

معرفی یک روش کمی جهت ارزیابی آثار بصری برج‌های شهر تهران

هدی کریمی‌پور^{۱*}، مهدی مجتهدی^۲، فرود آذری دهکردی^۳

۱ کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، کارشناس فنی برنامه عمران ملل

۲ کارشناس ارشد برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، مربی دانشگاه آزاد دماوند

۳ دکترای اکولوژی سیمای سرزمین، مربی دانشگاه برکلی کالیفرنیا

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۸؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۰۴/۰۱)

چکیده

آرایش یک زمین‌سیما، تجربه بصری از محیط را به مقدار زیادی تحت تاثیر قرار می‌دهد. از آن جایی که اندازه‌گیری این تجربه کیفی، بیشتر بر قضاوت استوار است تا بر تکنیک‌های ریاضی، ارایه روشی جهت کمی‌سازی آن، نیازمند صرف دقت و حساسیت فراوان است. در همین راستا، این تحقیق تلاشی در جهت ارایه یک روش دقیق برای کمی‌سازی آثار بصری ساختمان‌های بالای ۷ طبقه منطقه ۳ شهر تهران طی سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ می‌باشد. برای این کار، از پارامتر قابلیت دید و نرم افزار GIS استفاده شد. بدین صورت که میزان قابلیت دید ناظران موجود در ۱۷ نقطه تصادفی منطقه بر روی مناظر اطراف، قبل و پس از احداث برج‌ها در سال‌های ذکر شده و در دو ارتفاع ۱/۵ و ۱۰ متری، مورد بررسی قرار گرفت. ابزار به کار گرفته شده برای این منظور، روال^(۱) Viewshed در GIS بود که تغییرات قابلیت دید را به صورت کاملاً کمی و دقیق در اختیار مولفان قرار داد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که قابلیت دید شهروندان تهرانی از مقدار ۱۳٪ برای سال ۱۹۹۳ پس از احداث ۱۲ برج، تا ۴۵٪ برای سال ۲۰۰۶ پس از احداث ۲۵۵ برج کاهش یافته است. همچنین، با فرض این که روند ساخت و ساز در مقدار فعلی ثابت بماند، شهروندان تهرانی در سال ۲۰۱۳ شاهد کاهش ۶۰٪ی قابلیت دید مناظر اطراف خود و در سال ۲۰۲۴ شاهد کاهش ۸۰٪ی آن هستند. این تحقیق، با هدف بررسی اثر یک ساختار بر سیمای محیط به انجام رسیده و در تلاش بوده تا با این بررسی، لزوم به‌کارگیری ارزیابی آثار بصری را در میان دیگر ارزیابی‌های محیط زیستی هنگام ایجاد توسعه‌های جدید نمایان سازد.

کلید واژه‌ها: ارزیابی آثار بصری، برج، منظر، GIS، حوزه دید، کمی‌سازی، برنامه‌ریزی شهری

سرآغاز

ترکیب یک چشم‌انداز تا حد زیادی تجربه بصری از محیط را تحت تاثیر قرار می‌دهد. کیفیت یک منظر در عین حالی که به عناصر غیرقابل تغییر آن مانند کوه‌ها یا دره‌ها وابسته است، به وسیله مصنوعات بشری مانند ساختمان‌ها نیز متاثر می‌شود (Miller, 2001). ترکیب چنین عناصری می‌تواند تا حد زیادی تجربه بصری از یک منظر را تحت تاثیر قرار دهد، به طوری که حتی تغییر کمی در این عناصر می‌تواند درک انسان از محیط را تغییر دهد. تغییرات مرتبط با شهرنشینی در کاربری‌ها، اغلب درک انسان از مناظر را متاثر کرده و معمولاً با نتایج منفی اجتماعی، اقتصادی همراه است (Sander & Manson, 2007). اولین اقدام برای درک عینی این آثار منفی، کمی‌سازی آنهاست که معمولاً تحت عنوان ارزیابی آثار بصری (Visual - VIA Impact Assessment) شناخته می‌شود. ارزیابی آثار بصری به این صورت تعریف شده است (Pullar & Tidy, 2001):

فرایندی است که برای ارزیابی قابلیت یک توسعه پیشنهادی با توجه به اثر متقابل کنش‌پذیر انسان مورد استفاده قرار می‌گیرد. برخلاف بسیاری دیگر از ارزیابی‌های محیط زیستی، ارزیابی آثار بصری بیشتر بر قضاوت و تجربه استوار است تا بر اندازه‌گیری (Anonymous, 1995; Paliokas et al., 2007; Ramos & Panagopoulos, 2004) و بنابراین مساله مهمی که روش‌های اندازه‌گیری آثار بصری را از هم متمایز می‌سازد، نحوه کمی‌سازی آنهاست. در زیر به پاره‌ای از این روش‌ها اشاره می‌شود:

تحقیقات زیادی، با دیدگاه‌های متفاوت، در زمینه ارزیابی آثار بصری به انجام رسیده است. در این پژوهش، یک دسته‌بندی کلی از این روش‌ها تهیه شده است که بیشتر آنها را پوشش می‌دهد. گرچه مواردی نیز وجود دارد که شامل این دسته‌بندی نمی‌شود. فهرستی از این طبقه‌بندی به صورت زیر می‌باشد:

برخی از محققان به تاثیر رنگ، بافت، خطوط، شکل و ترکیب توسعه‌های جدید بر منظر ناظران پرداخته‌اند. این پژوهش‌ها برای بررسی آثار بصری توسعه‌های جدید در منظر، میزان هماهنگی این توسعه‌ها را با زمینه محیطی که در آن قرار گرفته‌اند، بررسی نموده و در نهایت راه‌کارهایی را برای ایجاد توسعه‌های جدید هماهنگ با سیمای محیط ارایه نموده‌اند: (Liu & Bai, 2001; Shang Garcia et al., 2006; Hernandez et al., 2004; & Bishop, 2000).

برخی دیگر از تحقیقات در زمینه ارزیابی آثار توسعه، به استفاده از

محیط‌های مجازی برای بررسی اثر یک توسعه پیشنهادی پرداخته‌اند. این گونه تحقیقات، با شبیه‌سازی رایانه‌ای، محیط‌های مجازی‌ای را ایجاد نموده‌اند که تا اندازه زیادی توصیف کننده محیط‌های واقعی هستند. سپس با قرار دادن سناریوهای مختلف توسعه‌های پیشنهادی در این محیط‌های مجازی، آثار بصری آنها را شبیه‌سازی و بیشتر کمی نموده و در نهایت، بهترین سناریو برای ایجاد توسعه را پیشنهاد داده‌اند (Tyrvaäinen et al., 2006; Pullar & Tidey, 2001; Schofield & Christopher, 2005).

گروه دیگری از تحقیقات در این زمینه نیز بر نظرسنجی از افراد متمرکز شده‌اند. به طور معمول، در این دسته از تحقیقات، تعدادی عکس از منطقه مطالعاتی گرفته می‌شود و توسعه‌های پیشنهادی را با فنون رایانه‌ای در درون این عکس‌ها می‌گنجانند. سپس، هر یک از عکس‌های تولیدی را به تعدادی از افراد می‌دهند و از آنها در مورد نحوه ترکیب توسعه پیشنهادی نظرسنجی می‌کنند. پس از آن با فنون آماری، بهترین موقعیت برای ایجاد توسعه‌های جدید را انتخاب می‌نمایند (Tahvanainen et al., 2002; Anonymous, 2004; Rogge et al., 2007; Theocharis et al., 2009).

دسته دیگری از تحقیقات در زمینه ارزیابی آثار بصری، بر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای متمرکز شده‌اند. این گونه پژوهش‌ها، تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دو یا چند سال متفاوت را مقایسه نموده و تغییرات در هر یک از عوارض محیط‌زیستی مانند: پوشش گیاهی، توپوگرافی، منابع آبی، سازه‌های انسانی و ... را در آنها بررسی می‌کنند. سپس، درصد تغییر در هر یک از عوارض مذکور را به عنوان درصد تغییر ویژگی‌های بصری بیان می‌نمایند. (Mouflis et al., 2008; Ayad, 2005).

همچنین، گروه دیگری از تحقیقات، به بررسی آثار توسعه با استفاده از GIS پرداخته‌اند (Zhang et al., 2004). این تحقیقات، توسعه‌های پیشنهادی در منظر را به عنوان عوارض جدید به لایه‌های GIS اضافه نموده و سپس تغییرات در خط دید قبل و پس از ایجاد این توسعه‌ها را محاسبه می‌نمایند. در نهایت، درصد تغییر در منظر یا درصد تغییر در خط دید بر اثر اضافه شدن عوارض جدید به منظر را به عنوان آثار بصری توسعه پیشنهادی عنوان می‌کنند. (Rogge et al., 2008; Moller, 2006).

