بررسی اثر بلندمدت و کوتاه‌مدت تغییر اقلیم بر محصول سیب‌زمینی در شهر همدان

دکتر محمد خداوردی زاده، پروانه کسبیان، سعیده کلهر، زهراجوهریان[1]
khodaverdi85@gmail.com

چکیده

در سال ۲۰۰۷ هیات بین الدول تغییر اقلیم (*IPCC*) اعلام نمود که اقلیم در حال تغییر است. اقلیم، شرایط متوسط آب وهوا برای یک محدوده‌ی خاص و یک دوره‌ی خاص است. هدف از این تحقیق بررسی اثر بلندمدت و کوتاه‌مدت تغییر اقلیم بر محصول سیب‌زمینی در شهر همدان می‌باشد. مدل با استفاده از الگوی خودرگرسیونی با وقفه توزیعی (*ARDL*) برآورد شده است. قبل از برآورد مدل، ایستایی متغیرها بررسی شد، که همه متغیرها یا در *I(0)* و یا در *I(1)* ایستا شدند. نتایج بدست آمده از برآورد مدل پویا برای عملکرد سیب‌زمینی این چنین بود که متوسط دما و بارش در کوتاه‌مدت باعث افزایش عملکرد و اقلیمی حداکثر دما، رطوبت نسبی و تبخیر باعث کاهش عملکرد در کوتاه‌مدت می‌شود. به دلیل اینکه F محاسباتی بزرگتر از حد بالای بحرانی است فرض H_0 مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت رد می‌شود، یعنی رابطه بلندمدت وجود دارد. و هچنین نتایج بدست آمده از مدل بلندمدت این چنین بود که فقط متغیرهای اقلیمی بارش و تبخیر در بلندمدت بر عملکرد سیب‌زمینی تأثیرگذار هستند، به عبارت دیگر بارش باعث افزایش عملکرد و تبخیر باعث کاهش عملکرد در بلندمدت می‌شود. ضریب *ecm(-1)* بدست آمده در عملکرد گندم مطابق انتظار منفی و معنی‌دار برابر با (۱/۳۱-) می‌باشد، یعنی در هر دوره ۱/۳۱ واحد از عدم تعادل عملکرد سیب‌زمینی تعدیل شده و به روند بلندمدت خود نزدیک می‌شود. با استفاده از آزمون تشخیصی انجام شده، نتایج حاکی از این است که بین اجزای اخلال مدل خودهمبستگی وجود ندارد و متغیر مهم حذف شده‌ای از مدل وجود ندارد و بین اجزای اخلال مدل توزیع نرمال وجود دارد. و در نهایت آزمون *Cusum* و *Cusumq* نشان‌دهنده‌ی این بودند که بین سالهای مورد مطالعه شکست ساختاری وجود ندارد و مدل از پایداری لازم برخوردار می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL : C22، Q54، Q12

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، بلندمدت، کوتاه‌مدت، عملکرد سیب‌زمینی، ضریب تصحیح خطا *ECM*.

مقدمه

اقلیم، شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده‌ی خاص و یک دوره‌ی خاص است. تغییرات آب و هوایی و یا تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی، رخ بدهد. تغییر اقلیم نشان دهنده‌ی تغییرات غیر عادی در اقلیم درون اتمسفر زمین و پی آمدهای ناشی از آن در قسمت‌های مختلف کره‌ی زمین می‌باشد .افزایش جمعیت کره‌ی زمین که باعث تغییر کاربری زمین، تخریب جنگل‌ها، افزایش فعالیت های کشاورزی ودامداری و تولید ضایعات جامد ومایع

[1] عضو هیأت علمی و دانشجویان کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه ارومیه

