آمایش سرزمین
دورهٔ ششم، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۳۹۳
صفحات ۲۸۲– ۲۵۹
ISSN: 2008-7047
http://jtcp.ut.ac.ir

مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر به سطوح ساخته‌شده با به‌کارگیری مدل کلو– اس (CLUE-S) (مورد مطالعه: منطقهٔ چهارده شهر اصفهان)

پویان شهابیان[۱*]، حسین طرهانی[۲]، نازنین کوهی حبیبی[۲]

۱. استادیار گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکزی، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه هنر تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۵)

چکیده

گسترش بی‌رویهٔ شهرها از مهم‌ترین مسائل برای مدیران و برنامه‌ریزان شهرها در سطوح گوناگون است. از آن‌جا که امروزه بررسی روند تغییرات کاربری اراضی به کاربری شهری نقشی اساسی را در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌های بلندمدت بازی می‌کند، پیش‌بینی روند تغییرات کاربری اراضی و مدل‌سازی آن با روش‌های دقیق جهت مدیریت و کنترل گسترش شهری بیش از پیش ضرورت می‌یابد. در این میان یکی از روش‌های مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی، مدل کلو– اس است. این مدل به دلیل ماهیت پویا، قابلیت تلفیق با ابزارهای دیگر، امکان اصلاح مدل و دردسترس‌بودن داده‌های مورد نیاز، اخیراً در مطالعات شهری به‌کار گرفته شده است. هدف از این مقاله در وهلهٔ اول، تبیین میزان و نحوهٔ تبدیل کاربری‌های زراعی و بایر موجود در منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان به سطوح ساخته‌شده، و در وهلهٔ بعدی مدل‌سازی الگوی آتی این تغییرات تا افق ۱۴۰۵ با به‌کارگیری مدل کلو– اس است. مقالهٔ حاضر از نظر نوع، کاربردی است و مبانی نظری آن به شیوهٔ اسنادی گردآوری شده است. جهت تحلیل موضوع روش‌های کمّی و مقایسه‌ای به‌کار گرفته شده است. ابتدا عوامل تأثیرگذار در تغییرات کاربری اراضی تدوین شده است. سپس، به منظور تبیین روابط بین متغیر کاربری اراضی و عوامل مستقل مؤثر بر آن، روش تحلیلی، علّی رگرسیون لجستیک در محیط نرم‌افزار SPSS اجرا شده است. نتایج نشان می‌دهد وقوع تغییرات کاربری در مکان‌هایی با بالاترین درجهٔ مطلوبیت مکانی برای نوع خاصی از کاربری اراضی است که وضعیت آتی آن‌ها در قالب ۲ سناریوی تغییرات کم و زیاد بیان شده است.

پرتال جامع علوم انسانی

کلیدواژگان

تغییرات کاربری اراضی، مدل‌سازی شهری، مدل کلو– اس، منطقهٔ چهارده شهر اصفهان.

---

* نویسندهٔ مسئول، رایانامه: shahabian@iauctb.ac.ir

مقدمه

گسترش سریع شهرها، باعث پیدایش مسائل و معضلاتی در تعیین محل استقرار عناصر کالبدی- فضایی شهرها شده است. توسعهٔ شهری در دهه‌های قبل چنان بوده است که به عدم تعادل در چگونگی به‌کارگیری اراضی شهری منجر شده است و تبدیل کاربری‌های بکر اولیه (زراعی) به کاربری‌های شهری را در پی داشته است. از سوی دیگر، شهرها ترکیبی پیچیده از عناصر اجتماعی، اقتصادی و مکانی‌اند که این عناصر، آثار گوناگونی بر فرآیند رشد شهری دارد و ارتباط متقابل این عناصر، بسیار پیچیده است. این پیچیدگی‌ها به‌کارگیری روش‌های مرسوم و قدیمیِ مدل‌سازی را با مشکل مواجه می‌کند، زیرا آن‌ها ایستا، پیوسته و بر اساس نظریه، سیستم‌های بالابه‌پایین هستند (Cheng, 2003, p.32). بنابراین، به منظور مدل‌سازی سیستم‌های شهری باید روش‌هایی جدید به‌کار گرفت که پویا، گسسته و پایین‌به‌بالا باشند. به همین جهت، اتخاذ تصمیمی مناسب جهت کنترل سیستم پیچیده و پویای شهر، بازنمایی، و امکان پیش‌بینی حالت‌های آتی آن در آینده، مستلزم به‌کارگیری مدل‌ها و روش‌های پیچیده و مبتنی بر کامپیوتر است. هم‌چنین، علی‌رغم توجه به موضوع مدل‌سازی کاربری اراضی شهری در کشورهای توسعه‌یافته، مطالعات محدودی در کشور ما انجام گرفته است که اهمیت و ضرورت مدل‌سازی و کاربرد آن در شهرسازی را مشخص می‌کند.

بیان مسئله

امروزه شهرها با رشدی شتابان در حال گسترش و توسعه‌اند (احدنژاد روشتی و حسینی، ۱۳۹۰، ص۱). گسترش شهری به شکل‌گیری اشکالی پیچیده از موجودیت فضایی شهرها منجر شده است (ذاکر حقیقی و همکاران، ۱۳۸۹، ص۱۰۶). این گسترش به دلیل افزایش جمعیت، مهاجرت‌های برون و درون‌شهری و عدم تأمین مسکن مورد نیاز اقشار مختلف، غالباً در اراضی پیرامونی شهرها رخ داده است، به طوری که موجب تخریب اراضی کشاورزی، صدمات زیست‌محیطی، و رشد ناموزون و پراکندهٔ شهر شده است. (قائد رحمتی و حیدری‌نژاد، ۱۳۸۸، ص۲۸). با تداوم روند

مهاجرت جمعیت روستایی به شهرها و افزایش جمعیت شهری، امروزه شهرها با مشکلات زیادی از جمله گسترش فضایی شهرها، کمبود خدمات و زیربناهای شهری و آلودگی زیست‌محیطی مواجهند که موارد یادشده با زمین و کاربری اراضی ارتباطی مستقیم دارد. در مقیاس شهری، انسان موضوع اصلی در تغییرات گستردهٔ کاربری اراضی در حواشی شهری است. در غالب اوقات، نقش وی در تغییرات ساختارهای طبیعی و زراعی موضوعیت دارد که این تغییرات به نفع کاربری‌های انتفاعی و به ضرر کاربری‌های زراعی است و کاهش قابل توجه اراضی کشاورزی اطراف شهرها را در پی داشته است (بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰، ص۹۵). منطقهٔ چهاردهِ شهر اصفهان، واقع در شمال شهر نیز از این قاعده مستثنا نیست و تغییرات گسترده و برنامه‌ریزی‌نشده است که با تغییرات کاربری، هرساله از سطح زمین‌های کشاورزی کاسته و به کاربری‌های شهری دیگر اضافه می‌شود. در این میان، آنچه اهمیت دارد و لازمهٔ برنامه‌ریزی شهری موفق است، کنترل این تغییرات است که از توسعه‌های پراکندهٔ شهری جلوگیری کند و رشد، توسعه و هدایت شهر را در دست گیرد. امروزه از جمله ابزارهای شناخت و کنترل تغییرات کاربری، مدل‌های شبیه‌سازی برنامه‌ریزی است. این تحقیق با هدف تبیین کم و کیف کاهش اراضی زراعی و بایر، و افزایش کابری‌های ساخته‌شده در طی افق طرح با توجه به روندهای گذشته انجام می‌گیرد.

