نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هشتم، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰

صفحات ۵۳ - ۷۲

تحلیل و پایش آلودگی نور مصنوعی در ایران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای نور شب (از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳)

علیرضا صالحی پور میلانی[1]؛ استادیار ژئومرفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

دریافت مقاله : ۱۳۹۸/۰۶/۲۷ پذیرش نهایی:۱۴۰۰/۰۳/۰۸

چکیده

آلودگی نوری عموماً اشاره به افزایش برنامه‌ریزی نشده در روشنایی مصنوعی و نتیجه آن تغییر در سطوح نور هدایت نشده است. در ایران نیز رشد جمعیت و گسترش سریع شهرنشینی و صنعتی شدن می‌تواند عاملی برای افزایش آلودگی نوری باشد، ازاین‌رو پایش تغییرات نور شب و تعیین مناطق با آلودگی نوری بسیار زیاد امری ضروری می‌باشد و می‌تواند رهیافت جدیدی را در اختیار برنامه ریزان محیط قرار داده تا با استفاده از آن در جهت مدیریت آلودگی نوری در سطح ملی و استانی اقدام نمایند. ابزارهای مختلفی برای ارزیابی تغییرات میزان نور شب وجود دارد که داده‌های ماهواره‌ای اسکن خطی عملیاتی مربوط به برنامه ماهواره دفاع هواشناسی (DMSP/OLS) از آن جمله است. این داده‌های نه‌تنها در ارزیابی شدت آلودگی نوری کمک می‌کند، بلکه می‌تواند به عنوان ابزاری برای مدیریت ریسک و پهنه‌بندی ریسک آلودگی مور استفاده قرار گیرد. این مطالعه تلاش می‌کند با پردازش داده‌های DMSP/OLS به تجزیه‌وتحلیل الگوی فضایی-زمانی نور مصنوعی و آلودگی نور در ایران در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ بپردازد و علاوه بر آن کانون‌های بحرانی آلودگی نوری را شناسایی نماید. از داده نور شب در شش دوره زمانی (۲۰۱۳ و۲۰۱۱،۲۰۰۶،۲۰۰۴،۲۰۰۱،۱۹۹۶) استفاده شد و تغییرات میزان نور شب و شدت آلودگی نوری در مقیاس کشوری و رابطه بین تغییرات تراکم نسبی جمعیت در هر استان و تأثیر آن بر تغییرات نور شب مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده افزایش میزان نور شب و همچنین تبدیل مناطق با درخشندگی کم به مناطق با درخشندگی بالا در سطح کشور است. علاوه بر آن استان‌های تهران و البرز به‌عنوان استان هایی با بالاترین میزان آلودگی نوری در کشور شناسایی گردید و استان های خوزستان، اصفهان، بوشهر و فارس در جایگاه‌های بعدی قرارگرفته‌اند. افزایش تراکم نسبی و توزیع نامتوازن جمعیت، مهاجرت‌های جمعیتی و تشدید آن در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ از عوامل اصلی گسترش آلودگی نوری در کشور و همچنین تمرکز حداکثر آلودگی نوری در بعضی استان ها است.

واژه های کلیدی: نور مصنوعی شب، ماهواره DMSP/OLS، آلودگی نوری، ایران.

۱: نویسنده مسئول Email: Ar_salehipour@sub.ac.ir

مقدمه

آلودگی نوری عموماً اشاره به افزایش برنامه‌ریزی نشده در روشنایی مصنوعی و نتیجه آن تغییر در سطوح نور هدایت نشده دارد (Lo,۲۰۰۲). مطالعات نشان می دهد که وجود بیش از حد نور مصنوعی به‌ویژه در ساعات تاریکی شب میتواند آلودگی نوری محسوب شود و بر روی محیط‌زیست و انسان تاثیر منفی بگذارد. آلودگی نور دارای پیامدهای جدی برای سلامتی انسان است و باعث ایجاد استرس، فشار چشم، از بین رفتن دید می شود (Raap et al,۲۰۰۵). همچنین بر فعالیت‌های فیزیولوژیک بسیاری از حشرات، پرندگان، پستانداران و خزندگان به علت اختلال میزان نور نور تاثیر بگذارد. حتی یک مقدار کمی از نور مصنوعی می‌تواند عملیات طبیعی آن‌ها را مختل نماید(Pun and So,۲۰۱۲؛Falchi et al,۲۰۰۱). انجمن بین‌المللی آسمان تاریک (IDA)[۲] تخمین زده است که بیش از ۱۲ میلیون تن $CO^{۲}$ در هر سال به دلیل نور شدید شب به اتمسفر تخلیه‌شده است Longcoreand (Dominoni et al,۲۰۱۳؛ Rich,۲۰۰٤). توزیع نامتوازن جمعیتی به واسطه افزایش جمعیت و مهاجرت به شهرها و مراکز جمعیتی بزرگ در ایران منجر به رشد مصرف برق در کشور شده است و به گونه ای که میزان مصرف برق در کشور از ۹۷۱۷۱ گیگاوات ساعت به ۱۹۴۱۴۴ گیگاوات ساعت رسیده است (برهمند زاده و رضایی قهرودی، ۱۳۹۳). به دلیل فقدان سیاست و قوانین لازم در آلودگی نوری، هر شهر بزرگی در ایران معرض تهدید آلودگی نوری قرارداد. علاوه بر آن، موضوع آلودگی نوری در ایران تاکنون به طور جامعی مطالعه و مستندسازی نشده است. ازاین‌رو شناسایی، پایش و پهنه‌بندی مناطق حساس به آلودگی نوری به منظور ارزیابی این مناطق و کاهش آسیب‌هایی که در آینده میتواند در این مناطق داشته باشد برای برنامه ریزان در سطح ملی و منطقه‌ای از اهمیت فراوانی برخورداراست. روش های میدانی بررسی آلودگی نوری بسیار پرهزینه و دشوار است و امکان مقایسه آن‌ها با داده های زمانی مشکل است. در بررسی نور مصنوعی شب و آلودگی نوری، از ابزارهای متعددی استفاده می‌شود که تکنولوژی های مشاهده زمین با استفاده از سنجش‌ازدور از آن جمله هستند. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در بررسی نور مصنوعی شب مزایای بسیار زیادی دارد که از آن جمله می‌توان به دید وسیع، فرکانس بالا و سری زمانی طولانی مدت اشاره نمود که به طور خاص تکنولوژی سنجش‌ازدور نور شب امکان دسترسی سریع به تصویر نور شب را به صورت منطقه‌ای و جهانی فراهم می‌آورد(Cinzano et al,۲۰۰۰) داده‌های ماهواره‌ای اسکن خطی عملیاتی مربوط به برنامه ماهواره دفاع هواشناسی (DMSP/OLS[۳]). پایگاه داده بسیار متنوعی از این داده ها در اختیار دارد که شامل داده های روزانه تا داده نور ثابت[۴] در یک بازه زمانی بود. تاکنون از تصاویر نور شب ماهواره DMSP/OLS استفاده‌های زیادی در جهان و در زمینه پایش سکونت‌گاه‌های انسانی (Elvidge,et al,۱۹۹۷ ؛ Yu et al,۲۰۰٤)، تخمین جمعیت شهری (Dobson et al,۲۰۱٤)، تراکم جمعیت (Sutton et al, ۱۹۹۷)، فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی (Sutton et al,۲۰۰۲)، صرفه‌جویی در انرژی و الکتریسیته (He et al,۲۰۱۳)، انتشار گاز (Dull,۲۰۰۲)، اندازه‌گیری تاثیر رشد شهری بر محیط‌زیست (Nizeyimana,۲۰۰۱)، تهیه نقشه درخشندگی آسمان در شب(Cinzano et al,۲۰۰۰)، آتش‌سوزی (Fuller and Folk,۲۰۰۰) ، ارزیابی میزان گسیلمندی بر روی اکوسیستم و انسان(Aubrecht,۲۰۰۸؛Pauley,۲۰۰٤) ارزیابی خسارات ناشی از بلایای طبیعی(Kohiyama,۲۰۰٤) و برآورد جمعیت (فرقانی و عباسپور، ۱۳۹۳) انجام‌گرفته که نشان دهنده اهمیت و کارایی این داده ها در امر پیش آلودگی نوری در جهان و همچنین مدیریت مناطق درگیر با آلودگی نور مصنوعی است. ازاین‌رو این داده‌های ماهواره‌ای می‌تواند به عنوان ابزار قدرتمندی برای بررسی نور شب در ایران در ایران نیز استفاده شود. بنی (Bennie,۲۰۱۵) روند

[۲] - The International Dark-Sky Association (IDA)
[۳] - The Defense Meteorological Satellite Program Operational Line Scanner
[٤]-Stable Light

آلودگی نوری را در قاره اروپا موردبررسی قرارداد و به این نتیجه رسید که بیشتر کشورها در اروپا با افزایش آلودگی نوری مواجه هستند و این در حالی است که کشورهایی همانند اکراین، بلژیک، نور شب روند کاهشی دارد. سری زمانی تصاویر نور شب به منظور تعیین سطوح آلودگی نوری در آتن بررسی شد و نتایج نشان‌دهنده افزایش قابل توجه آلودگی نوری در منطقه مورد مطالعه بودبا استفاده از شاخص توسعه نور شب (NLDI[۵]) روند تغییرات نور شب را در بین سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ در کشور چین موردبررسی قرار داده است و تاثیر توسعه اقتصادی را در افزایش میزان آلودگی نوری محاسبه نموده است(Kumar et al,۲۰۱۸). روند تغییرات آلودگی نور شب را در هند مورد مطالعه قرار داده است و تاثیر توسعه شهر را برافزایش نور شب بررسی نموده است. آکی یاما (Akiyama,۲۰۱۲) دادهDMSP/OLS رابطه بین تغییرات نور شب و فعالیت‌های انسانی در ژاپن را مورد استفاده قرار داده است و به نتیجه رسیده در مناطقِ شهری افزایش تعداد ساختمان‌ها و در مناطق غیر شهری گسترش بزرگراه‌ها بیشترین تاثیر را برافزایش نور شب داشته است. همانطور که در مجموعه‌ای از مطالعات که در زمینه استفاده از داده ماهواره‌ای DMSP/OLS در سطح جهان مشاهده می‌شود، این داده ها کارایی بسیار زیادی در مطالعات آلودگی نور مصنوعی دارد. در این تحقیق سعی شده است با استفاده تلفیقی از شاخصه‌هایی که برای بررسی نور شب داده‌های ماهواره‌ایDMSP/OLS کاربرد دارند، به تحلیلی دقیق‌تر در رابطه با آلودگی نوری در ایران دست‌یافت. هدف این تحقیق ارزیابی و پایش روند تغییرات آلودگی نور مصنوعی در کشور و تعیین استان هایی بیشتر با این بحران درگیر هستند، علاوه بر آن تاثیر شاخص تراکم نسبی جمعیت، میزان مهاجرت در استان ها و تغییرات آن در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ به عنوان یکی از شاخصه‌های مهم تاثیر گذار بر گسترش نور شب در استان های کشور موردبررسی قرارگرفته است.

داده‌ها و روش کار

این مطالعه در مقیاس ملی و استانی انجام‌گرفته است. در مقیاس ملی منطقه مورد مطالعه قلمرو سرزمینی ایران با مساحت پهنه‌های خشکی ۱۶۴۵۰۰۰۰ کیلومتر می باشد و در محدوده ۲۵ درجه و سه دقیقه الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و پنج دقیقه الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه طول شرقی واقع‌شده است و درمقیاس استانی نیز تمامی ۳۱ استان کشور را دربرمی گیرد. داده های رقومی کالیبره شده ماهواره DMSP / OLS باقدرت تفکیک مکانی ۸۵۰ متر از سال ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ از شش ماهواره (F۱۰، F۱۲، F۱۳، F۱٤، F۱۵ و F۱٦) استخراج گردید. در نرم افزار ARC/GISتصاویر مورد استفاده در این تحقیق در با توجه به مرز کشوری و استانی برش خورد. درخشندگی در این تصاویر DMSP / OLS بر مبنای اعداد رقومی (DN) هر پیکسل بین صفر تا ۶۳ است، ازاین‌رو به منظور تحلیل بهتر تصاویر، میزان درخشندگی شب تصاویر در این مطالعه در ۶ کلاس طبقه‌بندی شد. کلاس هایی که اعداد رقومی (DN) آن کمتر از ۱ است به عنوان مناطق فاقد درخشندگی، ۱۲/۴-۱ منطقه با درخشندگی بسیارکم، ۴/۸-۱۲/۲۴ منطقه با درخشندگی کم، ۳۷/۲-۲۴/۸ منطقه با درخشندگی متوسط، ۴۹/۶-۳۷/۲ منطقه با درخشندگی زیاد و ۶۳-۴۹/۶ منطقه با درخشندگی بسیار زیاد. برای تعیین میزان آلودگی نور و تغییرات آن در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در کشور، تغییرات مساحت و درصد مساحت اعداد رقومی (DN) تصاویر DMSP / OLS در تمامی طبقات درخشندگی موردبررسی قرار گرفت. طبقه با درخشندگی بسیار زیاد به عنوان شاخص آلودگی نوری تعیین گردید و میزان تغییرات مساحت و درصد مساحت این طبقه در کشور در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ و در بازه های زمانی ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۱، ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴، ۲۰۰۴

[۵] - Night Light Development Index

تا ۲۰۰۶، ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱، ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳ و ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳ محاسبه گردید. در محیط نرم افزار Arc/GIS محدوده هر استان در تصاویر ماهواره‌ای نور شب کلیپ گردید و مساحت طبقات درخشندگی و تغییرات آن در تمامی دوره‌های مورد مطالعه تعیین گردید. استان ها با توجه به مساحت و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بساز زیاد رتبه‌بندی گردیدند و استان هایی که بیشترین مساحت و درصد مساحت نور شب را در این طبقه داشتند به عنوان استان ها با آلودگی نوری بسیار زیاد طبقه‌بندی گردیدند. در ادامه به منظور بررسی تاثیر عوامل انسانی در تغییرات میزان نور مصنوعی شب و گسترش آلودگی نوری در استان های کشور در سال های ۱۳۸۰، ۱۳۷۵ و ۱۳۹۰، از داده های جمعیتی سرشماری نفوس و مسکن مرکز آمار ایران استفاده گردید. به منظور بررسی دلایل تفاوت در میزان آلودگی نوری در استان های کشور از داده های آماری تراکم نسبی جمعیت و همچنین مهاجرت هر استان مستخرج از داده های مرکز آمار ایران استفاده شد و ارتباط بین تغییرات جمعیتی و تغییر نور شب با استفاده از ضرایب رگرسیون خطی مورد تحلیل قرار گرفت.

شرح و تفسیر نتایج

- **تغییرات نور شب در مقیاس ملی**

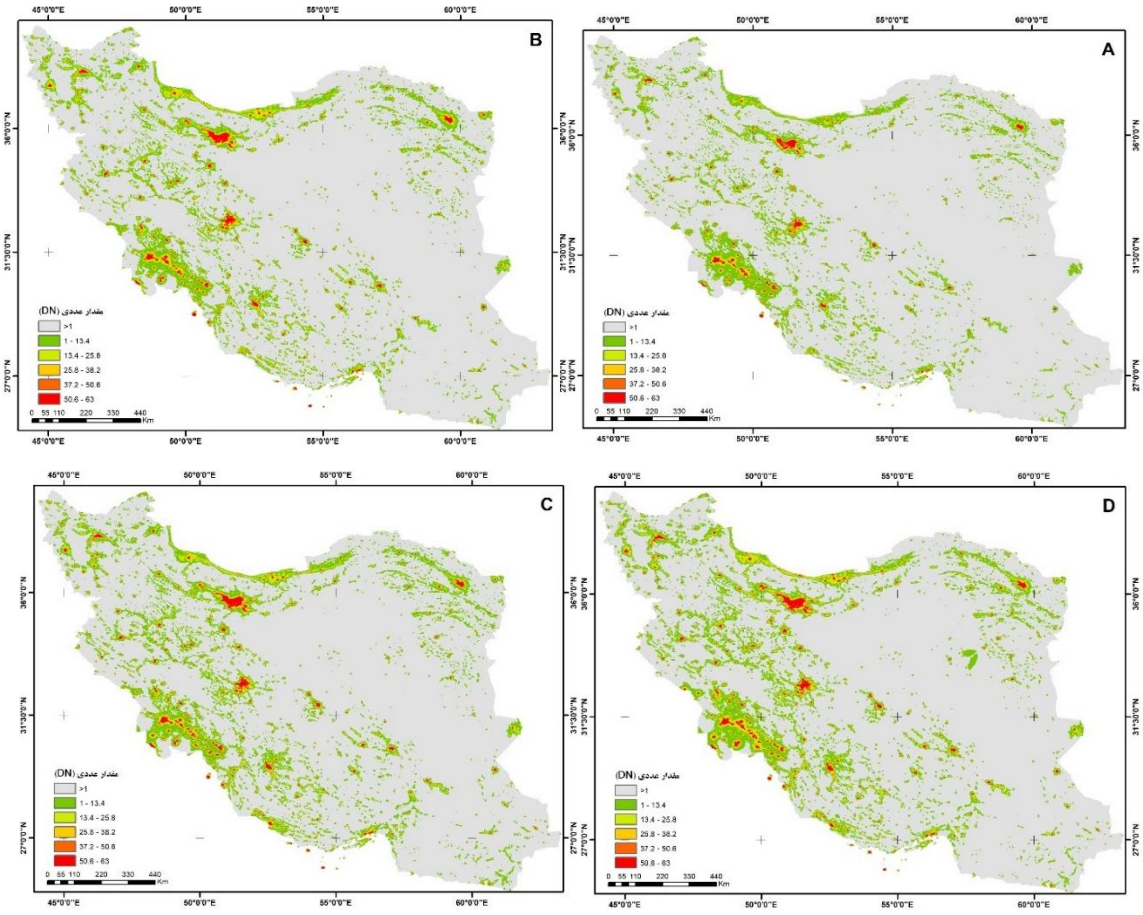
در این مطالعه ابتدا باهدف روند یابی تغییرات نور شب در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در مقیاس ملی، مساحت و درصد مساحت نور شب و همچنین تغییرات آن در طبقات درخشندگی محاسبه گردید. همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، در سال ۱۹۹۶، ۱۴۴۲۶۱۴ کیلومتر مربع (۸۷.۵٪) از مساحت کشور در محدوده نور شب با DN کمتر از ۱ قرارگرفته است و جزو مناطق فاقد درخشندگی طبقه‌بندی گردیده اند. این مناطق می‌تواند شامل مناطق بیابانی، کوهستان‌ها و پهنه‌های آبی دریاچه‌های داخلی است که عاری از مراکز جمعیتی مهم هستند. در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳، مساحت و درصد مساحت مناطق فاقد درخشندگی روند کاهشی به خود گرفته و از ۸۷/۵ درصد مساحت کشور در سال ۱۹۹۶ به ۸۵ درصد (۱۴۰۰۶۸۶ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۰۱، ۸۳ درصد (۱۳۴۸۲۶۴ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۰۴، ۸۱/۸ درصد (۱۳۴۸۲۶۴ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۰۶، ۸۱/۶ درصد (۱۳۴۶۲۵۴ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۱ و ۸۱/۵ درصد (۱۳۴۴۷۰۰ کیلومتر مربع) در سال ۲۰۱۳ کاهش‌یافته است. این امر نشان دهنده این است که در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳، ۶/۸ درصد)۹۷۹۱۳ کیلومتر مربع(از مساحت مناطق فاقد نور شب کاسته شده است و به‌تبع تبدیل به مناطق با درخشندگی بسیار کم تا بسیار زیاد می‌شوند که نشان دهنده گسترش نور شب در کشور و افزایش میزان آلودگی نوری است. در این سال (۱۹۹۶) تنها ۱۲/۵ درصد از مساحت کشور جزو مناطق با درخشندگی کم تا بسیار زیاد طبقه‌بندی گردیده اند. بر اساس محاسبات انجام‌گرفته از ۱۴۴۲۴۱۶ کیلومتر مربع مساحت این طبقه، ۴۱۶۷۸ کیلومتر مربع (۴۲/۶ درصد) آن به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۲۴۸۷۶ کیلومتر مربع (۲۵/۴ درصد) به منطقه با درخشندگی کم، ۱۲۱۰۶ کیلومتر مربع (۱۲.۴ درصد) به منطقه با درخشندگی متوسط، ۷۶۹۳ کیلومتر مربع (۷/۹ درصد) به منطقه با درخشندگی بالا و ۱۱۵۵۸ کیلومتر مربع (۱۱.۸ درصد) به منطقه با درخشندگی بسیار بالا تبدیل‌شده است.

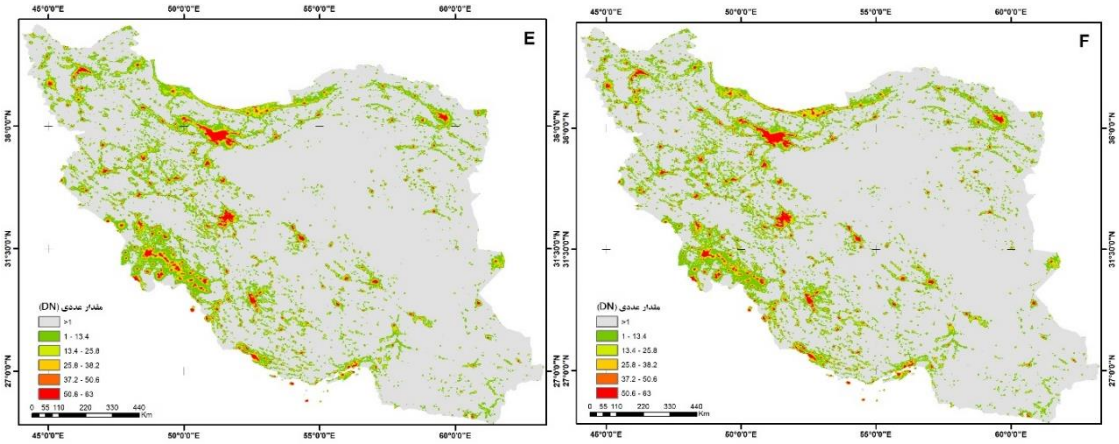
نتایج نشان میدهد که در سال ۱۹۹۶، مساحت منطقه با درخشندگی بسیار کم ۱۶۱۷۲۴ کیلومتر مربع (۹/۸٪)، منطقه با درخشندگی کم ۲۲۳۱۴ کیلومتر مربع (۱/۴٪)، منطقه با درخشندگی متوسط ۸۴۹۴۳ کیلومتر مربع (۰/۵٪)، منطقه با درخشندگی زیاد ۵۴۸۷ کیلومتر مربع (۰/۳٪) و منطقه با درخشندگی بسیار زیاد ۷۳۷۰ کیلومتر مربع (۰/۴٪) است. اما محاسبات نشان می دهد، مساحت و درصد مساحت طبقات درخشندگی به تدریج و باگذشت زمان دستخوش تغییراتی می‌شود. همانطور که

در جدول (۱) مشاهده می‌شود، در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳، میزان نور مصنوعی روند افزایشی دارد و مساحت مناطق طبقه‌بندی‌شده نور شب (بسیار کم تا بسیار زیاد) در سال ۲۰۱۳ نسبت به سال ۱۹۹۶ به ترتیب ۴۱۶۴۷۸ کیلومتر مربع (۲۵/۸٪) در منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۲۴۸۷۶ کیلومتر مربع (۱۱۱/۸٪) منطقه با درخشندگی کم، ۱۲۱۰۶ کیلومتر مربع (۱۴۲/۵٪) منطقه با درخشندگی متوسط و ۷۶۹۳ کیلومتر مربع (۱۴۰/۲٪) منطقه با درخشندگی زیاد افزایش‌یافته است. ولی نکته بسیار مهم افزایش درصد مساحت با درخشندگی بسیار زیاد است که در حدفاصل سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳، روندی افزایشی به میزان ۱۵۶/۸ درصد (۱۱۵۵۸ کیلومتر مربع) داشته است. افزایش مساحت و درصد مساحت درخشندگی بسیار زیاد (که میتوان به نوعی به عنوان مناطق تولید نور مصنوعی بسیار بالا به آن اشاره نمود) نشان دهنده روند افزایشی شدید آلودگی نوری کشور است (شکل، ۱).

جدول ۱. تغییرات میزان نور شب در ایران در حدفاصل سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۳

	مساحت در سال ۱۹۹۷	درصد مساحت کشور	مساحت در سال ۲۰۰۱	درصد مساحت کشور	میزان تغییرات ۱۹۹۷-۲۰۰۱ به کیلومتر	مساحت در سال ۲۰۰۴	درصد مساحت کشور	میزان تغییرات ۲۰۰۱-۲۰۰۴ به کیلومتر	مساحت در سال ۲۰۰۶	درصد مساحت کشور	میزان تغییرات ۲۰۰۴-۲۰۰۶ به کیلومتر	مساحت در سال ۲۰۱۱	درصد مساحت کشور	میزان تغییرات ۲۰۰۶-۲۰۱۱ به کیلومتر	مساحت در سال ۲۰۱۳	درصد مساحت کشور	میزان تغییرات ۲۰۱۱-۲۰۱۳ به کیلومتر	میزان تغییرات ۱۹۹۷-۲۰۱۳ به کیلومتر	درصد تغییرات ۱۹۹۷-۲۰۱۳
<۱	۱۴۴۲۶۱۴	۸۷.۵	۱۴۰۰۶۸۶	۸۵.۰	-۴۱۹۲۸	۱۳۶۸۳۲۸	۸۳.۰	-۳۲۳۵۸	۱۳۴۸۲۶۴	۸۱.۸	-۲۰۰۶۴	۱۳۴۶۲۵۴	۸۱.۶	-۲۰۱۰	۱۳۴۴۷۰۰	۸۱.۵	-۲۶۹۰۹۵۴	-۹۷۹۱۳	-۶.۸
۱ - ۱۲.۶	۱۶۱۷۲۴	۹.۸	۱۸۳۹۵۸	۱۱.۲	۲۲۲۳۵	۲۰۹۱۷۶	۱۲.۷	۲۵۲۱۸	۲۱۶۱۷۸	۱۳.۱	۷۰۰۳	۲۰۶۷۷۰	۱۲.۶	-۹۴۰۹	۲۰۳۴۰۲	۱۲.۴	-۴۱۰۱۷۲	۴۱۶۷۸	۲۵.۸
۱۲.۶ - ۲۵.۲	۲۲۳۱۴	۱.۴	۳۳۱۶۵	۲.۰	۱۰۸۵۱	۳۶۳۶۲	۲.۲	۳۱۹۸	۴۲۸۱۳	۲.۶	۶۴۵۱	۴۶۳۷۶	۲.۸	۳۵۶۳	۴۷۱۹۰	۲.۹	-۹۳۵۶۶	۲۴۸۷۶	۱۱۱.۵
۲۵.۲ - ۳۷.۸	۸۴۹۳	۰.۵	۱۲۶۳۰	۰.۸	۴۱۳۶	۱۳۹۰۷	۰.۸	۱۲۷۸	۱۷۴۲۵	۱.۱	۳۵۱۸	۱۹۳۸۴	۱.۲	۱۹۵۹	۲۰۵۹۹	۱.۳	-۳۹۹۸۳	۱۲۱۰۶	۱۴۲.۵
۳۷.۸ - ۵۰.۴	۵۴۸۷	۰.۳	۷۷۰۰	۰.۵	۲۲۱۳	۸۵۲۲	۰.۵	۸۲۲	۱۰۷۰۰	۰.۷	۲۱۷۸	۱۲۲۴۷	۰.۷	۱۵۴۷	۱۳۱۸۰	۰.۸	-۲۵۴۲۷	۷۶۹۳	۱۴۰.۲
۵۰.۴ - ۶۳	۷۳۷۰	۰.۴	۹۸۶۲	۰.۶	۲۴۹۲	۱۱۷۰۵	۰.۷	۱۸۴۳	۱۲۶۱۵	۰.۸	۹۱۰	۱۶۹۷۰	۱.۰	۴۳۵۵	۱۸۹۲۷	۱.۲	-۳۵۸۹۷	۱۱۵۵۸	۱۵۶.۸





شکل ۱. پراکنش نور شب طبقه‌بندی‌شده در ایران A: ۱۹۹۶، B:۲۰۰۱، C: ۲۰۰۴،D:۲۰۰۶،E :۲۰۱۱ و F: ۲۰۱۳

- **تغییرات میزان نور شب در مقیاس استانی**

الف: تغییرات نور شب با درخشندگی بسیار بالا

همانطور که اشاره گردید طبقه نور با درخشندگی بسیار بالا شاخصی برای آلودگی نوری محسوب می‌گردد، ازاین‌رو از این شاخص به عنوان مبنایی برای بررسی آلودگی نوری در استان های کشور استفاده گردید و استان ها با توجه به مساحت و درصد مساحت طبقه با درخشندگی بسیار زیاد در سال ۲۰۱۳ رتبه‌بندی گردیدند. همچنین تغییرات این طبقه در طی سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ مورد نیز موردبررسی قرار گرفت تا روند تغییرات آلودگی نوری در این دوره زمانی در استان های کشور به دست بیاید. بررسی‌های نشان می دهد، در سال ۲۰۱۳ سه استانی که بیشترین مساحت طبقه نور شب با درخشندگی بسیار زیاد به خود اختصاص داده است به ترتیب عبارتند از ۱- تهران با ۲۶۲۱ کیلومتر مربع، ۲- خوزستان با ۲۲۱۴ کیلومتر مربع (شکل،E ۲)، ۳- اصفهان با ۱۸۹۱ کیلومتر مربع. علاوه بر آن کمترین مساحت طبقه با درخشندگی بسیار زیاد متعلق به سه استان خراسان شمالی با ۹۵ کیلومترمربع (رتبه ۳۱)، خراسان جنوبی با ۱۱۸ کیلومتر مربع (رتبه ۳۰) و استان اردبیل با ۱۲۷ کیلومتر مربع (رتبه ۲۹) است و سایر استان ها رتبه‌های مختص به خود را کسب نموده اند (جدول،۲). تحلیل تولید نور مصنوعی مناطق با درخشندگی بسیار زیاد زمانی از دقت بیشتری برخوردار خواهد بود که رابطه‌ای بین وسعت هر استان و مساحت و درصد مساحت نور شب با درخشندگی‌ها در طبقات مختلف به خصوص با درخشندگی بسیار زیاد در آن محاسبه و بررسی گردد، زیرا امکان دارد باوجود مساحت زیاد منطقه با درخشندگی بسیار بالا، به دلیل وسعت بسیار زیاد استان، درصد آلودگی نوری با نور با درخشندگی بالا در آن استان نسبت به مساحت کل استان بسیار کم باشد. با در نظر گرفتن این شاخصه، رتبه‌بندی استان های کشور در آلودگی نوری تغییراتی می‌یابد. ازاین‌رو با توجه به درصد مساحت منطقه با درخشندگی بسیار بالا، سه استانی که در رتبه اول تا سوم قرار دارند به ترتیب، عبارتند از ۱- استان تهران با ۱۹/۱۶ درصد، استان البرز، ۱۲/۸ درصد و با فاصله بسیار زیادتر از این دو استان، استان بوشهر با ۳/۸۳ درصد در رتبه سوم که نشان می دهد که درصد بسیار زیادی از مساحت این استان ها به دلیل تمرکز جمعیتی بسیار زیاد و استقرار تأسیسات عمومی و صنعتی نسبت به سایر استان ها با آلودگی نوری شدید مواجه هستند. علاوه بر آن کمترین درصد مساحت مناطق با درخشندگی بالا متعلق به ترتیب متعلق به استان ها ۱- خراسان جنوبی با ۰/۱۴ درصد (رتبه ۳۱)، ۲- سیستان وبلوچستان با ۰/۱۲ درصد (رتبه ۳۰) و ۳- سمنان (رتبه ۲۹) است و سایر استان ها در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول،۲، شکل،۱) که علت آن را می‌توان وسعت بسیار زیاد و تمرکز جمعیتی بسیار کم آن باشد.

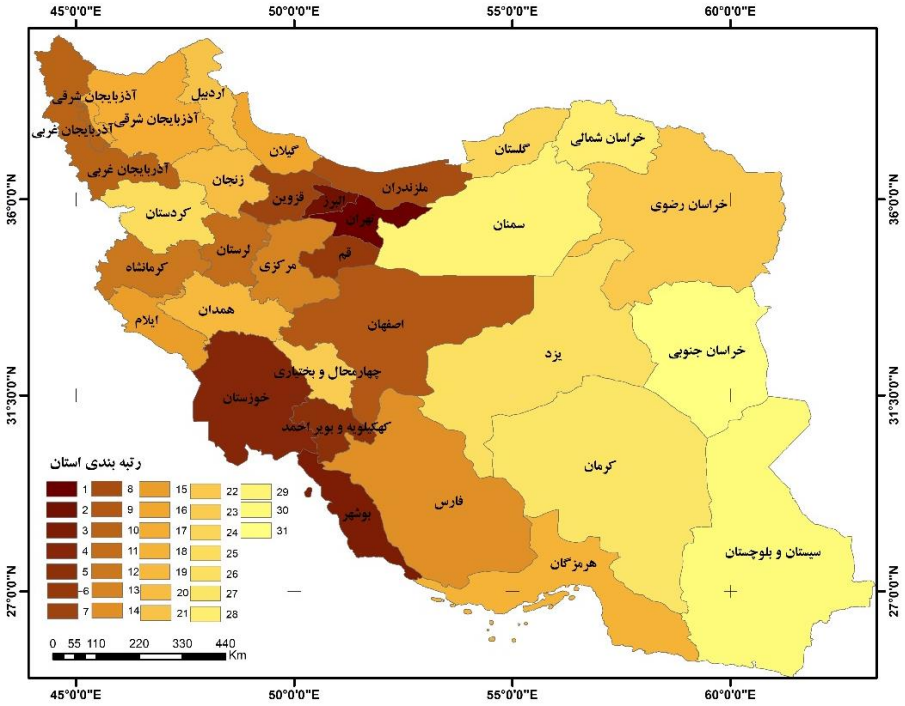
پایش روند تغییرات نور شب به خصوص نور شب با درخشندگی بسیار زیاد، به تفکیک استان در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ می‌تواند در تحلیل بهتر روند آلودگی نوری کشور و تعیین استان هایی که سرعت افزایش آلودگی نوری در آن‌ها بسیار زیاد است کمک نماید. همانطور که در جدول (۲) مشاهده می‌شود، مساحت طبقه با درخشندگی بسیار بالا در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در تمامی استان ها روند افزایشی داشته است، محاسبات نشان میدهد که روند تغییرات نور شب که در کل کشور روندی افزایشی است در تمامی استان های کشور یکسان نیست. در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ بیشترین میزان افزایش مساحت طبقه با درخشندگی بسیار بالا به ترتیب متعلق به استان های ذیل است:

تهران با ۱۴۱۱ کیلومتر مربع افزایش نسبت به سال ۱۹۹۶ (شکل، A وB ۲)، ۲ – اصفهان ۱۱۶۱ کیلومتر مربع و ۳- استان فارس ۱۰۹۳ کیلومتر مربع (شکل، H و 2G). این نتایج نشان می دهد که این سه استان روند افزایش تولید نور مصنوعی از شدت بسیار زیادتری نسبت به سایر استان ها تجربه نموده اند.

