نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال شانزدهم، شماره ۴۰، بهار ۹۵

طراحی و پیاده سازی یک سیستم یکپارچه مدل سازی تغییر کاربری اراضی شهری

دریافت مقاله: ۹۲/۱/۲۲ پذیرش نهایی: ۹۴/۶/۵

صفحات: ۹۱-۶۹

مریم حسینی: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Email: m_hoseini_290@yahoo.com

محمد کریمی: استادیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی[1]
Email: mkarimi@kntu.ac.ir

محمد سعدی مسگری: دانشیار، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Email: mesgari@kntu.ac.ir

مهدی حیدری: دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی نقشه برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
Email: mehdi.heydary.g@gmail.com

چکیده

با توجه به پیچیدگی و پویایی محیط شهری و لزوم هدفمند نمودن تغییرات کاربری اراضی، تلفیق GIS و PSS در قالب سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی مکانی (SPSS) اجتناب ناپذیر می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، توسعه یک سیستم حامی برنامه ریزی مکانی برای مدلسازی تغییر کاربری اراضی شهری (ULCMS) می‌باشد، به صورتی که برنامه‌ریزان بتوانند به نحو مناسبی دانش کارشناسی را در قالب معیارها و وزن‌های مورد نظر وارد کرده و تاثیر آنها را در نتایج کار ملاحظه نمایند. سیستم توسعه داده شده شامل ابزارهای ارزیابی تناسب زمین، محاسبه مساحت مورد نیاز کاربری‌ها و تغییر کاربری اراضی می‌باشد. در این راستا، از مدل‌های دسترسی، مدل‌های همسایگی، روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، عملگرهای فازی، رگرسیون خطی، مدل ماکزیمم پتانسیل و بهینه سازی سلسله مراتبی استفاده شده است. ارزیابی عملی سیستم برای سنجش تغییر کاربری‌های مسکونی، تجاری، صنعتی، زراعی و خدماتی برای سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۰ در شهر شیراز انجام گرفت. نتیجه این امر نشان می‌دهد که ULCMS به فهم بهتر کاربران، نمایش پیچیدگی سیستم کاربری

---

[1]. **نویسنده مسئول**: تهران،خ ولیعصر، تقاطع میرداماد، روبروی ساختمان اسکان، دانشکده مهندسی نقشه-برداری، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، اتاق ۴۰۶- کدپستی: ۱۹۹۶۷۱۵۴۳۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

اراضی و توسعه و بهبود استراتژی‌های مدیریت کاربری اراضی کمک می‌کند تا تعادل بهتری بین گسترش شهری و حفاظت محیطی ایجاد کند.

کلید واژگان: برنامه‌ریزی کاربری اراضی، سیستم حامی برنامه ریزی مکانی، رگرسیون خطی، طرح جامع شهری، تصمیم گیری چند معیاره

مقدمه

تغییر کاربری اراضی و رشد شهری، فرایندهای دینامیک مکانی-زمانی هستند که مورد توجه طراحان، حامیان طبیعت، بوم‌شناسان، اقتصاددانان و مدیران منابع هستند (Dietzel and Clarke, 2006). شهر یک پدیده پویا در سیستم فضایی محیط بوده و توسعه فیزیکی آن همواره انسان را وادار به برنامه ریزی می‌کند. نتایج رشد شهر در مشکلات اجتماعی و محیطی مختلفی مثل از بین رفتن زمین‌های کشاورزی و جنگل‌ها (Munroe and York, 2003)، افزایش ترافیک (Ewing, Pendall et al., 2003) و مشکلات مربوط به سلامت دیده می‌شود. مدلسازی تغییر کاربری اراضی جزئی از برنامه‌ریزی و مدیریت شهری محسوب می‌شود. مدلسازی تغییر کاربری در سطح شهری در کشور ما معمولاً در قالب طرح‌های جامع، تفصیلی و هادی شهری صورت می‌گیرد. با توجه به بررسی کلی این طرح‌ها می‌توان گفت که هر چند گاهی از سیستم اطلاعات مکانی (GIS) در مرحله تبیین وضعیت موجود و تحلیل مطالعات بخشی استفاده می شود، لیکن فعالیتهای موجود تاکنون منجر به ارائه یک سیستم برای مدلسازی و مدیریت تغییر کاربری نشده است. وجود چنین سیستم‌هایی بررسی فرایند تغییر کاربری اراضی را ساده تر نموده و ابزار مناسبی برای پیاده سازی طرح‌های جامع در اختیار کارشناسان قرار می‌دهد. بدین ترتیب کارشناسان به راحتی می‌توانند نظرات خود را در محیطی یکپارچه وارد کرده و نتایج سناریوهای مختلف را در این محیط ملاحظه و ارزیابی کنند.

طراحان شهری، وقتی در حال توسعه استراتژی‌ها و طرح‌ها برای کاهش مشکلات و مسائل شهری بودند، از ابزارهای مختلفی مثل GIS استفاده کردند. در طی زمان و با افزایش پیچیدگی رشد شهری، سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی مکانی با هدف مدلسازی رشد شهری و تغییر کاربری اراضی شهری توسعه یافتند. این سیستم‌ها بررسی فرایند تغییر کاربری اراضی را ساده‌تر نموده و برای تصمیم گیری بهتر درباره کاربری‌های اراضی جاری و آینده به تصمیم گیران و برنامه‌ریزان کمک می‌کنند (Klosterman and Pettit, 2005).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

در بررسی پیشینه توسعه سیستم‌های حامی برنامه‌ریزی مکانی برای مدلسازی تغییرات کاربری می توان به سیستمهای ALES (Rossiter, 1990)، MicroLeis (Rosa et al., 1992)، GOAL-QUASI (Van Ittersum et al., 1995)، ADELAIS (Siskos et al., 1994)، What if? (Klosterman, 1999)، SIRTPLAN (FAO, 2000)، GEOMOD (Pontius et al., 2001)، UrbanSim (Waddell, 2002)، UPLAN (Shabazian and Johnson, 2000)، Smartplaces (Croteau et al., 1997)، Smartplaces (Croteau et al., 1997)، (Fischer et al., 1998) AEZWIN ، LUPAS (Roetter et al., 2005) و iCity (Stevens et al., 2007) اشاره نمود. اولین نسل از سیستم‌های طراحی شده مانند ALES و MicroLeis تنها تناسب زمین را ارزیابی می‌کردند. تعدادی از این سیستم‌ها مانند GOAL-QUASI و ADELAIS فقط مساحت اختصاص یافته به هر کاربری را محاسبه می‌کنند. تعداد اندکی از آنها همانند What if? ، SIRTPLAN، GEOMOD و iCity هر سه مرحله مدلسازی تغییر کاربری شامل ارزیابی تناسب، تقاضا و تخصیص را پیاده سازی نموده‌اند.

هرکدام از این سیستم‌های مذکور با تمرکز روی روشها و مدلهای خاص توسعه یافته‌اند. سیستم What if? برای مدلسازی تخصیص کاربری از مدل‌های همپوشانی شاخص و رگرسیون آماری استفاده می‌کند و در آن امکان تولید و تحلیل سناریوهای مختلف وجود دارد. GEOMOD بر اساس مدلسازی تغییر کاربری و پوشش اراضی ایجاد شده است و از مدل‌های همپوشانی شاخص و اثر همسایگی استفاده می‌کند. iCity یک ابزار جدید برای پیش بینی رشد شهری می‌باشد و از مدل اتوماسیون سلولی با ساختاری نامنظم استفاده کرده است.

هر کدام از این سیستم‌ها با تمرکز روی کاربری‌های خاص توسعه یافته‌اند. برخی از این سیستم‌ها مثل What if? ، UrbanSim، UPLAN و Smartplaces روی برنامه ریزی شهری و منطقه ای تمرکز دارند. سیستم‌های دیگری مانند: LADSS، AEZWIN و LUPAS به طور خاص برای کاربردهای کشاورزی طراحی شده‌اند.

