سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال اول، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۸
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.1, No.4, Winter 2010
۲۱-۴۰

ارائه مدلی GIS مبنا برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای (منطقه مورد مطالعه: شهرستان برخوار و میمه)

محمد کریمی*[۱]، محمدسعدی مسگری[۲]، محمدعلی شریفی[۳]

۱. دانشجوی دکتری GIS، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه‌نصیرالدین‌طوسی
۲. استادیار گروه GIS، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳. دانشیار دانشکده علوم اطلاعات جغرافیایی و مشاهدات زمینی (ITC)، دانشگاه تونته، هلند

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۴/۲۶

چکیده

تأثیر پویای عوامل مختلف محیطی و اقتصادی و اجتماعی در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی، برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای را به فرایندی پیچیده بدل ساخته است. هدف از انجام این تحقیق، تکوین و توسعه مدلی جدید برای برنامه‌ریزی انواع کاربری اراضی منطقه‌ای با استفاده از مدل‌سازی تعامل بین تناسب سرزمین در سطح بزرگ‌مقیاس و تقاضای کاربری‌ها در سطح کوچک‌مقیاس است. ارزیابی یکپارچه تناسب سرزمین در قالب تولید و تلفیق نقشه‌های معیار شامل توان اکولوژیکی، تأثیر همسایگی، دسترسی و محدودیت با به‌کارگیری روش‌های هوشمند و تصمیم‌گیری چندمعیاره در محیط GIS مدل‌سازی شد و مساحت مورد نیاز کاربری‌های مختلف به تفکیک واحدهای تقاضا با استفاده از رگرسیون آماری داده‌های موجود تعیین گردید. مدل توسعه داده شده با استفاده از داده‌های مربوط به دو دهه اخیر شهرستان برخوار و میمه واقع در استان اصفهان مورد ارزیابی قرار گرفت و فرایند تخصیص برای کاربری‌های سکونتگاه شهری، سکونتگاه روستایی، صنعت و کشاورزی در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ انجام گرفت. نتایج این امر بیانگر آن است که در مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی منطقه‌ای، در نظر گرفتن ارزیابی یکپارچه تناسب سرزمین، تقاضای کاربری‌ها و قوانین تغییر کاربری به صورت همزمان ضروری است. نتایج این تحقیق، سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان را در خصوص برنامه‌ریزی اسکان جمعیت و استقرار فعالیت‌ها در فضا کمک می‌کند.

کلیدواژه‌ها: برنامه‌ریزی کاربری، تناسب، تقاضا، تخصیص، روش‌های هوشمند.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولی‌عصر، بالاتر از میرداماد، دانشکده نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، تلفن: ۸۸۷۸۶۲۱۲
Email: karimi_paveh@yahoo.com

۱- مقدمه

در تحلیل اولیه تغییر کاربری، پرسش‌هایی مانند «چرا؟ کجا؟ چه زمانی؟ چگونه؟ و چه مقدار؟» برای تغییر کاربری مطرح می‌گردد. افزایش جمعیت و لزوم تأمین نیازهای محیطی و اقتصادی و اجتماعی نسل حاضر موجب تغییر کاربری به صورت طبیعی می‌گردد. محدودیت منابع و تأمین نیازهای نسل آینده، ضرورت اعمال و دخالت دانش کارشناسی را در فرایند طبیعی تغییر کاربری نشان می‌دهند. مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی از مباحث اصلی مطالعات آمایش سرزمین و برنامه‌ریزی منطقه‌ای محسوب می‌شود؛ و از طرف دیگر نیاز مطالعات مختلف مانند اقلیم، منابع آب، حمل‌ونقل و محیط زیست به نقشه کاربری آتی سرزمین، ضرورت انجام این امر مهم را نمایان‌تر می‌سازد.

فرایند برنامه‌ریزی کاربری اراضی را می‌توان در نگاهی کلی، تعامل بین تناسب سرزمین (عرضه) و مساحت مورد نیاز (تقاضا) در شراط حاکم بر منطقه مورد مطالعه عنوان کرد. میزان تناسب برای کاربری‌های مختلف معمولاً از طریق مقایسه ویژگی‌های مورد نیاز کاربری‌ها با ویژگی‌های سرزمین در سطح پلی‌گون یا پیکسل (سطح بزرگ‌مقیاس) تعیین می‌گردد. در تعیین ویژگی‌های مورد نیاز کاربری‌ها معمولاً مجموعه‌ای از معیارهای محیطی، اقتصادی و اجتماعی مانند توان اکولوژیکی، همسایگی، دسترسی و محدودیت‌ها در نظر گرفته می‌شود (white and Engelen, 2000). از طرف دیگر، مساحت مورد نیاز کاربری‌ها معمولاً در سطح واحدهای مدیریتی (سطح کوچک‌مقیاس) با توجه به روندها و سناریوهای مختلف تعیین می‌گردد. تعامل پویای بین تناسب و تقاضا در دو سطح بزرگ و کوچک مقیاس در منطقه مورد مطالعه با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و مدیریتی حاکم بر آن، سبب گردیده است که برنامه‌ریزی کاربری تحت عنوان فرایندی دینامیک، پیچیده و غیرخطی نام‌برده شود.

تنوع تحقیقات موجود را می‌توان از دیدگاه‌های مختلف از جمله هدف، متدولوژی و نحوه ارزیابی مورد بررسی قرار داد. در غالب تحقیقات به مدل‌سازی بخشی از فرایند برنامه‌ریزی کاربری پرداخته شده است. به عنوان نمونه، می‌توان به مدل‌سازی توان اکولوژیکی (F.A.O, 1976; Makhdoum, 1999; Kalogirou, 2002; Store, 2009) و تأثیر همسایگی (Verburg et al., 2004a; Geertman et al., 2007; Hagoort et al., 2008) به صورت مستقل اشاره کرد. در برخی از تحقیقات مدل‌سازی برنامه‌ریزی نوعی از کاربری مانند سکونتگاه شهری (Engelen et al., 1997; Dietzel and Clarke, 2006; Liu et al., 2008) یا کشاورزی (Verburg and Veldkamp, 2004; Sante-Riveira et al., 2008) مد نظر قرار گرفته است. در تحقیقات محدودی فرایند برنامه‌ریزی کاربری به صورت جامع مدل‌سازی شده است (Van Delden et al., 2007; Verburg and Overmars, 2009).

به‌منظور کالیبراسیون و اعتبارسنجی مدل‌های برنامه‌ریزی کاربری اراضی غالباً از نقشه‌های کاربری موجود به‌عنوان مبنا استفاده شده است. در غالب تحقیقات که تعداد پارامترهای کالیبراسیون کم و محدود فرض شده‌اند، مقادیر پارامترها معمولاً با استفاده از روش‌های هوشمند مانند شبکه عصبی (Li and Yeh., 2002) و الگوریتم ژنتیک (Al-Ahmadi et al., 2009) یا روش‌های مبتنی بر دانش کارشناسی مانند فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) (Wu and Webster, 1998) تعیین شده است. در تحقیقاتی که برنامه‌ریزی کاربری به صورت جامع مدل‌سازی شده است، با توجه به زیاد بودن تعداد پارامترهای کالیبراسیون، بیشتر از روش سعی و خطا (White and Engelen, 2000) و یا برازش های آماری (Verburg and Veldkamp, 2004) استفاده شده است. در این حالت معمولاً پارامترهای کالیبراسیون در چندین مرحله و به صورت مستقل تعیین شده‌اند. اخیراً تحقیقات محدودی در خصوص استفاده از دانش

کارشناسی درخصوص مدل‌سازی توسعه شهری انجام گرفته است (Hagoort et al., 2008).

در مطالعات آمایش سرزمین، هر چند از GIS در مرحله تبیین وضعیت موجود و تحلیل مطالعات بخشی استفاده شده است، لیکن تاکنون منجر به ارائه فرایندی مشخص برای برنامه‌ریزی کاربری نشده است (Tawfigh, 2006). در طرح‌های مطالعات طرح کالبدی منطقه‌ای که با هدف تهیه نقشه پتانسیل کاربری سکونتگاه شهری تهیه می‌شوند، از روش AHP به‌منظور وزن‌دهی معیارها، و از روش‌های ارزیابی چندمعیاره برای تلفیق نقشه‌های معیار در محیط GIS استفاده می‌شود (UP&ARCI, 2000). از دیگر تحقیقات مرتبط می‌توان به ارزیابی توان اکولوژیکی (Makhdoum, 1999; Mahfouzi et al., 2002; Babaee and Awnegh, 2006)، تعیین جهت گسترش فیزیکی سکونتگاه‌ها یا صنعت (Bader, 2000; Zakeri, 2004; Rashno, 2004; Mokhtari et al., 2006; Sardari, 2007)، پیش‌بینی میزان تغییرات پوشش (Mosivand, 2007)، تحلیل وضع موجود کاربری شهری (Saberi Far, 1999)، به‌کارگیری سیستم پشتیبانی «What if» در برنامه‌ریزی شهری و محلی (Razani, 2002; Khoii et al., 2005) و تخصیص کاربری بر اساس دسترسی و ارزش افزوده در شبکه‌ای نمونه (Ameri and Barg gol, 2007) اشاره کرد.

روش‌ها و ابزارهای مختلفی برای مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری، تکوین و توسعه یافته است. با توجه به تفاوت ماهیت مناطق، به‌کارگیری آنها برای سایر مناطق، دشوار و در بعضی مواقع ناممکن است. با توجه به تحقیقات محدود در این زمینه، مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری در مناطق مختلف و تکوین روش‌های جدید در این خصوص، ضروری به نظر می‌رسد (Verburg and Overmars, 2009).

در بیشتر تحقیقات مربوط به برنامه‌ریزی کاربری اراضی در کشور، معیارهای مورد نظر در ساختاری سلسله‌مراتبی با استفاده از روش AHP وزن‌دهی شده و نقشه‌های معیار ـ که غالباً از انترپلاسیون مقادیر مربوط به اندازه معیارها در نقاط جمعیتی تهیه شده‌اند ـ با استفاده از روش میانگین وزن‌دار در محیط GIS با هم تلفیق گردیده‌اند. خروجی این تحقیقات بیشتر نقشه‌های تناسب برای یک نوع کاربری است و به علت عدم محاسبه تقاضای کاربری‌ها و عدم اعمال قوانین تغییر کاربری منجر به فرایند تخصیص نگردیده است.

