سنجش از دور
و
GIS ایران

سنجش از دور و GIS ایران سال پنجم، شماره یکم، بهار ۱۳۹۲
Iranian Remote Sensing & GIS Vol.5, No.1, Spring 2013

۵۱-۷۰

مدل‌سازی تخصیص کاربری با در نظر گرفتن افزایش و کاهش تقاضای کاربری‌ها

پرستو پیله‌فروش‌ها[۱]، محمد کریمی*[۲]، محمد طالعی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
۳و۲. استادیار گروه مهندسی GIS، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۷/۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۲/۲۳

چکیده

افزایش جمعیت و محدود بودن اراضی قابل استفاده، در کنار تغییرات سریع جوامع و توسعه کاربری‌ها، بر اهمیت برنامه‌ریزی صحیح زمین و تصمیم‌گیری هدفمند در تخصیص آن به بهترین کاربری می‌افزاید. فرایند تخصیص کاربری معمولاً در سه مرحلهٔ تناسب، تقاضا و تخصیص انجام می‌شود. در اغلب تحقیقات موجود، به مدل‌سازی افزایش مساحت کاربری‌ها در طول برنامه‌ریزی اکتفا شده است. هدف از انجام تحقیق حاضر ارائه مدلی برای تخصیص کاربری است که بتواند فرایندهای محیطی و تأثیراتی را که به صورت هم‌زمان منجر به افزایش و کاهش سطح کاربری می‌گردد مدل‌سازی کند. در این مدل، برای مدل‌سازیِ افزایش مساحت کاربری به مؤلفه‌های تناسب محیطی، دسترسی، همسایگی و محدودیت و برای مدل‌سازی کاهش مساحت کاربری به مؤلفه‌های فرسایش و شوری خاک پرداخته شده است. در مدل توسعه داده‌شده از روش‌های اتوماسیون سلولی، میانگین وزن‌دار خطی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. این مدل در شهرستان برخوار و میمه واقع در استان اصفهان پیاده‌سازی شد و با در نظر گرفتن نقشه کاربری سال ۱۳۷۷ به عنوان نقشهٔ مبنا، نقشه کاربری سال ۱۳۸۴ به عنوان نقشه افق در دو حالت مختلف تهیه شد. دقت‌های ۰/۶۰۹ و ۰/۵۱۰ بدین معنی است که مدل توسعه داده‌شده در مقایسه با مدل‌های پیشین دارای دقت بهتری است. در نهایت با استفاده از مدل توسعه داده‌شده، پیش‌بینی نقشه کاربری برای سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. نتایج پژوهشی حاضر را می‌توان با تغییراتی برای سایر مناطق نیز مدنظر قرار داد.

کلیدواژه‌ها: GIS، تعیین تناسب، تعیین تقاضا، تخصیص کاربری، تخریب خاک.

* نویسنده مکاتبه‌کننده: تهران، خیابان ولیعصر، تقاطع میرداماد، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی نقشه‌برداری، تلفن: ۰۹۱۲۳۸۹۸۳۸۵
Email: mkarimi@kntu.ac.ir

۱- مقدمه

زمین به عنوان مکان و یکی از عوامل تولید جایگاه مهمی در برنامه‌ریزی دارد. افزون بر این، تحرک‌ناپذیری این منبع بر اهمیت برنامه‌ریزی صحیح آن می‌افزاید و بر ضرورت تخصیص آن به بهترین کاربری نسبی با بالاترین کارایی اقتصادی می‌افزاید (Fallah-Shamsi et al., 2005). از سویی، افزایش جمعیت و محدود بودن اراضی قابل استفاده، انسان متمدن امروزی را وادار به برنامه‌ریزی برای استفاده صحیح از زمین ساخته است (FAO, 1976). مجموع این شرایط، بیش از پیش بر اهمیت برنامه‌ریزی هوشمندانه و تصمیم‌گیری هدفمند در تعیین کاربری زمین افزوده است.

در کشور ایران، مطالعات کاربری زمین معمولاً تحت عنوان آمایش سرزمین و طرح‌های توسعه و عمران (کالبدی) مطرح می‌شود. روند معمول در طرح‌های مذکور، به طور خلاصه شامل شناسایی منابع و عوامل مؤثر، جمع‌آوری اطلاعات و تهیه نقشه‌های فاکتور، تعیین درجه تناسب و اولویت‌بندی تخصیص کاربری‌هاست (Ameri and Barg-Gol, 2007). تخصیص کاربری زمین از موضوعات اصلی در برنامه‌ریزی و به‌خصوص آمایش سرزمین و طرح‌های توسعه و عمران به شمار می‌آید.

مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین، سه فرایند اصلی ارزیابی تناسب زمین، ارزیابی تقاضا و تخصیص را در بر می‌گیرد (Karimi et al., 2012). تناسب زمین از طریق مطالعه شرایط زیست‌محیطی و اجتماعی ـ اقتصادی مورد نیاز برای انواع کاربری‌ها و مقایسهٔ آنها با ویژگی‌های زمین انجام می‌پذیرد (FAO, 1976). معمولاً تأثیر شرایط محیطی و اجتماعی ـ اقتصادی با تعیین عوامل تناسب محیطی، قابلیت دسترسی، اثر همسایگی و مقررات مربوط به پهنه‌بندی اراضی نشان داده می‌شود (NisarAhamed et al., 2000; Mohammadi and Givi, 2001; Sicat et al., 2005; Malczewski, 2006; Reshmidevi et al., 2009; Karimi et al., 2009; Bhagat et al., 2009; Da-Cheng et al., 2011; Tuan et al., 2011; Passuello et al.,). ارزیابی تقاضای زمین، به معنای برآورد مساحت مورد نیاز برای انواع کاربری‌ها در سطح واحدهای مدیریتی است، که معمولا با استفاده از مدل‌های اجتماعی- اقتصادی، روش‌های آماری، روش‌های برنامه‌ریزی خطی چندهدفه و زنجیره مارکوف انجام می‌شود (Agrell et al., 2004; Fallah-Shamsi et al., 2005; Liu et al., 2007; Xu et al., 2009; Karimi, 2010). در نهایت، تخصیص زمین به معنای تعریف کاربری مناسب برای واحدهای زمین براساس محاسبهٔ تناسب زمین، تقاضا و قوانین تغییر کاربری است (Karimi et al., 2012; Verburg and Overmars, 2009).

