

# ارزیابی کیفیت زندگی شهری با استفاده از سنجش از دور و GIS

علی کاظم زاده<sup>۱</sup>

نجمه نسانی سامانی<sup>۲</sup>

علی درویشی بلورانی<sup>۳</sup>

آرا تومانیان<sup>۴</sup>

احمد پورا احمد<sup>۵</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۰۵/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۲/۱۰

\*\*\*\*\*

## چکیده

زندگی در شهرهای امروزی در تعامل با شرایط مختلف محیطی، اجتماعی اقتصادی، زیرساختی، بهداشتی، امنیتی، سیاسی و فرهنگی شکل می‌گیرد. حاصل این تعامل، کیفیت زندگی شهری را شکل می‌دهد. به طور کلی کیفیت زندگی با دو دیدگاه عینی<sup>۱</sup> و ذهنی<sup>۲</sup> ارزیابی شده است. تحقیقات انجام شده در این زمینه عمدتاً در قالب مطالعات اجتماعی و در مقیاس‌های جغرافیایی کلان (کشورها یا شهرها) انجام شده و به تفاوت‌های فضایی کیفیت زندگی در محیط‌های پیچیده شهری توجه کمتری شده است. علاوه بر این کیفیت زندگی به عنوان یکی از ویژگی‌های محیط جغرافیایی، مفهومی پویا است. به این معنا که در بستر مکان و در طی زمان، این ویژگی تغییر می‌کند. مدلسازی مکانی زمانی این مفهوم می‌تواند به پیش‌بینی کیفیت زندگی شهری و برنامه‌ریزی برای بهبود آن کمک نماید. هدف این مطالعه ارائه چهارچوب و فرآیندی جهت مدلسازی مکانی زمانی کیفیت زندگی شهری می‌باشد. به منظور مدلسازی مکانی کیفیت زندگی، ابتدا شاخص‌های مؤثر در نظر گرفته شد و سپس با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن‌دهی گردید. در ادامه با استفاده از مدل فازی گاما و روش همپوشانی ویکور- فازی شاخص‌ها تلفیق شدند. با توجه به متغیر بودن شاخص‌های زیست محیطی و برخی از شاخص‌های زیرساختی/کالبدی در فصول سال، مدل‌سازی زمانی کیفیت زندگی بر اساس رویکرد نمایش لحظه‌ای<sup>۳</sup> در مقیاس فصلی انجام شد. به منظور ارزیابی فرآیند توسعه داده شده، کیفیت زندگی در سطح بلوک‌های شهری در مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران مدل‌سازی گردید. بر اساس نتایج حاصل از مدل‌سازی مکانی، بخش‌های شمالی محدوده (منطقه ۳) از کیفیت زندگی مطلوب‌تری برخوردار است، در حالی که به سمت جنوب محدوده، مطلوبیت کاهش می‌یابد. بررسی شاخص خودهمبستگی مکانی موران (بزرگتر از ۰/۳۵ برای نتایج هر دو مدل و همه فصول) بر عدم تصادفی بودن نحوه توزیع ویژگی کیفیت زندگی در بلوک‌های شهری تأکید دارد و وجود الگوی خوشه‌ای در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. نتایج مدل‌سازی زمانی نشان داد که اغلب بلوک‌ها در فصول بهار و پاییز از نظر زیست محیطی شرایط مطلوب‌تری نسبت به فصول زمستان و تابستان دارند. برعکس در بعد زیرساختی/کالبدی فصل تابستان وضعیت مطلوب‌تری را نسبت به سایر فصول نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: کیفیت زندگی شهری، مدل‌سازی مکانی- زمانی، مدل فازی گاما، همپوشانی ویکور- فازی، رویکرد نمایش لحظه‌ای

\*\*\*\*\*

۱- کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران ali\_kazemzadeh@ut.ac.ir

۲- استادیار سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، (نویسنده مسئول) nneysani@ut.ac.ir

۳- استادیار سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ali.darvishi@ut.ac.ir

۴- استادیار سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، a.toomanian@ut.ac.ir

۵- استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، apoura@ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

ارائه شده است. در رویکرد ذهنی<sup>۱</sup> نحوه ادراک و ذهنیت افراد از زندگی و محیط اطراف ارزیابی می‌گردد (Pacione, 2003). رویکرد عینی<sup>۲</sup> شامل پایش کیفیت زندگی از طریق مجموعه‌ای از شاخص‌هایی است که از منابع مختلف شامل اطلاعات سرشماری، داده‌های نقشه‌برداری شده و تصاویر ماهواره‌ای استخراج می‌گردد (Marans and Stimson, 2011). برخی از مطالعات انجام شده در این زمینه با در نظر گرفتن یک یا چند شاخص به ارزیابی کیفیت محیط‌های شهری پرداخته‌اند.

از جمله می‌توان به مطالعات مربوط به فضای سبز شهری (Wang et al, 2012; Zhou and wang, 2011)، کیفیت هوا (Weng, 2009) (Bilal et al, 2013; Dima, 2013) و جزایر حرارتی شهری (Weng, 2009) و آلودگی صوتی (Kim et al, 2012; Istanto et al, 2014) اشاره نمود. در این بین تعدادی از مطالعات به صورت توأم به بررسی ابعاد محیطی، اجتماعی-اقتصادی، کالبدی، جمعیتی و شرایط بهداشت محیط مسکونی پرداخته‌اند. در این مطالعات، روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی<sup>۳</sup> متداول‌ترین روشی بوده است که برای تلفیق و همپوشانی شاخص‌های کیفیت زندگی استفاده شده است (Lo, 1998; Jun, 2006; Li and Weng, 2007; Messer et al, 2014; al., 2014; متکان و همکاران, ۱۳۸۸; حاتمی نژاد و همکاران, ۱۳۹۲).

تحلیل مؤلفه‌های اصلی، از جمله روش‌های کاهش ابعاد داده می‌باشد. در این روش با ترکیب داده‌های مختلف (شاخص‌ها)، یک فضای داده جدید با ابعاد (مؤلفه‌ها) کمتر ایجاد می‌شود، به صورتی که همبستگی مؤلفه‌ها صفر می‌گردد. هرچه واریانس مؤلفه‌ها بیشتر باشد، اطلاعات بیشتری از شاخص‌های اولیه را دربرمی‌گیرد (Messer et al., 2014). با در نظر گرفتن واریانس مؤلفه‌ها به عنوان وزن آنها، چند مؤلفه که بیشترین واریانس را به خود اختصاص می‌دهند با یکدیگر تلفیق می‌گردند (Li and Weng, 2007).

ترکیب وزنی خطی<sup>۴</sup> شاخص‌ها روش دیگری است که در برخی مطالعات استفاده شده است (Discoli et al., 2014).

امروزه سکونتگاه‌های شهری به عنوان مهمترین مراکز جمعیتی شناخته می‌شوند. بر اساس گزارش سازمان ملل (۲۰۱۱) در قرن بیستم بیشترین رشد جمعیت در شهرها اتفاق افتاده است. به طوری که در سال ۲۰۰۰ جمعیت شهرنشین دنیا به ۲/۸ میلیارد نفر رسید و پیش‌بینی می‌گردد که در سال ۲۰۵۰ این جمعیت به بیش از ۶ میلیارد نفر برسد (Marans, 2015).

تمرکز بیش از حد جمعیت و به تبع آن افزایش فعالیت‌ها و تعاملات در نواحی شهری منجر به افزایش فشار بر محیط شهری و بروز مشکلات زیست محیطی، افزایش اختلاف طبقات اجتماعی و بی‌عدالتی در دسترسی گروه‌های اجتماعی مختلف به منابع شهری شده است. این عوامل کیفیت زندگی ساکنان شهرها را تحت تأثیر قرار داده و به صورت اختلاف شدید سطح زندگی در بخش‌های مختلف شهرها نمایان می‌گردد.

کیفیت زندگی مفهومی پیچیده و چند بعدی شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی، فیزیکی، روانشناختی و سیاسی می‌باشد (El Din et al, 2013). برای کیفیت زندگی تعریف دقیق و معینی که در مورد آن بین دانشمندان اتفاق نظر وجود داشته باشد ارائه نشده است. اما این مفهوم عموماً به شرایطی که افراد در آن زندگی می‌کنند (همانند آلودگی‌های محیطی، دسترسی به خدمات عمومی) و همچنین ویژگی‌های فردی اشخاص (مانند درآمد، سواد، وضعیت سلامت) اشاره دارد. به عبارتی مرکز توجه مفهوم کیفیت زندگی را می‌توان ارتباط بین فرد و محیطی دانست که در آن به زندگی و فعالیت می‌پردازد (Pacione, 2003).

در تعریفی جامع کیفیت زندگی را می‌توان حاصل تعامل میان شرایط اجتماعی، اقتصادی، زیرساختی و محیطی دانست که زندگی و رفتار انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mostafa, 2012). کیفیت هر موجودیت، دارای یک بعد عینی و همچنین یک بعد ذهنی و ادراکی می‌باشد (Marans, 2015). بر این اساس، دو رویکرد متفاوت جهت ارزیابی کیفیت زندگی

1- Subjective

2- Objective

3- Principal component analysis

4- Data reduction

5- Weighted linear combination (WLC)

می‌تواند به شناخت الگوها و تفاوت‌های فضایی کیفیت زندگی در مناطق مختلف شهرها و نحوه تغییر آن تحت تأثیر شرایط خاص زمانی کمک نماید.

این پژوهش به ارائه چهارچوبی به منظور مدل‌سازی مکانی زمانی کیفیت زندگی شهری با استفاده از روش همپوشانی ویکور-فازی و مدل فازی گاما و رویکرد نمایش لحظه‌ای می‌پردازد. به نظر می‌رسد که روش پیشنهادی قادر به آشکارسازی الگو و تفاوت‌های مکانی کیفیت زندگی در محیط‌های شهری می‌باشد. همچنین مدل زمانی استفاده شده می‌تواند به درک پویایی و نحوه تغییرات ویژگی کیفیت زندگی در اثر تغییر فصل کمک نماید.

## ۲- محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه این پژوهش مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران می‌باشد. در واقع کیفیت زندگی شهری در سطح بلوک‌های آماری در این مناطق مورد ارزیابی قرار گرفته است. دلیل انتخاب مناطق مذکور، تفاوت‌های محیطی و اقتصادی اجتماعی موجود در این مناطق و همچنین مجاورت و گسترش این مناطق در بخش‌های شمالی، مرکزی و جنوبی شهر می‌باشد. اختلاف ارتفاع شمال منطقه ۳ و جنوب منطقه ۱۱ به بیش از ۵۰۰ متر می‌رسد. این امر به همراه توپوگرافی متغیر و همچنین افزایش پوشش گیاهی به سمت قسمت‌های شمالی شهر، موجب شکل‌گیری شرایط محیطی متنوع در محدوده مورد نظر شده است. از نظر اجتماعی اقتصادی نیز، طبقات اجتماعی متفاوتی شامل طبقات برخوردار در بخش‌های شمالی محدوده تا طبقات نیمه برخوردار و محروم در بخش‌های مرکزی و جنوبی ساکن هستند. جمعیت ساکن در مناطق ۳، ۶ و ۱۱ بر اساس اطلاعات سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۰ (مرکز آمار ایران) به ترتیب ۳۱۲،۷۳۶، ۲۲۹،۹۸۰ و ۲۸۷،۹۳۱ نفر بوده است. تراکم جمعیت برای این سه منطقه به ترتیب برابر با ۱۰۷، ۱۰۸ و ۲۲۴ نفر در هکتار می‌باشد. نگاره (۱) موقعیت مناطق مورد نظر را در شهر تهران نشان می‌دهد.