در این تحقیق مدل‌سازی فرایند تخصیص انواع کاربری با استفاده از روش‌های هوشمند و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (به‌منظور تعیین تناسب سرزمین) و رگرسیون آماری (برای تعیین تقاضا) در محیط GIS مدنظر قرار گرفت. مزیت مدل تکوین‌یافته، مدل‌سازی دقیق‌تر هر یک از نقشه‌های معیار برای تعیین تناسب سرزمین و در نظر گرفتن همزمان آنها با تقاضای کاربری‌ها و قوانین تغییر کاربری است. وزن عوامل و فاکتورهای مؤثر در مراحل مختلف مدل‌سازی به تناسب روش استفاده شده (منطق فازی، اتوماسیون سلولی و جز اینها) براساس روش AHP تعیین گردیده است. لازم به توضیح است که به‌منظور تدقیق دانش کارشناسی در روش AHP، در برخی موارد از شاخص‌های مکانی مستخرج از داده‌های موجود، مانند فاکتور غنی‌شدگی، استفاده شده است. با توجه به نکات یاد شده، هدف از انجام این تحقیق، تکوین و توسعه و پیاده‌سازی مدلی GIS مبنا برای مدل‌سازی برنامه‌ریزی انواع کاربری به صورت همزمان در سطح منطقه‌ای است. مدل ایجاد و توسعه داده شده، در شهرستان برخوار و میمه ـ واقع در استان اصفهان ـ پیاده‌سازی و اجرا گردید.

۲- مواد و روش‌ها

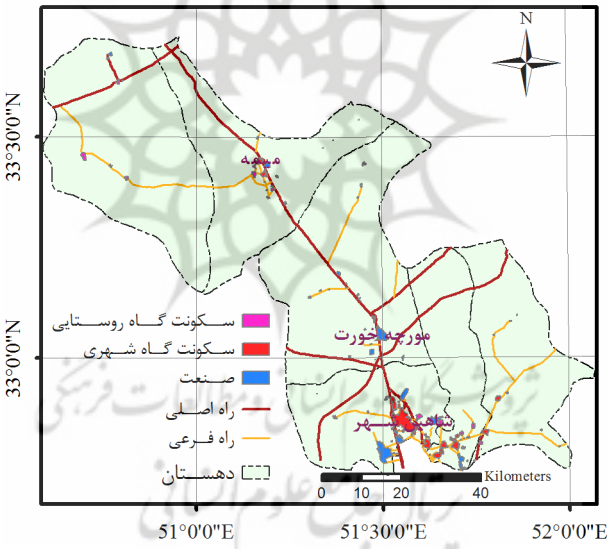
در این تحقیق شهرستان برخوار و میمه واقع در مرکز و شمال غربی استان اصفهان در ایران به عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل ۱). این شهرستان با مساحت ۶۹۵۷ کیلومترمربعی و جمعیت ۲۷۹,۷۷۸ نفر دارای تراکم جمعیت ۳۶/۳ نفر در کیلومترمربع است. مطابق با آمار سال ۱۳۸۵

(SCI, 2008)، ایـن شهرسـتان دارای ۹ شـهر و ۲۸ روستاسـت و بـیش از ۸۶ درصـد جمعیـت آن شـهری اسـت. رشـد جمعیـت سـالانه ۲/۵۸ درصـد در طـول سال‌های ۶۵ تا ۷۵ و رشد سالیانه ۲/۳۹ درصد در طول سال‌های ۱۳۷۵ تـا ۸۵، کـه بـالاترین اعـداد در سـطح استان‌اند، گویای تمرکز و رشد جمعیت در ایـن منطقـه است.

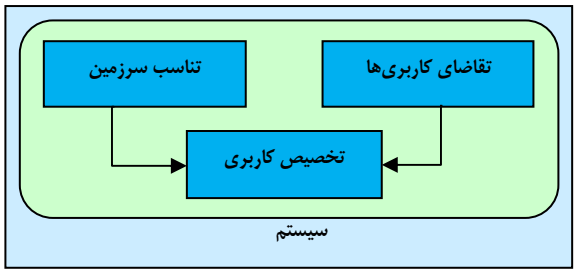
فرایند برنامه‌ریزی کاربری را می‌توان در نگاهی کلی شامل سه مدل اصلی تولید نقشه‌های تناسب، محاسـبه تقاضای مورد نیاز و تخصیص کاربری‌ها عنوان کـرد. بـا در نظر گرفتن ایـن سـه مـدل در قالـب یـک سیـستم (شـکل ۲)، شـرایط اقتـصادی، اجتمـاعی، سیاسـی و مدیریتی حاکم بر منطقه مورد مطالعـه را مـی‌تـوان بـه عنوان پیامدهای خارجی وارد بر سیستم در نظر گرفـت که مدل‌سازی آنها پیچیده است و در ایـن تحقیـق مـد نظر قرار نگرفته‌اند.

۲-۱- تعیین تناسب

اندازه‌گیری یا محاسبه مقدار دقیق تناسب یک واحـد از سرزمین برای یک کـاربری خـاص غیرعملـی اسـت. در تحقیقـات مختلـف بـرای مقایـسه نـسبی تناسـب، مجموعه‌ای از معیارهای محیطی و اقتصادی و اجتماعی شـامل تـوان اکولـوژیکی، همـسایگی، دسترسـی و محدودیت‌ها را تعیین کرده‌اند. در ادامه روند مدل‌سازی هر یـک از معیارهـای مـذکور و ارزیـابی یکپارچـه آنهـا به‌منظور تعیین تناسب تشریح می‌گردد.



شکل ۱. نقشه پایه شهرستان برخوار و میمه



شکل ۲. مراحل کلی فرایند تعیین کاربری مطلوب

۲-۱-۱- تعیین توان اکولوژیکی

توان اکولوژیکی از مقایسه وضعیت منابع اکولوژیکی (شیب، خاک، اقلیم و جز اینها) با ویژگی‌های طبیعی مورد نیاز هر یک از کاربری‌ها تعیین می‌گردد. با توجه به پیچیدگی تعریف نیازمندی‌های مذکور، از مدل توان اکولوژیکی مخدوم (Makhdoum, 1999) استفاده گردید. در این مدل ویژگی‌های طبیعی مورد نیاز کاربری‌ها و پوشش‌های مختلف مانند کشاورزی طبقه ۱ تا ۳، مرتع طبقه ۱ تا ۳ و سکونتگاه و صنعت طبقه ۱ و ۲ به صورت باینری تعریف شده است.

به‌منظور تهیه نقشه‌های توان اکولوژیکی کلاس‌های مختلف از کاربری‌ها و پوشش‌های مورد نظر، مدل مخدوم براساس منطق فازی پیاده‌سازی گردید. مدل‌سازی تغییر تدریجی ویژگی‌های منابع اکولوژیکی (شیب، ارتفاع، جهت شیب، بافت خاک، عمق خاک، فرسایش، نوع اقلیم و زمین‌شناسی) با استفاده از تعریف توابع عضویت فازی مناسب، تلفیق نقشه‌های فازی با توسعه موتور استنتاج فازی (ایجاد یک پایگاه قواعد «اگر ـ آن‌گاه» فازی و به‌کارگیری مدل تصمیم‌گیری ممدانی) و قطعی‌سازی داده‌ها با استفاده از روش مرکز ثقل، از مهم‌ترین مراحل پیاده‌سازی مدل مخدوم براساس منطق فازی است که جزئیات آن در (Karimi et al., 2009) ارائه شده است.

۲-۱-۲- مدل‌سازی تأثیر همسایگی

در برنامه‌ریزی کاربری هر واحد از سرزمین، علاوه بر ویژگی‌های محیطی و اکولوژیکی آن واحد، بایستی به نحوه توزیع و پراکندگی مکانی انواع مختلف کاربری در اطراف آن نیز توجه کرد. معمولاً مدل‌سازی تعامل میان کاربری‌های مختلف بر یکدیگر، تأثیر همسایگی نام دارد و به‌منظور محاسبه آن بیشتر از روش اتوماسیون سلولی (CA) استفاده می‌شود. روش CA براساس فضای رستری تعریف شده است که هر پیکسل دارای وضعیت معینی است. وضعیت هر سلول با استفاده از ارزش پیکسل‌های مجاور و در قالب توابع انتقال در بازه‌های زمانی مشخص به صورت همزمان و اتوماتیک، بهنگام می‌گردد (White and Engelen, 2000). محاسبه تأثیر همسایگی در سه مرحله انجام گرفت. در مرحله اول محدوده تأثیر تعامل میان کاربری‌ها تعیین گردید. در بیشتر تحقیقات، شعاع تأثیر همسایگی هشت پیکسل در نظر گرفته شده است. با مدّ نظر قرار دادن دقت نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ برابر با یکصد متر، شعاع مذکور معادل هشتصد متر است. شعاع تأثیر در مطالعات منطقه‌ای معمولاً بیشتر از هشتصد متر است. پوشش دادن محدوده تأثیر بیشتر از هشتصد متر با استفاده از هشت پیکسل مجاور، مستلزم تعریف پیکسل‌هایی با ابعاد بزرگ‌تر است که این امر منجر به کاهش دقت مدل‌سازی می‌گردد (Pan et al., 2010). Van Vliet (2009) به‌منظور توجه شعاع تأثیر بیشتر و حداقل کردن زمان محاسبات، ساختاری درختی را ارائه کرده است. در این تحقیق براساس ساختار پیش‌گفته، ساختاری شعاعی پیاده‌سازی گردید که در آن محدوده تأثیر به سطوح مختلف دایره‌ای اندکس‌بندی می‌گردد.

