FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10, Number 3, Autumn, (2025)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

Measurement of Climate Change Composite Index in Iran's Provinces

Mahdis Motaghian Fard[1], Majid Maddah[2*], Mohammad Rahimi[3]

1. PhD student in public economics, Semnan university
[*]2.Professor in Economics, Faculty of Economic, Management and Administrative Sciences, Semnan
3.Professor of Climatology, Faculty of Desert Studies, Semnan University
[*]Email Address: majid.maddah@semnan.ac.ir

Article Info

Article Type:
Research Paper

Article History:

Received Date:
2025/08/04
Revised Date:
2025/09/15
Accepted Date:
2025/09/15
Published Date:
2025/09/30

Keywords:
Composite Index,
Climate Change,
PCA,
Iran's Provinces.

ABSTRACT

Climate Change is one of the most important environmental phenomenon in the current century. Located in an arid and semi-arid region of the world, Iran has already faced a water crisis and increasing temperatures, so the country is vulnerable to the climate change impacts. Due to the development of climate change studies and it's impacts on different aspects of human's life especially the economic sector, it appears that the lack of an indicator reflecting the state of climate change is felt in this context. While in the field, most of studies focus on analyzing the effects of climate change on the economy using only temperature and precipitation variables, however this multidimensional phenomenon is more than merely daily temperature and precipitation changes. Due to the complex nature of climate change, the study introduces and develops a composite index for climate change in provinces of Iran for 33 years (1991-2023) and examines it's trends. The study applies Principal Component Analysis (PCA) method for weighing based on 25 climate change indices from World Meteorological Organization. The results show that in the most provinces the composite index deteriorated over the study period and this situation is more concerning in arid and semi-arid provinces like Fars. It is worth pointing out that this composite index can be useful for interdisciplinary studies and policy making specially in agricultural sector studies which is the most susceptible economic sector.

Cite this article: Mahdis Motaghian Fard, Majid Maddah, Mohammad Rahimi(2025). Measurement of Climate Change Composite Index in Iran's Provinces. Journal of Environmental Sciences Studies. 10(3). Pages 10595-10615.

Extended Abstract:

Introduction:
Iran is located in the Middle East, an arid and semi-arid region in the world. It has already faced a water crisis and increasing temperatures, so the country is unsafe from climate change and its impacts. While in the field of environmental and climate change studies, most of them focus on analyzing the effects of climate change on the economy using only two variables (temperature and precipitation), this study aims to take into account a wide range of climate change variables by using core indices of climate change in order to provide a more comprehensive and precise description of the situation. Due to the development of composite indicators in economics studies, the study introduces and develops a composite index for climate change trends in provinces of Iran for 33 years. This composite index can simplify the complexity of this phenomenon, and then we can more easily analyze, compare, and track the trend of this multi-dimensional concept. It is noteworthy to mention that this composite index can be useful for studies and policy making in an agricultural sector which is the most vulnerable economic sector.

Methodology:
The study estimated a composite climate change index for 23 provinces in Iran by using proper methods and 25 climate change core indices from 1991 to 2023. This comprehensive study covers a broad geographic region of the country. Since all indices do not have negative impacts as they increase, the study classifies indices into two groups. The first group contains 16 indices, and their increase is expected to be harmful and negatively impact the social and economic sectors. On the other hand, the second group contains 9 indices, and their increase is expected to be welcome and have positive impacts. Weighing is the most crucial step in the composite index process. There are different methods to assign weight to the indicators; each has advantages and disadvantages. Meanwhile, principal components analysis (PCA) is one of the most used methods, and it will also be applied in this study.

Discussion:
As demonstrated both indices had unpleasant trends, especially in the last 20 years. This trend is worse in provinces located in arid and semi-arid regions of the country, but as we have seen in the results, all provinces will face the challenges of climate change, and none of them is safe. For index 1, high values and increasing trends are expected to be harmful. Province like Fars have more critical situations, which is expected to worsen without proper action. Index 2 will negatively affect different sectors of the country as it declines. Provinces in arid regions are on the frontline of the impacts of the changes in the second index. Bushehr has a critical condition from the perspective of the second index. However, this province has a share of more than 5 percent of Iran's GDP. This trend can decrease the province's GDP. It is worth mentioning that the indices' deterioration can negatively impact economic-social sectors.

Conclusion:
Creating a composite climate change index is crucial for decision-making and policy-making processes to consider environmental aspects. Instead of dealing with numerous individual indicators, policymakers will have a composite index that covers all dimensions of climate change, allowing them to address every aspect of this issue .This will help not to eliminate any dimensions of climate change phenomenon. While the findings highlight the worsening of climatic conditions across most provinces, it is essential to distinguish between the study’s comprehensive analytical approach and the descriptive reporting of index values. The primary aim of this research is to establish a coherent, integrated framework for analyzing climate change at the national level. This purpose extends beyond regional assessments of index fluctuations and can serve as a basis for interdisciplinary applications in economic, social, and policy-making domains.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰، شماره ۳
Journal Homepage:www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X
FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

محاسبه شاخص ترکیبی تغییر اقلیم در استان‌های ایران

مهدیس متقیان‌فرد[۱]، مجید مداح[۲*]، محمد رحیمی[۳]
۱- دانشجوی دکتری اقتصاد بخش عمومی دانشگاه سمنان
*۲- استاد گروه آموزشی اقتصاد، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اداری دانشگاه سمنان
۳-استاد گروه آموزشی بیابان‌زدایی،دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان
*ایمیل نویسنده مسئول: majid.maddah@semnan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۵/۱۳
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۶/۲۴
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۶/۲۴
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۰۷/۰۸

کلید واژه ها:
شاخص ترکیبی،
تغییر اقلیم،
تحلیل مؤلفه‌های اصلی،
استان‌های ایران.

چکیده

تغییر اقلیم یکی از پدیده‌های محیط زیستی مهم در قرن حاضر است. ایران با واقع‌شدن در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان با افزایش دما و بحران آب روبه‌رو بوده که این مسئله باعث می‌شود تا کشور نسبت به اثرات تغییر اقلیم آسیب‌پذیر باشد. باتوجه‌به گسترش مطالعات مربوط به تغییر اقلیم و اثرات آن بر ابعاد متفاوت زندگی بشر خصوصاً بخش اقتصادی آن، به نظر می‌رسد جای یک شاخص نشان‌دهنده وضعیت تغییر اقلیم در مطالعات خالی است. در بیشتر مطالعات انجام شده برای بررسی پیامدهای این پدیده بر اقتصاد، در بیشتر مواقع تنها از متغیرهای دما و بارش استفاده می‌شود؛ اما این پدیده چندبعدی چیزی فراتر از تنها به‌سادگی تغییرات دما و بارش روزانه است. این مطالعه با توجه به ماهیت پیچیده تغییر اقلیم، یک شاخص ترکیبی از آن را در سطح استان‌های ایران در دوره زمانی ۳۳ساله (۱۳۷۰-۱۴۰۲) معرفی و استخراج کرده و روند آن را مورد تحلیل و بررسی قرار می‌دهد. در این راستا از روش وزن‌دهی تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) بر مبنای ۲۵ متغیر اصلی تغییر اقلیم که توسط سازمان هواشناسی جهانی معرفی شده، استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که روند تغییر اقلیم در بیشتر استان‌های کشور در دوره تحت بررسی بدتر شده که این وضعیت در استان‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله فارس جدی‌تر است. لازم به ذکر است این شاخص ترکیبی می‌تواند به سیاست‌گذاری و پژوهش‌های بین‌رشته‌ای خصوصاً مطالعات بخش کشاورزی که آسیب‌پذیرترین بخش اقتصادی نسبت به تغییر اقلیم است، کمک قابل‌توجهی کند.

ناشر: انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2025.539114.2391

۱-مقدمه:

یکی از چالش‌های مهم قرن حاضر تغییرات اقلیمی است که کیفیت محیط‌زیست و پایداری رشد اقتصادی در نواحی مختلف جهان را تحت‌تأثیر قرار داده و ازاین‌جهت دولت‌ها را مجبور به اتخاذ سیاست‌هایی در راستای کمترشدن هزینه‌های ناشی از آن کرده است. تغییر اقلیم به تغییر تدریجی در متوسط دمای جهانی و اتفاقات وابسته به آن اطلاق می‌شود. یک توافق علمی گسترده مبنی بر این وجود دارد که نشر گازهای گلخانه‌ای محرک کلیدی تغییر اقلیم است. از آغاز قرن ۲۰، دمای متوسط سطح کره زمین به طور قابل‌توجهی افزایش پیدا کرده است. سرعتی که این افزایش در طی ۳۰ تا ۴۰ سال گذشته داشته است، به نظر می‌رسد که در طی ۲۰ هزار سال گذشته بی‌سابقه بوده است. اجماع علمی پیش‌بینی می‌کند که بدون اقدامات مؤثر برای رسیدگی به تغییر اقلیم، دمای متوسط جهانی می‌تواند تا ۴ درجه سانتی‌گراد و حتی بیشتر تا پایان قرن افزایش پیدا کند. (Mansouri Daneshvar et al, 2019:2) درحالی‌که منطقه آسیا و اقیانوسیه به‌شدت از تغییر اقلیم رنج می‌برد، این منطقه منبع اصلی مشکل نیز هست. این ناحیه حدود نیمی از نشر دی‌اکسیدکربن (CO_2) دنیا را تولید می‌کند و شامل ۵ کشور از بزرگ‌ترین نشر دهنده‌های گازهای گلخانه‌ای است. به دلیل سهم قابل‌توجه آسیا در نشر گازهای گلخانه‌ای و همچنین رشد مورد انتظار آن در آینده، تغییر اقلیم و اثرات آن به یک موضوع درخور توجه تبدیل می‌شود. (IMF,2021:6) با تمام این تفاسیر، ایران با واقع‌شدن در خاورمیانه، منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان و مواجه بودن با بحران آب و افزایش دما از تغییر اقلیم و پیامدهای آن مصون نخواهد بود. آب یکی از مهم‌ترین منشأهای آسیب‌پذیری ناشی از تغییر اقلیم در منطقه است. در خاورمیانه بدون اثرات تغییر اقلیم سرانه دسترسی به آب تا سال ۲۰۵۰ به نصف خواهد رسید و تغییر اقلیم آن را وخیم‌تر خواهد کرد. طبق گزارش‌های محیط‌زیستی کشور، در ایران حدود ۷۰ درصد از ریزش‌های جوی قبل از آنکه به منابع آب قابل‌برنامه‌ریزی تبدیل شود، به‌صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می‌شود. از طرفی بیش از ۸۰ درصد منابع آب تجدیدشونده، در کشور مصرف می‌گردد و این در حالی است که حد آستانه بحرانی ۶۰ درصد می‌باشد؛ بنابراین ایران از این لحاظ در شرایط فوق بحرانی قرار دارد. علاوه بر بحران آب، آمارهای بلندمدت سالانه کشور از سال ۱۳۴۷ تا ۱۳۹۷، مبین روند افزایشی دمای کشور می‌باشد. (سالنامه مرکز خشکسالی و مدیریت بحران، ۱۳۹۷: صفحات مختلف) در بین کشورهای خاورمیانه پیش‌بینی می‌شود که ایران ۲/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش در دما و ۳۵ درصد کاهش در بارندگی را طی دهه‌های آینده تجربه خواهد کرد. همچنین براساس مطالعات متعدد داخل کشور، طبق سناریوهای مختلف تغییر اقلیم و با مدلسازی‌های مرتبط، ادامه روند افزایشی دما پیش‌بینی شده است (مرادی‌نژاد و خسروبیگی، ۱۴۰۳: صفحات مختلف. مرادزاده و پورحسین، ۱۴۰۳: صفحات مختلف). ایران با مجموع ۶۱۶/۷۴۱ میلیون تن تولید گازهای گلخانه‌ای اولین کشور مقصر برای تغییر اقلیم در خاورمیانه است و جایگاه هفتمی در لیست کشورهایی را دارد که مقصران اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای درجهان هستند. (گزارش ملی تغییر اقلیم در ایران، ۱۳۹۶: صفحات مختلف.Mansouri Daneshvar et al,2019:3) باتوجه‌به گسترش روز افزون مطالعات تغییر اقلیم خصوصاً رابطه آن با بخش اقتصادی، به نظر می‌رسد کمبود یک شاخص نشان‌دهنده وضعیت تغییر اقلیم در مطالعات احساس می‌شود. در بیشتر مطالعات انجام شده برای بررسی پیامدهای این پدیده، تنها از متغیرهای دما و بارش استفاده می‌شود و اثرات تغییرات این دو متغیر بر متغیرهایی همچون رشد تولید ناخالص داخلی، بیکاری و غیره برآورد می‌شود. با این حال، تغییر اقلیم با دیگر چالش‌های محیط زیستی متفاوت است و این پدیده چندبُعدی فراتر از تنها تغییرات ساده در دما و بارش روزانه است. برخلاف مطالعات قبلی، برای جامع‌تر بودن بررسی و جلوگیری از محدود کردن اثرات تغییر اقلیم در تنها دو بعد تغییرات دما و بارش روزانه، این مطالعه به‌ضرورت وجود یک شاخص ترکیبی که وجوه متفاوت تغییر اقلیم را در برگیرد، تأکید می‌کند. هدف و تمرکز اصلی این پژوهش معرفی و توسعه شاخص ترکیبی مبنی بر استانداردهای سازمان جهانی هواشناسی است و با پوشش ۲۵ متغیر اقلیمی در جهت کمی‌سازی دقیق‌تر تغییر اقلیم حرکت می‌کند و این شاخص ترکیبی وضعیت را به‌صورت جامع‌تر بیان خواهد کرد که امکان استفاده از آن را در تحلیل‌های چند رشته‌ای فراهم می‌کند. لازم به ذکر است که در فرآیند تصمیم‌گیری‌های کلان و سیاست‌گذاری با درنظرگرفتن مسائل محیط زیستی، وجود چنین شاخصی می‌تواند به مشاهده دقیق‌تر شرایط، بررسی و سیاست‌گذاری بهتر بسیار کمک شایانی نماید. برای مثال یکی از بخش‌های اقتصادی و آسیب‌پذیر که می‌تواند از این شاخص بهره ببرد، بخش کشاورزی و مطالعات مربوط به آن است. بخش کشاورزی و ارزش افزوده آن نقش مهمی در اقتصاد ایران و تأمین غذا ایفا می‌کند. با توجه به اینکه ایران در معرض پیامدهای تغییرات اقلیمی به ویژه کمبود آب است، بخش کشاورزی کشور تحت تهدید قابل توجهی قرار دارد. طبق آمارهای منتشر شده در سالنامه‌های آماری کشور، حدود ۲۰٪ از نیروی کار کشور در کشاورزی مشغول به کار هستند و تقریباً ۱۰٪ از تولید ناخالص داخلی را به خود اختصاص می‌دهند و ۱۱٪ از زمین‌های ایران به کشاورزی اختصاص دارد. تغییرات اقلیمی می‌تواند اثرات جبران‌ناپذیری بر این بخش داشته باشد، تأمین غذا را به خطر اندازد و منجر به بحران آب و نیز بیکاری احتمالی به دلیل اثرات منفی تغییر اقلیم شود. از این روی این شاخص ترکیبی می‌تواند در مطالعات آینده بخش کشاورزی و سیاست‌گذاری در این بخش کمک بزرگی کند. استفاده از شاخص‌های ترکیبی در حوزه‌های مختلفی از مطالعات اقتصادی روزبه‌روز در حال افزایش بوده و

مطالعات داخلی و خارجی زیادی از این روش استفاده کرده‌اند. صیادی و همکاران (۱۴۰۲) در مطالعه‌ای سعی دارند تا شاخص عملکرد اقتصادی – انرژی – زیست‌محیطی "تری‌ای‌پی‌آ[1]" برای اقتصاد ایران تخمین زده و نحوه اثرگذاری متغیرهای تحقیق بر شاخص ترکیبی عملکرد طی دوره زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۲۱ را ارزیابی می‌کنند. متغیرهای شاخص ترکیبی شامل نرخ تورم، نرخ بیکاری، رشد اقتصادی، نسبت کسری بودجه به تولید ناخالص داخلی و تغییرات شدت انرژی و شدت انتشار دی‌اکسیدکربن است. فرج‌زاده و همکاران (۲۰۲۲) با استفاده از مدل‌سازی تحلیل یکپارچه پویا اثرات بالقوه تغییر اقلیم را بر محصول سرانه، مصرف سرانه، قیمت نهاده‌ها و رفاه در طی قرن جاری برای ایران را تخمین می‌زنند. تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم، این مطالعه اثرات قابل‌توجه بر متغیرهای ذکرشده را از سمت تغییر اقلیم شناسایی می‌کند. فاخر و همکاران (۱۴۰۰) برای استفاده از یک شاخص جامع که شامل تمامی ابعاد آلودگی محیط زیستی باشد، در مطالعه خود یک شاخص ترکیبی کیفیت محیط زیستی را تخمین زده‌اند. این مطالعه از شش شاخص محیط زیستی در بین دو گروه کشورهای عضو OPEC و OECD بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۹ استفاده کرده‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که با روند صعودی رشد اقتصادی، کیفیت محیط‌زیست در کشورهای OPEC روندی نزولی و در کشورهای OECD صعودی را داشته است. فریدزاد و همکاران (۱۴۰۰) از یک شاخص ترکیبی بر مبنای سه مؤلفه در قالب کاربردی از رویکرد داده – ستانده به ارزیابی آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی ایران در سال ۱۳۹۰ پرداخته و با ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی در مواجهه با شوک تحریم صادرات نفت، اولویت‌بندی بخش‌های اقتصادی از منظر تأثیرگذاری بر عملکرد سایر بخش‌ها و سرمایه‌گذاری برای کسب حداکثر منفعت در اقتصاد پس از تحریم مورد ارزیابی قرار گرفته است. بالاگانش و همکاران[2](۲۰۲۰) در مطالعه خود یک شاخص ترکیبی جدید برای آسیب‌پذیری نسبت به خشکسالی را در ۳۰ منطقه هند ایجاد می‌کنند. این شاخص بر اساس رویکرد هیئت بین‌دولتی تغییر اقلیم با استفاده از میزان حساسیت، در معرض بودن و ظرفیت سازگاری محاسبه شده است. ادموندز و همکاران[3](۲۰۲۰) با استفاده از داده‌های دانشگاه نوتردام برای بیش از ۱۰۰ کشور در سال ۲۰۱۶ یک شاخص ترکیبی جدید برای آسیب‌پذیری نسبت به تغییر اقلیم با استفاده از وزن‌دهی به شاخص‌های آسیب‌پذیری را تخمین زده‌اند. این شاخص ترکیبی جدید که وزن‌های اختصاص داده شده در بین بخش‌ها و کشورها متفاوت است با شاخص آسیب‌پذیری نوتردام مقایسه شده است که از وزن‌های مساوی استفاده می‌کند. ازآنجاکه تغییر اقلیم یک مسئله بلندمدت است، مطالعه در یک دوره زمانی ۳۳ساله (۱۳۷۰–۱۴۰۲) این شاخص را برآورد کرده است تا ابزاری مناسب‌تر را در اختیار محققان این حوزه و سیاست‌گذاران قرار دهد. همچنین باتوجه به گستردگی حوزه جغرافیایی کشور و همچنین برخی استان‌های تجزیه شده در سال‌های اخیر، این بررسی برای ۲۳ استان ایران انجام خواهد شد که گستره جغرافیایی مناسب همراه با اقلیم‌های متنوع را در اختیار محققان قرار خواهد داد. سازمان هواشناسی جهانی شاخص‌های اصلی تغییر اقلیم را معرفی می‌کند که اکثر ابعاد این پدیده در این شاخص‌ها مشاهده می‌شود. این مطالعه از این ۲۵ شاخص در دو گروه برای ساختن دو شاخص ترکیبی تغییر اقلیم برای استان‌های کشور استفاده خواهد کرد. در ادامه به روش‌شناسی شاخص‌های ترکیبی پرداخته و در انتها وضعیت استان‌های کشور را در برابر شاخص ترکیبی تغییر اقلیم مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۲-روش تحقیق

