نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، صص.۷۰-۶۱

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 4, No. 2, Autumn &Winter 2017, pp. 61-70

# بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی از نوسانات اقلیمی (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)

حکیمه هاتف[۱]، محمود دانشور کاخکی[*۲]، محمدرضا کهنسال[۲]، محمد بنایان[۳]، ناصر شاهنوشی فروشانی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۲۷

## چکیده

نوسانات اقلیمی در یک منطقه اثرات شدیدی بر منابع آب و خاک می‌گذارد؛ بنابراین مطالعه میزان نوسانات به وجود آمده در عوامل اقلیمی مناطق مختلف به جهت اتخاذ سیاست‌های مقابله یا انطباق با شرایط جدید از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از روش‌های بررسی میزان نوسانات یا آسیب‌های به وجود آمده بر فعالیت‌های اقتصادی، محاسبه شاخص آسیب‌پذیری می‌باشد. در این مطالعه با هدف بررسی نوسانات به وجود آمده در عوامل و پارامترهای اقلیمی، شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۳ برای ۱۱ شهرستان استان خراسان رضوی مورد محاسبه قرار گرفته است. این شاخص بیان‌گر ویژگی‌های موجود در داخل منطقه می‌باشد که در اثر نوسانات عوامل اقلیمی دچار آسیب شده و پیش‌بینی می‌شود که در آینده نیز آسیب‌پذیری بیشتری داشته باشند. اجزای این شاخص دو نوع مخاطرات ریسک‌های دائمی (افزایش دما و کاهش بارش) و ریسک‌های مکرر (پیشرفت خشکی و وقوع توفان) را که بر رشد اقتصادی مؤثر هستند را شامل می‌شود. نتایج حاصل از محاسبه شاخص حاکی از آن است که در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی در دوره موردمطالعه تربت‌حیدریه بیشترین و چناران کمترین میزان آسیب را از تغییر در عوامل اقلیمی دیده‌اند، متوسط مقدار شاخص محاسبه شده در شهرستان‌های استان خراسان رضوی ۴۷/۰۴ می‌باشد. پیشنهاد می‌شود که سازمان‌های مختلف جهت برنامه‌ریزی و تخصیص بودجه‌های مقابله با اثرات منفی ناشی از تغییر عوامل اقلیمی از نتایج شاخص استفاده نمایند.

**واژه‌های کلیدی:** خراسان رضوی، شاخص آسیب‌پذیری، شوک دائمی، شوک مکرر

## مقدمه

اقلیم، شرایط متوسط آب و هوا برای یک محدوده خاص و یک دوره خاص است. گرم شدن زمین و تداوم آن در نتیجه افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در دنیا پذیرفته‌شده است (مندلسون[۴]، ۲۰۰۹). دمای سطح زمین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای، ۰/۳ تا ۰/۶ درجه سانتی‌گراد در طول قرن گذشته افزایش یافته و تا سال ۲۱۰۰ میلادی مقدار آن ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم[۵]، ۲۰۱۴). گازهای گلخانه‌ای مانند دی اکسیدکربن عامل تغییر در شرایط و متغیرهای اقلیمی از جمله درجه حرارت، بارش، رطوبت خاک و سطح دریا می‌باشند (هوگتان و همکاران[۶]، ۱۹۹۶؛ چیملفینگ و یوه[۷]، ۱۹۹۹). این تغییرات می‌تواند در بلندمدت عواقب جدی اقتصادی و اجتماعی در پی داشته و اثرات سوئی بر سیستم‌های زیست‌محیطی، کشاورزی، فعالیت‌های بشر و اقتصاد بگذارد (قهرمان و قره‌خانی، ۱۳۸۹). بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی بوده که از نوسانات اقلیم تأثیر می‌پذیرد. تأثیر کشاورزی از نوسانات اقلیمی در مناطق مختلف یکنواخت نیست. انتظار می‌رود که کشورهای در حال توسعه بیشتر تحت تأثیر اثرات منفی تغییر اقلیم قرار گیرند (استرن[۸]، ۲۰۰۷). مطالعات اخیر نشان می‌دهد که اگر اقدامی در جهت مقابله با گرم شدن زمین صورت نگیرد، تولید جهانی محصولات کشاورزی ۱۵/۹ درصد تا سال ۲۰۸۰ کاهش می‌یابد، در حالی که کشورهای در

[۱] دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
[۲] استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*نویسنده مسئول: daneshvar@um.ac.ir)
[۳] استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

[4] Mendelsohn
[5] Intergovernmental Panel on Climate Change
[6] Houghton et al.
[7] Schimmelpfennig and Yohe
[8] Stern

حال توسعه کاهش شدیدی (۱۹/۷ درصد) را در تولیدات کشاورزی تجربه خواهند کرد (کلاین[1]، ۲۰۰۷)، که به دلیل مشارکت بخش کشاورزی در تولید ملی، بر شرایط کلی اقتصاد مؤثر خواهد بود. بر اساس برآوردهای انجام‌شده برای درجات مختلف گرمایش کره زمین در مطالعات مختلف، افزایش دمای کره زمین تا ۲ درجه سانتی‌گراد، خسارتی معادل ۱ تا ۷ درصد تولید ناخالص داخلی جهان و تا ۳ درجه سانتی‌گراد حدود ۱ تا ۱۴ درصد تولید ناخالص داخلی جهان همراه خواهد داشت که پرداخت‌کننده بخش عمده آن کشورهای در حال توسعه هستند (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم پیش‌بینی می‌کند که اگر اوضاع جهان به همین صورت باقی بماند، درجه حرارت متوسط کره زمین در خلال قرن حاضر ۴/۱ تا ۸/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (راسل براون، ۱۳۸۵). شواهد داده‌های تاریخی هواشناسی (از سال ۱۹۵۱ تاکنون) و نیز پیش‌بینی‌های صورت گرفته از وضعیت اقلیم کشور، همانند دیگر نقاط دنیا، بیانگر وقوع پدیده تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر و ادامه این روند در آینده است (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). در ایران تحت سناریوهای تغییر اقلیم، افزایش متوسط درجه حرارت تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۳۰ سال آینده رخ می‌دهد که در این صورت بارندگی نیز افت محسوسی خواهد داشت. ضمن اینکه افزایش درجه حرارت به افزایش قابل‌توجه سطح تبخیر-تعرق سالانه منجر خواهد شد (بنایان و همکاران، ۱۳۸۹؛ حسینی و همکاران، ۱۳۹۲). تأثیر نوسانات عوامل اقلیمی بر دما و میزان بارش منجر به اهمیت هرچه بیشتر آن در کشورمان می‌شود. ایران در پهنه‌بندی اقلیمی دنیا جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. تقریباً ۳۵ درصد مناطق کشور دارای آب و هوای بسیار خشک، حدود ۳۰ درصد خشک، ۲۰ درصد نیمه‌خشک، ۵ درصد مدیترانه‌ای و ۱۰ درصد مرطوب است. در نتیجه بیش از ۸۰ درصد قلمرو ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارد. متوسط بارندگی در ایران در حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این مقدار کمتر از یک‌سوم متوسط بارش در دنیا (۸۶۰ میلی‌متر) است (گزارش ایران به UNFCC 2010)[2].

