

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره یک، فروردین ماه ۹۹

## پهنه بندی شاخص آسیب پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم (SVCCI) (مطالعه موردی استان کردستان)

اقبال وحدانی<sup>۱</sup>

حسین محمدی<sup>۲\*</sup>

[Hmmohammadi@ut.ac.ir](mailto:Hmmohammadi@ut.ac.ir)

فریده اسدیان<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۰۳

چکیده

**زمینه و هدف:** نوسانات اقلیمی آینده یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های پیش روی بشر است که اثرات بسیار شدیدی بر بخش کشاورزی می‌گذارد. یکی از روش‌های بررسی میزان خسارت‌های ناشی از اقلیم بوجود آمده، محاسبه شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم یا شاخص (SVCCI) است. در این پژوهش محاسبه این شاخص در سطح استان کردستان مورد بررسی قرار گرفته است.

**روش بررسی:** در این مطالعه با استفاده از داده‌های ۱۱ ایستگاه هواشناسی در بازه زمانی ۱۳۹۵ - ۱۳۸۰ برای ۱۰ شهرستان استان کردستان، شاخص مورد محاسبه قرار گرفت. برای محاسبه اجزای شاخص نیاز به محاسبه شاخص بارش، شاخص خشکی و تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه است. در ادامه برای هر یک از اجزای شاخص، روند و بی‌ثباتی در روند با آزمون ناپارامتری من - کندال مورد بررسی قرار گرفت. سپس نسبت به وزن‌دهی به روش‌های مختلف اقدام شد و در نهایت با توجه به متفاوت بودن واحدهای اجزای شاخص هر یک از اجزا به کمک معادله (CN) مؤلفه‌ها نرمال شدند و بر اساس نتایج حاصل از محاسبه شاخص، آسیب‌پذیرترین مناطق در استان کردستان نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی شناسایی شدند.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از محاسبه این شاخص نشان داد که مقدار متوسط شاخص در شهرستان‌های استان کردستان ۵۱/۴۱ می‌باشد. در این بین شهرستان دهگلان بیش‌ترین مقدار آسیب‌پذیری و شهرستان سروآباد کم‌ترین مقدار آسیب‌پذیری را نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی دارند.

۱- دانش‌آموخته دکتری رشته اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

۲- استاد اقلیم‌شناسی - گروه آموزشی جغرافیای طبیعی دانشگاه تهران، ایران. (نویسنده مسوول\*)

۳- استادیار گروه جغرافیا - دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ایران.

**بحث و نتیجه‌گیری :** هدف از این پژوهش، ارایه یک روش برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از نوسانات اقلیمی است که بسته به در دسترس بودن و قابلیت اطمینان داده‌ها می‌تواند مبنایی برای برنامه‌ریزی آینده باشد. تا تصمیم‌گیرندگان بتوانند به توسعه خط‌مشی‌هایی در مقیاس شهرستانی بپردازند تا کنترل بیش‌تری بر آسیب‌پذیری ناشی از تغییر اقلیم داشته باشند.

**واژه‌های کلیدی :** پهنه‌بندی، شاخص آسیب‌پذیری (SVCCI)، تغییر اقلیم، کردستان

## Zoning the Structural Vulnerability Index Due to Climate Change (SVCCI) (Case study: Kurdistan province)

Eqbal Vahdani<sup>1</sup>

Hossein Mohammadi<sup>2\*</sup>

[Hmohammadi@ut.ac.ir](mailto:Hmohammadi@ut.ac.ir)

Farideh Asadian<sup>3</sup>

Accepted: 2018.01.14

Received: 2017.07.25

### Abstract

**Background and Objective:** Future climate fluctuations are one of the greatest challenges facing humankind, which have a profound effect on soil and water as a source of agricultural production. One of the methods for assessing the caused damage is the calculation of the structural vulnerability index due to climate change or index (SVCCI). In this study, the index is calculated in Kurdistan province.

**Method:** In this study, using data from 11 meteorological stations in the period 1380-1396 for 10 cities of Kurdistan province, the index was calculated. To calculate the components of the index, it is necessary to calculate the precipitation index, drought index and potential evapotranspiration in the region. Then, for each of the index components, the trend and instability in the trend were examined by non-parametric Mann-Kendall test. Then weighting was done in different ways and finally, due to the different units of the index components of each component, the components were normalized by means of the equation (CN) and based on the results of calculating the index, the damage and the most susceptible areas in Kurdistan province to the fluctuations of climatic factors were identified.

**Findings:** The results of this indicator showed that the mean value of the index in the cities of Kurdistan province is 51.4. Meanwhile, Dehgolan city has the highest vulnerability and Saravabad has the least amount of vulnerability compared to the climate change fluctuations.

**Conclusion:** The purpose of this study is to provide a method for mapping the economic vulnerability of climate fluctuations which can be the basis for future planning depending on the availability and reliability of data. So that decision makers can develop urban-scale policies to control more vulnerability to climate change.

**Key words:** Zoning, Vulnerability Index (SVCCI), Climate Change, Kurdistan

---

1-Ph.D, Student of Climatology, Islamic Azad University, Science Branch of Tehran, Iran

2-Professor of Climatology, Geography Department, Tehran University, Tehran, Iran \*(Corresponding Author)

3-Assistant Professor, Geography Department, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

## مقدمه

دادن خود با تغییر اقلیم، تعدیل خسارات احتمالی، بهره‌برداری از فرصت‌ها یا چیره آمدن بر پیامدهای زیان‌بار است. منابع اقتصادی، فن‌آوری، دانش‌ها و مهارت‌ها، زیرساخت‌ها، و سازمان‌ها و نهادها از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده ظرفیت سازگاری یک سیستم یا منطقه می‌باشند (۵). بنابراین، IPCC آسیب‌پذیری را چنین تعریف می‌نماید: آن اندازه‌ای که یک سیستم مستعد آسیب-دیدگی از اثرات سوء احتمالی تغییر اقلیم، یا ناتوان در چیره شدن بر آن اثرات است (۶).

تعیین معیار برای آسیب‌پذیری مشکل است و بنا به مطالعات سولیوان و همکاران<sup>۳</sup> برای اولین بار شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی<sup>۴</sup> را در سال ۲۰۰۵ مطرح کردند (۷). برای محاسبه آسیب‌پذیری نسبت به عوامل اقلیمی، از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌شود. اما پژوهش در بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از نوسانات اقلیمی یا شاخص (SVCCI)<sup>۵</sup> داخل کشور فقط یک مورد انجام گرفته است. هاتف و همکاران (۸) به بررسی آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از نوسانات اقلیمی در استان خراسان رضوی پرداخته‌اند که نتایج نشان داد در بین شهرستان‌های استان خراسان رضوی شهرستان تربت‌حیدریه بیش‌ترین و شهرستان چناران کم‌ترین میزان آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از نوسانات اقلیمی را داشته‌اند. از موارد مطالعات خارجی می‌توان به مطالعات متعدد مبدع این روش به کارهای پاتریک گویلامونت و کاترین سیمونت<sup>۶</sup> اشاره کرد (۹).

بر اساس نظر هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC)<sup>۱</sup>، تغییر اقلیم عبارت است از تغییر برگشت ناپذیر در متوسط شرایط آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در منطقه مورد انتظار است (۱). عامل اصلی تغییرات اقلیمی فعالیت‌های انسانی است که به انباشت گازهای گلخانه‌ای با قدرت ماندگاری طولانی مدت در جو منجر می‌شود (۲). 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 به ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد (۳). 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 حال توسعه کاهش شدیدی (۱۹/۷ درصد) را در تولیدات کشاورزی خود تجربه خواهند کرد، که به دلیل مشارکت بخش کشاورزی در تولید ملی، بر وضعیت کلی اقتصادی آن‌ها مؤثر خواهد بود (۴).

آسیب‌پذیری<sup>۲</sup> نسبت به تغییرات اقلیمی بر اساس سه مؤلفه تعریف می‌شود: تماس، حساسیت و ظرفیت سازگاری. تماس آن جامعه یا سیستمی است که در معرض خطر تغییر اقلیم است، مانند جمعیت، مردم، منابع طبیعی. حساسیت آن میزان و اندازه-ای است که یک سیستم تحت تأثیر زیان‌بار یا سودمند تغییر اقلیم قرار می‌گیرد. ظرفیت سازگاری توانایی یک سیستم برای تطبیق

3- Sullivan & Huntingford (2005)

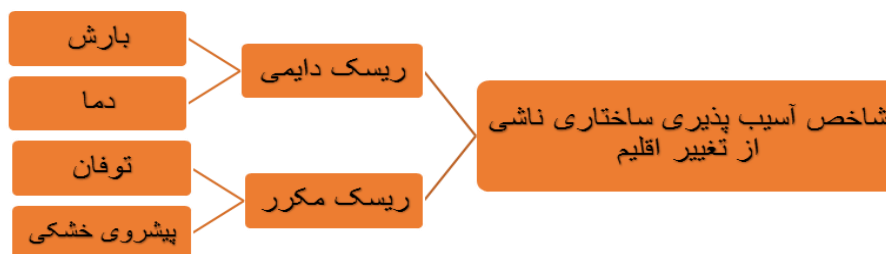
4- Climate Vulnerability Index (CVI)

5- Structural Vulnerability of Climate Change Index (SVCCI)

6- Patrick Guillaumont & Catherine Simonet (2011)

1- Intergovernmental Panel on Climate Change

2- Vulnerability



شکل ۱- اجزای شاخص آسیب پذیری نوسانات عوامل اقلیمی (۹)

Figure 1- Components of Vulnerability Index of Climatic Factors (9)

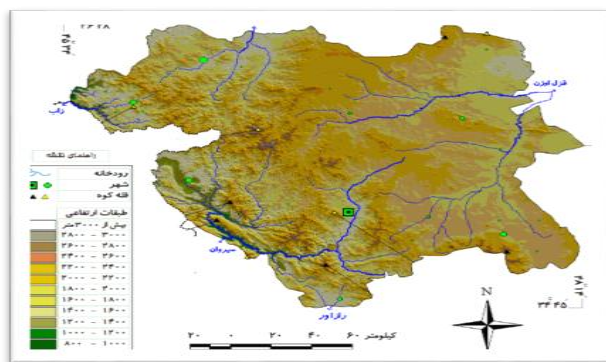
برای فعالیت‌های اقتصادی و کشاورزی استان باشد، لازم و ضروری است و نتایج حاصل از این شاخص می‌تواند مسیر برنامه‌ریزی و توسعه پایدار آینده شهرستان‌های استان کردستان را مشخص کند.

#### موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با وسعتی برابر با ۲۸۲۰۳ کیلومتر مربع در نوار کوهستانی غرب کشور ایران عرصه این کار پژوهشی است. شکل (۲)، موقعیت جغرافیایی استان کردستان در ایران و توزیع ارتفاعی آن را نشان می‌دهد. استان کردستان بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در سال ۱۳۹۰ دارای ۱۰ شهرستان، ۲۹ شهر، ۳۱ بخش، ۸۶ دهستان و ۱۶۹۷ آبادی دارای سکنه و ۱۸۷ آبادی خالی از سکنه بوده است. برپایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ استان کردستان ۱۶۰۳۰۱۱ نفر جمعیت دارد (۱۱).

مطالعه و بررسی اجزای شاخص آسیب‌پذیری ناشی از تغییر اقلیم مطابق شکل ۱، از دو بخش ریسک مکرر و ریسک دائمی تشکیل می‌شود که هر بخش دارای دو زیرمجموعه است. اجزای این شاخص دو نوع از تهدیدهای مربوط به تغییر آب و هوا 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 می‌گیرند (۹).

گویلامونت این شاخص را برای کشورهای مختلف دنیا محاسبه نموده مقدار عدد شاخص برای کشورهای در حال توسعه ۴۶/۷۲ بوده در حالیکه برای ایران عدد ۵۵/۵۸ گزارش شده است (۱۰). هدف این مطالعه، بحث و بررسی اجزای شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از نوسانات اقلیمی در استان کردستان است. بنابراین تحلیل ابعاد مختلف این شاخص که می‌تواند راهنمای



شکل ۲ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 2- Geographic location of the study area

## مواد و روش‌ها

ایستگاه اقلیم‌شناسی با مشخصات زیر استفاده شده است (۱۲). جدول (۱) مشخصات این ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد. اقلیم استان با توجه به طبقه‌بندی‌های معتبر اقلیمی، در محدوده نیمه خشک تا نیمه مرطوب ارزیابی شده است (۱۳).

جهت بررسی شاخص آسیب‌پذیری اقتصادی ناشی از نوسانات اقلیمی در استان کردستان از داده‌های اقلیمی ۶ ایستگاه سینوپتیک اصلی، ۲ ایستگاه سینوپتیک تکمیلی منطقه و ۳

## جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی استان کردستان

Table 1- Meteorological stations of Kurdistan province

نوع ایستگاه	فعالیت ایستگاه در شبانه روز	سال تاسیس	عرض جغرافیایی		طول جغرافیایی		ارتفاع (M)	نام	ردیف
			درجه	دقیقه	درجه	دقیقه			
سینوپتیک	۲۴	۱۹۵۹	۳۵	۰۰	۴۷	۰۰	۱۳۷۳	سنندج	۱
سینوپتیک	۲۴	۱۹۶۰	۳۵	۱۵	۴۶	۱۵	۱۵۲۳	سقز	۲
سینوپتیک	۲۴	۱۹۹۱	۳۵	۳۱	۴۶	۱۲	۱۲۸۷	مریوان	۳
سینوپتیک	۲۴	۱۹۸۹	۳۵	۱۰	۴۷	۴۸	۱۹۰۶	قروه	۴
سینوپتیک	۲۴	۱۹۸۷	۳۵	۵۳	۴۷	۳۷	۱۸۸۳	بیجار	۵
سینوپتیک	۲۴	۱۹۸۹	۳۶	۰۴	۴۶	۵۵	۲۱۴۲	زرینه هه‌وه‌تو	۶
سینوپتیک تکمیلی	۱۲	۱۹۹۹	۳۶	۰۰	۴۵	۵۴	۱۶۰۰	بانه	۷
سینوپتیک تکمیلی	۱۲	۲۰۰۱	۳۴	۴۸	۴۶	۵۳	۱۴۰۴	کامیاران	۸
اقلیم‌شناسی	۱۲	۱۹۹۶	۳۵	۱۱	۴۷	۲۹	۱۹۱۰	قاملو	۹
اقلیم‌شناسی	۱۲	۲۰۰۱	۳۵	۱۴	۴۶	۱۹	۹۳۶	سلین	۱۰
اقلیم‌شناسی	۱۲	۲۰۰۰	۳۵	۴۶	۴۷	۴۵	۱۸۹۴	هزارکانیان	۱۱

پیشرفت خشکی به عنوان 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<sup>۱</sup> (AI) استفاده شده است. این شاخص تغییرات

برای محاسبه شاخص ابتدا نیاز به محاسبه شاخص بارش هست و فرض می‌شود  $R_t$  مقدار بارش در سال  $t$  و  $IR$  شاخص بارش نامیده می‌شود:

$$IR = \sum \frac{|R_t - \bar{R}_t|}{\bar{R}_t} \quad (1)$$

1- Aridity Index

شاخص هر یک از اجزا به کمک معادله (۳) نرمال شدند. در معادله CN مؤلفه نرمال شده و C ارزش مؤلفه،  $min_c$  کمترین مقدار مؤلفه و  $max_c$  بیشترین مقدار مؤلفه را نشان می‌دهد (۱۷).

$$CN = \frac{(c - min_c)}{max_c - min_c} \times 100 \quad (3)$$

### فرضیات

۱. روند تغییرات دما و بارندگی در سطح استان کردستان نشان از افزایش شاخص آسیب‌پذیری ساختاری در سال‌های آینده دارد.
۲. استان کردستان از نظر شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم از استان‌های آسیب‌پذیر کشور است.
۳. مقدار عددی شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم از غرب به طرف شرق در استان کردستان افزایش دارد.
۴. کشاورزی استان کردستان بر اساس شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از تغییر در آینده آسیب‌پذیر خواهد بود.

### نتایج و بحث

(۱) بررسی داده‌های مربوط به دمای سطح استان کردستان نشان داد که روند تغییرات بلند مدت دمای سالانه با طول جغرافیایی رابطه‌ی مستقیم داشته و از غرب به شرق روند گرمایش دما بیش‌تر بوده است به گونه‌ای که در شرق استان روند مثبت معنی‌دار و افزایش میزان دما، در قسمت شمال‌غرب و اطراف شهرستان سقز روند منفی معنی‌دار و کاهش دما و در سایر قسمت‌ها در غرب استان بدون روند بودیم که این بررسی نشان داد که عامل ارتفاع در پراکنش زمانی و مکانی روند متوسط دمای منطقه مؤثر بوده، چنان که نواحی مرتفع‌تر نظام دمایی متغیرتری داشته‌اند. به گونه‌ای که مناطق شرقی استان که دارای ارتفاع بیش‌تری نسبت به مناطق غربی است روند افزایش متوسط دمای سالانه و مناطق

هم‌زمان بارندگی (P) و تبخیر – تعرق (PET) و تأثیرات آن را نشان می‌دهد. شاخص خشکی توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل<sup>۱</sup> (۱۴) ارایه شده است و با استفاده از معادله ۲ محاسبه می‌شود.