یک شاخص توصیفی واحد نمی‌تواند مسائل با وجوه متفاوت را ارائه دهد و در عوض باید در بعدهای متفاوت بررسی شوند. ترکیب کردن شاخص‌ها تحت روش‌شناسی شاخص‌های ترکیبی ارائه می‌شود. تعریف ارائه شده توسط اولین کتابچه راهنمای سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD[4]) برای ساختن شاخص‌های ترکیبی این است که یک شاخص ترکیبی "زمانی شکل می‌گیرد که شاخص‌های مجزا به‌صورت یک شاخص واحد، بر اساس یک مدل اصولی از یک مفهوم چندبعدی در حال اندازه‌گیری، کنار هم قرار می‌گیرند". مزیت اصلی این است که چنین شاخص‌هایی می‌توانند مفاهیم پیچیده را به روش ساده‌تری خلاصه کرده و مقایسه عملکرد را در طول زمان آسان‌تر کنند. از دیدگاه یک سیاست‌گذار، پیروی از روند تعداد کمی از شاخص‌های ترکیبی نیز آسان‌تر از بررسی تعداد زیادی از مجموعه داده‌های آماری گسترده خواهد بود. ایجاد یک شاخص ترکیبی دارای مراحلی است که به طور خلاصه به‌این‌ترتیب قابل‌بیان می‌باشد: ۱- چارچوب نظری؛ ۲- انتخاب داده‌ها؛ ۳- جایگزینی داده‌های گمشده؛ ۴- تحلیل متغیرها؛ ۶- نرمال‌سازی، ۷- وزن‌دهی؛ ۸- ایجاد شاخص. (OECD، 2008: صفحات مختلف) یکی از مهم‌ترین مراحل در ساخت یک شاخص ترکیبی، وزن‌دهی متغیرهای دخیل در شاخص ترکیبی است. زمانی که از چارچوب ابزارسنجی استفاده می‌شود، وزن‌ها می‌توانند دارای اثر قابل‌توجهی بر کل شاخص ترکیبی و وضعیت رتبه‌بندی داشته باشند. در وزن‌دهی، صرف‌نظر از اینکه چه روشی استفاده

[1] 3EPI
[2] Balaganesh et al
[3] Edmonds et al
[4] Organisation for Economic Co-operation and Development

می‌شود، وزن‌ها ضرورتاً مقایسه ارزش هستند. درحالی‌که برخی تحلیلگران وزن‌ها را تنها بر اساس روش‌های آماری انتخاب می‌کنند، دیگران مؤلفه‌هایی را که بیشتر (کمتر) مؤثر هستند را وزن بیشتر (کمتر) می‌دهند تا اولویت‌های سیاستی یا عوامل نظری بهتر نشان داده شوند. مفهوم وزن‌دهی در ساخت شاخص ترکیبی دوگانه است. ابتدا، به اهمیت صریحی اشاره می‌کند که همراه با هر معیار در شاخص ترکیبی است. به طور مشخص‌تر، یک وزن می‌تواند به‌عنوان نوعی ضریب در نظر گرفته شود که متصل به معیار است و اهمیت آن را نسبت به دیگر معیارها نشان می‌دهد. روشی که در این مطالعه برای وزن‌دهی در نظر گرفته شده است، تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA[1]) خواهد بود. این روش یکی از روش‌های گسترده مورد استفاده با فرض رابطه خطی بین متغیرها است. به این دلیل از این روش استفاده خواهد شد که PCA ابزاری برای شناسایی الگوی شباهت‌ها و تفاوت‌ها در داده‌ها است. ابزاری که کاهش ابعاد داده‌ها را بعد از شناسایی الگو بدون ازدست‌دادن اطلاعات تسهیل می‌کند. (Sendhil et al, 2018: 774) اهداف PCA را می‌توانیم به چهار دسته تقسیم کنیم: ۱- مهم‌ترین اطلاعات از جدول داده‌ها را استخراج می‌کند؛ ۲- اندازه داده‌ها را با تنها نگه‌داشتن اطلاعات مهم خلاصه می‌کند؛ ۳- توصیف سری داده‌ها را تسهیل کرده و ۴- ساختار مشاهدات و متغیرها را تحلیل می‌کند. (Abdi and Williams, 2010: 3) این ویژگی‌ها باعث می‌شود که استفاده از این ابزار در مطالعات محیط‌زیست با ابعاد گسترده بسیار کاربردی و مفید باشد.

- **معرفی متغیرها:**

به‌منظور مطالعه مقادیر حدی اقلیمی در این پژوهش از ۲۵ شاخص از شاخص‌های استاندارد ارائه شده توسط سازمان هواشناسی جهانی و تیم تخصصی تشخیص و شاخص‌های تغییر اقلیم (ETCCDI[2]) استفاده شده است. این سازمان، ساختار این شاخص‌ها را به طور کلی معرفی کرده و برای هر سال دلخواه قابل محاسبه هستند. هر یک از این شاخص‌ها با داده‌های هواشناسی (کمینه دمای روزانه، بیشینه دمای روزانه و بارش روزانه) استان‌های منتخب به کمک نرم افزار RCLIMDEX برای سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ توسط نویسندگان محاسبه شده‌اند. با توجه به متفاوت بودن اثرات شاخص‌ها و برای تحلیل بهتر و استفاده کاربردی‌تر از نتایج، شاخص‌های تغییر اقلیم به دو دسته تقسیم شده‌اند. پیش‌بینی می‌شود که افزایش شاخص ترکیبی به‌دست آمده از گروه اول نامطلوب و دارای اثرات منفی خواهد بود چرا که شامل رویدادهای حدی آب و هوایی همانند طول دوره خشک یا روزهای گرم است در حالیکه شاخص ترکیبی به‌دست آمده از گروه دوم با اجزائی مانند طول فصل رشد یا شاخص سالانه روزهای تر دارای اثرات مثبت و مطلوب در صورت افزایش خواهد بود. در جدول شماره ۱ گروه‌بندی شاخص‌ها و تعریف هر کدام آورده شده است.

متغیرهای شاخص اول	متغیرهای شاخص دوم
۱-شاخص تعداد روزهای تابستانی (SU): تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه بیشتر از ۲۵ درجه سلسیوس است.	۱-شاخص بیشترین طول دوره تر (CWD): بیشینه تعداد روزهای متوالی دارای بارش مساوی یا بیشتر از یک میلی‌متر.
۲-شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای (TR): شاخص تعداد شب‌های حاره‌ای (TR): تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه روزانه بیشتر از ۲۰ درجه سلسیوس است.	۲-شاخص میزان سالانه روزهای تر (PRCPTOT): مجموع بارندگی روزهایی از سال که بارندگی بیشتر از یک میلی‌متر است.
۳-شاخص بیشترین مقدار دمای بیشینه روزانه در هر سال (TX_x)	۳-شاخص طول فصل رشد (GSL): فاصله زمانی بین وقوع اولین دوره حداقل شش روزه با میانگین دمای روزانه بیشتر از ۵ درجه سلسیوس و وقوع اولین دوره حداقل شش روزه با میانگین دمای روزانه کمتر از ۵ درجه سلسیوس.
۴-شاخص کمترین مقدار دمای بیشینه روزانه در هر سال (TX_n)	۴-شاخص تعداد روزهای یخی (ID): تعداد روزهایی از سال که دمای بیشینه روزانه کمتر از صفر درجه سلسیوس است.
۵-شاخص شب‌های گرم (TN90p): درصد روزهای با دمای کمینه بیشتر از صدک ۹۰ام دورهٔ پایه	۵-شاخص تعداد روزهای یخبندان (FD): تعداد روزهایی از سال که دمای کمینه روزانه کمتر از صفر درجه سلسیوس است.

[1] Principal Component Analysis
[2] Expert Team on Climate Change Detection and Indices

۶-شاخص روزهای گرم (TX90p): درصد روزهای با دمای بیشینه بیشتر از صدک ۹۰ام دورهٔ پایه	۶-شاخص شب‌های سرد (TN10p): درصد روزهای با دمای کمینه کمتر از صدک دهم دورهٔ پایه
۷-شاخص طول مدت گرما (WSDI): تعداد دوره‌های حداقل شش‌روزه با دمای بیشینه روزانه بیشتر از صدک ۹۰ام دورهٔ پایه.	۷-شاخص روزهای سرد (TX10p): درصد روزهای با دمای بیشینه کمتر از صدک دهم دورهٔ پایه.
۸-شاخص بیشترین طول دوره خشک (CDD): بیشینه تعداد روزهای متوالی دارای بارش کمتر از یک میلی‌متر.	۸-شاخص بیشترین مقدار دمای کمینه روزانه در هر سال (TN_x)
۹-شاخص روزهای شدیداً تر (R99pTOT): مجموع بارندگی روزهایی از سال که بارندگی بیشتر از صدک ۹۹ دوره پایه است.	۹-شاخص کمترین مقدار دمای کمینه روزانه در هر سال (TN_n)
۱۰-شاخص روزهای خیلی‌تر (R95pTOT): مجموع بارندگی روزهایی از سال که بارندگی بیشتر از صدک ۹۵ دوره پایه است.	
۱۱-شاخص بیشینه بارندگی یک‌روزه در هر سال (Rx1day)	
۱۲-شاخص بیشینه بارندگی ۵ روزه در هر سال (Rx5day)	
۱۳-شاخص ساده شدت بارندگی (SDII): نسبت مجموع بارندگی روزهای تر به تعداد روزهای‌تر درهر سال	
۱۴-شاخص تعداد روزهایی از سال که بارندگی بیشتر از ۱۰ میلی‌متر است. (R10mm)	
۱۵-شاخص تعداد روزهایی از سال که بارندگی بیشتر از ۲۰ میلی‌متر است. (R20mm)	
۱۶-شاخص دامنه دمای روزانه (DTR): میانگین تفاوت دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در هر سال.	

جدول (۱) : شاخص‌های تغییر اقلیم **منبع: ETCCDI Climate Change Indices**

در ادامه محاسبه شاخص ترکیبی تغییر اقلیم را به‌صورت مرحله به مرحله بررسی خواهیم کرد.

- **نرمال‌سازی داده‌ها:**

قبل از هرگونه شاخص‌سازی، نرمال‌سازی داده‌ها الزامی است چرا که معیارها در سری داده‌ها عموماً دارای واحدهای اندازه‌گیری متفاوتی هستند. شاخص‌ها با دنبال‌کردن فرمول شناخته‌شده زیر نرمال شده‌اند.

$$\text{نرمال‌سازی} = \frac{\text{مقدار واقعی} - \text{مقدارحداقل}}{\text{مقدارحداکثر} - \text{مقدارحداقل}} \quad (۱)$$

- **وزن‌دهی:**

وزن‌دهی مهم‌ترین مرحله در فرآیند ایجاد شاخص ترکیبی است. برای وزن‌دهی به معیارها روش‌های متعددی وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایب خاص خود هستند. همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد در این مطالعه از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده خواهد شد. معادله زیر فرمول اساسی PCA را نشان می‌دهد (Rana et al, 2015: 121 .Sendhil et al, 2018: 774)

$$X_t = \Lambda_t F_t + e_t \quad (۲)$$

که در آن X_t بردار N بعدی از متغیرهایی است که بر تغییر اقلیم اثر دارند، Λ_t عامل مشترک[1] $r\times 1$؛ F_t بار عاملی[2] و e_t جزء خطا به ترتیب $N\times 1$ است.