در مرحله دوم، تعریف توابع انتقال مدنظر قرار گرفت. این توابع بیانگر اندازه پیامدهای خارجی مکانی هر کاربری بر کاربری دیگر در طول شعاع تأثیر است که معمولاً در قالب چندین نمودار تعریف می‌شوند. در تعریف توابع انتقال نکات ذیل مد نظر قرار گرفت:

- در محاسبه اندازه پیامدهای خارجی مکانی هر کاربری بر کاربری دیگر تأثیرات شعاعی ارزشی و غیرارزشی کاربری‌ها مدنظر قرار می‌گیرد (Haggort et al., 2008). از آنجا که تأثیرات ارزشی کاربری‌ها به عنوان موتور تغییر کاربری از کاربری‌ای به کاربری دیگر فرض می‌شود، در این تحقیق اندازه پیامدهای خارجی کاربری‌ها معادل تأثیرات ارزشی آنها در نظر گرفته شد. به‌منظور کمّی‌سازی یا عددی کردن تأثیرات ارزشی کاربری‌ها از روش AHP استفاده گردید.
- فقدان روش‌های ریاضی برای محاسبه دقیق پیامدها در شعاع تأثیر، استفاده از متغیرهای زبانی می‌تواند

در مدل‌سازی اندازه پیامدها مفید و کارا واقع شود. در این خصوص با تقسیم‌بندی شعاع تأثیر به فواصل «خیلی‌نزدیک»، «نزدیک»، «متوسط»، «دور» و «خیلی دور»، محدوده تأثیر تعامل میان کاربری‌ها معادل پنج سطح دایره‌ای در نظر گرفته شد.

- معمولاً در تعریف توابع انتقال، استفاده از داده‌های کاربری موجود در قالب شاخص‌های مکانی مانند فاکتور غنی‌شدگی (Verburg et al., 2004a) مدنظر قرار می‌گیرد. این شاخص از تقسیم تراکم محلی کاربری پیکسل‌های مجاور واقع در شعاع تأثیر مشخص نسبت به تراکم کلی کاربری‌ها محاسبه می‌گردد (رابطه ۱):

رابطه (۱)
$$F_{ikd} = \frac{n_{kdi}/n_{di}}{N_k/N}$$

در رابطه (۱)، F_{kdi} بیانگر تأثیر همسایگی پیکسل‌های مجاور دارای کاربری k که در فاصله d از پیکسل i قرار دارند، n_{kdi} بیانگر تعداد پیکسل‌های مجاور دارای کاربری k در فاصله d و n_{di} بیانگر تعداد پیکسل‌های موجود در فاصله d است. همچنین N_k و N به ترتیب بیانگر تعداد پیکسل‌های دارای کاربری k و تعداد کل پیسکل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه است. در بیشتر موارد میانگین F_{kdi} برای کلیه پیکسل‌هایی که به کاربری‌ای مشخص تغییر کاربری داده‌اند، به عنوان مبنا مدنظر قرار می‌گیرد. به‌منظور هم‌مقیاس کردن مقادیر فاکتور غنی‌سازی، معمولاً از لگاریتم این مقادیر استفاده می‌گردد.

با توجه به نکات مطرح شده، نحوه تغییر اندازه پیامدهای خارجی مکانی کاربری‌ها در طول شعاع تأثیر تعیین گردید. به عبارت دیگر، نمودارهای شاخص غنی‌شدگی به‌وسیله دانش کارشناسی تفسر شد و نتایج آن در قالب متغیرهای زبانی تعریف گردید. به‌عنوان نمونه، نتایج این امر برای کاربری سکونتگاه شهری در جدول ۱ نمایش داده شده است.

در این جدول VH، H، M، L و VL به ترتیب معادل تأثیرات «خیلی زیاد»، «زیاد»، «متوسط»، «کم» و «خیلی کم» هستند. در تشریح این جدول می‌توان گفت که تأثیر کاربری سکونتگاه شهری بر سکونتگاه شهری در فاصله «خیلی نزدیک» معادل تأثیر «خیلی زیاد» و به صورت جذب و تأثیر کاربری سکونتگاه شهری بر صنعت در فاصله «نزدیک» معادل «کم» و به صورت دفع است. لازم به توضیح است که اندازه پیامد خارجی هر کاربری بر روی کاربری دیگر در هر سطح از ساختار شعاعی براساس تأثیرات ارزشی کاربری‌ها و نحوه تغییرات پیامدهای خارجی در فواصل مختلف از شعاع تأثیر تعیین می‌گردد.

در مرحله سوم، اندازه تجمعی پیامدهای خارجی مکانی تعیین گردید. تأثیر همسایگی هر پیکسل برای هر کاربری، از تأثیر تجمعی پیکسل‌های مجاور در شعاع تأثیر با توجه به فاصله و کاربری آنها محاسبه می‌گردد.

جدول ۱. اهمیت تأثیر کاربری‌ها بر کاربری سکونتگاه شهری

نام کاربری	فاصله				
	خیلی نزدیک	نزدیک	متوسط	دور	خیلی دور
سکونتگاه شهری	+VH	+H	+M	+L	+L
صنعت	-M	-L	-VL	0	+VL
سکونتگاه روستایی	+M	+M	+L	+L	+0
کشاورزی	-VL	-VL	0	+VL	+VL

۲-۱-۳- تعیین دسترسی

قابلیت نسبی دستیابی به سیستم حمل‌ونقل، دسترسی نام دارد. دسترسی، به عنوان یکی از عوامل مؤثر در فرایند تخصیص، موجب گسترش رقابت اقتصادی در سطح منطقه و تغییر ارزش زمین‌های مجاور سیستم حمل‌ونقل می‌گردد که این امر خود به تغییر نوع کاربری منتهی می‌شود (Ameri and Barg gol, 2007). در برخی از موارد، سکونتگاه‌ها، فرودگاه‌ها، بنادر و کانال‌های آب نیز به‌عنوان مکمل سیستم حمل‌ونقل مدل‌سازی شده‌اند (de Kok et al., 2004; Verburg et al., 2002). در این تحقیق به‌منظور تعیین دسترسی، علاوه بر شبکه راه‌ها سایر زیرساختارهای متداول و مراکز عمده نیز در نظر گرفته شدند. در تشریح این امر می‌توان به توسعه بخش کشاورزی منطقه مورد مطالعه در سال‌های اخیر با احداث شبکه‌های آبیاری (APERI, 2003)، سیاست‌های دولت در خصوص اولویت تأمین انرژی برق و گاز سکونتگاه‌ها و صنایع واقع در مجاورت خطوط شبکه برق و انتقال گاز (LUPD, 2008) و نقش مراکز عمده موجود در منطقه اشاره کرد.

قابلیت دسترسی به مجموعه زیرساختارها و مراکز عمده در سه مرحله تعیین گردید. در مرحله اول میزان دسترسی هر پیکسل به زیرساختارهای مورد نظر شامل شبکه راه‌ها، خطوط انتقال برق، خطوط لوله گاز و کانال‌های انتقال آب براساس رابطه (۲) (Engelen, et al., 1997) محاسبه شد.

$$A_{ijk} = \frac{1}{1 + D_{ij} / a_{jk}}, j = 1,2,3,4 \qquad \text{رابطه (۲)}$$

در رابطه (۲)، A_{ijk} بیانگر میزان دسترسی پیکسل I با کاربری k به زیرساختار j، D_{ij} بیانگر فاصله اقلیدسی پیکسل i تا نزدیک‌ترین پیکسل متعلق به زیرساختار j و a_{jk} بیانگر اهمیت دسترسی کاربری k به زیرساختار j است.

در مرحله دوم، دسترسی نقاط جمعیتی به مراکز عمده جمعیتی و صنعتی موجود با استفاده از مدل گرانش، رابطه (۳) (Geurs and Wee, 2004)، تعیین گردید.

$$A_g = \left(\sum_{h=1} P_h * e^{-\beta T_{gh}} \right) \qquad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه (۳)، A_g بیانگر میزان دسترسی هر نقطه جمعیتی g ، T_{gh} بیانگر زمان دسترسی نقطه جمعیتی g مرکز عمده h ، P_h بیانگر اهمیت مرکز عمده h، و β بیانگر روند کاهش میزان دسترسی با افزایش فاصله است. در رابطه مذکور، میزان اهمیت مراکز عمده برای نقاط جمعیتی و واحدهای صنعتی به ترتیب معادل جمعیت و تعداد شاغلان آنهاست. در بیشتر تحقیقات از فاصله اقلیدسی به عنوان پارامتر فاصله دسترسی استفاده شده است. در این تحقیق فاصله بین نقاط جمعیتی و مراکز عمده با استفاده از آنالیز شبکه و براساس شبکه دسترسی محاسبه گردید. همچنین با توجه به تفاوت سرعت‌های طرح قطعات تشکیل‌دهنده راه‌ها، پارامتر زمان دسترسی به عنوان مبنا قرار گرفت. لازم به توضیح است که سرعت طرح انواع راه‌های اصلی، فرعی و روستایی با توجه به آیین‌نامه‌های طرح هندسی راه‌های کشور به ترتیب معادل ۹۰، ۷۰ و ۵۰ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد.

در مرحله سوم میزان دسترسی کلی با استفاده از میانگین وزن‌دار مجموعه زیرساختارهای متداول و مراکز عمده جمعیتی و صنعتی محاسبه گردید. به‌منظور ترکیب میزان دسترسی به زیرساختارها و مراکز عمده، لازم است که میزان دسترسی به مراکز عمده مانند میزان دسترسی به زیرساختارها به تفکیک پیکسل محاسبه گردد. در این خصوص، حوزه جغرافیایی هر نقطه جمعیتی با استفاده از آنالیز تیسن تعیین شد و معادل یک ناحیه فرض گردید. از آنجا که در محیط نرم‌افزار ArcGIS آنالیز تیسن برای عوارض نقطه‌ای است، در این قسمت از تحقیق الگوریتم جدیدی به‌منظور آنالیز تیسن برای عوارض پلی‌گونی مدل‌سازی و پیاده‌سازی گردید.

۲-۱-۴- محدودیت‌ها

در فرایند برنامه‌ریزی کاربری، توجه به عواملی که به نوعی مانع تغییرات کاربری می‌گردند، ضروری است. در این خصوص می‌توان از مقررات و آیین‌نامه‌ها، طرح‌های توسعه مصوب و مجموعه تهدیدات محیطی و اقتصادی و اجتماعی نام برد. برخی از سیاست‌ها، تخصیص هر نوع کاربری را محدود می‌سازند، ولی برخی دیگر تعدادی از کاربری‌ها را محدود می‌کنند. وجود قسمت‌هایی از پناهگاه‌های حیات وحش قمیشلو و موته، به عنوان دو منطقه تحت مدیریت سازمان محیط زیست کشور، در شهرستان برخوار و میمه مهم‌ترین محدودیت برنامه‌ریزی کاربری اراضی محسوب می‌شوند.

