نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و یکم، شماره ۶۰، بهار ۱۴۰۰

طراحی یک محیط مجازی مبتنی بر وب جهت کاداستر سه بُعدی

دریافت مقاله: ۹۸/۹/۲۵ **پذیرش نهایی**: ۹۹/۱/۲۷

صفحات: ۳۹۸-۳۷۹

جواد سدیدی: استادیار گروه سنجش از دور و GIS, دانشکده علوم جغرافیایی, دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.[1]
Email: jsadidi@gmail.com
صباح معتمدی: کارشناس ارشد سنجش از دور و GIS, دانشکده علوم جغرافیای, دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: sabahm888@yahoo.com
هانی رضائیان: استادیار گروه سنجش از دور و GIS, دانشکده علوم جغرافیایی, دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
Email: hani.rezayan@gmail.com

چکیده

افزایش پیچیدگی توسعه های چند سطحی و زیرساخت ها باعث تشدید چالش در ثبت قوانین حقوقی، محدودیت ها و مسئولیت های مربوط به ثبت زمین شده است. اگرچه املاک چند سطحی در گذشته نیز ثبت گردیده اند، اما با پیچیدگی املاک، ناتوانی کاداسترهای دو بعدی بیشتر نمایان میشود. از این رو نیاز به یک سیستم کاداستر سه بعدی به عنوان یک ضرورت برای توسعه پایدار کشورها تبدیل شده است. یکی از اجزای مهم کاداستر سه بعدی، سیستم نمایش اطلاعات کاداستر می باشد. در تحقیق حاضر به منظور نمایش کارآمد و موثر مالکیت های زمین و اطلاعات مرتبط به آنها به صورت سه بعدی ، ابتدا ضروریات مختلف مورد نیاز سیستم های تجسم کاداستر سه بعدی در سه گروه خصوصیات کاداستر، خصوصیات نمایش و خصوصیات غیر وابسته طبقه‌بندی شده است. سپس روند رشد تکنولوژی‌های تجسم سه بعدی تحت وب شامل تکنولوژی های قدیمی تر مبتنی بر Plug in و مبتنی بر WebGL بررسی شده و تعدادی از مهمترین سیستم ها براساس ضروریات مورد نیاز برای تجسم کاداستر سه بعدی تحت وب مورد ارزیابی قرار گرفته اند و محیط مجازی Cesium بر اساس معیارهای ارزیابی شده، به عنوان محیط مجازی بهتر برای توسعه انتخاب شده است. به منظور توسعه یک سیستم به منظور تجسم کاداستر سه بعدی ابتدا داده های دو بعدی ساختمان با استفاده از نرم افزار های مختلف سه بعدی شده و اطلاعات حقوقی ملک نیز به آن اضافه شده و مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM) ایجاد گردید به منظور توسعه سیستم از زبان های HTML5، JavaScript، CSS و کتابخانه WebGL و Cesium API استفاده شده است. و در نهایت یک سیستم مبتنی بر وب برای تجسم کاداستر سه بعدی طراحی شده است. سیستم پیاده سازی شده قابلیت نمایش داده های وکتوری بر مبنای استاندارد WFS و قابلیت اضافه کردن لایه های تصویری مختلف با استفاده از استاندارد WMS را دارد. سیستم نهایی قابلیت هایی مانند تجسم کاداستر سه بعدی تحت وب و نمایش اطلاعات حقوقی املاک بر روی وب را دارد و به کاربر امکان می دهد تا از مدل اطلاعاتی ساختمان بر روی وب پرینت تهیه کرده و به همراه اطلاعات توصیفی ساختمان خروجی بگیرد.

کلید واژگان: کاداستر سه بعدی، WebGL، Cesium، مدل اطلاعات ساختمان.

---

۱. نویسنده مسئول: تهران، مفتح جنوبی، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه سنجش از دور

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

مقدمه

در طول دو قرن گذشته افزایش جمعیت، استفاده از زمین را بطور قابل توجهی تشدید کرده است. فشار بر روی زمین در مناطق متراکم شهری و کمبود زمین منجر به ایجاد ساختمان های بلند مرتبه، تداخل و پیچیدگی آنها می شود. این روند اهمیت رو به رشد مالکیت زمین، باعث تغییر روش انسان ها در ارتباط با زمین شده است. این ارتباط در حال تغییر، مستلزم یک سیستم بهینه به منظور ثبت مالکیت ها به صورت واضح و قطعی می باشد. سیستم کاداستر به منظور اهداف مختلفی ازجمله، اهداف مالیاتی (به عنوان مثال ارزش و مالیات عادلانه)، اهداف حقوقی (مالکیت)، برای کمک به مدیریت زمین و استفاده از زمین (به عنوان مثال برای برنامه ریزی و دیگر اهداف اجرایی) ایجاد می شود، و توسعه پایدار و حفاظت محیط زیست را ممکن می سازد (Fig, 1995).

از یک طرف مشکلات موجود در ثبت کاداستر بر روی پارسل های دو بعدی ناشی از عواملی مانند افزایش قابل توجه در ارزش املاک، افزایش شمار تونل ها، کابل ها و خطوط لوله (آب، برق، فاضلاب، تلفن،کابل تلویزیون) ساختمان های بالای جاده ها، راه آهن و موارد دیگر از ساخت و سازهای چند سطحی در چهل سال گذشته و از طرف دیگر تحقق یک رویکرد سه بعدی در تکنولوژی ثبت کاداستر (مانند برنامه ریزی سه بعدی و سیستم اطلاعات جغرافیایی سه بعدی)، باعث افزایش علاقه و نیاز به ثبت کاداستر سه بعدی شده است (Stoter, 2004). مدیریت و ثبت مالکیت های سه بعدی در حال حاضر با روش‌های دو بعدی انجام می گردد (Shojaei, 2014).کاداسترهای سه بعدی (3D) به مدیریت و ثبت ویژگی‌های سه بعدی کمک کرده و باید قادر به ذخیره سازی، دستکاری، پرس و جو، تجزیه و تحلیل، به روز رسانی و تجسم ویژگی‌های سه بعدی باشد. از این رو، توسعه کاداستر سه بعدی موفق مستلزم توجه به جنبه های مختلف حقوقی، قانونی و سازمانی می باشد (Aien et al, 2011). نمایش سه بعدی داده های مکانی امروزه در بسیاری از زمینه ها و باتوجه بسیاری از مسائل استفاده می شود. مدل ها و تجسم های سه بعدی می تواند در تجزیه و تحلیل وضعیت فعلی، بازسازی گذشته، پیش بینی تحولات آینده و انتخاب گزینه های مختلف برای توسعه آینده در برنامه ریزی استفاده شود. تجسم سه بعدی توانایی و قابلیت های مختلفی برای کمک به مقابله با مشکلات در مقیاس های مختلف از سطوح جهانی و منطقه ای تا سطح محلی شامل شهرها و شهرک های کوچک را دارد (Konecny, 2011).

در تحقیق حاضر ویژگی ها، قوانین و قابلیت های کاداسترهای دو بعدی موجود و همچنین ضروریات مورد نیاز برای نمایش سه بعدی آنها بر روی وب ارزیابی شده است. سپس شرایط و نحوه نمایش داده های مکانی سه بعدی بر روی وب با استفاده از پلاگین و نمایش بدون نیاز به پلاگین بررسی می شود. به همین منظور مهمترین تکنولوژی های نمایش 3D مبتنی بر وب را انتخاب کرده و با استفاده از قابلیت های مورد نیاز برای نمایش یک کاداستر 3D بر روی وب، تعدادی از تکنولوژی های موجود مقایسه شده اند. در آخر با توجه به محیط مجازی انتخاب شده بر اساس مقایسه صورت گرفته، یک مدل اطلاعاتی ساختمان سه بعدی تولید شده و یک سیستم اولیه برای تجسم آن بر روی وب طراحی و نتایج نهایی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

با توجه به اینکه در دهه گذشته، گرافیک کامپیوتری پیشرفت شایانی را در مجسم سازی سه بعدی انجام داده است. کاداستر سه بعدی و سیستم های کاداستر تحت وب در دهه ی اخیر بسیار مورد توجه بوده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

در ابتدا تحقیقات انجام شده عمدتا مبتنی بر دسکتاپ بوده، به عنوان مثال Stoter (2002); Stoter (۲۰۰۴) با استفاده از Bentley Micro Station دو سیستم تجسم کاداستر سه بعدی را طراحی کرد که قابلیت نمایش کاداستر سه بعدی را با سطوح جزئیات ۲ دارا بودند. در سال های بعد نیز با استفاده از برنامه های مختلفی مانند Geomedia، Arc Scene و AutoCAD برنامه های مختلفی مبتنی بر دسکتاپ طراحی شدند که قابلیت تجسم کاداستر سه بعدی با سطوح جزئیات ۲ را با داده های مختلف فراهم کردند (Dimopoulou et al, 2004; Oosterom et al, 2005).

با گسترش وب و توسعه تکنولوژی های نمایش سه بعدی بر روی صفحات وب، سیستم های کاداستر سه بعدی مختلفی مبتنی بر وب توسعه پیدا کرده است که عمدتا با استفاده از برنامه های Google Earth Plug-in، Skyline Globe، NASA World Wind بوده اند (Aditya et al, 2011; Dimovski et al, 2011a; Guo et al., 2013; Shojaei et al, 2012).

ضروریات سیستم های نمایش کاداستر 3D تحت وب

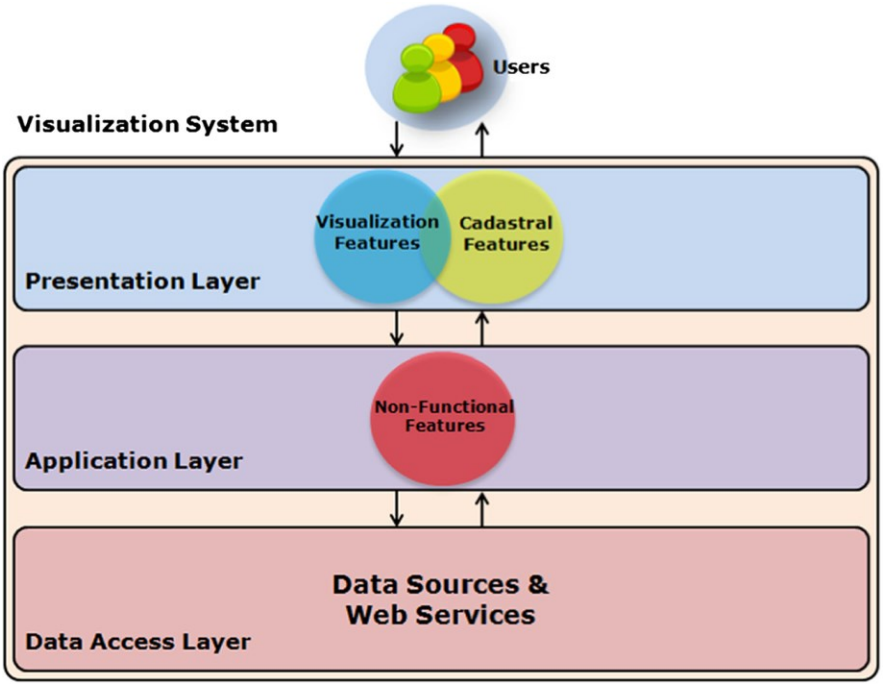
در بیش از یک دهه گذشته تعدادی از فعالیت های تحقیقاتی در زمینه تجسم کاداستر سه بعدی انجام شده است (Abdul Rahman et al., 2011; Aditya et al., 2009; Billen & Zlatanova, 2003; Hassan et al, 2008; Stoter, 2004; Stoter & Ploeger, 2003; Stoter & Oosterom, 2006; Ying et al, 2011). اما با توجه به تحقیقات کمی که در زمینه ضروریات سیستم های تجسم کاداستر 3D انجام شده، در این قسمت ویژگی های مهم و ضروری برای سیستم های کاداستر 3D بررسی می شود.

هر تکنولوژی تجسم سه بعدی داده های مکانی تحت وب به منظور پاسخگویی به نیازها باید ضروریات کاداستر 3D را در حد نیاز داشته باشد. این جریان تجسم می تواند از طریق معماری سه لایه اجرا شود (شکل ۱)، که شامل لایه نمایش، لایه برنامه و لایه دسترسی به داده می باشد. هر کدام از این لایه ها دارای ویژگی های خاص خود می باشند. لایه اول شامل دو گروه از خصوصیات کاداستر و خصوصیات تجسم می باشد. خصوصیات کاداستر عوامل مهمی در برنامه های کاداستر برای نمایش موثر و کارآمد قوانین، محدودیت ها و پاسخگویی ها می باشد به نحوی که سیستم های تجسم کاداستری که این ویژگی ها را نداشته باشند ناموفق تلقی می شوند. خصوصیات تجسم, یک گروه از ویژگی ها هستند که به طور وسیع در سیستم های کاداستر 3D به منظور بهبود ارتباط بین کاربرها و سیستم استفاده می شوند. لایه دوم شامل خصوصیات غیر وابسته، که پشتیبانی از تنوع تکنیکی، قابلیت همکاری و یکپارچگی و استفاده پذیری سیستم را فراهم می کنند. هرچند این ویژگی ها به طور مستقیم به حوزه تجسم مرتبط نیستند اما اثرات مستقیمی بر روی کیفیت تجسم دارند. لایه سوم یعنی لایه دسترسی داده، قابلیت دسترسی به داده ها، شامل تفسیر فرمت های مختلف و ارتباط با پایگاه داده مکانی، فایل های مسطح و سرویس های وب می شود (Shojaei et al., 2013a).

خصوصیات کاداستر: کاداستر ها با مسائل حقوقی، محدودیت ها و مسئولیت های املاک سرو کار دارند و برای تجسم آنها بعضی از ویژگی های خاص ضروری هستند. خصوصیات خاص کاداستر که باید سیستم های تجسم کاداستر سه بعدی داشته باشند شکل(۱)، عبارتند از:

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

- **اجرا کردن داده های حجیم:** داده های کاداستر شامل دو گروه داده های هندسی و غیر هندسی می باشند و به دلیل حجم بالای داده های هندسی، قابلیت اجرای حجم بالای داده ها توسط سیستم کاداستر ضروری می باشد.



شکل(۱). معماری کلی سیستم های تجسم کاداستر سه بعدی (منبع: (Shojaei et al, (2013b)

- **قابلیت آنالیزهای مکانی 3D:** به طور کلی آنالیزهای GIS سه بعدی به چهار گروه: Spread analysis، 3D density، Visibility analysis و Proximity or buffer analysis تقسیم بندی می شوند که در زمینه کاداستر سه بعدی نیز بسیار کاربردی و ضروری می باشند (Chaturvedi, 2014).
- **قابلیت پرسش از سیستم:** قابلیت پرسش گیری یکی از قابلیت های مهم سیستم های کاداستر می باشد. سیستم های تجسم کاداستر باید دارای قابلیت هایی مانند مشاهده ویژگی ها، پیداکردن آدرس/ عوارض، مکانیابی عوارض با پرسش گیری، ایجاد پرس و جو بوده و نتایج پرس وجوها را بر روی سیستم تجسم نمایش دهند.
- **اندازه گیری های دو بعدی و سه بعدی:** سیستم های تجسم کاداستر علاوه بر اینکه باید از هندسه های مختلف 2D و 3D حمایت کنند باید قابلیت اندازه گیری های صحیح متناسب با سطوح بالا مانند: محاسبه فاصله، مساحت، زاویه، نمایش مختصات یک نقطه خاص و محاسبه حجم در هندسه های 3D را داشته باشند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

- **قابلیت مشاهده سطوح زیر زمین:** با توجه به اینکه یکی از دلایل اصلی رشد اهمیت کاداستر 3D، مشکلات مربوط به کاداستر 2D در تجسم ساخت و سازهای چند سطحی (تونل ها، خطوط لوله و طبقات زیرسطحی و..) می باشد. لذا سیستم های کاداستر سه بعدی نیازمند تجسم توسعه های زیر سطح زمین به منظور درک و تجسم درست از مالکیت های موجود در کاداستر می باشند (Vandysheva et al., 2011).
- **به روز رسانی و اصلاح 3D:** به روز رسانی اشیاء کاداستر در پایگاه داده کاداستر دیجیتال (DCDB) به منظور اضافه کردن و اصلاح مالکیت های جدید بسیار مهم می باشد. هندسه و توپولوژی اشیاء مربوط به کاداستر 3D پیچیده هستند و علاوه براینکه آنها نیاز به حفظ در سیستم دارند در سیستم کاداستر 3D باید قابلیت اصلاح و اضافه کردن داشته باشند (Aien et al., 2011).
- **مشاهده برش متقاطع یا عرضی:** منظور از دید برش عرضی در واقع برش یک شی در یک سطح خاص می باشد و در کاداستر به منظور اینکه بتوانیم دید بهتری از ویژگی ها و پیچیدگی های داخلی ساختمان داشته باشیم و جزئیات مورد نیاز را به دست آوریم از برش عرضی استفاده می کنیم. به عبارتی یکی از ویژگی های مهم و تاثیر گذار برای ملاک برتری سیستم های ثبت کاداستر به حساب می آید.
- **تجسم داده غیر مکانی:** در واقع با توجه به تعریف کاداستر، یعنی نظامی که هدف از آن تعیین محدوده های مالکیتی به همراه اطلاعات حقوقی مرتبط به هر ملک می باشد، هر سیستم تجسم کاداستر باید قادر باشد علاوه بر اطلاعات هندسی یک ملک, اطلاعات حقوقی متناظر هر ملک را نمایش دهد. بر این اساس, سیستم های کاداستر سه بعدی تحت وب باید توانایی تجسم اطلاعات مربوط به هر شئ و ارتباط بین آنها را داشته باشند.

خصوصیات تجسم: منظور از ویژگی های تجسم، همان ویژگی های مربوط به افزایش افکت های تصویری و بهبود درک تصویری به منظور نمایش بهتر می باشد، که در سیستم های تصویری بسیار مهم می باشد.

- **تعامل پذیری:** به معنی کار کردن راحت کاربر با سیستم می باشد. با توجه به این فاکتور سیستم تجسم کاداستری بهتر است که کاربر بتواند به راحتی با آن کار کرده و از قابلیت های آن استفاده کند. با توجه به توضیح ارائه شده قابلیت هایی زیر می توانند برای این مورد بررسی شوند:
  - Zoom In/Out: زوم به داخل و خارج به یک نقطه خاص و بایک فاکتور بزرگنمایی از پیش تعیین شده.
  - Zoom Area: زوم کردن به داخل تا حد یک ناحیه مستطیل شکل مشخص.
  - Zoom Full Extent: ترسیم یا نمایش ناحیه کامل از نقشه ای که در پنجره اولیه نمایش داده شده است.
  - Zoom Predefined: نمایش یا ترسیمی که زوم از پیش انتخاب شده خاصی اعمال می شود.
  - Zoom Layer Extent, Next, Previous, Selected, X/Y: عملیات های زوم اضافی

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

- Bookmarks: اضافه کردن یک نشانه برای ذخیره یک مکان با مختصات خاص.
- Tilt: تغییر زاویه دید کاربر.
- Pan: حرکت بر روی نقشه به منظور نمایش مناطقی که خارج از ناحیه مشاهده فعلی هستند.

- **نمایش تصویری:** این پارامتر به عبارتی به کیفیت نمایش تصویری سیستم و قابلیت شخصی سازی نحوه نمایش اشیاء توسط کاربر مربوط می شود، و پارامترهای مختلفی را در بر می گیرد مانند:

۱. **سطح جزئیات**: سطح جزئیات یک تکنیک تجسم به منظور بالا بردن سرعت روند پردازش می باشد. در این تکنیک، ساختمان ها در جزئیات مختلفی شامل ۵ سطح (از LOD-0 تا LOD-4) نمایش داده می شوند. این تکنیک به طور وسیع در مدل های شهری 3D استفاده می شود. از این تکنیک به منظور بهبود کارایی CityGML برای تجسم سازی در ۵ سطح مختلف استفاده شده است (Kolbe et al., 2005). اما با توجه به بررسی های انجام گرفته , استفاده از این تکنیک در برنامه های کاداستر به منظور نمایش اشیاء قانونی برخلاف اشیاء فیزیکی با هدف ساده تر کردن هندسه منطقی نمی باشد. برای مثال، اگر یک دید از سطح شهر را تصور کنید استفاده از این تکنیک برای اشیاء حقوقی برای ادغام و نمایش با یک مکعب برای هر ساختمان ممکن است گمراه کننده باشد. هر شئ حقوقی نیازمند این است که همیشه به صورت جداگانه نمایش داده شود. با توجه به مسائل بیان شده, اشیاء حقوقی حداکثر باید در حد یک بلوک شهری (ساختمان های احاطه شده توسط خیابان ها) به صورت همزمان نمایش داده شوند و یا اینکه به صورت جداگانه و نه یک دید سطح شهری نمایش داده شوند. نمایش همه اشیاء حقوقی در یک دید شهری بر روی تعامل پذیری سیستم تجسم اثر جدی گذاشته و همچنین تفسیر بصری آن مشکل خواهد بود.، بر این اساس، مفهوم سنتی LOD در داده های حقوقی توصیه نمی شود (Shojaei et al., 2013b).

۲. **سمبل گذاری:** سمبل یا نشانه گذاری در عناصری که به منظور راهنمایی و ارائه اطلاعات بهتر به کار برده می شود, به این صورت که بر روی هر شی یا عنصر(عوارض طبیعی یا انسان ساخت مانند خیابان ها درخت ها رودخانه ها) در سیستم تجسم یک سمبل مخصوص گذاشته می شود که به راهنمایی بهتر کاربر کمک می کند.

۳. **رنگ، اشباع، و ضخامت خط:** تغییر در رنگ اشیاء، ضخامت و سبک خطوط و امکان شخصی سازی توسط کاربر, ویژگی های مهمی بوده و تاٍثیر زیادی در بهبود نمایش تصویری و درک بهتر اشیاء حقوقی کاداستر دارند.

۴. **برچسب گذاری استاتیک یا دینامیک:** برچسب گذاری اشیاء مانند ساختمان ها، خیابان ها و رودخانه ها ممکن است استاتیک یا دینامیک باشد (Been et al., 2006). در سیستم های تجسم کاداستر بهتر است از برچسب های دینامیک و 3D برای تجسم سه بعدی استفاده شود.

۵. **شفافیت:** این المنت برای تمایز بین اشیاء حقوقی کاداستر نزدیک به هم و پیچیده بسیار مفید و کاربردی می باشد (Vandysheva et al., 2011).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

۶. **ابزار راهنمایی:** یک پیام است که هنگامی که موس بر روی یک آیکون، لینک، سمبل یا عنصر دیگر در یک رابط گرافیکی قرار داده می شود نمایش داده می شود. این قابلیت برای شناخت سریع تر از اشیاء و دسترسی به اطلاعات آنها بسیار مفید می باشد.

۷. **تصاویر هوایی و ماهواره ای:** پشتیبانی از انواع متنوع داده های تصویری به نمایش بهتر، تشخیص سریع و درک صحیح از محدوده و اشیاء سه بعدی موجود در محیط های سه بعدی کمک زیادی می کنند. از مهمترین منابع داده های مکانی می توان به OpenStreetMap، Bing Maps و ArcGIS Map Server نام برد.

خصوصیات غیر وابسته: ویژگی های غیر کاربردی به طور خاص به قابلیت های یک سیستم مرتبط نیستند و ممکن است برای کاربران نیز واضح نباشند اما این ویژگی ها به کیفیت کلی محصول نهایی کمک می کنند (Kotonya & Sommerville, 1998). به عبارت دیگر این ویژگی ها، نحوه استفاده از سیستم را توضیح می دهند و هرچند ممکن است در ظاهر مهم نباشند اما تاثیر زیادی در کاربر پسند بودن سیستم ایفا می کنند. این خصوصیات شامل موارد زیر می باشد:

- **پشتیبانی از تکنولوژی های مختلف در سیستم:** پشتیبانی از تکنولوژی های متنوع مانند فرمت های داده، آنالیز های محاسباتی، پردازش ها و تجسم سازی، ثبات و انعطاف پذیری سیستم را فراهم می کند (Hildebrandt & Döllner, 2010). در مورد این قابلیت تعدادی از فاکتورها مانند: پشتیبانی از سرویس های داده مختلف، پشتیبانی از فرمت های مختلف و پشتیبانی از پایگاه های داده مختلف موثرند.
- **هماهنگی و یکپارچگی سیستم:** این مفهموم در واقع به توانایی سیستم در تبادل داده ها بین برنامه ها و کاربردهای مختلف سیستم اطلاق می شود (Eastman et al, 2011). قابلیت هماهنگی در واقع استفاده از استانداردهای مختلف در سیستم می باشد که این اجازه را برای اتصال و ارتباط استوار بین سیستم های مختلف و نابرابر فراهم می کند (Hildebrandt & Döllner, 2010). علاوه بر قابلیت همکاری و هماهنگی سیستم، یکپارچه بودن کامل سیستم در داخل یک محصول واحد، باعث می شود برنامه های مختلف باهمدیگر برای تولید یک گروه از توابع کار کنند (Isikdag et al, 2007). Shojaei et al. (2013b) بیان می کند که "یکپارچگی سیستم در سیستم های کاداستر سه بعدی به منظور ارتباط اجزاء مختلف مانند داده، توابع، پردازش، تجسم و بازخورد، تاثیر و بهره وری سیستم بسیار ضروری می باشد."
- **قابلیت استفاده از سیستم:** قابلیت استفاده سیستم در اصل همان راحتی استفاده از سیستم می باشد. به این معنی که هرچه بتوان از یک سیستم راحت تر استفاده کرد آن سیستم قابل استفاده تر می باشد و برعکس هر سیستم که پیچیدگی بالاتری را داشته باشد، به صورتی که کاربران به راحتی توانایی استفاده از سیستم و یادگیری آن را نداشته باشند قابلیت استفاده پایین تری را خواهد داشت. سیستم های تجسم کاداستر سه بعدی با توجه به اینکه طیف گسترده ای از کاربران، از افراد متخصص تا کاربران عادی را در بر می گیرد در این مسئله بسیار حائز اهمیت می باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

- **سیستم پلتفرم آزاد:** سیستم پلتفرم آزاد در واقع به سیستم یا نرم افزاری گفته می شود که قابلیت اجرا بر روی چندین پلتفرم را دارد. به عبارتی در صورتی که یک نرم افزار یا سیستم فقط قابلیت اجرا بر روی یک پلتفرم خاص را داشته باشد این مسئله یک محدودیت برای سیستم به حساب می آید. با توجه به اینکه سیستم های مختلفی به منظور تجسم کاداستر 3D وجود دارد، اولویت و برتری با سیستم های خواهد بود که پلتفرم آزاد باشند و توانایی اجرای مدل های سه بعدی را بدون محدودیت های خاص داشته باشند. ابداع سیستم های جدید برای تجسم 3D که مبتنی بر تکنولوژی WebGL می باشند این امکان را فراهم آورده که مدل های سه بعدی تحت وب را بر روی مرورگر های مختلف و بدون نیاز به نصب پلاگین خاصی انجام داد. در مجموع قابلیت استفاده از سیستم های تجسم سه بعدی مبتنی بر وب را می توان بر اساس موارد زیر ارزیابی کرد:

۱. **پشتیبانی از مرورگرهای مختلف**

این قابلیت کاربران را قادر می سازد تا مدل های سه بعدی مختلف را با استفاده از مرورگرهای مختلف و بدون نیاز به پلاگین خاصی مشاهده کنند. مهمترین مرورگرهای مرسوم شامل Google Chrome، Mozilla Firefox، Internet Explorer و Opera می باشند.

۲. **قابلیت سازگاری با WebGL**

WebGL یک رابط برنامه نویسی کاربردی مبتنی بر JavaScript و HTML5 به منظور اجرای تعاملی گرافیک های کامپیوتری سه بعدی و گرافیک های دو بعدی می باشد که قابلیت سازگاری با هر مرورگر، بدون نیاز به پلاگین خاصی را دارا می باشد.

۳. **هزینه**: یکی از نکات مهم در زمینه استفاده از سیستم های تجسم کاداستر 3D، هزینه تهیه این سیستم ها می باشد که تاثیر زیادی در استفاده از آنها توسط کاربران مختلف مخصوصا محققان و دانشجویان دارد. باتوجه به رشد روزافزون تولید نرم افزارهای متن باز در سطح جهان، هزینه فاکتور مهمی در این زمینه می باشد. در حال حاضر تکنولوژی های متن باز بطور وسیع برای کاربردهای مختلفی ازجمله توسعه نمونه های اولیه سیستم های تجسم کاداستر سه بعدی استفاده می شوند (Dimovski et al, 2011b; Vandysheva et al., 2011).

در نهایت، دراین بخش مهمترین خصوصیات سیستم های کاداستر و ضروریات داده های کاداستر به منظور تجسم سه بعدی و تحت وب آنها بررسی شده است.

۳-نمایش داده های مکانی 3D بر روی مرورگر وب

امروزه طیف گسترده ای از تکنولوژی ها به منظور اجرا کردن داده های مکانی سه بعدی بر روی وب در دسترس هستند. هرچند تا قبل از این تنها راه نمایش 3D بر روی وب، پیاده سازی یک برنامه وب با استفاده از Plug in بود. تعدادی از تکنولوژی های که از پلاگین استفاده می کنند در جدول(۱) ارائه شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

جدول(۱). بررسی اجمالی فناوری های مبتنی بر پلاگین برای تجسم داده های مکانی

LIBRARY	LICENCE	TYPE
Google Earth Plug-in	Freeware	virtual globe
Adobe Acrobat Reader plug-in	Freeware	3D scene
Adobe Flash plug-in	Freeware	3D scene
NASA World Wind	NASA Open Source Agreement v1.3	virtual globe
XNavigator	GNU General Public License 2	virtual globe
3DIS WebViewer	Freeware	3D scene
Cortona 3D viewer	free and commercial	3D scene
JebGL	MIT	3D scene
Microsoft Silverlight	Freeware	3D scene

مدل‌های سه بعدی را می توان با استفاده از پلاگین Flash ورژن ۱۱,۰ و بالاتر یا تکنولوژی Microsoft Silverlight ورژن ۳,۰ یا بالاتر بر روی محیط های وب نمایش داد (Behr et al, 2009). با این حال، با توجه به وجود مشکلات امنیتی سیستم، مجوز دسترسی مدیر و یا حتی نگرانی مربوط به مجوز، تکنولوژی های مبتنی بر Plug in به عنوان یک چهارچوب توسعه نرم افزار برای بسیاری از کاربران نهایی مناسب نیستند. این مسائل یکی از دلایل رشد فزاینده پیدایش راه حل های دیگر می باشد. هدف اصلی پیدایش کیت های توسعه نرم افزاری (SDK)، فراهم کردن یک راه حل جایگزین می باشد، که اغلب در JavaScript اجرا شده و در همه مرورگرهای سازگار با WebGL، در محیط های متن باز در دسترس می باشند. با این وجود، از آنجا که WebGL یک استاندارد نسبتا جدید می باشد، تحقیقات نسبتا کمی درمورد آن وجود دارد و با یک راه حل کامل فاصله دارند، با توجه به نیاز بازار، روند و پیشرفت تکنولوژی، امروزه محیط های مجازی مبتنی بر WebGL با سرعت به روز می شوند. در جدول(۲) مهمترین کتابخانه های برنامه نویسی مبتنی بر WebGL برای تجسم داده های مکانی سه بعدی آورده شده اند:

جدول(۲). بررسی اجمالی کتابخانه های برنامه نویسی مبتنی بر WebGL برای تجسم داده های مکانی

Library	Licence	Type
ESRI City Engine Web Viewer	Free and commercial	3D scene
Cesium	Apache 2.0	virtual globe
C3DL	MIT	3D scene
OpenWebGlobe	MIT	virtual globe
OSGJS	GNU GPL 3	3D scene
PhiloGL	MIT	3D scene
Ready Map	GNU LGPL	virtual globe
SceneJS	MIT or GNU GPL 2	3D scene
WebGL Earth	GNU GPL 3	virtual globe
XML3D	Own, free	3D scene
SpiderGL	GNU GPL 2	3D scene
three.js	MIT	3D scene
X3DOM	MIT or GNU GPL 3	3D scene
OSGJS	GNU GPL 3	3D scene

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

۴. مقایسه سیستم های مختلف تجسم 3D تحت وب

در این بخش یا توجه به دو بخش بالا، یعنی حقوق ملکیت، محدودیت ها و مسئولیت های موجود در سیستم های کاداستر و همچنین مهمترین تکنولوژی های تجسم 3D مبتنی بر وب به منظور نمایش هرجه بهتر محتواهای سه بعدی، قابلیت پشتیبانی از WebGL، رایگان و در دسترس بودن و همچنین قابلیت توسعه مناسب سیستم به مقایسه آنها به منظور تجسم کاداستر 3D پرداخته شده است.

جدول(۳). مقایسه سیستم های تجسم سه بعدی مبتنی بر وب براساس ضروریات تجسم کاداستر سه بعدی

Visualization Layer	Features	Web-based Visualization Systems					
		WebGLEarth	OpenWebGlobe	ReadyMap	Cesium	Google Earth Plug-in	Esri CityEngine Web Viewer
Presentation Layer	**Cadastral Features**						
	Handling massive data	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No
	3D Spatial analysis	No	No	No	Yes	Yes	No(only desktop)
	Measurements (2D, 3D)	No	No	No	Yes	Yes	Yes
	Queries visualization capabilities	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Underground view	No	No	No	No	No	Yes
	3D updating and manipulating	No	Yes	No	Yes	No	No(Only desktop)
	Cross-section view	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes
	Non-spatial data visualization	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Presentation Layer	**Visualization features**						
	Interactivity	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Zoom In/Out	No	No	No	Yes	No	No
	Zoom Area	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
	Zoom Full Extent	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
	Zoom Predefined	No	No	No	Yes	No	Yes
	Zoom Layer	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
	Extend, X/Y	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Bookmarks	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Tilt	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Pan	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Visual representation	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Levels of detail	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Symbols	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Color, thickness line-style,	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Labeling	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Transparency	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Tooltips						
	Aerial and						

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

	satellite images						
Application layer	**Non-functional features** Technical diversity Data Service (WMS, TMS...) Formats System integration and Interoperability Usability Platform independence Platforms Browsers Cost	Yes JASON Low Medium Yes Yes Open Source	Yes JASON Low Low Yes Yes Free/Open Source	Yes JASON, OSGJS Medium Medium Yes Yes Open Source	Yes CZMLKML,Shp,JSON High High Yes Yes Free/Open Source	Yes KML Low High Yes Yes Freeware	Yes Shp, gdb,KMLCollada High Medium Yes Yes Free/commercia

با توجه به وجود تکنولوژی های مختلف به منظور تجسم داده های مکانی سه بعدی و همچنین قابلیت های متنوع و شباهت های آنها، انتخاب یک سیستم مناسب برای تجسم داده های مکانی سه بعدی بر روی وب بسیار سخت می باشد خصوصا که این تکنولوژی ها مدام درحال توسعه هستند. از میان سیستم های مختلف و پرکاربرد ۶ سیستم انتخاب شده و بر مبنای ویژگی ها و قابلیت های مورد نیاز برای تجسم داده های کاداستر سه بعدی ارزیابی شده اند جدول(۳). با توجه به اینکه هیچ سیستم تجسمی که همه ضروریات تعیین شده را داشته باشد وجود ندارد، انتخاب بهترین تکنولوژی تجسم، بر مبنای حداکثر قابلیت های در دسترس مانند هزینه، کاربر پسند بودن، محیط توسعه، تحلیل داده های مکانی و غیره به منظور تجسم کاداستر سه بعدی صورت میگیرد. نتایج مقایسه انجام شده نشان می دهد از بین محیط های مجازی بررسی شده تنها Esri CityEngine قابلیت نمایش زیر زمین را دارد و در مقابل قابلیت اجرای داده های حجیم و آنالیزهای مکانی سه بعدی تحت وب را دارا نمی باشد در عین حال فقط Cesium و Google Earth Plug in قابلیت آنالیزهای مکانی سه بعدی تحت وب را دارند. از میان دیگر ضروریات کاداستر سه بعدی، قابلیت به روز رسانی و اصلاح سه بعدی نیز توسط Cesium و OpenWebGlobe امکان پذیر می باشد. این بررسی همچنین نشان می دهد که از میان سیستم های موجود Google Earth Plug in امکان برش عرضی اشیاء سه بعدی به منظور نمایش جزئیات داخلی آنها را ندارد. با توجه به مجموع بررسی های انجام شده، محیط نمایش Cesium به دلیل دارا بودن حداکثر قابلیت های مورد نیاز به منظور تجسم کاداستر سه بعدی تحت وب بهترین سیستم موجود انتخاب شد. اگرچه Cesium نیز دارای معایبی مانند عدم پشتیبانی از تجسم ساختمان های سه بعدی در زیر زمین می باشد اما مزایای زیادی مانند استفاده آسان، پشتیبانی از فرمت های مختلف داده، قابلیت های GIS سه بعدی، پشتیبانی خوب از کاربران و راهنمایی آنها همچنین قابلیت سازگاری و ارتباط با پایگاه داده سه بعدی را دارا می باشد که باعث برتری این سیستم نسبت به بقیه سیستم های تجسم می شود.

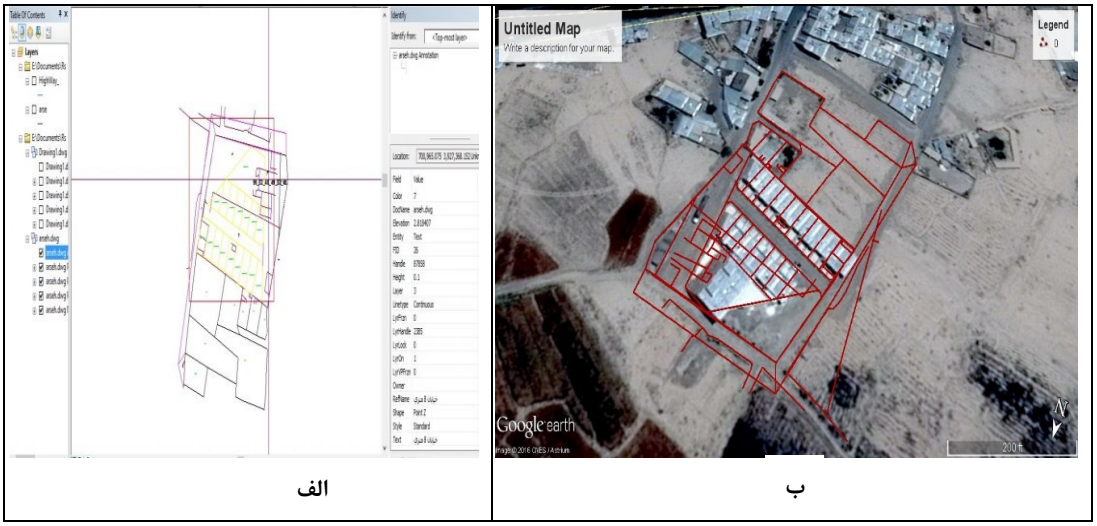
Cesium (Analytics Graphics, 2011) یک کتابخانه JavaScript منبع باز برای ایجاد گلوب های مجازی 3D و همچنین نقشه های 2D بر روی مرورگر وب می باشد. از تکنولوژی WebGL به منظور فراهم کردن افزایش سرعت بالای سخت افزار و قابلیت های Cross-platform، Cross-browser و بی نیازی به پلاگین استفاده می کند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

۵. مواد و روش ها: طراحی و پیاده سازی یک سیستم اولیه

طراحی و ایجاد مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM)

در این مطالعه به منظور پیاده سازی کاداستر سه بعدی مبتنی بر وب، ابتدا نیاز به بررسی داده های کاداستر موجود کشور و تهیه داده های پایه مورد نیاز از کاداستر می باشد. به همین منظور داده های کاداستر بررسی شده و به صورت موردی داده های نمونه از اداره کل کاداستر کشور به منظور انجام بررسی های مورد نیاز تهیه گردید که در شکل(۲) نمایش داده شده است.



شکل (۲). الف: کاداستر دو بعدی یک بلوک از شهر سمنان به همراه اطلاعات حقوقی، ب: هندسه همان بلوک بر روی گوگل ارث

داده های دو بعدی کاداستر موجود در فرمت DWG بوده و ویژگی های ملکی مربوط به آنها نیز هم به صورت جداگانه و هم متصل به هندسه نگهداری می شوند. با توجه به اهمیت کاداستر 3D در مناطق پرجمعیت و متراکم، تمرکز این پژوهش به تجسم RRR (Rights, Restrictions and Responsibilities) ها در مناطق شهری محدود شده است. بنابراین، منطقه شهری تهران به منظور مطالعه اولیه جهت ارزیابی رویکرد حاضر تجسم RRR ها و شناسایی مسائل و چالش های موجود انتخاب شده است.

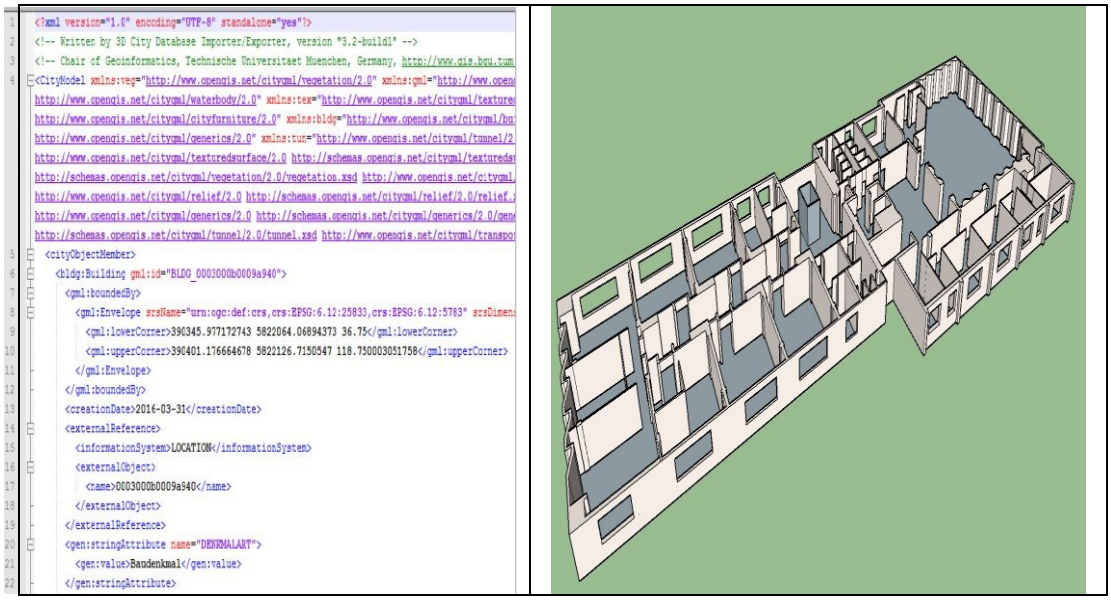
به این منظور ساختمان دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه خوارزمی تهران با مختصات ۳۵ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی انتخاب شده است.

برای ذخیره، ارائه و تبادل داده های سه بعدی، فرمت های مختلفی (مانند: CityGML, KML, X3D, Geo VRML, IFC, COLLADA) وجود دارد که هر کدام ویژگی های متفاوتی دارند. از میان فرمت های بیان شده فرمت CityGML و IFC به طور وسیع به منظور ایجاد مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM) استفاده می

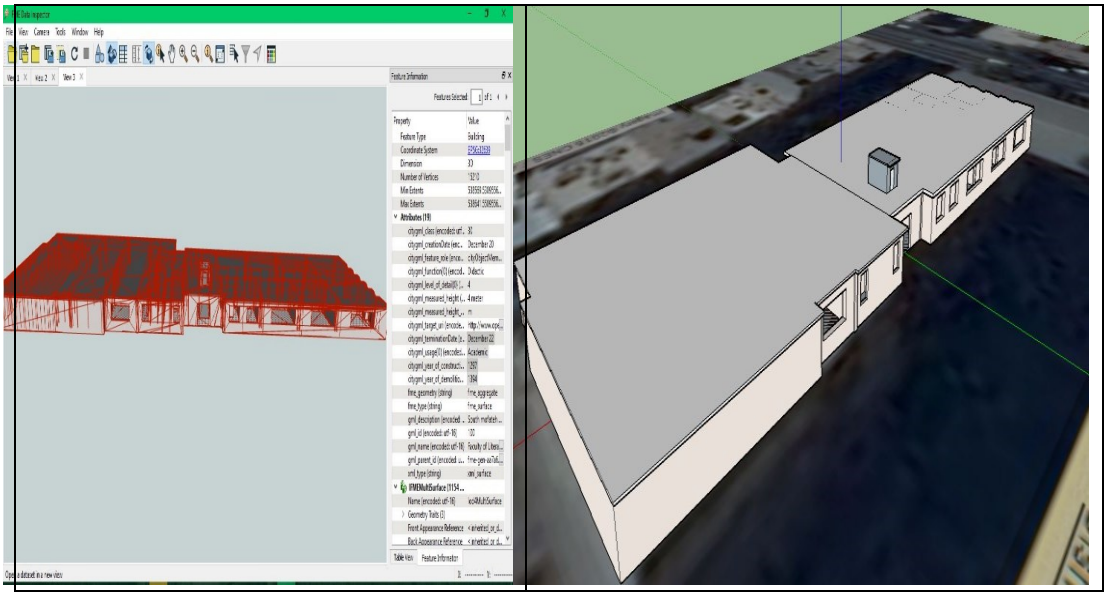
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

شوند. در این تحقیق با توجه به بررسی های انجام شده فرمت CityGML با توجه به مزایایی مانند قابلیت ذخیره اطلاعات ساختمان در چندین سطح جزئیات هندسی و مفهومی، بودن استانداردهای OGC مبتنی بر زبان نشانه گذاری جغرافیایی، یک فرمت قابل گسترش به منظور استفاده توسط برنامه های مختلف و همچنین دارا بودن چندین ابزار سازگار (ابزار های Import/Export، نمایش دهنده ها و یک الگو پایگاه داده) که به صورت رایگان در دسترس هستند, جهت طراحی مدل اطلاعاتی ساختمان استفاده شده است.

ابتدا پلان دو بعدی ساختمان به دست آمده از نقشه برداری زمینی با استفاده از AutoCAD تهیه شده است، سپس ارتفاع قسمت های مختلف ساختمان به دست آمده و در نهایت نقشه دو بعدی تهیه شده با استفاده ازنرم افزار Sketchup به مدل 3D تبدیل گردیده است. در این مرحله اطلاعات مالکیت ساختمان به صورت نمونه تهیه شده است. به منظور اضافه کردن اطلاعات ملکی ساختمان به هندسه موجود، پلاگین CityGML برای نرم افزار Sketchup اضافه و قسمت های مختلف ساختمان تعریف و همچنین اطلاعات ملکی نیز اضافه شده است. با توجه به ضروریات کاداستر، همه عوامل تعریف شده و قوانین و اطلاعات به ساختمان اضافه و مدل 3D طبقه اول شکل(۳) ساختمان ایجاد شده است.



[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]



شکل(۳). مدل اطلاعاتی ساختمان (BIM) طراحی شده در نرم افزار Sketchup به همراه کدهای CityGML آن و مدل نهایی آماده شده در نرم افزار FME

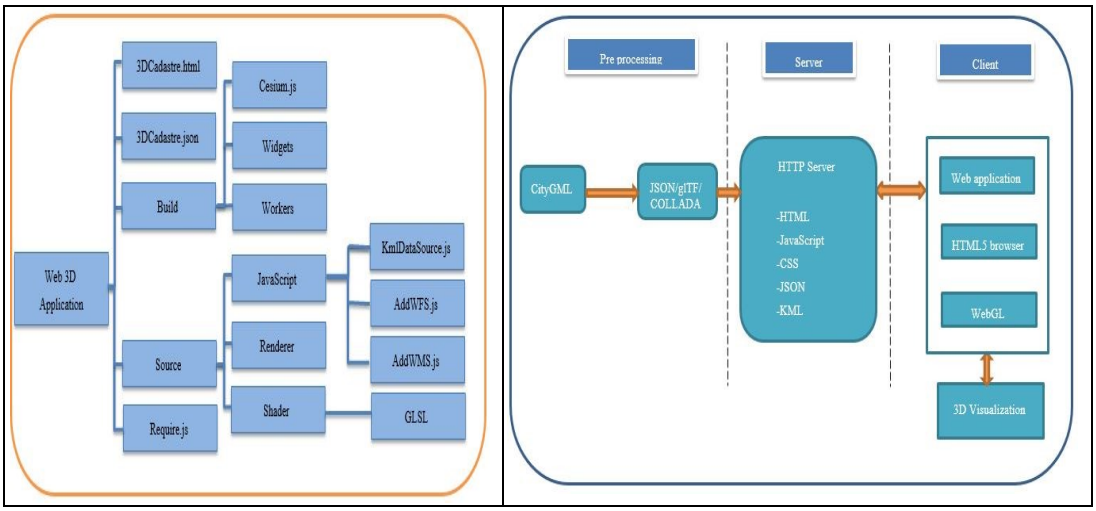
طراحی و پیاده سازی سیستم تجسم کاداستر سه بعدی تحت وب

در این بخش طراحی و پیاده سازی یک سیستم نمونه (Prototype) تجسم کاداستر 3D توضیح داده می شود و براساس اهداف پژوهش، برای نمایش و اعتبار سنجی مبتنی بر ضروریات تجسم کاداستر 3D توسعه یافته است. به همین منظور از محیط مجازی Cesium انتخاب شده در مرحله ارزیابی استفاده شده است.

معماری سطح بالا

در اینجا دیاگرام معماری سطح بالای برنامه برای درک بهتر اجزاء مختلف سیستم و نحوه تعامل آنها با هم توضیح داده شده است.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]



شکل(۴). الف: معماری سطح بالای سیستم، ب: جزئیات سمت سرور

همان گونه که در شکل(۴) نشان مشخص است معماری سیستم شامل سه بخش اصلی پیش پردازش، سرور و کاربر می باشد. بخش پیش پردازش، شامل نصب سیستم مدیریت پایگاه داده و پیکر بندی پایگاه داده سه بعدی به منظور وارد کردن مدل اطلاعاتی ساختمان به داخل پایگاه داده سه بعدی می باشد. قسمت سرور به عنوان مهمترین بخش سیستم شامل اجرای سرور Apache HTTP، شامل یک فایل HTML و فایل های مرتبط با Cesium API می باشند. فایل HTML شامل CSS و JavaScript برای Cesium API می باشد. که به کاربران به منظور تجسم و تعامل با محیط مجازی Cesium به عنوان یک قسمت از رابط وب اجازه می دهد. سرور همچنین شامل فایل های JSON، KML/KMZ، COLLADA و glTF به دست آمده از پایگاه داده می باشد. این فایل توسط JavaScript برای کاربر نهایی برای تجسم و تعامل با مدل اطلاعاتی ساختمان تجزیه و خوانده می شود. و در نهایت قسمت کاربر، سمت کاربر شامل یک رابط به منظور تجسم و تعامل با کاداستر سه بعدی می شود. تعامل همچنین شامل توابعی به منظور کار با کاداستر سه بعدی و نمایش اطلاعات ملکی و حقوقی مدل اطلاعاتی ساختمان می باشد. برنامه وب بر روی یک مرورگر HTML5، که سازگار با WebGL می باشد اجرا می شود.

WebGL

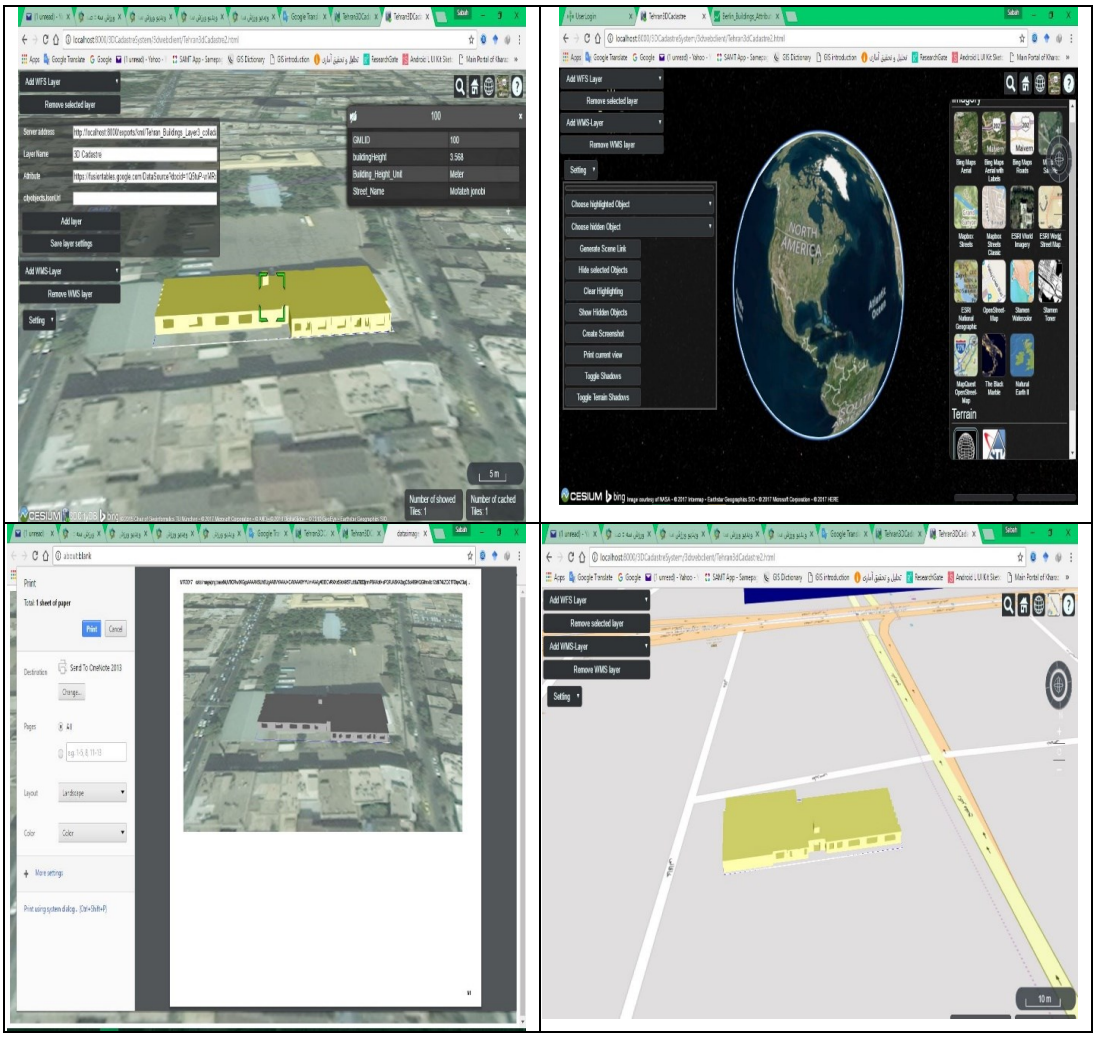
WebGL API یک نقش خیلی مهم در این تحقیق به منظور استفاده از برنامه بدون نصب قسمت سوم بازی می کند. همچنین موجب کمک در بهبود عملکرد برنامه در زمان کار که با محتوای 3D می شود. Cesium یک محیط مجازی بر روی وب می باشد که با استفاده از WebGL ایجاد شده است. در این بخش، تمرکز اصلی بر روی درک چگونگی استفاده Cesium از WebGL برای توسعه برنامه وب می باشد. در معماری Cesium، دو جزء معماری یعنی Render و Scene مسئول استفاده از WebGL می باشند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

برنامه مبتنی بر وب

پژوهش حاضر جهت توسعه یک برنامه مبتنی بر وب می باشد که برای اجرا بر روی یک مرورگر HTML5 با استفاده از WebGL توسعه پیدا کرده است. این یک رابط برای کاربر نهایی به منظور انجام توابع به عنوان قسمتی از هدف تحقیق می باشد.

با توجه به هدف اصلی پژوهش یعنی تجسم مالکیت های سه بعدی کاداستر شهری، سیستم طراحی شده این قابلیت را در اختیار کاربر قرار می دهد که که اطلاعات مختلف سه بعدی خاص کاداستر را به سیستم اضافه کرده و علاوه بر جستجو و بررسی با ابزارهایی که سیستم در اختیار قرار می دهد امکان نمایش اطلاعات حقوقی ملک را با کلیک بر روی ملک فراهم می کند.



شکل(۵). الف: سیستم نهایی طراحی شده، ب: نمایش کاداستر سه بعدی بر روی نقشه های پایه ی مختلف، ج: قابلیت سیستم در پرینت نمای سه بعد کاداستر

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

هندسه ساختمان در LOD 4 و یا هر LOD دیگری قابلیت نمایش در سیستم طراحی شده را دارد. کاربر می تواند مدل اطلاعاتی ساختمان را با استفاده از ابزارهای مانند Zoom، Rotate و غیره به منظور تجسم مرزبندی های کاداستر از زوایای مختلف مشاهده کند و حتی قابلیت نمایش مرزبندی های داخل ملک را نیز دارد. کاربر نهایی می تواند از لایه های مختلف مبنایی مانند Bing Map Aerial، Bing Map Road، Mapbox Satellite، Mapbox Street، ESRIWorldStreetMap و OpenStreetMap به منظور تجسم هر چه بهتر و درک مرزبندی املاک استفاده کند. این سیستم همچنین این قابلیت را در اختیار کاربر قرار می دهد که لایه های مختلف تصویری خاص و با جزئیات بهتر مربوط به منطقه خاص را اضافه کرده و داده های کاداستر را بر روی آن نمایش دهد.

یکی از نیازهای سیستم های کاداستر که به طور معمول در اداره های کاداستر استفاده می شود تهیه لایه های هندسی به همراه اطلاعات توصیفی آنها برای اداره ها و یا سازمان ها و یا اشخاص دیگر بر اساس درخواست آنها می باشد. لذا در سیستم حال حاضر نیز این امکان در اختیار کاربر قرار داده شده است که بتواند از کاداستر سه بعدی که در سیستم نمایش داده می شود پرینت تهیه کرده و به همراه اطلاعات توصیفی ارائه شوند. به منظور تسهیل بهتر کار با سیستم توسط کاربر و همچنین نمایش بهتر داده ها، قابلیت های دیگری مانند امکان انتخاب ساختمان های مختلف با هم، مخفی کردن لایه ها، امکان به اشتراک گذاری سیستم با دیگران و همچنین قابلیت آنالیز سایه برای ساختمان ها و سایر لایه های ارتفاعی در سیستم در نظر گرفته شده است که از منوی تنظیمات قابل دسترسی می باشد.

در نهایت نتایج و کارایی برنامه وب بر روی مرورگر های مختلف سازگار با WebGL ارزیابی شده است. برنامه کاداستر سه بعدی توسعه یافته در این تحقیق بر روی مرورگر Google Chrome توسعه یافته و در نهایت بر روی مرورگرهای Microsoft Edge، Mozilla Firefox و Internet Explorer ارزیابی شده و با موفقیت قابلیت مستقل از مرورگر (Cross-browser) برنامه اجرا شده است.

نتیجه گیری

انتقال از وضعیت حاضر به سمت یک کاداستر رقومی سه بعدی کامل، نیازمند شناسایی ضروریات تجسم برای نمایش حقوق، محدودیت ها و مسئولیت های مالکیت ها در محیط های مجازی سه بعدی می باشد. اگرچه چندین نمونه اولیه کاداستر سه بعدی مبتنی بر سیستم های مختلف پیاده سازی شده اند، اما ضروریات تجسم سه بعدی هنوز به طور واضح مستند نشده اند. در این مقاله مهمترین ضروریات تجسم سه بعدی مبتنی بر وب بررسی و در چند گروه تقسیم بندی شد. در همین راستا، پر کاربرد ترین سیستم های تجسم سه بعدی مبتنی بر وب انتخاب و بر اساس قابلیت های مورد نیاز برای کاداستر سه بعدی ارزیابی شده اند. در این پژوهش بیش از ۳۰ قابلیت ضروری تجسم کاداستر سه بعدی بررسی و تعیین شده اند.

در نهایت مزایا و معایب تکنولوژی های مختلف به منظور تجسم کاداستر سه بعدی مبتنی بر وب مشخص شده است. اگرچه همه سیستم ها مزایا و معایب خاص خود را دارند اما در مجموع محیط مجازی Cesium حداکثر قابلیت های مورد نیاز برای تجسم کاداستر سه بعدی مبتنی بر وب با توجه به معیارهای تعیین شده را دارا می باشد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

به منظور ارزیابی ضروریات بررسی شده، با استفاده از سیستمی که در نتیجه مقایسه انجام گرفته انتخاب شد، یک سیستم اولیه به منظور تجسم کاداستر سه بعدی مبتنی بر وب طراحی و پیاده سازی شده و مزایا و معایب مختلف آن مورد بررسی قرار گرفته شده است، ارزیابی انجام شده نشان می دهد که سیستم مورد نظر اکثر ضروریات کاداستر را پوشش داده و به عنوان یک سیستم اولیه می تواند در زمینه های مختلفی بسیار کاربردی و مفید باشد. البته با توجه به توسعه روز افزون این تکنولوژی ها، شناخت قابلیت های جدید به منظور استفاده برای تجسم کاداستر سه بعدی مهم می باشد. ارزیابی جنبه های اشاره شده در این تحقیق به طور مستقیم بر روی تجسم سه بعدی قوانین، محدودیت ها و مسئولیت ها اثر می گذارد و به همین اساس باید علاوه بر ضروریات عمومی تجسم کاداستر, قوانین حقوقی خاص هر کشور نیز در این مورد مد نظر قرار گیرد.

منابع

Abdul Rahman, A., Hua, T. C., & Van Oosterom, P. (2011). **Embedding 3D into multipurpose cadastre**. Paper presented at the Proceedings of the FIG Working Week 2011" Bridging the Gap between Cultures" & 6th National Congress of ONIGT, Marrakech, Morocco, 18-22 May 2011.

Aditya, T., Iswanto, F., Wirawan, A., & Laksono, D. (2011). **3D cadastre web map: Prospects and developments.** Paper presented at the 2nd International workshop on 3D cadastres.

Aditya, T., Subaryono, W., Istarno, D., Untung, R., ROCHMAD, M., & FEBRI, I. (2009). **Understanding the urgency for 3D cadastre in Indonesia: Development and visualization of a hybrid 3D cadastre model.** Paper presented at the 10th South East Asian Survey Congress.

Aien, A., Rajabifard, A., Kalantari, M., Williamson, I., & Shojaei, D. (2011). **3D cadastre in Victoria Australia.** GIM International, 25(8), 16-21.

Analytics Graphics, I. (2011). **Cesium - WebGL virtual globe and map engine.** Retrieved from http://cesium.agi.com/

Been, K., Daiches, E., & Yap, C. (2006). **Dynamic map labeling.** IEEE Transactions on visualization and computer graphics, 12(5), 773-780.

Behr, J., Eschler, P., Jung, Y., & Zöllner, M. (2009). **X3DOM: a DOM-based HTML5/X3D integration model.** Paper presented at the Proceedings of the 14th International Conference on 3D Web Technology.

Billen, R., & Zlatanova, S. (2003). **3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre?** Computers, Environment and Urban Systems, 27(4), 411-425.

Chaturvedi, K. (2014). **Web based 3D analysis and visualization using HTML5 and WebGL.**

Dimopoulou, E., Gavanas, I., & Zentelis, P. (2006). **3D Registrations in the Hellenic Cadastre.** Paper presented at the TS 14-3D and 4D Cadastres, Shaping the Change XXIII FIG Congress.

Dimovski, V., Bundaleska-Pecalevska, M., Cubrinoski, A., & Lazoroska, T. (2011a). **WEB portal for dissemination of spatial data and services for the needs of the agency for real estate cadastre of the Republic of Macedonia (AREC)**. Paper presented at the 2nd International workshop on 3D cadastres.

Dimovski, V., Bundaleska-Pecalevska, M., Cubrinoski, A., & Lazoroska, T. (2011b). **WEB portal for dissemination of spatial data and services for the needs of the agency for real**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

estate cadastre of the Republic of Macedonia (AREC). Paper presented at the 2nd International workshop on 3D cadastres.
Eastman, C., Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). **BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors: John Wiley & Sons.**
FIG. (1995). **The FIG Statement on the Cadastre (Vol. Commission): Federation International des G´eom`etres.**
Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., & Jiang, R. (2013). **Developing a 3D cadastre for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. Computers, Environment and Urban Systems**, 40, 46-55.
Hassan, M., Ahmad-Nasruddin, M., Yaakop, I., & Abdul-Rahman, A. (2008). **An integrated 3D cadastre–Malaysia as an example.** The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37(B4), 121-126.
Hildebrandt, D., & Döllner, J. (2010). **Service-oriented, standards-based 3D geovisualization: Potential and challenges. Computers, Environment and Urban Systems,** 34(6), 484-495.
Isikdag, U., Aouad, G., Underwood, J., & Wu, S. (2007). **Building information models: a review on storage and exchange mechanisms.** Bringing ITC Knowledge to Work.
Jarroush, J., & Even-Tzur, G. (2004). **Constructive solid geometry as the basis of 3D future cadastre.** FIG working Week, Athens, Greece.
Kolbe, T. H., Gröger, G., & Plümer, L. (2005). **CityGML: Interoperable access to 3D city models Geo-information for disaster management** (pp. 883-899): Springer.
Konecny, M. (2011). **Review: Cartography: challenges and potential in the virtual geographic environments era.** Annals of GIS, 17(3), 135-146.
Kotonya, G., & Sommerville, I. (1998). **Requirements Engineering; Processes and Techniques.** John Wiley & Sons Ltd.
Moser, J., Albrecht, F., & Kosar, B. (2010). **Beyond visualisation–3D GIS analyses for virtual city models.** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38(4), W15.
Shojaei, D. (2014). **3D cadastral visualisation: understanding users' requirements.** (Phd), Milborn.
Shojaei, D., Kalantari, M., Bishop, I. D., Rajabifard, A., & Aien, A. (2013a). **Visualization requirements for 3D cadastral systems**. Computers, Environment and Urban Systems, 41, 39-54.
Shojaei, D., Kalantari, M., Bishop, I. D., Rajabifard, A., & Aien, A. (2013b). **Visualization requirements for 3D cadastral systems.** Computers, Environment and Urban Systems, 41, 39-54. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2013.04.003
Shojaei, D., Rajabifard, A., Kalantari, M., Bishop, I. D., & Aien, A. (2012). **Development of a 3D ePlan/LandXML visualisation system in Australia**.
Stoter, J. (2002). UML modelling: from a 2D to a 3D Cadastre. **Paper presented at the 3rd international workshop'Towards a Cadastral Core Domain Model'of COST action G9'Modelling Real Property Transactions',** Delft, October 10-12, 2002.
Stoter, J. E. (2004). 3D Cadastre. Delft, , Netherlands.
Stoter, J. E., & Ploeger, H. D. (2003). **Property in 3D—registration of multiple use of space: current practice in Holland and the need for a 3D cadastre.** Computers, Environment and Urban Systems, 27(6), 553-570.
Stoter, J. E., & van Oosterom, P. (2006). **3D cadastre in an international context: legal, organizational, and technological aspects: Crc Press.**

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]
[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]

van Oosterom, P., Ploeger, H., & Stoter, J. (2005). **Analysis of 3D Property Situations in the USA.** Paper presented at the Proceedings FIG Working Week.

van Oosterom, P., Stoter, J., & Fendel, E. (2001). **Registration of properties in strata: International Workshop on 3D Cadastres.** Delft, the Netherlands.

Vandysheva, N., Ivanov, A., Pakhomov, S., Spiering, B., Stoter, J., Zlatanova, S., & Van Oosterom, P. J. (2011). **Design of the 3D Cadastre Model and Development of the Prototype in the Russian Federation.** Paper presented at the Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, Delft, The Netherlands, 16-18 November, 2011.

Ying, S., Guo, R., Li, L., & He, B. (2012). **Application of 3D GIS to 3D cadastre in urban environment.** Developments and Practices: Shenzhen, China, 25-26.

Ying, S., Guo, R., Li, L., Van Oosterom, P., Ledoux, H., & Stoter, J. (2011). **Design and development of a 3D cadastral prototype based on the LADM and 3D topology.** Paper presented at the Proceedings 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16-18 November, 2011, Delft, The Netherlands.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-08]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1400.21.60.14.0]

[DOI: 10.52547/jgs.21.60.379]