[1] Cline

2010)[2]. نکته مهم دیگر در مورد اقلیم ایران، محدوده وسیع دمایی آن است که گاهی از ۲۰- تا ۵۰+ درجه سانتی‌گراد تغییر می‌کند. خشک‌سالی شدید اغلب به‌عنوان یک خصوصیت آب و هوایی ایران شناخته‌شده است. ایران خسارات زیادی را به علت خشکسالی تحمل کرده است (گزارش ایران به UNFCC 2010). بر اساس پژوهش‌ها و ارزیابی‌های انجام‌شده در طرح توانمندسازی تغییر آب و هوا تحت نظر کنوانسیون تغییر آب و هوای سازمان ملل متحد و با استفاده از سناریوهای مطرح‌شده توسط هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، اگر میزان غلظت دی اکسیدکربن تا سال ۲۱۰۰ دو برابر شود، دمای متوسط ایران به میزان ۴/۵- ۱/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش و میانگین بارش کشور حدود ۱۰ درصد (تقریباً ۲۵ میلی‌متر) کاهش خواهد یافت که این مسئله اگر چه بر همه بخش‌های اقتصادی کشور تأثیرگذار است، اما شرایط تولید در بخش کشاورزی را با محدودیت‌های اساسی روبه‌رو می‌سازد. شواهد تاریخی حاکی از آن است که بسیاری از کشورها بارها با خطرات ناشی از تغییر آب‌وهوا، مانند خشکسالی مواجه بوده‌اند. اثرات خشکسالی، فقر عمیق روستایی، ظرفیت محدود تولید و قرار گرفتن در معرض شوک‌ها را تشدید می‌کند (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). این تغییرات نشان‌دهنده مشکل شدیدی در بسیاری از مناطق جغرافیایی، به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه است. به‌طورکلی این کشورها، به این دلیل که ظرفیت پایین‌تری برای سازگاری دارند، به اثرات تغییرات آب و هوایی آسیب‌پذیرتر هستند. سطح بالای آسیب‌پذیری و توانایی‌های مالی و سازمانی محدود برای انطباق، تولید ناخالص داخلی سرانه پایین و فقر گسترده، تمایل به تشدید عواقب ناشی از تغییرات آب‌وهوایی دارند. در نتیجه شناخت آسیب‌پذیری نسبت به تغییرات آب و هوایی در هر کشور برای کمک به سازگاری ضروری است (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۱۴). تغییر آب و هوا و آسیب‌پذیری همیشه همراه هستند. به‌طوری‌که تیمرمن[3] (۱۹۸۱) تحقیق بر روی مفهوم آسیب‌پذیری را در قلب پژوهش‌های تغییر آب و هوا در نظر می‌گیرد. او آسیب‌پذیری را به‌عنوان «درجه‌ای که یک سیستم ممکن است به‌صورت نامطلوب به وقوع

[2] United Nations Framework Convention on Climate Change
[3] Timmerman

یک رویداد خطرناک واکنش نشان دهد» تعریف می‌کند. در برنامه آب و هوایی سازمان جهانی هواشناسی «تعیین ویژگی‌های جوامع بشری در سطوح مختلف توسعه که آن‌ها را در مقابل تنوع و یا تغییرات آب و هوایی آسیب‌پذیر و یا انعطاف‌پذیر می‌سازد» دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. آسیب‌پذیری درجه‌ای از حساسیت یک سیستم و توانایی کنار آمدن آن با اثرات ناشی از تغییرات آب و هوایی نظیر تنوع آب و هوایی می‌باشد. آسیب‌پذیری تابعی از ویژگی، بزرگی و نرخ تغییرات آب و هوایی و تنوعی که یک سیستم با آن مواجه است، حساسیت آن و ظرفیت انطباق می‌باشد (هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). بنابراین محاسبه میزان آسیب‌پذیری کشور و مناطق مختلف به تغییرات آب و هوایی می‌تواند به‌عنوان یکی از معیارهای مناسب برای سیاست‌گذاری در جهت اتخاذ برنامه‌های مناسب برای تطبیق منابع در نظر گرفته شود. آسیب‌پذیری نسبت به تغییر آب‌وهوا به‌عنوان آسیب‌پذیری نسبت به شوک‌های زیست‌محیطی ناشی از تغییرات آب و هوایی در نظر گرفته می‌شود. این شوک‌ها بر اساس نتایج فیزیکی تغییرات آب و هوایی مطرح می‌شوند. این شوک‌ها با خشک‌سالی، سیل، توفان و افزایش سطح دریا نشان داده می‌شوند که تحت تأثیر تغییر در مقادیر میانگین متغیرهای آب و هوایی (مانند دما و بارش) و تغییرات مربوط به بی‌ثباتی این متغیرها می‌باشند. ارزیابی مقدار آسیب‌پذیری یک کشور یا منطقه نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی یا تغییر اقلیم نیازمند ساخت و محاسبه شاخص‌های آسیب‌پذیری می‌باشد. برای محاسبه آسیب‌پذیری نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی، شاخص‌های متفاوتی مانند شاخص آسیب‌پذیری ساختاری[1]، شاخص عملکرد تغییر اقلیم[2]، شاخص فیزیکی تغییر اقلیم[3]، شاخص آسیب‌پذیری اقتصاد[4] مطرح‌شده است. مثلاً شاخص عملکرد تغییر اقلیم به جهت شفاف‌سازی تلاش‌های ملی و بین‌المللی برای مقابله با پدیده تغییر اقلیم به کار می‌رود و میزان تلاش کشورهای مختلف جهان را در جهت کاهش آثار و تولید آلاینده‌ها نشان می‌دهد. از بررسی نتایج حاصل از این شاخص مشخص می‌شود که کشورمان جزء ده کشور ایجادکننده بیشترین آلاینده‌ها در دنیا محسوب می‌شود. این مسئله لزوم مطالعات و برنامه‌ریزی‌های همه‌جانبه را در ارتباط با پدیده تغییر اقلیم و نوسانات عوامل اقلیمی را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه تمام مناطق یک کشور یا منطقه به‌صورت یکسانی تحت تأثیر شرایط و نوسانات عوامل اقلیمی قرار نمی‌گیرند و آسیب‌های وارد شده به مناطق مختلف، متفاوت خواهد بود، لازم است که میزان آسیب‌پذیری مناطق مورد محاسبه و بررسی قرار گیرد؛ بنابراین هدف از این مطالعه بررسی نوسانات موجود در عوامل اقلیمی (از طریق تحلیل ابعاد مختلف شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی است که ممکن است مانعی برای فعالیت‌های اقتصادی کشور باشد) و محاسبه شاخص برای شهرستان‌های استان خراسان رضوی می‌باشد.

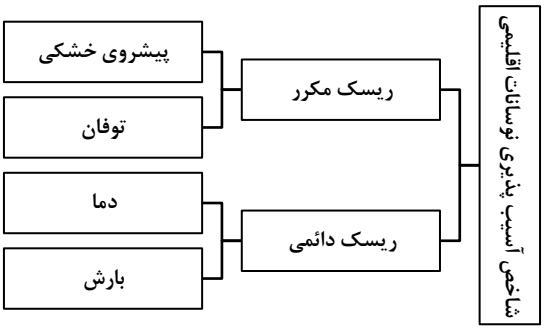
## مواد و روش‌ها

آب‌وهوای نیمه‌خشک ایران نسبت به تغییرات آینده اقلیمی بسیار آسیب‌پذیر است. تغییر اقلیم به بروز خشک‌سالی و کمبود منابع آب و کاهش تولید در کشور منجر می‌شود که این نیز به‌نوبه خود منجر به کاهش درآمد کشاورزی و افزایش مهاجرت روستائیان به شهرها، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی تولیدشده و کاهش بهره‌وری نیروی کار، کاهش جمعیت کشاورزی، کاهش بیشتر تولیدات کشاورزی و افزایش ناامنی غذایی خواهد شد. این آسیب‌پذیری در استان خراسان رضوی به دلیل داشتن اقلیم خشک و نیمه‌خشک کاملاً مشهود می‌باشد (کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹). همان‌طور که ذکر شد هدف این مطالعه بحث و بررسی اجزای شاخص آسیب‌پذیری ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی می‌باشد. به‌طورکلی بحث در مورد شاخص‌های آسیب‌پذیری از سه قسمت اصلی شوک[5]، مواجهه[6] و انعطاف‌پذیری[7] تشکیل می‌شود. شوک شوک شامل رخدادهای خارجی و به طور کلی پیش‌بینی نشده مانند گردباد، توفان، زلزله و خشکسالی است. مواجهه مربوط به اثرات مستقیم شوک می‌باشد. انعطاف‌پذیری ظرفیت واکنش به شوک را مورد مطالعه قرار می‌دهد (میلر و همکاران[8]، ۲۰۱۰). شکل ۱ اجزای

[1] Structural vulnerability of climate change Index
[2] The climate change performance index
[3] Physical vulnerability of climate change Index
[4] Economic vulnerability Index

[5] shock
[6] exposure
[7] resilience
[8] Miller et al.

شاخص آسیب‌پذیری را نشان می‌دهد. این شاخص متکی بر اجزا منعکس‌کننده پیامدهای فیزیکی تغییرات آب و هوایی است که بر رفاه و فعالیت جامعه مؤثر می‌باشد. این شاخص عواملی را مورد مطالعه قرار می‌دهد که به‌طور ذاتی در ساختارهای کشور وجود دارند و به دلیل بروز نوسانات عوامل اقلیمی، دچار آسیب می‌شوند. این شاخص شامل دو جزء می‌باشد که هر جزء خود دارای دو بخش بوده و هر بخش نیز از دو زیر بخش تشکیل می‌شود.




**شکل ۱- اجزای شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی (گویلامونت و سیمونت[1]، ۲۰۱۱)**

همان‌طور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، اجزای این شاخص دو نوع تهدیدهای مربوط به تغییر آب‌وهوا نظیر خطرات ناشی از افزایش شوک‌های مکرر (مانند خشکسالی، سیل و توفان) و مخاطرات ناشی از شوک‌های دائمی (مانند افزایش دما و کاهش بارندگی) را در نظر می‌گیرد (گویلامونت، ۲۰۰۹). جدول ۱ رتبه ایران از نظر شاخص عملکرد تغییر اقلیم را نشان می‌دهد. خطرات ناشی از شوک‌های دائمی به عواقب احتمالی مداوم تغییرات آب و هوایی اشاره دارند و از طریق افزایش روند درجه حرارت و یا روند کاهش در بارش مورد مطالعه قرار می‌گیرد؛ بنابراین شوک‌های منفی برای بارش باران و شوک‌های مثبت برای دما به‌عنوان بخشی از مهم‌ترین آسیب‌های ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی مدنظر قرار می‌گیرند. به‌طورکلی سطح متوسط بی‌ثباتی گذشته بارندگی و دما، شاخصی برای در معرض قرار گرفتن و روند این ناپایداری، نماینده‌ای برای شوک می‌باشد (گویلامونت، ۲۰۱۵). در ارتباط با شوک‌های مکرر لازم به ذکر است که تغییرات آب و هوایی نیز می‌تواند شوک‌های طبیعی بیشتر و یا حادتری مانند خشکسالی، توفان و سیل ایجاد نماید (بانک جهانی، ۲۰۰۸).

[1] Guillaumont and Simonet

**جدول ۱ - رتبه ایران از نظر شاخص عملکرد تغییر اقلیم (بورک و همکاران[2]، ۲۰۱۶)**

| سال | رتبه | نمره | تعداد کشورها |
|---|---|---|---|
| ۲۰۰۶ | ۴۷ | -۰/۳۹ | ۵۳ |
| ۲۰۰۷ | ۴۹ | -۰/۴۹ | ۵۶ |
| ۲۰۰۸ | ۳۴ | ۴۹/۴ | ۵۶ |
| ۲۰۰۹ | ۳۹ | ۴۸/۶ | ۵۶ |
| ۲۰۱۰ | ۳۸ | ۴۹/۲ | ۶۰ |
| ۲۰۱۱ | ۵۲ | ۴۷/۲ | ۶۰ |
| ۲۰۱۲ | ۶۰ | ۳۶ | ۶۱ |
| ۲۰۱۳ | ۶۰ | ۳۵/۸ | ۶۱ |
| ۲۰۱۴ | ۵۹ | ۳۷/۸ | ۶۱ |
| ۲۰۱۵ | ۵۷ | ۴۱ | ۶۱ |
| ۲۰۱۶ | ۵۴ | ۴۳/۳ | ۶۱ |

با توجه به ویژگی‌های خاص منطقه مطالعاتی وقوع توفان و پیشرفت خشکی به‌عنوان نوسانات عوامل اقلیمی به وجود آورنده شوک‌های مکرر مورد مطالعه قرار گرفتند. به‌منظور محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی فرض می‌شود $R_t$ مقدار بارش در سال t و IR شاخص بارش نامیده می‌شود.

$$IR = \sum \frac{|R_t - \widehat{R}_t|}{\widehat{R}_t} \qquad (۱)$$

سطح بارندگی کمتر یا سهم بالاتر زمین‌های خشک در یک منطقه، آن منطقه را در درازمدت در معرض کاهش بارندگی یا افزایش درجه حرارت قرار می‌دهد. از طرفی بر اساس استانداردهای جهانی، توفان به بادهای با سرعت بیش از ۳۰ نات ($15\ m\ s^{-1}$) و دید افقی کمتر از ۱ کیلومتر اطلاق می‌شود (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۹۶). پیشرفت خشکی به‌عنوان خطر افزایش خشکسالی که می‌تواند سطح متوسط بارندگی در کشور و یا سهم زمین‌های خشک را نشان دهد، معیاری برای بیابان‌زایی در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه شدت پیشرفت خشکی در شهرستان‌های مورد مطالعه از شاخص خشکی[3] خشکی[3] استفاده شد. این شاخص تغییرات هم‌زمان بارندگی و تبخیر- تعرق و تأثیرات آن را نشان می‌دهد. شاخص خشکی توسط برنامه محیط‌زیست سازمان ملل[4] (۱۹۹۱) ارائه‌شده و با استفاده از معادله ۲ محاسبه می‌شود (بنایان و همکاران، ۲۰۱۰).

[2] Burck et al.
[3] Aridity Index
[4] United Nations Environment Program

$$AI = \frac{P}{PET} \qquad (۲)$$

که در آن P بارندگی تجمعی و PET تبخیر- تعرق بالقوه حسب میلی‌متر در مقیاس زمانی موردنظر است. محدوده عددی این شاخص بین صفر تا یک در نوسان است که مقادیر عددی کمتر از ۰/۰۵ نشان دهنده شرایط بسیار خشک و مقادیر عددی بزرگ‌تر از ۰/۷۵ شرایط مرطوب را نشان می‌دهند. لازم به ذکر است که برای محاسبه اجزای شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی از داده‌های هواشناسی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه استفاده می‌شود. با توجه به اینکه متداول‌ترین روش برای تحلیل سری‌های زمانی هواشناسی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری می‌باشد (به‌طورکلی وجود روند در این سری‌ها ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد) و از آنجا که روندهای موجود در سری زمانی متغیرهای هواشناسی در نحوه ارزیابی اثرات آن‌ها بر فرآیندهای مرتبط اثرگذار می‌باشد، لازم است در استفاده از آن‌ها ابتدا معنی‌داری روندها مورد ارزیابی قرار گیرد و سپس در صورت لزوم اقدام به روندزدایی شود. بررسی روند و روندزدایی می‌تواند نقش مؤثری در جهت ارزیابی و کمی سازی میزان و نحوه تأثیرات در متغیرهای هواشناسی داشته باشد. تاکنون روش‌های متعددی برای تحلیل روند سری‌های زمانی ارائه گردیده‌اند که این روش‌ها به دو دسته پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم می‌باشند؛ اما استقبال از روش‌های غیرپارامتری و به خصوص من-کندال، به دلیل اینکه عناصر اقلیمی رفتار غیرخطی داشته و تابع توزیع آماری خاصی نمی‌باشند، بیشتر بوده است (قدوسی و همکاران، ۱۳۹۲). از نقاط قوت آزمون روند من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از آن است. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

- محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \qquad (۳)$$

که در آن n تعداد مشاهدات سری و $X_j$ و $X_k$ به ترتیب داده‌های jام و kام سری می‌باشند. تابع علامت نیز به‌صورت معادله (۴) قابل محاسبه است.

$$\operatorname{Sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if} \quad (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if} \quad (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if} \quad (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

- محاسبه واریانس توسط یکی از معادلات (۵) یا (۶) انجام می‌شود:

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18}, n > 10 \qquad (۵)$$

$$\operatorname{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}, n \le 10 \qquad (۶)$$

که در آن n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. T نیز بیان‌گر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد. استخراج آماره Z مطابق معادله ۷ است.

$$z = \begin{cases} \dfrac{S-1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}} & \text{if} \quad S > 0 \\ 0 & \text{if} \quad S = 0 \\ \dfrac{S+1}{\sqrt{\operatorname{Var}(S)}} & \text{if} \quad S < 0 \end{cases} \qquad (۷)$$

در یک آزمون دو دامنه جهت بررسی روند سری داده‌ها، فرض صفر (نبود روند) در صورتی پذیرفته می‌شود که معادله (۸) برقرار باشد.

$$|Z| = Z\alpha_{/2} \qquad (۸)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود. $Z_\alpha$ آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی است. بنابراین بر اساس آنچه توضیح داده شد و با توجه به اهمیت بررسی آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی، در این مطالعه به بررسی شاخص آسیب‌پذیری پرداخته‌شده است. این بررسی برای شهرستان‌های استان خراسان رضوی و آمار و اطلاعات مورد نیاز در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۳ تا ۱۳۹۳ به‌صورت روزانه از سازمان هواشناسی استان دریافت شد. محاسبه شاخص و اجزای مربوط به آن نیازمند استفاده از اطلاعات به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های هواشناسی در مورد دما، بارش، باد و غیره و برآوردهایی برای محاسبه شاخص خشکی، تبخیر - تعرق

پتانسیل و سایر اجزای موجود در شاخص برای مناطق مورد مطالعه می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص، آسیب‌پذیرترین مناطق در استان خراسان رضوی نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی شناسایی می‌شوند.

## نتایج و بحث

جهت دستیابی به هدف مطالعه که محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی می‌باشد، همان‌طور که در شکل ۱ ملاحظه می‌شود، اجزای شاخص نیازمند دسترسی به اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه است که با توجه به اینکه در استان خراسان رضوی ۱۵ ایستگاه (قوچان، مشهد، تربت‌حیدریه، گناباد، کاشمر، سرخس، نیشابور، بردسکن، فریمان، خواف، گلمکان چناران، تربت‌جام، درگز، سبزوار و جغتای) وجود دارند، آمار و اطلاعات مربوط به این ایستگاه‌ها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از آنجایی که این ایستگاه‌ها در سال‌های مختلفی تأسیس‌شده‌اند، به‌منظور همپوشانی داده‌های مورد مطالعه چهار ایستگاه بردسکن، فریمان، خواف و جغتای از مطالعه حذف شدند و برای سایر ایستگاه‌ها در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۳- ۱۳۷۳ اطلاعات به‌صورت روزانه مورداستفاده قرار گرفت. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌ها در جدول ۲ آورده شده است. برای محاسبه اجزای شاخص که در شکل ۱ آورده شده است، نیاز به محاسبه شاخص بارش و شاخص خشکی در منطقه مورد مطالعه وجود دارد که همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها ذکر شد، باید از اطلاعات مربوط به بارندگی و تبخیر - تعرق پتانسیل استفاده شود. تبخیر - تعرق پتانسیل با استفاده از نرم‌افزار REF ET و داده‌های سازمان هواشناسی برای ایستگاه‌های شهرستان‌های مورد مطالعه محاسبه شد. البته روش مناسب تعیین تبخیر - تعرق پتانسیل در هر منطقه به شرایط اقلیمی، داده های مورد نیاز و هزینه های مربوط به آن بستگی دارد. نرم افزار REF ET به اطلاعات مربوط به تابش کل خورشیدی، تابش خالص، متوسط دمای حداقل، متوسط دمای حداکثر، ساعات آفتابی، سرعت باد و رطوبت نسبی در روش‌های مختلف نیازمند است. در این مطالعه از روش پرکاربرد فائو پنمن مانتیث استفاده شد. زیرا این روش، هم در شرایط آب و هوایی خشک و هم در شرایط آب و هوایی مرطوب، به عنوان دقیق‌ترین روش معرفی شده است (شرقی و همکاران، ۱۳۸۹).

**جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه**

| ایستگاه | عرض جغرافیایی | طول جغرافیایی | ارتفاع (متر) |
|---|---|---|---|
| مشهد | ۳۶° ۱۵' N | ۵۹° ۳۷' E | ۹۸۱ |
| فریمان | ۳۵° ۴۲' N | ۵۹° ۵۰' E | ۱۴۰۳ |
| خواف | ۳۴° ۳۴' N | ۶۰° ۸' E | ۹۷۳ |
| کاشمر | ۳۵° ۱۴' N | ۵۸° ۲۸' E | ۱۰۵۷ |
| درگز | ۳۷° ۲۶' N | ۵۹° ۶' E | ۴۷۲ |
| سرخس | ۳۶° ۳۲' N | ۶۱° ۹' E | ۲۷۶ |
| تربت حیدریه | ۳۵° ۱۶' N | ۵۹° ۱۲' E | ۱۳۵۶ |
| گلمکان | ۳۶° ۲۹' N | ۵۹° ۹' E | ۱۴۲۸ |
| نیشابور | ۳۶° ۱۲' N | ۵۸° ۴۷' E | ۱۲۰۰ |
| گناباد | ۳۴° ۲۰' N | ۵۸° ۴۲' E | ۱۰۹۶ |
| سبزوار | ۳۶° ۱۲' N | ۵۷° ۴۰' E | ۹۸۱ |
| بردسکن | ۳۵° ۱۵' N | ۵۷° ۵۸' E | ۹۸۷ |
| قوچان | ۳۷° ۷' N | ۵۸° ۲۸' E | ۱۳۰۰ |
| تربت جام | ۳۵° ۱۳' N | ۶۰° ۳۸' E | ۸۹۸ |

سپس شاخص بارش و شاخص خشکی مورد محاسبه قرار گرفت. در ادامه برای هر یک از چهار جزئی که در شکل ۱ به‌عنوان اجزای شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی معرفی شده‌اند، روند و بی‌ثباتی در روند برای هر یک از اجزاء با آزمون ناپارامتری من کندال مورد بررسی قرار گرفت، به دلیل خلاصه گویی از ذکر نتایج آزمون پرهیز شده است. پس از محاسبه هر یک از هشت زیر جزء، باید وزن هر یک از اجزاء تعیین شود. به‌طورکلی روش‌های وزن دهی میانگین حسابی، میانگین هندسی، معکوس میانگین هندسی، میانگین هندسی اصلاح شده و روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی در مطالعات مختلف برای تعیین وزن اجزا مورد استفاده قرار گرفته است (گویلامونت، ۲۰۰۹). در این مطالعه با پیروی از مطالعه گویلامونت و سیمونت (۲۰۱۱) وزن‌های یکسان برای شاخص‌ها انتخاب شد که دلیل آن‌هم تفاوت موجود در مناطق مورد مطالعه در استان و ویژگی‌های اقلیمی مختلف هر یک از مناطق می‌باشد. در نهایت برای اینکه امکان مقایسه بخش‌های مختلف اجزا و محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی وجود داشته باشد با توجه به متفاوت بودن واحدهای اجزای شاخص هر یک از اجزا به کمک معادله (۹) نرمال شدند.

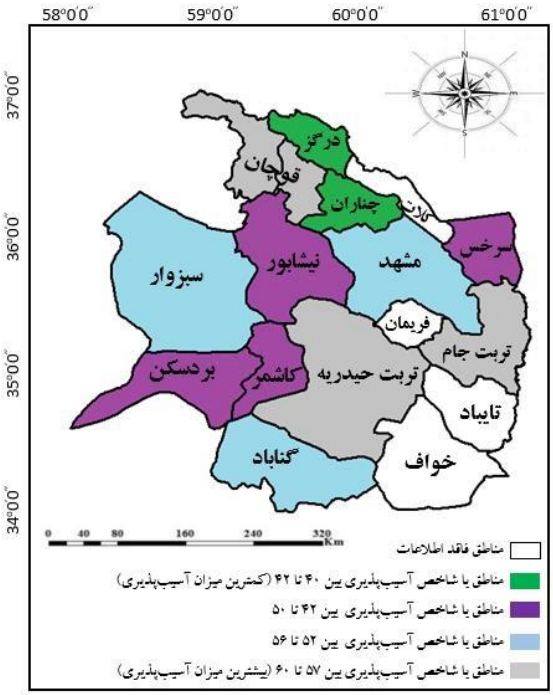
$$CN = \frac{(c - \min_c)}{\max_c - \min_c} * 100 \qquad (۹)$$

که CN مؤلفه نرمال شده و C ارزش مؤلفه، $min_c$ کمترین مقدار مؤلفه و $max_c$ بیشترین مقدار مؤلفه را نشان می‌دهند. جدول ۳ نتایج حاصل از محاسبه شاخص نوسانات عوامل اقلیمی را برای شهرستان‌های مختلف استان خراسان در بازه زمانی ۱۳۹۳-۱۳۷۳ نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود، هر یک از اجزای شاخص به‌صورت جداگانه دارای رتبه هستند که شرایط هر یک از شهرستان‌ها را در ارتباط با اجزای آسیب‌پذیری نشان می‌دهد. سپس برای گروه مخاطرات مکرر و دائمی محاسبات و رتبه‌ها و در نهایت میزان آسیب‌پذیری هر شهرستان و رتبه آن آورده شده است. از بررسی نتایج حاصل از جدول ۳ مشخص می‌شود که محدوده شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی بین ۴۰/۰۴ تا ۵۹/۵۴ به دست آمده است. بالاترین مقدار شاخص آسیب‌پذیری به تربت‌حیدریه با ۵۹/۵۴ و کمترین شاخص به شهرستان چناران با ۴۰/۰۴ برای دوره زمانی مورد مطالعه مربوط می‌شود. به‌عنوان‌مثال در مورد شهرستان مشهد، آمار و اطلاعات به‌دست‌آمده از اداره کل هواشناسی استان حاکی از آن است که طی دوره زمانی مورد مطالعه میانگین بارش ۲۲۳/۸ میلی‌متر بوده که بیشترین مقدار بارش ۳۴۷/۷ میلی‌متر و کمترین مقدار بارش ۱۳۹/۴ میلی‌متر بوده است. از بررسی نتایج حاصل از محاسبه شاخص در جدول ۳ مشخص است که مشهد از نظر میزان نوسان بارش دارای رتبه ۵ در بین شهرستان‌های استان می‌باشد. در مورد پارامتر دما نیز همان‌طور که اشاره شد، اقلیم کشورمان محدوده وسیع دمایی در حدود ۲۰- تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد را تجربه می‌کند، این پارامتر برای شهر مشهد با توجه به اینکه بالاترین دمای ثبت‌شده در دوره مورد مطالعه ۴۳/۸ درجه سانتی‌گراد و پایین‌ترین دما ۲۴- درجه سانتی‌گراد بوده است، محدوده وسیعی از تغییرات دمایی را نشان می‌دهد. رتبه مشهد از جهت عدم ثبات در پارامتر دما ۷ می‌باشد و از نتایج مشخص می‌شود که نوسانات دمایی مؤثرترین عامل در شکل‌گیری شاخص در مشهد است. نتایج محاسبه شوک‌های دائمی بیانگر آن هستند که بیشترین عدم ثبات در ارتباط با نوسانات دمایی در قوچان و کمترین نوسان به شهرستان درگز مربوط است، همچنین نتایج شاخص نوسانات بارش نیز بیان‌گر این است که بیشترین نوسانات بارندگی در شهرستان گناباد و کمترین نوسانات در نیشابور رخ داده است.

**جدول ۳- نتایج حاصل از محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی و اجزای آن**

| ایستگاه | دما | | بارندگی | | پیشرفت خشکی | | توفان | | ریسک دائمی | | ریسک مکرر | | شاخص نوسانات عوامل اقلیمی | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | عدد | رتبه | عدد | رتبه | عدد | رتبه | عدد | رتبه | عدد | رتبه | عدد | رتبه | عدد | رتبه |
| مشهد | ۴۹/۱۵ | ۷ | ۸۳/۱۲ | ۵ | ۷۵/۹ | ۵ | ۱۲/۱۴ | ۱۰ | ۳۲/۲۸ | ۵ | ۸۷/۲۳ | ۸ | ۱۹/۵۲ | ۶ |
| تربت‌حیدریه | ۲۱/۱۵ | ۴ | ۷۰/۱۴ | ۹ | ۱۳/۱۳ | ۹ | ۵۰/۱۶ | ۱۱ | ۹۱/۲۹ | ۸ | ۶۳/۲۹ | ۱۰ | ۵۴/۵۹ | ۱۱ |
| تربت‌جام | ۳۲/۱۵ | ۶ | ۷۱/۱۳ | ۷ | ۲۸/۱۸ | ۱۱ | ۸۵/۱۱ | ۵ | ۳/۲۹ | ۶ | ۱۳/۳۰ | ۱۱ | ۱۶/۵۹ | ۱۰ |
| سرخس | ۳۰/۱۵ | ۵ | ۶۶/۱۴ | ۸ | ۲/۱۱ | ۷ | ۹۴/۸ | ۲ | ۹۶/۲۹ | ۹ | ۹۶/۱۹ | ۳ | ۹۲/۴۹ | ۵ |
| سبزوار | ۹۰/۱۵ | ۱۰ | ۴۷/۱۳ | ۶ | ۹۸/۱۳ | ۱۰ | ۹۵/۱۰ | ۳ | ۳۸/۲۹ | ۷ | ۹۳/۲۴ | ۹ | ۳۰/۵۴ | ۷ |
| نیشابور | ۸۸/۱۵ | ۹ | ۵۵/۱۰ | ۱ | ۲۵/۸ | ۳ | ۲۰/۱۲ | ۶ | ۴۳/۲۶ | ۲ | ۴۵/۲۰ | ۴ | ۸۸/۴۶ | ۳ |
| کاشمر | ۹۴/۱۴ | ۳ | ۴/۱۲ | ۳ | ۷۲/۹ | ۴ | ۲۵/۱۲ | ۷ | ۹۸/۲۶ | ۴ | ۹۷/۲۱ | ۵ | ۹۵/۴۸ | ۴ |
| گناباد | ۸۹/۱۴ | ۲ | ۷۱/۱۶ | ۱۱ | ۹/۱۲ | ۸ | ۷۴/۱۱ | ۴ | ۵۹/۳۱ | ۱۰ | ۸۲/۲۳ | ۷ | ۴۱/۵۵ | ۸ |
| چناران | ۸۰/۱۵ | ۸ | ۷۰/۱۰ | ۲ | ۷۶/۷ | ۲ | ۷۹/۵ | ۱ | ۴۹/۲۶ | ۳ | ۵۵/۱۳ | ۱ | ۴/۴۰ | ۱ |
| قوچان | ۲۲/۲۲ | ۱۱ | ۳۴/۱۲ | ۴ | ۵۸/۱۰ | ۶ | ۵۰/۱۲ | ۸ | ۵۶/۳۴ | ۱۱ | ۸/۲۳ | ۶ | ۶۴/۵۷ | ۹ |
| درگز | ۶۱/۷ | ۱ | ۵۹/۱۵ | ۱۰ | ۴۲/۴ | ۱ | ۶۰/۱۳ | ۹ | ۲۰/۲۳ | ۱ | ۲/۱۸ | ۲ | ۲۲/۴۱ | ۲ |

نتایج حاصل از مخاطرات مکرر با بررسی نوسانات شاخص خشکی نشان دهنده آن است که بیشترین عدم ثبات در شهرستان تربت جام (رتبه ۱۱) و کمترین در درگز (با عدد ۴۲/۴ و رتبه ۱) رخ داده است. نوسانات شاخص رخداد توفان حاکی از آن است که بیشترین نوسان این شاخص در شهرستان تربت حیدریه با عدد ۵۰/۱۶ و رتبه ۱۱ و کمترین آن در شهرستان چناران (با عدد ۷۹/۵ و رتبه ۱) مشاهده شده است؛ بنابراین بالاترین میزان شاخص آسیب‌پذیری محاسبه شده در شهرستان تربت حیدریه بیشتر از سایر اجزاء تحت تأثیر بی‌ثباتی‌های حاصل از نوسانات وزش باد در این منطقه در دوره زمانی مورد مطالعه بوده است. این نتیجه فرضیه اتخاذ شده در مورد اینکه هریک از اجزای شاخص در مناطق مختلف دارای اهمیت و نقش متفاوتی نسبت به سایر مناطق می‌باشند را تأیید می‌کند.




**شکل ۲- پراکندگی نتایج حاصل از محاسبه شاخص آسیب‌پذیری**

تربت‌حیدریه آسیب‌پذیرترین منطقه از لحاظ نوسانات عوامل اقلیمی در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی می‌باشد که این موضوع توسط مطالعه زیاری و همکاران (۱۳۸۹) که از نظر رتبه اقتصادی در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی این شهر رتبه نهم (بین ۱۱ شهرستان) و از نظر شاخص توسعه روستایی رتبه ۱۴ (بین ۱۶ شهرستان) را داشته است، تأیید می‌شود. از طرفی نتایج محاسبه شاخص با نتایج مطالعه گویلامونت (۲۰۱۵) که این شاخص را برای کشورهای مختلف دنیا محاسبه نموده و برای کشور ایران ۵۵/۵۸ گزارش شده است نیز مطابقت دارد. لازم به ذکر است که در مطالعه گویلامونت پیشروی دریا نیز به‌عنوان یکی از بخش‌های متأثر از تغییر اقلیم در کشورمان در محاسبه در نظر گرفته شده است. در مطالعه گویلامونت (۲۰۱۵) متوسط شاخص آسیب‌پذیری در کشورهای در حال توسعه ۴۶/۷۲ به‌دست‌آمده است که همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود به غیر از دو شهرستان درگز و چناران بقیه شهرستان‌ها شاخص آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به کشورهای در حال توسعه نشان می‌دهند؛ بنابراین می‌توان گفت که با توجه به اینکه متوسط شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی ۴۷/۰۴ می‌باشد، میزان آسیب‌پذیری استان خراسان رضوی از نوسانات عوامل اقلیمی به‌طور متوسط بالاتر از متوسط کشورهای در حال توسعه می‌باشد.

## نتیجه‌گیری

همان‌طور که در بخش مقدمه ذکر شد، پژوهش‌های هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم طی گزارش سال ۲۰۰۷ بیانگر این مطلب است که در ایران تحت سناریوهای تغییر اقلیم، افزایش متوسط درجه حرارت تا ۲ درجه سانتی‌گراد در ۳۰ سال آینده رخ می‌دهد که در این صورت بارندگی نیز افت محسوسی خواهد داشت. ضمن اینکه افزایش درجه حرارت به افزایش قابل‌توجه سطح تبخیر - تعرق سالانه منجر خواهد شد؛ بنابراین با توجه به وقوع پدیده تغییر اقلیم و نتایج پژوهش‌های انجام‌شده توسط محققین گرم شدن کشورمان توسط دانشمندان به رسمیت شناخته‌شده است. به نظر می‌رسد این روند تمام مناطق را به‌صورت یکسان تحت تأثیر قرار نداده است. این شاخص بیانگر ویژگی‌های موجود در داخل منطقه می‌باشد که در اثر تغییر یا نوسانات عوامل اقلیمی دچار آسیب شده و پیش‌بینی می‌شود که در آینده نیز آسیب‌پذیری بیشتری داشته باشند. به‌طورکلی شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی برای ارزیابی درجه و کانال‌های آسیب‌پذیری مناطق مورد مطالعه مناسب است؛ بنابراین ویژگی‌های آسیب‌پذیری نسبت به تغییر آب و هوا در هر منطقه خاص باید مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و برنامه‌ریزی‌هایی در جهت مقابله با آثار سوء نوسانات عوامل اقلیمی صورت پذیرد و یا اینکه سیاست‌هایی در جهت تطابق با آثار و پیامدهای ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی اتخاذ گردد تا در نهایت کمترین آسیب به شرایط مناطق و همچنین تولیدات کشاورزی وارد شود. شاخص آسیب‌پذیری نوسانات عوامل اقلیمی می‌تواند به‌عنوان یک معیار تخصیص منابع داخلی کشور برای انطباق با پیامدهای ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی در مناطق استان و کشور و یا دریافت وام از سازمان‌ها و نهادهای بین‌المللی استفاده شود که منجر به تخصیص بیشتر بودجه و منابع به مناطقی که آسیب‌پذیری بیشتری از نوسانات عوامل اقلیمی متحمل شده و یا خواهند شد، باشد (البته سایر عوامل در تخصیص منابع در نظر گرفته نمی‌شوند). با توجه به اینکه این مطالعه

اولین تلاش در جهت معرفی شاخص نوسانات عوامل اقلیمی در کشورمان می‌باشد پیشنهاد می‌شود که مقدار این شاخص برای استان‌ها و مناطق مختلف محاسبه شود و مناطق مختلف کشور از جهت اتخاذ سیاست‌های مقابله با پیامدهای نوسانات عوامل اقلیمی مورد بررسی قرار گیرند و در سیاست‌گذاری‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و بودجه‌بندی‌های مورد نیاز این آسیب‌پذیری لحاظ گردد. لازم به ذکر است که رتبه بندی آسیب پذیری مناطق بر اساس شرایط فعلی بوده و در دوره های آتی با اثرات تغییر اقلیم شرایط مناطق می تواند تغییر یابد که می بایست مورد بررسی قرار گیرد. پیشنهاد می‌شود که سازمان‌های مختلف از جمله سازمان حفاظت از محیط‌زیست در تخصیص بودجه‌های مقابله با اثرات منفی ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی از نتایج شاخص استفاده نمایند؛ زیرا بی‌توجهی به اثرات و پیامدهای منفی نوسانات عوامل اقلیمی هزینه‌ها و خسارات جبران‌ناپذیری را به منابع تجدیدشونده و تجدید نشونده وارد می‌کند که هزینه‌های جبران این لطمات (مانند دریاچه ارومیه و یا از بین رفتن زیست‌گاه‌ها و گونه‌های طبیعی جانوران و گیاهان) برای اقتصادهای آسیب‌پذیری مانند کشور ایران قابل‌توجه خواهد بود. هزینه‌هایی که اگر از ابتدا با برنامه‌ریزی‌های صحیح با آن مقابله شود، امکان تخصیص در سایر مسائل و جنبه‌های دستیابی کشور به رشد و توسعه اقتصادی را فراهم خواهند نمود.

## منابع


بنایان، م.، محمدیان، ا.، علیزاده، ا. ۱۳۸۹. بررسی نوسان‌پذیری اقلیمی در شمال شرق ایران. نشریه آب و خاک، ۲۴(۱): ۱۱۸-۱۳۱.

حسینی، س. ص.، نظری، م. ر.، عراقی نژاد، ش. ۱۳۹۲. بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به‌کارگیری راهبردهای تطبیق در این بخش. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۴ (۱): ۱-۱۶.

راسل براون، ل. ۱۳۸۵. خارج از تحمل کره زمین (تخریب محیطزیست و آینده امنیت غذایی). ترجمه حمید طراوتی. انتشارات جهاد دانشگاهی. ۲۵۶ صفحه.

زیاری، ک.، زنجیرچی، س. م.، سرخ کمال، ک. ۱۳۸۹. بررسی و رتبه‌بندی درجه توسعه یافتگی شهرستان‌های استان خراسان رضوی با استفاده از تکنیک تاپسیس. پژوهش‌های جغرافیای انسانی، ۷۲: ۱۷-۳۰.

شرقی، ط.، ابرقویی، ح.، اسدی، م. ا.، کوثری، م. ۱۳۸۹. برآورد تبخیر و تعرّق گیاه مرجع با استفاده از روش فائو-پنمن- مانتیث و پهنه‌بندی آن در استان یزد. نشریه خشک بوم، ۱(۱): ۳۳-۲۵.

کوچکی، ع.، کمالی، ع. ۱۳۸۹. تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران، ۸: ۵۰۸-۵۲۰.

قدوسی، م.، مرید، س.، دلاور، م. ۱۳۹۲. مقایسه روش‌های روندزدایی در سری‌های زمانی دما و بارش. نشریه هواشناسی کشاورزی، ۱(۲) :۳۲-۴۵.

قهرمان، ن.، قره‌خانی، ا. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات زمانی سرعت باد در ایران. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۴): ۳۱-۴۳.

Bannayan, M., Mohamadian, A., Alizade, A. 2010. On climate variability in northeast of Iran, J. Water and Soil, 24(1): 118-131.

Burck, J., Marten, F., Bals, C. 2016. T.he Climate Change Performance Index, Dietmar Putscher, Cologne, www.germanwatch.org/en/ccpi.

Cline, W. R. 2007. Global warming and agriculture: Impact estimates by country, Washington DC: Centre for Global Development and Peterson Institute for International Economics.

Guillaumont, P. 2009. An Economic Vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy, Oxford Devel. Study, 37(3): 193-227.

Guillaumont, P., Simonet, C. 2011. To what extent are African countries made vulnerable to climate change? Lessons from a new indicator of physical vulnerability to climate change", Ferdi Working Paper.

Guillaumont, p. 2015. Measuring vulnerability to climate change to allocate funds for adaptation, Joint Research Center Seminar, Bruxelles.

Houghton, J. T., Meira Filho, L., Callander, B., Harris, N., Kattenberg, A., Maskell, K. 1996. The science of climate change, Cambridge university press for the IPCC, Cambridge.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Glossary Climate Change: Climate Change Impacts, Adaptation, and Vulnerability Cambridge University Press.

IPCC. 2014. Fifth Assessment Report - Impacts, Adaptation and vulnerability. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press.

Iran Second National Communication to UNFCC, December. 2010. Climate change office. Department of environment.

Mendelsohn, R. 2009. The impact of climate change on agriculture in developing countries. J. Natural Resour. Policy Res., 1: 5-19.

Miller, F., Osbahr, H., Boyd, F., Thomalla, S., Bharwani, G., Ziervogel, B., Walker, J., Birkmann, S., Van der Leeuw, J., Rockström, J., Hinkel, T., Downing, C., Folke, D. Nelson, F. 2010. Resilience and vulnerability: complementary or conflicting concepts?. Ecol. Soc., 15(3): 11-49.

Schimmelpfennig, D. E., Yohe, G. 1999. Vulnerability of agricultural crops to climate change: A practical method of indexing. Northampton: 193–217.

Stern, N. 2007. The economics of climate change: The stern review. Cambridge University Press: Cambridge and New York.

Timmerman, P. 1981. Vulnerability, resilience and the collapse of society, Environmental Monograph 1.

United Nations Environment Program/ Global Resource Information Database. 1991. Global digital data sets for land degradation studies: a GIS approach by U. Deichmann and L. Eklundh. GRID Case Study Series No. 4. UNEP/GEMS and GRID.

World Bank. 2008. World Development Report 2010. Agriculture for Development. The World Bank, Washington.

WMO. 1996. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Sixth edition, WMO -No. 8, Geneva.

Journal of Agricultural Meteorology
Vol. 4, No. 2, Autumn &Winter 2017, pp. 61-70

نشریه هواشناسی کشاورزی
جلد ۴، شماره ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، صص.۷۰-۶۱

# Evaluation of economical vulnerability to climatic fluctuations (Case study: Khorasan Razavi province)

**H. Hatef[1], M. Daneshvar Kakhki[2]*, M. Kohansal[2], M. Bannayan[3], N. Shahnoushi Foroshani[2]**

Received: 29/03/2016
Accepted: 15/02/2017

**Abstract**
Climatic changes have severe effects on water and soil sources in any given region. To study the resulting fluctuations of climatic factors in different regions for possible adaptation policies to new climate events is of great importance. A possible approach to study the damage on economic activities caused by climatic fluctuations is to calculate vulnerability index. To achieve this goal, Vulnerability Index (VI) in the period of 1994-2014 has been calculated for 11 regions of Khorasan Razavi province. The components of climatic fluctuations vulnerability index included two types of shocks (permanent shocks and recurrent shocks). The shocks included temperature fluctuations, precipitation, floods and increasing aridity. The results of the index suggest that in Khorasan Razavi province in the period of study, Torbat heydarieh had the highest and Chenaran had the lowest economic damage from climate change. The average index of vulnerability to fluctuations in the climate Khorasan Razavi province is 47.04 (above-average vulnerability of the developing countries). It is suggested that different agencies for planning and allocating funds for negative impacts of changing climatic factors may find these indices results quite useful and beneficial for further studies.

**Keywords:** Khorasan Razavi, Vulnerability index, Progressive shocks, Recurrent shocks

[1] Ph. D. Candidate of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
[2] Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad , Iran
(*Corresponding author's email address: daneshvar @um.ac.ir)
[3] Professor of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad , Iran