نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال پانزدهم، شماره ۳۶، بهار ۹۴

محاسبه شاخص آسیب پذیری اقلیمی مبتنی بر مدل ضربی-نمایی استان سیستان و بلوچستان

دریافت مقاله:۹۲/۵/۹ پذیرش نهایی: ۹۳/۱۱/۱۹

صفحات:۹۶-۷۳

زهرا حجازی زاده: استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران
Email: hedjazizadeh@yahoo.com

بهلول علیجانی: استاد آب و هواشناسی و مدیر قطب علمی تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:bralijani@gmail.com

محمد سلیقه: دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
Email:saligheh@khu.ac.ir

حسن دانایی فرد: استاد مدیریت، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه تربیت مدرس، تهران
hdanaee@modares.ac.ir

اسماعیل احمدی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران[۱]
ahmadi.ism@gmail.com

چکیده

افزایش مواجهه با تغییر(پذیری) اقلیم، افزایش آسیب‌پذیری را در پی دارد و جامعه ای که ظرفیت سازگاری کم و حساسیت اقلیمی بالایی دارد مستعد آسیب بیشتر است. کاهش آسیب‌پذیری به سیاست و استراتژی‌های سازگاری وابسته است و طراحی و ارزیابی این استراتژی‌ها به اندازه‌گیری آسیب‌پذیری اقلیمی نیاز دارد. در این مطالعه با هدف توسعه شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی، ابتدا نمره‌ی عامل مواجهه با تغییر(پذیری) اقلیم برای ایستگاه‌های زابل، زاهدان، ایرانشهر و چابهار در دو دوره‌ی پنج‌ساله محاسبه شد. سپس نمرات عوامل ظرفیت سازگاری و حساسیت اقلیمی به کمک داده‌های سرشماری و سالنامه-های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ استان‌های کشور تعیین شد. با توجه به ماهیت مسئله آسیب‌پذیری و عوامل موثر آن، بر مبنای مدل ضربی- نمایی، شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی طراحی شد. سپس برای چهار محدوده و کل استان، شاخص و درجات آسیب‌پذیری محاسبه شد. نتایج نشان داد هر چند ظرفیت سازگاری استان نسبت به قبل بیشتر شده ولی به دلیل افزایش مواجهه و حساسیت اقلیمی، میزان آسیب‌پذیری ۱۶/۳ درصد بالاتر رفته است. مساحت محدوده‌های خیلی زیاد آسیب‌پذیر از ۵۷/۵ درصد به ۱۰۰ درصد کل استان افزایش یافته که بیانگر گسترش فضایی آسیب‌پذیری می‌باشد. نتیجه‌ی کلی اینکه کاهش آسیب‌پذیری نیاز به سنجش دقیق و مستمر آن، افزایش ظرفیت سازگاری و کاهش حساسیت‌های اقلیمی دارد.

کلید واژگان: شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی، ظرفیت سازگاری، حساسیت اقلیمی، مواجهه، سیستان و بلوچستان.

[۱]. **نویسنده مسئول:** کرج-خیابان شهید بهشتی- حصارک- دانگشاه خوارزمی-دانشکده علوم جغرافیایی- گروه آب و هواشناسی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

مقدمه

آشکار است که افزایش آسیب‌پذیری نسبت به بلایای طبیعی نتیجه رخداد مهم‌ترین چالش محیطی قرن ۲۱ یعنی تغییر اقلیم است. رخدادی که مناقشه علمی آن پایان یافته است و می-توانیم بگوییم: تغییر اقلیم در حال اتفاق افتادن است و هم‌اکنون باید دست به کار شویم (UNDP, 2008). سوال این است که چگونه؟ پاسخ جامعه تغییر اقلیم پی‌گیری سیاست‌های کاهش[1] و سازگاری[2] است.

مطابق سیاست کاهش، کم شدن آثار منفی تغییر اقلیم از طریق کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، امکان‌پذیر می‌باشد. به طور ساده‌تر، سیاست کاهش به پیش‌گیری از رخداد حوادث غیر قابل کنترل کمک می‌کند (Laukkonen et al, 2009). ماهیت آن به گونه‌ای است که در سطح بین‌الملل قابلیت اجرایی بیشتری دارد. به جای تمرکز بر آسیب‌پذیری جوامع بر اثرات تغییر اقلیم تمرکز دارد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که تا ۱۵۰ سال آینده کاهش محسوسی در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای رخ نخواهد داد. اگر فقط بر اساس این سیاست پیش رویم به چه نتایجی خواهیم رسید؟

حتی اگر نتوانیم تغییر اقلیم را کنترل کنیم لازم است آسیب‌پذیری جوامع را کاهش دهیم. آسیب‌پذیری به درجه‌ای از در خطر بودن و ناتوانی در به فائق آمدن سیستم‌های ژئوفیزیکی، زیستی و اجتماعی- اقتصادی نسبت به آثار منفی تغییر(پذیری) اقلیم اشاره دارد (IPCC, 2007). همچنین می‌توان آسیب‌پذیری اقلیمی[3] را که هسته‌ی اصلی استراتژی‌های سازگاری است، به عنوان تابعی از حساسیت به تغییر اقلیم[4]، در معرض محرک اقلیمی بودن و ظرفیت سازگاری[5] تشریح و شاخص‌سازی نمود (De Sherbinin et al., 2007). از سال ۱۹۹۰ تاکنون، چارچوب مفهومی آسیب‌پذیری اقلیمی طی چهار مرحله شکل گرفته است.

مرحله‌ی اول: ارزیابی اثرات. هدف این ارزیابی‌ها، صرفا تعیین پیامدهای بالقوه‌ی یک یا چند سناریو تغییر اقلیم در بخش‌هایی مانند آب و کشاورزی می‌باشد. در این مرحله، اشاره‌ای به سازگاری، تغییرپذیری اقلیم و نقش عوامل غیر اقلیمی نشده است (Fussel, 2003).

1 . Mitigation Policy
2 . Adaptation Policy
3 . Climate Vulnerability
4 . Climate Sensitivity
5 . Adaptive Capacity

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

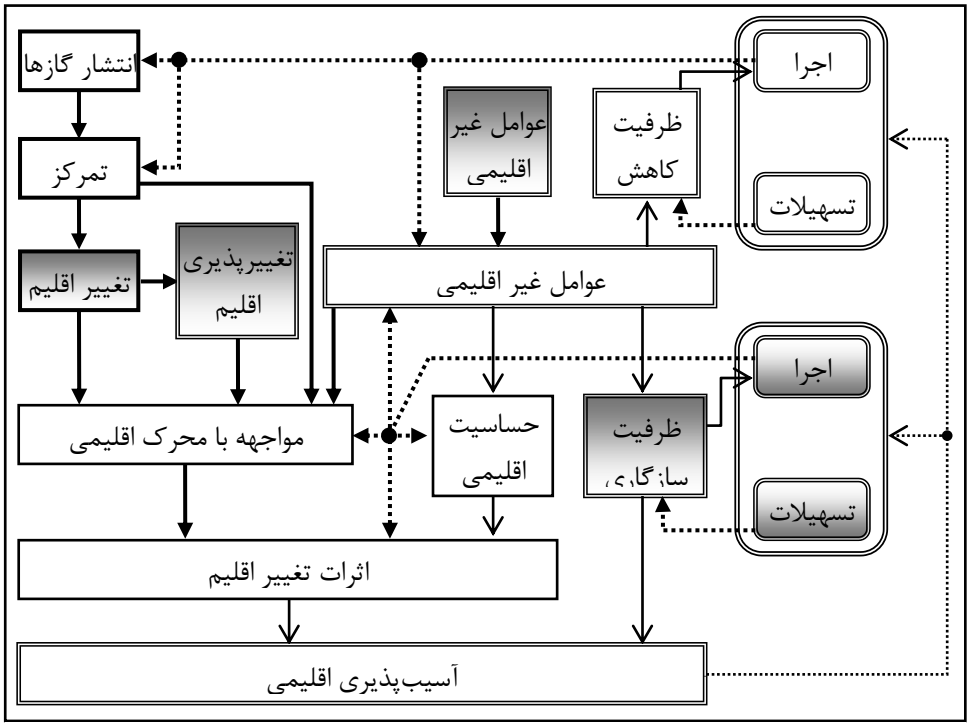
مرحله‌ی دوم: ارزیابی آسیب‌پذیری(نسل اول). در این مرحله به نقش سازگاری بالقوه و عوامل غیر اقلیمی شامل عوامل اقتصادی، محیطی، اجتماعی، فناوری و سیاسی در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم توجه می‌شود (Smit et al., 2001).

مرحله‌ی سوم: ارزیابی آسیب‌پذیری (نسل دوم). تفاوت اساسی این مرحله با مرحله‌ی قبل، ورود مفهوم ظرفیت سازگاری سیستم‌ها یا جوامع در فرایند ارزیابی است. همچنین سازگاری-های امکان‌پذیر جایگزین سازگاری‌های بالقوه می‌شود (NAST, 2001).

