MCM)
گندم	547.43	614.61	696.13	67.18	148.70
جو	198.11	221.30	247.61	23.20	49.50
چغندر قند	93.00	104.94	116.45	11.93	23.45
سیب زمینی	30.46	32.98	37.46	2.52	7.01

## ۶- نتایج و بحث

با در نظر گرفتن محاسبات سنگینی که برای ریسک تغییرات دما و تبخیر و تعرق پتانسیل در این تحقیق صورت گرفت، این امکان فراهم شد تا ریسک تغییر در نیاز آبی تعدادی از گیاهان بررسی گردد. نتایج نشان داد که هر چه به پایان قرن نزدیک می‌شویم، احتمال افزایش میزان نیاز آبی محصولات در منطقه افزایش می‌یابد. این افزایش برای دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ تا حدود ۸ درصد با احتمال ۵۰ درصد و برای ۲۰۹۹-۲۰۷۰ تا ۲۲ درصد خواهد رسید. این افزایش می‌تواند بر اساس سطح کشت فعلی شبکه‌ها، حجم تقاضای آب را تنها برای این گیاهان تا حدود ۳۵ میلیون مترمکعب در سال برای دوره اول و ۱۱۰ میلیون مترمکعب در سال برای دوره دوم، افزایش دهد. از طرفی آورد رودخانه زاینده رود نیز در اثر این پدیده ریسک بالایی برای کاهش دارد (مساح، ۱۳۸۵). لذا هم افزایش تقاضا و هم کاهش آورد را در حوضه می‌توان انتظار داشت.

با بررسی جداول ۱ و ۲ مشخص می‌شود که سیب زمینی به عنوان یک منبع کربوهیدرات کمترین حساسیت را به پدیده تغییرات اقلیم داشته است و شاید اینکه سال ۲۰۰۸ را سال این محصول نامیده‌اند ([www.potato2008.org](http://www.potato2008.org)) بی‌ارتباط با این موضوع نباشد. لذا تغییر الگوی کشت مسلماً از راهکارهای تطبیق با تغییرات اقلیم می‌تواند محسوب گردد. در انتها لازم به ذکر می‌باشد که در ادامه این تحقیق،

اقداماتی دیگر مانند تغییر در زمان کشت و تغییر در مدیریت سد به عنوان راهکارهای تطبیق در دست مطالعه است.

## ۷- فهرست مراجع

۱. بهمنی، ع.، (۱۳۸۳). «بکارگیری شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت تخمین تبخیر و تعرق مرجع به منظور کاهش پارامترهای ورودی مورد نیاز در منطقه تهران»، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۲. شاه کرمی، ن.، مساح بوانی، ع.، مرید، س. و فهمی، ه. (۱۳۸۶). «تحلیل عدم قطعیت مدل‌های جفت شده اقیانوس- اتمسفر- گردش عمومی جو بر سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی در حوضه زاینده رود». پذیرفته شده برای ارائه در کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته آبیاری و زهکشی ایران، تهران.

۳. مساح بوانی، ع.، (۱۳۸۵). «ارزیابی ریسک تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب، مطالعه موردی حوضه زاینده رود اصفهان»، رساله دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

4. Doorenbos, J., and Pruitt, W. O. (1984). "Guidelines for predicting crop water requirements. Irrig. Drain. Paper 24". Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.
5. Joyce, B., Vicuña, S., Dale, L., Dracup, J., Hanemann, M., Purkey, D., and Yates, D., (2006). "Climate change impacts on water for agriculture in California: a case study in the Sacramento valley", A Report From: California Climate Change Center.
6. Kumar, M., Raghuvanshi, N. S., Singh, R., Wallender, W. W. And Pruitt, W. O., (2002). "Estimating Evapotranspiration Using Artificial Neural Network", Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 128(4):224-233.
7. Payne, J. T., Wood, A. W., Hamlet, A. F., Palmer, R. N. and Lettenmaier, P., (2004). "Mitigating the effects of climate change on the water resources of the Columbia River Basin", Washington D.C., Research Paper 45.
8. Quinn, N. W. T., Brekke, L. D., Miller, N. L., Heinzer, T., Hidalgo, H. and Dracup, J. A., (2004). "Model integration for assessing future hydroclimate impacts on water resources, agricultural production and environmental quality in the San Joaquin Basin, California". Journal of Environmental Modeling and Software, 19: 305- 316.
9. Rosenweig, C., Strzepek, K. M., Major, D. C., Iglesias, A., Yate, D. N., McCluskey, A. and Hillel, D., (2004). "Water resources for agriculture in a changing climate: international case studies". Journal of Global Environmental Change, 14: 345- 360.

10. **Sudheer, K. P., Gosain, A. K., Ramasastri, K. S.,** (2003). "*Estimation Actual Evapotranspiration from Climatic Data Using Neural Computing Technique*", Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 129(3):214-218.
11. **Varanou, E., Gkouvatsou, E., Baltas, E. And Mimikou, M.,** (2002). "*Quantity and quality integrated catchment modeling under climate change with use of soil and water assessment tool model*", Journal of Hydrologic Engineering 7(3), 228-244.