شده، تبعات مختلفی به همراه داشته است که پدیده‌ی تغییر اقلیم یکی ازآن‌ها است. براساس تعریف هیئت بین دولتی تغییرات آب وهوایی (*IPCC*)، تغییر اقلیم، عبارت است ازتغییر برگشت ناپذیر درمتوسط شرایط آب و هوایی ناشی ازگرم شدن کره ی زمین، که تبدیل به یک نگرانی عمده درسراسرجهان شده است. دانشمندان، گازهای گلخانه‌ای (به عنوان مثال دی اکسید کربن (*CO2*) را عامل اصلی گرم شدن زمین می‌دانند. برخلاف دیگر آلاینده‌ها، مانند دی‌اکسیدگوگرد (*SO2*) که بیشتر تأثیر محلی دارد، انتشارگاز *CO2* باعث مشکلات درمقیاس جهانی می‌شود (چانگ، ۲۰۱۴). اگرچه بخش‌های مختلف اقتصادی اعم ازکشاورزی، جنگلداری، آب، صنعت، گردشگری، انرژی و حتی بازارهای مالی و بیمه از تغییرات اقلیم متأثرند، اما در این میان بخش کشاورزی وابسته‌ترین بخش به اقلیم است (حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). تغییرات آب و هوا در حال حاضر تأثیراتی بر روی محصولات کشاورزی دارد و در آینده نیز این تأثیرات بر محصولات کشاورزی ادامه پیدا خواهدکرد (السن و همکاران، ۲۰۱۱). تغییر اقلیم از یک طرف عملکرد محصولات کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و از طرف دیگر، پیامدهای اقتصادی بر قیمت محصولات، عرضه، تقاضا، تجارت، مزیت‌های نسبی و رفاه مصرف‌کنندگان و تولیدکنندگان به دنبال خواهد داشت (تاکشی و همکاران، ۲۰۱۱). به طور کلی درجه حرارت، میزان تشعشعات خورشیدی و بارش مهمترین پارامترهای محیطی موثر بر رشد و نمو گیاهان می‌باشند و هر گونه نوسان و تغییر در میزان این عوامل بر عملکرد محصولات زراعی تاثیر خواهد گذاشت (کمالی ،۱۳۸۸). انتشار گاز دی‌اکسیدکربن توسط انسان‌ها از دو منبع اصلی صورت میگیرد، یکی سوزاندن سوخت‌های فسیلی و دیگری تغییر درکاربری زمین‌ها مثل جنگل‌زدایی می‌باشد که این روند تأثیر مستقیمی روی فعالیت‌های کشاورزی گذاشته و زمان گل‌دهی و رشد گونه‌های گیاهی را نیز نسبت به گذشته تغییرداده است (چکشی، ۱۳۹۱). از پیامدهای شناخته شده‌ی ناشی از تغییر اقلیم ، تغییر در میزان بارش، جهت وزش باد، افزایش و قوع خشکسالی، افزایش مناطق بیابانی وتغییر درسطح منابع آب سطحی و زیرزمینی می باشد (آنجلی، ۲۰۰۸). ایران باتولید سالانه پنج میلیون تن سیب زمینی در رتبه چهاردهم تولید این محصول در جهان قراردارد وهرساله حدود ۲۰۰هزارتن ازاین محصول را به کشورهای عراق، ترکمنستان، افغانستان و آذربایجان صادر می‌کند. سیب زمینی چینی بیشترین تولید را ازآن خود کرده و اوگاندا نیز دومین تولیدکننده سیب‌زمینی درجهان بشمار می‌رود. درایران حدود ۱۸۰ هزار هکتار ازاراضی زراعی تحت کشت سیب‌زمینی قرار دارد که حدود ۹۸ درصد این سطح به صورت آبی و تنها ۲ درصد آن به صورت دیمی کشت می‌شود. دراستان همدان، شهرستان‌های بهار، کبودرآهنگ و همدان دشت‌های متعدد وحاصلخیزی وجود دارد که کشت سیب‌زمینی دراین دشت‌ها عمدتا به دلیل حاصلخیزی اراضی از یک سو و تخصص کشاورزان منطقه از سوی دیگر مهمترین منطقه تولید سیب‌زمینی استان بشمار می‌رود. استان همدان با تولید ۲۴ درصد ازسیب‌زمینی کشور مقام اول در تولید این محصول رابه خود اختصاص داده و استان‌های اردبیل، اصفهان، آذربایجان‌شرقی، کردستان و زنجان به ترتیب رتبه‌های دوم تا ششم تولید را دارند که جمعا ۶۳ درصد سیب‌زمینی کشور را تولید می‌کنند. سیب‌زمینی بهاره در مناطق دزفول، جیرفت و کهنوج، گرگان، اصفهان و کازرون کشت می‌شود. تولید تابستانه این محصول درمناطق اصفهان، بهار همدان، طارم، عجب‌شیر و بجنورد صورت می‌گیرد و جیرفت و کهنوج، لار، ملارد نیز مناطق کشت زمستانه این محصول به شمار می‌روند. میانگین برداشت سیب‌زمینی

درایران ۲۲ تن در هکتار است. طبق اعلام سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد (فائو) سیب زمینی یک محصول اشتغال‌زا و تأمین‌کننده امنیت‌غذایی است که ۸۰۰ میلیون نفر در جهان و۵۰ هزار کشاورز ایرانی به تولید این محصول اشتغال دارند. بر این اساس سیب‌زمینی ازنظر ارزش غذایی درمقام چهارم پس از ذرت، گندم و برنج قرار دارد. باتوجه به اهمیت سیب‌زمینی در امنیت‌غذایی صدها میلیون نفر ازمردم دنیا به ویژه ساکنان کشورهای درحال توسعه که سرانه مصرف سالانه آن‌ها بیش از ۲۰ کیلوگرم است. سازمان خواربار کشاورزی ملل متحد برای تأکید براهمیت این محصول و احیای آن سال ۲۰۰۸ میلادی را سال بین‌المللی سیب زمینی اعلام کرده بود (سازمان جهادکشاورزی، ۱۳۹۴).

همدان یکی از کلان شهرهای ایران درمنطقه غربی وکوهستانی ایران است. این شهر دردامنه کوه الوند دربلندای ۱۷۴۱ متری از سطح دریا واقع شده است وازشهرهای سردسیر ایران بشمار می‌آید. جمعیت شهر همدان طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ مرکز آمار ایران برابر با ۵۴۸۳۷۸ نفر بوده است. آب و هوای همدان مختلف و اوضاع جوی منطقه از لحاظ حداقل و حداکثر برودت و باران در فصول سال متغیر است در نقاط کوهستانی سرد است، حد متوسط برف سالانه بین ۱۵۵ تا ۲۴۵ میلیمتر می‌باشد و سرما تا ۳۰ درجه زیر صفر می‌رسد. میانگین دمای سالانه همدان ۱۱/۵ثبت شده است. همچنین گرم‌ترین دمای همدان ۴۰+ و سردترین دمای آن۳۲/۸- ثبت شده است. میانگین بارش سالانه همدان نیز ۳۱۷/۷ میلیمتر اندازه گیری شده است. دراین مطالعه سعی به بررسی اثرات بلندمدت وکوتاه مدت تغییرات اقلیم برتولید محصولات سیب‌زمینی در استان همدان دریک بازه زمانی (۱۳۶۷-۱۳۹۳) خواهیم پرداخت .

