

بررسی و تحلیل جنبه‌های مختلف آسیب‌پذیری شهری ناشی از خشک‌سالی (مطالعه موردی: استان تهران)

وحید نجفی^۱، آزاده اربابی سبزواری^{۲*}، فاطمه ادیبی سعدی‌نژاد^۳

۱. دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلام‌شهر

۲. دانشیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلام‌شهر

۳. استادیار، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اسلام‌شهر

(تاریخ دریافت ۱۴۰۰/۰۷/۲۲؛ تاریخ تصویب ۱۴۰۰/۱۱/۳۰)

چکیده

در دهه‌های اخیر افزایش جمعیت، توسعه صنایع، رخداد خشک‌سالی و افزایش مصرف آب، موجب فشار بر منابع آب استان تهران شده است. این وضعیت سبب بروز پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی اجتماعی فراوانی شده است. از این‌رو، هدف پژوهش حاضر، پایش خشک‌سالی و ارزیابی اثرات اقتصادی و اجتماعی آن است. پژوهش حاضر از لحاظ هدف به صورت کاربردی و از لحاظ روش، توصیفی تحلیلی و به صورت پیمایشی است. برای تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، GIS و Amos استفاده شد. بر اساس نتایج حاصل از پردازش داده‌های بارش و تصاویر ماهواره‌ای TRMM طی دوره زمانی ۱۹۹۸-۲۰۱۹ مشخص شد که بین فراوانی رخداد دوره‌های خشک و مرطوب در سطح استان تهران، تفاوت معناداری وجود ندارد. با این وجود، در سال‌های انتهایی دوره مطالعه‌شده، ناهنجاری بارش در استان تهران تمایل بیشتر به خشک‌سالی دارد و در هفت سال اخیر، سه دوره خشک فراگیر و نسبتاً شدید حادث شده است. به طور کلی، با توجه به داده‌های و اطلاعات مستخرج از پرسشنامه‌ها می‌توان گفت که پدیده خشک‌سالی در تهران ابتدا موجب ایجاد تنش‌ها و آسیب‌های روانی و اجتماعی (با بیشترین بار عاملی ۰/۸۹۴) شده و با پیشرفت این پدیده، زمینه برای ایجاد بحران تولید و معیشت (با بار عاملی ۰/۸۵۰) فراهم شده. متعاقب این اثرات، پدیده دیگری به نام فقر و فلاکت ظاهر (با بار عاملی ۰/۶۹۸) و در نهایت، این عوامل زمینه‌ساز مهاجرت افراد و تغییرات ساختار جمعیتی (با بار عاملی ۰/۷۳۳) در مبدأ و مقصد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری اجتماعی، تحلیل عاملی، شاخص SPI، کلان‌شهر تهران، بحران معیشت.

مقدمه

بی‌تردید بحران خشک‌سالی و کم‌آبی از مهم‌ترین مشکلات موجود در مدیریت جوامع انسانی و محیط زیست محسوب می‌شود [۱ و ۲]. در چند دهه اخیر بحران کم‌آبی در سراسر جهان تبدیل به موضوعی جدی و حیاتی شده که بسیاری از کشورها از جمله کشور ما را نیز تحت تأثیر قرار داده است. کمبود آب در ایران یکی از عوامل محدودکننده اصلی توسعه فعالیت‌های اقتصادی در دهه‌های آینده به شمار می‌رود [۳ و ۴]. در نگرش جدید جهانی، آب کالایی اقتصادی-اجتماعی و به عنوان نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. هرچند آب یکی از منابع تجدیدشونده به شمار می‌رود، اما سرانه منابع تجدیدشونده رو به کاهش است [۵]. در حالی که شهرها و مناطق شهری فقط ۳ درصد از سطح زمین را پوشش می‌دهند، تقریباً ۷۴ درصد از جمعیت ایران در حال حاضر در شهرها زندگی می‌کنند، این توزیع کل جمعیت پیامدهای طیف گسترده‌ای از بلایای شهری را بیشتر می‌کند [۶]. خشک‌سالی شهری اخیر در شهرهای مختلف از جمله لس‌آنجلس، ملبورن، کیپ‌تاون، پکن و ساوت‌پائولو رخ داده است [۷].

آسیب‌پذیری نسبت به خشک‌سالی شامل شرایط تعیین‌شده توسط عوامل و فاکتورهای اقتصادی، اجتماعی و فیزیکی است که حساسیت جامعه به اثرات مخرب خشک‌سالی را افزایش می‌دهد [۸]. آسیب‌پذیری اقتصادی نسبت به خشک‌سالی بیانگر قرار گرفتن یک اقتصاد در معرض خطر ناشی از شوک بیرونی خشک‌سالی است و در واقع، عدم توانایی یک اقتصاد به مقاومت در برابر تأثیرات ناشی از این رویداد و بهبود یافتن شرایط را نشان می‌دهد [۹]. در نتیجه، شناخت شیوه‌های نیل به پایداری به وسیله الگوهای مختلف کاهش آسیب‌پذیری در برنامه‌ریزی و مدیریت سوانح وارد شده [۱۰] و جایگاهی مناسب در سیاست‌گذاری‌های ملی هر کشور یافته است، تا شرایط مطلوبی را برای کاهش کارآمد و مؤثرتر خطرات در سطوح مختلف مدیریت ایجاد کنند [۱۱].

خشک‌سالی دربرگیرنده مجموعه‌ای پیچیده و درهم‌تنیده از تأثیرات منفی است که آن‌ها را می‌توان به اثرات زیست‌محیطی اقتصادی-اجتماعی و سیاسی تقسیم کرد. بیشترین اثرات اقتصادی خشک‌سالی بر بخش کشاورزی است [۱۲]، زیرا کاهش هر یک میلی‌متر

بارندگی می‌تواند حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیارد ریال به این بخش در کشور آسیب وارد کند [۱۵]. با این حال، گرچه راهی برای جلوگیری از این بلای طبیعی وجود ندارد و حداقل ۵۰ درصد سال‌ها در کشور دچار خشک‌سالی با درجه‌های مختلف هستیم، اما می‌توان با راهکارهای برون‌رفت از وضعیت فعلی و تدارک اقداماتی قابل اجرا متناسب با این پدیده در قالب مدیریت بحران و برنامه‌های مقابله با خشک‌سالی از میزان خسارت‌های واردشده کاست [۱۶]. افزایش جمعیت، دارایی‌ها و فعالیت‌های اقتصادی باعث می‌شود شهرها در معرض خطرات طبیعی آسیب‌پذیر باشند. افزایش جمعیت شهر و مناطق شهری منجر به افزایش تقاضا برای محصولات و خدمات با ردپای آب بیشتر می‌شود. تغییرات مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده در آب‌وهوا به احتمال زیاد بر منابع آب تأثیر می‌گذارد [۱۳]. رشد پایدار شهرها به سیستم‌های تأمین آب قابل اعتماد بستگی دارد که قادر به تأمین نیازهای آبی هستند و به اندازه کافی در برابر خشک‌سالی مقاوم‌اند [۱۷]. خشک‌سالی حالتی نرمال و مستمر از اقلیم است. گرچه بسیاری به‌اشتباه آن را واقعه‌ای تصادفی و نادر می‌پندارند. این پدیده تقریباً در تمامی مناطق اقلیمی رخ می‌دهد [۱۴]. خشک‌سالی از نظر اقتصادی و اجتماعی زمانی رخ می‌دهد که تقاضا برای آب بیش از عرضه باشد [۱۵].

خشک‌سالی به عنوان یکی از بلایای مهم طبیعی، هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی زیادی را برای شهرها به همراه دارد [۱۶]. بیش از ۱۵۰ تعریف درباره خشک‌سالی وجود دارد که یکی از تعریف‌های کامل توسط پالم در سال ۱۹۶۵ ارائه شد [۱۷]. پالم خشک‌سالی را به صورت کمبود رطوبت مستمر و غیرطبیعی تعریف کرد. منظور از مستمر زمان آغاز تا پایان خشک‌سالی یا زمان تداوم و منظور از واژه غیرطبیعی انحراف یا نوسان منفی نسبت به شرایط طبیعی است. خشک‌سالی در کشور ایران از نظر تعداد وقوع و همچنین شدت، مدت، گستردگی، تلفات انسانی و آثار منفی تاریخی و اقتصادی در رتبه اول سایر بلایای طبیعی قرار دارد [۱۸]. لیو و همکاران در سال ۲۰۱۹ در مطالعه‌ای به بررسی مدل ارزیابی ریسک خشک‌سالی با رتبه‌بندی فاصله‌ای و کاربرد آن پرداختند. نتایج پژوهش آنها نشان داد در زمینه وقایع آب‌وهوایی بیشتر و شدیدتر ارزیابی‌ها

منظور تهیه نقشه خطر خشک‌سالی برای ۲۲۹ منطقه اداری در سراسر کره جنوبی»، شاخص خطر خشک‌سالی (DHI) و شاخص آسیب‌پذیری خشک‌سالی (DVI) را پیشنهاد دادند. آن‌ها هفت شاخص مانند زمین‌های تحت آبیاری، شغل کشاورزی، تولید محصولات زراعی، تراکم جمعیت، آب شهری، آب صنعتی و آب کشاورزی را تعیین کردند [۲۳].