در مقابل سه استان کهگیلویه و بویراحمد با ۳۱ کیلومتر مربع افزایش (رتبه ۳۱)، خراسان شمالی با ۶۱ کیلومتر مربع افزایش (رتبه ۳۰) و استان اردبیل با ۸۴ کیلومتر مربع (رتبه ۲۹) به ترتیب کمترین افزایش نور شب را در طبقه درخشندگی بالا در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ به خود اختصاص داده اندکه نشان میدهد روند افزایش آلودگی نوری در این استان ها بسیار کمتر است. اما با بررسی درصد افزایش مساحت طبقه با درخشندگی بالا در استان های مختلف در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ نتایج متفاوت‌تری را ارائه میکند و می‌تواند به عنوان مبنای تحلیلی بهتری برای روند یابی افرایش آلودگی نوری در کشور قلمداد گردد. در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ به ترتیب استان خراسان جنوبی با ۵۲۹/۹ درصد افزایش مساحت طبقه با درخشندگی بسیار زیاد در رتبه اول قرارگرفته است. در این استان وسعت طبقه با درخشندگی بسیار بالا در سال ۱۹۹۶ تنها ۱۹ کیلومتر مربع بوده است و این در حالی است که این مساحت در سال ۲۰۱۳ به ۹۹ کیلومتر افزایش‌یافته است که در نوع خود بسیار قابل توجه می‌باشد. استان های قزوین با ۴۳۷/۲ درصد و زنجان با ۳۹۳/۶ درصد افزایش درصد مساحت طبقه با درخشندگی بالا در رتبه‌های بعدی قرار دارد. علاوه بر آن کمترین میزان افزایش درصد منطقه با درخشندگی بالا به ترتیب متعلق به استان های کهگیلویه و بویراحمد به میزان ۱۶/۸ درصد (رتبه ۳۱)، خوزستان با ۴۵/۹ درصد (رتبه ۳۰) و یزد با ۹۹/۳ درصد (رتبه ۲۹) است. نتایج به دست آمده داده های نور شب با درخشندگی بسیار زیاد و تغییرات آن در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ نشان می‌دهد که استان‌های تهران و البرز، خوزستان، اصفهان و فارس و بوشهر در بازه زمانی مطالعه بیشترین میزان آلودگی نوری نسبت به سایر استان ها را به خود اختصاص داده اند. دو استان تهران و البرز از وضعیت بحرانی‌تری نسبت به سایر استان ها برخوردار هستند و درصد مساحت بسیار زیادی از این استان ها (۶۴/۸ درصد از مساحت استان تهران و ۶۴/۴ استان البرز) در معرض نور مصنوعی بسیار کم تا بسیار زیاد قرار دارد.

جدول ۲. رتبه‌بندی استان های کشور بر اساس مساحت و درصد مساحت نور شب در طبقه با درخشندگی بسیار زیاد و تغییرات آن در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳

	مساحت در سال ۲۰۱۳(کیلومتر مربع)	رتبه استان در کشور	درصد مساحت در سال ۲۰۱۳	رتبه استان در کشور	میزان افزایش مساحت نسبت به سال ۱۹۹۶ کیلومتر مربع	رتبه در کشور	افزایش درصد مساحت نسبت به سال ۱۹۹۷	رتبه در کشور
اردبیل	۱۲۷	۲۹	۰.۸۶	۲۱	۸۴	۲۹	۱۹۸.۴۳	۲۰
اصفهان	۱۸۹۱	۳	۱.۷۷	۹	۱۱۶۱	۲	۱۵۸.۹۵	۲۴
البرز	۶۶۰	۱۰	۱۲.۸۷	۲	۳۲۷	۱۱	۱۲۳.۵۸	۲۷
ایلام	۲۲۶	۲۳	۱.۱۳	۱۵	۱۶۶	۲۱	۲۷۴.۰۲	۱۱
آذربایجان شرقی	۸۰۸	۷	۱.۶۹	۱۰	۵۵۳	۸	۲۱۷.۴۱	۱۷
آذربایجان غربی	۴۱۱	۱۳	۱.۱۰	۱۷	۲۷۶	۱۳	۲۰۴.۶۰	۱۸
بوشهر	۹۸۹	۶	۳.۸۳	۳	۶۸۹	۵	۲۳۰.۵۱	۱۴
تهران	۲۶۲۱	۱	۱۹.۱۶	۱	۱۴۱۱	۱	۱۱۶.۵۲	۲۸
چهار محال و بختیاری	۱۳۲	۲۸	۰.۸۱	۲۳	۱۰۲	۲۷	۳۴۴.۱۱	۵
خراسان جنوبی	۱۱۸	۳۰	۰.۱۴	۳۱	۹۹	۲۸	۵۲۹.۹۰	۱
خراسان رضوی	۱۰۵۱	۵	۰.۸۳	۲۲	۶۰۴	۶	۱۳۴.۹۷	۲۶
خراسان شمالی	۹۵	۳۱	۰.۳۴	۲۸	۶۱	۳۰	۱۸۳.۸۴	۲۲
خوزستان	۲۲۱۴	۲	۳.۴۶	۴	۶۹۷	۴	۴۵.۹۳	۳۰
زنجان	۱۹۱	۲۴	۰.۸۸	۲۰	۱۵۲	۲۲	۳۹۳.۶۵	۳
سمنان	۲۳۸	۲۲	۰.۲۴	۲۹	۱۷۸	۲۰	۲۹۸.۰۴	۸
سیستان و بلوچستان	۳۸۱	۱۴	۰.۲۱	۳۰	۲۶۶	۱۴	۲۳۰.۴۸	۱۵
فارس	۱۴۱۱	۴	۱.۱۵	۱۴	۱۰۹۳	۳	۳۴۲.۹۹	۶
قزوین	۳۰۱	۱۸	۱.۹۴	۷	۲۴۵	۱۵	۴۳۷.۲۰	۲
قم	۲۴۵	۲۱	۲.۱۲	۶	۱۴۲	۲۳	۱۳۷.۶۸	۲۵
کردستان	۱۷۳	۲۵	۰.۵۹	۲۵	۱۱۲	۲۶	۱۸۳.۸۲	۲۳
کرمان	۷۶۹	۹	۰.۴۳	۲۷	۵۲۹	۹	۲۲۱.۲۵	۱۶
کرمانشاه	۳۳۶	۱۷	۱.۳۴	۱۲	۲۳۹	۱۶	۲۴۵.۲۸	۱۳
کهکیلویه و بویر احمد	۳۶۲	۱۵	۲.۳۳	۵	۵۲	۳۱	۱۶.۸۱	۳۱
گلستان	۱۶۴	۲۷	۰.۷۸	۲۴	۱۲۶	۲۴	۳۲۶.۶۵	۷
گیلان	۱۷۲	۲۶	۱.۱۲	۱۶	۱۱۵	۲۵	۲۰۳.۴۰	۱۹
لرستان	۲۶۳	۲۰	۱.۳۶	۱۱	۱۹۰	۱۹	۲۵۸.۳۴	۱۲
مازندران	۴۷۶	۱۲	۱.۹۲	۸	۳۵۴	۱۰	۲۸۷.۸۷	۹
مرکزی	۳۴۲	۱۶	۱.۱۷	۱۳	۲۲۴	۱۷	۱۹۱.۷۳	۲۱
هرمزگان	۸۰۷	۸	۱.۰۹	۱۸	۵۹۵	۷	۲۸۰.۹۶	۱۰
همدان	۲۸۰	۱۹	۰.۹۹	۱۹	۲۲۲	۱۸	۳۷۸.۰۷	۴
یزد	۶۱۰	۱۱	۰.۴۷	۲۶	۳۰۴	۱۲	۹۹.۲۴	۲۹



شکل ۲. رتبه‌بندی استان ها در درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار زیاد در سال ۲۰۱۳

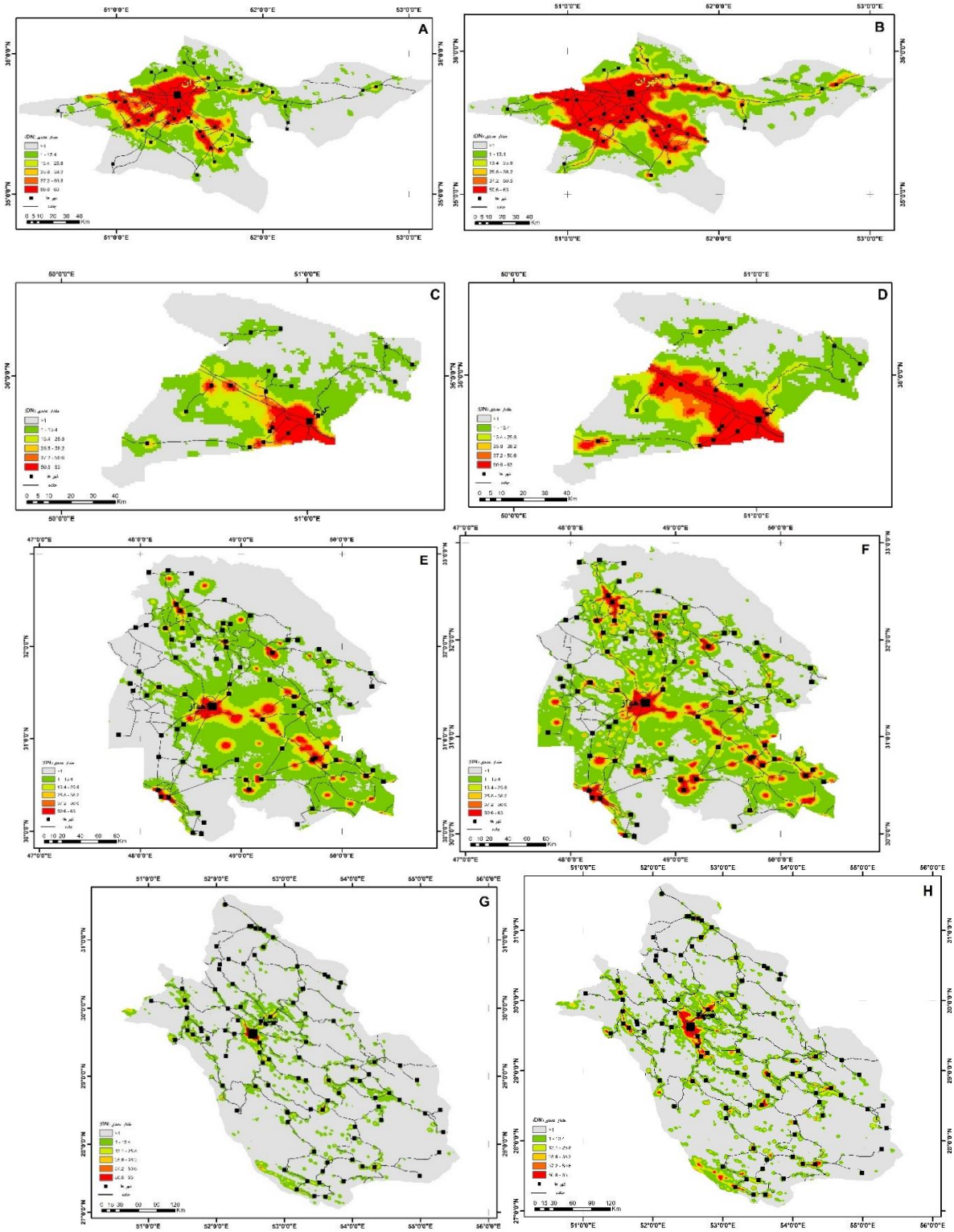
ب: تغییرات نور شب در مناطق فاقد درخشندگی

عدم وجود نور ناشی از فعالیت‌های انسانی در هر منطقه‌ای نشان دهنده عاری بودن آن منطقه از نور مصنوعی آلودگی نوری است و مساحت زیاد استان و منطقه‌ای که داده های ثبت‌شده نور شب ماهواره DMSP/OLS در آن فاقد درخشندگی باشد را می‌توان به عنوان مزیت سرزمینی از لحاظ زیست محیطی قلمداد نمود و کاهش آن می‌تواند نشان دهنده تغییرات محیطی و هشداری بر گسترش نور مصنوعی و افزایش آلودگی نوری در یک منطقه دانست. در بین استان های کشور بیشترین مساحت منطقه فاقد درخشندگی نور شب ماهواره DMSP/OLS در سال ۲۰۱۳ متعلق به استان سیستان و بلوچستان است که مساحتی در حدود ۱۶۸۰۰۲ کیلومتر را دربر می‌گیرد و بعدازآن استان های کرمان با ۱۶۱۸۰۰ کیلومتر و یزد با ۱۲۱۴۹۱ کیلومتر مربع در رتبه‌های بعدی قرار دارد. این استان ها از لحاظ وسعت جزو وسیع‌ترین استان های کشور به شمار می‌روند ازاین‌رو وسعت زیاد منطقه فاقد درخشندگی دور از ذهن نیست. علاوه بر آن شرایط جغرافیایی این استان های از لحاظ اقلیمی، زمین‌شناختی، کمبود منابع آبی و منابع حیاتی موردنیاز برای استقرار انسان، در بسیاری از مناطق این استان ها، شرایط استقرار سکونت گاه‌های انسانی را کاهش می‌دهد و به‌تبع آن وسعت مناطقی که در آن نورهای مصنوعی وجود دارد بسیار محدود است. مساحت بسیار زیاد نور با درخشندگی بسیار زیاد استان‌های تهران و البرز منجر شده است که کمترین مساحت منطقه فاقد درخشندگی را داشته باشند. استان البرز با ۱۹۲۸ کیلومتر مربع (رتبه ۳۱) کمترین مساحت منطقه فاقد درخشندگی را در سال ۲۰۱۳ به خود اختصاص داده است و تهران با ۴۸۲۰ کیلومتر مربع (رتبه ۳۰) و قم با ۸۲۹۵ کیلومتر مربع (رتبه ۲۹) در رتبه‌های بعدی قرار دارند. هرچند مساحت کم استان های البرز و تهران را میتوان دلیل بر مساحت کم منطقه فاقد درخشندگی دانست ولی شاخصه‌های دیگر نشان دهنده تغییرات بسیار شدید و افزایش نور مصنوعی در این استان ها است. از کل مساحت استان‌های تهران و البرز به ترتیب تنها ۳۵/۲ درصد و ۳۷/۶ درصد مساحت آن‌ها در محدوده منطقه فاقد درخشندگی قرار دارد و در حدود از ۶۵ درصد استان تهران و

۶۲/۴ درصد از استان البرز را مناطق با درخشندگی کم تا بسیار زیاد در برگرفته است که این امر نشان دهنده غلبه منطقه دارای نور مصنوعی در شب نسبت به منطقه فاقد نور مصنوعی در این استان ها است. استان بوشهر نیز با ۵۸/۶ درصد منطقه فاقد درخشندگی در رتبه ۲۹ کشور قرارگرفته است.

در بررسی اولیه و مقایسه تغییرات وسعت منطقه فاقد درخشندگی نور شب در ماهواره DMSP/OLS در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ مشخص گردید که وسعت منطقه فاقد درخشندگی در تمامی استان های روندی کاهشی داشته است. بیشترین میزان کاهش در استان فارس مشاهده می‌شود که در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در حدود ۱۰۴۳۴ کیلومترمربع از مساحت منطقه فاقد درخشندگی را از دست داده است و از این مقدار کاهش، ۴۸۴۲ کیلومتر به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۲۵۱۶ کیلومتر به منطقه با درخشندگی کم، ۱۱۹۹ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی متوسط، ۷۸۴ کیلومتر به منطقه با درخشندگی بالا و ۱۰۹۲ کیلومتر به منطقه با درخشندگی بالا تبدیل‌شده است. در رتبه‌های بعدی کاهش مساحت منطقه فاقد درخشندگی در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۶ استان های هرمزگان با ۶۶۳۲ کیلومتر مربع (۲۹۹۳ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۱۷۸۸ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی کم، ۷۷۳ کیلومتر مربع مربع به منطقه با درخشندگی متوسط، ۴۸۲ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بالا و ۵۴۵ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بالا تبدیل‌شده است) در رتبه دوم و کرمان با ۶۲۳۶ کیلومتر مربع (۲۹۴۹ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۱۶۵۶ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی کم، ۷۱۰ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی متوسط، ۳۹۰ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بالا و ۵۲۹ کیلومتر مربع به منطقه با درخشندگی بالا تبدیل‌شده است) در رتبه سوم و سایر استان ها در رتبه‌های بعدی قرار دارد.

از لحاظ درصد کاهش مساحت منطقه فاقد درخشندگی در کشور از سال ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۱۳، استان البرز با ۳۶/۷ درصد کاهش (رتبه ۱)، تهران با ۳۴/۱ درصد و با فاصله بسیار یاد استان لرستان با ۱۸/۸ در رتبه‌های بعدی قرار دارد. این روند کاهشی در استان های البرز و تهران نشان دهنده این است که در این دو استان که مساحت بسیار کمی نسبت به سایر استان ها دارند، احتمالاً در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ روند افزایش جمعیت، مهاجرت و توسعه شهرنشینی و مراکز جمعیتی از شدت بسیار زیادتری برخوردار بوده است که این امر به تدریج منجر به کاهش وسعت مناطقی شده است که درگذشته هیچ گونه نور مصنوعی نداشته اند و این مناطق تبدیل به مناطقی با درخشندگی کم تا بسیار زیاد شده است. در استان البرز این کاهش منطقه فاقد درخشندگی در حدود ۳۶/۷ درصد و معادل ۹۷۶ کیلومتر مربع می‌باشد که از این میزان، ۳۱۴ کیلومتر مربع (۳۳ درصد) به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۱۰۴ کیلومتر مربع (۱۱ درصد) به منطقه با درخشندگی کم، ۷۶ کیلومتر مربع (۸ درصد) به منطقه با درخشندگی متوسط، ۱۵۶ کیلومتر مربع (۱۶ درصد) به منطقه با درخشندگی بالا و ۳۲۷ کیلومتر مربع (۳۵ درصد) به منطقه با درخشندگی بالا تبدیل‌شده است. این آمار برای تهران نیز قابل توجه است از ۳۴/۱ درصدی (۲۴۹۳ کیلومتر مربع) که از مساحت منطقه فاقد درخشندگی کم شده است، ۱۷۰ کیلومتر مربع (۷ درصد) به منطقه با درخشندگی بسیار کم، ۳۴۴ کیلومتر مربع (۱۴ درصد) به منطقه با درخشندگی کم، ۳۲۲ کیلومتر مربع (۱۳ درصد) به منطقه با درخشندگی متوسط، ۱۵۶ کیلومتر مربع (۱۰ درصد) به منطقه با درخشندگی بالا تبدیل‌شده است قابل توجه آنکه ۱۴۱۰ کیلومتر مربع (۵۷ درصد) به منطقه با درخشندگی بالا اختصاص دارد. این تغییرات نشان دهنده روند نگران‌کننده افزایش آلودگی نوری در استان های کشور بالاخص استان‌های تهران و البرز می باشد.



شکل ۳. تغییرات نور شب در بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ A: تهران ۱۹۹۷، B: تهران: ۲۰۱۳، C: البرز ۱۹۹۷،D: البرز ۲۰۱۳، E: خوزستان ۱۹۹۷، F: خوزستان ۲۰۱۳، G: فارس ۱۹۹۷H: فارس ۲۰۱۳

•رابطه بین تحولات جمعیتی و افزایش میزان آلودگی نوری کشور

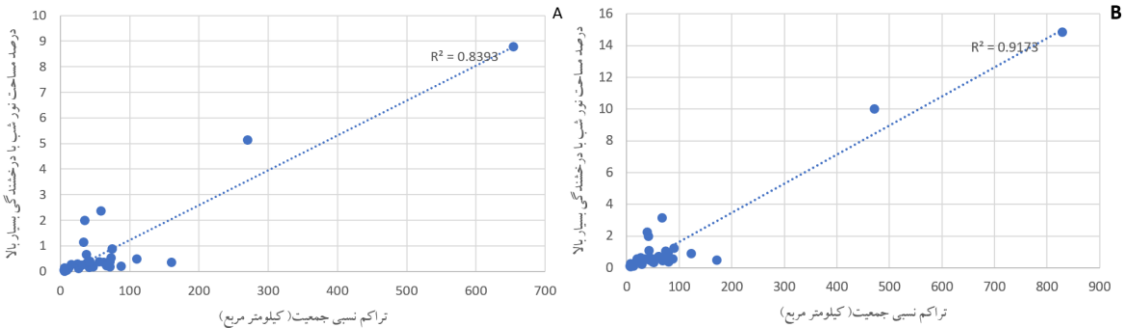
همانطور که اطلاعات استخراج‌شده از داده‌های ماهواره‌ای نور شب DMSP/OLS نشان می دهد، افزایش نور شب در طی سال های گذشته در ایران و تمامی استان ها روی‌داده است و مساحت طبقه با درخشندگی بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد افزایش‌یافته است؛ اما این روند افزایش نور شب در حدفاصل سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۱۳ در همه استان های کشور به یک میزان نبوده است. یکی از مهم ترین عوامل گسترش آلودگی نوری در کشور را می‌توان تحولات جمعیتی در کشور دانست. جمعیت ایران توزیعی نامتناسب و نامتعادل دارد که ناشی از عوامل متنوع طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، تاریخی و سیاسی است. ناحیه جغرافیائی شمال و شمال غرب، متراکم‌ترین نواحی ایران است. در مقابل، نواحی جنوب شرق و شرق، جمعیت پراکنده‌ای دارند. از نظر تراکم حسابی، تهران پرتراکم‌ترین و سمنان کم تراکم‌تری استان‌های ایران هستند. علاوه بر آن شهرنشینی در ایران، رشدی شتابان داشته و در فاصله سالهای ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ نسبت شهرنشینی به بیش از دو برابر رسیده است. تعداد شهرها نیز در این فاصله بیش از پنج برابر شده اند. شهرهای بزرگ سهم عمده‌ای از جمعیت شهری را به خود اختصاص داده و بیش از دو سوم جمعیت شهری ایران در شهرهای صدهزارنفری و بیشتر جای گرفته اند. سهم پنج کلان شهر یک‌میلیونی و بیشتر حدود یک‌ششم و ۱۳ شهر پانصدهزارنفری و بیشتر نزدیک به یک‌دوم جمعیت شهری جمعیت شهری است (مهاجرانی، ۱۳۸۹) و این تراکم بسیار بالا در نقاط شهری و همچنین روستایی و روند رو به افزایش آن، می‌تواند منجر به گسترش انواع آلودگی‌های زیست محیطی از جمله آلودگی نوری در کشور گردد.

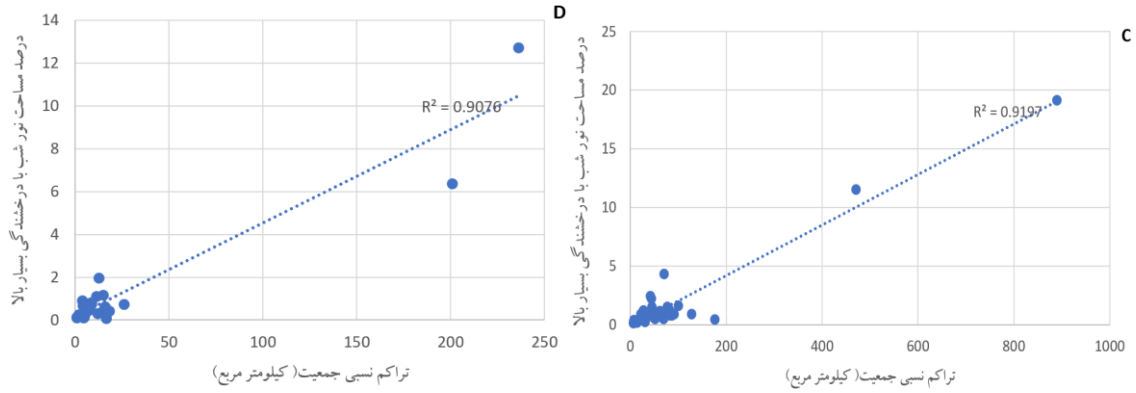
با توجه به آمار مرکز آمار ایران (طرانیان، ۱۳۹۳) تراکم نسبی جمعیت (نفر در کیلومتر مربع) در ایران از ۳۷ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۴۳ نفر در سال ۱۳۸۵ و ۴۶ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است و این امر نشان‌دهنده افزایش تعداد جمعیت در واحد سطح در کشور است که نتیجه آن افزایش میزان بهره‌برداری از منابع انرژی به خصوص برق و در نهایت افزایش آلودگی نوری در سطح کشور خواهد بود. همانطور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، در سال ۱۳۷۵ درصد مناطق با درخشندگی بالا در کشور معادل ۷۳۴۰ کیلومتر مربع (۰/۴ درصد از مساحت کشور) بوده است ولی به تدریج این رقم به ۱۲۶۱۵ کیلومتر مربع (۰/۸) در سال ۱۳۸۵ و ۱۶۹۷۰ کیلومتر مربع (۱ درصد) ۱۳۹۰ افزایش‌یافته است که نشان از رشد ۲۳۰ درصدی مساحت منطقه با درخشندگی بالا در کشور است. ولی همانطور که اشاره شد این افزایش در همه استان های به یک میزان نیست. یکی از مهم ترین شاخصه‌های جمعیتی که می‌توان از آن در تحلیل تفاوت افزایش آلودگی نوری در بین استان های کشور استفاده نمود، تراکم نسبی جمعیت و روند تغییرات آن در دوره مورد مطالعه است. به منظور بررسی نقش و رابطه بین تغییرات تراکم جمعیت و میزان نور مصنوعی در کشور، از شاخصه تراکم نسبی جمعیت کشور و استان ها در سرشماری نفوس و مسکن سال های ۱۳۷۵،۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ و تغییرات آن در طول این دوره‌های زمانی و همچنین مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا در استانهای کشور استفاده گردید. همانطور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، بیشترین تراکم نسبی جمعیت کشور در سال ۱۳۷۵ به ترتیب در استان‌های تهران (۶۵۴ نفر در کیلومتر مربع)، البرز با (۲۷۰ نفر در کیلومتر مربع) مشاهده می‌شود. این تراکم نسبی بالای جمعیتی در این دو استان باعث افزایش میزان استفاده از نور مصنوعی شده است و به‌تبع آن بالا بودن آلودگی نوری شده است، به دلیل تراکم نسبی بالای جمعیتی در استان تهران بیشترین درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا را با ۸/۸ درصد در سال ۱۳۷۵ به خود اختصاص دهد و در مجموع ۴۶/۵ درصد از استان در محدوده نور با درخشندگی‌های بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و بسیار زیاد قرارگرفته است و بقیه مساحت استان فاقد درخشندگی در نور شب است که از این لحاظ کمترین درصد نور شب را در سطح کشور به خود اختصاص داده است. استان البرز نیز در سال ۱۳۷۵ رتبه دوم تراکم نسبی جمعیت کشور را به خود اختصاص داده است و هم‌زمان بعد از استان

تهران رتبه دوم درصد مساحت نور با درخشندگی بسیار بالا را با ۵/۱۶ به خود اختصاص داده است. در سال ۱۳۷۵ کمترین میزان تراکم نسبی جمعیت را به ترتیب استان های سمنان با ۶ نفر در کیلو متر مربع و خراسان جنوبی با ۶ نفر در کیلومتر مربع به خود اختصاص داده است و این امر باعث شده است که تنها ۰/۳ درصد از مساحت استان سمنان و ۰/۲۱ درصد از مساحت استان خراسان جنوبی در منطقه با درخشندگی بسیار بالا نور شب قرار گیرد و آلودگی نوری بسیار کمی در سطح این دو استان وجود داشته است و این امر تاثیر تراکم نسبی جمعیت برافزایش میزان نور مصنوعی را در بین استان های کشور نشان میدهد. نتایج نشان میدهد آهنگ افزایش آلودگی نوری در کشور با افزایش تراکم نسبی در کشور هم‌خوانی دارد. در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰، تراکم نسبی جمعیت در استان تهران با افزایش ۲۳۶ نفر در کیلومتر مربعی همراه بوده است و از ۶۵۴ نفر در کیلومتر مربع در سال ۱۳۷۵ به ۸۹۰ نفر در سال ۱۳۹۰ رسیده است و این آمار برای استان البرز با افزایش ۲۰۱ نفری بوده است که تراکم نسبی جمعیت را از ۲۷۰ نفر در کیلومتر مربع به ۴۸۰ نفر در کیلومتر مربع افزایش‌یافته است. نتیجه افزایش تراکم نسبی جمعیت این استان های نسبت به سایر استان ها بر روی درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار زیاد نیز تاثیر گذارده است و باعث شده است که درصد مساحت طبقه با درخشندگی بسیار زیاد در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰ در تهران به میزان ۱۲/۷ درصد و در استان البرز ۶.۷ درصد افزایش یابد. تحلیل‌های آماری مبتنی بر رابطه بین افزایش میزان تراکم جمعیت با افزایش درصد مساحت منطقه نور شب با درخشندگی بالا نیز همبستگی حدود ۰/۹۱ را نشان می دهد (شکل D). همانطور که در شکل (A ۴) مشاهده می‌شود، بین تراکم نسبی جمعیت و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا در سال ۱۳۷۵ همبستگی ۰/۸۴ برقرار است که نشان دهنده ارتباط بسیار قوی بین این دو پارامتر است و با افزایش تراکم نسبی آلودگی نوری نیز افزایش می‌یابد. ارتباط بین تراکم نسبی جمعیت استان ها و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار زیاد برای سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ نیز محاسبه شد و همبستگی ۰/۹۱ را برای سال های ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ نیز نشان میدهد (شکل B و ۴C) این امر نشان میدهد توزیع نامتوازن جمعیتی در کشور و تراکم نسبی بالای جمعیتی در بسیاری از استان های کشور از جمله مواردی است که می‌تواند منجر به افزایش میزان آلودگی‌های محیطی و آن گردد.

جدول ۳.تراکم نسبی جمعیت و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بالا در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰

	تراکم تسبی جمعیت در سال ۱۳۷۵	درصد مساحت تور شب با درخشندگی بسیار بالا۱۳۷۵	تراکم تسبی جمعیت در سال ۱۳۸۵	درصد مساحت تور شب با درخشندگی بسیار بالا در سال ۱۳۸۵	تراکم تسبی جمعیت در سال ۱۳۹۰	درصد مساحت تور شب با درخشندگی بسیار بالا در سال ۱۳۹۰	افزایش تراکم تسبی جمعیت ۱۳۹۰-۱۳۷۵	افزایش درصد مساحت تور شب با درخشندگی بالا ۱۳۷۵-۱۳۹۰
اردبیل	۶۶	۰.۲۴	۶۹	۰.۴۴	۷۰	۰.۵۰	۳.۵	۰.۲۶
اصفهان	۳۷	۰.۶۸	۴۲	۱.۰۹	۴۶	۱.۴۹	۸.۶	۰.۸۱
البرز	۲۷۰	۵.۱۶	۴۷۱	۱۰.۰۳	۴۷۱	۱۱.۵۳	۲۰۱	۶.۳۷
ایلام	۲۴	۰.۳۰	۲۷	۰.۶۴	۲۸	۱.۲۱	۳.۷	۰.۹
آذربایجان شرقی	۷۳	۰.۵۳	۷۹	۰.۹۳	۸۲	۱.۲۷	۸.۶	۰.۷۳
آذربایجان غربی	۶۷	۰.۳۴	۷۷	۰.۶۱	۸۲	۰.۸۱	۱۵.۳	۰.۴۷
بوشهر	۳۳	۱.۱۶	۳۹	۲.۲۵	۴۵	۲.۲۵	۱۱.۵	۱.۰
تهران	۶۵۴	۸/۸	۸۲۹	۱۴.۸۴	۸۹۰	۱۹.۱۶	۲۳۶.۲	۱۲.۷۲
چهارمحال و بختیاری	۴۷	۰.۱۸	۵۲	۰.۳۲	۵۵	۰.۷۶	۷.۶	۰.۵۷
خراسان جنوبی	۶	۰.۰۲	۷	۰.۰۷	۷	۰.۱۲	۱	۰.۰۹
خراسان رضوی	۳۸	۰.۳۵	۴۴	۰.۵۵	۵۰	۰.۶۵	۱۲	۰.۲۹
خراسان شمالی	۲۶	۰.۱۲	۲۹	۰.۲۱	۳۱	۰.۲۲	۴.۵	۰.۱
خوزستان	۵۸	۲.۳۷	۶۷	۳.۱۴	۷۱	۴.۳۲	۱۲.۷	۱.۹۴
زنجان	۴۱	۰.۱۸	۴۴	۰.۴۸	۴۷	۰.۶۵	۶	۰.۴۶
سمنان	۵	۰.۰۶	۶	۰.۱۲	۶	۰.۲۰	۱	۰.۱۳
سیستان و بلوچستان	۹	۰.۰۶	۱۳	۰.۱۳	۱۴	۰.۱۹	۴.۹	۰.۱۲
فارس	۳۱	۰.۲۶	۳۵	۰.۵۸	۳۷۳۸	۱.۰۰	۶	۰.۷۴
قزوین	۶۲	۰.۳۶	۷۴	۱.۰۶	۷۷	۱.۵۳	۱۴.۹	۱.۱۶۷
قم	۷۴	۰.۸۹	۹۰	۱.۲۶	۱۰۰	۱.۶۳	۲۶	۰.۷۳
کردستان	۴۶	۰.۲۱	۴۹	۰.۳۷	۵۱	۰.۴۸	۵.۳	۰.۲۶
کرمان	۱۱	۰.۱۳	۱۵	۰.۲۹	۱۶	۰.۳۸	۵	۰.۲۴
کرمانشاه	۷۱	۰.۳۹	۷۵	۰.۶۹	۷۶	۱.۱۷	۵	۰.۷۸
کهگیلویه و بویراحمد	۳۵	۲.۰۰	۴۱	۱.۹۹	۴۲	۲.۴۳	۷	۰.۴۳
گلستان	۷۱	۰.۱۸	۸۰	۰.۳۶	۸۷	۰.۷۸	۱۵.۹	۰.۵۹
گیلان	۱۶۰	۰.۳۷	۱۷۱	۰.۵۱	۱۷۷	۰.۴۵	۱۶.۷	۰.۰۸
لرستان	۵۶	۰.۳۸	۶۱	۰.۷۰	۶۲	۱.۱۴	۶	۰.۷۶
مازندران	۱۱۰	۰.۴۹	۱۲۳	۰.۹۱	۱۲۸	۰.۹۰	۱۸.۱	۰.۴۱
مرکزی	۴۲	۰.۴۰	۴۶	۰.۵۹	۴۹	۰.۹۷	۶.۵	۰.۵۶
هرمزگان	۱۵	۰.۲۹	۲۰	۰.۵۸	۲۲	۰.۸۸	۶.۷	۰.۵۹
همدان	۸۷	۰.۲۱	۸۸	۰.۵۸	۹۱	۰.۸۹	۴	۰.۶۸
استان یزد	۶	۰.۱۵	۸	۰.۲۷	۸	۰.۴۰	۲	۰.۲۵



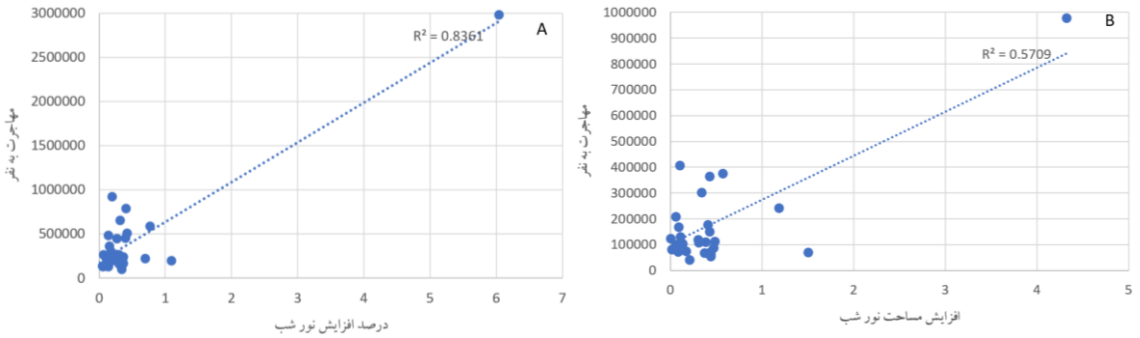


شکل ۴. ارتباط بین تراکم نسبی جمعیت و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بالا در A:سال۱۳۷۵،B: سال ۱۳۸۵،C: سال ۱۳۹۰ , وD: افزایش تراکم نسبی و افزایش درصد مساحت نور شب با درخشندگی بالا در بین استان های کشور

آمار منتشرشده توسط مرکز آمار ایران در رابطه با نرخ مهاجرت در کشور نشان میدهد که در حدفاصل سال های ۱۹۷۵ تا ۱۳۸۵، استان تهران با حدود سه میلیون نفر مهاجر بیشترین میزان مهاجرپذیری را در بین استان های کشور به خود اختصاص داده است و این روند در حدفاصل سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ نیز ادامه داشته است. در همین دوره زمانی بیشترین درصد افزایش مساحت نور شب در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ با (۶/۴ درصد) و حدفاصل سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ با ۴/۳ درصد افزایش به این استان تعلق دارد (جدول،۴). این امر نشان میدهد که درروند تغییرات جمعیتی در استان ها کشور مهاجرت نقش مهمی داشته است و این امر منجر به گسترش سکونت‌گاه‌های انسانی و افزایش میزان مصرف برق و گسترش مساحت نور شب در استان های مهاجرپذیر بوده است. همبستگی مثبت قوی ۰/۸۴ بین میزان مهاجرت به استان ها در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۵ و همچنین درصد افزایش مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا در این دوره زمانی وجود دارد و این همبستگی در حدفاصل سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰ نیز مثبت است که این امر ارتباط بین روند مهاجرتی با در افزایش آلودگی نوری در استان ها مختلف را به وضوح نشان می دهد که افزایش میزان مهاجرت یکی از عوامل اصلی در گسترش آلودگی نوری در بسیاری از استان ها گردیده است.

جدول ۴. مهاجرت به استان ها و درصد مساحت نور شب با درخشندگی بالا در حدفاصل سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۹۰

استان	میزان مهاجرت به نفر ۱۳۷۵-۱۳۸۵	تغییر درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا ۱۳۷۵-۱۳۸۵	میزان مهاجرت به نفر ۱۳۷۵-۱۳۸۵	تغیر درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا ۱۳۸۵-۱۳۹۰	استان	میزان مهاجرت به نفر ۱۳۷۵-۱۳۸۵	تغییر درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا ۱۳۷۵-۱۳۸۵	میزان مهاجرت به نفر ۱۳۸۵-۱۳۹۰	تغیر درصد مساحت نور شب با درخشندگی بسیار بالا ۱۳۸۵-۱۳۹۰
اردبیل	۱۹۹۸۲۲	۰.۲	۲۰۹۱۹۸	۰.۰۶	فارس	۶۵۴۰۷۸	۰.۳۲	۳۶۴۳۹۶	۰.۴۲
اصفهان	۷۸۸۷۲۵	۰.۴۱	۱۷۷۵۳۹	۰.۴	قزوین	۲۲۴۶۰۱	۰.۷	۸۹۱۶۸	۰.۴۷
البرز		۴.۸۷	۷۰۹۰۶	۱.۵	قم	۱۶۴۵۷۹	۰.۳۷	۶۸۲۰۲	۰.۳۷
ایلام	۹۸۸۳۷	۰.۳۴	۳۷۷۰۹۷	۰.۵۷	کردستان	۲۵۹۲۰۴	۰.۱۶	۱۳۱۵۶۸	۰.۱۱
آذربایجان شرقی	۴۵۳۲۱۶	۰.۴	۳۰۳۸۵۰	۰.۳۴	کرمان	۳۶۵۲۴۷	۰.۱۶	۱۶۸۵۵۱	۰.۰۹
آذربایجان غربی	۴۴۶۴۳۷	۰.۲۷	۴۲۷۵۹	۰.۲	کرمانشاه	۲۶۴۱۴۳	۰.۳	۱۱۳۶۱۲	۰.۴۸
بوشهر	۱۹۹۲۰۰	۱.۰۹	۱۲۴۴۵۸	۰	کهکیلویه	۱۴۱۳۱۴	-۰.۰۱	۶۵۱۷۵	۰.۴۴
تهران	۲۹۸۳۸۸۹	۶.۰۴	۹۷۸۸۱۱	۴.۳۲	گلستان	۳۰۰۸۸۵	۰.۱۸	۱۵۱۱۷۸	۰.۴۲
چهار محال	۱۳۱۱۴۸	۰.۱۴	۵۴۱۹۶	۰.۴۴	گیلان	۴۸۵۹۸۹	۰.۱۴	۲۲۷۱۸۵	-۰.۰۶
خراسان جنوبی	۱۳۵۱۱۰	۰.۰۵	۸۴۶۹۲	۰.۰۵	لرستان	۲۱۳۲۴۳	۰.۳۲	۷۲۰۶۲	۰.۴۴
خراسان رضوی	۹۲۴۶۷۴	۰.۲	۴۰۷۶۸۰	۰.۱	مازندران	۵۱۰۸۲۲	۰.۴۲	۲۳۶۳۸۲	-۰.۰۱
خراسان شمالی	۱۳۴۸۱۸	۰.۰۹	۸۱۷۵۴	۰.۰۱	مرکزی	۲۵۸۲۱۹	۰.۱۹	۱۱۰۴۶۵	۰.۳۸
خوزستان	۵۸۸۵۴۴	۰.۷۷	۲۴۲۱۸۱	۱.۱۸	هرمزگان	۲۳۸۹۵۳	۰.۲۹	۱۲۰۹۷۶	۰.۳
زنجان	۱۶۱۶۷۵	۰.۳	۷۵۵۳۶	۰.۱۷	همدان	۲۳۸۱۶۳	۰.۳۷	۱۰۹۲۰۲	۰.۳۱
سمنان	۱۲۸۱۲۳	۰.۰۶	۷۲۰۹۸	۰.۰۸	یزد	۱۸۹۷۷۴	۰.۱۲	۱۰۳۳۳۶	۰.۱۳
سیستان و بلوچستان	۲۶۴۶۸۶	۰.۰۷	۱۰۰۴۵۳	۰.۰۶					



شکل ۵. همبستگی مهاجرت به نفر و درصد افزایش نور شب A: سال های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ و سال های ۱۳۸۵ تا ۱۳۹۰

نتیجه‌گیری

آلودگی نوری در روزگار کنونی تهدیدی فزاینده است و زیستگاه‌های انسانی و حیات وحش را به خطر انداخته است. مقدار نور مصنوعی سالانه به‌طور پیوسته و یکنواخت در سراسر دنیا در حال افزایش است. کشور ایران هم با توجه به رشد جمعیت و حرکت کشور به سمت صنعتی شدن، با افزایش استخراج و مصرف حامل‌های اولیه انرژی به ویژه برق همراه بوده است و نتیجه آن ایجاد و گسترش آلودگی نوری است. ازاین‌رو پایش کشور از لحاظ میزان آلودگی نور و بررسی نقاط و استان های بحرانی در کشور می‌تواند به برنامه ریزان محیط در زمینه مدیریت آلودگی نوری کمک کند. در این تحقیق از داده های نور شب ماهواره DMSP/OLS استفاده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان دهنده کارایی بسیار بالای این داده ها در امر مطالعات تغییرات نور شب می‌باشد و امکان طبقه‌بندی نورهای شب در سطوح مختلف را فراهم آورده و با توجه به بازه زمانی سالانه تصویربرداری این ماهواره، امکان پایش تغییرات نور شب را در کشور امکان‌پذیر می‌سازد. نتایج این تحقیق نشان می دهد میزان نور شب در سطح کشور از سال ۱۹۹۶ تا سال ۲۰۱۳ پیوسته در حال افزایش بوده است و درصد مساحت کشور با درخشندگی بسیار کم ۲۵/۸ افزایش‌یافته است و این درصد برای، منطقه با درخشندگی کم (۱۱۱/۸٪)، در منطقه با درخشندگی متوسط ۱۴۲/۵ درصد، در منطقه با درخشندگی زیاد (۱۴۰/۲ درصد) و در منطقه با درخشندگی بسیار زیاد ۱۵۶/۸ درصد افزایش‌یافته است. این افزایش می‌تواند هشداری باشد برای گسترش میزان آلودگی نوری در کشور. در سال ۲۰۱۳ از بین استان های کشور، دو استان تهران و البرز بیشترین میزان افزایش نورهای مصنوعی از لحاظ مساحت و درصد مساحت منطقه با درخشندگی نور شب بسیار زیاد را به خود اختصاص داده است و استان های خوزستان، بوشهر، فارس و اصفهان از دیگر استان هایی است که در رتبه‌های بعدی قرار دارند. در طول دوره زمانی مورد مطالعه روند افزایش نور شب دراستان های کشور ادامه یافته است و مجددا استان‌های تهران و البرز و همچنین خراسان جنوبی (از لحاظ افزایش درصد مساحت) بالا ترین رتبه‌ها را به خود اختصاص داده اند. تراکم نسبی نامتوازن جمعیت در برخی استان های کشور به خصوص تهران و البرز یکی از عوامل مهم در افزایش نور شب با درخشندگی بسیار بالا و به‌تبع آن آلودگی نور در این استان ها است. توزیع نامتوازن جمعیتی به واسطه افزایش مهاجرت به شهرها و مراکز جمعیتی در کشور و به‌تبع آن تمرکز فعالیت‌های تجاری و صنعتی در برخی استان ها و کانون‌های جمعیتی از جمله مراکز استان ها و محدوده‌های صنعتی، روند افزایش نور مصنوعی و به‌تبع آن آلودگی نوری در کشور را افزایش داده است. گسترش میزان آلودگی نوری و ادامه این روند در آینده می‌تواند تاثیرات مخرب بسیاری را برای زندگی انسان و محیط‌زیست در کشور به وجود آورد. ازاین‌رو انجام مطالعات جامع‌تر در زمینه آلودگی نوری در سطح کشور و همچنین برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در امر کاهش نورهای مصنوعی به خصوص استان هایی که در معرض آلودگی نوری قرار دارند، ضروری به شمار می‌آید. کاهش آلودگی نوری در کشور میتواند با استفاده از تهیه راهنماها، دستورالعمل‌های لازم، تبیین استانداردها، ضوابط و توصیه‌های به منظور قانونمند نمودن مقادیر نورپردازی‌ها و سپس نظارت بر اجرای قوانین امکان‌پذیر گردد.

منابع

برهمند زاده، دانیال و رضایی قهرودی، زهرا. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات برق در بخش‌های مختلف. *آمار*، **۶**: ۳۳-۲۹.

طرانیان، زهره .۱۳۹۳. ماده ی ۶۸ قانون برنامه‌ی پنجم توسعه و نقش مرکز آمار ایران در عملیاتی کردن آن. *آمار*، ۲(**۵**):۱۰-۳.

فرداد، مهدی و یوسفی، مریم.۱۳۹۰. ارزیابی آلودگی نوری، بررسی و پهنه‌بندی اثرات زیست محیطی آن با کاربرد تکنیک های سنجش‌ازدور و GIS. پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست.

فرقانی، محمد و عباسپور، رحیم علی. ۱۳۹۳. کاوش و مدل‌سازی ارتباط تغییرات مکانی- زمانی تصاویر ماهواره‌ای DMSP/OLS و داده های سرشماری در محیط GIS. بیست و یکمین همایش ملی ژئوماتیک.

مهاجرانی، علی‌اصغر.۱۳۸۹. ناهماهنگی در توزیع مکانی جمعیت ایران. جمعیت، **۷۱** : ۶۳-۴۶

Akiyama, Y. ۲۰۱۲. Analysis of light intensity data by the DMSP/OLS satellite data for monitoring human activity in japan, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume **I-۲**, ۲۰۱۲ XXII ISPRS Congress.

Aubrecht, C.; C.D. Elvidge, T. Longcore, C. Rich, J. Safran, A.E. Strong, C.M. Eakin, K.E. Baugh, B.T. Tuttle and A.T. Howard. ۲۰۰۸. A global inventory of coral reef stressors based on satellite observed nighttime lights. *Geocarto Int*,**۲۳**: ٤٦٧–٤٧٩.

Baugh, K.; C.D. Elvidge, T. Ghosh and D. Ziskin. ۲۰۱۰. Development of a ۲۰۰۹ stable lights product using DMSP-OLS data, *Proc. Asia Pacific Adv, Net*, ۳۰: ١١٤–١٣٠.

Bennie, J.; J. P. Duffy and T. W. Davies. *2015*. Global trends in exposure to light pollution in natural terrestrial ecosystems, *Remote Sens*, ۷, (۳):۲۷۱۵-۲۷۳۰

Chalkias, C.; M. Petrakis, B. Psiloglou and M. Lianou. ۲۰۰٦. Modelling of light pollution in suburban areas using remotely sensed imagery and GIS, *J. Environ. Manag*,**۷۹**:٥٧–٦٣.

Chen, X and W.D. Nordhaus. ۲۰۱۱. Using luminosity as a proxy for economic statistics. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A*, **۱۰۸**: ٨٥٨٩–٨٥٩٤.

Cho, K.; R. Ito, H. Shimoda and T. Sakata. ۱۹۹۹. Technical note and cover fishing fleet lights and sea surface temperature distribution observed by DMSP/OLS sensor, Int. J. Remote Sens, **۲۰**: ۳–۹.

Cinzano, P.; F. Falchi and C.D. Elvidge. ۲۰۰۱. The first World Atlas of the artificial sky brightness, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **۳۲۸**: ٦٨٩–٧٠٧.

Cinzano, P.; F. Falchi, C.D. Elvidge and K.E. Baugh. ۲۰۰۰. The artificial night sky brightness mapped from DMSP satellite operational linescan system measurements, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **۳۱۸**: ٦٤١–٦٥٧.

T.A. Croft. ۱۹۷۳. Burning waste gas in oil fields. *Nature*, **۲٤٥**: ۳۷٥–۳۷٦.

J.E. Dobson, E.A. Bright, P.R. Coleman, R.C. Durfee and B.A. Worley. ۲۰۰۰. A global population database for estimating populations at risk, *Photogramm. Eng. Remote Sens*, ٦٦: ٨٤٩–٨٥٧.

Doll, C.N.; H. Muller and J.P. Elvidge. ۲۰۰۰. Night-time imagery as a tool for global mapping of socioeconomic parameters and greenhouse gas emissions, *Ambio*, **۲۹**: ١٥٧–١٦٢.

Dominoni, D.M.; M. Quetting and J. Partecke. ۲۰۱۳. Long-term effect of chronic light pollution on seasonal functions of European blackbirds (Turdus merula), *PLoS One*. ۸ (۱۲), e٨٥٠٦٩.

Elvidge, C.; Baugh, K. Hobson, V. Kihn, E. Kroehl, H. Davis and E. Cocero, D. .۱۹۹۷. Satellite inventory of human settlements using nocturnal radiation emissions: A contribution for the global tool chest. *Glob. Chang. Biol*, **۳**: ۳۸۷–۳۹٥.

Elvidge, C.D. ۲۰۰٥. Preliminary results from nighttime lights detection, *Int. Arch. of Photogram. Rem. Sens. and Spatial Inform. Sci*,**۳٦**: ۸–w۸۷.

Falchi, F.; P.Cinzano, C.D. Elvidge, D.M. Keith and A. Haim, . ۲۰۱۱. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility, *J. Environ. Manag*, **۹۲**: ٢٧١٤–٢٧٢٢

Fuller, D.O and M. Fulk. ۲۰۰۰. Comparison of noaa-avhrr and DMSP-OLS for operational fire monitoring in kalimantan, Indonesia, *Int. J. Remote Sens*, **۲۱**: ١٨١–١٨٧.

Han, P.; Huang, J. Li, L. Wang, Y. Hu, J. Wang and W. Huang. ۲۰۱٤. Monitoring trends in light pollution in China based on nighttime satellite imagery, *Remote Sens*, ٦: ٥٥٤١–٥٥٥٨.

He, C.; Q. Ma, Z. Liu and Q. Zhang. ۲۰۱۳. Modeling the spatiotemporal dynamics of electric power consumption in mainland China using saturation-corrected DMSP/OLS nighttime stable light data, *Int. J. Digit. Earth*, (۷),**۱۲**:۹۹۳-۱۰۱٤

Kohiyama, M.; H. Hayashi, N. Maki, M. Higashida, H.W. Kroehl, C.D. Elvidge and V.R. Hobson. ۲۰۰٤. Early damaged area estimation system using DMSP-OLS night-time imagery, *Int. J. Remote Sens*, **۲٥**: ۲۰۱٥–۲۰۳٦

Kumar, Pavan.; Sajjad. Haroon, Joshi. Pawan Kumar, Christopher D. Elvidge, Sufia. Rehman, B.S. Chaudhary, Bismay Ranjan. Tripathy, Jyoti. Singh and Gajendra. Pipal. ۲۰۱۸. Modeling the luminous intensity of Beijing, China using DMSP-OLS night-time lights series data for estimating population density, *Physics and Chem. Earth.* https://doi.org/۱۰,۱۰۱٦/j.pce.۲۰۱۸,۰٦,۰۰۲. (in press).

Longcore, T and C. Rich. ۲۰۰٤. Ecological light pollution. Front, *Ecol. Env*, **۲**:۱۹۱–۱۹۸.

Lo, C.P. ۲۰۰۲. Urban indicators of China from radiance-calibrated digital Dmsp-Ols nighttime images, *Ann. Assoc. Am. Geogr,* ۹۲ (۲): ۲۲۵–۲٤۰.

Nizeyimana, E. L.; G. W. Petersen, M. L. Imhoff, H. R. Sinclair, Jr., S. W. Waltman, D. S. Reed-Margetan, E. R. Levine, and J. M. Russo. ۲۰۰۱. Assessing the impact of land conversion to urban use on soils with different productivity levels in the USA. *Soil Science Society of America Journal*, ٦٥: ۳۹۱–٤۰۲.

Pun, C.S.J and So, C.W. ۲۰۱۲. Night-sky brightness monitoring in Hong Kong—a city-wide light pollution assessment, *Environ. Monit. Assess*, ۱۸٤: ۲٥۳۷–۲٥٥۷.

Raap, T.; R. Pinxten and Eens, M. ۲۰۱٥. Light pollution disrupts sleep in free-living animals, *Sci. Rep*, ٥: ۱۳٥٥۷.

Reed-Margetan, D.S.; E.R. Levine and J.M. Russo. ۲۰۰۱. Assessing the impact of land conversion to urban use on soils with different productivity levels in the USA, *Soil Sci. Soc. Am. J*, ٦٥: ۳۹۱–٤۰۲.

Pauley, S.M. ۲۰۰٤. Lighting for the human circadian clock: Recent research indicates that lighting has become a public health issue. Med, *Hypotheses*, ٦۳: ٥۸۸–٥۹٦.

Sutton, P.; D. Roberts, C. Elvidge and H. Melj. ۱۹۹۷. A comparison of nighttime satellite imagery and population density for the continental united states, *Photogramm. Eng. Remote Sens*, ٦۳: ۱۳۰۳–۱۳۱۳.

Sutton, P.C and R. Costanza .۲۰۰۲. Global estimates of market and non-market values derived from night time satellite imagery, land cover, and ecosystem service valuation,*Ecol. Econ*,٤۱: ٥۰۹–٥۲۷.

Shi, K.; Y. Chen, B. Yu, T. Xu, C. Yang, L. Li, C. Huang, Z. Chen, R. Liu and J. Wu, .۲۰۱٦. Detecting spatiotemporal dynamics of global electric power consumption using DMSO/OLS nighttime stable light data**,** *Appl. Energy*,۱۸٤: ٤٥۰–٤٦۳.

Yu, B.; S. Shu, H. Liu, W. Song, J. Wu, L. Wang and Z. Chen. ۲۰۱٤. Object-based spatial cluster analysis of urban landscape pattern using nighttime light satellite images: A case study of China, *Int. J. Geogr. Inf. Sci*, (۲۸)۱۱: ۲۳۲۸-۲۳٥٥

Zhang, Q.L and K.C. Seto. ۲۰۱۱. Mapping urbanization dynamics at regional and global scales using multi-temporal DMSP/OLS nighttime light data, *Remote Sens. Environ*, ۱۱٥: ۲۳۲۰–۲۳۲۹.