۲-۱-۵- ارزیابی یکپارچه تناسب کلی

صرف‌نظر از تکنیک‌های مورد استفاده در تعیین هر یک از فاکتورهای مؤثر در تعیین تناسب کلی، به‌منظور تلفیق نقشه‌های فاکتور بیشتر از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شده است (White and Engelen, 1997; Barredo et al., 2003; van Delden et al., 2007; Geneletti and van Duren, 2008). در این تحقیق، از یکی از این روش‌ها مطابق با رابطه (۴) استفاده گردید:

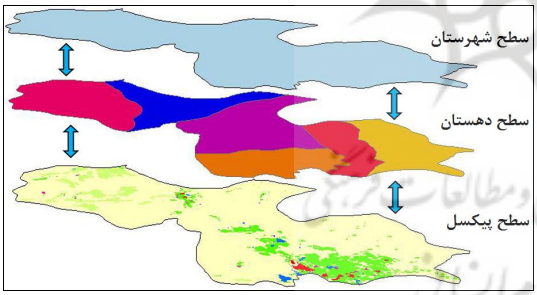
رابطه (۴)

$$LS_{k,j} = \left(Z_{k,j}\right) * \left(A_{k,j}\right)^{w_a} * \left(S_{k,j}\right)^{w_s} * \left(N_{k,j}\right)^{w_n}$$

در رابطه (۴)، $LS_{k,j}$ بیانگر تناسب کلی هر پیکسل برای کاربری j، $S_{k,j}$، $A_{k,j}$، $N_{k,j}$، $Z_{k,j}$ به ترتیب بیانگر پتانسیل محیطی، دسترسی، تأثیر همسایگی و وضعیت محدودیت در هر پیکسل برای کاربری j است. مقادیر w_s، w_a و w_n به ترتیب بیانگر وزن معیارهای مذکور هستند. در تحقیقات دیگران ارزش این وزن‌ها مساوی و برابر با عدد یک فرض شده‌اند (Barredo et al., 2003; Van Vliet et al, 2009). در این تحقیق ارزش این وزن‌ها با توجه به نقش معیارهای پتانسیل محیطی، دسترسی و تأثیر همسایگی برای کاربری‌های مختلف تعیین گردیدند.

۲-۲- تعیین تقاضا

مساحت مورد نیاز کاربری‌های مختلف در سطح کوچک‌مقیاس و به تفکیک واحد تقاضا محاسبه می‌شود. این واحدها معمولاً منطبق بر تقسیمات سیاسی و مدیریتی در نظر گرفته می‌شوند. مطابق با نتایج سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۸۵، شهرستان برخوار و میمه شامل دو بخش، شش دهستان و سی‌وهفت نقطه جمعیتی است. در این تحقیق، شهرستان و دهستان به صورت مستقل به‌عنوان واحد تقاضا در نظر گرفته شدند. سطوح مختلف این مدل‌سازی در شکل ۳ نمایش داده شده است. در این شکل سطح فوقانی بیانگر شهرستان برخوار و میمه، سطح میانی بیانگر دهستان، و سطح تحتانی (سطح بزرگ‌مقیاس) بیانگر نقشه کاربری است که از سلول‌هایی با ابعاد یک‌صدمتری تشکیل شده است.



شکل ۳. تقسیم‌بندی فضا در مراحل مختلف فرایند تخصیص کاربری‌ها

در تحقیقات انجام شده مساحت مورد نیاز کاربری‌ها بیشتر براساس شاخص‌های تجربی منتج از رشد جمعیت و توسعه اقتصادی (Klosterman, 1997; de Kok et al., 2004; Liu et al., 2007)، رگرسیون آماری (Verburg, et al., 2002) و روش‌های برنامه‌ریزی خطی چندهدفه (Wang et al., 2004; Sante and Crecente, 2007) محاسبه شده است. در

این تحقیق مساحت مورد نیاز کاربری‌های مختلف به تفکیک دهستان در سال‌های افق با استفاده از رگرسیون آماری داده‌های موجود تعیین گردید. بازه زمانی ارزیابی مدل‌های تخصیص کاربری با توجه به وضعیت موجود بودن داده‌ها، معمولاً دوره‌ها یا پریودهای چندساله تعریف می‌گردد. از طرف دیگر، در مدل‌سازی تخصیص کاربری معمولاً دوره برنامه‌ریزی یک سال است. بنابراین ضروری است که مساحت مورد نیاز محاسبه شده در چندین سال به تفکیک سال تعیین گردد و سهم هر واحد تقاضا از مساحت مورد نیاز هر کاربری به صورت سالیانه تخصیص داده شود.

۲-۳- تخصیص کاربری‌ها

در تخصیص کاربری به هر واحد سرزمین، علاوه بر میزان تناسب سرزمین و مساحت مورد نیاز کاربری‌ها، بایستی به وضعیت کاربری و پوشش موجود و قوانین و سیاست‌های موجود در خصوص تغییر کاربری توجه کرد. تغییرات برخی از کاربری‌ها، به سرمایه‌گذاری زیادی نیاز دارد و در برخی مواقع مشکل و یا حتی ناممکن است. به‌عنوان مثال، هزینه تغییر کاربری یک زمین بایر به صنعت کمتر از هزینه تغییر کاربری یک باغ به صنعت است. در مثالی دیگر می‌توان گفت که تغییر کاربری سکونتگاه شهری به کشاورزی غیرعملی است؛ در حالی که برعکس آن متداول است. معمولاً درجه سهولت تغییر کاربری‌ها به یکدیگر در قالب ماتریسی به نام ماتریس تغییر کاربری بیان می‌گردد که هر درایه آن عددی حقیقی بین صفر تا یک است (Verburg and Veldkamp, 2004). در این تحقیق درجه سهولت تغییر کاربری‌ها به‌وسیله دانش کارشناسی و با استفاده از روش AHP تعیین گردید.

پتانسیل هر پیکسل برای تغییر کاربری با استفاده از تناسب کلی و درجه سهولت تغییر کاربری براساس رابطه (۵) تعیین می‌گردد.

$$P_{k,j} = LS_{k,j} * CM_{e,k} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

در رابطه (۵)، $P_{k,j}$ بیانگر میزان پتانسیل پیکسل j برای کاربری k، $LS_{k,j}$ بیانگر تناسب کلی پیکسل j برای کاربری k (محاسبه شده در رابطه ۴) و $CM_{e,k}$ بیانگر درجه سهولت تغییر کاربری e (کاربری موجود پیکسل j) به کاربری k (کاربری آتی) است.

در این تحقیق، فرایند تخصیص براساس میزان ماکزیمم پتانسیل و مساحت مورد نیاز کاربری‌ها در هر واحد تقاضا به صورت پیکسل مبنا شکل می‌گیرد که در ادامه مراحل آن به اختصار ارائه می‌گردند.

مرحله ۱: کاربری‌ها و پوشش‌های موجود تخصیص اولیه می‌یابند. تخصیص کاربری‌ها تغییرناپذیر است و کاربری‌های از قبل تخصیص‌یافته به منزله تخصیص نهایی محسوب می‌شوند.

مرحله ۲: در واحد تقاضای مورد بررسی،کاربری پیکسل (پیکسل‌های) با ماکزیمم پتانسیل تعیین می‌گردد.

مرحله ۳: در صورت انتخاب چندین کاربری در مرحله ۱، کاربری با ارزش بیشتر در اولویت قرار می‌گیرد.

مرحله ۴: موقعیت پیکسل‌های انتخاب شده در مرحله ۲ تعیین می‌گردند.

مرحله ۵: وضعیت پیکسل انتخاب شده از نظر تقاضای کاربری مربوط بررسی می‌گردد. این مرحله بیشتر به منظور کاهش حجم محاسبات و زمان اجرای مدل‌سازی اضافه شده است.

مرحله ۶: اگر چندین پیکسل دارای پتانسیل واحدی باشند، براساس درجه سهولت تغییر کاربری و پوشش موجود مرتب می‌شوند. همچنین در این مرحله اگر چندین پیکسل دارای یک ارزش باشند و کاربری و پوشش موجود آنها یکسان باشد، پیکسل نزدیک‌تر به کاربری مشابه در اولویت تخصیص قرار می‌گیرد.

مرحله ۷: در صورت مثبت بودن امکان تبدیل کاربری وجود تقاضا، عملیات تخصیص انجام می‌گیرد.

مرحلـه ۸: بـا توجـه بـه وضـعیت تغییـر کـاربری و تخصیص انجام یافته در واحـد تقاضـای مـورد بررسـی، میـزان سـطح تخـصیص داده شـده، سـطح مـورد نیـاز کاربری جدید و سطح کاربری موجود بهنگام می‌گردد.

با انجام مراحـل مـذکور، اولـین پیکـسل تخـصیص می‌یابد و به‌منظور تخصیص تقاضای کلیه کاربری‌هـا در کلیـه واحـدهای تقاضـا مرحلـه دوم تـا هـشتم تکـرار می‌گردد. در انتها به سال افق یک سال اضافه می‌شود و کلیه مراحل پیش‌گفته تکرار می‌شود.

۳- نتایج

همان‌گونه که در بخش پیش ذکر گردیـد، پیـاده‌سـازی فراینـد برنامـه‌ریـزی کـاربری اراضـی مـستلزم تولیـد نقشه‌های تناسب سرزمین و تعیین مساحت مـورد نیـاز کاربری‌ها در سال‌های افق است. در ایـن تحقیـق سـال ۱۳۸۴ به‌عنوان سال مبنا تعریـف گردیـد و پـیش‌بینـی نقشه کاربری سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ مدنظر قـرار گرفـت. در ادامه، روند پیش‌بینی نقشه کاربری و نتایج به‌دسـت آمده تشریح می‌شود.

۳-۱- تولید نقشه‌های فاکتور

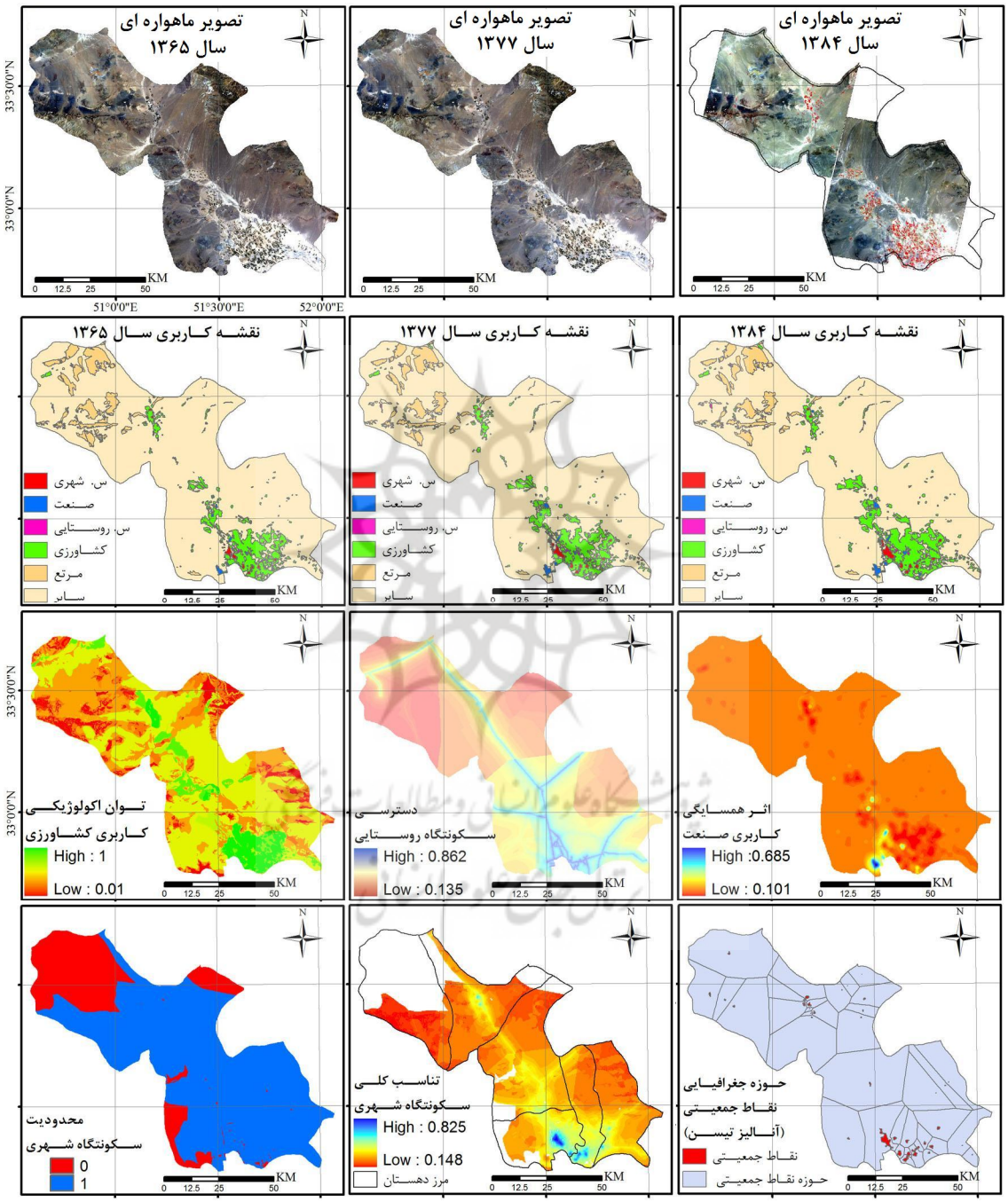
مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی، نیازمند داده‌هـای مکانی و توصیف متنـوعی در بـازه‌هـای زمـانی مختلـف است. در این زمینه، یک پایگاه داده مکـانی از مجموعـه نقشه‌های توپوگرافی، خاک، اقلیم، زمین‌شناسی، شـبکه راه‌ها، خطوط انتقال برق، خطوط لوله گـاز، کانـال‌هـای انتقال آب، محدوده مراکـز جمعیتـی، منـاطق حفاظـت شده، زون خطر زلزله و مسیل در مقیـاس ۱:۲۵۰,۰۰۰ ایجـاد گردیـد. مجموعـه نقـشه‌هـای پایـه از معاونـت برنامه‌ریزی استانداری اصفهان (LUPD, 2008) برگرفته شدند و در محیط GIS آماده‌سازی گردیدند.

نقشه کاربری به‌عنـوان مبنـای تولیـد نقـشه تـأثیر همسایگی، محاسبه تقاضا و تولید شـاخص‌هـای مکـانی مورد نظر است. معمولاً از تصاویر مـاهواره‌ای بـه‌منظـور تولید نقشه کاربری و پوشش اراضی اسـتفاده مـی‌شـود (Tapiador and Casanova, 2003; Mosivand, 2007; Wang et al., 2009). با توجه به فقدان نقـشه کـاربری مناسب، نقشه‌های کاربری سال‌هـای ۱۳۶۵ و ۱۳۷۷ بـا استفاده از تصاویر Landsat و نقشه کاربری سال ۱۳۸۴ بـا اسـتفاده از تـصاویر Aster تولیـد گردیـد. در ایـن خـصوص مـی‌تـوان بـه گـرفتن تـصاویر، ژئـورفرنس و موزاییک کـردن تـصاویر، ایجـاد تـصویری یکپارچـه بـا ترکیـب باندهای تـصویر (بانـدهای ۱ و ۲ و ۳ تـصویر ETM، بانـدهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ تـصویر +ETM و باندهای ۱، ۲ و ۳ تـصویر ASTER بـا قـدرت تفکیـک مکـانی ۱۵ متـر)، تولیـد شـاخص گیـاهی نرمـال‌شـده (NDVI)، برش تصاویر با محدوده منطقه مورد مطالعـه، طبقه‌بندی نظـارت شـده بـا اسـتفاده از روش حـداکثر شباهت، نرم کردن تصویر با استفاده از ماسک متوسـط، بُرداری‌کردن نتایج طبقه‌بندی، تصحیح خطاهای موجود و تولید نقشه کاربری ـ شـامل سـه کـلاس کـشاورزی، مرتع و سایر ـ اشاره کرد. در این فرایند از نقشه کاربری اراضـی موجـود، نقـشه‌هـای توپـوگرافی سـازمان نقشه‌برداری کـشور در مقیـاس ۱:۲۵,۰۰۰ و داده‌هـای آمـاری اسـتان بـه عنـوان داده‌هـای آموزشـی اسـتفاده گردید. در ارزیابی طبقـه‌بنـدی تـصاویر دقـت کلـی در سـال‌هـای ۱۹۸۶، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۵ بـه ترتیـب برابـر ۸۵/۴۸، ۹۵/۹۸ و ۹۰/۷۳ و ضـریب کاپـا در سـال‌هـای مذکور نیز به ترتیب برابر ۰/۸۰۴۶، ۰/۹۲۶۳ و ۰/۸۷۲۵ محاسبه گردید.

با توجه بـه عـدم دقـت در اسـتخراج کـاربری‌هـای سکونتگاه شهری، سکونتگاه روستایی و صـنعت، نـسبت به رقومی‌سازی محدوده‌های عوارض مربوط، بـا تفـسیر چشمی اقدام گردید. نقـشه کـاربری تهیـه شـده دارای شش کـلاس سـکونتگاه شـهری، سـکونتگاه روسـتایی، صنعت، کشاورزی، مرتع و سایر اسـت. تـصاویر منطقـه مورد مطالعه و نقـشه‌هـای کـاربری اسـتخراج شـده در سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ در شکل ۴ ارائه شـده است.

براساس متدولوژی یـا روش‌شناسـی ارائـه شـده در

بخش ۲، مجموعه نقشه‌های فاکتور توان اکولوژیکی، دسترسی، تأثیر همسایگی، محدودیت و تناسب کلی برای کاربری‌های مختلف تهیه گردیدند که تعدادی از آنها به عنوان نمونه در شکل ۴ نمایش داده شده‌اند.



شکل ۴. تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های کاربری و فاکتور تهیه شده در منطقه مورد مطالعه

۳-۲- تعیین اهمیت نسبی فاکتورها

مدل‌سازی صحیح و دقیق تخصیص کاربری، وابسته به مقادیر فاکتورهای مؤثر و اهمیت نسبی آنهاست. بنابراین بایستی پارامترهای مذکور به صورت دقیق محاسبه گردند تا برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران با اطمینان بیشتر استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی را در دستور کار خود قرار دهند. پارامترهای هر مدل که از آنها به عنوان پارامترهای کالیبراسیون نام برده می‌شود، معمولاً براساس داده‌های موجود یا دانش کارشناسی تعیین می‌گردند.

در صورت استفاده از داده‌های کاربری موجود، پارامترهای کالیبراسیون با حداقل کردن اختلاف بین دو نقشه کاربری شبیه‌سازی و نقشه کاربری واقعی، با استفاده از روش‌هایی مانند کاپا و کاپا فازی تعیین می‌گردند (Hagen-Zanker, 2009). در تحقیقات مختلف، به فقدان داده‌های کاربری مناسب در دوره‌های کافی اشاره شده است. از طرف دیگر در کشورهای در حال توسعه بیشتر تغییرات کاربری منتج از سیاست‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری‌های غیرکارشناسی است. این امر استفاده از داده‌های واقعی را به عنوان مبنای تعیین پارامترهای کالیبراسیون ـ و به تبع آن اعتبارسنجی مدل‌های تخصیص ـ با ابهام مواجه می‌سازد. در مطالعاتی که به هر دلیل امکان استفاده از داده‌های واقعی وجود نداشته است، معمولاً از دانش کارشناسی در جهت تعیین پارامترهای کالیبراسیون استفاده می‌شود.