پیشینه تحقیق

مطالعات مختلفی درباره اثرات تغییر اقلیم برمحصولات کشاورزی صورت گرفته است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:سلطانی و همکاران (۲۰۰۱)، اثر تغییر اقلیم را بر روی محصول برنج پیش‌بینی نمودند. نتیجه اینکه درشمال کشور (رشت) نیاز آبیاری ۵۷٪ افزایش می‌یابد ودرجنوب (اهواز) ممکن است نیمی از محصول کاهش یافته و حتی امکان دارد هیچ محصول برنجی باقی نماند مگر اینکه تولید کنندگان گیاه بتوانند گونه بسیار مقاوم به گرما را فراهم کنند.

لودیگ و همکاران[1] (۲۰۰۸)، اثر تغییر اقلیم را بر روی هیدرولوژی و تولید محصول گندم در جنوب استرالیا بررسی نمودند. علیرغم کاهش بارندگی، محصول شبیه سازی شده کاهشی نداشت. به این دلیل که تغییرات بارندگی منطقه عموما در دو ماه ژوئن و ژوئیه اتفاق افتاده است که دراین دوره مقدار بارندگی ،مازاد بر نیاز محصول است.

روی و همکاران[2] (۲۰۰۹)، اثرات تغییر اقلیم آینده را در دو دوره ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ برروی محصولات دیم جنوب غربی بنگلادش بررسی کردند. بررسی آنها نشان داد که محصول برنج و سیب زمینی درسال ۲۰۷۵ به ترتیب ۴٪ و ۸/۷٪ نسبت به سال ۱۹۹۰ با کاهش رو به‌رو خواهند شد. در نتیجه تغییر اقلیم امکان به خطر افتادن امنیت غذایی وجود

[1] Lodge et al.

[2] Roy et al.

دارد و توسعه سیستم آبیاری ، پذیرش واریته‌های سازگار با دما، سازگاری عملیات زراعی و آبیاری کشاورزان برای تعدیل تهدید بالقوه کشاورزی ایجاد شده به وسیله تغییر اقلیم ضروری است

لو و همکاران[1] (۲۰۰۹)، ضمن بررسی اثرات پتانسیل تغییراقلیم برعملکرد گندم درمنطقه کیت واقع درجنوبی‌ترین قسمت استرالیا، جلو انداختن تاریخ کاشت را به عنوان مؤثرترین راهکار برای سازگاری با این پدیده پیشنهاد نمودند.

آلام[2](۲۰۱۳)، درمطالعه خود با نام تغییر اقلیم، بهره وری کشاورزی و رشد اقتصادی درهند به بررسی رابطه بلندمدت وکوتاه‌مدت بین انتشار CO_2، بهره‌وری کشاورزی و رشد اقتصادی، طی سال‌های ۱۹۷۱-۲۰۱۱ به روش *ARDL* پرداخت. نتایج برآورد وجود یک رابطه مثبت و معنی‌داری بین تولیدات کشاورزی و رشد اقتصادی در این کشور را هم دربلندمدت وهم درکوتاه‌مدت تأیید کرد و تأثیر گازگلخانه‌ای CO_2 بر رشد اقتصادی، منفی و در بلندمدت معنی‌دارمی‌باشد.

فرشی و امداد (۱۳۷۸)، اثر افزایش دما را بر روی افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل گیاهان در سه اقلیم عمده کشور (فراخشک‌سرد، فراخشک معتدل ونیمه‌خشک سرد) مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که دراقالیم فراخشک سرد ومعتدل تا افزایش ۲ درجه‌ای دما، به ازای هر درجه، نیاز آبی ۷ ٪ افزایش می‌یابد. پس از آن این افزایش در اقلیم فراخشک سرد ۱۰ ٪ و در اقلیم فراخشک معتدل ۵ ٪ می‌گردد. در اقلیم نیمه‌خشک سرد شدت افزایش نیازآبی تا افزایش ۳ درجه، ۴ ٪ و پس از آن به ۵ ٪ رسیده است .

کوچکی و نصیری (۱۳۸۷)، به بررسی تأثیر تغییر اقلیم همراه با غلظت CO_2 بر عملکرد گندم در ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که اگر چه غلظت CO_2 تأثیر منفی افزایش درجه حررات را تا حدودی تعدیل می‌کند ولی در شرایط اقلیمی سال هدف، عملکرد گندم آبی در مناطق مختلف تولید در محدوده‌ای بین ۱۴ تا ۲۱ درصد کاهش خواهد یافت.

قائمی و مظفری (۱۳۸۱)، نیز قابلیتهای محیطی کشت گندم دیم را در کرمانشاه ارزیابی و مدل عملکرد گندم دیم را با توجه به پارامترهای بارش، یخبندان و غیره تهیه کردند.

عزیزی و یاراحمدی (۱۳۸۲)، با استفاده از مدل رگرسیونی در پژوهشی به بررسی ارتباط پارامترهای اقلیمی و عملکرد گندم دیم در دشت سیلاخور استان لرستان پرداختند. نتایج کار آنها نشان داد که بارش بر روی عملکرد گندم اثر مثبت دارد.

نجف‌پور (۱۳۸۵)، در مطالعه خود به بررسی راهکارهای مقابله با کاهش اثرات تغییرات اقلیمی در کشور پرداخت. نتایج نشان داد که مدیریت ریسک و بحران دو راهکار مهم برای مقابله با اثرات تغییرپذیری و تغییرات اقلیمی هستند.

برزگر و همکاران (۱۳۸۶)، بررسی بر روی آثار تغییر اقلیم بر روی عملکرد نخود دیم در شمال غرب کشور، نشان‌دهنده‌ی افزایش ۱۷/۲۶ درصدی در عملکرد این محصول است.