مبانی نظری

پیشینهٔ پژوهش

در جهان مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ موضوع مدل‌سازی الگوهای آتی کاربری اراضی انجام گرفته است. قلب تپندهٔ این مطالعات کشور هلند است، جایی که مناطق مختلف جهان در سطوح قاره‌ای (اروپا)، کشوری (هلند و جز آن)، منطقه‌ای (سلانگور مالزی و جز آن) و شهری (ووهان چین و جز آن) در قالب طرح‌های تحقیقاتی یا پایان‌نامه‌ها و رساله‌های دانشجویی به راهنمایی متخصصان در آنجا انجام گرفته است. مؤسسهٔ آی تی سی و دانشگاه واگن اینگن این کشور مجموعهٔ ارزشمندی از متخصصان مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی را جمع کرده است که از زبده‌ترین این افراد می‌توان به وربورگ، چنگ، و بوئربوم اشاره کرد که هر یک مطالعات متعدی را

در مناطق مختلف جهان انجام داده‌اند، یا راهنمایی کرده‌اند (اصغری زمانی و همکاران، ۱۳۸۹، ص ۴۱-۴۰).

مدل کلو- اس برای اولین بار در ایران در رسالهٔ دکتری بابایی اقدم (۱۳۸۶) با عنوان «تحلیل الگوهای فضایی حواشی شهر تبریز» به‌کار گرفته شده است، در این تحقیق، کاربری‌های شهری در چهار قالب کاربری عمدهٔ زراعی، عمومی، مسکونی و صنعتی مطالعه می‌شود و با به‌کارگیری مدل کلو- اس و مدل رگرسیون لجستیک، فرآیندهای تغییرات کاربری اراضی در منطقهٔ مورد مطالعه شبیه‌سازی می‌شود. همچنین، طرح پژوهشی با عنوان مدلسازی الگوی کاربری اراضی شهر سرعین در افق ۱۴۰۰ (۱۳۸۷) توسط ایشان انجام گرفته است.

فیضی‌زاده و حاجی میررحیمی (۱۳۸۷)، در تحقیقی با عنوان «آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا (مطالعهٔ موردی: شهرک اندیشه)»، تغییرات کاربری اراضی شهرک اندیشه را در یک دورهٔ زمانی ۱۶ ساله ارزیابی کردند و پس از انجام‌دادن اقدامات مورد نیاز در مرحلهٔ پیش‌پردازش، با طبقه‌بندی شیءگرای تصاویر در محیط نرم‌افزار E Cognation نقشهٔ آشکارسازی تغییرات تهیه‌شده و نتایج نهایی بیان شده است.

احدنژاد (۱۳۷۹) با به‌کارگیری تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی GIS کاربری‌های اراضی شهرستان مراغه را استخراج کرده و تغییرات کاربری اراضی محدوده‌های کشاورزی و باغات اطراف شهر را بر اثر رد شهری مدل‌سازی کرده است.

فیضی‌زاده (۱۳۸۸) در تحقیقی با عنوان «کاربرد GIS و تصاویر ماهواره‌ای ETM+ لندست در استخراج کاربری اراضی»، کاربری اراضی شهر ملکان را استخراج کردند. در این تحقیق تصاویر ماهواره‌ای ETM+ لندست ۷ به‌کار گرفته شد و پس از اعمال مراحل پیش‌پردازش، پردازش و پس‌پردازش بر روی تصاویر، و انتخاب کلاس‌های کاربری اراضی، نمونه‌های آموزشی مورد نیاز از طریق عملیات میدانی با به‌کارگیری سیستم تعیین موقعیت جهانی (GPS) جمع‌آوری شده است. برای طبقه‌بندی نظارت‌شده، الگوریتم حداکثر احتمال به‌کار گرفته شد، سپس، دقت نقشهٔ کاربری اراضی استخراج و محاسبه شد.

عوامل مؤثر در توسعه و گسترش شهری

مرور متون نظری مرتبط با موضوع پژوهش نشان می‌دهد در مجموع، عوامل فاصله از شبکهٔ معابر، فاصله از مراکز شهری، تراکم جمعیتی، منابع آب، مسکن اجتماعی (Almedia et al., 2005, p.764)، فاصله از خطوط راه آهن، فاصله از فرودگاه، شیب، ارتفاع، منطقه‌بندی (He et al., 2008, p.85)، زمین‌های در معرض خطر، نوع خاک و ارزش زمین‌های کشاورزی (Deadman et al., 1993, p.53)، عوامل محیطی و مناسبت شهری (Liu et al., 2008, p.174)؛ عوامل تأثیرگذار در توسعه و گسترش شهری محسوب می‌شوند. همچنین، به گفتهٔ سانت و همکاران (۲۰۱۰) اغلب مطالعات انجام‌گرفته در این زمینه عواملی مانند دسترسی و فاصله از معابر (۸۱ درصد مطالعات)، فاصله از مراکز شهری (۵۰ درصد مطالعات) و پس از آن، شیب و دسترسی به خطوط آهن را به عنوان عوامل اثرگذار در گسترش شهری در نظر گرفته‌اند (Sante et al., 2010, p.117). با توجه به عوامل مطرح‌شده در این تحقیقات، و تطابق آن‌ها با محدودهٔ مورد مطالعه از طریق عکس‌های هوایی در دوره‌های زمانی مختلف، عوامل فاصله از مراکز مسکونی و شبکهٔ معابر و بزرگراه‌ها به عنوان منابع اثرگذار بر گسترش شهری، که از مبانی نظری استخراج شده است، در این پژوهش در نظر گرفته شده است. پس از آن، عواملی که به‌طور خاص بر تغییرات کاربری اراضیِ محدودهٔ مورد مطالعه اثرگذار بوده‌اند به روش مشابه تدوین شده است. این عوامل شامل فاصله از کاربری آموزشی، درمانی و تأسیسات و تجهیزات شهری می‌شود.

مدل کلو- اس

مدل تغییر کاربری زمین و آثار آن، ابزاری برای درک بهتر فرایندهای تغییر معین در الگوی فضایی کاربرد زمین و اکتشاف تغییرات در آیندهٔ ممکن در کاربردهای زمین، در مقیاس منطقه‌ای است. چارچوب مدل‌سازی CLUE- s در دانشگاه واگنینگن توسعه یافت و اولین بار در ۱۹۹۶ چاپ شد. روش‌شناسی آن تحلیل‌های روشن فضایی، روابط بین کاربرد زمین و عوامل آن را به فن شبیه‌سازی پویایی که در جست‌وجوی تغییرات در کاربرد زمین تحت شرایط سناریو است، اتصال می‌دهد.

چارچوب مدل‌سازی بر پایهٔ شبیه‌سازی پویای الگوهای فضایی تغییر کاربری زمین، در واکنش به

تغییرات ازپیش‌تعریف‌شده در تقاضا برای زمین، از سوی بخش‌های مختلف است. شکل ۱، طرح عملکردی چارچوب مدل‌سازی را نشان می‌دهد. در هر گام زمانی، مدل برای هر مکان ارجح‌ترین کاربری زمین را بر اساس ترکیب مناسبت مکان و مزیت رقابتی گونه‌های متفاوت کاربرد زمین که عملکرد نیازمندی‌های زمین تلقی می‌شود، تعیین می‌کند. البته اگر ارجح‌ترین گونهٔ کاربری زمین نیاز به تغییر کاربری داشته باشد و اگر غیرواقعی است، یا به علت خط‌مشی‌های فضایی و محدودیت‌های دیگر مجوز تغییر را ندارد، گونهٔ ارجح بعدی در کاربری زمین انتخاب خواهد شد.

بعد از تخصیص کاربری ارجح زمین به همهٔ مکان‌ها در محدودهٔ مورد مطالعه، تقاضای انبوهه برای کاربری زمین با محدوده‌های تخصیص‌داده‌شده، مقایسه می‌شود. اگر تقاضا به‌درستی تخصیص داده نشده است، مزیت رقابتی گونه‌های متفاوت کاربری زمین تعدیل می‌شوند، به طریقی که کاربری‌های زمین که مورد تقاضا نبوده‌اند، بیشترین ارجحیت را به دست می‌آورند. کاربری‌های زمین بیش از حد ارائه ده نیز کمترین ارجحیت را می‌یابند. این روندِ کار تکرار می‌شود تا زمانی که تقاضا برابر محدودهٔ تخصیص‌داده‌شده شود. محاسبهٔ تغییرات در تقاضا مربوط به چارچوب مدلسازی CLUE- s است و می‌تواند بر اساس فنون متفاوت در طیفی از روند سادهٔ برون‌یابی تا مدل‌سازی چندبخشی پیشرفته جای گیرد. الگوریتم مدل CLUE- s برای مقیاس‌های متفاوت کاربرد دارد و در شبیه‌سازی گونه‌های متفاوت، خط سیر تغییرات کاربری سیستم، به‌کار گرفته می‌شود. وضعیت واقعی مدل به نمونهٔ مورد مطالعه و فرایندهای تغییر کاربری زمین، داده‌ها و اطلاعات در دسترس بستگی دارد. تشخیص ارجحیت ویژهٔ مکان در هر نمونهٔ موردی متفاوت است. مکانِ ارجحیت ویژه به وسیلهٔ انتخاب یا ترکیب چهار روش زیر تعریف می‌شود (شکل۱):

اگر اطلاعات تعیین‌کنندهٔ تغییر کاربری زمین کمبود دارد و اگر مقیاس کاربری بالاتر از مقیاس درک فرایند تغییر کاربری زمین است، روش‌های تجربی به‌کار گرفته می‌شود و تحلیل‌های تجربی برای تخمین ویژگی‌های متفاوت مکان انجام می‌گیرد، چون وضعیت خاک و دسترسی. برای تعیین مناسبت مکان برای گونهٔ مشخصی از انواع کاربری زمین، تعیین‌کننده‌های ممکن، بر اساس نظریه یا دانش مطالعهٔ‌محدوده انتخاب می‌شوند و روابط از طریق فرمول‌های عددی کمیت می‌یابند

(ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۴). با تغییر ارزش یکی از تعیین‌کننده‌ها (بهبود دسترسی) مکان ارجح جدید محاسبه می‌شود. تشخیص تجربی مکان ارجح لزوماً به روابط سببی منجر نمی‌شود و وانمود می‌شود که آن روابط بر اساس الگوی کاربری زمین در طول دورهٔ شبیه‌سازی معتبر باقی می‌مانند.

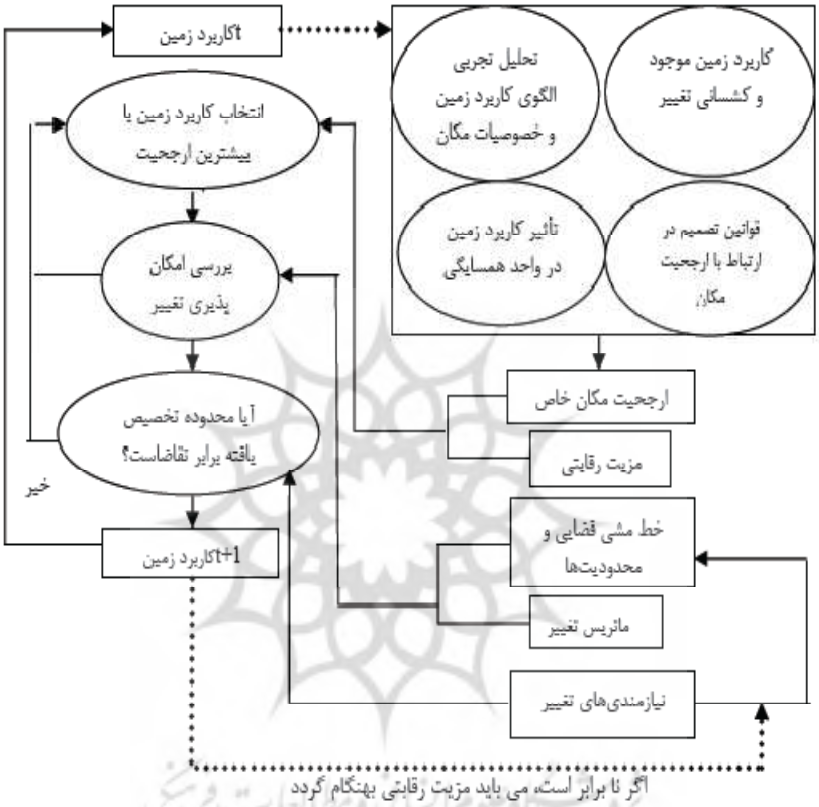
اگر اطلاعات بیشتری دربارهٔ تعیین‌کننده‌های مکان‌های ارجح گونه‌های کاربری زمین در دسترس باشد، تحلیل‌های تجربی می‌تواند توسط قوانین تصمیم جایگزین شوند، که بازتابی از دانش فرایندند. این قوانین تصمیم باید ارجحیت مربوط گونه‌های متفاوت کاربری زمین برای هر مکان را به عنوان کارکرد پیشینهٔ کاربری زمین و شرایط مکان اقتصادی- اجتماعی آن، تعیین کنند (ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۴).

دادهٔ کاربری زمین اغلب روابط همبستگی خودکار فضایی را نشان می‌دهد که می‌تواند نتیجهٔ روندهایی در مشخص‌کردن عواملی مانند ساختار تصرف زمین یا فرایندهای فضایی، مانند انباشت آثار در کاربری زمین مسکونی باشد. میان‌کنش‌های فضایی در مدل می‌تواند توسط تشکیل کارکردهای واحد همسایگی به عنوان تعیین‌کنندهٔ مکان ارجح، مطرح شود. ارتباط مکان ارجح و ترکیب واحد همسایگی هم از سوی قوانین تصمیم (درجه‌بندی‌شده)، مانند بسیاری از مدل‌های CA، هم به وسیلهٔ تحلیل‌های آماری، برقرار می‌شود. در هر گام زمانی تحلیل، مکان‌های ارجح باید بهنگام شوند تا پاسخگوی تغییرات ساختار کاربری باشند (ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۴).

سرانجام، کاربری زمین موجود در بیشتر مواقع عامل تعیین‌کنندهٔ مهمی در مکان ارجح تلقی می‌شود. تغییرات زمین اغلب هزینه‌برند و تغییرات دیگر نیز تقریباً برگشت‌ناپذیرند. برای نمونه نواحی مسکونی نمی‌توانند به نواحی کشاورزی تغییر کاربری دهند. در طول شبیه‌سازی، این ارجحیت‌ها بهنگام می‌شوند تا پاسخگوی تغییرات مشابه در کاربرد زمین باشند (ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۴).

مکان ارجح نهایی مورد استفاده در شبیه‌سازی توسط ترکیب این چهار جزء بر اساس ارجحیت کاربرد مدل، دانش و داده در دسترس صورت می‌پذیرد. این ترکیب برای هر گونه کاربری زمین می‌تواند متفاوت باشد. این امر چارچوب مدل‌سازی را انعطاف‌پذیر می‌کند و موجب می‌شود مدل‌ها

یا به عنوان مدل CA، مدل آماری تجربی یا مدل شبیه‌سازی پویا دسته‌بندی شوند (ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۵).



شکل۱. طرح عملکردی چارچوب مدل‌سازی (ابراهیم‌نیا و همکاران، ۱۳۸۸، ص۱۵)

معرفی متغیرها و شاخص‌ها

در این مقاله، به منظور تعیین متغیرهای اثرگذار بر تغییرات کاربری اراضی، بر دو منبع تکیه شده است. منبع اول، مرور متون مرتبط با موضوع و متغیرهای مورد توجه در مطالعات دیگر است. منبع دوم، بررسی سیر تحول گسترش شهری در محدودهٔ مورد مطالعه و استخراج عوامل اثرگذار بر

گسترش محدوده است. برای استخراج متغیرها با به‌کارگیری منبع دوم، عکس‌های هوایی محـدوده در سال‌های مختلف مقایسه شده است. نتایج در جدول ۱ بیان شده است.

جدول ۱. عوامل تأثیرگذار بر گسترش شهری

عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی		کد عامل	علامت اختصاری	مأخذ
جنس زمین		۱	**Geo**	(اصغری زمانی، ملکی، و موحد، ۱۳۸۹)
شیب زمین		۲	**Sl**	(بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰)
قیمت زمین		۳	**L.p**	(اصغری زمانی و همکاران، ۱۳۸۹)
تراکم جمعیت		۴	**Den**	(بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰)
فاصله از مرکز شهر		۵	**Did.c**	بابایی اقدم و همکاران، ۱۳۹۰)
فاصله از بزرگ‌راه‌ها		۶	**Did.h**	(آلمدیا[1] و همکاران، ۲۰۰۵؛ سانته[2] و همکاران، ۲۰۱۰)
فاصله از کاربری	تأسیسات و تجهیزات شهری	۷	**Dis.f**	مستخرج از بررسی و تطبیق عکس‌های هوایی محدوده در دوره‌های زمانی مختلف
	کاربری آموزشی	۸	**Dis.e**	
	کاربری درمانی	۹	**Dis.t**	

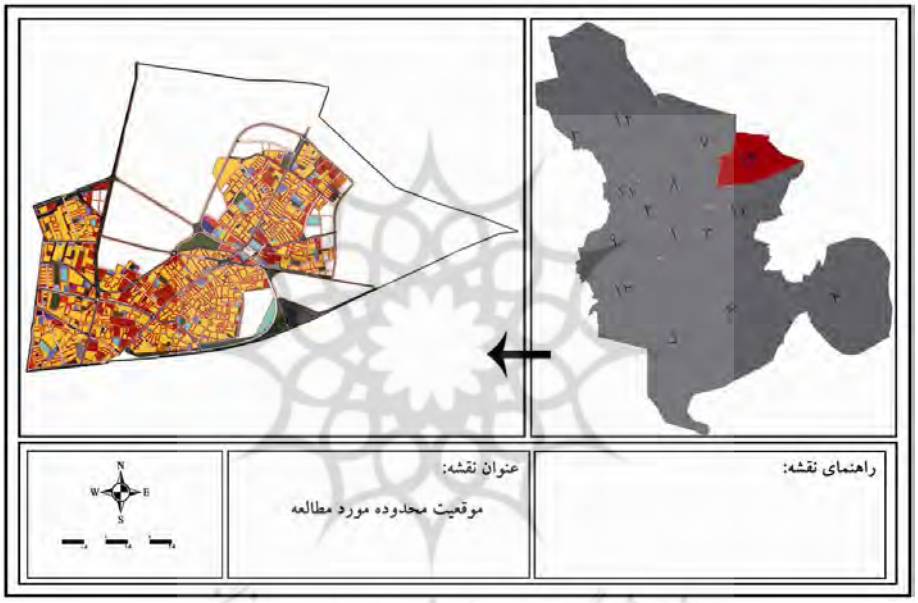
مأخذ: نگارندگان

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقهٔ ۱۴ اصفهان در اثر افزایش جمعیت و مهاجرت، تخصیص کاربری‌های بـدون برنامـه و فاقـد خدمات مورد نیاز و ضروری، طی سه دههٔ گذشته، به‌شدت توسعه و گسترش داده شده اسـت. ایـن منطقه ظرفیت‌های قوی جذب جمعیت دارد، به‌طوری که حاصـل آن گسـترش بـی‌رویـه و توسـعهٔ

1. Almedia
2. Sante

فزایندهٔ کالبدی است. بخش وسیعی از این توسعه‌ها، توسعهٔ غیررسمی، خودرو و بی‌ضابطه است. این منطقهٔ اصفهان در بخش‌های شمالی و شرقی، فاقد محدودیت‌ها و موانع گسترش است و با توجه به رشد جمعیت در آینده، امکان توسعه در این بخش‌ها را دارد. با توجه به ویژگی‌های بیان‌شده در این بخش، منطقهٔ ۱۴ شهرداری اصفهان به عنوان نمونه به منظور بررسی و مطالعات پروژه، انتخاب شد.



شکل ۲. محدودهٔ مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

روش تحقیق

این مقاله از نظر هدف کاربردی است و مبانی نظری آن به شیوهٔ اسنادی گردآوری شده است. جهت تحلیل موضوع روش‌های کمّی و مقایسه‌ای به‌کار شده است. گردآوری اطلاعات با مراجعه به کتابخانه، از طریق فیش‌برداری و مصاحبه با مقامات محلی، ساکنان و مشاهدات میدانی انجام گرفته است. در این پژوهش ابتدا عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی با مرور منابع و بررسی

عکس‌های هوایی محدودهٔ مورد مطالعه در بازه‌های زمانی مختلف تعیین شده است. سپس، به منظور تبیین روابط بین متغیر کاربری اراضی و عوامل مستقل مؤثر در آن، روش تحلیلی علّی اجرا شده است. بدین منظور روش رگرسیون لجستیک در محیط نرم‌افزار SPSS اتخاذ شده است. به منظور شبیه‌سازی الگوی آتی تغییرات کاربری اراضی در منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان، سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل کلو- اس به‌کار گرفته شده است. فرآیند شبیه‌سازی الگوی آتی کاربری اراضی در منطقهٔ ۱۴، از نظم سلسله‌مراتبی تبعیت کرده است. لذا، نخستین اقدام، تعریف و بیان مسئله بود. بررسی و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای انجام این کار، دومین قدمی بود که باید برداشته می‌شد. بررسی تغییرات کاربری اراضی نیازمند داده‌هایی وسیع از عوامل مختلف بیوفیزیکی، اجتماعی، اقتصادی و جغرافیایی منطقهٔ مورد مطالعه برای اجرا است. این داده‌ها، عمدتاً متغیرهایی‌اند که وضعیت جمعیتی، طبیعی و ساختاری محدودهٔ مورد مطالعه را نشان می‌دهند. تبدیل داده‌ها به شکل یکسان برداری[1]، رستری[2]، اسکی[3] آخرین گامی است که به منظور ورود داده‌ها به مدل کلو- اس برداشته شد.

یافته‌های تحقیق

قبل از اجرای مدل کلو- اس، باید یکسان‌سازی داده‌ها انجام گیرد. بدین ترتیب، در مرحلهٔ نخست، همهٔ فایل‌ها با هر شکلی به شکل برداری، و پس از آن به رستری تبدیل می‌شوند. سپس، باید همهٔ داده‌های رستری را به فایل‌های اسکی تبدیل کرد. سناریوی تقاضا که زمین مورد نیاز برای سال‌های مختلف را محاسبه می‌کند، در فایل متنی نمایش داده می‌شود. نتایج رگرسیون لجستیک به عنوان ورودی مدل تعریف می‌شود. در بخش پارامترهای اصلی مدل دو نوع پارامتر را شاهدیم: نخست، انعطاف‌پذیری تبدیل و دوم، نتایج تغییر کاربری زمین. پارامتر اول بستگی به

1. Convert to Shape file
2. Convert to Grid
3. Convert to ASCII

بازگشت‌پذیری تغییر کاربری اراضی دارد. آن نوع از کاربری اراضی که با سرمایه‌گذاری بسیار زیادی ایجاد شده است، به‌آسانی به کاربری‌های دیگر تبدیل نخواهد شد. کاربری‌های دیگر بر اساس شاخص مطلوبیت مکانی تغییر می‌یابند. بنابراین، برای هر نوع کاربری‌های اراضی به مقدار عددی نیاز داریم که انعطاف‌پذیری نسبی آن را به تغییرات نشان دهد که در دامنهٔ بین صفر (تبدیل آسان) تا یک (تغییر بازگشت‌ناپذیری) قرار گیرد (Verburge, 2007, p.4). در این مطالعه، مقدار عددی این شاخص برای کاربری زراعی و بایر در نظر گرفته می‌شود. علت این امر در سهولت نسبی تغییر کاربری است. این شاخص برای کاربری‌های ساخته‌شده ۰٫۵ است که دلیل آن داشتن حالت بینابینی است. دومین پارامتر، تنظیمات تبدیل هر یک از کاربری‌ها به کاربری دیگر، با توجه به تعامل بین کاربری‌ها است. این تنظیمات در قالب ماتریس تبدیل بیان می‌شود. عدد صفر به معنی عدم امکان تغییر و عدد یک به معنای امکان تغییر است.

جدول ۲. ماتریس تغییرات کاربری زمین در مطالعهٔ موردی

کاربری‌های موجود / کاربری‌های آتی	کاربری‌های شهری	کاربری‌های زراعی و بایر
کاربری‌های شهری	۱	۰
کاربری‌های زراعی و بایر	۱	۱

مأخذ: نگارندگان

اجرای مدل و محاسبهٔ نقشه‌های احتمال، گام آخر در پردازش داده‌ها در مدل تحقیق حاضر است. در هر گامی از اجرای این مدل، الگوی فضایی کاربری اراضی در قالب فایل‌هایی با فرمت ASCII در محل نصب مدل در کامپیوتر ذخیره می‌شود. برای مشاهدهٔ شکل بصری این فایل‌ها می‌توان نرم‌افزارهای GIS مانند Arc View، Arc GIS و ادریسی را به‌کار گرفت (Verburge et al., 2005, pp.14-15). در این تحقیق نرم‌افزارهای اول و دوم به‌کار گرفته شده است.

به منظور مدل‌سازی الگوی آتی کاربری اراضی در محدودهٔ مورد مطالعه علاوه بر تنظیمات یادشده، باید مدل تقاضای زمین برای هر یک از گروه‌های کاربری اراضی برای سال‌های آتی، مدل

رگرسیون لجستیک و مدل محدودیت نیز تهیه شود. مدل تقاضا به فایل‌های جدولی اشاره می‌کند که در قالب سناریوهای مختلف شکل می‌گیرد.

دلیل اتخاذ روش رگرسیون لجستیک در تحلیل آماری، ماهیت دوگانهٔ موضوع مورد نظر است. به عبارت دیگر، در این روش فرض بر این است که هر سلول قابلیت تغییر را دارد یا نه. صفر، مبین حالت عدم تغییرات و ۱، بیانگر احتمال وقوع تغییرات است.

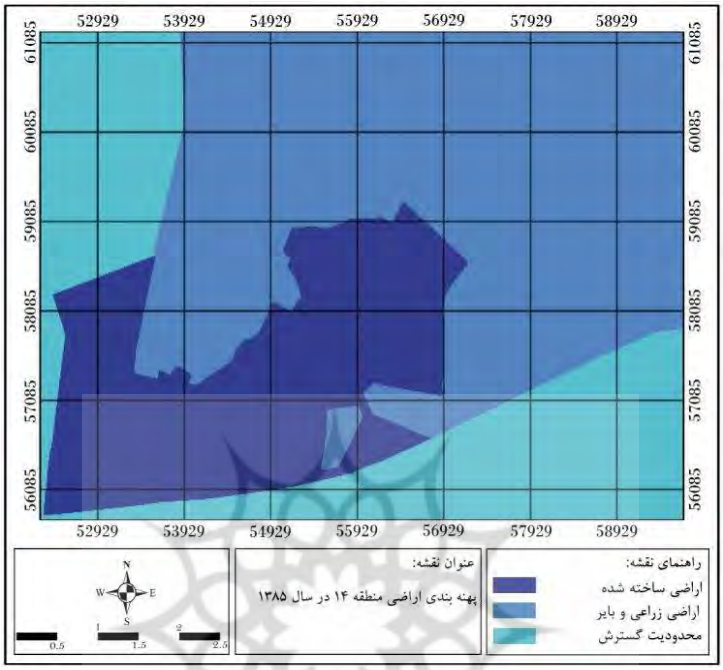
وضعیت موجود کاربری اراضی منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان

بر اساس سالنامهٔ آماری شهر اصفهان، مساحت کل منطقهٔ ۱۴ برابر ۱۹۳۸ هکتار است که بیشترین سطح از این محدوده را کاربری پوشش گیاهی (درختکاری و جنگل‌کاری، حریم‌های سبز و میانهٔ سبز معابر، باغ و اراضی کشاورزی) و بایر به خود اختصاص داده است. با توجه به تأکید اصلی تحقیق حاضر بر مقولهٔ تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر به کاربری‌های ساخته‌شده، طبقه‌بندی ذیل از سطوح کاربری اراضی منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان انجام گرفته است که مبنای مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی برای سال‌های آتی است. بدیهی است که طبقه‌بندی‌های مختلفی از کاربری‌ها را می‌توان مطرح کرد، لیکن اکتفا به فقط ۲ گروه کاربری، با توجه به اهداف مطالعه است. بررسی ارقام مندرج در جدول ۳ نشان‌دهندهٔ تسلط کاربری‌های زراعی و بایر در کل محدودهٔ مورد مطالعه است. حدود ۹۸۸ هکتار (۵۰٫۱ درصد) از کل محدوده را این کاربری به خود اختصاص داده‌اند. لیکن این میزان از اراضی در هر یک از سناریوهای دوگانه، روند کاهشی را تجربه خواهد کرد.

جدول ۳. انواع کاربری اراضی به‌کارگرفته‌شده در مدل مورد مطالعه

کد کاربری	نوع کاربری	مساحت (هکتار)
۰	کاربری‌های ساخته‌شده	۹۴۰
۱	زراعی و بایر شامل باغات، اراضی زراعی و بایر	۹۸۸
	جمع	۱۹۳۸

مأخذ: نگارندگان



شکل ۳. نقشهٔ کاربری اراضی منطقهٔ ۱٤ در سال ۱۳۸۵ (مأخذ: نگارندگان)

کاربری‌های ساخته‌شده عنوانی کلی است که به همهٔ سطوح ساخته‌شده و معابر موجود در محدودهٔ مورد مطالعه اطلاق شده است. روند رشد این کاربری‌ها، رابطهٔ معکوس با روند منفی کاربری‌های زراعی و بایر دارد و این امر در هر دو سناریو مدنظر قرار گرفته است.

نتایج رگرسیون لجستیک

مجموعهٔ وسیعی از متغیرهایی که شامل گروه‌های دوگانه کاربری اراضی و عوامل مؤثر در تغییراتند، ورودی مدل رگرسیون لجستیک هستند. عوامل تأثیرگذار بر تغییرات کاربری‌ها با اجرای رگرسیون Stepwise نرم‌افزار SPSS19 انتخاب شده‌اند.

جدول ۴ میزان همبستگی متغیرهای مستقل و انواع کاربری اراضی در سال ۱۳۸۵ را نشان می‌دهد.

جدول ٤. نتایج رگرسیون لجستیک

عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی	کاربری‌های شهری	کاربری‌های زراعی و بایر
مراحل رگرسیون	۹	۹
جنس زمین	-۰٫۲۹۸	۰٫۲۱۲
شیب زمین	-۰٫۱۳۹	-۰٫۳۲۷
قیمت زمین	-۰٫۰۷۶	-۰٫۱۶۷
تراکم جمعیت	۰٫۴۱۱	۰٫۴۱۹
فاصله از مرکز شهر	۰٫۲۲۳	-۰٫۳۵۰
فاصله از بزرگ‌راه‌ها	۰٫۰۰۷	۰٫۰۰۲
فاصله از کاربری تأسیسات و تجهیزات شهری	۰٫۱۱۲	-۰٫۱۱۸
فاصله از کاربری آموزشی	-۰٫۰۰۴	-۰٫۰۰۷
فاصله از کاربری درمانی	-۰٫۰۰۳	-۰٫۱۵۷
Constant	۱٫۳۰۶	-۰٫۱۰۹

مأخذ: نگارندگان

الف) کاربری‌های ساخته‌شده

$$P(urban)= ۱٫۳۰۶ - ۰٫۲۹۸[Geo] - ۰٫۱۳۹[Sl] - ۰٫۰۷۶[L.p] + ۰٫۴۱۱[Den] + ۰٫۲۲۳[Dis.c] + ۰٫۰۰۷ [Dis.h] + ۰٫۱۱۲[Dis.f] - ۰٫۰۰۴[Dis.e] - ۰٫۰۰۳[Dis.t] \quad (۱)$$

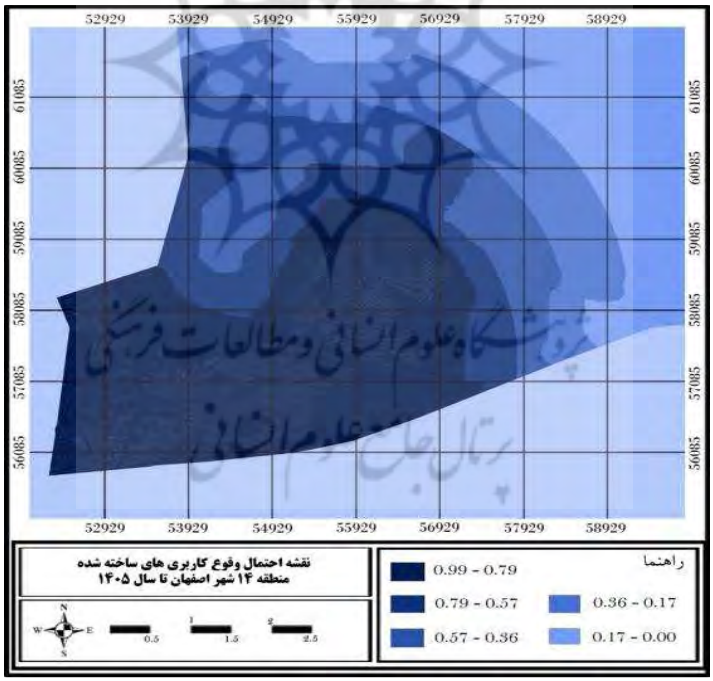
معادلهٔ ۱، ضرایب تخمینی برای رگرسیون لجستیک الگوی کاربری ساخته‌شده را نشان می‌دهد. تراکم جمعیت، فاصله از مرکز شهر، فاصله از بزرگ‌راه‌ها و فاصله از کاربری تأسیسات و تجهیزات شهری عوامل تعیین‌کنندهٔ مثبت در افزایش کاربری‌های ساخته‌شده است. عوامل طبیعی، مانند شیب زمین و جنس آن، فاصله از کاربری آموزشی و فاصله از کاربری درمانی، تبدیل اراضی زراعی و بکر را به این کاربری‌ها مشکل کرده است و مانع از تبدیل آسان آن به کاربری‌های دیگر می‌شود. قیمت زمین نیز به نوعی با تغییرات این کاربری رابطهٔ منفی دارد. به تعبیری دیگر، اراضی با قیمت کمتر، در قیاس با اراضی زراعی موجود در مناطق با قیمت بالاتر، کمتر دچار تغییر و تبدیل شده و به صورت بکر باقی می‌مانند.

ب) کاربری‌های زراعی و بایر

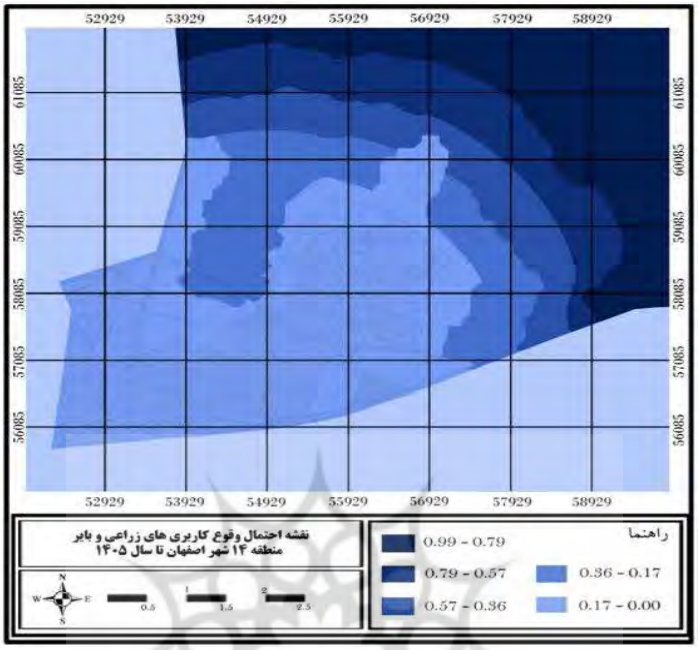
$$P(Agriculture)= -0/109+0/212[Geo] - 0/327[Sl] - 0/167[L.p] + 0/419[Den] - 0/350[Dis.c] + 0/002[Dis.h] - 0/118[Dis.f] - 0/007[Dis.e] - 0/157[Dis.t] \quad (۲)$$

نقشه‌های احتمال تولیدشده از نتایج رگرسیون لجستیک

در این پژوهش، فرض بر این است که محدودهٔ مورد مطالعه طی پانزده سال آتی ثابت مانده است و تغییرات کاربری اراضی در این محدوده صورت گیرد. با به‌کارگیری مدل کلو- اس، می‌توان نقشه‌های احتمال را بر اساس نتایج رگرسیون لجستیک ترسیم کرد. با به‌کارگیری این نقشه‌ها، توزیع بالقوهٔ انواع کاربری اراضی مورد مطالعهٔ تحقیق، به‌طور فضایی تحلیل می‌شود. در این بخش از مقاله نقشه‌های احتمال منتج از مدل کلو- اس ترسیم و نمایش می‌شود. بدین منظور نقشه‌های جداگانه‌ای، برای هر یک از کاربری‌ها در طی دورهٔ شبیه‌سازی نشان داده می‌شود.



شکل٤. احتمال وقوع کاربری‌های زراعی و بایر منطقهٔ ١٤ اصفهان تا سال ١٤٠٥ (مأخذ: نگارندگان)



شکل ۵. نقشهٔ احتمال وقوع کاربری‌های زراعی و بایر منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان تا سال ۱۴۰۵ (مأخذ: نگارندگان)

بررسی این نقشه‌ها، مؤید این است که احتمال وقوع هر یک از کاربری‌ها متأثر از تعدادی عوامل اثرگذار است. این مدل متکی بر شاخص مطلوبیت مکانی کاربری‌ها است.

به زبانی ساده‌تر، مکان‌یابی یک کاربری مشخص در یک مکان مشخص، به دلیل مطلوبیت این مکان برای استقرار آن کاربری است. لذا احتمال وقوع کاربری‌ها با فاصله از مکان فعلی‌شان کاهش می‌یابد. کاربری‌های زراعی موجود در محدودهٔ مورد مطالعه، با عامل فاصله از مرکز شهر بیشتر می‌شود، به همان اندازه، این کاربری‌ها کمتر دستخوش تغییر و تبدیل می‌شوند و به همان حالت اولیه باقی می‌مانند. کاربری‌های دیگر وضعیت خاص خود را دارند و نمی‌توان قاعدهٔ کلی بر روند کاهشی یا افزایشی آن‌ها متصور شد. شایان ذکر است به منظور جلوگیری از طولانی‌شدن حجم مقاله، فقط نقشه‌های احتمال سناریوی اول از مدل دارای محدودیت نمایش داده شده است و از نقشه‌های احتمال سناریوی دوم از مدل محدودیت و سناریوهای اول و دوم از مدل بدون محدودیت صرف‌نظر می‌شود.

نتایج مدل‌سازی

الف) نتایج سناریوی تغییرات آهسته

در این سناریو فرض بر تغییر و تحول آهستهٔ وضعیت موجود کاربری‌های اراضی است. مبنای این سناریو، واقعیت‌های جاری بر امروز شهرها است. به عبارت دیگر، این سناریو با پیشنهادهای طرح‌های توسعهٔ شهری به‌ویژه طرح تفصیلی در حال مطالعهٔ شهر همخوانی دارد. بررسی نقشهٔ اجرای مدل برای سال ۱۴۰۵ نشان‌دهندهٔ تأثیر بسیار مهم دو عامل فاصله از مرکز شهر و فاصله از راه‌های اصلی در تبدیل اراضی زراعی و بایر به کاربری‌های شهری در پانزده سال آتی است.

جدول۵. سطوح کاربری‌های دوگانه در سناریوی اول

سال / کاربری	ساخته‌شده	زراعی و بایر
۱۳۹۱	۹۴۹	۹۸۹
۱۳۹۲	۹۵۹	۹۷۹
۱۳۹۳	۹۶۸	۹۷۰
۱۳۹۴	۹۷۸	۹۶۰
۱۳۹۵	۹۸۸	۹۵۰
۱۳۹۶	۹۹۸	۹۴۰
۱۳۹۷	۱۰۰۸	۹۳۰
۱۳۹۸	۱۰۱۸	۹۲۰
۱۳۹۹	۱۰۲۸	۹۱۰
۱۴۰۰	۱۰۳۸	۹۰۰
۱۴۰۱	۱۰۴۸	۸۹۰
۱۴۰۲	۱۰۵۹	۸۷۹
۱۴۰۳	۱۰۷۰	۸۶۸
۱۴۰۴	۱۰۸۰	۸۵۸
۱۴۰۵	۱۰۹۱	۸۴۷

مأخذ: نگارندگان

ب) نتایج سناریوی تغییرات زیاد

در این سناریو، نرخ بالاتری در قیاس با سناریوی اول از تغییرات کالبدی زمین مورد نظر است و فرض بر این است که فضاهای خالی و زراعی منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان با درجهٔ بیشتری از تغییرات

مواجه شوند. در این سناریو، کاربری‌های زراعی با شدت بیشتری کاهش یافته و تفاوت محسوس این سناریو با سناریوی قبلی، در افزایش قابل توجه کاربری‌های ساخته‌شده در طی دورهٔ پیش‌بینی است.

جدول ۶. سطوح کاربری‌های دوگانه در سناریوی دوم

سال / کاربری	ساخته‌شده	زراعی و بایر
۱۳۹۱	۹۵۹	۹۷۹
۱۳۹۲	۹۷۹	۹۵۹
۱۳۹۳	۹۹۹	۹۳۹
۱۳۹۴	۱۰۲۰	۹۱۸
۱۳۹۵	۱۰۴۰	۸۹۸
۱۳۹۶	۱۰۶۲	۸۷۶
۱۳۹۷	۱۰۸۴	۸۵۴
۱۳۹۸	۱۱۰۶	۸۳۲
۱۳۹۹	۱۱۲۹	۸۰۹
۱۴۰۰	۱۱۵۲	۷۸۶
۱۴۰۱	۱۱۷۵	۷۶۳
۱۴۰۲	۱۲۰۰	۷۳۸
۱۴۰۳	۱۲۲۴	۷۱۴
۱۴۰۴	۱۲۴۹	۶۸۹
۱۴۰۵	۱۲۷۵	۶۶۳

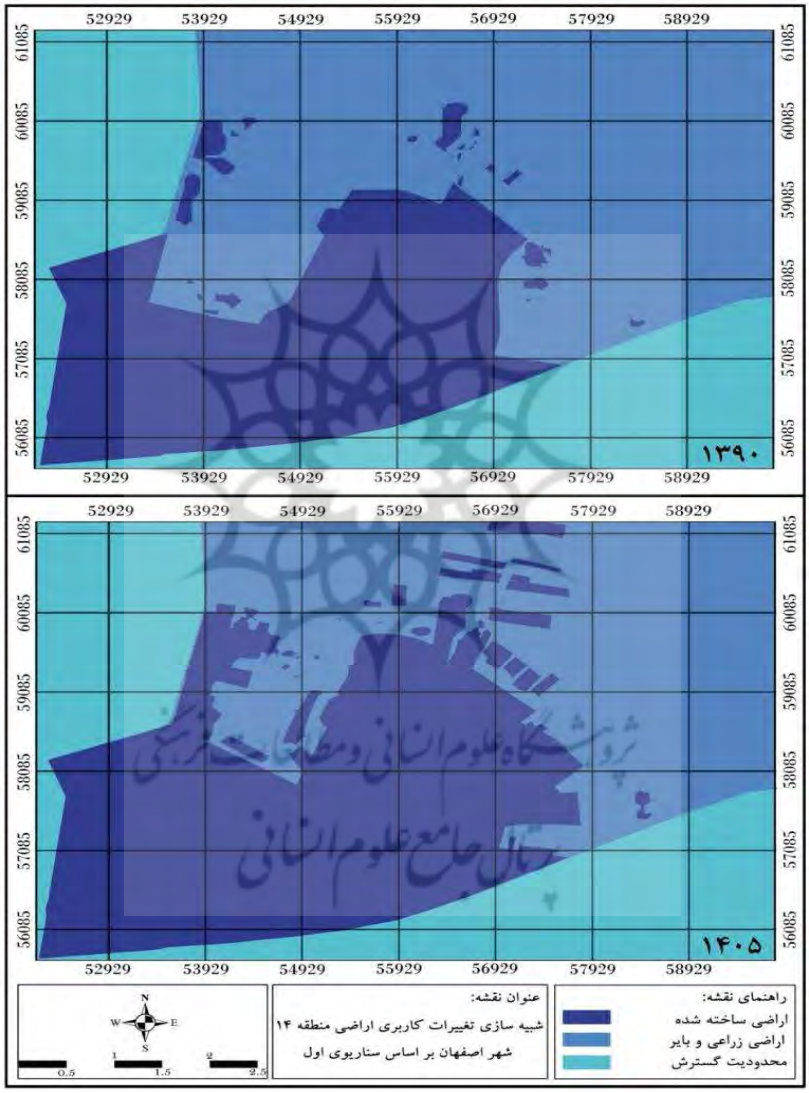
مأخذ: نگارندگان

اجرا، اعتبارسنجی و نتایج مدل

به منظور سنجش اعتبار مدل کلو- اس، ابتدا نقشهٔ گسترش اراضی در سال ۱۳۹۰، با به‌کارگیری داده‌های موجود در سال ۱۳۸۵مدل‌سازی شد و به منظور بررسی میزان توافق خروجی مدل با واقعیت، ضریب کاپا[1]، و مطابقت بصری از طریق همپوشی و مشاهده محاسبه شد. ضریب کاپای محاسبه‌شده برابر با ۰٫۸۷ است. این مقدار نشان‌دهندهٔ تطابق ۸۷ درصدی نقشهٔ مدل‌سازی‌شده با واقعیت است که بر اساس استاندارد مؤسسهٔ USGS[2]، که حداقل مقدار قابل قبول برای ضریب

1. Kappa Coefficient
2. United States Geological Survey

کاپا را ۸۵ درصد اعلام کرده است. بنابراین، می‌توان گفت نتایج شبه‌سازی در سناریوی اول به واقعیت نزدیک‌تر است و به منظور پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی به‌کار گرفته شده است که نتیجهٔ آن در شکل ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶. شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی منطقهٔ ۱٤ شهر اصفهان بر اساس سناریوی اول (مأخذ: نگارندگان)

جمع‌بندی و نتیجه

توجه به مسائل برنامه‌ریزی کاربری اراضی می‌تواند نقشی مهم و تعیین‌کننده در گسترش آتی شهر و کم‌کردن مشکلات آن داشته باشد. محققان تلاش کرده‌اند مدل‌هایی را برای تبیین الگوهای بهینهٔ کاربری اراضی شهری ابداع کنند. مدل کاربری اراضی بخش ویژه‌ای از مدل‌های به‌کارگرفته‌شده برای شبیه‌سازی عملیات کاربردی را دربردارد و ابتدا سیاست‌های کلی مؤثر دربارهٔ شهرها را بررسی کرده است. سپس، مانند آزمایشگاهی برای ارزیابی طرح‌ها، نظریه‌ها و فرضیه‌های مرتبط با سامانه‌های شهری عمل می‌کند. از آنجا که اطلاع از نسبت کاربری‌ها و نحوهٔ تغییرات آن درگذر زمان یکی از مهم‌ترین موارد در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری است با اطلاع از نسبت تغییرات کاربری‌ها می‌توان تغییرات آتی را پیش‌بینی کرد. اخیراً مدلی که CLUE-S[1] (کلو- اس) (تبدیل کاربری اراضی و آثار آن در پهنهٔ کم‌وسعت) نام گرفته، در جهت کشف دینامیک‌های فضایی کاربری زمین در سطح وسیعی برای شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در آینده به‌کار گرفته شده است. در این پژوهش نیز، به منظور مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی زراعی و بایر به سطوح ساخته‌شده، مدل کلو- اس به‌کار گرفته شده است. به علاوه، پیش از مدل‌سازی، نیاز به آگاهی از متغیرها و شاخص‌های اثرگذار بر تغییرات کاربری اراضی، اجتناب‌ناپذیر است که در مقالهٔ حاضر جهت استخراج این عوامل منابع مرتبط با موضوع و تحقیقات پیشین بررسی شد و عکس‌های هوایی مربوط به دوره‌های زمانی مختلف مقایسه شد. مدل طراحی‌شده با به‌کارگیری داده‌های سال ۱۳۸۵، گسترش شهری در سال ۱۳۹۰ را در محدودهٔ مورد بررسی پیش‌بینی کرده است که با محاسبهٔ ضریب کاپا ارزیابی شده است. مقدار ضریب کاپای برآوردشده برابر با ۰٫۸۷ است که نشان‌دهندهٔ مناسب‌بودن و اعتبار مدل است.

نتایج این مدل به‌طور خلاصه در ذیل بیان می‌شود:

1. Conversion of land use and its effects in small scale extend

- امکان محاسبهٔ نقشه‌های احتمال وقوع کاربری‌های مورد مطالعه با به‌کارگیری مدل کلو- اس که اساساً یکی دیگر از خروجی‌های آن با توجه به وضع موجود کاربری‌ها است.
- امکان ویرایش نقشه‌های ورودی و خروجی مدل کلو- اس در محیط GIS و نرم‌افزارهای واژه‌پرداز مانند Notepad و Wordpad با توجه به اینکه تحلیل‌های مدل کلو در قالب فایل-های Ascii انجام می‌گیرد.
- امکان تدوین سناریوهای مختلف جهت مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی آتی.
- نرم‌افزار CLUE-s در کنار بسته‌های نرم‌افزاری سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی GIS قابلیت تحلیل و ارزشیابی، پیش‌بینی و شبیه‌سازی الگوهای رشد و گسترش فضایی- کالبدی شهرها و تغییرات کاربری اراضی را دارد و می‌تواند به عنوان یک ابزار کارآمد در تحلیل کاربری‌های زمین، اعم از شهری و غیره، به‌کار گرفته شود.
- اجتناب‌ناپذیری تغییرات کاربری زراعی و بایر به سطوح ساخته‌شده و شهری با توجه به ساختارهای خاص موجود در منطقهٔ ۱۴ شهر اصفهان.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع و مآخذ

۱. احدنژاد روشتی، محسن؛ حسینی، احمد (۱۳۹۰). «ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات و پراکنش افقی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطلاعات جغرافیایی (نمونهٔ موردی: شهر تبریز در مقطع زمانی ۱۳۶۳-۱۳۸۹)». *پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، سال دوم، شمارهٔ چهارم، صفحات ۲۰-۱.

۲. اصغری زمانی، اکبر؛ ملکی، سعید؛ موحد، علی (۱۳۸۹). «پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی شهر زنجان با استفاده از مدل CLUE-s». *جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای*، سال هشتم، شمارهٔ پانزده، صفحات ۶۴-۳۹.

۳. بابایی اقدم، فریدون؛ اسمعیلی عوری، اباذر؛ حیدری ساربان، وکیل (۱۳۹۰). «مدل‌سازی الگوی فضایی کاربری اراضی شهر سرعین در افق ۱۴۰۰ با استفاده از مدل کلو- اس». *فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی*، سال بیست‌و ششم، شمارهٔ چهارم، صفحات ۱۱۶-۹۳.

۴. بابایی اقدم، فریدون؛ عظیمی، نورالدین؛ حسینی، ایرج (۱۳۹۰). «مدل‌سازی الگوی کاربری اراضی شهری با استفاده از مدل CLUE-s (مطالعهٔ موردی: مشکین شهر)». *چشم‌انداز جغرافیایی*، سال ششم، شمارهٔ چهاردهم، صفحات ۱۸-۱.

۵. ذاکر حقیقی، کیانوش؛ ماجدی، حمید؛ حبیب، فرح (۱۳۸۹). «تدوین شاخص‌های مؤثر بر گونه‌شناسی بافت شهری». *هویت شهر*، سال چهارم، شمارهٔ هفتم، صفحات ۱۱۲-۱۰۵.

۶. فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۸۸). «کاربرد GIS و تصاویر ماهواره‌ای ETM+ لندست ۷ در استخراج کاربری اراضی (مطالعهٔ موردی: شهرستان ملکان)». *دومین همایش ملی جغرافیایی*. دانشگاه پیام نور ارومیه. مهرماه ۱۳۸۸.

۷. فیضی‌زاده، بختیار؛ حاجی میررحیمی، محمود (۱۳۸۷). «آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیءگرا (مطالعهٔ موردی: شهرک اندیشه)». *نقشه‌برداری*، سال نوزدهم، شمارهٔ ۹۹، صفحات ۱۸-۱۳.

۸. قائد رحمتی، صفر؛ حیدری‌نژاد، نسیم (۱۳۸۸). «گسترش فیزیکی شهرها و ضرورت تعیین حریم امن شهری (نمونهٔ موردی :شهر اصفهان)». *جغرافیا و مطالعات محیطی*، سال اول، شمارهٔ اول، صفحات ۳۱-۲۱.

9. Almedia, Cladia; Monteiro, Antonio; Camara, Gilberto; Soares-Filho, Britaldo; Cerqueira, Gustavo; Penachin, Cassio; Batty, michael (2005). "GIS and remote sensing as tools for the simulation of urban land-use change". *Remote Sensing*, 26, (4), 759-774.
10. Cheng, Jianquan (2003). *Modelling Spatial and Temporal Urban Growth*. MSc Thesis, International institute for Geo- Information science and earth observa*tion (ITC).*
11. *Deadman, Peter; Brown, Robert;* Gimblett, H.Randy (1993). "Modelling rural residential settelment patterns with cellular automata". *Environment Management*, 37 (2), 147-160.
12. He, Chunyang; Okada, Norio; Zhang, Qiaofeng; Shi, Peijun; Li, Jinggang (2008). "Modelling dynamic urban expansion processes incorporating a potential model with cellular automata". *Landscape and Urban Planning*, 86 (1), 79-91.
13. Liu, Xiaoping; Li, Xia; Shi, Xun; Wu, Shaokun; Liu, Tao (2008). "Simulating complex urban development using kernel-based non-linear cellular automata". *Ecological Modeling*, 211(1-2), 169-181.
14. Sante, Ines; Garcia, Andres; Miranda, David; Crecente, Rafael (2010). "Cellular Automata models for the simulation of real-world urban process: a review and analysis". *Landscape and Urban Planning*, 96 (2), 108-122.
15. Verburge, Peter (2007). *The CLUE-S model, Tutorial CLUE-S (Version 2.3) and Dyna-clue*. (version 2), Wageningen, Wageningen University.
16. Verburge, P.; Vandesteeg, Jeannette; Schulp, Nynke (2005). *Manual for the clue- Kenya application*, Wageningen, Wageningen University.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی