

ارزیابی چشم‌انداز ساختمان‌های بلندمرتبه: یک روش مبتنی بر سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی، مدل اطلاعات ساختمان و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

سید فاضل شاه‌چراغ¹، جمشید مالکی^{2*}، سعید نادی³

¹ دانشجوی دکتری سیستم‌های اطلاعات مکانی (GIS)، گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده‌ی مهندسی عمران و

حمل‌ونقل، دانشگاه اصفهان

fshahcheragh@trn.ui.ac.ir

² استادیار گروه مهندسی نقشه‌برداری دانشکده‌ی مهندسی عمران و حمل‌ونقل دانشگاه اصفهان

j.maleki@cet.ui.ac.ir

³ محقق، دانشکده مهندسی عمران و محیط‌زیست، دانشگاه کارلتون، اتاوا، کانادا

Saeed.nadi@carleton.ca

(تاریخ دریافت: بهمن 1400، تاریخ تصویب: آذر 1401)

چکیده

چشم‌انداز یک متغیر انتزاعی است که اندازه‌گیری و تعیین کمیت برای آن به‌منظور ارزش‌گذاری املاک کار پیچیده‌ای است؛ به همین دلیل، تاکنون مطالعات عمدتاً از روش Hedonic و روش‌های مبتنی بر 3D GIS برای اندازه‌گیری چشم‌انداز املاک استفاده کرده‌اند. این روش‌ها در توصیف اطلاعات بافت ساختمان و موقعیت دقیق ناظر و همچنین مدل‌سازی، اندازه‌گیری، محاسبه و تأثیر متغیرهای مهم، مانند نظر خبرگان محلی، موقعیت ناظر، سطح قابل دید و زوایای میدان دید عمودی و افقی که به طور قابل‌توجهی بر اعتبار نتایج ارزیابی تأثیر می‌گذارد، ناکام ماندند. به همین دلیل، ارائه روشی جهت اندازه‌گیری واقع‌بینانه و علمی چشم‌انداز قابل تماشا از درون ساختمان، به‌عنوان یک مسئله پژوهشی جذاب مطرح می‌باشد. این مقاله با ادغام مدل اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم اطلاعات مکانی سه‌بعدی (3D GIS) و بر مبنای روش تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) یک شاخص کمی جهت اندازه‌گیری و رتبه‌بندی املاک از منظر چشم‌انداز ارائه می‌نماید. در این روش، متغیر موقعیت ناظر نسبت به وجوه دید دار، نظر خبرگان در وزن اهمیت مناظر مختلف نسبت به یکدیگر، اندازه و موقعیت وجوه دید دار ساختمان، زوایای میدان دید، تنوع، کیفیت و سطح چشم‌انداز و همچنین، اثر کاهنده چشم‌انداز مناظر منفی در مدل‌سازی و محاسبه امتیاز چشم‌انداز ساختمان در نظر گرفته شده‌است. همچنین، به‌منظور برآورد واقع‌بینانه امتیاز چشم‌انداز یک عملکرد میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA) طراحی شد تا قابلیت برآورد امتیاز چشم‌انداز در سه حالت خوش‌بینانه، معمولی و بدبینانه فراهم گردد. عملکرد روش ارائه‌شده بر روی دو واحد آپارتمان واقع‌شده در دو ساختمان مجزا در محدوده دریاچه چیتگر شهر تهران پیاده‌سازی و ارزیابی گردید. امتیاز واحد اول در هر سه حالت بدبینانه، معمولی و خوشبینانه تقریباً 1/2 برابر بیشتر از واحد دوم محاسبه گردید. نتایج پیاده‌سازی توسط ارزیابی گروهی کارشناسان خبره، اعتبارسنجی شد و عملکرد روش معرفی‌شده در این مقاله مورد تأیید قرار گرفت.

واژگان کلیدی: چشم‌انداز، مدل اطلاعات ساختمان، تحلیل سلسله‌مراتبی، شاخص چشم‌انداز، BIM، 3D GIS

1- مقدمه

چشم‌انداز، ویژگی‌های قابل‌مشاهده یک منطقه از اراضی، شکل‌های زمینی آن و نحوه ادغام آن‌ها با ویژگی‌های طبیعی یا ساخته‌شده توسط انسان است که به طور مستقیم توسط انسان قابل درک می‌باشد [1]. در این مقاله، منظور از چشم‌انداز ساختمان، منظره‌های قابل مشاهده از پنجره‌ها و بالکن یک ساختمان می‌باشد. منظره شامل عناصر فیزیکی و جغرافیایی مانند کوه‌ها، تپه‌ها، عناصر آبی مانند رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و دریا، پوشش زمین از جمله پوشش گیاهی طبیعی و مصنوعی، عناصر مصنوعی از جمله ساختمان‌ها، سازه‌ها، معابر و سطح خیابان می‌باشد. مسکن یک کالای با ویژگی‌های گوناگون می‌باشد که این ویژگی‌ها ناهمگن و متنوع هستند. این ویژگی‌ها در سه دسته: ویژگی‌های فیزیکی (شامل کیفیت ساخت، سن بنا و غیره) و ویژگی‌های مکانی (مانند دسترسی به مراکز خرید، دسترسی به حمل و نقل عمومی، دسترسی به مراکز خدماتی و غیره) و ویژگی‌های محیطی (مانند چشم‌انداز، مناظر آبی و آلودگی صوتی) قابل طبقه‌بندی می‌باشند؛ که همه این ویژگی‌ها برای ارزیابی ارزش املاک مهم می‌باشند [2، 3]. چشم‌انداز جزو ویژگی‌های محیطی است و مقالاتی که رابطه بین چشم‌انداز و ارزش املاک مسکونی را بررسی کرده‌اند، به وضوح تأثیر مثبت چشم‌انداز در ارزش املاک را تایید می‌کنند [4، 5].

دسته‌بندی دیگری از متغیرهای تأثیرگذار در ارزش ساختمان وجود دارد که آن‌ها را به دودسته کلی متغیرهای عینی و متغیرهای انتزاعی تقسیم می‌کنند که متغیرهای انتزاعی به‌راحتی قابل‌اندازه‌گیری نمی‌باشد [6]. چشم‌انداز جزو متغیرهای انتزاعی می‌باشد که اندازه‌گیری و تعیین کمیت برای آن به منظور ارزش‌گذاری املاک کار پیچیده‌ای است، زیرا تنوع و تعداد متغیرهایی که در چشم‌انداز یک ساختمان نقش بازی می‌کند، مدلسازی، اندازه‌گیری و محاسبه آن را با پیچیدگی روبرو کرده‌است [7، 8] و عمدتاً در مقالاتی که در این حوزه نگارش‌یافته، مکانیسم و روش‌های اندازه‌گیری چشم‌انداز بصورت غیر کمی ارائه شده‌است [9]. بنابراین، اکثر مطالعات قبلی از متغیرهای ساختگی¹ به منظور توصیف کیفیت چشم‌انداز استفاده می‌کنند [6]، و برخی مطالعات نیز از مدلسازی سه‌بعدی برای تجزیه و تحلیل چشم‌انداز استفاده کرده‌اند، زیرا

مدلسازی سه‌بعدی امکان اندازه‌گیری چشم‌اندازهای پیرامون ملک را بدون اعزام ارزیاب به منطقه فراهم می‌کند [8، 10-13]. با این حال کارهای انجام‌شده در گذشته ابتدایی و ناکافی است، زیرا اکثر این مطالعات در توصیف اطلاعات بافت ساختمان‌ها، موقعیت ناظر و مدلسازی چشم‌انداز، که به طور قابل توجهی بر اعتبار نتایج ارزیابی چشم‌انداز تأثیر می‌گذارد، ناکام مانده‌اند [6]. همچنین، نقش متغیرهای مهم دیگری مانند تعداد، موقعیت و اندازه و جوه دید دار ساختمان، کیفیت و تنوع چشم‌انداز فضای اطراف ملک، نظر خبرگان در وزن اهمیت چشم‌انداز که در این مقاله برای اولین بار به آن‌ها پرداخته می‌شود، مورد غفلت واقع شده‌است. ترکیب BIM و 3D GIS می‌تواند در استخراج پارامترهای مورد نیاز برای اندازه‌گیری و محاسبه چشم‌انداز کمک شایان نماید. BIM یک فضای مشترک و سه بعدی رقومی برای به اشتراک‌گذاری داده‌های ساختمان فراهم می‌کند، که پایه‌ای مطمئن برای تسهیل همکاری و تصمیم‌گیری در طول چرخه عمر ساختمان‌ها است [14]. GIS مسائل مربوط به موقعیت مکانی را در علوم جغرافیایی، علوم زیست‌محیطی و مدیریت منابع طبیعی با یکپارچه کردن داده‌های مکانی ناهمگن و داده‌های مختلف، تجزیه و تحلیل و تجسم می‌کند و دانش را از طریق ابزارهای مختلف تحلیل مکانی و رویکردهای مدلسازی به دست می‌آورد [16، 17]. در این مقاله از BIM برای مدلسازی و استخراج تعداد، موقعیت قرارگیری و اندازه و جوه دید دار به فضای بیرونی (پنجره و بالکن) به‌عنوان بخشی از متغیرهای مسئله استفاده شد و بخش دیگر متغیرها با مدلسازی چشم‌انداز و فضای اطراف ملک در 3D GIS و ترکیب آن با BIM در یک محیط مشترک نرم‌افزاری اندازه‌گیری شد (نوع چشم‌انداز، مساحت نسبی چشم‌انداز در میدان دید ناظر). پس از اندازه‌گیری متغیرهای یاد شده، آن‌ها وارد یک روش ابداعی می‌شوند؛ در این روش، کیفیت و بزرگی چشم‌انداز در موقعیت‌های مختلف ناظر نسبت به جوه دید دار (پنجره‌ها) با توجه به ابعاد پنجره‌ها و سطح قابل دید هر چشم‌انداز با تأثیر زاویه میدان دید افقی و عمودی اندازه‌گیری می‌شود و با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و نظر خبرگان، وزن اهمیت چشم‌اندازها محاسبه می‌گردد و بر مبنای آن امتیاز چشم‌انداز هر پنجره محاسبه می‌گردد و در نهایت توسط یک عملگر میانگین

1 Dymmy Variables

وزنی مرتب‌شده¹ (OWA) امتیاز چشم‌انداز ملک در سه حالت خوش‌بینانه، معمولی و بدبینانه محاسبه می‌گردد. این روش کار باهدف تقویت قضاوت ارزش‌گذاری ساختمان از منظر چشم‌انداز، ارائه شد تا به‌دقت بتواند امتیاز چشم‌اندازهای قابل‌مشاهده در فضای اطراف ساختمان را مدل‌سازی، اندازه‌گیری و محاسبه نماید. نهایتاً، روش ارائه‌شده بر روی دو واحد در دو ساختمان مجزا واقع‌شده در اطراف دریاچه چیتگر تهران پیاده‌سازی و ارزیابی شد. نتایج ارزیابی نشان از عملکرد صحیح روش ما دارد.

در ادامه ساختار این مقاله به‌صورت ذیل مرتب شده‌است. در بخش 2 تجربیات سایر محققین از منظر روش‌های اندازه‌گیری چشم‌انداز ارائه می‌شود و مطالعات مربوط به ادغام BIM و GIS بررسی می‌شود. در بخش 3 به ارائه روش کار پرداخته می‌شود. در بخش 4 روش پیشنهادی برای دو ساختمان در محدوده دریاچه چیتگر تهران پیاده‌سازی و ارزیابی می‌شود، در بخش 5 ارزیابی نتایج روش پیشنهادی ارائه می‌شود و در بخش 6 نتیجه‌گیری بیان می‌شود و با بیان برخی از استفاده‌های این مدل در کاربردهای دیگر و ارائه مسیرهای تحقیقاتی آینده، این مقاله به پایان می‌رسد.