با در نظر گرفتن پژوهش‌های پیشین در زمینه آثار بصری و

این برج‌ها طی ۱۴ سال منتهی به سال ۲۰۰۶ پرداخته است. برای این منظور و به دلیل افزایش دقت کار، از ابزار GIS استفاده شده که اندازه‌گیری درصد تغییرات پارامترها را به صورت دقیق و مکان‌دار ممکن می‌سازد. روش استفاده شده در این تحقیق، مبتنی بر اندازه‌گیری درصد تغییر پارامتر قابلیت دید از نقطه شاهد است. در زیر به شرح کامل منطقه مطالعاتی و روش استفاده شده می‌پردازیم.

منطقه مطالعاتی

منطقه ۳ شهر تهران به عنوان منطقه مطالعاتی جهت انجام این تحقیق انتخاب شده است (شکل ۱). این انتخاب به دلیل میانگین نرخ رشد بالاتر برج‌سازی در این منطقه نسبت به سایر مناطق تهران در طول دوره مطالعاتی است (سامانه گزارش ساز آمار و اطلاعات شهرداری تهران، ۱۳۸۶). این منطقه در قسمت شمالی شهر تهران و در ارتفاع ۱۳۴۴ تا ۱۵۰۶ متر از سطح دریا واقع شده است (سازمان نقشه برداری، ۱۳۸۶). چشم‌انداز این منطقه از شمال به کوهستان‌های البرز و از جنوب به دشت تهران ختم می‌شود که در روزهای پاک و به دور از آلودگی، مناظر زیبایی را برای ساکنان آن فراهم می‌آورد. اما همان‌طور که اشاره شد، روند برج‌سازی در سال‌های اخیر در این منطقه، رو به رشد فزاینده‌ای گذاشته و در حال حاضر اکثر مناظر این منطقه، آکنده از برج و ساختمان است. نمای شماتیکی از محدوده مطالعاتی و مکان و ابعاد برج‌های آن در شکل (۲) به نمایش در آمده است. لازم به ذکر است که به جهت نمایش بهتر شرایط توپوگرافی منطقه، پستی و بلندی‌ها تا اندازه‌ای بزرگ‌نمایی شده‌اند.

ارزیابی منظر با استفاده از GIS

بررسی حوزه دید (viewshed) به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل‌های مربوط به ارزیابی آثار بصری مورد قبول قرار گرفته است (Manwell et al., 2002). حوزه دید به وسیله کشیدن چندین خط دید بین نقطه هدف و نقطه شاهد تعیین می‌شود. موانع توپوگرافی بزرگ، مانند چاله‌ها، درختان و ساختمان‌ها در خط دید، سبب مسدود شدن دید می‌شوند (Burrough & McDonnell, 1998). به کمک همین داده‌های ساده، می‌توان جهش بزرگی در جهت درک منظر مشاهده شده و حتی ارزیابی آثار بصری برداشت.

تجزیه و تحلیل حوزه دید به ما کمک می‌کند تا تشخیص دهیم

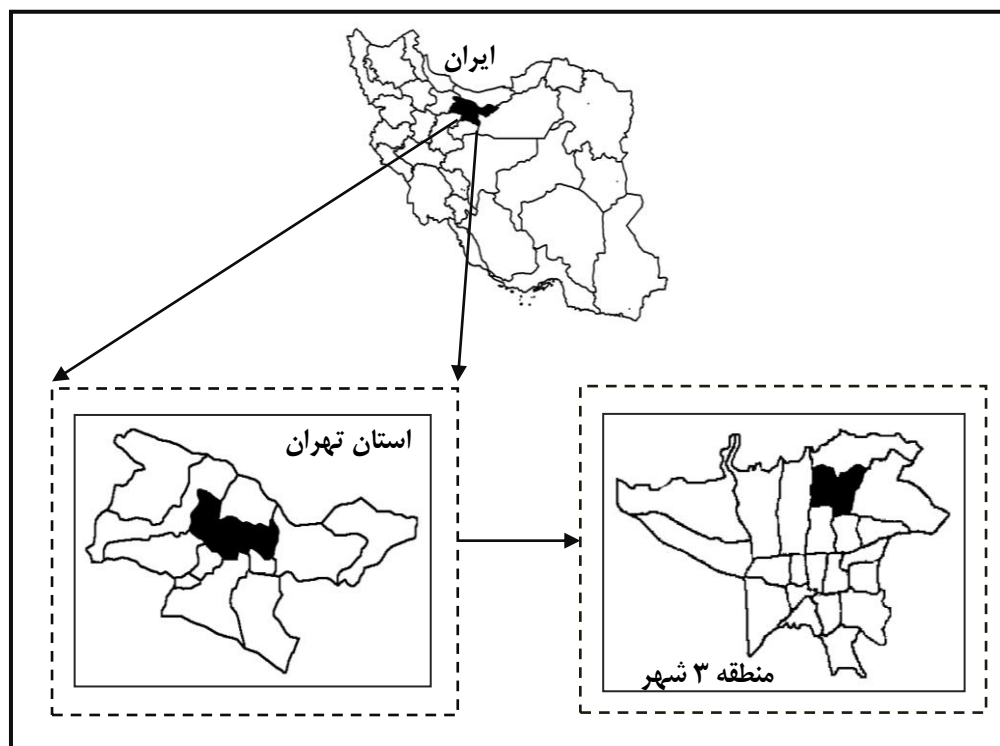
استفاده از تجارب و مدل‌های ارایه شده در آنها، این تحقیق گامی نوین در تکمیل تحقیقات گذشته برداشته و با استفاده از GIS و روش محاسباتی viewshed، به ارزیابی آثار بصری ساختمان‌های نوساز در کلان شهر تهران پرداخته است. تهران، بزرگ‌ترین کلان شهر ایران و نوزدهمین کلان شهر دنیاست (Anonymous, 2005) که امروزه توسعه‌های جدید در مرکز و حومه، چهره بومی و اصلی آن را تخریب نموده است. شهری که تا همین ۴۰ سال پیش سرشار از درختان و جویبارها در یک سیمای کوهستانی بود. امروزه، به مکانی آکنده از آسمان‌خراش‌ها و برج‌ها تبدیل شده است. این در حالی است که وجود چنین برج‌هایی در فواصل نزدیک به یکدیگر، نه تنها از جنبه زیبایی‌شناسانه نتایج منفی را به وجود می‌آورد، بلکه سبب محدود شدن دید در فواصل نزدیک شده که یکی از عوامل اصلی ابتلا یا تشدید نزدیک‌بینی چشم به خصوص در میان کودکان می‌باشد (Anonymous, 2009).

با این دیدگاه، در این تحقیق مقدار کاهش دید در کلان شهر تهران طی ۱۴ سال منتهی به سال ۲۰۰۶، بر اثر احداث برج‌های جدید محاسبه شده و میزان تغییر در منظر نیز برای سال‌های آینده، پیش بینی شده است. تفاوت اساسی این تحقیق با اکثر تحقیق‌های انجام گرفته در زمینه ارزیابی آثار بصری مقیاس کار است. روش ارایه شده در این پژوهش، بیشتر بر مقیاس‌های برنامه‌ریزی منطقه‌ای یعنی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تمرکز دارد، در حالی که اکثر تحقیق‌ها در این زمینه بر مقیاس‌های کوچکتر ۱:۵۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰ متمرکز شده‌اند. به طور کلی، فرضیه اصلی این تحقیق را می‌توان به این صورت بیان نمود:

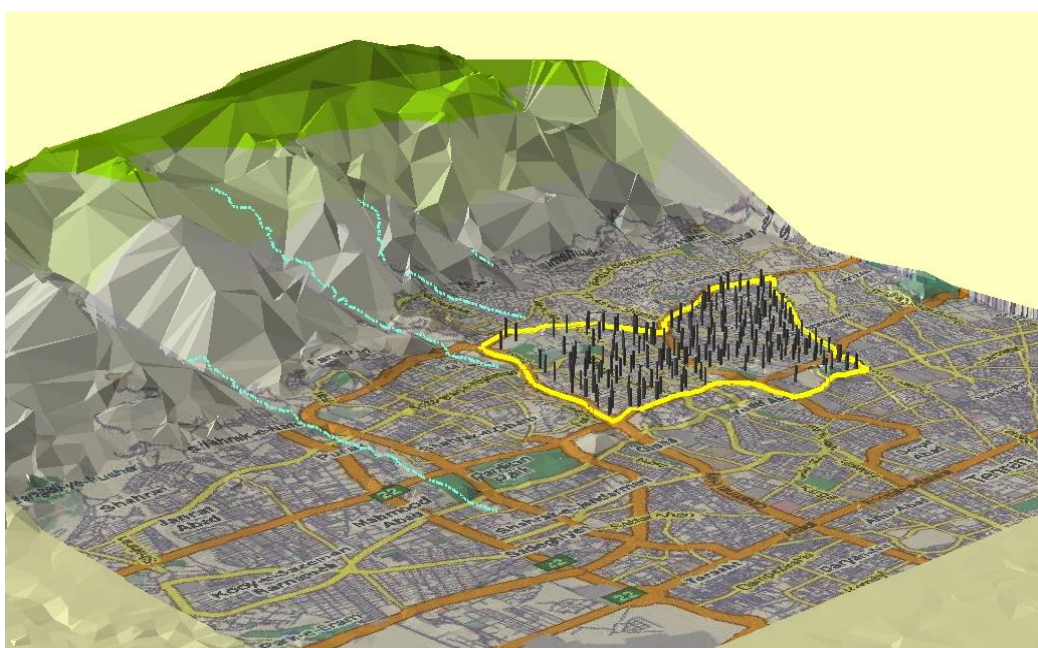
«افزایش تعداد برج‌ها در منطقه ۳ تهران، تغییراتی را در قابلیت دید ناظران این منطقه نسبت به منظر اطرافشان ایجاد می‌نماید». بنابراین، خروجی این تحقیق، یافته‌های مفیدی را در اختیار برنامه‌ریزان منطقه‌ای قرار می‌دهد تا در مقیاس کلان یعنی در سطح یک شهر مکان توسعه‌های جدید شهری را با در نظر گرفتن آلودگی‌های بصری در کنار سایر آلودگی‌های ایجاد شده تعیین کرده و یا آلودگی‌های بصری موجود در مناطق پرتراکم شهری را با در نظر گرفتن راه‌کارهای پیشنهادی کاهش دهند.