$$AI = \frac{P}{PET} \quad (2)$$

با توجه به این که متداول‌ترین روش برای تحلیل سری‌های زمانی هواشناسی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری است، لذا ابتدا معنی‌دار بودن روندها مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس با استفاده از روش غیرپارامتری من – کندال<sup>۲</sup> مراحل محاسبه آماره این آزمون انجام گرفته و سپس در صورت لزوم اقدام به روندسازی سری‌های زمانی گردید (۱۵). برای محاسبه اجزای شاخص نیاز به محاسبه شاخص بارش، شاخص خشکی و تبخیر و تعرق پتانسیل در منطقه مورد مطالعه است. در این مطالعه برای محاسبه روش تبخیر و تعرق از روش پرکاربرد فائو پنمن مانیتیت استفاده شده است (۹). در ادامه برای هر یک از چهار جزئی که عنوان 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. پس از محاسبه هر یک از زیر بخش‌ها لازم بود که نسبت به وزن-دهی به روش‌های مختلف اقدام شود و در نهایت وزن هر یک از اجزاء تعیین شد (۹). در این مطالعه با پیروی از مطالعه گویلامونت و سیمونت (۱۶) وزن‌های یکسان برای شاخص‌ها انتخاب شد که دلیل آن هم تفاوت موجود در مناطق مورد مطالعه در استان و ویژگی‌های اقلیمی هر یک از مناطق می‌باشد. در نهایت برای این‌که امکان مقایسه بخش‌های مختلف اجزا در محاسبه شاخص آسیب‌پذیری نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی وجود داشته باشد با توجه به متفاوت بودن واحدهای اجزای

1- United Nations Environment Program

2- Mann – Kendall

مطالعه میانگین بارش ۴۵۳ میلی‌متر بوده که بیش‌ترین مقدار بارش ۷۴۷/۵ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار بارش ۲۳۵/۵ میلی‌متر بوده است. از بررسی نتایج حاصل از محاسبه شاخص در جدول ۲ مشخص شده است که سنندج از نظر میزان نوسان بارش دارای رتبه ۷ در بین شهرستان‌های استان می‌باشد. در مورد پارامتر دما نیز لازم به ذکر است که برای شهر سنندج با توجه به این‌که بالاترین دمای ثبت شده در دوره مورد مطالعه ۴۴ درجه سانتی-گراد و پایین‌ترین دما ۳۱- درجه سانتی‌گراد بوده است، محدوده وسیعی از تغییرات دمایی را نشان می‌دهد رتبه سنندج از جهت عدم ثبات در پارامتر دما ۴ می‌باشد و از نتایج مشخص می‌شود که نوسانات دما و بارش مؤثرترین عامل در شکل‌گیری این شاخص در ایستگاه سنندج هستند. نتایج محاسبه شوک‌های دایمی بیان-گر آن هستند که بیش‌ترین عدم ثبات در ارتباط با نوسانات دمایی در شهرستان کامیاران و کم‌ترین نوسانات به شهرستان مریوان مربوط است، همچنین نتایج شاخص نوسانات بارش نیز بیان‌گر این است که بیش‌ترین نوسانات بارندگی در شهرستان بیجار و کم‌ترین نوسانات در شهرستان بانه رخ داده است.

(۵) جدول (۲) نتایج حاصل از محاسبه شاخص نوسانات عوامل اقلیمی را برای شهرستان‌های مختلف استان کردستان نشان داد که هر یک از اجزای شاخص به صورت جداگانه دارای رتبه هستند که شرایط هر یک از شهرستان‌ها را در ارتباط با اجزای شاخص آسیب‌پذیری نشان می‌دهد. در ضمن برای گروه مخاطرات مکرر و دایمی محاسبات و رتبه‌ها مشخص و در نهایت میزان آسیب-پذیری هر شهرستان و رتبه آن ذکر گردیده است.

غربی بدون روند بوده است. این بررسی نشان داد روند متوسط حداکثر دمای سالانه در سطح استان کردستان که تقریباً در ۹۸/۲ درصد سطح استان روند مثبت معنی‌دار و در ۱/۸ درصد سطح استان بدون روند بودیم. روند متوسط حداقل دمای سالانه در سطح استان کردستان نیز نشان داد که ۱۲/۴ درصد سطح استان دارای روند منفی معنی‌دار، ۳۴/۸ درصد سطح استان دارای روند مثبت معنی‌دار و ۵۲/۴ درصد سطح استان بدون روند بوده است.