پس از تخمین PCA نوبت به وزن‌ها خواهد بود که از ساختار زیر استفاده خواهد شد (Balaganesh et al, 2020: 6):

$$W_i = \sum |L_{ij}|\, E_j \qquad (۳)$$

که در آن W_i وزن i امین متغیر، E_j مقدار ویژه[3] عامل j ام و L_{ij} ارزش بار[4] i امین متغیر بر روی عامل j ام است.

- **محاسبه شاخص ترکیبی تغییر اقلیم:**

باتوجه‌به جدول شاخص‌ها و مراحل ایجاد یک شاخص ترکیبی، شاخص ترکیبی پژوهش از فرمول زیر دنباله‌روی می‌کند (Wirehn et al, 2015: 73):

$$\text{شاخص ترکیبی تغییر اقلیم} = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i W_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \qquad (۴)$$

X_i ارزش نرمال شده از i امین متغیر است و W_i وزن i امین متغیر است.

- **نتایج و بحث:**

پس از تخمین دو شاخص ترکیبی برای استان‌های منتخب، پیش از تحلیل وضعیت شاخص‌ها در استان‌های منتخب، سؤالی که ممکن است برای خواننده ایجاد شود این است که آیا این دو شاخص ترکیبی با یکدیگر همبستگی دارند. همبستگی بین دو متغیر درجه و میزان وابستگی بین دو متغیر را اندازه‌گیری می‌کند. همچنین با توجه به اینکه همبستگی مستقل از ماهیت و مقیاس متغیرها است، می‌تواند ابزاری مناسب برای وابستگی بین دو شاخص را فراهم کند. با بررسی همبستگی می‌توان الگوهای آماری را بدون فرض یک رابطه علی شناسایی کرد و ابزاری مفید برای تحلیل داده‌ها است. ضریب همبستگی بین دو متغیر از فرمول زیر پیروی می‌کند (Gujarati & Porter, 2009: 77):

$$r = \frac{\sum x_i y_i}{\sqrt{(\sum x_i^2)\,(\sum y_i^2)}} \qquad (۵)$$

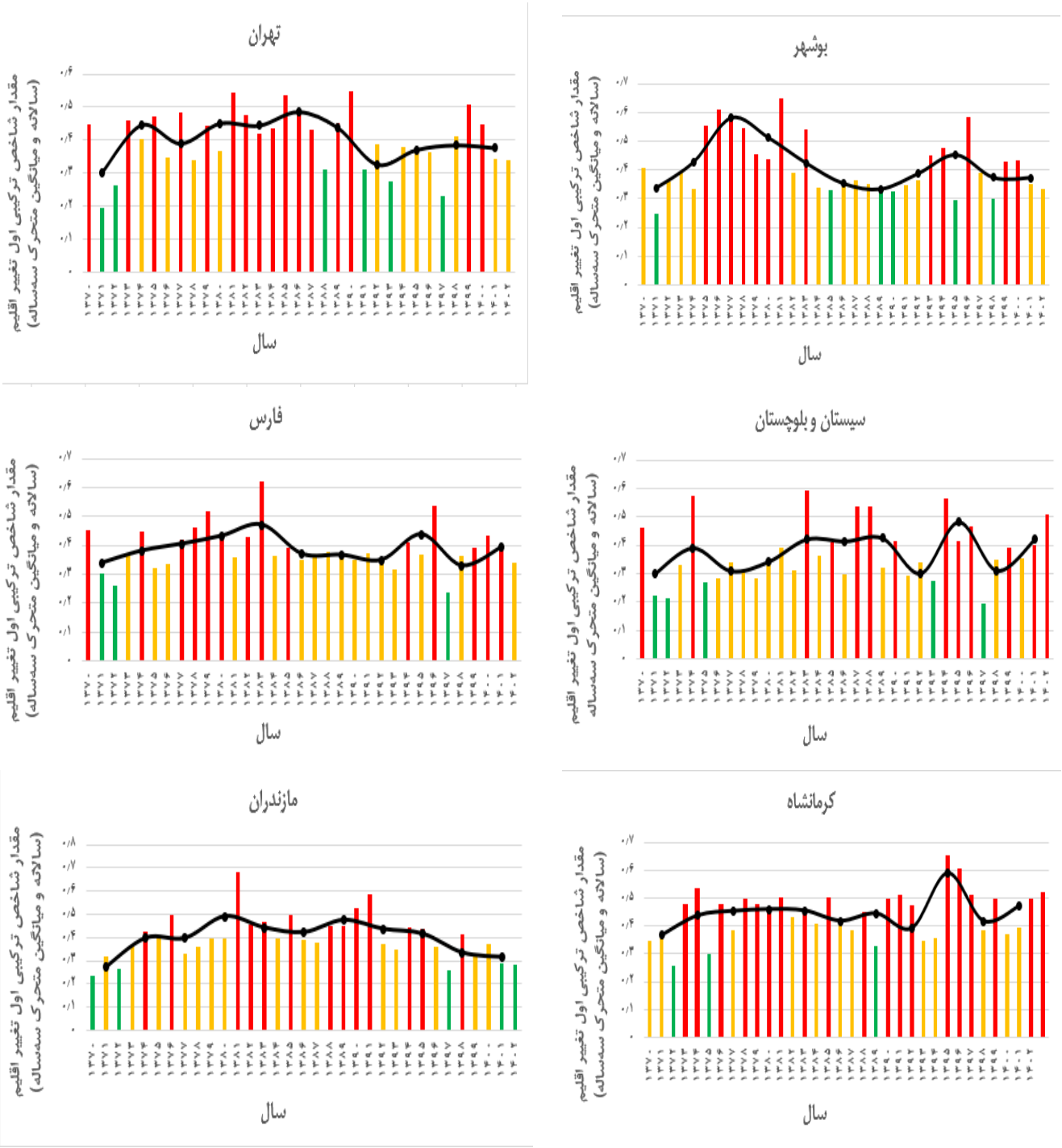
با استفاده از فرمول و پس از بررسی همبستگی برای هر دو شاخص در دوره مورد مطالعه، مقدار ضریب همبستگی، r، ۰/۰۶ به دست آمد. این مقدار مثبت اما نزدیک به صفر است و نشان می‌دهد که این دو شاخص به طور کلی مستقل از یکدیگر رفتار می‌کنند و روند دو شاخص از یکدیگر پیروی نکرده و افزایش یا کاهش یک شاخص در دوره‌های متفاوت باعث تغییر معنی‌دار در شاخص دیگر نمی‌شود. از آنجا که این دو شاخص دو جنبه متفاوت از تغییر اقلیم را بازتاب می‌کنند، این همبستگی ضعیف قابل‌انتظار است و به کار بردن هر دو شاخص در کنار یکدیگر در مطالعات می‌تواند دیدگاهی کامل‌تر را از روندها ارائه دهد. در مورد تصمیم‌گیری برای دسته‌بندی و وضعیت هر یک از استان‌ها از نظر دو شاخص در هر سال، از دسته‌بندی جدول شماره ۲ پیروی می‌شود (Ayyoob et al, 2013: 104). با توجه به هدف مقاله که تمرکز بر معرفی شاخص ترکیبی و تحلیل آن است و از آن جا که تحلیل دقیق روند شاخص ترکیبی برای همه استان‌ها نیازمند حجم گسترده‌ای از جدول‌ها و نمودارها بوده که فراتر از ظرفیت مقاله حاضر است، برای همین از روش نمونه‌برداری استفاده شده است. به همین منظور، ۶ استان با شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت شامل فارس، تهران، مازندران، بوشهر، سیستان و بلوچستان و کرمانشاه به‌عنوان مناطق مختلف منتخب کشور در نظر گرفته شدند تا

[1] Common Factor
[2] Factor Loading
[3] Eigen value
[4] Loading value

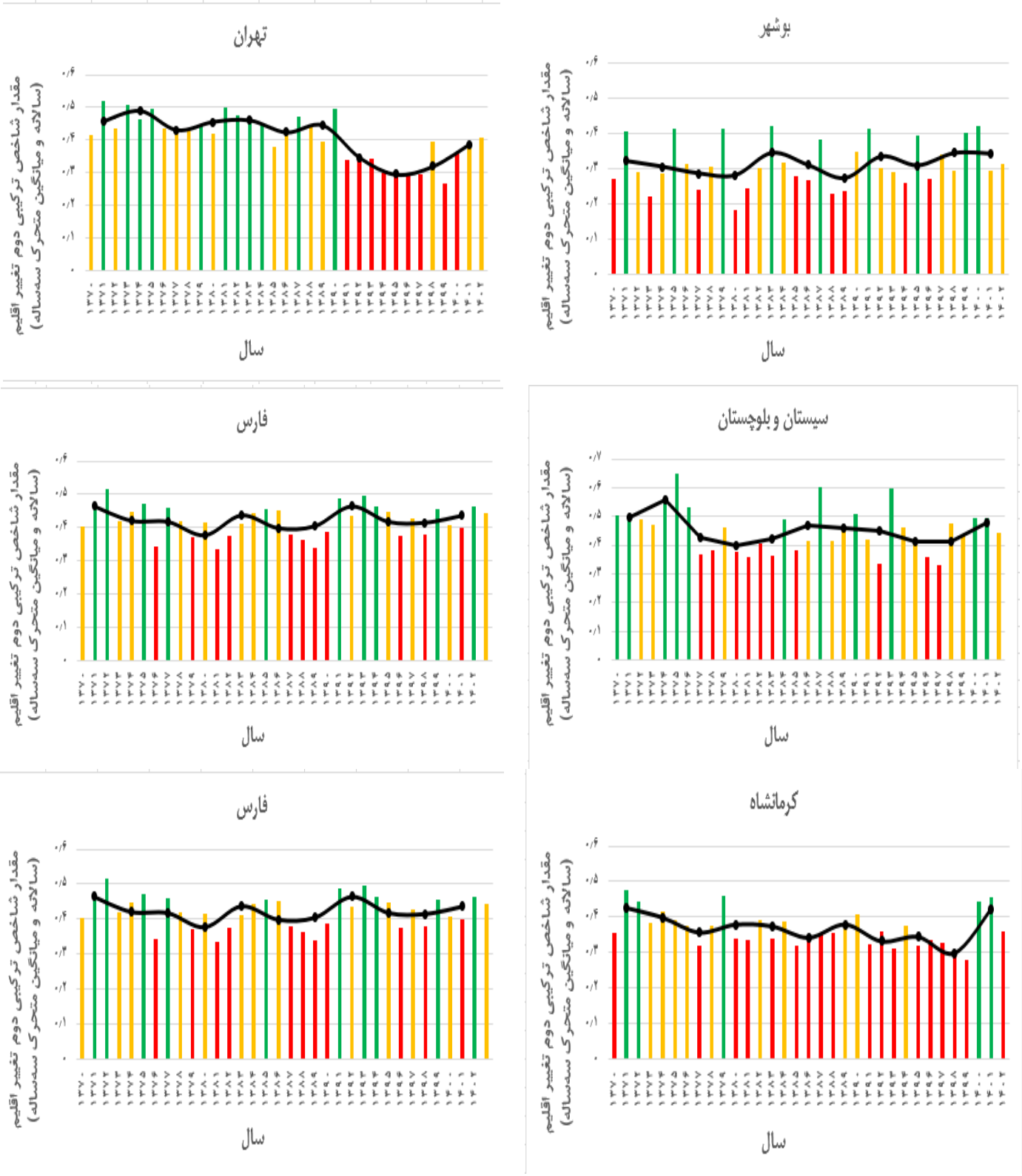
تصویری جامع از روندهای اقلیمی در سطح کل کشور ارائه گردد. در نمودارهای شماره ۱ و ۲، وضعیت شاخص‌ها در یک دوره ۳۳ساله در این استان‌های نمونه آورده شده است. همچنین برای کاهش نوسانات سالانه و نمایش روند کلی تغییرات در شاخص‌های استان‌های منتخب، از نمایش میانگین متحرک سه‌ساله در نمودارها نیز استفاده شده است. این روش با در نظر گرفتن میانگین مقادیر هر سه سال متوالی، امکان مشاهده روندهای بلندمدت‌تری را فراهم می‌سازد. در این مطالعه، میانگین‌ها به‌صورت مرکزی محاسبه شده‌اند به‌طوری‌که هر نقطه در نمودار مربوط به سال میانی بازه سه‌ساله است. از آنجا که در میانگین‌گیری سه‌ساله، برای محاسبه هر نقطه به اطلاعات سال قبل و بعد نیاز است، نقاط مربوط به سال‌های ابتدایی و انتهایی (۱۳۷۰ و ۱۴۰۲) فاقد مقدار میانگین هستند و در نمودارها نیز نمایش داده نشده‌اند. قابل ذکر است که استفاده از میانگین متحرک مرکزی برای تحلیل روندهای زمانی در مطالعات اقلیمی بسیار مورد استفاده بوده و در منابع معتبری مانند گزارش‌های IPCC نیز به کار رفته است. (IPCC, 2021 : صفحات مختلف) همان‌طور که در جدول ۲ نیز اشاره شده است، در نظر داشته باشید که در مورد شاخص اول رنگ قرمز بیانگر بحرانی بودن شاخص و نامطلوب بودن آن، رنگ زرد مقدار متوسط و رنگ سبز مقدار مطلوب را نشان می‌دهد. در مورد نمودار شماره ۲ برای شاخص دوم، رنگ سبز مطلوب بودن شاخص، رنگ زرد متوسط و رنگ قرمز بحرانی بودن آن را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که در تمامی نمودارها محور افقی نشان‌دهنده سال و محور عمودی بیانگر میزان شاخص و میانگین سه‌ساله است.

جدول (۲) : طبقه بندی شاخص‌ها

شاخص اول			شاخص دوم		
طبقه‌بندی	**وضعیت**	**رنگ نمایش شاخص در نمودارها**	**طبقه‌بندی**	**وضعیت**	**رنگ نمایش شاخص در نمودارها**
شاخص اول > (میانگین + ۰/۵انحراف معیار)	بحرانی، در حد بالایی در معرض شاخص مضر تغییر اقلیم بودن	قرمز	شاخص دوم > (میانگین + ۰/۵انحراف معیار)	مطلوب، در حد بالایی در معرض شاخص مفید تغییر اقلیم بودن	سبز
(میانگین – ۰/۵ انحراف معیار < شاخص اول < میانگین + ۰/۵ انحراف معیار)	متوسط، در حد متوسط در معرض شاخص مضر تغییر اقلیم بودن	زرد	(میانگین – ۰/۵ انحراف معیار < شاخص دوم < میانگین + ۰/۵ انحراف معیار)	متوسط، در حد متوسط در معرض شاخص مفید تغییر اقلیم بودن	زرد
شاخص اول < (میانگین – ۰/۵ انحراف معیار)	مطلوب، در حد کم در معرض شاخص مضر تغییر اقلیم بودن	سبز	شاخص دوم < (میانگین – ۰/۵ انحراف معیار)	بحرانی، در حد کم در معرض شاخص مفید تغییر اقلیم بودن	قرمز



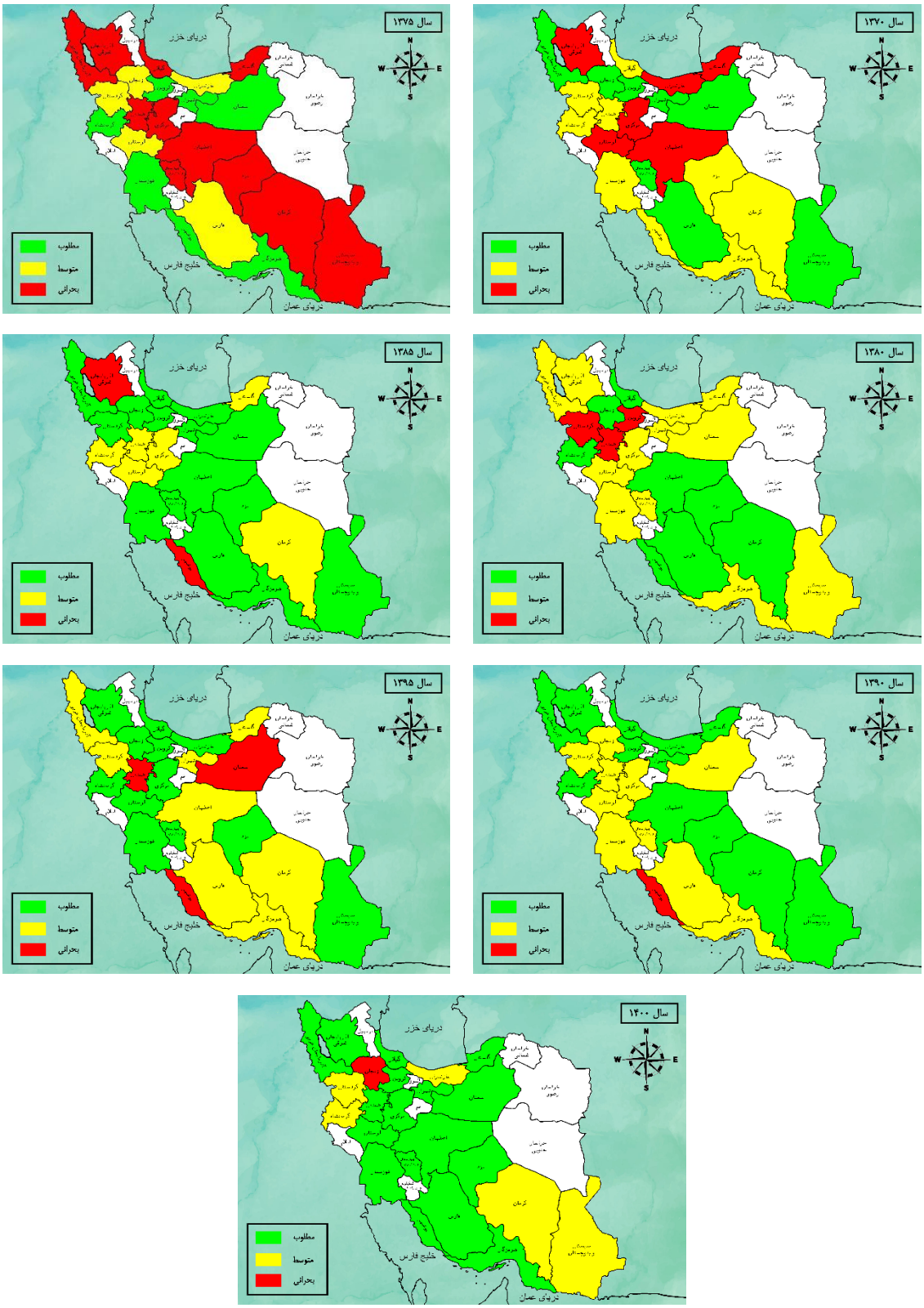
نمودار (۱) : روند شاخص اول در استان‌های منتخب طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲



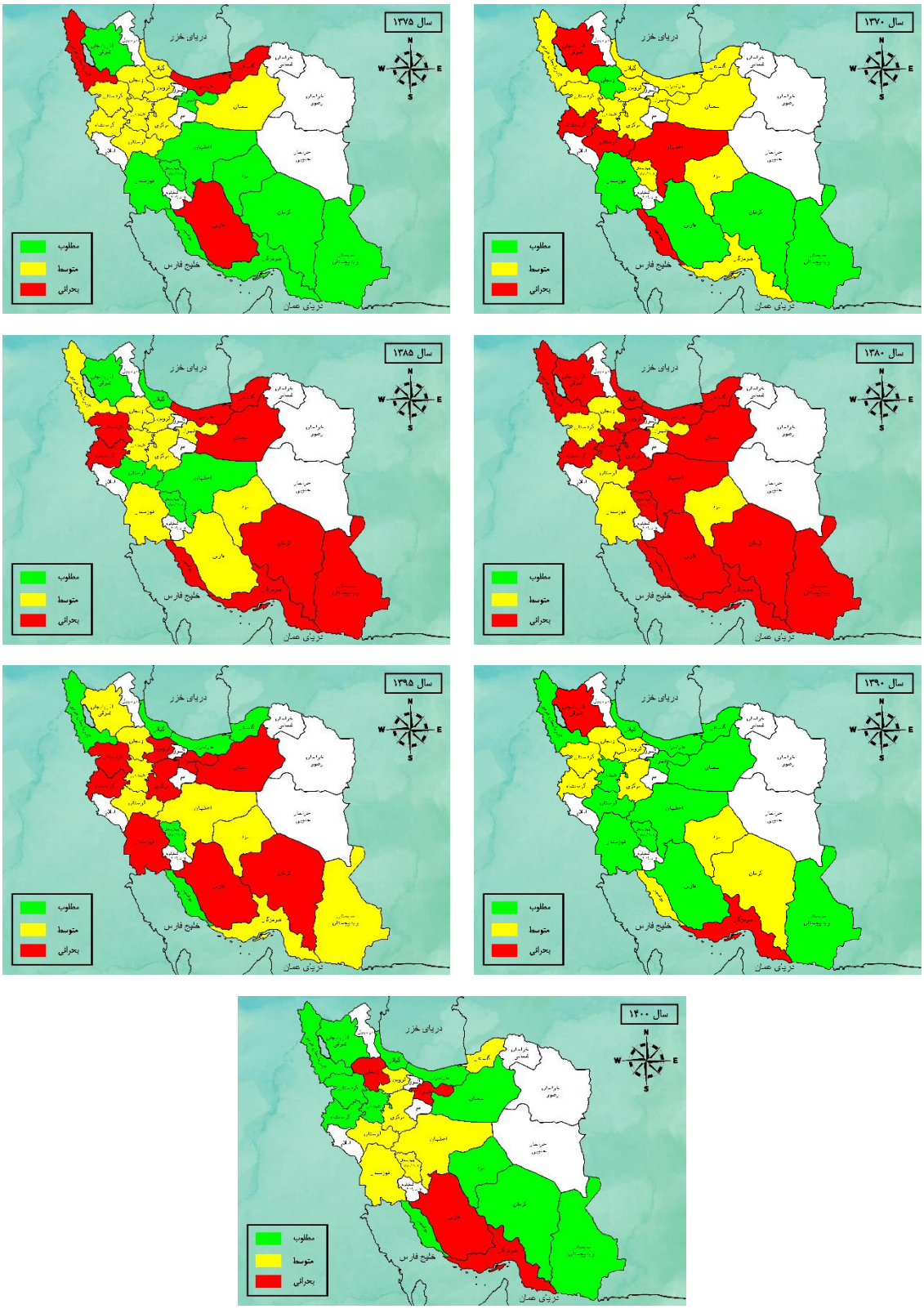
نمودار (۲) : روند شاخص دوم در استان‌های منتخب طی سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲

همان‌طور که در نمودار استان‌های منتخب در مناطق جغرافیایی مختلف کشور دیده می‌شود و همچنین شاخص تخمینی برای دیگر استان‌ها، در مورد شاخص اول به‌ویژه در طی ۲۰ سال اخیر روندی افزایشی و نامساعد مشاهده می‌شود. این موضوع در استان‌های واقع در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور بیشتر قابل مشاهده است. استانی همانند سیستان و بلوچستان که پیش از این نیز با انواع چالش‌های محیط‌زیستی همانند بحران آب و مسائل اقتصادی مواجه بوده است، با توجه به نمودار شاخص اول استان مشاهده می‌شود که در بیشتر سال‌ها از نظر تغییر اقلیم نیز این استان شرایطی نامساعد داشته و بدون اقدامات لازم بیش از قبل با مشکلاتی جدی در این زمینه رو به رو خواهد شد. برای مثال با توجه به جدول شماره ۲، این استان برای مقادیر بالاتر از ۰/۳۹ از شاخص اول در شرایط بحرانی قرار خواهد داشت و با توجه به مقادیر میانگین متحرک طی خصوصاً ۱۰ سال اخیر این شاخص شرایط مساعدی را نشان نمی‌دهد. البته اثرات پدیده تغییر اقلیم دیگر تنها محدود به مناطق خشک نبوده و برای تمام استان‌ها می‌تواند چالش برانگیز باشد. برای مثال با مشاهده نمودار استان مازندران واقع در ناحیه مرطوب کشور، ملاحظه می‌شود در دوره مورد مطالعه، شاخص اول در بیشتر سال‌ها در مقادیر بحرانی و متوسط قرار داشته است و میانگین متحرک شاخص اول در بیشتر سال‌ها بیش از مقدار بحرانی آن (۰/۴۱) بوده است. همان‌طور که از اجزای شاخص اول مشخص است استان‌هایی که شرایط بحرانی‌تر را دارا هستند، رویدادهای حدی آب و هوایی بیشتری را تجربه کرده‌اند و پیش‌بینی می‌شود که این مسئله در آینده تشدید شود. بنابراین لازم است تا استان‌های با روند بحرانی شناسایی شده و برای توسعه زیرساخت‌های مقاوم و سازگار با تغییر اقلیم در آن‌ها، اقدام صورت گیرد. وضعیت شاخص دوم نیز روندی مساعد را در بیشتر استان‌ها نشان نمی‌دهد. کاهش این شاخص نامطلوب است و مشابه با شاخص اول در دو دهه اخیر وضعیت بدتری را پیدا کرده است. استان‌های واقع در منطقه خشک کشور در معرض اثرات منفی ناشی از کاهش شاخص دوم قرار دارند. برای مثال استان بوشهر اگرچه در برخی سال‌ها مقادیر مطلوبی از شاخص دوم را تجربه کرده است اما در بیشتر سال‌های مورد مطالعه این شاخص در مقادیر بحرانی و متوسط قرار داشته است. این در حالی است که استان بوشهر سهمی بیش از ۵ درصد را در تولید ناخالص داخلی کشور دارا هست (مرکز آمار ایران، سال‌های مختلف) و تغییر اقلیم و پیامدهای آن می‌تواند بر تولید ناخالص داخلی بوشهر و دیگر استان‌ها تأثیری منفی داشته باشد (میرجلیلی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱). جزئیات مقادیر شاخص‌های به‌دست‌آمده برای تمامی ۲۳ استان در ضمیمه شماره ۱ قابل مشاهده است. بدترشدن شاخص‌ها در طی زمان نشان‌دهنده افزایش اثرات نامطلوب تغییر اقلیم بر بخش‌های اقتصادی–اجتماعی خواهد بود. بنابراین چه در مورد شاخص ترکیبی مطلوب تغییر اقلیم و چه نامطلوب، هیچ‌کدام روند مساعدی را نشان نمی‌دهند و با پیش‌بینی‌ها درباره افزایش دما در دهه‌های پیش رو این شاخص‌ها در وضعیتی بدتر نیز قرار خواهند گرفت. شاخص ترکیبی طراحی و معرفی شده می‌تواند به‌عنوان ابزاری عملی برای بررسی سالانه در سیاست‌گذاری اقلیمی به‌کار رود. این شاخص مشابه نمونه‌های کاربردی دیگر همانند شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی (CVI[1]) برای تحلیل آسیب‌پذیری در سطح ناحیه‌ای است که توسط بسیاری از کشورها مورد استفاده است. شاخص ترکیبی طراحی‌شده در این مطالعه، با اتکا به مجموعه‌ای کامل از شاخص‌های معتبر ETCCDI و با رویکردی دو بُعدی و با دسته‌بندی آن‌ها در دو بخش مطلوب و نامطلوب، می‌تواند در سطحی مشابه یا حتی بالاتر از شاخص‌های آسیب‌پذیری اقلیمی عمل کند که معمولاً تنها بر متغیرهای اجتماعی و اقتصادی تمرکز دارند. این شاخص به‌دلیل تمرکز دقیق بر شاخص‌های استاندارد اقلیمی (دما، بارش، تعداد روزهای گرم، طول دوره خشکسالی و ...) امکان تحلیل روندهای بلندمدت در سطوح جغرافیایی متفاوت را داشته و قابلیت ترکیب با شاخص‌های اجتماعی و اقتصادی را نیز دارد. استفاده از این شاخص ترکیبی می‌تواند به تصمیم‌گیران کمک کند تا درک دقیق‌تری از شرایط آسیب‌پذیری استان‌ها و مناطق نسبت به تغییر اقلیم داشته باشند. همچنین در ادامه، نمودارهای ۳ و ۴ وضعیت شاخص‌ها را بر روی نقشه کشور طی سال‌های منتخب مشاهده می‌کنیم تا وضعیت کلی بهتر نمایش داده شود. در نظر داشته باشید که همانند نمودارها، در مورد شاخص اول رنگ قرمز به معنای بحرانی بودن شاخص و نامطلوب بودن آن، رنگ زرد مقدار متوسط و رنگ سبز مقدار مطلوب را نشان می‌دهد. در مورد نمودار شاخص دوم رنگ سبز مطلوب بودن شاخص، رنگ زرد متوسط و رنگ قرمز بحرانی بودن آن را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر است که نقشه‌های حرارتی بدون مقیاس عددی ارائه شده است چرا که هدف آن‌ها تنها نمایش وضعیت شاخص‌ها (از نظر بحرانی، مطلوب و متوسط بودن) در سال‌های منتخب و نه بیان دقیق مقادیر کمی است تا خواننده بتواند یک دیدگاه کلی از آن‌ها به‌دست آورد.

[1] Climate Vulnerability Index



نمودار (۳) : نقشه شاخص اول طی سال‌های منتخب



نمودار (۴) : نقشه شاخص دوم طی سال‌های منتخب

3-نتیجه‌گیری و پیشنهادها:

در دورانی که تغییر اقلیم بیش‌ازپیش محیط پیرامون ما را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد، نیاز به یک شاخص ترکیبی که بتواند وضعیت این پدیده را به طور جامع نشان دهد، بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. چنین شاخصی می‌تواند نه‌تنها وضعیت کنونی تغییر اقلیم را بازتاب دهد، بلکه ابزاری برای تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری‌های آگاهانه را فراهم کند. ایران به دلیل واقع‌شدن در منطقه خشک دنیا، پیش از این نیز اثرات تغییر اقلیم را به‌ویژه به شکل کمبود آب تجربه کرده است، این در حالی است که حتی بدون پیامدهای تغییر اقلیم نیز کشور با چالش‌های جدی در مدیریت منابع آب مواجه است. تغییر اقلیم به‌ویژه در کشورهای درحال‌توسعه، پیامدهای اقتصادی گسترده‌ای به همراه دارد و به یکی از چالش‌های بزرگ قرن حاضر برای بشر تبدیل شده است. این پدیده اجتناب‌ناپذیر بوده و تنها می‌توان با کاهش اثرات آن یا سازگاری با پیامدهای آن، از آسیب‌های بیشتر جلوگیری کرد. تمام این مسائل اهمیت مطالعات تغییر اقلیم و بررسی پیامدهای آن در ابعاد گوناگون را پررنگ می‌کند. بااین‌حال در بسیاری از مطالعات موجود برای نشان دادن پیامدهای تغییر اقلیم صرفاً به متغیرهای بارش و دما اکتفا کرده‌اند؛ در حالی که تغییر اقلیم یک پدیده پیچیده است که بررسی آن نیازمند رویکردی جامع‌تر و فراتر از تغییرات ساده دما و بارش روزانه است. با توجه به گسترش روزافزون استفاده از شاخص‌های ترکیبی، این پژوهش تلاش کرده است تا با بهره‌گیری از شاخص‌های معرفی شده توسط سازمان هواشناسی جهانی، یک شاخص جامع ترکیبی و جدید برای نمایش وضعیت تغییر اقلیم ارائه دهد؛ بنابراین با استفاده از ۲۵ شاخص استاندارد تغییر اقلیم این شاخص به روش شاخص‌های ترکیبی محاسبه شد. با توجه به ماهیت متفاوت شاخص‌ها و این که افزایش برخی از آنها می‌تواند رویدادی مثبت و برخی دیگر رویدادی منفی تلقی شود، این شاخص‌ها به دو گروه تقسیم شدند: گروه اول شامل شاخص‌هایی که افزایش آن‌ها نشان‌دهنده وضعیت نامطلوب است و گروه دوم شامل شاخص‌هایی که افزایش آن‌ها مطلوب تلقی می‌شود. این دو شاخص برای سال‌های ۱۳۷۰ تا ۱۴۰۲ برای ۲۳ استان منتخب ایران محاسبه شد. پس از بررسی همبستگی بین این دو شاخص، مقدار ضریب همبستگی نزدیک به صفر بوده و این نشان می‌دهد که تغییرات در روندهای آن‌ها مستقل از یکدیگر رفتار می‌کنند. شاخص‌های محاسبه شده نشان داد که هر دو شاخص به‌خصوص در طی بیست سال اخیر در بیشتر استان‌ها روندی نامساعد داشتند و این نتایج گویای وخیم‌تر شدن شرایط ناشی از تغییر اقلیم در مناطق مختلف کشور است. همچنین همان‌طور که در ابتدای مطالعه اشاره شد، یکی از ابعادی که استان‌های کشور می‌توانند از سمت تغییر اقلیم دچار آسیب شوند، بحران آب است. ازآنجاکه بخش قابل‌توجهی از اجزای هر دو شاخص ترکیبی تغییر اقلیم متغیرهای حدی بارش هستند و روند هر دو شاخص نامطلوب است، شوک‌های منابع آبی می‌تواند به چالشی جدی برای کشور تبدیل شود. اگر آب را یکی از عوامل کمیاب تولید در نظر بگیریم که تخصیص آن ضعیف باشد، عملکرد اقتصادی دچار مشکل خواهد شد. همچنین رویدادهای آب‌وهوایی مربوط به آب همانند سیلاب‌ها می‌تواند تأثیرات منفی چشمگیری بر دارایی و زندگی شهروندان داشته باشد. بخش کشاورزی نیز که نهاده تولیدی اصلی آن آب است و به دلیل وابستگی به متغیرهای اقلیمی، بیشترین آسیب را متحمل خواهد شد. به‌علاوه ضعف در مدیریت منابع آبی نیز می‌تواند به خشونت و تنش‌های اجتماعی منجر شود و تمام این‌ها تنها گوشه‌ای از پیامدهای گسترده آن است. وجود این شاخص ترکیبی تغییر اقلیم در فرآیند تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. این شاخص به سیاست‌گذاران کمک می‌کند تا به جای بررسی و روبه‌رو بودن با تعداد زیادی شاخص پراکنده، یک ابزار جامع و دربرگیرنده تمام ابعاد تغییر اقلیم را در اختیار داشته باشند. درنظرگرفتن این پدیده در سیاست‌های کلان اقتصادی زمانی که تصمیم‌گیرندگان اثرات تغییر اقلیم را در تصمیمات خود لحاظ کنند، امکان کاهش پیامدهای منفی و سازگاری با این پدیده را فراهم خواهد کرد و همچنین در مقایسه با نمونه‌های بین‌المللی همانند شاخص CVI این شاخص تمرکز دقیق‌تری بر تغییرات اقلیمی واقعی را دارد. اگرچه نتایج نشان‌دهنده وخامت شرایط اقلیمی در اغلب استان‌ها است، در نهایت، در تفسیر یافته‌های این مطالعه، نکته اساسی تمایز دادن میان رویکرد اصلی تحقیق و بیان آماری وضعیت شاخص‌ها است. هدف اصلی، طراحی و ارائه چارچوبی منسجم برای تحلیل اقلیم در مقیاس ملی است؛ چارچوبی که قابلیت استفاده در حوزه‌های اقتصادی، اجتماعی و سیاست‌گذاری را نیز داشته باشد و صرفاً تحلیل مستقیم تغییرات در یک منطقه خاص یا مقایسه ساده افزایش یا کاهش شاخص‌ها در مناطق مختلف در یک دوره مشخص نیست.

منابع

- Abdi, Herve, Williams, Lynne J. (2010). Principal Component Analysis. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics. 2. https://doi.org/10.1002/wics.101
- Ayyoob, K., Krishnadas, M., & Kaeel, C. (2013). Intra-regional disparities in agricultural development in Kerala. Agriculture Update, 8(1), 103-106. http://researchjournal.co.in/upload/assignments/8_103-106_1.pdf
- Balaganesh, G., Malhotra, R., Sendhil, R., Sirohi, S., Maiti, S., Ponnusamy, K., & Sharma, A. K. . (2020). Development of composite vulnerability index and district level mapping of climate change induced drought in Tamil Nadu, India. Ecological Indicators, 113. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106197
- Edmonds, H. K., Lovell, J. E., Lovell, C.A.K. (2020). A new composite climate change vulnerability index. Ecological Indicators. 117: 106529. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106529
- Fakher, Hossein Ali, Panahi, Mostafa, Emami, Karim, Peykarjou, Kambiz, Zeraatkish, Seyed Yaghoub. (2021). New Insights into Development of an Environmental-Economic Model Based on a Composite Environmental Quality Index: A Comparative Analysis of Economic Growth and Environmental Quality Trend. Environmental Energy and Economic Research. 5(3). https://doi.org/10.22097/eeer.2021.280746.1192
- Farajzadeh, Z., Ghorbanian, E., & Tarazkar, M. H. (2022). The shocks of climate change on economic growth in developing economies: Evidence from Iran. Journal of Cleaner Production, 372. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133687
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). Basic econometrics (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Irwin.
- IMF. (2021). Fiscal Policies to Address Climate Change in Asia and the Pacific. Asia and Pacific Department Fiscal Affairs Department, International Monetary Fund. https://doi.org/10.5089/9781513561394.087
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/
- IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Chapter 4: Observed Climate Change). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-4/
- Mansouri Danesvar, M. R., Ebrahimi, M.,Nejadsoleymani, H., (2019). An overview of climate change in Iran:facts and statistics.Environmental Systems Research.8(7). https://doi.org/10.1186/s40068-019-0135-3
- OECD. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators, Methodology and User Guide. OECD.
- Rana, V., Ram, S., Sedhil, R., Nehra, K., & Sharma, I. (2015). Physiological, Biochemical and Morphological Study in Wheat (Triticum aestivum L.) RILs Population for Salinity Tolerance. Journal of Agricultural Science, 7(10). https://doi.org/10.5539/jas.v7n10p119
- Sendhil, R., Jha, A., Kumar, A., & Singh, S. (2018). Extent of vulnerability in wheat producing agro-ecologies of India: Tracking from indicators of cross-section and multi-dimension data. Ecological Indicators, 89, 771-780. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.053
- Wirehn, L., Daneilsson, A., Neset, T. S., (2015). Assesmanet of composite index methods for agricultural vulnerability to climate change. Journal of Environmental Management. 156. 70-80. http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.020
- خاندوزی، سید احسان، مصطفوی ثانی، علی، سرآبادانی، حسین. (۱۳۹۸). طراحی و برآورد شاخص ترکیبی عدالت اجتماعی در ایران. مجلس و راهبرد. سال ۲۷ (۱۰۲). ۵-۴۱. https://sid.ir/paper/377722/fa
- دفتر طرح ملی تغییر آب‌وهوا. گزارش ملی تغییر اقلیم در ایران. سال‌های مختلف.
- سازمان حفاظت محیطزیست. گزارش وضعیت محیطزیست ایران. سال‌های مختلف.
- سازمان هواشناسی کشور. داده‌های آماری. داده‌های اقلیمی و تاریخچه‌ای.
- سالنامه مرکز خشکسالی و مدیریت بحران. ۱۳۹۷.

- صیادی، محمد، محمدخانی، میلاد، حافظی، حسین. (۱۴۰۲). برآورد و ارزیابی عملکرد اقتصادی-انرژی-محیط زیستی ایران با استفاده از شاخص ترکیبی 3EPI و مدل TVP. پژوهشنامه اقتصاد انرژی ایران، دوره ۱۲ (۴۶). ۹۳-۱۳۰. 10.22054/jiee.2023.73797.2011
- غفاری فرد، محمد، ملکی نصر، هاشم. (۱۳۹۸). سنجش فضایی اقتصاد دانش‌بنیان در استان‌های مختلف ایران (رویکرد شاخص ترکیبی). رهیافت. دوره ۲۹ (۷۵). 10.22034/rahyaft.2019.13790
- فریدزاد، علی، بانوئی، علی‌اصغر، گودرزی، مهسا. (۱۴۰۰). سنجش آسیب‌پذیری بخش‌های اقتصادی ایران ناشی از تحریم صادرات نفت خام: محاسبه یک شاخص ترکیبی مبتنی بر الگوی داده – ستانده. فصلنامه نظریه‌های کاربردی اقتصاد. سال هشتم (۲). ۳۵-۷۴. https://sid.ir/paper/1048748/fa
- مرادزاده, میلاد و پورحسین, هادی. (۱۴۰۳). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر خشکسالی (مطالعه موردی: بخشی از حوضه کارون). مطالعات علوم محیط زیست. سال ۹ (۴). ۹۴۱۵- ۹۴۰۵. 10.22034/jess.2024.435259.2212
- مرادی نژاد, امیر و خسروبیگی, سعید . (۱۴۰۳). ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر پارامترهای دما و بارش منطقه اراک .مطالعات علوم محیط زیست. سال ۹ (۴). ۹۵۳۴-۹۵۲۴. 10.22034/jess.2024.458377.2258
- مرکز آمار ایران. سالنامه‌های آماری استان‌ها. سال‌های مختلف.
- میرجلیلی، سید حسین، آماده، حمید، متقیان‌فرد، مهدیس. (۱۳۹۸). اثر تغییر اقلیم بر رشد تولید ناخالص داخلی در ۲۷ استان ایران (با استفاده از روش داده‌های پانل). فصلنامه اقتصاد محیط‌زیست و منابع طبیعی، سال سوم (۵). ۱۵۲-۱۲۷. 10.22054/eenr.2019.12479

ضمیمه

جدول (۳) : مقادیر تخمین زده شده شاخص اول

سال/ استان	آذربایجان‌شرقی	آذربایجان غربی	اصفهان	پوشهر	تهران	چهارمحال‌وبختیاری	خوزستان	زنجان	سمنان	سیستان‌وبلوچستان	فارس	قزوین	کردستان	کرمان	کرمانشاه	گلستان	گیلان	لرستان	مازندران	مرکزی	هرمزگان	همدان	یزد
۱۳۷۰	۰/۲۵	۰/۴۶	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۳
۱۳۷۱	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۸	۰/۳۹	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۲۵	۰/۲۴	۰/۳۸	۰/۲۶	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۲	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۱۶
۱۳۷۲	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۲۱	۰/۲۶	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۲۷	۰/۲۹	۰/۴۴	۰/۳۰	۰/۲۳
۱۳۷۳	۰/۲۲	۰/۵۷	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۵۳	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۴۵	۰/۲۰	۰/۶۳	۰/۲۳
۱۳۷۴	۰/۲۶	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۱۹	۰/۱۶	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۵۷	۰/۴۵	۰/۲۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۰	۰/۴۹	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۷	۰/۳۱
۱۳۷۵	۰/۲۵	۰/۲۹	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۴۰	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۵۰	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۴۷	۰/۲۹	۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۲۳	۰/۲۵
۱۳۷۶	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۶۱	۰/۳۵	۰/۲۷	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۵۰	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۹

۱۳۷۷	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵
۰/۲۰	۰/۵۲	۰/۲۱	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۱۹	۰/۲۲	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۵۸	۰/۵۱
۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۲۴	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۶۲	۰/۳۱	۰/۴۶	۰/۳۴	۰/۴۵	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۳۲	۰/۶۴	۰/۴۵	۰/۲۳
۰/۵۹	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۶۱	۰/۴۲	۰/۷۲	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۶۲	۰/۴۳	۰/۶۷	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۵۴	۰/۳۶	۰/۳۹
۰/۵۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۶۵	۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴۵	۰/۴۸	۰/۳۰
۰/۴۸	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۴۷	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۵۳	۰/۴۹	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۵۵	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۳۷
۰/۳۷	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۲۸	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۴۸
۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۳۴	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۴۳	۰/۵۳	۰/۴۵
۰/۴۸	۰/۶۵	۰/۴۹	۰/۶۱	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۵۷	۰/۶۳	۰/۵۶	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۴۱	۰/۴۹	۰/۴۰	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۶۳
۰/۴۱	۰/۲۴	۰/۵۱	۰/۳۸	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۲۸
۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۴۱	۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۳۷
۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۶۲	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۴۵	۰/۴۲
۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۵۵	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۸	۰/۵۸	۰/۳۷	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۶	۰/۵۴	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۵
۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۳۲	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۳۰	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۶۰
۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۳۲	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۵۴
۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۸	۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۲۳	۰/۵۰	۰/۵۲	۰/۴۴
۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۶۸	۰/۴۶	۰/۴۷	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۴	۰/۴۴
۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۶۰
۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۵
۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۳۹
۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۴۵
۰/۳۷	۰/۵۵	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۴۸	۰/۴۵

۱۳۹۶	۱۳۹۷	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۰/۷۰	۰/۵۰	۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۵۷	۰/۸۲	۰/۳۶
۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۲۶	۰/۵۵	۰/۵۱	۰/۳۷
۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۴۷	۰/۲۹	۰/۴۷	۰/۱	۰/۶۴
۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۳۰	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۳۵	۰/۳۳
۰/۳۶	۰/۲۳	۰/۴۱	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۳۴	۰/۳۳
۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۲۸
۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۳۵
۰/۶۰	۰/۱۷	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۲۳	۰/۵۸	۰/۳۷
۰/۳۹	۰/۲۴	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۳۹	۰/۵۴
۰/۴۷	۰/۱۹	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۵
۰/۵۴	۰/۲۳	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۴۳	۰/۴	۰/۳۳
۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۴۲
۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۱۸	۰/۴۸
۰/۴۵	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۴۷	۰/۲۳
۰/۵۱	۰/۳۹	۰/۵۰	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۴۹	۰/۵۱
۰/۵۵	۰/۲۵	۰/۶۵	۰/۲۷	۰/۴۸	۰/۴۹	۰/۴۱
۰/۴۱	۰/۲۵	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۳۶	۰/۳۴
۰/۴۷	۰/۳۹	۰/۶۰	۰/۳۶	۰/۶۴	۰/۳۷	۰/۴۶
۰/۳۶	۰/۲۶	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۲۸
۰/۵۱	۰/۳۳	۰/۵۷	۰/۳۸	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۴
۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۲۹
۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۷۰	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۵۲	۰/۵۳
۰/۳۶	۰/۱۹	۰/۴۷	۰/۲۴	۰/۵۷	۰/۴۹	۰/۲۶

جدول (۴) : مقادیر تخمین زده شده شاخص دوم

سال/ استان	۱۳۷۰	۱۳۷۱	۱۳۷۲	۱۳۷۳	۱۳۷۴	۱۳۷۵	۱۳۷۶	۱۳۷۷
آذربایجان‌شرقی	۰/۴۹	۰/۵۸	۰/۵۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۲
آذربایجان‌غربی	۰/۳۹	۰/۴۷	۰/۴۸	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۰
اصفهان	۰/۳۲	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۴۶
ایلام	۰/۲۷	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۲۲	۰/۲۸	۰/۴۱	۰/۳۱	۰/۳۴
بوشهر	۰/۴۲	۰/۵۲	۰/۴۴	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۵۰	۰/۴۴	۰/۴۲
تهران	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۳۴	۰/۴۱
چهارمحال‌وبختیاری	۰/۴۵	۰/۵۱	۰/۴۵	۰/۴۰	۰/۳۶	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۳
خوزستان	۰/۶۱	۰/۶۱	۰/۵۵	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۶
زنجان	۰/۳۹	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۹
سمنان	۰/۵۱	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۴۷	۰/۵۵	۰/۶۵	۰/۵۳	۰/۳۷
سیستان‌وبلوچستان	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۴۶	۰/۴۲
فارس	۰/۳۵	۰/۵۰	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۳
قزوین	۰/۳۸	۰/۵۴	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۵
کردستان	۰/۵۲	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۴۵	۰/۵۸	۰/۵۷	۰/۴۳	۰/۴۴
کرمان	۰/۳۶	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۲
کرمانشاه	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۴
گلستان	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۶
گیلان	۰/۴۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۶
لرستان	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۵۰	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۳۶
مازندران	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۳
مرکزی	۰/۴۰	۰/۶۸	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۳۲
هرمزگان	۰/۳۵	۰/۶۹	۰/۴۷	۰/۲۲	۰/۴۸	۰/۶۴	۰/۵۰	۰/۳۰
همدان	۰/۳۶	۰/۵۸	۰/۳۴	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۴۰
یزد	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۳۷	۰/۶۰	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۴۱

۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۳۸۰	۱۳۸۱	۱۳۸۲	۱۳۸۳	۱۳۸۴	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰	۱۳۹۱	۱۳۹۲	۱۳۹۳	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۷
۰/۵۳	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۶۲	۰/۵۱	۰/۵۶	۰/۵۲	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۶۳	۰/۵۰	۰/۵۸	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۴۶	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۶۱	۰/۳۸
۰/۳۶	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۳۶	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۴۲	۰/۳۴	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۲۹
۰/۴۴	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۴۲	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۷
۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۱۸	۰/۲۴	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۲۸	۰/۲۷	۰/۳۸	۰/۲۳	۰/۲۴	۰/۳۵	۰/۴۱	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۶	۰/۳۹	۰/۲۷	۰/۳۴
۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۵۰	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۳۰	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۳۰
۰/۲۶	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۴۴	۰/۵۰	۰/۴۶	۰/۵۰	۰/۳۹	۰/۳۵	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۳۵	۰/۵۶	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۳۷
۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۴۳	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۳۶	۰/۳۵	۰/۳۲	۰/۲۹	۰/۳۷
۰/۵۶	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۴۷	۰/۴۷	۰/۵۴	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۵۲	۰/۶۳	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۵۴	۰/۴۵	۰/۳۷
۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۲۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۲۸	۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۲۸	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۳۰	۰/۳۰	۰/۳۳
۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۹	۰/۴۸	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۵۱	۰/۴۲	۰/۳۳	۰/۵۹	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۲۸
۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۶	۰/۳۸	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۴۹	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۲۸	۰/۳۳
۰/۳۰	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۳۲	۰/۴۵	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۱	۰/۳۲
۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۷	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۳۱	۰/۳۴
۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۷	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۴۶	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۳۹	۰/۳۲	۰/۳۴
۰/۳۸	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۱	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۳۶
۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۳۹	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۳۰
۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۴۲	۰/۴۷	۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۳۵
۰/۳۶	۰/۴۹	۰/۴۰	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۴۲	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۴۸	۰/۴۷	۰/۴۹	۰/۴۱	۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۳۷	۰/۳۵
۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۲۹	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۴۳	۰/۳۶	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۲
۰/۳۰	۰/۳۸	۰/۳۲	۰/۳۵	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۴۰	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۳۴	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۳۲
۰/۲۶	۰/۴۶	۰/۲۳	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۴۲	۰/۳۰	۰/۳۱	۰/۲۵	۰/۴۹	۰/۴۰	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۲۱
۰/۳۴	۰/۴۰	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۷	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۴۲	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۴۴	۰/۳۴
۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۴۵	۰/۴۱	۰/۴۶	۰/۳۲	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۳۲	۰/۴۷	۰/۴۳	۰/۴۳	۰/۴۱	۰/۴۵	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۳۷

۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۴۰۱	۱۴۰۲
۰/۴۳	۰/۵۵	۰/۶۷	۰/۵۵	۰/۴۷
۰/۳۱	۰/۳۰	۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۳۵
۰/۴۶	۰/۳۹	۰/۴۲	۰/۲۸	۰/۴۷
۰/۲۹	۰/۴۰	۰/۴۲	۰/۲۹	۰/۳۱
۰/۴۰	۰/۲۷	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۴
۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۲۶	۰/۴۱	۰/۴
۰/۳۶	۰/۳۱	۰/۴۱	۰/۳۲	۰/۴۱
۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۳۱	۰/۶۴	۰/۴۴
۰/۴۱	۰/۳۷	۰/۴۲	۰/۴	۰/۳۴
۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۴۴
۰/۴۶	۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۴۶	۰/۴۴
۰/۳۳	۰/۲۹	۰/۳۹	۰/۴	۰/۴
۰/۴۰	۰/۳۰	۰/۴۲	۰/۲۵	۰/۳۱
۰/۴۲	۰/۴۲	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۳۸
۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۳۶
۰/۴۴	۰/۳۴	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۳۲
۰/۴۱	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۳۹	۰/۴۱
۰/۴۷	۰/۳۳	۰/۴۰	۰/۴	۰/۴۱
۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۴۸	۰/۳۳	۰/۴۸
۰/۳۷	۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۴۴	۰/۴۲
۰/۳۵	۰/۴۰	۰/۲۴	۰/۲۹	۰/۳۶
۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۱
۰/۴۶	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۵۶	۰/۳۱