Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ فضای شهری، سال یازدهم، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۴۰۳، شمارهٔ پیاپی ۲۵

DOI: 10.22067/ JGUSD.2022.76762.1196
مقالهٔ علمی - پژوهشی

ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر الگوی پهنه‌بندی (مورد پژوهی: منطقه ٦ شهر تهران)

مجتبی رفیعیان (استاد شهرسازی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران، نویسنده مسئول)
rafiei_m@modares.ac.ir
آساره رشیدی (کارشناس ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران)
asarehrashidi@yahoo.com
مریم فراهانی (استادیار شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران)
m.mehinraz@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۲۷ **تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۰۵/۰۷**

صص ۷۲-۵۱

چکیده

امروزه با توجه به شاخص سرانه مصرف انرژی در ایران و عدم کارایی انرژی شهرها، تهیه ضوابط و مقررات شهری در اجرایی‌ترین سطح سیاست‌گذاری شهری با هدف افزایش کارایی انرژی در پهنه‌بندی، به عنوان خروجی اصلی طرح‌های تفصیلی، امری الزامی است. هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی و سنجش کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر الگوی پهنه‌بندی و شامل سه سوال اصلی است: ارتباط میان مفاهیم ضوابط و مقررات شهری و کارایی انرژی چیست و پارامترهای تأثیرگذار بر کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری کدام‌اند؟ چارچوب ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری در پهنه‌بندی، معیارها، شاخص‌ها و اوزان آن‌ها چگونه است؟ چگونه می‌توان کارایی انرژی بافت موجود شهری و بافت شهری شبیه‌سازی شده مبتنی بر ضوابط و مقررات شهری پهنه‌بندی را ارزیابی و مقایسه نمود؟ این پژوهش در تقسیم‌بندی تحقیقات علمی بر اساس هدف، کاربردی، بر مبنای روش، توصیفی-تحلیلی و ترکیبی از پژوهش‌های کیفی و کمی تلقی می‌شود. این پژوهش با بکارگیری روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی شامل پرسشنامه و تحلیل داده‌های ثانویه و تکنیک تحلیل سلسله مراتبی AHP توسط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و نرم افزار Expert Choice انجام شده است. همچنین قابل ذکر است منطقه ٦ شهر تهران به عنوان محدوده مطالعاتی پژوهش انتخاب شده است.یافته‌ها نشان می‌دهد کارایی انرژی در منطقه ٦ تهران با اعمال ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی طرح تفصیلی در مقایسه با وضع موجود ٪ ۲۲/۲۵ کاهش یافته، که این امر موجب افزایش مصرف انرژی و در نتیجه پیامدهای محیط زیستی نامطلوب ناشی از آن شده است. بنابراین پژوهش حاضر با تکیه بر یافته‌های خود بر تهیه

دستورالعمل‌های ضوابط و مقررات پهنه‌بندی منطبق بر انواع اقلیم در ایران و همچنین در نظر گرفتن پارامترهایی کاربردی در راستای افزایش کارایی انرژی در ضوابط و مقررات پهنه‌بندی، تأکید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی، تهران، ضوابط و مقررات شهری، کارایی انرژی، نرم‌افزار GIS.

۱. مقدمه

امروزه علیرغم این که شهرها از مصرف‌کنندگان اصلی انرژی به‌شمار می‌روند، کارایی انرژی[1] را تضمین نکرده و این مصرف بی‌رویه، آن‌ها را به سمت پیامدهای مخرب محیط زیستی سوق داده است. بر اساس آمارهای بین المللی سرانه مصرف نهایی انرژی ایران در بخش‌های کشاورزی، خانگی، تجاری و عمومی، حمل و نقل و صنعت به ترتیب ۳/٤، ۲/۱، ۱/۵ و۱/۵ برابر متوسط جهانی است، همچنین بر اساس آخرین آمار مرتبط با این امر (۱۳۹۷)، شاخص سرانه نهایی مصرف انرژی نسبت به سال گذشته خود (۱۳۹٦) به میزان ۵/۱ درصد افزایش یافته است که این امر ناشی از بهره،وری پایین در بهره،برداری، مصرف بالای انرژی و همچنین استفاده از کالاها و خدمات انرژی بر می‌شود (دفتر برنامه‌ریزی و اقتصاد کلان برق و انرژی، ۱۳۹۹، ص. ۱۲-۱۱). داده‌های جهانی نشان‌دهنده افزایش سریع دما در سطح جهان طی قرن بیستم است که اغلب با افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای همراه است که نتیجه فعالیت انسان می‌باشد. اگر این روند بدون تغییر ادامه یابد، از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۱۰۰ منجر به افزایش درجه حرارت جهانی به میزان ۲ الی ٤ درجه سانتیگراد خواهد شد. بنابراین، توسعه شهری از عوامل حیاتی برای انتشار دی‌اکسید کربن به‌شمار می‌رود. تقاضای بیشتر برای فعالیت در شهرها منجر به انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای خواهد شد که این موضوعات در نهایت به تأثیر شهرها بر اقلیم منجر خواهد شد. در نتیجه آسیب پذیری آن‌ها در برابر چالش های تحمیل شده توسط تغییرات اقلیمی افزایش خواهد یافت (عقیلی[2]، ۲۰۱۷، ص. ٦-۵). دغدغه ظرفیت تحمل، سیستم‌های طبیعی را با چالش های موجود در جوامع بشری گره می‌زند و به مسائل محیط زیستی می پردازد (هدمن[3]، ۲۰۱٦، ص. ۱۵-۱٤). از سوی دیگر برنامه‌ریزی برای شهرها در همه زمینه‌ها و با تأکید بر زمینه مصرف و کارایی انرژی و با هدف تعدیل پیامدها و آثار سوء، آن، از طریق نظام شهرسازی قابل دستیابی است .اجرایی ترین سطح سیاست‌گذاری در حوزه برنامه ریزی شهری،مربوط به پهنه‌بندی و ضوابط و مقررات شهرسازی در طرح‌های توسعه شهری است که به عنوان خروجی اصلی طرح‌های تفصیلی شهری نیز مطرح شده‌اند و ساز و کار اجرایی چگونگی توسعه های شهری جدید را ارائه می دهند. دستیابی به شهرهایی انرژی کارا، نیازمند دو مرحله شامل سیاست‌گذاری و اجرا می باشد. سیاست‌گذاری شهری در تفصیلی‌ترین سطح خود که به صورت مستقیم با نحوه اجرا نیز در ارتباط است، مربوط به پهنه‌بندی و ضوابط و مقررات شهری مرتبط با آن است و کیفیت آن‌ها می‌تواند

1. Energy Efficiency
2. Aghili
3. Hedman

تأثیر به سـزایی بر کارایی انرژی بگذارد. درصـورتی که این عوامل، کارایی انرژی کمی داشته باشند، حتی در صورت تحقق پذیری کامل در اجرا نیز موجب کارایی انرژی در شهرها نخواهند شد.

منظور از کارایی انرژی در واقع مصـرف بهینه و کارآمد انرژی با هدف کاهش رشـد تقاضـای انرژی، تقلیل قابل توجه مصرف سوخت‌های فسیلی و به دنبال آن افزایش عرضه انرژی سالم است (رضایی جهرمی و برک پور، ۱۳۹۵، ص. ۱۹). افزایش مداوم جمعیت شهری و مصرف زمین باعث شده است که تقاضای زیاد انرژی به منظور روشنایی، گرمایش، سـرمایش و حمل و نقل در شـهرها متمرکز شـود (سـانتاموریس[1]، ۲۰۰۶، ص. ۱). به این ترتیب یکی از مهم‌ترین وظایف برنامه‌ریزان شهری، ایجاد شهرهای انرژی کارا است (رضایی جهرمی و برک پور، ۱۳۹۵، ص. ۱۹). در برنامه‌ریزی شـهری، سـاختار فضایی توسط متغیرهایی مانند کاربری زمین، جانمایی، فرم کلان شهری، اندازه شهر، تراکم، ارتباطات و امکانات حمل و نقل ایجاد می شـود. هرگونه تغییر در هر یک از این متغیرها تأثیر قابل توجهی بر نیازهای انرژی دارد. بنابراین لازم اسـت متغیرها با توجه به اصـول برنامه‌ریزی شـهری مبتنی بر کارایی انرژی در نظر گرفته شوند. از اوایل دهه ۱۹۹۰، رویکردهای برنامه‌ریزی و طراحی شهری تحت نام هایی مانند شهر پایدار، شهر بوم شـناختی یا اکولوژیکی، شـهر سبز، رشد هوشمند، شهر هوشمند، شهر کم سرعت، شهر کم کربن، شهر قابل زندگی، شـهر دیجیتال و ابتکارات شـهر هوشـمند در شـهرها و مناطق مختلف در سـراسـر جهان توسعه یافتند (ییلدیریم[2] و همکاران، ۲۰۱۷، ص. ۳).

ضـوابط و مقررات شـهرسـازی فصـل مشترک شهرسازی و حقوق به شمار می‌روند و می‌توان از آن‌ها به عنوان سـازوکاری برای تبدیل ایده‌ها به عمل اسـتفاده کرد (صـالحی، ۱۳۸۵، ص. ۵۵). ضوابط و مقررات شهری، قوانین و الزاماتی هسـتند که کاربری‌های شـهری، سـاخت‌وسـاز سـاختمان‌ها و زیرسـاخت‌ها را کنترل می‌کنند (مونکونن[3] و رونکونی[4]، ۲۰۱۳، ص. ۱۹۵۲). اجرایی‌ترین سطح طرح‌های توسعه شهری مربوط به طرح‌های تفصیلی است. "طرح تفصـیلی عبارت از طرحی اسـت که بر اسـاس معیارها و ضـوابط کلی طرح جامع شـهر، نحوه استفاده از زمین‌های شهری در سطح محله‌های مختلف شهر و موقعیت و مساحت دقیق زمین برای هر یک از آن‌ها، وضع دقیق و تفصیلی شـبکه عبور و مرور و میزان تراکم جمعیت و تراکم سـاختمانی در واحدهای شـهری و اولویت‌های مربوط به مناطق بهسـازی،نوسـازی و توسـعه، و حل مشـکلات شهری و موقعیت کلیه عوامل مختلف شهری در آن تعیین می‌شود." (بهزادفر، ۱۳۹٤، ص. ٤۹). مهمترین عنصر خروجی طرح های تفصیلی یعنی پهنه بندی، به یکی از ابزارهای ساختاری برنامه‌ریزی شـهری تبدیل شـده اسـت که امکان ایجاد تعادل بین اشـکال مختلف فعالیت، منافع بازیگران مختلف و مقیاس توسـعه را فراهم می کند. در اسـپانیا، پهنه‌بندی یک اصـطلاح شـهری اسـت که برای تقسـیم مناطق شـهر به

1. Santamouris
2. Yildirim
3. Monkkonen
4. Ronconi

زون‌های مختلف مبتنی بر ضـوابط و مقررات به منظور هدایت توسـعه و رشـد شـهری، اسـتفاده می شود (گاتیکا[1]، ۲۰۱۹، ص. ۲). هدف در نظام پهنه‌بندی اراضی در درجه اول حصول اطمینان از استقرار مناسب کاربری‌ها در ارتباط با یکدیگر می‌باشـد. همچنین امکان کنترل عملکردی شهر و برنامه ریزی در جهت کنترل توسعه تراکم در هر پهنه و در ارتباط با خدمات عمومی، محورهای عبور و مرور، تسـهیلات رفاهی و ... پدید می‌آید و توسعه، به سمت اهداف مورد نظر خود، هدایت می‌شـود. در این راستا، پهنه‌های کلان شکل می‌گیرند. همچنین در راستای تنظیم سند هدایت و کنترل توسـعه در چارچوب ضـوابط و مقررات و پیوند آن‌ها، تراکم، سـطح اشغال مجاز، تعداد طبقات، عرصه‌های گوناگون شهری و تنوع این عرصه‌ها، زیرپهنه‌ها را شکل می‌دهند (مهندسین مشاور شهر و خانه، ۱۳۹۳، ص. ۸). فرم شـهری تا حد زیادی بر اسـتفاده از انرژی تأثیر می‌گذارد. تحول در فرم‌های شهری عمدتاً تحت تأثیر اقتصاد سیاسی، فناوری‌های حمل و نقل، بازار زمین و سیاست های توسعه شهری است (برنامه کمک مدیریت بخش انرژی[2]، ۲۰۱٤، ص. ۹-۳). اصـول پایه‌ای برای دسـتورالعمل‌های برنامه‌ریزی شـهری کارآمد در مقیاس شـهر، محله و قطعات زمین بدین صورت است: از شرایط اقلیمی و سایت برای پشتیبانی از استراتژی های طراحی منفعل پایدار برای تکنیک‌های گرمایش و سـرمایش و آسـایش داخلی و خارجی انرژی کارا اسـتفاده شود؛ روش‌های حمل و نقل انرژی کارا مانند حمل و نقل عمومی (انبوه) و حمل و نقل غیر موتوری (مانند دوچرخه‌سـواری و پیاده‌روی) تشـویق شود؛ استراتژی های رشد فشرده شهری و تراکم شهری برای حفظ امکان‌پذیری اقتصادی تأسیسات عمومی و حمل و نقل ارتقا داده شـود. عملکردهای مسـکونی در توسعه کاربری مختلط ادغام شود و همچنین امکان توزیع خدمات در فواصل کوتاه نیز فراهم گردد؛ امکانات رفاهی برای فضـای بیرونی دارای سـایه‌اندازی و فضـای عمومی فراهم شـود؛ به منظور به حداقل رسـاندن بیشـتر اثر کربن، از طریق یکپارچه‌سـازی و انعطاف‌پذیری در برنامه‌ریزی و طراحی، راه حل های انرژی تجدیدپذیر در نظر گرفته شود (کارایی انرژی در بخش ساخت و ساز در مدیترانه[3]، ۲۰۱۳، ص. ٦). استفاده از انرژی در شهر ها عمدتا تحت تأثیر این موارد است: ابعاد فضایی؛ تراکم مسکونی و فعالیت و کار؛ تراکم قابل دسترس و طراحی محیط زیسـتی با تأکید بر اقلیم محلی (برنامه کمک مدیریت بخش انرژی، ۲۰۱٤، ص. ۹-٤).اجرای این اصول کلیدی باعث کارایی انرژی و در نتیجه رشد پایدار شهری خواهد شد: اجرای سیاست‌ها و مقررات رشد فشرده شـهری، توسـعه شـبکه‌های متراکم و به هم پیوسـته خیابان‌ها، یکپارچه‌سـازی طرح‌های فضـایی، حمل و نقل و زیرسـاخت، اطمینان از فضای سبز قابل دسترس، ایجاد بلوک‌های کوچک مقیاس با کاربری های متنوع، توسعه مبتنی بر کاربری مختلط، طراحی خیابان‌ها برای مردم و نه ماشین و حداکثرسازی پتانسیل طراحی‌های زیست اقلیمی (برنامه کمک مدیریت بخش انرژی، ۲۰۱٤، ص. ۲۰-۱۳).

اولین حوزه‌ای که ضوابط و مقررات مرتبط با آن می‌تواند بر کارایی انرژی تأثیر بگذارد، حوزه برنامه‌ریزی شهری و در مقیاس کوچکتر طراحی شهری می‌باشد (فاضلی و حیدری، ۱۳۹۲، ص. ۹۱). ضوابط و مقررات مرتبط با کارایی

1. Gatica
2. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP)
3. Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean

انرژی در شـهرها در مقیاس‌های متفاوتی بدین شـرح تدوین می شوند: حوزه کلان: ضوابط و مقررات شهری؛ حوزه میانی: ضـوابط و مقررات معماری؛ و حوزه خرد: ضـوابط و مقررات عمرانی. اصلی ترین عامل در دستیابی به کارایی انرژی توجه به ضـوابط و مقررات شـهری می‌باشـد؛ زیرا فرم شـهری و مورفولوژی در شهرها که بیشترین نقش در کارایی انرژی را ایفا می‌کنند، مبتنی بر این ضـوابط و مقررات شهری شکل می‌گیرند. در این بخش عواملی چون فرم شـهرها، نحوه اسـتقرار سـاختمان‌ها و سـایر ویژگی‌های مرتبط با آن‌ها با تأکید بر ویژگی‌های اقلیمی و طراحی‌های محیط زیستی و ... مد نظر قرار می‌گیرند (کاکاوند و جباری، ۱۳۹۰، ص. ٤). معیارهای تأثیرگذار بر کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی بدین شرح است:

- **پهنه‌بندی کاربری اراضـی**: پهنه‌بندی کاربری اراضـی و در سـطح پایین‌تر کاربری اراضـی، به دلیل ارتباط مسـتقیم با فعالیت‌های شهری بر روی کارایی انرژی شهرها و مناطق، تأثیر به‌سزایی می‌گذارد. با این وجود در حال حاضـر، بیشـتر روندها و الگوهای کاربری زمین منجر به تولید سـفرهای غیر ضـروری با مسـافت‌های طولانی جهت تامین نیازهای روزانه شده است، که بیشتر این سفرها نیز توسط حمل‌ونقل شخصی انجام شده و در نتیجه مصـرف انرژی را افزایش داده است. بنابراین، برنامه‌ریزی در راستای انرژی کارایی شهرها یکی از اهداف بسیار مهم برنامه‌ریزی شهری می‌باشد که می‌توان توسط برنامه‌ریزی کاربری زمین و پهنه‌بندی کاربری زمین، آن را محقق ساخت (رضویان و همکاران، ۱۳۹۸، ص. ۲۲٤).
- **فشردگی**: فشـردگی به صورت کلی یک تعریف ندارد اما معمولا از آن تحت عنوان تراکم بالا و یا توسعه تک مرکزی یاد می شود (قاضی[1] و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۸۰). فرم فشرده شهری به روش‌های مختلف و مختلطی مختلطی همچون دسـترسـی به انرژی خورشـیدی، تهویه طبیعی، انتقال گرما و اثر جزایر حرارتی شـهری و کاهش تقاضـای سـفر، بر خرداقلیم تأثیر می گذارد (کانگ کو[2]، ۲۰۱۲، ص. ۱۸). همچنین این فرم فشـرده می‌تواند بر جابه‌جایی شـهری و کارایی زیرسـاخت‌ها تأثیر بگذارد که این امرمی تواند به صـورت مسـتقیم و غیرمستقیم موجب کاهش مصرف انرژی شود (قاضی و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۸۰). با توجه به اثرات ترکیبی ذکرشده، گزینه‌های متنوع فشردگی باید از طریق شبیه‌سازی و پژوهش‌های تجربی مورد ارزیابی قرار گیرند تا از این طریق بتوان اسـتراتژی‌های برنامه‌ریزی و طراحی شهری که منجر به افزایش منفعت و کارایی انرژی در هر اقلیم می‌شـوند را افزایش داد. بنابراین وجود مطالعات ارزیابی جامع در جهت دسـتیابی به میزان فشردگی بهینه جهت تضـمین کارایی انرژی امری ضروری می‌باشد. به عنوان مثال، در هنگام افزایش تراکم و فشردگی باید از دسترسی به انرژی خورشیدی به صورت همزمان نیز اطمینان حاصل کرد (کانگ کو، ۲۰۱۲، ص. ۱۸).
- **شـبکه متصل**: اتصال، هدف اولیه و اصلی هر شبکه حمل و نقل می باشد که مکان‌هایی که مردم می‌خواهند میان آن‌ها جابه‌جا شـوند را به یکدیگر متصـل می‌سـازد. سفر، معمولا به صورت تقاضای مشتق شده در نظر

1. Ghazi
2. Kang Ko

گرفته می‌شود. ما عمدتا به منظور دسترسی به مکان‌های دیگر و نه فقط لذت بردن از مسیر، سفر می‌کنیم. مدل سازی تقاضای سفر، به طور کلی هزینه ای را به سفر اختصاص می دهد که شامل "هزینه" زمان است. در شرایطی که سایر موارد برابر باشد، زمان سفر کوتاه‌تر ترجیح داده می‌شود. این امر به ویژه در مورد دوچرخه‌سواری و پیاده‌روی که معمولاً کندتر از حمل و نقل‌های موتوری هستند، صادق است. در ارتباط با این مسئله که یک فرد چه مقداری از مسیر را می‌تواند به صورت پیاده و یا با دوچرخه طی کند، محدودیت‌هایی وجود دارد. افزایش اتصال شبکه می‌تواند به کاهش مسافت سفر در همه مدهای حمل و نقل از جمله پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری منجر شود (قاضی[1] و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۸۱).

- **طراحی منفعل شهری:** یک اصل بسیار مهم در برنامه‌ریزی و طراحی شهری جهت دستیابی به آسایش حرارتی، طراحی منفعل می‌باشد. طراحی منفعل، روشی برای طراحی است که از معماری ساختمان، جهت به حداقل رساندن مصرف انرژی و بهبود آسایش حرارتی استفاده می‌کند. در این رویکرد طراحی، فرم ساختمان و عملکرد حرارتی عناصر ساختمان با دقت در نظر گرفته شده و برای تعامل با اقلیم محلی بهینه شده است. چشم انداز نهایی طراحی منفعل، از بین بردن کامل نیاز به سیستم‌های مکانیکی فعال (و مصرف انرژی مبتنی بر سوخت فسیلی) و آسایش ساکنین می‌باشد (مهندسی کبالت و هیوز کاندون مارلر: معماران[2]، ۲۰۰۹، ص. ۳). برنامه‌ریزی شهری می‌تواند تأثیر به سزایی در اقلیم حرارتی تجربه شده در فضاهای بیرونی داشته باشد. در ابتدا می‌بایست روند افزایش دما به دلیل تغییرات اقلیمی بهبود یابد تا از این طریق امکان حرکت افراد در فضاهای شهری را فراهم کند. ثانیا، یک فضای خارجی خنک‌تر به کاهش تنش گرمایی در شرایط داخلی ساختمان کمک می‌کند. و در نهایت، یک مرکز شهر خنک‌تر به کاهش اثرات جزایر حرارتی در سطح شهر و منطقه کمک خواهد کرد. خرد اقلیم های حرارتی شهری از نظر سرعت و جهت باد، میانگین دمای تابشی، دمای هوا و رطوبت نسبی مشخص می‌شوند. از پارامترهای کلیدی مرتبط با برنامه‌ریزی شهری و تأثیرگذار بر این خرد اقلیم‌ها می‌توان به مواردی همچون بافت و تراکم شهری، هندسه خیابان و جهت‌گیری آن اشاره نمود. به همین منظور در اقلیم گرم و خشک، برنامه‌ریزی برای پارامترهای ذکر شده به منظور جلوگیری از تنش بیش از حد گرمایی امری ضروری و اجتناب ناپذیر می‌باشد (فهمی[3] و شارپلس[4]، ۲۰۰۸، ص. ۱). اصول رعایت شده در معماری بومی مناطق اقلیمی چهارگانه ایران می‌تواند مبنایی در جهت تعیین ضوابط و مقررات پهنه‌بندی متناسب با هر اقلیم باشد. این اصول در اقلیم گرم و خشک بر مصالح با ظرفیت حرارتی زیاد، پلان فشرده، جهت قرارگیری جنوب تا جنوب شرقی، استفاده از تهویه طبیعی کم، بافت متراکم و رنگ خارجی روشن تأکید می‌کند (کسمائی، ۱۳۸٤، ص. ۹٦).

1. Ghazi
2. Cobalt Engineering and Hughes Condon Marler: Architects
3. Fahmy
4. Sharples

از جمله پارامترهای تأثیرگذار بر ضـوابط و مقررات شـهری مبتنی بر کارایی انرژی نیز می‌توان به این موارد اشاره نمود:

- **پهنه‌بندی:** استقرار کاربری‌های مختلط در مسافت‌های پیاده‌روی، دسترسی عابران پیاده را به خدمات شهری و امکـانـات رفـاهی ترغیب می‌کند. این امر می‌تواند با ایجاد کریدورهایی با کاربری مختلط و مراکزی که توزیع ترافیک را در دوره های مختلف روز انجام می‌دهد، وابســتگی به وســایل نقلیه را کاهش دهد که به نوبه خود باعث افزایش کارایی انرژی و کاهش انتشـار گازهای گلخانه‌ای و گرمای نهفته می‌شود. هر محله باید ترکیبی از کاربری‌ها و خدمات شهری و امکانات رفاهی زیر را با فاصله متوسط ۳۵۰ متر از هر خانه در خود داشــته باشــد: ایســتگاه‌های حمل و نقل عمومی؛ مختلط خرده‌فروشــی و اداری؛ امکانات عمومی؛ و پارک‌ها و فضاهای باز (کارایی انرژی در بخش ساخت و ساز در مدیترانه[1]، ۲۰۱۳، ص. ١٤).
- **تراکم جمعیتی:** تراکم کافی از امکان پذیری اقتصـادی حمل و نقل عمومی انبوه پشتیبانی می‌کند و می‌تواند به کارایی انرژی اضـافی در محیط سـاخته شـده برسد. از طریق انواع مختلف ساختمان‌ها و اندازه واحدها، طیف گسـترده ای از جمعیت را می‌توان اسـکان داد. این امر با کاهش مسـافت رفت و آمد و به کارگیری خدمات، گزینه هایی مقرون به صرفه فراهم کرده و جامعه را حفظ می‌کند (کارایی انرژی در بخش ساخت و ساز در مدیترانه، ۲۰۱۳، ص. ١٦).
- **تراکم سـاختمانی:** در صـورت عدم کنترل ارتفاع سـاختمان‌ها در شـهر ، میزان دسـترسـی سـاختمان‌های مسـکونی به نور خورشـید، به عنوان یکی از منابع تجدیدپذیر انرژی، و سایه اندازی ساختمان‌ها بر یکدیگر تغییر می‌کند بنابراین سـاختمان‌های مسـکونی انرژی بیشـتری را صرف تأمین روشنایی و گرم کردن فضای داخل خانه می‌کنند. تراکم ساختمانی نیز که با میزان استفاده از زمین و ارتفاع ساختمان در ارتباط می باشد، بر میزان مصـرف انرژی در سـاختمان تأثیرگذار می باشـد. در واقع، هر چه تراکم ساختمانی افزایش یابد، میزان سـطح پوشـیده شـده از زمین کاهش یافته و خرد اقلیم محدوده از شرایط بهتری برخوردار می گردد. لازم به ذکر است که در صورت افزایش بیش از حد تراکم ساختمانی در شهر، ارتفاع ساختمان‌ها افزایش یافته و این امر موجب به وجود آمدن کوران باد در اطراف سـاختمان و در نتیجه کاهش دما می شـود. بنابراین انرژی بیشتری در ساختمان صرف گرمایش فضای خانه می‌گردد (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰، ص. ۱۱۱–۱۱۰)
- **الگوی خیابان:** تغییر الگوهای خیابان بر الگوی جریان هوا و در نتیجه دما تأثیر می‌گذارد. بهینه‌سازی الگوی خیابان‌ها به منظور کاهش گرما باید فضاهای عمومی مهم را در هر سایت هدف قرار دهد و الگوی کلی باد را در نظر بگیرد، زیرا در صـورت گسترده بودن سطوح می توانند، خرد جزایر هوای گرم یا سرد تولید کنند (هریس[2] و همکاران، ۲۰۲۰، ص. ۱۱–۹). بنابراین جهت‌گیری خیابان نیاز به سـازگاری با بادهای ورودی

1. Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean
2. Heris

دارد، که باعث کاهش گرما و تقویت تهویه طبیعی می‌شود. همچنین قابل ذکر است خیابان‌های اصلی باید در جهت اصلی باد قرار گیرند (کارایی انرژی در بخش ساخت و ساز در مدیترانه[1]، ۲۰۱۳، ص. ۱۱).

- **اندازه و طول بلوک‌های شهری:** به استثنای برخی از محققان، سایر برنامه‌ریزان و طراحان شهری از اندازه‌های کوچک و طول کوتاه برای بلوک های شهری پشتیبانی می‌کنند. آنها بر بسیاری از مزایای مربوط به اندازه کوچک و طول کوتاه بلوک‌های شهری تأکید می‌کنند، مانند: تولید الگوی گردش شبکه‌ای دقیق‌تر و الگوی بلوک شهری و بافت ریزدانه، ایجاد درجه بالایی از اتصال، ارائه گزینه‌های متعدد که می‌تواند دسترسی پیاده‌روها به حمل و نقل را همچون دسترسی حمل و نقل به کاربری‌های بیشتر، افزایش دهد، ایجاد یک الگوی افقی چند جهته از فضاهای شهری و ترویج تنوع و اختلاط (پاکزاد[2] و سالاری[3]، ۲۰۱۸، ص. ٤-۳).
- **پیکربندی و دانه‌بندی بلوک‌های شهری:** هنگامی که در مورد پیکربندی و دانه‌بندی بلوک‌های شهری صحبت می‌شود، در واقع به خصوصیاتی مانند شکل، ورودی‌ها، تقاطع‌ها، تغییر شکل‌ها و ارتباط متقابل بلوک‌های شهری اشاره می‌شود. تقاطع‌های بیشتر، اما تقاطع‌های بالقوه کوچکتر، فرصت‌های بیشتر برای جلوگیری از مسیرهای پر حجم، می‌تواند به طور بالقوه ترافیک را آرام کند و فرصت‌های بیشتری را برای عبور ایمن ارائه دهد، اما پیکربندی بلوک‌های خیابان در امتداد اتصال محله باید به گونه‌ای انجام شود که در صورت امکان، تعداد تقاطع های ٤ طرفه کنترل شده با اولویت را به حداقل برساند. محله‌های ریزدانه به تعداد بیشتری از فضاهای کوچک‌تر تقسیم می‌شوند. محله های درشت دانه با تقسیم فضایی بزرگتر و زیادتر مشخص می‌شوند. طرح‌هایی با بلوک های مستطیلی متناسب با فضای خیابان نسبت به طرح‌هایی با بلوک های مربع، از مساحت بلوک بیشتری برخوردار هستند. تعداد بلوک‌های شهری تقسیم بر تعداد واحدهای مسکونی می‌تواند بر اتصال تأثیر بگذارد؛ هرچه تعداد بلوک‌ها کمتر باشد، اتصال داخلی بیشتر است. به منظور افزایش اتصال، ایجاد پیکربندی ساختمان‌ها با استفاده از برش کوچه‌ها در بلوک‌های شهری، صورت می‌گیرد. به منظور دسترسی به فضای داخلی بلوک‌های بزرگ، از سیاست تکه‌تکه شدن استفاده می‌شود تا زمین شهری بتواند با بهره‌وری بهتر استفاده شود (پاکزاد و سالاری، ۲۰۱۸، ص. ٤).
- **جهت‌گیری بلوک‌های شهری:** ملاحظات جهت‌گیری بلوک‌ها به طور کلی برای دستیابی به خورشید یا مربوط به یک ویژگی توپوگرافی یا طبیعی است. هیچ توافقی در مورد بهترین جهت‌گیری برای یک بلوک شهری وجود ندارد. جهت‌گیری شمال به جنوب به منظور کاهش قرار گرفتن در معرض جهت شمال با کوچکترین نما و قرار گرفتن در معرض شرق به غرب برای بیشتر نماها توصیه شده است. برخی توصیه

1. Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean
2. Pakzad
3. Salari

می کنند، جهت‌گیری بلوک با محور طولانی‌تر، به سمت جنوب باشد. آن‌ها اصرار دارند که این شرایط بهینه برای صرفه جویی در انرژی را تأمین می‌کند، زیرا مصرف انرژی برای روشنایی بیشتر از مصرف انرژی برای گرما به جهت بلوک بستگی دارد. برخی دیگر بر این باورند که جهت گیری بلوک به صورت شرقی – غربی به منظور توسعه و پتانسیل فتوولتائیک، بهتر در نظر گرفته می شود. همچنین بخش‌های مختلف خیابان نیز باید از نظر جهت‌گیری متفاوت باشند (پاکزاد[1] و سالاری[2]، ۲۰۱۸، ص. ۵-٤).

- **ارتفاع ساختمان**: ارتفاع ساختمان میزان فضای باز را در سطح زمین تغییر می‌دهد و بر قابلیت دسترسی به نور خورشید تأثیر می‌گذارد (عقیلی[3]، ۲۰۱۷، ص. ۵۷-۵٦). همچنین، فاصله بین ساختمان‌ها در مناطق شهری که مساحت آن ها کم، اما نیاز به ساختمان در آن‌ها زیاد است، مهم می‌باشد. ایجاد فاصله کافی بین ساختمان‌ها به منظور اجازه عبور باد از میان آن‌ها در نظر گرفته شده است (قاضی[4] و همکاران، ۲۰۱۹، ص. ۸۲-۸۰).
- **جهت‌گیری ساختمان**: واضح است که جهت گیری یک ساختمان با تغییر زاویه برخورد و مدت‌زمان تابش خورشید، بر بهره خورشیدی و تقاضای انرژی تأثیر می‌گذارد. جهت‌گیری یکی از مهمترین متغیرهای کارایی انرژی ساختمان است، هنگامی که جهت ساختمان به درستی ترسیم شود، بهره خورشیدی به حداکثر می رسد، ساختمان از نور روز با کیفیت بهتری بهره‌مند می‌شود و نیاز به گرمایش اضافی به طور قابل توجهی کاهش می‌یابد (عقیلی، ۲۰۱۷، ص. ۵۷).
- **پیکربندی ساختمان**: ترکیب ارتفاع نامنظم و خیابان‌های باریک منجر به یک محیط فشرده‌تر می‌شود که دسترسی خورشیدی و پتانسیل فتوولتائیک را کاهش می‌دهد. پیکربندی ساختمان می تواند اثرات سایه اندازی روی ساختمان‌های همسایه را کاهش یا افزایش دهد (عقیلی، ۲۰۱۷، ص. ۵۷). پیکربندی توده ساختمان، مربوط به نوع خاص اقلیم، بر آسایش داخلی و بیرونی تأثیر می‌گذارد. برخی از گونه‌های خاص ساختمان سایه‌اندازی و تهویه را افزایش می‌دهند، که این امر همچنین می تواند بار خنک‌کننده را کاهش دهد. پیکربندی توصیه شده برای اقلیم گرم و خشک و گرم و مرطوب متفاوت است. پیکربندی ساختمانی در اقلیم گرم و خشک با توجه به تراکم‌های پیشنهادی باید استراتژی‌های زیر را مد نظر قرار دهد: ارتفاع کم، تراکم زیاد و خیابان های باریک. از آنجا که سایه‌اندازی بر خیابان‌ها به حداکثر می‌رسد، خرداقلیم مناسب‌تری را برای عابران پیاده ایجاد می‌کند. نتیجه دیگر در هنگام ایجاد سایه بر روی ساختمان‌ها، کاهش بار خنک کننده ساختمان‌ها است (کارایی انرژی در بخش ساخت و ساز در مدیترانه[5]، ۲۰۱۳، ص. ۱۷).

1. Pakzad
2. Salari
3. Aghili
4. Ghazi
5. Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean

فتح جلالی و همکاران (۱۳۸۹) در پژوهشی تحت عنوان تدوین معیارهای برنامه ریزی کاربری اراضی شهری با رویکرد کارایی انرژی با مطالعه موردی واحد همسایگی در شهر جدید هشتگرد به ارتباط مستقیم بین برنامه ریزی کاربری زمین و میزان مصرف انرژی پی بردند که این امر در سطح واحد همسایگی نیز قابل تعمیم می باشد. عزیزی و قرائی (۱۳۹٤) نیز در مطالعه برنامه ریزی کاربری زمین در راستای توسعه پایدار محله ای با تأکید بر بهینه سازی مصرف انرژی با مطالعه موردی محله دروس در تهران دریافتند که توزیع متمرکز و پراکنده کاربری ها، اختلاط کاربری ها، پیاده مداری و قابلیت دوچرخه سواری، حمل و نقل عمومی کارا و یکپارچه و فرم فشرده و متراکم می توانند موجب کاهش مصرف انرژی شود. رضایی جهرمی و برک پور (۱۳۹۵) هم در مقاله ای با عنوان ارزیابی کارایی انرژی در مقیاس شهری در مقایسه دو روش لید و تریس با مورد مطالعاتی محله ظهیرآباد شهر تهران به این نتیجه رسیدند که با اقداماتی چون ترویج اختلاط کاربری، افزایش تراکم و فشردگی، توزیع سلسله مراتبی خدمات در مراکز اصلی فعالیت، توسعه حمل و نقل محور، ایجاد شبکه معابر یکپارچه، مدیریت و قیمت گذاری پارکینگ و افزایش قابلیت دسترسی پیاده و دوچرخه و حمل و نقل عمومی و تغییر الگوی انرژی مصرفی در بخش خانگی، ساختمان و زیرساخت ها و غیره می توان موجب کاهش مصرف انرژی و دست یافتن به کارایی انرژی شد. هدمن[1] (۲۰۱٦) نیز در مطالعه نقش و اهمیت ضوابط و مقررات عملی در برنامه ریزی شهری انرژی کارا، تأکید کرد که راه حل ها و مقررات باید متناسب با زمینه های محلی باشد و توصیه های مشخصی در مورد چگونگی بهبود ضوابط و مقررات در فرایند برنامه ریزی شهر به منظور افزایش کارایی انرژی ارائه داد. مرتضایی و همکاران (۱۳۹٦) نیز در پژوهش خود با عنوان چارچوب تحلیلی ریخت-گونه شناسی بافت های شهری از منظر کارایی انرژی با مطالعه موردی سپاهان شهر نیز عوامل مداخله گر بر مصرف انرژی را اقلیم، رفتار ساکنان، نوع سیستم های سرمایشی-گرمایشی، مصالح ساختمانی و روشنایی مصنوعی دانستند.

همچنین پژوهش های حاجی علی اکبری و همکاران(۱۳۹۱)، کانگ کو[2] (۲۰۱۲)، براتی و سردره (۱۳۹۲)، فاضلی و حیدری (۱۳۹۲)، جیگ کوان[3] (۲۰۱۷)، تقی نژاد (۱۳۹۸) و حسینی (۱۳۹۸)، همگی در یافته های خود به تأثیر و ارتباط مستقیم فرم شهری و کالبدی و شاخص های مرتبط با آن با میزان مصرف و کارایی انرژی تأکید کردند.

اکثریت پژوهش های صورت گرفته در حوزه انرژی در شهرسازی به ارزیابی و تدوین الگوی انرژی کارا در زمینه کاربری زمین، حمل و نقل، فرم شهر و استانداردهای طراحی شهری در مقیاس واحد همسایگی و محلات در بستر موجود پرداخته است که بیشتر آن ها شامل تدوین یک چارچوب نظری بوده و به صورت کاربردی مورد تحلیل قرار نگرفته‌اند، حال آن که پژوهش حاضر سعی دارد تا به ارتباط اجرایی‌ترین سطح سیاست‌گذاری شهری شامل ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی در ارتباط با کارایی انرژی توجه نموده و به شبیه‌سازی و ارزیابی آن در مقیاس یک منطقه شهری بپردازد که شامل سه سوال اصلی است: ارتباط میان مفاهیم ضوابط و مقررات شهری و کارایی

1. Asa Hedman
2. Ye Kang Ko
3. Jige Quan

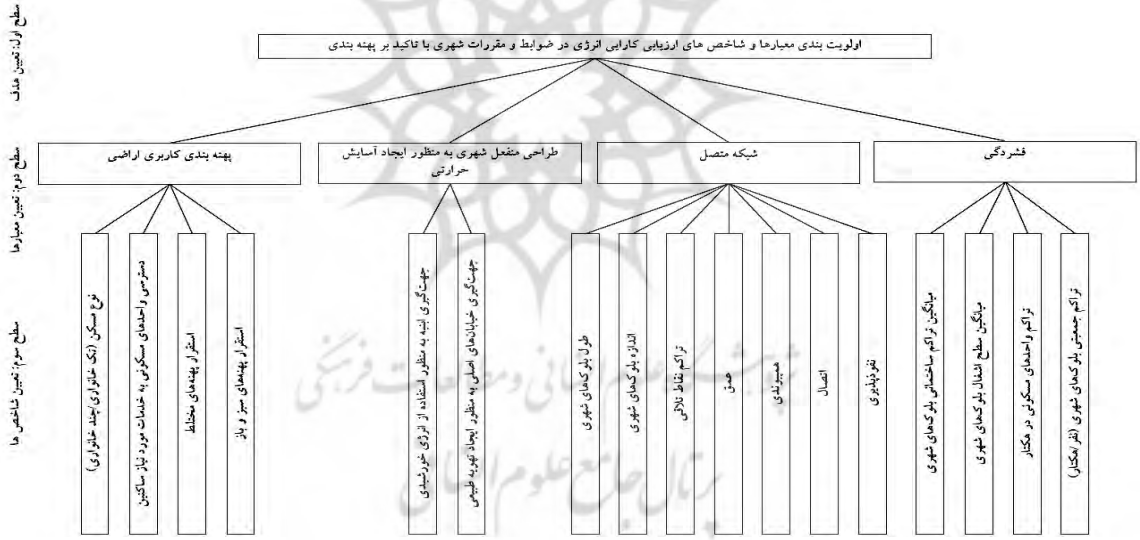
انرژی چیســت و پارامترهای تأثیرگذار بر کارایی انرژی در ضــوابط و مقررات شــهری کدام‌اند؟ چارچوب ارزیابی کارایی انرژی در ضــوابط و مقررات شــهری در پهنه‌بندی، معیارها، شــاخص‌ها و اوزان آن‌ها چگونه اســت؟ چگونه می‌توان کارایی انرژی بافت موجود شــهری و بافت شــهری شــبیه‌ســازی شــده مبتنی بر ضــوابط و مقررات شــهری پهنه‌بندی را ارزیابی و مقایسه نمود؟

۲. روش‌شناسی

پژوهش حاضــر در تقسیم‌بندی تحقیقات علمی بر اساس هدف، در زمره تحقیقات کاربردی و بر مبنای ماهیت و روش، در گروه پژوهش‌های توصــیفی-تحلیلی قرار می‌گیرد و ترکیبی از پژوهش‌های کیفی و کمی می‌باشــد. در این پژوهش از هر دو روش گردآوری اطلاعات شــامل روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی اســتفاده شــده اســت (حافظ‌نیا، ۱۳۹۶، ص. ۷۸-۵۸). اما روش گردآوری اطلاعات در بخش‌های مختلف این پژوهش یکسان نمی‌باشد. در بخش‌های زیادی از مبانی نظری و همچنین برخی از داده‌های مربوط به محدوده مطالعاتی از طریق روش کتابخانه ای اســتفاده شــده اســت. که این مطالعات کتابخانه‌ای شــامل بررســی منابع موجود و همچنین جســت‌وجو در شــبکه جهانی اطلاع‌رســانی و از طریق متن‌خوانی و فیش‌برداری، آمارخوانی و اســتفاده از جدول، تصــویرخوانی و استفاده از نقشه، ســندخوانی و اســتفاده از مدارک و مســتندات و در نهایت از ترکیب آن‌ها می‌باشــد. در جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مرتبط با مورد مطالعاتی نیز علاوه بر مطالعات کتابخانه‌ای از روش میدانی شامل پرسشنامه و همچنین تحلیل داده های ثانویه با اســتفاده از داده‌ها، آمار و اطلاعات موجود از جمله بلوک‌های آماری و پایگاه‌های اطلاعات مکانی (داده) در طرح‌های اســنادی و ســایر منابع اطلاعاتی (شــهرداری، ســازمان نقشــه‌برداری و ســایر سازمان‌های وابسته و همچنین مهندســین مشــاور و ...) استفاده شده است. فرایند پژوهش حاضر دارای شش مرحله اصلی بدین شرح است. در گام نخســت این پژوهش با مد نظر قرار دادن بنیان‌های نظری، مطالعه پژوهش‌ها و مرور تجارب پیشــرو، به تعیین ارتباط میان کارایی انرژی و برنامه‌ریزی شــهری با تأکید بر سیاست گذاری شهری پرداخته و اصول، معیارها و شاخص‌های موثر در ارزیابی کارایی انرژی ضــوابط و مقررات شــهری با تأکید بر پهنه‌بندی را تعیین نموده است. در گام دوم با در نظر گرفتن امکانات و محدودیت‌ها در زمینه داده‌ها، اطلاعات و منابع، طبق شکل شماره ۱ به انتخاب معیارهای اصلی و شــاخص‌های مورد نیاز به منظور ســنجش هر یک از معیارها و تدوین چارچوب ارزیابی کارایی انرژی پرداخته اســت. گام ســوم به شناخت تحلیلی معیارها و شاخص‌های منتخب در محدوده مطالعاتی (منطقه ۶ شهرداری تهران) اختصــاص دارد. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS[1] به شناخت و بررسی هر یک از معیارها و شــاخص‌ها، در دو ســناریو وضــع موجود و سناریو پیشنهادی پهنه‌بندی طرح تفصیلی (در صورت وجود) پرداخته شــده است. در گام بعدی یعنی گام چهارم، به تعیین اولویت‌ها و وزن‌دهی هر یک از معیارها و شاخص‌ها با

1. Geographic Information System

استفاده از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی[1] مبتنی بر دریافت نظرات و دیدگاه‌های ۱۵ نفر از متخصصین حوزه توسط پرسشنامه متخصصین و تحلیل آن‌ها توسط نرم افزار Expert Choice پرداخته شده است تا بتوان با استفاده از درجه اهمیت و تعیین اوزان نهایی، در بخش‌های بعدی به همپوشانی آن ها پرداخت. در گام پنجم، لایه‌های شناختی که بر اساس شاخص‌ها و معیارها در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شده‌اند، در محدوده مورد مطالعه (منطقه ٦ شهرداری تهران) مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌اند. . بدین منظور برای هر یک از شاخص‌ها در دو سناریو وضع موجود و پهنه‌بندی پیشنهادی طرح تفصیلی، توسط نرم افزار GIS[2] لایه‌های تحلیلی تهیه شده و به بررسی، تحلیل و مقایسه میان آن‌ها پرداخته شده است. در گام ششم، بر مبنای وزن‌های از پیش تعیین شده، همپوشانی وزن‌دار[3] لایه‌های GIS مرتبط با هر یک از شاخص‌ها در محدوده مورد مطالعه (منطقه ٦ شهرداری تهران) صورت گرفته است و از همپوشانی آن‌ها در دو سناریو وضع موجود و سناریو پیشنهادی پهنه‌بندی طرح تفصیلی ابتدا، معیارها و لایه مربوط به آن‌ها استخراج شده است و سپس با همپوشانی وزن‌دار معیارها بر اساس وزن‌های تعیین شده، به ارزیابی کارایی انرژی و مقایسه آن در هر دو سناریو پرداخته شده است.



شکل ۱. چارچوب ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی

۱.۲. محدوده مورد مطالعه

منطقه ٦ شهرداری تهران همانگونه که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است، یکی از قدیمی‌ترین مناطق شهر تهران می‌باشد که در قسمت شمالی حوزه مرکزی آن قرار گرفته‌است. این منطقه دارای وسعتی در حدود ۲۱۳۷/۹

1. Analytic Hierarchy Process
2. Geographic Information System
3. Weighted Overlay

هکتار و جمعیتی بالغ بر ۲۵۱۳۸٤ نفر (۱۳۹۵) می‌باشد. بنابراین می توان بیان نمود که این منطقه دارای سطحی معادل ۳ درصد مساحت شهر تهران و ۲/۹ درصد کل جمعیت آن می‌باشد. این منطقه همچنین در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران نیز واقع شده و تقسیمات فضایی این منطقه نیز شامل ٦ ناحیه و ١٤ محله می‌شود. همچنین قابل ذکر است که منطقه از چهار جهت غرب، شرق، شمال و جنوب به ترتیب به وسیله بزرگراه های چمران، مدرس، همت و محور انقلاب- آزادی محاط شده است که این امر دسترسی به آن را تسهیل می‌کند. این منطقه در حال حاضر یک مرکزیت فضایی- فعالیتی پیدا کرده و کاربری‌هایی در مقیاس های مختلف از فراملی تا محله ای را در خود جای داده است. به عنوان مثال در حال حاضر بیش از ۳۰ درصد ساختمان‌های حکومتی- دولتی، نهادها و بانک‌های دولتی و خصوصی و ارگان‌های اصلی کشور در این منطقه واقع شده‌اند. به عبارت دیگر مغز متفکر حکومتی، سیستم تصمیم‌سازی، مدیریت دولتی و همچنین موتور نظام بازرگانی - اقتصادی نوین تهران در منطقه شش استقرار یافته است (شهرداری منطقه ٦ تهران، ۱۳۹۹). با توجه به نقش تأثیرگذار اقلیم بر کارایی انرژی این نکته قابل ذکر است که منطقه ٦ شهر تهران به تبعیت از شهر تهران در پهنه اقلیمی گرم و خشک واقع شده است و قرارگیری در این پهنه اقلیمی ویژگی های منحصر به فردی را برای آن به وجود آورده است (کسمائی، ١٣٨٤، ص. ۸۳).

شکل ۲. جایگاه و موقعیت منطقه ٦ شهر تهران

۳. یافته‌ها

بـه منظور شـناخت معیارهای ارزیابی کارایی انرژی در ضـوابط و مقررات شـهری با تأکید بر پهنه‌بندی، ابتدا جمع‌آوری اطلاعات و پایگاه‌های اطلاعات مکانی از منابع مختلف همچون شهرداری، سازمان نقشه‌برداری و مهندسین مشاور طرح تفصیلی منطقه ٦ شهرداری تهران صورت گرفته است، سپس با استفاده از نرم افزار اطلاعات جغرافیایی GIS[1] به آماده‌سازی داده‌ها و رفع خطاهای توپولوژی[2] آن‌ها پرداخته شده است. به منظور شناخت تحلیلی از منطقه ٦ تهران، با استفاده از داده‌های خام و تحلیل آن‌ها در محیط نرم افزار GIS، با بکارگیری ابزارهای تحلیلی مختلف، به

1. Geographic Information System
2. Topology

تولید دیتابیس‌ها و نقشه‌های مختلف تحلیلی برای معیارها و شاخص‌های نهایی در هر دو سناریو وضع موجود و پیشنهادی پهنه‌بندی طرح تفصیلی پرداخته شده است. همچنین به منظور شناخت تحلیلی در ارتباط با برخی شاخص‌ها از جمله اتصال، همپیوندی و عمق از تکنیک چیدمان فضا[1] توسط نرم‌افزار UCL Depthmap 10 استفاده شده است و سپس خروجی این نرم‌افزار توسط تبدیلگرها به شیپ فایل[2] تبدیل شده و در محیط نرم‌افزار GIS مورد استفاده قرار گرفته است. سپس به منظور تعیین اولویت، اهمیت و وزن نهایی هر یک از معیارهای ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری و شاخص‌های مربوط به آن، از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی AHP[3] توسط نرم افزار Expert Choise استفاده شده است. در اولین گام از تحلیل سلسه مراتبی، ساخت سلسله مراتبی معیارها و شاخص‌ها بر اساس هدف ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری شکل گرفته است و سپس به مقایسات زوجی میان آن‌ها پرداخته شده است. در این راستا ۱۵ پرسش‌نامه برای کارشناسان حوزه شهرسازی و دارای تخصص‌های مختلفی از جمله برنامه‌ریزی شهری، طراحی شهری و برنامه‌ریزی منطقه‌ای تهیه شده است، بدین ترتیب کارشناسان بر مبنای دانش و تجربه خود و بر پایه جدول راهنمای امتیازدهی، مقایسات زوجی را انجام داده و پرسشنامه‌ها را تکمیل کرده‌اند. سپس به ورود اطلاعات حاصل از پرسشنامه‌ها در نرم‌افزار Expert Choise پرداخته شده است تا وزن هر یک از معیارها و هر یک از شاخص‌های آن معیار تعیین گردد که جدول شماره ۱ مبین این وزن‌ها است. به منظور بررسی پایایی این مقایسات زوجی از بررسی و تحلیل نرخ ناسازگاری استفاده می‌شود که این نرخ همواره باید کمتر از ۰/۱ باشد. نرخ ناسازگاری وزن‌دهی به معیارها و شاخص‌های پژوهش حاضر برابر با ۰/۰۲ بوده که بیانگر دقت قابل قبول این مقایسات زوجی می‌باشد.

جدول ۱. وزن‌نهایی هر یک از معیارها و شاخص‌های ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی

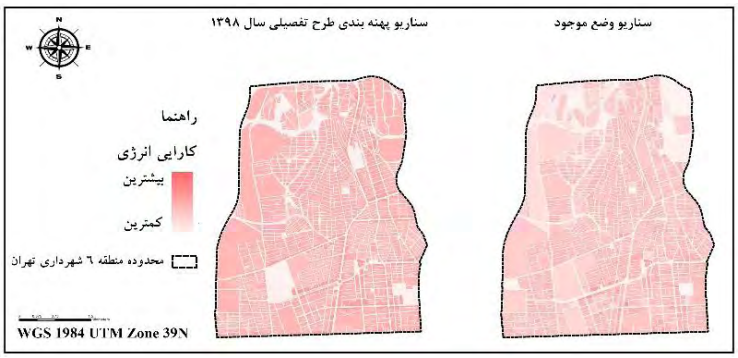
ردیف	شاخص		معیار	
	وزن نهایی	عنوان	وزن نهایی	عنوان
۱	۰/۲۷۳	تراکم جمعیتی بلوک‌های شهری (نفر/هکتار)	۰/۱۷۹	فشردگی
۲	۰/۲۱۶	تراکم واحدهای مسکونی (در هکتار)		
۳	۰/۱۶۹	میانگین سطح اشغال بلوک‌های شهری		
٤	۰/۳٤۲	میانگین تراکم ساختمانی بلوک‌های شهری		
٥	۰/۲۱۱	نفوذپذیری	۰/۱٥۸	شبکه متصل
٦	۰/۲۰۷	اتصال		
۷	۰/۲۰۷	همپیوندی		

1. Space Syntax
2. Shapefile
3. Analytic Hierarchy Process

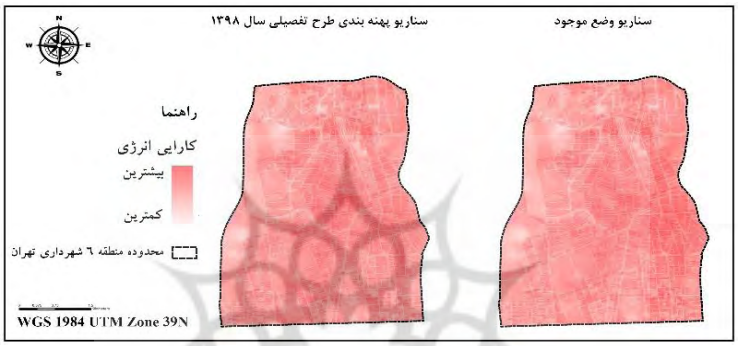
		عمق	۰/۱۰۱	۸
		تراکم نقاط تلاقی	۰/۱۰۵	۹
		اندازه بلوک‌های شهری	۰/۰۷۰	۱۰
		طول بلوک‌های شهری	۰/۰۹۹	۱۱
طراحی منفعل شهری به منظور ایجاد آسایش حرارتی	۰/۲۲۲	جهت‌گیری خیابان‌های اصلی به منظور ایجاد تهویه طبیعی	۰/۵۹۰	۱۲
		جهت‌گیری ابنیه به منظور استفاده از انرژی خورشیدی	۰/٤۱۰	۱۳
پهنه‌بندی کاربری اراضی	۰/٤٤۱	استقرار پهنه‌های سبز و باز	۰/۱۲۱	١٤
		استقرار پهنه‌های مختلط	۰/۳٥٤	۱٥
		دسترسی واحدهای مسکونی به خدمات مورد نیاز ساکنین	۰/۳۷۹	١٦
		نوع مسکن (تک خانواری/چند خانواری)	۰/۱٤٦	۱۷

به منظور ایجاد لایه‌های نهایی برای هر معیار در هر دو سناریو وضع موجود و سناریو شبیه‌سازی شده در صورت اعمال ضـوابط و مقررات شـهری (در صورت وجود) در محیط نرم‌افزار GIS[1]، و به منظور همپوشانی وزن‌دار آن‌ها، تمامی لایه‌های مرتبط با شاخص‌ها به رسترهای[2] فازی تبدیل شده‌اند. بدین منظور، برخی لایه‌ها به صورت مستقیم و برخی دیگر با اسـتفاده تکنیک‌ها و ابزارهای درون‌یابی[3] همچون فاصـله معکوس وزن‌دار که به اختصـار از آن تحت عنوان IDW[4] نیز یاد می‌شود، به رستر تبدیل شده‌اند. پس از آن همه رسترها با استفاده از توابع فازی[5]، هم جهت، هم مقیاس و اسـتاندارد فازی (بین صفر و یک) شده‌اند تا امکان همپوشانی و مقایسه آن‌ها وجود داشته باشد. چنانچه در سـناریو پیشنهادی پهنه‌بندی طرح تفصیلی پیشنهاد یا ضوابط و مقررات خاصی برای شاخصی مطرح نشده باشد یا به عبارتی طرح تفصیلی در پهنه‌بندی خود برای آن تعیین تکلیف نکرده باشد، آن معیار ثابت در نظر گرفته شده است تا امکان مقایسـه دو سـناریو وجود داشـته باشد. با استفاده همپوشانی وزن دار شاخص‌های ذکر شده بر مبنای اوزان از پیش تعیین شده، لایه نهایی معیارها برای هر دو سناریو وضع موجود و پیشنهادی طرح تفصیلی طبق شکل‌های شماره ۳ الی ٦ ایجاد شده است.

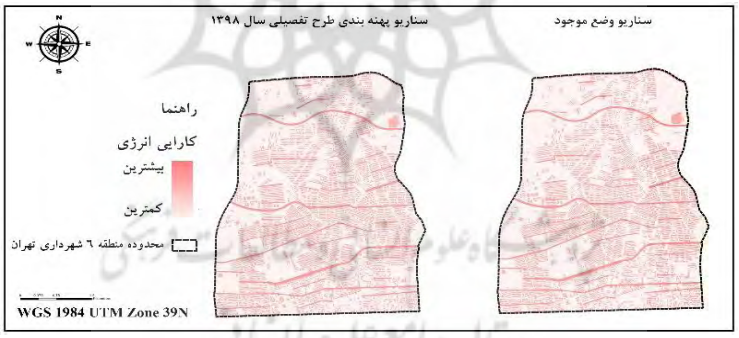
1. Geographic Information System
2. Raster
3. Interpolation
4. Inverse Distance Weighted
5. Fuzzy Membership



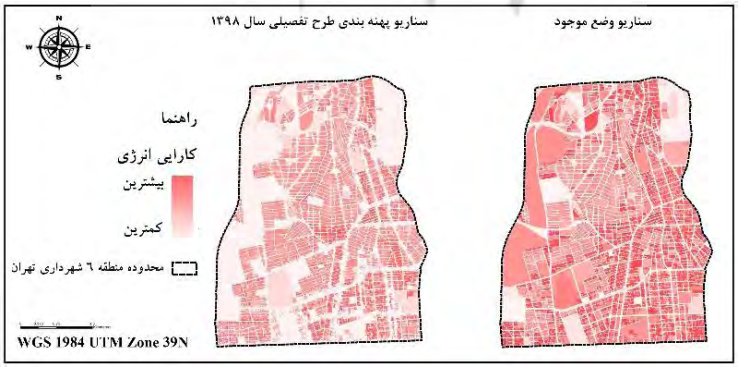
شکل ۳. کارایی انرژی بر اساس معیار فشردگی



شکل ٤. کارایی انرژی بر اساس معیار شبکه متصل



شکل ۵. کارایی انرژی بر اساس معیار طراحی منفعل شهری به منظور ایجاد آسایش حرارتی

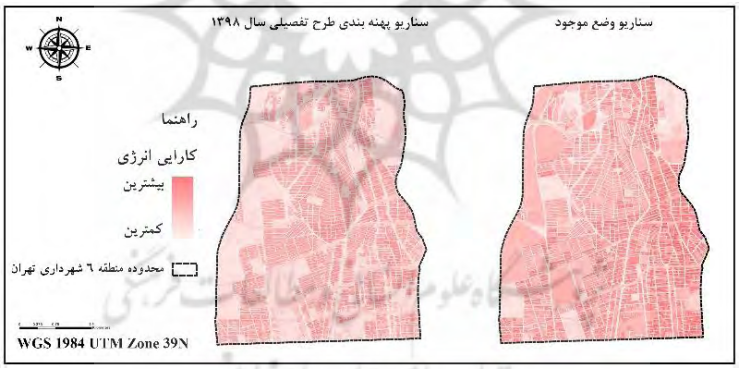


شکل ٦. کارایی انرژی بر اساس معیار پهنه‌بندی کاربری اراضی

به منظور ارزیابی کارایی انرژی در سناریو وضع موجود و ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی، لایه‌های هر چهار معیار مربوط به آن‌ها شامل فشردگی، شبکه متصل، طراحی منفعل شهری به منظور ایجاد آسایش حرارتی و پهنه‌بندی کاربری اراضی با استفاده از اوزان حاصل از تکنیک تحلیل سلسله مراتبی همپوشانی شده است و از این طریق نقشه ارزیابی کارایی انرژی در وضع موجود و در سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی، به صورت رسترهایی متشکل از تعداد بسیار زیادی سلول‌های ۱×۱ متر مربع طبق شکل شماره ۸ در محدوده مورد مطالعه یعنی منطقه ٦ شهر تهران، ارزیابی و نشان داده شده است. به منظور محاسبه امتیاز کل کارایی انرژی در هر دو سناریو از میانگین امتیازات کل سلول‌های رستر استفاده شده است تا از دقت بالایی برخوردار باشد. ارزیابی کارایی انرژی در هر دو سناریو وضع موجود و بافت شبیه‌سازی شده مبتنی بر اعمال ضوابط و مقررات پهنه‌بندی طرح تفصیلی بر اساس معیارها و مقایسه میان آن‌ها حاکی از آن است که به دلیل عدم وضع ضوابط و مقرراتی در پهنه‌بندی طرح تفصیلی سال ۱۳۹۸ منطقه ٦ شهر تهران، در زمینه دو معیار شبکه متصل و طراحی منفعل شهری به منظور ایجاد آسایش حرارتی، این دو معیار در هر دو سناریو ثابت فرض شده‌اند، بنابراین بر فرض اعمال ضوابط و مقررات پهنه‌بندی، تغییری در سناریو وضع موجود ایجاد نخواهد شد. همچنین بر اساس شکل شماره ۷ در زمینه معیار فشردگی، سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی در فرایند ارزیابی کارایی انرژی منطبق بر شاخص‌های خود و وزن هر یک از آن‌ها، امتیاز بیشتری نسبت به وضع موجود کسب کرده است که این امتیاز نشانگر این امر است که در این معیار ضوابط و مقررات پهنه‌بندی شامل سطح اشغال و تراکم به افزایش فشردگی بافت نسبت به وضع موجود کمک کرده و از این طریق کارایی انرژی را افزایش داده است همچنین بر مبنای مقایسه میان امتیازهای هر سناریو نیز می‌توان نتیجه گرفت که کارایی انرژی بر اساس معیار فشردگی با اعمال ضوابط و مقررات پهنه‌بندی در حدود ۳۹/۸۵ درصد نسبت به وضع موجود افزایش یافته است که این امر نشان می‌دهد این ضوابط و مقررات بر اساس این معیار، نقش موثری بر افزایش کارایی انرژی ایفا کرده‌اند. همچنین در مقایسه میان سناریو وضع موجود و سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی در شکل شماره ۷ در ارتباط با معیار متغیر دیگر تحت عنوان پهنه‌بندی کاربری اراضی که مهمترین معیار پژوهش نیز می‌باشد مشهود است که کارایی انرژی پس از اعمال ضوابط و مقررات پهنه‌بندی نسبت به وضع موجود کاهش پیدا کرده است که مبین این موضوع است که این ضوابط و مقررات بر اساس شاخص‌های معیار پهنه‌بندی کاربری اراضی همچون پهنه‌های سبز و باز، پهنه‌های مختلط و نوع مسکن، کارایی انرژی را تضمین نمی‌کنند. بنابر مقایسه صورت گرفته میان هر دو سناریو می‌توان نتیجه گرفت که کارایی انرژی در سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی در حدود ٤٥/٥٥ درصد نسبت به وضع موجود کاهش یافته است.

بدین ترتیب کارایی انرژی در سناریو وضع موجود، دارای امتیازی در حدود ۰/۲۹۲۵ و کارایی انرژی در سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی، دارای امتیازی در حدود ۰/۲۲۷٤ می‌باشد. بدین ترتیب پس از ارزیابی و تحلیل کارایی انرژی در هر دو سناریو، مشخص گشته‌است که کارایی انرژی در سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی در مقایسه با سناریو وضع موجود، در حدود ۲۲/۲۵ درصد کاهش پیدا کرده و از کارایی کمتری برخوردار است.

شکل ۷. ارزیابی کارایی انرژی بر مبنای شاخص‌های همپوشانی شده مرتبط با هر معیار و استخراج کارایی انرژی معیارها در دو سناریو وضع موجود و پهنه‌بندی طرح تفصیلی سال ۱۳۹۸



شکل ۸. ارزیابی کارایی انرژی با تأکید بر پهنه‌بندی

٤. بحث

معیارهای اصلی پژوهش حاضر با توجه به تکنیک تحلیل سلسله مراتبی AHP[1] به ترتیب ترتیب اولویت و اهمیت، پهنه بندی کاربری اراضی، طراحی منفعل شهری به منظور ایجاد آسایش حرارتی، فشردگی و شبکه متصل می باشند. که هر کدام از این چهار معیار اصلی، دارای چندین شاخص مربوط به خود می باشند. معیارهای مذکور و شاخص های مربوط به آن ها از جمله تراکم جمعیتی بلوک های شهری، تراکم واحد های مسکونی، میانگین سطح اشغال بلوک های شهری، میانگین تراکم ساختمانی بلوک های شهری، نفوذپذیری شبکه معابر، اتصال شبکه معابر،

1. Analytic Hierarchy Process

همپیوندی شبکه معابر، عمق شبکه معابر، تراکم نقاط تلاقی در شبکه معابر، اندازه بلوک های شهری، طول بلوک های شـهری، جهت گیری خیابان های اصـلی به منظور ایجاد تهویه طبیعی، جهت گیری ابنیه به منظور اسـتفاده از انرژی خورشیدی، استقرار پهنه های سبز و باز، استقرار پهنه های مختلط، دسترسی واحدهای مسکونی به خدمات مورد نیاز سـاکنین و نوع مسـکن (تک خانواری/چند خانواری)، همگی منجر به شکل دهی فرم شهری و کالبدی و پهنه بندی کاربری اراضی می شوند.

ارزیابی کارایی انرژی در پژوهش حاضـر در مقیاس یک منطقه شهری (منطقه ٦ شهر تهران) در دو سناریو وضع موجود و سناریو پهنه بندی طرح تفصیلی با توجه به معیارها و شاخص های مذکور، نشان از کاهش ۲۲/۲۵ درصدی کارایی انرژی در سـناریو پهنه بندی طرح تفصـیلی پس از اعمال ضـوابط و مقررات مربوط به آن، نسـبت به سناریو وضـع موجود داشت. این امر ارتباط و تأثیر میان فرم شهری و کالبدی و کاربری اراضی که مولفه های اصلی تشکیل دهنده آن ها، معیارها و شاخص های این پژوهش هستند را با کارایی انرژی به خوبی نشان می دهد. بنابراین می‌توان بر همسـویی یـافتـه‌هـای پژوهش حـاضـر بـا پژوهش‌های فتح جلالی و همکاران (۱۳۸۹)، حاجی علی اکبری و همکاران(۱۳۹۱)، کانگ کو[1] (۲۰۱۲)، براتی و سـردره (۱۳۹۲)، فاضلی و حیدری (۱۳۹۲)، عزیزی و قرائی (۱۳۹٤)، رضـایی جهرمی و برک پور (۱۳۹۵)، جیگ کوان[2] (۲۰۱۷)، تقی نژاد (۱۳۹۸) و حسـینی (۱۳۹۸)، در ارتباط با تأثیر مستقیم فرم شهری و کالبدی و کاربری اراضی بر مصرف و کارایی انرژی تأکید نمود.

همچنین قابل ذکر است وجه تمایز و نوآوری پژوهش حاضر نسبت به مطالعات پیشین، گذر از تدوین چارچوب های نظری کارایی انرژی و توجه به تحلیل های کاربردی در این زمینه در دو سناریو وضع موجود و سناریو مرتبط با اجرایی ترین سـطح سـیاست گذاری شهری شامل ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه بندی می باشد. همچنین مقیاس پژوهش نیز از سطوح خرد و محلی گذر کرده و سطح منطقه شهری را در بر می گیرد.

۵. نتیجه‌گیری

مهم‌ترین یافته پژوهش حاضـر از نتیجه همپوشـانی معیارها در و ارزیابی کارایی انرژی در هر دو سـناریو وضـع موجود و سناریو پهنه‌بندی طرح تفصیلی به دست آمده است. در این راستا کارایی انرژی در دو سناریو ، مورد ارزیابی قرار گرفته اسـت و مشـخص گردیده که کارایی انرژی، با اعمال ضـوابط و مقررات شهری پهنه‌بندی طرح تفصیلی، نسـبت به وضـع موجود بافت شـهری در محدوده مورد مطالعه (منطقه ٦ شهرداری تهران)، در حدود ۲۲/۲۵ درصد کاهش یافته اسـت. بنابراین ارزیابی کارایی انرژی در ضـوابط و مقررات شـهری با تأکید بر الگوی پهنه‌بندی که در پژوهش حاضـر توسـط اعمال ضـوابط پهنه‌بندی بر بافت شـهری موجود، شبیه‌سازی شده است، بیانگر این موضوع می‌باشـد که ضـوابط و مقررات پهنه‌بندی در شـهر تهران در صـورت اعمال، نه تنها نقشـی در افزایش کارایی ایفا

1. Ye Kang Ko
2. Jige Quan

نمی‌کنند، بلکه آن را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهند. این امر موجب افزایش مصرف انرژی و پیامدهای مخرب ناشـی از آن همچون خطر اتمام منابع انرژی تجدیدناپذیر، تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی می‌شود. بنابراین توصیه می‌گردد، در هنگام وضـع قوانین و مقررات پهنه‌بندی که ملاک عمل کلیه سـاخت و سـازهای آینده قرار می‌گیرد، به نقش انکارناپذیر آن‌ها در کارایی انرژی توجه شـده و تمامی تصـمیمات بر مبنای معیارهای مرتبط با کارایی انرژی در آن محدوده وضـع شـود. در این راسـتا پژوهش حاضـر پس از ارزیابی کارایی انرژی در ضوابط و مقررات شهری با تأکید بر پهنه‌بندی در منطقه ٦ شهر تهران، با تکیه بر نتایج خود پیشنهادات زیر را ارائه می‌دهد:

- انجام مطالعات تکمیلی در حوزه مدیریت و کارایی انرژی در الگوهای سـیاسـت گذاری وبرنامه ریزی های توسعه شهری .
- تهیه دستورالعمل‌های ضوابط و مقررات پهنه‌بندی منطبق بر انواع اقلیم در ایران.
- در نظر گرفتن پارامترهایی کاربردی نظیر تراکم جمعیتی، تراکم واحدهای مسـکونی، الگوی کلی شـبکه معابر، اندازه بلوک‌های شهری، طول بلوک‌های شهری، جهت‌گیری خیابان‌های اصلی، جهت‌گیری ابنیه و نوع مسکن در ضوابط و مقررات پهنه‌بندی به منظور بهبود عملکرد آن‌ها در راستای کارایی انرژی.

کتاب‌نامه

۱. براتی، ن.، و سـردره، ع.ا. (۱۳۹۲). تأثیر شـاخص های فرم شـهری بر میزان اسـتفاده از اتومبیل شخصی و مصرف انرژی در مناطق شهر تهران. *باغ نظر*، *۱۰*(۲٦)، ۱۲-۳.

۲. بهزادفر، م. (۱۳۹٤). *طرح‌ها و برنامه‌های شهرسازی: مفاهیم، روندها و الزامات طرح های جامع و تفصیلی در ایران با تأکید بر وضعیت تهران*. چاپ چهارم، تهران: موسسه نشر شهر.

۳. تقی نژاد، ص.، ذکـاوت، ک.، و نعمتی مهر، م. (۱۳۹۸). *راهنمای طراحی شـــهری ارتقاء انرژی کارایی معطوف به کاهش اثرات نامطلوب جزایرحرارتی*. پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی شهری، تهران: دانشگاه شهید بهشتی.

٤. حاجی علی اکبری، ح.، قلعه نویی، م.، و بحرینی، س.ح. (۱۳۹۱). *تحلیل ریخت شـناسـی بافت شـهری با رویکرد انرژی کارایی (نمونه موردی: شهر یزد)*. پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی شهری، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.

۵. حافظ‌نیا، م. ر. (۱۳۹٦). *مقدمه ای بر روش تحقیق در علوم انسـانی*. چاپ هفدهم، تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).

٦. حسینی، م.، شکوهی، م.، نصراللهی، ف.، و چنگلوایی، ی. (۱۳۹۸). *مطالعه ی تطبیقی ریخت شناختی بافت قدیم و جدید شهر بیرجند از منظر انرژی کارایی (مطالعه ی موردی: دو بافت قدیم و جدید منتخب از شهر بیرجند)*. پایان نامه کارشناسی ارشد طراحی شهری، اصفهان: دانشگاه هنر اصفهان.

۷. دفتر برنامه‌ریزی و اقتصـــاد کلان برق و انرژی (۱۳۹۹). *ترازنامه انرژی ســـال ۱۳۹۷*. تهران: معاونت امور برق و انرژی.

۸. رضـایی جهرمی، پ.، و برک پور، ن. (۱۳۹۵)، ارزیابی کارایی انرژی در مقیاس شـهری در مقایسه دو روش لید و تریس با نمونه مطالعاتی: محله ظهیرآباد شهر تهران. *نقش جهان*، (۱-٦)، ۳۰-۱۸.

۹. رضویان، م. ت.، مؤذن، س.، و قورچی، م. (۱۳۹۸). ارزیابی کارایی انرژی در مقیاس محله ای با استفاده از مدل لید در راسـتای توسعه پایدار (مطالعه موردی: محله ولنجک شهر تهران). *جغرافیا و توسعه فضای شهری*، ٦(۱)، ۲۳۷-۲۲۳.

۱۰. رفیعیان، م.، فتح جلالی، الف.، و داداشپور، ه. (۱۳۹۰). بررسی و امکانسنجی تأثیر فرم و تراکم بلوک‌های مسکونی بر مصرف انرژی شهر، نمونه موردی شهر جدید هشتگرد. *آرمان شهر*، ٤(٦)، ۱۱٦-۱۰۷.

۱۱. صـالحی، ا. (۱۳۸۵). نقش ضـوابط و مقررات شـهرسـازی در تحقق شهر خوب و توسعه پایدار شهری (مطالعه موردی: تهران). *محیط شناسی*، ۳۲(٤۰)، ٦۲-۵۱.

۱۲. عزیزی، م.م.، و قرائی، الف. (۱۳۹٤). برنامه ریزی کاربری زمین در راسـتای توسـعه پایدار محله ای با تاکید بر بهینه سازی مصرف انرژی (مطالعه موردی: محله دروس، تهران). *هویت شهر*، ۹(۲۲)، ۱۸-۵.

۱۳. فاضـلی، ع.، و حیدری، ش. (۱۳۹۲). بهینه سـازی مصـرف انرژی در مناطق مسـکونی شـهر تهران با استفاده از رویکرد برنامه ریزی انرژی رتردام (REAP). *پژوهش‌های برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری انرژی*، ۱(۳)، ۹٦-۸۳.

۱٤. فتح جلالی، الف.، رفیعیان، م.، و داداش پور، ه. (۱۳۸۹). تدوین معیارهای برنامه ریزی کاربری اراضـی شهری با رویکرد کارایی انرژی (نمونه موردی: واحد همسـایگی در شـهر جدید هشـتگرد). پایان‌نامه کارشـناسـی ارشـد برنامه‌ریزی شهری، تهران: دانشگاه تربیت مدرس.

۱۵. کاکاوند، ا.، و جباری، س. (۱۳۹۰). ارزیابی پایداری مصرف انرژی در بافت قدیم و جدید شهر یزد. همایش ملی عمران، معماری، شهرسازی و مدیریت انرژی، ۱۰-۱.

۱٦. کسمائی، م. (۱۳۸٤). *اقلیم و معماری*. چاپ سوم، اصفهان: نشر خاک.

۱۷. مرتضـایی، گ.، محمدی، م.، نصـراللهی، ف.، و قلعه نویی، م. (۱۳۹٦). چارچوب تحلیلی ریخت-گونه‌شـناسـی بافت‌های شـهری از منظر کارایی انرژی: مطالعه موردی سـپاهان‌شـهر. *فصـلنامه پژوهش های سـیاسـت گذاری وبرنامه ریزی انرژی*، ۳(۹)، ۱۷۷-۱٤۷.

۱۸. مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). *بلوک آماری سال ۱۳۹۵*. تهران: مرکز آمار ایران.

۱۹. مرکز آمار ایران، معاونت برنامه و بودجه (۱۳۹۵). *نتایج کلی سـرشـماری عمومی نفوس و مسکن -۱۳۹۵*. چاپ اول، تهران: مرکز آمار ایران، دفتر ریاست روابط عمومی و همکاری های بین الملل.

۲۰. معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران (۱۳۹۸). *پایگاه داده کاربری شهر تهران*. تهران: شهرداری تهران.

۲۱. مهندسـین مشـاور پارس بوم (۱۳۹۱). *ضـوابط و مقررات طرح تفصـیلی جدید شـهر تهران*. تهران: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران.

۲۲. مهندسـین مشـاور شهر و خانه (۱۳۹۳). *طرح تفصیلی شهر شیراز (ضوابط و مقررات شهرسازی و ساختمانی به استثناء منطقه تاریخی – فرهنگی)*. شیراز: معاونت شهرسازی و معماری شهرداری شیراز.

۲۳. مهندسین مشاور نقش جهان‌پارس (۱۳۸٤). *تهیه الگوی توسعه و طرح تفصیلی منطقه و همکاری با شهرداری منطقه ٦ با موضوع گزارش نهایی اسناد ۱:۱۰۰۰۰*. تهران: مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران و نهاد مشترک مسئول تهیه طرح های جامع و تفصیلی شهر تهران.

۲٤. وبسایت رسمی منطقه ٦ شهرداری تهران به نشانی https://region6.tehran.ir

25. Aghili, M. (2017). *Energy Efficient Urban Form: A Simulation of Building Energy Performance in Wynyard Quarter Auckland*. Master Thesis of Art and Design, Auckland: Auckland University of Technology, New Zealand.
26. Cobalt Engineering and Hughes Condon Marler: Architects (2009). *Passive Design Toolkit*. Vancouver: City of Vancouver.
27. Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean (2013). Energy Efficient Urban Planning Guidelines.
28. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) (2014). Planning Energy Efficient and Livable Cities. USA: Energy Sector Management Assistance Program (The World Bank).
29. Fahmy, M., & Sharples, S. (2008). Passive design for urban thermal comfort: a comparison between different urban forms in Cairo, Egypt. 25th International Conference of Passive and Low Energy Architecture, Ireland. 1-6.
30. Gatica, Y. C. (2019). *Zoning, the Wiley Blackwell Encyclopedia of Urban and Regional Studies. The Wiley Blackwell Encyclopedia of Urban and Regional Studies.* Edited by Anthony Orum. Bognor Regis: John Wiley & Sons Ltd.
31. Ghazi, F., Charehjoo, F., & Mirmoghtadaee, M. (2019). Spatial Evaluation of Energy Performance at Neighborhood Scale Case Study: Sanandaj City. *Space Ontology International Journal*, *8*(2), 77-88.
32. Hedman, A. (2016). Energy-Efficient City Planning -The Role and Importance of Actionable Regulations. Doctoral Dissertation, Espoo: Aalto University.
33. Heris, M., Middel, A., & Muller, B. (2020). Impacts of form and design policies on urban microclimate: Assessment of zoning and design guideline choices in urban redevelopment projects. *Landscape and Urban Planning*, *202*, 1-15.
34. Jige Quan, S. (2017). Energy efficient neighborhood design under residential zoning regulations in Shanghai. *Energy Procedia*, *143*, 865-872.
35. Kang Ko, Ye. (2012). The Energy Impact of Urban Form: An Approach for Morphologically Evaluating the Energy Performance of Neighborhoods. Doctoral Dissertation in Landscape Architecture and Environmental Planning, Berkeley: University of California.
36. Monkkonen, P., & Ronconi, L. (2013). Land Use Regulations, Compliance and Land Markets in Argentina. *Urban Studies*, *50*(10), 1951-1969.
37. Pakzad, E., & Salari, N. (2018). Measuring sustainability of urban blocks: The case of Dowlatabad, Kermanshah city, *Cities*, *75*, 90-100.
38. Santamouris, M. (2006). *Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach*. UK, and USA: Earthscan.
39. Yildirim, H., Gultekin, A., & Tanrivermis, H. (2017). Evaluation of Cities in the Context of Energy Efficient Urban Planning Approach. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *245*(7), 1-10.