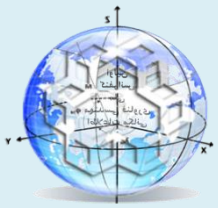
اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016



مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از مدل آتوماتای سلولی (مطالعه موردی شهر تفت)

علیرضا سرسنگی[1*]، سارا گیلوری[2] ، مسعود تاج آبی[3]

۱- مسئول GIS سازمان فاوا، شهرداری یزد
۲- کارشناس ارشد زمین شناسی- زیست محیطی
۳- مدیر عامل سازمان فاوا، شهرداری یزد

چکیده :

واژه‌های کلیدی :

نویسنده مکاتبه کننده : علیرضا سرسنگی
آدرس پستی : یزد- میدان آزادی- شهرداری یزد- سازمان فاوا - واحد GIS
تلفن : ۰۹۱۳۸۴۹۲۱۰۸
آدرس پست الکترونیک : alirezasarsangi@gmail.com

۱- مقدمه

در عصر حاضر جمعیت جهانی و تمایل افراد برای سکونت در شهرها، توسعه فیزیکی سریع شهرهای بزرگ را در پی داشته است. همچنین تحولات فرهنگی اجتماعی و اقتصادی قرن ۱۹ و ۲۰ متأثر از مدرنیسم، گسترش سریع شهرها و پیدایش کلان‌شهرها، شهر- منطقه‌ها را موجب شده و تغییرات بنیادی را در ساختار و سازمان فضایی- کالبدی آن‌ها به وجود آورده و تغییرات کاربری اراضی را به‌صورت غیر هدفمند موجب شده است. نوع کاربری اراضی و پوشش سرزمین را می‌توان نتیجهٔ روابط متقابل عوامل اجتماعی-فرهنگی و توان بالقوه سرزمین دانست. به گفته دیگر، تغییرات کاربری اراضی و پوشش سرزمین را می‌توان آغاز بهره‌برداری‌های پویای انسان از منابع طبیعی برای برطرف کردن نیازهایش دانست [8].

تغییرات کاربری زمین شهری سال‌های زیادی موردمطالعه قرارگرفته است: اما، ظهور تصاویر ماهواره‌ای و تکنیکهای زمین مکانی، بعد جدیدی برای بازبینی و ارزیابی تغییرات پوشش کاربری زمین باز کرده-است. تکنیک‌های سنجش از دور و دسترسی آزاد به منابع داده‌ای تصاویر ماهواره‌ای ارزان و تکرارپذیر، تا حد زیادی پتانسیل بازبینی رشد شهری، پویایی کاربری زمین شهری، آنالیز چشم‌انداز و شهرنشینی را افزایش داده است[7]. همچنین سیستم اطلاعات مکانی (GIS) به‌عنوان دریافت‌کننده داده‌های خروجی سنجش از دور و ابزاری توانمند در جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش و تحلیل داده‌های فضایی، دارای کاربردهای وسیعی در عرصه‌های مختلف برنامه‌ریزی، مدیریت و تصمیم‌گیری است. بر همین اساس لازم است که روش‌ها و مدل‌های مختلف تحلیل، تصمیم و برنامه‌ریزی در ملازمت باقابلیت‌ها و توانایی‌های GIS مورد ملاحظه قرارگرفته و از آن به طرز مطلوبی استفاده شود[6]. تلفیق سیستم اطلاعات مکانی (GIS) و نیز سنجش از دور (RS) و توسعه و پیشرفت این تکنیک‌ها در فراهم آوردن اطلاعات فضایی مناسب، و به‌کارگیری آن‌ها در مدل‌سازی فضایی تغییرات کاربری اراضی، مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی و توسعه شهری را تسهیل کرد ازاین‌رو روش‌های مدل‌سازی فضایی توسعه پیدا کرد.[9] .

مدل‌های فضایی، ابزارهایی مفید برای درک فرآیند توسعه شهری، ابزار کمکی سیاست‌گذاری مدیریت و برنامه‌ریزی شهری و فراهم‌کننده اطلاعات برای ارزیابی تأثیرات شهری بر محیط‌زیست و اکوسیستم هستند [5]. برای رسیدن به حد مطلوب مدیریت و برنامه‌ریزی در آینده، بعد از تحقیق و جستجوی معیارهای تعیین‌کننده محلی و جهانی توسعه شهری، می‌توان به مدل‌سازی توسعه شهری و پیش‌بینی آن در آینده مبادرت ورزید. به همین دلیل مطالعه رشد شهری در سال‌های آینده با انجام مدل‌سازی و پیش‌بینی آن برای طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت شهری دارای اهمیت است.

تحلیل زنجیره مارکوف یک ابزار مناسب برای مدل‌سازی تغییرات کاربری زمین درجایی است که توصیف تغییرات و فرآیندهای سیمای سرزمین مشکل باشد. هر فرآیند مارکوف درجایی استفاده می‌گردد که وضعیت آینده یک سیستم را بتوان به‌صورت کلی بر اساس وضعیت ماقبل آن سیستم مدل‌سازی کرد. تحلیل زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر را بیان کرده و از آن به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. این کار با استفاده از توسعه یک ماتریس احتمال انتقال تغییرات کاربری زمین از زمان ۱ به زمان ۲ انجام می‌گیرد که به‌عنوان پایه‌ای برای نقشه سازی دوره‌های زمانی آینده مورداستفاده قرار خواهد گرفت. ماتریس احتمال انتقال، احتمال انتقال هرکدام از کاربری‌ها به کاربری دیگر را نشان می‌دهد. این ماتریس نتیجه جدول حاصل از تطابق نقشه‌های دو تصویر است که توسط خطای نسبی اصلاح‌شده است. ماتریس مساحت انتقال‌یافته تعداد سلول‌هایی را که برای تغییر از یک نوع پوشش زمین به نوع دیگر در دوره زمانی آینده مورد انتظار هستند، ثبت می‌کند. این ماتریس با ضرب هر ستون از ماتریس احتمال انتقال در تعداد سلول‌های کاربری زمین مربوط به آن در تصویر دوم ایجاد شده

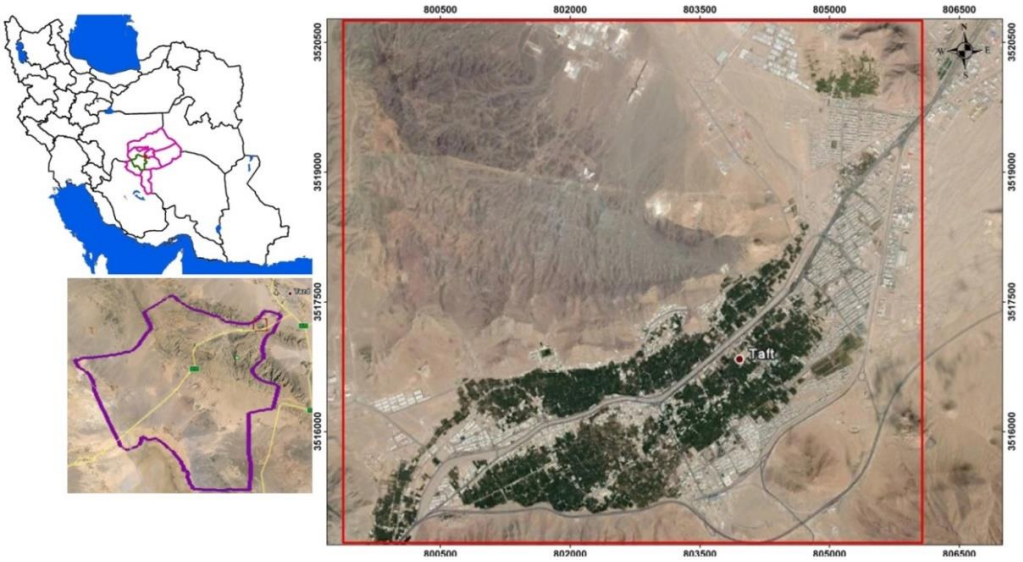
است. در هردوی این فایل‌ها، ردیف نشان‌دهنده پوشش زمین دوره اول و ستون نشان‌دهنده پوشش زمین در دوره دوم است[4]. اگرچه احتمالات انتقال در هر کاربری دارای دقت زیادی است، اما اطلاعاتی از توزیع مکانی مربوط به کاربری‌ها وجود ندارد. بنابراین، مدل تصادفی مارکوف فاقد هرگونه اطلاعات وابستگی مکانی است و در مقابل شبکه خودکار (CA) عاملی است که توانایی تغییر وضعیتش را بر اساس به‌کارگیری قانونی که وضعیت جدید را مطابق با وضعیت قبلی و وضعیت همسایگانش نشان می‌دهد داراست. از فیلتر CA برای توسعه یک فاکتور وزن دهی- مجاورت مکانی برای تغییر وضعیت سلول‌ها بر اساس وضعیت همسایه‌اش استفاده خواهد شد. لذا به وضعیت مکانی اهمیت بیشتری داده می‌شود؛ بنابراین برای مرتفع ساختن مشکلات این دو روش، از روش CA-MARKOV استفاده می‌شود [4].

[1] در مطالعه خود با موضوع سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه در شهر ارومیه پرداختند و طبقه‌بندی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از جداول متعامد صورت گرفته و با استفاده از روش ترکیبی زنجیره‌های مارکوف و سلول‌های خودکار گستردگی شهری برای سال ۱۴۰۰ پیش-بینی شده است. نتایج نشان میدهد طی این دوره ۱۷۱۸۸.۵۶ هکتار از اراضی شهر ارومیه تغییر کاربری داده است؛ که بیش‌ترین تغییر کاربری اراضی در اراضی کشاورزی آبی با کاهش ۷۶۷۲.۴۱ هکتار صورت گرفته است. هم‌چنین بررسی‌ها نشان می‌دهد در سال ۱۴۰۰ در حدود ۲۴۰۸.۵۵ هکتار به اراضی ساخته‌شده اضافه خواهد گردید.

[3] در تحقیقی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غربی تهران را با استفاده از مدل سلولار آتوماتا شبیه‌سازی کرده و کارایی مدل سلول‌های خودکار را مورد ارزیابی قرار داده است. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که مدل CA برای پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییرات کاربری در شرایط منطقه مطالعه قابلیت دارد و ارزیابی و بررسی‌های بیشتر برای بهینه‌سازی این مدل در شرایط مختلف توصیه می‌شود.

۲- منطقه موردمطالعه

شهرستان تفت با وسعت ۵۹۴۸ کیلومترمربع در جنوب غربی استان یزد واقع گردیده است. این شهرستان دارای دو بخش و ده دهستان می‌باشد.تفت شهری نسبتاً بزرگ است که با کوه‌های سنگی در اطراف احاطه‌شده است. ازنظر شرایط اقلیمی و کلیماتولوژی، اقلیم شهر تفت نیمه‌خشک و کوهستانی بوده و دارای چهارفصل مشخص است. آب‌وهوای آن نیمه بیابانی است، که به دلیل قرار گرفتن در دامنه شیرکوه نسبت به یزد، دارای تابستان‌های ملایم‌تر و بارندگی بیشتری است. وسعت شهر تفت که در این پژوهش موردمطالعه قرارگرفته حدود ۴۰۵۲ هکتار می‌باشد. شکل شماره (۱) موقعیت شهر تفت را نشان می‌دهد.



شکل ۱.: موقعیت منطقه موردمطالعه در تقسیمات سیاسی استان و کشور

۳- مواد و روش اجرای پژوهش

در این مطالعه تصاویر ماهواره‌ای لندست متعلق به سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۲، ۲۰۱۴ استفاده‌شده که مشخصات هرکدام از تصاویر استفاده‌شده در جدول (۱) نشان آمده است.

جدول ۱: مشخصات تصاویر مورداستفاده

سنجنده	تاریخ
TM	1990-06-04
ETM^{+}	2002-07-10
OLI	2014-06-17

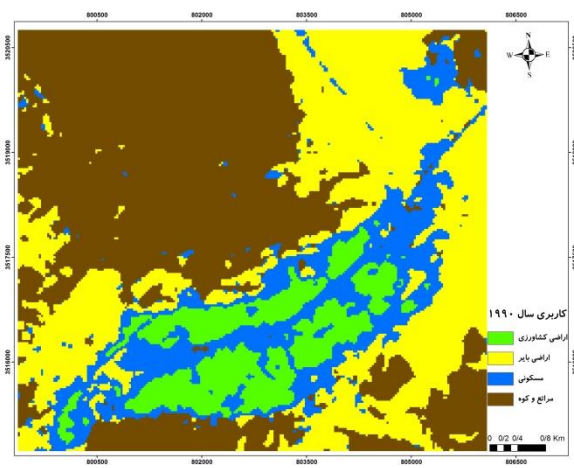
۳-۱- طبقه‌بندی و ارزیابی دقت طبقه‌بندی

در این مطالعه جهت تعیین کاربری اراضی شهر تفت از رروش طبقه‌بندی نظارت‌شده بیشترین شباهت استفاده گردید. در منطقه موردمطالعه برای هرکدام از تصاویر ۴ کلاس کاربری اراضی با توجه به طبقه‌بندی نظارت‌نشده، عملیات میدانی و نقشه‌های پوشش گیاهی در نظر گرفته شد که شامل ۱- اراضی کشاورزی ۲- اراضی مسکونی، ۳- زمین‌های بایر و ۴- مراتع و کوه می‌باشد. به‌منظور حذف پیکسل‌های ناخواسته و قطعات کوچک در تصویر طبقه‌بندی‌شده از فیلتر اکثریت (Majority) استفاده شد که در شکلهای شماره ۲، ۳ و ۴ نشان داده‌شده است، همچنین در جدول شماره (۲) درصد هرکدام از آن‌ها آمده است.

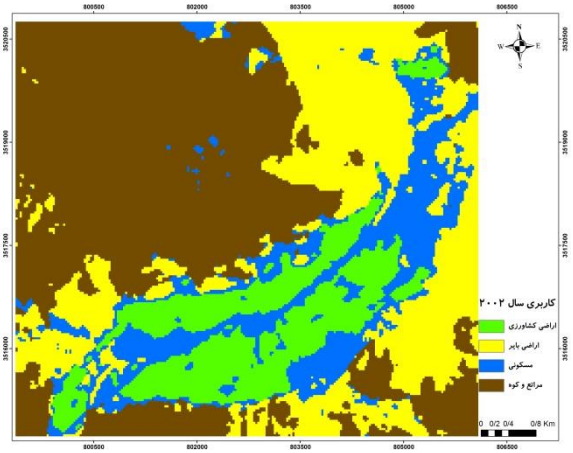
یک روش معمول برای تعیین دقت نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی استفاده از اطلاعات صحرایی، یا مناطق آزمایشی است. مناطق آزمایشی شامل نمونه‌های تصادفی از کلاس‌های موردنظر است که باید بر اساس معیارهای آماری و ازنظر کافی بودن تعداد و مناسب بودن واریانس نمونه‌ها مدنظر قرار گیرد [2]. در این مطالعه برای تعیین صحت نتایج طبقه‌بندی، از برداشت‌های میدانی و تصاویر گوگل نیز استفاده شد و با استفاده از ماتریس خطا (Error Matrix) که با توجه به نقشه خروجی و واقعیت زمینی محاسبه می‌شود میزان دقت هرکدام از نقشه‌های خروجی محاسبه گردید که بر اساس آن ضریب کاپا برای نقشه کاربری اراضی برای سال ۱۹۹۰ حدود ۰.۹۳ و برای سال ۲۰۰۲ حدود ۰.۸۹ و برای سال ۲۰۱۴ حدود ۰.۸۷ به دست آمد.

جدول شماره ۲: درصد هرکدام از کاربری‌ها در سال‌های مختلف

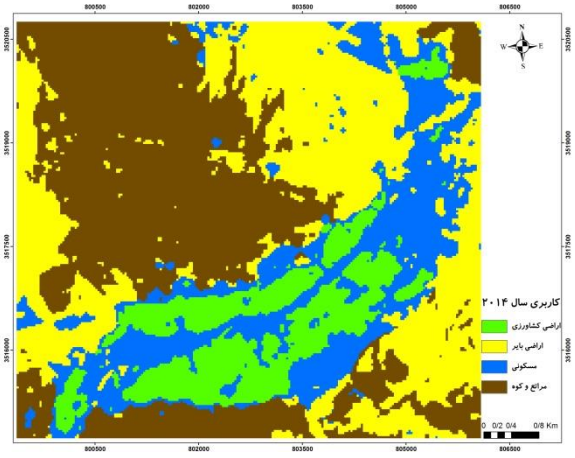
ردیف	نوع کاربری	درصد (۱۹۹۰)	درصد (۲۰۰۲)	درصد (۲۰۱۴)
1	اراضی کشاورزی	9/6	13/4	12/3
2	مسکونی	13/1	14/4	18/5
3	اراضی بایر	31/4	27/1	31/7
4	مرتع و کوه	44/0	45/2	37/5



شکل ۲: نقشه کاربری اراضی سال ۱۹۹۰



شکل ۳: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۲

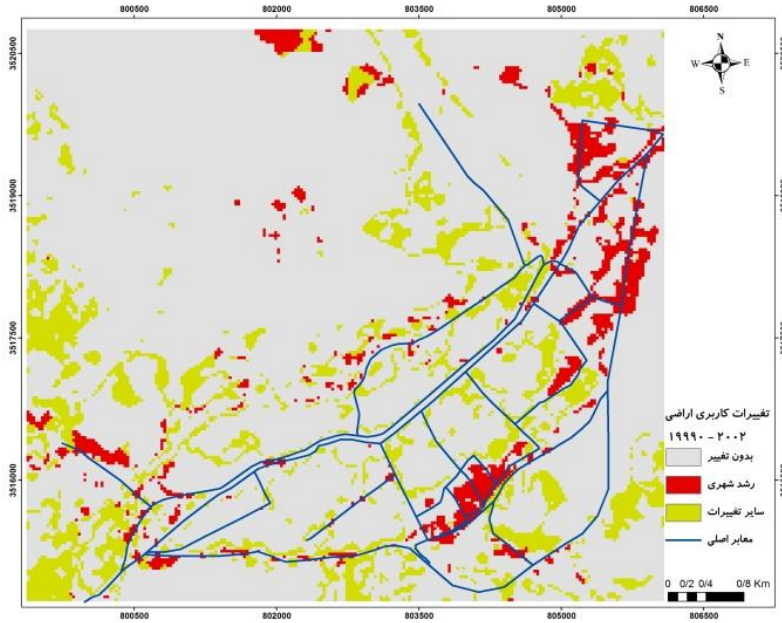


شکل ۴: نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۴

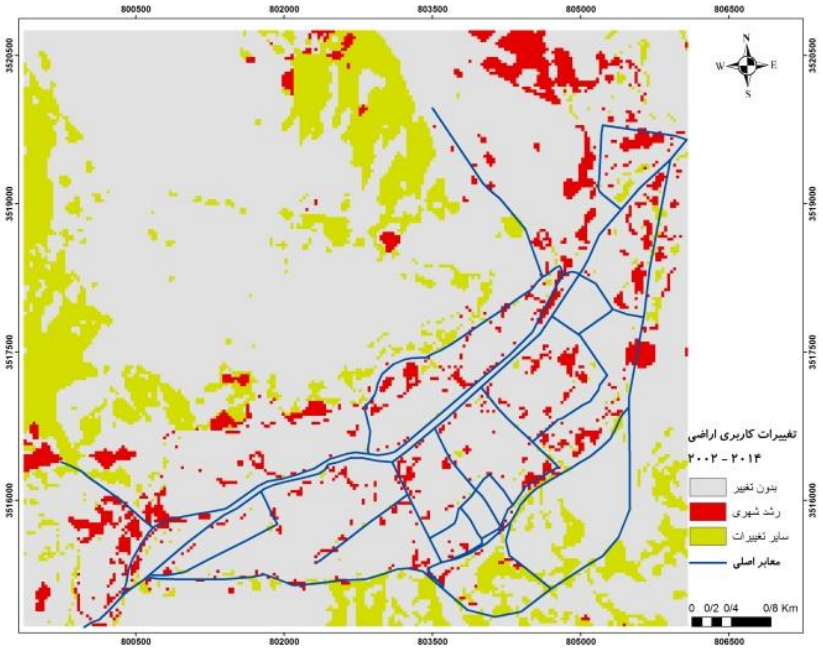
۳-۲- آشکارسازی تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۰ الی ۲۰۱۴

آشکارسازی تغییرات فرآیندی است که طی آن با استفاده از نرم‌افزارهای مختلف تغییرات رخداده در یک منطقه خاص را در طول زمان محاسبه می‌کند. در این مطالعه با ابزار crosstab اقدام به بررسی تغییرات کاربری گردید و میزان

تغییرات رخ‌داده در شهر تفت بین سال‌های ۱۹۹۰ الی ۲۰۰۲ و ۲۰۰۲ الی ۲۰۱۴ استخراج گردید که در اشـکال (۵) و (۶) نشان داده‌شده است.



شکل ۵: تغییرات کاربری رخ داده بین سال ۱۹۹۰-۲۰۰۲

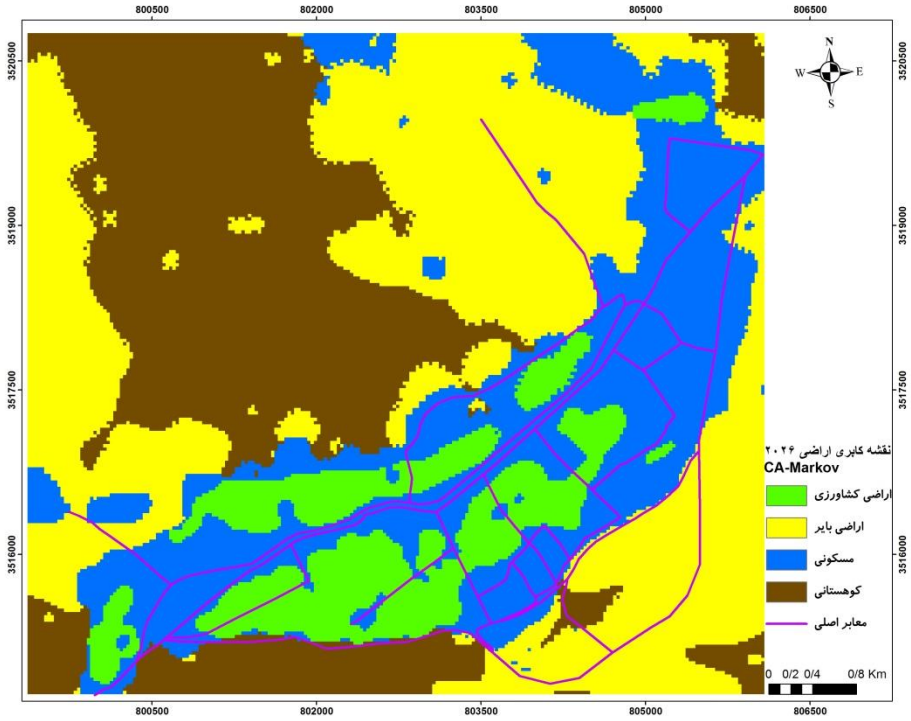


شکل ۶: تغییرات کاربری رخ داده بین سال ۲۰۰۲-۲۰۱۴

۳-۳- مدل‌سازی توسعه شهر تفت با استفاده از مدل اتوماتای سلولی (CA-Markov)

در اجرای مدل آتوماتای سلولی به‌منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های آینده در ابتدا برای محاسبه میزان دقت این مدل در پیش‌بینی توسعه شهر تفت نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۱۴ توسط مدل پیس بینی شد. برای مدل‌سازی توسعه شهر تفت ترکیبی از دو مدل مارکف و CA استفاده شد. مدل تحلیل زنجیره مارکف پیش‌بینی‌هایی که انجام می‌دهد فاقد اطلاعات مکانی بوده و از سوی دیگر شبکه خودکار توانایی تغییر وضعیتش را بر اساس به‌کارگیری قانونی که وضعیت جدید را مطابق با وضعیت قبلی و وضعیت همسایگانش نشان می‌دهد داراست؛ بنابراین، به وضعیت جغرافیایی اهمیت بیشتری می‌دهد. مدل CA-Markov با ادغام این دو روش مشکلات آن‌ها را مرتفع می‌سازد. جهت پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی سال ۲۰۱۴ با استفاده مدل اتوماتای سلولی، از جدول مساحت انتقال‌یافته و تصاویر احتمال شرطی استفاده می‌شود. بر اساس بررسی نقشه پیش‌بینی و نقشه کاربری اراضی منطقه دقت مدل ۸۱ درصد برآورد گردید که این دقت جهت بررسی توسعه شهر تفت در سال ۲۰۲۶ مناسب ارزیابی گردید.

با استفاده از اطلاعات کاربری اراضی سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۴ اقدام به‌پیش بینی توسعه شهر تفت برای سال ۲۰۲۶ گردید که در شکل شماره (۷) نقشه پیش‌بینی‌شده و در جدول شماره (۳) درصد مربوط به هر کاربری نشان داده‌شده است.



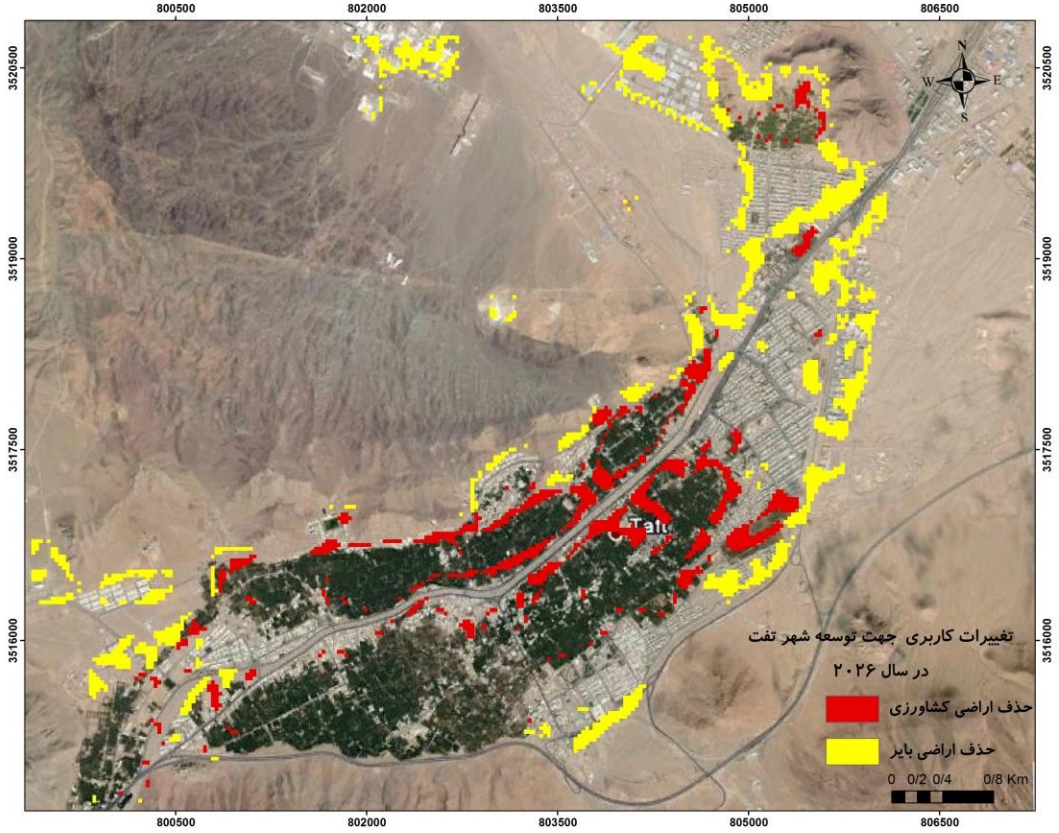
شکل ۷: نقشه تولید شده توسط مدل آتوماتای سلولی برای سال ۲۰۲۶

جدول شماره ۳: درصد هرکدام از کاربری‌ها توسط مدل پیش بینی شده

ردیف	نوع کاربری	درصد (۲۰۲۶)
1	اراضی کشاورزی	10/1
2	مسکونی	24/2
3	اراضی بایر	35/8
4	مرتع و کوه	30/0

۳- ۳- آشکارسازی تغییرات بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۶

با ابزار crosstab اقدام به بررسی تغییرات کاربری بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۶ گردید و میزان تغییرات رخداده در شهر تفت بین سال‌های ۲۰۱۴ الی ۲۰۲۶ استخراج گردید که در شکل شماره (۸) نشان داده‌شده است.



شکل ۸: روال توسعه شهر تفت برای سال ۲۰۲۶ و حذف اراضی کشاورزی و بایر جهت توسعه شهر

۴- نتایج و پیشنهادها

با توجه به جدول شماره ۱ مشخص می‌شود که در بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۲ در شهر تفت افزایش مساحت اراضی کشاورزی رخداده که در سال‌های بعد این روال تغییریافته و به کاهش اراضی باغات و کشاورزی شهر تفت منجر شده است.

روال توسعه شهر تفت در بازه زمانی سال ۱۹۹۰-۲۰۰۲ نسبت به بازه زمانی ۲۰۰۲-۲۰۱۴ سرعت کمتری داشته و سرعت توسعه شهر تفت بعد از سال ۲۰۰۲ روال افزایشی قابل‌ملاحظه‌ای پیداکرده است.

بر اساس نقشه‌های پیش‌بینی توسعه شهر تفت در سال ۲۰۲۶ مشخص می‌شود که اراضی کشاورزی کاهش ۲ درصدی خواهد داشت و اراضی مسکونی حدود ۶ درصد توسعه خواهد داشت.

با توجه به شکل شماره ۸ مشخص می‌شود که بیشترین میزان توسعه شهر تفت در سال ۲۰۲۶ بابت حذف مناطق کشاورزی و بایر و تغییر وضعیت آن‌ها به مسکونی است که در این شکل رنگ قرمز نشان‌دهنده حذف اراضی کشاورزی و رنگ زرد نشان‌دهنده حذف اراضی بایر است. با توجه به نقشه تولید شده توسط مدل اتوماتای سلولی مشخص میشود که در سال ۲۰۲۶ مساحت محدوده مسکونی شهر تفت به بیش از ۲۴ درصد خواهد رسد که نسبت به سال ۱۹۹۰ حدود ۲ برابر رشد شهری مشاهده میشود.

پیش بینی توسعه شهر ی با استفاده از این مدل ضمن داشتن دقت بالا در زمان کوتاهی قادر به محاسبه تغییرات رخ داده و پیش بینی کاربری اراضی برای سالهای آینده میباشد.

پیشنهاد میشود با توجه به کاهش مساحت اراضی کشاورزی و باغات شهر تفت و جلوگیری از بین رفتن باغات مدیران شهری، بر اساس نقشه های کاربری حال حاضر و نقشه های پیش بینی شده اقدام به اجرای طرحهای مناسب با رویکرد حفظ باغات نمایند.

مراجع

[۱] روستایی، شهریور. احدنژاد روشتی، محسن، فرخی صومعه مینا. (۱۳۹۳). سنجش فضایی گستردگی شهری با تأکید بر تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه (مطالعه موردی: ارومیه). نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی. مقاله ۱۰، دوره ۱۸، شماره ۵۰، صفحه ۱۸۹-۲۰۶.

[۲] علوی پناه، ک.، متین‌فر، ح.، رفیعی امام، ع. ۱۳۸۷. کاربرد فناوری اطلاعات در علوم زمین. انتشارات دانشگاه تهران، ص ۴۵۷.

[۳] علی محمدی سراب، ع.، متکان، ع.ا.، میرباقری، ب. ۱۳۸۹. ارزیابی کارایی مدل سلول های خودکار در شبیه سازی گسترش اراضی شهری در حومه جنوب غرب تهران. برنامه ریزی و آمایش سرزمین، سال چهاردهم، شماره ۲، صفحه ۱۰۲-۸۱.

[۴] کامیاب، ح.، سلمان ماهینی، ع.، حسینی، س.ح.، غلامعلی فرد، م. ۱۳۹۰. کاربرد شبکه عصبی در مدل سازی توسعه شهری (مطالعه موردی: شهر گرگان). مجله پژوهش های جغرافیایی انسانی، شماره ۷۶، صفحه ۱۱۳-۹۹.

[۵] لیو، یان. (۱۳۹۱). مدل‌سازی توسعه شهری با استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (*GIS*) و سلول‌های خودکار. ترجمه جباری، محمدکاظم.، احمدی، سیمین.، ناشر آذر کلک، ص ۲۰۰.

[۶] مالچفسکی، ی. ۱۹۹۹، سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری. ترجمه پرهیزگار، ا. و غفاری گیلانده، ع.۱۳۸۵، انتشارات سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاهها (سمت).

[7] Mussie, G. T., Cabral, P., 2011. Urban Sprawl Analysis and Modeling in Asmara, Eritrea, Remote Sensing, 3: 2148-2165.

[8] Oñate-Valdivieso, F., Sendra J. B., 2010. Application of GIS and remote sensing techniques in generation of land use scenarios for hydrological modeling. Journal of Hydrology, 395: 256–263.

[9] Takayama, M., Couclelis, H., 1997. Map Dynamic Integrating Cellular Automata and GIS through Geo Algebra. International Journal of Geographical Information Science.11 (1): 73-91.