مواد و روش‌ها

با توجه به رشد فزاینده برج‌سازی در شهر تهران در دهه گذشته و ادامه این روند تا کنون، این مقاله به بررسی آثار بصری احداث



شکل (۱): موقعیت منطقه مطالعاتی



شکل (۲): نمای شماتیکی از موقعیت منطقه ۳ در دشت تهران و مکان و ابعاد برج‌ها در این منطقه

است. حوزه دید عنوان می‌کند که از یک نقطه شاهد کدام نقاط قابل دیدند و کدام‌ها نیستند. بنابراین، با محاسبه حوزه دید برای بسیاری از نقاط، Viewshed شکل می‌گیرد و نتیجه یک لایه

که آیا یک نقطه در خط دید دیده می‌شود یا خیر (Moller & Viewshed, 2006) همچنین به محدوده دید (Visibility Basin) اشاره می‌کند که در واقع نمایش فضایی قابلیت دید

انجام گرفت که قبل از آن سال هیچ برج بلندی در منطقه وجود نداشته است. البته آمار بسیار پایین برج‌ها در سال ۱۹۹۱ (۱۲ برج) نشان می‌دهد که قبل از این سال نیز به احتمال زیاد، تعداد برج‌های منطقه بسیار پایین بوده است.

با در نظر گرفتن فرضیات فوق، نویسندگان ابتدا اقدام به تهیه TIN از منطقه مطالعاتی با توجه به نقشه توپوگرافی موجود کردند. در مرحله بعد، لایه برج‌های بالای ۷ طبقه در هر سال، به‌عنوان مانعی که دید را محدود می‌کند، به شبکه TIN اضافه شد و بدین ترتیب، شبکه‌ای از پستی و بلندی‌های جدید برای هر سال با در نظر گرفتن برج‌ها، به‌دست آمد. بنابراین با این تغییرات، برای هر سال یک TIN جدید به‌دست آمد که شامل وضعیت توپوگرافی منطقه به اضافه وضعیت پستی و بلندی‌های مربوط به برج‌های منطقه در آن سال بود. تعداد کل این برج‌ها از ۱۲ عدد در سال ۱۹۹۳ تا ۲۵۵ عدد در سال ۲۰۰۶ متغیر بود. برای جلوگیری از خطاهای احتمالی به وجود آمده بر اثر اضافه نمودن عوارض کوچکی با ارتفاعی بیشتر از نقاط مجاور، به دور هر یک از برج‌ها یک بافر کشیده شد که ارتفاع آن برابر ارتفاع محل قرارگیری برج بود. بدین‌ترتیب برای هر برج ۲ مقدار به شبکه TIN اضافه شد. یک مقدار، ارتفاع دقیق برج در مکان مشخص شده بود و مقدار بعدی، بافر اطراف برج به ارتفاع محل قرارگیری برج بود. در نهایت TIN‌های تهیه شده برای هر سال، مرجع مناسبی را در اختیار مولفان قرار داد تا با کمک آن به استخراج حوزه دید یا Viewshed در هر سال بپردازند.

تهیه Viewshed در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶

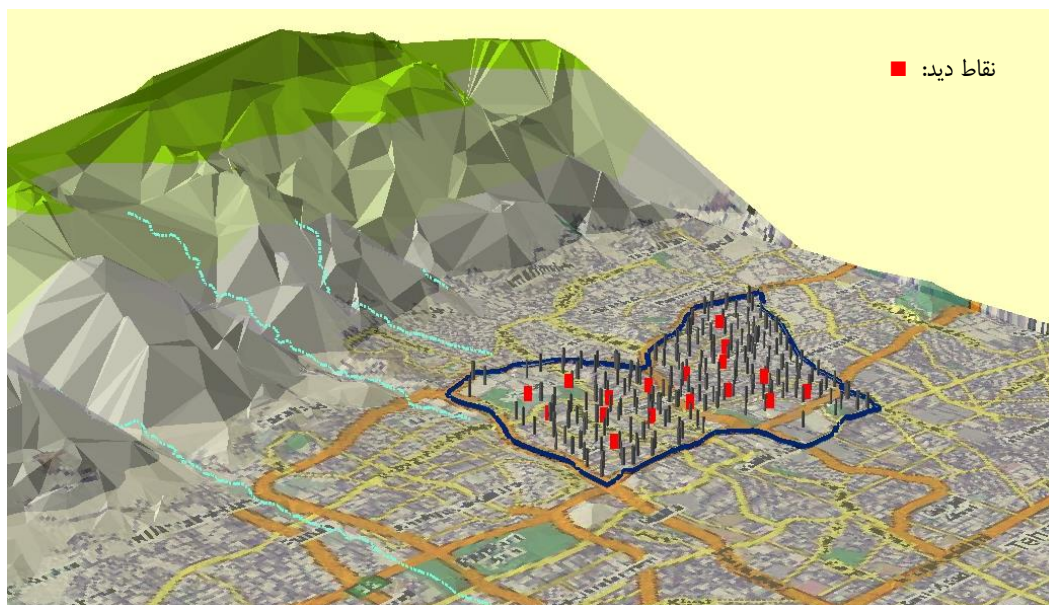
پس از جایگذاری برج‌ها در نقشه توپوگرافی و انجام تنظیم‌های مربوطه، نوبت به تهیه Viewshed برای هر یک از سال‌های مطالعاتی شد. برای این کار از TIN‌های تهیه شده برای هر سال که معرف وضعیت پستی و بلندی‌های مربوطه با در نظر گرفتن مقدار ارتفاعی برج‌ها بود، استفاده شد. مساله بعدی که وجود داشت، موقعیت نقاط شاهد در منطقه بود. موقعیت این نقاط با ابزار Fishnet در Arcmap به صورت تصادفی و با فاصله‌های منظم تعیین شد و برای پرهیز از آثار لبه (edge effect)، درفاصله ۵۰۰ متری تا مرزهای محدوده هیچ نقطه شاهده‌ای در نظر گرفته نشد. بنابراین، مرز محدوده از لحاظ نقاط دید تا بافر ۵۰۰ متری به داخل کشیده شد. شکل (۳)، موقعیت نقاط دید را در محدوده مطالعاتی به تصویر کشیده است:

رستری است که هر سلول آن شامل تعداد نقاط قابل مشاهده از این سلول می‌باشد.

جای‌گذاری برج‌ها و تنظیمات حوزه دید

ابزارهای جدید و پیشرفته نرم‌افزار GIS، محاسبات Viewshed را به طرز قابل قبولی خودکار کرده‌اند. الگوریتم Viewshed استفاده شده در ArcGIS قابلیت دید برای مرکز هر سلول در شبکه رستری را با مقایسه زاویه عمودی مرکز هر سلول با زاویه عمودی افق محلی محاسبه می‌کند. منظور از افق محلی در اینجا عوارض زمین است که در خط دید حایل ایجاد می‌کند. یک نقطه قابل دید است، اگر در بالای افق محلی قرار گرفته باشد (ESRI, 2001).

