مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020
۷ - ۲۵
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۲/۱۱ تاریخ پذیرش نهایی : ۱۳۹۹/۶/۵

کاربست فناوری مدل‌سازی اطلاعات شهر؛ رهیافتی نوین در مدیریت شهری هوشمند موردکاوی: کوی کالاد تهران[۱]

مهشید قربانیان* - استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، استان تهران، شهر تهران
فرشاد شریعت‌پور – کارشناسی ارشد طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، شهر تهران

۱- چکیده

سرعت توسعه تکنولوژی در جهان و ظهور نرم‌افزارها و اپلیکیشن‌های هوشمند، نشان‌دهنده توسعه تکنولوژی در راستای علم مربوط به آن میباشد. در این راستا ارتباط دانش طراحی و برنامه‌ریزی‌شهری با تکنولوژی را نباید نادیده گرفت. چندین سال است که ابزارهای تجسم سه‌بعدی در سراسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. مدل‌های سه‌بعدی شهری، به طور کلی برای توصیف وضعیت فعلی تولید می‌شوند و در سطح بالاتر می‌توان از آنها در شبیه‌سازی برای مباحث مرتبط به مدیریت شهری از جمله مدیریت بحران، به خوبی استفاده کرد. برخورداری از مدیریت شهری هوشمند در گرو کاربست ابزارهای اجرایی هوشمندسازی در ابعاد مختلف شهر می‌باشد. رویکرد مدل‌سازی رویه‌ای و ابزارهای آن یکی از همین تکنولوژی‌ها می‌باشد که با استفاده از آن، می‌توان در کل فرآیند برنامه‌ریزی و طراحی، بازخوردهای پویا و داینامیک ایجاد کرد.

این نوشتار با رویکرد کاربردی- عملی، ابتدا با معرفی مدل‌سازی رویه‌ای[۲] به سمت طراحی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار CityEngine می‌رود. به منظور نمایش و ارائه این تکنیک، برای بخشی از کوی کالاد در تهران، چهار گام اساسی شامل؛ ۱. جمع‌آوری تمام اطلاعات لازم و ویژگی‌های ساختمان‌ها برای ایجاد یک پایگاه داده[۳] برای مدل‌سازی در کنار برداشت تصاویر نمای ساختمان‌ها، ۲. نوشتن فایل قانون CGA ۳. استفاده از الگوریتم‌ها و کدها در نرم‌افزار CityEngine برای تولید مدلِ هوشمند، ۴. نتیجه نهایی مدل سه‌بعدی شبیه‌سازی شده به صورت خروجی تحت‌وب[۴] انجام شده‌است. از آنجا که این کدها به صورت متنی هستند، قابل تغییر و توسعه در آینده می‌باشند.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی سه‌بعدی، مدل‌سازی رویه‌ای، مدیریت شهری هوشمند، CityEngine، کوی کالاد تهران.

Applying of City Information Modeling (CIM) Technology; a new approach in smart urban management (Case study: Kalad, Tehran City)

Abstract

The pace of technology development in the world and the emergence of smart software and applications are indicative of the development of technology in the field of science. In this way, the relationship between urban design knowledge and urban planning with technology should not be ignored. ۳D visualization tools are used to create high-level designs around the world. Urban three-dimensional models are generally generated to describe the current situation, and at a higher level, three-dimensional urban models can be well used in simulation for topics related to various types of urban management, including crisis management. Having smart city management depends on the use of smart executive tools in different dimensions of the city. The Procedural Modeling approach and its tools are one of these technologies, that by using it, dynamic and automatic feedback can be created throughout the design process and flexible and smart scenarios can be designed and programmed. With a practical approach, this paper first introduces Procedural Modeling to design, modeling and simulation by using the CityEngine software. In order to demonstrate and present the use of this smart simulation technique, the visualization of the current situation for a part of the Kalad neighborhood of Tehran city, will be done in four basic steps; The first step is to gather all the necessary information and attributes of the buildings to create a database for modeling along with taking pictures of the buildings facades. The second step is to write the CGA rule file and the next step is to create a three-dimensional simulated model in the CityEngine software by using algorithms and written code. Finally, the final result of the simulated three-dimensional model is published as a web-based output. Since these codes are textual, they can be changed and developed in the future.

Key Words: ۳D modeling, Procedural Modeling, Smart urban management, CityEngine, Tehran Kalad neighborhood.

۱ - این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد فرشاد شریعت پور، با عنوان "فناوری طراحی باهمستان هوشمند با تکیه بر الگوریتم مدل‌سازی رویه‌گرا با استفاده از نرم‌افزار CityEngine" به راهنمایی دکتر مصطفی بهزادفر و دکتر مهشید قربانیان، در دانشگاه علم و صنعت ایران می‌باشد.

* نویسنده مسئول پست الکترونیک: ghorbanian@iust.ac.ir

2- Procedural Modeling 3-Data-based 4- Web-based

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

۱– مقدمه

موجودیت شهر در برابر ایستایی قرار گرفته است؛ شهر در چرخه زمان و در بستر مکان پویا و متحول می‌باشد. بنابراین طراحان و برنامه‌ریزان نباید برای شهر محصولات ثابت و نهایی ایجاد کنند، بلکه باید چارچوبی را تعریف کنند که ممکن است در آینده تغییر نماید و همچنین خود را با تغییرات آینده انطباق دهد. لذا می‌باید در برنامه‌ریزی شهری چارچوب فضایی شهر، دینامیک در نظر گرفته شود و نیز طراحی شهری به سمت استفاده از فناوری در مدل‌سازی شهری هدایت گردد. به عنوان یک واقعیت پذیرفته‌شده، هدف شهرسازی ایجاد شهرهای قابل سکونت است. مفاهیم جدید برای تجلی این گونه شهرها در دهه‌های اخیر، شهرهای هوشمند و پایدار می‌باشند. ابزارهای این مفاهیم که به طور گسترده مورد تحقیق قرار گرفته و به طور فزاینده‌ای توسط بسیاری از شهرها پذیرفته شده است. در کنار پیشرفت سریع تکنولوژی‌های کامپیوتری که ابزار قالب توجهی را در اختیار شهرسازان قرار می‌دهند، این واقعیت آشکار می‌شود که در آینده نزدیک، حالتی جامع و تعاملی از شهرسازی را تجربه خواهیم کرد. شرایط کنونی جهانی نیز شهرها را بیش از پیش به وی رقابت، هوشمندی، انعطاف‌پذیر یو سازگاری تشویق می‌کنند. بحث در مورد نحوه استفاده از این فناوری‌ها در عملکرد شهرها به همراه توانایی رقابت و بهره‌وری، منجر به مفهوم شهر هوشمند می‌شود. واشبرن و همکارانش، شهر هوشمند را ارتباط قوی خود با فناوری‌های محاسباتی تعریف می‌کنند. آن‌ها معتقدند خدمات شهرهای هوشمند باید با استفاده از تحولات تکنولوژیکی جدید، هوشمندتر، مرتبط‌تر و کارآمدتر باشند و امروزه شهرها با اتوماسیون خدمات، مردم، ساختمان ها، ترافیک و غیره هوشمندتر می‌شوند (Wash-burn et al., ۲۰۱۰). با ظهور این مفهوم، شهر هوشمند به بهبود عملکرد و بهره‌وری خدمات شهری، و ارائه راه‌حل‌های نوآورانه برای مقابله با اثرات مخرب توسعه سریع شهری، مانند تفکیک اجتماعی، فقر و محیط‌های ناپایدار می‌پردازد. در راستای این هدف، شهرها با اعمال روش‌های دقیق برای به دست آوردن انواع داده‌های شهری، همچنین مدیریت برنامه‌های شهری و سیاست‌ها در حال تغییر شکل ارتباط با ساکنین خود هستند. مفهوم شهر هوشمند نه تنها شامل خودکارسازی توابع معمول شهر می‌شود بلکه پارادایم‌هایی را دربرمی‌گیرد که بهره‌وری را در نظارت، تجزیه و تحلیل، و فرآیند تصمیم‌گیری بهبود می‌بخشد و راه‌حل‌های جدیدی را برای ارتقاء استانداردهای زندگی فراهم می‌کند. همچنین، این پارادایم‌ها می‌توانند مدیریت شهرها را با ارزیابی روند واقعی‌سازی و اجرای برنامه‌ها در بلندمدت دستخوش تغییر قرار دهند (Batty et al., ۲۰۱۲). این دیدگاه به چشم‌انداز یکپارچه‌ای از شهر و زیرساخت‌های آن، در ترکیبی از تمام ابعاد مؤثر آن نیاز دارد (Correia & Wünstel, ۲۰۱۱).

آلبرت اینشتین معتقد بود که در علم، انقلاب در تئوری اغلب با انقلاب در ابزار رخ می‌دهد. شهرهای هوشمند، ابزار نوینی را برای مشاهده دقیق شیوه استفاده مردم از شهر ارائه می‌دهند و از این‌رو می‌توانند رویکردهای جدیدی را در حوزه نظری شهری ایجاد کنند (C Harri-son & Abbott Donnelly, ۲۰۱۱).

امروزه اصلی‌ترین محور تحول و توسعه در جهان، فناوری اطلاعات و ارتباطات است که دستاوردهای آن با زندگی مردم عجین گردیده است. شهرسازی و معماری نیز از این قاعده مستثنی نبوده و باید با پیشرفت تکنولوژی‌های نوین خود را همگام کند. برنامه‌ریزی و طراحی شهری در عمل به طور جدایی ناپذیری با ابزارهای دیجیتال در هم تنیده شده‌اند. ابزارهای خلاقانه و جدید جای ابزارهای تحلیلی دستی را گرفته‌اند. در زمینه‌های کاربردی و علمی، در مدل‌سازی جهان در سه‌بعد، علاقه و روند رو به رشدی وجود دارد. به منظور مدل‌سازی و شبیه‌سازی دنیای واقعی، فرایند دیجیتالی کردن شکل‌های اشیاء، حرکت، بافت و دیگر ویژگی‌ها مورد تاکید است. در همین راستا کارهای زیادی انجام شده و دستاوردهای قابل توجهی در زمینه تجهیزات و نرم‌افزارهای دیجیتال به دست آمده است. ابزارهای مدل‌سازی سه‌بعدی کامپیوتری، از جمله سیستم اسکن لیزری، مدل‌سازی و رندر مبتنی بر تصویر (IBMR)[۱]، بسیار قدرتمند هستند. مدل‌سازی اشیاء، از ساختار ساده اشیاء تا برجستگی‌های پیچیده صورت انسان، مو و حتی به مدل‌سازی اشکال مایع تکامل یافته است. در گذشته، کاربرد اصلی مدل‌سازی سه‌بعدی، نمایش بصری بود اما امروزه تاکید مدل‌سازی بر تغییر است. مدل‌سازی سه‌بعدی به طور گسترده‌ای در زمینه‌هایی مانند گرافیک کامپیوتری، واقعیت مجازی و ارتباطات مورد استفاده قرار گرفته است و با توجه به پیچیدگی‌ها و گستردگی‌ها، امروزه تقاضای بیشتری برای ایجاد محتوای سه‌بعدی در راستای مدیریت، نگهداری، نمایش چرخه حیات اشیاء، به منظور اتخاذ تصمیم‌گیری‌های به موقع و پیش‌بینی تغییرات مورد نیاز است. البته در زمینه‌های مختلف پژوهشی و برنامه‌های کاربردی، روش‌های مدل‌سازی سه‌بعدی در هر تخصص، خاص خود بوده و متفاوت است.

برخورداری از مدیریت شهری هوشمند در گرو کاربست ابزارهای اجرایی هوشمندسازی در ابعاد مختلف شهر می‌باشد. در این راستا در سال‌های اخیر، مطالعاتی در زمینه فراهم‌سازی زیرساخت‌ها صورت پذیرفته و پیرو آن، اقداماتی خردمقیاس با هدف کاهش بار مدیریت شهری و برون‌سپاری برخی فعالیت‌ها و یا بهره‌گیری از سامانه‌های مدیریت داده‌ای و انجام تراکنش‌های اداری، انجام شده است. با این وجود، بخش اعظمی از شهر در تبلور کالبدی و عناصر وابسته به آن مانند حجم سه‌بعدی بلوک‌ها، سیمای جداره‌ها، تراکم‌های ارتفاعی و ضوابط اجرایی آن نمود پیدا می‌کند که هر

۱- Image Based Modeling and Rendering

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

یـک بـه نوبـه خـود نیازمنـد ابـزاری ارتباطـی بـرای بازنمـون آن‌هـا در قالـب شـهر و مدیریـت شـهری هوشـمند اسـت. بـه سـبب ماهیـت چنیـن ابعـادی از شـهر، تدویـن ورودی بـرای مدیریـت شـهری هوشـمند چالشـی تکنیکـی محسـوب می‌شـود کـه هم‌افزایـی سـامانه‌های داده‌ای و پـردازش را باهـم می‌طلبـد. یکـی از مهم‌تریـن وجـوه هوشـمندی در مدیریـت شـهریِ بافت‌هـا و مورفولـوژی آن، تولیـد مدل‌هـای سـه‌بعدیِ پویـا بـه منظـور بررسـی بازخـورد اعمـال ضوابـط شـهری و یـا پیش‌بینـی تغییـرات احتمالـی در فـرم سـه‌بعدی شـهر می‌باشـد. بهتریـن روش بـرای ایجـاد مـدل سـه‌بعدی بـزرگ مقیـاس در یـک زمـان کوتـاه و بـا هزینه‌هـای پاییـن، مدل‌سـازی رویـه‌ای بـا اسـتفاده از قوانیـن و الگوریتم‌هـا اسـت کـه راه‌حـل مقرون‌به‌صرفـه‌ای بـرای تولیـد محتـوای سـه‌بعدی شـهری می‌باشـد(Watson et al„ ۲۰۰۸) . در مقالـه حاضـر، کاربسـت رهیافـت رویه‌گـرا در تولیـد مدل‌هـای سـه‌بعدی تعاملـی هوشـمند در شـهر مـورد مطالعـه قـرار خواهـد گرفـت و سـپس نمونـه‌ای از چنیـن ظرفیتـی در بخشـی از کـوی کالاد تهـران بـه کمـک برنامه‌نویسـی در نرم‌افـزار CityEngine بـه صـورت خروجـی سـه‌بعدی ارائـه می‌گـردد تـا قابلیـت اسـتفاده از پتانسـیل مدل‌هـای رویـه‌ای در مدیریـت شـهری هوشـمند آشـکار شـود.

۳- ادبیات موضوع

۳-۱- شهر هوشمند و مدیریت شهری هوشمند

شـهر هوشـمند از جملـه واژگانـی اسـت کـه تعاریـف مختلفـی ار آن شـده اسـت و بیـش از ۱۹۰ تعریـف از ایـن مفهـوم وجـود دارد. در مفهوم‌سـازی بـرای شـهر هوشـمد می‌بایـد بـه تفـاوت آن بـا شـهر باهـوش، شـهر مجـازی، شـهر دیجیتـال و شـهر اطلاعـات، و جایـگاه مـردم در آن توجـه کـرد؛ تمـام فعالیت‌هـای شـهر هوشـمند در راسـتای بـالا بـردن کیفیـت زندگـی مـردم انجـام می‌گیـرد. در جـدول زیـر خلاصـه‌ای از برخـی تعاریـف شـهر هوشـمند ارائـه شـده اسـت؛

جدول ۱- تعاریف از شهر هوشمند

تعریف	منبع
شـهرهای هوشـمند بـر پایـه خلاقیـت شـهروندان، نهادهـا، سـازمان‌های دانش‌محـور و زیرسـاخت‌های دیجیتـال بـه منظـور برقـراری ارتباطـات و مدیریـت دانش‌بنیـان.	(Komninos, 2015)
شـهرهای هوشـمند بـر پایـه ترکیبـی نویـد بخـش از سـرمایه هـای انسـانی ، سـرمایه هـای زیـر سـاختی، سـرمایه هـای اجتماعـی و سـرمایه هـای کارآفرینـی قـرار دارند.	Kourtit & Nijkamp,) (2012
شـهرهای هوشـمند دارای نسـبت بالایـی از افـراد بـا تحصیـلات عالیـه، مشـاغل دانش‌محـور، سیسـتم‌های برنامه‌ریـزی خروجی‌گـرا، فعالیت‌هـای خـلاق می‌باشـند.	Kourtit, Nijkamp, &) (Arribas, 2012
«هوشـمند یـا باهـوش» ظرفیـت تولیـد ارزش افـزوده اطلاعـات را از طریـق پـردازش داده‌هـای شـهری در زمـان واقعـی بـا اسـتفاده از سنسـورها را بیـان می‌کنـد.	(Zygiaris, 2013)
شـهر هوشـمند بـه عنـوان یـک شـهر پیشـرفته و فشـرده بـا تکنولـوژی بـالا کـه مـردم، اطلاعـات و عناصـر شـهری را بـا فناوری‌هـای جدیـد بـه هـم متصـل می‌کنـد، درنظرگرفتـه شـده اسـت.	Bakıcı, Almirall, &) (Wareham, 2013
شـهر هوشـمند بـه معنـی اسـتفاده از همـه منابـع و فنـاوری هـای موجـود بـه صـورت هوشـمندانه و هماهنـگ بـه منظـور توسـعه مراکـز شـهری پایـدار، قابـل سـکونت.	Barrionuevo, Berrone,) (& Ricart, 2012
یـک شـهر زمانـی هوشـمند اسـت کـه سـرمایه‌گذاری در سـرمایه‌ای اجتماعـی و انسـانی و تقویـت زیرسـاخت‌های ارتباطـی سـنتی و مـدرن، رشـد اقتصـادی و انـرژی پایـدار صـورت پذیـرد.	Caragliu, Del Bo, &) (Nijkamp, 2011
شـهر هوشـمند از مزیت‌هـا و قابلیت‌هـای سنسـورها در زیرسـاخت‌های شـهری تعبیـه شـده، اسـتفاده مـی کنـد و نتیجـه آن بهبـود کیفیـت زندگـی.	(Chen, 2010)
شـهری کـه زیـر سـاخت هـای فیزیکـی، زیـر سـاخت هـای فنـاوری اطلاعـات، زیـر سـاخت هـای اجتماعـی و زیرسـاخت کسـب و کار را بـه منظـور تقویـت هـوش جمعـی شـهر بـه هـم وصـل مـی کنـد.	Colin Harrison et al.,) (2010

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

شـهر هوشـمند سیسـتم‌گرا نیسـت، بلکـه خدمـات محـور (سـرویس‌گرا) اسـت؛ هـدف نهایـی یـک شـهر هوشـمند ارتقـاء کیفیـت کلـی خدمـات شـهری اسـت. ایجـاد یـک سیسـتم یکپارچـه بـه خـودی خـود پایـان راه نیسـت، بلکـه مکانیزمـی اسـت کـه از طریـق آن خدمـات تحویـل و اطلاعـات بـه اشـتراک گذاشـته میشـود. نـوآوری سیاسـی و سـازمانی بـرای یـک شـهر هوشـمند، مدیریـت مؤثـر خدمـات و رسـیدگی بـه تقاضاهـای خدماتـی شناسـایی شـده از طریـق حکمروایـی اسـت (Pourahmad, Ziari, Hataminejad, & Pash-abadi, ۲۰۱۸). در تحقیاتـی کـه روی ابعـاد شـهر هوشـمند انجـام شـده اسـت، هشـت مؤلفـه کلیـدی را بـرای هـر شـهر هوشـمند شناسـایی کرده‌انـد کـه دارا بـودن حداقـل ۵ مؤلفـه هوشـمندی، یـک شـهر را در زمـره شـهرهای هوشـمند قـرار می‌دهـد (Vidyasekar, ۲۰۱۳)؛

۱. حکمروایی هوشمند[۱]	۲. انرژی هوشمند[۲]
۳. ساختمان هوشمند[۳]	۴. جابجایی هوشمند[۴]
۵. زیرساخت هوشمند[۵]	۶. تکنولوژی هوشمند[۶]
۷. مراقبت‌های بهداشتی هوشمند[۷]	۸. شهروند هوشمند[۸]

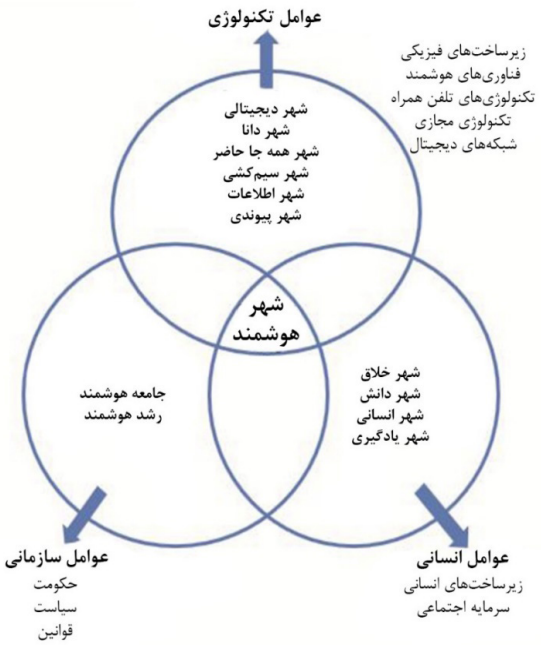
بـه طـور کلـی می‌تـوان ارتبـاط بیـن عناصـر و اجـزاء ش هوشـمند را در قالـب مفهومـی شـکل زیـر نمایـش داد. اسـاس ایـن شـکل، لازم اسـت تمامـی لایه‌هـا و سـاختاره شـهر هوشـمند ددر ارتباطـی معنـادار بـا یکدیگـر عمـل کن

۲-۳- مدل‌سازی سه‌بعدی

مدل‌سـازی اولیـن و مهم‌تریـن رکـن گرافیـک سـه‌بعدی اس (Govil-Pai, ۲۰۰۶). ایـن فرآینـد شـامل سـه مرحلـه اصل می‌باشـد؛ مرحلـه اول جمـع‌آوری داده سـه‌بعدی، مرحلـه بعـ

۱-Smart Governance
۲-Smart Energy
۳-Smart Building
٤- Smart Mobility
٥- Smart Infrastructure
٦- Smart Technology
۷- Smart Health Care
۸- Smart Citizen

مدل‌سـازی و آخریـن مرحلـه رنـدر (Dobraja, ۲۰۱۵). یکـی از برجسـته‌ترین حوزه‌هـای کاربـرد مدل‌هـای سـه‌بعدی، معمـاری و طراحـی شـهری اسـت. بـا ایـن حـال، مدل‌سـازی سـه‌بعدی دارای کاربـرد گسـترده‌تری از جملـه برنامه‌ریـزی، مهندسـی، باستان‌شناسـی، پزشـکی، سـینما، بـازی، طراحـی صنعتـی، سـاخت، نمونه‌سـازی، فیلـم، موزه‌هـا، سـرگرمی و بسـیاری از زمینه‌هـای دیگـر می‌باشـد (Luan, Xie, Ying, & Wu, ۲۰۰۸). بـه غیـر از اهـداف طراحـی، صنایـع سـرگرمی بـه طـور گسـترده‌ای از محتـوای سـه‌بعدی دیجیتـال در فیلم‌هـا، بازی‌هـا و غیـره اسـتفاده می‌کننـد. در واقـع، صنعـت بـازی و سـرگرمی بـه عنـوان اصلی‌تریـن عامـل اصلـی در حرکـت بـه سـمت نسـل محتـوای سـه‌بعدی در نظـر گرفتـه شده‌اسـت. امـروزه یـک محبوبیـت رو بـه رشـد از مدل‌سـازی سـه‌بعدی از مناطـق بـزرگ شـهری وجـود دارد (Shiode, ۲۰۰۰). یکـی از دلایـل مدل‌سـازی دیجیتالـی سـه‌بعدی ایـن اسـت کـه آن‌هـا بـه طراحـان کمـک می‌کننـد تـا ایده‌هـای طراحـی خـود را مـورد سـنجش قـرار دهنـد و سـطح تخیـل را بـالا ببرنـد (Al-Douri, ۲۰۰۶). همـراه بـا ظهـور تکنولوژی‌هـای ماننـد واقعیـت افـزوده (AR)[۹] و واقعیـت مجـازی (VR)[۱۰]، بـا نیازمنـدی گسـترده‌ای بـرای مدل‌هـای سـه‌بعدی مواجـه می‌شـویم (تصویـر۱) (Azuma, ۱۹۹۷).



شکل ۱- اجزاء و عناصر شهر هوشمند **(Nam & Pardo, ۲۰۱۱)**

۹-Augmented reality
۱۰-Virtual Reality

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

تصویر **۱**– استفاده از واقعیت افزوده در شهر به کمک داده‌های GIS **(Maggie Talal, ۲۰۱۴)**

تصویر **۲**– استفاده از واقعیت مجازی در رشته های گوناگون **(Clayton (Purdom, n.d**

امروزه چنین تکنولوژی‌های در حالت‌های مختلف به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع، به نظر می‌رسد که مدل‌های شهری آینده، با رابطهای تعامل‌پذیر، سازگاری خیلی زیادی داشته باشند.

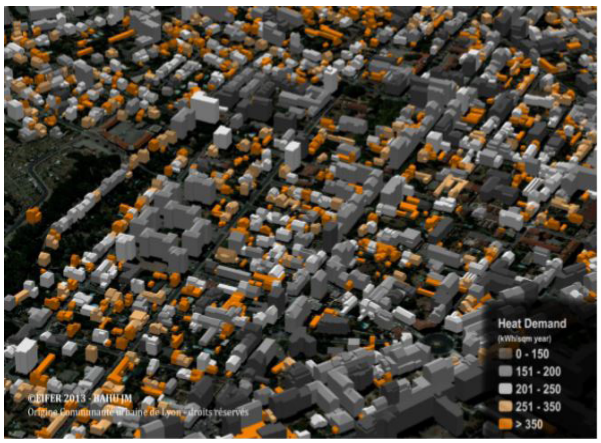
۳-۳- مدل‌سازی سه‌بعدی شهر

امروزه، روش و ابزار ارائه‌ی مدل‌های شهری تغییر کرده‌اند. کاربردهای قبلی مدل‌سازی شهر، به خروجی‌های GIS محدود بودند. یک روش سنتی، تولید تصاویر[۱] استاتیک، به عنوان خروجی بوده اما پیشرفت‌های اخیر در محاسبات، رابطهای جدیدی را برای تعامل با مدل‌های شهری مجازی فعال ساخته‌است (Morton, Horne, Dalton, & Thompson, ۲۰۱۲).

امروزه از طریق رابطهای مبتنی بر وب، نقشه‌ها یا داده‌های سه‌بعدی GIS می‌توانند به عنوان کاربردهای تعاملی ارائه شوند. بنابراین، ابزار ایجاد مدل شهری نیز در حال تغییر است. یکی از اهداف اصلی مدل‌های سه‌بعدی شهر، بصری‌سازی[۲] است این امر به تسهیل بازخورد افکار عمومی و افزایش آگاهی عمومی (Smart People) کمک می‌کند. علاوه بر اهداف تجسم بصری، مدل‌های سه‌بعدی شهری نیز به عنوان حاملان اطلاعات مورد استفاده قرار می‌گیرند. زیرا که آن‌ها از نظر بصری، توانایی درک اطلاعات را آسان‌تر و دقیق‌تر از گرافیک دوبعدی در اختیار قرار می‌دهند (شریعت پور، ۱۳۹۸).

در مقیاس معماری، مدل‌های اطلاعات ساختمان[۳] (BIM) یک تکنیک است که اطلاعات مورد نیاز مربوط به ساختمان را ذخیره می‌کند و می‌تواند اطلاعات مرتبط با ساخت‌وساز ساختمان را مدیریت کند. ادغام این تکنیک‌ها با GIS انجام دامنه وسیعی از تحلیل‌ها را ممکن می‌سازد(Rua, Falcão, & Roxo, ۲۰۱۳). کاربردهای مدل‌های سه‌بعدی شهر، با توجه به کاربردهای متعدد در چندین حوزه کاربردی توسط بیهسکی[۴] و همکاران (۲۰۱۵) طبقه‌بندی شده‌اند. آن‌ها وضعیت اخیر هنر را در زمینه مدل‌سازی سه‌بعدی شهری بررسی کرده‌اند. این آثار به دو دسته تقسیم می‌شوند که در آن بصری‌سازی معیار اصلی است.

(۱) مواردی که در نتیجه عملیات مکانی ایجاد می‌شوند و تجسم نتایج آن ضروری نیست، به عنوان نمونه های غیر تجسم دسته بندی می‌شوند. برخی از موارد مبتنی بر عدم تجسم‌سازی شامل تخمین تقاضای انرژی[۵] (تصویر ۳)، تخمین تابش خورشیدی[۶]، تعیین فضای طبقه[۷] و دسته‌بندی انواع ساختمان هستند.



تصویر **۳**– تجسم ارزیابی تقاضای انرژی **(Biljecki, Stoter, Ledoux, Zlatanova, & Çöltekin, ۲۰۱۵)**

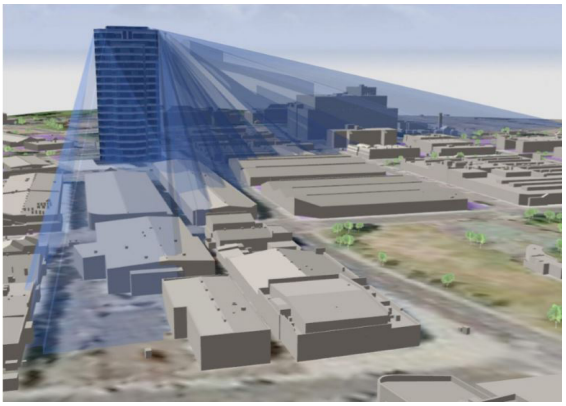
۲- visualization
۳- Building Information Modeling
٤- Biljecki
٥- energy demand
٦- solar irradiation
۷- floor space

۱-render

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

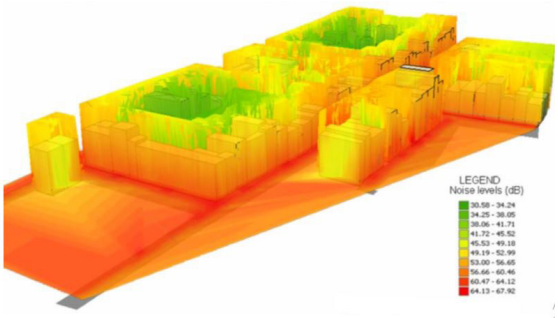
[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

(۲) مـواردی کـه بـه تجسم‌سـازی نیـاز دارنـد بـه عنـوان هـدف اصلـی ایجـاد ارتبـاط، برقـراری ارتبـاط اطلاعـات شـهری و واقعیـت مجـازی، بـه عنـوان مـوارد مبتنـی بـر تجسـم گروه‌بنـدی می‌شـوند مثـل، دیـد[۱]، سـایه اندازی[۲](تصویـر ۴)، بـرآورد آسـیب لرزه‌ای[۳]، سـیل و مدیریـت جنگل‌هـا[۴].



تصویر **۴**- برآورد سایه توسط یک ساختمان برای چند موقعیت خورشید. به عنوان مثال، این پرونده مورد استفاده در ارزیابی اثر طراحی یک ساختمان پیشنهادی در اطراف آن ارزشمند است .(al et Biljecki., ۲۰۱۵)

همچنیـن بـرآورد تاثیـر محیـط انسان‌سـاخت از قبیـل صـدا (تصویـر ۵) و نـور بـه یـک گـروه تقسـیم می‌شـود. جهت‌یابـی[۵] و مسـیریابی[۶] می‌تـوان بـه عنـوان تجاری‌تریـن کاربـرد مـورد اسـتفاده قـرار گیرنـد .(al et Biljecki., ۲۰۱۵)



تصویـر **۵**- شبیه‌سـازی سـر و صـدای سـه‌بعدی مشـتق شـده بـا مـدل سـه‌بعدی شـهر .(al et Biljecki., ۲۰۱۵)

۱- visibility
۲- shadow casting
۳- seismic damage
٤- forest management
۵- Navigation
٦- Routing

۴-۳- انواع حالت‌های مدل‌سازی سه‌بعدی

انـواع تکنیک‌هـای مدل‌سـازی بـه ۴ دسـته کلـی تقسـیم‌بندی می‌شـود:

* روش مدل‌سازی تعاملی مبتنی بر CAD[۷]
* روش مبتنی بر مدل‌سازی اسکن لیزری سه‌بعدی[۸]
* روش مدل‌سازی مبتنی بر تصویر[۹]
* روش مدل‌سازی رویه ای مبتنی بر دستورزبان[۱۰]

در جـدول زیـر، در مـورد ابزارهـا و نـوع تکنیـک بـرای روش‌هـای بـالا توضیحاتـی بیـان شـده کـه یکـی از ایـن تکنیک‌هـا، مدل‌سـازی رویـه‌ای و ابـزار بـرای انجـام ایـن تکنیـک، نرم‌افـزار CityEngine می‌باشـد کـه در ادامـه آورده شـده اسـت.

۱-۴-۳- مدل‌سازی رویه‌گرا[۱۱] و مفهوم آن

مدل‌سـازی رویـه‌ای، روشـی اسـت کـه بـه طـور گسـترده در زمینـه تکنولـوژی گرافیـک کامپیوتری[۱۲]مـورد اسـتفاده قـرار می‌گیـرد. واژه «مدل‌سـازی رویـه‌ای»[۱۳] بـه معنـای یـک فرآینـد برنامه‌نویسـی در مدل‌سـازی اسـت، بـه طـوری کـه قوانیـن را می‌تـوان توسـط کامپیوتـر مدل‌سـازی کـرد و از مدل‌سـازی دسـتی سـنگین خـلاص شـد تـا اهـداف مدل‌سـازی خـودکار را بدسـت آورد (Su & Xiong, ۲۰۱۲). مدل‌سـازی رویـه‌ای یـک اصطـلاح پوششـی[۱۴] اسـت کـه تمـام تکنیک‌هـای تولیـد محتـوای سـه‌بعدی الگوریتمـی را پوشـش می‌دهـد (Viinikka, ۲۰۱۴). مدل‌سـازی رویـه‌ای (PM)یـک راه‌حـل بـرای یکپارچگـی GIS و بسـیاری از مسـائل دیگـر در مدل‌سـازی ارائـه می‌دهـد ایـن تکنیـک بـه جـای مدل‌سـازی دسـتی محـور، فرآینـد سـاخت مـدل را بـا حداقـل تداخـل دسـتی، مدل‌سـازی می‌کنـد. از آنجـا کـه بـا قوانینـی کار می‌کنـد کـه شـامل عملکردهـا[۱۵]، پارامترهـا[۱۶] و ویژگی‌هـا[۱۷] می‌باشـد، محتـوا بـه وسـیله عملیات‌هـای الگوریتمـی تعریـف می‌شـود. ایـن عملیات‌هـای رویـه‌ای می‌تواننـد شـامل قوانیـن تصادفـی باشـند کـه توانایـی انطبـاق شـکل بـا شـرایط مختلـف را

۷- CAD-based interactive modeling method
۸-۳ D laser scanning modeling method
۹- Image-based modeling method
۱۰- Grammar-based procedural modeling method
۱۱- Procedural modeling
۱۲- computer graphics technology
۱۳- procedural modeling
۱٤- umbrella term
۱۵- functions
۱٦- parameters
۱۷- attributes

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

جدول2- معرفی انواع تکنیک‌های مدل‌سازی

انواع حالت‌های مدل‌سازی سه‌بعدی				
نام روش	**مدل‌سازی تعاملی مبتنی بر CAD**	**مدل‌سازی اسکن لیزری سه‌بعدی**	**مدل‌سازی مبتنی بر تصویر**	**مدل‌سازی رویه‌ای مبتنی بر دستورزبان**
مقدمه	عمدتا به استفاده از تعدادی از ابزارهای نرم‌افزاری برای پلتفرم، از طریق عملیات تعاملی (Zhu, 2017)	برای به دست آوردن داده‌های ابر نقطه ای با حجم بالا و با دقت بالا (Zhu, 2017)	داده‌های ساختمان را از یک تصویر واحد استخراج کرده یا ایجاد یک مدل سه‌بعدی را مستقیما از یک الگوریتم خاص (Zhu, 2017)	برای شبیه‌سازی شرایط آینده که الگوریتم‌های آن مبتنی بر کد (FBC) است.
ابزار	نرم افزارهایی که مدل‌سازی آنها مبتنی بر شبکه مش است. مثل مکس، اسکچ‌آپ	از طریق عکسبرداری پهبادهای هوایی	بر مبنای عکس‌های هوایی و زمینی	نرم افزار **CityEngine**
تکنیک	مدل‌سازی دستی انسان- کامپیوتر	اسکن با نور لیزر	فوتوگرامتری	**مدل‌سازی رویه‌ای**
توضیحات	اطلاعات مدل سه‌بعدی از یک شی، با طراحی و محاسبه پارامترهای طراحی مختلف تحقق می‌یابد. فرآیند مدل CAD سه‌بعدی، شامل فرآیند متقابل انسان-کامپیوتر و مقدار زیادی عملیات دستی دارد (Zhu, 2017).	نوعی ابزار اسکن لیزری است که برای به دست آوردن داده‌های ابر نقطه ای کارایی دارد. این روش می‌تواند ساختمان‌ها را با ساختارهای سقف پیچیده و ساختارهای نامنظم، نیز تصویرسازی کند (Zhu, 2017).	یک روش مدل‌سازی مبتنی بر تصویر (IBM) است که داده‌های پایه ساختمان را از یک تصویر واحد یا تعدادی تصویر استخراج کرده یا یک مدل سه‌بعدی را مستقیما از یک الگوریتم خاص ایجاد می‌کند (Zhu, 2017).	اجسام مدل‌سازی را بوسیله مجموعه‌ای از قوانین توصیف می‌کند و سپس مدل‌های مختلفی را با تنظیم پارامترها و بهبود کارایی مدل‌سازی ایجاد می‌کند. این سیستم یک تکنولوژی مهم در مدل‌سازی است (Zhu, 2017).

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

بدهند. از این رو، تعداد قابل‌توجهی از تغییرات را می‌توان از یک ورودی شکل منفرد ایجاد کرد. چنین تجربه‌ای در صورت استفاده توسط ابزارهای دستی سه‌بعدی مانند 3D max یا SketchUp، نیاز به زمان و هزینه بسیار زیاد خواهد بود (Ghorbanian & Shariatpour, ۲۰۱۹). مدل‌سازی رویه‌ای شهر در ابتدا توسط پَریش و مولر [۱] در سال ۲۰۰۱ در مقاله «مدل‌سازی رویه‌ای شهرها[۲]"مورد مطالعه قرار گرفته است. رویکرد رویه‌ای آن‌ها در ابتدا براساس توسعه ال- سیستم‌هایی برای مدل شهرها بود (Parish & Müller, ۲۰۰۱). براساس داده‌های ورودی دو بعدی در نرم‌افزاری که بعدا همین دو نفر تحت عنوان CityEngine توسعه دادند، قادر به تولید مدل‌های شهری در مقیاس بزرگ می‌باشد. با توجه به ماهیت تصادفی رویه‌ها، تعداد بی‌نهایت خروجی‌های جایگزین از فقط یک ورودی می‌توان تولید کرد. در ادامه، یک رویکرد جدید برای ایجاد نمای کلی ساختمان توسط مولر و همکاران در سال (۲۰۰۶) معرفی شده است. آنها یک زبان جدید گرامر شکل به نام CGA[۳] معرفی کردند. این یک زبان برنامه‌نویسی برای تولید خودکار سه‌بعدی اجزای دقیق، به ویژه اجزای شهری مانند ساختمان‌ها و جاده‌ها است (Müller, Wonka, Haegler, Ulmer, & Van Gool, ۲۰۰۶). مدل‌سازی رویه‌ای ترکیبی از سیستم‌های تولیدی مختلف از جمله گرامر شکل[۴]، گرامر خیابان و ال-سیستم[۵]هایی است که از یک شکل اولیه شروع می‌شوند و تعداد بی‌نهایتی از جایگزین‌های خروجی ایجاد می‌کند. شکل‌های با کمک قواعد دستورزبان به مدل تبدیل می‌شوند (تصویر ۶). مدل‌سازی رویه‌ای از یک مسیر ایجاد تکراری از پایین (از کل به جزء) استفاده می‌کند که از سیستم سلسله مراتبی از اشیاء دنیای واقعی، مانند درختان و گیاهان تقلید می‌کند. رهنمود اصلی توسط قوانین تصادفی تعریف شده است که به طور تکراری اشکال جدید را یکی پس از دیگری ایجاد می‌کند و آنها را در هر مرحله با یکدیگر جایگزین می‌کند. به عنوان مثال، این قوانین می‌توانند اطلاعات ویژگی‌های ذخیره شده در داده‌های GIS مانند تعداد طبقات، نوع کاربری، جنس نما، نوع سقف و غیره را برای تولید مجموعه‌ای از مدل‌های سه‌بعدی جایگزین و مدل‌سازی کند که به طور دقیق نشان‌دهنده خواص هر یک از ویژگی‌های مدل‌ها می‌باشد. یک قانون رویه‌ای واحد می‌تواند برای تولید بسیاری از مدل‌های سه‌بعدی استفاده شود. اگر تعداد پارامترهای ورودی و ویژگی‌های مربوط به فایل قانون افزایش یابد، امکان ایجاد مدل دقیق‌تر بیشتر می‌شود (Ghorba-nian & Shariatpour, ۲۰۱۹).

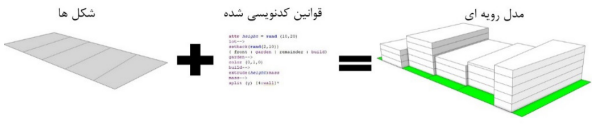
۱- Parish and Müller

۲- Procedural modeling of cities

۳- Computer Generated Architecture

٤- Shape grammar

٥- L-System



تصویر ۶- مفهوم اصلی مدل‌سازی رویه‌ای در تولید مدل (Ghor-banian & Shariatpour, ۲۰۱۹)

۲-۴-۳- مزایای فناوری مدل‌سازی رویه‌ای

در جدول زیر، ویژگی‌های مهم و مزایای اصلی فناوری مدل‌سازی رویه‌ای بیان شده است.

بر اساس شاخص‌های استخراج شده از ادبیات موضوع و همچنین مطالعات صورت گرفته، چارچوب مفهومی این نوشتار، در شکل زیر ارائه شده‌است؛

شکل ۲- چارچوب مفهومی: شاخص‌های اصلی برای انجام فرآیند مدل‌سازی و شبیه‌سازی هوشمند

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

جدول ۳- مزایای مدل‌سازی رویه‌ای

مزایا/قدرت	توضیحات	منبع
پردازش انتزاعی[1]	یکی از مهمترین ویژگی‌های تکنیک‌های رویه‌ای پردازش انتزاعی است. در رویکرد رویه‌ای، به جای مشخص کردن و ذخیره‌سازی تمام جزئیات پیچیدهی یک صحنه یا دنباله، آنها را به یک تابع یا یک الگوریتم انتزاعی می‌کنیم.	Ebert, Musgrave,) Peachey, Perlin, & Worley, (2003
کنترل نامحدود[2]	در مقایسه با ایجاد محتوی دستی، مقدار قابل توجهی از قدرت کنترل به الگوریتم‌ها منتقل می‌شود.	(Viinikka, 2014)
کنترل پارامتریک[3]	می‌توان با استفاده از تعریف پارامترها در ساختار برنامه، به کنترل پارامتریک دست یافت.	(Ebert et al., 2003)
بسط داده‌ها[4]	محتوی ایجاد شده به صورت رویه‌ای، می‌تواند به عنوان مجموع انتزاع الگوریتمی و پارامترهای کنترل ذخیره شود.	(Viinikka, 2014)
انعطاف‌پذیری[5]	طراح رویه‌ها می‌تواند ماهیت جسم، پدیده و حرکت را بدون محدودیت در قوانین پیچیده فیزیک، ضبط کند.	(Ebert et al., 2003)
سرعت[6]	تکنیک‌های مدل‌سازی رویه‌ای سرعت را به نمایش می‌گذارند، زیرا کاربرد[7] آنها از طریق توابع، می‌تواند یک مقیاس غیر قابل دستیابی از طریق ایجاد محتوای دستی را، ایجاد کند.	(Viinikka, 2014)

۴- روش تحقیق

۴-۱- نوع تحقیق

تحقیق حاضر براساس اهداف آن، یک تحقیق کاربردی- عملی به حساب می‌آید؛ هدف تحقیق کاربردی توسعه دانش کاربردی در یک زمینه خاص است؛ در این‌جا نیز هدف تحقیق ما ارائه فناوری نوین طراحی، مدل‌سازی و شبیه‌سازی است. در این مطالعه رویکرد روش‌شناختی برای شبیه‌سازی مدل شهر در محله کوی کالاد مورد استفاده قرار گرفته است. این مدل شامل داده‌های مبتنی بر GIS است که کاربر می‌تواند با یک درخواست برای مشاهده داده‌ها، ویژگی‌های کامل مدل‌ها را درلحظه مشاهده کند. هدف الگوریتم تعریف شده در این مطالعه، تصویرسازی محیطی هوشمند است که می‌تواند مطابق برنامه‌های توسعه تعریف شده و برنامه‌های کنونی منطقه مورد نظر باشد که این برنامه ها در قالب سناریوهای انعطاف‌پذیر هستند.

۱- Abstraction
۲- Limited control
۳- Parametric control
٤- Data amplification
٥- Flexibility
٦- Emergence
۷- application

۴-۲- داده‌های مورد نیاز و نحوه گردآوری آنها

برای ایجاد مدل سه‌بعدی از ساختمان‌های کوی کالاد در محدوده مورد مطالعه، انواع داده‌های زیر جمع‌آوری شدند؛

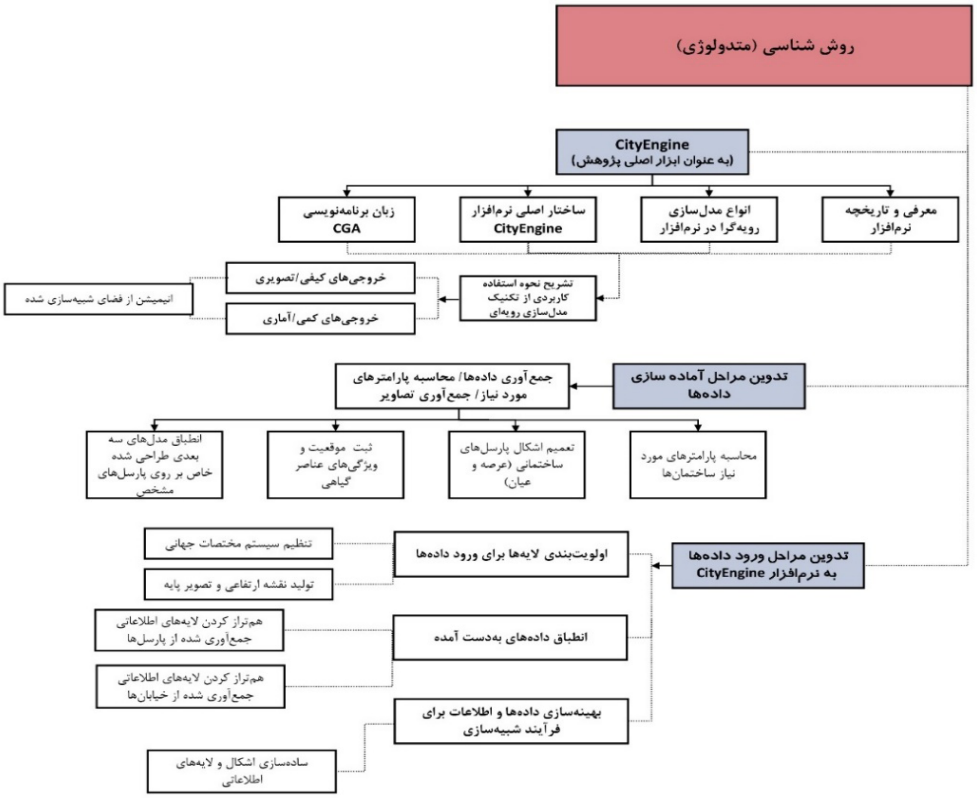
- مجموعه داده‌های مکانمند از پارسل‌های ساختمان و جدول‌مشخصات‌باپارامترهای‌ضروری‌برای‌مدل‌سازی
- داده‌های OSM برای شبکه خیابان‌ها
- نقشه ارتفاعی (DEM)
- عکس هوایی زمین‌مرجع
- مدل سه‌بعدی درختان از کتابخانه شرکت ESRI
- جمع‌آوری تصاویر نمای ساختمان‌های محدوده مورد مطالعه
- جمع‌آوری تصاویر سقف ساختمان‌ها از گوگل ارث[8] به کمک کدنویسی

تمام این داده‌های متنوع برای ایجاد محتوای سه‌بعدی محدوده مورد مطالعه ترکیب شدند. مرحله آماده‌سازی داده‌ها شامل انتخاب سیستم مختصات برای داده‌ها، محاسبه پارامترهای ضروری، ساده‌سازی پارسل‌ها و ایجاد نقطه‌ها برای لایه پوشش گیاهی می‌شود. فرآیند مدل‌سازی با وارد کردن داده‌های آماده به نرم‌افزار و ایجاد فایل‌های قانون آغاز و پس از آن، فایل‌های قانون ایجاد شده، برای شکل‌های اولیه اعمال شدند و محتوای سه‌بعدی تولید شد.

۸- Google Earth

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]



شکل **۳**- گام‌های روش‌شناسی پژوهش

جدول ۴- داده‌های وارد شده به نرم‌افزار CityEngine

منبع	نوع داده	داده
ArcGIS	SHP.	پارسل‌های ساختمانی
OpenStreetMap	OSM.	شبکه خیابان
تدقیق شده با نقشه تصویر پایه	SHP.	مکان پوشش گیاهی
نقشه‌های پایه ArcGIS	JPEG.	نقشه تصویر پایه[1]
نقشه‌های پایه ArcGIS	TIFF.	نقشه ارتفاعی[2]
کتابخانه مدل‌های سه‌بعدی شرکت Esri	OBJ.	مدل سه‌بعدی پوشش گیاهی
مدل‌های سه‌بعدی SketchUp	OBJ.	مدل سه‌بعدی مسجد
مدل‌های سه‌بعدی SketchUp	.OBJ	مدل سه‌بعدی از اتومبیل‌ها
مدل‌های سه‌بعدی SketchUp	OBJ.	مدل سه‌بعدی از آدم‌ها

1- imagery base map

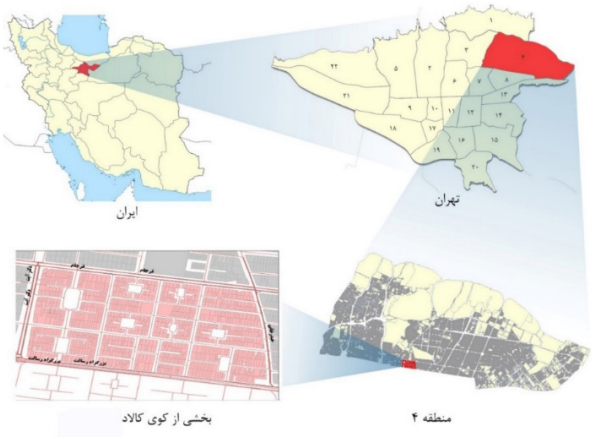
۲- height map

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

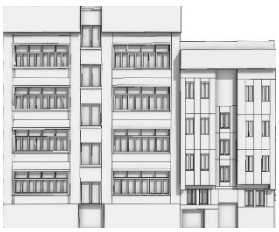
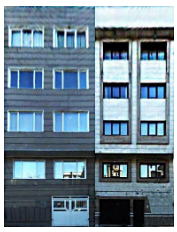
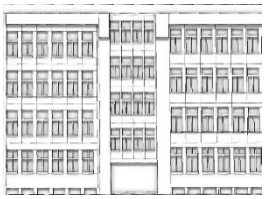
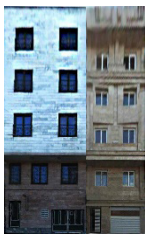
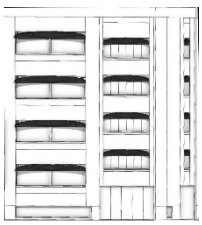
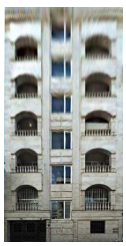
۳-۴- معرفی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در منطقه ۴ شهر تهران، در نارمک واقع شده است. این محدوده بخشی از محله کوی کالاد می‌باشد که در تصویر زیر موقعیت محدوده مورد مطالعه آمده‌است.
این محدوده دارای تعداد ۱۱۳۶ پارسل ساختمانی می‌باشد، که مساحتی به وسعت تقریبا ۳۳۳۳۷۶ متر مربع از شهر تهران را به خود اختصاص داده است و همچنین محدوده مورد مطالعه دارای بافت شطرنجی بوده و از جنوب به بزرگراه رسالت از غرب به خیابان حیدرخانی از شمال به خیابان فرجام و از شرق به خیابان دکتر آیت محدود شده است. برداشت‌های میدانی از نماهای ساختمانی برداشت شده از محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که نماها در گونه‌بندی‌های مشخصی قرار دارند و در سطح محله این نوع نماها پراکنده شده‌اند و البته در نقاطی از محدوده نیز نماهای خاص وجود داشته است و بیشترین فراوانی مربوط به نمای مربع و مستطیل شکل می‌باشد، که در جدول زیر تعدادی از این نماهای برداشت شده را آورده شده‌است.



تصویر ۷- معرفی محدوده مطالعاتی

جدول ۵- نمونه‌هایی از نماهای ساختمانی عکسبرداری شده

انواع نما	نمای شماتیک	تصویر نما
مستطیلی		
مربعی		
تراس‌دار		
دایره‌ای		

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

از ایـن تصاویـر دوبعـدی نماهـا در نرم‌افـزار CityEngine بـرای تولیـد نماهـای سـه بعـدی استفاده شـده اسـت (تصویـر ۸).

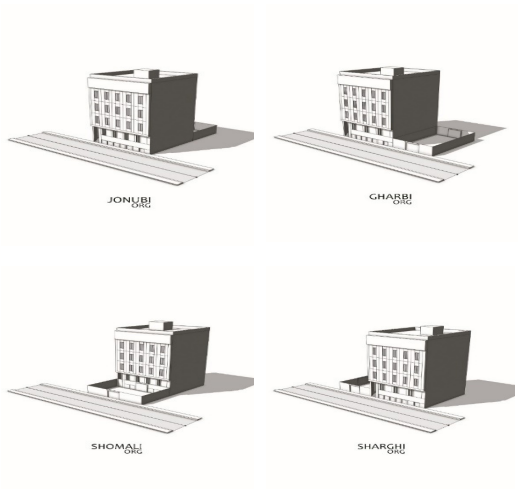
تصویـر ۸- اسـتفاده از تصاویـر نماهـای برداشـت شـده دوبعـدی، بـرای ایجـاد حجـم سـه‌بعدی

۵- بحث و یافته‌ها

نتیجـه نهایـی ایـن پژوهـش یـک مـدل شبیه‌سـازی سـه‌بعدی از کـوی کالاد در محـدوده نارمـک شـهر تهـران می‌باشـد کـه بـا زبـان برنامه‌نویسـی CGA و Python، در محیـط نرم‌افـزار CityEngine نوشـته شده‌اسـت. ایـن مـدل شبیه‌سـازی شـامل حجـم سـاختمان‌ها، شـبکه خیابان‌هـا، پوشـش گیاهـی، نمـای سـاختمان‌ها و توپوگرافـی محـدوده اسـت. بـرای اعمـال جزئیـات بـیشـتر در مـدل نهایـی شبیه‌سـازی، تصاویـر نماهـای دوبعـدی سـاختمان‌ها بـا الگوریتم‌هـای هوشـمند و تعاملـی بـه صـورت سـه‌بعدی، برنامه‌نویسـی شـده‌اند.

تصویـر ۹- نمـای سـه‌بعدی هوشـمند (بـا تغییـر در ارتفـاع یـا عـرض سـاختمان، نمـا بـه صـورت هوشـمند خـودش را تطبیـق می‌دهـد)

در شبیه‌سـازی هوشـمند شـهری، بـا اسـتفاده از الگوریتم‌هـای هوشـمند، داده‌هـای برداشـت شـده‌ی متنـی از سـطح شـهر، بـه مدل‌هـای سـه‌بعدی بـا قابلیـت تغییـرات آنـی بـه همـراه گزارش‌گیـری بلادرنـگ، برنامه‌نویسـی می‌شـود. بـه طـوری کـه تمامـی مدل‌هـای موجـود متصـل بـه داده‌هایـی هسـتند کـه از طریـق الگوریتم‌هـای مدل‌نویسـی، هوشـمند شـده و بـا ایجـاد تغییـرات، درلحظـه و بـه صـورت تعاملـی، آن تغییـرات بـر روی مدل‌هـای شـهری اعمـال می‌شـود و مدل‌هـا و عناصـر موجـود در شـهر بـه صـورت هوشـمند، خـود را بـا تغییـرات جدیـد بـه‌روز می‌کننـد. بـرای مثـال چنان‌چـه در مطالعـات مدیریـت شـهری در قالـب طرح‌هـای شـهری، تعـداد طبقـات یـا سـطح اشـغال سـاختمان تغییـر کنـد، مـدل بـه صـورت هوشـمند خـود را بـا تغییـرات جدیـد مطابقـت می‌دهـد. در تصویـر ۱۰ بـا تغییـر دادن پارامتـر جهـت سـاختمان، قابلیـت تعاملـی و انعطـاف پذیـر بـودنِ بلادرنـگ ایـن مـدل هوشـمند، نمایـش داده شده‌اسـت.



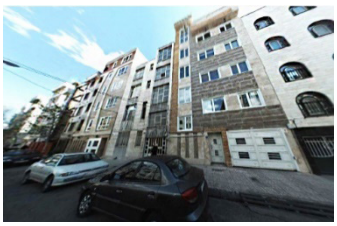
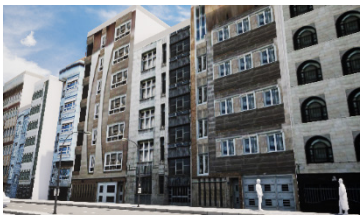
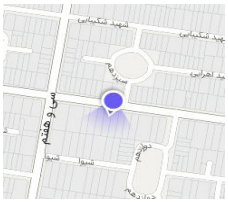
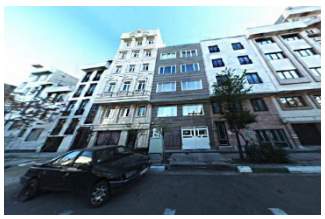
تصویـر ۱۰- مـدل هـای شبیه‌سـازی شـده بـا انتسـاب پارامتـر جهـت بنـا بـه سـاختمان و مشـاهده تغییـرات آنـی در مـدل

در جـدول زیـر بـرای نمونـه از فضـای واقعـی یکـی از خیابان‌هـای موجـود در محـدوده مـورد مطالعـه (خیابـان نـوری)، عکسـبرداری شـده و توسـط مدل‌سـازی رویـه‌ای در نرم‌افـزار CityEngine، بـا اسـتفاده از کدنویسـیِ هوشـمند کـه بـرای کل محـدوده‌ی مـورد مطالعـه نوشـته شـده، فَرآینـد شبیه‌سـازی اعمـال شده‌اسـت.

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

جدول ۶- مقایسه فضاهای واقعی و شبیه‌سازی شده

موقعیت مکانی و نام محدوده	تصویر واقعی (عکسبرداری شده)	فضای شبیه‌سازی شده‌ی هوشمند
خیابان شهید نوری، محله نارمک، کوی کالاد، تهران		
 خیابان مظاهری، محله نارمک، کوی کالاد، تهران		

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

تصویر ۱۱- وضعیت موجود خیابان (سمت راست)، تغییر پارامتر عرض خیابان و تغییرات هوشمند (سمت چپ)

سیستم مدل‌سازی رویه‌ای محصولات نهایی را ایستا تولید نمی‌کند، این چارچوب مدل‌سازی می‌تواند به عنوان چارچوبی در نظر گرفته شود که با توجه به تغییرات آینده تغییر یابد (تصاویر ۱۱، ۱۲). این سیستم مدل‌سازی می‌تواند اثرات برنامه‌ریزی تصمیمات جایگزین را به طور پویا و داینامیک نشان دهد (شریعت پور، ۱۳۹۸).

تصویر ۱۲- وضعیت موجود ساختمان‌ها (سمت راست)، تغییر پارامتر ارتفاع ساختمان (ساختمان نبش) و تغییرات هوشمند (سمت چپ)

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

۶- نتیجه‌گیری (شبیه‌سازیِ هوشمند محدوده مورد مطالعه)

مدل اطلاعات شهر (CIM) برگرفته از مفهوم مدل اطلاعات ساختمان (BIM) می‌باشد. ترکیب این مفهوم با قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، مفهومی جدید در مقیاس شهر را به همراه دارد که به ما اجازه می دهد تا از نظر کیفی و کمی تجسمی از شهر داشته باشد. ترکیب نرم‌افزار مدل‌سازی CityEngine با اطلاعات توصیفی GIS باعث کارآمدتر شدن فرآیند مدل‌سازی و تبدیل سریع و دقیق اطلاعات دو بعدی به مدل سه‌بعدی هوشمند می‌شود. بنابراین، هیچ تردیدی وجود ندارد که CityEngineبه نحوی ادامه می‌دهد که آینده طراحی شهری، برنامه‌ریزی شهری و حتی معماری را تغییر خواهد داد. با این حال، بین این زمینه‌ها رابطی را فراهم می‌کند. به عبارت دیگر، مدل‌سازی رویه‌ای فاصله بین مقیاس‌ها را حذف می‌کند، زیرا کدنویسی راه‌حل‌های طراحی مختلف برای هر سطح از جزئیات را ممکن می‌سازد (تصویر ۱۴-۱۳).

تصویر **۱۳**- شبیه‌سازیِ هوشمند محدوده‌ی مورد مطالعه (سطح جزئیات کم)

تصویر **۱۴**- شبیه‌سازیِ هوشمند محدوده‌ی مورد مطالعه (سطح جزئیات زیاد)

این مدل را می‌توان با ایجاد سطوح مختلف جزئیات[1] توسعه داد و کاملا تدقیق کرد. برای مثال، تاسیسات شهری را می‌توان با کدنویسی اضافه کرد. محتوای این مدل می‌تواند با اضافه کردن دیگر عناصر شهری و جزئیات بیشتر ساختمان‌ها بهبود یابد و تمام المان‌های موجود در شهر می‌توانند در فرایند مدل‌نویسی اعمال شوند و از طریق داشبوردهای مدیریتی، داده‌ها و اطلاعات شهر را پایش و کنترل کرد (تصویر ۱۵). در این صورت می‌توان از یک مدل هوشمندِ داده‌محور، که تمام اجزاء، عناصر و المان‌های شهر (مدل اطلاعات شهر[2]) را در بر می‌گیرد، در راستای حرکت به سمت مدیریت شهری هوشمند برخوردار بود.

تصویر ۱۵- داشبورد مدیریتی بلادرنگ برای کنترل، پایش و مدیریت هوشمند داده‌ها و اطلاعات شهری

منابع و مأخذ

1. شریعت پور، فرشاد (۱۳۹۸)، فناوری طراحی باهمستان هوشمند با تکیه بر الگوریتم مدل‌سازی رویه‌گرا با استفاده از نرم‌افزار CityEngine، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد در رشته‌ی طراحی شهری، دانشگاه علم و صنعت ایران.

۲. Al-Douri, F. A. S. (۲۰۰۶). Impact of utilizing ۳D digital urban models on the design content of urban design plans in US cities. Texas A&M University,

۳. Azuma, R. (۱۹۹۷). A Survey of Augmented Reality Presence: Teleoperators and Virtual Environments, pp. ۳۵۵-۳۸۵

۴. Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (۲۰۱۳). A smart city initiative: the case of Barcelona. Journal of the knowledge economy, ۴(۲), ۱۳۵-۱۴۸.

۱- LOD

۲- City Information Modeling

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

۵. Barrionuevo, J. M., Berrone, P., & Ricart, J. E. (۲۰۱۲). Smart cities, sustainable progress. Iese Insight, ۱۴(۱۴), ۵۰–۵۷.

۶. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., . . . Portugali, Y. (۲۰۱۲). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, ۲۱۴(۱), ۴۸۱–۵۱۸.

۷. Biljecki, F., Stoter, J ,.Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (۲۰۱۵). Applications of ۳D city models: State of the art review. ISPRS International Journal of Geo–Information, ۴(۴), ۲۸۴۲–۲۸۸۹.

۸. Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (۲۰۱۱). Smart cities in Europe. Journal of urban technology, ۱۸(۲), ۶۵–۸۲.

۹. Chen, T. M. (۲۰۱۰). Smart grids, smart cities need better networks [Editor's Note]. IEEE Network, ۲۴(۲), ۲–۳.

۱۰. Correia, L. M., & Wünstel, K. (۲۰۱۱). Smart cities applications and requirements. White Paper. Net.

۱۱. Clayton Purdom. (n.d.). Graphics APIs Hold the Secret to Great–Looking Video Games – iQ by Intel. Retrieved from http://iq.intel.com/graphics–apishold–the–secret–to–great–looking–video–games/

۱۲. Dobraja ,I. (۲۰۱۵). Procedural ۳D modeling and visualization of geotypical Bavarian rural buildings in Esri CityEngine software. Unpublished MA dissertation, Technische Universität München, Faculty of Civil, Geo and Environmental Engineering, Department of Cartography.

۱۳. Ebert, D. S., Musgrave, F. K., Peachey, D., Perlin, K., & Worley, S. (۲۰۰۳). Texturing & modeling: a procedural approach: Morgan Kaufmann.

۱۴. Ghorbanian, M., & Shariatpour, F. (۲۰۱۹). Procedural modeling as a practical technique for ۳D assessment in urban design via city engine. Iran University of Science & Technology, ۲۹(۲), ۲۵۵–۲۶۷.

۱۵. Govil–Pai, S. (۲۰۰۶). Principles of Computer Graphics: Theory and Practice Using OpenGL and Maya® (Vol. ۱۹۰): Springer Science & Business Media.

۱۶. Harrison, C., & Abbott Donnelly, I. (۲۰۱۱). A Theory of Smart Cities. Paper presented at the Proceedings of the ۵۵th Annual Meeting of the ISSS, Held at University of Hull Business School, UK.

۱۷. Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak ,J., & Williams, P. (۲۰۱۰). Foundations for smarter cities. IBM Journal of research and development, ۵۴(۴), ۱–۱۶.

۱۸. Komninos, N. (۲۰۱۵). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. In From Intelligent to Smart Cities (pp. ۴۶–۶۲): Routledge.

۱۹. Kourtit, K., & Nijkamp, P. (۲۰۱۲). Smart cities in the innovation age. Innovation: The European Journal of Social Science Research, ۲۵(۲), ۹۳–۹۵.

۲۰. Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (۲۰۱۲). Smart cities in perspective–a comparative European study by means of self–organizing maps. Innovation: The European journal of social science research, ۲۵(۲), ۲۲۹–۲۴۶.

۲۱. Luan, X.–D., Xie, Y.–X., Ying, L., & Wu, L.–D. (۲۰۰۸). Research and development of ۳D modeling. International Journal of Computer Science and Network Security, ۸(۱), ۴۹–۵۳.

۲۲. Maggie Talal. (۲۰۱۴). Augmented Reality & GIS. Retrieved September ۲۱, ۲۰۱۸, from https://www.linkedin.com/pulse/۲۰۱۴۰۶۲۹۰۸۳۷۵۵۱۱۴۵۱۸۷۰۱–augmented–reality–gis

۲۳. Morton, P. J., Horne, M., Dalton, R. C., & Thompson, E. M. (۲۰۱۲). Virtual city models: Avoidance of obsolescence.

۲۴. Müller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A., & Van Gool, L. (۲۰۰۶). Procedural modeling of buildings. In ACM SIGGRAPH ۲۰۰۶ Papers (pp. ۶۱۴–۶۲۳).

۲۵. Nam, T., & Pardo, T. A. (۲۰۱۱). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. Paper presented at the Proceedings of the ۱۲th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times.

۲۶. Parish, Y. I., & Müller, P. (۲۰۰۱). Procedural modeling of cities. Paper presented at the Proceedings of the ۲۸th annual conference on Computer graphics and interactive techniques.

۲۷. Pourahmad, A ,.Ziari, K., Hataminejad, H., & Pashabadi, S. P. (۲۰۱۸). Explanation of Concept and Features of a Smart City. BAGH–E NAZAR, ۱۵(۵۸), ۵–۲۶.

۲۸. Rua, H., Falcão, A. P., & Roxo, A. F. (۲۰۱۳). Digital Models–Proposal for the Interactive Representation of Urban Centres: The downtown Lisbon City Engine model. Paper presented at the eCAADe ۲۰۱۳: Computation and Performance–Proceedings of the ۳۱st International Conference on Education and re-

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

of urbanization is to create habitable cities. New concepts for the manifestation of such cities in recent decades have been smart and sustainable cities. Current global conditions encourage cities to compete and to be smart, flexible and adaptable at the same time. Washburn et al. Define smart city as having a strong relationship with computing technologies. Smart cities services need to be smarter, more relevant and efficient using new technological developments. Today, cities are becoming smarter with automation of services, people, buildings, traffic, and more (Washburn et al., ۲۰۱۰). With the emergence of this concept, Smart City improves the performance and efficiency of urban services, innovative solutions to the detrimental effects of rapid urban development, such as social segregation, poverty, and unstable environments. To this end, cities are communicating with their residents by applying precise methods to obtain a variety of urban data, as well as managing urban plans and policies (Batty et al., ۲۰۱۲). The concept of smart city not only encompasses the automation of routine city functions but also paradigms that improve efficiency in monitoring, analyzing and planning decision makers and providing new solutions to improve living standards. Also, these paradigms change the way cities are managed by evaluating the process of realization and implementation of plans in the long run (Batty et al., ۲۰۱۲). This view requires an integrated perspective of the city and its infrastructure in a combination of all its effective dimensions (Correia & Wünstel, ۲۰۱۱). Albert Einstein believed that in science, revolution in theory often occurs with revolution in tools. Smart cities offer new tools for accurate observation of how people use the city, and can therefore provide new approaches to urban theory (C Harrison & Abbott Donnelly, ۲۰۱۱).

Today, the main focus of development and mutation in the world is information and

search in Computer Aided Architectural Design in Europe, Delft, The Netherlands, September ۱۸–۲۰, ۲۰۱۳.

۲۹. Shiode, N. (۲۰۰۰). ۳D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. GeoJournal, ۵۲(۳), ۲۶۳–۲۶۹.

۳۰. Su, P., & Xiong, L. (۲۰۱۲). Procedural modeling technology in Urban design .Paper presented at the Advanced Materials Research.

۳۱. Vidyasekar, A. D. (۲۰۱۳). Strategic opportunity analysis of the global smart city market: Smart city market is Likely to be worth a cumulative $۱.۵۶۵ trillion by ۲۰۲۰. Frost & Sullivan.

۳۲. Viinikka, J .(۲۰۱۴) .Adopting procedural information modeling in urban planning.

۳۳. Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R., Hayes, N., & Nelson, L. (۲۰۱۰). Helping CIOs understand "smart city" initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO. Forrester Research. Inc., Cambridge.

۳۴. Watson, B., Müller, P., Veryovka, O., Fuller, A., Wonka, P., & Sexton, C. (۲۰۰۸). Procedural urban modeling in practice. IEEE Computer Graphics and Applications, ۲۸(۳), ۱۸–۲۶.

۳۵. Zhu, W. (۲۰۱۷). ۳D modeling of city building and lifecycle simulation. Compiègne,

۳۶. Zygiaris, S. (۲۰۱۳). Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. Journal of the knowledge economy, ۴(۲), ۲۱۷–۲۳۱.

Extend

Introduction

The city is not a static entity, it is complex and dynamic. Therefore, designers and planners for the city should not create fixed and finished products, but must define a framework that may change in the future and adapt itself to future changes. Urban planning must be considered as a dynamic spatial framework of the city, and contemporary urban design needs to guide urban designers to use technological advances in urban modeling programs. As an accepted fact, the goal

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

for producing ۳D urban content (Watson et al., ۲۰۰۸).

Methodology

۴-۱- research type

The purpose of the present research is to apply applied research; the purpose of applied research is to develop knowledge in a particular field; here, too, our research aims to provide new design, modeling and simulation technology. In this study, a methodological approach was used to simulate the city model in the Kalad neighborhood. The model includes GIS-based data that the user can view in real-time on the model's full features with a request to view the data. The purpose of the algorithm defined in this study is to visualize a smart environment that can be in accordance with the defined development plans and current plans of the region in question in the form of flexible scenarios.

۴-۲- Required data and how to collect it

The following types of data were collected to create a three-dimensional model of the buildings in the study area:

- Located dataset of building plots and specification table with necessary parameters for modeling
- OSM data for street network
- Digital Elevation Map (DEM)
- ۳D tree modeling from the ESRI Library
- Gathering images of buildings in the study area
- Gather building imagery from Google Earth by image processing

All this diverse data was combined to create ۳D content for the study area. The data preparation step involves selecting the coordinate system for the data, calculating the necessary parameters, simplifying the plots, and creating points for the vegetation layer. The modeling process began by importing ready-made data into software and creating rule files. Subsequently, the created rule files were applied to

communication technology, the achievements of which are tied to people's lives. Urbanism and architecture are no exception and must keep pace with the development of new technologies. Urban planning and design are inextricably intertwined with digital tools. Innovative and recent tools have replaced manual and analytical tools. In the applied and scientific fields, there is a growing interest in ۳D world modeling. In order to model and simulate the real world, the process of digitizing objects shapes, motions, textures and other features is emphasized. Much work has been done and significant advances have been made in digital equipment and software. ۳D computer modeling tools, including laser scanning and image-based modeling and rendering, are very powerful. Object modeling has evolved from simple object structure to complex human face, hair and even liquid form modeling. In the past, the main use of ۳D modeling was visual representation, but today modeling emphasizes change. ۳D modeling has been widely used in areas such as computer graphics, virtual reality and communication, and given the complexities and expansions, there is now a growing demand for ۳D content to manage, maintain, display the lifecycle of objects, for timely decision making, predicting changes is needed. Of course, in different areas of research and applications, the ۳D modeling methods in each specialty are different. Having smart city management depends on the use of smart executive tools in different dimensions of the city. One of the most important aspects of smart urban management is the production of dynamic three-dimensional models in order to evaluate feedback on the application of urban criteria or to predict possible changes in the three-dimensional form of the city. The best way to create a large-scale ۳D model in a short time with low cost is procedural modeling because it is a ۳D model using rules and algorithms and is a cost-effective solution

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

the initial shapes and the ۳D content was generated.

Discuss and Conclusion (Smart simulation of the case study)

The end result of this research is a three-dimensional simulation model of the Kalad in the Narmak area of Tehran written in CGA and Python programming language in the CityEngine software. This simulation model includes buildings, street networks, vegetation, and topography. The Procedural Modeling is the core of City Engine software, this system does not produce end-products statically, and this modeling framework can be considered as a framework that can be changed in the light of future changes. This modeling system can dynamically represent the effects of alternative decision planning. There is no doubt that CityEngine continues to change the future of urban design, urban planning and even architecture. However, it does provide a link between these areas. In other words, procedural modeling eliminates the gap between scales, as it enables coding of different design solutions for each level of detail. This model can be developed and thoroughly researched by creating different levels of detail. For example, urban facilities can be added by coding. The content of this model can be improved by adding other urban elements and more details of buildings, and all the elements in the city can be applied in the modeling process and monitor and control the city data and information through management dashboards. It is possible to have a smart data-driven model, which includes all the components and elements of the city (City Information Model), in order to move towards smart urban management.

References

۱-Al-Douri, F. A. S. (۲۰۰۶). Impact of utilizing ۳D digital urban models on the design content of urban design plans in US cities. Texas A&M University,

۲. Azuma, R. (۱۹۹۷). A Survey of Augmented Reality Presence: Teleoperators and Virtual Environments, pp. ۳.۳۸۵-۵۵

۳. Bakıcı, T., Almirall, E., & Wareham, J. (۲۰۱۳). A smart city initiative: the case of Barcelona. Journal of the knowledge economy, ۴(۲), ۱۳۵-۱۴۸.

۴. Barrionuevo, J. M., Berrone, P., & Ricart, J. E. (۲۰۱۲). Smart cities, sustainable progress. Iese Insight, ۱۴(۱۴), ۵۰-۵۷.

۵. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., . . . Portugali, Y. (۲۰۱۲). Smart cities of the future. The European Physical Journal Special Topics, ۲۱۴(۱), ۴۸۱-۵۱۸.

۶. Biljecki, F., Stoter, J ,.Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (۲۰۱۵). Applications of ۳D city models: State of the art review. ISPRS International Journal of Geo-Information, ۴(۴), ۲۸۴۲-۲۸۸۹.

۷. Caragliu, A., Del Bo, C., & Nijkamp, P. (۲۰۱۱). Smart cities in Europe. Journal of urban technology, ۱۸(۲), ۶۵-۸۲.

۸. Chen, T. M. (۲۰۱۰). Smart grids, smart cities need better networks [Editor's Note]. IEEE Network, ۲۴(۲), ۲-۳.

۹. Correia, L. M., & Wünstel, K. (۲۰۱۱). Smart cities applications and requirements. White Paper. Net.

۱۰. Clayton Purdom. (n.d.). Graphics APIs Hold the Secret to Great-Looking Video Games - iQ by Intel. Retrieved from http://iq.intel.com/graphics-apishold-the-secret-to-great-looking-video-games/

۱۱. Dobraja ,I. (۲۰۱۵). Procedural ۳D modeling and visualization of geotypical Bavarian rural buildings in Esri CityEngine software. Unpublished MA dissertation, Technische Universität München, Faculty of Civil, Geo and Environmental Engineering, Department of Cartography.

۱۲. Ebert, D. S., Musgrave, F. K., Peachey, D., Perlin, K., & Worley, S. (۲۰۰۳). Texturing & modeling: a procedural approach: Morgan Kaufmann.

۱۳. Ghorbanian, M., & Shariatpour, F. (۲۰۱۹). Procedural modeling as a practical technique for ۳D assessment in urban design via city engine. Iran University of Science & Technology, ۲۹(۲), ۲۵۵-۲۶۷.

۱۴. Govil-Pai, S. (۲۰۰۶). Principles of Computer Graphics: Theory and Practice Using OpenGL and Maya® (Vol. ۱۹۰): Springer Science & Business Media.

۱۵. Harrison, C., & Abbott Donnelly, I. (۲۰۱۱). A Theory of Smart Cities. Paper presented at the Proceedings of the ۵۵th Annual Meeting of the ISSS, Held at University of Hull Business School, UK.

۱۶. Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak ,J., & Williams, P. (۲۰۱۰).

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]

search in Computer Aided Architectural Design in Europe, Delft, The Netherlands, September ۱۸–۲۰, ۲۰۱۳.

Shariatpour, Farshad (۲۰۱۸). Design technology of .۲۸ smart community based on the procedural modeling algorithm by using CityEngine software (Case study: part of the Kalad neighborhood of Tehran city), master's degree Thesis in urban design, Iran .University of Science and Technology

۲۹. Shiode, N. (۲۰۰۰). ۳D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three–dimensions. GeoJournal, ۵۲(۳), ۲۶۳–۲۶۹.

۳۰. Su, P., & Xiong, L. (۲۰۱۲). Procedural modeling technology in Urban design .Paper presented at the Advanced Materials Research.

۳۱. Vidyasekar, A. D. (۲۰۱۳). Strategic opportunity analysis of the global smart city market: Smart city market is Likely to be worth a cumulative $۱.۵۶۵ trillion by ۲۰۲۰. Frost & Sullivan.

۳۲. Viinikka, J .(۲۰۱۴) .Adopting procedural information modeling in urban planning.

۳۳. Washburn, D., Sindhu, U., Balaouras, S., Dines, R., Hayes, N., & Nelson, L. (۲۰۱۰). Helping CIOs understand "smart city" initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the CIO. Forrester Research. Inc., Cambridge.

۳۴. Watson, B., Müller, P., Veryovka, O., Fuller, A., Wonka, P., & Sexton, C. (۲۰۰۸). Procedural urban modeling in practice. IEEE Computer Graphics and Applications, ۲۸(۳), ۱۸–۲۶.

۳۵. Zhu, W. (۲۰۱۷). ۳D modeling of city building and lifecycle simulation. Compiègne,

۳۶. Zygiaris, S. (۲۰۱۳). Smart city reference model: Assisting planners to conceptualize the building of smart city innovation ecosystems. Journal of the knowledge economy, ۴(۲), ۲۱۷–۲۳۱.

Foundations for smarter cities. IBM Journal of research and development, ۵۴(۴), ۱–۱۶.

۱۷. Komninos, N. (۲۰۱۵). Intelligent cities: Variable geometries of spatial intelligence. In From Intelligent to Smart Cities (pp. ۴۶–۶۲): Routledge.

۱۸. Kourtit, K., & Nijkamp, P. (۲۰۱۲). Smart cities in the innovation age. Innovation: The European Journal of Social Science Research, ۲۵(۲), ۹۳–۹۵.

۱۹. Kourtit, K., Nijkamp, P., & Arribas, D. (۲۰۱۲). Smart cities in perspective–a comparative European study by means of self–organizing maps. Innovation: The European journal of social science research, ۲۵(۲), ۲۲۹–۲۴۶.

۲۰. Luan, X.–D., Xie, Y.–X., Ying, L., & Wu, L.–D. (۲۰۰۸). Research and development of ۳D modeling. International Journal of Computer Science and Network Security, ۸(۱), ۴۹–۵۳.

۲۱. Maggie Talal. (۲۰۱۴). Augmented Reality & GIS. Retrieved September ۲۱, ۲۰۱۸, from https://www.linkedin.com/pulse/۲۰۱۴۰۶۲۹۰۸۳۷۵۵۱۱۴۵۱۸۷۰۱–augmented–reality–gis

۲۲. Morton, P. J., Horne, M., Dalton, R. C., & Thompson, E. M. (۲۰۱۲). Virtual city models: Avoidance of obsolescence.

۲۳. Müller, P., Wonka, P., Haegler, S., Ulmer, A., & Van Gool, L. (۲۰۰۶). Procedural modeling of buildings. In ACM SIGGRAPH ۲۰۰۶ Papers (pp. ۶۱۴–۶۲۳).

۲۴. Nam, T., & Pardo, T. A. (۲۰۱۱). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. Paper presented at the Proceedings of the ۱۲th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times.

۲۵. Parish, Y. I., & Müller, P. (۲۰۰۱). Procedural modeling of cities. Paper presented at the Proceedings of the ۲۸th annual conference on Computer graphics and interactive techniques.

۲۶. Pourahmad, A ,.Ziari, K., Hataminejad, H., & Pashabadi, S. P. (۲۰۱۸). Explanation of Concept and Features of a Smart City. BAGH–E NAZAR, ۱۵(۵۸), ۵–۲۶.

۲۷. Rua, H., Falcão, A. P., & Roxo, A. F. (۲۰۱۳). Digital Models–Proposal for the Interactive Representation of Urban Centres: The downtown Lisbon City Engine model. Paper presented at the eCAADe ۲۰۱۳: Computation and Performance–Proceedings of the ۳۱st International Conference on Education and re-

مدیریت شهری
فصلنامه علمی پژوهشی
مدیریت شهری و روستایی
شماره ۵۹ . تابستان ۱۳۹۹
Urban managment
No.59 Summer 2020

[Downloaded from ijurm.imo.org.ir on 2026-06-10]