علاوه بر این هر کدام از این سیستم‌ها، معیارهای متفاوتی را لحاظ کرده‌اند. برای مثال سیستم UPLAN از لایه های ورودی مثل کاربری اراضی شهری (مسکونی، تجاری و صنعتی)، جمعیت، سیل، ارتفاع، داده های اقتصادی-اجتماعی و حمل و نقل برای بدست آوردن تناسب رشد شهری استفاده می‌کند. سیستم iCity از تراکم و رتبه های تأثیر کاربری‌های مسکونی، تجاری و فضای سبز، به همراه پارسل‌های آنها، برای تعیین رشد شهری استفاده می‌کند. بنابراین اکثر این سیستم‌ها مطابق با ویژگی‌ها، شرایط محیطی و اهداف خاص منطقه مورد مطالعه طراحی شده‌اند و از مدل‌ها و معیارهای مختلفی در توسعه آن‌ها استفاده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

هدف از این تحقیق توسعه یک سیستم حامی برنامه‌ریزی مکانی جهت تغییر کاربری اراضی شهری می‌باشد که ULCMS (Urban Land use Change Management System) نام دارد. این سیستم با الهام از روشها و تحلیل‌های مطالعات طرح‌های جامع شهری در ایران و با بررسی نقاط قوت و ضعف سیستم‌های مورد بررسی، توسعه یافته است. به عبارت دیگر روشها و مطالعات طرح‌های جامع شهری در قالب شاخص‌ها و مدل‌های مورد استفاده در سیستم‌های مورد بررسی، مدلسازی گردیده و ابزارهای سیستم طراحی شده است.

سیستم توصیف شده در مقاله حاضر قابلیت اجرای سه فرایند اصلی تعیین تناسب زمین برای هر نوع کاربری، تعیین تقاضای مورد نیاز و فرایند تغییر کاربری اراضی را دارد. تفاوت اصلی این سیستم با بقیه سیستم های موجود در این است که سه مرحله برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری را در یک ابزار ترکیب کرده است به صورتی که خروجی هر مرحله به عنوان ورودی برای مراحل دیگر می‌باشد. همچنین در این سیستم می‌توان به راحتی نتایج سناریوهای مختلف را در قالب نقشه تغییر کاربری پیشنهادی ملاحظه نمود.

مواد و روش‌ها

در طرح‌های جامع شهری برای تبیین وضعیت موجود، نقشه‌های فاکتور متعددی مانند نقشه‌های کاربری، نقشه‌های شبکه معابر، زیرساخت‌ها، توپوگرافی، تراکم و ... تهیه می‌شود و به منظور تحلیل مطالعات بخشی، نقشه‌های فوق با استفاده از روش‌هایی مانند فرایند تحلیل سلسله مراتبی و همپوشانی شاخص وزن دهی و تلفیق می‌گردند. در این تحقیق نقشه‌های فاکتور مورد استفاده در قالب چهار نقشه تناسب محیطی، دسترسی، همسایگی و محدودیت مدلسازی گردید و در تلفیق نقشه های فاکتور از روش‌های متداول در سیستم های SPSS توسعه داده شده، استفاده شده است.

سیستم توسعه داده شده برای داده های شهر شیراز مورد ارزیابی قرار گرفته است. شهر شیراز، مرکز استان فارس به طول ۴۰ کیلومتر و عرضی متفاوت بین ۱۵ تا ۳۰ کیلومتر با مساحت ۱۲۶۸ کیلومتر مربع به شکل مستطیل و از لحاظ جغرافیایی در بخش مرکزی استان فارس قرار دارد. این شهر معادل ۸/۵ درصد از مساحت کل استان را به خود اختصاص داده و با ارتفاع متوسط ۱۵۴۰ متر از سطح دریا از نواحی مرتفع استان به شمار می‌آید. بر اساس سرشماری عمومی نفوس و مسکن سال ۱۳۸۵ خورشیدی، جمعیت شهر شیراز در این سال بالغ بر ۱۲۱۴۸۰۸ نفر بوده است که از این تعداد ۶۱۳۸۳۰ نفر مرد و ۶۰۰۹۷۸ نفر زن بوده‌اند. همچنین تعداد خانوارهای ساکن این شهر، ۳۱۵۷۲۵ خانوار بوده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

در این تحقیق از داده‌های شهر شیراز در سال ۱۳۸۵ استفاده شد تا با توجه به تقاضای کاربری‌ها، رشد شهر در سال ۱۳۹۰ و ۱۳۹۵ مدل‌سازی گردد. در این زمینه یک پایگاه داده مکانی از مجموعه نقشه های شبکه راه‌ها، مراکز جذب جمعیتی، مناطق ترافیکی و مناطق غیر قابل تغییر کاربری در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ ایجاد گردید. لازم به ذکر است که محل مراکز جذب سفر شهر شیراز مانند بازارها، مراکز خرید، پارک‌ها و مساجد استخراج شده و به صورت لایه نقطه‌ای آماده‌سازی گردید. همچنین نقشه کاربری اراضی شهر شیراز به عنوان مبنای تولید نقشه اثر همسایگی و محاسبه تقاضا، وارد سیستم شده است. این نقشه به هشت کلاس مسکونی، تجاری، صنعتی، فضای سبز، خدماتی، زراعت، بایر و سایر تقسیم شده است. که برای پنج کاربری اراضی مسکونی، تجاری، صنعتی، فضای سبز، خدماتی نقشه‌های تناسب بدست آمده و کاربری مورد نیاز آن‌ها تخصیص داده می‌شود.

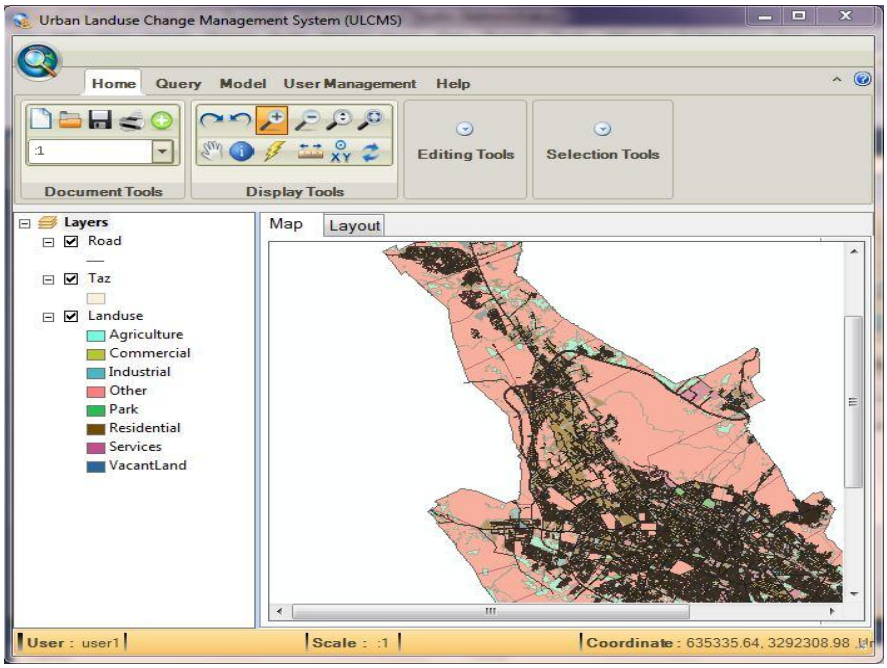
توصیف مدل یکپارچه سیستم ULCMS

سیستم کاربری اراضی شهری توسعه داده شده در این تحقیق (ULCMS) که یک بسته نرم افزاری مستقل است، روی چارچوب ویژوال استودیو ۲۰۱۰ با استفاده از ArcEngine10 توسعه داده شده است. یکی از ویژگی‌های سیستم این است که قادر به انجام برخی آنالیزهای GIS، مثل تولید شیب و جهت شیب از لایه رقومی ارتفاع، تبدیل بردار به سلول، کلاسه بندی و همپوشانی لایه‌های سلولی و آنالیز فاصله اقلیدسی می‌باشد. صفحه اصلی این سیستم در شکل ۱ نمایش داده شده است. علاوه بر قابلیتهای تحلیلی فوق این سیستم دارای قابلیت‌های عمومی یک سیستم GIS پایه شامل نمایش لایه‌ها و حرکت روی نقشه، تغییر نحوه نمایش لایه‌ها، نمایش جدول اطلاعات توصیفی، ویرایش داده‌های مکانی و توصیفی، پرسش و پاسخ مکانی و تولید گزارش، مدیریت کاربران و سطوح دسترسی، ذخیره و چاپ نقشه و غیره می‌باشد.

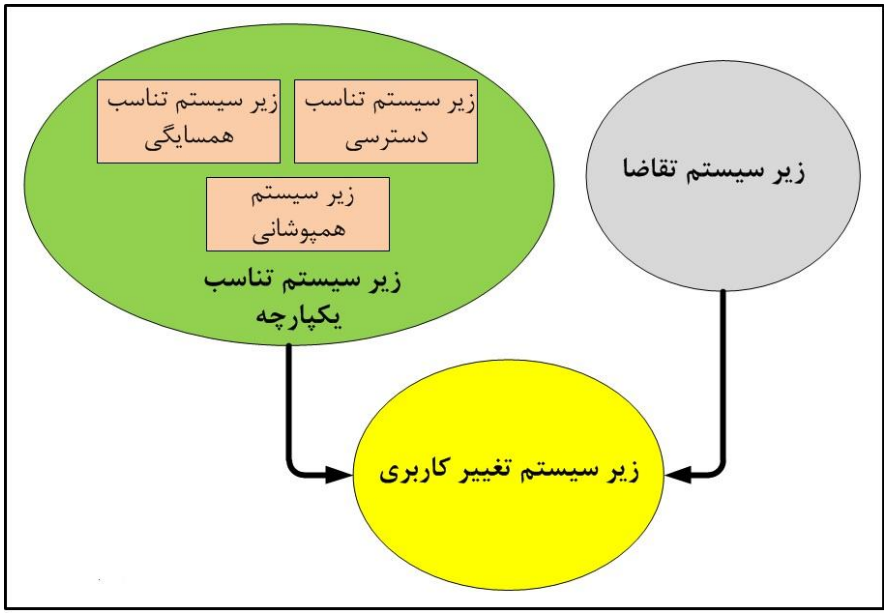
چارچوب کلی مدل سازی سیستم در شکل ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، دو فاکتور اثر همسایگی و دسترسی مدلسازی می‌گردند که با ترکیب آن‌ها در زیرسیستم تناسب یکپارچه، تناسب کلی هر کاربری برای هر واحد زمین محاسبه می‌گردد. سپس نتیجه این بخش به همراه مدل تقاضای کاربری‌ها ترکیب می‌شود تا مبنای تغییر کاربری‌ها در منطقه مورد مطالعه گردد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]



شکل (۱). صفحه اصلی رابط گرافیکی نرم افزار ULCMS



شکل (۲). چارچوب کلی سیستم مدیریت تغییر کاربری اراضی ULCMS

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

مدل ارزیابی تناسب یکپارچه اراضی

ارزیابی تناسب زمین گامی اساسی در بررسی تغییر کاربری اراضی شهری است. ارزیابی تناسب می‌تواند برای شناسایی مناسب‌ترین الگوی مکانی برای کاربری اراضی آتی مطابق با نیازهای مشخص شده، برای تعیین اولویت‌ها و یا پیش بینی فعالیت‌های معین انجام گردد (Malczewski, 2004). اندازه گیری یا محاسبه مقدار دقیق تناسب یک واحد از سرزمین برای یک کاربری خاص غیر عملی است. در این تحقیق برای ارزیابی نسبی تناسب، مجموعه‌ای از معیارهای دسترسی (قابلیت دستیابی به مجموعه زیر ساخت‌ها و مراکز عمده جمعیتی و صنعتی) و همسایگی (تعامل بین کاربری‌های مختلف) استفاده شده است. در ادامه روند مدل سازی هر یک از معیارهای مذکور و ارزیابی یکپارچه آن‌ها تشریح می‌گردد.

آنالیز همسایگی

همسایگی مجموعه‌ای از یک یا چند موقعیت است که در طول یک فاصله مشخص از سلول مرکزی می‌باشد که این فاصله مشخص به وسیله تعریف شکل و اندازه همسایگی تعریف می‌گردد (Verburg et al., 2004). به منظور محاسبه این اثرات معمولاً از روش اتوماسیون سلولی استفاده می‌شود. در این روش وضعیت هر سلول با استفاده از ارزش سلول‌های مجاور و در قالب توابع انتقال در بازه‌های زمانی مشخص محاسبه می‌گردد (White and Engelen, 2000). در این تحقیق، میزان اثر همسایگی هر سلول طبق رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$\mathrm{N}^{t}_{L,x,y} = \sum_{d}\sum_{k} W_{k,L,d} \qquad d = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$ رابطه (۱)

در رابطه (۱) $\mathrm{N}^{t}_{L,x,y}$ بیانگر میزان تأثیر تمامی سلول‌های با کاربری K می‌باشد که در فواصل d از یک سلول مرکزی با مختصات x,y و کاربری L قرار دارند. $W_{k,L,d}$ بیانگر وزن لحاظ شده برای تأثیر یک سلول با کاربری k بر سلول مرکزی با کاربری L در فاصله همسایگی d است. در غالب تحقیقات صورت گرفته در زمینه مدلسازی تغییر کاربری اراضی شهری معمولاً از همسایگی هشت سلول همسایه استفاده شده است. برای محاسبه $W_{k,L,d}$ روش محاسبه فاکتور غنی شدگی ارائه شده است که طبق رابطه ۲ از تقسیم تراکم محلی هر کاربری در فاصله مشخص از شعاع تأثیر به تراکم کل آن کاربری محاسبه می‌گردد (Verburg et al., 2004).

$$\mathrm{f_{ikd}} = \frac{\mathrm{n_{kdi}}/\mathrm{n_{di}}}{\mathrm{N_k}/\mathrm{N}} \qquad \mathrm{i} \in \mathrm{L}$$ رابطه (۲)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

در این رابطه f_{ikd} اثر همسایگی سلول‌های مجاور دارای کاربری k که در فاصله d از سلول i (با کاربری L) قرار دارند، می‌باشد. همچنین n_{kdi} و n_{di} به ترتیب تعداد سلول‌های مجاور دارای کاربری k و تعداد سلول‌های موجود در فاصله d هستند. N_k و N نیز تعداد کل سلول‌های دارای کاربری k و تعداد کل سلول‌های موجود در منطقه مورد مطالعه هستند. به منظور مقایسه بهتر مقادیر فاکتور غنی‌سازی از لگاریتم این مقادیر استفاده می‌شود (کریمی، ۱۳۸۹). بنابراین لگاریتم فاکتورهای غنی شدگی تمام کاربری‌ها نسبت به کاربری مورد نظر (L) برابر وزن ($W_{k,L,d}$) آن کاربری‌هاست که در محاسبه اثر همسایگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در شکل ۳ پنجره فاکتور غنی‌شدگی در زیر سیستم اثر همسایگی ارائه شده است. در این پنجره کاربر قادر به تغییر و اصلاح و نیز ترسیم جامع‌تر و جزئی‌تر منحنی‌های جذب و دفع کاربری‌های اراضی در طول فاصله‌های مختلف می‌باشد. به عبارتی دیگر، کاربر می‌تواند با تغییر اعداد مربوط به جدول فاکتور غنی شدگی نمودار های مربوطه را ویرایش کند. همچنین کاربر با وارد نمودن تعداد سلول‌های همسایه می‌تواند تعداد سلول‌های همسایه تأثیر گذار بر کاربری سلول مرکزی را مشخص کند تا محاسبات تناسب همسایگی بر مبنای آن صورت گیرد.

	Distance	EF Residential	EF Commercial	EF Industrial	EF Park
	1	0.43	2.29	1.96	2.17
	2	0.35	2.05	1.77	1.98
	3	0.32	1.91	1.65	1.85
	4	0.29	1.82	1.53	1.72
	5	0.28	1.74	1.45	1.64
	6	0.26	1.69	1.39	1.57
	7	0.25	1.63	1.34	1.52
	8	0.25	1.59	1.28	1.48
	9	0.24	1.55	1.24	1.43
	10	0.24	1.50	1.18	1.40
	11	0.24	1.46	1.14	1.35
	12	0.24	1.42	1.11	1.32
	13	0.23	1.39	1.08	1.30
	14	0.23	1.36	1.05	1.27
	15	0.22	1.34	1.01	1.24
	16	0.22	1.31	0.97	1.23
	17	0.22	1.29	0.93	1.23

شکل (۳). پنجره ULCMS برای محاسبه تأثیر کاربری‌های موجود بر کاربری مسکونی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

آنالیز دسترسی

دسترسی به عنوان یکی از عوامل موثر در فرایند تغییر، موجب گسترش رقابت اقتصادی در سطح شهر و تغییر ارزش زمین‌های مجاور سیستم حمل و نقل می‌گردد که این امر خود به تغییر کاربری منتهی می‌شود (عامری و برگ گل، ۱۳۸۵). علاوه بر دسترسی به شبکه راه‌ها، محاسبه قابلیت نسبی دسترسی مکان‌های مختلف به مراکز عمده اجتماعی – اقتصادی از طریق سیستم حمل و نقل با استفاده از مدل گرانش ضروری می‌باشد (کریمی، ۱۳۸۹). قابلیت دسترسی به زیر ساخت‌ها و مراکز عمده در دو مرحله زیر تعیین می گردد:

مرحله ۱- دسترسی مکان‌های مختلف به سیستم حمل و نقل: میزان دسترسی هر مکان با توجه به فاصله اقلیدسی آن از نزدیک‌ترین نقطه شبکه راه‌ها و با استفاده از رابطه ۶ (Engelen et al., 1997) بدست می‌آید:

$$A_{ijk} = \frac{1}{1+{D_{ij}}/{a_{jk}}}, j = 1,2,3,4$$ رابطه (۶)

در رابطه فوق، A_{ijk} بیانگر میزان دسترسی سلول i با کاربری k به زیرساخت j، D_{ij} بیانگر فاصله اقلیدسی سلول i تا نزدیک‌ترین سلول متعلق به زیر ساخت j و a_{jk} بیانگر اهمیت دسترسی کاربری k به زیر ساخت j می‌باشد. همچنین پارامتر a_{jk} بیانگر روند کاهش نیاز یک سلول با کاربری k با افزایش فاصله از زیر ساخت j می‌باشد.

مرحله ۲- دسترسی مکان‌های مختلف به مراکز عمده از طریق شبکه حمل و نقل: برای این منظور ابتدا منطقه مورد مطالعه به چندین ناحیه تقسیم شده و سپس میزان دسترسی نسبی هر ناحیه با استفاده از مدل گرانش طبق رابطه (۷) محاسبه می گردد (Vandenbulcke et al., 2009):

$$A_g = \left(\sum_{h=1} P_h * e^{-\beta T_{gh}}\right)$$ رابطه (۷)

در رابطه بالا A_g، بیانگر میزان دسترسی هر ناحیه جمعیتی g، T_{gh} بیانگر زمان دسترسی ناحیه جمعیتی g به مرکز عمده h، P_h بیانگر اهمیت مرکز عمده h و β بیانگر روند کاهش میزان دسترسی با افزایش زمان دسترسی می‌باشد.

در انتها میزان دسترسی کلی برای کاربری‌های مختلف با استفاده از میانگین وزن‌دار دسترسی به جاده‌ها و مراکز عمده، محاسبه می‌گردد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

آنالیز همپوشانی نقشه‌های تناسب

برای تعیین تناسب یکپارچه هر واحد مکانی برای کاربری‌های مختلف، نیاز به تلفیق فاکتورهای موثر (دسترسی، همسایگی) می‌باشد. صرف نظر از تکنیک‌های مورد استفاده در تعیین هر یک از فاکتورهای موثر در تعیین تناسب کلی، به منظور تلفیق نقشه های فاکتور بیشتر از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره استفاده شده است (Van Delden et al., 2007).
در تحقیق حاضر جهت تلفیق نقشه‌ها در ارزیابی یکپارچه تناسب، روش‌های همپوشانی وزن دار خطی (Mendoza 2000; Bojorquez-Tapia, et al., 2001; White et al. 1997)، آنالیز نقطه ایده‌آل (Barredo, 1996) و موتور استنتاج فازی (Van Ranst, et al., Tang et al., 1992 ; 1996) پیاده‌سازی گردیده است. در این آنالیز کاربر قادر با تغییر وزن نقشه‌ها با استفاده از دو روش مستقیم و AHP برای هر کاربری می‌باشد. همچنین امکان تغییر پارامتر P در رابطه آنالیز نقطه ایده‌آل فراهم شده است.

ارزیابی تقاضا

اکثر مدل‌های تعیین میزان مساحت مورد نیاز کاربری‌ها از داده‌ها و روابط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و داده‌های سالیان گذشته استفاده می‌کنند. در بین روش‌های مدل‌سازی مختلف، می‌توان به روش‌های تجربی بر پایه رشد جمعیت و توسعه اقتصادی (Liu et al., 2007)، رگرسیون آماری (Verburg et al., 2002) و روش‌های برنامه ریزی خطی چندمنظوره (Wang et al., 2005) اشاره نمود. در این تحقیق مساحت مورد نیاز کاربری‌ها به تفکیک نواحی با استفاده از روش رگرسیون آماری محاسبه گردید. در این روش با استفاده از شبیه سازی تغییرات کاربری‌ها در طول سال‌های گذشته و روشهای برازش آماری، تغییرات کاربری‌ها در سالهای افق محاسبه می‌گردد.

مدل تغییر کاربری اراضی

در سیستم ULCMS نقشه‌های تناسب زمین برای هر کاربری، نقشه‌های مناطق محدودیت تغییر کاربری و میزان تقاضای کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه به عنوان ورودی وارد مرحله تغییر کاربری می‌گردند. روش پیشنهادی برای تغییر کاربری اراضی تلفیقی از روش بهینه سازی سلسله مراتبی (Stephenne and Lambin, 2001) و ماکزیمم پتانسیل (White and Engelen,2000) است. روش بهینه سازی سلسله مراتبی شامل تخصیص مناسب‌ترین مناطق برای کاربری با بالاترین الویت است، تا زمانی که سطح مورد نیاز برای آن کاربری تأمین شود.

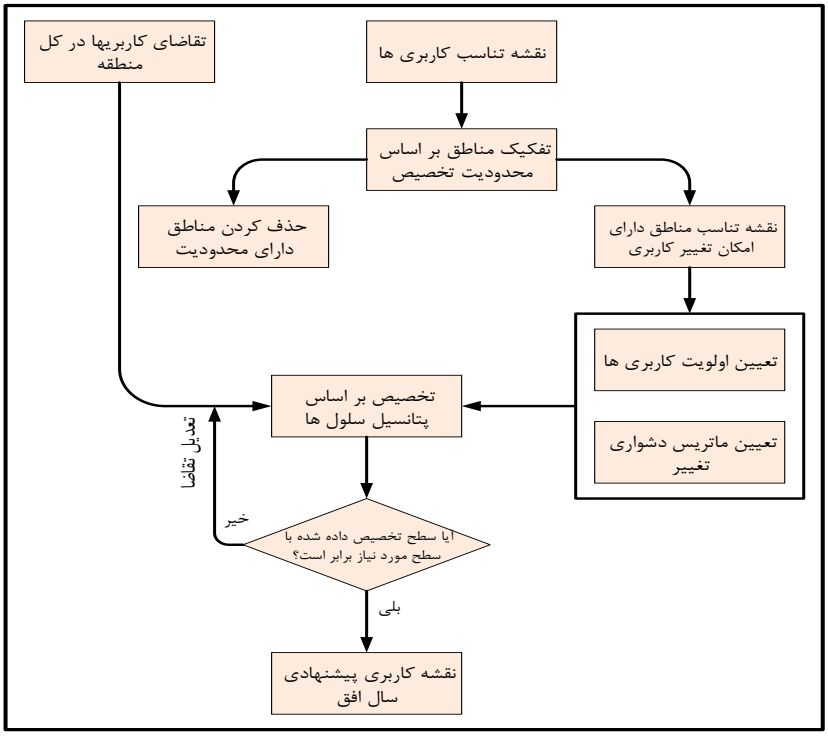
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

سپس فرایند به وسیله تخصیص زمین برای کاربری با اولویت دوم ادامه می‌یابد. فرایند تا زمانی که همه منطقه تخصیص یابد، تکرار می‌شود. در روش ماکزیمم پتانسیل، تخصیص اولیه بر اساس میزان پتانسیل هر پیکسل و میزان تقاضای هر کاربری در هر واحد تقاضا صورت می‌گیرد. اگر در یک منطقه میزان تقاضای یک کاربری برآورده گردد، در پیکسل‌هایی که بیشترین تناسب را برای این کاربری دارند؛ کاربری با تناسب دوم جایگزین مناسب‌ترین کاربری می‌شود. این عملیات تکرار می‌گردد تا میزان تقاضای هر کاربری در هر منطقه مرتفع گردد. در مناطقی که میزان تقاضا برای چند کاربری مرتفع نگردیده است، با توجه به سطح تخصیص یافته و تقاضای هر منطقه برای این کاربری‌ها، تعدیل میزان تقاضای مناطق انجام می‌شود. به عبارت دیگر از میزان تقاضای یک منطقه کم و به سایر مناطق اضافه می‌شود.

در روش تلفیقی ابتدا کاربر، کاربری‌ها را بر اساس اهمیت رتبه‌بندی می‌کند، سپس بر اساس آنالیز ماکزیمم پتانسیل و میزان سهولت تغییر، با اجرای یک فرایند تکرارشونده مساحت تخصیص داده شده به هر کاربری با مساحت مورد نیاز آن برابر می‌گردد. شکل ۴ مدل مفهومی تغییر کاربری‌ها را نشان می‌دهد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

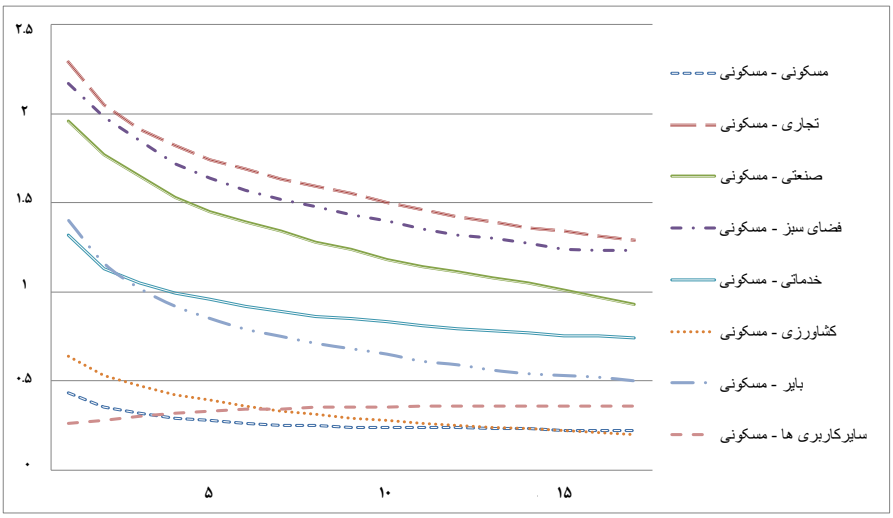


شکل (۴). روند تغییر کاربری اراضی شهری در سیستم ULCMS

نتایج

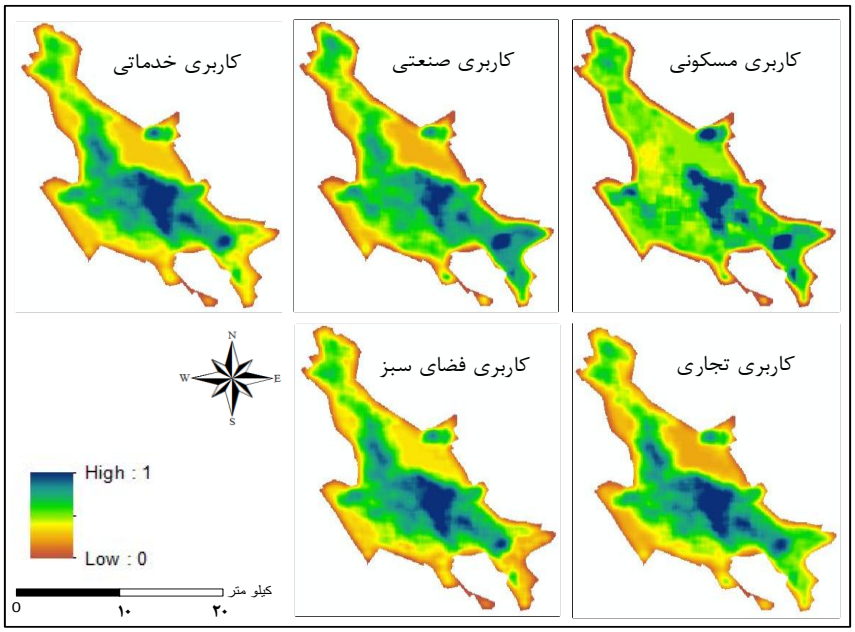
در این بخش بر اساس چارچوب ارائه شده در بخش ۲، نحوه ارزیابی سیستم توسعه داده شده توسط داده های منطقه مورد مطالعه ارائه می‌شود. در ابتدا داده‌های ورودی ذکر شده در بخش ۲ به سیستم معرفی گردیدند. اندازه سلول در داده‌های سلولی ۱۰۰ متر لحاظ شده است. در مرحله اول در زیر سیستم تناسب یکپارچه اراضی، جهت تعیین نقشه‌های تناسب همسایگی با وارد کردن نقشه کاربری با اندازه سلول ۱۰۰ متر، شاخص فاکتور غنی شدگی هر کاربری بدست آمد. در شکل ۵ نمودار لگاریتم فاکتور غنی شدگی برای کاربری مسکونی نشان داده شده است. این گراف نشان می‌دهد که کاربری اراضی مسکونی و تجاری جذاب‌ترین همسایه‌ها برای مناطق مسکونی جدید هستند. از طرف دیگر، مناطق بایر و زراعی و سایر کاربری‌ها به عنوان عوامل دافع تأثیرگذار هستند.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]



شکل (۵). نمودار لگاریتم فاکتور غنی شدگی برای کاربری مسکونی در شهر شیراز

مطابق روش تشریح شده در قبل، فاکتور غنی شدگی محاسبه شده با نظر کارشناسی اصلاح گردید و تا ۱۵ سطح از سلول‌های همسایه جهت تعیین نقشه تناسب همسایگی استفاده گردیدند. در شکل ۶ نقشه تناسب همسایگی برای کاربری‌های اصلی ارائه شده است.



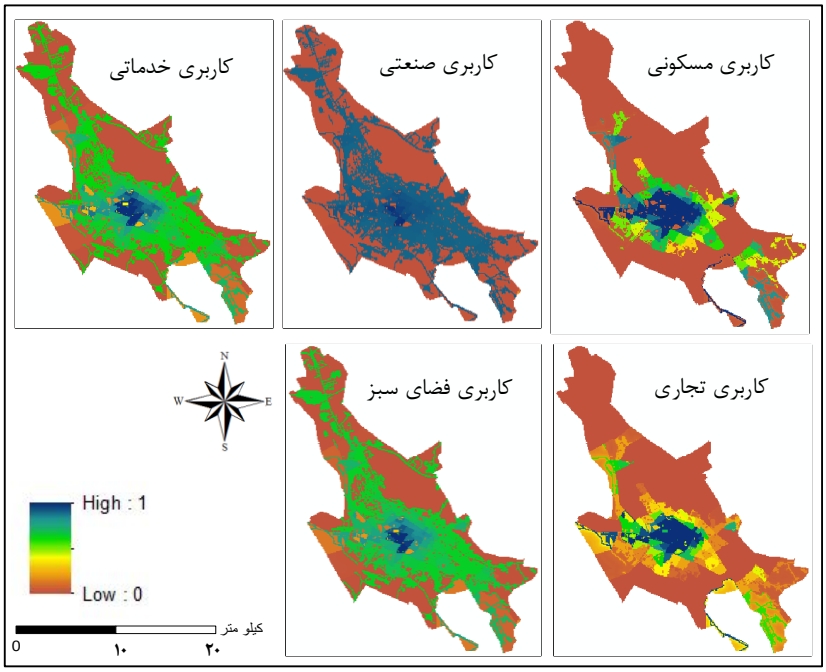
شکل (۶). نقشه‌های تناسب همسایگی برای کاربری‌های اصلی با اندازه سلول ۱۰۰ متری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

در مرحله دوم در زیر سیستم تناسب یکپارچه اراضی، جهت تعیین نقشه‌های تناسب دسترسی، نقشه‌های دسترسی به راه‌ها و مراکز جذب تولید گردید. برای این منظور، پس از ورود، لایه راه‌ها به لایه سلولی تبدیل شده، و فاصله اقلیدسی محاسبه شد. در نهایت با استفاده از رابطه ۴ نقشه دسترسی به جاده‌ها برای کاربری‌های مختلف بدست آمد. سپس لایه مراکز جذب و نقشه نواحی موجود در شهر شیراز به عنوان داده های ورودی به سیستم معرفی گردید و پس از ساخت شبکه راه‌ها با انتخاب یک ستون مقادیر هزینه، ماتریس مبدأ و مقصد محاسبه و با وارد کردن اهمیت هر کدام از مراکز جذب، نقشه دسترسی به مراکز جذب حاصل گردید. در انتها نقشه دسترسی کلی برای هر یک از کاربری‌ها با استفاده از روش‌های ترکیب خطی وزن‌دار بدست آمد (شکل ۷).

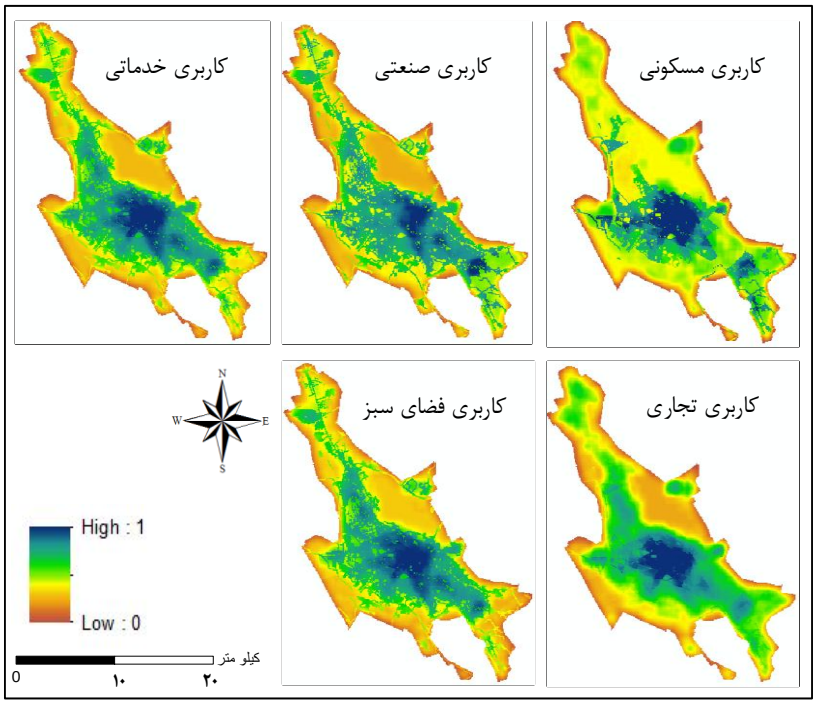
در مرحله آخر در زیرسیستم تناسب یکپارچه اراضی، جهت تعیین تناسب کلی کاربری‌ها، اهمیت نسبی هر یک از معیارهای همسایگی (N) و دسترسی (A) برای کاربری‌های مختلف تعیین گردید. سپس با استفاده از آنالیز نقطه ایده‌آل نقشه‌های ذکر شده همپوشانی گردیدند که نتایج آن در شکل ۸ نشان داده شده اند.



شکل (۷). نقشه‌های تناسب دسترسی برای کاربری‌های اصلی با اندازه سلول ۱۰۰ متری

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

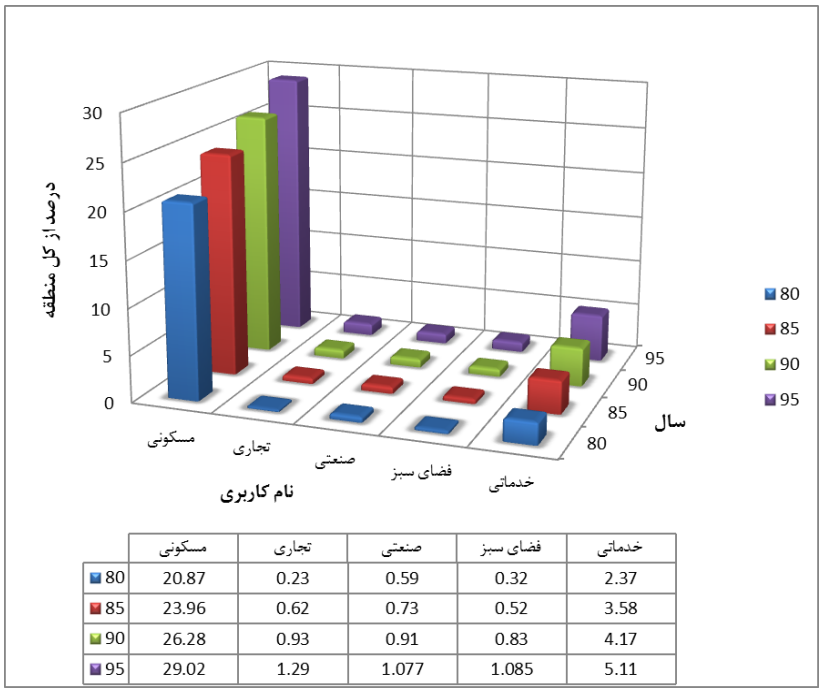


شکل (۸). نقشه‌های تناسب کلی برای کاربری‌های اصلی با اندازه سلول ۱۰۰ متری

در زیرسیستم تعیین تقاضا مساحت مورد نیاز کاربری‌های مختلف در شهر شیراز در سال افق (۱۳۹۵) با استفاده از برازش خطی مساحت کاربری‌های موجود طی سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۵، ۱۳۹۰ تعیین گردید که نتایج آن در شکل ۹ نمایش داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]



	مسکونی	تجاری	صنعتی	فضای سبز	خدماتی
80	20.87	0.23	0.59	0.32	2.37
85	23.96	0.62	0.73	0.52	3.58
90	26.28	0.93	0.91	0.83	4.17
95	29.02	1.29	1.077	1.085	5.11

شکل (۹). درصد مساحت کاربری‌های اصلی در شهر شیراز

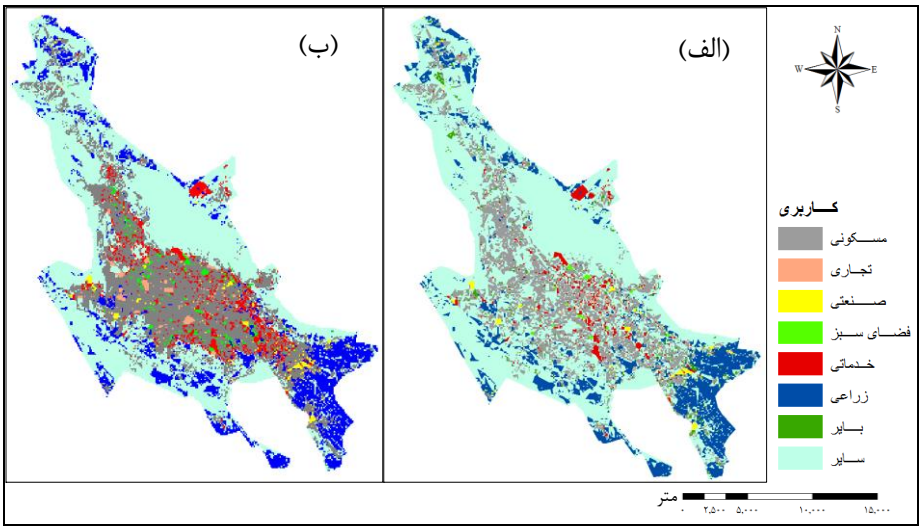
در زیرسیستم تغییر کاربری، نقشه‌های تناسب و میزان تقاضای حاصل از بخش‌های پیشین و نقشه محدوده‌های غیر قابل تغییر کاربری به عنوان ورودی مدل وارد گردیدند. سپس تخصیص کاربری با تعیین اولویت تخصیص کاربری‌ها و ماتریس سهولت تغییر هر کاربری به کاربری دیگر، بر اساس مدل بخش ۲-۴ انجام گردید. در جدول ۱ ماتریس سهولت تغییر که به کمک دانش کارشناسی تولید گردیده، ارائه شده است. به عنوان نمونه سهولت تغییر کاربری از بایر به مسکونی ۴۵ و از مسکونی به مسکونی ۱۰۰ درصد لحاظ شده است. همچنین تخصیص به ترتیب اولویت برای کاربری‌های مسکونی، تجاری، خدماتی، صنعتی و فضای سبز صورت گرفت. در شکل ۱۰ نقشه کاربری پیشنهادی سال ۱۳۹۵ شهر شیراز نمایش داده شده است.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

جدول (۱). ماتریس سهولت تغییر کاربری اراضی شهری (بر حسب درصد)

کاربری مبدا / کاربری مقصد	مسکونی	تجاری	صنعتی	فضای سبز	خدماتی	زراعت	بایر	سایر
مسکونی	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۸	۴۵	۲۰
تجاری	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۵	۱۵
صنعتی	۰	۰	۱۰۰	۰	۰	۵	۳۵	۱۵
فضای سبز	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۲	۱۸	۱۵
خدماتی	۱۵	۰	۰	۰	۱۰۰	۲	۱۵	۱۵



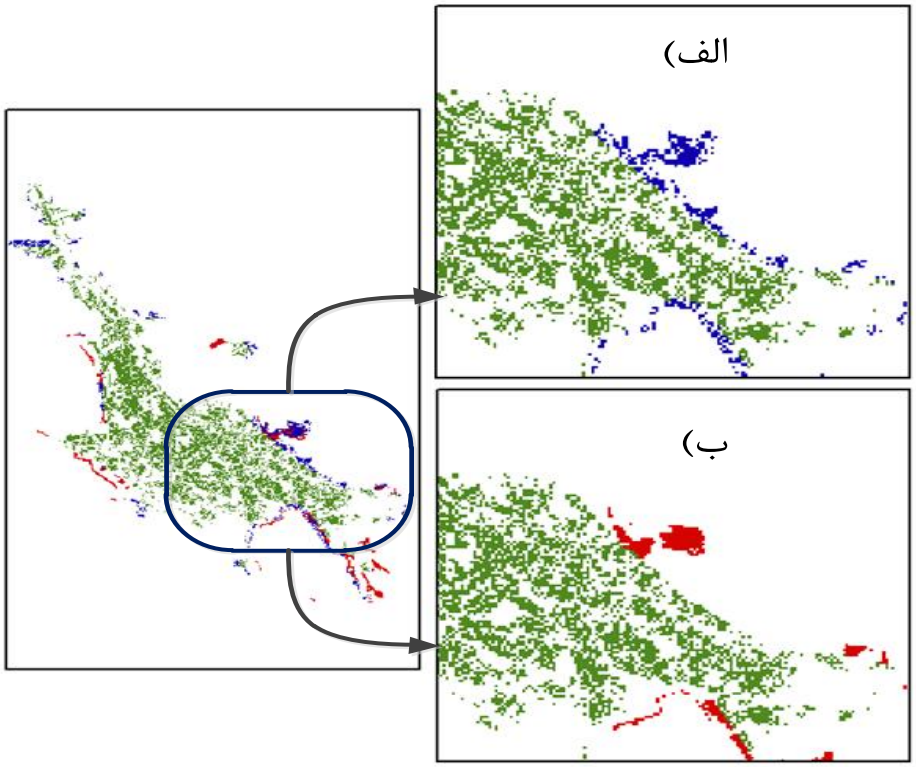
شکل (۱۰) الف) نقشه کاربری اراضی سال ۸۵ و ب)کاربری پیشنهادی سال ۹۵ شهر شیراز

جهت ارزیابی سیستم با کار دیگر محققان، از نقشه کاربری سال ۱۳۸۵ استفاده شد تا نقشه کاربری سال ۱۳۹۰ پیش بینی گردد و با استفاده از شاخص سازگاری با نقشه کاربری واقعی این سال مقایسه شود. شاخص سازگاری (کریمی، ۱۳۸۹) یک شاخص آماری است که در آن مساحت عدم تغییر کاربری‌ها از سال مبنا به سال افق حذف شده و مقایسه میان دو نقشه را واقع گرایانه‌تر انجام می‌دهد.

پس از تعیین نقشه‌های تغییر کاربری شبیه سازی شده برای سال افق۱۳۹۰، با استفاده از نقشه کاربری اراضی واقعی این سال و همچنین نقشه کاربری واقعی سال مبنا، ارزیابی سناریو

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

بر مبنای شاخص سازگاری صورت گرفت و مقدار آن ۰/۴۸ تعیین گردید. همانطور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است، رشد کاربری مسکونی از سال ۱۳۸۵ به سال ۱۳۹۰ در نقشه کاربری شبیه‌سازی شده توسط سیستم و نقشه کاربری واقعی مورد مقایسه قرار گرفته است.



شکل (۱۱). ارزیابی نقشه شبیه سازی شده شهر شیراز از سال مبنا (۱۳۸۵) به سال افق (۱۳۹۰)
الف) نقشه کاربری واقعی سال ۱۳۹۰، ب) نقشه کاربری شبیه سازی شده برای سال ۱۳۹۰

با توجه به نتایج حاصل می‌توان گفت، گرچه مقادیر مربوط به شاخص مطلوبیت کم است ولی در مقایسه با دقت مدل‌های متداول مقادیر محاسبه شده در حد قابل قبولی هستند. در این راستا Pontius et al.,(2001) مدلسازی تغییر کاربری را در سیزده منطقه که با استفاده از پیاده سازی نه مدل Land، SLETH، GEOMOD، CLUE-S، LTM، SAMBA، Logistic Regression، Enviroment Explorer و Use Scanner CLUE حاصل شده بودند، مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده است و به این نتیجه رسید که شاخص سازگاری در منطقه‌های Cho Don،

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

Marous، Kuala Lumpur، Honduras، Haidian، Costa Rica و Perinet به ترتیب ۲۱، ۲۳، ۲۸، ۳۸، ۴۳، ۴۹ و ۵۹ است. در تحلیل خطای فوق می‌توان به خطای موجود در تولید نقشه های کاربری واقعی و خطای مدلسازی اشاره نمود. عدم لحاظ استانداردها و فاکتورهای موثر در فرایند تغییر کاربری مربوط به کشورهای در حال توسعه را می‌توان از دیگر دلایل کم بودن دقت مدلسازی عنوان نمود.

نتیجه گیری

توسعه یک سیستم حامی برنامه‌ریزی مکانی یک کار دشوار و وقت‌گیر است. دانش کامل از مدل‌های زیرسیستم‌های تناسب و تقاضا و شرایط لازم جهت یکپارچه‌سازی این مدل‌ها نقش اساسی را در توسعه چنین سیستم‌هایی دارد. سیستم ULCMS ارزیابی تناسب زمین، ارزیابی مقدار تقاضای تغییر زمین تغییر کاربری اراضی را در یک چارچوب کلی ارائه می‌دهد. در این تحقیق داده‌های شهر شیراز جهت ارزیابی سیستم به کار برده شدند تا پتانسیل و کارایی سیستم به عنوان یک ابزار حامی تصمیم گیری نشان داده شود و نقاط قوت و ضعف سیستم شناسایی گردد.

یکی از نقاط قوت سیستم این است که در زیرسیستم ارزیابی اثر همسایگی، کاربر می‌تواند به عنوان یک کارشناس، دیاگرام‌های مربوط به فاکتور غنی شدگی را که اساس زیرسیستم می‌باشد، اصلاح و بازنگری نماید و نقطه نظرات خود را با توجه به شرایط محلی منطقه اعمال نماید. یکی از مشکلات مدل‌های تخصیص موجود اعمال تغییرات زیاد و گاهی دور از واقعیت در کاربری‌ها می‌باشد. در این سیستم با لحاظ نمودن سهولت تغییرات کاربری‌ها شرایطی اعمال شده که با حداقل تغییرات کاربری‌ها و در عین حال پیشنهاد تغییراتی که عملاً امکان‌پذیر و آسان می‌باشند، اصلاح کاربری‌ها صورت گیرد. پیشنهاد جهت تغییر کاربری‌ها در حالت صحیح و کامل آن بایستی بر اساس ارزیابی وضع موجود، ارزیابی تناسب تمامی اراضی برای هر نوع کاربری، ارزیابی تقاضای کاربری‌ها (سرانه‌ها)، ارزیابی دسترسی کاربری‌ها و ارزیابی اثرات همسایگی‌ها (اثرات کاربری‌ها بر یکدیگر) صورت گیرد. در اکثر تحقیقات موجود قبلی، فقط بخش‌هایی خاص از این تغییر کاربری مدلسازی شده‌اند.

در ULCMS سعی شده است تمامی مراحل مختلف در قالب زیرسیستم‌هایی مدلسازی شده و در یک زیرسیستم دیگر با یکدیگر ترکیب گردند. ULCMS کاربر را طی یک روال مشخص راهنمایی کرده تا تمامی مراحل را به همراه تخصیص کاربری‌ها به صورت کامل انجام دهد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

در این تحقیق مبنای ارزیابی تقاضا، ارزیابی تغییرات پیش آمده در گذشته و تعمیم آن به آینده می‌باشد. البته می‌توان از مدل‌های مناسب‌تری جهت تعیین تقاضای کاربری‌ها استفاده نمود. این سیستم امکان اجرای طرح‌های جامع را در محیطی یکپارچه به برنامه ریزان و طراحان می‌دهد و آن‌ها را قادر می سازد تا نظرات خود را در این محیط وارد یا اصلاح کنند و نتایج آن را به صورت گرافیکی ملاحظه کنند. همچنین این سیستم امکان پشتیبانی از کاربر یا گروهی از کاربران را برای دسترسی به کارایی بالاتر و تصمیم گیری بهتر و سریع‌تر فراهم می‌کند. یکی از نارسایی‌های این سیستم عدم توسعه زیرسیستمی برای ارزیابی سناریوهای مختلف و مشاهده مستقیم نتایج هر سناریو می‌باشد. در ادامه ی توسعه‌ی این سیستم قصد بر این است که چنین زیرسیستمی ایجاد شود به صورتی که کاربر بتواند نتیجه سناریوهای مختلف را مشاهده کرده و با هم مقایسه کند.

منابع و ماخذ

۱.عامری، محمود، برگ گل، ایرج، (۱۳۸۵). **مدل سازی تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه بر مبنای دسترسی و ارزش افزوده**، مجله علمی پژوهشی پژوهشنامه حمل و نقل، شماره ۴، صفحه ۱۴۴-۱۳۳.

۲.کریمی، محمد (۱۳۸۹). **توسعه روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مکانی برای تعیین کاربری و پوشش مطلوب سرزمین**، پایان‌نامه دکترا، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.

۳.سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۸۵). مرکز آمار ایران

Barredo Cano, J. I. (1996). ***Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la Ordenación del Territorio***.

Bojorquez-Tapia, L. A., S. Diaz-Mondragon, E. Ezcurra (2001) ***GIS-based approach for participatory decision making and land suitability assessment***, International Journal of Geographical Information Science 15(2): 129-151.

Croteau, K. G., B. G. Faber, , L.T. Vernon (1997) ***SMART PLACES: A tool for design and evaluation of land use scenarios,*** Proceedings of the 1997 ESRI User Conference (CDROM), ref. artículo.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

Dietzel, C. and K. Clarke (2006) ***The effect of disaggregating land use categories in cellular automata during model calibration and forecasting***, Computers, environment and urban systems 30(1): 78-101.

Engelen, G., R. White, I. UIjee (1997) ***Integrating constrained cellular automata models, GIS and decision support tools for urban planning and policy making***, Decision Support Systems in Urban Planning: 125-155.

Ewing, R., R. Pendall,D. Chen (2003) ***Measuring sprawl and its transportation impacts,*** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1831(-1): 175-183.

FAO (2000) ***Sistema de Informaci ´on de Recursos de Tierras para laPlanificaci ´on y Ordenamiento del Uso del Territorio***, FAO,Santiago, Chile (in Spanish).

Fischer, G., J. Granat, M. Makowski (1998) ***An interactive multiple-criteria analysis tool for land resources appraisal***, IIASA, Laxenburg, Austria: Report IR-98-051.

Klosterman, R. and C. Pettit (2005) ***Guest editorial: an update on planning support systems***." Environment and Planning 32(4): 477–484.

Klosterman, R. E. (1999) ***The What if? Collaborative planning support system***, Environment and Planning B 26: 393-408.

Liu, Y., X. Lv, X. Qin, H. Guo, Y. Yu, J. Wang (2007) ***An integrated GIS-based analysis system for land-use management of lake areas in urban fringe***, Landscape and urban planning 82(4): 233-246.

Malczewski, J. (2004) ***GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview***, Progress in planning 62(1): 3-65.

Matthews, K. B., A. R. Sibbald, S. Craw (1999) ***Implementation of a spatial decision support system for rural land use planning: integrating geographic information system and environmental models with search and optimisation algorithms***, Computers and electronics in agriculture 23(1): 9-26.

Mendoza, G. A. (2000) ***GIS-Based Multicriteria Approaches to Land Use Suitability Assessment and Allocation***, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE FOREST SERVICE GENERAL TECHNICAL REPORT NC: 89-94.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

Munroe, D. K. and A. M. York (2003) ***Jobs, Houses, and Trees: Changing Regional Structure, Local Land- Use Patterns, and Forest Cover in Southern Indiana***, Growth and Change 34(3): 299-320.

Pontius, R. G., J. D. Cornell, C. Hall (2001) ***Modeling the spatial pattern of land-use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica***, Agriculture, Ecosystems & Environment 85(1): 191-203.

Roetter, R., C. Hoanh, A. Laborte (2005) ***Integration of Systems Network (SysNet) tools for regional land use scenario analysis in Asia***, Environmental Modelling & Software 20(3): 291-307.

Rosa, D., J. Moreno, L García (1992) ***MicroLEIS: A microcomputer-based Mediterranean land evaluation information system***, Soil use and management 8(2): 89-96.

Rossiter, D. G. (1990) ***ALES: A framework for land evaluation using a microcomputer***, Soil use and management 6(1): 7-20.

Shabazian, D. and R. Johnson (2000) ***UPLAN-Urban Growth Model***, Information Center for the Environment. Retrieved July 24: 2002.

Siskos, Y., D. Despotis, M. Ghediri (1994) ***Multiobjective modelling for regional agricultural planning: Case study in Tunisia***, European Journal of Operational Research **77**(3): 375-391.

Stephenne, N. and E. Lambin (2001) ***A dynamic simulation model of land-use changes in Sudano-sahelian countries of Africa (SALU)***, **Agriculture**, Ecosystems & Environment 85(1): 145-161.

Stevens, D., S. Dragicevic, K. Rothley (2007) ***< i> iCity</i>: A GIS–CA modelling tool for urban planning and decision making***, Environmental Modelling & Software 22(6): 761-773.

Tang, H., E. Van Ranst, C. Sys (1992) ***An approach to predict land production potential for irrigated and rainfed winter wheat in Pinan County***, China, Soil technology 5(3): 213-224.
User Manual of Geographical Simulation and Optimization Systems (http: //www.cn/GeoSOS).

Van Delden, H., P. Luja, G. Engelen (2007) ***Integration of multi-scale dynamic spatial models of socio-economic and physical processes for river basin management***, Environmental Modelling & Software 22(2): 223-238.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

Van Ittersum, M., R. Hijmans, D.Scheele (1995) ***Description and user guide of GOAL-QUASI: an IMGLP model for the exploration of future land use***, DLO Research Institute for Agrobiology and Soil Fertility.

Van Ranst, E., H. Tang, R. Groenemam, S. Sinthurahat (1996) ***Application of fuzzy logic to land suitability for rubber production in peninsular Thailand***, Geoderma 70(1): 1-19.

Vandenbulcke, G., T. Steenberghen, I. Thomas (2009) ***Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning?***, Journal of Transport Geography 17(1): 39-53.

Verburg P.H., Soepboer W., A. Veldkamp, R. Limpiada, V. Espaldon (2002) ***Modelling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model,*** Environ. Manage 30: 391-405.

Verburg, P. H., T. de Nijs, J. van Eck, H. Visser, K. Jong (2004) ***A method to analyse neighbourhood characteristics of land use patterns,*** Computers, Environment and Urban Systems 28(6): 667-690.

Waddell, P. (2002) ***Modeling urban development for land use, transportation, and environmental planning***, Journal of the American Planning Association 68(3): 297-314.

Wang, I. L., E. L. Johnson, J. S. Sokol (2005) ***A multiple pairs shortest path algorithm,*** Transportation science 39(4): 465-476.

White, R. and G. Engelen (2000). ***High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems***, Computers, Environment and Urban Systems 24(5): 383-400.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1395.16.40.4.5]