با توجه به موارد بیان‌شده و اینکه شهر تهران به دلیل موقعیت سیاسی، اقتصادی و اجتماعی خود جایگاه ویژه‌ای دارد، لازم دیده شد تا پژوهشی درباره تحلیل روند آسیب‌پذیری شهری ناشی از خشک‌سالی در استان تهران از جنبه‌های مختلف نظیر اقتصادی و اجتماعی انجام شود. تهران به عنوان پایتخت کشور ایران، از پرجمعیت‌ترین و پرمصرف‌ترین شهرها به حساب می‌آید. موقعیت مهم سیاسی آن و جذاب بودن آن برای ساکنان دیگر شهرها و شهرستان‌ها، مردم را بر آن داشته است تا به مهاجرت به این شهر روی آورند. با توجه به اهمیت تهران و افزایش روزافزون جمعیت آن، استفاده از منابع آبی اعم از آب‌های زیرزمینی، ذخایر سدها و آب‌های سطحی نیز افزایش چشمگیری داشته است. شهر تهران طی سال‌های گذشته با شدیدترین خشک‌سالی‌ها مواجه شده است که بررسی این خشک‌سالی‌ها ضمن آنکه ضرورت دارد، می‌تواند در پاره‌ای از تحلیل‌ها مانند ارزیابی عملکرد شاخص‌های خشک‌سالی و تدوین سیستم‌های پایش مؤثر باشد. در این پژوهش سعی بر آن است که به تحلیل روند آسیب‌پذیری شهری ناشی از خشک‌سالی در شهر تهران پرداخته شود. خشک‌سالی در شهر تهران بر منابع آب شیرین تأثیر می‌گذارد و می‌تواند تبدیل به یک تهدید بزرگ برای سیستم‌های آبرسانی شهری باشد. با توجه به پیش‌بینی‌های تغییر اقلیم با افزایش دمای هوا و مدت‌زمان دوره‌های خشک، ممکن است که در آینده‌ای بسیار نزدیک، تهران با کمبود جدی آب روبه‌رو شود که می‌تواند توسعه پایدار این شهر را محدود کند. عواقب ناشی از بحران آب در مناطق شهری تهران می‌تواند بخش‌های مختلف اقتصادی و همچنین، اکوسیستم‌های شهری را نگران کند. هدف اصلی این پژوهش، ارزیابی استان تهران در برابر خشک‌سالی شهری با توجه به شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی، فیزیکی و سیاسی است. همچنین، در

در مورد خطر خشک‌سالی برای توسعه پایدار کشاورزی است. این مطالعه با هدف ایجاد یک روش ارزیابی ریسک خشک‌سالی منطقه‌ای بر اساس نظارت بر خشک‌سالی به کمک سنجش‌ازدور و روش عدم اطمینان انجام شد. همچنین، نتایج نشان داد روش ارزیابی مبتنی بر تعداد بازه، می‌تواند با عدم قطعیت در واقعیت مقابله کند [۱۹]. وانگ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی با عنوان «ارزیابی آسیب‌پذیری خشک‌سالی شهری، چارچوبی برای ادغام شاخص اقتصادی اجتماعی، فیزیکی و سیاست در تحلیل سهم آسیب‌پذیری»، آسیب‌پذیری خشک‌سالی شهری را در منطقه پکن تیانجین از جنبه‌های مختلف بررسی و تجزیه و تحلیل کردند. نتایج پژوهش یادشده نشان داد نخست آسیب‌پذیری خشک‌سالی شهری ۱۳ شهر طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۶ افزایش یافته است. دوم اینکه عوامل اجتماعی و اقتصادی به عنوان اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری زیاد خشک‌سالی در نظر گرفته شدند [۲۰]. سارکودیه (۲۰۱۸) در مقاله «آمادگی سازگاری اقتصادی، اجتماعی و حاکمیتی برای کاهش آسیب‌پذیری از تغییرات آب‌وهوایی: شواهدی از ۱۹۲ کشور جهان» رابطه بین آسیب‌پذیری تغییرات آب‌وهوا و آمادگی سازگاری را در ۱۹۲ کشور سازمان ملل با استفاده از مدل‌های نقشه‌برداری و داده‌های اقلیمی بررسی کردند. این مطالعه آفریقا را به عنوان آسیب‌پذیرترین قاره در برابر تغییرات آب‌وهوایی نشان می‌دهد. کشورهای توسعه‌یافته از جمله نروژ، سوئیس، کانادا، سوئد، انگلستان، فنلاند، فرانسه، اسپانیا و آلمان به دلیل آمادگی قوی اقتصادی، حکومتی و سازگاری اجتماعی کمتر در برابر تغییرات آب‌وهوایی آسیب‌پذیرند [۲۱]. آبه و همکاران (۲۰۱۷) در مطالعه‌ای به ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر جاری شدن سیلاب با استفاده از برنامه‌های GIS پرداختند و نشان دادند افزایش پیش‌بینی‌شده در شدت و فراوانی بارش شدید باران به دلیل تغییرات آب‌وهوایی و افزایش سنگ‌فرش و به دنبال آن، از بین رفتن فضای ذخیره آب در مناطق شهری، شهرها را مستعد سیلاب می‌کند. در این مطالعه، یک سیستم ارزیابی جغرافیایی همراه و یک شبکه ارزیابی باورپذیری سیل مبتنی بر شبکه اعتقادی بی‌زی ارائه شد [۲۲]. کیم و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیقی با عنوان «ارزیابی خطر خشک‌سالی، آسیب‌پذیری و خطر، به

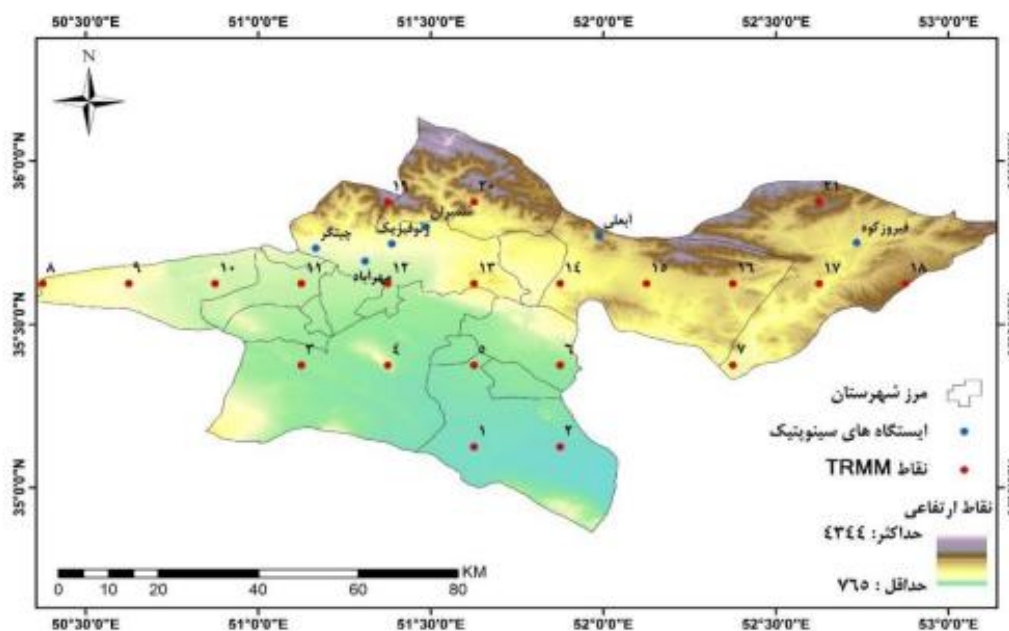
شهری استان تهران در شهر تهران و باقی در ۴۴ شهر دیگر استان ساکن هستند. رشد جمعیت شهر تهران ۴/۱ درصد است که در مقایسه با دهه قبل اندکی افزایش یافته است. وجود رودخانه‌های دائمی مانند رودخانه کرج، رودخانه جاجرود، رود لار، حبله‌رود، رود شور یا ابهر رود و طالقان رود موجب شده تا استان تهران از لحاظ منابع آب کمبودی نداشته باشد. بیشترین رودخانه‌های استان از کوه‌های البرز سرچشمه می‌گیرد. در استان تهران قنات‌های متعددی وجود داشته که در گذشته نه چندان دور در تأمین آب مورد نیاز مناطق شهری و روستایی سهم به‌سزایی داشته‌اند. ولی امروزه با استفاده از امکانات آب لوله‌کشی که از سدهایی همچون امیرکبیر، لتیان و لار تأمین می‌شود، آب قنات‌ها و چشمه‌ها فقط برای کشاورزی و آبیاری مصرف می‌شود و فقط بعضی چشمه‌ها، به‌ویژه چشمه‌های آب معدنی که بیشتر در شمال شرقی استان متمرکزند، اهمیت سابق خود را حفظ کرده‌اند. مهم‌ترین این چشمه‌ها عبارت‌اند از: چشمه اعلا دماوند، چشمه قلعه‌دختر، چشمه آب‌علی هراز، چشمه وله در گچسار، چشمه شاه‌دشت کرج، چشمه‌علی در شهر ری، چشمه تیزاب، چشمه گله‌گیله. منابع آب شهر تهران به دو دسته سطحی و زیرزمینی تقسیم می‌شود (شکل ۱).

