

بررسی و مدل سازی توسعه فیزیکی مناطق شهری و اثرات آن بر ترافیک با استفاده از داده های نور شبانه

سمانه باقری^۱، دکتر صدرا کریم زاده^{۲*}، دکتر بختیار فیضی زاده^۳

^۱ کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS - دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی - دانشگاه تبریز
samanehbagheri99@email.com

^۲ استادیار دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی - دانشگاه تبریز
sadra.karimzadeh@email.com

^۳ دانشیار دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی - دانشگاه تبریز
bakhtiar.feizizadeh@gmail.com

(تاریخ دریافت شهریور ۱۴۰۰، تاریخ تصویب آذر ۱۴۰۰)

چکیده

امروزه رشد و توسعه فیزیکی سریع شهرها، تحولات چشمگیری را در ویژگی های کالبدی و کارکردی آنها سبب شده است و به دنبال آن معضلات و مشکلات زیادی نیز به وجود آمده است. شهرهای تهران و تبریز به عنوان دو کلان شهر ایران، از این قاعده مستثنا نبوده، زیرا دلیل توسعه آنها در سال های اخیر و تمرکز و تراکم بیش از حد انواع کاربری ها به ویژه کاربری های تجاری و کاربری های خدمات درمانی در بخش مرکزی، مسائل و مشکلاتی از جمله نارسایی در شبکه حمل و نقل را برای این دو شهر به وجود آورده است. بر همین اساس در مطالعه حاضر به بررسی این دو کلان شهر پرداخته شده است. مشاهدات سنجش از دور نور شبانه، سنجش صریح و مکانی به موقع از فعالیتهای انسانی را در اختیار ما قرار می دهد. تحقیقات زیادی نشان داده اند که از نور شب (NTL) می توان به عنوان یک پروکسی برای تعدادی از متغیرها، از جمله شهرنشینی، تراکم و رشد اقتصادی استفاده کرد. بر این اساس در این مطالعه ما با استفاده از سنجش از دور نور شبانه رشد شهری و اثرات دنباله آن را مورد بررسی قرار دادیم. برای این منظور از تصاویر ماهواره ای SOUMI NPP، LANDSAT 8 و LANDSAT 7 و همچنین اطلاعات ترافیکی به دست آمده از Google map استفاده شد که با استفاده از نرم افزارهای QGIS، ENVI 5.3، ARC GIS 10.3، 3.10، سامانه Google Earth Engine و نرم افزار MATLAB تحلیل های لازم بر روی این داده ها صورت گرفت. در ابتدا با استفاده از الگوریتم BUNTUS (مناطق ساخته شده شهری، تصویر نور شب و زمان سفر برای محدوده شهر) میزان توسعه فیزیکی شهرهای مورد مطالعه بررسی شد. نتایج نشان داد که هر دو شهر در طی این دوره نه ساله مورد بررسی (۲۰۲۰-۲۰۱۲)، رشدی همراه با شیب ملایم داشته اند. پس از محاسبه رشد شهری برای بررسی ترافیک شهری، با استفاده از نرم افزار متلب بین اطلاعات ترافیکی و ارزش عددی پیکسل های تصویر (DN) رگرسیون گرفته شد که نتایج، همبستگی بین این دولا به اطلاعاتی را نشان داد.

واژگان کلیدی: SOUMI NPP، LANDSAT 8، LANDSAT 7، BUNTUS، الگوریتم، توسعه فیزیکی، ترافیک

۱- مقدمه

گسترش شهرنشینی و رشد نامتوازن شهری، توجه بسیاری از برنامه ریزان و تصمیم گیران شهری را به مسائل و پیامدهای ناشی از رشد جمعیت شهری جلب کرده است (عراقی و همکاران، ۱۳۹۶). در این راستا هدف اصلی مطالعه حاضر بررسی و مدل سازی میزان توسعه فیزیکی شهرهای ایران ناشی از افزایش جمعیت و توسعه ساخت وسازها و نقش عوامل و پارامترهای مختلف مؤثر در آنها و در نهایت تأثیر این موارد در ترافیک می باشد. اخیراً، توانایی روزافزون بشر در جمع آوری و به اشتراک گذاری داده ها در مورد بسیاری از جنبه های زندگی شهری، شروع به ارائه سرنخ های بهتری در مورد ویژگی های شهرها نموده است (وو و همکاران، ۲۰۱۶). با توجه به اینکه فعالیت های انسانی در طول شبانه روز با نور همراه بوده، بنابراین فعالیت های انسانی را می توان با استفاده از تصاویر ماهواره در شب که نور منعکس شده از شهر را نشان می دهند بررسی نمود. در این راستا نقش تکنیک ها و داده های سنجش از دوری در شناسایی تغییرات و رشد و توسعه شهری، در ارزیابی میزان افزایش جمعیت درخشان تر از روش های دیگر بوده است (ژائو و همکاران، ۲۰۱۹). با استفاده از این تکنیک ها میزان تغییرات جمعیتی و همچنین توسعه شهری ناشی از فعالیت های انسانی را می توان با تجزیه و تحلیل تصاویر نوری شبانه برداشت شده توسط ماهواره بررسی کرد. برخلاف سنجش از راه دور در روز، که به طور معمول محدود به ویژگی های فیزیکی پوشش زمین است، سنجش از راه دور شبانه، نورپردازی انسان شناسی موجود در سطح زمین را شناسایی می کند و چشم اندازی منحصربه فرد و مستقیم از فعالیت های اجتماعی بشر ارائه می دهد. در مقایسه با داده های سنتی مبتنی بر سرشماری، داده های سنجش از دور عینی تر و به موقع تر هستند. مهم تر از همه، داده های سنجش از راه دور باعث افزایش اطلاعات مکانی می شوند. مطالعات قبلی رابطه مثبت بین تقاضای حمل و نقل کالا و رشد اقتصادی را نشان داده است. بنابراین، بسیار امکان پذیر است که از روشنایی چراغ های شبانه عنوان واسطه برای بررسی ترافیک مورد استفاده قرار گیرد. در حال حاضر، داده های حمل و نقل و ترافیک به طور عمده در سطح استان یا شهر بررسی و گزارش می شوند. در مقایسه با داده های سنتی مبتنی بر سرشماری،

داده های سنجش از دور عینی تر و به موقع تر هستند. مهم تر از همه، داده های سنجش از راه دور باعث افزایش اطلاعات مکانی می شوند. می توان انتظار داشت که اگر درخشندگی ضبط شده توسط تصاویر نور شب می تواند به عنوان واسطه ای درزمینه ی ترافیک مورد استفاده قرار گیرد، می توانیم به طور مؤثری نه تنها مقادیر نسبی ترافیک را به دست آوریم بلکه امکان برنامه ریزی در این زمینه را نیز فراهم کنیم. در طول ده ها سال توسعه فن آوری سنجش از راه دور نور شب، برنامه های سنجش از راه دور نور شب به حوزه های مختلف علمی مانند اقتصادسنجی، تخمین فقر، آلودگی نوری و ... گسترش یافته است. به تازگی، مطالعات جدید سعی کرده اند از تصاویر تصویربرداری فضایی شبانه با وضوح بیشتر، تصویربرداری مادون قرمز رادیومتری باند روز / شب (VIIRS-DNB) استفاده کنند، تا اطلاعات فضایی سطح زمین و عوامل اقتصادی برآورد شود. در حقیقت، منابع داده نور شب دارای برخی خصوصیات مطلوب مانند دسترسی آزاد و پوشش جهانی روزانه در هر دوره ۲۴ ساعته هستند. همه این ویژگی ها فرصتی مناسب برای مطالعه مسیر بزرگراه ها و حمل و نقل در سطح کشور فراهم می کند (چانگ و همکاران، ۲۰۱۹).

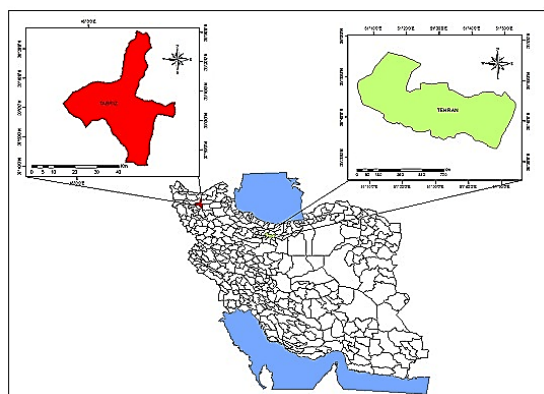
بر همین اساس، ساختار این فصل مبتنی بر کلیاتی در ارتباط با موضوع مورد مطالعه می باشد و با تشریح ابعاد مسئله، اهمیت و ضرورت پرداختن به موضوع بیان شده است و در راستای رسیدن به اهداف پژوهش، سؤالات و فرضیات مورد نظر طراحی و تدوین شده است.

۲- روش تحقیق

روش تحقیق در این مقاله توصیفی - تحلیلی است. آمار و اطلاعات با استفاده از سالنامه ها و تصاویر ماهواره ای لندست ۷ و ۸ و تصاویر نور شبانه ماهواره Soumi NPP گرد آوری شد. همچنین جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات مذکور و ارزیابی میزان توسعه فیزیکی شهر های مورد مطالعه از الگوریتم Buntus استفاده شد. همچنین برای ارزیابی میزان تأثیرات رشد فیزیک شهرها بر ترافیک، الگوریتم شبکه عصبی مصنوعی مورد استفاده قرار گرفت.

بر این اساس تجزیه و تحلیل ما در این بخش متشکل از چند مرحله می باشد، در مرحله اول یک سری نه ساله از تصاویر لندست و تصاویر نور شبانه و لایه زمان سفر (این لایه

دارد. گستره ی کنونی تهران از ارتفاع ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری از سطح دریا امتداد یافته است؛ این ارتفاع از شمال به جنوب کاهش می یابد. برای مثال، ارتفاع در میدان تجریش، در شمال شهر حدود ۱۳۰۰ متر و در میدان راه آهن که ۱۵ کیلومتر پایین تر است، ۱۱۰۰ متر است. تبریز کلانشهری در منطقه ی آذربایجان ایران و مرکز استان آذربایجان شرقی است. این شهر، بزرگ ترین قطب اقتصادی منطقه ی آذربایجان ایران و مرکز اداری، ارتباطی، بازرگانی، سیاسی، صنعتی، فرهنگی و نظامی این منطقه شناخته می شود. کلانشهر تبریز ۵۱/۲۴۴ کیلومتر مربع وسعت دارد و بر همین اساس، سومین شهر بزرگ ایران پس از تهران و مشهد محسوب می شود. تبریز در غرب استان آذربایجان شرقی و در منتهی الیه مشرق و جنوب شرق جلگه ی تبریز قرار گرفته است.



شکل ۱- نقشه مناطق مورد مطالعه

۳-۲- الگوریتم BUNTUS

BUNTUS (مناطق ساخت شده شهری، نور شبانه، و زمان سفر برای وسعت شهری) از تکنیک های سنجش از دور برای ترسیم مرزهای شهری استفاده می کند. الگوریتم BUNTUS بخشی از یک مطالعه بزرگتر در مورد نقش شهرنشینی در تغییر انتشار سوخت های فسیلی است. این روش تخمین های پوشش زمین، نورهای شبانه و زمان سفر را برای طبقه بندی مناطق شهری به هم پیوسته، ترکیب می کند. این روش خودکار، جهانی است و از مجموعه داده هایی با مدت زمان کافی برای ایجاد روند استفاده می کند. بنابراین، این رویکرد قادر به توصیف توزیع های فضایی و ارائه اطلاعات دقیق از گستره های شهری است. ما این روش را با مثال هایی از تهران و تبریز نشان می دهیم. روش جدید با معیارهای مطالعه روند کلی در انتشارات شهری مطابقت

با استفاده از ابزار ORS نرم افزار QGIS استخراج شد) به منظور بررسی میزان توسعه فیزیکی به کار برده شده است. فرض ما این بود که تکنیک های پردازش تصاویر سری ماهواره های SUOMI NPP می تواند در بررسی تغییرات جمعیتی و میزان توسعه یافتگی فیزیکی شهرهای ایران و تأثیر آن ها بر ترافیک مؤثر باشد. مرحله دوم بررسی میزان ارتباط رشد فیزیکی شهر ها و اثرات آن بر ترافیک با استفاده از تصاویر نور شبانه بود که برای این کار از تصاویر ماهواره ای SUOMI NPP برای بازه زمانی مورد مطالعه استفاده شد. برای انجام عملیات مختلف نامبرده، از نرم افزار های ArcGIS، ENVI 5.3، QGIS، MATLAB و سامانه Google Earth Engine استفاده شده است.

۳- روش شناسی

در این مطالعه، چارچوب آزمایشی برای اندازه گیری رشد شهری شامل سه مرحله است: تولید پوشش زمین، طبقه بندی نور شب و محاسبه زمان سفر. هر یک از این مراحل پردازش خاص خود را داشته و هر یک دارای مزایا و معایبی هستند. (محمد لقمان و همکاران، ۲۰۱۹). در ادامه این سه مرحله به صورت جزئی تشریح خواهند شد. در صورت ترکیب منطقی، سه مجموعه داده می تواند تخمین دقیق تری از رشد فیزیکی شهر ارائه دهد. الگوریتم مورد استفاده در این مطالعه الگوریتم BUNTUS (داخلی، نور شب و زمان سفر برای اندازه شهر) نامیده می شود که برای بررسی میزان رشد فیزیکی شهر های مورد مطالعه مورد استفاده قرار می گیرد. برای بررسی میزان تأثیرات رشد فیزیکی شهر بر ترافیک نیز از روش شبکه عصبی مصنوعی استفاده می شود تا همبستگی بین متغیر ها استخراج شود. در ادامه، منطقه مورد مطالعه را نشان خواهیم داد و هر مرحله را جداگانه توضیح خواهیم داد و ترکیب آنها و نتیجه نهایی را بررسی خواهیم کرد.

۳-۱- مناطق مورد مطالعه

تهران در پهنه ای بین دو وادی کوه و کویر و در دامنه های جنوبی البرز گسترده شده است و ۷۳۰ کیلومتر مربع مساحت دارد. از نظر جغرافیایی نیز در ۵۱ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۳۳ دقیقه ی طول خاوری و ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۴ دقیقه ی عرض شمالی قرار

دارد. با این حال، با توجه به تعریف ما از منطقه شهری، مرزهای BUNTUS را می توان برای انواع دیگر مطالعات و گرایش های شهری استفاده کرد

۳-۳- طبقه بندی پوشش زمین

برای نقشه برداری از پوشش زمین، از محصولات برای نقشه برداری از پوشش زمین، از محصولات Landsat Enhancement Thematic Mapper (ETM) و Landsat Operational Line Imager (OLI) استفاده شده است. از تصاویر ETM برای تهیه نقشه پوشش زمینی برای سال ۲۰۱۲ و از تصاویر Landsat 8 برای سال های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ استفاده شد. ابتدا پیش پردازش لازم مانند رادیومتری و تصحیح اتمسفر در نرم افزار بررسی تصویر ENVI انجام شد، سپس تصاویر با استفاده از روش SVM طبقه بندی شدند. در ابتدا، هر تصویر به چهار کلاس طبقه بندی شد و سپس آن چهار کلاس را به دو کلاس تقسیم کردیم تا مناطق داخلی و غیر ایجاد شده را شناسایی کنیم. در انتخاب داده های آموزش، از Google Earth برای طبقه بندی صحیح آن استفاده شد.

۳-۳-۱- ارزیابی دقت طبقه بندی

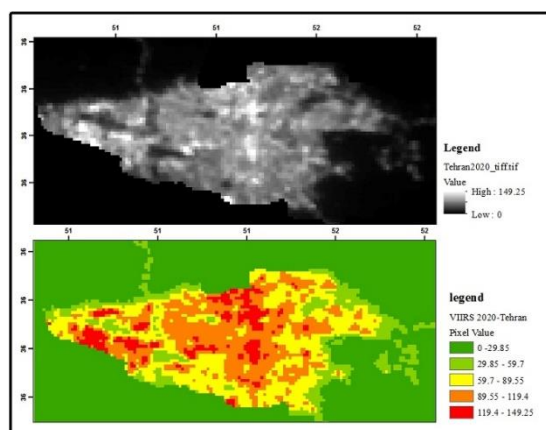
ماتریس خطای یکی از پرکاربردترین روش های ارزیابی دقت است. از این رو در این مطالعه برای ارزیابی دقت طبقه بندی از این روش استفاده شد. نتایج نشان داد که دقت چهار کلاس طبقه بندی شده بین ۸۵ تا ۹۰ درصد بود.

۳-۳-۲- استخراج مناطق شهری

لایه پوشش زمین تولید شده دارای ۴ کلاس بود. در ابتدا ما ۴ کلاس را به دو کلاس تقسیم کردیم: مناطق ساخته شده و مناطق ساخته نشده. برای مناطق ساخته شده ارزش ۱ و برای مناطق ساخته نشده ارزش ۰ اختصاص داده شد. از آنجا که تمرکز اصلی ما مناطق ساخته شده بود، ما صحت دو کلاس را دوباره از طریق روش ماتریس خطا ارزیابی کردیم. طبقه بندی دو کلاسه ما در همه مجموعه های داده بیش از ۹۰٪ موفق بود. سرانجام، تجزیه و تحلیل Focal Statistics بر روی تصویر دو طبقه در نرم افزار ArcGIS انجام شد و آماده ادغام با سایر داده ها بود.

۳-۴- پردازش تصاویر نور شبانه

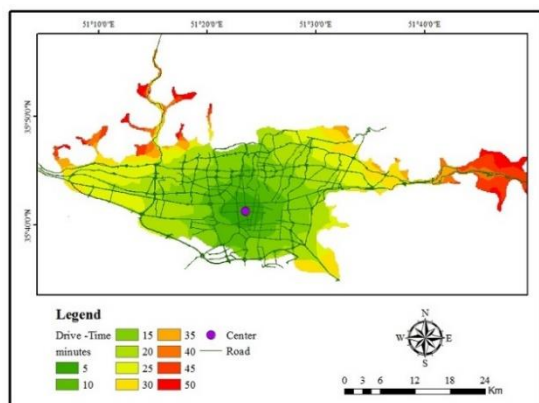
تصاویر ماهواره ای با نور شبانه (NTL) دسته ای از محصولات سنجش از دور هستند که به مدت چندین سال در سراسر جهان در دسترس هستند (محمد لقمان و همکاران، ۲۰۱۹). در این تحقیق، ما از تصاویر VIIRS استراتژی های مختلف استفاده می کنیم. VIIRS از قابلیت های تصویربرداری چند باند روزانه برای پشتیبانی از دستیابی به تصاویر جوی با وضوح بالا و سایر محصولات ابزار، از جمله تصویربرداری قابل مشاهده و مادون قرمز از توفان ها و تشخیص آتش سوزی، دود و ذرات معلق در هوا برخوردار است. VIIRS مجموعه ای از اندازه گیری ها را که توسط رادیو متر با وضوح بسیار پیشرفته (AVHRR)، طیف سنج تصویری با وضوح متوسط (MODIS) و سیستم خطی اسکن عملیاتی (OLS) آغاز می شود، گسترش می دهد و بهبود می بخشد. VIIRS در مقایسه با تصویرگرهای قدیمی دارای وضوح مکانی بهتری با دامنه بزرگتر است. در واقع، این سنسور VIIRS Day / Night Band بوده که زمین بسیار محبوب و زیبا را در تصویر سنگ مرمر سیاه شب به تصویر میکشد (https://www.jpss.noaa.gov/mission_an d_instruments.html). برای یافتن آستانه DN برای مناطق شهری برای تجزیه و تحلیل چند متغیره، ما تصاویر NTL را به پنج کلاس طبقه بندی کردیم تا رابطه بین DN و سطح زمین برقرار شود. ما مجموعه داده های VIIRS را در پنج کلاس با وضوح اصلی ۷۴۲ متر طبقه بندی کردیم.



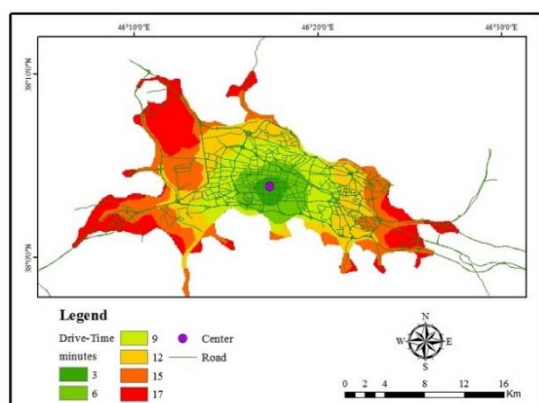
شکل ۲- نقشه تصویر NTL طبقه بندی شده شهر تهران

با استفاده از این آستانه ها، ما داده های VIIRS را به دو کلاس طبقه بندی کردیم: برای شهر تهران بازه بین ۰ - ۲۶,۶ کلاس یک می باشد که مربوط به مناطق ساخته نشده

، از داده های OSM استفاده شده است که به راحتی در دسترس هستند. برای این کار ، با استفاده از ابزار ORS ، یک لایه زمان سفر در نرم افزار QGIS ایجاد شد. این ابزار بدون هیچ محدودیتی مانند ترافیک و براساس سرعت در نظر گرفته شده در هر مسیر ، زمان سفر را محاسبه می کند. سرانجام ، به یک رستر در نرم افزار ArcGIS تبدیل شد.



شکل ۴- نقشه رستر مسافت سفر برای شهر تهران



شکل ۵- نقشه رستر مسافت سفر برای شهر تبریز

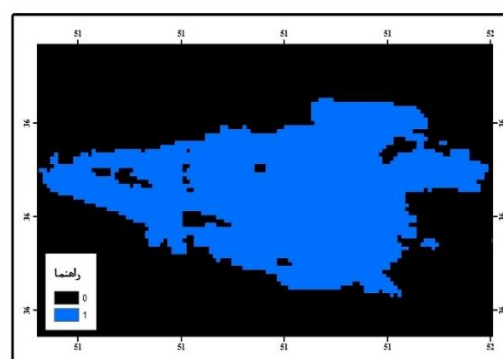
۳-۶- تلفیق مجموعه داده ها

پس از تولید سه رستر، ما اقدام به ادغام این رسترها کردیم. برای این کار از فرمول زیر استفاده می کنیم:

$$DN_{out} = DNB + DNNTL + DNTT$$

هر کدام از این سه لایه رستری با توجه به قدرت تفکیک خود و پتانسیل شناسایی مناطق شهری ساخته شده از مناطق ساخته نشده در تولید لایه نهایی تاثیر گذار خواهند بود. در آخر ، لایه تولید شده را با توجه به آستانه منطقی به دو کلاس تقسیم کردیم. ما بزرگترین منطقه شهری مجاور را که شامل هسته شهری بود را انتخاب کردیم و آن را به یک چند ضلعی بردار داده تبدیل کردیم.

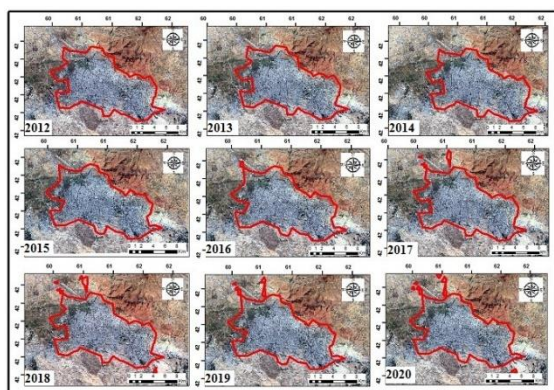
است و ارزش ۰ به آن اختصاص می یابد و بازه بین ۲۶,۶ - ۱۴۹,۲۵ کلاس دوم می باشد که مربوط به مناطق ساخته شده شهری است و ارزش ۱ به آن اختصاص می یابد . برای شهر تبریز نیز بازه بین ۰ - ۲۲,۹۹ کلاس یک یعنی مناطق ساخته نشده می باشد و دارای ارزش ۰ است و بازه بین ۲۲,۹۹ - ۱۶۸,۶۴ کلاس دوم یعنی مناطق ساخته شده شهری است که ارزش یک به آن اختصاص می یابد . به طور کلی همزمان با رشد شهری، شبکه ارتباطی نیز رشد و توسعه پیدا می کند. کاربری زمین شهری از جمله عوامل مهم سیستم شهر است که از طریق شبکه های ارتباطی و جریان های ترافیکی با سیستم حمل و نقل در ارتباط مستقیم و متقابل است. در واقع حمل و نقل و کاربری زمین شهری، سیستمی را شکل می دهد به گونه ای که تصمیم در یکی بر دیگری اثر می گذارد و مدیریت در یکی می تواند در تحقق اهداف دیگری در کل سیستم موثر واقع شود، بنابراین لازم است به صورت یکپارچه نگریسته و مدیریت شود (اسدی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین می توان از طریق ارتباط بین مناطق ساخته شده و ساخته نشده شهری را بررسی کرده و در زمینه ترافیک برنامه ریزی های اساسی کرد.



شکل ۳- نقشه تصویر نور شب دو کلاسه برای شهر تهران (۲۰۲۰)

۳-۵- تولید رستر زمان سفر

زمان سفر معمولاً یک دوره زمانی مشخص برای سفر برای مثال از محل کار یا از ورودی یک شرکت تجاری به محلی که کار در آن انجام می شود گفته می شود . شبکه راه از آنجا که اتصال فضا را اندازه گیری می کند ، نمایی سوم از وسعت شهری را ارائه می دهد. بنابراین ، داده های کامل و دقیق شبکه جاده جغرافیایی یک مجموعه داده با ارزش است. نقشه ها (Open Street (OSM داده های مکانی فضایی شبکه راه را در سطح جهانی و بدون هیچ گونه هزینه ای فراهم می کند (محمد لقمان و همکاران، ۲۰۱۹). در مطالعه حاضر

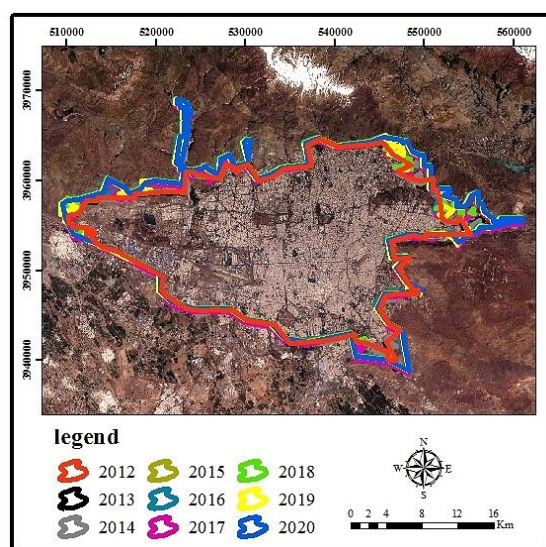


شکل ۸- نقشه مناطق ساخته شده، تصویر نور شبانه و رستر زمان سفر برای مرزهای اندازه شهری (BUNTUS) تبریز بر روی تصاویر Google Earth از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰

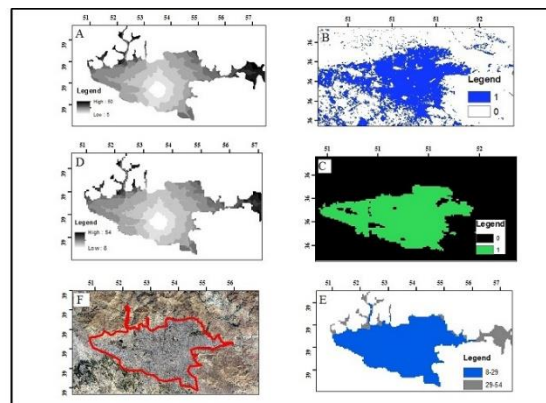
۴-۲- گسترش شهری

شکل (۹ و ۱۰) برای درک چگونگی رشد مناطق شهری در طول زمان مفید است. به عنوان مثال، شهر تهران در طرف شمالی و دو طرف شمال شرقی و شمال غربی رشد بیشتری را نشان می دهد و شهر تبریز تقریباً در تمامی جهات با رشد البته با شیب ملایم همراه بوده است.

شکل (۱۱) نمودار مساحت شهرهای تهران و تبریز را از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد. نمودار، در مورد هر دو شهر، رشد مداوم سالانه را نشان می دهد، و فقط شهر تهران در سال ۲۰۱۴ نسبت به سالهای دیگر رشد بیشتری را نشان داده است.



شکل ۹- نقشه مرزهای محدوده شهری شهر تهران ۲۰۱۲-۲۰۲۰

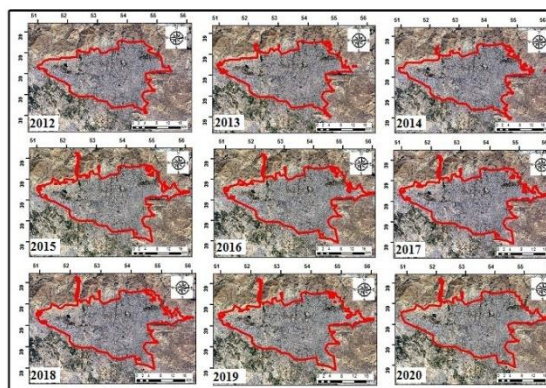


شکل ۶- تلفیق سه مجموعه داده (تهران در سال ۲۰۱۲). شکل (A) نشان دهنده رستر زمان سفر (DN_{TT})، شکل (B) نشان دهنده منطقه ساخته شده (DN_B)، شکل (C) نشان دهنده تصویر شبانه نور طبقه بندی شده (DN_{NLT})، شکل (D) نشان دهنده ترکیب سه مجموعه داده (DN_{out})، شکل (E) مجموع طبقه بندی شده دو کلاس با مقدار آستانه مناسب را نشان می دهد و شکل F نشان دهنده بزرگترین مرز منطقه شهری مجاور است.

۴- نتایج

۴-۱- اعتبارسنجی BUNTUS

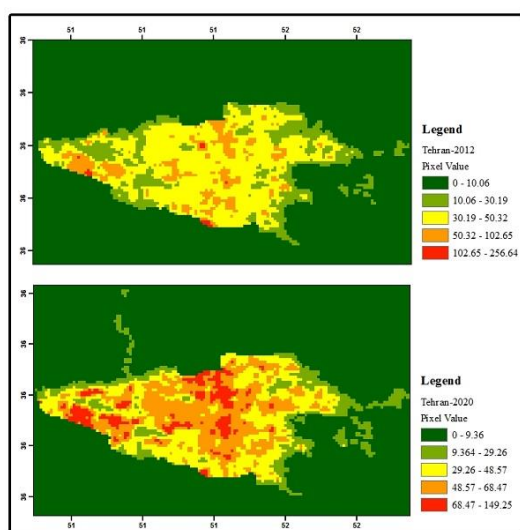
اعتبارسنجی کمی مستقیم BUNTUS امری دشوار است. هیچ مجموعه داده دیگری دارای تفکیک زمان و مکان برای مقایسه کامل نیست. به طور جدی تر، تعریف وسعت شهری دلخواه است. وظیفه ما گرفتن پویایی شهری است. بنابراین، ما می توانیم اندازه رتبه بندی تغییرات از BUNTUS و سایر مجموعه های داده را مقایسه کنیم. پر کار برد ترین روش، مقایسه مستقیم با تصاویر شهری است. شکل های (۷) و (۸) به ترتیب مرزهای BUNTUS شهرهای تهران و تبریز را از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ بر روی تصاویر Google Earth نشان می دهد.



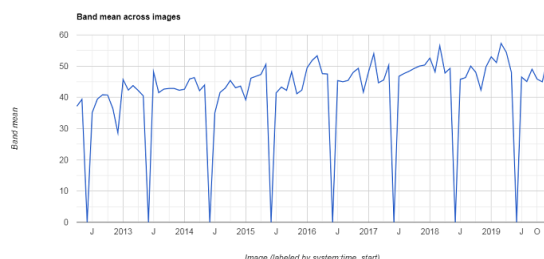
شکل ۷- نقشه مناطق ساخته شده، تصویر نور شبانه و رستر زمان سفر برای مرزهای اندازه شهری (BUNTUS) تهران بر روی تصاویر Google Earth از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰

استفاده وسیع و بی رویه از لامپهای غیر استاندارد، عدم آگاهی مردم در استفاده صحیح از نور و وسایل تولید کننده آن و سیاستهای نادرست مدیریت شهری در به کار گیری روشنایی معابر و محلهای گذر، تهران را در صدر شهرهای آلوده ایران به لحاظ آلودگی نوری قرار داده است. به منظور محاسبه میزان آلودگی دو شهر مورد مطالعه از نرم افزار Google Earth Engine استفاده شد.

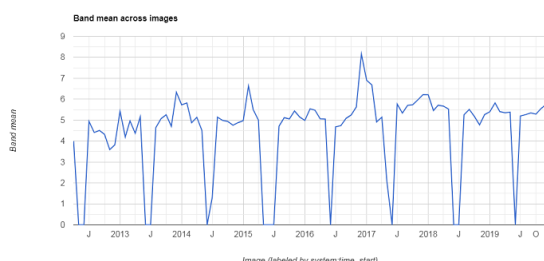
نتایج به دست آمده در این مطالعه نیز نشان دهنده روند افزایشی میزان آلودگی نوری در شهرهای تهران و تبریز بین سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۲۰ می باشد.



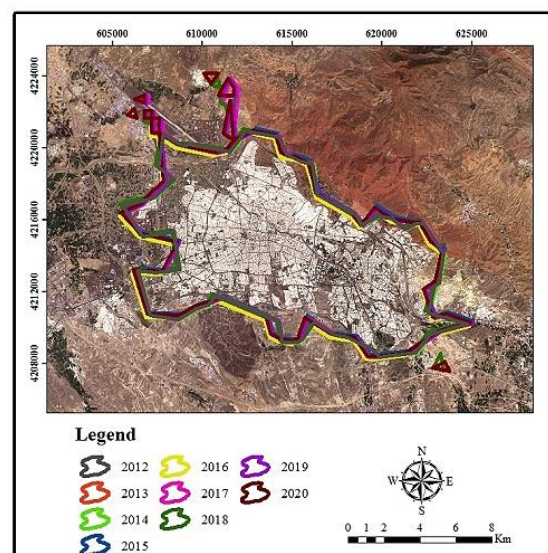
شکل ۱۲- نقشه تصاویر نور شبانه برای شهر تهران برای سالهای ۲۰۲۰ و ۲۰۱۲



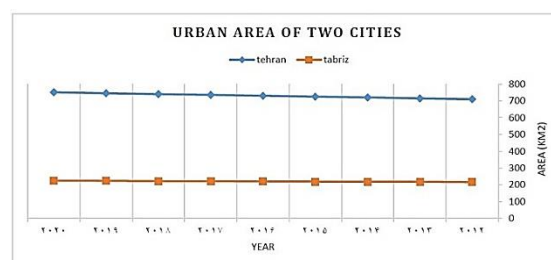
شکل ۱۳- نمودار تغییرات آلودگی نوری شهر تهران بین سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۱۲



شکل ۱۴- نمودار تغییرات آلودگی نوری شهر تبریز بین سال های ۲۰۲۰ تا ۲۰۱۲



شکل ۱۰- نقشه مرزهای محدوده شهری شهر تبریز ۲۰۱۲-۲۰۲۰



شکل ۱۱- نمودار منطقه شهری در برابر طرح سال

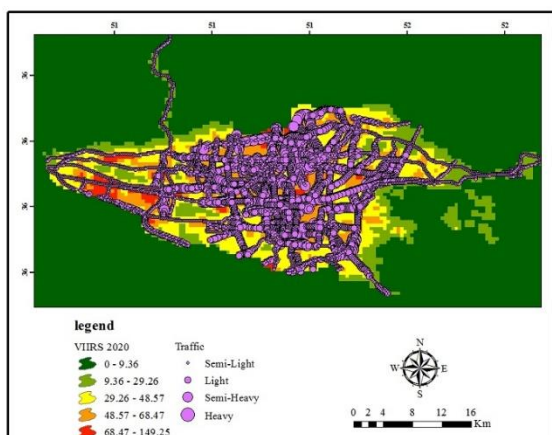
با پیشرفت تمدن بشری و شهرنشینی تقاضا برای استفاده از نور مصنوعی بیشتر شده و این رشد ادامه دار خواهد بود. براساس تصاویر ماهواره ای نور شب و تطبیق آن بر کاربری اراضی شهری، مناطقی از شهر که دارای تراکم مسکونی بالایی هستند، دارای نور بیشتر و مناطق با تراکم مسکونی پایین، درصد روشنایی کمی دارا هستند. بر اساس این شواهد می توان میزان توسعه فیزیکی شهر را با ارزیابی آلودگی نوری نیز مورد بررسی قرار داد.

۶- آلودگی نوری

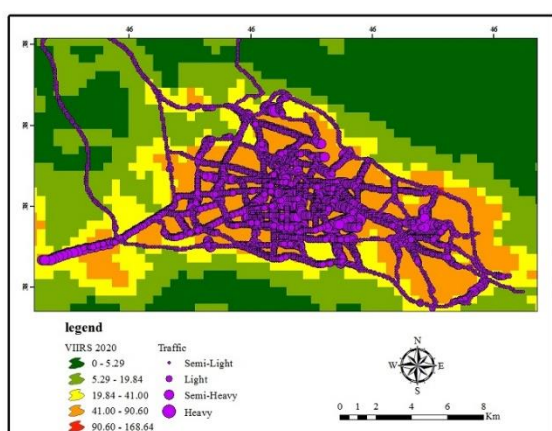
آلودگی یکی از مهمترین پیامدهای تمدن شهری است. از بین انواع مختلف آلودگی، آلودگی نوری ممکن است یکی از آلاینده های نوظهور در زمینه آسیب های زیست محیطی باشد. در رده بندی آسمان به لحاظ علم نجوم، سه رده تاریک، حاشیه و فاجعه مطرح است (فرداد و یوسفی، ۱۳۹۰). بر اساس شواهد آسمان پایتخت، در رده آسمان فاجعه قرار دارد (فرداد و یوسفی، ۱۳۹۰). آنچه مهم است بیش از آلودگی هوا، گسترش نامناسب و بی رویه شهرها،

۷- تولید لایه ترافیکی

از آنجایی که اطلاعات ترافیکی دقیقی در دسترس هیچ کدام از سازمان های مربوطه نبود، لایه ترافیکی مورد نیاز برای هر کدام از شهرهای مورد مطالعه برای یک هفته و برای ساعات شب از Google map و به صورت دستی استخراج شد. دلیل برداشت داده ها برای یک هفته زمان بر بودن استخراج اطلاعات بود. اطلاعات استخراج شده شامل چهار کلاس : ترافیک نیمه سبک، سبک، نیمه سنگین و سنگین می باشد. سپس میانگین این داده ها محاسبه شد و با استفاده از نرمال سازی، لایه ترافیکی برای انجام رگرسیون آماده شد.



شکل ۱۵- نقشه لایه ترافیکی نرمال شده و تطبیق آن بر روی تصویر نور شبانه شهر تهران



شکل ۱۶- نقشه لایه ترافیکی نرمال شده و تطبیق آن بر روی تصویر نور شبانه شهر تبریز

۷-۱- نرمال سازی (Normalization)

یکی از روش های تغییر مقیاس، استفاده از روش نرمال سازی Min-Max است. به این ترتیب علاوه بر یکسان سازی مقیاس داده ها، کران های تغییر آن ها نیز در بازه [۰, ۱] خواهد بود. این تبدیل به صورت زیر تعریف می شود (https://b.fdrs.ir/x5).

$$X_{\text{norm}} = \frac{X - X_{\text{min}}}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}$$

در این رابطه X_{min} حداقل مقدارها و X_{max} حداکثر مقادیر را نشان می دهد.

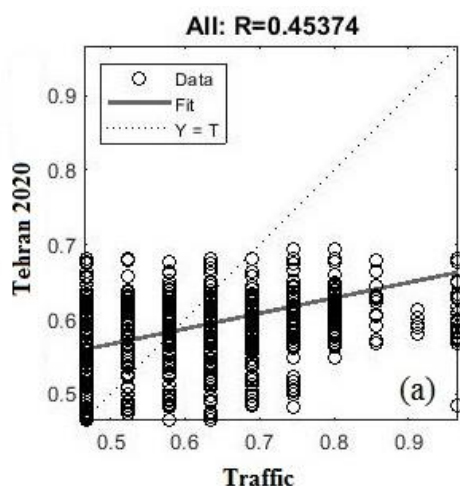
این شیوه محاسبه اغلب در زمانی استفاده می شود که می خواهیم میزان شباهت بین نقاط را مشخص کنیم. برای مثال در پردازش تصویر و تشخیص پیکسل های مشابه از این تبدیل استفاده شده و سپس از الگوریتم های خوشه بندی برای کاهش تعداد رنگ استفاده می شود. در این مطالعه نیز با توجه به این که اعداد به دست آمده در بازه ای فراتر از ۰ و ۱ قرار داشتند، قابلیت رگرسیون گیری با DN تصویر نور شب را نداشتند، بنابراین عملیات نرمال سازی خطی بر روی اطلاعات ترافیکی صورت گرفت تا بازه اعداد بین ۰ و ۱ قرار گیرد. مطالعات گذشته همچون مطالعه چانگ و همکاران بر روی ارزیابی رونق ترافیک بزرگراه بر اساس سنجش از دور نور شبانه نشان داده است که این دو لایه در کنار هم از پتانسیل بسیار بالایی در شناسایی ترافیک برخوردار هستند و قابلیت تلفیق و مقایسه با یکدیگر را دارا می باشند.

۷-۲- استخراج DN تصویر

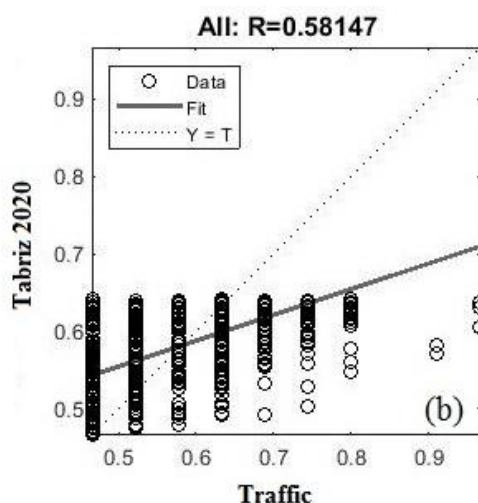
در این مرحله با استفاده از نرم افزار Arc gis و دستور Extract Value to point، ارزش عددی پیکسل های تصویر (DN) استخراج شد. در واقع این دستور براساس لایه ترافیکی معرفی شده، پیکسل هایی از تصویر که در این نقاط دارای ارزش عددی هستند را استخراج می کند.

۷-۳- خطای RMSE

خطای جذر میانگین مربعات یا انحراف جذر میانگین مربعات یا خطای جذر میانگین مربع ها root-mean-square deviation (RMSE) یا root-mean-square error (RMSE) تفاوت میان مقدار پیش بینی شده توسط مدل یا برآوردگر آماری و مقدار واقعی می باشد. RMSE یک ابزار خوبی است برای مقایسه خطاهای پیش بینی توسط یک مجموعه داده است و برای مقایسه چند مجموعه داده کاربرد ندارد.



شکل ۱۷- نمودار رگرسیون بین لایه ترافیک و DN تصویر برای شهر تهران (۲۰۲۰)



شکل ۱۸- نمودار رگرسیون بین لایه ترافیک و DN تصویر برای شهر تبریز (۲۰۲۰)

۹- بحث و پیشنهادات

بزرگراه ها، آزادراه ها و طور کلی شبکه حمل و نقل شهری نقش بسیار مهمی در توسعه اقتصادی دارند. با این حال، در سال های گذشته، پیش بینی ترافیک احتمالی و به دنبال آن نظارت بر وضعیت ترافیک بزرگراه ها به آن صورت که باید وجود نداشته و یا برنامه ریزی های اصولی در این زمینه اتخاذ نشده است. امروزه با رشد و توسعه تکنولوژی ترافیک تا حدودی قابل کنترل شده است. در این راستا امروزه فن آوری سنجش از دور شبانه، مجموعه داده های قابل اعتمادی را برای نظارت طولانی مدت ترافیک بزرگراه یا آزادراه ها ارائه می کند. نتایج مطالعات گذشته نشان داده است که تصاویر نور شبانه با نور وسایل نقلیه ارتباط دارند و در صورت تلفیق با داده های دیگر نتایج ارزشمندی را در

در این مطالعه ما با استفاده از دستور Geographically Weighted Regression (GWR) میزان مشاهده شده و پیش بینی شده را استخراج کرده و سپس با استفاده از فرمول زیر خطای RMSE محاسبه شد. P (Predicted value) برابر با مقادیر پیش بینی شده و O (Observed value) برابر با مقادیر مشاهداتی می باشد که در اینجا اطلاعات ترافیکی دارای مقادیر نرمال شده می باشد. در این مطالعه ما از طریق اکسل مقدار RMSE را که برابر تفاضل بین مقدار پیش بینی شده و مقدار مشاهداتی است را محاسبه کردیم.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}}$$

جدول ۱- میزان خطای RMSE

میزان خطای RMSE	
شهر تهران	0.074
شهر تبریز	0.060

۸- رگرسیون

برای انجام رگرسیون بین لایه ترافیکی و DN تصویر نور شبانه از نرم افزار متلب استفاده شد. برای این کار روش شبکه عصبی به کار برده شد تا نتیجه حاصل از دقت بالایی برخوردار باشد. با وجود محدودیت ها و مشکلاتی که در زمینه جمع آوری داده های ترافیکی وجود داشت و در نهایت اطلاعات به صورت دستی از Google Map استخراج شد، اما نتایج همبستگی بین ترافیک و نور شب را نشان داد.

۸-۱- نتایج حاصل از رگرسیون

نتایج رگرسیون بین DN تصویر نور شبانه و لایه ترافیکی در شکل های (۱۷ و ۱۸) نشان داده شده است. R در اینجا نشان دهنده میزان همبستگی بین دو متغیر مستقل و وابسته یعنی DN تصویر نور شب و لایه ترافیکی را نشان می دهد. به طور کلی هر چه قدر R به عدد یک نزدیکتر باشد رگرسیون قابل قبول تر می باشد و در صورتی که مقدار R برابر با صفر شود، نشان دهنده این می باشد که هیچ همبستگی بین متغیر ها وجود ندارد.

زمینه ترافیک ارائه می دهند. در این مطالعه ما ابتدا میزان رشد و توسعه فیزیکی دو شهر تهران و تبریز را به علت ارتباط رشد و توسعه فیزیکی شهر با توسعه شبکه حمل و نقل شهری مورد بررسی قرار دادیم. نتایج حاصل از بررسی ها بر روی شهر های مورد مطالعه نشان داد که شهر های تهران و تبریز در طی یک دوره نه ساله رشدی همراه با یک شیب ملایم داشته اند. از طرفی این مطالعه بر اساس این فرض که بین اطلاعات ترافیکی و تصویر نور شب رابطه مثبت وجود دارد شکل گرفته است. نتایج به دست آمده گویای این است که بین ترافیک و میزان روشنایی تصاویر نور شبانه همبستگی وجود داشته و مناطقی از شهر که در تصویر نور شب دارای روشنایی بیشتری هستند، دارای ترافیک سنگین

نیز بوده اند. برای مثال بخش مرکزی شهر تهران بیشترین درصد روشنایی را نشان می دهد و دقیقاً ترافیک نیز در این قسمت سنگین می باشد. یا شرق تهران که درصد نور کمتری دارد، ترافیک کمتری را نیز نشان داد. بنابراین، ما پیشنهاد می کنیم که داده های نور شب می تواند به عنوان یک پروکسی برای تخمین ترافیک باشد. در این مطالعه، از تجزیه و تحلیل رگرسیون برای تعیین کمیت رابطه بین ترافیک و DN تصویر نور شب استفاده شد. نتایج ثابت کرد که تحلیل رگرسیون در تخمین ترافیک قابل اعتماد است. بررسی های صورت گرفته بر روی تصویر نور شبانه و لایه ترافیکی برای سال ۱۳۹۹، همبستگی بین این دو لایه را نشان داد.

مراجع

- [1] Farghani,M and Abaspour,R (2014) , "Exploring and modeling the relationship between spatio-temporal variations of DMSP-OLS satellite imagery and census data in the GIS environment, " 21st National Zeomatics Conference.
- [2] Hosseini, Seyed A., Ebrahimzadeh, A., Rafieian, M., Modiri, M. and Ahadnejad Roshti, M (2015), "Monitoring urban dynamics in contemporary Iran using DMSP-OLS multi-time images, " Geographical Information Quarterly, Volume 24, Number 96.
- [3] Fardad, M., Yousefi, M (2011), "Evaluation of light pollution, study and zoning of its environmental effects using remote sensing and GIS techniques, " Fifth National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering, Tehran.
- [4] Kaviani, A., Farhoudi, R. and Rajabi, A(2017) , Urban growth and its motivating factors (Case study of Tehran metropolis), Geography (Scientific-Research Quarterly and International Quarterly of the Geographical Society of Iran), New Volume of the Fifteenth Year, No. 55
- [5] Zangiabadi, A. and Abolhassani, F(2011), "An Analysis of Regional Development Indicators in Iranian Cities in 2006," Quarterly Journal of Geography and Urban Planning Zagros Vision, Fourth Year, No. 13
- [6] Tian ,J. Zhao ,N. Samson ,E. and Wang ,Sh (2014), "Brightness of Nighttime Lights as a Proxy for Freight Traffic: A Case Study of China , " Article in IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing
- [7] Wu ,W. Zhao, H.Wang, H. and Jiang Sh (2016) , " The Research of China Urban Efficiency Based on Suomi-NPP Night-time Light Dat , " Procedia Environmental Sciences 36 (146 – 153)
- [8] Li ,X . and Zhou , Y (2016), "Urban mapping using DMSP/OLS stable night-time light: a review , " International Journal of Remote Sensing
- [9] Liu ,L. and Tang , L (2017), "Measuring urban sprawl in China by night time light images , " IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 52 . 012111
- [10] Bharti , N . and J, Tatem A (2018) , "Fluctuations in anthropogenic nighttime lights from satellite imagery for five cities in Niger and Nigeria , " Scientific Data ,| 5:180256 | doi: 10.1038/sdata.2018.256
- [11] Luqman , M. J Rayner , P. and R Gurney , K (2019), "Combining Measurements of Built-up Area, Nighttime Light, and Travel Time Distance for Detecting Changes in Urban Boundaries: Introducing the BUNTUS Algorithm, " Remote Sens. 2019, 11, 2969; doi:10.3390/rs11242969
- [12] Chen ,X .and D. Nordhaus ,W (2019) , "VIIRS Nighttime Lights in the Estimation of Cross-Sectional and Time-Series GDP , " Remote Sens, 11, 1057; doi:10.3390/rs11091057
- [13] Zhao ,M .Zhou, Y . Li ,X . Cao, W. He ,Ch. Yu, B. Li ,X. D. Elvidge ,Ch. Cheng ,w. and Zhou, Ch (2019) , "Applications of Satellite Remote Sensing of Nighttime Light Observations: Advances, Challenges, and Perspectives , " Remote Sens. 11, 1971; doi:10.3390/rs11171971

- [14] Shi, K. Yu ,B . Hu, Y. Huang ,Ch. Chen ,Y. Huan,Y. Chen ,Z. and Wu , J (2015), "Modeling and mapping total freight traffic in China using NPP-VIIRS nighttime light composite data , " *GIScience & Remote Sensing*, 2015 Vol. 52, No. 3, 274–289, <http://dx.doi.org/10.1080/15481603.2015.1022420>
- [15] Xin ,X. Liu ,B. Di ,K. Zhu ,Zh . Zhao, Zh . Liu , J. yue, Z. and Zhang ,G (2017) , "Monitoring urban expansion using time series of night-time light data: a case study in Wuhan, China , " *International Journal of Remote Sensing* Volume 38, 2017 - Issue 21: Remote sensing of night-time light
- [16] Fan, J. Ma ,T. Zhou, Ch. Zhou, Y. and Xu ,T (2014) , "Comparative Estimation of Urban Development in China's Cities Using Socioeconomic and DMSP/OLS Night Light Data, " *Remote Sens.* 2014, 6, 7840-7856; doi:10.3390/rs6087840
- [17] C. Sharma ,R. Tateishi, R . Hara ,K. Gharechelou ,S. and Iizuka, K (2016), "Global mapping of urban built-up areas of year 2014 by combining MODIS multispectral data with VIIRS nighttime light data, " *International Journal of Digital Earth*, ISSN: 1753-8947 (Print) 1753-8955 (Online) Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/tjde20>
- [18] Dou ,Y . Liu ,Zh. He ,Ch. and Yue, H (2017), "Urban Land Extraction Using VIIRS Nighttime Light Data: An Evaluation of Three Popular Methods , " *Remote Sens.* 2017, 9, 175; doi:10.3390/rs9020175
- [19] Niu ,W. Xia, H . Wang, R. Pan, L. Meng ,Q . Qin ,Y. Li,R. Zhao ,X . Bian ,X. and Zhao ,W(2020), "Research on Large-Scale Urban Shrinkage and Expansion in the Yellow River Affected Area Using Night Light Data, " *International Journal of Geo-Information*, ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2021, 10, 5. <https://dx.doi.org/10.3390/ijgi10010005>
- [20] Chang ,Y . Wang, Sh. Zhou ,Y. Wang ,L. and Wang, F(2019), "A Novel Method of Evaluating Highway Traffic Prosperity Based on Nighttime Light Remote Sensing, " *Remote Sens.* 2020, 12, 102; doi:10.3390/rs12010102
- [21] Hua ,X . Qiana, Y. T.A. Pickettc, S . Zhoua ,W (2020) , "Urban mapping needs up-to-date approaches to provide diverse perspectives of current urbanization: A novel attempt to map urban areas with nighttime light data, " *Landscape and Urban Planning* 195 (2020) 103709, journal homepage: www.elsevier.com/locate/landurbplan
- [22] Kang , M. and Chel Jung ,M (2019), "Night on South Korea: Unraveling the Relationship between Urban Development Patterns and DMSP-OLS Night-Time Lights, " *Remote Sens.* 2019, 11, 2140; doi:10.3390/rs11182140
- [23] Shao , J. Liang ,X. Gao ,L. Yang ,Y and Peng ,H (2009), "Analysis on relationship between economic growth and freight transport," in 5th Advanced Forum on Transportation of China (AFTC 2009, pp. 120–124.
- [24] McKinnon A. C. and Woodburn A (1996), "Logistical restructuring and road freight traffic growth," *Transportation*, vol. 23, pp. 141–161
- [25] Karimzadeh S & Matsuoka M (2020). Remote Sensing X-Band SAR Data for Land Subsidence and Pavement Monitoring. *Sensors* 2020, 20, 4751.