[1] Luo et al.

[2] Alam

کوچکی (۱۳۸۷)، اثر تغییرات اقلیمی بر خصوصیات زراعی محصولات ریشه‌ای همچون چغندرقند و سیب‌زمینی را تحت شرایط تبریز با استفاده از مدلهای *GFDL* و *GIS* بررسی نموده است .

دریجانی و همکاران (۱۳۸۷)، با بررسی تاثیر خشکسالی بر روی عملکرد گندم دیم در استان گلستان به این نتیجه رسیدند که با کاهش یک درصدی رطوبت خاک، عملکرد محصول تا ۱۳۱ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد.

بسکابادی و همکاران (۱۳۹۱)، به بررسی تغییر اقلیم ناشی از دو برابر شدن غلظت CO_2 برتولید گندم با در نظر گرفتن عوامل اقتصادی پرداختند. این مطالعه عملکرد گندم را در مشهد نسبت به سناریوهای مختلف دردوره زمانی ۱۳۷۹-۱۴۰۰ تحلیل نموده و نتایج نشان داد که عملکرد گندم از۱۳۳۱/۴۵ کیلوگرم درهکتار درسال پایه به ۱۹۵۵/۳۲ کیلوگرم در هکتار در سال هدف تغییر کرده است. به عبارت دیگر، پیش‌بینی آنها نشان داد که تغییر اقلیم ۴۸ درصد عملکرد بهینه را افزایش می‌دهد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی روابط بلندمدت وکوتاه‌مدت بین متغییر وابسته و متغیرهای توضیحی از الگوی خود رگرسیونی با وقفه‌های گسترده (*ARDL*)، که توسط پسران و شین (۱۹۹۹)، به منظور رابطه هم جمعی و بلند مدت بین متغیرها بیان شده، استفاده می شود.

شکل کلی تابع عملکرد به صورت رابطه (۱) می باشد:

$$Y= f(X_1, X_2, \ldots, X_n) \qquad (۱)$$

دررابطه (۱)؛ Y مقدار عملکرد و x عوامل اقلیمی (به ترتیب حداقل دما، حداکثر دما، متوسط دما، رطوبت نسبی، تبخیر، مجموع بارش سالانه) را نشان می‌دهد. مزیت اصلی روش (*ARDL*) این است که متغیرهای الگوی می‌توانند $I(0)$ یا $I(1)$ باشند و دیگر نیازی به $I(1)$ بودن همه متغیرها نیست. دراین الگو تعداد وقفه‌های بهینه را می‌توان به کمک یکی ازمتغیرهای آکائیک (*AIC*)، شوارتز–بیزین (*SBC*)، حنان کوئین (*HRC*) و یا R^2 مشخص کرد. یک الگوی خود توضیح با وقفه‌های گسترده را می‌توان به صورت رابطه (۲) برآورد کرد (نوفرستی، ۱۳۸۷):

$$ø(L,P)Y_t = \sum_{i=1}^{k} b_i(L,q_i)X_{it} + CW_t + u_t \qquad (۲)$$

الگوی فوق شامل روابط (۳) و(۴) است :

$$ø(L,P)= 1-ø_1L - ø_2 L^2-\ldots..- ø_pL^P \qquad (۳)$$

$$b_i(L, q_i) = b_i+ b_{i1}L+\ldots+b_{iq} L^q \qquad i=1,2,\ldots.,k \qquad (۴)$$

دراین روابط؛ (L) عملگر وقفه، (W) برداری از متغیرهای ثابت مثل عرض ازمبدأ، متغیرهای مجازی ، روند زمانی یا متغیرهای برون زای با وقفه ثابت ، (k) تعداد متغیرهای توضیحی به کار گرفته شده در مدل، (p) تعداد وقفه بهینه مربوط به متغیر وابسته مدل و (q) تعداد وقفه بهینه مربوط به هر یک ازمتغیرهای توضیحی می‌باشد. برای محاسبه ضرایب بلندمدت مربوط به متغیرهای x ازرابطه (۵) استفاده می‌شود(نوفرستی، ۱۳۸۷):

$$\theta_i = \frac{b_{i0}(1,q_i)}{1-\phi(1,p)} = \frac{b_{i0}+b_{i1}+b_{iq}}{1-\phi-\cdots-\phi_p} \qquad i=1,2,\ldots..,k \qquad (۵)$$

برای تخمین رابطه بلندمدت می‌توان از روش دومرحله‌ای به صورت رابطه (۶) استفاده کرد. در مرحله اول وجود ارتباط بلندمدت بین متغیرهای تحت بررسی آزمون می‌شود و اگر مجموع ضرایب برآورد شده مربوط به وقفه‌های متغیر وابسته کوچکتر از یک باشد، الگوی پویا به سمت تعادل بلندمدت گرایش می‌یابد . لذا، برای آزمون همگرایی لازم است آزمون فرضیه به صورت رابطه (۶) انجام گیرد (نوفرستی ،۱۳۸۷) :

$$H_0 = \sum_{i=1}^{k}\alpha_i - 1 \geq 0 \qquad (۶)$$
$$H_1 = \sum_{i=1}^{k}\alpha_i - 1 < 0$$

کمیت آماره t مورد نظر برای انجام آزمون فوق به صورت رابطه (۷) محاسبه می‌شود (تشکینی ،۱۳۸۴):

$$t = \frac{\sum_{i=1}^{k}\hat{\alpha_i} - 1}{\sum_{i=1}^{k} s_{\alpha_i}} \qquad (۷)$$