مرحله‌ی چهارم: ارزیابی سیاست سازگاری. نتیجه‌ی نهایی سه ارزیابی قبل، تخمین خطرات آینده‌ی ناشی از تغییر اقلیم است. به همین دلیل این نوع ارزیابی‌ها، اطلاعات دقیقی را که سیاست‌گذاران بتوانند براساس آن سیاست‌های کاهش آسیب‌پذیری جوامع را تدوین کنند، ارایه نمی‌دهند. از سال ۲۰۰۵ مرحله‌ی جدیدی از تکامل مفهوم آسیب‌پذیری اقلیمی نمایان شد. در این مرحله، ارزیابی آسیب‌پذیری به عنوان بخش از طراحی و ارزیابی سیاست‌های سازگاری محسوب می‌شود. شکل (۱) چارچوب مفهومی ارزیابی سیاست سازگاری را نمایش می‌دهد. تغییر اقلیم هم به صورت مستقیم و هم از طریق تغییرپذیری اقلیم سبب افزایش مواجهه با مخاطرات اقلیمی می‌شود که این به نوبه خود آسیب‌پذیری جوامع را بیشتر می‌کند (Smit and Wandel, 2006). میان آسیب‌پذیری یک جامعه و سطح توسعه آن پیوندی نزدیک برقرار است، به گونه‌ای که فقیران کشورهای در حال توسعه، به دلیل پایین بودن ظرفیت سازگاری، نسبت به ثروتمندان کشورهای توسعه یافته آسیب‌پذیرترند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]



شکل (۱) چارچوب مفهومی برای ارزیابی سیاست سازگاری (Fussel and Klein, 2006).

۱ ۲ ۳ به ترتیب مقیاس جهانی، منطقه‌ای و مختلف — ورودی‌ها و خروجی‌های اصلی

فعالیت‌های — روابط علت و معلولی ... اثرات فعالیت‌های انسانی — روابط عملکردی

.... درک و تفسیر اطلاعات

بنابراین یک روی سکه آسیب‌پذیری اقلیمی، مواجهه با مخاطرات است که با ضربه زدن به منابع و زیرساخت‌ها بر طرف دیگر آن یعنی ظرفیت سازگاری اثر منفی خواهد گذاشت و این به نوبه خود سبب پایین آمدن آستانه مخاطرات می‌گردد (Dessai et al.,2003) و در نتیجه زنجیره‌ی زوال جامعه شکل می‌گیرد. قطع این زنجیره و کاهش آسیب‌پذیری بدون طراحی استراتژی‌های سازگاری امکان‌پذیر نیست. البته طراحی استراتژی‌های موثر نیازمند اندازه‌گیری آسیب‌پذیری کنونی در مقیاس فضایی و زمانی مناسب است (NAP, 2013).

پایه‌گذاری شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی زمانی شروع شد که مفاهیم اقتصادی، اجتماعی، مخاطرات اقلیمی و سازگاری به آسیب‌پذیری پیوند داده شد (Adger, 1996). تا سال ۲۰۰۲، همه ارزیابی‌ها تحت سناریوهای اقلیمی انجام می‌شد، اما از آن به بعد مشخص شد که خروجی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

سناریوها از قدرت تفکیک فضایی و زمانی مناسبی برای تشخیص میزان آسیب‌پذیری و طراحی استراتژی‌های سازگاری برخوردار نیست (Burton et al., 2002).

توجه به شرایط اقتصاد، سلامتی و تغذیه، آموزش، زیرساخت‌ها، حکومت، جغرافیا و جمعیت، کشاورزی، اکولوژی و فناوری (Brooks et al. 2005)، محاسبه شاخص آسیب‌پذیری را کامل‌تر کرد. محدودیت و مقیاس مکانی داده‌های مورد نیاز سبب می‌شد تا امکان ارزیابی آسیب‌پذیری در سطوح منطقه‌ای (استانی)، محلی (شهرستانی) و موسسات فراهم نشود. در سال ۲۰۰۹ مرکز سازگاری اقلیمی استرالیا[1] با اختصاص ۴۵ میلیون دلار، مطالعات آسیب‌پذیری اقلیمی را برای مقیاس‌های محلی- منطقه‌ای آغاز کرد (Preston and Stafford-Smith, 2009). نتایج این مطالعات بر ارزیابی‌های یکپارچه[2] تاکید داشت.

اهمیت فزاینده ارزیابی آسیب‌پذیری در قالب استراتژی‌های سازگاری را می‌توان در مصوبات کمیسیون، پارلمان و گزارش‌های مفصل و سالانه‌ی کمیته اقتصادی – اجتماعی و کمیته مناطق اتحادیه اروپا در این زمینه دید (McCallum et al., 2013; COM, 2009). در این مصوبات و گزارش‌ها، ارزیابی دقیق و مداوام آسیب‌پذیری، تسهیل نمودن سازگاری، کاهش آسیب‌پذیری و بهرمندی از فرصت‌ها، به عنوان اهداف اصلی آمده است.

در واقع، در مقیاس سیاره‌ای تا محلی، بین مناطق دارای اقلیم نامساعد و مناطق کمتر توسعه‌یافته همپوشی معناداری وجود دارد. چنین شرایطی در کشوری چون ایران که درصد زیادی از گستره آن درگیر ناملایمات اقلیمی است، مشهودتر است. مواجهه فزاینده ایران با تغییر(پذیری) اقلیمی سبب شده است تا هر ساله ۲۰ درصد (۳۰۰۰ میلیارد ریال) به هزینه جبران خسارت‌ها در قوانین بودجه افزوده شود (معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات ، ۱۳۹۱؛ ۱۳۹۲؛ ۱۳۹۳). باید توجه داشت که این هزینه به طور عمده پس از آسیب و با رویکردی جبرانی مصرف می‌شود و نقشی در کاهش آسیب‌پذیری و یا افزایش فرصت‌های جامعه ندارد. از این مهمتر، در اسناد توسعه کشور (برنامه پنج‌ساله چهارم توسعه، ۱۳۸۳؛ برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه، ۱۳۸۹) هر چند که دولت اجازه دارد تا معادل دو درصد بودجه عمومی را برای پیش‌آگاهی، پیشگیری، امدادرسانی، بازسازی و نوسازی مناطق آسیب‌دیده از حوادث غیرمترقبه از جمله سیل، زلزله، سرمازدگی و ... ، هزینه نماید، اما گویای این مطلب است که تا امروز کاهش آسیب‌پذیری اقلیمی از طریق سازگازی با تغییر(پذیری) اقلیم مورد توجه نبوده است.

[1] . CSIRO Climate Adaptation Flagship
[2] . Integrated Assessments

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

اکثر مطالعات مرتبط با تغییر اقلیم در ایران از مرحله‌ی ارزیابی اثرات (مرحله اول) فراتر نرفته است و به طور غالب اثرات تغییر اقلیم را بر بخش خاصی (آب، کشاورزی، گردشگری و ...) مورد توجه قرار داده‌اند (کوچکی و نصیری، ۱۳۸۷؛ ضرغامی و همکاران، ۱۳۹۱؛ آذری و همکاران، ۱۳۹۲؛ بابائیان و کوهی، ۱۳۹۱). هر چند ۱۰۴ صفحه از گزارش دوم تغییر اقلیم ایران به آسیب‌پذیری و سازگاری اختصاص یافته است (INCCO, 2010) اما در آنجا نیز به سنجش آسیب‌پذیری اقلیمی اشاره‌ای نشده است تا پرسش‌هایی نظیر: استراتژی‌های و اقدامات سازگاری بر چه مبنای طراحی می‌شود، موفقیت / عدم موفقیت آنها چگونه مشخص می‌شود و ضرورت و درجه اصلاح آنها بر اساس چه ملاکی تعیین می‌گردد، همچنان بی‌پاسخ مانده باشد. خوش‌بختانه گزارش‌های منتشر شده از دو مرکز مهم پژوهشی کشور (مرکز تحقیقات استراتژیک، ۱۳۸۹؛ مرکز پژوهش‌های مجلس، ۱۳۹۲) حکایت از توجه تصمیم‌گیران به موضوع سازگاری اقلیمی و ورود آن در سیاست‌های کلان کشور دارد. البته تا زمانی که یک سنجش استاندارد و با مقیاس مکانی و زمانی مناسب از آسیب‌پذیری فراهم نشود، طراحی استراتژی‌ها، تسهیلات و اقدامات سازگاری اقلیمی هم میسر نخواهد بود. در صورت ادامه این وضعیت و نیز افزایش مخاطرات اقلیمی، هر ساله با فزایندگی آسیب‌پذیری گروه‌ها، موسسات و اکوسیستم-های ایرانی مواجه خواهیم بود و در نتیجه، با هدر رفت منابع طبیعی، انسانی و مالی کشورمان، امیدها برای دست‌یابی به توسعه‌ی پایدار کم رنگ‌تر خواهد شد. تعیین محدوده‌ها، جوامع و موسساتی که نسبت به تغییر(پذیری) اقلیم آسیب‌پذیرند، پیش‌نیاز طراحی استراتژی‌های سازگاری اقلیمی محسوب می‌شود.

در این مطالعه تلاش بر آن است تا با توجه به چارچوب نظری و مقیاس مکانی و زمانی و با هدف یاری رساندن طراحان، مجریان و ارزیابان استراتژی‌ها، تسهیلات و اقدامات سازگاری، مدلی جدید برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی حال و آینده طراحی شود.

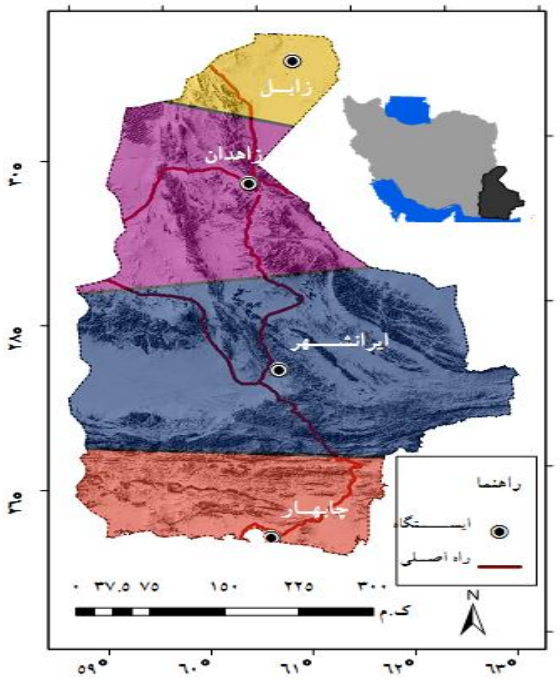
روش تحقیق

استان سیستان و بلوچستان با مساحت ۱۸۷۵۰۲ کیلومترمربع ۱۱/۵ درصد از وسعت ایران را شامل می‌شود. براساس سرشماری عمومی سال ۱۳۹۰ تراکم نسبی استان ۱۳/۵ نفر در هر کیلومتر مربع بوده است. کل مرزهای استان در حدود ۱۵۳۰ کیلومتر یعنی معادل یک ششم مرزهای ایران می‌باشد. طول مرزهای آبی استان با ساحل دریای عمان نیز۳۷۰ کیلومتر است. گستردگی در راستای عرض جغرافیایی، تنوع توپوگرافی، همجواری با دریای عمان و نزدیکی به اقیانوس هند این استان را عرصه تهدیدهای اقلیمی نظیر: بادهای ۱۲۰ روزه، بارش‌های سنگین،

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

طوفان حاره‌ای، طوفان ماسه و گرد و غبار، کمی بارش، گرمی هوا، و فرصت‌های اقلیمی مانند: تنوع محصول، آبزی‌پروری، بهره‌گیری از انرژی‌های نو، گردشگری، دامپروری،کرده است. با در نظر گرفتن موقعیت (شکل ۲)، گستردگی، جمعیت زیاد (۲۵۳۴۳۲۷ نفر در ۱۳۹۰) و چالش-های بین‌المللی پیرامونی، اهمیت و ضرورت مطالعه این تهدیدها و فرصت‌ها مشخص‌تر می‌شود.



شکل (۲) استان سیستان و بلوچستان و چهار محدوده که به روش چندضلعی تیسن مشخص شده است. ایستگاه-های زابل، زاهدان، ایرانشهر و چابهار به عنوان نماینده اقلیمی هر محدوده، نمایش داده شده است.

براساس تعاریف، آسیب‌پذیری اقلیمی تابعی از سه عامل مواجهه با تغییر(پذیری) اقلیم، حساسیت اقلیمی و ظرفیت سازگاری است. در ادامه شرح داده‌ها، ملاک‌ها و نشانگرها و روش محاسبه نمرات آن‌ها به تفکیک عوامل سه‌گانه آمده است.

روش محاسبه نمره مواجهه

در این مطالعه، ابتدا داده‌های ساعتی بارش، دما، رطوبت نسبی، سرعت باد، کد وضعیت هوا و دید افقی هفت ایستگاه سینوپتیک استان، از آغاز تاسیس تا پایان سال ۲۰۱۲، از سازمان هواشناسی ایران تهیه شد. سپس ایستگاه‌هایی که در دوره زمانی ۲۰۱۰- ۱۹۹۰ دارای داده-

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

های هشت نوبت اندازه‌گیری شبانه روزی بود انتخاب شد. بر این اساس، فرایند پردازش روی داده‌های چهار ایستگاه انجام شد.

مرحله بعد تقسیم کل دوره مطالعه به سه بازه بود. آغاز و پایان بازه‌های زمانی در جدول (۱) مشخص شده است. انتخاب این بازه‌ها به گونه‌ای بود تا تطبیق مناسب با سال آبی، سرشماری عمومی و نفوس و برنامه پنج‌ساله توسعه ایران حاصل گردد.

جدول(۱) تاریخ آغاز و پایان بازه‌های زمانی مطالعه

نام بازه	در تقویم شمسی		در تقویم میلادی		مدت بازه (سال)
	آغاز	پایان	آغاز	پایان	
بازه مبنا	۱۳۶۹/۷/۱	۱۳۷۹/۶/۳۱	۱۹۹۰/۹/۲۳	۲۰۰۰/۹/۲۱	۱۰
بازه اول	۱۳۷۹/۷/۱	۱۳۸۴/۶/۳۱	۲۰۰۰/۹/۲۲	۲۰۰۵/۹/۲۲	۵
بازه دوم	۱۳۸۴/۷/۱	۱۳۸۹/۶/۳۱	۲۰۰۵/۹/۲۳	۲۰۱۰/۹/۲۲	۵

گام بعدی، تعیین ملاک‌ها و نشانگرهای مواجهه بود. براساس نایکنواختی زمانی – مکانی اقلیم ایران به عنوان پیامد موقعیت، گستردگی و تنوع سرزمینی آن، لازم بود تا دامنه وسیعی از تعریف و اندازه‌گیری شود. در مطالعه حاضر، داده‌های اقلیمی در قالب پنج ملاک شامل ۲۹ نشانگر پردازش شد (جدول ۲).

در این پژوهش هرگاه بارش بیشتر یا مساوی ۰/۱ میلیمتر بود، روز بارشی محسوب گردید. کاهش تعداد روزهای بارشی حتی اگر سبب کاهش مقدار کلی بارش نشود، خطر تلقی می‌شود. حال اگر با کاهش بارش هم همراه شود ضریب خطر افزایش می‌یابد. افزایش ضریب تغییرات متغیرهای اقلیمی بیانگر افزایش ناپایداری محیط است که خود سبب کاهش نفوذ و اثربخشی برنامه‌ها می‌شود. اگر مقدار بارش روزانه خارج از تحمل سیستم‌های زیستی و غیر زیستی باشد با خطر و مصیبت همراه خواهد بود. چنین بارش‌هایی را حدی، سنگین یا بحرانی نامیده‌اند. هر چه تعداد این بارش‌ها بیشتر باشد، مواجهه با خطر نیز بیشتر خواهد بود (IPCC, 2012). از سوی دیگر سهم این نوع بارش‌ها از مجموع بارش، میزان مخاطره‌آمیز بودن محیط را به خوبی نشان می‌دهد (علیجانی، ۱۳۹۰). همه اکوسیستم‌ها نسبت به روزهای خشک متوالی[1] حساس هستند و افزایش تعداد و طول این دوره‌ها برای آنها خطر آفرین است (IPCC, 2012).

[1]. Consecutive Dry Days (CDD)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

جدول(۲) عامل مواجهه، شامل پنج ملاک و ۲۹ نشانگر

ملاک	نشانگر	ملاک	نشانگر	ملاک	نشانگر
۱- بارش	۱-۱ تعداد روزهای بارشی	۲- دما	۲-۴ موج گرمایی	۳- سرعت باد	۳-۱ ضریب تغییرات
	۱-۲ مقدار بارش		۲-۵ موج سرمایی		۳-۲ تعداد رخداد حدی
	۱-۳ ضریب تغییرات بارش		۲-۶ یخبندان	۴- پدیده	۴-۱ ماسه و گرد و غبار
	۱-۴تعداد رخداد بارش حدی		۲-۷ سرمای زودرس		۴-۲ رخداد مه شدید
	۱-۵سهم بارش حدی		۲-۸ سرمای دیررس		۴-۳رخداد برف سنگین
	۱-۶ تعداد دوره خشک ۱۵ روزه		۲-۹ یخبندان زودرس		۴-۴رخداد تگرگ
	۱-۶ تعداد دوره خشک ۳۰ روزه		۲-۱۰ یخبندان دیررس		۴-۵ توفان رعد و تندر
	۱-۸ تعداد دوره خشک ۶۰ روزه		۲-۱۱ سوزباد	۵- دید افقی	۵-۱ دید افقی≥ ۱ (کیلومتر)
۲- دما	۲-۱ ضریب تغییرات دما		۲-۱۲ شرجی		
	۲-۲تعدادرخداد حدی گرم		۲-۱۳ تشباد		
	۲-۳تعداد رخداد حدی سرد				

از آنجا که مخاطرات دمایی در مقیاس زمان و فضا بسیار گسترده و پیچیده است، بررسی آن در سنجش آسیب‌پذیری اقلیم حائز اهمیت فراوان است. بنا بر این اهمیت، در این پژوهش، داده‌ها ساعتی دما در قالب ۱۳ نشانگر تحلیل شد. موج‌های گرمایی و سرمایی به دلیل حاکمیت متوالی شرایط حدی، شرایط بحرانی را در زمان رخداد و تا چند روز بعد ایجاد می-کنند و افزایش آنها اثرات حیاتی و روانی فراوانی را در پی خواهد داشت (CCS, 2011). اگر در روز اول، دمای دو اندازه‌گیری متوالی از آستانه حدی گرم / سرد بیشتر باشد و در روز بعد هم این شرایط تکرار شود یک موج گرمایی / سرمایی رخ داده است. در این جا، رخداد یخبندان به شرایطی اطلاق می‌شود که دمای دو اندازه‌گیری متوالی مساوی یا پایین‌تر از صفر درجه سانتی‌گراد باشد. در هوای سرد اگر هوای ارتفاع دو متری به صفر برسد با احتمال زیاد، دمای سطح زمین کمتر از صفر و شرایط برای انجماد فراهم‌تر است. به این دلیل مبنای یخبندان دمای صفر درجه انتخاب شد. برای شمارش سرما یا یخبندان زودرس یا دیررس ابتدا تاریخ اولین و آخرین سرما یا یخبندان برای هر سال بازه مبنا استخراج گردید، سپس میانگین اولین-ها (تاریخ آستانه سرما / یخبندان زودرس) و میانگین آخرین‌ها (تاریخ آستانه سرما / یخبندان دیردرس) محاسبه شد. سپس سرماها یا یخبندان‌های قبل و بعد از این آستانه‌ها در بازه اول و دوم شمارش شد. سه پدیده تشباد، سوزباد و شرجی به دلیل محدود کردن فعالیت‌های انسان و ایجاد شرایط خارج از تحمل عاملی برای آسیب محسوب می‌شوند. هر بخشی از ایران دست‌کم

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

با یکی از این سه پدیده مواجهه است. برای شمارش رخداد سوزباد ابتدا، برای هر ایستگاه شاخص دمای سوزباد[۱] (Osczevski and Bluestein, 2005) محاسبه شد. سپس در صورتی که در دو اندازه‌گیری متوالی سرعت باد دست‌کم ۳ مایل بر ساعت، و مقدار شاخص ۳۶ درجه فارنهایت یا کمتر باشد سوزباد رخ داده است. در این تحقیق رخداد شرجی یعنی زمانی که دو خروجی متوالی شاخص شرجی[۲] (Rothfusz, 1990) بیشتر از ۹۰ درجه فارنهایت باشد و سرعت باد کمتره از ۵ گره باشد. در هوای شرجی فعالیت‌های انسان به شدت محدود می‌شود و شرایط برای خوردگی فلزات و تکثیر میکروب‌ها و قارچ‌های خطرناک فراهم می‌گردد (حجازی زاده و مقیمی، ۱۳۸۶). اگر دماهای بالا با رطوبت کم و باد شدید همزمان شود شرایط بسیار بحرانی ایجاد می‌شود. در این حالت تبخیر و تعرق، پژمردگی و نیاز آبی به شدت افزایش می‌یابد و فعالیت‌های اجتماعی و اثر سرمایشی کولرهای گازی به پایین‌ترین سطح می‌رسد. در مطالعه حاضر این شرایط تحت عنوان تشباد شاخص سازی شد. هرگاه در دو اندازه‌گیری پیاپی دما بالاتر از آستانه حدی گرم، سرعت باد بیشتر یا مساوی ۵ گره و رطوبت زیر ۲۰ درصد بود، یک رخداد تشباد به حساب آمد.

شمارش پدیده‌های مخاطره‌آمیز به کمک کدهای وضعیت هوا صورت گرفت (علیجانی، ۱۳۹۳). کدهای شمارش شده در جدول (۳) آمده است.

جدول(۳) کدهای مرتبط با پدیده‌های مخاطره‌آمیز.

نشانگر	کد وضعیت هوای حاضر
ماسه و گرد و غبار	۶ - ۹، ۳۳ - ۳۵
رخداد مه شدید	۱۲، ۴۳، ۴۵، ۴۷، ۴۹
رخداد برف سنگین	۳۹، ۷۵
رخداد تگرگ	۲۷، ۸۷ - ۹۰
توفان رعد و تندر	۹۱ - ۹۴، ۹۶ - ۹۹

در این مطالعه برای تعیین مقادیر آستانه ابتدا، با رابطه (۱) میانگین جامعه با اطمینان ۹۵ درصد برآورد شد.

رابطه (۱) $SE = \frac{\sigma_{BS}}{\sqrt{N_{BS}}}$ و $M = \mu_{BS} \pm (۱/۹۶ \times SE)$

۱. Wind Chill Temperature Index (WCTI)
2. Heat Index (HI)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

در اینجا M: میانگین جامعه، SE: خطای معیار، μ_{BS}، σ_{BS} و N_{BS} به ترتیب میانگین، انحراف معیار و تعداد نمونه در بازه مبنا است. سپس به کمک رابطه (۲) آستانه‌های مورد نیاز برای ملاک‌های بارش، دما و باد مشخص گردید.

رابطه (۲)
$$\begin{cases} \text{اگر } CV_{BS} \geq ۱۰۰ & \Rightarrow \quad Th = \mu_{BS} \pm \sigma_{BS} \\ \text{اگر } CV_{BS} < ۱۰۰ & \Rightarrow \quad Th = \mu_{BS} \pm (۱/۵\sigma_{BS}) \end{cases}$$

در این رابطه CV_{BS}: ضریب تغییرات بازه مبنا، Th: آستانه نشانگر می‌باشد. پس از استخراج مقادیر ۲۹ نشانگر برای هریک از بازه‌ها، نسبت مقادیر هر نشانگر در بازه اول و دوم به مقادیر بازه مبنا محاسبه شد. در این مرحله نمره یک نشان می‌دهد که مواجهه بدون تغییر بوده است و نمرات بیشتر/کمتر از یک به معنای افزایش/کاهش مواجهه است. در پایان این مرحله، از مجموع نمرات ۲۹ نشانگر، نمره عامل مواجهه به دست آمد.

روش محاسبه نمره ظرفیت سازگاری

سطح مواجهه به تنهایی تعیین کننده میزان آسیب‌پذیری یک جامعه نیست، بلکه سرمایه‌های اجتماعی، محیطی و اقتصادی هم از طریق افزایش یا کاهش توان سازگاری با چالش‌های اقلیمی، نقش مهمی در کاهش یا افزایش آسیب‌پذیری دارند. در این پژوهش پس از تعیین ملاک‌ها و نشانگرهای ظرفیت سازگاری (جدول ۴)، داده‌های لازم از سالنامه و سرشماری سال-های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ استان‌های کشور (به غیر از البرز) از پایگاه داده‌های مرکز آمار ایران استخراج شد.

در این تحقیق، نمرات اولیه نشانگرهای پوشش گیاهی از نسبت مساحت جنگل، مرتع خوب، متوسط، ضعیف و بیابان به مساحت استان‌ها محاسبه شد. با افزایش جمعیت و کاهش بارش، جوامع برای جلوگیری از کاهش سرانه آب، از طریق چاه‌های عمیق و نیمه عمیق به برداشت از منابع آب زیرزمینی روی آورده و فشار به محیط طبیعی را بیشتر می‌کند. این اقدام، همچنین مشخص می‌کند که امکان بهره‌بردای از ذخایر آب ارزان‌تر مانند: دریاچه‌های آب شیرین، رودخانه‌ها و سدها کاهش یافته است. بر این اساس جامعه‌ای که بین برداشت از منابع آب زیر زمینی، توان محیط و جمعیت تعادل برقرار کند، احتمال بقای خود را در برابر ناملایمات اقلیم آینده افزایش می‌دهد. برای محاسبه ضریب برداشت هر استان، ابتدا سرانه برداشت از منابع عمیق و نیمه عمیق برحسب هزار متر مکعب محاسبه شد. سپس نسبت برداشت به حجم بارش هر دوره برحسب درصد تعیین و در عدد سرانه ضرب شد. افزایش ضریب برداشت به معنای کم شدن ظرفیت سازگاری است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

جدول (۴) عامل ظرفیت سازگاری، شامل هفت ملاک و۲۳ نشانگر.

ملاک	نشانگر	عامل نرمال-سازی	ملاک	نشانگر	عامل نرمال-سازی
۱- پوشش گیاهی	۱-۱ مساحت جنگل ۱-۲ مساحت مرتع خوب ۱-۳ مساحت مرتع متوسط ۱-۴ مساحت مرتع فقیر ۱-۵مساحت بیابان	مساحت استان	۵- سلامت	۶-۱ سرانه واحد خدمات اجتماعی ۶-۲ نفوذ بیمه تامین اجتماعی ۶-۳ نفوذ بیمه خدمات درمانی ۶-۴سرانه تخت درمانی	جمعیت استان
۲- منابع آب	۲-۱ ضریب برداشت آب از منابع عمیق و نیمه عمیق	جمعیت و بارش دوره	۶- اقتصاد	۸-۱ سرانه درآمد عمومی استانی ۸-۲ نسبت درآمد به هزینه خانوار شهری ۸-۳نسبت درآمد به هزینه خانوار روستایی ۸-۴درصد جمعیت غیر فعال ۸-۵درصد جمعیت بیکار ۸-۶درصد شاغلان بخش عمومی	
۳- زیرساخت راه	۳-۱ طول راه‌آهن اصلی ۳-۲ تعداد ایستگاه ۳-۳ طول آزاد راه و راه اصلی	مساحت و جمعیت استان			
۴-آموزش	۴-۱نسبت تحصیلات عالیه تعداد باسوادان ۴-۲جمعیت بی سواد		۷- خدمات	۵-۱ خانوار بدون منبع گرما (گاز و برق) ۵-۲ خانوار بدون شبکه آب آشامیدنی	درصد

عامل دیگری که بیانگر توانمندی یک جامعه برای مقابله با شرایط سخت اقلیمی و بهره‌گیری از فرصت‌های احتمالی ناشی از آن شرایط است، توسعه زیرساخت‌ها است. وجود همبستگی شدید بین هر یک از بخش‌های صنعت، کشاورزی، انرژی، خدمات و گردشگری از یک سو و زیرساخت راه از سوی دیگر، دلیل لحاظ شدن آن به عنوان یک ملاک برای ارزیابی ظرفیت یک جامعه است. در اینجا برای تعیین نمره کفایت راه نمرات اولیه‌ی نشانگرهای راه از تقسیم آنها به مساحت استان به دست آمد. کنار آمدن با چالش‌های اقلیمی آینده بدون ارائه راه حل‌های خلاقانه و پیاده‌سازی آنها امکان‌پذیر نیست. این دو نیز به توسعه آموزش تخصصی، عمومی و مهارتی وابسته است. جلوگیری کامل از وقوع برخی اثرات تغییر اقلیم نظیر؛ از دست دادن شغل، گسترش بیماری و آسیب‌های اجتماعی و جسمی، امکان‌پذیر نیست. اما با توسعه بخش سلامت و بیمه می‌توان آسیب‌پذیری را کاهش داد. از جمله ملاک‌هایی که در همه ارزیابی‌های استراتژی‌های سازگاری مورد توجه بوده است، اقتصاد است. هرگاه این ارزیابی‌ها در سطح ملی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

انجام شده از نشانگرهای تولید ناخالص ملی، درآمد سرانه و ضریب اشتغال استفاده شده است (Hulme et al, 2009). اما در سطوح ناحیه‌ای (استانی) و محلی (شهرستانی) به نشانگرهای مناسب این سطوح نیاز است. بالا بودن سرانه درآمدهای کسب شده نشان دهنده رونق اقتصادی و تامین منابع مالی کافی برای توسعه ظرفیت‌های هر استان است. برای مقایسه بهتر درآمدهای کسب شده در دو دوره مورد مطالعه، ابتدا معادل ارزی این ارقام بر اساس نرخ رسمی بانک مرکزی ایران (هر ۹۲۲۰ ریال در سال ۱۳۸۵ و هر ۱۹۰۰۰ ریال در سال ۱۳۹۰ معادل یک دلار آمریکا) محاسبه شد. در صورت وقوع بلای اقلیمی، ضریب آسیب‌پذیری یک خانوار بدون پس‌انداز و یا بدهکار، بسیار بالا است. برای مثال، کشاورزی که با منابع قرضی، به مرحله پیش از برداشت نزدیک شده است، ولی یک رخداد تگرگ ۱۰ دقیقه‌ای خسارت شدیدی را برایش به همراه دارد. ناتوانی در تسویه بدهی، تامین هزینه خانوار و منابع مالی برای آماده‌سازی کشاورزی دوره بعد منجر به بروز پدیده فقر می‌شود و جامعه‌ای که تعداد بیشتری از این خانوارها دارد، توان کمتری برای سازگاری با اقلیم در حال تغییر دارد. توزیع عادلانه خدمات مبین توجه تصمیم‌گیران و مجریان حکومتی به عدالت اجتماعی است. حکومتی که در پی برقراری عدالت اجتماعی است، خواسته یا ناخواسته ظرفیت‌های سازگاری را بالا می‌برد و برای سازگار شدن تسهیلات فراهم می‌کند.

پس از فراهم کردن نمرات اولیه برای تمام استان‌ها، مقادیر کمینه و بیشینه هر یک از نشانگرها در دوره اول مشخص شد و سپس همه نمرات با رابطه (۳) استاندارد شد.

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - max_{S_1}}{min_{S_1} - max_{S_1}} \quad i = ۱:۳۰ \text{ و } j = ۱:۲۲$$ رابطه (۳)

در اینجا، Z_{ij} : نمره استاندارد شده برای استان i ام و نشانگر j ام است. x : نمره اولیه هر نشانگر، min_{S_1} و max_{S_1} : کمینه و بیشینه نمرات اولیه هر نشانگر در دوره اول از میان ۳۰ استان کشور است. خروجی نمرات به گونه‌ای است که نمرات بالاتر بیانگر ظرفیت سازگاری کمتر است. پس از استاندارد سازی، نمره عامل از مجموع کل نمرات به دست آمد.

روش محاسبه نمره حساسیت اقلیمی

جدول (۵) ملاک‌هایی حساسیت اقلیمی را نشان می‌دهد. شیوه‌های زندگی و شغلی به طور یکسان از اقلیم تاثیر نمی‌پذیرند. حساسیت کوچ‌روها، روستاییان و کشاورزان به اقلیم بیشتر از شهرنشینان و شاغلین بخش صنعت و خدمات است. از این رو، جامعه‌ایی با مشخصات روستایی، کشاورزی و دامپروری در برابر تغییر اقلیم و افزایش ناملایمات ناشی از آن، آسیب‌پذیرتر است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

در زمان بروز خطر، احتمال آسیب‌دیدن افراد زیر ۱۵ و بالای ۶۴ سال بیشتر از دیگر گروه‌های سنی است. ممکن است که برخی موسسات و بنگاه‌های اقتصادی در اثر تغییر اقلیم با کاهش سود و یا افزایش زیان مواجه شوند و در نتیجه، اقدام به کاهش دستمزدها و یا تعدیل نیروی انسانی کنند. در این صورت زنان و افراد تحت سرپرستی آنها بیشتر از مردان متحمل آثار سوء این گونه تصمیمات می‌شوند. اگر گروهی از جامعه بی‌خانمان شوند، نتایج زیان‌بار دیگری مانند؛ کاهش سطح بهداشت، سرما یا گرما زدگی و فشار روانی را در پی خواهد داشت. براین اساس، اگر در سکونتگاهی درصد بناهایی مقاوم و نوساز کم باشد، بروز فاجعه محتمل‌تر است. نحوه محاسبه نمرات این عامل شبیه عامل ظرفیت سازگاری است. در این قسمت نیز اعداد بالا بیانگر حساسیت اقلیمی بیشتر است.

جدول (۵) عامل حساسیت اقلیمی، شامل سه ملاک و هفت نشانگر

ملاک	نشانگر (درصد)
۱- حساسیت شغلی- سکونتگاهی	۱-۱ جمعیت روستایی
	۱-۲ شاغلان بخش کشاورزی
۲- حساسیت سنی- جنسی	۲-۱ جمعیت زیر ۱۵ سال
	۲-۲ جمعیت بالای ۶۴ سال
	۲-۳ خانوار با سرپرست زن
۳- حساسیت ملکی	۳-۱بناهای بدون اسکلت فلزی و بتنی
	۳-۲ بناهای با عمر بیش از ۱۰ سال

روش انتخاب مدل

در این مرحله با توجه به عوامل آسیب‌پذیری، چهار مدل جمعی، ضربی، جمعی- نمایی و ضربی- نمایی طراحی شد. سپس با استفاده از نمرات فرضی سه حالت مختلف ایجاد و در هر حالت نمره یکی از عوامل افزایش داده شد. پس از آن شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی براساس مدل‌ها محاسبه شد. جدول (۶) نشان می‌دهد که حتی در صورت متفاوت بودن نمره عوامل، خروجی مدل جمعی در سه حالت یکسان است. تغییر نمره شاخص بر اساس مدل ضربی بسیار اندک است. برای افزایش یک نمره‌ای شاخص، نیاز به چهار برابر شدن مجموع نمرات عوامل دارد که در عمل تقریبا غیر ممکن است. مدل جمعی – نمایی توان تفکیک بین حالت دوم و سوم ندارد. به عبارتی، بین افزایش حساسیت اقلیمی و کاهش ظرفیت سازگاری تفاوتی لحاظ نمی‌شود. مدل ضربی - نمایی هر سه حالت را از هم متمایز می‌کند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

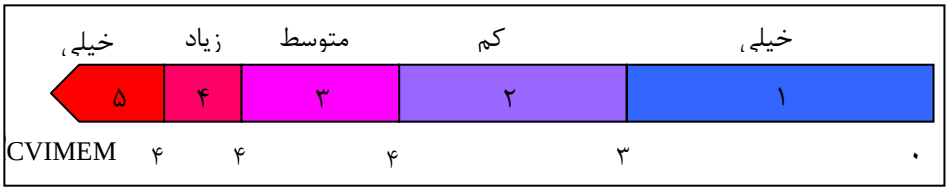
جدول(۶) انتخاب مدل براساس نمرات فرضی عوامل سه‌گانه و فاصله اقلیدسی. مناسب‌ترین مدل با ✓ مشخص شده است.

	حالت سوم	حالت دوم	حالت اول	عوامل	
	۱۰	۵	۵	حساسیت اقلیمی (CS)	
	۱۰	۱۵	۱۰	ظرفیت سازگاری (AC)	
	۳۵	۳۵	۴۰	مواجهه (EX)	مدل‌ها ▼
×	۱/۷۴	۱/۷۴	۱/۷۴	$CVI = \log(AC + CS + EX)$	جمعی
×	۳/۵۴	۳/۴۲	۳/۳۰	$CVI = \log(AC * CS * EX)$	ضربی
×	۴۵/۵۴	۴۵/۵۴	۴۷/۰۴	$CVI = \log((AC + CS)^{EX})$	جمعی- نمایی
✓	۷۰/۰	۶۵/۶۳	۶۷/۹۶	$CVI = \log((AC * CS)^{EX})$	ضربی- نمایی

بر اساس جدول (۶) مدل ضربی- نمایی برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی[1] انتخاب گردید.

رابطه (۳)
$$CVIMEM = \log((AC * CS)^{EX})$$

در این رابطه، $CVIMEM$: شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی مبتنی بر مدل ضربی-نمایی؛ EX: نمره‌ی مواجهه ؛ CS: نمره‌ی حساسیت اقلیمی و AC : نمره‌ی ظرفیت سازگاری است که در واقع بیانگر کمبود ظرفیت‌ها برای سازگاری با تغییر (پذیری) اقلیم است که سبب افزایش آسیب‌پذیری می‌شود.



شکل (۳) طیف آسیب‌پذیری اقلیمی

برای طبقه‌بندی کیفی آسیب‌پذیری، با بررسی تغییرات در حالت‌های مختلف، یک طیف پنج قسمتی مطابق شکل (۳) فراهم گردید. کم شدن فاصله طبقات در انتهای طیف به این دلیل است که نمرات ظرفیت سازگاری و حساسیت بر حسب لگاریتم محاسبه می‌شود. در نتیجه افزایش آسیب‌پذیری ناشی از تغییر شاخص از ۲۱ به ۲۴ خیلی کمتر از افزایش ناشی از تغییر شاخص از ۴۷ به ۵۰ است.

[1] . Climate Vulnerability Index based on the Multiplicative-Exponential Model (CVIMEM)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

نتایج

نتایج نشان داد که میزان مواجهه استان سیستان و بلوچستان با تغییر(پذیری) اقلیم روند افزایشی دارد طوری که در بازه اول ۱۱ درصد و در بازه دوم ۲۹ درصد نسبت به بازه مبنا افزایش داشته است (جدول ۷). در نتیجه اگر تغییری در نمره دو عامل دیگر رخ نداده باشد سطح آسیب‌پذیری استان روند افزایشی دارد. البته روند افزایش یا کاهش مواجهه در همه جای استان یکسان نیست و بر اساس ملاک و محدوده متفاوت است. اینگونه که؛ مخاطرات بارش در شمال استان کمتر ولی در جنوب بیشتر شده است. مخاطرات دمایی در محدوده زاهدان کاهش ولی در بقیه استان افزایش قابل ملاحظه دارد. مواجهه با رخدادهای مخاطره‌آمیز باد در کل استان کمتر شده است. افزایش توفان‌های گرد و غبار و ماسه، مه شدید و تگرگ در هر چهار محدوده به ویژه در زاهدان محسوس است. دید افقی ساکنین محدوده‌ی شمالی استان (زابل) به دلیل افزایش توفان‌های گرد و غبار و ساکنین جنوب استان به دلیل بیشتر شدن رخداد مه و گرد و غبار کاهش یافته است.

جدول(۷) نمرات مواجهه به تفکیک محدوده، ملاک و بازه اقلیمی. اعداد داخل پرانتز بیانگردرصد تغییرات نمره هر بازه نسبت به بازه مبنا است.

محدوده	زابل		زاهدان		ایرانشهر		چابهار		میانگین وزنی استان	
ملاک	بازه اول (٪Δ)	بازه دوم (٪Δ)	بازه اول (٪Δ)	بازه دوم (٪Δ)	بازه اول (٪Δ)	بازه دوم (٪Δ)	بازه اول (٪Δ)	بازه دوم (٪Δ)	بازه اول (٪Δ)	بازه دوم (٪Δ)
بارش	۷/۰ (-۱۳)	۵/۳ (-۳۳)	۷/۳ (-۸)	۷/۴ (-۷)	۷/۱ (-۱۱)	۸/۸ (۱۰)	۷/۲ (-۱۰)	۱۰/۳ (۲۹)	۷/۲ (-۱۰)	۷/۷ (-۵)
دما	۱۷/۲ (۳۲)	۲۶/۹ (۱۰۷)	۱۰/۸ (-۱۷)	۱۲/۲ (-۶)	۱۸/۹ (۸۹)	۱۶/۱ (۶۱)	۵/۰ (-۳۷)	۱۲/۶ (۵۷)	۱۳/۵ (۱۳)	۱۵/۹ (۳۴)
باد	۲/۸ (۴۰)	۱/۹ (-۴)	۱/۷ (-۱۳)	۱/۶ (-۲۲)	۱/۹ (-۶)	۱/۵ (-۲۶)	۱/۶ (-۲۱)	۱/۴ (-۳۰)	۱/۹ (-۳)	۱/۶ (-۱۹)
پدیده	۱/۲ (-۶۱)	۳/۴ (۱۴)	۴/۱ (۳۷)	۸/۸ (۱۹۳)	۳/۴ (۱۴)	۴/۲ (۳۹)	۳/۳ (۱۰)	۵/۰ (۶۶)	۳/۳ (۲۱)	۶/۴ (۱۳۲)
دید	۴/۶ (۳۶۴)	۱/۸ (۸۵)	۰/۹ (-۱۵)	۱ (۲)	۱/۴ (۴۲)	۰/۷ (-۲۹)	۱/۹ (۹۳)	۳/۳ (۲۳۳)	۱/۸ (۷۸)	۱/۲ (۲۵)
جمع	۳۲/۸ (۲۱)	۳۹/۵ (۴۶)	۲۴/۸ (-۸)	۳۱/۱ (۱۵)	۳۶/۷ (۵۳)	۳۳/۳ (۳۹)	۱۹ (-۱۴)	۳۲/۶ (۴۸)	۲۸/۷ (۱۱)	۳۳/۲ (۲۹)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

در ستون سمت چپ جدول (۷) میانگین وزنی استان بر اساس نسبت مساحت هر محدوده به مساحت کل استان به دست آمده است. در ردیف پایین نمره هر محدوده از مجموع پنج ملاک محاسبه شد و براساس آن میانگین استان تعیین گردید. در مجموع، محدوده زابل (۳۹/۵) هم در مقایسه با دیگر محدوده‌ها و هم نسبت به گذشته با مخاطرات اقلیمی بیشتری روبرو است و ایرانشهر از این جهات در رتبه بعدی قرار دارد. بیشترین افزایش مواجهه مربوط محدوده چابهار است (از ۱۹ به ۳۲/۶) که عمدتا ناشی از کاهش میزان دید و افزایش رخدادهای شرجی بوده است.

بر اساس هفت ملاک و ۲۳ نشانگر ظرفیت سازگاری که نتایج آن در جدول (۸) آمده است، مشخص شد که نمره عامل ظرفیت سازگاری استان از ۱۷/۲۳ در پنج‌ساله اول به ۱۴/۹۶ در پنج‌ساله دوم رسیده است که بیانگر افزایش ۱۳ درصدی توان سازگاری آن می‌باشد. این افزایش که به دلیل بهبود قابل توجه آموزش (٪۶۳-)، اقتصاد (٪۲۰-) و بهبود نسبی خدمات (٪۹-) رخ داده است، بیانگر ظرفیت موجود برای مقابله با آثار منفی تغییر(پذیری) اقلیم و بهره‌برداری از فرصت‌های بوجود آمده است. البته با توجه به کمینه و بیشنه هر ملاک، مشخص است که در هر دو دوره کمترین ظرفیت سازگاری و آخرین رتبه در کشور مربوط به این استان است.

جدول (۸) نمره ملاک‌های هفتگانه ظرفیت سازگاری. اعداد پایین‌تر بیانگر ظرفیت سازگاری بیشتر است. برای هر ملاک کمینه و بیشنه استان‌های کشور نیز آمده است. اعداد منفی در ستون سمت راست بیانگر بهبود وضعیت ملاک است.

	نمره دوره اول				نمره دوره دوم			
ملاک	کمینه	استان	بیشینه		کمینه	استان	بیشینه	تغییر نسبت به دوره اول ٪
پوشش گیاهی	۱/۰۹	۴/۲۹	۴/۷۵		۱/۱۳	۴/۲۴	۴/۲۹	-۱
منابع آب	۰	۰/۳۲	۱		۰	۰/۴۶	۱/۴۷	۴۴
زیرساخت راه	۰/۱۷	۲/۹	۳		۰/۳۶	۲/۸	۲/۹۳	-۳/۵
آموزش	۰/۰۶	۲	۲		-۰/۰۸	۰/۷۴	۱/۶۱	-۶۳
سلامت	۱/۴۴	۲/۶۳	۲/۸۵		۰/۷۷	۲/۴۷	۲/۶۸	-۶
اقتصاد	۰/۹۹	۳/۳۵	۳/۸۴		۰/۶۷	۲/۶۷	۴/۲۹	-۲۰
خدمات	۰/۰۷	۱/۷۴	۱/۷۴		-۰/۰۹	۱/۵۸	۱/۵۸	-۹
جمع	۶/۹	۱۷/۲۳	۱۷/۲۳		۵/۹	۱۴/۹۶	۱۴/۹۶	-۱۳

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

براساس اطلاعات جدول (۸) هر چند ظرفیت‌سازی در زمینه خدمات بیشتر شده است، اما در مقایسه با دیگر استان‌ها از شتاب کافی برخوردار نیست و به این دلیل جایگاه استان از این حیث مانند گذشته در انتها قرار دارد. بیشترین و کمترین ظرفیت‌سازی به ترتیب در زمینه آموزش و منابع آب انجام شده است. تغییر نمره ملاک منابع آب (۴۴٪) به خوبی چالش فزاینده استان را در این زمینه نمایش می‌دهد.

تغییر مجموع نمره سه ملاک مربوط به عامل حساسیت اقلیمی از ۴/۶ به ۵/۴ بیانگر این است که استان سیستان و بلوچستان در پنج‌ساله دوم مطالعه ۱۷/۴ درصد نسبت به اقلیم حساس‌تر و در نتیجه از این حیث آسیب‌پذیرتر شده است (جدول ۹). استان در دوره اول، رتبه سوم (پس از خراسان جنوبی و شمالی) و در دوره دوم، حساس‌ترین استان نسبت به تغییر اقلیم بوده است. افزایش درصد شاغلان بخش کشاورزی (از ۱۸/۲ به ۳۳/۶) و درصد خانوار با سرپرست زن (از ۱۰/۷ به ۱۶/۷)، دلایل اصلی افزایش حساسیت اقلیمی استان است.

جدول(۹) نمره ملاک‌های سه‌گانه حساسیت اقلیمی. اعداد بالاتر بیانگرحساسیت اقلیمی بیشتر است.

ملاک	نمره دوره اول				نمره دوره دوم			
	کمینه	استان	بیشینه		کمینه	استان	بیشینه	تغییر نسبت به دوره اول ٪
حساسیت شغلی- سکونتگاهی	۰/۰۶	۱/۴	۲/۰		۰/۰۲	۱/۸	۱/۸	۲۹
حساسیت سنی- جنسی	۰/۴	۱/۸	۲/۴		۰/۶	۲/۶	۲/۶	۴۴
حساسیت ملکی	۰/۰	۱/۴	۱/۴		۰/۱	۱	۱/۲	-۲۸
جمع	۰/۵	۴/۶	۵/۱		۱/۴	۵/۴	۵/۴	۱۷/۴

با استفاده از نمرات استانی ظرفیت سازگاری و حساسیت اقلیمی و نمرات مواجهه هر یک از ایستگاه‌ها و به کمک رابطه (۵) برای هر محدوده و دوره، شاخص آسیب‌پذیری اقلیمی محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۱۰) آمده است. سپس میانگین شاخص چهار محدوده به عنوان شاخص آسیب‌پذیری استان تعیین شد. نتایج نشان داد که سیستان و بلوچستان در فاصله زمانی پنج‌ساله ۱۶/۳ درصد نسبت به تغییر(پذیری) اقلیم آسیب‌پذیرتر شده است. هر چند که توانمندی جوامع سیستان و بلوچستان برای سازگاری با شرایط نامساعد اقلیم، ۱۳ درصد بیشتر از قبل شده است، اما فراوانی بالای مخاطرات اقلیمی و فزایندگی آن و افزایش حساسیت سبب افزایشی بودن روند آسیب‌پذیری شده است و در صورت ادامه این وضعیت، هر ساله این جوامع آسیب‌های بیشتر روبرو خواهند بود.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

جدول(۱۰) مقادیر شاخص (CVIMEM) و عوامل آسیب‌پذیری اقلیمی استان سیستان و بلوچستان.

	مواجهه			ظرفیت‌سازگاری			حساسیت اقلیمی		آسیب‌پذیری اقلیمی(CVIMEM)		
محدوده	۱۳۸۵	۱۳۹۰		۱۳۸۵	۱۳۹۰		۱۳۸۵	۱۳۹۰	۱۳۸۵	۱۳۹۰	تغییر (٪)
زابل	۳۲/۸	۳۹/۵		۱۷/۲	۱۵/۰		۴/۶	۵/۴	۶۲/۳	۷۵/۴	۲۱/۱
زاهدان	۲۴/۸	۳۱/۱		۱۷/۲	۱۵/۰		۴/۶	۵/۴	۴۷/۱	۵۹/۴	۲۶/۱
ایرانشهر	۳۶/۷	۳۳/۳		۱۷/۲	۱۵/۰		۴/۶	۵/۴	۶۹/۷	۶۳/۶	-۸/۸
چابهار	۱۹/۰	۳۲/۶		۱۷/۲	۱۵/۰		۴/۶	۵/۴	۳۶/۱	۶۲/۲	۷۲/۵
متوسط استان	۲۸/۷	۳۳/۲		۱۷/۲	۱۵/۰		۴/۶	۵/۴	۵۴/۵	۶۳/۴	۱۶/۳

رتبه‌بندی محدوده‌های آسیب‌پذیر در دوره اول: ایرانشهر، زابل، زاهدان و چابهار و در دوره دوم: زابل، ایرانشهر، چابهار و زاهدان است. بنابراین محدوده زابل و ایرانشهر آسیب‌پذیرترین محدوده‌های استان هستند با این تفاوت که اولی با روند افزایشی مواجه است ولی دومی روند کاهشی دارد. بالا بودن نمره ملاک دما علت عمده بالا بودن شاخص این دو محدوده بوده است. چابهار با رشد سریع آسیب‌پذیری (٪۷۲/۵) مواجه شده است. تغییرات درجه آسیب‌پذیری استان (جدول ۱۰) نشان می‌دهد که استان سیستان نه تنها با تشدید آسیب‌پذیری مواجه است، بلکه با گسترش فضایی آن نیز روبر است. درصد مساحت مناطقی که با آسیب‌پذیری خیلی زیاد مواجه‌اند، از ۵۷/۵ به ۱۰۰ درصد (کل استان) در دوره‌ی دوم افزایش یافته است.

جدول(۱۱) درجه آسیب‌پذیری سیستان و بلوچستان و محدوده‌های چهارگانه. علامت + / - بیانگر افزایش / کاهش مقادیر شاخص در درجه مشابه است.

		طیف آسیب‌پذیری اقلیمی	
محدوده	مساحت (درصد)	۱۳۸۵	۱۳۹۰
زابل	۷/۵	خیلی زیاد	خیلی زیاد +
زاهدان	۲۴	زیاد	خیلی زیاد
ایرانشهر	۵۰	خیلی زیاد	خیلی زیاد -
چابهار	۱۸/۵	کم	خیلی زیاد
استان	۱۰۰	خیلی زیاد	خیلی زیاد +

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد که جوامع، اکوسیستم‌ها و موسسات استان سیستان و بلوچستان با محرک‌های فراوان و متنوع اقلیمی مواجه است. این سطح از مواجهه که به دلیل تغییر(پذیری) اقلیم به سرعت رو به افزایش نیز هست ضرورت ظرفیت‌سازی سریع و با کیفیت برای سازگاری

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

و حساسیت‌زدایی اقلیمی این استان را دو چندان می‌کند. افزایش ظرفیت سازگاری استان نه پاسخ مناسبی برای شرایط اقلیمی آن بوده و نه توانسته است وضعیت آن را به نسبت دیگر استان‌های کشور بهتر کند. همچنین مشخص شد که این استان بیش از هر ناحیه دیگر کشور نسبت به تغییر(پذیری) اقلیم حساس است. مقادیر شاخص CVIMEM معلوم کرد که سیستان و بلوچستان با تشدید و گسترش آسیب‌پذیری اقلیمی مواجه است.

بر اساس این پژوهش مشخص شد که با به بکارگیری شاخص CVIMEM، می‌توان وضعیت آسیب‌پذیری اقلیمی سطوح محلی و ناحیه‌ای را در دوره‌های میان مدت رصد کرد. این شاخص با معرفی مناطق و بخش‌های آسیب‌پذیر علاوه بر کمک به اولویت‌بندی استراتژی‌ها و اقدامات سازگاری، میزان اثر بخشی و ضرورت تعدیل و یا تغییر آنها را نیز معین می‌کند. قابلیت این شاخص زمانی بیشتر نمایان می‌شود که سنجش آن از نظر زمانی با برنامه‌های پنج‌ساله توسعه و سرشماری عمومی نفوس و مسکن مطابقت داشته باشد. نتیجه دیگر اینکه؛ با افزایش مواجهه با تغییر(پذیری) اقلیم آسیب‌پذیری تشدید و گسترش می‌یابد و اگر با ظرفیت‌سازی کند، بی-کیفیت و فاقد استراتژی همراه شود، دست‌یابی به توسعه ناممکن می‌شود. از آنجا که کاهش سریع آسیب‌پذیری از طریق کاهش مواجهه اقلیمی، به دلیل وابستگی آن به فرایندهای سیاره-ای و زمان‌بر، میسر نیست، می‌بایست توجه سیاست‌گذاران و مجریان به افزایش ظرفیت ، اقدامات و تسهیلات سازگاری اقلیمی بیشتر شود.

منابع و ماخذ

۱. آذری، محمود، مرادی، حمید رضا، ثقفیان، بهرام، فرامرزی، منیره (۱۳۹۲). **ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوضه آبخیز گرگانرود**، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۷، شماره ۳، ۵۳۷-۵۴۷.

۲. بابائیان، ایمان، کوهی منصوره (۱۳۹۱). **ارزیابی شاخص‌های اقلیم کشاورزی تحت سناریوهای تغییر اقلیم در ایستگاه‌های منتخب**، آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۶، شماره ۴، ۹۵۳-۹۶۷.

۳. حجازی‌زاده، زهرا، مقیمی شوکت (۱۳۸۶). **کاربرد اقلیم در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای**، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

۴. ضرغامی، مهدی، بابائیان، ایمان، حسن زاده، یوسف، کنعانی، رضا (۱۳۹۱). **مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر خشکی مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی**، گزارش فنی، مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، جلد ۶، شماره ۱۸، ۶۱-۶۴.

۵. علیجانی، بهلول (۱۳۹۳). **اقلیم‌شناسی سینوپتیک**، چاپ هشتم، انتشارات سمت، تهران.

۶. علیجانی، بهلول (۱۳۹۰). **تحلیل فضایی دماها و بارش‌های بحرانی روزانه ایران**، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، جلد ۱۷، شماره ۲۰، ۹-۳۰.

۷. کوچکی، علیرضا، نصیری، مهدی (۱۳۸۷). **تاثیر تغییر اقلیم همراه با افزیش غلظت CO۲ بر عملکرد گندم در ایران و ارزیابی راهکارهای سازگاری**، پژوهش‌های زراعی ایران، جلد :۶ شماره ۱، ۱۳۹-۱۵۳.

۸. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی (۱۳۹۲). **بررسی آخرین وضعیت تغییرات اقلیمی در منطقه خاورمیانه (با تاکید بر ایران)**، شماره گزارش ۸۶۰۹۱۰.

۹. مرکز تحقیقات استراتژیک (۱۳۸۹). **راهبردهای سازگاری با خشکسالی‌ها**، شماره گزارش ۰۵-۸۹-۱۱-۰۴، تهران.

۱۰.معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات (۱۳۸۳). **قانون برنامه پنجساله چهارم توسعه اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی جمهوری اسلامی ایران**، تهران.

۱۱.معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات (۱۳۸۹). **قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران (۱۳۹۴-۱۳۹۰)**، تهران.

۱۲.معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات (۱۳۹۱). **قانون بودجه سال ۱۳۹۱ کل کشور**، تهران.

۱۳.معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات (۱۳۹۲). **قانون بودجه سال ۱۳۹۲ کل کشور**، تهران.

۱۴.معاونت پژوهش تدوین، تنقیح و انتشار قوانین و مقررات (۱۳۹۳). **قانون بودجه سال ۱۳۹۳ کل کشور**، تهران.

Adger, W. N., (1996). ***Approaches to Vulnerability to Climate Change***, CSERGE Working Paper GEC 96-05, Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia, Norwich, and University College London.

Brooks, N., Adger, W. N., Kelly, P. M., (2005). ***The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the***

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

implications for adaptation, Global Environmental Change, 15:151–163.

Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., Schipper, E.L., (2002). ***From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy***, Climate Policy 2 (2–3), 145–159.

Center for Climate Strategies, (2011). ***Adaptation Guidebook Comprehensive Climate Action***, Washington DC.

COM, (2009). Commission of the European Communities , ***Adapting to climate change: Towards a European framework for action***, 147 final, 1.4.2009, Brussels.

Dessai, S., Adger, W.N., Hulme, M., Kohler, J., Turnpenny, J., Warren, R., (2003). ***Defining and Experiencing Dangerous Climate Change***, Working Paper 28, Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich.

Füssel, H.-M., Klein, R. J. T., (2006). ***Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking***, Climatic Change, 75:301–329, 2006.

Füssel, H.-M.,(2003). ***The ICLIPS Impacts Tool: A graphical user interface to climate impact response functions for integrated assessments of climate change***, Integr. Assess, 4, 116–125.

IPCC, (2007),.***Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report (Ch. 9),*** Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, (2012). Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) ***Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change***, Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

Iran's National Climate Change Office, (2010). ***Iran's Second National Communication to UNFCCC***, Department of Environment and United Nation Development Programme.

Hulme,M., Neufeldt, H., Colyer, H Ritchie, A.,(2009). ***Adaptation and Mitigation Strategies: Supporting European Climate Policy***. The Final Report from the ADAM Project. Revised June 2009. Tyndall Centre for Climate Change Research, University of East Anglia, Norwich, UK

Laukkonen, J., Blanco, P. K., Lenhart, J., Keiner, M., Cavric, B., Njenga, C. K., (2009). ***Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level. Habitat International***, 33, 287-292.

McCallum, S., Dworak, T., Prutsch, A., Kent, N., Mysiak, J., Bosello, F., Klostermann, J., Dlugolecki, A., Williams, E., König, M., Leitner, M., Miller, K., Harley, M., Smithers, R., Berglund, M., Glas, N., Romanovska, L., van de Sandt, K., Bachschmidt, R., Völler, S., Horrocks, L.,(2013***). Support to the development of the EU Strategy for Adaptation to Climate Change: Background report to the Impact Assessment, Part I – Problem definition, policy context and assessment of policy options***. Environment Agency Austria, Vienna.

National Adaptation Programme, (2013). ***makes the country resilient to a changing climate***, The Stationery Office, London.

National Assessment Synthesis Team, US Global Research Program, (2001). ***Climate Change Impacts on the United States, The Potential Consequences of Climate Variability and Change***, Cambridge University Press, Cambridge.

Osczevski, R., Bluestein, M., (2005). ***The new wind chill equivalent temperature chart***. Bull. Am. Meteorol. Soc., 86(10):1453–1458

Preston, B.L. and Stafford-Smith, M., (2009). ***Framing vulnerability and adaptive capacity assessment: Discussion paper***, CSIRO Climate Adaptation Flagship Working paper No. 2.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]

Rothfusz, L. P., (1990). ***The Heat Index Equation***, National Weather Service, Technical Attachment: SR 90-23.

Sherbinin, De., Schiller, A., Pulsipher, A., (2007***). The vulnerability of global cities to climate hazards. Environment and Urbanization***, 19(1), 39-64.

Smit, B. and Wandel, J., (2006). ***Adaptation, adaptive capacity and vulnerability***. Global Environmental Change 16, 282-292.

Smit, B., Pilifosova, O.V., Burton, I., Challenger, B., Huq, S., Klein, R.J.T., Yohe, G., Adger, N., Downing, T., Harvey, E., Kane, S., Parry, M.L., Skinner, M., Smith, J., Wandel, J., (2001***). Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity***. In: McCarthy, J.J., Canziani, O.F., Leary, N.A., Dokken, D.J., White, K.S. (Eds.), Climate Change 2001. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 876–912.

United Nations Development Programme (UNDP),(2008). ***Fighting climate change: Human Solidarity in a Divided World***, Human Development Report 2007/2008, Chapter 4: Adapting to the inevitable: national action and international cooperation. Retrieved March 8, 2008.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1394.15.36.5.1]