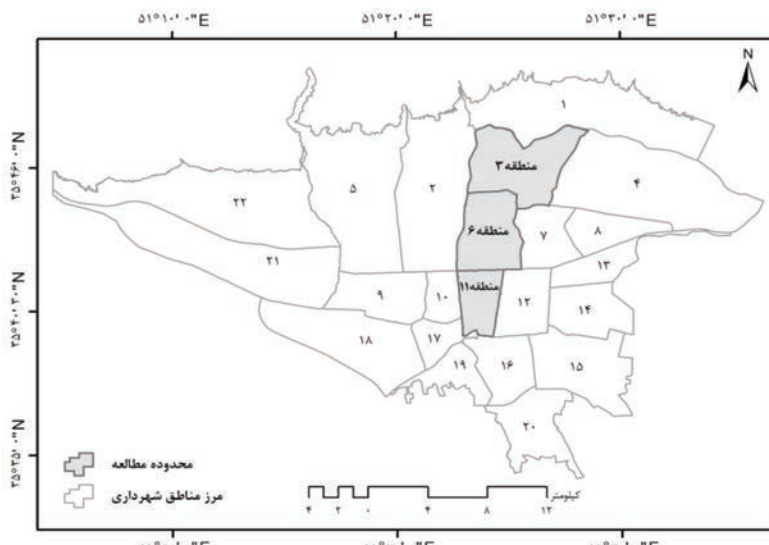
(Joseph et al., 2014; Cohen et al., 2014) در این روش با تعیین وزن هر شاخص توسط کارشناس، مجموع مقادیر تمام شاخص‌ها به صورت شاخصی ترکیبی محاسبه می‌شود. یکی از معایب تحلیل مؤلفه‌های اصلی علیرغم مزیت خلاصه‌سازی داده‌ها، امکان حذف شدن مقداری از اطلاعات مفید می‌باشد. ترکیب وزنی خطی نیز بسیار ساده بوده و روشی کارآمد برای تلفیق شاخص‌ها و محاسبه کیفیت زندگی محسوب نمی‌شود.

استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره<sup>۱</sup> و منطق فازی<sup>۲</sup> می‌تواند در مدل‌سازی مکانی کیفیت زندگی مفید باشد. تصمیم‌گیری چندمعیاره به فرآیند تصمیم‌گیری در حضور معیارهای متفاوت و بعضاً متناقض با یکدیگر می‌پردازد (Huang et al., 2009; Colson, 2014). این روش‌ها می‌تواند برای تعیین اهمیت و تلفیق و همپوشانی شاخص‌های کیفیت زندگی مورد استفاده قرار گیرد. توابع و مدل‌های فازی توسعه داده شده بر اساس منطق فازی نیز در مطالعات مختلف جهت نرمال‌سازی و همچنین همپوشانی داده‌ها مورد استفاده قرار گرفته است. این توابع به دلیل برخورداری از قابلیت مدل‌سازی عدم قطعیت در داده‌های مکانی می‌تواند برای مدل‌سازی کیفیت زندگی مفید باشد (Sadeghi and Khalijmasoumi, 2015).

از سوی دیگر زمان، عامل مهمی است که در مطالعات مربوط به کیفیت زندگی مورد غفلت قرار گرفته است. اگرچه کیفیت زندگی به عنوان یک پدیده جغرافیایی مستقل مطرح نبوده است. اما به عنوان یک ویژگی محیط جغرافیایی به صورت پویا در زمان و مکان تغییر می‌کند. شرایط زیست‌محیطی و در مواردی ویژگی‌های کالبدی محیط شهری به طور مستمر تغییر می‌کند و کیفیت زندگی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. یکی از ملموس‌ترین بازه‌های زمانی که تغییر شرایط زیست‌محیطی و کالبدی، کیفیت زندگی شهری را متأثر می‌سازد، تغییر فصول سال می‌باشد. این تغییرات بر اساس رویکرد نمایش لحظه‌ای قابل مدل‌سازی می‌باشد. نتایج حاصل از مدل‌سازی مکانی- زمانی کیفیت زندگی

1- Multi criteria decision making (MCDM)

2- Fuzzy logic



نگاره ۱: محدوده مورد مطالعه

جدول ۱: منابع داده مورد استفاده جهت استخراج شاخص‌ها

اجتماعی اقتصادی	زیر ساختی (کالبدی)	محیطی
اطلاعات سرشماری عمومی نفوس و مسکن ۱۳۹۰	داده‌های برداشت میدانی ✓ داده‌های ترافیکی لایه‌های مکانی موجود ✓ توزیع مراکز خدماتی و اماکن شهری ✓ شبکه خیابان‌ها اطلاعات سرشماری ۱۳۹۰ ✓ داده‌های جمعیتی و وضعیت مسکن تصاویر ماهواره ای (Landsat)	تصاویر ماهواره ای Landsat ✓ Modis ✓ Hyperion ✓ داده‌های برداشت میدانی ✓ ایستگاه‌های آلودگی سنجی هوا ✓ ایستگاه‌های آلودگی سنجی صدا ✓ داده‌های ترافیکی مدل‌های رقومی ارتفاع (Dem)

### ۳- داده‌ها و روش‌ها

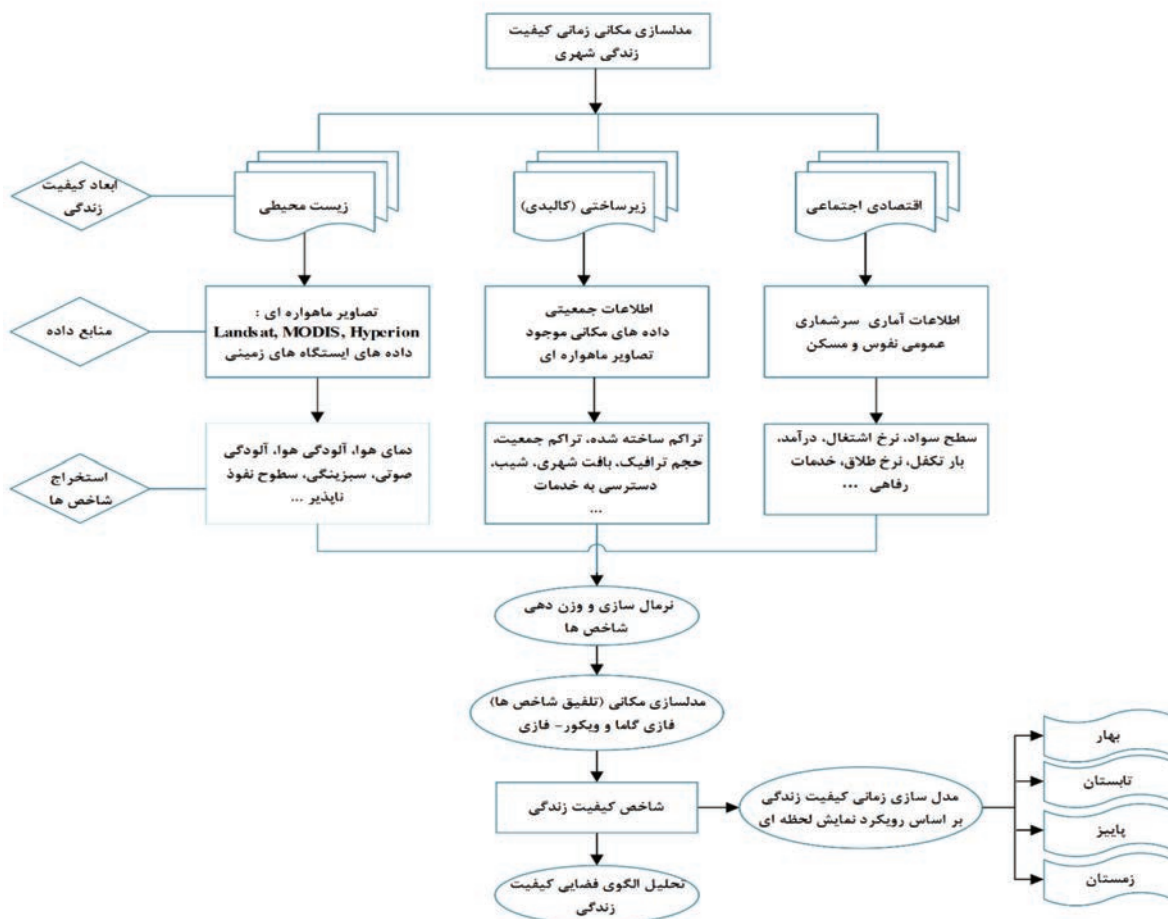
شهری مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر این مدل فازی گاما<sup>۱</sup> برای همپوشانی شاخص‌ها استفاده شد و نتایج آن با نتایج روش ویکور-فازی مقایسه گردید. در نهایت نحوه پویایی و تغییرات زمانی کیفیت زندگی تحت تأثیر تغییر فصل بر اساس رویکرد نمایش لحظه‌ای مدلسازی شد. به این منظور ابتدا مدلسازی مکانی کیفیت زندگی در فصول مختلف انجام شد، سپس وضعیت فصول مختلف مورد مقایسه قرار گرفت. با تفریق نتایج بدست آمده برای فصول مختلف از یکدیگر، نحوه بهبود یا کاهش مطلوبیت کیفیت زندگی نمایان می‌گردد. نگاره (۲) فرآیند انجام پژوهش را نشان می‌دهد. به طور کلی مراحل مدلسازی مکانی زمانی کیفیت زندگی شهری بدین شرح است: تعیین ابعاد مورد بررسی و انتخاب شاخص‌های مرتبط با هر بعد، تعیین و

همانطور که در مقدمه تأکید شد، به منظور مدل‌سازی مورد نظر، ابتدا شاخص‌های مؤثر بر کیفیت زندگی شهری مشخص گردید. شاخص‌های مورد نظر از منابع داده مختلف شامل تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های برداشت شده در ایستگاه‌های زمینی، لایه‌های GIS و داده‌های سرشماری (جدول ۱) و با استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌های ارائه شده در جدول (۲) استخراج گردیدند. در ادامه به منظور مدلسازی مکانی کیفیت زندگی از مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره استفاده شد. در این مرحله فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> برای وزندهی شاخص‌ها و روش همپوشانی ویکور-فازی<sup>۲</sup> جهت تلفیق شاخص‌ها و رتبه‌بندی کیفیت زندگی در سطح بلوک‌های

1- Analytic Hierarchy Process (AHP)

2- Vikor-Fuzzy

3- Fuzzy Gamma



نگاره ۲: فرآیند مدل‌سازی و ارزیابی کیفیت زندگی

۳-۲- ابعاد، شاخص‌ها و روش‌های استخراج شاخص‌ها در این مطالعه شاخص‌های مرتبط با کیفیت زندگی شهری در سه بعد زیست محیطی، زیرساختی (کالبدی) و اجتماعی اقتصادی بررسی شده است.

این شاخص‌ها با توجه به ابعاد مورد مطالعه، منابع داده در دسترس و شرایط و ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه (مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران) انتخاب شده‌اند و در مجموع شامل ۳۳ شاخص می‌باشند. این شاخص‌ها همراه با توضیحات و روش استخراج هر یک در جدول (۲) ارائه شده است. همچنین متغیر یا ثابت بودن هر یک از شاخص‌ها در جدول (۲) مشخص گردیده است.

دسترسی به منابع داده، استخراج شاخص‌ها، نرمال‌سازی شاخص‌ها، مدل‌سازی مکانی کیفیت زندگی (شامل وزندهی و همپوشانی شاخص‌ها) و مدل‌سازی زمانی و تحلیل تغییرات کیفیت زندگی شهری.