2- پیشینه تحقیق

پارک‌ها و جنگل‌های شهری، سواحل، زمین‌های کشاورزی و چشم‌اندازها عناصر مهمی هستند که به رفاه خانوارهای شهری کمک می‌کند. کیفیت و کمیت عناصر محیطی بر ارزش رفاهی تأثیر می‌گذارد. این تأثیر ناشی از درک مردم از خوشایند بودن ملک، ویژگی‌های فرهنگی، تفریحی و زیبایی‌شناختی انسان است و به‌خاطر همین است که بسیاری از افراد محیط‌های طبیعی را ترجیح می‌دهند [1-3] و مایل‌اند هزینه بیشتر برای یک چشم‌انداز دلپذیر که عناصر طبیعی اطراف ملک به ارمغان می‌آورد، بپردازند [5، 18، 19] تا آن‌جا که در Bellingham ایالات متحده، دید کامل به چشم‌انداز اقیانوس قیمت ملک را تا 60 درصد افزایش می‌دهد و برای دید باکیفیت پایین به اقیانوس افزایش قیمت به 8 درصد کاهش می‌یابد [18]. در تحقیق دیگری Seiler و همکاران (2001) نشان دادند که چشم‌انداز بعد از خصوصیات ساختاری و داخلی املاک مهم‌ترین عامل مؤثر در قیمت ملک می‌باشد [20]. یافته‌های مشابهی را می‌توان در سنگاپور [8].

نیوزلند [19]، ایالات متحده [21-23] هنگ‌کنگ [3، 24]، هلند [25] و تحقیقات دیگر [26-28] مشاهده نمود که چشم‌اندازهای زیبا نقش مثبت در ارزش املاک دارد و از طرف دیگر، برخی تحقیقات به نقش کاهنده چشم‌اندازهای منفی مانند نمای رو به خیابان‌ها [24] و مناطق صنعتی [29] در ارزش املاک اشاره داشته‌اند. در ادامه این بخش روش‌های مرسوم ارزیابی چشم‌انداز که در مقالات به آن اشاره شده‌است معرفی و بحث می‌شود:

1-2- روش‌های مرسوم اندازه‌گیری چشم‌انداز

1-1-2- اندازه‌گیری چشم‌انداز به روش Hedonic و متغیرهای ساختگی

تعدادی از تحقیقات قبلی از متغیرهای ساختگی² (به‌عنوان مثال: املاک "با" و "بدون" چشم‌انداز) یا روش چندمتغیره (به‌عنوان مثال املاک با "چشم‌انداز گسترده"، "چشم‌انداز محدود" و "بدون چشم‌انداز") برای برآورد تأثیر چشم‌انداز روی ارزش آپارتمان استفاده کرده‌اند [6]. متغیرهای ساختگی عمدتاً حاصل ارزیابی چشم‌انداز به روش Hedonic می‌باشد، در این روش ارزش یک ملک برآمده از ترکیب خاصی از ویژگی‌های آن در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین، قیمت یک خانه، برآمده از ویژگی‌های ساختاری، ویژگی‌های محلی و همسایگی و ویژگی‌های محیطی است [2، 3]. ویژگی‌های محیطی متغیرهایی نظیر چشم‌انداز، کیفیت آب‌وهوا، نزدیکی به پارک‌های تفریحی و سواحل را شامل می‌شود. در روش Hedonic، آنالیزها در دو مرحله انجام می‌پذیرد. مرحله اول شامل به‌کارگیری روش‌های رگرسیون برای ارزیابی تابع قیمت‌گذاری دوگانه برای ساختمان موردنظر است. این تابع، قیمت ساختمان‌های موجود در یک منطقه را به ویژگی‌های آن‌ها نسبت می‌دهد که ممکن است خطی یا غیرخطی باشد. قیمت‌ها ممکن است در یک‌روند صعودی یا نزولی و با نوسان ویژگی‌های ساختمان، تغییر کنند. حال، نسبت به متغیر چشم‌انداز که جز متغیرهای محیطی می‌باشد از تابع قیمت مشتق گرفته می‌شود و تابع ضمنی ارزش برای چشم‌انداز به دست می‌آید. تحقیقاتی که از این روش استفاده کرده‌اند، اغلب بر روی چشم‌اندازهای طبیعی و به‌خصوص روی چشم‌اندازهای آبی،

مانند دریاچه، اقیانوس و رودخانه انجام شده‌است و فاقد توانایی اندازه‌گیری چشم‌اندازهای سه‌بعدی اطراف ملک مانند نمای ساختمان‌های پیرامون ملک، پوشش گیاهی، نمای تپه‌ها و کوه‌ها در ارزش ملک می‌باشند، علت این امر می‌تواند پیچیدگی مدل‌سازی عناصر طبیعی و مصنوعی سه‌بعدی باشد [6]؛ زیرا، ساختارهای پیچیده زیادی در مناطق شهری وجود دارد که اندازه‌گیری چشم‌انداز در محیط‌های شهری را دشوار می‌کند [30]. روش ارزش‌گذاری چشم‌انداز با متغیر ساختگی از چند جهت مورد انتقاد است، نخست این که میزان کیفیت چشم‌انداز در این روش به خوبی در ارزش ملک مشخص نمی‌شود و وجود این ناسازگاری در مواردی باعث ارزش‌گذاری بیش از حد چشم‌اندازهای باکیفیت پایین و دست‌کم گرفتن ارزش چشم‌اندازهای باکیفیت بالا شده‌است [6]. در واقع، این روش وابستگی زیادی به نظرات شخصی ارزیاب در تشخیص کیفیت و کمیت چشم‌انداز دارد؛ بنابراین، این شیوه اندازه‌گیری چشم‌انداز روش دقیقی برای اندازه‌گیری چشم‌اندازهای سه‌بعدی و ارزیابی کیفیت آن‌ها نیست.

2-1-2- ارزش‌گذاری چشم‌انداز املاک با نظر کارشناسی

به‌عنوان جایگزینی برای متغیرهای ساختگی، بازدید میدانی توسط کارشناس¹ را می‌توان برای ارزیابی چشم‌انداز پیشنهاد کرد [25، 31]. که به طور گسترده‌ای در عمل استفاده می‌شود [6]. در این روش، با طبقه‌بندی چشم‌انداز املاک در کلاس‌های کیفی مثل کیفیت عالی، کیفیت پانوراما، نمای محدود، و با توجه به بازدید میدانی و قضاوت کارشناس ارزش چشم‌انداز ملک در این کلاس‌ها طبقه‌بندی می‌شود، همچون روش متغیرهای ساختگی، این روش نیز مورد انتقاد می‌باشد اگرچه نسبت به روش متغیرهای ساختگی امکان برآورد چشم‌اندازهایی مثل نمای خیابان و پوشش گیاهی وجود دارد، ولی هزینه بر و زمان بر است، نتایج آن همه‌شمول نیست و وابستگی زیاد به قضاوت ذهنی کارشناس دارد [8، 32].

2-1-3- اندازه‌گیری‌های چشم‌انداز از طریق GIS

اولین تحقیقاتی که از GIS برای محاسبه ارزش چشم‌انداز اطراف ساختمان استفاده کردند، Lake, Lovett

و همکاران در سال 1998 بودند [12]. آن‌ها با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی زمین² (DEM) و لایه ساختمان‌ها که در آن ارتفاع ساختمان با ارتفاع تعداد طبقه تخمین زده‌شد، چشم‌اندازها را مدل‌سازی کردند و GIS به‌عنوان بستری مناسب که امکان اندازه‌گیری چشم‌انداز بدون بازدید میدانی را فراهم می‌آورد موردتوجه محققین دیگر نیز قرار گرفت [8، 10 و 32] در روش یاد شده، دقت اندازه‌گیری چشم‌انداز به‌دقت مدل رقومی ارتفاعی زمین و دقت موقعیت ناظر وابسته است. در تمام مطالعات قبلی بنابر اطلاعات نگارنده و برخی محققین دیگر [6] به دلیل عدم مدل‌سازی دقیق موقعیت ناظر در ساختمان نسبت به پنجره‌ها و بالکن، دقت لازم برای اندازه‌گیری چشم‌انداز وجود ندارد. به عنوان مثال Yasumoto موقعیت افقی درب ورودی هر ملک را به‌عنوان موقعیت ناظر در نظر گرفته‌است، زیرا موقعیت پنجره‌ها در روش آن‌ها نامعلوم است [33]. Schaerer و Baranzini نیز در مقاله خود موقعیت واحدها در طبقات ساختمان را در نظر نگرفتند [10] و در تحقیق دیگر Yamagata و همکاران موقعیت ناظر را باتوجه به جهت اصلی ملک تخمین زدند [34]. مهمترین علت عدم دسترسی به موقعیت ناظر و وجوه دیددار، می‌تواند عدم دسترسی به اطلاعات ساختمان باشد، زیرا اکثر مطالعات از داده‌های LIDAR برای شبیه‌سازی سه‌بعدی استفاده کرده‌اند که این داده‌ها فاقد جزئیات و اطلاعات کامل مربوط به بافت ساختمان‌ها است [6]. روش اندازه‌گیری چشم‌انداز از طریق GIS نسبت به دو روش قبلی اگرچه امکان کمی‌سازی چشم‌انداز را فراهم می‌کند، اما برخی کاستی‌ها در روش محاسبه و عدم تأثیر متغیرهای مهم در کیفیت و امتیاز چشم‌انداز، همچون عدم مدل‌سازی دقیق موقعیت ناظر و موقعیت پنجره‌ها و بالکن، مورد انتقاد است.

2-2- ادغام BIM و GIS در صنعت املاک و ارزش‌گذاری ملک

اخیراً ادغام مدل اطلاعات ساختمان (BIM) و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده و تحقیقات زیادی در این زمینه در حال انجام است [35، 36] از جمله تحقیقاتی که با بهره‌گیری از ادغام BIM و GIS انجام شده، می‌توان به سیستم مدیریت یکپارچه و

پشتیبان تصمیم‌گیری تأسیسات زیرزمینی [37]، ارزیابی عملکرد انرژی شهری برای شهر هوشمند [38]، نظارت بر زنجیره تأمین ساختمان [39] و برخی مطالعات دیگر که با هدف بهبود فرایند ساخت‌وساز در صنعت املاک [40، 41] انجام شده‌است اشاره کرد. در صنعت املاک نیز مطالعات مربوط به ادغام BIM و GIS در حال گسترش است.

Zhang و همکاران (2014) اولین محققینی هستند که ادغام GIS و BIM را برای ارزیابی املاک و مستغلات ارائه کرده‌اند [42] و همچنین، برخی تحقیقات ادغام مدل اطلاعات ساختمان (BIM/IFC) و مدل اطلاعات شهر¹ (CIM /CityGML) را برای ارزیابی املاک بررسی و معرفی کرده‌اند [43، 44]. یکی از دلایل مهم گرایش به ادغام BIM-GIS و یا BIM-CIM برای ارزیابی املاک، امکان مدل‌سازی و بررسی متغیرهای سه‌بعدی موردنیاز برای ارزیابی ملک می‌باشد؛ زیرا متغیرهای سه‌بعدی نقش مهمی در ارزیابی املاک دارند [45-48] و گرایش مطالعات اخیر برای ارزیابی سه‌بعدی املاک، ضمن تأیید این موضوع بسیار امیدوارکننده نیز می‌باشد [6، 44-47، 49].

به‌طورکلی، متغیرهای سه‌بعدی جهت ارزیابی املاک به دودسته متغیرهای داخلی که شامل خصوصیات فیزیکی، ذاتی و هندسی ملک می‌باشند و متغیرهای بیرونی که مربوط به خصوصیات جغرافیایی و محیط‌زیستی مکانی که ملک در آن واقع شده‌است می‌باشد تقسیم می‌شوند [21]؛ بنابراین، BIM/IFC بهترین منبع برای اخذ متغیرهای داخلی شامل اطلاعات معنایی و هندسی ساختمان می‌باشد [45] و مدل سه‌بعدی شهر حاصل از 3D GIS بهترین منبع برای بررسی متغیرهای سه‌بعدی خارجی می‌باشد. باین‌حال، کارهایی که در زمینه ادغام BIM و 3D GIS برای ارزیابی املاک انجام شده‌است در مراحل ابتدایی است [45] و نیازمند پختگی لازم جهت حل علمی‌تر و دقیق‌تر مسائل مربوط به ارزیابی املاک می‌باشد.

اگرچه استفاده از متغیرهای ساختگی ساده می‌باشد، این روش نمی‌تواند تفاوت بین کیفیت‌های مختلف چشم‌انداز را تشخیص دهد و برآورد واقع‌بینانه‌ای از چشم‌انداز ارائه نمی‌دهد. روش ارزیابی میدانی چشم‌انداز، بیشترین کاربرد را در عمل دارد، اما به دلیل وقت‌گیر بودن برای ارزیابی جمعی و همچنین وابستگی به قضاوت ذهنی کارشناس و ناسازگار

بودن نتایج مورد انتقاد است. روش‌های اندازه‌گیری مبتنی بر GIS از منظر دقت و سرعت نسبت به سایر روش‌ها برتری دارد، اما این مطالعات از منظر روش مدل‌سازی و اندازه‌گیری چشم‌انداز، مدل‌سازی موقعیت ناظر و روش محاسباتی مورد انتقاد است. از آنجاکه بیشتر چشم‌اندازی که از فضای داخلی ساختمان قابل مشاهده است از روزنه پنجره‌ها و بالکن می‌باشد تقریباً در تمام مطالعات قبلی، موقعیت دقیق پنجره‌ها و بالکن و همچنین کیفیت چشم‌اندازهای قابل مشاهده، که به موقعیت ناظر وابسته است، را در نظر نگرفته‌اند. علاوه بر این، در تحقیقات قبلی به علت عدم مدل‌سازی و اندازه‌گیری دقیق چشم‌انداز، برآورد واقع‌بینانه از چشم‌انداز صورت نمی‌گیرد و از منظر تاثیر متغیرهای مهم دیگری که در کیفیت چشم‌انداز و امتیاز آن تأثیرگذار است، در امتیاز نهایی چشم‌انداز ملک لحاظ نمی‌شود (متغیرهایی مانند موقعیت ناظر نسبت به پنجره‌ها و ابعاد پنجره‌ها)؛ بنابراین، باتوجه‌به موارد یاد شده، در این مقاله هدف ارائه یک روش واقع‌بینانه و علمی برای کمی‌سازی و ارزیابی چشم‌انداز آپارتمان‌ها می‌باشد، بگونه‌ای که نواقص ذکر شده در روش‌های پیشین را برطرف نماید.

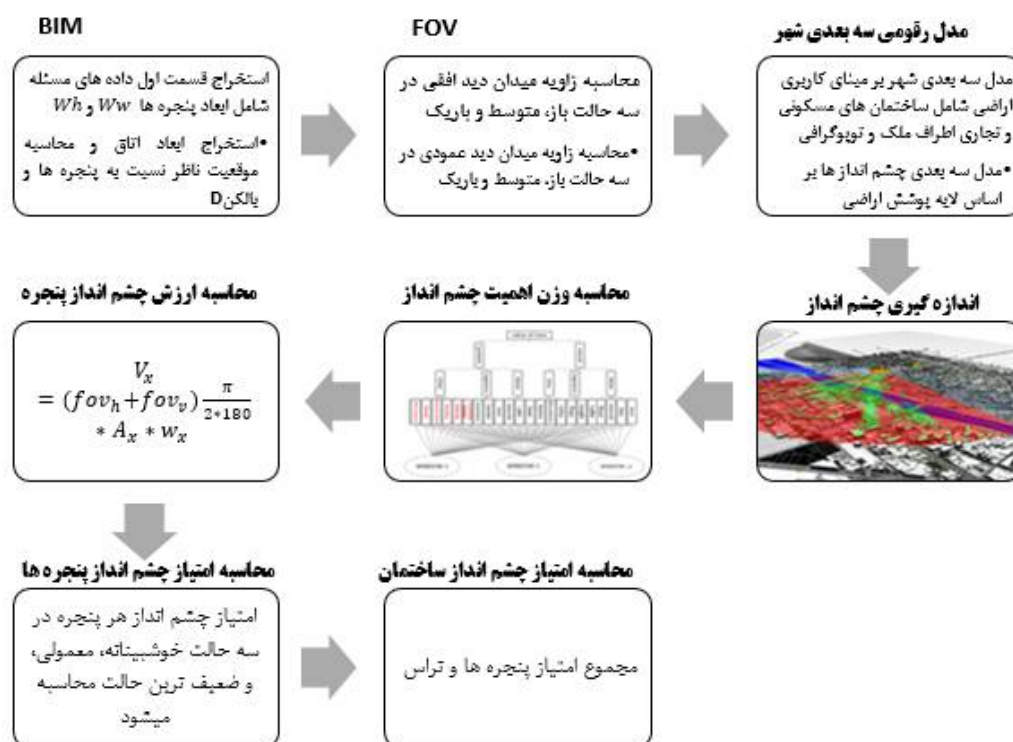
3- روش کار

فرایند محاسبه ارزش چشم‌انداز با ادغام BIM و GIS در 8 مرحله صورت می‌پذیرد. فرض اول این است که لایه معماری BIM که در آن ابعاد ساختمان، پنجره‌ها و بالکن مشخص است، وجود دارد؛ بنابراین، در گام اول از لایه معماری BIM موقعیت و ابعاد پنجره‌ها، اتاق‌ها و بالکن استخراج می‌شود. در گام دوم زوایای میدان دید² افقی و عمودی (FOV) بر مبنای فاصله ناظر از پنجره‌ها محاسبه می‌شود، به‌ازای قرارگرفتن ناظر در موقعیت‌های مختلف نسبت به پنجره زوایای میدان دید متفاوت خواهد بود؛ بنابراین، فرض دوم در این مقاله این است که بیشترین تفاوت در کیفیت چشم‌انداز قابل مشاهده برای ناظر، در سه موقعیت نزدیک، دور و متوسط نسبت به پنجره‌ها وجود دارد. زوایای میدان دید بر مبنای این فرض در سه کلاس باز³، متوسط⁴ و باریک⁵ محاسبه می‌شود. در گام سوم مدل سه‌بعدی رقومی شهر بر مبنای لایه‌های توپوگرافی، کاربری و پوشش اراضی (شامل انواع چشم‌اندازهای فضای سبز،

4 Middle
5 Narrow

1 City Information Model
2 Field Of View
3 Wide

عناصر آبی، خیابان، ساختمان های اطراف و ... ایجاد می شود. در گام چهارم در یک فضای نرم افزاری BIM و مدل سه بعدی رقومی شهر وارد می شود و مساحت چشم اندازهای قابل دید از پنجره ها و بالکن در سه حالت اندازه گیری می شود.



شکل 1. روش کار اندازه گیری چشم انداز ساختمان

همچنین روابط بین آن ها را تعریف می کند. شکل 2 نمایش دهنده سلسله مراتب مکانی عناصر ساختمان در IFC است. طبق استاندارد IFC فقط یک پروژه وجود دارد که ممکن است شامل یک یا چند سایت باشد. یک سایت می تواند شامل یک یا چند ساختمان باشد، و یک ساختمان می تواند یک یا چند طبقه داشته باشد. تمام عناصر ساختمان به طبقات پیوست شده اند. از این سلسله مراتب به درخت IFC نیز یاد می شود. BIM ساختمان در روش پیشنهادی در دو مرحله استفاده می شود: نخست برای استخراج بخش اول داده های مسئله که شامل: ابعاد پنجره ها، موقعیت بالکن و موقعیت ناظر جهت محاسبه FOV می باشد. اطلاعات مربوط به پنجره ها در مدل درختی IFC از کلاس ifcWindow که خود یک زیر کلاس از ifcBuildingStory می باشد، قابل استخراج است و موقعیت ناظر و فاصله ناظر تا پنجره و بالکن (D) باتوجه به نقشه معماری و موقعیت دیوارهای داخلی از مدل BIM در محیط نرم افزاری محاسبه می شود. مرحله دوم، کاربرد BIM هنگام اندازه گیری Viewshed در مدل سه بعدی

در گام پنجم مدل سلسله مراتبی چشم انداز تشکیل می شود و باتوجه به پرسش نامه و نظر خبرگان توسط ماتریس مقایسه زوجی وزن اهمیت چشم اندازها محاسبه می شود. در گام ششم، امتیاز چشم انداز هر پنجره طبق محاسبات تحلیل سلسله مراتبی AHP در سه حالت محاسبه می گردد. در گام هفتم با استفاده از عملگر میانگین وزنی مرتب شده¹ (OWA) امتیاز چشم انداز هر پنجره در حالت خوش بینانه، معمولی، و ضعیف ترین حالت محاسبه می شود و در گام آخر، با جمع امتیاز پنجره ها و بالکن امتیاز چشم انداز ساختمان محاسبه می شود. شکل 1 روش کار اندازه گیری چشم انداز را نمایش می دهد.

3-1- استخراج داده های مسئله از IFCBIM

کلاس های بنیادین صنعت² (IFC) به عنوان واسطه ای برای تبادل داده برای BIM عمل می کند [50]. IFC یک مدل داده معنایی است که عناصر موجود در حوزه AEC³ و

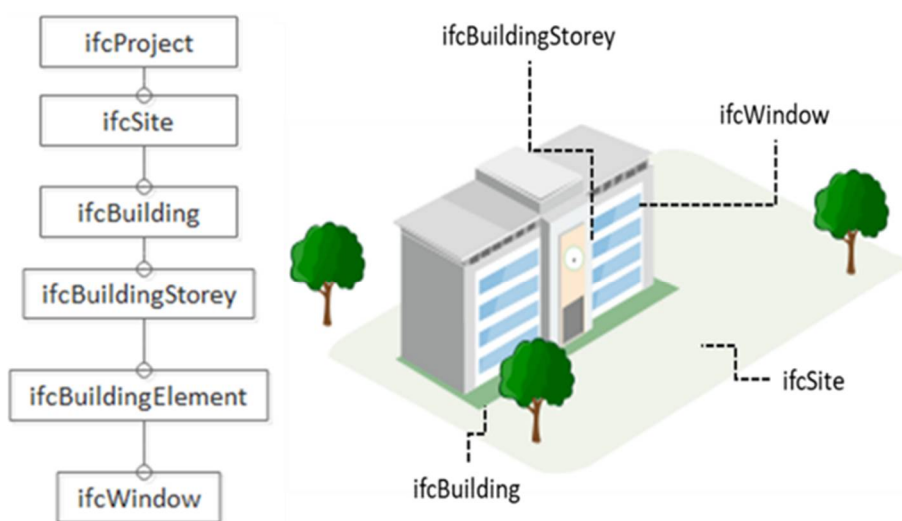
3 Architecture, Engineering, Construction

1 Ordered Weighted Averaging

2 Industry Foundation Classes

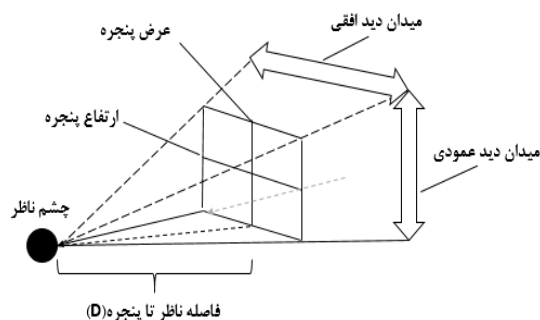
باتوجه به موقعیت پنجره‌ها و بالکن سطح قابل تماشا هر چشم‌انداز در میدان دید ناظر اندازه‌گیری می‌شود.

شهر می‌باشد؛ در این مرحله، بعد از جانمایی BIM ساختمان در موقعیت واقعی خود در مدل سه‌بعدی رقومی شهر،



شکل 2. کلاس‌های IFC جهت استخراج قسمت اول پارامترهای مسئله (منبع: نگارنده)

میدان دید عمودی و افقی را نسبت به ابعاد پنجره نشان می‌دهد.



شکل 3. نحوه تشکیل زوایای میدان دید عمودی و افقی

نحوه محاسبه زوایای میدان دید در سه حالت نزدیک به پنجره، متوسط و فاصله دور از پنجره (Middle، Narrow، Wide) در روابط 1 تا 6 آمده‌است. در این روابط، Ww و Wh به ترتیب به اندازه عرض و ارتفاع پنجره و D اندازه عمق اتاق (بیشترین فاصله ناظر تا پنجره که از BIM محاسبه می‌شود) اشاره دارد.

$$\text{Horizontal_FOV}_{\text{Middle}} = 2 \tan^{-1} \left(\left(\frac{1}{2} Ww \right) / \left(\frac{1}{2} D \right) \right) \quad (1)$$

2-3- محاسبه FOV

محل قرارگیری ناظر نسبت به پنجره‌ها در طول روز متغیر می‌باشد. با توجه به موقعیت، دوری و نزدیکی ناظر از پنجره، سطح چشم‌انداز، تنوع چشم‌اندازهای قابل تماشا و کیفیت آن‌ها متفاوت است. فرضاً اگر موقعیت مبلمان نسبت به پنجره در فاصله دورتر، قرار بگیرد، ناظر زاویه میدان دید باریک‌تر و به تبع آن چشم‌انداز را با اندازه و کیفیت کمتر مشاهده می‌نماید و هر چه ناظر به پنجره و بالکن نزدیک‌تر باشد زاویه دید بزرگ‌تر و چشم‌انداز بیشتری را مشاهده می‌نماید. برای حل این مسئله در این مقاله یک فرض در نظر گرفته شده‌است؛ که سه مکان قرارگیری ناظر نسبت به پنجره می‌تواند بهترین و بدترین حالت چشم‌اندازهای قابل تماشا را مدل کند؛ بنابر این فرض، ناظر نسبت به پنجره در موقعیت دور از پنجره، متوسط و نزدیک به پنجره در نظر گرفته می‌شود و در سه حالت یاد شده زوایای میدان دید محاسبه و چشم‌اندازهای قابل مشاهده اندازه‌گیری می‌شود؛ بنابراین، برای هر پنجره سه زاویه میدان دید افقی¹ و سه زاویه میدان دید عمودی² خواهیم داشت و برای ناظر وقتی در موقعیت بالکن قرار دارد فقط یک حالت (زاویه میدان دید باز) در نظر گرفته می‌شود. شکل 3 نحوه تشکیل زوایای

2 Vertical Field Of View

1 Horizontal Field Of View

همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود، متغیر A_x به درصد مساحت قابل دید چشم‌انداز x نسبت به سایر چشم‌اندازها، در زاویه میدان دید ناظر اشاره دارد. به عبارت دیگر، چشم‌انداز درختان 25 درصد، چشم‌انداز آسمان 23 درصد، چشم‌انداز ساحل 29 درصد و چشم‌انداز دریا 23 درصد از میدان دید ناظر را به خود اختصاص داده‌اند.

3-4- مدل سلسله‌مراتبی چشم‌انداز

امتیاز چشم‌انداز ساختمان برابر با مجموع امتیاز چشم‌انداز بالکن و پنجره‌های آن می‌باشد. با بررسی و مطالعات انجام‌شده [51-53] از بین انواع چشم‌اندازهای موجود 22 نوع چشم‌انداز می‌تواند در ارزش چشم‌انداز ساختمان نقش بازی کند، که از این بین 6 چشم‌انداز اثر کاهنده و 16 مورد اثر مثبت در امتیاز چشم‌انداز املاک دارند. چشم‌اندازهای ساحل، دریا، آبشار، رودخانه، دریاچه، جنگل، مرتع، دره، کوهستان، آسمان، سد و دریاچه مصنوعی، آبشار مصنوعی، پارک، باغ‌های شهری و پارک‌های جنگلی در کلاس چشم‌اندازهای دارای تاثیر مثبت دسته‌بندی شده‌اند و چشم‌اندازهای سقف و بدنه ساختمان‌ها، راه آهن، خیابان، بافت فرسوده و قدیمی دارای اثر منفی دسته‌بندی شده‌اند. از آن‌جا که شرایط فرهنگی و اقلیمی هر مکان ترجیح افراد را در اهمیت چشم‌اندازها نسبت به یکدیگر تحت‌تأثیر قرار می‌دهد؛ بنابراین نمی‌توان وزن اهمیت منظره‌ها را به‌صورت سراسری تعیین کرد، به همین دلیل وزن اهمیت هر منظره باید توسط خبرگان محلی از طریق روش ارزشیابی سلسله‌مراتبی و ماتریس مقایسه زوجی تعیین گردد. شکل 5 مدل سلسله‌مراتبی چشم‌انداز پیشنهادشده در این مقاله را نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل 5 مشاهده می‌شود، ارزش چشم‌انداز یک پنجره شامل مجموع ارزش چشم‌اندازهای مثبت و منفی ظاهرشده در قاب آن پنجره می‌باشد. در این مدل، چشم‌اندازهایی که اثر کاهنده در ارزش چشم‌انداز پنجره دارند در سمت چپ در پایین‌ترین سطح معیارهای سلسله‌مراتب به رنگ قرمز مشخص شده‌اند. همچنین، در مدل پیشنهادی معیارهای مدل در سطح اول سلسله‌مراتب به دسته‌بندی طبیعی و مصنوعی و در سطح دوم به مناظر آبی و فضای سبز تقسیم‌بندی شده‌اند تا امکان ارزیابی دقیق‌تر امتیاز چشم‌انداز فراهم گردد.

$$\text{Horizontal_FOV}_{\text{Narrow}} = 2\text{tan}^{-1}\left(\left(\frac{1}{2}\text{Ww}/(D)\right)\right) \quad (2)$$

$$\text{Horizontal_FOV}_{\text{Wide}} = 2\text{tan}^{-1}\left(\left(\frac{1}{2}\text{Ww}/(10\text{cm})\right)\right) \quad (3)$$

$$\text{Vertical_FOV}_{\text{Middle}} = 2\text{tan}^{-1}\left(\left(\frac{1}{2}\text{Wh}_y/\left(\frac{1}{2}D\right)\right)\right) \quad (4)$$

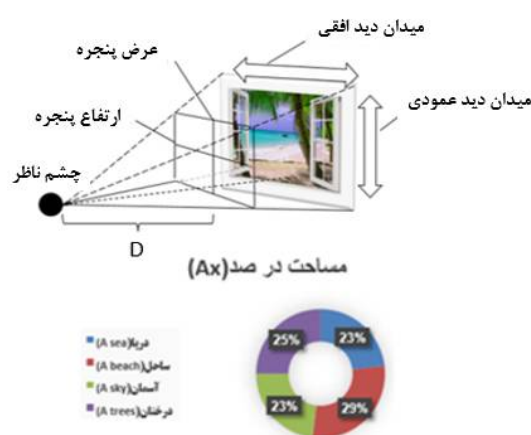
$$\text{Vertical_FOV}_{\text{Narrow}} = 2\text{tan}^{-1}\left(\left(\frac{1}{2}\text{Wh}_y/(D)\right)\right) \quad (5)$$

$$\text{Vertical_FOV}_{\text{Wide}} = 2\text{tan}^{-1}\left(\left(\frac{1}{2}\text{Wh}_y/(10\text{cm})\right)\right) \quad (6)$$

3-3- محاسبه اندازه نسبی چشم‌انداز

اندازه چشم‌انداز¹ هر منظره برابر است با درصد سطح قابل دید آن منظره (A_x) نسبت به سایر مناظر ضربدر میانگین مجموع زوایای میدان دید عمودی و افقی که در فرمول 7 نحوه محاسبه آن نشان داده شده‌است. در این رابطه متغیر S_x معرف اندازه چشم‌انداز x و fov_h و fov_v به ترتیب زوایای میدان دید عمودی و افقی ناظر می‌باشد. در این فرمول ضریب $\pi/180$ برای تبدیل زوایای میدان دید از درجه به رادیان می‌باشد، بنابراین، اگر زوایای میدان دید از ابتدا به رادیان اندازه‌گیری شوند این ضریب از فرمول حذف می‌شود.

$$S_x = \frac{1}{2}(fov_h + fov_v) \frac{\pi}{180} * A_x \quad (7)$$



شکل 4. درصد نسبی از فضای میدان دید اشغال‌شده توسط چشم‌اندازهای مختلف (A_x) منبع: نگارنده

$$OWA(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^n w_j x_{\sigma_j} \quad (14)$$

به طوری که σ جای گشت عناصر را مرتب می کند: $x_{\sigma_2} \leq \dots \leq x_{\sigma_n} x_{\sigma_1}$ و $(w_i \geq 0)$ و مجموع آن ها برابر 1 می باشد $(\sum_{j=1}^n w_j = 1)$.

4- پیاده سازی

به منظور پیاده سازی روش پیشنهادی، دو واحد آپارتمانی در دو ساختمان در منطقه 22، واقع در اطراف دریاچه چیتگر، در منطقه 22 شهر تهران انتخاب شد. موقعیت جغرافیایی شهر تهران بین 35 درجه و 36 دقیقه تا 35 درجه و 44 دقیقه عرض شمالی و 51 درجه و 17 دقیقه تا 51 درجه و 33 دقیقه طول شرقی واقع شده است [60]. منطقه 22 با هدف ایجاد قطب گردشگری در شهر تهران طراحی شده است و برج ها و ساختمان های مسکونی، مراکز تجاری و تفریحی متعددی در حال احداث می باشد. باتوجه به وجود پارک جنگلی چیتگر، وجود باغ ملی گیاهشناسی ایران و قرارگیری دریاچه مصنوعی چیتگر در مرکز منطقه 22، چشم انداز نقش مهمی در ارزش آپارتمان های این منطقه ایفا می نماید. به همین منظور، برای پیاده سازی و ارزیابی روش معرفی شده، دو واحد در دو ساختمان مجزا در حاشیه دریاچه چیتگر انتخاب شد. موقعیت قرارگیری این دو آپارتمان نسبت به یکدیگر از منظر ابعاد پنجره ها، تعداد و اندازه چشم اندازهای قابل دید متفاوت می باشد، مهم ترین علت انتخاب این دو ساختمان همکاری مالکین و دسترسی به نقشه های معماری جهت ترسیم BIM و فراهم بودن امکان بازدید میدانی جهت اعتبارسنجی نتایج می باشد؛ بنابراین اولین واحد در طبقه 13 ساختمان اول انتخاب و دومین واحد در طبقه 17 ساختمان دوم انتخاب شد. فرایند پیاده سازی مطابق شکل 7 در هشت مرحله انجام شد. در گام نخست پلان دوبعدی ساختمان ها در نرم افزار Revit وارد شد و BIM ساختمان بر اساس نقشه معماری و موقعیت پنجره ها ایجاد شد، در گام دوم داده های مسئله که شامل موقعیت ناظر نسبت به پنجره ها و ابعاد پنجره ها می باشد استخراج گردید، در گام سوم بر اساس داده های مسئله زوایای میدان دید عمودی و افقی محاسبه گردید. در گام چهارم مدل

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & 1/a_{21} & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \quad (9)$$

$$\lambda_{max} * \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix}$$

$$AW = \lambda_{max} W \quad (10)$$

که در آن W وزن ماتریس معیارها است و λ_{max} بزرگ ترین مقدار ویژه است. برای تعیین ناسازگاری ماتریس، نسبت سازگاری¹ (CR) با تجزیه و تحلیل شاخص سازگاری² (CI) و شاخص تصادفی³ (RI) تعریف می شود.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (11)$$

$$RI = \frac{\lambda_{max, avg} - n}{n - 1} \quad (12)$$

در معادله 11 و 12 λ_{max} بزرگ ترین مقدار ویژه است، n تعداد گزینه ها و $\lambda_{max, avg}$ میانگین مقدار λ_{max} برای یک ماتریس $(n \times n)$ است. برای دستیابی به نتایج قابل اعتماد از طریق یک ماتریس سازگار، CR باید کمتر از 0/1 باشد. (رابطه 13) باین حال، اگر CR از 0/1 بیشتر شود، فرایند ارزیابی باید تکرار شود [58].

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0.1 \quad (13)$$

3-6- OWA

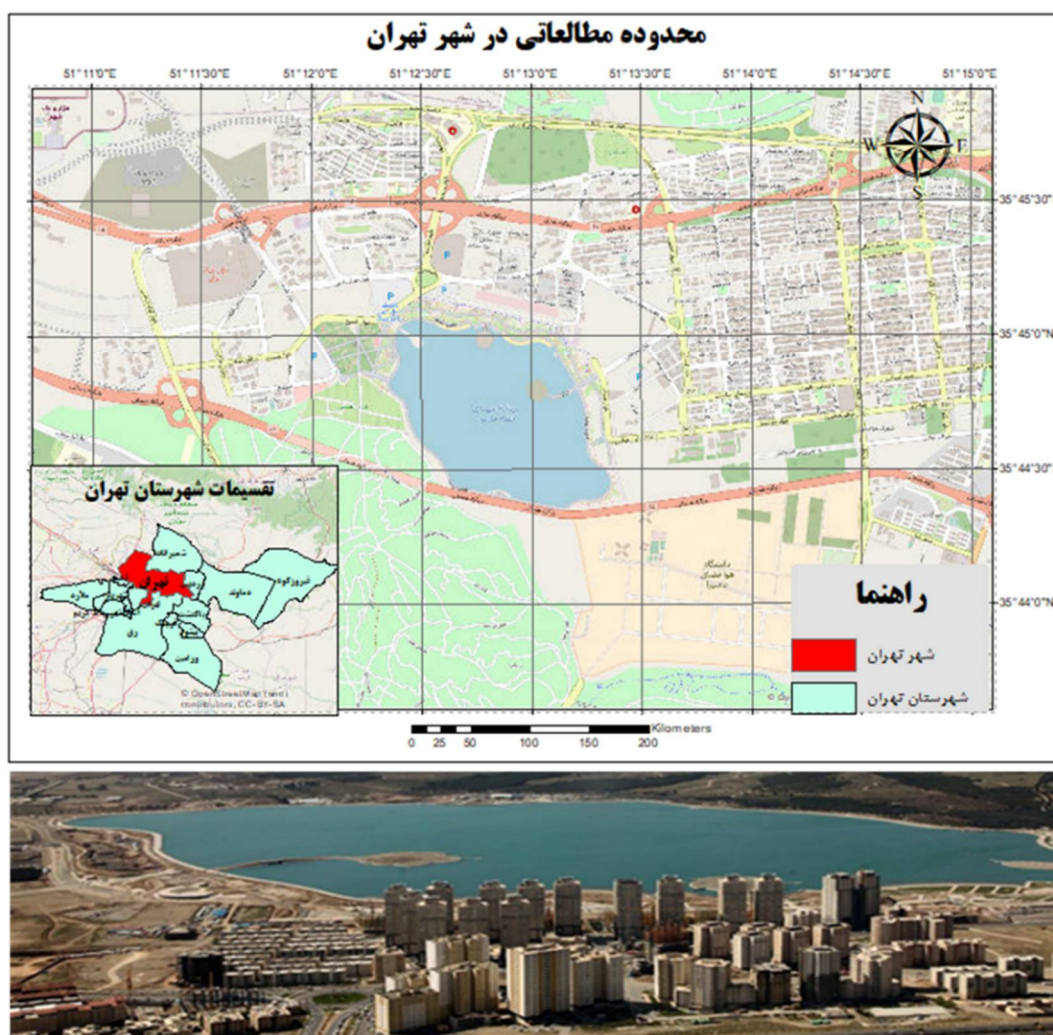
در ریاضیات کاربردی عملگرهای میانگین وزنی مرتب شده⁴ (OWA) یک کلاس پارامتر شده از نوع میانگین عملگرهای جمع بندی را ارائه می دهند که در سال 1993 توسط Ronald R. Yager معرفی شدند [59]. بسیاری از عملگرهای میانگین مانند حداکثر، میانگین حسابی، میانه و حداقل، از اعضای این کلاس هستند. این عملگرها به دلیل توانایی آن ها در مدل سازی دستورالعمل های جمع بندی بیان شده از لحاظ زبانی، به طور گسترده ای در هوش محاسباتی مورد استفاده قرار می گیرند. این عملگر طبق رابطه 14 تعریف می شود:

3 Random Index
4 Ordered Weighted Averaging

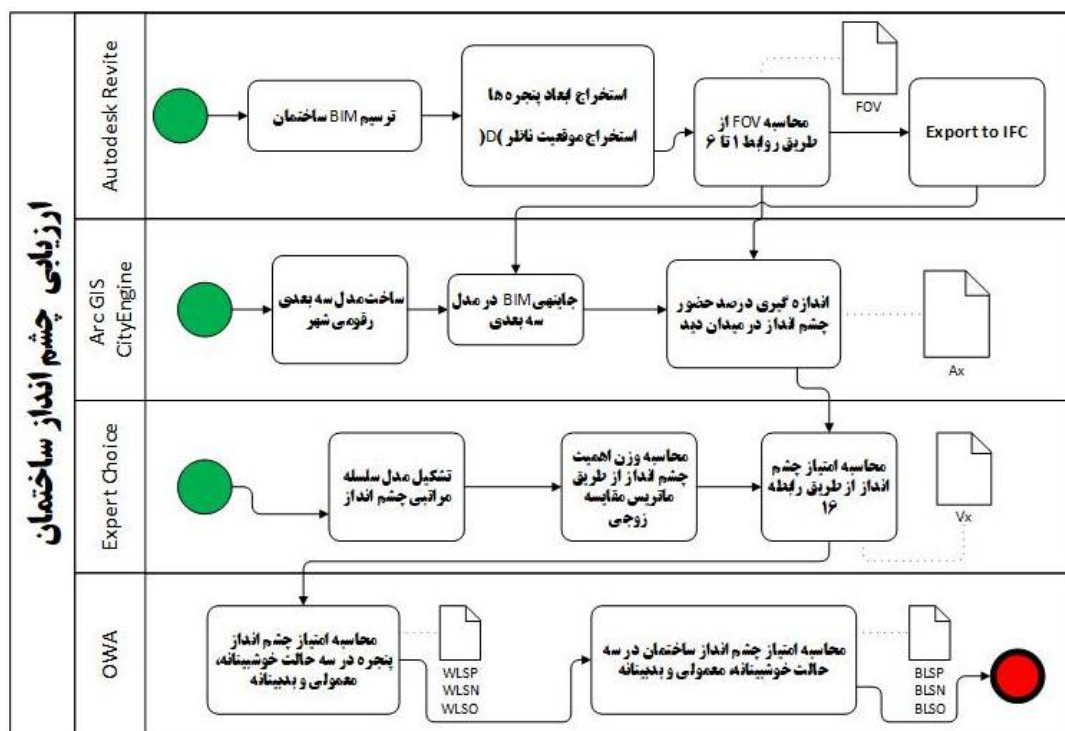
1 Consistency Ratio
2 Consistency Index

ساختمان‌های مذکور از مالکین، BIM ساختمان‌ها در نرم‌افزار Revite مطابق شکل 8 ترسیم شد. هر دو واحد انتخاب‌شده دارای 5 پنجره و یک بالکن می‌باشند. بخش اول داده‌های مسئله که شامل ابعاد پنجره‌ها و فاصله ناظر تا پنجره می‌باشد از روی پلان ساختمان مطابق جدول شماره 2 استخراج گردید. در جدول 2 ستون D اشاره دارد به دورترین فاصله ناظر تا پنجره که این فاصله با توجه به موقعیت دیوارهای داخلی و نقشه معماری ساختمان اندازه‌گیری شد. پس از استخراج ابعاد پنجره‌ها و فاصله ناظر از طریق رابطه های 1 تا 6 زوایای میدان دید عمودی و افقی برای هر پنجره محاسبه شد. نتایج این محاسبات در جدول 3 آمده‌است. همانطور که در جدول 3 مشاهده می‌شود، زوایای میدان دید افقی و عمودی در سه حالت باتوجه‌به موقعیت ناظر محاسبه شد و اکنون داده‌های مسئله برای اندازه‌گیری درصد ظهور چشم‌انداز در میدان دید ناظر فراهم می‌باشد.

سه‌بعدی رقومی محدوده مطالعاتی که شامل چشم‌اندازها و توپوگرافی محدوده مورد مطالعه می‌باشد، در نرم‌افزار CityEngine ایجاد گردید، در گام پنجم BIM ساختمان برای ورود به مدل سه بعدی رقومی شهر تبدیل به فرمت Multipatch گردید و در موقعیت خود جای‌گذاری گردید. در گام ششم توسط ابزار Viewshed Creation بخش دیگری از داده‌های مسئله، شامل Ax چشم‌انداز اندازه‌گیری شد، در گام هفتم با توجه به مدل سلسله‌مراتبی چشم‌انداز توسط تحلیل سلسله‌مراتبی و نظر خبرگان وزن اهمیت چشم‌اندازها در نرم‌افزار Expert Choise محاسبه گردید. در گام آخر بر مبنای داده‌های استخراج شده و روش معرفی‌شده امتیاز چشم‌انداز پنجره‌ها و متعاقباً امتیاز چشم‌انداز هر واحد محاسبه گردید. همانطور که در شکل 7 مشاهده می‌شود، لازمه ساخت BIM ساختمان‌ها، ترسیم و یا ورود پلان ساختمان به نرم‌افزار Revite می‌باشد، پس از تهیه پلان



شکل 6. منطقه مورد مطالعه



شکل ۷. فرایند پیاده‌سازی



شکل ۸. موقعیت واحدهای انتخاب‌شده بر روی BIM

پنجره‌ها و بالکن می‌باشد، در نرم‌افزار CityEngine انجام شد. مدل سه‌بعدی شهر بر مبنای منظره‌هایی که در فضای اطراف ساختمان در ایجاد فضای چشم‌انداز برای ساختمان نقش ایفا می‌کنند ساخته شد. این مناظر شامل: لایه دریاچه چیتگر، لایه ساختمان‌های اطراف، فضای آسمان، خیابان و معابر، و فضای سبز اطراف ملک می‌باشد.

برای اندازه‌گیری چشم‌انداز در میدان دید ناظر ابتدا باید مدل سه‌بعدی رقومی محدوده موردنظر ایجاد شود. برای این منظور ابتدا BIM هر ساختمان به فرمت IFC و سپس به فرمت Multipatch تبدیل شد تا شرایط ورود BIM به CityEngine ایجاد شود. استخراج بخش دوم داده‌های مسئله که سطح دیدپذیری چشم‌اندازهای اطراف ملک از

تهیه داده‌های مورد نیاز جهت ساخت مدل سه‌بعدی شهر از منابع مختلف صورت پذیرفت، اطلاعات موقعیت پارک‌ها، بوستان‌ها و ساختمان‌ها از شهرداری تهران تهیه شد، لایه توپوگرافی با استفاده از DEM ASTER ایجاد شد و لایه دریاچه، معابر و خیابان‌ها از OpenStreetMap اخذ شد.

جدول 2. ابعاد پنجره‌ها و فاصله ناظر از هر پنجره

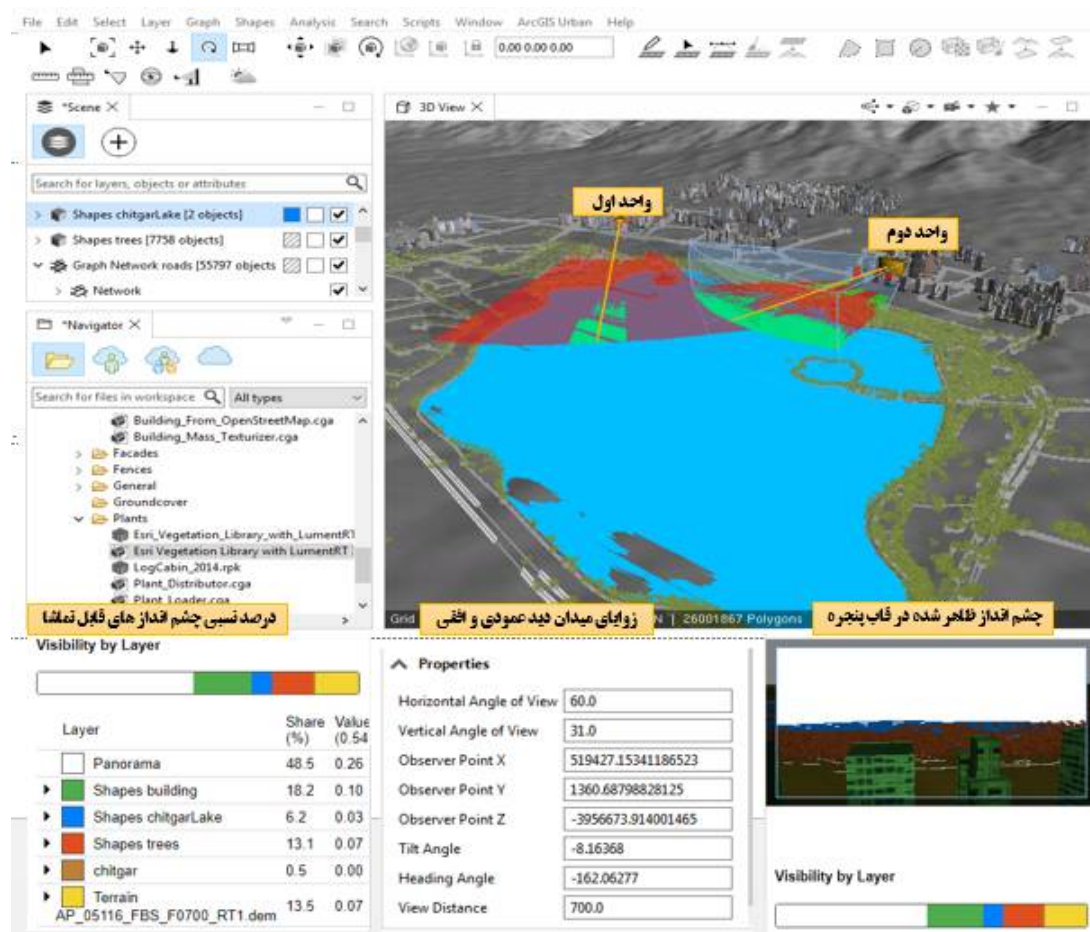
واحد	شماره پنجره	عرض	ارتفاع	عمق
واحد اول	پنجره 1	3 متر	2 متر	5 متر
	پنجره 2	3 متر	2 متر	5/4 متر
	پنجره 3	3 متر	2 متر	3 متر
	پنجره 4	2 متر	1/8 متر	3/8 متر
	پنجره 5	2 متر	1/6 متر	2/4 متر
واحد دوم	پنجره 1	3 متر	2/1 متر	4 متر
	پنجره 2	3 متر	2/1 متر	4/5 متر
	پنجره 3	3 متر	2 متر	3/5 متر
	پنجره 4	2 متر	1/8 متر	4 متر
	پنجره 5	1/8 متر	1/5 متر	2 متر

لازم به ذکر است در مرحله پیش‌پردازش، لایه‌ها پیش از ورود به نرم‌افزار CityEngine از منظر سیستم مختصات و

سیستم تصویر یکسان‌سازی شدند. با ایجاد مدل سه‌بعدی چشم‌اندازهای فضای اطراف ملک و ورود مدل سه‌بعدی ساختمان به نرم‌افزار CityEngine، بخش دوم داده‌های با ابزار Viewshed Creation مطابق شکل 9 اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری بخش دوم داده‌های مسئله توسط ابزار Viewshed Creation به این صورت است که موقعیت چشم ناظر در سه حالت Narrow, Middle, Wide نسبت به هر پنجره قرار می‌گیرد و با معرفی زوایای میدان دید افقی و عمودی از جدول 3 برای هر پنجره هرم میدان دید ناظر تشکیل می‌شود. باتوجه به میزان مساحتی که هر چشم‌انداز از فضای هرم اشغال می‌کند، مقدار آن به درصد در نرم‌افزار محاسبه و نمایش داده می‌شود (شکل 9 قسمت چپ پایین). خروجی این مرحله برای پنجره شماره 1 و بالکن واحد اول در جدول شماره 4 نمایش داده شده است؛ همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود به‌ازای هر پنجره در سه وضعیت Narrow, Middle Wide درصد نسبی چشم‌اندازهای قابل مشاهده اندازه‌گیری می‌شود. اندازه‌گیری درصد نسبی چشم‌انداز قابل دید در بالکن فقط یک حالت دارد، زیرا میدان دید ناظر در بالکن گسترده می‌باشد و محدودیتی برای تماشای چشم‌انداز فضای گستره بیرونی در مقایسه با محدودیت دیدپذیری پنجره‌ها وجود ندارد؛ بنابراین زوایای میدان دید ناظر در بالکن یک وضعیت دارد و برابر با 180 درجه در نظر گرفته می‌شود.

جدول 3. زوایای میدان دید عمودی و افقی

زوایای میدان دید (رادیان)		NARROW (باریک)		MIDDLE (متوسط)		WIDE (باز)	
FOV (v)	FOV (h)	FOV (v)	FOV (h)	FOV (v)	FOV (h)	FOV (v)	FOV (h)
پنجره 1	0/489957	0/29778	0/927295	0/582914	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 2	0/489957	0/29778	0/927295	0/582914	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 3	0/927295	0/582914	1/570796	1/080839	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 4	0/489957	0/442629	0/927295	0/845708	3/041676	3/030596	3/030596
پنجره 5	0/199337	0/179516	0/394791	0/356186	3/041676	3/030596	3/030596
پنجره 1	0/717541	0/442629	1/287002	0/845708	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 2	0/717541	0/442629	1/287002	0/845708	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 3	0/809784	0/50338	1/417253	0/950022	3/074951	3/030596	3/030596
پنجره 4	0/442629	0/370696	0/845708	0/717541	3/030596	3/008456	3/008456
پنجره 5	0/845708	0/717541	1/465630	1/287002	3/030596	3/008456	3/008456



شکل 9. مدل سه‌بعدی شهر، هرم میدان دید و چشم‌اندازهای قابل دید در نرم‌افزار CityEngine

اساساً ترجیح افراد مختلف برای اهمیت‌دادن به چشم‌اندازهای مختلف به پارامترهای فرهنگی، جغرافیایی و شخصی مرتبط است. مثلاً، در یک اقلیم اهمیت چشم‌انداز عناصر سبز نسبت به چشم‌انداز عناصر آبی بیشتر است و در یک مکان دیگر ممکن است ترجیح خبرگان به برابر گرفتن ارزش آن‌ها باشد؛ بنابراین به دلیل نسبی بودن وزن اهمیت چشم‌انداز مناظر در مکان‌های مختلف باید این وزن‌ها توسط خبرگان محلی تعیین شود، به‌این‌ترتیب روش محاسبه وزن اهمیت چشم‌انداز توسط خبرگان محلی از طریق ماتریس مقایسه زوجی (فرمول‌های 8 و 9) و بر مبنای برش سلسله‌مراتبی محلی چشم‌انداز می‌باشد، در این مقاله باتوجه‌به نظر خبرگان برشی از سلسله‌مراتب مطابق شکل 10 استفاده شد.

همان‌طور که در شکل 10 دیده می‌شود برش انتخاب‌شده از سلسله‌مراتب چشم‌انداز فقط شامل سطح سوم مدل پیشنهادی چشم‌انداز (شکل 5) در این مقاله است و سطح

جدول 4. فرمت اندازه‌گیری Ax برای بالکن و پنجره

پنجره/بالکن	وضعیت ناظر	فضای سبز	زیربنا	ساختمان‌ها	آسمان	تپه/دریا
پنجره 1	Narrow	20/2	8/6	36	30	5/2
	Middle	34/1	13/2	21/3	25	6/4
	Wide	40/8	16/3	5/9	29	8
بالکن	Wide	20	25	14	27	14

پس از اندازه‌گیری بخش دوم داده‌های مسئله برای محاسبه امتیاز چشم‌انداز توسط روش تحلیل سلسله‌مراتبی، ابتدا باید توسط مدل سلسله‌مراتبی چشم‌انداز و مقایسات زوجی وزن نسبی منظره‌ها محاسبه گردد. وزن اهمیت مناظر نسبت به یکدیگر برای هر منطقه و کشور متفاوت است.

آمده وزن پنجره شماره 5 به دلیل قرارگیری در سرویس بهداشتی، اهمیت آن در امتیاز چشم‌انداز ساختمان صفر است و بالکن ساختمان به لحاظ دارا بودن دید گسترده نسبت به پنجره‌ها نقش مهم‌تری در امتیاز چشم‌انداز ساختمان به خود اختصاص داده‌است.

جدول 5. وزن‌های حاصل از مقایسه زوجی

چشم‌انداز	فضای سبز	چشم‌انداز	ساختمان	آسمان	زیربنای محیط
وزن	0/253	0/392	0/087	0/173	0/094
پنجره / بالکن	پنجره 1 تا 4	پنجره 5	بالکن		
وزن	0/18	0	0/28		

پنجره‌های 1 تا 4 که در پذیرایی و اتاق خواب قرار دارند دارای وزن یکسان هستند. پس از محاسبه وزن چشم‌انداز و پنجره‌ها، امتیاز چشم‌انداز هر پنجره ($Window_{score}$) در سه حالت Narrow, Middle, Wide باتوجه به روش تحلیل سلسله‌مراتبی از رابطه 15 محاسبه شد.

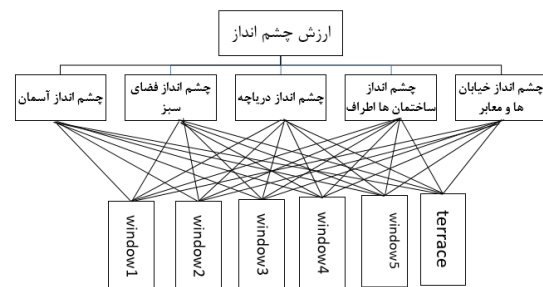
$$Window_{score} = W_{window} \times \left(\sum (W_x \times S_x) + \sum (W_x \times \frac{1}{S_x}) \right) \quad (15)$$

در رابطه 15 W_{window} وزن اهمیت پنجره است که در جدول 5 آمده‌است، S_x اندازه چشم‌انداز هر منظره می‌باشد که توسط رابطه 7 محاسبه می‌گردد، W_x وزن چشم‌انداز می‌باشد که از طریق مقایسه زوجی محاسبه شد و نتایج آن در سطر دوم جدول 5 نشان داده شده و S_x^- اشاره دارد به اندازه چشم‌اندازی که باید کمینه شوند (چشم‌انداز خیابان و ساختمان‌ها)، طبق محاسبات AHP چشم‌اندازهایی که باید کمینه شوند معکوس اندازه آن در وزن آن‌ها ضرب می‌گردد. بنابراین، از طریق رابطه 15 امتیاز چشم‌انداز هر پنجره در سه حالت Narrow, Middle, Wide محاسبه شد نتایج این مرحله در جدول 6 آمده‌است.

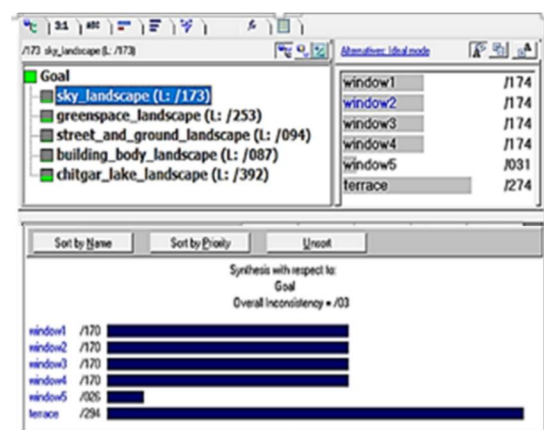
در مرحله پایانی امتیاز چشم‌انداز ساختمان در سه حالت خوش‌بینانه، معمولی و بدبینانه توسط OWA محاسبه می‌شود. باتوجه به رابطه 14 سه حالت خوش‌بینانه، معمولی و بدبینانه برای موقعیت ناظر نسبت به پنجره و به تبع آن چشم‌اندازی که می‌تواند مشاهده کند در نظر گرفتیم. در حالت خوش‌بینانه فرض بر این است که ناظر در 50 درصد

اول که چشم‌اندازها را از منظر طبیعی و مصنوعی بودن و سطح دوم که آن‌ها را از منظر پوشش گیاهی و آبی بودن دسته‌بندی کرده‌است، در برش سلسله‌مراتب مورد مطالعاتی این مقاله در نظر گرفته نشد.

برای تعیین وزن معیارها پس از تهیه پرسش‌نامه و اخذ نظر خبرگان، کلیه محاسبات مربوط به AHP اعم از تشکیل ماتریس‌های مقایسه زوجی و محاسبات نرخ سازگاری در نرم‌افزار Expert Choice انجام شد (شکل 11). همان‌طور که در شکل 11 مشاهده می‌شود، شاخص ناسازگاری کلی برای ماتریس‌های مقایسه زوجی 0/03 محاسبه گردید و بدین ترتیب شرط رابطه 13 مبنی بر $CR < 0.1$ صحت وزن‌های محاسبه شده را تایید می‌نماید. بنابراین، وزن چشم‌اندازها و پنجره‌ها مطابق جدول 5 از Expert Choice محاسبه شد. همان‌طور که در جدول 5 مشاهده می‌شود، وزن چشم‌اندازهای بدنه ساختمان و معابر نسبت به بقیه کمتر و وزن چشم‌انداز دریاچه نسبت به سایر چشم‌اندازها بیشتر است.



شکل 10. برش سلسله‌مراتب چشم‌انداز برای محدوده مطالعاتی



شکل 11. وزن‌ها و شاخص ناسازگاری در نرم‌افزار ExpertChoice

از آن‌جا که امتیاز چشم‌انداز نهایی ساختمان برابر است با مجموع امتیاز چشم‌اندازی پنجره‌ها و بالکن، وزن پنجره‌ها باتوجه به موقعیت آن‌ها در نقشه معماری در ایجاد چشم‌انداز ساختمان متفاوت است؛ بنابراین، همان‌طور که در جدول 5

مواقع نسبت به پنجره در حالتی قرار دارد که بیشترین اندازه و کیفیت چشم‌انداز را مشاهده می‌کند، در 30 درصد مواقع چشم‌انداز معمولی را مشاهده می‌نماید و در 20 درصد مواقع موقعیت ناظر نسبت به پنجره‌ها در حالت بدترین و کمترین اندازه چشم‌انداز است. باتوجه به این فرض، مقادیر w_j برای حالت‌های خوشبینانه، معمولی و بدبینانه مطابق جدول 7 در نظر گرفته می‌شود.

جدول 6. امتیاز چشم‌انداز بالکن و پنجره‌ها

شماره پنجره	میدان دید	امتیاز چشم‌انداز	واحد اول	واحد دوم
پنجره 1	Narrow	1/21	1/45	
	Middle	3/01	2/56	
	Wide	11/96	8/31	
پنجره 2	Narrow	1/31	0/58	
	Middle	3/01	2/22	
	Wide	12/27	11/08	
پنجره 3	Narrow	2/42	1/28	
	Middle	4/74	3/38	
	Wide	12/18	12/34	
پنجره 4	Narrow	1/16	1/25	
	Middle	2/95	3/87	
	Wide	11/38	7/39	
پنجره 5	Narrow	0	0	
	Middle	0	0	
	Wide	0	0	
بالکن	Wide	17/18	15/14	

جدول 7. وزن‌ها در عملگر OWA

w_j	Optimistic (خوشبینانه)	Normal (معمولی)	Pessimistic (بدبینانه)
w_1	0/2	0/33	0/5
w_2	0/3	0/33	0/3
w_3	0/5	0/33	0/2

برای محاسبه امتیاز چشم‌انداز در حالت‌های خوشبینانه، معمولی و بدبینانه ابتدا امتیاز چشم‌انداز حالت‌های Narrow, Middle, Wide از کوچک به بزرگ مرتب می‌شود و وارد

عملگر OWA می‌شود (مطابق رابطه 15 و وزن‌های جدول 7). نحوه محاسبه برای پنجره اول به این صورت است:

Pessimistic Window score

$$= (1.21 \times 0.5) + (3.01 \times 0.3) + (11.96 \times 0.2) = 3.90$$

Normal Window score

$$= (1.21 \times 0.33) + (3.01 \times 0.33) + (11.96 \times 0.33) = 5.34$$

Optimistic Window score

$$= (1.21 \times 0.2) + (3.01 \times 0.3) + (11.96 \times 0.5) = 7.13$$

جدول 8. امتیاز چشم‌انداز واحد اول

شماره پنجره	Pessimistic (بدبینانه)	Normal (معمولی)	Optimistic (خوشبینانه)
پنجره 1	3/9	5/35	7/13
پنجره 2	4/01	8/48	7/3
پنجره 3	5/06	6/39	7/99
پنجره 4	3/74	5/12	6/81
پنجره 5	0	0	0
بالکن	17/18	17/18	17/18
امتیاز واحد 1	33/9	39/41	46/41

نتایج بالا به ترتیب امتیاز چشم‌انداز پنجره اول در حالت بدبینانه، معمولی و خوشبینانه است. به همین ترتیب برای سایر پنجره‌های واحدهای اول و دوم مطابق جداول 8 و 9 امتیاز چشم‌انداز محاسبه گردید. لازم به ذکر است، امتیاز چشم‌انداز بالکن ساختمان در هر سه حالت بدبینانه، خوشبینانه، و معمولی یکسان و برابر امتیازی که در مرحله قبل محاسبه گردید می‌باشد.

جدول 9. امتیاز چشم‌انداز واحد دوم

شماره پنجره	Pessimistic (بدبینانه)	Normal (معمولی)	Optimistic (خوشبینانه)
پنجره 1	3/15	4/07	5/21
پنجره 2	3/17	4/59	6/32
پنجره 3	4/12	5/62	7/44
پنجره 4	3/26	4/14	5/1
پنجره 5	0	0	0
بالکن	14/5	14/5	14/5
امتیاز واحد 2	28/21	32/82	38/58

روش پیشنهادی کاملاً در تطابق است. همه کارشناسان ضمن تأیید نتایج روش پیشنهادی، علت کسب امتیاز بالاتر توسط واحد اول را دید بهتر در بالکن، عدم وجود موانع در مسیر چشم‌اندازهای مثبت و فاصله کمتر نسبت به دریاچه اعلام کردند که این تفاوت‌ها در مدل سه بعدی ایجاد شده در نرم‌افزار کاملاً مشهود بود.

جدول 10. امتیاز واحدها از طریق بازدید میدانی

شماره کارشناس	واحد اول	واحد دوم
کارشناس 1	0/684	0/316
کارشناس 2	0/662	0/338
کارشناس 3	0/638	0/362
کارشناس 4	0/713	0/287
کارشناس 5	0/593	0/407
کارشناس 6	0/612	0/388
کارشناس 7	0/552	0/448
کارشناس 8	0/573	0/472
کارشناس 9	0/612	0/388
کارشناس 10	0/608	0/392
کارشناس 11	0/549	0/541
میانگین	0/617818	0/38218

همچنین، از علل کسب امتیاز کمتر توسط واحد دوم، می‌توان به وجود سازه‌های مسکونی و تجاری در میدان دید بالکن و کاهش سطح دیدپذیری به چشم‌انداز دریاچه و فضای سبز اطراف آن، اشاره کرد.

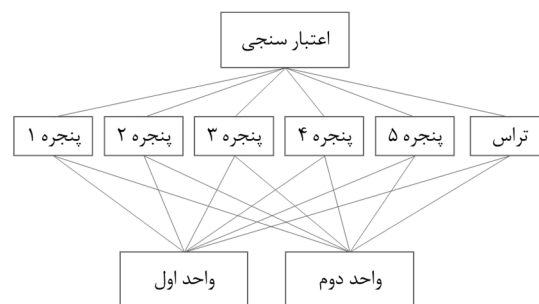
6- نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این مقاله روشی به منظور افزایش دقت قضاوت در مورد ارزش چشم‌انداز و ارزیابی دقیق و واقع‌بینانه چشم‌انداز املاک طراحی و معرفی شد. در روش معرفی‌شده در این مقاله این موارد لحاظ شده‌است: 1- تأثیر بزرگی و تنوع چشم‌اندازهای قابل دید اطراف ملک در ارزیابی و امتیاز چشم‌انداز 2- تأثیر نظر خبرگان و کارشناسان محلی در وزن اهمیت چشم‌اندازها 3- تأثیر اثر کاهنده چشم‌اندازهای منفی در ارزیابی چشم‌انداز املاک 4- امتیازگذاری چشم‌انداز ملک در حالات خوش‌بینانه، معمولی و بدبینانه بر مبنای موقعیت ناظر و ارزیابی واقع‌بینانه آن متناسب با مقیاس زبانی؛ بنابراین، این روش می‌تواند

در جداول 8 و 9 سطر آخر، امتیاز چشم‌انداز واحدها را نمایش می‌دهد که از مجموع امتیاز چشم‌انداز بالکن و پنجره‌ها به دست می‌آید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، امتیاز چشم‌انداز واحد اول در حالت Normal از امتیاز چشم‌انداز واحد دوم در حالت Optimistic بزرگ‌تر می‌باشد.

5- اعتبار سنجی نتایج

برای ارزیابی نتایج روش پیشنهادی، از تحلیل سلسله مراتبی گروهی (GAHP) استفاده شد. پرسشنامه‌ای بر مبنای سلسله مراتب ارزیابی شکل 12 طراحی شد و در اختیار 7 مشاور املاک و 4 متخصص معماری قرار داده شد. از هر کارشناس خواسته شد تا با بازدید میدانی از دو آپارتمان که در مرحله قبل امتیاز چشم‌انداز آن‌ها از طریق روش پیشنهادی محاسبه شد، چشم‌انداز هر پنجره را مقایسه نمایند و بر مبنای جدول 1 امتیاز دهند. سپس، بر مبنای هر پرسشنامه، امتیازات کارشناسان در نرم‌افزار ExpertChoice وارد شد. ماتریس‌های مقایسه زوجی تشکیل شد. امتیاز چشم‌انداز پنجره‌ها و متعاقباً امتیاز آپارتمان به ازای هر کارشناس محاسبه گردید. نهایتاً، با میانگین حسابی نظرات خبرگان امتیاز نهایی برای هر یک از واحدها محاسبه گردید. 9 نفر از کارشناسان (82 درصد) بیشترین امتیاز را به بالکن و پنجره‌های 1 تا 3 برای واحد اول، اختصاص دادند. علت این امر طبق نظر آن‌ها، دارا بودن دید بهتر به دریاچه و عدم وجود موانع در میدان دید چشم‌انداز دریاچه می‌باشد.



شکل 12. سلسله‌مراتب ارزیابی نتایج

همان‌طور که در سطر آخر جدول 10 مشاهده می‌شود، میانگین ارزیابی میدانی توسط کارشناسان نشان می‌دهد امتیاز چشم‌انداز واحد اول نسبت به واحد دوم دارای برتری می‌باشد. نتایج ارزیابی میدانی همه کارشناسان با خروجی

به‌عنوان نماینده کامل‌تر و دقیق‌تر نسبت به روش‌های گذشته برای رتبه‌بندی املاک از منظر چشم‌انداز، استفاده شود. همچنین، این روش می‌تواند در فاز طراحی معماری ساختمان برای ارزیابی موقعیت و اندازه پنجره‌ها به‌منظور بهره‌مندی بیشتر از چشم‌انداز فضای اطراف، طراحی مبلمان به‌منظور بهره‌مندی بیشتر از چشم‌انداز پنجره‌های مشرف به فضای اطراف و همچنین در سامانه مالیات و قیمت‌گذاری هوشمند املاک به‌عنوان یک متغیر مهم در تعیین ارزش واقعی ملک مورد استفاده قرار گیرد. این روش با تطبیق قابلیت‌های روش تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، تخمین واقعی و دقیق‌تری از امتیاز

چشم‌انداز املاک ارائه می‌نماید و از طرفی با به‌کارگیری عملگر OWA و ارائه امتیاز چشم‌انداز ملک در مقیاس زبانی برآورد واقع‌بینانه‌ای از ارزش چشم‌انداز ملک ارائه می‌دهد. از طرف دیگر، این مقاله با ادغام قابلیت‌های BIM و 3D GIS در ایجاد مدل رقومی سه‌بعدی ساختمان و چشم‌اندازهای فضای اطراف ساختمان فرایند اخذ، اندازه‌گیری و محاسبه داده‌های مسئله را تسهیل و تسریع نمود (زوایای میدان دید، وسعت چشم‌اندازها، موقعیت و اندازه پنجره‌ها) و امکانی فراهم آورد تا بدون نیاز به بازدید حضوری و اندازه‌گیری‌های میدانی، بتوان املاک را از منظر چشم‌انداز اطراف آن ارزیابی و رتبه‌بندی کرد.

مراجع

- [۱] T. Hartig and G. W. Evans, "Psychological foundations of nature experience," in *Advances in psychology*, vol. 96: Elsevier, 1993, pp. 427-457.
- [۲] R. Kaplan and S. Kaplan, *The experience of nature: A psychological perspective*. Cambridge university press, 1989.
- [۳] C. Y. Jim and W. Y. Chen, "Value of scenic views: Hedonic assessment of private housing in Hong Kong," *Landscape and urban planning*, vol. 91, no. 4, pp. 226-234, 2009.
- [۴] Q. Gillard, "THE EFFECT OF ENVIRONMENTAL AMENITIES ON HOUSE VALUES: THE EXAMPLE OF A VIEW LOT," *The Professional Geographer*, vol. 33, no. 2, pp. 216-220, 1981/05/01 1981, doi: 10.1111/j.0033-0124.1981.00216.x.
- [۵] M. Rodriguez and C. Sirmans, "Quantifying the value of a view in single-family housing markets," *Appraisal Journal*, vol. 62, pp. 600-600, 1994.
- [۶] J. Huang, "A 3D GIS-based valuation system for assessing the scenic view in residential property valuations," 2019 .
- [۷] D. Damigos and F. Anyfantis, "The value of view through the eyes of real estate experts: A Fuzzy Delphi Approach," *Landscape and Urban Planning*, vol. 101, no. 2, pp. 171-178, 2011.
- [۸] S.-M. Yu, S.-S. Han, and C.-H. Chai, "Modeling the value of view in high-rise apartments: a 3D GIS approach," *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 34 ,no. 1, pp. 139-153, 2007.
- [۹] D. Kaimaris, A. Xifilidou, and N. Karanikolas, "Visibility and Real Estate Values. A Room with View is a Room with Value?," *Journal of Engineering and Architecture*, vol. 5, no. 1, pp. 38-46, 2017.
- [۱۰] A. Baranzini and C. Schaerer, "A sight for sore eyes: Assessing the value of view and land use in the housing market," *Journal of Housing Economics*, vol. 20, no. 3, pp. 191-199, 2011.
- [۱۱] I. D. Bishop, E. Lange, and A. M. Mahbul, "Estimation of the influence of view components on high-rise apartment pricing using a public survey and GIS modeling," *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 31, no. 3, pp. 439-452, 2004.
- [۱۲] I. R. Lake, A. A. Lovett, I. J. Bateman, and I. H. Langford, "Modelling environmental influences on property prices in an urban environment," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 22, no. 2, pp. 121-136, 1998.
- [۱۳] N. C. Poudyal, D. G. Hodges, J. Fenderson, and W. Tarkington, "Realizing the economic value of a forested landscape in a viewshed," *Southern Journal of Applied Forestry*, vol. 34, no. 2, pp. 72-78, 2010.
- [۱۴] S. Azhar, "Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry," *Leadership and management in engineering*, vol. 11, no. 3, pp. 241-252, 2011.
- [۱۵] B. Atazadeh, M. Kalantari, A. Rajabifard, S. Ho, and T. Champion, "Extending a BIM-based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces," *International Journal of Geographical Information Science*, vol. 31 ,no. 3, pp. 499-522, 2017/03/04 2017, doi: 10.1080/13658816.2016.1207775.
- [۱۶] P. A. Burrough, R. McDonnell, R. A. McDonnell, and C. D. Lloyd, *Principles of geographical information systems*. Oxford university press, 2015.
- [۱۷] P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, and D. W. Rhind, *Geographic information systems and science*. John Wiley & Sons, 2005.

- [۱۸] E. Benson, J. Hansen, J. A. Schwartz, and G. Smersh, "Pricing Residential Amenities: The Value of a View," *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 16, pp. 55-73, 02/01 1998, doi: 10.1023/A:1007785315925.
- [۱۹] S. C. Bourassa, M. Hoesli, and J. Sun, "What's in a view?," *Environment and Planning A*, vol. 36, no. 8, pp. 1427-1450, 2004.
- [۲۰] M. J. Seiler, M. T. Bond, and V. L. Seiler, "The impact of world class great lakes water views on residential property values," *The Appraisal Journal*, vol. 69, no. 3, p. 287, 2001.
- [۲۱] S. Sirmans, D. Macpherson, and E. Zietz, "The composition of hedonic pricing models," *Journal of real estate literature*, vol. 13, no. 1, pp. 1-44, 2005.
- [۲۲] A. Q. Do and C. Sirmans, "Residential property tax capitalization: discount rate evidence from California," *National Tax Journal*, pp. 341-348, 1994.
- [۲۳] J. L. Crompton, "The impact of parks on property values: A review of the empirical evidence," *Journal of leisure research*, vol. 33, no. 1, pp. 1-31, 2001.
- [۲۴] E. C. M. Hui, J. W. Zhong, and K. H. Yu, "The impact of landscape views and storey levels on property prices," *Landscape and Urban Planning*, vol. 105, no. 1, pp. 86-93, 2012/03/30/ 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.12.002>.
- [۲۵] J. Luttik, "The value of trees, water and open space as reflected by house prices in the Netherlands," *Landscape and urban planning*, vol. 48, no. 3-4, pp. 161-170, 1999.
- [۲۶] G. M. Brown and H. O. Pollakowski, "Economic valuation of shoreline," *The review of Economics and Statistics*, pp. 272-278, 1977.
- [۲۷] L. Tyrväinen and A. Miettinen, "Property Prices and Urban Forest Amenities," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 39, no. 2, pp. 205-223, 2000/03/01/ 2000, doi: <https://doi.org/10.1006/jeem.1999.1097>.
- [۲۸] H. Sander, S. Polasky, and R. G. Haight, "The value of urban tree cover: A hedonic property price model in Ramsey and Dakota Counties, Minnesota, USA," *Ecological Economics*, vol. 69, no. 8, pp. 1646-1656, 2010/06/15/ 2010, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.03.011>.
- [۲۹] D. Fleming, A. Grimes, L. Lebreton, D. Maré, and P. Nunns, "Valuing sunshine," *Regional Science and Urban Economics*, vol. 68, pp. 268-276, 2018.
- [۳۰] I. C. Kaymaz, "Landscape perception," *Landscape planning*, pp. 251-276, 2012.
- [۳۱] L. M. Anderson and H. K. Cordell, "Influence of trees on residential property values in Athens, Georgia (USA): A survey based on actual sales prices," *Landscape and urban planning*, vol. 15, no. 1-2, pp. 153-164, 1988.
- [۳۲] R. W. Paterson and K. J. Boyle, "Out of sight, out of mind? Using GIS to incorporate visibility in hedonic property value models," *Land economics*, vol. 78, no. 3, pp. 417-426, 2002.
- [۳۳] S. Yasumoto, A. P. Jones, T. Nakaya, and K. Yano, "The use of a virtual city model for assessing equity in access to views," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 35, no. 6, pp. 464-473, 2011.
- [۳۴] Y. Yamagata, D. Murakami, T. Yoshida, H. Seya, and S. Kuroda, "Value of urban views in a bay city: Hedonic analysis with the spatial multilevel additive regression (SMAR) model," *Landscape and Urban Planning*, vol. 151, pp. 89-102, 2016.
- [۳۵] J. Zhu, G. Wright, J. Wang, and X. Wang, "A critical review of the integration of geographic information system and building information modelling at the data level," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 7, no. 2, p. 66, 2018.
- [۳۶] J. Zhu, X. Wang, M. Chen, P. Wu, and M. J. Kim, "Integration of BIM and GIS: IFC geometry transformation to shapefile using enhanced open-source approach," *Automation in Construction*, vol. 106, p. 102859, 2019.
- [۳۷] M. Wang, Y. Deng, J. Won, and J. C. P. Cheng, "An integrated underground utility management and decision support based on BIM and GIS," *Automation in Construction*, vol. 107, p. 102931, 2019/11/01/ 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102931>.
- [۳۸] S. Yamamura, L. Fan, and Y. Suzuki, "Assessment of Urban Energy Performance through Integration of BIM and GIS for Smart City Planning," *Procedia Engineering*, vol. 180, pp. 1462-1472, 2017/01/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.309>.
- [۳۹] J. Irizarry, E. P. Karan, and F. Jalaei, "Integrating BIM and GIS to improve the visual monitoring of construction supply chain management," *Automation in Construction*, vol. 31, pp. 241-254, 2013/05/01/ 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.005>.
- [۴۰] H. Wang, Y. Pan, and X. Luo, "Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis," *Automation in Construction*, vol. 103, pp. 41-52, 2019/07/01/ 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>.

- [۴۱] Z. Ma and Y. Ren, "Integrated application of BIM and GIS: an overview ", *Procedia Engineering*, vol. 196, pp. 1072-1079, 2017.
- [۴۲] H. Zhang, Y. Li, B. Liu, and C. Liu, "The Application of GIS 3D Modeling and Analysis Technology in Real Estate Mass Appraisal-Taking landscape and sunlight factors as the example," *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 40, no. 4, p. 363, 2014.
- [۴۳] H. Yu and Y. Liu, "Integrating Geographic Information System and Building Information Model for Real Estate Valuation," in *Proceedings of the FIG Working Week*, 2016 .
- [۴۴] N. Arcuri, M. De Ruggiero, F. Salvo, and R. Zinno, "Automated valuation methods through the cost approach in a BIM and GIS integration framework for smart city appraisals," *Sustainability*, vol. 12, no. 18, p. 7546, 2020.
- [۴۵] S. El Yamani, R. Hajji, G.-A. Nys, M. Ettarid, and R. Billen, "3D Variables Requirements for Property Valuation Modeling Based on the Integration of BIM and CIM," *Sustainability*, vol. 13, no. 5, p. 2814, 2021.
- [۴۶] S. El Yamani, R. Hajji, and M. Ettarid, "Building Information Modeling Potential for an enhanced real estate valuation approach based on the hedonic method," *WIT: Transactions on the Built Environment*, vol. 192, p. 12, 2019.
- [۴۷] A. Kara, P. Van Oosterom, V. Çağdaş, Ü. Işıkdag, and C. Lemmen "۳" ,Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model," *Land use policy*, vol. 98, p. 104179, 2020.
- [۴۸] A. Kara, P. J. van Oosterom, V. Çağdaş, Ü. Işıkdag, and C. Lemmen, "3D Data for Better Property Value Estimation in the context of LADM Valuation Information Model," in *6th International FIG Workshop on 3D Cadastres 2018*, 2018 .
- [۴۹] Y. Ying, M. Koeva, M. Kuffer, K. O. Asiam, X. Li, and J. Zevenbergen, "Making the Third Dimension (3D) Explicit in Hedonic Price Modelling: A Case Study of Xi'an, China," *Land*, vol. 10, no. 1, p. 24, 2021.
- [۵۰] K. Afsari, C. M. Eastman, and D. Castro-Lacouture, "JavaScript Object Notation (JSON) data serialization for IFC schema in web-based BIM data exchange," *Automation in Construction*, vol. 77, pp. 24-51, 2017/05/01/ 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.011>.
- [۵۱] Wikipedia, "Landscape https://en.wikipedia.org/wiki/Landscape#cite_note-9
"Wikipedia. [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Landscape#cite_note-9.
- [۵۲] E. J. Gustafson, "Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?," *Ecosystems*, vol. 1, no. 2, pp. 143-156, 1998.
- [۵۳] R. O'Neill *et al.*, "Indices of landscape pattern," *Landscape ecology*, vol. 1, no. 3, pp. ۱۹۸۸ , ۱۶۲-۱۵۳ .
- [۵۴] A. Khaira and R. Dwivedi, "A state of the art review of analytical hierarchy process," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 2, pp. 4029-4035, 2018.
- [۵۵] O. S. Vaidya and S. Kumar, "Analytic hierarchy process: An overview of applications," *European Journal of Operational Research*, vol. 169, no. 1, pp. 1-29, 2006/02/16/ 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>.
- [۵۶] T. L. Saaty, "Decision making with the analytic hierarchy process," *International journal of services sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 83-98, 2008.
- [۵۷] J. E. Leal, "AHP-express: A simplified version of the analytical hierarchy process method," *MethodsX*, vol. 7, p. 100748, 2020.
- [۵۸] S. Klutho, "Mathematical decision making: an overview of the analytic hierarchy process," *Washington: Whitman College*, 2013.
- [۵۹] R. R. Yager, "Families of OWA operators," *Fuzzy sets and systems*, vol. 59, no. 2, pp. 125-148, 1993.
- [۶۰] Municipality_of_Tehran. "About Tehran." <https://www.tehran.ir> (accessed).
- [۶۱] Municipality_of_Tehran. "Introduction to the Municipality of District 22 of Tehran." <https://www.tehran.ir> (accessed).