این راستا هدف شناسایی عوامل مؤثر بر خشک‌سالی شهری در استان تهران به همراه پیامدهای زیست‌محیطی آن در فضای شهری دنبال می‌شود.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مطالعه‌شده

استان تهران با وسعتی حدود ۱۲۹۸۱ کیلومتر مربع، در ۵۱ درجه و ۶ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه و ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. تهران اقلیم‌های متنوع دارد؛ در شمال آب‌وهوای معتدل و کوهستانی و در جنوب آب‌وهوای نیمه‌خشک را شامل می‌شود. متوسط بارندگی سالانه حدود ۲۳۳ میلی‌متر و دمای منطقه بین میانگین کمینه و بیشینه ۱/۹ و ۲۲/۷ درجه سلسیوس برآورد شده است. با توجه به اینکه پایتخت کشور در این منطقه واقع شده و روند جمعیت در این استان رو به رشد است، تأمین منابع آبی و بررسی کمبودهای آبی برای این منطقه از موضوعات مهم استان به شمار می‌رود. استان تهران با بیش از ۱۳ میلیون نفر جمعیت، ۱۷/۵ درصد جمعیت کل کشور را در خود جای داده است. از این میزان، ۱۲۲۵۲۰۰۰ نفر در مناطق شهری و ۱۱۶۱۰۰۰ نفر در مناطق روستایی آن ساکن هستند. ۶۳/۶ درصد از جمعیت



شکل ۱. نقشه منطقه مطالعه‌شده

اول و مرتبه دوم، مقایسه میانگین یک گروهی، مقایسه میانگین دو جامعه مستقل، میانگین رتبه و غیره (با استفاده از نرم‌افزار Amos, GIS, SPSS) استفاده می‌شود. در انجام تحلیل عاملی ابتدا باید از این مسئله اطمینان یابیم که آیا تعداد داده‌های مورد نظر (اندازه نمونه و رابطه بین متغیرها) برای تحلیل عاملی مناسب است یا خیر؟ به این منظور، از دو روش آماری یعنی شاخص KMO و آزمون بارتلت در نرم‌افزار spss استفاده می‌شود. شاخص KMO (که مخفف Kaiser Measure of Meyer Olkin Measure of Adequacy) است، شاخصی از کفایت

نمونه‌گیری است که کوچک بودن همبستگی جزئی بین متغیرها را بررسی می‌کند و از این طریق مشخص می‌کند آیا واریانس متغیرهای پژوهش، تحت تأثیر واریانس مشترک برخی عامل‌های پنهانی و اساسی است یا خیر. این شاخص در بازه صفر تا یک قرار دارد. اگر مقدار شاخص نزدیک به یک باشد، داده‌های مورد نظر (اندازه نمونه) برای تحلیل عاملی مناسب هستند، وگرنه نتایج تحلیل عاملی برای داده‌های مورد نظر چندان مناسب نیست. جزئیات کامل در بسته آموزشی تحلیل عاملی که در منوی محصولات این سایت قرار دارد، ذکر شده است. گفتیم که داده‌های اولیه مورد استفاده برای تحلیل عاملی، ماتریس همبستگی بین متغیرهاست. حال آزمون بارتلت (Bartlett's Test of Sphericity) بررسی می‌کند چه هنگام ماتریس همبستگی، از نظر ریاضی ماتریسی واحد (همانی) است. اگر ماتریس همبستگی واحد یا یک (همانی) باشد، برای شناسایی ساختار (مدل عاملی) نامناسب است. واژه Sphericity به معنای کروی بودن است، به همین دلیل به این آزمون کرویت بارتلت نیز می‌گویند. پس از انتخاب عامل‌ها، چرخش آن‌ها ضرورت دارد. هدف از چرخش عامل‌ها، رسیدن به یک ساختار عاملی ساده است. در تحلیل عاملی، ساختارهای عاملی متعددی برای یک ماتریس همبستگی وجود دارد. اولین عامل غالباً یک عامل کلی است که تمام یا بیشتر متغیرها بار عاملی زیادی روی این عامل دارند. عامل‌های بعدی معمولاً دو قطبی هستند و بارهای عاملی مثبت و منفی دارند و قابل تفسیر نیستند و با چرخش ساختار عاملی روشن‌تر می‌شوند. چرخش عامل‌ها به دو صورت متعامد (ناهمبسته) و مایل (همبسته) صورت می‌گیرد. در چرخش

سه عامل جغرافیایی در ساخت کلی اقلیم استان تهران نقش مؤثری دارند که مختصر در ذیل توضیح داده شده است. ۱. کویر یا دشت کویر که مجاور استان تهران قرار دارند و از عوامل تأثیرگذار بر هوای گرما و خشک استان تهران هستند. ۲. رشته‌کوه‌های البرز که این رشته‌کوه‌ها موجب تعدیل آب‌وهوا می‌شود. ۳. بادهای مرطوب و باران‌زای غربی که این بادهای نقش مؤثری بر تعدیل گرمای سوزان بخش کویری دارند، ولی تأثیر آن را خنثی نمی‌کنند.

جامعه آماری و روش گردآوری اطلاعات

در این پژوهش، روش گردآوری داده‌ها از طریق آمارگیری نمونه‌ای است و ابزار مورد استفاده، پرسشنامه و مشاهدات میدانی است که هر یک از این ابزارها برای قسمتی از کار پژوهش و گردآوری داده‌های خاصی به کار رفته است. در بخش جامعه آماری، می‌توان به مدیران، معاونان استانداری‌ها، شهرداری‌ها، سازمان آب، سازمان هواشناسی و غیره در استان تهران، شهر تهران اشاره کرد. استان تهران و شهر تهران که مورد مطالعه این تحقیق است را نمی‌توان در یک مرز سیاسی خاص محدود کرد. به دلیل نبود مطالعات آسیب‌پذیری خشک‌سالی در سطح شهری، این مطالعه با توجه به سهم پارامترهای فیزیکی، زیست‌محیطی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، آسیب‌پذیری خشک‌سالی شهری (UDV)^۱ را در مناطق استان تهران و شهر تهران، مورد مطالعه، ارزیابی و تحلیل قرار خواهد داد. بر این اساس، ابزار ArcGIS برای تجزیه و تحلیل مکانی زمانی از آسیب‌پذیری خشک‌سالی استفاده شد. پس از آن، سهم هر پارامتر و هر شاخص در هر منطقه به صورت جداگانه با روش آنروپی تجزیه و تحلیل شد. همچنین، به این منظور با استفاده از داده‌های بارندگی از ایستگاه‌های سینوپتیک و باران‌سنجی در بازه زمانی ۲۰ ساله در جنوب غرب تهران، به بررسی و تحلیل فضایی خشک‌سالی پرداخته شد.

در این پژوهش از روش‌های کیفی و کمی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده می‌شود. برای تجزیه و تحلیل کیفی، از روش برخاسته از داده‌ها و برای تحلیل کمی، از روش تحلیل عاملی اکتشافی، تحلیل عاملی تأییدی مرتبه

مشاهده‌های از سه آزمون آماری ضریب تعیین (R^2)، مجذور میانگین مربع خطا (RMSE) و شاخص اریبی (BIAS) استفاده شد. بعد از کسب اطمینان از دقت و صحت داده‌های بارش روزانه ماهواره TRMM، مقادیر خشک‌سالی برای هر یک از نقاط شبکه به کمک شاخص معروف بارش استاندارد شده (SPI) برآورد شد. شاخص بارش استاندارد (SPI) توسط مکی و همکاران برای تعیین دوره‌های خشک‌سالی به منظور بهبود وضعیت عملیاتی پایش منابع آب در ایالات کلرادو تدوین شد [۲۴ و ۲۵].

بخش دوم روش‌شناسی پژوهش، به پرسشنامه اختصاص دارد. برای بررسی پایایی پرسشنامه‌های تهیه‌شده از ضریب آلفای کرونباخ استفاده شد. نتایج حاصل از اجرای آزمون نشان داد گویه‌های پرسشنامه‌های طراحی‌شده در هر دو بخش اقتصادی و اجتماعی از پایایی بسیار مناسبی برخوردارند. از آنجا که برای پیمایش از طیف پنج‌گزینه‌ای لیکرت بهره گرفته شده است، بنابراین میانگین هر یک از سؤال‌ها نسبت به میانگین معیار یعنی عدد ۳ مورد مقایسه قرار می‌گیرد. به طوری که اگر میانگین هر یک از سؤال‌ها کوچک‌تر از عدد ۳ و به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده اثرگذاری زیاد خشک‌سالی بر سؤال مورد نظر بوده و هر چه مقدار آن بزرگ‌تر از ۳ و به عدد ۵ نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده اثرپذیری پایین آن از پدیده خشک‌سالی است.

یافته‌ها

بررسی خصوصیات خشک‌سالی

رخداد خشک‌سالی همواره با ویژگی‌های خاصی همراه است، که از جمله عمومی‌ترین آن‌ها فراوانی، شدت، وسعت و تداوم خشک‌سالی است. از این‌رو، هر مطالعه‌ای مستلزم مشخص کردن کم و کیف عوامل یادشده است تا به این‌وسیله، قابلیت منطقه در رابطه با خشک‌سالی مشخص شود. از آنجا که ارزیابی خشک‌سالی و شناخت ویژگی‌های آن همگی به مقیاس زمانی وابسته است، تعریف و مطالعه آن بر اساس شاخص استاندارد بارش SPI مفید است. شکل ۲ درصد فراوانی ناهنجاری‌های منفی و مثبت بارش و همچنین، فراوانی دوره‌های نرمال برای سال‌های مورد مطالعه (۱۹۹۸-۲۰۱۹) را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود

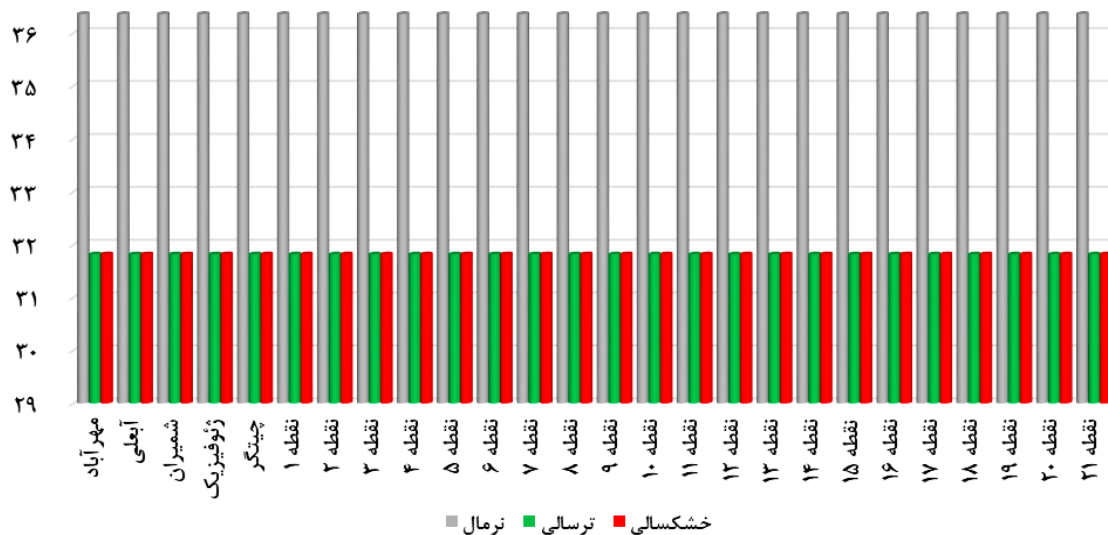
متعامد عامل‌های به‌دست‌آمده با هم همبستگی ندارند، در حالی که در چرخش مایل عامل‌ها با هم همبستگی دارند. روش‌های متعددی برای چرخش متعامد و مایل وجود دارد. از جمله چرخش‌های متعامد که غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرد، چرخش واریماکس است که در این تحقیق از این روش برای ساده‌سازی ماتریس و استخراج عامل‌هایی با بار گویه‌های بالا، استفاده شد. تکنیک سیستم اطلاعات جغرافیایی برای تحلیل مکانی-زمانی استفاده خواهد شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این پژوهش ماهیت اکتشافی دارد و همچنین، داده مورد استفاده از نوع کمی و کیفی است. روش‌شناسی پژوهش حاضر دو بخش مجزا را شامل می‌شود. بخش اول روش تحقیق به برآورد و پایش خشک‌سالی در محدوده استان تهران اختصاص دارد. به این‌منظور، داده‌های روزانه و ماهانه بارش ایستگاه‌های هواشناسی منطقه مطالعه‌شده از بدو تأسیس تا سال ۲۰۱۹ از سازمان هواشناسی کشور و همچنین، داده‌های بارش سنجنده TRMM با قدرت تفکیک مکانی 0.25×0.25 درجه جغرافیایی از تارنمای جیوانی (<https://giovanni.sci.gsfc.nasa.gov>) از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۹ دریافت شدند و مورد استفاده قرار گرفتند. بخش دوم روش‌شناسی تحقیق که به دنبال شناخت اثرات اقتصادی و اجتماعی پدیده خشک‌سالی است، از نوع توصیفی و تحلیلی است و ابزار اصلی جمع‌آوری اطلاعات مبتنی بر پرسشنامه است. بخش اول روش‌شناسی پژوهش، به داده‌های دریافتی اختصاص دارد. محصولات ماهواره‌ای که داده‌ها از آن دریافت شد، به سه سطح طبقه‌بندی می‌شوند که محصولات سطح ۳، به عنوان محصولات اقلیمی نامیده می‌شوند. محصولات اقلیمی سنجنده TRMM در حال حاضر در مقیاس‌های زمانی سه‌ساعته (RT 3B42)، روزانه (3B42V7) و ماهانه (3B43) برای مناطق حاره و عرض‌های میانه (۵۰ درجه جنوبی تا ۵۲ درجه شمالی) در دسترس هستند. در این تحقیق از محصولات روزانه این سنجنده یعنی (3B42V7) استفاده شد. پس از دریافت داده‌ها، به کمک نرم‌افزارهای آماری، عملیات پردازش و آماده‌سازی آنها انجام شد. سپس، به منظور ارزیابی دقت داده‌های ماهواره‌ای در برابر داده‌های

محدوده نرمال قرار دارد. نکته قابل توجه اینکه درصد رخداد‌های خشک‌سالی، ترسالی و دوره‌های نرمال برای همه نقاط استان مشابه است و به ترتیب ۳۱/۸ درصد خشک‌سالی، ۳۱/۸ درصد ترسالی و ۳۶/۴ درصد دوره نرمال است

که رخداد ناهنجاری بارش در ایستگاه‌ها و همچنین، نقاط TRMM در استان تهران قابل توجه است و حدود ۶۴ درصد سال‌های مطالعه شده مقدار بارش از حالت بهنجار بلندمدت نوسان داشته است. این در حالی است که حدود ۳۶ درصد سال‌ها مقدار بارش در منطقه مطالعه شده در



شکل ۲. درصد فراوانی دوره‌های خشک‌سالی، ترسالی و نرمال در استان تهران (۱۹۹۸-۲۰۱۹)

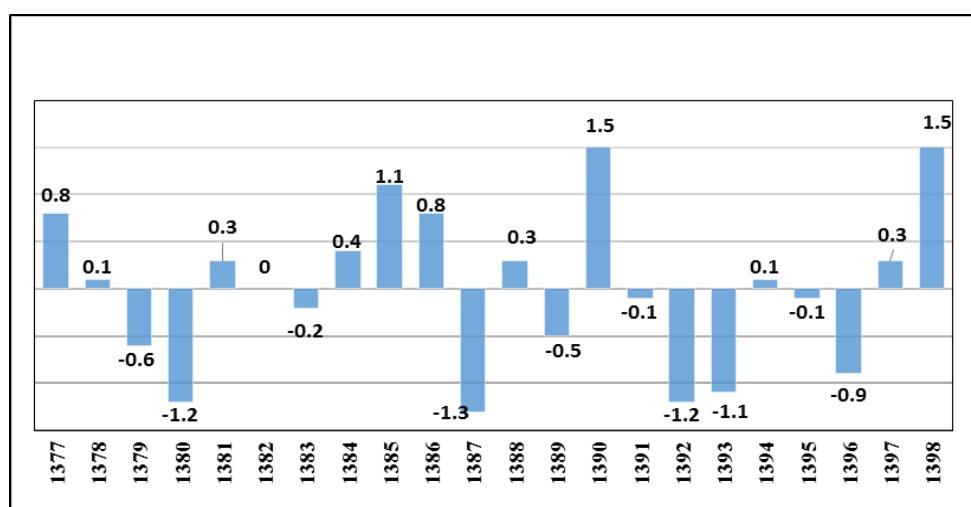
است خشک‌سالی و ترسالی‌های بسیار شدید در سال‌های اخیر اتفاق نیفتاده است.

با توجه به تعداد زیاد نقاط منتخب در سطح استان (۲۱ نقطه از شبکه TRMM و ۵ ایستگاه سینوپتیک)، برای نشان دادن سری زمانی مقادیر SPI ۱۲ ماهه منتهی به ماه دسامبر که بیانگر خشک‌سالی در مقیاس سالانه است، از میانگین مقادیر SPI در هر سال استفاده شد (شکل ۳). مطابق شکل ۳ همچون وضعیت تمام نقاط، فراوانی دوره‌های ناهنجار بارش بیشتر از دوره‌های هنجار است و رخداد‌های خشک‌سالی و ترسالی از نظم زمانی برخوردار نیستند و در تمام دوره مطالعاتی پراکنده شده‌اند. در اوایل دهه ۲۰۰۰ دو دوره خشک‌سالی بر کل استان حاکمیت داشته است و پس از آن شاهد چهار سال وضعیت نرمال تا سال ۲۰۰۵ هستیم. طی سال‌های ۲۰۰۶ و ۲۰۰۷ وضعیت غالب استان ترسالی است تا اینکه در سال ۲۰۰۸ شدیدترین خشک‌سالی ۲۲ سال اخیر در تهران اتفاق افتاده است.

همچنین، بررسی فراوانی شدت‌های مختلف ناهنجاری بارش (جدول ۱) نشان می‌دهد فراوانی شدت‌های خشک‌سالی و ترسالی برای تمام پهنه منطقه مطالعه شده با هم یکسان است و ناهنجاری بارش در سطح استان تهران معمولاً به طور فراگیر اتفاق می‌افتد. هرچند امکان دارد شدت ناهنجاری در همه نقاط به طور هم‌زمان یکسان نباشد (برای نمونه، مقدار نمره SPI ۱۲ ماهه ۱۹۹۸ در ایستگاه ژئوفیزیک ۰/۶۷ و در ایستگاه فیروزکوه ۱/۲ به دست آمده است) اما در مجموع، دوره بلندمدت فراوانی شدت‌های مختلف با هم برابر شده است. ملاحظه می‌شود که غالب رخداد‌های خشک‌سالی و ترسالی در استان تهران از نوع ملایم هستند و در همه نقاط ۱۸/۲ درصد از ناهنجاری بارش مربوط به ترسالی و خشک‌سالی ملایم است. همچنین، در ۹/۱ درصد از مواقع دوره‌های خشک و مرطوب متوسط را تجربه کرده است و رخداد‌های شدید خشک‌سالی و ترسالی فقط در ۴/۵ درصد مواقع اتفاق افتاده‌اند. کمینه و بیشینه نمرات SPI برای نقاط منتخب در سطح استان $\pm 1/95$ به دست آمده که گویای آن

جدول ۱. فراوانی شدت‌های مختلف ناهنجاری بارش در استان تهران برحسب درصد (۱۹۹۸-۲۰۱۹)

ایستگاه	نرمال	ترسالی ملایم	ترسالی متوسط	ترسالی شدید	خشک‌سالی ملایم	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی شدید
مهرآباد	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
آبعلی	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
شمیران	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
ژئوفیزیک	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
چیتگر	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۲	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۳	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۴	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۵	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۶	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۷	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۸	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۹	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۰	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۱	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۲	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۳	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۴	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۵	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۶	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۷	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۸	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۱۹	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۲۰	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵
نقطه ۲۱	۳۶/۴	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵	۱۸/۲	۹/۱	۴/۵



شکل ۳. میانگین شاخص SPI استان تهران در مقیاس سالانه (۱۹۹۸-۲۰۱۹)

در سال ۲۰۱۳) و قسمت‌هایی از غرب دماوند و شرق پردیس و جنوب تهران (سال ۲۰۱۴) دیده می‌شوند. در بازوی شمال شرق استان و وسعت زیادی از شمیرانات خشک‌سالی ملایم و ضعیف نمود بیشتری دارد. در این دو سال، گستره قابل توجهی از استان شامل غرب، جنوب، مرکز و شرق آن مقدار شاخص SPI بین ۱ تا ۱/۴۹ قرار دارد که نشان‌دهنده خشک‌سالی متوسط است.

تحلیل عاملی اثرات اقتصادی و اجتماعی خشک‌سالی

به منظور بررسی همبستگی درونی سؤال‌ها و دسته‌بندی کردن اثرات خشک‌سالی بر آسیب‌پذیری شهری در قالب چند مؤلفه اصلی و تعیین مقدار واریانس تبیین‌شده به وسیله هریک از این عامل‌ها یا مؤلفه‌ها از روش تحلیل عاملی استفاده شده است. مطابق جدول ۲ مقدار آماره KMO برابر با ۰/۷۸۰ است که نشان می‌دهد داده‌ها کفایت لازم برای انجام تحلیل عاملی را دارند و انجام تحلیل عاملی روی این داده‌ها نتیجه‌بخش خواهد بود. همچنین، معنادار بودن آزمون بارتلت با مقدار ۲۲۳۸/۵۳۲ نشان می‌دهد ماتریس همبستگی معنادار است و حداقل شرایط لازم برای انجام تحلیل عاملی وجود دارد.

جدول ۲. مقادیر آزمون KMO، بارتلت و سطح معناداری

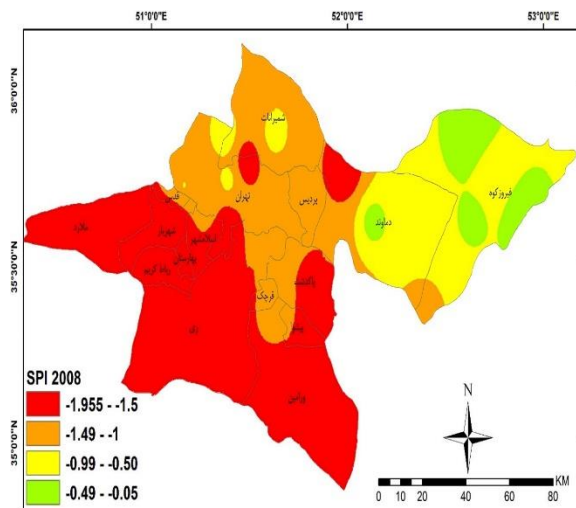
آماره KMO	آماره بارتلت	درجه آزادی	سطح معناداری
۰/۷۸۰	۲۲۳۸/۵۳۲	۳۲۵	۰/۰۱

بر اساس محاسبات تحلیل عاملی، چهار عامل که مقدار ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از عدد یک بود، استخراج شد (شکل ۵). مقدار ویژه بیانگر سهم هر عامل از کل واریانس متغیرها است و هر چه مقدار آن بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده اهمیت و تأثیر بیشتر آن عامل است. درخور یادآوری است که برای ساده‌سازی ماتریس و استخراج عامل‌هایی با بار سؤال‌های بالا، از روش چرخش واریماکس استفاده شده است. در نهایت، چهار عامل اصلی استخراج‌شده، ۶۵/۶ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند (جدول ۳).

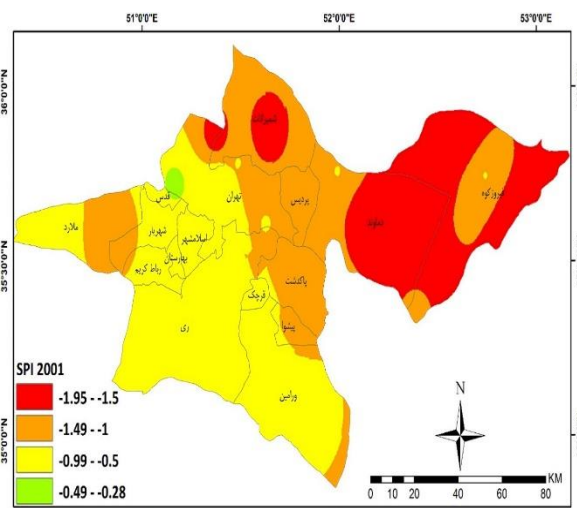
در سال‌های انتهایی دره مورد مطالعه ناهنجاری بارش در استان تهران تمایل بیشتر به خشک‌سالی دارد و در هفت سال اخیر سه دوره خشک فراگیر و نسبتاً شدید در سال‌های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۷ حادث شده است. در وضعیت میانگین کل استان پنج رخداد خشک در مقابل چهار رخداد مرطوب مشاهده می‌شود. از نظر تداوم نیز دوره‌های خشک و مرطوب تفاوتی با هم ندارند و از حداکثر تداوم دوساله برخوردارند.

بررسی روش‌های مختلف درون‌یابی برای پهنه‌بندی خشک‌سالی با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS نشان داده است که روش کرجینگ برای درون‌یابی دوره‌های خشک مناسب است. بنابراین، با استفاده از این روش مقادیر نقطه‌ای نمایه SPI (اعداد به دست آمده برای هر ایستگاه) به سطح تعمیم داده شد. به منظور آگاهی از توزیع مکانی خشک‌سالی در استان تهران، نقشه پهنه‌بندی این پدیده در سال‌هایی که رخداد آن فراگیر و قابل توجه بوده است، ترسیم شده‌اند.

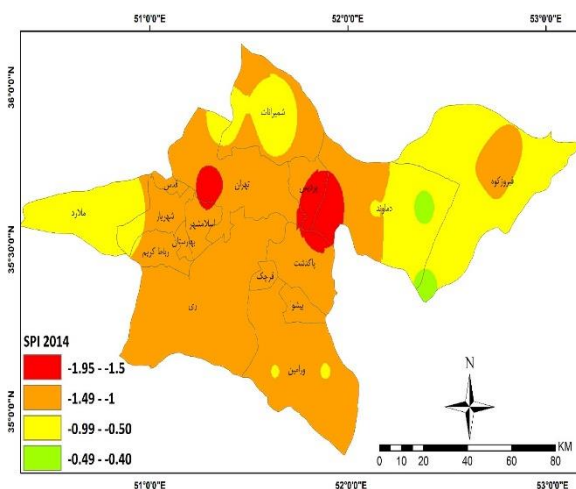
با توجه به شکل ۶، در سال ۲۰۰۱ نواحی شمال شرقی استان و محدوده شمیرانات در شمال درگیر خشک‌سالی شدید شدند. در نواحی شمالی و شرقی استان مقادیر شاخص SPI در محدوده ۱ تا ۱/۴۹ قرار دارد که گویای حاکمیت خشک‌سالی متوسط است. در سایر مناطق (نواحی مرکزی، جنوبی و غربی) خشک‌سالی از شدت کمی برخوردار بوده و غلبه با رخداد ملایم یا ضعیف است. در سال ۲۰۰۸ که شدیدترین خشک‌سالی سال‌های اخیر اتفاق افتاده است، مناطق غربی و جنوبی استان به خلاف سال ۲۰۰۱، از خشک‌سالی شدید رنج می‌برند. در قسمت‌های مرکزی و شمالی، خشک‌سالی متوسط حاکمیت داشته است و در شمال شرق تهران (شهرستان‌های فیروزکوه و دماوند) بیشتر نقاط درگیر خشک‌سالی ملایم بوده‌اند (شکل ۴). مطابق شکل ۴ در سال ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ گستره خشک‌سالی شدید کاهش قابل توجهی دارد و لکه‌هایی از این نوع خشک‌سالی در حوالی شهر قدس، قرچک، شمال ورامین، غرب پاکدشت



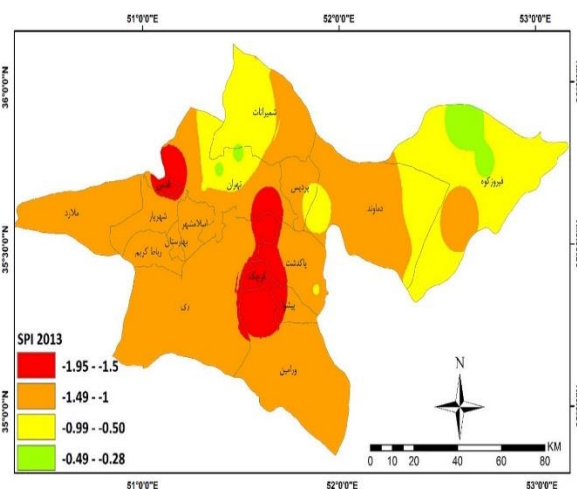
سال ۲۰۰۸



سال ۲۰۰۱

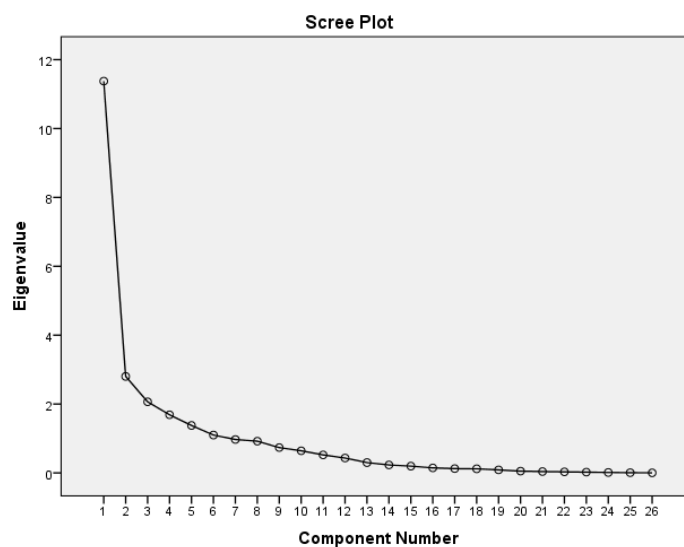


سال ۲۰۱۴



سال ۲۰۱۳

شکل ۴. پهنه‌بندی خشک‌سالی در استان تهران در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴



شکل ۵. نمودار اصخره‌ای تحلیل عاملی

جدول ۳. عامل‌های استخراج‌شده از تحلیل عاملی

عامل‌ها	مقدار ویژه	درصد واریانس تبیین شده	درصد واریانس تجمعی
اول	۱۱/۳	۲۰/۶	۲۰/۶
دوم	۲/۸	۱۸/۲	۳۸/۸
سوم	۲/۰۶	۱۳/۵	۵۲/۲
چهارم	۱/۷	۱۳/۳	۶۵/۵

مقادیر میانگین و واریانس سؤال‌های پرسشنامه در جدول ۵ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که با توجه به نظرات پاسخ‌گویان از ۱۱ سؤال اقتصادی، ۱۰ سؤال دارای میانگین کمتر از ۳ هستند و نشان‌دهنده اثرپذیری زیاد و خیلی زیاد آن‌ها از پدیده خشک‌سالی است. در بخش اقتصادی تنها سؤال مربوط به اثر خشک‌سالی بر کاهش قیمت‌ها (Q6) دارای میانگین بیشتر از ۳ (۳/۶) است که بیانگر اثرپذیری کم این مؤلفه از پدیده خشک‌سالی است. در بعد اجتماعی مقدار میانگین بیشتر سؤال‌ها (۱۳ سؤال از ۱۵ سؤال) کمتر از عدد ۳ است. این وضعیت نشان می‌دهد مؤلفه‌های اجتماعی پرسشنامه نیز اثرپذیری زیادی از خشک‌سالی دارند. میانگین سؤال‌های Q15 و Q26 نیز به ترتیب ۲/۸ و ۲/۷ به دست آمده است که به دلیل نزدیکی به میانگین معیار یعنی عدد ۳ در گروه اثرپذیری متوسط از پدیده خشک‌سالی ارزیابی شده‌اند.

همچنین، مقادیر واریانس بیشتر سؤال‌های پرسشنامه کمتر از عدد ۱ است. این امر نشان می‌دهد مقدار پراکندگی یا وردایی پایین است و نظرات پاسخ‌گویان به هم نزدیک و توافق زیادی بین آن‌ها وجود دارد. در مجموع، کمترین مقدار واریانس یا اختلاف‌نظر مربوط به سؤال‌های Q21 (اثر خشک‌سالی بر تغییرات جمعیتی)، Q22 (اثر خشک‌سالی بر افزایش حاشیه‌نشینی شهری)، Q1 (اثر خشک‌سالی بر کاهش عملکرد کشاورزی)، Q4 (اثر خشک‌سالی بر کاهش انگیزه‌های سرمایه‌گذاری)، Q7 (اثر خشک‌سالی بر افزایش فقر و بزهکاری) و Q13 (اثر خشک‌سالی بر افزایش فقر و بزهکاری) است. بیشترین اختلاف نظر مربوط به سؤال‌های Q6 (اثر خشک‌سالی بر کاهش قیمت‌ها)، Q14 (اثر خشک‌سالی بر ازهم‌گسیختگی انسجام اجتماعی و خانوادگی)، Q16 (اثر خشک‌سالی بر افزایش تنش‌های روحی و روانی) و (Q25 اثر خشک‌سالی بر افزایش کودکان کار) با واریانس (۱/۱) است.

با توجه به مقدار واریانس تبیین‌شده توسط هر عامل در جدول ۳، مشخص می‌شود که عامل اول (آسیب‌های اجتماعی-روانی) از بیشترین مقدار ویژه برخوردار است و به‌تنهایی بیش از ۲۰ درصد واریانس تبیین‌شده را به خود اختصاص داده و یکی از عوامل مهم زیربنایی تأثیرپذیر از پدیده خشک‌سالی است. از میان متغیرهایی که در این عامل قرار گرفته‌اند، ازهم‌گسیختگی انسجام خانوادگی و اجتماعی با بار عاملی ۰/۸۹۴ و افزایش تنش‌های روحی و روانی با بار عاملی ۰/۸۷۰ از پیامدهای شدید خشک‌سالی به شمار می‌رود. عامل دوم ۱۸/۲ درصد از واریانس را تبیین می‌کند. با توجه به متغیرهایی که با این عامل همبستگی دارند، می‌توان آن را عامل بحران تولید و معیشت نام‌گذاری کرد. از میان متغیرهای این عامل، کاهش انگیزه‌های سرمایه‌گذاری با بار عاملی ۰/۸۵۰ و افزایش بدهی‌ها و کاهش پس‌اندازها با بار عاملی ۰/۷۷۹ بیشترین تأثیر را از خشک‌سالی پذیرفته‌اند. عامل سوم ۱۳/۵ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کند. با توجه به متغیرهای که با این عامل بیشترین همبستگی را دارند، می‌توان آن را عامل فقر و فلاکت نامید. در این عامل دو متغیر افزایش فقر و بزهکاری با بار عاملی ۰/۶۹۸ و افزایش میزان بیکاری با بار عاملی ۰/۶۸۳ بیشترین تأثیرپذیری از خشک‌سالی داشته‌اند. عامل چهارم ۱۳/۳ درصد از واریانس را تبیین کرده است و دو متغیر افزایش انگیزه‌های مهاجرت و تغییرات جمعیتی روی این عامل قرار گرفته‌اند. از این‌رو، می‌توان عامل چهارم را عامل تغییرات جمعیتی نامید. به طور کلی، می‌توان گفت که پدیده خشک‌سالی در تهران ابتدا موجب ایجاد تنش‌ها و آسیب‌های روانی و اجتماعی می‌شود و با پیشرفت این پدیده، زمینه برای ایجاد بحران تولید و معیشت فراهم می‌شود. متعاقب این اثرات، پدیده دیگری به نام فقر و فلاکت ظاهر می‌شود و در نهایت، این عوامل زمینه‌ساز مهاجرت افراد و تغییرات ساختار جمعیتی در مبدأ و مقصد خواهند شد (شکل ۷).

جدول ۴. بار عاملی متغیرهای استخراج شده

عامل	متغیر	بار عاملی
آسیب‌های اجتماعی-روانی	اثر خشک‌سالی بر ازمهم‌گسیختگی انسجام اجتماعی و خانوادگی	۰/۸۹۴
	اثر خشک‌سالی بر افزایش تنش‌های روحی و روانی	۰/۸۷۰
	اثر خشک‌سالی بر کاهش امید به زندگی	۰/۸۶۴
	اثر خشک‌سالی بر بدبینی و نارضایتی مردم نسبت به دولت	۰/۷۴۱
	اثر خشک‌سالی بر افزایش حاشیه‌نشینی شهری	۰/۷۲۲
	اثر خشک‌سالی بر کاهش میزان وحدت و مشارکت‌ها	۰/۶۲۱
	اثر خشک‌سالی بر افزایش انگیزه مهاجرت	۰/۷۳۳
	اثر خشک‌سالی بر افزایش نزاع دسته‌جمعی و فردی	۰/۵۹۸
	اثر خشک‌سالی بر کاهش امنیت و افزایش هزینه‌های امنیتی و نظامی	۰/۵۷۴
	اثر خشک‌سالی بر کاهش انگیزه‌های سرمایه‌گذاری	۰/۸۵۰
	اثر خشک‌سالی بر کاهش ارزش‌داری‌ها	۰/۵۵۹
بحران تولید و معیشت	اثر خشک‌سالی بر افزایش بدهی‌ها و کاهش پس‌اندازها	۰/۷۷۹
	اثر خشک‌سالی بر اختلال دادوستد و ناتوانی پرداخت اقساط بانکی	۰/۷۶۴
	اثر خشک‌سالی بر کاهش قدرت خرید مردم	۰/۷۵۱
	اثر خشک‌سالی بر ناپایداری منابع درآمد	۰/۷۲۹
	اثر خشک‌سالی بر کاهش عملکرد کشاورزی	۰/۵۸۹
	اثر خشک‌سالی بر کاهش تولیدات صنعتی	۰/۵۵۱
	اثر خشک‌سالی بر افزایش قیمت نهایی غذا	۰/۵۱۳
	اثر خشک‌سالی بر افزایش فقر و بزهکاری	۰/۶۹۸
	اثر خشک‌سالی بر افزایش میزان بیکاری	۰/۶۸۳
	اثر خشک‌سالی بر افزایش پرونده‌های قضایی و تعداد زندانی‌ها	۰/۵۹۸
	اثر خشک‌سالی بر افزایش متکدیان و زباله‌گردها	۰/۵۸۹
فقر و فلاکت	اثر خشک‌سالی بر افزایش کودکان کار	۰/۵۷۴
	اثر خشک‌سالی بر رواج مشاغل کاذب و غیرقانونی	۰/۵۵۰
	اثر خشک‌سالی بر تغییرات جمعیتی	۰/۵۹۹

جدول ۵. مقدار میانگین و واریانس سؤال‌های اقتصادی و اجتماعی

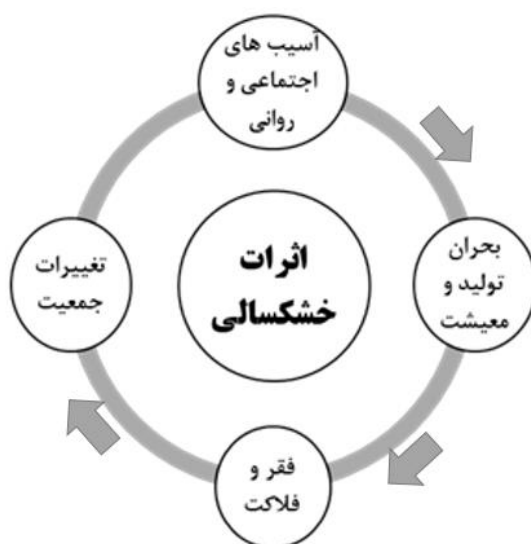
رتبه	اثرپذیری	واریانس	میانگین	سؤال‌ها	سؤال‌های اقتصادی
۱۱	خیلی زیاد	۰/۵	۱/۵	Q1	اثر خشک‌سالی بر کاهش عملکرد کشاورزی
۴	زیاد	۰/۷	۲/۳	Q2	اثر خشک‌سالی بر کاهش قدرت خرید مردم
۸	زیاد	۰/۷	۲/۱	Q3	اثر خشک‌سالی بر ناپایداری منابع درآمد
۵	زیاد	۰/۵	۲/۳	Q4	اثر خشک‌سالی بر کاهش انگیزه‌های سرمایه‌گذاری
۲	متوسط	۰/۹	۲/۸	Q5	اثر خشک‌سالی بر کاهش ارزش‌داری‌ها
۱	کم	۱/۱	۳/۶	Q6	اثر خشک‌سالی بر کاهش قیمت‌ها
۱۰	زیاد	۰/۵	۱/۸	Q7	اثر خشک‌سالی بر افزایش میزان بیکاری
۳	متوسط	۰/۷	۲/۶	Q8	اثر خشک‌سالی بر کاهش تولیدات صنعتی
۷	زیاد	۰/۸	۲/۱	Q9	اثر خشک‌سالی بر افزایش بدهی‌ها و کاهش پس‌اندازها
۶	زیاد	۰/۹	۲/۲	Q10	اثر خشک‌سالی بر اختلال دادوستد و ناتوانی پرداخت اقساط بانکی
۹	زیاد	۰/۷	۱/۹	Q11	اثر خشک‌سالی بر افزایش قیمت نهایی غذا
رتبه	اثرپذیری	واریانس	میانگین	سؤال‌ها	سؤال‌های اجتماعی
۱۴	زیاد	۰/۷	۱/۷	Q12	اثر خشک‌سالی بر افزایش انگیزه مهاجرت
۱۳	زیاد	۰/۵	۱/۸	Q13	اثر خشک‌سالی بر افزایش فقر و بزهکاری
۵	زیاد	۱/۱	۲/۵	Q14	اثر خشک‌سالی بر ازمهم‌گسیختگی انسجام اجتماعی و خانوادگی
۱	متوسط	۱/۰	۲/۸	Q15	اثر خشک‌سالی بر کاهش امید به زندگی
۶	زیاد	۱/۱	۲/۴	Q16	اثر خشک‌سالی بر افزایش تنش‌های روحی و روانی
۹	زیاد	۰/۵	۲/۴	Q17	اثر خشک‌سالی بر کاهش امنیت و افزایش هزینه‌های امنیتی و نظامی
۱۱	زیاد	۰/۷	۲/۰	Q18	اثر خشک‌سالی بر افزایش نزاع دسته‌جمعی و فردی
۳	زیاد	۰/۷	۲/۵	Q19	اثر خشک‌سالی بر کاهش میزان وحدت و مشارکت‌ها
۷	زیاد	۰/۸	۲/۴	Q20	اثر خشک‌سالی بر بدبینی و نارضایتی مردم نسبت به دولت
۱۵	زیاد	۰/۴	۱/۶	Q21	اثر خشک‌سالی بر تغییرات جمعیتی
۱۲	زیاد	۰/۴	۱/۹	Q22	اثر خشک‌سالی بر افزایش حاشیه‌نشینی شهری
۱۰	زیاد	۰/۵	۲/۲	Q23	اثر خشک‌سالی بر رواج مشاغل کاذب و غیرقانونی
۸	زیاد	۱/۰	۲/۴	Q24	اثر خشک‌سالی بر افزایش متکدیان و زباله‌گردها
۴	زیاد	۱/۱	۲/۵	Q25	اثر خشک‌سالی بر افزایش کودکان کار
۲	متوسط	۱/۳	۲/۷	Q26	اثر خشک‌سالی بر افزایش پرونده‌های قضایی و تعداد زندانی‌ها

پرونده‌های قضایی و تعداد زندانی‌ها است (Q26). کاهش میزان وحدت و مشارکت‌ها (Q19) دیگر سؤالی است که اثرپذیری پایینی از پدیده خشک‌سالی دارد.

واقعیت این است که بهره‌برداران و عامه مردم نسبت به تأثیر روند خشک‌سالی در کاهش قیمت‌ها با رویکرد کاهش کیفیت محصول، اعتقاد چندانی نداشته، بلکه در تغییر افت کیفیت و به تبع آن افت قیمت‌ها را تابع عوامل مختلف دیگر می‌دانند که خشک‌سالی در این بین سهم چشمگیری به آن اختصاص نمی‌دهد. بدیهی است با گسترش پدیده خشک‌سالی و تغییر در میزان بارش، آب دریافتی مناطق مستعد کشت محدودتر شده و سپس، عرصه‌های فعالیت کشاورزی کوچک‌تر و از جامعه بهره‌بردار کاسته می‌شود و با کاهش حجم تولید و محدودتر شدن حجم محصولات تولیدی قابل عرضه در شهرها و کانون‌های جمعیتی، بر میزان میزان بیکاری افزوده می‌شود. از دیگر سو، با کاهش حجم اولیه مورد نیاز، از میزان تولیدات مراکز صنعتی نیز کاسته شده، اما با توجه به اینکه در نگاه کلی صنایع وابسته به تولیدات کشاورزی بخش محدودی از کلیت جامعه صنعتی را در بر می‌گیرد، اعتقاد به تأثیر خیلی زیاد در کاهش محصولات صنعتی ناشی از کاهش حجم مواد اولیه وجود ندارد؛ گرچه باور به ذات تأثیر منفی همچنان باقی است.

رتبه سؤال‌های اقتصادی از منظر میزان تأثیرپذیری از خشک‌سالی بر اساس آماره میانگین در ستون آخر جدول ۲ نشان داده شده است. مطابق این شکل بیشترین اثر خشک‌سالی در درجه اول روی کاهش عملکرد کشاورزی (Q1) و سپس، روی افزایش میزان بیکاری به دلیل از بین رفتن زمینه‌ها و فرصت‌های اشتغال (Q7) است. افزایش قیمت نهایی غذا (Q11) و ناپایداری منابع درآمد (Q3) در مرتبه‌های بعدی قرار گرفته‌اند. همچنین، کمترین اثر خشک‌سالی از منظر اقتصادی در درجه اول مربوط به سؤال‌های کاهش قیمت‌ها به دلیل افت کیفیت محصولات (Q6) و کاهش ارزش دارایی‌ها (Q5) و سپس، کاهش تولیدات صنعتی (Q8) هستند.

ستون آخر جدول ۵ رتبه سؤال‌های اجتماعی از منظر میزان تأثیرپذیری از خشک‌سالی بر اساس آماره میانگین را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که سؤال Q21 یا همان تغییرات جمعیتی (کاهش جمعیت روستا و افزایش جمعیت شهری) مهم‌ترین اثر اجتماعی خشک‌سالی از دید نخبگان است و بالاترین رتبه را در قسمت اجتماعی به خود اختصاص داده است. افزایش انگیزه‌های مهاجرت (Q12) و افزایش فقر و بزهکاری (Q13) نیز در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در مقابل، کمترین اثر اجتماعی خشک‌سالی مربوط به سؤال کاهش امید به زندگی (Q15) و سپس، افزایش



شکل ۶. مدل تجربی اثرات خشک‌سالی در تهران

نتیجه‌گیری

تقاضا، با کاهش امکان عرضه به مرور بر حجم بدهی‌ها افزوده شده که معنای آن کاهش پس‌انداز و کاهش قدرت خرید مردم است. با محدودتر شدن توان اقتصادی افراد، روند تجارت و دادوستد محدودتر شده و مقادیر بازپرداخته‌ای بانکی افزایش یافته و تا حد زیادی بر مشکلات اقتصادی جامعه افزوده می‌شود. از نتایج مهم و کلیدی این تحقیق می‌توان به این موارد اشاره کرد که کاهش عملکرد فعالیت‌های کشاورزی در نتیجه رخداد خشک‌سالی، سبب افزایش فقر و بیکاری و گسترش ناهنجاری‌های اجتماعی شده است. بنابراین، باید پیش از آنکه دیر شده باشد، از وقوع یک معضل و بحران بسیاری جدید، جلوگیری کرد.

منابع

- [1]. Ren J, Khayatnezhad M. Evaluating the stormwater management model to improve urban water allocation system in drought conditions. *Water Supply*. 2012; 3 21(4): 1514 1524.
- [2]. Ray B, Rajib S. *Urban Drought*. 2nd ed. Singapore: Springer; 2019.
- [3]. Kafaei M, Sedighzadeh D, Sedighzadeh M, Fini AS. An IGD/Scenario based stochastic model for an energy hub considering hydrogen energy and electric vehicles: A case study of Qeshm Island, Iran. *Int J Electr Power Energy Syst*. 2022; 135: 107 117. [Persian]
- [4]. Naderi MM, Mirchi A, Bavani ARM, Goharian E, Madani K. System dynamics simulation of regional water supply and demand using a food energy water nexus approach: application to Qazvin Plain, Iran. *J Environ Manage*. 2021; 280,111 128. [Persian]
- [5]. Abdolghafoorian A, Tajrishy M, Abrishamchi A. Urban Water Management Considering Reclaimed Wastewater and Runoff as a New Water Resource for City of Tehran, Iran. *J Water and Wastewater*. 2012; 23(4): 29 42. [Persian]
- [6]. Zhang X, Chen N, Sheng H, Ip C, Yang L, Chen Y, Niyogi D. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. *Sci Total Environ*. 2019; 693: 133 153.
- [7]. Buurman J, Mens MJ, Dahm RJ. Strategies for urban drought risk management: a comparison of 10 large cities. *Int J Water Resour Dev*. 2017; 33(1): 31 50.

این پژوهش با هدف بررسی و تحلیل روند آسیب‌پذیری شهری ناشی از خشک‌سالی در استان تهران از جنبه‌های مختلف اقتصادی و اجتماعی انجام شد. همچنین، شاخص SPI به عنوان یکی از شاخص‌های رایج در تحلیل خشک‌سالی استان تهران مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داده که ماهواره TRMM قابلیت خوبی در برآورد بارش و پیش خشک‌سالی در منطقه مطالعه شده دارد. به طوری که دوره‌های ناهنجار بارش و همچنین، فراوانی و شدت دوره‌های خشک‌سالی به‌دست‌آمده توسط ایستگاه‌های هواشناسی زمینی، تا حد زیادی همسو و منطبق با نقاط شبکه TRMM است. این نتایج با یافته‌های محققانی همچون [۲۶-۲۹] که قابلیت ماهواره TRMM در برآورد خشک‌سالی را مناسب ارزیابی کرده‌اند، مطابقت دارد. همچنین، نتایج نشان داد خشک‌سالی در استان تهران تداوم زیادی ندارد و رخداد آن از دو سال پیاپی تجاوز نکرده است. ناهنجاری بارش در کل دوره مورد مطالعه پراکنده شده است و دوره‌های خشک با دوره‌های مرطوب جبران شده‌اند. به همین دلیل، میانگین نمرات شاخص SPI طی ۲۲ سال اخیر نزدیک به صفر است. البته در چند سال اخیر، رخداد خشک‌سالی‌ها افزایش یافته است و در هفت سال انتهایی دوره مورد مطالعه (۱۹۹۸-۲۰۱۹)، سه دوره خشک در مقابل یک دوره مرطوب اتفاق افتاده است. سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۸، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ از جمله فراگیرترین رخدادهای خشک‌سالی در استان تهران بوده‌اند. در سال ۲۰۰۸ بیشتر پهنه استان تحت حاکمیت خشک‌سالی متوسط تا شدید قرار داشتند، اما در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴، رخدادهای ملایم تا متوسط گستره بیشتری از استان را درگیر کرده‌اند. از نظر مکانی خشک‌سالی شدید در محدوده ورامین، قرچک و پاکدشت بیشتر از سایر مناطق اتفاق افتاده است و به‌جز سال ۲۰۰۱، بازوی شمال شرقی استان و محدوده شمیرانات در شمال از کمترین شدت خشک‌سالی برخوردارند.

بدیهی است با محدودتر شدن بازار کار ناشی از خشک‌سالی که پیش‌تر به آن اشاره شد و از طرفی، با افزایش قیمت‌های ناشی از کاهش موجودی، منابع اقتصاد خرد جوامع نیز دستخوش تأثیر شده و فعالیت اقتصادی افراد محدودتر می‌شود و در بازار نیز به‌رغم وجود نیاز و

- [8]. Füssel HM. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Glob Environ Change*. 2007; 17(2): 155-167.
- [9]. Nasrnia F, Zibae M. Vulnerability assessment to Drought in Various Provinces, approach towards risk management in the country. *J Agric Econ Dev*. 2015; 29(4): 359-373. [Persian]
- [10]. Azizi Gh. The relationship between recent droughts and groundwater resources in the Qazvin plain. *Geogr Res*. 2003; 35(46): 143-131. [Persian]
- [11]. Adger WN, Hobdod J. Ecological and social resilience. In *Handbook of sustainable development*. Edward Elgar Publishing, 2014.
- [12]. Tapia C, Abajo B, Feliu E, Mendizabal M, Martinez JA, Fernández JG, Lejarazu A. Profiling urban vulnerabilities to climate change: An indicator based vulnerability assessment for European cities. *Ecol Indic*. 2017; 78: 142-155.
- [13]. Change IC. Synthesis Report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 2014; 151(10.1017).
- [14]. Tallaksen LM, Van Lanen HA. Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater. Amsterdam: Elsevier; 2004.
- [15]. Wilhite DA. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. UK: Routledge Publishers; 2000.
- [16]. Zargar A, Sadiq R, Naser B, Khan FI. A review of drought indices. *Environ Rev*. 2011; 19: 333-349. [Persian]
- [17]. Alley WM. The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *J Appl Meteorol Climatol*. 1984; 23(7): 1100-1109.
- [18]. Mishra AK, Singh VP. A review of drought concepts. *J hydro*. 2010; 391(1-2): 202-216.
- [19]. Liu X, Guo P, Tan Q, Xin J, Li Y, Tang Y. Drought risk evaluation model with interval number ranking and its application. *Sci Total Environ*. 2019; 685: 1042-1057.
- [20]. Wang P, Qiao W, Wang Y, Cao S, Zhang Y. Urban drought vulnerability assessment—A framework to integrate socio-economic, physical, and policy index in a vulnerability contribution analysis. *Sustain Cities Soc*. 2020; 54: 102-114.
- [21]. Sarkodie SA, Strezov V. Economic, social and governance adaptation readiness for mitigation of climate change vulnerability: Evidence from 192 countries. *Sci Total Environ*. 2019; 656: 150-164.
- [22]. Abebe Y, Kabir G, Tesfamariam S. Assessing urban areas vulnerability to pluvial flooding using GIS applications and Bayesian Belief Network model. *J Clean Prod*. 2018; 174: 1629-1641.
- [23]. Kim H, Park J, Yoo J, Kim TW. Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: A case study for administrative districts in South Korea. *J Hydro Environ Res*. 2015; 9(1): 28-35.
- [24]. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. 1993; 17(22), 179-183.
- [25]. Edwards DC, McKee TB. Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Time Scales. *Atmos Sci Lett*. 1997; 634: 1-30.
- [26]. Kazempour Choursi S, Erfanian M, Ebadi Nehari Z. Evaluation of MODIS and TRMM Satellite Data for Drought Monitoring in the Urmia Lake Basin. *Geogr Environ Plan*. 2019; 30(2): 17-34. [Persian]
- [27]. Erfanian M, Vafaei N, Rezaeianzadeh M. A New Method for Drought Risk Assessment by Integrating the TRMM Monthly Rainfall Data and the Terra/MODIS NDVI Data in Fars Province, Iran. *Phys Geogr Res*. 2014; 46(1): 93-108. [Persian]
- [28]. Du L, Tian Q, Yu T, Meng Q, Jancso T, Udvardy P, Huang Y. A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*. 2013; 23: 245-253.
- [29]. Naumann G, Barbosa P, Carrao H, Singleton A, Vogt J. Monitoring drought conditions and their uncertainties in Africa using TRMM data. *J Appl Meteorol Climatol*. 2012; 51(10): 1867-1874.