### ۳-۱- منابع داده

استخراج شاخص‌های ذکر شده نیازمند دسترسی به منابع داده مختلف شامل تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های مکانی تهیه شده توسط سازمان‌ها، داده‌های سرشماری و داده‌های برداشت شده در ایستگاه‌های زمینی می‌باشد. منابع داده مورد استفاده برای استخراج شاخص‌ها در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۲: توضیحات و روش‌های استخراج شاخص‌های کیفیت زندگی

منبع	روش استخراج	توضیحات	شاخص	ابعاد
Jimenez-Munoz et al, 2014	$T_s = T_i + c_1(T_i - T_j) + c_2(T_i - T_j)^2 + c_0 + (c_3 + c_4 w)(1 - \epsilon)(c_5 + c_6 w)\Delta\epsilon$	جهت استخراج دمای سطح زمین از داده‌های حرارتی سنجنده TIRS و از الگوریتم پنجره مجزا (SW) استفاده شد.	دمای سطح زمین (متغیر)	بعد زیستن محیطی
Jensen, 2005	$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$	برای دستیابی به وضعیت پراکنش پوشش گیاهی و سبزیگی محیط از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) استفاده گردید.	شاخص سبزیگی (متغیر)	
Fu and Rich, 2002	$Dir_{\theta, \alpha} = S_{Const} * \beta^{m(\theta)} * SunDur_{\theta, \alpha} * SunGap_{\theta, \alpha} * \cos(AngIn_{\theta, \alpha})$	این شاخص مجموع ساعات آفتابی را با توجه به توپوگرافی (ارتفاع، جهت، شیب و سایه‌ها)، زاویه تابش، موقعیت جغرافیایی و زمان سال و روز تعیین می‌کند.	مجموع ساعات آفتابی (متغیر)	
Yang, X. 2011	$\bar{R}_b = \sum_{i=1}^n f_i \bar{R}_{i,b} + e_b$	آنالیز ترکیب طیفی نرمال شده (NSMA) درصد سطوح نفوذ ناپذیر را بوسیله مدل‌سازی طیف مخلوط به عنوان ترکیب خطی سه عنصر خالص پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر و خاک برآورد می‌کند.	شاخص سطوح نفوذ ناپذیر (ثابت)	
Zenga et al, 2004	$SMI = \frac{T_{s \max} - T_s}{T_{s \max} - T_{s \min}}$	رطوبت نسبی خاک از رابطه بین دمای سطح زمین و شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) در لبه‌های مرطوب و خشک خط خاک برآورد می‌شود.	رطوبت خاک (متغیر)	
Jensen, 2005	$NDVI_{705} = \frac{\rho_{750} - \rho_{705}}{\rho_{750} + \rho_{705}}, ARI1 = \frac{1}{\rho_{510}} - \frac{1}{\rho_{550}}$ $NDII = \frac{\rho_{819} - \rho_{1649}}{\rho_{819} + \rho_{1649}}$	این شاخص جهت بررسی تنش آبی و استرس گیاه با استفاده از شاخص‌های مربوط به سبزیگی، زنگدانه برگ و محتوای آب گیاه از تصاویر ابرطیفی (Hyperion) استخراج گردید.	سلامت پوشش گیاهی (متغیر)	
Gulliver et al, 2015	$L_{A10,1hr} = L_0 + \Delta_f + \Delta_g + \Delta_p + \Delta_d + \Delta_s + \Delta_c + \Delta_a + \Delta_r$	آلودگی صوتی بر اساس الگوریتم انتشار صوت توسعه داده شده برای شهر لندن (محاسبه آلودگی صوتی ناشی از ترافیک جاده‌ای (CoRTN) محاسبه گردید.	آلودگی صوتی (متغیر)	
Bilal et al, 2013	$\tau_{a,\lambda} = \frac{4\mu_s \mu_v}{\omega_0 D_a(\theta_s, \theta_v, \phi)} \rho_{Aer}(\lambda, \theta_s, \theta_v, \phi)$	برآورد عمق اپتیکی آئروسول (AOD) بر اساس الگوریتم ساده شده بازتابی آئروسول (SARA) با استفاده از محصولات و تصاویر ماهواره‌ای سنجنده مادیس.	آلودگی هوا (عمق اپتیکی آئروسول) (متغیر)	

فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)  
 ارزیابی کیفیت زندگی شهری با استفاده از ... / ۱۱۹

	$pop\ density = \frac{POP_{tot}}{Area_{(ha)}}$	تعداد جمعیت ساکن در هر واحد سطح (هکتار)	تراکم جمعیت (ثابت)	بعد زیرساختی (کالبدی)
Silverman, 1998	$Density = \frac{\sum P_i W_i}{A}$	تراکم سطحی نشان دهنده میزان فشردگی فضای ساخته شده شهری است و با استفاده از تابع تراکم محاسبه می‌گردد.	تراکم سطحی (ثابت)	
Klee, 2011	$slope\_angle = \arctan\left(\frac{\delta f}{\delta p}\right)$	معیاری جهت تعیین میزان راحتی محیط زندگی. شیب همچنین بر کیفیت دسترسی تأثیر می‌گذارد.	شیب (ثابت)	
Klee, 2011	$dist(p,q) = \sqrt{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2}$	حاصل تلفیق پارامترهای فاصله از مراکز خدماتی، تراکم مراکز در واحد سطح، حجم ترافیک، دسترسی به بزرگراه‌ها و خیابان‌های شریانی و شیب خیابان می‌باشد. رابطه روبه رو، تابع مورد استفاده برای محاسبه فاصله اقلیدسی را نشان می‌دهد.	کیفیت دسترسی به مراکز خدماتی (متغیر)	
Silverman, 1998	$Density = \frac{\sum P_i W_i}{A}$	تراکم نقاط جذب سفر در واحد سطح (کیلومتر مربع) و در شعاعی یک کیلومتری. تراکم بالای این نقاط (مراکز خدماتی) موجب افزایش رفت و آمد و شلوغی می‌شود.	تراکم نقاط جذب سفر (ثابت)	
Wang et al, 2006	$Homo = \sum_{i,j=0}^N \frac{1}{1+(i-j)^2} g(i,j)$	بافت شهری حاصل ترکیب دو شاخص بافت همگنی (نشان دهنده بافت فشرده و یکنواخت) و ابعاد فرکتال به عنوان نمایشی از بعد و اختلاف ارتفاع عوارض مجاور هم در یک محیط شهری می‌باشد.	بافت شهری (ثابت)	
		تعداد وسایل نقلیه عبوری از یک تقاطع مشخص در واحد زمان (ساعت)	حجم ترافیک (متغیر)	
		ادغام پارامترهای درصد مالکیت مسکن، استقامت بنا، مساحت مسکن و تعداد اتاق در واحد مسکونی.	کیفیت مسکن (ثابت)	
		نسبت افراد شاغل به جمعیت فعال	نرخ اشتغال (ثابت)	
		این شاخص حاصل میانگین گیری از درآمد تعداد افراد گروه‌های شغلی مختلف در هر بلوک است.	درآمد (ثابت)	
		شاخص سواد ترکیبی از سه پارامتر باسوادان بالای ۶ سال، دانشجویان و فارغ التحصیلان دانشگاهی می‌باشد.	سواد (ثابت)	
		برخورداری از خدمات زیربنایی (آب، برق، گاز و تلفن)، خودرو شخصی و رایانه	امکانات رفاهی (ثابت)	
		ترکیب پارامترهای نرخ طلاق و درصد افراد هرگز ازدواج نکرده (بیشتر از ۵۰ سال).	طلاق و مجرد دائم (ثابت)	
		حاصل ادغام پارامترهای اشتغال افراد کمتر از ۱۴ سال و درصد خانوارهای گروهی (زندگی چند خانوار در یک مسکن) می‌باشد.	ناهنجاری اجتماعی (ثابت)	
		نسبت جمعیت گروه سنی بیشتر از ۶۵ سال به کل جمعیت	پیری جمعیت (ثابت)	
		نسبت جمعیت گروه‌های سنی صفر تا ۱۴ سال به کل جمعیت	جوانی جمعیت (ثابت)	
		نسبت جمعیت گروه‌های سنی صفر تا ۱۴ سال و بالای ۶۵ سال به جمعیت ۱۵ تا ۶۵ سال	بار تکفل عمومی (ثابت)	
		تعدد مردان به ازای هر ۱۰۰ نفر زن	نسبت جنسی (ثابت)	
			بعد اجتماعی اقتصادی	

### ۳-۳- مدل سازی مکانی کیفیت زندگی

جهت مدلسازی کیفیت زندگی، شاخص های استخراج شده باید در سطح جغرافیایی<sup>۱</sup> یکسان تلفیق گردند (Li and Weng, 2007) در اینجا شاخص های زیست محیطی و شاخص های زیرساختی (کالبدی) در سطح پیکسل و شاخص های اقتصادی اجتماعی در سطح بلوک های آماری استخراج شده است. جهت تسهیل امر مدلسازی ابتدا شاخص های اقتصادی اجتماعی همانند دیگر شاخص ها به سطح پیکسل تبدیل شده و مدلسازی در این سطح داده انجام می شود. سپس جهت نمایش معنادار وضعیت کیفیت زندگی در بلوک های شهری، نتایج حاصل شده در سطح بلوک های آماری شهری میانگین گیری شد.

در این مطالعه فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۲</sup> (AHP) برای تعیین اهمیت نسبی شاخص ها مورد استفاده قرار گرفت. انتخاب این روش به عنوان یک روش دانش مبنای<sup>۳</sup> به این دلیل است که نمی توان بر اساس روش های داده مبنای<sup>۴</sup> و تجربی اهمیت شاخص ها را تعیین نمود. بنابراین اهمیت شاخص های مذکور بر اساس نظر کارشناس و با استفاده از روش های دانش مبنای تعیین می گردد. همچنین روش همپوشانی فازی - ویکور و مدل فازی گاما برای تلفیق شاخص ها و مدلسازی مکانی کیفیت زندگی استفاده شد.

### ۳-۳-۱- فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

جهت وزن دهی شاخص های مورد استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. در این مرحله ابتدا شاخص ها بر اساس نظر کارشناس به صورت زوجی مقایسه و ارزش دهی می شوند. برای محاسبه ضریب اهمیت هر یک از شاخص ها، میانگین هندسی ارزش های نسبت داده شده به آن شاخص (جمع ردیف) با استفاد از رابطه (۱) محاسبه می شود (Uyan, 2013).

$$G.M_i = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n X_i} \quad (1)$$

در رابطه (۱)، n تعداد ارزش های متناسب به شاخص i ام و  $X_i$  ارزش متناسب به شاخص i ام است. ضریب اهمیت (وزن) شاخص ها با نرمال سازی میانگین هندسی بدست آمده برای هر شاخص با استفاده از رابطه (۲) محاسبه می شود (Uyan, 2013).

$$W_i = \frac{G.M_i}{\sum G.M_i} \quad (2)$$

### ۳-۳-۲- روش رتبه بندی ویکور<sup>۵</sup>

روش رتبه بندی ویکور یکی از مدل های تصمیم گیری چندمتغیره<sup>۶</sup> است که به منظور تعیین اولویت و رتبه بندی مجموعه ای از گزینه ها در حضور معیارهای متضاد استفاده می شود. ابتدا برای هر معیار بهترین ( $f_i^*$ ) و بدترین ( $f_i^-$ ) ارزش تعیین می شود. پس از تعیین بهترین و بدترین ارزش هر معیار، مقادیر S (حداکثر مطلوبیت گروهی<sup>۷</sup>) و R (حداقل تاسف انفرادی معارض<sup>۸</sup>) به ترتیب با استفاده از روابط (۳) و (۴) محاسبه می شود. در واقع S بیانگر فاصله نسبی گزینه z ام از بهترین مقادیر معیارها است. هر چقدر این فاصله کمتر باشد نشان دهنده وضعیت مطلوب تر گزینه مورد نظر است. و مقدار R بیانگر حداکثر فاصله انفرادی گزینه z ام از بهترین مقادیر معیارها است. هر چه این مقدار بیشتر باشد نشان دهنده وضعیت نامطلوب گزینه مورد نظر می باشد (Huang et al, 2009).

$$S_j = \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ji}) / (f_i^* - f_i^-) \quad (3)$$

$$R_j = \max \left[ \sum_{i=1}^n w_i (f_i^* - f_{ji}) / (f_i^* - f_i^-) \right] \quad (4)$$

در روابط (۳) و (۴)،  $W_i$  وزن معیارها مستخرج از روش (AHP)، i معیار i ام، n تعداد معیارها و  $f_{ji}$  ارزش گزینه z ام از

5- Vikor

6- multiple criteria decision making

7- the maximum group utility

8- the minimum individual regret of the opponent

1 - Geographical level

2- Analytic Hierarchy Process

3- Knowledge driven

4- Data driven



میشود. توابع ضرب و جمع فازی به ترتیب از طریق روابط ۷ و ۸ محاسبه می شوند (Sadeghi and Khalajmasoumi, 2015).

$$\mu_{product} = \prod_{i=1}^n \mu_i \quad (7)$$

$$\mu_{sum} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i) \quad (8)$$

در روابط ۷ و ۸،  $i=1,2,\dots,n$  شاخص نام می باشد. تابع ضرب فازی<sup>۲</sup> حاصل ضرب ارزش های فازی (درجات عضویت فازی) همه شاخص ها است. حاصل این تابع از هر یک از ارزش های ورودی کوچکتر است و در صورت افزایش تعداد ورودی ها به صفر میل می کند. تابع جمع فازی<sup>۳</sup> مکمل تابع ضرب فازی است. این تابع، یک تابع ترکیبی خطی افزایشی است و در صورت افزایش تعداد متغیرها حاصل آن به یک میل می کند. (Pradhan, 2010)

### ۳-۴- مدل سازی زمانی کیفیت زندگی

برخی از شاخص های کیفیت زندگی دارای تغییرات زمانی بوده و وضعیت آنها در محیط های شهری در فصول مختلف، متفاوت خواهد بود. این شاخص ها شامل سبزینگی، دما، سلامت پوشش گیاهی، ساعات آفتاب گیری، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، رطوبت، حجم ترافیک و کیفیت دسترسی به خدمات شهری (با توجه به تأثیر متفاوت حجم ترافیک و عامل شیب بر دسترسی ها در فصول مختلف) می باشد.

به طور کلی جهت مدل سازی زمانی پدیده ها سه رویکرد مختلف شامل ۱- نمایش لحظه ای<sup>۴</sup>، ۲- خط سیر اشیاء<sup>۵</sup>، ۳- رویدادها<sup>۶</sup>، کنش ها<sup>۷</sup> و فرآیندها<sup>۸</sup> (Worboys and Duckham, 2004) وجود دارد که با توجه به ماهیت پدیده یکی از این رویکردها استفاده می شود. کیفیت زندگی در فصول مختلف دارای تغییراتی است که با مدل چرخه ای توسعه داده شده

نظر معیار  $i$  ام می باشد. مرحله بعد محاسبه مقدار ویکور برای گزینه ها با استفاده از رابطه (۵) می باشد (Huang et al, 2009).

$$Q_j = v(S_j - S^*) / (S^- - S^*) + (1-v)(R_j - R^*) / (R^- - R^*) \quad (5)$$

در رابطه (۵)  $R^* = \min R_j$ ،  $S^- = \max S_j$ ،  $S^* = \min S_j$ ،  $R^- = \max R_j$ ،  $V$  وزن استراتژیک  $S$  و  $R$  است. پس از محاسبه ضریب ویکور ( $Q$ ) گزینه ها بر اساس مقادیر  $R$ ،  $S$  و  $Q$  به ترتیب نزولی مرتب می شوند. هر چقدر مقدار  $Q$  کمتر باشد نشان دهنده وضعیت مطلوب تر گزینه مورد نظر برای هدف تعریف شده می باشد. و هر چه که مقدار این شاخص افزایش یابد از مطلوبیت آن کاسته می شود (Huang et al, 2009).

### ۳-۳- روش فازی گاما<sup>۱</sup>

تئوری مجموعه های فازی ابتدا توسط زاده (۱۹۶۵) به عنوان ابزاری جهت کنترل مسائل پیچیده ارائه شد. منطقی فازی به دلیل درک و پیاده سازی ساده آن در مطالعات مختلف به کار گرفته شده است.

توابع مختلفی بر اساس منطقی فازی (fuzzy AND, fuzzy OR, fuzzy algebraic sum, fuzzy algebraic product and fuzzy gamma) برای تلفیق انعطاف پذیر متغیرها ارائه شده است (Lee, 2007; Pradhan 2010; Sadeghi and Khalajmasoumi, 2015). تابع فازی گاما حاصل ضرب جبری دو تابع جمع و ضرب فازی با توان گاما می باشد (رابطه ۶). این تابع حاصل سازگاری تأثیر افزایشی تابع جمع فازی و تأثیر کاهششی تابع ضرب فازی است (Vafai, 2013). ضریب گاما مقداری بین ۰ تا ۱ است. در صورتی که این مقدار برابر ۱ باشد، نتیجه تابع همانند جمع جبری و در صورتی که مقدار گاما برابر ۰ باشد، نتیجه تابع همانند تابع ضرب فازی خواهد بود. اگر مقداری بین ۰ و ۱ انتخاب شود، ارزش خروجی بزرگتر از ضرب فازی اما کوچکتر از جمع فازی خواهد بود (Vafai, 2013).

$$0 \leq \gamma \leq 1 \quad \mu_{Gamma} = (\mu_{sum})^\gamma * (\mu_{product})^{1-\gamma} \quad (6)$$

در رابطه (۶)،  $\mu_{Gamma}$  تابع فازی گاما،  $\mu_{product}$  تابع ضرب فازی،  $\mu_{sum}$  تابع جمع فازی و  $\gamma$  ضریب گاما

2- Fuzzy product  
 3- Fuzzy sum  
 4- Snapshot metaphor  
 5- Object lifelines  
 6- Events  
 7- Action  
 8- Processes

1- Fuzzy Gamma

استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی با یکدیگر تلفیق شده و در یک مؤلفه به عنوان شاخصی واحد ارائه شدند. بُعد زیرساختی/کالبدی کیفیت زندگی نشان‌دهنده شرایط و ویژگی‌های فیزیکی محیط مجاور هر مکان می‌باشد. همچنین به منظور ارزیابی وضعیت کالبدی محیط شهری ۱۵ شاخص در نظر گرفته شده است.

همانطور که گفته شد، شاخص‌های سبزی‌نگی، دما، سلامت پوشش گیاهی، مجموع ساعات آفتابی، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، رطوبت، حجم ترافیک و کیفیت دسترسی به خدمات شهری متغیر بوده و در اثر تغییر فصل شرایط آنها تغییر می‌کند.

میزان پوشش‌دهی زمانی هر یک از این شاخص‌ها برای فصول مختلف به این ترتیب می‌باشد: مجموع ساعات آفتابی برای تمام روزهای هر یک از فصول (۹۰ روز) محاسبه شد. با توجه به محدودیت در دسترسی کامل به داده‌های ترافیکی، به منظور محاسبه حجم ترافیک، در هر فصل تنها از داده‌های یک روز استفاده گردید. برای استخراج شاخص دما با توجه به محدود بودن تصاویر بدون ابر در هر فصل، سعی گردید مناسب‌ترین تصویر (نزدیک بودن به اواسط فصل و سردترین و گرم‌ترین روزها برای فصول زمستان و تابستان) انتخاب شود. تغییر میزان آلودگی صوتی عمدتاً در ساعات شبانه‌روز اتفاق می‌افتد و تغییرات خیلی زیادی در فصول مختلف ندارد. همچنین با توجه به وابسته بودن این شاخص به داده‌های ترافیکی، در هر فصل از داده‌های یک روز استفاده گردید. برای محاسبه آلودگی هوا از داده‌های ۳۰ روز در هر ماه (روزهای بدون ابر) استفاده شد. از آنجا که برای محاسبه شاخص سلامت پوشش گیاهی از داده‌های ماهواره Hyprion استفاده گردید، به دلیل در دسترس نبودن تصاویر کافی، برای هر فصل تنها از داده‌های یک روز استفاده شد. در نهایت برای استخراج شاخص‌های سبزی‌نگی (NDVI) و رطوبت خاک، تصاویر بدون ابر (لندست ۸) در هر فصل مورد استفاده قرار گرفت.

صحت و قابل اطمینان بودن شاخص‌های مورد استفاده،

براساس رویکرد نمایش لحظه‌ای مطابقت دارد. در این رویکرد از تصاویر لحظه‌ای و متوالی که از جهان واقعی برداشت می‌شود برای نمایش پدیده‌های پویا به عنوان مجموعه‌ای از وضعیت‌های مختلف زمانی<sup>۱</sup> استفاده می‌شود (Worboys and Duckham, 2004). به منظور آشکارسازی تغییرات کیفیت زندگی، وضعیت فصول مختلف به صورت متوالی از یکدیگر تفریق می‌شوند. به طوری که مقادیر بزرگتر از صفر نشان‌دهنده بهبود کیفیت زندگی، مقادیر کوچکتر از صفر نشان‌دهنده کاهش مطلوبیت کیفیت زندگی و مقدار صفر نشان‌دهنده عدم تغییر کیفیت زندگی می‌باشد.

$$QoL_{change} = QoL_{i+1} - QoL_i \quad (9)$$

در رابطه (۹)،  $QoL_{change}$  تغییر کیفیت زندگی و  $QoL_i$  و  $QoL_{i+1}$  کیفیت زندگی مربوط به دو فصل متوالی می‌باشد.

#### ۴- پیاده‌سازی روش پیشنهادی و ارائه نتایج

در این بخش نتایج پیاده‌سازی روش پیشنهادی در منطقه مورد مطالعه (مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران)، ارائه شده است.

##### ۴-۱- استخراج شاخص‌ها

شاخص‌های استخراج‌شده جهت مدلسازی کیفیت زندگی شهری در سه گروه کلی طبقه‌بندی می‌گردد. این شاخص‌ها شامل ۳۳ شاخص در سه بعد زیست محیطی، اقتصادی اجتماعی و زیرساختی / کالبدی در نگاره (۳) نمایش داده شده است. شاخص‌های زیست محیطی، تعیین کننده کیفیت محیط زیست شهری می‌باشند. در این مطالعه ۸ شاخص به عنوان معیارهای تعیین کننده کیفیت محیطی انتخاب شده است. بعد اجتماعی اقتصادی کیفیت زندگی، تعیین کننده طبقه اجتماعی است که افراد در آن قرار دارند. به منظور بررسی این بعد ابتدا ۱۷ پارامتر انتخاب شد. از آنجا که تعدادی از این پارامترها از نظر معنایی با یکدیگر دارای همپوشانی بودند و همبستگی بالایی داشتند، با

<sup>۱</sup>- Time stamped states

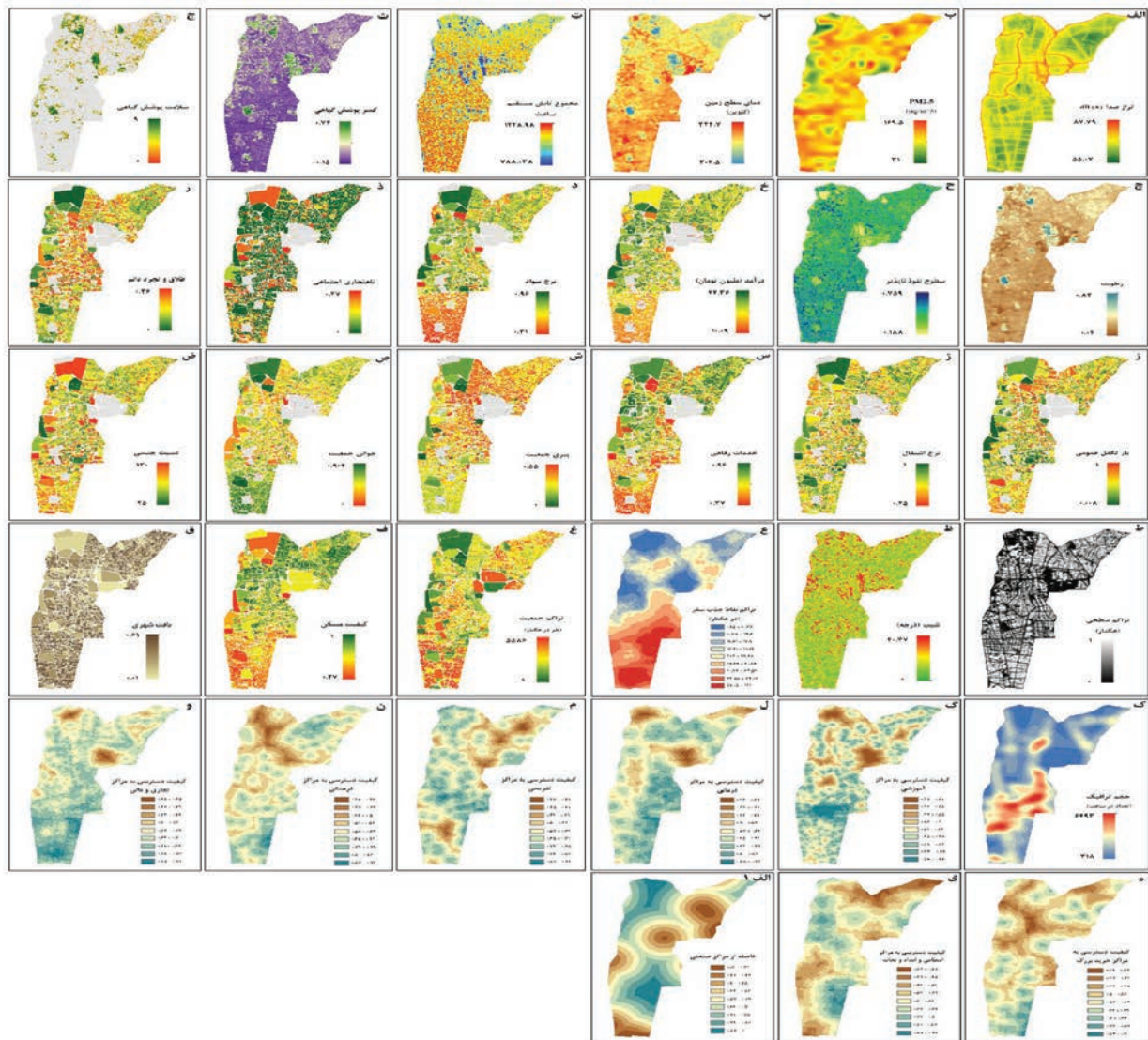
سلامت پوشش گیاهی، رطوبت خاک و سطوح نفوذ ناپذیر از الگوریتم‌های مرسوم و معتبر در علم سنجش از راه دور (جدول ۲) استفاده گردیده است. در واقع کارایی و صحت نتایج الگوریتم‌های مربوطه در مطالعات مختلف اثبات شده است. بر این اساس و با توجه به اینکه برداشت نمونه برای تمام این شاخص‌ها از توان نویسندگان خارج بوده، اقدام به نمونه‌برداری نگرديده است.

#### ۴-۲- نرمال‌سازی و فازی‌سازی شاخص‌ها

به منظور آماده‌سازی شاخص‌های استخراج شده برای مرحله مدل‌سازی، این شاخص‌ها باید نرمال‌سازی و هم‌جهت شوند. در اینجا از توابع عضویت فازی برای نرمال‌سازی شاخص‌ها استفاده گردید. با توجه به ماهیت هر شاخص یکی از سه تابع Large، Small و Near مورد استفاده قرار گرفت. تابع Large برای آن دسته از شاخص‌ها استفاده شد که مقادیر بزرگتر، درجه عضویت بالاتری می‌گیرند. برای نرمال‌سازی شاخص‌هایی که مقادیر کوچکتر، درجه عضویت بالاتر می‌گیرند از تابع Small استفاده گردید. برای شاخص‌هایی که مقدار یا مقادیری بین مقادیر حداقل و حداکثر، بالاترین درجه عضویت را به خود اختصاص می‌دهند از تابع Near استفاده شد. برای همه شاخص‌ها به جز شاخص دما و نسبت جنسی از توابع Small یا Large استفاده شده است. جهت نرمال‌سازی شاخص دما با استفاده از تابع Near، دمای ۲۲ درجه سانتیگراد (دمای آسایش برای بدن) به عنوان دمایی که بالاترین درجه عضویت فازی را به خود اختصاص می‌دهد در نظر گرفته شد، به طوری که از درجه عضویت دماهای بیشتر و کمتر از آن به تدریج کاسته می‌شود. برای شاخص نسبت جنسی نیز با استفاده از تابع Near تعداد ۱۰۴ مرد به ازای هر ۱۰۰ نفر زن، به عنوان مناسب‌ترین وضعیت نسبت جنسی، بالاترین درجه عضویت در نظر گرفته شد. شاخص مجموع ساعات آفتابی در فصول تابستان و بهار که میزان آن به حداکثر خود می‌رسد با استفاده از تابع Small و در فصول زمستان و پاییز که میزان

از موارد مهمی است که می‌بایست در هر مطالعه‌ای بدان توجه شود. در رابطه با شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی، از آنجا که داده‌های مورد استفاده جهت استخراج شاخص‌های مربوطه، از معتبرترین مرکز جمع‌آوری داده و اطلاعات در کشور (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۰) اخذ گردیده است، می‌توان نسبت به صحت اطلاعات استفاده شده اطمینان داشت. در واقع داده‌های ارائه شده توسط این مرکز، جزئی‌ترین و کامل‌ترین اطلاعاتی است که در رابطه با وضعیت اجتماعی، اقتصادی و جمعیتی مناطق مختلف قابل دسترسی است.

از بین شاخص‌های زیرساختی/کالبدی، دو شاخص کیفیت مسکن و تراکم جمعیت بر اساس داده‌های مرکز آمار محاسبه شده است. همچنین حجم ترافیک از داده‌های اخذ شده از معاونت کنترل ترافیک شهر تهران استخراج شده و صحت اطلاعات مربوطه از طرف سازمان مذکور مورد تأیید است. تراکم سطحی (تراکم نواحی ساخته شده) بر اساس داده‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای (لندست ۸) بدست آمده است. صحت کلی طبقه‌بندی مذکور ۹۱ درصد و صحت طبقه‌بندی برای کلاس کاربری ساخته شده ۹۳ درصد بوده است. از آنجا که شاخص‌های دسترسی به مراکز خدماتی، شاخص تراکم نقاط جذب سفر و شیب بر اساس توابع ریاضیاتی دقیق (تابع فاصله، تراکم و شیب) محاسبه می‌شوند، دارای خروجی دقیقی هستند و نیاز به صحت‌سنجی ندارند. به منظور بررسی صحت شاخص‌های زیست‌محیطی از اطلاعات ثبت‌شده در ایستگاه‌های اندازه‌گیری داده‌های اقلیمی و سنجش آلودگی که به صورت میدانی توسط سازمان‌های مختلف برداشت می‌شود استفاده گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) برای این شاخص‌ها به ترتیب زیر می‌باشد: آلودگی صوتی ۴/۵ دسیبل، آلودگی هوا ۱۵ میلی‌گرم در متر مکعب هوا و دمای سطح ۲ درجه سانتیگراد. این اعداد میانگین خطای بدست آمده برای فصول مختلف می‌باشند. به منظور استخراج شاخص‌های سبزی‌نگی (NDVI)،



نگاره ۳: شاخص‌های زیست محیطی: الف) آلودگی صوتی، ب) آلودگی هوا (PM2.5)، پ) دمای سطح زمین، ت) مجموع تابش مستقیم فصلی به ساعت، ث) شاخص سبزی‌نگی (کسر پوشش گیاهی)، ج) سلامت پوشش گیاهی، چ) رطوبت خاک، ح) شاخص سطوح نفوذ ناپذیر. شاخص‌های اجتماعی اقتصادی: خ) میانگین درآمد، د) سواد، ذ) ناهنجاری اجتماعی، ر) طلاق و تجرد دائم، ز) بار تکفل عمومی، ژ) نرخ اشتغال، س) خدمات رفاهی، ش) پیری جمعیت، ص) جوانی جمعیت، ض) نسبت جنسی. (بلوک‌های خاکستری رنگ فاقد اطلاعات آماری بوده اند). شاخص‌های زیرساختی/کالبدی: ط) تراکم سطحی، ظ) شیب، ع) تراکم نقاط جذب سفر، غ) تراکم جمعیت، ف) کیفیت مسکن، ق) بافت شهری، ک) حجم ترافیک، گ) کیفیت دسترسی به مراکز آموزشی، ل) کیفیت دسترسی به مراکز درمانی، م) کیفیت دسترسی به مراکز تفریحی، ن) کیفیت دسترسی به مراکز فرهنگی، و) کیفیت دسترسی به مراکز تجاری و مالی، ه) کیفیت دسترسی به مراکز خرید بزرگ، ی) کیفیت دسترسی به مراکز انتظامی و امداد و نجات، الف۱) فاصله از مراکز صنعتی و کارگاهی.

آن به حداقل خود می‌رسد با استفاده از تابع Large نرمال گردید. به این معنا که در فصول گرم مکان‌هایی که مجموع ساعات آفتابی دریافتی آنها کمتر است، درجه عضویت بالاتر می‌گیرند. در مقابل در فصول سرد، مکان‌هایی که مجموع ساعات آفتابی دریافتی آنها بیشتر است، درجه عضویت بالاتر می‌گیرند.

جدول ۳: وزن ابعاد و شاخص‌های کیفیت زندگی حاصل از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

بعد زیست محیطی		بعد زیرساختی (کالبدی)		بعد اجتماعی اقتصادی	
وزن		وزن		وزن	
۰/۳۷۶۷		۰/۲۶۱۴		۰/۳۶۱۹	
شاخص	وزن	شاخص	وزن	شاخص	وزن
دما	۰/۰۹۵	تراکم جمعیت	۰/۰۶۰۲	نرخ اشتغال	۰/۱۳۹۷
آلودگی هوا	۰/۲۸۴۴	تراکم سطحی	۰/۰۳۴	درآمد	۰/۲۷۹۳
آلودگی صوتی	۰/۲۷۲۸	کیفیت مسکن	۰/۱۴	سواد	۰/۱۰۴۹
سبزینگی	۰/۰۸۸۷	حجم ترافیک شهری	۰/۰۵۵	امکانات رفاهی	۰/۰۳۸
سلامت پوشش گیاهی	۰/۱۲۸۱	بافت شهری	۰/۰۴۹۴	طلاق و مجرد دائم	۰/۰۸۷۶
تعداد ساعات آفتابی	۰/۰۲۹۸	تراکم نقاط جذب سفر	۰/۰۶۳۷	ناهنجاری اجتماعی	۰/۰۵۹۳
رطوبت	۰/۰۵۱	شیب محل	۰/۰۱۷۶	پیری جمعیت	۰/۰۵۷
سطوح نفوذ ناپذیر	۰/۰۵۰۱	دسترسی به مراکز آموزشی	۰/۱۵۴۴	جوانی جمعیت	۰/۰۷۱
		دسترسی به مراکز درمانی و بهداشتی	۰/۱۳۱	بار تکفل	۰/۰۹۰۵
		دسترسی به مراکز فرهنگی	۰/۰۲۷	نسبت جنسی	۰/۰۶۶
		دسترسی به مراکز تفریحی و پارک ها	۰/۱۲۲		
		دسترسی به مراکز انتظامی و امداد و نجات	۰/۰۳۱۳		
		دسترسی به مراکز تجاری و مالی	۰/۰۳۵		
		دسترسی به مراکز خرید بزرگ	۰/۰۹۰۳		
		فاصله از مراکز صنعتی	۰/۰۱۴۵		
ضریب ناسازگاری	۰/۰۲		۰/۰۵		۰/۰۴

#### ۴-۳- وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی

از آنجا که فرآیند تحلیل سلسله مراتبی برای وزن‌دهی انتخاب شد، شاخص‌ها به صورت زوجی مقایسه شدند و در بازه صفر تا ۹ نسبت به هم ارزش‌دهی گردیدند. سپس با استفاده از روش میانگین هندسی و روش نرمال‌سازی، وزن شاخص‌ها بدست آمد. همچنین در سطح بالاتر، ابعاد مورد نظر نسبت به هم مقایسه و وزن‌دهی شدند. وزن نهایی هر شاخص با ضرب وزن هر شاخص در وزن

بُعد مربوطه، بدست می‌آید. اوزان بدست آمده برای هر یک از ابعاد و شاخص‌ها، به همراه ضریب ناسازگاری مقایسات در جدول (۳) آمده است. اهمیت ابعاد زیست محیطی، اجتماعی اقتصادی و زیرساختی/کالبدی به ترتیب برابر با ۰/۳۷۶، ۰/۳۶ و ۰/۲۶ بدست آمد. در بعد زیست محیطی، شاخص‌های آلودگی هوا، آلودگی صوتی، سلامت پوشش گیاهی و دما به ترتیب با ضرایب اهمیت ۰/۲۸، ۰/۲۷، ۰/۱۲۸ و ۰/۰۹۵ دارای اهمیت بیشتری هستند. شاخص‌های دسترسی به مراکز آموزشی، کیفیت مسکن، دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی، دسترسی به مراکز خرید بزرگ، تراکم نقاط جذب سفر و تراکم جمعیت در بین شاخص‌های کالبدی، با ضرایب اهمیت ۰/۱۵، ۰/۱۴،

۱- در این مطالعه به منظور ارزیابی و مقایسه شاخص‌های کیفیت زندگی از متخصصین دانشگاهی (اساتید دانشگاه و دانشجویان مقطع دکتری) در رشته‌های محیط زیست، جغرافیا، برنامه‌ریزی شهری و جامعه‌شناسی که با مبحث کیفیت زندگی آشنایی داشته، نظرسنجی گردید.

است ارائه شود. بدین منظور مدل فازی گاما و روش همپوشانی ویکور- فازی مورد استفاده قرار گرفت. در این بخش ابتدا وضعیت بلوک‌های شهری از نظر ابعاد زیست محیطی، کالبدی و اجتماعی اقتصادی به طور جداگانه مورد بررسی قرار می‌گیرد. سپس کیفیت زندگی به صورت یکپارچه در سطح بلوک‌های شهری ارائه می‌شود.

#### ۴-۴-۱- وضعیت ابعاد مختلف کیفیت زندگی در منطقه مورد مطالعه

وضعیت بلوک‌های شهری از لحاظ ابعاد مختلف کیفیت زندگی در نگاره (۴) نمایش داده شده است. نگاره‌های (۴-الف تا ۴-ت) وضعیت زیست محیطی را به ترتیب برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان نشان می‌دهند. این نقشه‌ها حاصل تلفیق شاخص‌های زیست محیطی برای هر فصل می‌باشند.

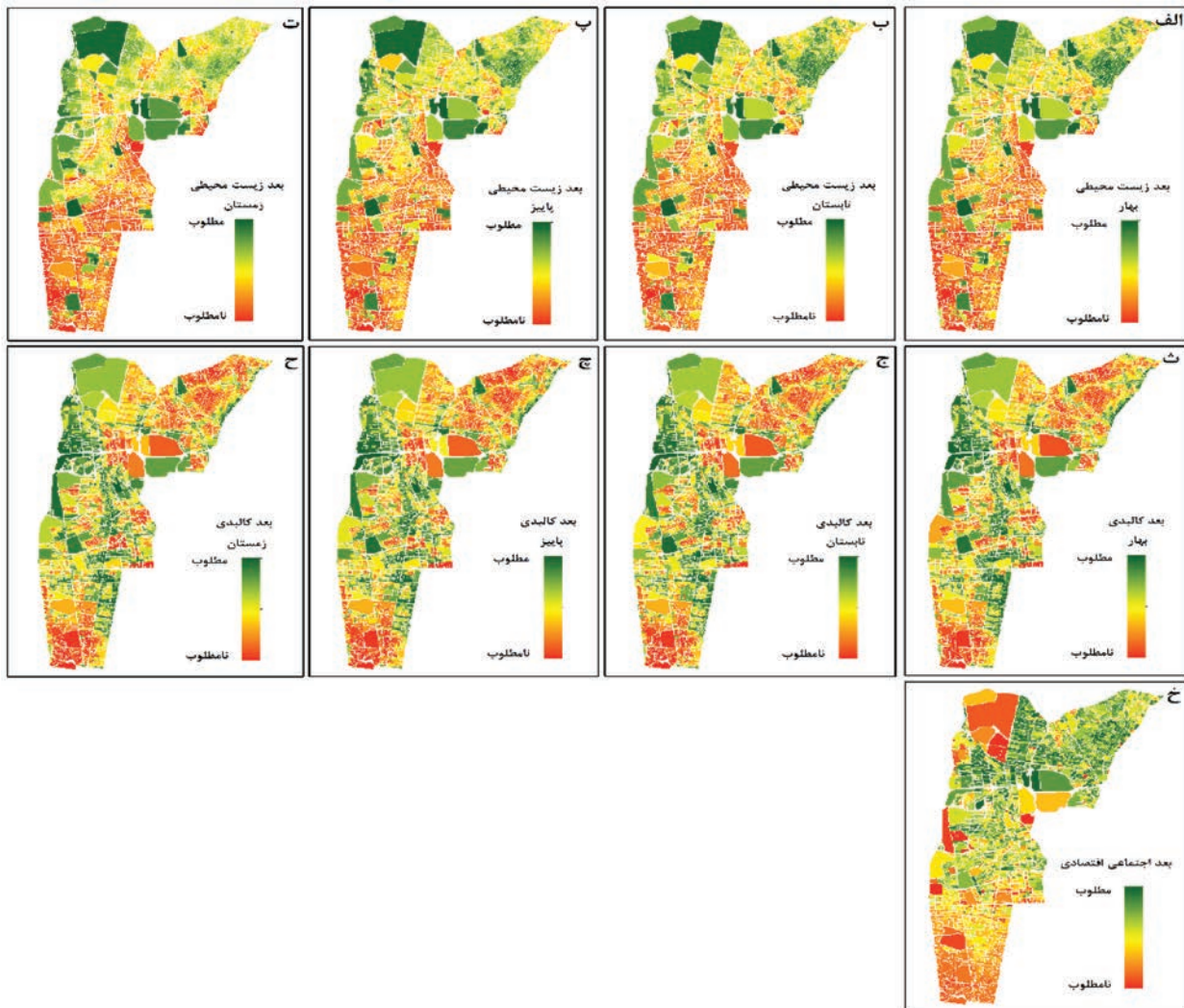
همانطور که از نقشه‌ها قابل استنباط است نیمه شمالی محدوده وضعیت زیست محیطی مطلوب‌تری نسبت به بخش‌های جنوبی دارد. این امر به دلیل تعدیل میکرو اقلیم شهری متناسب با افزایش ارتفاع به سمت بخش‌های شمالی (دامنه کوه) و افزایش پوشش گیاهی است که به طور مستقیم بر دیگر شاخص‌های زیست محیطی تأثیر مثبت می‌گذارد. در نیمه جنوبی نیز بلوک‌هایی که از فضای سبز بیشتری برخوردارند، تأثیر پوشش گیاهی بر مطلوبیت شرایط زیست محیطی آنها نسبت به بلوک‌های مجاور محسوس است.

نمایش جداگانه وضعیت کالبدی فصول مختلف (نگاره‌های ۴-ث تا ۴-ح)، به دلیل تغییرات حجم ترافیک و کیفیت دسترسی به خدمات شهری می‌باشد. از نظر مکانی نواری شامل نواحی شرقی بین مناطق ۶ و ۱۱ (بخش مرکزی شهر)، بخش میانی منطقه ۶ از جنوب تا شمال، و همچنین غرب منطقه ۳ از وضعیت کالبدی مطلوب‌تری نسبت به سایر نقاط برخوردارند. در مقابل نواحی شرق و جنوب شرق منطقه ۳، جنوب غرب منطقه ۱۱ و قسمت‌هایی از شرق منطقه ۶ وضعیت کالبدی نامطلوبی دارند.

۰/۱۳، ۰/۰۹، ۰/۰۶۳ و ۰/۰۶ به ترتیب دارای اهمیت بیشتری هستند. در نهایت شاخص‌های درآمد، نرخ اشتغال، سواد و بار تکفل با وزن ۰/۲۷۹، ۰/۱۳۹، ۰/۱۰۴ و ۰/۰۹ در بعد اجتماعی اقتصادی به ترتیب از اهمیت بیشتری برخوردارند. ضرایب ناسازگاری بدست آمده برای ابعاد زیست محیطی، کالبدی و اجتماعی اقتصادی به ترتیب برابر با ۰/۰۲، ۰/۰۵ و ۰/۰۴ است که نشان‌دهنده قابل قبول بودن مقایسات زوجی می‌باشد. از آنجا که مطالعه حاضر با سایر مطالعات از نظر تعداد و نوع شاخص‌ها و همچنین روش اجرا همخوانی کامل ندارد، امکان مقایسه اوزان بدست آمده با اوزان بدست آمده در مطالعات دیگر وجود ندارد. به منظور بررسی تغییر وزن شاخص‌ها در صورت تغییر کارشناسان، ۵ مرتبه به طور تصادفی ۸۰ درصد از کارشناسان انتخاب شدند و تنها نظرات آنها برای محاسبه وزن شاخص‌ها استفاده گردید. واریانس اوزان بدست آمده در این ۵ مرتبه به ترتیب ۰/۰۴۵، ۰/۰۶۱، ۰/۰۵۹، ۰/۰۵۹ و ۰/۰۰۵ بوده است. واریانس در زمانی که از نظرات همه کارشناسان استفاده گردید برابر با ۰/۰۵۳ بدست آمد. همچنین میانگین برابر با ۰/۳۰۵ بوده است. با توجه به تغییر کم واریانس می‌توان نتیجه گرفت که نظر کارشناسان مختلف درباره اهمیت شاخص‌ها نسبتاً به هم نزدیک است. به طوری که اگر از نظرات مجموعه دیگری از کارشناسان استفاده شود، اوزان بدست آمده تغییر زیادی نخواهند داشت.

#### ۴-۴-۲- مدلسازی مکانی زمانی کیفیت زندگی (تلفیق شاخص‌ها)

پس از وزندهی و نرمال‌سازی شاخص‌ها و اعمال اوزان بدست آمده، نوبت به مدلسازی کیفیت زندگی می‌رسد. در واقع کیفیت زندگی شهری وضعیتی است که از ترکیب شرایط مختلف بوجود آمده است. بنابراین به منظور فراهم شدن نمایی جامع از آن، شاخص‌های مورد نظر باید با یکدیگر تلفیق شده و به صورت شاخصی نهایی که نشان‌دهنده وضعیت کیفیت زندگی در بلوک‌های شهری



نگاره ۴: مدل‌سازی ابعاد سه گانه کیفیت زندگی با استفاده از مدل فازی گاما. بعد زیست محیطی: الف) بهار ب) تابستان (پ) پاییز ت) زمستان. بعد کالبدی: ث) تابستان ج) بهار (چ) پاییز ح) زمستان. بعد اقتصادی اجتماعی: خ)

وضعیت اقتصادی اجتماعی محدوده مورد مطالعه (نگاره ۴-خ) دارای الگویی نسبتاً منظم بوده، به طوری که از جنوب محدوده به سمت شمال بر مطلوبیت آن افزوده می‌شود. در این میان نواحی جنوبی و شرق منطقه ۱۱ نسبت به سایر بخش‌ها در نامطلوب‌ترین وضعیت قرار دارند؛ و منطقه ۳ در شمال محدوده مطلوبیت‌ترین وضعیت را دارا می‌باشد.