در این تحقیق پارامترهای کالیبراسیون با استفاده از ساختاردهی دانش کارشناسی در قالب روش AHP تعیین گردیدند. به‌منظور تدقیق دانش کارشناسی در خصوص برخی از پارامترها در منطقه مورد مطالعه، از شاخص‌های مکانی مستخرج از داده‌های کاربری موجود در طی دو بازه زمانی ۱۳۷۷-۱۳۶۵ و ۱۳۸۴-۱۳۷۷ استفاده گردید. این پارامترها با توجه به مراحل مختلف مدل‌سازی تخصیص کاربری، به شرح ذیل تعیین گردیدند.

- اهمیت نسبی هر یک از فاکتورهای توان اکولوژیکی (S) تأثیر همسایگی (N) و دسترسی (A) برای کاربری‌های مختلف تعیین شده است. به عنوان نمونه، اهمیت فاکتورها برای کاربری‌های سکونتگاه شهری و کشاورزی در جداول ۲ و ۳ ارائه شده است. وزن فاکتورهای مختلف برای کاربری‌های مختلف متفاوت است (Verburg et al., 2004b; Al-Ahmadi et al., 2009). به عنوان مثال، برای کاربری سکونتگاه شهری اهمیت تأثیر همسایگی بیشتر از تناسب محیطی است؛ و برعکس، برای کاربری کشاورزی اهمیت تناسب محیطی بیش از تأثیر همسایگی است.

جدول ۲. تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای مؤثر در تعیین تناسب کلی کاربری سکونتگاه شهری

	N	A	S	w
N	۱	۲	۳	۰/۵۴۰
A		۱	۲	۰/۲۹۷
S			۱	۰/۱۶۳

جدول ۳. تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای مؤثر در تعیین تناسب کلی کاربری کشاورزی

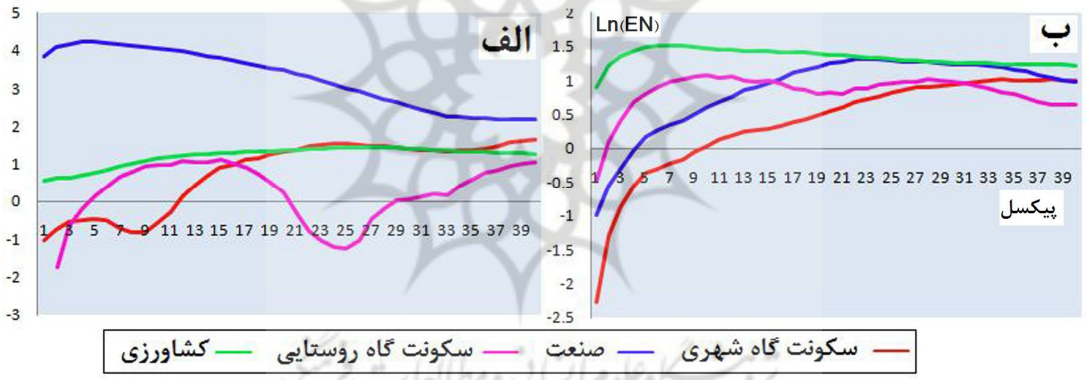
	S	N	A	w
S	۱	۲	۵	۰/۵۸۲
N		۱	۳	۰/۳۰۹
A			۱	۰/۱۰۹

- به‌منظور استفاده از نقشه‌های توان اکولوژیکی کلاس‌های مختلف به عنوان ورودی فرایند تخصیص کاربری، تلفیق نقشه‌های طبقات مختلف هر کاربری ضروری است. در این زمینه، ابتدا وزن طبقات مختلف محاسبه شد و سپس در نقشه‌های توان اکولوژیکی کلاس‌های مختلف ضرب گردید. با تلفیق نقشه‌های وزن‌دار با استفاده از عملگر ماکزیمم، نقشه‌های توان اکولوژیکی کاربری‌ها و پوشش‌های مورد نظر تهیه شدند و نرمال گردیدند.

- همان‌گونه که در بخش ۲-۱-۲ مطرح شد، به‌منظور تعیین اندازه پیامدهای خارجی مکانی کاربری‌ها در طول شعاع تأثیر از تفسیر شاخص غنی‌شدگی استفاده گردید. در این تحقیق براساس رابطه (۱)، میانگین F_{ikd} برای کلیه پیکسل‌هایی که طی دو بازه زمانی ۱۳۷۷-۱۳۶۵ و ۱۳۸۴-۱۳۷۷ تغییر کاربری داده‌اند محاسبه گردید که نتایج آن برای کاربری‌های سکونتگاه‌های شهری و کشاورزی در بازهٔ زمانی ۱۳۷۷-۱۳۶۵ در شکل ۵ ارائه شده است.
- اهمیت نسبی زیرساختارها و مراکز عمده در تعیین دسترسی کلی تعیین گردیدند. به‌عنوان نمونه اهمیت فاکتورهای شبکه راه‌ها (R)، خطوط انتقال برق (E)، خطوط لوله گاز (G)، مراکز عمده جمعیتی (P) و مراکز عمده صنعتی (I) برای کاربری صنعت در جدول ۴ ارائه شده است.

۳-۳- تعیین تقاضا

در این قسمت مساحت مورد نیاز کاربری‌های مختلف به تفکیک دهستان و شهرستان در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ با استفاده از یک برازش خطی مساحت کاربری‌های موجود طی سال‌های ۱۳۶۵، ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ تعیین گردید، که نتایج این امر به عنوان نمونه برای دو کاربری سکونتگاه شهری و کشاورزی در جدول ۵ نمایش داده شده است.



شکل ۵. لگاریتم فاکتور غنی‌شدگی برای سکونتگاه شهری (الف) و کشاورزی (ب)، در بازه زمانی ۱۳۷۷-۱۳۶۵

جدول ۴. تعیین اهمیت نسبی فاکتورهای مؤثر در تعیین دسترسی کاربری صنعت

	R	P	I	E	G	W
R	۱	۲	۲	۳	۶	۰/۳۹۳
P		۱	۱	۲	۴	۰/۲۲۰
I			۱	۲	۳	۰/۲۰۸
E				۱	۲	۰/۱۱۷
G					۱	۰/۰۶۲

جدول ۵. سهم مساحت کاربری‌های سکونتگاه شهری و کشاورزی

نام دهستان/ شهرستان	سکونتگاه شهری					کشاورزی				
	۱۳۶۵	۱۳۷۷	۱۳۸۴	۱۳۹۵	۱۴۰۰	۱۳۶۵	۱۳۷۷	۱۳۸۴	۱۳۹۵	۱۴۰۰
برخوار شرقی	۱۸۸	۲۴۳	۲۸۰	۳۳۲	۳۸۳	۶۲۳۶	۷۵۴۶	۸۶۶۰	۹۹۵۱	۱۱۱۷۵
برخوار مرکزی	۵۷۵	۷۷۴	۸۹۸	۱۰۸۲	۱۲۷۶	۱۴۴۷۹	۱۵۸۵۴	۱۷۶۸۴	۱۹۲۰۸	۲۰۵۹۸
زرکان	۰	۰	۰	۰	۰	۹۵۷	۱۱۷۷	۱۲۶۶	۱۴۵۸	۱۵۹۶
ونداده	۲۰۴	۲۸۸	۳۳۶	۴۱۳	۴۹۸	۴۳۳۸	۵۲۴۱	۵۸۵۴	۶۷۰۴	۷۴۲۹
مورچه‌خورت	۰	۰	۰	۰	۰	۸۱۷۲	۱۱۲۰۶	۱۲۸۱۵	۱۵۵۵۵	۱۸۳۵۰
برخوار غربی	۱۳۴۵	۱۸۲۷	۲۴۱۰	۲۹۲۹	۳۶۷۹	۱۴۲۵۴	۱۵۶۰۱	۱۶۳۱۳	۱۷۵۲۹	۱۸۲۴۲
برخوار و میمه	۲۳۱۲	۳۱۳۲	۳۹۲۴	۴۷۵۶	۵۸۳۶	۴۸۴۳۶	۵۶۶۲۵	۶۲۵۹۲	۷۰۴۰۵	۷۷۳۹۰

۳-۴- ارزیابی مدل‌سازی تخصیص کاربری

در ارزیابی مدل‌سازی تخصیص کاربری معمولاً از نقشه‌های کاربری واقعی به عنوان مبنا استفاده می‌شود (White and Engelen, 2000; Hagoort et al., 2008). در این حالت از تناسب و لازم بودن تغییرات کاربری اتفاق افتاده اطمینان کافی وجود دارد. با فرض درست بودن این موضوع، در این تحقیق نقشه‌های شبیه‌سازی کاربری سال‌های ۱۳۷۷ و ۱۳۸۴ تولید شدند و با نقشه‌های کاربری واقعی مربوط، از طریق محاسبه ضریب کاپا (Hagen-Zanker, 2009) و خطای کلی[1] مقایسه گردیدند. ضریب کاپا در طی دو دوره مذکور به ترتیب برابر ۰/۹۰۲ و ۰/۹۲۸ و خطای کلی نیز به ترتیب برابر ۰/۳۲۴ و ۰/۳۱۲ است. در خطای کلی نسبت تعداد پیکسل‌های صحیح تخصیص‌یافته به تعداد کل پیکسل‌های تخصیص‌یافته (تقاضای مورد نیاز)، محاسبه می‌گردد. مقایسه دو نقشه کاربری شبیه‌سازی شده و واقعی به‌وسیله خطای کلی، واضح‌تر از مقایسه آنها بر اساس ضریب کاپاست و تفسیر آن برای کاربری‌های مختلف ساده‌تر است. با توجه به نتایج ارائه شده و مقایسه آن با تحقیقات موجود مانند (Hagoort, 2008; Van Vliet, et al, 2009)، می‌توان گفت که پارامترها و وزن‌های تعیین شده از طریق دانش کارشناسی به صورت کلی مناسب و پذیرفتنی‌اند.

در کشورهای در حال توسعه بیشتر تغییرات کاربری منتج از سیاست‌های مدیریتی و تصمیم‌گیری‌های غیرکارشناسی است و تغییرات کاربری مطابق با استانداردها و فاکتورهای مؤثر در مدل‌سازی تغییر کاربری انجام نمی‌گیرد. این موارد استفاده از داده‌های واقعی را به‌عنوان مبنای ارزیابی مدل‌سازی تخصیص کاربری با ابهام مواجه می‌سازد. این امر را می‌توان یکی از محدودیت‌های ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌سازی برنامه‌ریزی کاربری اراضی در کشورهای در حال توسعه عنوان کرد.

