داده‌کاوی وکاوش وضع موجود الگوی مکانی استقرار کاربری‌های شهری

زهرا بهاری سجهرود[1] محمد طالعی[2]

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش مقاله: ۱٤۰۰/۰۳/۱٤

****

چکیده

غالباً در تهیه طرح کاربری اراضی شهری از استانداردها و قواعد مبتنی بر دانش کارشناسی استفاده می‌شود. اما آنچه که در نهایت در فضای فیزیکی و واقعی شهر اتفاق می‌افتد، گاهی با قواعد اولیه بنا نهاده شده در تدوین طرح‌های کاربری اراضی، همخوانی ندارد. در این تحقیق با استفاده از روش داده‌کاوی تلاش شده است تا با کمک تحلیل‌های مکانی، روش قواعد انجمنی و درخت تصمیم، به استخراج الگوهای استقرار وضع موجود کاربری‌های شهری در ناحیه ٤ منطقه ٥ شهرداری تهران پرداخته شود و میزان تأمین استانداردها و قواعد مبتنی بر دانش کارشناسی با آنچه در وضع موجود شهر وجود دارد، مورد سنجش و تحلیل قرار گیرد. به‌عنوان نمونه، استخراج قواعد استقرار دبستان در همسایگی ۳۰۰ متری کاربری‌های مسکونی با ۷۰ درصد پشتیبان و همچنین مدرسه راهنمایی در همسایگی ۱۲۰۰ متری کاربری‌های مسکونی با ۹۸ درصد پشتیبان، حاکی از استقرار و انطباق مناسب وضع موجود کاربری‌های آموزشی سطح محله و ناحیه در منطقه مطالعه موردی است. در حالی‌که عدم استخراج قواعد مرتبط با کاربری درمانی در منطقه مطالعه موردی، حاکی از عدم استقرار این کاربری در شعاع استقرار مذکور در استانداردهای مرسوم برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری است.

واژه‌های کلیدی: داده‌کاوی مکانی، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، قواعد انجمنی، درخت تصمیم، سامانه خبره

****

۱- دانشجوی دکتری سیستم اطلاعات مکانی - دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک- دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی (نویسنده مسئول) bahari@email.kntu.ac.ir

۲- دانشیار دانشکده مهندسی ژئودزی و ژئوماتیک- دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی taleai@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

مهم‌ترین هدف در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، ساماندهی مکانی و فضایی فعالیت‌ها و عملکردهای شهری براساس خواسته‌ها و نیازهای جامعه شهری است. استخراج قواعد استقرار عمومی و جاری در شرایط موجود شهر، علاوه‌بر دخیل نمودن شرایط محلی در مقادیر استاندارد مذکور در مستندات و دستورالعمل‌های مختلف (مانند حبیبی مسائلی،۱۳۷۸، شیعه، ۱۳۹۷، سعیدنیا، ۱۳۸۳)، این امکان را میسر می‌کند تا با مقایسه شرایط موجود شهر در استقرار کاربری‌های مختلف در همسایگی و مجاورت یکدیگر با مقادیر و شرایط ذکر شده در کتب و استانداردهای ملاک عمل، به تحلیل میزان تحقق شرایط استاندارد در شهر و همچنین ارزیابی دلایل عدم تطابق احتمالی، پرداخت. به منظور بررسی وضع موجود، تحقیقاتی وجود دارد. اما این مطالعات اکثراً از روش‌های آماری استفاده کرده‌اند ***(حسین‌زاده و همکاران ۱۳۹۹، امیدی‌پور و همکاران ۱۳۹۷، محمدنژاد و همکاران ۱۳۹۱)***. با توجه به توسعه روش‌های داده‌کاوی مبتنی بر تحلیل داده‌های وضع موجود در دهه اخیر، استفاده از فنون داده‌کاوی و بررسی وضع موجود استقرار کاربری‌های مختلف ، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در میان روش‌های مختلف داده‌کاوی مکانی، کاوش الگوهای هم مکان دارای اهمیت زیادی است و مبحث بسیار جدیدی در داده‌کاوی مکانی است. کاوش الگوهای هم مکان عبارت است از گروهی از ویژگی‌های غیرمکانی که با هم و به‌طور مکرر در همسایگی یک مکان ظاهر می‌شوند. مانند همبستگی کیفیت آب و یک بیماری خاصی که در مسافت پنج کیلومتری از هم اتفاق می‌افتد ***(Mamoulis, 2008)***. این مطالعات برای اولین بار توسط (Shekhar and Huang, 2001) معرفی شد. روش اصلی آن بر مبنای یک روش کاوش قوانین تکراری به نام اپریوری می‌باشد ***(Agrawal, 1994; Yao, 2017)***. تحقیقات زیادی در این حوزه وجود دارد که با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، الگوها و قواعد موجود در ویژگی‌ها را استخراج می‌نمایند ***(Zhou and Deng, 2021; Yue and Guo, 2017)***. اما به‌طور کلی در زمینه ی استخراج ویژگی‌ها و قواعد محلی موجود در کاربری‌ها با استفاده از فنون داده‌کاوی، مطالعات کمی انجام شده است ***(Yan et al, 2020)***.

Yan و همکاران در مقاله ای اقدام به کشف قواعد انجمنی بین خط ساحلی بندر و میزان استفاده از زمین نمودند. این قواعد در درک اثر کشتیرانی بر توسعه شهرهای بندری مؤثر می‌باشد ***(Yan et al, 2020)***.

در تحقیق دیگری Zeng و همکاران برای ارزیابی توسعه پایدار درکشور چین، از قواعد انجمنی[1] استفاده نموده و الگوهای مؤثر در پایداری شهرهای این کشور را شناسایی کرده‌اند ***(Zeng & et al, 2016: 394-404)*** .

در مقاله دیگری Ding مدلی برای کشف الگوهای موجود بین کاربری‌های زمینی و دریایی در محدوده‌ی ساحلی، پیشنهاد نموده است. این الگوها به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت نوار ساحلی مفید بوده و تعاملات بین کاربری‌ها را آشکار می کند ***(Ding & et al, 2017:116)***.

در مطالعه‌ای که توسط Kim و همکاران انجام شده است، قواعد مکانی با استفاده از درخت تصمیم[2] استخراج و در مدل‌سازی رشد شهری بر مبنای اتوماتای – سلولی، وارد گردید ***(Kim & et al, 2006:203-211)***.

Liu و همکاران در تحقیق خود با استفاده از داده‌کاوی به روش قواعد انجمنی به بررسی و اکتشاف قواعد مکانی میان توسعه کاربری‌های مختلف در شهر ووهان چین و عوامل تأثیرگذار بر این توسعه پرداختند ***(Liu & et al, 2017)*** .

اکثر مطالعات دیگری که در این حوزه انجام شده است به ارزیابی تغییرات کاربری بر مبنای زمان و پیش‌بینی مربوط می‌شوند. از جمله Gharbi و همکاران در مقاله‌ای از قواعد انجمنی برای ارزیابی تغییرات کاربری در شهری از فرانسه استفاده نمودند و وضعیت کاربری‌ها در آینده را با استفاده از ارزیابی تغییرات کاربری‌ها در گذشته، پیش‌بینی کرده‌اند ***(Gharbi et al, 2014: 18-38)***. Mennis در مقاله‌ای از قواعد انجمنی برای استخراج ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرها

1- Association rules
2- Decision tree

استفاده کرده است. این متغیرها تغییرات پوشش زمین و روابط اجتماعی- اقتصادی بین سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۷۰ در ایالت دنور، کلرادو را توصیف می‌کنند (Mennis et al, 2005:5-17). هیچکدام از تحقیقات موجود به بررسی الگوهای موجود بین کاربری‌های مختلف در سطح شهر با استفاده از داده‌کاوی نپرداخته‌اند. علاوه‌بر این، روش مورد استفاده در این تحقیق، روش جدیدی است که سعی دارد با تلفیق روش‌های قوانین انجمنی و درخت تصمیم از قابلیت‌های این دو روش در کاوش الگوهای هم مکان استفاده کند. لذا با توجه به اهمیت و ضرورت پرداخت به این موضوع، هدف از این تحقیق ارائه روشی نو برای کاوش در وضع موجود استقرار کاربری‌های شهری با استفاده از روش‌های داده‌کاوی، به منظور کشف الگوهای وضع موجود در استقرار کاربری‌ها در مجاورت یکدیگر و در فواصل مختلف و در نهایت ارائه قواعد استنتاج شده از این الگوها، به منظور کمک به برنامه‌ریزان و مدیران در فهم بهتر وضع موجود استقرار کاربری‌ها و استفاده از آن در ترکیب با استانداردها و قواعد مبتنی بر دانش کارشناسی، برای بهبود طرح‌های کاربری اراضی شهری است.

در بخش دوم مقاله، مباحث نظری مرتبط با داده‌کاوی و استخراج قواعد انجمنی ارائه شده است. در بخش سوم، روش تحقیق و مدل پیشنهادی برای استخراج الگوی استقرار کاربری‌ها مطرح شده است. بخش چهارم شامل اجرای مدل پیشنهادی در منطقه مطالعه موردی و ارائه نتایج کشف شده است. در بخش آخر نیز نتیجه‌گیری و بحث در خصوص نتایج ارائه شده است.

۲- مباحث نظری

۲-۱- قواعد انجمنی مکانی

قواعد انجمنی به کشف قوانین وابستگی بین داده‌های یک پایگاه داده حجیم می پردازد. به عبارت دیگر الگوهایی که به‌صورت مکرر در مجموعه داده‌ها تکرار می‌گردند، شناسایی شده و از آن‌ها به منظور تشریح قواعد وابستگی استفاده می‌شود (Han & et al, 2011:54, Li 2015). قواعد انجمنی که یکی از گزاره‌ها در مقدم یا تالی شامل یک رابطه مکانی باشد، قواعد انجمنی مکانی نامیده می‌شوند (Mennis & et al, 2005:5-17,Geissen & et al, 2007: 277-287). برای ارزیابی قوانین انجمنی اغلب دو پارامتر پشتیبان[1] و اطمینان[2] تعریف می‌شود. مقدار پشتیبان حاکی از اهمیت بیرونی یا فرکانس رخداد یک قاعده انجمنی است و مقدار اطمینان حاکی از صحت ذاتی یا عقلانی بودن یک قاعده‌ی وابستگی است (Wang & et al, 2010:1433-1437). با تعریف دو حد آستانه حداقل پشتیبان و حداقل اطمینان، قواعدی که این حد آستانه‌ها را پشتیبانی می‌کنند و به قواعد قوی[3] معروف هستند، شناسایی می‌شوند (Han & et al, 2011:54). معیار دیگری که برای ارزیابی این قوانین به کار می‌رود، معیار بهبود[4] است که میزان همبستگی قوانین را نشان می‌دهد. این معیار میزان استقلال بین دو گزینه را نشان می‌دهد و می‌تواند عددی بین صفر تا بی‌نهایت باشد. مقادیر نزدیک به عدد یک معرف این هستند که دو گزینه مستقل از یکدیگر می‌باشند. چنانچه این معیار از عدد یک کمتر باشد، نشان‌دهنده این است که دو گزینه با یکدیگر همبستگی منفی دارند. هر چه مقدار این معیار بالاتر از یک باشد، قاعده، مطلوبیت بیشتری دارد. در ضمن این معیار نسبت به سمت چپ و راست قاعده، متقارن است. اگر سمت چپ و راست قاعده را با یکدیگر جابه‌جا کنیم، مقدار این معیار تغییری نمی‌کند. ترکیب این معیار با معیارهای اطمینان و پشتیبان، برای شناسایی قواعد انجمنی پایدار و قوی‌تر، مناسب است. قبل از تعریف این معیارها، نیاز به معرفی مفاهیم پایه می‌باشد.

۱. مجموعه $I=\{i_1,i_2,\ldots,i_n\}$ را به‌عنوان مجموعه‌ای از nصفت دودویی در نظر می‌گیریم که هر کدام شامل دو مقدار ۰ و ۱ هستند.

۲. مجموعه $D=\{d_1,d_2,\ldots,d_n\}$ را به‌عنوان مجموعه تراکنش‌ها

1- Support
2- Confidence
3- Strong Rules
4- Lift

یا همان پایگاه داده در نظر می‌گیریم. هر تراکنش در D شامل یک کد تراکنش منحصربه‌فرد و زیرمجموعه‌ای از آیتم‌های I است *(Agrawal et al,1993:3)*.

۳. برای هر قانون $A \rightarrow B$ متغیرهای پشتیبان، اطمینان و بهبود به‌صورت معادلات ۱و۲و۳ تعریف می‌شود. B و A دو عضو از مجموعه I می‌باشند.

$$Support(A \rightarrow B) = P(AUB)$$ رابطه (۱)

$$Confidence(A \rightarrow B) = P(B|A) = \frac{P(AUB)}{P(A)}$$ رابطه (۲)

$$Lift(A \rightarrow B) = \frac{p(AUB)}{P(A)P(B)}$$ رابطه (۳)

الگوریتم‌های بسیاری به منظور کشف قواعد انجمنی توسعه یافته‌اند. اپریوری[1] یک الگوریتم کلاسیک برای یادگیری قواعد انجمنی است. هدف الگوریتم اپریوری، یافتن وابستگی بین مجموعه‌های مختلفی از داده‌ها است *(Han, 2011:55)*. نگاره۱ الگوریتم اپریوری را نشان می‌دهد. در ادامه مراحل اجرای این الگوریتم ذکر می‌گردد *(Aggarwal et al, 2015:4)*:

Join step
insert into C_k
select p.item1, p.item2 ,… , $p.item_{k-1}$, $q.item_{k-1}$
from L_{k-1} p, L_{k-1} q
where p.item1=q.item1, …,$p.item_{k-2}$= $q.item_{k-2}$, $p.item_{k-1}$< $q.item_{k-1}$
Prune step
forall itemsets c $C_k$do
forall (k-1)-subsets s of c do
if (s Lk-1) then
delete c from C_K

نگاره۱: الگوریتم اپریوری

(غضنفری،۱۳۹۵: ۱۶۸)

• ابتدا همه اقلام مکرر که بیشتر یا مساوی با آستانه پشتیبان هستند استخراج شده و L_1 تشکیل می‌گردد.

• از L_{K-1} به‌منظور الحاق برای تولید مجموعه اقلام کاندید دارای اندازه k استفاده می‌شود.

• پشتیبان هریک از اقلام کاندید محاسبه می‌گردد.

• این اقلام به اقلام مکرر Lk در صورتی که پشتیبان آن بیشتر یا مساوی با آستانه پشتیبان باشد، اضافه می‌گردد.

• برای هر مجموعه مکرر، تمامی زیر مجموعه‌های غیر تهی تولید می‌شود.

• برای هر زیرمجموعه s قواعد به‌صورت "$S \rightarrow (L-S)$" شکل می‌گیرد، سپس اطمینان حساب می‌شود. اگر بیشتر از حد قابل قبول بود پذیرفته می‌گردد.

۲-۲- درخت تصمیم

درخت تصمیم یکی از تکنیک‌های قوی و متداول برای دسته‌بندی و پیش‌بینی می‌باشد. شیوه نمایش درخت تصمیم به گونه‌ای است که روال دسته‌بندی را خلاصه‌سازی می‌کند. از درخت تصمیم برای پیش‌بینی کردن عضویت اشیاء به دسته‌های مختلف استفاده می‌شود *(سلیمان‌پور،۱۳۹۷)* و پیش‌بینی به‌دست آمده از درخت در قالب یک‌سری قواعد توضیح داده می‌شود *(Geissen, 2007: 277-287)* و *(تیمورپور،۱۳۹۵: ۲۱۹)*. از میان الگوریتم‌های مورد استفاده در ساخت درخت تصمیم، مهم‌ترین آن‌ها الگوریتم C5 است که توسعه یافته الگوریتم ID3[2] می‌باشد. این الگوریتم دسته‌بندی را با تقسیم کردن داده‌ها به زیرمجموعه‌هایی که شامل رکوردهای همگن‌تر از والد خود هستند انجام می‌دهد. در C5 تقسیم کردن نمونه‌ها براساس فیلدی که بیشترین بهره اطلاعات را دارد صورت می‌گیرد. این الگوریتم روشی افزایشی از هرس کردن درخت را به‌کار می‌گیرد تا خطای طبقه‌بندی کردن ناشی از نویز یا جزئیات خیلی زیاد را در داده‌های آموزشی کاهش دهد. هرس کردن با جایگزینی گره داخلی با گره برگ رخ می‌دهد که بدان وسیله درصد یا میزان خطا کاهش می‌یابد. به‌منظور اعتبارسنجی مدل درختی نیز داده‌ها به دو بخش داده‌های آموزش و آزمون تقسیم شدند. مدل درختی با استفاده از داده‌های آموزش ساخته شد و مدل ساخته شده بر روی داده‌های آزمون مورد تست قرار گرفت. درصد نمونه‌هایی از داده‌های آزمون که ویژگی هدف آن‌ها توسط مدل، درست تشخیص داده شده بود دقت مدل را بیان می‌کند *(سلیمان‌پور،*

1- Apriori

2- Iterative Dichotomies 3

جدول۱: کاربری‌های مورد مطالعه

۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸	۹	۱۰
پارک	درمانی	مسکونی	مسکونی مختلط	تجاری	تأسیسات تجهیزات	صنعتی کارگاهی	پارکینگ حمل و نقل	فضای باز و تفریحی	بایر
۱۱	۱۲	۱۳	١٤	١٥	١٦	۱۷	۱۸	۱۹	
باغ کشاورزی	مجموعه فرهنگی ورزشی	مدرسه راهنمایی	ورزشگاه	مدرسه دبستان	مدرسه دبیرستان	فرهنگی	کودکستان	محله ورزشی	

۱۳۹۷). دانش نمایش داده شده در درخت‌های تصمیم را می‌توان استخراج نمود و در قالب قواعد دسته‌بندی "اگر- آنگاه" نمایش داد. برای هر مسیری که از ریشه تا یک برگ وجود دارد، یک قاعده ایجاد می‌شود. این روش نشان می‌دهد که کدام ویژگی یا متغیر تأثیر مهمی در پیش‌بینی و دسته‌بندی دارد. هر چه متغیر به ریشه نزدیک‌تر باشد، اهمیت آن بیشتر است. از این ویژگی می‌توان در انتخاب مشخصه‌ها و یا قواعد مستحکم‌تر، استفاده کرد.

۳- مدل پیشنهادی

نگاره۳، مدل پیشنهادی این مقاله برای کشف الگوهای مکانی وضع موجود کاربری‌های شهری یا به‌عبارت دیگر تولید قواعد موجود بین انواع کاربری‌ها بر مبنای فاصله را نشان می‌دهد. در ادامه مراحل این مدل توضیح داده می‌شود. برای مطالعه‌ی وابستگی های مکانی و تولید قواعد انجمنی مطابق با مطالب توضیح داده شده در بخش ۲,۱ نیاز به مجموعه‌ی I داریم. به همین منظور ابتدا برای هر عارضه یک مجموعه I تعریف می‌گردد. این مجموعه برابر است با مقادیر صفر و یک که هر کدام حضور یا عدم حضور نوع کاربری مشخصی را در همسایگی یک عارضه خاص نشان می‌دهند. تعداد اعضای این مجموعه برابر با تعداد کاربری‌های موردنظر است. جدول۱ کاربری‌های مورد استفاده در این مقاله را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال اولین عضو این مجموعه برابر است با یک یا صفر که حضور یا عدم حضور کاربری پارک در همسایگی یک عارضه را معلوم می‌کند. به‌منظور استخراج مجموعه I یا به‌عبارت دیگر عوارضی که در همسایگی عارضه خاصی قرار گرفته‌اند ابتدا باید همسایگی تعریف شود. در این مقاله همسایگی یک عارضه‌ی پلیگونی، برابر با فضای بافری به شعاع مشخص در اطراف آن عارضه است. میزان شعاع بر مبنای فاصله اقلیدسی است و می‌تواند متغیر باشد. به‌عنوان مثال در این مقاله شعاع همسایگی با فواصل ۳۰۰، ۷۰۰ و ۱۲۰۰ متری تعریف می‌شود. در مرحله بعد ماتریس D که مطابق با بخش ۱,۲ برابر با مجموعه‌ی تراکنش‌ها می‌باشد محاسبه می‌گردد. هر تراکنش که سطری از ماتریس را شامل می‌شود برابر است با مجموعه‌ی I که برای یک عارضه تولید شده است. در این مقاله ماتریس D برابر است با یک ماتریس n*l به طوری‌که n نشان‌دهنده تعداد عوارض موجود و l نشان‌دهنده‌ی تعداد انواع کاربری‌های مورد مطالعه هست که در این مقاله ۱۹ می‌باشد. برای هر شعاع همسایگی می توان یک ماتریس D تعریف نمود.

در این مقاله سه ماتریس برای فواصل ۳۰۰، ۷۰۰ و ۱۲۰۰ متری ناحیه مورد نظر محاسبه می‌گردد. جهت پر نمودن هر کدام از ماتریس ها، ابتدا به اندازه محدوده در نظر گرفته شده و با استفاده از تحلیل بافر برای تمامی عوارض موجود در لایه مکانی کاربری، بافر ترسیم می‌کنیم. سپس برای هر عارضه، لایه بافر آن عارضه را با لایه کاربری تقاطع می‌دهیم و کاربری تمامی عوارض ظاهر شده در تقاطع را استخراج می‌کنیم. برای اجرای تحلیل‌های مکانی از نرم‌افزار آرک جی آی اس[1] استفاده می‌شود. نگاره۲، تصویری از اجرای این تحلیل‌ها را نشان می‌دهد. اطلاعات استخراج

1- https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/

شده برای هر عارضه، یک سطر از ماتریس را پر می‌کند.

نگاره۲: نمایشی از تحلیل‌های مکانی انجام شده

سپس به منظور استخراج قواعد جاری کاربری‌ها در محیط شهری، الگوریتم اپریوری به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های قواعد انجمنی و الگوریتم C5 به‌عنوان یکی از الگوریتم‌های درخت تصمیم انتخاب می‌شود. این آنالیزها بر روی هر ماتریس اجرا می‌شود و با در نظرگرفتن مقادیر متفاوت برای ورودی این روش‌ها، قواعد مختلف در خصوص نحوه استقرار کاربری‌های مختلف در مجاورت یکدیگر، استخراج می‌گردد.

در الگوریتم قواعد انجمنی، پس از استخراج قواعد، لازم است تا قواعد معتبرتر از میان قواعد ضعیف، شناسایی و استخراج شوند. برای این منظور، میزان اعتمادپذیر بودن و درستی قواعد انجمنی کشف شده، با دو معیار پشتیبان و اطمینان سنجیده می‌شود. برای اجرای الگوریتم‌های ذکر شده از نرم‌افزار کلمنتاین[1] استفاده می‌گردد. در آخر به تفسیر قواعد تولید شده و مقایسه آن با استانداردهای موجود می‌پردازیم.

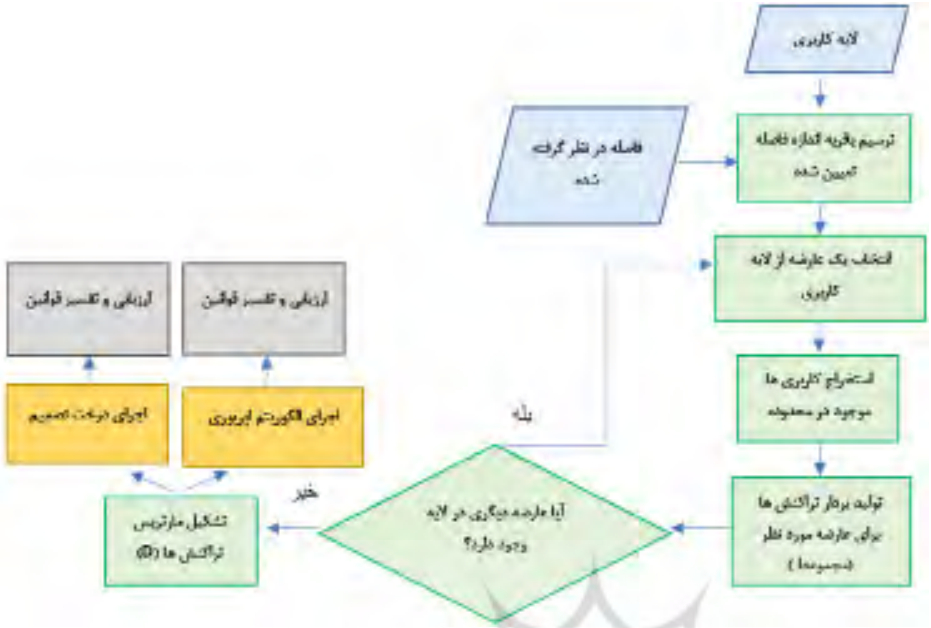
۳-۱- نمونه مطالعه

در این تحقیق از داده‌های کاربری ناحیه٤ منطقه‌ی ۵ شهرداری تهران شامل ۱۰٦۵ قطعه ملکی، استفاده گردید. براساس تقسیمات داخلی ملاک عمل شهرداری در وضع موجود، این منطقه از ۷ ناحیه و ۲۹ محله تشکیل شده است. منطقه ۵ شهرداری تهران به پهنه توسعه شهر تهران معروف است و ناحیه ٤ آن شامل ۷ محله می‌باشد. با توجه به طبقه‌بندی اراضی شهری در این تحقیق و همچنین داده‌های موجود، ۱۹ کاربری در نظر گرفته شد. در جدول(۱) لیست کاربری‌های مورد استفاده ارائه شده است. از بین ۱۹ کاربری در نظر گرفته شده، تعداد ٤ کاربری کودکستان، فرهنگی، ورزشگاه، مجموعه فرهنگی ورزشی در این ناحیه وجود ندارد.

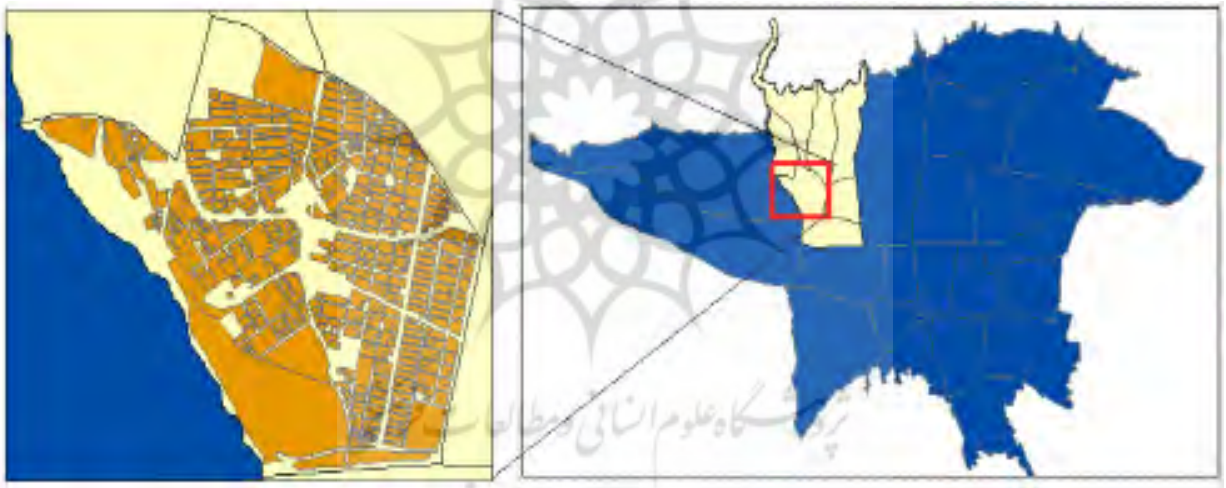
٤- بحث و نتایج

در این مرحله، مدل پیشنهادی برای استخراج قواعد وابستگی کاربری‌ها مبتنی بر وضعیت موجود استقرار کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه، مرحله به مرحله پیاده‌سازی شده و نتایج آن ارائه می‌گردد. ابتدا با استفاده از تحلیل‌های مکانی، کاربری‌های موجود در محدوده‌ی تعیین‌شده برای هر کاربری استخراج می‌شود. از آنجایی که مطابق استانداردهای موجود، حداقل شعاع عملکردی کاربری‌ها، در سطح همسایگی ۳۰۰، محله ۷۰۰ و ناحیه ۱۲۰۰ متر است *(پورمحمدی، ۱۳۹٦)*، این سه فاصله برای استخراج قواعد مکانی، در نظر گرفته می‌شود. در مرحله بعد، برای استخراج قواعد موجود در داده‌ها از الگوریتم اپریوری، استفاده می‌گردد و با در نظر گرفتن مقادیر مختلف حد آستانه برای سنجه‌های پشتیبان، حداقل اطمینان و بهبود بالاتر از مقدار یک، قواعد مختلف از داده‌کاوی وضعیت موجود استقرار کاربری‌ها، کشف می‌گردد. نگاره‌های ۵، ٦ و۷ قواعد قوی استخراج شده با استفاده از این الگوریتم را در بین کاربری‌ها و در فواصل متفاوت، نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال قاعده تجاری - مسکونی، در نگاره۵ به معنی این است که در منطقه مورد مطالعه در مجاورت یک کاربری تجاری، کاربری مسکونی با پشتیبانی ۵۰ درصد در فاصله‌ی ۳۰۰ متری آن قرار دارد. به منظور تجزیه و

1- www.ibm.com/products/spss-modeler

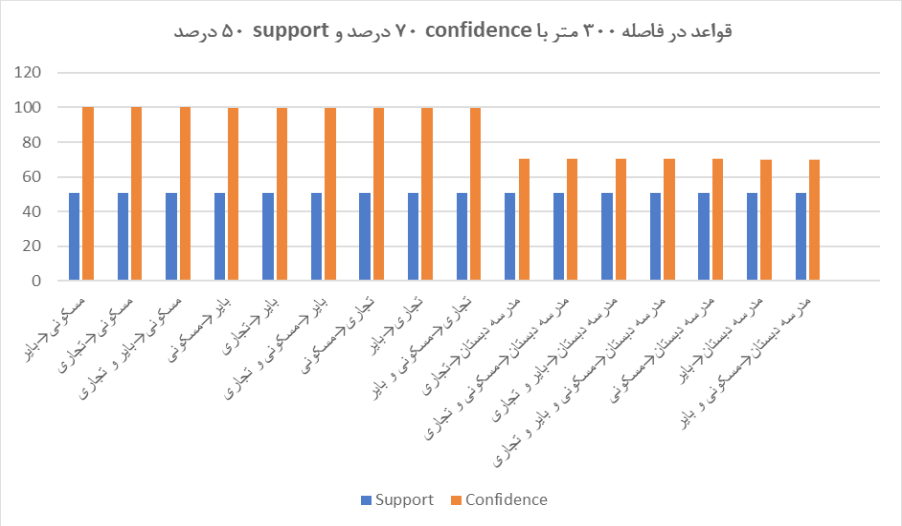


نگاره۳: مدل پیشنهادی استفاده از داده‌کاوی مکانی در کشف الگوهای مکانی موجود در کاربری‌های شهری

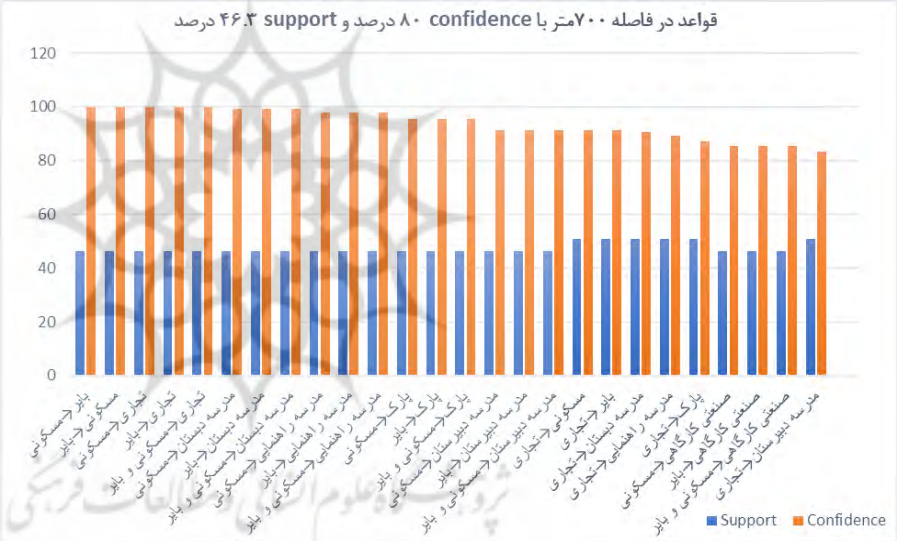


نگاره٤: محدوده‌ی مورد مطالعه

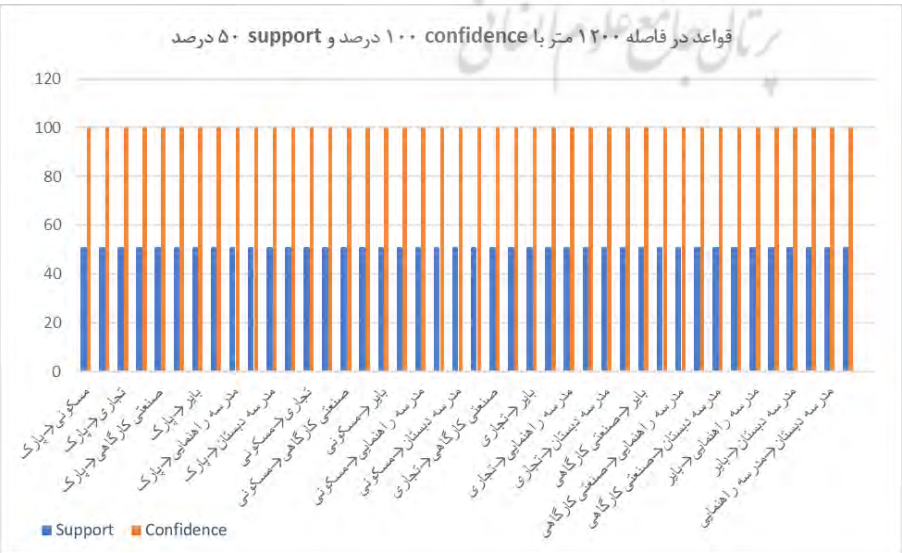
تحلیل نتایج حاصل از داده‌کاوی وضعیت موجود استقرار کاربری‌ها در همسایگی یکدیگر، قواعد استخراج شده با مقادیر استانداردهای مصوب در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، تطبیق داده می‌شود. مطابق با استانداردهای موجود، حداقل فاصله مسکونی از کودکستان ۳۰۰ متر می‌باشد و با توجه به نگاره۵، عدم وجود این قاعده در فاصله ۳۰۰ متر نشان‌دهنده عدم رعایت این استاندارد و کم بودن کودکستان در این ناحیه می‌باشد. استاندارد بعدی وجود دبستان در فاصله‌ی ۷۰۰ متری می‌باشد که قاعده (اگر مسکونی در نتیجه دبستان) با پشتیبان ۵۰/٤۹ درصد در نگاره٦ به این معنی است که در ۵۰/٤۹ درصد داده‌ها نشان می‌دهد که کاربری‌های مسکونی و دبستان در همجواری هم قرار دارند و اطمینان ۷۰/۱۹ درصد این قاعده به این معنی است که اگر کاربری مسکونی باشد، آنگاه در ۷۰/۱۹ درصد موارد در همسایگی آن کاربری دبستان قرار گرفته است. مورد بعدی حداقل فاصله مدرسه راهنمایی تا مسکونی هست که مقدار ۱۲۰۰ می‌باشد، وجود قاعده (اگر مسکونی در نتیجه مدرسه راهنمایی) با اطمینان ۹۷/۸۲٦ درصد و پشتیبان ٤٦/۳۳۱ درصد در نگاره۷ اجرای استاندارد در حدود ۹۷ درصد را نشان می‌دهد.



نگاره۵: قواعد در فاصله ۳۰۰متر با confidence ۷۰ درصد و support ۵۰ درصد



نگاره٦: قواعد در فاصله ۷۰۰متر با confidence ۸۰ درصد و support ٤٦/۳ درصد



نگاره۷: قواعد در ۱۲۰۰متر با confidence ۱۰۰ درصد و support ۵۰ درصد

این موضوع مؤید وضعیت مناسب منطقه مورد مطالعه در زمینه استقرار کاربری آموزشی دبستان و راهنمایی و انطباق شرایط موجود با استانداردهای مرسوم است. عدم استخراج قاعده درمانی ← مسکونی در فاصله استاندارد ۷۰۰ متر از داده‌های وضعیت موجود کاربری‌ها در منطقه مطالعه موردی، به معنای کم بودن مراکز درمانی در این ناحیه و یا قرار نگرفتن آن‌ها در فاصله استاندارد مورد نظر است.

علاوه‌بر شاخص همسایگی مطرح در استانداردهای مرسوم برای مکان‌یابی و استقرار کاربری‌های مختلف شهری، یکی‌دیگر از شاخص‌های مطرح در برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، سازگاری میان کاربری‌ها است که در جدول۲ نمونه‌ای از این نوع نشان داده شده است. به‌عنوان مثال کاربری‌هایی که آلودگی‌هایی از قبیل دود، بو و صدا تولید می‌کنند باید دور از مناطق مسکونی، فرهنگی و اجتماعی استقرار یابند.

در مقابل فعالیت‌هایی که مکمل یکدیگرند در کنارهم جایابی می‌شوند. به‌عنوان مثال عدم استخراج قاعده (اگر مسکونی در نتیجه صنعتی-کارگاهی) در فواصل ۳۰۰ و ۷۰۰ متر و مشاهده قواعد (اگر مسکونی در نتیجه پارک)، (اگر مسکونی در نتیجه دبستان)، (اگر مسکونی در نتیجه مدرسه راهنمایی)، (اگر مسکونی در نتیجه دبیرستان) و (اگر مسکونی در نتیجه تجاری)، نشان‌دهنده‌ی رعایت همجواری‌های مناسب کاربری‌های سازگار در ناحیه مطالعه موردی است.

با توجه به عدم استخراج برخی قواعد توسط قواعد انجمنی، به‌عنوان مثال عدم استخراج قواعد مربوط به کاربری‌های درمانی در فاصله۳۰۰ متری کاربری مسکونی، مطابق با مدل پیشنهادی، با استفاده از الگوریتم درخت تصمیم نسبت به استخراج قواعد مرتبط با همه‌ی کاربری‌ها به‌صورت جزئی‌تر، اقدام می‌گردد. نمودارهای حاصل از درخت تصمیم، نشان می‌دهد که کدام کاربری‌ها و به چه ترتیب در پیش‌بینی و دسته‌بندی یک کاربری مشخص، براساس وضعیت موجود کاربری‌های مستقر در منطقه مطالعه موردی، تأثیر دارند.

مهم‌ترین هدف از دسته‌بندی، به‌دست آوردن مدلی برای پیش‌بینی می‌باشد. بدین منظور از مجموعه ای به نام داده‌های آموزشی استفاده می‌شود. در این مطالعه ۸۰ درصد داده‌های موجود به‌عنوان داده آموزشی در نظر گرفته شد و برای تمامی کاربری‌ها قواعد درخت تصمیم استخراج می‌گردد. به‌عنوان نمونه نگاره۸ نتایج حاصل از اجرای الگوریتم C5 درخت تصمیم، برای کاربری فضای تفریحی

جدول۲: نمونه‌ای از استانداردهای مربوط به اولویت همجواری کاربری‌ها

کاربری	همجواری‌های مناسب	محدودیت‌ها
مسکونی	کاربری‌های تفریحی، پارک، بهداشتی، درمانی، آموزشی و تجاری در سطح عملکرد محله	همجواری صنعتی با مسکونی با اصل سازگاری مغایرت دارد
کودکستان	کاربری مسکونی، فرهنگی، پارک عمومی	حداقل فاصله از کارگاه‌های صنعتی مزاحم۵۰۰ متر
دبستان	کاربری مسکونی، فرهنگی، پارک عمومی	حداقل فاصله از کارگاه‌های صنعتی مزاحم۵۰۰ متر
راهنمایی	زمین ورزشی، کاربری فرهنگی، پارک عمومی	حداقل فاصله از کارگاه‌های صنعتی مزاحم۵۰۰ متر
دبیرستان	زمین ورزشی، پارک عمومی، دسترسی به معابر اصلی و مسیر اتوبوسرانی شهری	حداقل فاصله از کارگاه‌های صنعتی مزاحم۵۰۰ متر

(پورمحمدی، ۱۳۹۶)

نگاره۸: درخت حاصل برای کاربری فضای باز و تفریحی

را برای کاربری‌های مستقر در منطقه مطالعه موردی، به‌صورت گرافیکی نشان می‌دهد.

هر مسیر ایجاد شده از ریشه به یک برگ معادل یک قاعده است که بعضی از قواعد، از دیگر قواعد قوی‌تر می‌باشند. در بعضی اوقات بریدن شاخه‌های ضعیف‌تر درخت، باعث بهبود قدرت پیش‌بینی می‌شود. در نگاره۸ شاخه‌های ضعیف‌تر شاخه‌های هستند که تعداد کمتری از فضاهای تفریحی در آن قرار گرفته است.

به‌عنوان نمونه، دانش استخراج شده از درخت ارائه شده در نگاره۸، عبارت است از وابستگی بین کاربری فضای باز و تفریحی و کاربری‌های پارکینگ حمل و نقل و مدرسه راهنمایی با احتمال تقریباً ۳۰ درصد در منطقه مطالعه موردی است. این دانش نشان می‌دهد که این سه کاربری در طول زمان و در ۳۰ درصد موارد در همسایگی یکدیگر مستقر شده‌اند. هر چه این احتمال بزرگ‌تر باشد، نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر کاربری‌ها نسبت به همدیگر می‌باشد.

به‌منظور اعتبارسنجی نتایج و اندازه‌گیری اثربخشی یک درخت تصمیم، از داده‌های آزمون شامل ۲۰٪ داده‌های کل استفاده شد که با داده‌های اولیه‌ی ایجاد کننده درخت، متفاوت هستند.

معیار مورد استفاده سنجش "درصد داده‌هایی است که درست دسته‌بندی شده و دسته پیش‌بینی شده با دسته واقعی آن‌ها یکسان است". کیفیت شاخه‌های ایجاد شده نیز باید در نظر گرفته شوند. جدول ۳ ماتریس حاصل از داده‌های آزمون را نشان می‌دهد.

جدول۳: ماتریس حاصل از داده‌های آزمون

درست دسته‌بندی شده‌اند	۲۰۸ (٪۹۸/۱۱)
غلط دسته‌بندی شده‌اند	٤ (٪۱/۸۹)
تعداد کل	۲۱۲ (٪۱۰۰)

۵- نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با هدف داده‌کاوی وضعیت موجود استقرار کاربری‌های شهری به منظور استخراج قواعد همسایگی و مجاورت کاربری‌های مختلف یا به‌عبارت دیگر کاوش الگوهای هم مکان کاربری‌های شهری ارائه شد. در این مقاله ابتدا با استفاده از تحلیل‌های مکانی، قواعد قوی موجود بین کاربری‌ها با روش قواعد انجمنی استخراج و سپس انطباق این قواعد با استانداردهای مرسوم در خصوص همجواری کاربری‌ها، بررسی گردید. از جمله نتایج این ارزیابی در ناحیه مورد مطالعه، عبارت از استقرار مناسب کاربری‌های آموزشی سطح محله و ناحیه در منطقه مطالعه موردی و انطباق بالای آن با استانداردهای مرسوم است. علاوه‌بر قواعد مرتبط با همسایگی کاربری‌ها، قواعد مرتبط با استقرار کاربری‌های سازگار در مجاورت یکدیگر نیز مورد داده‌کاوی قرار گرفت.

از جمله نتایج به‌دست آمده در ناحیه‌ی مورد مطالعه، رعایت همجواری‌های مناسب برای اکثر کاربری‌های سازگار با کاربری مسکونی در ناحیه مذکور است. در مرحله بعد و با هدف استخراج قواعد بیشتر، با ایجاد درخت تصمیم برای هر کاربری، قواعد موجود برای کاربری‌های مختلف،

استخراج و کاربری‌های مؤثر نسبت به هم، مشخص شد. به‌عنوان نمونه، سه کاربری تفریحی، پارکینگ و مدرسه راهنمایی با احتمال ۳۰ ٪ در مجاورت یکدیگر در منطقه مطالعه موردی، استقرار یافته‌اند.

با استفاده از مدل پیشنهادی این مقاله، می توان به‌صورت جزئی نسبت به استخراج قواعد استقرار کاربری‌های مختلف در همسایگی و مجاورت یکدیگر در شرایط وضع موجود کاربری‌ها اقدام نمود و میزان تطابق آن با استانداردهای مرسوم و ملاک عمل در برنامه‌ریزی کاربری‌های شهری را ارزیابی نمود.این مطالعه در یک ناحیه از شهر تهران اجرا شد و مسلماً در نظر گرفتن نواحی بیشتر و افزایش حجم داده در فرآیند داده‌کاوی، می‌تواند منجر به بهبود دقت مدل، استخراج قواعد پایدارتر و عمومی‌تر، شود. همچنین استخراج قواعد، متأثر از فاصله‌ی همسایگی تعریف شده در مدل است، این موضوع و استخراج فاصله مناسب براساس شرایط محلی، می‌تواند در تحقیقات آتی در قالب اجرای مدل‌های دیگر داده‌کاوی، مورد توجه قرار گیرد.

علاوه‌بر این در دنیای واقعی، کاربری‌ها تحت تأثیر بسیاری از متغییرهای دیگر از جمله متغییرهای اجتماعی و محیطی می‌باشند از جمله جمعیت و مطلوبیت مکان برای استقرار کاربری‌های مختلف. در این مقاله همبستگی این متعییرها نسبت به هم و نسبت به کاربری‌ها بررسی نگردید. این موضوع می‌تواند به‌عنوان توسعه مدل پیشنهادی این مقاله رد آینده مورد توجه قرار گیرد.

٦- منابع و مآخذ

۱- امیدی‌پور، نیسانی سامانی، تومانیان، فرجی سبکبار؛ مرتضی، نجمه، آرا، حسنعلی. توسعه یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی (SDSS) با رویکردی آمایشی در تحلیل تناسب اراضی. برنامه‌ریزی و آمایش فضا. ۱۳۹۷; ۲۲ (۲): ۲۲-۱

۲- پورمحمدی، محمدرضا، ۱۳۹٦، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، ١٦٦.

۳- تیمورپور، علیزاده، غضنفری؛ بابک، سمیه، مهدی، ۱۳۹۵، داده‌کاوی و کشف دانش، دانشگاه علم و صنعت ایران، چاپ پنجم، ٤٠٣.

٤- حبیبی، مسائلی؛ سیدمحسن، صدیقه، ۱۳۷۸، سرانه کاربری‌های شهری، سازمان ملی زمین و مسکن.

۵- حسین‌زاده، استعلاجی، دانیالی؛ نعمت، علیرضا، تهمینه. طراحی مدلی مکان محور برای ارزیابی مکانی- فضایی کاربری اراضی شهری با رویکرد مدیریت بحران - مورد پژوهش: منطقه ۱۹ شهرداری تهران. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی « سپهر», ۱۳۹۹; ۲۹(۱۱۵): ۱۳۹-۱۵۹.

٦- سعیدنیا، احمد، ۱۳۸۳، کتاب سبز راهنمای شهرداری‌ها، جلد دوم: کاربری زمین شهری، سازمان شهرداری ها و دهیاری‌های کشور.

۷- سلیمان‌پور، مصباح، هدایتی؛ سیدمسعود، سیدحمید، بهرام، ۱۳۹۷، کاربرد تکنیک داده کاوی درخت تصمیم CART در تعیین مؤثرترین فاکتورهای کیفیت آب آشامیدنی (مطالعه موردی: دشت کازرون استان فارس)، سلامت و محیط زیست، ۱۱(۱)،۱-١٤.

۸- شیعه، اسماعیل، ۱۳۹۷، مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.

۹- محمدنژاد، لشگری، سلیمانی؛ علی، علی‌اصغر، منصور. ارزیابی تحقق‌پذیری کاربری زمین در طرح‌های توسعه شهری (مطالعه موردی: طرح تفصیلی منطقه ۲۲ تهران). پژوهش‌های دانش زمین، ۱۳۹۱; ۳(٤): ۹٤-۱۱۰.

10- Aggarwal S, Sindhu R. 2015. An approach to improve the efficiency of apriori algorithm. PeerJ PrePrints 3: e1159v1

11- Agrawal, R., Imielinski, T., Swami, A.N., “Mining association rules between sets of items in large databases”, In: Proceeding soft he 1993 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data., 1993.

12- Agrawal, R., Srikant, R., “Fast algorithms for mining association rules”, In: Proceedings of 20th International

Iran), 2011 International Conference on Multimedia Technology, 2011, pp. 6644-6647, doi: 10.1109/ICMT.2011.6001730.

23- Wang, F., Application of multidimensional association rule techniques in manufacturing resource planning system, presented at the 7th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), Ministry of Education Tianjin, China, 2010.

24- Yan, J., Xiao, R., Su, F., Wang, T., Bai, J., Jia, F., Du J. & Zhao, S. Mining the association rules between port shoreline and land utilization intensity: a case study in the coastal zone of Kuala Lumpur, Malaysia, Geocarto International, 2020.

25- Yao, X., Chen, L., Peng, L., Chi, T. A co-location pattern-mining algorithm with a density-weighted distance thresholding consideration, Information Sciences, Volume 396,2017, Pages 144-161.

26- Yue, H.; Zhu, X.; Ye, X.; Guo, W. The Local Colocation Patterns of Crime and Land-Use Features in Wuhan, China. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2017, 6, 307. https://doi.org/10.3390/ijgi6100307.

27- Zeng, L., Wang, B., Fan, L., & Wu, J., Analyzing sustainability of Chinese mining cities using an association rule mining approach, Resources Policy, 49(C), 394-404, 2016.

28- Zhou, G.; Li, Q.; Deng, G. Maximal Instance Algorithm for Fast Mining of Spatial Co-Location Patterns. Remote Sens. 2021, 13, 960. https://doi.org/10.3390/rs13050960.

Conference Very Large Databases., 1994.

13- Ding, Z., Liao, X., Su, F., Fu, D., Mining Coastal Land Use Sequential Pattern and Its Land Use Associations Based on Association Rule Mining, Remote Sensing 9:2, 2017.

14- Geissen, Kampichler, López-de Llergo-Juárez & Galindo-Acántara, V., C., J., "A. Superficial and subterranean soil erosion in Tabasco, tropical Mexico: development of a decision tree modeling approach". Geoderma, 139(3-4), 2007.

15- Gharbi, A., de Runz, C., Faiz, S., and Akdag H., An Association Rules Based Approach to Predict Semantic Land Use Evolution in the French City of Saint-Denis, International Journal of Data Warehousing and Mining (IJDWM), IGI Global, vol. 10(2), 2014.

16- Han, J., Kamber, M., Pei, J., "Data Mining: Concepts and Techniques, 3 rd ed". The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems Morgan Kaufmann Publishers, 2011.

17- Kim, J., Kang, Y., Hong, S., Park, S. Extraction of Spatial Rules Using a Decision Tree Method: A Case Study in Urban Growth Modeling. Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems. Lecture Notes in Computer Science, volume 4251. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.

18- Liu, Y., Xie, P., He, O., Zhao, X., Wei, X., & Tan, R., A new method based on association rules mining and geo-filter for mining spatial association knowledge, Chinese Geographical Science, 27, 389–401, 2017.

19- Mamoulis N. (2008) Co-location Patterns, Algorithms. In: Shekhar S., Xiong H. (eds) Encyclopedia of GIS. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-35973-1_152.

20- Mennis, J., and Liu, J., Mining Association Rules in Spatial-Temporal Data: An Analysis of Urban Socioeconomic and Land Cover Change. Trans. GIS 9، 2005.

21- Shekhar, S., Huang, Y. Co-location rules mining: a summary of results, The 7th Int. Symp. on Spatial and Temporal Databases, 12-15 July 2001, 236, 2001.

22- Soltani, S. R., Monavari, S. M. and Mahiny, A. S., Urban land use management, based on GIS and multicriteria assessment (Case study: Tehran Province,