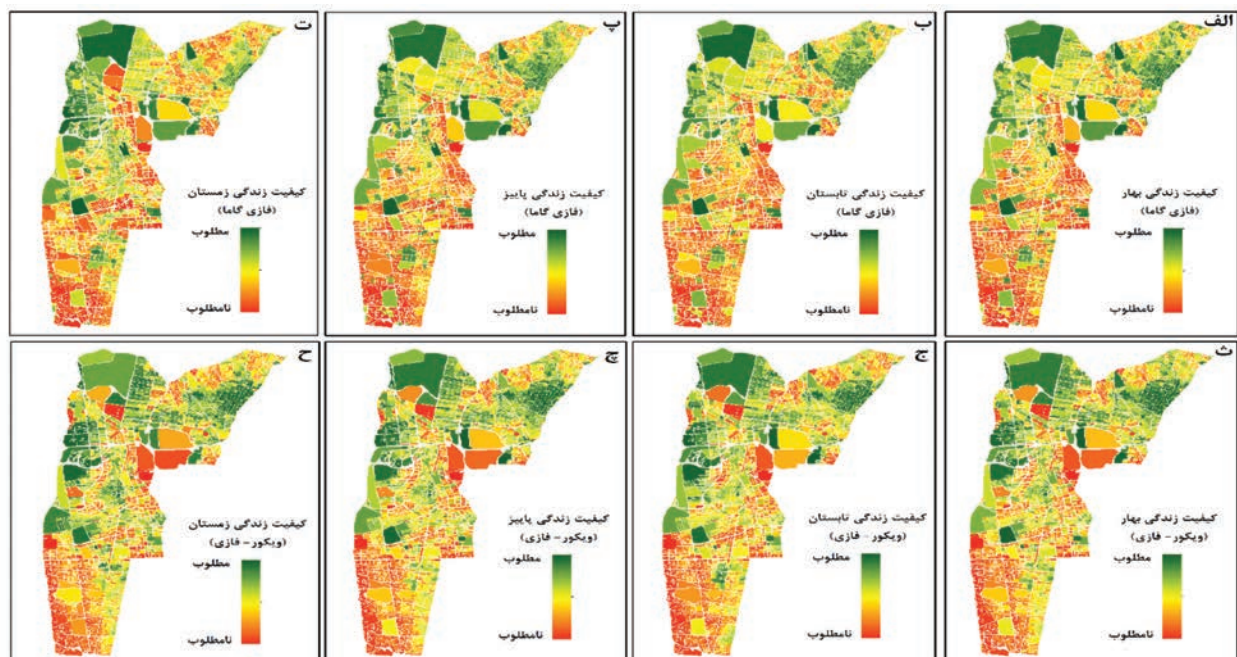
۳ از کیفیت زندگی مطلوب‌تری نسبت به سایر بخش‌ها برخوردارند. این شرایط در سه فصل بهار، تابستان و پاییز مشابه بوده، در حالی که در فصل زمستان از مطلوبیت کیفیت زندگی در شرق منطقه ۳ کاسته می‌شود و در مقابل

۴-۲-۴- تلفیق شاخص‌ها و مدل‌سازی کیفیت زندگی  
 در این بخش با تلفیق تمام شاخص‌ها، کیفیت زندگی به صورت یکپارچه مدل‌سازی می‌شود. نگاره‌های (۵-الف

بخش شمالی منطقه ۶ و همچنین جنوب غرب منطقه ۳ از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار می‌گردند. از سوی دیگر نواحی جنوبی و غربی منطقه ۱۱ در نامساعدترین وضعیت قرار دارند. این شرایط به سمت شمال محدوده تا بخش‌های میانی منطقه ۶ با شدت کمتری برقرار است. در نهایت بخش‌های میانی منطقه ۳ و نیمه شمالی منطقه ۶ کیفیت زندگی متوسطی دارند. نتایج بدست آمده از اجرای مدل ویکور- فازی (نگاره‌های ۵-ث تا ۵-ح) از نظر زمانی وضعیت تقریباً ثابتی را برای تمام فصول نشان می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود نواحی شرق و شمال غرب منطقه ۳ و بخش‌های غربی در مرز بین مناطق ۳ و ۶ مطلوب‌ترین وضعیت را به خود اختصاص داده‌اند. در مقابل، قسمت‌های غربی منطقه ۱۱ و بخشی از جنوب غرب منطقه ۶ وضعیت بسیار نامطلوبی را نشان می‌دهند. این در صورتی است که نیمه شرقی منطقه ۱۱ از شرایط

مطلوب‌تری نسبت به نیمه غربی آن برخوردار است. منطقه ۶ در مرکز محدوده نیز شرایطی متوسط اما متنوع از نظر مطلوبیت کیفیت زندگی نشان می‌دهد.

جهت بررسی الگوی فضایی کیفیت زندگی شهری از شاخص خودهمبستگی مکانی موران استفاده شد (این شاخص در بازه ۱ تا -۱- متغیر بوده به طوری که ارزش بزرگتر از صفر الگوی خوشه‌ای، کوچکتر از صفر الگوی پراکنده و صفر الگوی تصادفی را نشان می‌دهد). ضرایب مربوطه برای مدل‌ها و فصول مختلف در جدول (۴) ارائه شده است. همان‌طور که از اطلاعات این جدول قابل استنباط می‌باشد، شاخص موران در همه فصول مقادیری بزرگتر از صفر را نشان می‌دهد. این بدان معناست که محدوده مورد مطالعه از نظر کیفیت زندگی دارای الگوی خوشه‌ای می‌باشد. به عبارت دیگر بلوک‌هایی که در مجاورت یکدیگر قرار گرفته‌اند از نظر کیفیت زندگی دارای وضعیتی مشابه یا نزدیک به هم هستند؛



نگاره ۵: کیفیت زندگی شهری در فصول مختلف. الف) کیفیت زندگی فصل بهار (فازی گاما)، ب) کیفیت زندگی فصل تابستان (فازی گاما)، پ) کیفیت زندگی فصل پاییز (فازی گاما)، ت) کیفیت زندگی فصل زمستان (فازی گاما)، ث) کیفیت زندگی فصل بهار (ویکور فازی)، ج) کیفیت زندگی فصل تابستان (ویکور فازی)، چ) کیفیت زندگی فصل پاییز (ویکور فازی)، ح) کیفیت زندگی فصل زمستان (ویکور فازی).



یکدیگر تفریق گردید. از آنجا که ممکن است وضعیت تغییر کیفیت زندگی در ابعاد مختلف متفاوت باشد، تغییرات فصلی به صورت جداگانه در ابعاد مختلف بررسی شد (بعد اجتماعی اقتصادی ثابت در نظر گرفته شده است).

نگاره ۶ نحوه تغییرات فصلی بعد زیست محیطی را نشان می‌دهد. در مجموع می‌توان گفت که با ورود به فصول تابستان و زمستان (نگاره‌های ۶-ب و ۶-ت) از سطح کیفیت زیست محیطی کاسته شده و در مقابل با اتمام این فصول و آغاز فصل‌های بهار و پاییز (نگاره‌های ۶-الف و ۶-پ)، وضعیت زیست محیطی به طور نسبی بهبود می‌یابد. به طور کلی تغییرات بعد زیست محیطی به جز در بخش‌هایی از محدوده (بویژه جنوب محدوده) مشابه تغییرات کلی کیفیت زندگی می‌باشد.

در حقیقت تفاوت‌های فصلی کیفیت زندگی عمدتاً از تغییر شرایط زیست محیطی ناشی می‌شود.

تغییرات بعد کالبدی تاحدودی با بعد زیست محیطی متفاوت است (نگاره ۷). این تغییرات عمدتاً در مرکز محدوده (منطقه ۶ و شمال منطقه ۱۱) رخ می‌دهد. بعد کالبدی برخلاف بعد زیست محیطی در فصل تابستان وضعیت مطلوب‌تری را نسبت با سایر فصول نشان می‌دهد. به این معنا که با اتمام فصل بهار و ورود به فصل تابستان (نگاره ۷-ب) شرایط کالبدی در بیشتر محدوده، مطلوب‌تر می‌شود و برعکس با آغاز فصل پاییز تغییرات منفی را تجربه

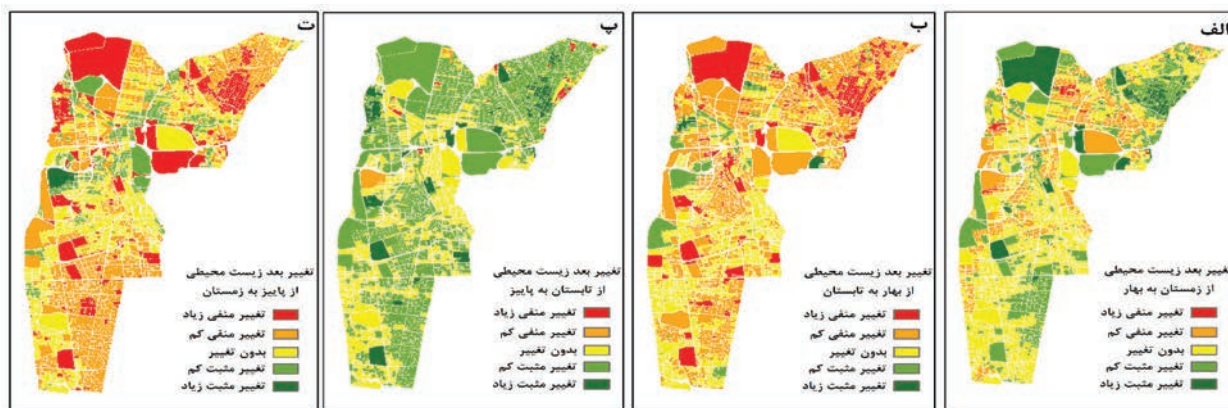
به طوری که تشکیل خوشه‌های مکانی می‌دهند. از آنجا که Z-Score (نمره استاندارد) بزرگ‌تر از ۲/۵ و P-Value (احتمال تصادفی بودن مشاهدات) برابر با صفر می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که الگوی خوشه‌ای کیفیت زندگی در محدوده مورد مطالعه تصادفی نبوده است و بلوک‌های مجاور از نظر مکانی دارای خود همبستگی می‌باشند.

جدول ۴: شاخص خودهمبستگی مکانی موران برای کیفیت زندگی ( $-2/5 < Z\text{-Score} < 2/5$  در سطح احتمال ۹۵٪ و P-value نزدیک به صفر احتمال تصادفی بودن توزیع فضایی داده‌ها را رد می‌کند).

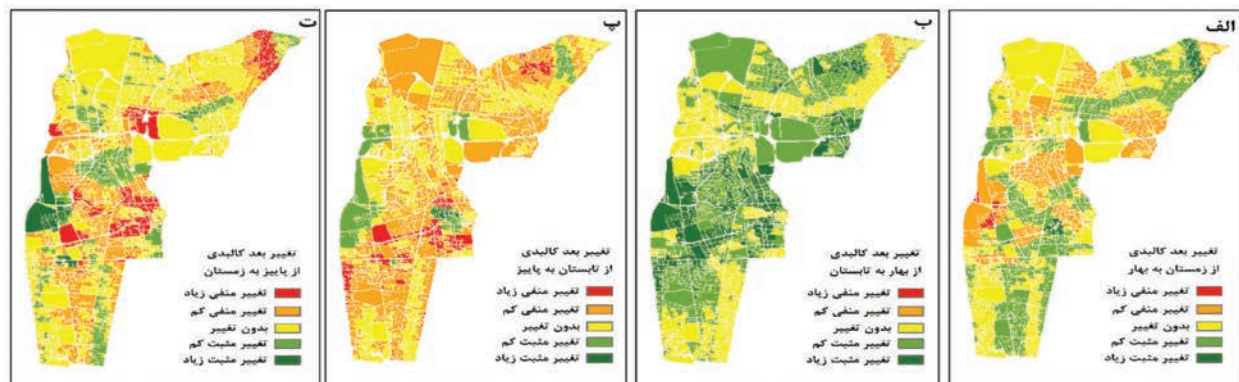
P-Value	Z-Score	Moran's I		
۰/۰۰	۴۰/۵۶	۰/۴۲	بهار	فازی گاما
۰/۰۰	۴۰/۳	۰/۴۱	تابستان	
۰/۰۰	۳۷/۴۶	۰/۳۵	پاییز	
۰/۰۰	۵۱/۶۶	۰/۵۳	زمستان	ویکور - فازی
۰/۰۰	۶۰/۶۳	۰/۶۲	بهار	
۰/۰۰	۶۶/۸۶	۰/۶۹	تابستان	
۰/۰۰	۶۱/۰۱	۰/۶۳	پاییز	
۰/۰۰	۵۸/۷	۰/۶۰	زمستان	

### ۵- مدل‌سازی زمانی کیفیت زندگی شهری

به منظور آشکارتر شدن چگونگی تغییرات فصلی کیفیت زندگی، نتایج مدل‌سازی بدست آمده به ترتیب فصول از



نگاره ۶: تغییرات فصلی بعد زیست محیطی (الف) زمستان به بهار (ب) بهار به تابستان (پ) تابستان به پاییز (ت) پاییز به زمستان



نگاره ۷: تغییرات فصلی بعد کالبدی کیفیت زندگی شهری. (الف) زمستان به بهار (ب) بهار به تابستان (پ) تابستان به پاییز (ت) پاییز به زمستان

را نسبت به سایر فصول نشان می‌دهد. تجربیات و مشکلات این طرح منجر به ارائه پیشنهاداتی به شرح ذیل می‌گردد. کیفیت زندگی ابعاد و زوایای مختلفی را در برمی‌گیرد و تحت تأثیر مسائل فراوانی قرار دارد. بنابراین در نظر گرفتن ابعاد و شاخص‌های دیگری مانند وضعیت سلامت، امید به زندگی، امنیت و غیره می‌تواند دیدی جامع‌تر از کیفیت زندگی فراهم نماید. علاوه بر این، تغییرات برخی از شاخص‌ها (نظیر آلودگی هوا، آلودگی صدا، حجم ترافیک) بسیار پیچیده بوده، به طوری که در مقیاس‌های زمانی مختلف تغییر می‌کنند.

از آنجا که مدل‌سازی تغییرات فصلی براساس رویکرد نمایش لحظه‌ای قادر به مدل‌سازی رفتار این پدیده‌ها نیست، استفاده از رویکردهای زمانی پیچیده‌تر نظیر خط سیر شیء و یا رویکرد رویدادها و فرآیندها جهت مدل‌سازی کیفیت زندگی شهری پیشنهاد می‌گردد.

#### تقدیر و تشکر

این پژوهش با حمایت شهرداری تهران (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران) انجام پذیرفته است. نویسندگان نهایت سپاسگزاری خود را از این مرکز اعلام می‌دارند. همچنین از معاونت کنترل ترافیک شهر تهران و شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران به خاطر همکاری و فراهم نمودن بخشی از داده‌های مورد نیاز تحقیق سپاسگزاری می‌گردد.

می‌کند (نگاره ۷-پ). این تغییرات بر اثر تغییر حجم ترافیک و همچنین تفاوت کیفیت دسترسی به مراکز خدماتی تحت تأثیر تغییرات حجم ترافیک و تأثیر متفاوت عامل شیب در فصول مختلف اتفاق می‌افتد.

#### ۶- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل شده نشان داد که به کارگیری مدل‌های تصمیم‌گیری چندمتغیره و منطق فازی در مدل‌سازی کیفیت زندگی، قادر به نمایش تفاوت‌های فضایی کیفیت زندگی در محیط‌های شهری می‌باشد. عدم تفاوت زیاد نتایج دو روش استفاده شده در مرحله همپوشانی شاخص‌ها (فازی گاما و ویکور- فازی) بیانگر قابل اعتماد بودن نتایج بدست آمده می‌باشد.

در منطقه مورد مطالعه به طور کلی بلوک‌های واقع شده در نواحی شمالی محدوده از کیفیت زندگی مطلوب‌تری برخوردارند. اما با حرکت به نواحی جنوبی از مطلوبیت کیفیت زندگی کاسته می‌شود. مدل‌سازی زمانی و بررسی کیفیت زندگی در فصول مختلف نشان داد که تغییر فصل بر کیفیت زندگی شهری تأثیرگذار بوده است. به طوری که در محدوده مطالعه شده، اغلب بلوک‌ها در فصول بهار و پاییز از نظر زیست محیطی شرایط مطلوب‌تری نسبت به فصول زمستان و تابستان دارند.

برعکس از نظر کالبدی فصل تابستان وضعیت مطلوب‌تری

Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making -The Perspective of Regret Theory. MCDM, CCIS, 35:761-768.

11- Istamto, T., Houthuijs, D., Lebet, E. (2014). Willingness to pay to avoid health risks from road-traffic-related air pollution and noise across five countries. *Science of the Total Environment*, 497:420-429.

12- Jensen, J.R. (2005). *Introductory digital image processing*. Upper Saddle River: Pearson: Prentice Hall.

13- Jimenez-Munoz, J.C., Sobrino, J.A., Skokovic, D., Mattar, C., and Cristobal, J. (2014). Land surface temperature retrieval methods from Landsat-8 thermal infrared sensor data. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 11(10): 1840-1843.

14- Joseph, J., Wang, F., & Wang, L. (2014). GIS-based assessment of urban environmental quality in Port-au-Prince, Haiti. *Habitat International*, 41:33-40.

15- Jun, B.W. (2006). Urban Quality of Life Assessment Using Satellite Image and Socioeconomic data in GIS. *Korean journal of remote sensing*, 22:323-335.

16- Kim, K.H., Ho, D.X., Richard, B.J.C., Ch, J.M.O., Park, C.G.B., & Ryu, I.C. (2012). Some insights into the relationship between urban air pollution and noise levels. *Science of the Total Environment*, 424:271-279.

17- Klee, P. (2011). *The core of GIScience: a process-based approach*. Enschede, the Netherlands: ITC.

18- Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environ Geol*, 52:615-623.

19- Li, G., and Weng, Q. (2007). Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data. *International Journal of Remote Sensing*, 28:249-267.

20- Lo, C. P. (1997). Application of Landsat TM data for quality of life assessment in an urban environment. *Computer, Environment and Urban Systems*, 21:259-276.

21- Marans, R.W. (2015). Quality of urban life and environmental sustainability studies: Future linkage opportunities. *Habitat International*, 45:47-52.

22- Marans, R.W., Stimson, R.J. (2011). *Investigating Quality of Urban Life (Theory, Methods, and Empirical Research)*. Melbourne: Springer.

## منابع و مأخذ

۱- حاتمی نژاد، پوراحمد، منصوریان، رجایی؛ حسین، احمد، حسین، عباس؛ ۱۳۹۲، تحلیل مکانی شاخص‌های کیفیت زندگی در شهر تهران، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره ۴۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۲، ۵۶-۲۹.

۲- متکان، پوراحمد، منصوریان، میرباقری، حسینی اصل؛ علی‌اکبر، احمد، حسین، بابک، امین؛ ۱۳۸۸، سنجش کیفیت مکان‌های شهری، با استفاده از روش ارزیابی چند متغیره در GIS (مورد مطالعه: شهر تهران)، سنجش از دور و ایران، سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۸، ۲۰-۱.

3- Bilal, M., Nichol, J.E., Bleiweiss, M.P., and Dubois, D., (2013). A Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm (SARA) for use over mixed surfaces. *Remote Sensing of Environment*, 136:135-145.

4- Bilal, M., Nichol, J.E., Bleiweiss, M.P., Dubois, D. (2013). A Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm (SARA) for use over mixed surfaces. *Remote Sensing of Environment*, 136:135-145.

5- Discoli, C., Martini, I., Juan, G.S, Barbero, D., Dicroce, L., Ferreyro, C., & Esparza, J. (2014). Methodology aimed at evaluating urban life quality levels. *Sustainable Cities and Society*, 10:140-148.

6- El Din, H.S., Shalaby, A., Farouh, H.E., & Elariane, S.A. (2013). Principles of urban quality of life for a neighborhood. *HBRC Journal*, 9:86-92.

7- Fu, P., and Rich P.M. (2002). A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry. *Computers and Electronics in Agriculture*, 37:25-35.

8- Gulliver, J., Morley, D., Vienneau, D., Fabbri, F., Bell, M., Goodman, P., Beevers, S., Dajnak, D., Kelly, F.J., Fecht, D. (2015). Development of an open -source road traffic noise model for exposure assessment. *Environmental Modelling & Software*, 74:183-193.

9- Gupta, K., Kumar, P., Pathan, S.K., & Sharma, K.P. (2012). Urban Neighborhood Green Index – A measure of green spaces in urban areas. *Landscape and Urban Planning* 105:325-335.

10- Huang, J.J., Tzeng, G.H., and Liu, H.H. (2009). A

Perspective (Second Edition). CRC Press.

35- Yang, X. (2011). *Urban Remote Sensing Monitoring, Synthesis and Modeling in the Urban Environment* (Remote sensing of high resolution urban impervious surfaces). John Wiley & Sons, Ltd.

36- Zadeh, L.A. (1965). Fuzzy sets. *IEEE Inf Control*, 8:338-353.

37- Zenga, Y., Fengb, Z., Xiang, N. 2004. Assessment of soil moisture using Landsat ETM+ temperature/vegetation index in semiarid environment. *IEEE*, 6: 4306-4309.

38- Zhou, X., & Wang, Y.C. (2011). Spatial-temporal dynamics of urban green space in response to rapid urbanization and greening policies. *Landscape and Urban Planning*. 100:268-277.

23- Messer, L.C., Jagai, J.S., Rappazzo, K.M., and Lobdell, DT. (2013). Construction of an environmental quality index for public health research. *Environmental Health*, 13:39.

24- Mostafa, A.M. (2012). Quality of Life Indicators in Value Urban Areas: Kasr Elnile Street in Cairo. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50:254-270.

25- Pacione, M. (2003). Urban environmental quality and human Wellbeing - a social geographical perspective. *Landscape and Urban Planning*, 65:19-30.

26- Pradhan, B. (2010). Application of an advanced fuzzy logic model for landslide susceptibility analysis. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 3(3):370-381.

27- Sadeghi, B., and Khalajmasoumi, M. (2015). A futuristic review for evaluation of geothermal potentials using fuzzy logic and binary index overlay in GIS environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43:818-831.

28- Silverman, B.W. 1998. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Boca Raton, Florida: CRC.

29- Uyan, M., (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28:11-17.

30- Vafai, F., Hadipour, V., and Hadipour, A. (2013). Determination of shoreline sensitivity to oil spills by use of GIS and fuzzy model. Case study - The coastal areas of Caspian Sea in north of Iran. *Ocean and Coastal Management*, 71:123-130.

31- Wang, C., Liu, Q., Ying, N., Wang, X., & Ma, J. (2013). Air quality evaluation on an urban scale based on MODIS satellite images. *Atmospheric Research*, 132:22-34.

32- Wang, X., Li, M.H., Liu, S., and Liu, G. (2006). Fractal characteristics of soils under different land-use patterns in the arid and semiarid regions of the Tibetan Plateau, China. *Geoderma*, 134(1):56-61.

33- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64:335-344.

34- Worboys, M., Duckham, M. (2004). *GIS A Computing*