۳-۵- پیش‌بینی نقشه کاربری در سال‌های افق

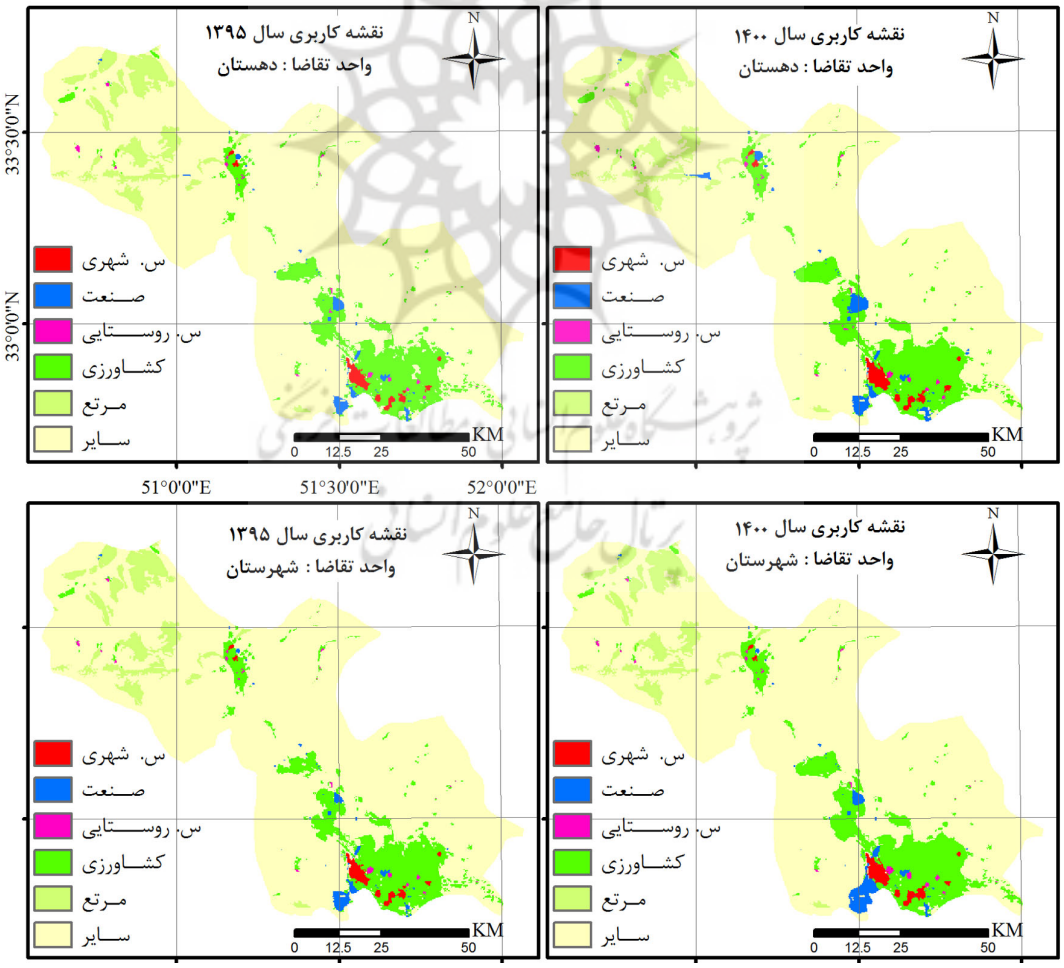
در این قسمت با توجه به نقشه‌های تناسب کلی و تقاضای مورد نیاز و براساس الگوریتم تخصیص که در بخش ۲-۳ ارائه شد، نقشه‌های کاربری سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ تولید گردید. در زمینه تعیین واحد تقاضا دو سیاست را می‌توان دنبال کرد. در سیاست اول، منطقه مورد مطالعه یک واحد تقاضا محسوب می‌شود و مساحت کاربری‌ها به صورت تجمعی برای کل منطقه محاسبه می‌گردد. با انجام این امر سیاست تخصیص متمرکز اعمال می‌شود و بیشتر تقویت سکونتگاه‌ها و مراکز صنعتی عمده و زون‌های اصلی توسعه کشاورزی مدنظر است. در سیاست دوم، منطقه مورد مطالعه به چندین واحد تقاضا تقسیم‌بندی می‌شود و مساحت

1. Overall accuracy

مورد نیاز کاربری‌های مختلف به تفکیک واحدهای تقاضا محاسبه می‌گردد و تخصیص می‌یابد. با انجام این امر توسعه سکونتگاه‌ها، مراکز صنعتی و زون‌های کشاورزی در هر واحد تقاضا به تفکیک انجام می‌گیرد و سیاست توزیع غیرمتمرکز مدنظر قرار می‌گیرد. با توجه به دو سیاست مذکور نقشه‌های کاربری سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ مربوط تولید گردید که نتایج آن در شکل ۶ نمایش داده شده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق، تکوین و توسعه روشی جدید برای مدل‌سازی تخصیص انواع کاربری در سطح منطقه‌ای است. به منظور دستیابی به هدف مذکور، مجموعه‌ای از مدل‌های مختلف در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی مورد استفاده قرار گرفت. پیاده‌سازی استنتاجگرهای فازی به‌منظور ارزیابی توان اکولوژیکی، پیاده‌سازی روابط تجربی موجود و آنالیز شبکه برای مدل‌سازی قابلیت دسترسی، توسعه روش اتوماسیون سلولی به‌منظور مدل‌سازی تأثیر همسایگی، به‌کارگیری روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره با هدف ارزیابی یکپارچه تناسب، به‌کارگیری رگرسیون آماری در محاسبه تقاضای کاربری‌های مختلف و توسعه یک الگوریتم پیکسل‌مبنا با روند تدریجی و مرحله به مرحله به‌منظور تخصیص کاربری مناسب از جمله روش‌هایی محسوب می‌شود که در مراحل مختلف تخصیص کاربری مدنظر قرار گرفتند.



شکل ۶. نقشه‌های کاربری پیش‌بینی شهرستان برخوار و میمه

در این تحقیق ساختار سلسله‌مراتبی تلفیق معیارها در نظر گرفته شده است. به عنوان نمونه، نقشه‌های تناسب کلی از تلفیق نقشه‌های معیار تناسب محیطی، تأثیر همسایگی، دسترسی و محدودیت، نقشه معیار تناسب محیطی از تلفیق نقشه‌های زیرمعیار شیب، جنس خاک، اقلیم و نظایر اینها، و نقشه معیار دسترسی از تلفیق نقشه‌های زیرمعیار دسترسی به مجموعه زیرساختارها و دسترسی به مراکز عمده جمعیتی و صنعتی تشکیل شده است. وزن عوامل و فاکتورهای مؤثر در مراحل مختلف مدل‌سازی به تناسب روش استفاده شده (منطق فازی، اتوماسیون سلولی و جز آن) براساس روش AHP تعیین گردیده است. لازم به توضیح است که در برخی موارد به‌منظور تدقیق دانش کارشناسی از شاخص‌های مکانی مستخرج از داده‌های موجود مانند فاکتور غنی‌شدگی استفاده شده است.

در کشورهای در حال توسعه معمولاً نمی‌توان از نقشه کاربری واقعی به عنوان مبنای ارزیابی مدل‌سازی تخصیص کاربری استفاده کرد. این امر را می‌توان یکی از محدودیت‌های روش ارائه شده، به‌خصوص در ارزیابی و اعتبارسنجی مدل‌سازی تخصیص کاربری برشمرد. از طرف دیگر، با استفاده از این مدل می‌توان وضعیت مناطق تخصیص‌یافته در واقعیت را از لحاظ فاکتورهای مؤثر در مدل‌سازی تغییر کاربری ارزیابی کرد.

در مدل ایجاد شده با توجه به افزایش جمعیت و تأمین نیازهای مربوط، افزایش مساحت کاربری‌ها مدل‌سازی گردید. این امر برای تعدادی از کاربری‌ها مانند سکونتگاه شهری و صنعت صحیح است. در مدل‌سازی تعدادی از کاربری‌ها مانند کشاورزی به دلایلی مانند افزایش فرسایش و افزایش شوری خاک، علاوه بر مدل‌سازی افزایش کاربری بایستی کاهش سطح کاربری نیز مدل‌سازی شود. با توجه به گستردگی موضوع، مدل‌سازیِ همزمان افزایش و کاهش سطح کاربری‌ها، خود مقوله دیگری است که انجام آن در این تحقیق میسر نشده است و می‌تواند در تحقیقات دیگری پوشش داده شود.

در این تحقیق به‌منظور تخصیص کاربری های سکونتگاه شهری، سکونتگاه روستایی، صنعت و کشاورزی، ویژگی‌های کلی کاربری‌ها مدل‌سازی گردید. در مطالعات مختلف، سطوح مختلف هر کاربری مدنظر قرار گرفته است. به عنوان مثال، می‌توان به گروه‌بندی سکونتگاه‌های شهری به سه دسته تراکم کم، تراکم متوسط و تراکم زیاد، گروه‌بندی صنایع به انواع صنایع (غذایی، نساجی، ماشین‌آلات، فلزات اساسی، چوب و جز اینها) و گروه‌بندی کشاورزی به محصولات مختلف اشاره کرد. با گروه‌بندی کاربری‌ها لازم است که ویژگی‌های مورد نیاز آنها به صورت دقیق‌تری تعیین شود. این امر مستلزم جمع‌آوری و مدل‌سازی لایه‌های اطلاعاتی تخصصی‌تر و با جزئیات بیشتر و همچنین به‌کارگیری و توسعه مدل‌های کاربری متناسب با گروه‌بندی کاربری‌هاست. توسعه سیستم حامی برنامه‌ریزی مکانی برای در نظر گرفتن تخصیص کاربری‌ها در سطوح مختلف، از نیازهای اصلی کشور محسوب می‌شود که مستلزم تحقیقات بیشتری است.

در تعیین مساحت مورد نیاز کاربری‌ها در سال‌های افق از برازش خطی مساحت کاربری‌ها استفاده گردید. محاسبه مساحت مورد نیاز کاربری‌ها با استفاده از روش‌های دیگر و همچنین در سناریوهای مختلف قابل محاسبه است که برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران بایستی با توجه به استراتژی‌های مربوط، روش مورد نظر را برگزینند.

کارشناسان، برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران در مطالعات مختلف از جمله آمایش سرزمین، برنامه‌ریزان منطقه‌ای و طرح‌های کالبدی نیاز به ابزاری دارند که بتوانند نیازها، اهداف و خواست‌های خود را مدل‌سازی کنند و بتوانند نتایج سناریوها و اولویت‌بندی‌های خود را در سیستمی گرافیکی و یا مکان مرجع ملاحظه و تفسیر کنند. در این تحقیق سعی گردید تا حد ممکن این بستر فراهم گردد. فرایند پیشنهادی در این تحقیق را می‌توان با تغییرات لازم برای سایر مناطق مورد استفاده قرار داد.

۵- منابع

Al-Ahmadi, K., See, L., Heppenstall, A., Hogg, J., 2009, **Calibration of a Fuzzy Cellular Automata Model of Urban Dynamics in Saudi Arabia**, Ecological complexity, 6, 80 –101.

Ameri, M., Barg gol, I., 2007, **Land Allocation Modeling in Regional Level Based on Accessibility and Land Value**, Journal of Transportation research, 4, 131-144 (In Persian).

APERI, 2003, **Comprehensive Studies for Agricultural Development Provincial Synthesis (Esfahan province)**, Volume 18: Synthesis report, Agricultural Planning and Economic Research Institute (APERI), Tehran, Iran (in Persian).

Babaee, A.R., Awnegh, M., 2006, **Evaluation of Development Potential and Land use Planning of Posht-e-Kouh Watershed**, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 13, 1, 127-137 (persian).

Bader, R., 2000, **Application of Remote Sensing and GIS in Assessing Urban Physical Development (Case study : Razi City)**, M.Sc. Thesis, Remote sensing and GIS Department, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University (In Persian).

Barredo, J.I., Kasanko, M., McCormick, N., Lavalle, C., 2003, **Modelling Dynamic Spatial Processes: Simulation of Urban Future Scenarios through Cellular Automata**, Landscape, Urban. Plan. 64, 145–160.

de Kok, J.L., Engelen, G., White, R., Wind, H.G., 2004, **Modelling Land-use Change in a Decision-support System for Coastal-Zone Management**, Environ. Model. Assess, 6, 123–132.

Dietzel, C., Clarke, K., 2006, **The Effect of Disaggregating Land Use Categories in Cellular Automata During Model Calibration and Forecasting**, Comput, Environ. Urban. 30, 78–101.

Engelen, G., White, R., Uljee, I., 1997, **Integrating Constrained Cellular Automata Models**, GIS and Decision Support Tools for Urban Planning and Policy Making, In: Timmermans, H. (Ed.), Decision Support Systems in Urban Planning, Chapman and Hall.

F.A.O., 1976, **A Framework for Land Evaluation**, F.A.O soils bulletin. Pb No. 32, Rome.

Geertman, S., Hagoort, M., Ottens, H., 2007, **Spatial-temporal Specific Neighborhood Rules for Cellular Automata Land-use Modeling**, Int. J. Geogr. Inform. Sci. 21(5), 547-568.

Geneletti, D.,van Duren, I., 2008, **Protected Area Zoning for Conservation and Use: A Combination of Spatial Multi-Criteria and Multi-objective Evaluation**, Landscape. Urban. Plan, 85, 97–110.

Geurs, K.T., van Wee, B., 2004, **Accessibility Evaluation of Land-use and Transport Strategies: Review and Research Directions**, Journal of Transport Geography, 12, 127–140.

Hagen-Zanker, A., 2009, **An improved Fuzzy Kappa Statistic that Accounts for Spatial Autocorrelation**, Int. J. Geog. Inf. Sci. 23(10), 61–73.

Hagoort, M., Geertman, S., Ottens, H., 2008, **Spatial Externalities, Neighborhood Rules and CA Land-use Modeling,** Ann Reg Sci. 42, 39–56.

Kalogeria, S., 2002, **Expert Systems and GIS: An Application of Land Suitability Evaluation**, Comput. Environ. Urban. 26, 89–112.

Klosterman, R.E., 1999, **The What If? Collaborative Planning Support System**, Environ. Plann. B 26, 393–408.

Karimi, M., Mesgari, M.S., Sharifi, M.A., 2009, **Modelling Ecological Capability Using Fuzzy Logic: Case study area: Borkhar and Meymeh Township**, Journal of Iranian GIS and RS Society. 1, (forthcoming)-(in Persian).

Khoii, Z., Asgari, A., Rafiian, M., 2005, **Application of Planning Support System, What if, in Local Land Use Planning with Objective in Natural Ecosystems and Agriculture Conservation**, Journal of Environmental Studies 38, 81-92 (In Persian).

Li, X., Yeh, A.G.O., 2002, **Neural-network based Cellular Automata for Simulating Multiple Land Use Changes Using GIS**, Int. J. Geogr. Inform. Sci. 16 (4), 323–343.

Liu, X., Li, X., Shi, X, Wu, S., Liu, T., 2008, **Simulating Complex Urban Development Using Kernel-based Non-linear Cellular Automata**, Ecol. Model. 211, 169–181.

Liu, Y., Lv, X., Qin, X., Guo, H., Yu, Y., Wang, J., Mao, G., 2007, **An Integrated GIS-based Analysis System for Land-Use Management of Lake Areas in Urban Fringe**, Landscape. Urban. Plan. 82, 233–246.

LUPD, 2008**, Land Use Planning Studies in the Esfahan Province**, Land use Planning Department (LUPD), Governor's office of Esfahan, Esfahan, Iran (in Persian).

Mahfouzi, M., Darvish Sefat, A.A., Makhdoum, M., 2002, **Land Use Planning of Dadghan-Tafresh Watershed,** Using GIS, Journal of Environmental Studies 27, 99-108 (persian).

Makhdoum, M.F., 1999, **Fundamental of Land use Planning**, Publication of Tehran University, Third edition (persian).

Mokhtari, M., Safaii Asl, A., Rangzan, K., Firoozi, M.A., 2006, **Modelling of Urban Development and Environmental Application in GIS Environment for Asessing the Approprite Regions for Urban Physical Development**, Third Conference on GIS, Qheshm (In Persian).

Mosivand, A.J., 2007, **Predicting Land Cover Change Using Land use Maps**, Satellite Images and Markov Chain Model, Msc Thesis, Remote sensing and GIS Department, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University (In Persian).

Pan, Y., Roth, A., Yu, Z., Doluschitz, R., 2010, **The Impact of Variation in Scale on the Behavior of a Cellular Automata Used for Land use Change Modeling**, Comput. Environ. Urban. Article in press.

Rashno, N., 2004, **Develop and Application of Urban Planning Support System Using AHP and GIS (Case Study: Bagh Neshat Region)**, Msc Thesis, Geography Department, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University (In Persian).

Razani, A., 2002, **Urban Land Use Planning Usig What if Planning Support System (Case Study: Doroud City)**, M. Sc. Thesis, Urban & Regional Planning Department, Faculty of arts, Tarbiat Modares University (In Persian).

Saberi Far, R., 1999, **Critical and Analysis of Urban Land Use Planning (Case Study: Mashad City)**, Ph.D. Thesis, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University (In Persian).

Sante, I., Crecente, R., 2007, **LUSE, A Decision Support System for Exploration of Rural Land Use Allocation: Application to the Terra Cha district of Galicia (N.W. Spain),** Agr. Syst. 94, 341–356.

Sante-Riveira, I., Crecente-Maseda, R., Miranda-Barros, D., 2008**, GIS-based Planning Support System for Rural Land-use Allocation**, Comput, Eelectron. Agr. 63, 257-273.

Sardari, M.R., 2007, **Recognition & Zoning of Vulnerable Areas for Informal Sattlement Growth (Case Study: Qazvin Counbation)**, M.Sc. Thesis, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University (In Persian).

SCI, 2008, **Housing and Population Census (HPC) 2006**, Statistical Center of Iran (SCI), Retrieved: 15 December 2008, from http://www.sci.org.ir/portal/faces/public/census85/census85.natayej.

Store, R., 2009, **Sustainable Locating of Different Forest Uses**, Land Use Policy. 26, 610–618.

Tapiador, F.J., Casanova, J.L., 2003, **Land Use Mapping Methodology Using Remote Sensing for the Regional Planning Directives in Segovia**, Spain. Landscape and Urban Planning 62, 103–115.

Tawfigh, F., 2006, **Spatial Planning; Global Experience and Its Comparison with the Conditions of Iran**, Urban Planning & Architecture Research Center of Iran (In persian).

Urban Planning & Architecture Research Center of Iran (UP&ARCI), 2000, **Initial Studies and Assigning Strategy for Database Formation**, Project for Establishing the Geographic Information Databases of Development Plans, Tehran (In persian).

Van Delden, H., Luja, P., Engelen, G., 2007, **Integration of Multi-Scale Dynamic Spatial Models of Socio-Economic and Physical Processes for River Basin Management,** Environ. Modell. Softw. 22, 223-238.

Van Vliet, J., White, R., Dragicevic, S., 2009, **Modelling Urban Growth Using a Variable Grid Cellular Automaton,** Comput. Environ.Urban. 33, 35–43.

Verburg, P.H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., Mastura, S.S.A., 2002, **Modelling the Spatial Dynamics of Regional Land Use: The CLUE-S Model**, Environ. Manage. 30 (3), 391–405.

Verburg, P.H., Veldkamp, A., 2004**, Projecting Land Use Transitions at Forest Fringes in the Philippines at Two Spatial Scales**, Landscape. Ecol. 19, 77–98.

Verburg, P.H., de Nijs, T.C.M., van Eck, J.R., Visser, H., de Jong, K., 2004a**, A Method to Analyze Neighborhood Characteristics of Land Use Patterns**, Comput. Environ. Urban. 28, 667–690.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی