



ORIGINAL RESEARCH PAPER

Four-dimensional cadastre design, a case study: A region of (IRAN: Tehran)

M. Momtazi, S. Sadeghian*, A. Vafaeinejad

Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ABSTRACT

Received: 12 December 2024
 Reviewed: 19 February 2025
 Revised: 05 May 2025
 Accepted: 31 May 2025

KEYWORDS:

Four-Dimensional Cadastre
 LADM
 Land Management
 Sustainable Development
 Fourth Dimension
 Schedule Cadastre

* Corresponding author

✉ sa_sadeghian@sbu.ac.ir

☎ (+98912) 3505745

Background and Objectives: As the value of real estate and land increases, people try to define the boundaries of their property more accurately in order to prevent the smallest losses. In order to increase the accuracy of real estate boundaries, one cannot be satisfied with flat positions, and on the other hand, new cadastral systems in urban management and meeting the needs of different users require the need to record the changes in urban spaces and use timely 3D models. Today, in order to provide a model for real estate and land management in cities, the third dimension, i.e. height, and the fourth dimension, i.e. time, should also be considered.

Methods: A combination of two methods is as follows: based on the purpose, in an applied manner, based on the results of previous research in this field, and based on the method of data collection in an experimental manner with a scientometric approach

Findings: 3D modeling in cadastre should be created in the context of time to consider all aspects of land management in a country based on the passage of time. Currently, this time-based three-dimensional modeling is known as four-dimensional cadastre. In general, the applications of this research include the correct use of land and cadastre management, as well as the use of 3D cadastre height and 4D cadastre time, construction growth from different aspects, and the need to implement cadastre in the third dimension (elevation) and the fourth (time) exists, the increasing complexity and flexibility of modern use requires that cadastres must manage information related to the third and time (fourth) dimensions. In order to design a four-dimensional cadastre, it is very necessary and important to pay attention to things such as cost, time and available equipment. Land preparation, defining property boundaries, developing infrastructure facilities such as water and sewage networks, electricity and gas, managing urban green spaces and changing the use of these areas are also used in cultural heritage and reconstruction of old buildings. Preventing the phenomenon of land grabbing, along with the forgery of documents or theft and illegal possessions, is also one of the other uses.

Conclusion: The conclusion based on the studies done in this field is as follows. This study proposes a general framework for how to apply temporal information to the model, which is created by integrating cadastral information with LADM on legal objects and CityGML on physical objects. The main requirements for creating a 4D cadastral model for Iran with legal and physical views of existing cadastral objects are presented. This study was tested using real data in a case study. Therefore, this modeling of cadastral data, and management and service delivery steps, have been investigated separately in the scope of the research and are similar to manuals created for different users. The difference between our study and other studies in this field is that all the processing steps (analysis, modeling, storage, transformation and service of data, visualization) performed for 3D cadastral studies are explained and from the software Open source is used in scope



NUMBER OF REFERENCES

30



NUMBER OF FIGURES

18



NUMBER OF TABLES

3

مقاله پژوهشی

طراحی کاداستر چهار بعدی، مطالعه موردی: منطقه‌ای از (ایران: تهران)

محمد علی ممتازی، سعید صادقیان*، علیرضا وفايي نژاد

گروه مهندسی نقشه برداری، دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: هر چه ارزش املاک و اراضی بیشتر شود افراد تلاش می‌کنند تا محدوده ملک خود را با دقت بیشتری مشخص کنند تا جلوی کوچک‌ترین ضررها را بگیرند. جهت افزایش دقت محدوده املاک نمی‌توان به موقعیت مسطحاتی اکتفا نمود و از سوی دیگر سیستم‌های نوین کاداستر در مدیریت شهری و تأمین نیازهای کاربران مختلف لزوم ثبت تغییرات فضاهای شهری و به کارگیری مدل‌های سه بعدی زمانمند را ایجاب می‌کند. امروزه جهت ارائه یک مدل برای مدیریت املاک و اراضی در شهرها می‌بایست بعد سوم یعنی ارتفاع و بعد چهارم یعنی زمان را نیز در نظر گرفت.

روش‌ها: تلفیقی از دو روش: بر اساس هدف به صورت کاربردی بر اساس نتایج تحقیقات پیشین در این زمینه و بر اساس روش جمع‌آوری داده به صورت آزمایشی با رویکرد علم سنجی

یافته‌ها: مدل‌سازی سه بعدی در کاداستر باید در بستر زمان ایجاد شود تا تمامی جنبه‌های مدیریت زمین را در یک کشور بر اساس گذر زمان، مورد توجه قرار دهد. در حال حاضر این مدل‌سازی سه بعدی زمانمند را با عنوان کاداستر چهار بعدی می‌شناسند. به طور کلی کاربردهایی از انجام این پژوهش متصور است بیشتر شامل استفاده صحیح از مدیریت زمین و کاداستر هم‌چنین به کارگیری ارتفاع 3D cadastre و زمان 4D cadastre، رشد ساخت و ساز از جنبه‌های مختلف شده و نیاز به اجرای کاداستر که در بعد سوم (ارتفاع) و چهارم (زمان) وجود دارد، افزایش پیچیدگی و انعطاف‌پذیری کاربری مدرن مستلزم آن است که کاداسترها باید اطلاعات مربوط به بعد سوم و زمانی (چهارم) را مدیریت کنند. به منظور طراحی کاداستر چهار بعدی توجه به مواردی از قبیل هزینه، زمان و تجهیزات در دسترس بسیار ضروری و مهم است. آمایش سرزمین، تعیین محدوده املاک، توسعه تأسیسات زیربنایی مانند شبکه‌های آب و فاضلاب، برق و گاز، مدیریت بر روی فضاهای سبز شهری و تغییر کاربری این زمین‌ها هم‌چنین در میراث فرهنگی و بازسازی بناهای قدیمی کاربرد دارد. جلوگیری از پدیده زمین‌خواری در کنار جعل اسناد و یا سرقت و تصرفات غیر قانونی نیز از دیگر کاربردهای حاصل شده است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه یک چارچوب کلی برای نحوه اعمال اطلاعات زمانی در مدل پیشنهاد می‌کند که با ادغام اطلاعات کاداستر با LADM روی اشیاء قانونی و CityGML روی اشیاء فیزیکی ایجاد می‌شود. الزامات اصلی برای ایجاد یک مدل کاداستر ۴ بعدی برای ایران با دیدگاه‌های قانونی و فیزیکی از اشیاء کاداستر موجود ارائه شده است. این مطالعه با استفاده از داده‌های واقعی در یک مطالعه موردی مورد آزمایش قرار گرفت. بنابراین، این مدل‌سازی داده‌های کاداستر، و مراحل مدیریت و ارائه خدمات، به صورت جداگانه در محدوده تحقیق مورد بررسی قرار گرفته‌اند و شبیه به کتابچه راهنمای ایجاد شده برای کاربران مختلف است. تفاوت مطالعه ما با سایر مطالعات دیگر در این زمینه این است که کلیه مراحل پردازش (تجزیه و تحلیل، مدل‌سازی، ذخیره‌سازی، تبدیل و سرویس داده‌ها، تجسم) انجام شده برای مطالعات کاداستر سه بعدی توضیح داده شده است و از نرم‌افزار منبع باز در محدوده استفاده شده است.

تاریخ دریافت: ۲۲ آذر ۱۴۰۳
تاریخ داوری: ۰۱ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ اصلاح: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۰ خرداد ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:

کاداستر چهار بعدی
LADM
مدیریت زمین
توسعه پایدار
بعد چهارم
کاداستر
ر زمانبند

* نویسنده مسئول

sa_sadeghian@sbu.ac.ir

③ ۰۹۱۲-۳۵۰۵۷۴۵

مقدمه

به یاری او می‌آید. این سیستم جامع و کارآمد "کاداستر" نام دارد که به سؤالاتی نظیر چه کسی؟ کجا؟ چه مقدار؟ و چگونه؟ در مورد قطعه زمین پاسخ می‌دهد و امکان مدیریت بهتر و بهره‌وری بیشتر را از زمین برای انسان مهیا می‌سازد [۱-۱۲]. کاداستر زیربنای پیشرفت و توسعه متوازن در هر کشوری است و تا وقتی کاداستر در کشور به عنوان بانک جامعی از اطلاعات پیاده‌سازی نشود، برنامه‌های توسعه و پیشرفت برای تحقق عدالت به نتیجه مطلوب نخواهند رسید [۱-۱۳]. اساس توسعه و پیشرفت جوامع بشری مبتنی بر استفاده بهینه از زمین بوده، چرا که جزء اصلی مدیریت منابع تجدیدناپذیر، توسعه پایدار است. هدف اصلی توسعه پایدار ایجاد یک نظام سازماندهی شده برای بهره‌گیری هرچه بهتر از منابع

انسان از بدو خلقت همواره به زمین وابسته بوده و این وابستگی با گذشت زمان بیشتر شده است. با توسعه جوامع بشری و افزایش روزافزون جمعیت از یک طرف و استفاده بی‌رویه بشر از منابع زمینی و محدودیت‌های بسیاری از این منابع از طرف دیگر، لازم شد تا او طوری در این مسیر حرکت کند که آسیب کمتری متوجه زمین شود و به اصطلاح توسعه‌های پایدار داشته باشد. لازمه توسعه پایدار، داشتن سیستمی است که در مدیریت بهینه زمین به انسان کمک کند. سیستمی که با ممیزی دقیق و فهرست‌بندی صحیح از اموال و حقوق و محدودیت‌های مربوط به آن در یک سطح پیوسته به نام قطعه زمین،

LADM بهترین و پرکاربردترین استاندارد داده ISO برای مدل‌سازی داده‌های قانونی است. علاوه بر این، یکی دیگر از دلایل مهم انتخاب LADM این است که به دلیل استفاده گسترده از آن، امکان ایجاد یک هستی‌شناسی مشترک در پلتفرم بین‌المللی را فراهم می‌کند. اگرچه CityGML به‌ویژه برای نمایش جنبه فیزیکی انتخاب شده است، استانداردهای مختلفی مانند IFC، IndoorGML، LandXML و GeoJSON نیز در دسترس هستند. با این حال، CityGML پرکاربردترین استاندارد داده در جمع‌آوری داده‌های سه بعدی در تمام موسسات دولتی ترکیه است. در نتیجه، تصور می‌شد که هم جمع‌آوری و هم اشتراک‌گذاری داده‌ها آسان‌تر خواهد بود [۴].

ساختار پیاده‌سازی مدل مدیریت املاک

تنوع سازمان‌های متولی مدیریت زمین باعث تنوع کاربردهای مختلف روی املاک و زمین می‌شود، برای نمونه سازمان ثبت املاک روی حقوق، محدودیت‌ها و مسئولیت‌های املاک تأکید دارد و در همان حال توسعه زمین روی محدودیت‌های ناشی از برنامه‌های توسعه تأکید می‌کند و سازمان‌های ارزیابی زمین روی کاربردهای اقتصادی زمین تأکید می‌کند [۲-۲۹]. جهت نیل به‌سوی توسعه مدیریت املاک و زمین می‌بایست برای کاربری زمین برنامه‌ریزی کرد، که این برنامه‌ریزی مبتنی بر نوع عملکرد آن می‌تواند شامل چهار باشد: بینش اطلاعاتی، برنامه‌ریزی پیشرفته، تدوین راه حل برای مسائل، اجرای سیستم مدیریت توسعه. در مدیریت بهینه زمین می‌باید ساختارهای قانونی، سازمانی و فنی را در یک کشور همگون ساخت تا با بهره‌گیری از یک مدل جامع که دربردارنده تمامی حوزه‌ها به نتیجه مطلوبی دست پیدا کرد [۲].

مدل مدیریت املاک به‌عنوان یک مدل مفهومی در صدد است تا با ارائه الگویی یکپارچه برای هر کشور در سطح جهانی یک خط‌مشی مشترک در زمینه مدیریت املاک و زمین ایجاد کند [۲-۳۰]. از جمله ویژگی‌های برجسته مدل مدیریت املاک به‌کارگیری نرم‌افزارهای نوین در حوزه مدیریت زمین و املاک است تا توانایی ایجاد مدیریت در سطح کشور و جهان را داشته باشد. ساختار مدل مدیریت املاک مبتنی بر سه بسته نرم‌افزاری اصلی و یک بسته فرعی است که جهت تسهیل در عملکرد ساماندهی داده‌های مکانی در هر سطحی مورد نظر است. بسته اصلی مدل مدیریت املاک به چهار کلاس اصلی زیر تقسیم می‌شوند: کلاس LA_Party، بیانگر صاحبان زمین اعم از اشخاص حقیقی یا حقوقی، کلاس LA_RRR، بیانگر حقوق، محدودیت‌ها و مسئولیت‌ها در چارچوب قوانین، کلاس LA_BAUnit، بیانگر موجودیت نهادهای اداری در نظام ثبتی و قانونی، کلاس LA_SpatialUnit، بیانگر فضای قانونی قطعه زمین‌ها و شبکه‌های زیر بنایی [۲].

جنبه‌های مکانی و زمانی در LADM

LADM کاملاً با استانداردهای پذیرفته شده و موجود در هندسه و توپولوژی منتشر شده مطابقت دارد. بسته‌ها دارای توضیحات هندسی

تجدیدناپذیر است [۲]. حجم و وسعت زیاد داده‌های کاداستر و همچنین فراوانی تغییرات در آن‌ها، ضرورت بروزرسانی این داده‌ها و اعمال تغییرات در جنبه‌های مختلف این اطلاعات را آشکار می‌سازد. نکته‌ای که در این خصوص وجود دارد این است که بروزرسانی اطلاعات کاداستر به معنای پاک کردن اطلاعات قبلی و جایگزین کردن آن با اطلاعات جدید نیست، بلکه اطلاعات قدیمی اغلب لازم است به‌عنوان شجره‌نامه تغییرات املاک و حقوق ملکی مربوط به آن‌ها در بخشی فعال از پایگاه داده ثبت و ذخیره باشند. به عبارت دیگر مسئله این است که چگونه بتوان داده‌های از گذشته دور تاکنون را همزمان مدیریت کرد به‌طوری که بتوان به آسانی تغییرات را در طی دوران مدیریت کرده و در هر لحظه هم از اکنون و هم از گذشته آن‌ها اطلاعات به‌دست آورد [۱-۱۴]. به‌طور سنتی کاداسترها بر اساس نمایش تقسیم زمین به‌صورت دو بعدی (یعنی قطعات) در یک لحظه معین از زمان است، و جنبه‌های ۳ بعدی و ۴ بعدی مالکیت زمین را در فهرست‌ها و نقشه‌های کاداستر پنهان می‌کند. قطعات کاداستر دوبعدی ثبت شده در حال حاضر برای سازماندهی و مدل‌سازی اطلاعات کالاها و منافع پیچیده در زمین مناسب نیستند [۳-۲۸].

با این حال، فشار فزاینده بر زمین و افزایش ارزش زمین باعث نیاز روزافزون به اطلاعات ۴ بعدی (از جمله ۳ بعدی) در ثبت کاداستر این مشاهدات به‌ویژه برای تاسیسات زیرزمینی صادق است [۳]. از آنجایی که مدل داده، هسته مفهومی یک پایگاه داده محسوب می‌شود، برای ذخیره‌سازی، بازیابی و تجزیه و تحلیل کارا و مؤثر سوابق تغییرات قطعات زمین، نیازمند طراحی و توسعه یک مدل داده مکانی-زمانی برای کاداستر است به‌گونه‌ای که بتواند تنوع زیاد پرسش‌های مطرح و اولویت‌دار در کاداستر زمانمند را پاسخگو باشد و در آینده به‌عنوان یک بستر مناسب برای طراحی یک مدل داده مکانی-زمانی جامع برای کاداستر کشور مورد توجه قرار گیرد [۱]. ابزارها اغلب زیر سطحی هستند و بنابراین دارای یک ویژگی سه بعدی هستند. در نهایت، ثبت کاداستر شبکه‌های آب و برق شامل جنبه‌های زمانی است که عبارتند از (حداقل) ایجاد اولیه، تغییرات در طول عمر (شامل تقسیم و ادغام شبکه‌ها) و در نهایت حذف. تجزیه و تحلیل نیاز متشکل از یک مطالعه بر مبنای مفهومی برای کاداستر ۴ بعدی و در مورد نیازهای کاداستر ۴ بعدی ارائه شده است [۳]. به دلیل دسته‌بندی و جدا کردن رویدادها، این مدل می‌تواند انواع تغییرات اصلی که در محدوده املاک اتفاق افتاده است (همچون تفکیک، تجمیع، تغییر هندسه و تغییر توصیفات املاک) را ذخیره‌سازی کند. به دلیل ثبت نوع رویداد و زمان تغییر قطعه زمین، این مدل می‌تواند تاریخچه قطعه زمین و دلایل تغییرات آن را پرس و جو کند [۱].

روش تحقیق

ضرورت مطالعه مدل مدیریت املاک (LADM) در کاداستر سه و چهار بعدی

باشد، اما موارد استثنایی بسته‌های حجمی را از این مقدار کم کنید. توضیحات سه بعدی (به‌عنوان مثال به شکل چند وجهی)، شالوده مفهومی یک LA ۴ بعدی دوباره مفهوم پارتیشن است. در این مورد تنها فضا نیست که در نظر گرفته می‌شود، بلکه به موازات بعد زمانی نیز مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین، هر حق به یک ابتدایی در فضای ۴ بعدی متصل است [۵-۲۱].

مرزها ناپیوستگی در روابط (حقوق) بین مردم و زمین را نشان می‌دهد. در یک حجم اولیه ۴ بعدی، حقوق همگن هستند. یک مرز می‌تواند یک مرز مکانی باشد، به‌معنای سنتی، جدایی بین ۲ قطعه، اما یک مرز می‌تواند یک مرز زمانی نیز باشد. در تئوری، در مورد اجسام پویا، مرزهای مختلط وجود دارد. به‌عنوان مثال، رودخانه متحرک به‌عنوان مرز یا حق متحرک متعلق به یک گروه عشایری. پارتیشن ۴ بعدی در واقع پایه و اساس تفکر کاداستر (حقوقی) ما در مورد سازماندهی حقوق است. سوال بعدی این است که چگونه این مفاهیم را در یک سیستم پیاده‌سازی کنیم. طبیعی‌ترین گزینه ممکن است استفاده از ساختار توپولوژیکی فضا-زمان ۴ بعدی به‌عنوان پایه باشد که ثابت را تضمین می‌کند. با این حال، این ساختارهای توپولوژیکی ۴ بعدی هنوز در بسته‌های نرم‌افزاری فعلی (سیستم‌های CAD، GIS، DBMS) موجود نیستند و ابتدا به تحقیق و توسعه بیشتری نیاز است. یک جایگزین یک راه حل فنی مبتنی بر ویژگی‌های فضایی سه بعدی و ویژگی‌های زمانی جداگانه است [۵].

در این راه حل، هیچ تضمین طبیعی وجود ندارد که نتیجه یک پارتیشن ۴ بعدی است. برای به‌دست آوردن (یا حداقل نزدیک شدن) به پارتیشن باید محدودیت‌های اضافی فرموله شود. برای مثال، اگر یک بسته حجمی سه بعدی به دو بسته حجمی جدید تقسیم شود، باید مطمئن شود که وقتی شی حجم سه بعدی قدیمی نامعتبر می‌شود، در همان لحظه دو شی حجم سه بعدی جدید معتبر می‌شوند. این را می‌توان با تعریف محدودیت‌ها بر روی ویژگی‌های فضایی و زمانی سه بعدی نمونه‌های سیستم LA اعمال کرد. بنابراین، هیچ لحظه‌ای در زمان وجود ندارد که همان مکان (نقطه) در فضا تحت پوشش هیچ یا دو یا چند حق متضاد (مانند مالکیت نامحدود/حق مالکیت آزاد) نباشد. اینکه آیا اشیاء پویا نیز می‌توانند در راه‌حل فنی ویژگی‌های فضایی و زمان سه بعدی مستقل مدل‌سازی شوند، یک مسئله باز باقی می‌ماند. به‌دلیل حرکت مداوم، دیوارهای "غیر عمودی" در بعد زمانی وجود دارد [۵].

کاداستر چهار بعدی

استفاده از زمین همیشه، حداقل به‌طور ضمنی، به مقدار معینی از فضا (3D) مربوط می‌شود و مدت زمان معینی را دربر می‌گیرد (3D + زمان، یا 4D) [۳]. تحقیقات در سال‌های گذشته نشان داده است که ثبت سه بعدی اطلاعات زمین در سیستم‌های کاداستر می‌تواند مزایای قابل توجهی برای امنیت حقوقی املاک و مستغلات ارائه دهد. بینش در مورد حقوق و محدودیت‌های مربوط به ساختارها و ویژگی‌ها در پیکربندی‌های سه بعدی را بهبود می‌بخشد اما در کنار جنبه فضایی (سه

دو بعدی یا سه بعدی هستند. در دوبعدی یک ناحیه هندسی با حداقل سه SurveyPoint تعریف می‌شود که در هر تعریف در همان صفحه افقی قرار دارند (زیرا مقدار Z ندارند، یعنی روی سطح زمین هستند). در سه بعدی یک ناحیه هندسی با حداقل چهار SurveyPoint غیرپارتیشن تعریف می‌شود. این منجر به یک چهار وجهی، ساده‌ترین شی حجم سه بعدی می‌شود. از محدودیت‌ها برای نشان دادن نمایش‌های معتبر در حالت دو بعدی و سه بعدی استفاده می‌شود. درک این نکته مهم است که بین خود جسم فیزیکی سه بعدی و فضای قانونی مربوط به این شی تفاوت وجود دارد. LADM فقط "فضای قانونی" را پوشش می‌دهد. یعنی فضایی که مربوط به LA (پوشش محدود کننده شی) است، که معمولاً بزرگ‌تر از وسعت فیزیکی خود شی است (به‌عنوان مثال شامل یک منطقه ایمنی). هنگام مدل‌سازی تغییرات زمانی دو رویکرد متفاوت وجود دارد: مدل‌سازی مبتنی بر رویداد و حالت. LADM هم رویداد (از طریق SourceDocuments) و هم مدل‌سازی زمانی مبتنی بر حالت (از طریق VersionedObject) را پوشش می‌دهد [۵].

در مدل‌سازی مبتنی بر رویداد، تراکنش‌ها به‌عنوان موجودیت‌های مجزا در سیستم (با هویت و مجموعه‌ای از ویژگی‌های خاص خود) مدل‌سازی می‌شوند. هنگامی که حالت شروع شناخته شده باشد و همه رویدادها شناخته شوند، می‌توان هر حالت در گذشته را با طی کردن کل زنجیره رویدادها بازسازی کرد. از سوی دیگر، در مدل‌سازی مبتنی بر حالت، حالت‌ها (یعنی نتایج) به‌صراحت مدل‌سازی می‌شوند. هر شی (حداقل) دو تاریخ/زمان دریافت می‌کند که نشان‌دهنده بازه زمانی است که این شیء معتبر است. از طریق مقایسه دو حالت بعدی، می‌توان آنچه را که در نتیجه یک رویداد خاص اتفاق افتاده بازسازی کرد. با انتخاب شیء بر اساس فاصله زمانی آن‌ها (tmin-tmax) می‌توان وضعیت را در یک لحظه معین از زمان به‌دست آورد. در LADM، هر کلاس شی که نیاز به نسخه-سازی دارد، از کلاس VersionedObject ارث می‌برد. بنابراین، نیازی به افزودن صریح ویژگی‌های tmin و tmax به کلاس‌های اصلی RegisterObject، RRR و Person نیست [۵-۱۹].

از نقطه نظر مفهومی، یکی از پایه‌های LA ۲ بعدی این است که هیچ شکاف یا همپوشانی در قطعه‌ای که حقوق بر آن استوار است، وجود نداشته باشد، یعنی یک پارتیشن مسطح از سطح (به‌معنای حجم‌های دارای تعریف شده توسط ستون‌های فضایی در بالا و زیر قطعه سطح زمین). همین پایه (پارتیشنی از فضا بدون همپوشانی یا شکاف) نیز اساس تفکر مفهومی با توجه به LA سه بعدی است. [۵-۲۰]. این دیدگاه مفهومی به‌خودی خود مستقیماً به یک پیاده‌سازی فنی سه بعدی یکسان ترجمه نمی‌شود. پیشرفته‌ترین ترجمه، داشتن یک سیستم مبتنی بر ساختار توپولوژیکی کامل سه بعدی بر اساس حجم‌ها، چهره‌ها، لبه‌ها و گره‌ها (به‌عنوان توسعه سیستم‌های فعلی مبتنی بر توپولوژی دو بعدی با چهره‌ها، لبه‌ها و گره‌ها) است. با این حال، در کوتاه مدت، یک راه حل فنی عملی برای پیاده‌سازی می‌تواند: استفاده از بسته‌های دوبعدی به‌عنوان پایه (با حجم ستون‌های ضمنی آن‌ها) برای تقسیم فضا

عوارض مختلف از جمله ساختمان‌ها را فراهم کند؛ بنابراین دقت داده‌ها ارتباط مستقیمی با هزینه تولید مدل‌های مورد استفاده در کاداستر چهار بعدی دارد. طی سال‌های اخیر بارها شاهد مطالعات و پژوهش‌هایی در مورد اصول و زمینه‌های مربوط به سیستم اطلاعات مکانی بوده‌ایم اما مسئله مهم ایجاد یک سیستم اطلاعات مکانی زمانمند برای سیستم کاداستر است و باید توجه داشت که کاداستر چهار بعدی به معنای تعیین قوانین و تقسیم فضاها بدون همپوشانی و جدادگی به موازات زمان است [۷].

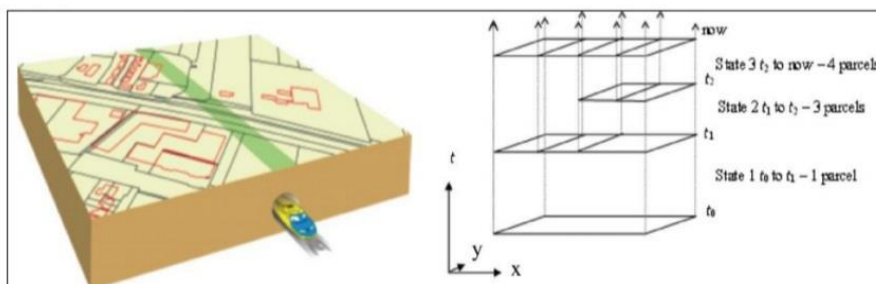
رابطه مردم و زمین ماهیتی بسیار پویا دارد که انگیزه بحث در مورد کاداستر چهار بعدی در این مقاله است. مردم ظاهر می‌شوند و می‌روند (به‌ویژه در مناطق شهری)، مردم زمان محدودی برای زندگی دارند، برنامه‌ریزی دولت‌ها برای تغییر محیط (برنامه‌ریزی فضایی) یا توسعه‌های فضایی می‌تواند حتی کاملاً کنترل نشده باشد. علایق مردم در زمین همیشه دارای یک جزء زمانی ضمنی یا آشکار است. نمونه‌هایی از حقوق و محدودیت‌های دارای عنصر زمانی عبارتند از: اجاره نامه، سهام زمانی، امتیازات معدنی، حقوق مربوط به فصل (چریدن، چیدن/جمع‌آوری گیاهان، شکار/ماهگیری...)، حتی حق مالکیت که در حوزه‌های قضایی قانون مدنی شناخته می‌شود دارای یک عنصر زمانی مرتبط است: نامحدود یا نامحدود در زمان (تحت صلاحیت موجود)، اما مرزهای شی می‌تواند در زمان متفاوت باشد [۶].

یک مثال بسیار پویا موردی است که در آن مرزهای بسته از حرکات ویژگی‌های طبیعی مانند خطوط ساحلی یا مرزهای رودخانه پیروی می‌کنند. دسته دیگری از نمونه‌هایی که انگیزه بحث در مورد کاداستر چهار بعدی را تشکیل می‌دهند، زمانی است که ثبت تاریخی در یک ملک خاص مورد نیاز است ("چه انتقال مالکیت بین سال‌های ۱۹۰۰ و ۲۰۰۳ اتفاق افتاد؟" "محل مرز در سال ۱۹۸۰ کجا بود؟") یا زمانی که اطلاعات تاریخی در مورد توسعه کاربری زمین در یک منطقه خاص برای حمایت از سیاست زمین در آینده مورد نیاز است (به کاداستر چند منظوره، توزیع مجدد زمین بر اساس روابط قبلی مردم و زمین، یکپارچه‌سازی زمین و غیره فکر کنید). دسته آخر جایی است که باید تاریخی‌های از محتوای پایگاه داده نگهداری شود [۶-۲۲].

بعدی (حقوق و محدودیت‌ها، جنبه زمانی، بعد چهارم منافع در املاک، جنبه مهم ثبت کاداستر است. حقوق، مسئولیت‌ها و محدودیت‌ها یک عنصر زمانی دارند. دسته دیگری از نمونه‌های نیاز به اطلاعات کاداستر ۴ بعدی زمانی است که ثبت تاریخی در یک ملک خاص مورد نیاز است یا زمانی که اطلاعات تاریخی در مورد توسعه کاربری زمین در یک منطقه خاص برای حمایت از سیاست زمین در آینده مورد نیاز است. این جنبه زمان دنیای واقعی است. دسته آخر جایی است که تاریخی‌ها محتوای پایگاه داده مورد نیاز است. این جنبه زمان سیستم است. واضح است که زمان همیشه نقش مهمی در سیستم‌های کاداستر ایفا کرده است، اما تاکنون این جنبه زمانی کاملاً مستقل از جنبه مکانی (دو بعدی یا سه بعدی) مورد بررسی قرار گرفته است [۶-۲۲].

سیستم‌های کاداستر فعلی با موقعیت‌های سه بعدی و جنبه‌های زمانی ۴ بعدی به صورت موقت در رویه‌های کاداستر موجود سروکار دارند. از آنجایی که این اطلاعات به صورت یکنواخت ثبت نمی‌شوند، بینش در همه جنبه‌های مربوطه (چه کسی در یک لحظه خاص، برای چه مکان و برای چه دوره‌ای از چه حقوقی برخوردار است) اغلب مشکل‌ساز است. اساس کاداستر معمولاً یک بسته دو بعدی است و ثبت بر اساس چهار بعدی تنظیم نشده است. یک رویکرد یکپارچه‌تر از جنبه‌های زمانی و مکانی باید مورد بررسی قرار گیرد تا ببینیم آیا می‌توان پیشرفت‌هایی را به دست آورد یا خیر. درزهای کاداستر ۴ بعدی بسیار جذاب است زیرا همه موارد دیگر (دو بعدی با بسته‌های ثابت بیشتر، ۲ بعدی با بسته‌های متحرک/حقوق، بسته‌های حجم ایستا ۳ بعدی بیشتر) همه در یک سیستم کلی قرار می‌گیرند [۶].

کاداستر چهار بعدی نیرو محرکه سیستم‌های مدیریت زمین در امر برآورده ساختن نیازهای زیرساخت اطلاعات مکانی در هر کشور به شمار می‌رود [۷-۲۳]. همچنین یک سیستم کاداستر چهار بعدی باید قابلیت برقراری ارتباط بین سه مؤلفه: الف) قانونی: تنظیم قوانین مالکیت در کاداستر، ب) سازمانی: ارتباط و نقش ارگان‌های مختلف در کاداستر، پ) فنی: فراهم کردن سیستم عاملی برای تحقق کاداستر چهار بعدی را داشته باشد [۷-۲۴]. یک مدل‌سازی بهینه باید تمامی نیازهای کاربران مختلف مدیریت زمین را تشخیص دهد تا بتواند هماهنگی بهتری میان اجزای مختلف آن ایجاد کند [۷-۲۵]. جمع‌آوری داده‌ها در کاداستر چهار بعدی باید به گونه‌ای باشد تا دقت لازم را برای آنالیز و تحلیل بر روی



تصویر ۱: سمت چپ تصویر سه بعدی (عبور تونل مترو از زیر تعدادی پارسل) و سمت راست مفهوم زمان (تغییر از یک زیر بخش) در ثبت کاداستر [۳ و ۸].

Fig. 1: The left side of the 3D image (passing the subway tunnel under a number of parcels) and the right side of the concept of time (change from a sub-section) in the cadastral registration [3,8]

زنجیره رویدادها امکان پذیر است. همچنین می توان وضعیت فعلی را نشان داد و حالت شروع را حفظ نکرد (و از طریق آن به گذشته برگردید معکوس وقایع).

○ در مدل سازی مبتنی بر حالت، فقط حالت ها (یعنی نتایج) به صراحت مدل سازی می شوند: هر شی (حداقل) دو تاریخ/زمان دریافت می کند که نشان دهنده بازه زمانی در طول که این شی معتبر است. از طریق مقایسه دو حالت بعدی، می توان آنچه را که در نتیجه یک رویداد خاص اتفاق افتاده بازسازی کرد. به دست آوردن حالت در یک لحظه معین از زمان بسیار آسان است، فقط با انتخاب شیء بر اساس فاصله زمانی آن ها ($t_{min}-t_{max}$) [۶].

موارد کاداستر ۴ بعدی

مورد «اشیاء پویا»، مورد «اشتراک گذاری زمان»، و ثبت موردی شرکت ها اشیاء پویا شامل تحرک مرزها به عنوان مثال: در صورت پیچ خوردگی رودخانه شامل مرزهای بسته در مزرعه می توانند در طول زمان به دلیل فعالیت های انسانی به عنوان شخم زدن یک مزرعه، قرار دادن حصارهای جدید یا به دلیل پدیده های طبیعی، حرکت کنند. تصرف نامطلوب (که جزء زمانی دارد) را می توان به این موضوع مربوط کرد. ابزار گردآوری اطلاعات در این تحقیق مقالات و پژوهش های ارائه شده در این زمینه بوده و استفاده کنندگان شامل: شهرداری ها، سازمان ثبت اسناد و املاک کشور و سازمان میراث فرهنگی و آثار باستانی همچنین وزارت مسکن و شهرسازی است. همچنین لازم است تاکید شود این روش کار و بررسی کاداستر در زمینه ۳ بعدی + زمان (۴ بعدی) تاکنون در ایران انجام نشده است و این مطالعه، نوآوری در این زمینه خواهد بود [۶].

درزهای کاداستر ۴ بعدی بسیار جذاب است زیرا همه موارد دیگر (دوبعدی با بسته های ثابت بیشتر، ۲ بعدی با بسته های متحرک/حقوق، بسته های حجم ایستا ۳ بعدی بیشتر) همه در یک سیستم کلی قرار می گیرند. همانطور که کاداستر با تاریخچه زمانی تراکنش نشان داده شده است. این مطالعه آنچه را که برای تکمیل طرحواره لازم است در نظر می گیرد. به طور مشخص: (۱) ذخیره سازی دنیای واقعی (زمان معتبر)، (تاریخ). (۲) ذخیره سازی داده های زمانی "زمان آزمایشی" برای پیشرفت های پیشنهادی. (۳) بهبود دقت گوشه های کاداستر، هم در واحدهای فضایی دوبعدی و سه بعدی و هم در تعریف واحدهای فضایی تاریخی. (۴) نماهای دوبعدی و سه بعدی داده ها و به روز رسانی دو بعدی و سه بعدی داده ها. (۵) در دسترس قرار دادن داده ها از طریق خدمات مقیاس پذیر، از جمله دسترسی به موارد تاریخی، و تاریخچه به روزرسانی [۹].

الزامات ثبت شبکه های تاسیساتی در کاداستر ۴ بعدی

برای ثبت شبکه های آب و برق، تمایز بین ثبت قانونی و فیزیکی شبکه ها مهم است، زیرا این ثبت ها الزامات مختلفی را برآورده می کنند. در ثبت فیزیکی نیاز به اطلاعات دقیق در مورد مکان شبکه ها و شخص/شرکت مدیریت کننده شبکه دارد. ثبت قانونی باید نمای کلی روشنی از حقوق

در کاداستر ۳ بعدی علاوه بر جنبه های، حقوق، محدودیت ها، مسئولیت ها شامل یک بعد زمانی است. برای اینکه بتوانیم مدیریت زمین را مدیریت پویایی کنیم، باید زمان به عنوان بعد چهارم به کار گرفته شود. رشد فشار بر زمین و افزایش ارزش زمین منجر به استفاده بیش تر و پیچیده تر زمین می شود، که باعث افزایش نیاز برای اطلاعات ۴ بعدی (شامل ۳ بعدی) در ثبت کاداستر شده است [۸]. این مشاهده به ویژه برای ابزارهای زیر زمینی درست است. این عوارض زیر بنایی بیشتر در قسمتی از پارسل قرار دارند و شاید از مرز خیلی از پارسل ها عبور می کنند. بسیاری از این پارسل ها متعلق به اشخاصی غیر از مدیران شبکه های خدمات رفاهی زیر زمینی که ماهیت ۳ بعدی دارند خواهد بود (تصویر ۱ سمت چپ). ثبت کاداستر شبکه های خدماتی شامل جنبه های زمانی که شامل ایجاد اولیه، تغییرات در طول زمان عمر (شامل جداسازی و پیوند شبکه ها) و حذف پایانی است (تصویر ۱ سمت راست). عدم اطلاع از عمق و مکان این شبکه های زیر زمینی باعث بروز مسائل ناگوار جانی و مالی بسیار زیادی در حوادث طبیعی و غیرطبیعی شده است [۳].

این امر در تقسیم پارسل ها در طول زمان به قطعات کوچک تر با مالکین متفاوت و نیز همچنین تبدیل دو یا چند پارسل با مالکین متفاوت به یک پارسل با چندین مالک یا یک مالک نیز شامل بعد زمانی با قوانین و حقوق و مسئولیت های لازم است که باید در بحث کاداستر در نظر گرفته شود [۸]. مفاهیم سازمانی و قانونی کاداسترهای سه بعدی و چهار بعدی ثابت شده است که استفاده از بعد سوم به ویژه برای نمایش فضای قانونی در اطراف اشیاء فیزیکی که از بالا یا زیر زمین ها عبور می کنند. مانند تونل ها (تصویر ۱ سمت چپ). علاوه بر این، بعد زمانی مورد نیاز است تا بتوان نحوه تغییر وضعیت حقوقی زمین در زمان را ثبت کرد. در اکثر ثبت های کاداستر، بعد زمان با نسخه سازی اشیاء (مدل مبتنی بر حالت) نشان داده می شود. توسط مهرهای زمانی که نشان دهنده ایجاد و حذف اشیاء نشان داده شده در سیستم کاداستر است، (تصویر ۱ سمت راست) ایجاد یک کاداستر ۴ بعدی که تمام اطلاعات چهار بعدی املاک را ثبت می کند و دسترسی به آن ها را فراهم می کند. یک کاداستر ۴ بعدی بر اساس مدل دامنه مدیریت زمین برای شبکه های ابزار مورد مطالعه قرار گرفته است تا ویژگی های نمایندگی های فیزیکی و قانونی را توضیح دهد. هدف LADM استانداردسازی در حوزه کاداستر است، تعاریف مشترکی را برای اطلاعات زمین ارائه می کند و استفاده مؤثر، درک و اتوماسیون داده های مرتبط با زمین را برای افزایش اشتراک داده ها تسهیل می کند. این مدل دیدگاهی از رابطه بین اشیاء فیزیکی و حقوقی ارائه می دهد [۳]. هنگام مدل سازی نتیجه سیستم های پویا (تغییرات گسسته در وضعیت سیستم) دو رویکرد متفاوت وجود دارد، این ها مدل سازی مبتنی بر رویداد و/یا حالت هستند:

○ در مدل سازی مبتنی بر رویداد، تراکنش ها به عنوان یک موجودیت جداگانه در سیستم (با هویت و مجموعه ای از ویژگی ها) مدل سازی می شوند. هنگامی که حالت شروع شناخته شده باشد و همه رویدادها شناخته شوند، بازسازی هر حالت در گذشته از طریق پیمایش کل

اگرچه ثبت قطعات طبق قانون کاداستر انجام می‌شود، اما ثبت بخش‌های مستقل تابع قانون مالکیت است. ضمناً علاوه بر اینکه هر بخش مستقل در یک ساختمان متعلق به مالک آن است، اما قسمت‌های مشترک (آسانسور، پله و پارکینگ) در محدوده همکاری قرار می‌گیرد. در ترکیه، قانون اساسی به اندازه کافی مرزهای بعد سوم را شرح نمی‌دهد. بر اساس قانون مدنی ترکیه، مرزهای ملک بر روی قطعه به عمق و ارتفاع معینی محدود می‌شود (تصویر ۳) [۴]. با این حال، برخی از حقوق در قانون اساسی ترکیه (به‌عنوان مثال، حق ارتفاق، حق انتفاع، حق عبور، رهن) برای محدود کردن این ارتفاع و عمق استفاده می‌شود. بنابراین، این حقوق واقعی با اعمال بعد سوم همراه است. با این حال، اطلاعات مربوط به حقوق واقعی به‌صورت متنی در حاشیه عنوان ثبت می‌شود و نمایش گرافیکی دو بعدی تا حد زیادی امکان‌پذیر است.

انواع تغییرات در اشیاء زمین مرجع در پایگاه داده مکانی-زمانی
اصل اساسی پایگاه داده مکانی-زمانی، مسئله ثبت تغییرات در اشیاء زمین مرجع است. بنابراین در ابتدا باید به بررسی اینکه چه چیزی می‌تواند موجب تغییر در یک شیء شود، بپردازیم. همانطور که گفته شد یک شیء زمین مرجع، یک پدیده گسترش یافته در سه جهت زمانی، مکانی و توصیفی است. از آنجایی که تغییر در جنبه زمانی یک پدیده جغرافیایی به‌طور مداوم و پیوسته است، ردیابی آن بدون مفهوم است. بنابراین ما فقط روی تغییرات دو جزء دیگر متمرکز می‌شویم تصویر ۴ یک دیدی از انواع تغییرات در اشیاء زمین مرجع را ارائه می‌دهد [۱-۱۶].

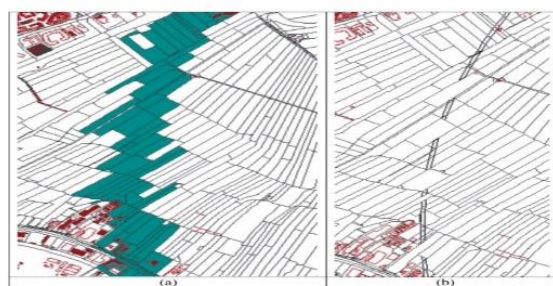
انواع تغییرات قطعه زمین در کاداستر
اگرچه بسیاری از هستنده‌ها در مدیریت کاداستر وجود دارند، قطعه زمین مهم‌ترین هستنده‌ای است که واحد اساسی کاداستر به‌شمار می‌رود. تغییر در قطعات زمین در تغییر داده‌های ثبت زمین مؤثر است که می‌تواند به سه نوع تغییر کلی تقسیم شود. در ادامه به بررسی این سه نوع تغییر می‌پردازیم.

○ تغییرات مکانی قطعات زمین: داده‌های مکانی قطعات زمین ممکن است به دلیل تفکیک، تجمع، بازسازی مرزهای قطعات زمین و همچنین تخصیص یک قطعه جدید از قسمت مرز مشترک چند قطعه تغییر کند. در تصویر ۵ نمونه‌ای از این نوع تغییرات نشان داده شده است.

○ تغییر توصیفی (غیر مکانی) قطعه زمین: از جمله این تغییرات می‌توان تغییر مالکیت املاک و مستغلات از طریق برخی معاملات از قبیل خرید، فروش، اجاره، میراث‌بری و... تغییرات حقوق ملکی در نتیجه برخی معاملات از قبیل رهن، اجاره، محدودیت‌ها و مسئولیت‌ها و همچنین تغییر کاربری قطعات زمین را نام برد [۱-۱۷].

○ هر دو تغییر مکانی و تغییر توصیفات: در این حالت با اعمال یک تغییر هر دو خصوصیات مکانی و توصیفی قطعات زمین تغییر می‌کند. این سه حالت می‌توانند به ۶ نوع عملیات اساسی تغییر تقسیم شوند که در ادامه به توضیح آن‌ها می‌پردازیم:

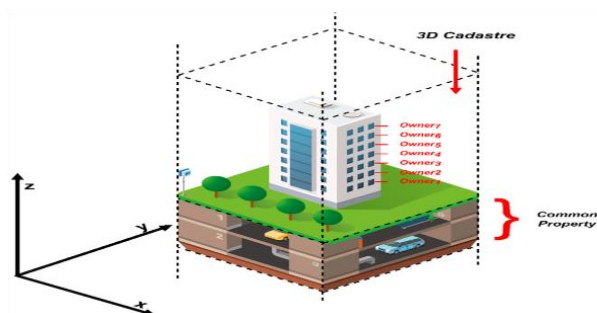
مالکیت درگیر ارائه دهد. حقوق در شبکه از یک طرف مانند مالکیت و حقوق در زمینی که به نفع شبکه ایجاد شده است از سوی دیگر (به‌عنوان مثال حق ارتفاق، اجاره نامه) توجه داشته باشید. این امکان وجود دارد که فضای قانونی قبلاً در ثبت کاداستر گنجانده شده است، قبل از اینکه شبکه تاسیسات واقعاً ساخته و در ثبت فیزیکی لحاظ شود. ثبت فیزیکی می‌تواند با ارائه اطلاعات مکان شبکه‌ها از ثبت قانونی پشتیبانی کند، اما ثبت نام قانونی بر اساس یک لحظه از زمان ثبت فیزیکی است. بنابراین، ثبت فیزیکی شرکت‌ها ممکن است با ثبت قانونی همان شبکه، مغایرت داشته باشد [۳].



تصویر ۲: حقوق شبکه آب و برق بر روی قطعات متقاطع ایجاد شده است (وضعیت خیالی). در (الف) حقوق بر روی بسته‌های کامل ایجاد می‌شود. در (ب) برخی از بسته‌ها برای محدود کردن حقوق شبکه آب و برق به بخشی از بسته که در آن شبکه واقع شده است [۳]

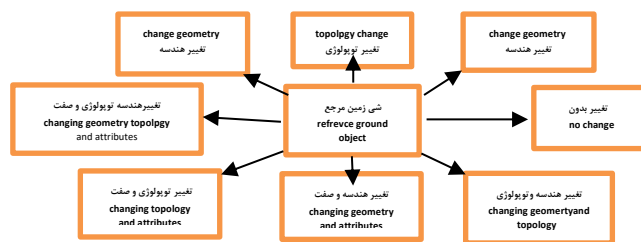
Fig. 2: Water and electricity network rights are created on intersecting parts (imaginary situation). In (a) rights are created on complete packages. in (b) some parcels to limit the rights of the water and electricity network to the part of the parcel where the network is located [3]

ثبت قانونی نمی‌تواند برای تعیین محل دقیق شبکه (به‌عنوان مثال برای جلوگیری از آسیب‌های فیزیکی ناشی از کارهای ساختمانی در زمین) استفاده شود. در بهینه‌ترین حالت، در صورت به‌روز رسانی (یعنی تغییرات) در ثبت فیزیکی، یک سیگنال باید به سیستم قانونی ارسال شود، که سپس باید تصمیم بگیرد که از نسخه قانونی موجود شبکه ابزار به نسخه جدید منتقل شود (یا نه). شناسه‌ها و مهرهای زمانی اهمیت حیاتی دارند. بنابراین، نقشه کاداستر هم در کوئینزلند و هم در ترکیه یک نمای کلی از تمام شبکه‌های برق ارائه نمی‌کند، زیرا بستگی به موقعیت خاصی دارد که چگونه مالکیت شبکه ایجاد می‌شود. این حتی ممکن است برای یک شبکه متفاوت شود [۳].



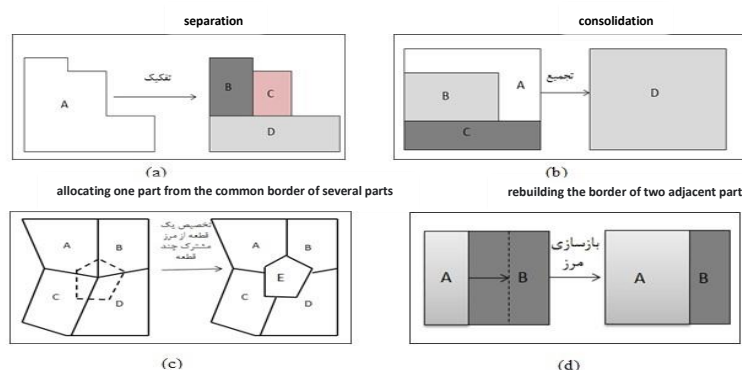
تصویر ۳: استفاده از ویژگی سه بعدی را نشان می‌دهد [۴]

Fig. 3: shows the use of the three-dimensional feature [4]



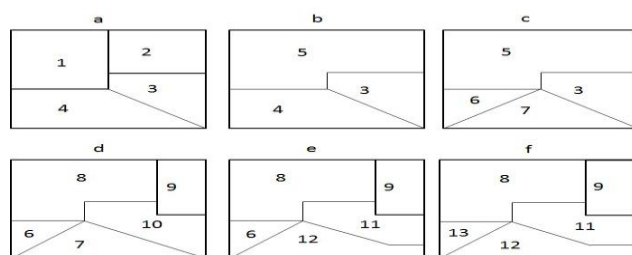
تصویر ۴: آنچه میتواند باعث تغییر یک شی جغرافیایی شود [۱]

Fig. 4: What can change a geographical object [1]



تصویر ۵: تغییر مکانی قطعات در ثبت زمین: a تفکیک، b تجميع، c تخصیص یک قطعه از مرز مشترک چند قطعه، d بازسازی مرز دو قطعه مجاور [۱]

Fig. 5: The spatial change of parts in land registration: a separation, b consolidation, c allocating one part from the common border of several parts, d rebuilding the border of two adjacent parts [1]



تصویر ۶: فرآیند تغییر قطعه [۱]

Fig. 6: The process of changing the part [1]

روند تغییرات در تصویر ۶ می‌تواند بصورت زیر شرح داده شود:

○ در زمان T_1 ، قطعه زمین‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ وجود داشته‌اند (شکل a).
○ در زمان T_2 ، قطعات ۲ و ۱ ترکیب شده و قطعه جدید ۵ ایجاد شده است (شکل b).

○ در زمان T_3 ، زمین ۴ به قطعات جدید ۶ و ۷، تقسیم شده است. بنابراین زمین ۴ قطعه والد و زمین‌های ۶ و ۷، قطعات فرزند نامیده می‌شوند (شکل c).

○ در زمان T_4 ، قطعات از بخش مرزی زمین‌های ۳ و ۵، برای تولید قطعه جدید ۹ ادغام شده‌اند. زمین ۳ قبل از ادغام، به زمین ۱۰ و زمین ۵ به زمین ۸ تبدیل شده‌اند. زمین‌های ۳ و ۵ قطعات والد و زمین‌های ۸ و ۹ و ۱۰ قطعات فرزند است (شکل d).

○ در زمان T_5 ، عملیات تغییر مرز قطعه اجرا شده است به دلیل اینکه بخش مرزی زمین‌های ۷ و ۱۰ تغییر یافته است. زمین‌های ۷ و ۱۰ به زمین‌های ۱۱ و ۱۲ تبدیل شده‌اند. بنابراین زمین‌های ۷ و ۱۰ قطعات والد و زمین‌های ۱۱ و ۱۲ قطعات فرزند نامیده می‌شوند (شکل e).

○ ایجاد و حذف قطعه: عبارت است از ایجاد یک قطعه جدید و حذف قطعه موجود. قطعه جدید ایجاد شده والد ندارد زیرا خود قطعه اول است و قطعه حذف شده هم فرزند ندارد زیرا خود قطعه آخر بوده است. به همین دلیل هیچ ارتباط والد-فرزند، بین آن‌ها وجود ندارد.
○ ترکیب قطعات: ترکیب قطعات فرآیندی است که تعداد زیادی از قطعات P_1 و P_2 و ... و P_n ترکیب شده و تبدیل به یک قطعه جدید p می‌شوند. قبل از ترکیب n قطعه، قطعات والد بودند و قطعه جدید ایجاد شده قطعه فرزند نامیده می‌شود.

○ تقسیم قطعات: تقسیم قطعات به این صورت است که قطعه p به چندین قطعه P_1 و P_2 و ... و P_n تقسیم می‌شود که یک فرآیند مقابل فرآیند ترکیب است. قطعه ابتدایی، قطعه والد است و قطعات تقسیم شده قطعه‌های فرزند است.

○ ادغام قطعات: ادغام و ترکیب قطعات به هم شبیه است. معمولاً ادغام قطعات، جدا نمودن یک قطعه از بخش‌های هم مرز چندین قطعه است. بعد از ادغام ارتباط منطقی والد-فرزند، $n:1$ است و هنگامی که ادغام قطعه به همه قطعات گسترش یابد، ادغام به ترکیب تبدیل می‌شود.

○ اصلاح مکان مرز قطعه: به این معنی است که خصوصیات تغییر نمی‌کند و فقط موقعیت خط مرزی اصلاح می‌شود. ارتباط منطقی والد-فرزند، $n:n$ است و ارتباط مکانی آن‌ها از نوع تقاطع است.

○ تغییر توصیفات قطعه: تغییر توصیفات به این معناست که فقط صفت تغییر می‌کند و شکل مکانی قطعه تغییر نخواهد یافت. این نوع تغییرات را می‌توان بصورت زیر تقسیم کرد: تغییر مالکیت، تغییر حقوق مالکیت و تغییر نوع [۱].

قطعات در نتیجه تفکیک آپارتمانی قطعه با شناسه b ایجاد شده‌اند؟ کدام یک از قطعات زمین در سال ۷۰۱۰ در اثر تجمیع ایجاد شده‌اند؟ روند تغییر قطعه زمین با شناسه b در طی سال‌های متوالی چگونه بوده است؟ کدام یک از قطعات بین سال‌های T_1 تا T_2 تفکیک شده‌اند؟

○ Q۴: پرسش‌های مبتنی بر ردیابی تاریخچه قطعه زمین: این مورد یک تابع مهم در مدیریت کاداستر است. برای مثال ممکن است کاربران بخواهند قطعه/ قطعات والد یا فرزند یک قطعه زمین را ردیابی کنند. نمونه‌ای از این پرسش‌ها عبارتند از: قطعه/ قطعات والد و فرزند قطعه زمین با شناسه a کدام قطعات هستند؟ [۱].

یکی از مهم‌ترین پارامترهایی که در ارائه مدل داده مکانی-زمانی برای کاداستر باید به آن توجه کرد، رویدادهای مکانی و غیر مکانی بوجود آورنده تغییرات در کاداستر هستند که در اثر این رویدادها حالت‌های متفاوتی در شرایط ذخیره‌سازی این تغییرات در پایگاه داده پیش خواهد آمد. یکی از مهم‌ترین بخش‌هایی که در زمینه کاداستر زمانمند می‌تواند مورد بحث قرار گیرد رویدادهایی است که در محدوده املاک اتفاق می‌افتد، هم‌چون تفکیک، تجمیع، رویدادهایی که موجب تغییر ماهیت و همین‌طور تغییر توصیفات املاک می‌شوند [۱]. مهم‌ترین اطلاعات توصیفی در این تحقیق، اطلاعات مربوط به ارتفاع هستند. کاداستر چهاربعدی ترکیب کاداستر سه بعدی + زمان و ارتفاع پارامتر مهم در کاداستر سه بعدی است. بدین منظور می‌توانیم از اطلاعات مربوط به داده‌های تاریخی و اطلاعات بدست آمده از مقایسه تصاویر تاریخی در google earth و google map مربوط به محدوده مورد مطالعه خود استفاده کرده و عوارضی که تغییر ارتفاعی داشته‌اند را با ارتفاع جدید وارد کنیم.

نتایج و بحث

ضرورت پیاده‌سازی کاداستر سه و چهار بعدی در ایران

از جمله توابع مختلف جهت ایجاد یک سیستم اطلاعات مکانی زمانمند شامل: اطلاعات ثبتی کامل، آنالیز، به‌روز رسانی، کنترل کیفیت، زمان‌بندی و نمایش مناسب است. برای آنکه با مؤلفه‌های زمان بیش‌تر آشنا شویم نیاز است تا الگوهای مختلف زمانی در سیستم اطلاعات مکانی از جمله کاداستر را بشناسیم. در تصویر ۷ الف، مثلث فضا، زمان و توصیف را برای یک شی مانند یک پارسل قطعه زمین نشان داده است. یکی از مفاهیم مهم، موضوع سیر تحول زمانی است که باید به آن توجه زیادی شود (تصویر ۷-ب) و هم‌چنین ایجاد یک توپولوژی زمانمند که به‌واسطه آن بتوان تعریفی برای زمانمندی یک شی ارائه داد (تصویر ۷-پ). با توجه به اینکه توپولوژی یکی از زمینه‌های پر اهمیت در علوم مهندسی و ریاضی به‌شمار می‌رود، به همین علت بهره‌گیری از توپولوژی با در نظر گرفتن ابعاد زمانی از اهمیت ویژه‌ای در کاداستر برخوردار است [۲].

○ در زمان T_5 ، صفت زمین ۶ تغییر یافته اما شکل آن تغییر نکرده است که این عملیات، عملیات تغییر صفت قطعه نامیده می‌شود. زمین ۶ به زمین ۱۳ تبدیل شده است بنابراین زمین‌های ۶ و ۱۳ به‌ترتیب، قطعات والد و فرزند نامیده می‌شوند (شکل f) [۱].

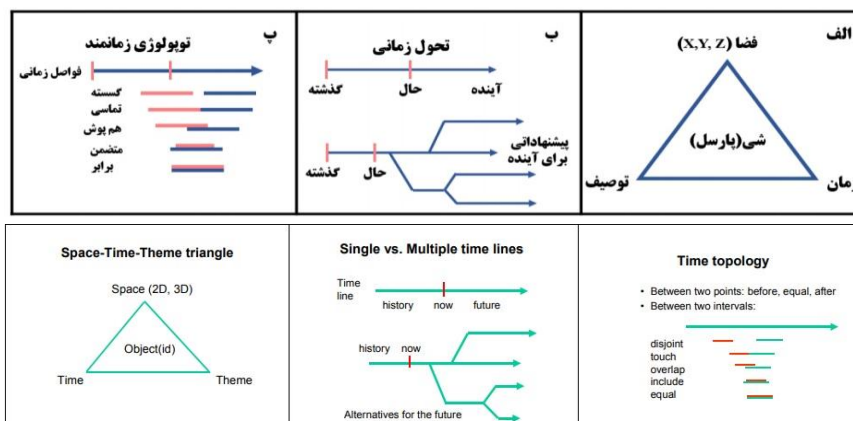
مدل‌سازی کاداستر مکانی-زمانی

مدل داده در واقع نشان دهنده هسته مفهومی یک سیستم اطلاعاتی است. مدل داده مکانی-زمانی یک مدل داده جغرافیایی شامل صفت، مکان و مفاهیم زمانی است که می‌تواند به شکل مؤثری داده‌های جغرافیایی را مدیریت و سازمان‌دهی کند. یکی از مهم‌ترین اهداف مدل‌سازی مکانی-زمانی بازسازی وضعیت‌ها در لحظه‌های تاریخی مختلف از طریق به‌روز رسانی داده‌ها به‌صورت پویا و پیش‌بینی تغییرات آینده با در نظر گرفتن قوانین مربوط به تغییرات است. تلفیق داده‌های مکانی-زمانی کلید ساختن مدل است به سبب اینکه تأثیر مستقیمی روی وضعیت و کارایی پرسش و پاسخ داده‌ها در پایگاه داده خواهد داشت. بنابراین تلفیق مکان و زمان و چگونگی وارد کردن زمان در پایگاه داده مکانی، یک نکته مهم برای مطالعه است زیرا این امر تأثیر مستقیمی روی وضعیت و کارایی پرسش و پاسخ داده‌ها در پایگاه داده خواهد گذاشت [۱۸-۱]. به‌منظور ارزیابی این مدل‌ها، تحقیقات انجام شده در زمینه کاداستر زمانمند را مبنای کار قرار داده و بر اساس آن‌ها انواع پرسش و پاسخ‌های زمانمند اصلی در زمینه تغییرات در محدوده املاک را از چهار جنبه به‌صورت زیر شرح است:

○ Q۱: پرسش‌های مبتنی بر نقطه زمانی: به‌عنوان مثال ما می‌خواهیم اطلاعات یک قطعه زمین را در نقطه زمانی T پرس و جو کنیم. این نوع پرسش‌ها، پرسش‌های ساده زمانی هستند که به یک نقطه ثابت در زمان مربوط می‌شوند و شامل یک بازبازی ساده اطلاعات است. نمونه‌ای از این پرسش‌ها مثل: کدام قطعات در زمان T دارای کاربری فضای سبز هستند؟

○ Q۲: پرسش‌های مبتنی بر بازه زمانی: به‌عنوان مثال ما می‌خواهیم اطلاعات یک قطعه زمین را از زمان T_1 تا زمان T_2 برای مثال از ۱۳۰۲/۰۲ تا ۱۴۰۱/۱۰/۱۰ پرس و جو کنیم. این نوع پرسش‌ها به وقایع مربوط به یک محدوده زمانی مربوط می‌شوند و نیازمند دسترسی و بررسی به اطلاعات مربوط به زمان‌های مختلف هستند و در واقع نیاز به ردیابی کردن اطلاعات است. نمونه‌ای از این پرسش‌ها عبارتند از: کاربری قطعه زمین با شناسه A از زمان T_1 تا T_2 چه بوده است؟ کاربری کدام یک از قطعات بین زمان‌های T_3 تا T_4 از فضای سبز به زمین تغییر یافته است؟ کدام یک از قطعات زمین در بین سال‌های ۷۰۱۳ تا ۷۰۱۳ کاربری مسکونی داشته‌اند؟

○ Q۳: پرسش‌های رویداد مبنای این نوع پرسش‌ها در مورد چگونگی اتفاق افتادن یک پدیده پرسش می‌کنند و در یک GIS زمانمند می‌بایست در نظر گرفته شوند. نمونه‌ای از این پرسش‌ها عبارتند از: کدام یک از



تصویر ۷: قاعده کلی اصول زمانی در سیستم‌های اطلاعات مکانی همچون کاداستر [۷۶]

Fig. 7: The general rule of time principles in spatial information systems such as cadaster [6,7]

وضعیت «لمسی» ممکن است در مورد معرفی یک سیستم تصدی جدید یا تجدید شده، به‌عنوان مثال معرفی یک قانون مدنی جدید است. «همپوشانی» در رویه‌های یکپارچه‌سازی زمین ظاهر می‌شود؛ در اینجا یک قطعه‌بندی «قدیمی» و «جدید» به‌طور موقت و به موازات همه تأثیرات آن وجود دارد. «شامل» به این معنا است که در صورت ادعاهای همپوشانی زمانی نسبت به یک قطعه زمین در صورت تضاد زمین است. «برابر» در صورت وجود دوره‌های اعتراض برابر برای مناطق مختلف یا «مناطق دفتر کاداستر» است. به‌عنوان مثال مربوط به ثبت اولیه معنی دارد. به‌طور معمول، یک جدول زمانی در تاریخ وجود دارد، اما احتمالاً تعداد زیادی در آینده مربوط به سناریوهای جایگزین است (شکل ۷، وسط). مدل‌سازی این خطوط زمانی متعدد آینده با توپولوژی پیچیده است [۶].

اگر بخواهیم گذشته ناشناخته (جزئی) را بازسازی کنیم، اصولاً خطوط زمانی متعدد نیز می‌توانند رخ دهند. به‌عنوان مثال، در زمین‌شناسی ممکن است سناریوهای متفاوتی از توسعه گذشته وجود داشته باشد. در چنین حالتی گذشته نیز می‌تواند دارای خطوط زمانی متعدد باشد. نیازهای اساسی جهت پیاده‌سازی کاداستر چهار بعدی در سه دسته طبقه‌بندی می‌شوند که شامل ثبت عوارض متحرک، مسئله اشتراک زمانی و ثبت شبکه‌های زیربنایی در منطقه مورد مطالعه است [۷].

بررسی ابعاد پیاده‌سازی کاداستر سه و چهار بعدی در ایران

جدول ۱: سیر تحول قوانین مربوط به کاداستر در ایران [۷]

اهداف (goals)	اقدامات (actions)	سال (years)
کاهش تعارضات ملکی reducing civil conflicts	اولین بخشنامه‌های کاداستر کشور	۱۳۳۴ (۱۹۵۵)
استقرار سیستم مالیاتی عادلانه establishment of a fair tax system	the country's first cadastral circulars	
تولید نقشه‌های کاداستری مبتنی بر نقشه‌های بزرگ مقیاس production of cadastral maps based on large-scale maps	قانون ثبت املاک در قالب کاداستر	۱۳۵۱ (۱۹۷۲)
تعیین محدوده‌های قانونی مالکیت مستحدثات و اراضی	law on registration of real estate in the form of cadastre	
	تصویب طرح کاداستر	۱۳۶۸ (۱۹۸۹)

تصویر ۷ برخی از اصول زمانی در GIS را نشان می‌دهد. هر شی مکانی-زمانی دارای یک هویت (شناسه شی) و ویژگی‌های موضوعی است که در مثلث فضا-زمان-موضوع نشان داده شده است (تصویر ۹ سمت راست). یک مفهوم مهم در مدل‌سازی زمانی، خط زمانی است (تصویر ۷-۱ وسط)، که در آن مشخص می‌شود که جهتی وجود دارد که زمان همیشه در آن حرکت می‌کند. یک نقطه زمانی یا لحظه‌ای در زمان توسط یک نقطه در این خط زمانی تعریف می‌شود و یک نقطه بسیار ویژه وجود دارد و آن «اکنون» است که همیشه در حال تغییر است. بازه زمانی یک بازه زمانی است که توسط زمان شروع و پایان در جدول زمانی تعریف می‌شود. کوچک‌ترین واحد زمان «کرونوس» نامیده می‌شود (که می‌تواند با وضوح یا اندازه پیکسل در یک GIS شطرنجی مقایسه شود). برخی از الگوهای رویدادهای تکرارشونده ممکن است نیاز به مدل‌سازی داشته باشند و فرکانس نشان می‌دهد که این اتفاق چقدر (سریع) رخ می‌دهد [۶].

"واحد زمان" در مورد کاداستر و ثبت اراضی "انعطاف‌پذیر" است: گاهی تاریخ و مکان ثبت می‌شود، گاهی تاریخ و زمان (در مورد ثبت تراکنش‌های دریافتی زمان می‌تواند بر حسب دقیقه باشد، در صورت تمرکز زمانی در زمان پایگاه داده می‌تواند بر حسب ثانیه باشد). در اینجا لازم به‌ذکر است که تاریخ به نوع تقویم و زمان به مکان بستگی دارد. در صورت اشتراک زمانی آپارتمان‌ها واحد می‌تواند یک هفته باشد. جدای از این مهم است که بدانید چه زمانی ثبت شده است: چه زمانی در دنیای واقعی اتفاق افتاده است (مثلاً تاریخ توافق)، زمانی که در واقعیت مشاهده شد (تاریخ بررسی یا تاریخ عکس)، زمانی که در پایگاه داده گنجانده شد (مهر زمان)؛ زمانی که آخرین بار در واقعیت بررسی شد (به‌روز رسانی نقشه)؛ زمان امضا/ثبت/علامت پست (مربوط به فرآیندهای نگهداری و به‌روز رسانی) یا زمان نمایش (در صورت تحویل اطلاعات به مشتری). مشابه روابط توپولوژیکی حوزه فضایی ممکن است بین اولیه‌های زمانی تعریف شود. تصویر ۷ (چپ) برخی از روابط توپولوژیکی ممکن را بین دو بازه زمانی نشان می‌دهد. یک نمای کلی از موقعیت‌هایی را ارائه می‌کند که ممکن است بین دو بازه زمانی ظاهر شوند: گسست، لمسی، همپوشانی، شامل و برابر [۶].

جامع در چارچوب توسعه کاداستر در ابعاد مختلف و با در نظر گرفتن موانع قانونی و فنی کشور، این سیستم را فراگیر کنند [۷].

- بعد فنی: وجود یک نقشه سه بعدی زمانمند که دارای اطلاعات کاداستری (کاداستر چهار بعدی) است می‌تواند مدیران مسئول را در امر برنامه‌ریزی برای اجرای پروژه‌های مختلف در سطح شهر با کم‌ترین هزینه و با بالاترین سرعت راهنمایی کند [۷-۲۶]. بعد فنی کاداستر در ایران بر پایه تهیه نقشه‌های بزرگ مقیاس از مناطق مختلف به شیوه نقشه‌برداری زمینی و فتوگرامتری بوده است. توسعه روش‌های تولید داده‌های سه بعدی و پیشرفت فناوری‌های مدل‌سازی نظیر داده‌های لیدار و فتوگرامتری رقومی موجب شده است تا فعالیت‌ها برای پیاده‌سازی کاداستر در ابعاد مختلف گسترش یابد. هدف اصلی سیستم کاداستر کشور در حوزه فنی ایجاد یک نظام دقیق و کارآمد با قابلیت بهنگام شدن نسبت به پیشرفت کشور بوده است که تا حدی می‌توان این موضوع را موفق دانست به‌طوری که با گذشت زمان، تجهیزات و فناوری نوین وارد عرصه نقشه‌برداری ایران شده‌اند که به‌واسطه آن می‌توان اطلاعات را ساده‌تر، سریع‌تر و دقیق‌تر برداشت کرد، اما به دلیل ناسازگاری قوانین ثبتی و همچنین ضعف فناوری‌های موجود در مسئله ثبت املاک در سه بعد این موضوع همچنان یک مشکل اساسی در سیستم کاداستر کشور به‌شمار می‌رود [۷].

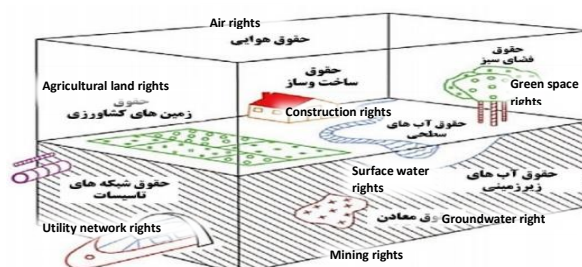
فرآیند پیاده‌سازی کاداستر سه و چهار بعدی در منطقه مورد مطالعه جهت پیاده‌سازی یک سیستم کاداستر چهار بعدی نیاز به یک پایگاه داده سه بعدی زمانمند داریم، جهت ایجاد یک پایگاه داده باید چهار مرحله اساسی را طی کرد، این چهار مرحله شامل تهیه داده، پردازش، تولید مدل و ارزیابی دقت مدل است [۷-۲۷]. تصویر ۹ مدل مفهومی جریان پیاده‌سازی کاداستر چهار بعدی در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که این مدل مفهومی تغییر یافته مدل پیشنهادی Van Oosterom, ۲۰۱۰ برای پیاده‌سازی کاداستر چهار بعدی بوده است [۷].

- تهیه داده: یکی از مهم‌ترین مراحل پیاده‌سازی کاداستر چهار بعدی، مرحله جمع‌آوری داده‌های سه بعدی است، داده‌های تهیه شده بایستی دارای دقت لازم برای مدل‌سازی در سه بعد است تا بتوانند نیازهای فنی کاداستر را برآورده کند. جدول ۲ اطلاعات جمع‌آوری شده از منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد [۷].

- پردازش داده: در این مرحله نیاز است تا اطلاعات جمع‌آوری شده را متناسب با هدف موردنظر پردازش کنیم، بنابر این مراحل زیر را طی می‌کنیم: (۱) پردازش اولیه و آماده‌سازی داده‌ها برای تولید نقشه (۲) تولید نقشه اولیه شامل اطلاعات مسطحاتی و ارتفاعی هر یک از عوارض با فرمت CAD و Shapefile (۳) تلفیق اطلاعات توصیفی با نقشه تولید شده (۴) تلفیق نقشه شبکه انتقال آب با مدل تولید شده (۵) آماده‌سازی داده‌های موجود برای ورود به مرحله تبدیل سه بعدی [۷].

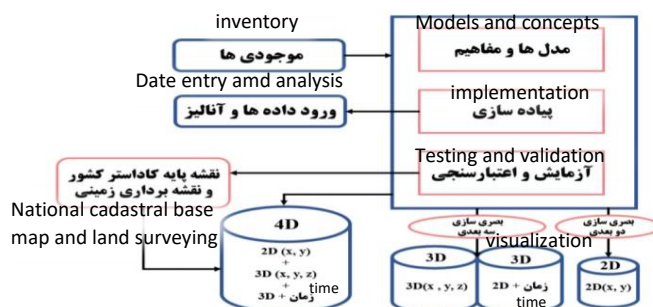
سال (years)	اقدامات (actions)	اهداف (goals)
	approval of the cadastral plan	determining the legal boundaries of ownership of new properties and lands
۱۳۸۹ (۲۰۱۰)	صدور سند مالکیت جدید تک برگ issuance of a new single-page document	improving the security factor -تکمیل بانک جامع اطلاعات املاک و کاداستر
۱۳۹۳ (۲۰۱۴)	تصویب قانون جامع کاداستر (حدنگار) approval of the comprehensive cadastre law	شفاف‌سازی در امر صدور سند املاک و اراضی transparency in the issuance of real estate and land documents

- بعد قانونی: جدول ۱ سیر تحول قوانین کاداستر ایران را طی شصت سال اخیر نشان می‌دهد. توسعه سیستم کاداستر در ایران تنها به موقعیت مسطحاتی قطعه زمین‌ها توجه داشته و برای تعیین حق مالکیت سازه‌های زیرزمینی و یا بالای سطح زمین چاره‌ای اندیشیده نشده است (تصویر ۸). جهت نقشه‌برداری برای هر قطعه زمین باید همراه با موقعیت مسطحاتی سازه، بعد سوم یعنی ارتفاع را نیز ثبت کرد، اما این بدان معنی نیست با داشتن تنها یکسری اطلاعات ارتفاعی از عوارض می‌توان کاداستر سه بعدی را در منطقه پیاده کرد. ارتباط مؤلفه سوم با بعد مسطحاتی در چارچوب یک نظام زمانمند کار بسیار دشواری است و همچنین به دلیل خلأهای قانونی نمی‌توان چنین حق مالکیتی را متصور شد؛ بنابراین لازم است تا فعالیت‌هایی جهت تصویب قوانینی مبتنی بر بعد سوم صورت گیرد [۷].



تصویر ۸: مفهوم حق مالکیت در سه بعد برای عوارض بالا و زیر سطح زمین [۷]
Fig. 8: The concept of property rights in three dimensions for above and below ground easements [7]

- بعد سازمانی: سازمان ثبت اسناد و املاک کشور به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین و گسترده‌ترین دستگاه‌های حاکمیتی، مأموریت تثبیت و حمایت از حقوق مالکیت مشروع و قانونی اشخاص حقیقی و حقوقی جامعه را عهده داشته و نقش مؤثری در روابط و مناسبات اقتصادی، اجتماعی، استقرار و تثبیت مالکیت ایفاء می‌کند. در سال ۱۳۶۸، با تصویب نمایندگان مجلس شورای اسلامی، اداره کل کاداستر به‌عنوان زیر مجموعه سازمان ثبت اسناد و املاک کشور تأسیس شد. بر این مبنا، کار مطالعاتی کاداستر با تشکیل شورای فنی در سال ۱۳۶۹ آغاز شد. در حال حاضر سیستم مدیریت زمین در ایران رو به رشد بوده است چرا که سازمان‌های مرتبط با این امر در تلاش هستند تا با ارائه الگوهای

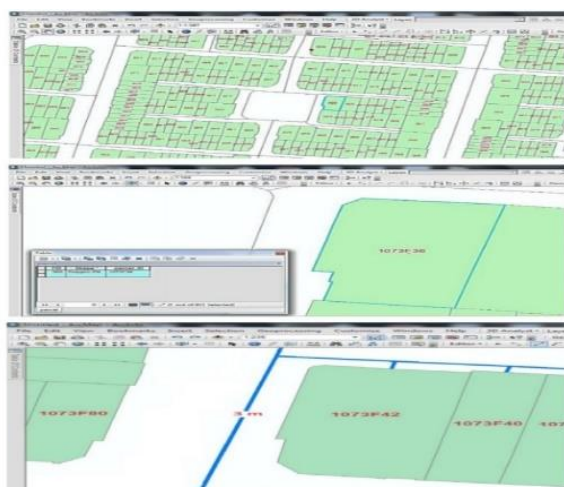


تصویر ۹: مدل مفهومی جریان پیاده‌سازی کاداستر چهاربعدی در منطقه مورد مطالعه [۷]
Fig. 9: Conceptual model of the 4D cadastre implementation flow in the study area [7]

جدول ۲: اطلاعات جمع‌آوری شده از منطقه مورد مطالعه [۷]

Table 2: Information collected from the study area [7]

هدف purpose	ویژگی feature	منابع داده data sources	نوع اطلاعات type of information
تولید مدل سه بعدی 3d model production	مقیاس ۱:۳۰۰۰ 1:3000 scale	تصاویر هوایی رقومی digital aerial images	
انطباق مدل با نقشه (زمان سنجی) matching the model to the map (time measurement)	نقشه پایه کاداستر کشور country cadastral base map	نقشه رقومی ۱:۲۰۰۰ digital map 1:2000	
تولید نقاط کنترل زمینی با دقت کمتر از ۱ سانتی متر / production of ground control systems with an accuracy of less than 1cm	سرعت بالا و سهولت در جمع‌آوری GCPs ⁸ high speed and ease of collection GCPs ⁸	داده‌های GPS دو فرکانسه dual frequency GPS data	اطلاعات مکانی location information
تلفیق با مدل ۳ بعدی integration with 3d model	طراحی با توجه به شرایط منطقه desing according to regional conditions		
ارزیابی دقت ارتفاعی مدل / model elevation accuracy assessment	بالا بردن دقت مدل سه بعدی / increasing the accuracy of the 3d model	نقشه شبکه انتقال آب map of water transmission network	
طبقه‌بندی مدل / model classification	براساس استاندارد تدوین شده کاداستر / based on the developed cadastral standard	نقشه برداری زمینی land mapping	
ایجاد بانک جامع املاک برای منطقه creating a comprehensive property bank for the region	نمایش اطلاعات مانند حدود ملک، مالکیت display information such as property boundaries, ownership	پلاک‌های ثبتی registration plates	اطلاعات توصیفی descriptive information
		داده‌های آمایی اطلاعات information gathering data	



تصویر ۱۰: کدگذاری کاداستر قطعات ملکی و لایه مربوط به شبکه انتقال آب در

منطقه مورد مطالعه [۷]

Fig. 10: Cadastral coding of real estate parcels and the layer related to the water transmission network in the study area [7]

تصویر ۱۰ خروجی مرحله پردازش حاصل از داده‌های موجود را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است نقشه تولید شده دوبعدی بوده و تنها قادر است تا مرزهای هریک از قطعه زمین‌ها و ساختمان‌ها و سایر عوارض موردنظر را نشان دهد، به همین منظور لازم است تا جهت دستیابی به یک مدل سه بعدی مرحله تبدیل سه بعدی را بر روی داده‌ها اعمال کنیم. پس از مرحله کدگذاری قطعات ملکی نوبت به ادغام نقشه‌های تأسیسات با نقشه مورد نظر می‌رسد که در اینجا به عنوان نمونه نقشه شبکه انتقال آب که به صورت فرضی طراحی شده است را در نظر می‌گیریم. لازم به ذکر است عبارت “3 m” به معنای آن است که این شبکه در عمق ۳ متری زمین قرار دارد [۷].

- تولید مدل سه بعدی: در این مرحله به دلیل عدم وجود یک دستورالعمل تبدیل برای عوارض سه بعدی، از مدلی فرضی که مبتنی بر دستورالعمل تهیه نقشه‌های کاداستر رقومی و تهیه نقشه‌های توپوگرافی بوده، استفاده شده است [۲۴]. با این ویژگی که نقاط ارتفاعی نیز به نقاط نظیر گوشه‌ای هریک از عوارض متصل شد تا مدلی سه بعدی تولید شود.

تولید شده در مقایسه با داده‌های مرجع، از ارزیابی آماری جذر میانگین مربعات خطا استفاده شده است (رابطه ۱ و ۲). RMSE از جمله روش‌های آماری متداول به‌شمار می‌رود که تفاوت میان مقدار پیش‌بینی شده توسط مدل مورد نظر و مقدار واقعی را نشان می‌دهد. RMSE ابزار مناسبی برای مقایسه خطاهای پیش‌بینی توسط یک مجموعه داده بوده و به همین علت از این روش جهت ارزیابی دقت مسطحاتی (X,Y) و ارتفاعی (Z) مدل استفاده شده است [۷].

$$RMSE = \sqrt{\frac{D^2}{n}} \quad (1)$$

$$D^2 = d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2 \quad (2)$$

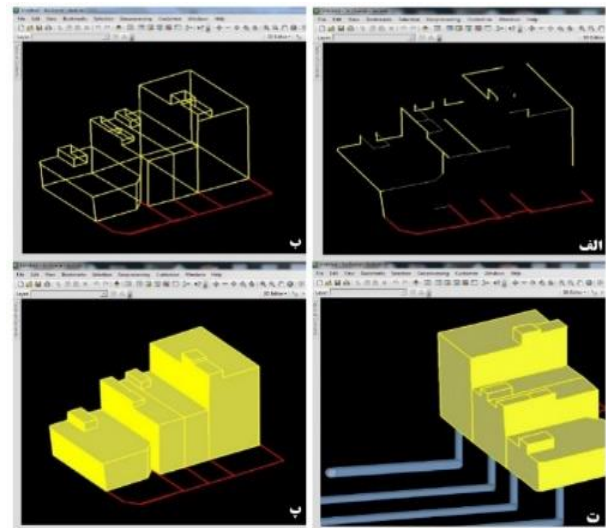
مطالعه موردی (محدوده میدان رسالت)

منطقه مورد مطالعه در شرق شهر تهران در محدوده میدان رسالت واقع شده است. میدان رسالت در منطقه هشت شهرداری تهران بوده و یکی از اصلی‌ترین بزرگراه‌های شرقی - غربی شهر را در خود جای داده است. در انتخاب منطقه مورد مطالعه عواملی نظیر تراکم جمعیت و افزایش ساخت و ساز طی بیست سال اخیر، قرار گرفتن در محدوده بافت فرسوده، متوسط رشد قیمت زمین و املاک، عبور خط ۲ مترو (نیمه شرقی)، وجود تونل رسالت و همچنین بررسی شبکه‌های تأسیسات شهری به‌ویژه شبکه انتقال آب، ملاک ارزیابی ما در این مقاله قرار گرفته‌اند. به این ترتیب با توجه به موارد ذکر شده محدوده میدان رسالت یک گزینه مناسب جهت بررسی آزمایشی برای پیاده‌سازی یک سیستم کاداستر چهار بعدی است [۷].

داده اولیه یا داده تاریخی (داده ورودی)

تصویر ۱۳ نقشه shapfile داده اولیه یا تاریخی مربوط به این محدوده در سال ۱۳۸۳-۱۳۸۹ و نقشه سه بعدی این داده است که در محیط ArcGIS نمایش داده می‌شود. این نقشه شامل مختصات دقیق است و برای هر اتصال مقدار عددی ارتفاع نیز وجود دارد. در این راستا، مدل‌سازی سه بعدی می‌تواند دارای دقت مناسبی باشد. همین‌طور که در تصویر ۱۴ قابل مشاهده است با مشاهده و مقایسه‌ی تصاویر میدان رسالت در بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۲۴:

در این پژوهش به‌عنوان نمونه چهار قطعه زمین که در بردارنده عرصه و اعیان است به همراه یک شبکه انتقال آب جهت مدل‌سازی در نظر گرفته شده‌اند. همچنین فرآیند مدل‌سازی در محیط ArcScene در نرم‌افزار ArcGIS10 و با ابزارهای 3D Analyst و 3D Editor صورت پذیرفته است، در تصویر ۱۱ نمونه سه بعدی تولید شده نشان داده شده است [۷].



تصویر ۱۱: الف) مدل اولیه تولید شده از منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر هوایی رقومی بزرگ مقیاس ب) مدل تکمیل شده با فرمت CAD (قرمز: مرز قطعه زمین، زرد: مرز ساختمان) پ) مدل تکمیل شده با فرمت Shapefile ت) تلفیق شبکه انتقال آب با مدل تولید شده (شبکه تأسیسات سه بعدی) [۷]

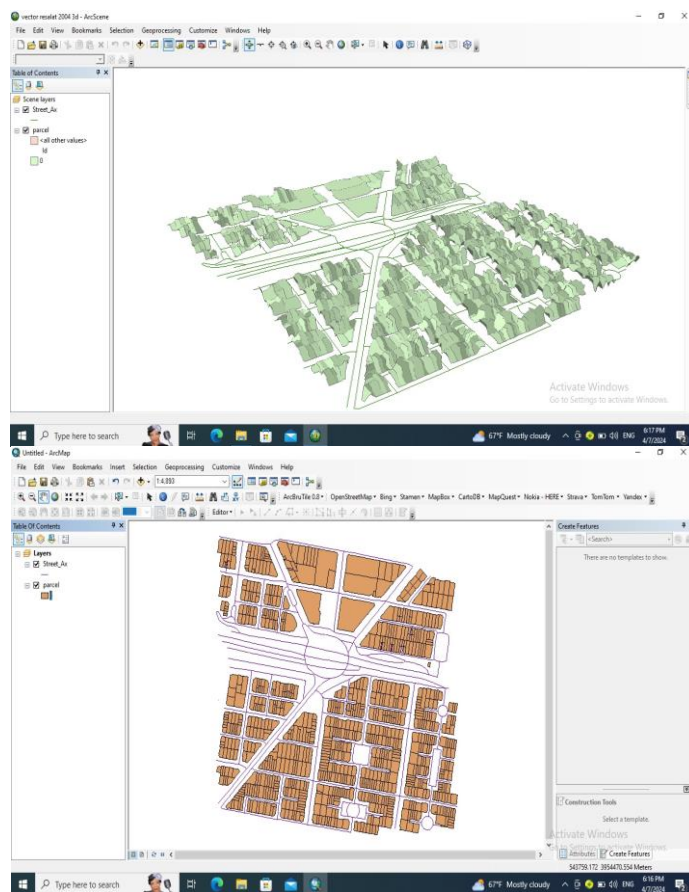
Fig. 11: a) Initial model produced from the study area using large-scale digital aerial imagery b) Completed model in CAD format (red: land plot boundary, yellow: building boundary) c) Completed model in Shapefile format d) Integration of the water transmission network with the produced model (3D facility network) [7]

- نتایج ارزیابی دقت مدل: با توجه به اینکه نقشه ۲۰۰۰: ۱ تهران که در سال ۱۳۸۳ توسط سازمان نقشه‌برداری کشور تهیه شده و به‌عنوان نقشه پایه کاداستر در کشور مورد استفاده قرار گرفته، معیار مسطحاتی و زمان‌سنجی بر مبنای آن و معیار دقت ارتفاعی، فعالیت میدانی و تولید مجموعه داده‌های ارتفاعی دقیق به روش نقشه‌برداری زمینی از مدل‌های مورد نظر بوده است. در این تحقیق به‌منظور بررسی کیفیت و دقت مدل



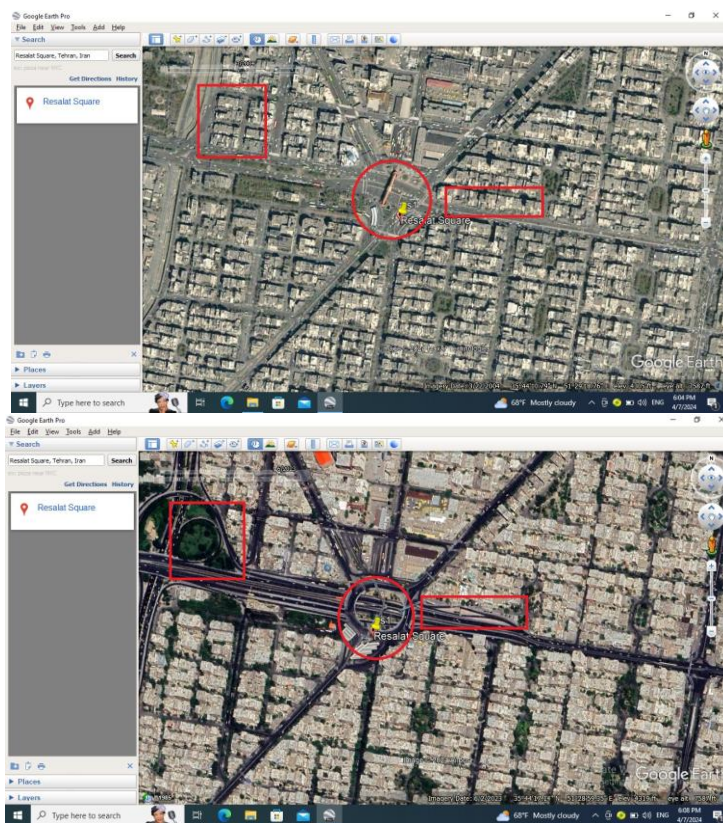
تصویر ۱۲: محدوده مورد مطالعه در شهر تهران - میدان رسالت [۷]

Fig. 12: Study area in Tehran - Resalat Square [7]



تصویر ۱۳: داده اولیه یا تاریخی محدوده رسالت و مدل ۳ بعدی

Fig. 13: Initial or historical mission scope data and 3D model



تصویر ۱۴: محدوده میدان رسالت در سال ۲۰۰۴ و تصویر پایین همین محدوده در سال ۲۰۲۴ است. مناطق مشخص شده نتیجه مقایسه این تصویر در طول این سالها

Fig. 14: The area of Resalat Square in 2004 and the image below is the same area in 2024. The marked areas are the result of comparing this image over these years.

می‌توانیم ارتفاع ساختمان‌ها را به‌صورت بازدید میدانی از عوارض به‌دست بیاوریم و یا با داشتن اطلاعات توصیفی از داده‌های تاریخی محل مورد نظر و مقایسه آن با وضعیت موجود عوارض اطلاعات ارتفاعی را وارد کنیم. داده‌های تاریخی میدان رسالت مربوط به این تحقیق، دارای اطلاعات ارتفاعی دقیقی است. اما چون این داده‌ها مربوط به گذشته بوده بعضی عوارض در طول زمان تغییرات ارتفاعی داشته‌اند که تشخیص این عوارض به کمک تصاویر تاریخی (Historical imagery) مربوط به google earth pro و مقایسه این تصاویر در طی چند سال انجام شده است. برای نشان دادن وضعیت سه بعدی عوارض وارد محیط ArcScene می‌شویم و داده مورد نظر را ADD می‌کنیم.

مقایسه و نتیجه ارزیابی

برای آنکه بتوانیم در تحلیل عوارض ساختمانی مربوط به اطراف میدان رسالت، قطعاتی از زمین را که تغییرات کاربری از جمله: تفکیک، تجمیع و همچنین عوارض ساختمانی که تغییرات ارتفاعی پیدا کرده‌اند را در طی گذر زمان مشخص کنیم، لازم است دو لایه داده‌های وضعیت تاریخی (سال ۲۰۱۰) و داده‌های وضعیت موجود (سال ۲۰۲۲) را مورد مقایسه قرار دهیم. تفاوت بین تغییرات کاربری از جمله تفکیک، تجمیع و تغییرات ارتفاعی مشخص شود. تصویر ۱۷ این بخش از کار را نمایش می‌دهد. قطعات زمینی تغییر یافته در طول زمان بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ روی داده‌های وضعیت موجود لایه به‌صورت دو بعدی نمایش داده شده است. قطعاتی با رنگ بنفش لایه وضع موجود با تعداد ۵۸۴ قطعه زمین، قطعاتی با رنگ زرد لایه تجمیع با تعداد ۱۷ قطعه زمین و قطعات شطرنجی لایه تغییرات ارتفاعی با تعداد ۹۰ قطعه زمین هستند. در این محدوده از میدان رسالت هیچگونه تغییر کاربری تفکیکی انجام نشده یا حداقل امکان قابل تشخیص نبوده است.

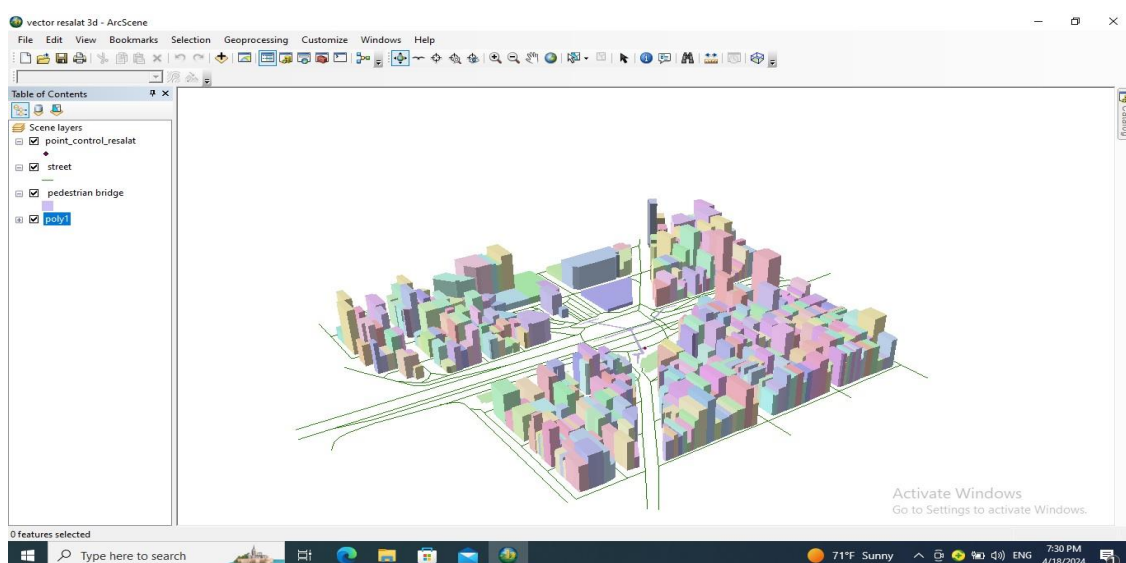
○ تخریب قطعات زمینی شمال غربی این محدوده به‌منظور احداث حریم بزرگراه و خروجی دسترسی به آزادراه قاسم سلیمانی (بزرگراه رسالت) و بزرگراه امام علی
○ احداث روگذر و بزرگراه رسالت جهت دسترسی محلی و همچنین گسترش پل عابر و احداث پایانه اتوبوسرانی و تاکسی رسالت
○ تخریب قطعات زمینی اطراف خیابان آژنگ واقع در بخش شرقی میدان رسالت به‌منظور حریم آزاد راه قاسم سلیمانی (بزرگراه رسالت) و احداث دسترسی محلی به روگذر و خیابان هنگام

داده‌های وضعیت موجود

برای به‌دست آوردن این نوع داده‌ها، با استناد به داده‌های اولیه یا داده‌های تاریخی، شروع به ترسیم این داده‌ها در محیط ArcGIS می‌کنیم. برای این منظور از محیط google earth pro کمک می‌گیریم ابتدا باید حداقل یک نقطه مختصات دقیق از میدان رسالت را وارد محیط GIS کنیم تا سیستم به‌طور خودکار این منطقه را بالا بیاورد این نقطه را با فرمت KMZ یا KML ذخیره می‌کنیم. حال وارد محیط ArcMap می‌شویم و به کمک ابزار ArcBru Tile 0.8، بخش Bing، Satellite را کلیک می‌کنیم تا برنامه به‌صورت خودکار تصویر هوایی اطراف این نقطه انتخابی و محل مورد نظر را بالا بیاورد. حال با استفاده از ابزار Editor عارضه‌ی مورد نظر را با Shapfile مخصوص به خود ترسیم می‌کنیم.

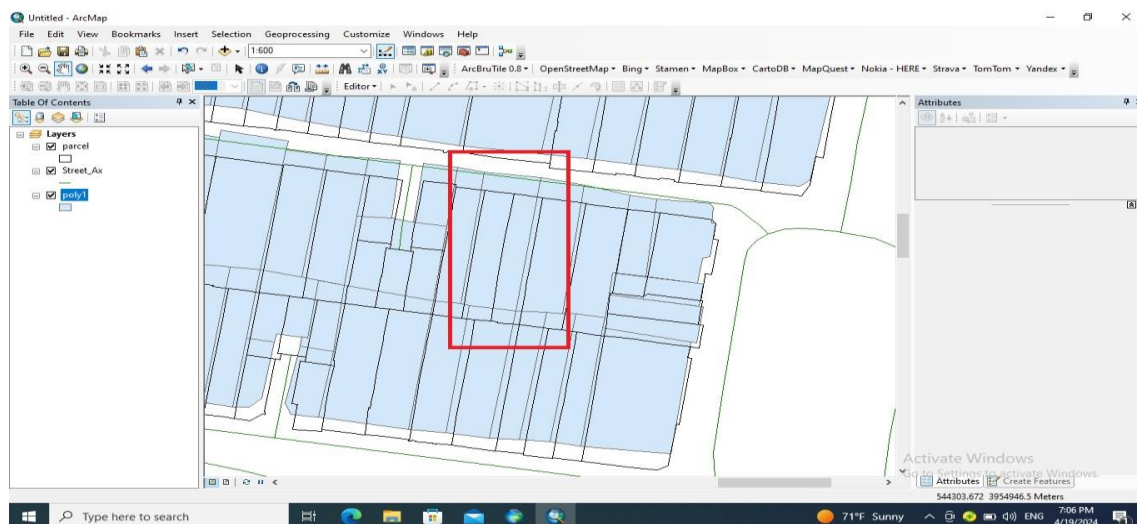
تهیه مدل سه بعدی از عوارض

پس از ترسیم عوارض، نقشه دوبعدی از محل مورد نظر خواهیم داشت. اما موضوع اصلی ما کاداستر سه بعدی+ زمان است و مولفه اصلی کاداستر سه بعدی ارتفاع است. پس باید در اطلاعات توصیفی هر عارضه (که این اینجا عارضه مورد نظر ساختمان‌های اطراف میدان رسالت است)، مولفه ارتفاع مربوط به آن عارضه یا قطعه زمین را وارد کنیم. برای این کار،



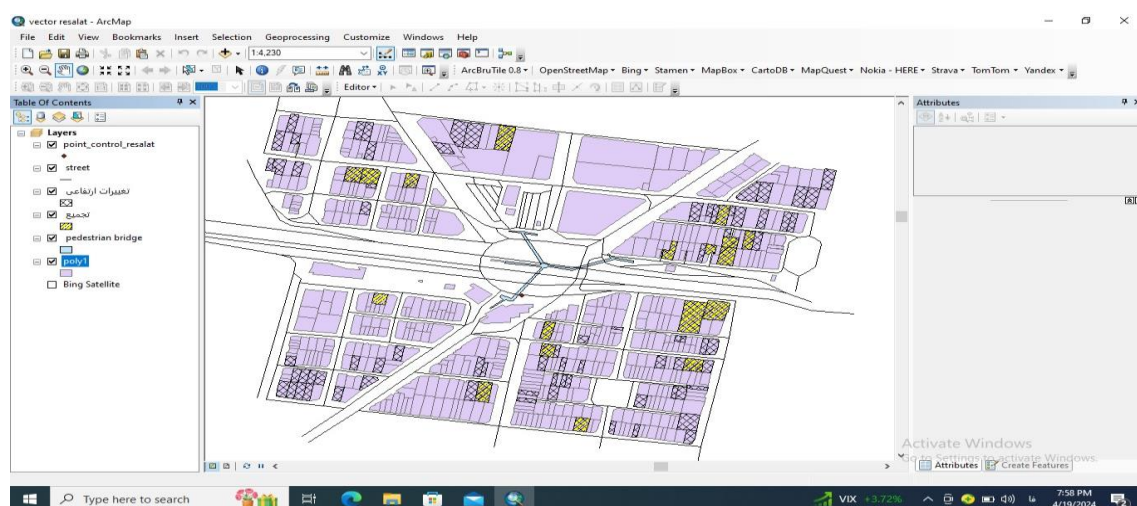
تصویر ۱۵: نمایش سه بعدی داده‌های وضع موجود، تصویر نمای غربی از محدوده میدان رسالت- تهران

Fig. 15: 3D display of current status data, image is the western view of the Resalat Square area in Tehran.



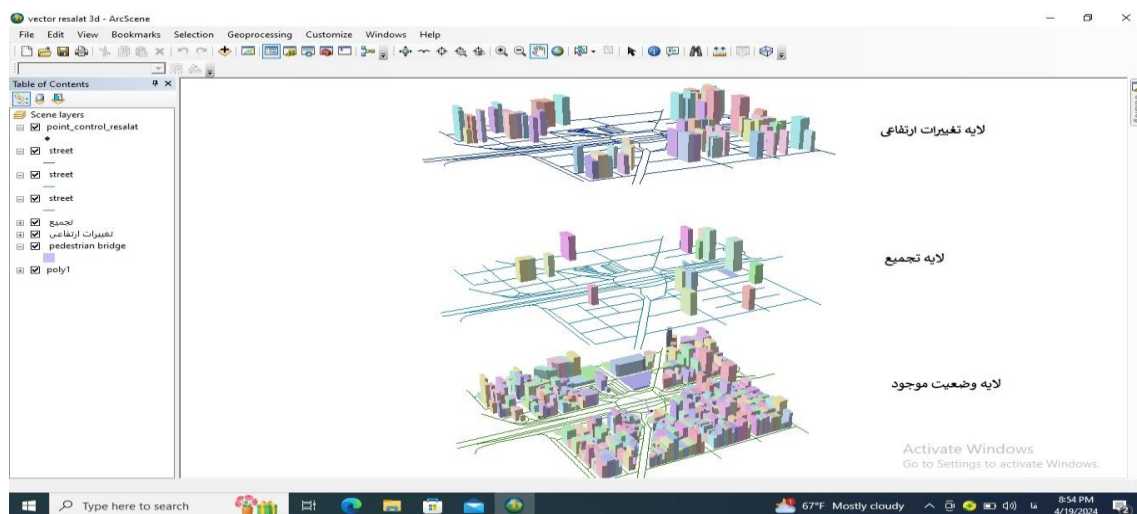
تصویر ۱۶: لایه رویی داده تاریخی و لایه زیری داده وضعیت موجود است دو قطعه زمین در طی سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۲ تجمیع شده‌اند.

Fig. 16: The top layer is historical data and the bottom layer is current condition data. Two plots of land have been aggregated over the years 2010 to 2022.



تصویر ۱۷: نمایش قطعات زمینی تغییر یافته در طول زمان بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ روی داده‌های وضعیت موجود، لایه بنفش: لایه وضعیت موجود، لایه زرد: لایه تجمیع و لایه شطرنجی: لایه تغییرات ارتفاعی

Fig. 17: Display of land parcels changed over time between 2010-2022 on the existing state data, purple layer: existing state layer, yellow layer: aggregation layer and checkerboard layer: elevation change layer



تصویر ۱۸: نمایش نتیجه نهایی از تحلیل تغییرات قطعات زمینی به صورت سه بعدی در طی زمان بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۲ در محدوده میدان رسالت تهران (کاداستر چهارمربعی)

Fig. 18: Displaying the final result of the analysis of changes in land plots in 3D over time between 2010-2022 within the area of Resalat Square, Tehran (4D cadastre)

جدول ۳: مقایسه ویژگی‌های بعدی کاداستر [۱۰]

Table 3: Comparison of the following cadastral features [10]

توانایی نمایش پیچیدگی‌های موجود	امکان پایش سنجی	تفسیر مناسب	ارائه حقوق، محدودیت‌ها و مسئولیت‌ها	توانایی تعیین حریم	سادگی در ایجاد پایگاه داده	هزینه
ability to display existing complexities	monitoring possibility	appropriate interpretation	providing RRRs	the ability to set privacy	simplicity in database creation	cost
کاداستر ۲ بعدی	ضعیف	ندارد	متوسط	متوسط	خوب	کم
2D cadastre	weak	have not	average	average	good	low
کاداستر ۳ بعدی	خوب	ندارد	خوب	خوب	متوسط	زیاد
3D cadastre	good	have not	good	good	average	a lot
کاداستر ۴ بعدی	خوب	دارد	خوب	خوب	متوسط	زیاد
4D cadastre	good	have	good	good	average	a lot

مقایسه کاداستر دو، سه و چهار بعدی

برای مطالعه راه‌حل‌های کاداستر ۴ بعدی، درک معادل مفاهیم "شیء حقوقی و فیزیکی در دو بعدی" مهم است. در دوبعدی، یک بسته، یک شیء حقوقی است که میزان حقوق مالکیت (مالکیت، اجاره، حق ارتفاق، حقوق واقعی محدود مانند آمفیوتیزیس در قانون مدنی) را نشان می‌دهد که مرزهای آن همیشه به راحتی در زمین قابل ردیابی نیست. فقط هنگام پوشاندن مرزهای بسته نگهداری شده در پایگاه داده کاداستر با توپوگرافی (یعنی نمایش اشیاء فیزیکی)، اشیاء املاک و مستغلات را می‌توان مکان‌یابی کرد. در یک کاداستر سه بعدی کامل، یک بسته حجمی نیز یک شیء مفهومی (قانونی) است که لزوماً در واقعیت قابل مشاهده نیست و فقط به‌طور غیرمستقیم با اشیاء فیزیکی مرتبط است. بنابراین، می‌تواند برای اهداف دیگری غیر از ثبت مالکیت اشیاء فیزیکی سه بعدی، به‌عنوان مثال، برای ثبت مالکیت منطقه ایمنی برای یک تونل یا برای ثبت مالکیت استفاده شود [۳].

نمایی از یک ساختمان در بیشتر موارد در دوبعدی، قطعات مربوط به اشیاء فیزیکی هستند زیرا مالکیت یک قطعه زمین به معنای مالکیت تمام اشیای فیزیکی متصل به آن است، اگر در محدوده‌های قطعه قرار داشته باشند. به همین ترتیب، مالکیت یک بسته سه بعدی به معنای مالکیت تمام اشیاء فیزیکی است که در داخل فضا قرار دارند، به‌عنوان مثال تونل یا شبکه تاسیسات. برای اینکه بتوان یک شیء فیزیکی را به‌عنوان یک موجودیت در نظر گرفت و آن را با شیء متناظر در کاداستر ۴ بعدی مرتبط کرد، نیاز به ایجاد بسته‌های ۴ بعدی دارد که با ابعاد فضایی و زمانی سه بعدی یکپارچه توصیف شده است [۳].

یک قطعه ۴ بعدی به‌عنوان واحد مکانی-زمانی تعریف می‌شود که در برابر آن (یک یا چند) حقوق منحصر به‌فرد و همگن (مانند حق مالکیت یا حق استفاده از زمین)، مسئولیت‌ها یا محدودیت‌ها به کل نهاد مرتبط است، همان‌طور که در یک سیستم مدیریت زمین گنجانده شده است. همگن به این معنی است که ترکیب یکسانی از حقوق به‌طور مساوی در کل واحد فضایی-زمانی ۴ بعدی اعمال می‌شود. منحصر به‌فرد یعنی که این بزرگ‌ترین واحد مکانی-زمانی است که برای آن صادق است. بزرگ‌تر کردن واحد (در فضا یا زمان سه بعدی) منجر به عدم همگن بودن ترکیب حقوق می‌شود. کوچک‌تر کردن واحد (در فضا یا زمان سه بعدی) منجر به حداقل دو بسته ۴ بعدی همسایه با ترکیبی از حقوق می‌شود [۳].

نتیجه‌گیری

رابطه بین مردم و زمین بسیار پویا است [۶]. ایران کشوری است که هم جنبه‌هایی از توسعه صنعتی و اقتصادی-اجتماعی کشورهای غربی را در خود دارد و هم به‌عنوان کشوری اسلامی دارای فرهنگ و قوانین اسلامی مربوط به موضوع املاک و حقوق ملکی است. علاوه بر آن، انواع متنوع و پیچیده‌های از حقوق ملکی مختلف در آن جاری است. با توجه به وسعت کشور، تعداد املاک، جمعیت زیاد و تنوع و پیچیدگی‌های حقوقی ملکی، حجم، تنوع و ارتباطات بین داده‌هایی که لازم است جمع‌آوری شوند بسیار زیاد است. علاوه بر آن تعداد بسیاری از سازمان‌ها و مردم به اطلاعات کاداستر نیاز دارند. به سختی می‌توان مجموعه داده‌های را پیدا کرد که وسعت و تنوع کاربرد آن به اندازه مجموعه داده‌های کاداستر است. همان‌طور که در این تحقیق گذشت، اطلاعات کاداستر به‌دلایلی که مهم‌ترین آن‌ها رشد شهرنشینی و فعالیت‌های انسان‌ها در داخل املاک است، ماهیت متغیر و پویا دارند. حجم و وسعت زیاد داده‌ها و هم‌چنین فراوانی تغییرات در این داده‌ها باعث پیچیده و پرهزینه بودن روند به‌روز رسانی داده‌ها و اعمال تغییرات در جنبه‌های مختلف این اطلاعات می‌شود. وجود مشکلات ذکر شده باعث می‌شود که در رابطه با ذخیره‌سازی و مدیریت داده‌ها به تدابیر خاص و فن‌آوری سطح بالا احتیاج است. با وجود مجموعه این شرایط، طراحی پایگاه داده مکانی-زمانی و سیستم اطلاعات کاداستر کاری بسیار دشوار و پیچیده است. می‌توان گفت که هیچ یک از مدل‌های توسعه یافته در زمینه کاداستر زمانمند از جمله مدل ارائه شده در این تحقیق، قادر به برآورده نمودن تمامی نیازمندی‌های کاداستر زمانمند ایران نمی‌شوند و در این تحقیق سعی بر رفع تنها پاره‌ای از مشکلات بوده است. در این تحقیق تعریف یک چارچوب برای بیان نحوه ذخیره‌سازی و جستجوی داده‌های مربوط به تغییرات اتفاق افتاده در محدوده املاک از جمله هندسه، توصیفات مربوط به ملک و ماهیت ملک در قالب جداول ساده مد نظر بود به‌طوری که بتوان پرسش‌های مطرح و اولویت‌دار کاداستر زمانمند را پاسخ داد در صورتی که به‌منظور طراحی یک مدل داده کامل و ایده‌آل برای کاداستر به انجام نیازسنجی کامل در تمامی حوزه‌های موجود در کاداستر، طراحی و ایجاد یک پایگاه داده کامل، مطالعه کامل و پوشش‌دهی تمامی پرسش و پاسخ‌های مطرح در کاداستر، جمع‌آوری داده‌های کامل در این زمینه و انجام بسیاری فعالیت‌های دیگر، نیاز است [۱]. مدل کاداستر کاملاً ۴ بعدی باید هم جنبه فیزیکی و هم جنبه

Temporal Cadastre Karimi. M, Sa'di Mesgari M, K.N. Toosi University of Technology Faculty of Geodesy and Geomatics, M.Sc. Thesis in Civil-Surveying Engineering In GIS, 2014 [In Persian]

[2] Khoshbrash Masoleh M, Sadeghian S, *Examining the components of the real estate management model (ISO 19152 - LADM) with an emphasis on its importance in the three- and four-dimensional cadastre during the years 2001-2017*, Country Mapping Organization and Shahid Beheshti University, 2017 [In Persian]

[3] Döner F, Thompson R, Stoter J, Lemmence C, Ploeger H, Oosterom P, Zlatanova S, *Solutions for 4D cadastre - with a case study on utility networks*. Department of Geomatics Engineering, Gümüşhane University, Gumushane, Turkey; Department of Natural Resources and Mines Landcentre, Queensland Government, Woollongabba, Queensland, Australia; "International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation (ITC) Enschede, The Netherlands; "OTB, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands; Kadaster, Apeldoorn, The Netherlands, Faculty of Law, VU University Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 2011.

[4] Gürsoy Sürmeneli H, Alkan M, *The Application Domain Extension (ADE) 4D Cadastral Data Model and Its Application in Turkey*. 2022. Civil Engineering Faculty, Department of Geomatic Engineering, Yildiz Technical University (YTU) 34220 Istanbul, Turkey; Mila Koeva, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, 7522 NB Enschede, The Netherlands, Citation: Gürsoy Sürmeneli H. Koeva M, Alkan M, The Application Domain Extension (ADE) 4D Cadastral Data Model and Its Application in Turkey. Land 2022, 11, 634. <https://doi.org/Academic Editor: Jamal Jokar Arsanjani>

[5] doner F, Thompson R, Stoter J, Lemmen C, Ploeger H, Oosterom P, *4D Land Administration Solutions in the Context of the Spatial Information Infrastructure*, the Netherlands, Turkey, Australia, 2011.

[6] Van oosterom P, Polpeger H, Stoter J, Lemmen C, *Aspects of a 4D Cadastre: A First Exploration*. the Netherlands Rod THOMPSON, Australia, the Netherlands, 2006.

[7] Khoshbrash Masoleh M, Sadeghian S, Karimi Shahi Gh. *Toward 3D and 4D Cadastre in Iran Case Study: District 8 of Tehran Municipality* Country Mapping Organization and Shahid Beheshti University, 2016 [In Persian]

[8] Ghasemi Dastgerdi N, Sadeghian S, *creating 3D, 4D and 5D cadastre using lidar data and satellite images with high resolution*, Tarbiat Debir Shahid Rajaee University and Shahid Beheshti University, 2016 [In Persian]

[9] Oosterom P, Karki S, *Towards an Implementable Data Scheme for 4D/5D Cadastre Including Bi-Temporal Support* Rod Thompson (Australia), (Netherlands), 2019.

[10] Fahami N, Javadi M, Sadeghian S, *Improving the quality of archeology using 3D and 4D cadastre in cultural heritage*, Mapping Organization and Shahid Beheshti University, 2019 [In Persian]

قانونی اشیاء کاداستر را نشان دهد. بنابراین، مدل پیشنهادی باید با مدل‌های فیزیکی مانند CityGML و BIM ادغام شود. تحقیقات بیشتر بر روی آزمایش و تجسم مدل به یک مدل کامل کاداستر ۴بعدی با جنبه‌های قانونی و فیزیکی متمرکز خواهد شد [۱۱]. برای آینده میان‌مدت تا بلندمدت، به نظر می‌رسد که اگر پایه محکم یک پارتیشن مکانی-زمانی به‌عنوان پایه کاداستر اهمیت بیشتری پیدا کند، باید انواع داده‌های ۴بعدی (هندسه/توپولوژی) در نظر گرفته شود. علاوه بر این، مبنای واقعی ۴بعدی ارزان‌ترین راه‌حل در دراز مدت به نظر می‌رسد، زیرا دیگر نیازی به رسیدگی به موارد خاص به روش دیگری نیست (زیرا همه چیز در این مدل قرار می‌گیرد). با این حال، ما باید با بیان اینکه مشخص نیست که آیا نوع داده ۴بعدی واقعی راه رو به جلو در عمل در آینده کوتاه تا میان مدت است، واقع بین باشیم. این هم‌چنین به ملاحظات فنی کمتری مانند اهمیت پارتیشن فضا-زمان ۴بعدی در رابطه با سایر جنبه‌های کاداستر بستگی دارد. در اینجا تحقیقات بیشتری در رابطه با تمام جنبه‌های کاداستر حقوقی، سازمانی و فنی مورد نیاز است. لازم به ذکر است که این نتایج از منظر فنی و آکادمیک انجام شده است [۶]. جهت تولید مدل سه بعدی از نرم‌افزار ArcGIS10 و به‌منظور ارزیابی دقت مدل تولید شده از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و ضریب همبستگی استفاده شده است. نتایج حاصل از این ارزیابی نشان داد که دقت مؤلفه‌های X و Y به ترتیب با جذر میانگین مربعات خطا ۱/۴۷۴ متر و ۱/۴۵۳ متر و با ضریب همبستگی ۹۹ درصد و دقت مؤلفه Z مدل تولید شده با جذر میانگین مربعات خطا و ضریب همبستگی ۷۳ درصد به میزان قابل توجهی به معیارهای مرجع منطبق هستند. لازم به ذکر است که معیار مرجع مسطحاتی و زمان‌سنجی، نقشه رقوم ۱:۲۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور (نقشه پایه کاداستر کشور) و معیار مرجع ارتفاعی، داده‌های حاصل از نقشه‌برداری زمینی هستند.

مشارکت نویسندگان

در این مقاله، نویسندگان به نسبت برابر مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

مقاله ارسالی حاصل طرح تحقیقاتی از پایان‌نامه با عنوان طراحی کاداستر چهاربعدی، مطالعه موردی: منطقه‌ای از ایران است. همچنین از دکتر مهدی خوش‌برش ماسوله و مهندس رجایی که در انجام مطالعه موردی مربوط به محدوده میدان رسالت همکاری نموده‌اند قدردانی می‌شود.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Key JG. *Design and Development Spatial Data Model of*

- [24] Ho S, Rajabifard A, *Delivering 3D Land and Property Management: A Consideration of Institutional Challenges in an Australian Context*, 3rd International Workshop on 3D Cadastres, Shenzhen, 2012.
- [25] Hassan M I, Ahmad-Nasruddin M, Yaakop I, Abdul-Rahman A, *An Integrated 3D Cadastre - Malaysia as an example*, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2008.
- [26] Vucic N, Roic M, Markovinovic D, *towards 3D and 4D Cadastre in Croatia, FIG Working*, Dubai, 2014.
- [27] Karki S, Thompson R, McDougall K, *Representing 3D data in a Cadastral database Queensland Case*, GIS and RS Research Conference University of Otago, New Zealand, 2013.
- [28] van der Molen P, *Institutional aspects of 3D cadastres*. Computers, Environment and Urban Systems, 27, 383–394, 2003.
- [29] Kitay GM, *Land Acquisition in Developing Countries: Policies and Procedures of the Public Sector*, Lincoln Institute of Land Policy, Boston, 1985.
- [30] Choon T, Kam Seng L, *towards a Malaysian Multipurpose 3D Cadastre based on the Land Administration Domain Model (LADM) - An Empirical Study*, 5th Land Administration Domain Model Workshop, Kuala Lumpur, 2013.
- [11] Gürsoy Sürmeneli H, Alkan M, Koeva M, *Design and implementation of a 4D cadastral legal model for Turkish land administration infrastructure based on LADM*. 2022.
- [12] Mehrzad M, *Cadastre*, Jangal Publications, Javedaneh, Tehran, 2013 [In Persian]
- [13] Khodavardi Darian A, *The role of location-based data infrastructure (SDI) and cadastre in sustainable development and social justice*, National Land and Property Registration Organization, Deputy for Planning and Resource Management, 2/0 edition, 2005 [In Persian]
- [14] Mesgari MS, *New technologies and methods of cadastre and mapping and its effects on sustainable development*, collection of articles of the conference commemorating the 100th anniversary of the establishment of the country's land and property registration, 2011 [In Persian]
- [15] Mumtazi M.A, Sadeghian S, *Country Cadastre and Cadastre 2014 to 2034*, 26th National Conference and Exhibition of Mapping Engineering and Geometric Spatial Information 1400, Shahid Beheshti University, Abbaspur Branch, 2021 [In Persian]
- [16] Roshannejad A, Kaniz W, *Handling Identities in Spatio - Temporal Database*, Department of Geoinformatics, ITC PO Box 6, 7500 AA Enschede, The Netherlands, 1995.
- [17] Ramiro Alberdi P, Diego A. Erba, *Modeling Legal Land Object for waterbodies in the context of 4D cadastre*. 2020 Gong L & Zhang XC, *Study of Spatio - Temporal Data Model in Parcel-Alteration and Tracing of History*. In *Geoinformatics 2008 and Joint Conference on GIS and Built. environment: Advanced Spatial Data Models and Analyses* (pp. 71460I-71460I), International Society for Optics and Photonics, 2009.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES



محمد علی ممتازی دانشجوی ارشد رشته مهندسی نقشه‌برداری گرایش سیستم‌های اداره زمین دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی شهر تهران ورودی سال ۱۴۰۰ است. مقاله مربوط در راستای پژوهش پایان نامه او با همین عنوان

است. فعالیت‌های پژوهشی وی شامل تعدادی مقاله پوستر در زمینه کاداستر با عنوان کاداستر کشور و کاداستر ۲۰۱۴ تا ۲۰۳۴ در بیست و ششمین همایش و نمایشگاه ملی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی ژئوماتیک ۱۴۰۰ و همچنین ارزیابی قابلیت‌های کاداستر چهار بعدی در صنعت آب و برق در هفتمین کنفرانس ملی سیستم اطلاعات مکانی خرداد ۱۴۰۲ در تهران ارائه نموده است. همچنین مقاله همایشی در راستای کاداستر ایران با نگاهی بر کاداستر ترکیه در همایش سازمان ثبت اسناد و املاک در سال ۱۴۰۳ ترتیب داده که مقام اول در این همایش را کسب کرده است.

Momtazi, M. Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

✉ Mohammadalimomtazi@gmail.com

- [18] Fan YT, Yang JY, Zhu DH, Wei KL, *A Time-Based Integration Method of Spatio-Temporal Data at Spatial Database Level*. Mathematical and Computer, Modelling, 51(11), 1286-1292, 2010.
- [19] Lemmen C, van Oosterom P, *Version 1.0 of the FIG Core Cadastral Domain Model*. XXIII International FIG congress, Munich, October 2006, 18 p.
- [20] Stoter J.E, van Oosterom, Ploeger H, Aalders H, *Conceptual 3D Cadastral Model Applied in Several Countries*, FIG Working week 2004, May, Athens, Greece, 2004.
- [21] Van Oosterom P, Lemmen C, *The Core Cadastral Domain Model: A Tool for the Development of Distributed and Interoperable Cadastral Systems*. International Conference on Enhancing Land Registration and Cadastre for Economic Growth in India, New Delhi, 2006.
- [22] Oosterom van P, Maessen B, Quak W, [*Generic query tool for spatiotemporal data*], In: International Journal of Geographical Information Science, Volume 16, 8, pp. 713-748, 2002.
- [23] Aien A, *3D Cadastral Data Modelling*, Thesis (PhD), University of Melbourne, Australia, 2013.



علیرضا وفائی‌نژاد دارای مدرک دکتری تخصصی نقشه‌برداری (گرایش سیستم‌های اطلاعات مکانی) از دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی است. ایشان در حال حاضر به‌عنوان دانشیار در دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی

مشغول فعالیت بوده و تاکنون بیش از ۳۵ مقاله در نشریات بین‌المللی، ۷۰ مقاله در نشریات معتبر داخلی و ۵۰ مقاله در کنفرانس‌های داخلی و بین‌المللی ارائه نموده‌اند. زمینه تخصصی ایشان عبارتند از: سیستم‌های اطلاعات مکانی هوشمند، بهینه‌سازی با سیستم‌های اطلاعات مکانی و کاربردهای سیستم‌های اطلاعات مکانی در منابع آب و مدیریت بحران.

Vafaeinejad, A. Associate Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

✉ a_vafaei@sbu.ac.ir



سعید صادقیان دانشیار دانشکده مهندسی عمران، آب و محیط زیست دانشگاه شهید بهشتی، دارای مدرک دکتری از دانشگاه تهران در رشته مهندسی نقشه برداری- فتوگرامتری است. وی علاوه بر تدریس دانشگاه، دارای سوابق علمی و اجرایی بسیاری است. او به‌عنوان عضو

هیأت تحریریه نشریه علمی پژوهش‌های سنجش از دور و اطلاعات مکانی و تجربه ریاست آموزشکده نقشه‌برداری سازمان نقشه‌برداری کشور ۱۳۸۵-۱۳۹۲ را نیز دارند. جوایز و افتخارات ایشان شامل پژوهشگر برگزیده کشوری و دریافت لوح تقدیر وزیر علوم، تحقیقات و فناوری در سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۸ است.

Sadeghian, S. Associate Professor at the Department of Surveying Engineering, Faculty of Civil, Water and Environmental Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

✉ sa_sadeghian@sbu.ac.ir

Citation (Vancouver): Momtazi M, Sadeghian S, Vafaeinejad A. [Four-dimensional cadastre design, a case study: A region of (IRAN: Tehran)]. *J. RS. GEOINF. RES.* 2025; 3(1): 65-84

doi <https://doi.org/10.22061/jrsg.2024.10994.1067>



COPYRIGHTS

© 2025 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)