باتوجه به رابطه (۷)، اگر قدرمطلق مجموع ضرایب با وقفه متغیر وابسته که از یک کسر و برانحراف معیارش تقسیم می شود ، ازقدرمطلق مقادیر بحرانی ارائه شده توسط بنرجی، دولادو و مستمر(۱۹۹۲)، بیشتر باشد، فرضیه صفر مبنی برعدم وجود همگرایی بلندمدت رد شده و وجود رابطه بلندمدت پذیرفته می‌شود. آخرین مرحله در برآورد یک مدل *ARDL*، بررسی رابطه کوتاه‌مدت بین متغیرها و محاسبه‌ی سرعت تعادل‌های کوتاه‌مدت درهردوره برای رسیدن به تعادل بلندمدت است. در این مرحله، وقفه پسماند رابطه بلندمدت را به عنوان ضریب تصحیح خطا (*ECM*) استفاده کرده و رابطه (۸)، برآورد می‌شود(تشکینی ،۱۳۸۴):

$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta x_t + \alpha_2 \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t$	(۸)

ضریب تصحیح خطا یعنی برآورد ضریب α_2، درصورتی که با علامت منفی ظاهر شود (که انتظارمی‌رود چنین باشد)، نشانگر سرعت تصحیح خطا و میل به تعادل بلندمدت خواهد بود. این ضریب نشان می‌دهدکه در هر دوره چند درصد از عدم تعادل متغیر وابسته، تعدیل شده و به سمت رابطه بلندمدت نزدیک می‌شود (تشکینی، ۱۳۸۴).

برآورد الگوی تجربی

هدف از این مطالعه، بررسی اثر کوتاه‌مدت و بلندمدت تغییر اقلیم بر محصول سیب‌زمینی می‌باشد. در این بخش نخست ایستایی متغیرها سپس نتایج برآورد الگوها برای سه رابطه پویا، بلندمدت و کوتاه‌مدت و ضریب تصحیح خطا صورت پذیرفت که نتایج آن‌ها در ادامه آمده است.

بررسی ایستایی متغیرها

پیش از برآورد مدل، باید آزمون ایستایی برای همه متغیرها انجام شود تا اطمینان حاصل شود که هیچ یک از متغیرها انباشته از مرتبه دو، یعنی *I(2)*، نیستند و بدین وسیله از نتایج رگرسیون ساختگی اجتناب شود. هنگام وجود

متغیرهای *I(2)* در مدل، آماره‌های *F* و *W* قابل اعتماد نیستند؛ زیرا این آزمون ها مبتنی بر این فرض استوارند که همه متغیرهای موجود در مدل *I(0)* یا *I(1)* هستند (پسران و همکاران، ۲۰۰۱). در نتیجه، ضروری است آزمون ایستایی برای اطمینان از نبود متغیرهای *I(2)* در مدل انجام شود. روش‌های گوناگونی برای اجرای آزمون ریشه واحد وجود دارد. در این مطالعه از آزمون دیکی - فولر تعیم یافته (*ADF*) استفاده شده است (گرین، ۲۰۱۱). آزمون *ADF*، فرضیه ریشه واحد (ناایستایی) را در مقابل ایستایی متغیرهای عملکرد سیب‌زمینی، حداقل دما، حداکثر دما، متوسط

متغیر		با عرض از مبدأ و بدون روند	نتیجه	با عرض از مبدأ و روند	نتیجه
عملکرد سیب‌زمینی	P	-۳/۵۲	I(0)	-۵/۰۱	I(0)
حداقل دما	AMIT	-۳/۸۱	I(0)	-۴/۵۸	I(0)
حداکثر دما	AMT	-۶/۳۱	I(1)	-۵/۶۸	I(0)
متوسط دما	AT	-۴/۵۵	I(0)	-۶/۳۸	I(0)
رطوبت نسبی	ARH	-۴/۴۷	I(0)	-۴/۴۴	I(0)
بارش سالانه	AP	-۳/۰۱	I(0)	-۷/۴۰	I(1)
تبخیر	AE	-۴/۶۰	I(1)	-۳/۷۷	I(0)

دما، رطوبت نسبی، بارش سالانه و تبخیر آزمون می‌کند. در صورتی که قدر مطلق آماره آزمون (τ محاسباتی) بزرگتر از قدر مطلق مقادیر بحرانی τ باشد، فرضیه H_0 رد می‌شود و سری زمانی ایستا خواهد بود، نتایج بررسی ایستایی متغیرها در جدول (۱) آورده شده‌اند.

جدول۱. آزمون ریشه واحد

مآخذ: یافته‌های تحقیق

برآورد مدل پویا (کوتاه‌مدت)

پس از اطمینان از درجه ایستایی متغیرها، مدل با استفاده از روش *ARDL* تخمین‌زده می‌شود. نتایج حاصل از تخمین معادله پویا، در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول۲. نتایج الگوی برآوردی ARDL(1,1,2,2,2,2,2)

نتایج مدل پویا				
متغیر	ضریب	انحراف معیار	آماره t	سطح معنی‌داری
P(-1)	-۰/۳۱	۰/۴۴	-۰/۷۱	۰/۰۵
AMIT	۱/۱۶	۶/۵۴	۰/۱۷	۰/۸۶
AMIT(-1)	-۷/۳۴	۵/۶۷	-۱/۲۹	۰/۲۵
AMT	-۵۳/۰۶	۱۹/۱۷	-۲/۷۶	۰/۰۳
AMT(-1)	-۸/۵۰	۸/۴۶	-۱/۰۰	۰/۳۶
AMT(-2)	۱۴/۵۸	۱۱/۰۱	۱/۳۲	۰/۲۴
AT	۴۰/۲۴	۱۶/۳۱	۲/۴۶	۰/۰۵
AT(-1)	۱۵/۴۶	۱۰/۸۱	۱/۴۲	۰/۲۱
AT(-2)	-۴۲/۴۸	۱۸/۰۴	-۲/۳۵	۰/۰۶
ARH	-۴/۵۸	۲/۱۳	-۲/۱۴	۰/۰۸
ARH(-1)	۴/۸۳	۱/۵۳	۳/۱۶	۰/۰۲

ARH(-2)	-۱/۹۴	۱/۰۰	-۱/۹۴	۰/۱۰
AP	۰/۲۱	۰/۰۹	۲/۲۰	۰/۰۷
AP(-1)	۰/۱۸	۰/۰۷	۲/۳۴	۰/۰۶
AP(-2)	س	۰/۰۸	۲/۹۱	۰/۰۳
AE	-۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۶۴	۰/۵۴
AE(-1)	-۰/۰۲	۰/۰۰	-۲/۵۲	۰/۰۵
AE(-2)	-۰/۰۲	۰/۰۱	-۲/۱۶	۰/۰۸
C	۶۲۱/۴۶	۲۷۳/۴۰	۲/۲۷	۰/۰۷
T	۱۰/۱۲	۳/۴۴	۲/۹۳	۰/۰۳

آزمون وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها		
آماره F	حد پایین (۱۰ ٪)	حد بالا (۱۰ ٪)
۳/۵۰	۲/۳۳	۳/۲۵

مآخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج تخمین کوتاه‌مدت نشان می‌دهد که عملکرد سیب‌زمینی ارتباط منفی و معنی‌داری با متغیرهای اقلیمی دارد. در کوتاه‌مدت حداقل دما تأثیری بر عملکرد سیب‌زمینی ندارد یعنی اگر حداقل دما در کوتاه‌مدت یک واحد افزایش یابد تأثیری بر میزان عملکرد سیب‌زمینی نخواهد داشت. اگر متغیرهای اقلیمی متوسط دما و بارش در کوتاه‌مدت یک واحد افزایش یابند به ترتیب باعث افزایش ۴۰/۲۴ و ۰/۲۱ واحدی عملکرد سیب‌زمینی می‌شوند. ولی اگر متغیرهای حداکثر دما، رطوبت نسبی و تبخیر یک واحد افزایش یابند به ترتیب باعث کاهش ۵۳/۰۶، ۴/۵۸ و ۰/۰۲ واحدی عملکرد سیب‌زمینی در کوتاه‌مدت می‌شوند. . بعد از تخمین معادلهٔ پویا با استفاده از آزمون باند می‌توان از وجود رابطه بلندمدت اطمینان حاصل کرد، که نتایج آن در انتهای جدول (۲) نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست آمده، در عملکرد سیب‌زمینی به دلیل اینکه آماره F محاسباتی بزرگتر از حد بحرانی بالا در سطح ۱۰ درصد است، فرض H0 مبنی بر عدم وجود رابطه بلندمدت بین متغیرهای مدل رد می‌شود. به عبارت دیگر، یعنی در عملکرد سیب‌زمینی رابطه بلندمدت وجود دارد. با توجه به آزمون تشخیصی انجام شده سطح معنی‌داری برای آزمون خودهمبستگی، تصریح مدل و توزیع نرمال در عملکرد سیب‌زمینی به ترتیب برابر با ۰/۶۳، ۰/۱۷ و ۰/۲۱ می‌باشند، یعنی خودهمبستگی بین اجزای اخلال مدل وجود ندارد و متغیر مهم حذف شده‌ای از مدل نیز وجود ندارد و بین اجزای اخلال توزیع نرمال وجود دارد.

برآورد الگوی بلندمدت

پس از اطمینان از وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها باید به برآورد ضرایب بلندمدت اقدام کرد. نتایج حاصل از برآورد رابطه بلندمدت در جدول (۳) نشان داده شد.

جدول۳. نتایج تخمین معادله بلندمدت

متغیر	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	سطح معنی‌داری
AMIT	-۴/۶۹	۷/۶۳	-۰/۶۱	۰/۵۶
AMT	-۳۵/۶۹	۲۰/۶۵	-۱/۷۲	۰/۱۴

AT	۱۰/۰۴	۲۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۶۴
ARH	-۱/۲۸	۱/۱۴	-۱/۱۲	۰/۳۱
AP	۰/۴۸	۰/۱۸	۲/۵۶	۰/۰۵
AE	-۰/۰۴	۰/۰۱	-۲/۳۴	۰/۰۶
T	۷/۶۹	۲/۷۳	۲/۸۱	۰/۰۳

مآخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده در بلندمدت مجموع بارش رابطه مثبت و معنی‌داری با عملکرد سیب‌زمینی دارد به عبارت دیگر اگر میزان بارش یک واحد افزایش یابد عملکرد سیب‌زمینی در بلندمدت ۲/۵۶ واحد افزایش خواهد داشت. تبخیر در بلندمدت دارای رابطه منفی و معنی‌داری با عملکرد سیب‌زمینی می‌باشد به عبارت دیگر افزایش یک واحدی تبخیر باعث کاهش عملکرد به میزان ۰/۰۴ واحد در بلندمدت می‌شود. دیگر متغیرهای اقلیمی در بلندمدت تأثیری بر میزان عملکرد ندارند.

برآورد الگوی تصحیح خطا (*ECM*)

برای بررسی نحوه تعدیل عدم تعادل کوتاه‌مدت به تعادل بلندمدت از ضریب تصحیح خطا استفاده می‌کنیم. در الگوی تصحیح خطا از ترکیب اطلاعات بلندمدت با ساز و کار تعدیل کوتاه‌مدت استفاده می‌شود. به عبارت دیگر نوسان‌های کوتاه‌مدت یک متغیر به مقدار بلندمدت آن مرتبط است. نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول (۴) نشان داده شد.

جدول ۴. نتایج مدل تصحیح خطا ECM

متغیر	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	سطح معنی‌داری
Damit	۱/۱۶	۲/۳۹	۰/۴۸	۰/۶۴
Damt	-۵۳/۰۶	۶/۵۶	-۸/۰۷	۰/۰۰
dAMT(-1)	-۱۴/۵۸	۳/۶۳	-۴/۰۱	۰/۰۱
Dat	۴۰/۲۴	۶/۰۶	۶/۶۳	۰/۰۰
dAT(-1)	۴۲/۴۸	۵/۳۴	۷/۹۵	۰/۰۰
dARH	-۴/۵۸	۰/۶۷	-۶/۸۰	۰/۰۰
dARH(-1)	۱/۹۴	۰/۳۷	۵/۲۵	۰/۰۰
dAP	۰/۲۱	۰/۰۳	۵/۷۲	۰/۰۰
dAP(-1)	-۰/۲۴	/۰۲	-۹/۳۳	۰/۰۰
dAE	-۰/۰۰	۰/۰۰	-۱/۵۳	۰/۱۸
dAE(-1)	۰/۰۲	۰/۰۰	۶/۳۴	۰/۰۰
متغیر	ضرایب	انحراف معیار	آماره t	سطح معنی‌داری
C	۶۳۱/۵۸	۷۷/۰۲	۸/۲۰	۰/۰۰
ECM(-1)	-۱/۳۱	۰/۱۶	-۸/۲۰	۰/۰۰

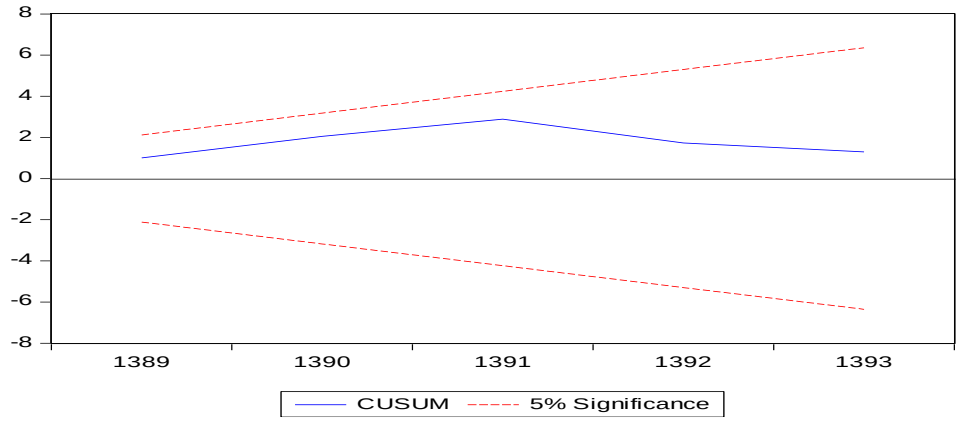
مآخذ: یافته‌های تحقیق

با توجه به نتایج بدست آمده، ضریب *ecm(-1)* مطابق انتظار منفی و معنی‌دار و برابر با (۱/۳۱-) می‌باشد، یعنی در هر دوره ۱/۳۱ واحد از عدم تعادل عملکرد سیب‌زمینی تعدیل شده و به سمت روند بلندمدت خود نزدیک می‌شود.

آزمون *CUCUM* و *CUSUMQ*

پس از تأثیر وجود رابطه بلندمدت بین متغیرها با استفاده از آزمون *Cusum* و *Cusumq* که توسط براون و همکاران (۱۹۷۵) معرفی شده است. خوبی برازش *ARDL* برآورد شده بررسی می‌شود. این آزمون‌ها روی اجزای اخلال مدل تصحیح خطا انجام شده و نتایج آن به صورت گرافیکی نمایش داده شد. چون نمودارهای *Cusum* و *Cusumq* بین مقادیر بحرانی ۵ ٪ قرار گرفتند، شکست ساختاری بین سالهای مورد مطالعه وجود ندارد و می‌توان نتیجه گرفت که مدل برآورد شده از پایداری لازم برخودار می‌باشد.

نمودار ۱. CUSUM



نمودار ۲. CUSUMQ

نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

با توجه به نتایج کوتاه‌مدت، متغیرهای اقلیمی متوسط دما و بارش با عملکرد سیب‌زمینی هم جهت بوده و داری رابطه مثبت و معنی‌داری می‌باشند، یعنی اگر متوسط دما و بارش یک واحد افزایش یابند، باعث افزایش عملکرد سیب‌زمینی در کوتاه‌مدت می‌شوند ولی متغیرهای اقلیمی حداکثر دما، رطوبت نسبی و تبخیر در کوتاه‌مدت باعث کاهش عملکرد می‌شوند. و همچنین متغیرهای بارش و تبخیر در بلندمدت به ترتیب تأثیر مثبت (معنی‌دار) و منفی (معنی‌دار) بر عملکرد سیب‌زمینی دارند، ولی مابقی متغیرهای اقلیمی در بلندمدت بر عملکرد سیب‌زمینی بی‌تأثیر می‌باشند. ضریب ecm(-1) مطابق انتظار منفی و معنی‌دار می‌باشد و بین متغیرهای موجود در مدل هیچ‌گونه خودهمبستگی و تصریح مدل وجود نداشت و بین اجزای اخلال مدل توزیع نرمال وجود داشت. و در نهایت نمودارهای *Cusum* و *Cusumq* نشان دادند که بین سالهای مورد مطالعه شکست ساختاری وجود ندارد و مدل از پایداری لازم برخوردار می‌باشد. از آنجا که تأثیرات عوامل آب و هوایی بر روی محصولات کشاورزی از اهمیت فوق العاده‌ای برخوردار می‌باشد و همین امر بخش کشاورزی را از سایر بخش‌های اقتصادی متمایز می‌کند. با وجود اینکه

کنترل عوامل جوی و اقلیمی توسط انسان ناممکن است. اما انسان با تلاشی که در جهت ارتقاء دانش خود نسبت به تأثیر عوامل جوی دارد و با به کاربردن مطالعات و بررسی‌هایی که بر روی روند تغییرات عوامل جوی و تأثیری که بر میزان عملکرد دارد می‌تواند توانمندی خود را در کاهش خسارات ناشی از عوامل جوی به مرحله اجرا درآورد.

منابع

۱. اخوان، س. قبائی سوق، م و مساعدی، ا. (۱۳۹۳) بررسی اثر تغییر اقلیم بر مقدار نیاز خالص آبیاری محصولات عمده دشت همدان- بهار با استفاده از نتایج مدل ریز مقیاس *LARS-WG5*، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد۲۲، شماره ۴.

۲. بسکابادی، الف. کهنسال، م. و قربانی، م. (۱۳۹۱) چگونه تغییر اقلیم تولید گندم را درمشهد متأثر می سازد؟ ، هشتمین همایش دو سالانه اقتصاد کشاورزی.

۳. تشکینی، الف. (۱۳۸۴) اقتصادسنجی کاربردی به کمک *Microfit* مؤسسه‌ی خدمات فرهنگی هنری دیباگران تهران، چاپ اول ص ۱۴۵-۱۴۸.

۱. چکشی، ب. (۱۳۹۱) بررسی تغییرات اقلیمی وپدیده گرمایش جهانی و تأثیر آن براکوسیستم های زیستی کره زمین . اولین همایش ملی بیابان ، تهران ، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران .

۲. حسینی، س. نظری، م. و عراقی نژاد، ش. (۱۳۹۲) بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید برنقش به کارگیری راهبردهای تطبیق دراین بخش، تحقیقات اقتصادوتوسعه کشاورزی ایران، شماره۱،ص:۱-۱۶.

۳. دریجانی، ع. حسینی، س و قربانی، م. (۱۳۸۷) برآورد ارزش خسارت ناشی از خشکسالی بر تولید گندم دیم در استان گلستان، اقتصاد کشاورزی و توسعه، چاپ شانزدهم، شماره ۶۵ ، زمستان.

۴. سلطانی، ش و موسوی، س، ح. (۱۳۹۴) ارزیابی آثار بالقوه‌ی تغییرات اقلیم برعملکرد وارزش افزوده بخش کشاورزی دردشت همدان- بهار، اقتصادکشاورزی، جلد۹، شماره ۱.

۵. قائمی، ه و مظفری، غ. (۱۳۸۱) تحلیل شرایط بارش در سطح نواحی دیم خیز (شرق کرمانشاه)، پژوهشهای جغرافیایی، ش ۵۲ ، ص۱۰۳-۱۱۹.

۶. کوچکی، ع و نصیری، م. (۱۳۸۷) تأثیر تغییر اقلیم همراه با افزایش غلظی CO_2 برعملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران ، شماره۶ ، ص : ۱۵۳-۱۳۹.

۷. کوچکی، ع. شریفی، ح و زند، ا. (۱۳۷۷) پیامدهای اکولوژیکی. تغییر اقلیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۸. گریگ، د. (۱۳۸۷) مقدمه‌ای بر جغرافیای کشاورزی، ترجمه علیرضا کوچکی، سیاوش دهقانیان، علی کلاهی اهری، انتشارات دانشگاه. فردوسی مشهد، چاپ چهارم.

۹. موسی‌نژاد، م، ق و نجارزاده ، ر. (۱۳۷۶) اقتصاد تولید کشاورزی ، دیوید ال دبرتین ، ترجمه محمدقلی موسی نژاد و رضا نجارزاده ، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس تهران.

۱۰. نوفرستی، م. (۱۳۸۷) ریشه واحد وهمجمعی دراقتصادسنجی ، مؤسسه ی خدمات فرهنگی رسا.چاپ اول ص ۱۸۵.

11. Alam, Q.(2013) Climate Change, Agricultural Productivity and Economic Growth in India: The Bounds Test Analysi International Journal of Applied Research and Studies, 2:2278-9480.
12. Angel, J. (2008) Potential Impacts of Climate Change on Change on Water Availability .Illinois State Water Survey. Institute of Natural Resource Sustainability.
13. Lau, L.C., Choong, C.K. and Eng, Y.K.(2014) Investigation of the environmental Kuznets curve for carbon emissions in Malaysia: Do foreign direct investment and trade matter?, Energy Policy, 68: 490-497.
14. Luo, Q., Bellotti, W. Williams, M. and Wang, E.(2009) Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: Analysis of management and breeding strategies. J .of Agriculture, Ecosystems and Environment. 129:261-267.
15. Olesen, J.E.,Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelog, A.O., Seguin, B., Peltonen Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J . and Micale, F .(2011) Impacts And adaptation of European Crop Production systems to climate change, European Journal Of Agronomy, 34:96-112.