در این تحقیق از شبکه Triangular Irregular Network (TIN) (شبکه نامنظم سه ضلعی)، برای محاسبه Viewshed استفاده شد (Stillwell & Clarke, 2004). برای محاسبه TIN از نقشه‌های به روز شده ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری ایران استفاده شد (سازمان نقشه‌برداری، ۱۳۸۶). این داده‌ها در درجه وضوح ۲۵۰ متر موجود بودند که دقت بالایی را در محاسبات به‌وجود آورد. البته داده‌های سازمان نقشه‌برداری شامل نقشه دقیق توپوگرافی تهران به علاوه کلیه جزئیات لازم مانند موقعیت ساختمان‌ها، مساجد، ایستگاه‌های مترو و غیره بود. ولی متأسفانه این نقشه فاقد مقدار ارتفاعی برج‌ها بود. بنابراین، جهت دستیابی به مقادیر ارتفاعی برج‌های تهران، از اطلاعات مرکز آمار شهرداری تهران استفاده شد (سامانه گزارش ساز آمار و اطلاعات شهرداری تهران، ۱۳۸۶). در این داده‌ها که به صورت جدول در اختیار مولفان قرار گرفت، مقدار دقیق ارتفاع برج‌های منطقه ۳ و همچنین متراژ دقیق آنها مشخص بود، ولی متأسفانه مکان دقیق برج‌ها مشخص نشده بود. بنابراین مولفان با ادغام دو داده موجود در دسترس در منطقه ۳ تهران، یعنی موقعیت ساختمان‌ها بدون متراژ و ارتفاع از یک طرف و آمار تعداد ساختمان‌ها با متراژ و ارتفاع ولی فاقد مکان از سوی دیگر، ساختمان‌ها را با موقعیت تقریبی در نقشه جایگزین کردند. البته این کار با توجه به دقت بالای نقشه‌های موجود آسیب چندانی به کار وارد نکرد. فرض دیگری که در محاسبه‌ها از آن استفاده شد، این بود که به دلیل این که آمار مربوط به ارتفاع برج‌ها در مرکز آمار شهرداری تهران قبل از سال ۱۹۹۳ به راحتی در دسترس نبود، بنابراین مقایسه وضعیت کنونی برج‌ها با وضعیت قبل از سال ۱۹۹۳ با این فرض



شکل (۳): موقعیت نقاط دید در محدوده مطالعاتی

که ۱۷ viewshed برای هر سال در دو ارتفاع متفاوت توسط ابزار Cell Statistic در Arcmap مورد جمع‌بندی قرار گرفت. این ابزار مقدار اختصاص یافته به هر سلول برای لایه‌های مختلف را گرفته و روی آنها عملیات آماری انجام می‌دهد. در اینجا لایه‌های موردنظر ۱۷ لایه Viewshed برای ۱۴ سال متوالی بود که هر سلول در این لایه‌ها، مقدار ۰ برای حالت عدم دید و مقدار ۱ را برای حالت دیده شدن می‌گرفت. تابع آماری مورد نظر نیز میانگین بود. بدین ترتیب، میانگین هر سلول توسط تابع Cell statistics محاسبه شد که این میانگین بین مقادیر ۱ برای حالتی که سلول موردنظر در تمامی سال‌ها دیده شود و ۰ برای حالتی که سلول موردنظر در هیچ یک از سال‌ها دیده نشود، متغیر بود. برای مثال، سلولی که حاوی عدد ۰/۵ باشد، به این معناست که این سلول در ۷ سال از این ۱۴ سال قابل مشاهده بوده و در ۷ سال دیگر قابل مشاهده نبوده است. بدین ترتیب، برای هر سال و در هر ارتفاع یک لایه نهایی به دست آمد که نمایشگر میانگین داده‌ها در آن سال بود. اما برای بیان اختلاف دید در سال موردنظر پس از احداث برج‌ها با سال ۱۹۹۳ یعنی قبل از احداث برج‌ها تنها میانگین قابلیت دید، کافی نبود. بلکه باید اختلاف بین قابلیت دید در دو سال محاسبه می‌شد. برای این منظور، نویسندگان از تابع Raster Calculator در Arcmap استفاده نمودند. بدین ترتیب که مقدار میانگین قابلیت

همان‌طور که از شکل (۳) پیدا است، باتوجه به این که این نقاط به صورت کاملاً تصادفی و با فواصل منظم در محدوده انتخاب شدند، می‌توان گفت که وضعیت دید در این نقاط، برآیندی از تمامی نقاط موجود در منطقه است. پس از جایگذاری نقاط شاهد در منطقه ۳، ارتفاع آنها مشخص شد. برای این منظور، نویسندگان از دو ارتفاع متفاوت برای تهیه Viewshed استفاده کردند. اولی ارتفاع ۱/۵ متر بود که به طور تقریبی برابر ارتفاع میانگین قد بزرگسالان در ایران -۱/۶۶ متر- است (Haghdust et al., 2008) و دومی ارتفاع شخص ناظر از طبقه ۴ ساختمان‌ها یعنی ارتفاع ۱۰ متر در نظر گرفته شد.

در نهایت، با ترکیب ۱۷ نقطه دید در قسمت‌های مختلف منطقه ۳ و ۱۴ سال در بازه ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ و دو ارتفاع برای شخص ناظر یعنی ۱/۵ متر و ۱۰ متر، در مجموع $2 \times 14 \times 17 = 476$ ، Viewshed از TIN‌های اشاره شده تهیه شد. این مرحله زمان برترین مرحله کار بود. بنابراین خروجی این مرحله ۴۷۶ Viewshed بود که می‌بایست خلاصه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گرفت.

محاسبات مربوط به پیکسل‌ها و ارزیابی منظر

در مرحله آخر، کلیه نتایج و نقشه‌های به دست آمده از مراحل قبل، مورد تجزیه و تحلیل و جمع‌بندی قرار گرفت. بدین معنی

خطی سرانجام در سال ۲۰۰۶ به ۴۰٪ کاهش در دید منتهی شده است. این مقدار بسیار بالای کاهش دید معرف تاثیر بسیار زیاد ساختمان‌های تازه تاسیس در قابلیت دید شهروندان تهرانی است. همچنین، با برون‌یابی این نمودار در سال‌های آتی و با در نظر گرفتن روند کنونی ساخت و ساز در تهران به نظر می‌رسد که مقدار دید با افزایش تعداد برج‌های این منطقه به ۴۷۸ به کاهش ۶۰٪ ای و با رسیدن تعداد برج‌ها به ۷۱۳ به کاهش ۸۰٪ ای منجر می‌شود. این بدان معناست که با فرض ادامه روند کنونی ساخت و ساز، شهروندان منطقه ۳ در سال ۲۰۱۹ شاهد کاهش ۶۰٪ ای منظر اطراف خود و در سال ۱۴۱۳ شاهد کاهش ۸۰ درصدی آن می‌باشند. با توجه به این ارقام صعودی در کاهش دید شهروندان تهرانی و به خصوص کودکان، لزوم توجه بیشتر برنامه‌ریزان شهری این کلان شهر، جهت صدور مجوزهای ساخت و ساز بیشتر نمایان می‌شود.

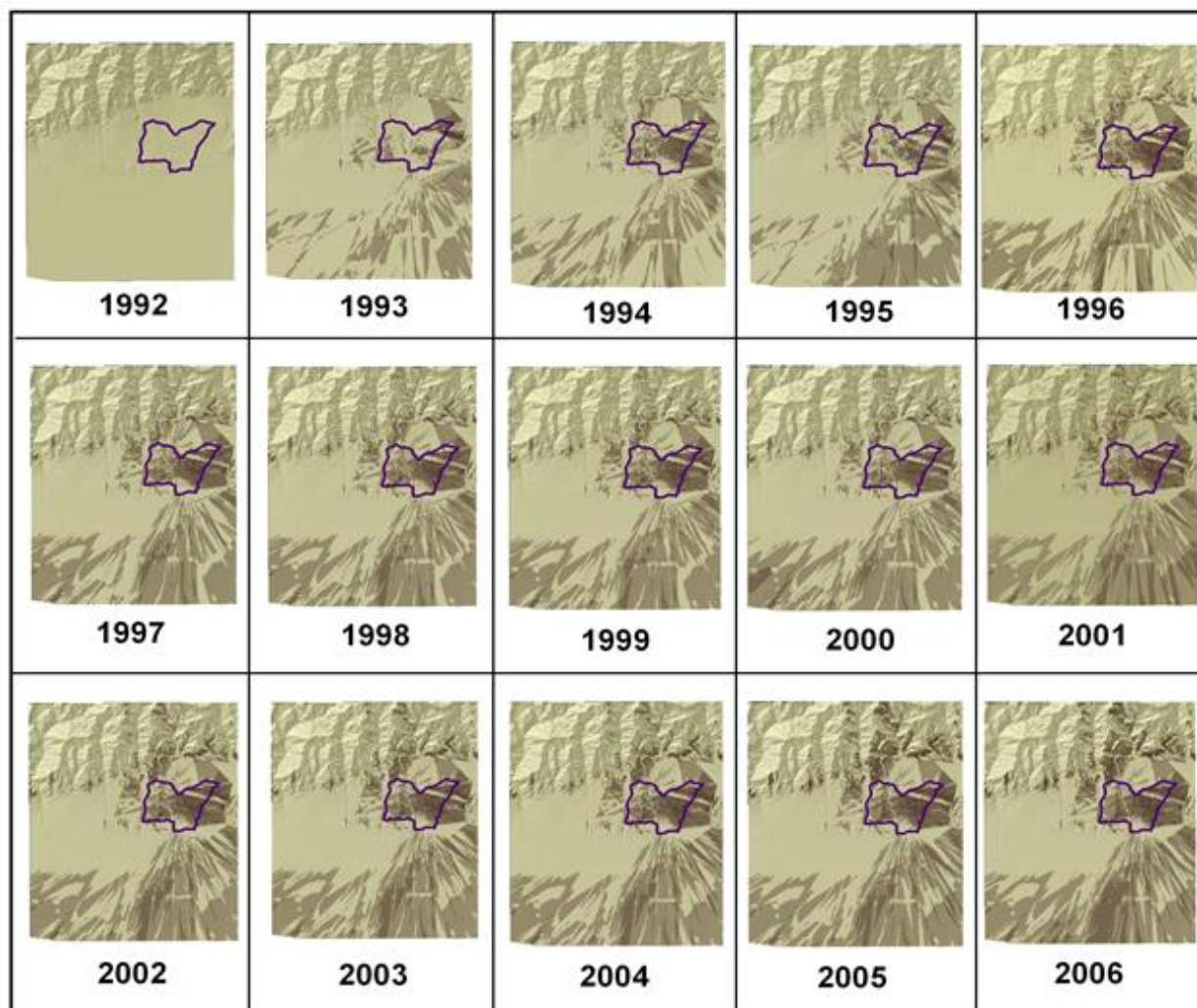
اما نکته جالب توجه دیگر در نمودارهای استخراجی قابلیت دید، تغییرات این نمودار همگام با تغییر سیاست‌گذاری شهرداری تهران می‌باشد. این مساله در شکل (۵)، به وضوح به تصویر کشیده شده است. این نمودار، تغییرات دید در منطقه ۳ تهران در ارتفاع ۱/۵ متری را در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ به تصویر کشیده است. اگر با دقت به این نمودار نگاه کنیم، در می‌یابیم که روند دید در فاصله سال‌های ۱۹۹۳ تا ۱۹۹۶ کاهش شدید داشته است، در حالی که بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۰ این روند تقریباً ثابت بوده و تا سال ۲۰۰۴ نیز کاهش بسیار کمی داشته است. در حالی که پس از سال ۲۰۰۴ دوباره روند نزولی نمودار سرعت زیادی گرفته است. احتمالاً یکی از دلایل این تغییر روند را می‌توان تغییر سیاست‌گذاری های شهرداری تهران دانست. در فاصله بین سال‌های ۱۹۹۶ تا ۲۰۰۴ روند سیاست‌گذاری شهرداری تهران مبنی بر صدور مجوز ساخت و ساز تغییر کرد که آثار آن در این نمودار به وضوح پیداست (عبدی و خداییان، ۱۳۸۳).

دید در سال موردنظر را از مقدار میانگین قابلیت دید در سال مبنا (قبل از احداث برج‌ها) یعنی سال ۱۹۹۳ کم کردند. این عملیات در نرم‌افزار Arcmap به وسیله تفریق جبری مقدار میانگین اختصاص یافته به هر سلول در دو سال مورد نظر انجام می‌پذیرد. برای مثال، اگر مقدار قابلیت دید برای سال ۱۹۹۸ در یک سلول فرضی ۰/۳ باشد و این مقدار برای سال مبنا یعنی سال ۱۹۹۳، ۰/۸ باشد، نرم‌افزار پس از انجام عملیات، مقدار $0.3 - 0.8 = -0.5$ را به سلول مورد نظر اختصاص می‌دهد. مقدار ۰/۵ در این جا به این معناست که قابلیت دید در سال ۱۹۹۳ نسبت به سال ۱۹۹۸، به مقدار ۰/۵ یا ۵۰٪ بیشتر بوده است. با استفاده از همین الگوریتم ساده، مقدار اختلاف دید به صورت درصد برای تمامی سلول‌ها و همه سال‌های مطالعاتی مورد بررسی قرار گرفت. حاصل این کار نقشه‌هایی بود که به صورت مکان‌دار، اختلاف دید در سال‌های مختلف در تمامی نقاط منطقه را به تصویر می‌کشید. این نقشه‌ها توسط ابزار Reclssify در Arcmap، دوباره مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند تا نمایش بهتری از تغییرات دید در سال‌های مختلف را به تصویر بکشند.

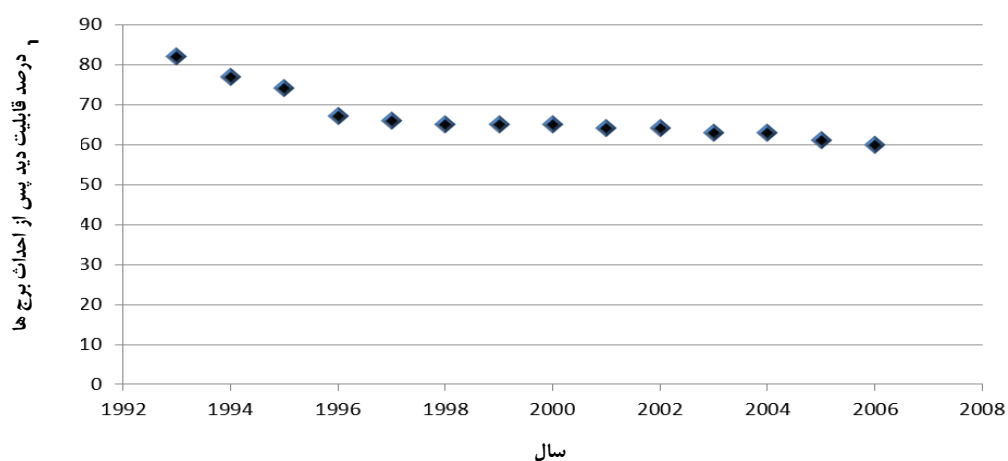
یافته‌ها

تجزیه و تحلیل Viewshedها در ارتفاع ۱/۵ متری

شکل (۴)، تغییرات قابل توجهی را در قابلیت دید در منطقه ۳ تهران در طول ۱۴ سال اخیر و در ارتفاع ۱/۵ متری به نمایش گذاشته است. این نمودار، حاصل میانگین گیری از اختلاف Viewshedهای مربوط به ۱۴ سال در ۱۷ نقطه شاهد با مقادیر مربوط به سال ۱۹۹۳ است. همان طور که این نمودارها نشان می‌دهند قابلیت دید با افزایش تعداد برج‌ها در سال‌های متوالی کاهش یافته است. با فرض این که سال مبنا برای بررسی تغییرات دید در این منطقه، سال ۱۹۹۲ در نظر گرفته شود، مقدار دید در سال ۱۹۹۳ نسبت به سال قبل، ۱۸٪ کاهش داشته است. این مقدار در سال ۱۹۹۴ به ۲۳٪ رسیده و با یک روند تقریباً



شکل (۴): درصد کاهش قابلیت دید شهروندان منطقه ۳ تهران پس از ساخت برج‌ها در این منطقه

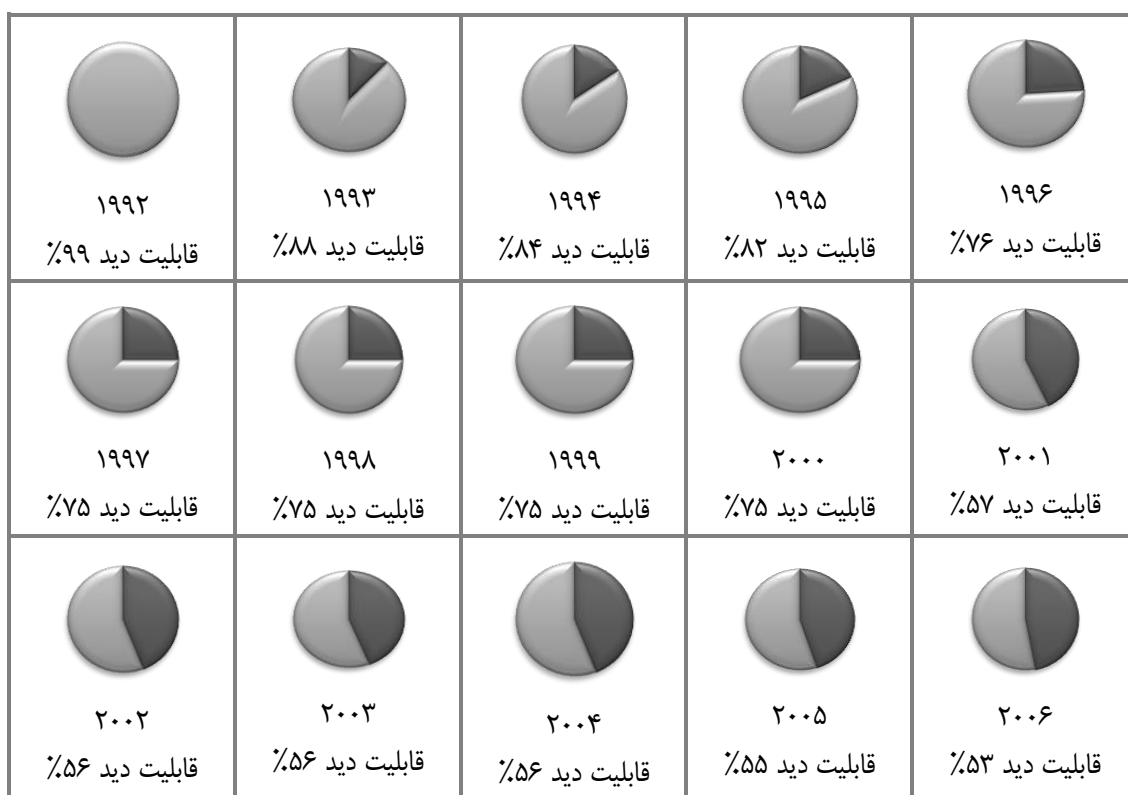


شکل (۵): کاهش دید در ارتفاع ۱/۵ متری در منطقه ۳ تهران در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ - ۱۹۹۳

تجزیه و تحلیل Viewshed ها در ارتفاع ۱۰ متری

در این قسمت، نتایج مربوط به کاهش دید پس از احداث برج‌ها در ارتفاع ۱۰ متری ارایه شده است. شکل (۶)، نتیجه اختلاف بین قابلیت دید مربوط به ۱۴ سال مطالعاتی را با سال مبنا یعنی ۱۹۹۲ در قالب نمودارهای دایره‌ای نشان داده است. در این نمودارها، درصد تغییر در قابلیت دید در هر سال، پس از احداث برج‌ها نسبت به سال ۱۹۹۲ به نمایش درآمده است. همان طور که از این نمودارها پیداست، تغییرات دید در این ارتفاع نیز تقریباً مانند تغییرات دید در ارتفاع ۱/۵ متری است، با این تفاوت که مقدار کاهش دید در این ارتفاع حدود ۲٪ از این مقدار در ارتفاع ۱/۵ متری کمتر است. میانگین کاهش دید در ارتفاع ۱/۵ متری در ۱۴ سال متوالی حدود ۳۳٪ است، در حالی که این مقدار برای ارتفاع ۱۰ متری حدود ۳۱٪ می‌باشد که دلیل این امر را می‌توان حذف آثار مربوط به برج‌های کوتاه‌تر در ارتفاعات بالاتر دانست. بدین معنی: از آنجا که اختلاف ارتفاع بین مناطق جنوبی منطقه ۳

و مناطق شمال آن حدود ۱۶۲ متر است، بنابراین شیب عمومی این منطقه حدود ۳/۴ درصد می‌باشد. این مساله سبب می‌شود که ناظران محدوده‌های شمالی این منطقه، به دلیل قرارگیری در ارتفاع بالاتر نسبت به مناطق جنوبی، به میزان کمتری تحت تاثیر آثار ناشی از برج‌سازی در مناطق جنوبی قرار گیرند. در شکل (۷)، روند کاهش دید در این ارتفاع در قالب یک نمودار خطی به تصویر کشیده شده است. نکته جالب توجه در اینجا، روند کاهش دید این نمودار با شیب ۰/۱۴۸- است. همان طور که ملاحظه می‌شود، درصد شیب این نمودار از نمودار مشابه در ارتفاع ۱/۵ متری (۰/۰۸۵-) بیشتر است که شاید بتوان این مساله را به روند شدیدتر افزایش تعداد ساختمان‌های بلندتر و در مناطق شمالی تر نسبت داد. شکل (۸)، مقدار کاهش دید در این ارتفاع را به صورت مکان‌دار و در دو سال ۱۹۹۳ و ۲۰۰۶ به تصویر کشیده است.

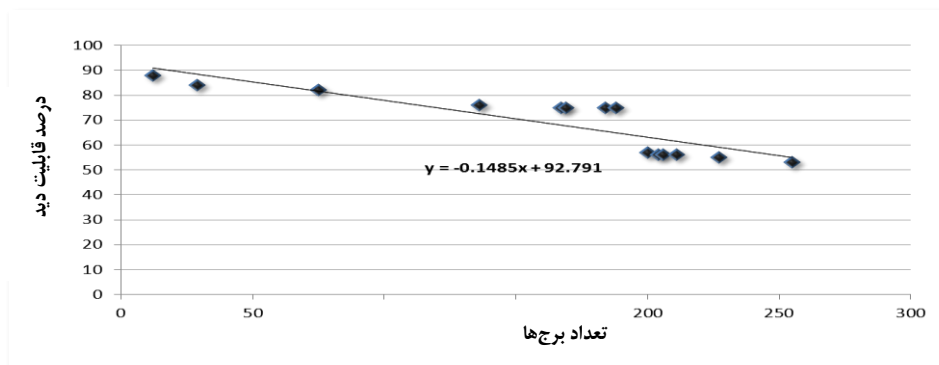


کاهش قابلیت دید پس از احداث برج‌ها



قابلیت دید کل

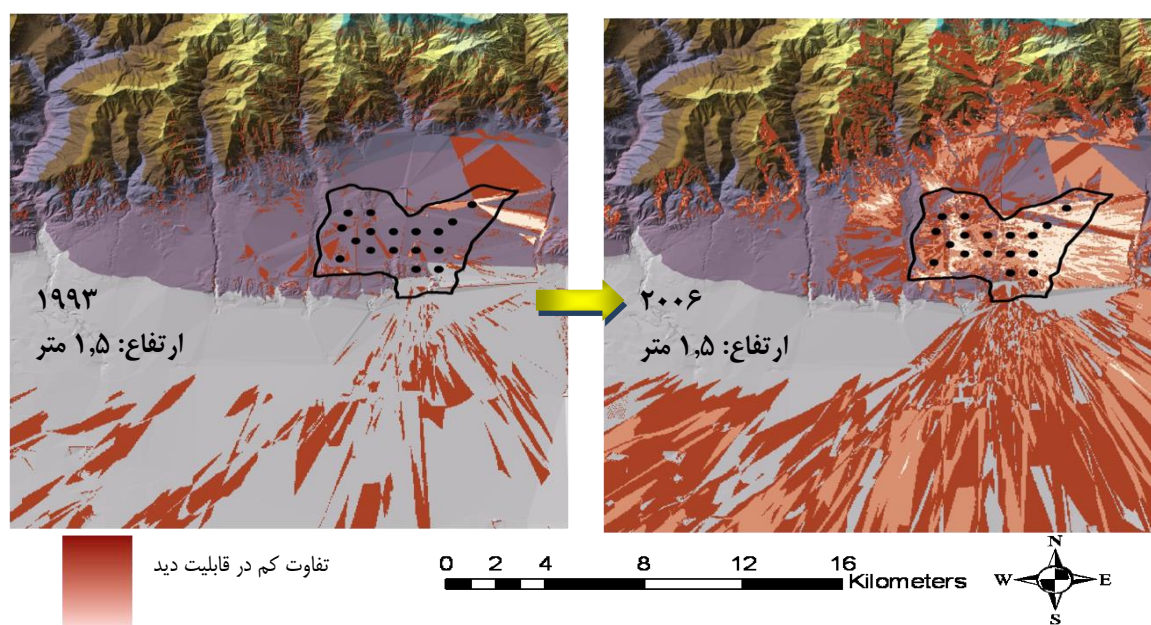
شکل (۶): درصد کاهش در قابلیت دید پس از احداث برج‌ها
بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ در ارتفاع ۱۰ متری



شکل (۷): کاهش دید در ارتفاع ۱۰ متری در منطقه ۳ تهران با افزایش تعداد برج‌ها در فاصله سال‌های ۲۰۰۶ – ۱۹۹۳

در صورتی که روند ساخت و ساز در تهران در مقدار کنونی ثابت بماند، شهروندان تهرانی در سال ۲۰۱۱ شاهد کاهش ۶۰٪ از درصد منظر خود در ارتفاع ۱۰ متری و در سال ۲۰۱۷، شاهد کاهش ۸۰ درصدی آن خواهند بود.

با فرض این که همانند ارتفاع ۱/۵ متری سال مبنا جهت بررسی تغییرات را سال ۱۹۹۲ در نظر بگیریم، مقدار کاهش دید در ارتفاع ۱۰ متری، از میزان ۱۲٪ در سال ۱۹۹۳ و با یک روند تقریباً خطی تا مقدار ۴۷٪ در سال ۲۰۰۶ متغیر بوده است. البته با برون‌یابی روند کاهش دید، در این ارتفاع می‌توان نتیجه گرفت



شکل (۸): تفاوت قابل توجه در قابلیت دید مناظر توسط ناظران منطقه ۳ تهران در ارتفاع ۱/۵ پس از احداث برج‌های این منطقه در سال ۲۰۰۶ نسبت به سال ۱۹۹۳

هستند. در واقع، وقتی بتوان اثر یک ساختار بر چشم‌انداز را پیش‌بینی نمود، توسعه‌های جدید می‌توانند به گونه‌ای اجرا شوند که کیفیت بصری را حفظ کرده یا حداقل آثار منفی آن را کاهش دهند. در همین راستا این تحقیق، به بررسی اثر ساختمان‌های

بحث و نتیجه‌گیری

از آن‌جا که کیفیت بصری، می‌تواند آثار مثبت و منفی‌ای بر تجربه ناظران از یک منطقه بگذارد، محققان و برنامه‌ریزان علاقه‌مند به بررسی اثر توسعه‌های جدید بر سیمای محیط

ناظر بیرونی در برخورد با برج، فاصله مناسبی با آن داشته باشد و آثار بصری برج، تا اندازه کاهش یابد (Ashihara, 1983). جلوگیری از ساخت برج‌ها به صورت تکی و در مناطق ویلایی. در این مورد (Oh, 1998)، بیان کرده که آثار بصری تنها به ارتفاع برج‌ها وابسته نیست، بلکه به نحوه چیدمان برج‌ها در سیمای شهری نیز وابسته است. برای مثال، یک برج بلند در نزدیکی یک برج بلند دیگر، آثار بصری کمتری را نسبت به یک برج کوتاه‌تر ولی به صورت فردی ایجاد می‌کند.

ساخت برج‌ها با روش‌های نوین مهندسی به صورت پلکانی و زاویه‌دار که قابلیت دید را حداقل برای ساکنان آن کاهش نمی‌دهد. در هر صورت، ارایه راهکارهایی برای کاهش آثار بصری ناشی از ساختمان‌سازی، نیازمند در نظر گرفتن کلیه عوامل دخیل است که در حیطه مطالعاتی این تحقیق نمی‌گنجد و لازم است در تحقیق جداگانه‌ای بدان پرداخته شود.

از دیگر نتایج این تحقیق، می‌توان به ارایه روشی جهت کمی‌سازی آثار بصری ساختمان‌ها اشاره نمود. زیرا، ارزیابی آثار بصری همانند دیگر ارزیابی‌های محیط‌زیستی، به سادگی قابل کمی کردن نیست. این در حالی است که با وجود اهمیت بسیار زیاد چشم‌انداز در زندگی بشر (Wherrett, 2002; Lothian, 1999)، فقدان تکنیک‌های کمی دقیق، برای ارزیابی آن، درصد زیادی از ذهنیت‌گرایی را در این علم به وجود آورده است. در این راستا، تحقیق حاضر به ارایه یک روش نوین و دقیق در ایران برای کمی‌سازی آثار بصری ناشی از احداث ساختمان‌های جدید در چشم‌انداز شهری پرداخته است. برای این منظور، نویسندگان مقاله از ابزار GIS بهره جستند. در واقع، در این مقاله جهت کمی‌سازی آثار بصری برج‌های شهر تهران، از پارامتر قابلیت دید استفاده شده و روش ارایه شده در آن، میزان قابلیت دید قبل و بعد از ایجاد توسعه‌های جدید را به راحتی قابل اندازه‌گیری می‌کند. پارامتر قابلیت دید، یکی از پارامترهایی است که امکان کمی‌سازی آثار بصری را با کمترین میزان ذهنیت‌گرایی و توسط نرم‌افزارهای GIS فراهم می‌آورد. همچنین، روش ارایه شده جهت ارزیابی آثار بصری در این تحقیق، یک تفاوت اساسی، با روش‌های پیشین موجود دارد. بدین صورت که اکثر بررسی‌های انجام گرفته در زمینه ارزیابی آثار بصری که از پارامتر قابلیت دید استفاده نموده‌اند، به بررسی تعداد سازه‌های قابل مشاهده از نقاط شاهد پرداخته‌اند. در حالی که تحقیق پیش‌رو، سازه‌های انسانی را به‌عنوان عوارض توپوگرافی، به نقشه پستی و بلندی‌های زمین

ساخته شده بین سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۶ بر منظر ناظران منطقه ۳ شهر تهران پرداخته و آثار بصری آنها را به صورت کمی بیان نموده است.

نتایج مربوط به این بخش از این تحقیق، نشان می‌دهد که افزایش تعداد برج‌ها در منطقه ۳ شهر تهران، سبب کاهش قابلیت دید مناظر اطراف، در شهروندان این منطقه شده است. در واقع، میزان قابلیت دید در این منطقه با تعداد برج‌های ساخته شده در آن نسبت عکس دارد. به طوری که، با ساخت ۱۲ عدد برج در منطقه ۳ شهر تهران، در سال ۱۹۹۳، قابلیت دید ناظران این منطقه در ارتفاع ۱/۵ متری به میزان ۸۲٪ رسیده و این روند کاهشی با نرخ تقریباً ثابت و تحت یک نمودار خطی با شیب ۰/۱۰۷- به گونه‌ای ادامه یافته که سرانجام در سال ۲۰۰۶ و با ساخت ۲۵۵ عدد برج در این منطقه، قابلیت دید ناظران آن به حدود ۶۰٪ رسیده است. برون‌یابی این نمودار خطی نشان می‌دهد که در صورت ثابت ماندن نرخ ساخت و ساز در میزان فعلی، قابلیت دید ناظران این منطقه در سال ۲۰۱۹، به ۴۰٪ و در سال ۲۰۳۴ به ۲۰٪ مقدار اولیه خواهد رسید. همین نتایج با تغییرات اندکی در مورد ناظران واقع در ارتفاع ۱۰ متری نیز صدق می‌کند. به صورتی که قابلیت دید ناظران منطقه ۳ در این ارتفاع، در سال ۲۰۱۱ به ۴۰٪ و در سال ۲۰۱۷ به ۲۰٪ مقدار اولیه خواهد رسید. این نتایج نگران کننده، حاکی از تاثیر بسیار بالای ساخت و ساز برج‌ها در میزان قابلیت دید شهروندان دارد. از نتایج منفی این کاهش قابلیت دید، می‌توان به محدود شدن دید در فواصل نزدیک و در نتیجه تشدید یا ابتلا به نزدیک بینی چشم به خصوص در میان کودکان اشاره نمود. این آثار و ده‌ها اثر ناشناخته دیگر کاهش قابلیت دید، می‌تواند مسوولان و برنامه‌ریزان را بر آن دارد که روند برج‌سازی در کلان‌شهرها را کنترل نمایند. هرچند که این نتیجه ممکن است مطلوب بسیاری از برنامه‌ریزان شهری (به‌ویژه کلان شهر تهران) نباشد. زیرا، آنها با دو مشکل اساسی در کلان شهرها روبرو هستند:

- اسکان جمعیت رو به ازدیاد در شهرها
 - کمبود فضا جهت تهیه مسکن برای این جمعیت
- پیشنهاد کنترل برج‌سازی شاید از نظر آنها غیرممکن باشد. هر چند راه‌حلی نیز در این زمینه وجود دارد که از جمله آنها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:
- در نظر گرفتن فضای خالی در اطراف هر برج که می‌تواند به فضای سبز یا پارک اختصاص یابد. این فضا موجب می‌شود که

مهمترین مسایل در زندگی شهرنشینی امروزی که همانا آثار بصری برج‌هاست را موشکافی نماید. تحقیقات بعدی در این زمینه می‌تواند به بررسی هزینه‌های اقتصادی آثار بصری بر شهروندان بپردازد. با توجه به این که امروزه حدود 50 درصد جمعیت دنیا (Anonymous, 2005) در شهرها زندگی می‌کنند و اکثر این کلان شهرها حاوی انواع مختلفی از توسعه می‌باشند، محاسبه هزینه‌های اقتصادی آثار بصری توسعه‌ها، نیاز ضروری این کلان شهرهاست. این هزینه‌های اقتصادی می‌تواند شامل هزینه‌های پزشکی، روانشناسی، اجتماعی و ... باشد که لازم است مورد تجزیه و تحلیل قرار بگیرد (Ibrahim, 2000). از طرفی ارایه استانداردهایی جهت محاسبه آستانه آثار بصری بسیار مفید و موثر می‌باشد که جای آن در این بحث خالی است. ارایه راهکارهای علمی و عملی جهت کاهش آثار بصری نیز زاویه مهم دیگری در این علم نوین است که به مرور در حال دستیابی به جایگاهی مهم در محافل علمی و فعالیت‌های اجرایی می‌باشد.

یادداشت‌ها

1. Module

اضافه نموده و میزان قابلیت دید افراد نسبت به مناظر را با در نظر گرفتن توپوگرافی جدید محاسبه می‌کند. استفاده از این روش، می‌تواند نتایج منحصر به فردی را در اختیار محققان قرار دهد که به کمک آن میزان میانگین تغییر در منظر ناظران را محاسبه نمایند. البته ضعف‌هایی نیز در این روش وجود دارد. این که کاهش منظر شهری، آیا واقعا می‌تواند به‌عنوان یک اثر بصری شناخته شود یا خیر جای بحث دارد (Stamps, 1997). شاید بسیاری از محققان، معتقد باشند که برج‌ها و ساختمان‌ها عضو گریزناپذیر سیمای شهری هستند و در نظر گرفتن آنها، به عنوان یک اثر بصری، چندان معقول به نظر نمی‌رسد. از طرفی، این تحقیق تنها درصد کاهش منظر را بیان نموده و به محاسبه آستانه آثار بصری نپرداخته است (Oh, 1998). این که واقعا آستانه بروز اثر بصری، تا چند درصد از کاهش منظر است، در این تحقیق مشخص نشده است.

به هر حال، این پژوهش دریچه‌ای نوین را در تحقیق‌های مربوط به ارزیابی چشم‌انداز گشوده تا اولاً لزوم در نظر گرفتن ارزیابی آثار بصری را همانند دیگر ارزیابی‌های محیط‌زیستی در برنامه‌ریزی‌های شهری بیان نماید و از سوی دیگر یکی از

فهرست منابع

سازمان نقشه‌برداری ایران. ۱۳۸۶. نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰، بلوک ۳۶.

سامانه گزارش‌ساز آمار و اطلاعات شهرداری تهران. ۱۳۸۶. قابل دسترسی در آدرس: <http://statistics.tehran.ir/default.aspx?tabid=64>

عبدی، م. و خداییان، س. م. ۱۳۸۳. گریزی به عملکردهای اقتصادی دولت در زمینه مسکن، دانش پژوهان، شماره ۶ صص ۳۴.

مرکز آمار ایران. ۱۳۸۶. سالنامه آماری شهر تهران، فصل ۷: مسکن و ساختمان.

Anonymous. 2009. American Optometric Association, Myopia (Nearsightedness), Available in: <http://www.aoa.org/myopia.xml>

Anonymous. 2005. United Nations, World Urbanization Prospects: The 2005 Revision, Fact Sheet 1: World Urban Population.

Anonymous. 2004. Scenic Spectrums Pty Ltd, Port Phillip Bay Channel Deepening EES, Visual Impacts Assessment: Scenic Perception Survey Results, Prepared for: Port of Melbourne Corporation, pp16-24.

Anonymous. 2001. ESRI, Using ArcGIS Spatial Analyst. Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA: ESRI Press, 2001.

Anonymous. 1995. Institute of Environmental Assessment and the Landscape Institute. Guidelines for landscape and visual impact assessment. Spon Press, London, pp. 176.

Ashihara, Y. 1983. The Aesthetic Townscape, MIT Press, Cambridge, MA.

Ayad, Y. M. 2005. Remote sensing and GIS in modeling visual landscape change: a case study of the northwestern arid coast of Egypt, Landscape and Urban Planning, 73, pp 307-325.

- Burrough P.A. & McDonnell R.A., 1998. Principles of geographical information systems, Oxford: Oxford University Press, 1998.
- Garcia, L.; Hernandez, J. & Ayuga, F. 2006. Analysis of the materials and exterior texture of agro-industrial buildings: a photo-analytical approach to landscape integration, *Landscape and Urban Planning*, 74, pp 110-124.
- Haghdoust, A. A.; Mirzazadeh, A. & Alikhani, S. 2008. Secular Trend of Height Variations in Iranian Population Born between 1940 and 1984, *Iranian Journal of Public Health*, 37(1), pp 1-7.
- Hernandez, J.; Garcia, L. & Ayuga, F. 2004. Assessment of the visual impact made on the landscape by new buildings: a methodology for site selection, *LandScape & Urban Planning*, 68, pp 15-28.
- Ibrahim, M. 2000. An Approach for the Conservation and Control of the Visual Image of Building Elevations in Urban Areas, PhD thesis, Cairo University, Architectural Engineering Department.
- Liu, Y.T. & Bai, R.Y. 2001. The Hsinchu experience: a computerized procedure for visual impact analysis and assessment, *Automation in Construction*, 10, pp 337-343.
- Lothian, A. 1999. The landscape and the philosophy of aesthetics: Is landscape quality inherent in the landscape or in the eye of the beholder? *Landscape and urban planning*, 44, pp 177-198.
- Manwell J.F.; McGowan J.G. & Rogers A.L. 2002. Wind-energy systems: environmental aspects and impacts, In: *Wind-energy explained*. New York: Wiley & Sons, 2002.
- Miller, D. 2001. A method for estimating changes in the visibility of land cover, *Landscape and Urban Planning*, 54, pp 91-104.
- Moller, B. 2006. Changing wind-power landscapes: regional assessment of visual impact on land use and population in Northern Jutland, Denmark, *Journal of Applied Energy*. 83, pp 477-494.
- Mouflis, G. D.; Gitas, I. Z.; Iliadou, S. & Mitri, G. H. 2008. Assessment of the visual impact of marble quarry expansion (1984-2000) on the landscape of Thasos island, NE Greece, *Landscape and Urban Planning*, 86, pp 92-102.
- Oh, K., 1998. Visual threshold carrying capacity (VTCC) in urban landscape management: A case study of Seoul, Korea, *Landscape and Urban Planning*, 39, pp 283-294.
- Paliokas, I.; Lambadas, A. & Tseggelidis, F. 2007. Virtual reality technology in landscape architecture: a case study, In: Eleftheriadis, N., Styliadis, A., Paliokas, I. (Eds.), *International Conference on Landscape Architecture and New Technologies*. Department of Landscape Architecture, Technological Educational Institute of Kavala, Drama, Greece, May 25-26, pp 37-53.
- Pullar, D. & Tidey, M. 2001. Coupling 3D visualisation to qualitative assessment of built environment designs, *Landscape and Urban Planning*, 55, pp 29-40.
- Ramos, B. & Panagopoulos, T. 2004. The use of GIS in visual landscape management and visual impact assessment of a quarry in Portugal. In: Feřcko, P., Kabl'ık, V. (Eds.), *8th International Conference on Environment and Mineral Processing*. VřSB-Technical University of Ostrava, Ostrava, Czech Republic, June 24-26, pp 73-78.
- Rogge, E.; Nevens, F. & Gulinck, H. 2007. Perception of rural landscapes in Flanders: Looking beyond aesthetics, *Journal of Landscape and Urban Planning*, 82, pp 159-174.
- Rogge, E.; Nevens, F. & Gulinck, H. 2008. Reducing the visual impact of 'greenhouse parks' in rural landscapes, *Journal of Landscape and Urban Planning*, 87, pp 76-83.
- United Nations, *Demographic Yearbook 2006*, table 8 (pdf-file) Retrieved on 2008-08-05
- Sander, H. A. & Manson, S. M. 2007. Heights and locations of artificial structures in viewshed calculation: How close is close enough?, *Landscape & Urban Planning*, 82, pp 257-270.

- Schofield, D. & Christopher, J.B. Cox. 2005. The use of virtual environments for percentage view analysis, *Journal of Environmental Management*, 76, pp 342-354.
- Shang H. & Bishop I.D. 2000. Visual thresholds for detection, recognition and visual impact in landscape settings, *Environmental Psychology*, 20, pp 125-40.
- Stamps, A. E. 1997. A paradigm for distinguishing significant from nonsignificant visual impacts: theory, implementation, case histories, *Environmental Impact Assessment Review.*, 17, pp 249-293.
- Stillwell, J. & Clarke, G. 2004. *Applied GIS and spatial analysis*, John Wiley & Sons Ltd, pp 240-255.
- Tahvanainen, L.; Ihalainen, M.; Heitala-Koivu, R.; Kolehmainen, O.; Tyrvaäinen, L.; Nousiainen, I. & Helenius, J. 2002. Measures of the EU Agri-Environmental Protection Scheme (AGEPS) and their impacts on the visual acceptability of Finnish agricultural landscapes, *Journal of Environmental Management*, 66, pp 213-227.
- Theocharis, T.; Tsouchlaraki, A.; Tsiropoulos, M. & Serpetsidakis, M. 2009. Visual impact evaluation of a wind park in a Greek island, *Applied Energy*, 86, pp 546-553.
- Tyrväinen, L.; Gustavsson, R. & Konijnendijk, C., Ode, Å. 2006. Visualization and landscape laboratories in planning, design and management of urban woodlands, *Forest Policy and Economics*, 8, pp 811-823.
- Wherrett, J.R. 2002. Cumulative impact of wind turbines [online]. Aberdeen: The Macaulay Institute, Internet Web Page at URL: [http:// www.mluri.sari.ac.uk/ccw/](http://www.mluri.sari.ac.uk/ccw/) (Version Current 13th May 2004).
- Zhang, Z.; Tsou, J.Y. & Lin, H. 2004. GIS for Visual Impact Assessment Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing.
- <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/2000/ts7/gdi003.shtml> Internet Web Page at URL (Version Current 13th May 2004).