(۲) نتایج حاصل از بررسی شاخص Z-statistic در آزمون من-کندال برای پارامتر متوسط تعداد روزهای با دمای بیش‌تر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (روزهای گرم) در سال در سطح استان کردستان نشان داد که در سطح شهرستان سقز روند منفی معنی‌دار؛ در قسمتی از سطح شهرستان‌های بیجار، قروه، کامیاران، سنندج و مریوان روند مثبت معنی‌دار و در قسمتی از سطح شهرستان‌های سنندج، قروه، بیجار، دیواندره، سروآباد، مریوان و بانه بدون روند بودیم.

(۳) بارش استان کردستان دچار تغییرات معناداری شده است. بارش منطقه مورد مطالعه در اکثر ایستگاه‌ها کاهش معنادار داشته است و بیش‌ترین تغییرات معنادار در میانگین بارش فصلی در فصل زمستان ایستگاه سنندج و فصل بهار ایستگاه سقز ظاهر گشت و از لحاظ تغییرات میانگین بارش سالانه هم فقط در ایستگاه بیجار روند منفی و بلند مدتی حادث شده است و بارندگی این ایستگاه به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته است.

(۴) تجزیه و تحلیل پارامترهای دما و بارش در منطقه نشان از تغییرات خاص خود را دارد. به عنوان مثال در مورد شهرستان سنندج، آمار و اطلاعات حاکی از آن است که طی دوره مورد



جدول ۲- نتایج حاصل از محاسبه شاخص آسیب پذیری ساختاری ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی (SVCCI) در استان کردستان

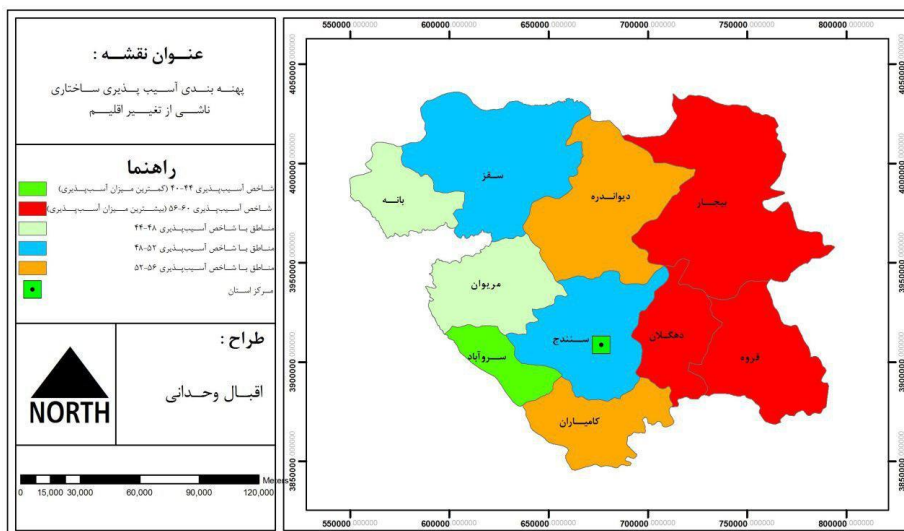
Table 2- Results of Calculating the Structural Vulnerability Index due to Climate Change Fluctuations (SVCCI) in Kurdistan Province

شهرستان	دما		بارندگی		پیشرفت خشکی		توفان		ریسک دائمی		ریسک مکرر		شاخص نوسانات عوامل اقلیمی	
	رتبه	عدد	رتبه	عدد	رتبه	عدد	رتبه	عدد	رتبه	عدد	رتبه	عدد	رتبه	عدد
سنندج	۴	۱۵/۳	۷	۱۳/۹	۶	۱۰/۶	۲	۷/۹	۶	۲۷/۹	۴	۱۹/۳	۵	۵۰/۱
سقز	۲	۱۳/۷	۴	۱۲/۲	۴	۸/۸	۵	۱۱/۲	۴	۲۶/۳	۵	۲۰/۴	۴	۴۸/۶
بیجار	۳	۱۴/۹	۱۰	۱۵/۹	۸	۱۲/۴	۶	۱۱/۹	۸	۲۹/۷	۷	۲۴/۲	۸	۵۶/۸
مریوان	۱	۹/۶	۳	۱۰/۱	۱	۵/۳	۷	۱۲/۴	۱	۲۱/۲	۲	۱۶/۱	۲	۴۴/۶
قروه	۹	۱۷/۹	۵	۱۲/۹	۱۰	۱۵/۲	۸	۱۳/۷	۱۰	۳۱/۱	۶	۲۲/۳	۹	۵۸/۶
دیواندره	۶	۱۶/۲	۸	۱۴/۶	۷	۱۱/۸	۱۰	۱۴/۱	۵	۲۷/۱	۸	۲۵/۷	۶	۵۲/۷
بانه	۸	۱۷/۷	۱	۱۱/۳	۳	۷/۹	۴	۱۰/۸	۳	۲۵/۱	۳	۱۸/۳	۳	۴۶/۹
کامیاران	۱۰	۱۸/۳	۶	۱۳/۷	۵	۹/۷	۳	۹/۶	۷	۲۸/۶	۹	۲۶/۶	۷	۵۴/۶
دهگلان	۵	۱۵/۷	۹	۱۵/۱	۹	۱۳/۳	۹	۱۳/۹	۹	۳۰/۴	۱۰	۲۸/۳	۱۰	۵۸/۹
سروآباد	۷	۱۶/۹	۲	۱۰/۷	۲	۷/۱	۱	۶/۸	۲	۲۴/۴	۱	۱۲/۴	۱	۴۲/۳

منبع : مطالعات نگارندگان

مقدار شاخص برای ایران ۵۵/۵۸ گزارش شده است که شهرستان- های قروه، دهگلان و بیجار در استان کردستان بالاتر از شاخص ایران قرار دارند. شکل (۳) پهنه بندی آسیب پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم را در سطح شهرستان های استان کردستان نشان می دهد.

نتایج حاصل از جدول (۲) نشان داد که محدوده شاخص آسیب- پذیری نوسانات عوامل اقلیمی بین ۴۲/۳ تا ۵۸/۹ به دست آمده و میانگین استان ۵۱/۴ است. بالاترین مقدار شاخص آسیب پذیری به شهرستان دهگلان با ۵۸/۹ و کمترین شاخص به شهرستان سروآباد با ۴۲/۳ برای دوره زمانی مورد مطالعه مربوط می شود.



شکل ۳- پهنه بندی نتایج حاصل از محاسبه شاخص آسیب پذیری ساختاری ناشی از تغییر اقلیم در استان کردستان

Figure 3- Zoning the results of calculating the structural vulnerability index due to climate change in Kurdistan province

برای ایران حدود ۵۶ درصد است. میزان این شاخص برای پیش-بینی سال ۱۴۲۰ در استان کردستان در محدوده (۷۱/۵ - ۶۴/۸ درصد) خواهد بود، این پژوهش استان کردستان را در ردیف یکی از آسیب پذیرترین استان های کشور معرفی می کند.

#### نتیجه گیری

تا اواسط قرن حاضر همراه شدن دو عامل تغییر اقلیم و تغییر در عوامل اقتصادی - اجتماعی فشار مضاعفی را بر منابع آب و نیز بخش کشاورزی استان کردستان به همراه خواهد داشت. نقش کشاورزی در اقتصاد استان کردستان انکارناپذیر است و به طور طبیعی منافع اقتصادی و زیست محیطی این کارکرد در آینده از تغییر اقلیم متأثر خواهد شد. بنابراین تدوین سند راهبردی الگوی کشت منطقه ای با لحاظ تغییر اقلیم و نوسانات اقلیمی برای استان کردستان پیشنهاد می گردد. با وقوع تغییر اقلیم اگر زارعین هیچگونه راهبرد تطبیقی را بکار نگیرند، بهره وری منابع آب و بخش کشاورزی و سود ناخالص آن در آینده کاهش خواهد یافت.

برپایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ حدود ۳۳ درصد جمعیت استان کردستان را جمعیت روستایی تشکیل می دهد (۱۰) و بر این اساس شاهرگ حیاتی اقتصاد این استان را می توان کشاورزی دانست. شاخص های منطقه ای نشان می دهد ارزش افزوده بخش کشاورزی کردستان معادل ۲۰ درصد از ارزش افزوده تولید ناخالص داخلی این استان است و این در حالی است که بسیاری از مشاغل موجود در استان در بخش های صنعت و خدمات مستقیم یا غیرمستقیم به فعالیت در بخش کشاورزی وابسته هستند و در برخی سال ها با کاهش درآمد در بخش کشاورزی، رونق اقتصادی در سایر حوزه ها با افول مواجه شده است. بر همین اساس می توان گفت هر گونه تغییری در بخش کشاورزی استان پیامدهای ناگواری را در اقتصاد استان و سایر بخش اقتصادی دیگر ایجاد خواهد کرد. مطالعات محمدخانی (۴) نشان می دهد شاخص CVI<sup>۱</sup> که برای مطالعه مدیریت پکیارچه منابع آبی بکار برده شده است میزان آسیب پذیری اقلیمی استان کردستان در این ارتباط (۶۲ درصد) بوده در حالی که این رقم

1- Climate Vulnerability Index (CVI)

- Adaptation, and vulnerability, Cambridge University Press.
4. Mohammadkhani, M., & Jamali, S., Iran's Vulnerability assessment to climate change. Dam and Hydroelectric Power plant. (2015); 2 (4): Pp. 54 – 65, (In Persian)
  5. McCarthy, J., O. Canziani, N. Leary, D. Dokken, and K. White (Eds.). 2001. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Cambridge University Press, New York.
  6. Azizi, Gh., «Climate Change», First Edition, Tehran , Ghoomes Publishing Company, (2004), Pp. 264, (In Persian)
  7. Sullivan, C. A. & Huntingford, C. (2009). Water resources Climate Change and Human Vulnerability, 18<sup>th</sup> Word IMACS / MODIDM Congress, Cairns, Australia 13 – 17 July 2009.
  8. Hatef, H., Daneshvar Kakhki, M., Kohansal, M., Bannayan, M., Shahnoshi Foroshani, N., Evaluation of economical vulnerability to climatic fluctuations (Case study: Khorasan Razavi Province), Journal of Agricultural Meteorology, Vol. 4, No. 2, Autumn & Winter. 2017, Pp. 61 – 70, (In Persian)
  9. Guillaumont, Patrick & Simonet, Catherine (2011a). Designing an index of structural vulnerability to climate change, Ferdi Working Paper. Pp. 42
  10. Guillaumont, P., 2015. Measuring vulnerability to Climate Change to allocate funds for adaptation, Joint Research Center Seminar, Bruxelles.
  11. <https://www.amar.org.ir>
  12. <http://www.kurdistanmet.ir>
- بنابراین در بلند مدت می‌توان با برنامه‌ریزی جامع‌تر به سوی تکنولوژی‌های آب‌اندوز، تقویم الگوی کشت، توسعه کشت‌های ارگانیک، ترویج کشت‌هایی با نیاز آبی کم (نظیر کشت زعفران در دشت قروه و دهگلان)، روش‌های نوین آبیاری و افزایش راندمان آبیاری گام برداشت و با حداکثر کردن بهره‌وری استفاده از منابع آب زبان‌های ناشی از تغییر اقلیم در بخش کشاورزی را به حداقل ممکن کاهش داد.
- بدین منظور این پژوهش به تحلیل شاخص آسیب‌پذیری ساختاری ناشی از نوسانات اقلیمی در استان کردستان پرداخته تا برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران با انتخاب چاره‌ای مناسب در این زمینه به کاهش اثرات مضر بپردازند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که می‌توان مناطق و شهرستان‌های آسیب‌پذیر را شناسایی کرد و بر مبنای آن سیاست‌هایی در جهت تطابق با آثار و پیامدهای ناشی از نوسانات عوامل اقلیمی اتخاذ کرد تا در نهایت کم‌ترین آسیب به محیط طبیعی مناطق و همچنین تولیدات کشاورزی وارد شود. نتایج حاکی است که مقدار متوسط شاخص در شهرستان‌های استان کردستان ۵۱/۴ می‌باشد. در این بین شهرستان دهگلان با ۵۸/۹ بیشترین مقدار آسیب‌پذیری و شهرستان سروآباد با ۴۲/۳ کم‌ترین مقدار آسیب‌پذیری را نسبت به نوسانات عوامل اقلیمی دارند.

## منابع

1. IPCC. 2014. Fifth Assessment Report - Impacts, Adaptation, and vulnerability, Cambridge United Kingdom and New York, NY, USA, Cambridge University Press
2. Asakereh, H., «Climate Change», First Edition, Zanjan, Zanjan University Press, (2007), Pp. 234, (In Persian)
3. IPCC. 2007. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Glossary Climate Change: Climate Change Impacts,

16. Guillaumont, P., 2009. An Economic vulnerability Index: Its Design and Use for International Development Policy, Oxford Devel. Study, 37(3): 193 – 227
17. 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.
13. Masoodian, S. A., and Kaviani, M. R, «Climatology of Iran», First Edition, Esfahan, Esfahan University Press, (2008), Pp. 179, (In Persian)
14. 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.
15. Ghodoosi, M., Moridi, S., & Delavar, M. (2013), Comparison of detrending methods for the temperature and precipitations time series (2013), Journal of Agricultural Meteorology, Vol. 1, No. 2, Autumn & Winter. 2013, Pp. 32 – 45, (In Persian)