بررسی تحقیقات مرتبط نشان می‌دهد که در مدل‌سازی فرایند تخصیص کاربری، به دلیل پیچیدگی مدل‌سازی محاسبه تناسب زمین و تقاضای کاربری‌ها، با در نظر گرفتن افزایش جمعیت و تأمین نیازهای افراد، بیشتر به مدل‌سازی افزایش مساحت کاربری‌ها اکتفا شده و از مدل‌سازی کاهش مساحت کاربری‌ها صرف نظر گردیده است (Wang et al., 2004; Sante-Riveria et al., 2008; Karimi 2010). این در حالی است که علاوه بر تغییرات تقاضامحور کاربری‌ها، در بسیاری از مناطق پدیده‌های مختلفی به طور هم‌زمان در حال رخ دادن هستند که می‌توانند منجر به کاهش مساحت کاربری‌هایی نظیر کشاورزی گردند (Verburg and Overmars, 2009).

به تازگی برخی مطالعات به بررسی عوامل از بین رفتن / کاهش زمین‌های زراعی پرداخته‌اند. تان و همکاران (Tan et al., 2005) کاهش مساحت زمین‌های زراعی را ناشی از اثر ترکیبی عوامل اجتماعی (رشد جمعیت و مهاجرت به شهرها)، اقتصادی و محیطی (ناشی از بلایای طبیعی و تخریب زمین) می‌دانند. آنها از بین عوامل مذکور، توسعه مناطق شهری را مهم‌ترین عامل برمی‌شمارند. اورمارس و وربرگ (Overmars & Verburg, 2009) به مدل‌سازی فرایند رشد مجدد پوشش گیاهی در زمین‌های کشاورزی رها شده[1] در فرایند تخصیص کاربری پرداخته‌اند. در تحقیق حاضر

1. Agricultural Land Abandonment

نشان داده شده است که رهاسازی زمین‌های کشاورزی، عمدتاً در مناطقی رخ می‌دهد که شرایط مناسبی برای این کاربری ندارند. Xu و همکاران (۲۰۰۹)، با استفاده از مدل از پیش موجود TESim، میزان فرایندهای زیست‌محیطی از جمله فرسایش خاک را محاسبه کرده و آن را وارد مدل کاربری زمین کرده‌اند. در مدل کاربری زمین با استفاده از بهینه‌سازی تناسب وزن‌داری ـ که با نظر کارشناسی حاصل شده است ـ کاربری هر واحد زمینی تعیین می‌گردد. کریمی (۲۰۱۰) به افزایش میزان خطا در مدل‌سازی تخصیص کاربری کشاورزی به دلیل در نظر نگرفتن عامل محیطی، اشاره کرده است.

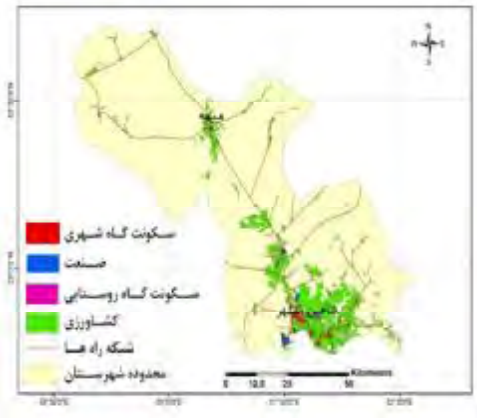
با توجه به موارد یادشده و تأکید اورماس و وربرگ (۲۰۰۹) بر لزوم در نظر گرفتن مسئله تلفیق تغییرات تقاضامحور کاربری‌ها با فرایندهای محلی و تأثیرات محیطی در منطقه و نیز توجه نکردن به عوامل اقتصادی و محیطی مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی در فرایند تخصیص کاربری در تحقیقات ذکرشده، در پژوهش حاضر مدلی برای تحلیل تغییر کاربری که بتواند توسعه کاربری مشخصی را تعیین کند و به طور هم‌زمان فرایندها و تأثیراتی را که منجر به کاهش سطح کاربری در بعضی نقاط می‌گردد مدل کند، ارائه شده است. مزیت مدل ارائه‌شده را می‌توان در نظر گرفتن هم‌زمان افزایش و کاهش مساحت کاربری کشاورزی برشمرد.

در ادامه، ضمن بیان مواد و روش تحقیق به بررسی مراحل انجام فرایند تخصیص کاربری پرداخته شده و مدل پیشنهادی تحقیق ارائه گردیده است. نتایج حاصل از اجرای مدل پیشنهادی در منطقهٔ مورد مطالعه در بخش سوم مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم نیز نتیجه‌گیری و پیشنهاد کارهای آینده ارائه می‌شود.

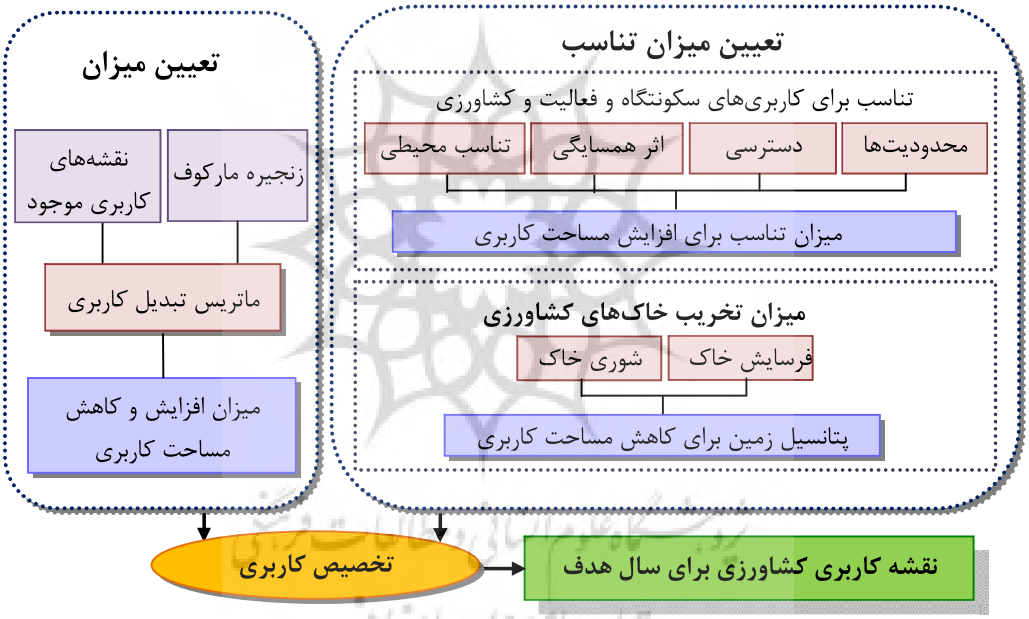
۲- مواد و روش‌ها

شهرستان برخوار و میمه واقع در استان اصفهان به عنوان منطقه مورد مطالعه تحقیق انتخاب شده است (شکل ۱). این شهرستان با مساحت ۶۹۵۷ کیلومترمربع و جمعیت ۲۷۹/۷۸۸ نفر، دارای تراکم جمعیت ۳۶/۳ نفر در کیلومترمربع است. طبق آمار سال ۱۳۸۵ (SCI, 2008)، شهرستان برخوار و میمه از ۶ دهستان، ۹ شهر و ۳۱ روستای مسکونی تشکیل شده و بیش از ۸۶ درصد جمعیت آن شهری است. رشد جمعیت سالانه ۲/۵۸ درصد در طول سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۷۵ و رشد سالیانه ۲/۳۹ درصد در طول سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵، که بالاترین اعداد در سطح استان‌اند، گویای تمرکز و رشد جمعیت در این منطقه است (Isfahan Agricultural Development Plan, 2001). رشد نسبتاً زیاد جمعیت در دو دههٔ مذکور و توسعه زیرساخت‌های بخش کشاورزی و صنعت در سال‌های اخیر، از دلایل انتخاب شهرستان برخوار و میمه به عنوان منطقه مورد مطالعه بوده است. در دسترس بودن داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعات قبلی نیز در انتخاب منطقه برای مطالعه مؤثر بوده است.

در پژوهش حاضر فرایند تخصیص کاربری در سه مرحله اصلی مطابق با فلوچارت ارائه‌شده در شکل ۲ مدل‌سازی شده است. به طور کلی، در تحلیل‌های مکانی مبتنی بر کاربرد GIS، فرض می‌شود که منطقه مورد مطالعه به مجموعه‌ای از واحدهای مشاهده مانند پلی‌گون و یا پیکسل تقسیم شده است. در تحقیق حاضر، پیکسل به عنوان واحد مکانی مورد ارزیابی انتخاب شده است. همچنین به دلیل سهولت، کاربری‌های سکونتگاه شهری، سکونتگاه روستایی، و صنعت در نقشه کاربری اولیه، با یکدیگر ترکیب شده و تحت عنوان لایه کاربری سکونتگاه و فعالیت ذخیره‌سازی، و کاربری‌های مرتع و سایر به عنوان کاربری سایر لحاظ شده‌اند. در ادامه نحوه مدل‌سازی مراحل مذکور تشریح شده است.



شکل ۱. نقشه کاربری شهرستان برخوار و میمه



شکل ۲. ساختار اجرای پژوهش

۲-۱- تعیین تناسب

تناسب زمین، به معنای سازگاری یک قطعه زمین داده‌شده برای کاربری تعریف‌شده است (FAO, 1976) و میزان برآورده شدن نیازهای یک کاربری مشخص را به‌وسیله زمین تعیین می‌کند (Sante-Riveira et al., 2008). هدف اصلی ارزیابی تناسب زمین، پیش‌بینی ظرفیت ذاتی واحد زمین به منظور پشتیبانی از یک کاربری مشخص برای مدت زمان طولانی و بدون تخریب، به منظور به حداقل رساندن هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی و زیست‌محیطی است (Bhagat et al., 2009).

در تحقیقات مختلف برای تعیین تناسب اراضی، مجموعه‌ای از معیارهای مختلف محیطی، اقتصادی و اجتماعی شامل تناسب محیطی، همسایگی (تعامل

میان کاربری‌ها)، دسترسی و محدودیت‌ها در نظر گرفته شده است (Verburg and Overmars, 2009; Karimi, 2010). علاوه بر این، در بسیاری از مناطق پدیده‌های مختلفی که باعث کاهش مساحت کاربری‌ها می‌شوند، به طور هم‌زمان در حال افتادن هستند که نیاز به مدل‌سازی آن‌ها در فرایند تخصیص کاربری وجود دارد. بدین منظور، در تحقیق حاضر محاسبه تناسب به منظور مدل‌سازی افزایش و کاهش مساحت کاربری‌ها مدنظر قرار گرفته که در ادامه به تفکیک توضیح داده می‌شود.

۲-۱-۱- تعیین تناسب برای افزایش مساحت کاربری‌ها

همان‌گونه که ذکر شد، میزان تناسب به منظور افزایش مساحت کاربری‌ها به عواملی از جمله تناسب محیطی، همسایگی، دسترسی و محدودیت‌های موجود بستگی دارد، که در ادامه تشریح می‌گردند.

• تعیین تناسب محیطی

تناسب محیطی سرزمین مستلزم مقایسه ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه با نیازمندی‌های کاربری‌هاست (FAO, 1976). این تناسب غالباً برمبنای مطالعات خاک، اقلیم و توپوگرافی، که مهم‌ترین گروه از اطلاعات محیطی مورد نیاز برای سنجش تناسب زمین به شمار می‌آیند، بنا شده است (Salam et al., 2005; Bhagat et al., 2009). در پژوهش حاضر با الهام از مدل مخدوم (Makhdoum, 1999)، به منظور تعیین تناسب محیطی برای کاربری کشاورزی، پارامترهای اقلیم (دما، بارش، رطوبت)، خاک (بافت خاک و عمق خاک)، فاصله از رودخانه‌ها و کانال‌های آبیاری، شیب و ارتفاع، و به منظور تعیین تناسب محیطی برای کاربری سکونتگاه و فعالیت، پارامترهای ارتفاع، شیب و خاک (بافت خاک و عمق خاک) در نظر گرفته شدند.

در تعیین تناسب زمین برای انواع مختلف کاربری‌ها، نیاز به تعیین نقشه‌های معیار عوامل مؤثر و تلفیق آنهاست. در تهیه انواع نقشه‌های معیار معمولاً از تحلیل‌های مکانی در محیط GIS و روش‌های وزن‌دهی استفاده می‌شود (NisarAhamed et al., 2000; Bhagat et al., 2009; Karimi et al., 2010). در پژوهش حاضر به منظور تعیین درجه تناسب محیطی برای کاربری‌ها از مدل مخدوم و در تلفیق نقشه‌های معیار از روش‌های چندمعیاره استفاده شده است (Ceballos-Silva and Lopez-Blanco, 2003; Salam et al., 2005; Pourebrahim et al., 2011; Passuello et al., 2012)، که در بخش سوم نحوه به کارگیری آنها تشریح شده است.

• مدل‌سازی تأثیر همسایگی

در فرایند تخصیص کاربری به هر واحد مکانی، علاوه بر در نظر گرفتن ویژگی‌های هر واحد، توجه به توزیع مکانی کاربری‌های اطراف آن واحد نیز ضروری است و این کار از طریق مدل‌سازی تعامل میان کاربری‌ها[1] انجام می‌پذیرد. معمولاً تعامل میان کاربری‌های مختلف بر یکدیگر، تأثیر همسایگی نام دارد که مدل‌سازی آن غالباً با استفاده از روش اتوماسیون سلولی[2] (CA) انجام می‌شود (Verburg et al., 2004). اتوماسیون سلولی، احتمال تغییر کاربری سلول را با توجه به کاربری سلول‌های همسایه مدل‌سازی می‌کند. میزان اثر همسایگی هر پیکسل، از اثر تجمعی تمامی پیکسل‌های مجاور واقع در شعاع تأثیر با توجه به کاربری و فاصله آنها و براساس رابطه (۱) محاسبه می‌گردد (کریمی، ۱۳۸۹).

رابطه (۱)

$$N_{il} = \sum_d \sum_k w_{dlk} , d = \sqrt{dx^2 + dy^2}$$

در رابطه مذکور N_{il} بیانگر اثر همسایگی پیکسل مرکزی i با کاربری l و w_{dlk} بیانگر اثر هر پیکسل مجاور با کاربری k بر پیکسل مرکزی i با کاربری L است که

1. Land Use Interactions
2. Cellular Automata

دارای فاصله d از یکدیگرند.

در رابطه (۱) اثر همسایگی هر پیکسل برمبنای کاربری‌های پیکسل‌های مجاور و از طریق قوانین انتقال[1] تعریف می‌شود (Karimi et al., 2012). تعریف قوانین انتقال ضروری‌ترین بخش به منظور به‌دست آوردن شبیه‌سازی واقع‌گرایانه از تغییر کاربری زمین است (Verburg et al., 2004). بررسی تحقیقات مرتبط نشان می‌دهد که قوانین انتقال در مدل‌های CA اغلب برای کاربردهای مشخص تعریف شده‌اند و نمی‌توان روشی کلی را برای تعیین این قوانین برشمرد. از طرف دیگر، به دلیل تعدد ضرایب قوانین انتقال، کالیبراسیون این قوانین پیچیده است (Verburg et al., 2004; Hagoort et al., 2008). بنابراین در اغلب موارد از روش‌های سعی و خطا استفاده شده که مستلزم صرف زمان زیادی است. برای این منظور، وربرگ و همکاران (۲۰۰۴) شاخص مکانی فاکتور غنی‌شدگی را تعریف کرده و برای دستیابی به مقیاسی قابل مقایسه، از لگاریتم آن به عنوان مجموعه اولیه مناسبی از قوانین انتقال استفاده کرده‌اند، اما این کار ابهام موجود در این مؤلفه را به صورت کامل بر طرف نمی‌کند. این شاخص مطابق با رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$F_{kdi} = \frac{n_{kdi}/n_{di}}{N_K/N}$$

در رابطه مذکور، F_{kdi} بیانگر اثر 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، n_{di} بیانگر تعداد پیکسل‌های موجود در فاصله d، N_k بیانگر تعداد پیکسل‌های دارای کاربری k، و N بیانگر تعداد کل پیکسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه است. میانگین همسایگی برای کاربری مشخص l($\bar{F}_{l,k,d}$)، به‌وسیله میانگین فاکتور غنی‌شدگی برای تمام پیکسل‌های متعلق به کاربری مشخص l، مطابق رابطه (۳) محاسبه می‌شود (Verburg et al., 2004):

رابطه (۳)

$$\bar{F}_{l,k,d} = \frac{1}{N}\sum_{i\in L} F_{kdi}$$

که در آن L مجموعه تمام مکان‌های با کاربری l است. بنابرآنچه گفته شد، برای توجیه استفاده از اتوماتای سلولی در مدل‌های کاربری زمین، قوانین موجود همسایگی می‌بایست بهبود پیدا کنند (Hagoort et al., 2008). به تازگی روش‌های مختلفی برای مطابقت بهتر مجموعه قوانین انتقال با واقعیت، تکامل پیدا کرده‌اند. هاگورت و همکاران (Hagoort et al., 2008) در تعیین قوانین انتقال برای مدل CA، علاوه بر استفاده از شاخص مکانی فاکتور غنی‌شدگی، از دانش کارشناسی استفاده کرده و قوانین انتقال را به بازه [۳ ۳-] منتقل کرده‌اند. کریمی و همکاران (۲۰۱۲) نیز بر لزوم تلفیق شاخص‌های مکانی و دانش کارشناسی تأکید ورزیده‌اند. در تحقیق حاضر با استفاده از لگاریتم مقادیر فاکتور غنی‌شدگی و دانش کارشناسی در این زمینه، مقادیر مربوط به شاخص مکانی فاکتور غنی‌شدگی تعیین و سپس میزان اثر همسایگی محاسبه شده است.

• تعیین میزان دسترسی

یکی از عوامل مؤثر در فرآیند تخصیص کاربری، میزان دسترسی به شبکه راه‌های موجود است. دسترسی به عنوان یکی از عوامل مؤثر در فرایند تخصیص، موجب گسترش رقابت اقتصادی در سطح منطقه و تغییر ارزش زمین‌های مجاور سامانهٔ حمل‌ونقل می‌گردد که این امر، خود به تغییر کاربری منتهی می‌شود (Ameri and Barg-Gol, 2007). در پژوهش حاضر میزان دسترسی کاربری کشاورزی و سکونتگاه و فعالیت با توجه به فاصله اقلیدسی آن از نزدیک‌ترین نقطه شبکه راه‌ها و با استفاده از رابطه‌ای تجربی به صورت رابطه (۴) به‌دست می‌آید (Engelen et al., 1997).

1. Transition Rules

رابطه (۴)

$$A_{ik} = \frac{1}{1+\frac{D_i}{a_k}}$$

در این رابطه، A_{ik} بیانگر میزان دسترسی پیکسل i با کاربری k به شبکه راه‌ها، D_i بیانگر فاصله اقلیدسی پیکسل i تا نزدیک‌ترین پیکسل متعلق به شبکه راه‌ها و a_k بیانگر اهمیت دسترسی کاربری k به شبکه راه‌هاست.

• محدودیت‌ها

تخصیص زمین به یک کاربری تحت تأثیر سیاست‌ها و عوامل محدودکنندهٔ بسیاری قرار دارد (Fallah-Shamsi et al., 2005; Liu et al., 2007). این سیاست‌ها و محدودیت‌ها شامل مقررات و آیین‌نامه‌ها، طرح‌های توسعه مصوب و مجموعه تهدیدات محیطی، اقتصادی و اجتماعی می‌شوند؛ به عنوان مثال، احداث کاربری‌های صنعتی در حریم ۵۰ کیلومتری محدوده شهر اصفهان ممنوع است. در پژوهش حاضر، قسمت‌هایی از پناه‌گاه‌های حیات‌وحش قمیشلو و موته (دو منطقه تحت مدیریت سازمان محیط زیست کشور)، به عنوان محدودیت کاربری سکونتگاه و فعالیت، و مناطقی از زمین که شامل خاک هیدرومورف است، به عنوان محدودیت کاربری کشاورزی تعیین شده و به صورت باینری در نظر گرفته شده‌اند.

• ارزیابی یکپارچه تناسب

تعیین تناسب کلی هر واحد مکانی برای کاربری‌های مختلف نیاز به تلفیق مؤلفه‌های مؤثر (پتانسیل محیطی، اثر همسایگی، دسترسی و محدودیت‌ها) دارد. به دلیل وجود معیارهای مختلف در این مسئله، ارزیابی تناسب زمین به عنوان مسئله ارزیابی چندمعیاره تعریف شده و از طریق تلفیق GIS و ارزیابی چندمعیاره، در نهایت یک نقشه یا مجموعه‌ای از نقشه‌های از شاخص تناسب تولید می‌شود (Ceballos-Silva and Lopez-Blanco, 2003). در این تحقیق، پارامترهای تناسب محیطی، همسایگی، دسترسی و محدودیت با استفاده از رابطه (۵) تلفیق شده است تا میزان پتانسیل تناسب برای کاربری کشاورزی و سکونتگاه و فعالیت تعیین گردد. در این رابطه S_{ki}، N_{ki}، A_{ki} و Z_{ki} به ترتیب نشان‌دهنده معیارهای تناسب محیطی، همسایگی، دسترسی، محدودیت واحد مکانی i برای کاربری k، و W_s، W_n و W_a به ترتیب وزن معیارهای تناسب محیطی، همسایگی و دسترسی هستند.

رابطه (۵)

$$P_{ki} = (W_s \times S_{ki} + W_n \times N_{ki} + W_a \times A_{ki}) \times Z_{ki}$$

افزون بر این، برای تعیین تناسب کلی هر پیکسل می‌بایست علاوه بر میزان پتانسیل آن، امکان تغییر هر نوع کاربری به سایر کاربری‌های مطرح در قالب ماتریس تبدیل کاربری یا ماتریس سهولت تبدیل کاربری در نظر گرفته شود (verburg and Overmars, 2009). این ماتریس با استفاده از دانش کارشناسی تعیین می‌شود و اعضای آن اعداد حقیقی بین صفر تا یک هستند و با استفاده از رابطه (۶) میزان تناسب کلی هر پیکسل تعیین می‌شود (کریمی، ۱۳۸۹).

رابطه (۶)

$$T_{ki} = P_{ki} \times C_{ek}$$

در رابطه فوق، P_{ki} و T_{ki} به ترتیب میزان پتانسیل و میزان تناسب کلی پیکسل i برای کاربری k، و C_{ek} بیانگر درجه سهولت تغییر کاربری e (کاربری موجود) به کاربری k (کاربری آتی) است.

۲-۱-۲- تعیین تناسب برای کاهش مساحت کاربری‌ها

همان‌طور که در مقدمه توضیح داده شد، در مدل‌سازی تخصیص کاربری‌هایی مانند کشاورزی، علاوه بر افزایش مساحت ناشی از نیاز به توسعه آن کاربری، در هر دوره زمانی به دلیل عوامل زیست‌محیطی (تخریب خاک کشاورزی ناشی از فرسایش، شوری، خشکسالی و یا کشت بیش از حد محصولات)، عوامل اقتصادی (نیاز به توسعه سکونتگاه و مکان فعالیت) و یا عوامل اجتماعی (کاهش جمعیت ساکن و شاغل به کشاورزی در آن منطقه)، قسمتی از مساحت زمین‌های کشاورزی از بین

می‌روند و به کاربری‌های دیگری تبدیل می‌شوند. بنابراین نیاز به مدل‌سازی این عوامل و در نتیجه تخصیص دقیق‌تر کاربری وجود دارد.

در تحقیق اورمارس وربرگ (۲۰۰۹)، عامل «نبود شرایط مناسب برای کاربری کشاورزی» به عنوان عاملی مؤثر در رهاسازی زمین‌های کشاورزی[1] ذکر شده است. کریمی (۲۰۱۰) نیز دو عامل فرسایش و شوری خاک را به عنوان عوامل محیطی مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی بیان کرده است. در پژوهش حاضر افزون بر محاسبه میزان تناسب برای افزایش مساحت کاربری‌ها، دو عامل فرسایش و شوری خاک ـ که شرایط نامساعدی را برای زمین‌های زراعی ایجاد می‌کنند ـ به عنوان عوامل مؤثر در تخریب خاک‌های کشاورزی و کاهش سطح زمین‌های زراعی بررسی شده است.

مطالعات مختلفی به مدل‌سازی عوامل محیطی مؤثر در تخریب خاک‌های کشاورزی شامل فرسایش و شوری خاک پرداخته‌اند، که از جمله می‌توان به محاسبه فرسایش خاک ناشی از آب با استفاده از معادله جهانی فرسایش خاک[2] (USLE/RUSLE) (Wischmeier and Smith, 1978; Mitra et al., 1998; De la Rosa et al., 1999; Dragan et al., 2003; Qing-feng et al., 2008; Aixia et al., 2008; Schuler and Sattler, 2008; Nekhay et al., 2009) به عنوان یکی از مدل‌هایی که از آن استفاده گسترده شده است، و همچنین ارزیابی میزان شوری خاک در محیط GIS (Giordano and Liersch, 2011) اشاره کرد.

در تحقیقات بررسی‌شده، عوامل متعددی نظیر بارندگی، شیب، پوشش گیاهی، قابلیت فرسایش خاک، ساختار زمین‌شناسی و مجاورت با جریان‌ها در محاسبهٔ میزان فرسایش خاک در نظر گرفته شده‌اند. در پژوهش حاضر با استناد به تحقیق نخای و همکاران (Nekhay et al., 2009) با افزودن وزن پارامترها با استفاده از دانش کارشناسی، فرض شده است که بین آنها وابستگی وجود دارد و در آن پارامترهای میزان بارش، مجاورت با رودخانه‌ها (براساس تحقیقات انجام‌شده، فاصله ۵۰ متری در اطراف رودخانه‌ها نسبت به سیل‌گیری حساس فرض شده است) و میزان شیب به منظور تعیین میزان فرسایش خاک ناشی از آب در نظر گرفته شده و با استفاده از روش WLC[3] تلفیق شده‌اند.

به منظور تهیه نقشه شوری خاک می‌بایست ابتدا نقشه‌های پایه مورد نیاز تهیه گردند. با توجه به بررسی‌های صورت‌گرفته، عوامل مؤثر در تهیه نقشه شوری خاک شامل این موارد است: میزان بارش، بافت خاک، تعداد کانال‌ها ، فاصله تا نزدیک‌ترین کانال، ویژگی‌های مورفولوژیک سطح، رنگ خاک، کیفیت آب مورد استفاده برای آبیاری، مقدار آب برای آبیاری، سیستم زهکشی و سطح آب زیرزمینی (Giordano and Liersch, 2011). در پژوهش حاضر در محاسبه میزان شوری خاک، با الهام از تحقیق جوردن و لیرش (Giordan & Liersch, 2011) و با بررسی وضعیت داده‌های موجود، عوامل بافت خاک، میزان بارش، سیستم زهکشی و فاصله تا کانال‌های منطقه در نظر گرفته شده و روش تلفیق آنها، WLC است.

پس از تعیین میزان فرسایش و شوری خاک در منطقه مورد مطالعه، می‌بایست به تلفیق آنها و تعیین پتانسیل تخریب خاک‌های کشاورزی (پتانسیل برای کاهش مساحت کاربری) پرداخت. به دلیل ماهیت چندمعیارهٔ این مسئله، در تحقیق حاضر از روش WLC مطابق با رابطه (۷) استفاده شده است. در این رابطه، SD_i میزان پتانسیل تخریب خاک برای هر واحد مکانی، ER_i و SA_i به ترتیب بیانگر میزان فرسایش و شوری هر واحد مکانی و W_e و W_s وزن اختصاص داده شده به دو پارامتر فرسایش و شوری خاک هستند.

رابطه (۷)

$$SD_i = W_e \times ER_i + W_s \times SA_i$$

1. Agricultural Land Abandonment
2. Universal Soil Loss Equation/ Revised Universal Soil Loss Equation
3. Weighted Linear Combination

۲-۲- تعیین میزان تقاضا

در مدل‌سازی تخصیص کاربری پس از تهیه نقشه‌های تناسب، به محاسبه مساحت مورد نیاز کاربری‌ها پرداخته می‌شود (Karimi, 2010). محاسبه تقاضای کاربری‌ها در دو مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله نخست، واحدهای تقاضا که عموماً واحدهای مدیریتی هستند تعریف می‌شود و در مرحله دوم، مساحت مورد نیاز هر واحد تقاضا محاسبه می‌گردد. همان‌طور که در مقدمه گفته شد، محاسبه تقاضای کاربری‌ها معمولاً با استفاده از مدل‌های اجتماعی ـ اقتصادی، روش‌های آماری، روش‌های برنامه‌ریزی خطی چندهدفه و یا زنجیره مارکوف انجام می‌شود.

در پژوهش حاضر، مساحت مورد نیاز کاربری کشاورزی، سکونتگاه و فعالیت و همچنین میزان تبدیل کاربری کشاورزی به سایر کاربرها (ناشی از عوامل مؤثر در کاهش سطح کاربری) در سطح منطقه تعیین گردیده و برای تعیین آن از روش زنجیره مارکوف استفاده شده است. زنجیره مارکوف براساس تغییر کاربری زمین از یک دوره زمانی به دوره دیگر، تغییرات کاربری زمین را در آینده محاسبه می‌کند. برای اجرای زنجیره مارکوف، به نقشه‌های کاربری منطقه نیاز است، بدین ترتیب که ماتریس احتمال تبدیل ـ که ورودی زنجیره مارکوف است ـ با استفاده از نقشه‌های کاربری استخراج می‌شود (Stewart, 1994):

رابطه (۸)

$$P=\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{N1} & P_{N2} & \cdots & P_{NN} \end{bmatrix} \;\&\; \sum_{i=1}^{N} P_{ij}=1$$

$$P_{ij}=n_{ij}/n_j$$

در رابطه مذکور n_{ij} تعداد کلی سلول‌های مشاهده‌شده از گروه i به گروه j در طول دوره زمانی تبدیل و n_i تعداد کلی سلول‌هایی است که در حال تبدیل از گروه i در طول دوره زمانی تبدیل هستند. در مرحله آخر، برای به‌دست آوردن بردار مناطق تبدیل، می‌بایست هر ستون ماتریس احتمال تبدیل در تعداد سلول‌های کاربری زمین منطبق بر نقشه کاربری مبنا ضرب شود.

۲-۳- تخصیص کاربری

تخصیص کاربری زمین بخش مهمی از برنامه‌ریزی کاربری اراضی است (Liu et al., 2007). در این مرحله، با توجه به میزان تناسب هر واحد مکانی برای کاربری‌های مختلف، تقاضای کاربری‌ها، کاربری و پوشش موجود، و قوانین و سیاست‌های موجود در خصوص تغییر کاربری، تخصیص کاربری به هر واحد مکانی صورت می‌پذیرد. معمولاً دو سیاست کلی در انجام فرایند تخصیص مدنظر قرار می‌گیرد (Karimi, 2010):

- تخصیص براساس ماکزیمم پتانسیل: در این حالت تخصیص کاربری‌ها براساس ماکزیمم پتانسیل در بین نقشه‌های معیار انجام می‌شود؛ بدین معنا که در واحد تقاضای مورد نظر، کاربری پیکسل با ماکزیمم پتانسیل تعیین می‌گردد.
- تخصیص براساس اولویت‌بندی کاربری‌ها: در این حالت تخصیص کاربری‌ها براساس اولویت ارزش آنها انجام می‌شود؛ بدین معنا که ابتدا سطح مورد نیاز کاربری دارای اولویت بالاتر تخصیص داده می‌شود و در مرحله بعد به ترتیب سایر کاربری‌ها تخصیص می‌یابند.

در پژوهش حاضر، استراتژی تخصیص براساس اولویت ارزش کاربری‌ها دنبال شده است. بدین منظور، مراحل زیر در فرایند تخصیص انجام می‌شوند:

- کاربری‌های سکونتگاه و فعالیت و همچنین کاربری کشاورزی تخصیص اولیه می‌یابند.
- کاربری سکونتگاه و فعالیت به پیکسل‌هایی که دارای بالاترین میزان تناسب برای این کاربری هستند تخصیص می‌یابد، تا زمانی که میزان تقاضای محاسبه‌شده برای این کاربری تأمین شود.
- براساس میزان محاسبه‌شدهٔ پتانسیل تخریب خاک،

تعدادی از پیکسل‌های موجود کشاورزی به سایر کاربری‌ها تبدیل می‌شوند. با توجه به بررسی وضعیت تخریب خاک در منطقه مورد مطالعه، این مرحله از تخصیص در شعاع ۳۰۰ متری از مرز درونی زمین‌های موجود کشاورزی صورت می‌گیرد.

- کاربری کشاورزی به پیکسل‌های باقی‌مانده که دارای بالاترین میزان تناسب برای این کاربری هستند تخصیص می‌یابد، تا زمانی که میزان تقاضای محاسبه شده برای این کاربری تأمین شود. در این قسمت، علاوه بر میزان تقاضای مورد نیاز برای کاربری کشاورزی، میزان توسعه کاربری سکونتگاه و فعالیت در زمین‌های زراعی و همچنین میزان تخریب خاک‌های کشاورزی، تعیین‌کننده مساحتی است که می‌بایست به کاربری کشاورزی تخصیص داده شود.

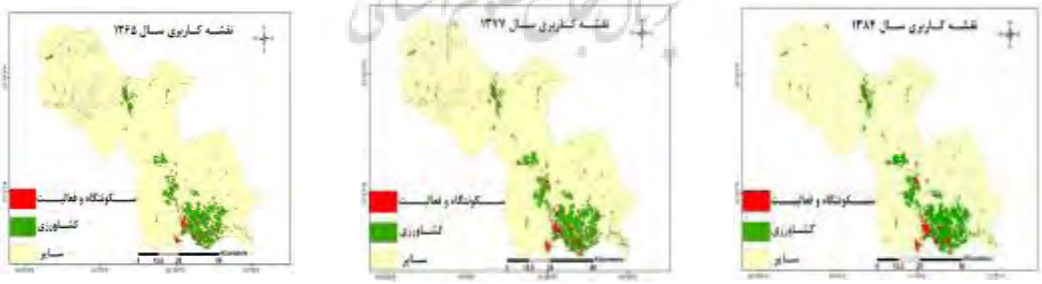
۳- نتایج

مدل پیشنهادی در پژوهش حاضر با پیاده‌سازی در شهرستان برخوار و میمه واقع در استان اصفهان آزموده شد. برای این آزمون نیاز به نقشه‌های کاربری این منطقه بود و از آنجا که این نقشه‌ها در سال‌های قدیمی وجود نداشتند، از تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT و ASTER به منظور تهیه نقشه‌های کاربری منطقه استفاده شده است (شکل ۳). در پژوهش حاضر سال ۱۳۸۴ به عنوان سال مبنا و پیش‌بینی نقشه کاربری برای سال ۱۳۹۴ مدنظر قرار گرفته است.

در این مطالعه، یک پایگاه داده مکانی از مجموعه نقشه‌های شیب، ارتفاع، بافت خاک، عمق خاک، میزان دما، بارش، رطوبت، رودخانه‌ها، کانال‌های انتقال آب، شبکه راه‌ها و مناطق حفاظت‌شده در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ ایجاد شد. همچنین نقشه کاربری به منظور تولید نقشه اثر همسایگی و محاسبه میزان تقاضای کاربری‌ها به کار گرفته شد. در کلیه مراحل تحقیق، اندازه پیکسل‌های تمامی نقشه‌های معیار برابر با ۱۰۰ متر در نظر گرفته شده است. در ادامه نتایج به‌دست‌آمده ارائه می‌گردند.

۳-۱- تولید نقشه‌های فاکتور تناسب به منظور افزایش مساحت کاربری‌ها

به‌منظور تولید نقشه‌های فاکتور تناسب برای افزایش مساحت کاربری‌ها، براساس روش ارائه‌شده در بخش ۲، ابتدا لایه‌های اطلاعاتی تأثیر گذار از پایگاه داده مکانی دریافت گردید و پس از آن، نقشه‌های معیار عوامل مؤثر در تعیین تناسب محیطی ایجاد شدند. سپس با در نظر گرفتن وزن هر کدام از معیارها ـ که با استفاده از نظر کارشناسی و روش AHP به‌دست آمده ـ و به کارگیری روش WLC، نقشه‌های تناسب محیطی برای دو کاربری کشاورزی و سکونتگاه و فعالیت تهیه گردیدند.



شکل ۳. نقشه‌های کاربری سال ۱۳۶۵، ۱۳۷۷، ۱۳۸۴

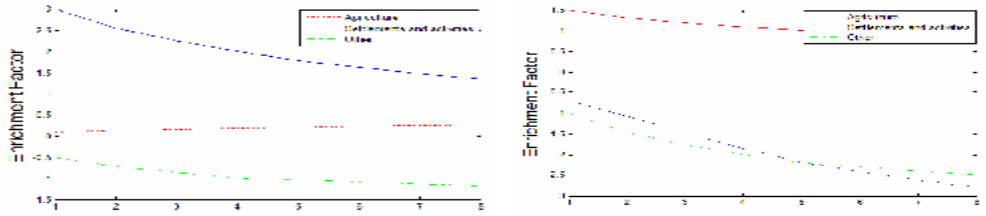
در مرحلـه دوم بـه منظـور محاسـبه میـزان اثـر همسایگی، از نقشه‌هـای کـاربری سـال ۱۳۶۵ و ۱۳۷۷ استفاده شده اسـت. در ایـن بخـش فـضای سـلولی بـه صورت مربعی، همسایگی بـه صـورت شـعاعی و شـعاع تأثیر هشت پیکسل مجاور در نظر گرفته شده و قـوانین انتقال مدل CA با استفاده از محاسبه لگاریتم میـانگین فاکتور غنی‌شدگی و دانـش کارشناسـی در ایـن زمینـه تعیین گردیدند (شکل ۴). نمودارهای مربوطه در شـکل ۴ ارائه شده‌اند. نمودارهای شکل ۴ نشان می‌دهد که اثر همسایگی هر کاربری بر خودش به صورت اثر مثبت یـا جذب است؛ بـه عنـوان مثـال اثـر همـسایگی کـاربری کشاورزی بر خودش به صورت اثـر مثبـت اسـت. تـأثیر بعـضی کـاربری‌هـا بـر یکـدیگر (هماننـد اثـر کـاربری سکونتگاه و فعالیت بر کـاربری کـشاورزی)، بـه صـورت منفی و یا دفع است؛ بدین معنـا کـه انگیـزه یـا میـزان تناسب برای توسعه کشاورزی، در فاصله دور از منـاطق سکونتگاه و فعالیت بیشتر است. بعـد از تعیـین قـوانین انتقال، با استفاده از رابطه (۱) میزان اثر همسایگی برای تمام پیکـسل‌هـایی کـه در بـازه زمـانی مـورد مطالعـه تغییرکاربری داده‌اند، تهیه گردید.

در مرحله سوم، میـزان دسترسـی بـه شـبکه راه‌هـا مدنظر قرار گرفته است. در این مرحله بـا بـه‌کـارگیری رابطه (۴) و با در نظر گرفتن اهمیت دسترسی کـاربری کشاورزی، و سـکونتگاه و فعالیـت بـه شـبکه راه‌هـا بـه ترتیـب بـه میـزان ۰/۱۲ و ۰/۶۷ (بـا اسـتفاده از نظـر کارشناسی)، دسترسی دو کاربری مذکور از شبکه راه‌هـا تعیین می‌گردد. در مرحله آخر نیز بـا اسـتفاده از روش بولین، نقشه‌های محدودیت برای منطقه مـورد مطالعـه تهیه گردیده است.

بعد از تهیه نقشه‌های معیار عوامل مؤثر، بـا در نظـر گرفتن وزن آنها و به‌کارگیری رابطه (۵) و همچنـین در نظر گرفتن ضرایب ۰/۰۴۷ و ۰/۸۸۹ بـه عنـوان درجـه سهولت تغییر کـاربری بـه ترتیـب بـرای کـاربری‌هـای سکونتگاه و فعالیت، و کـشاورزی، نقـشه تناسـب کلـی برای این دو کـاربری تعیـین شـد. وزن اختـصاص داده شـده بـا اسـتفاده از روش AHP بـه عوامـل مـؤثر در محاسبه تناسب کلی برای کاربری کشاورزی و کـاربری سکونتگاه و فعالیت در جدول ۱ ارائه شده اسـت. شـکل ۵ نیز نمونه‌ای از نقـشه‌هـای بـه‌دسـت‌آمـده را نمـایش می‌دهد.

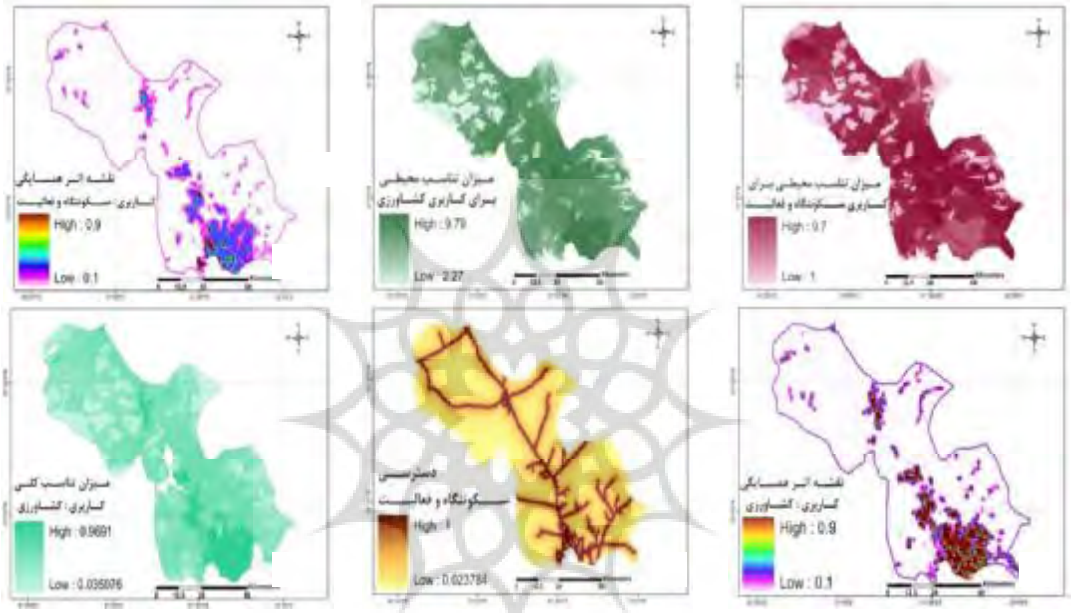
جدول ۱. وزن اختصاص داده شده با استفاده از روش AHP به عوامل موثر در محاسبه تناسب کلی کاربری‌ها

عوامل مؤثر / کاربری	تناسب محیطی	همسایگی	دسترسی	تناسب محیطی								
				دما	بارش	رطوبت	بافت خاک	عمق خاک	فاصله از رودخانه‌ها	فاصله از کانال‌ها	شیب	ارتفاع
کشاورزی	۰/۵۸۲	۰/۳۰۹	۰/۱۰۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۲۹	۰/۱۴۵	۰/۱۲۶	۰/۰۹۷	۰/۰۸۹	۰/۱۵۶	–
سکونتگاه	۰/۱۶۳	۰/۵۴۰	۰/۲۹۷	–	–	–	۰/۱۰۸	۰/۲۶۵	–	–	۰/۲۸۶	۰/۳۴۱



(ب) (الف)

شکل ۴. فاکتور غنی‌شدگی بعد از اعمال نظر کارشناسی برای کاربری کشاورزی (الف) و سکونتگاه و سدیت (ب) در بازه زمانی ۱۳۷۷ – ۱۳۶۵



شکل ۵. نمونه‌ای از نقشه‌های به‌دست‌آمده (تناسب محیطی برای کاربری سکونتگاه و فعالیت (الف) و کشاورزی (ب)، اثر همسایگی برای کاربری سکونتگاه و فعالیت (ج) و کشاورزی (د)، دسترسی کاربری سکونتگاه و فعالیت (ه) و تناسب کلی کاربری کشاورزی (و))

۳-۲- تولید نقشه‌های فاکتور تناسب به منظور کاهش مساحت کاربری‌ها

در پژوهش حاضر به‌منظور تعیین میزان کاهش مساحت کاربری کشاورزی، ابتدا نقشه‌های معیار فرسایش و شوری خاک تهیه گردیده و سپس با استفاده از رابطه (۷) تلفیق شده‌اند (شکل ۶). شکل ۶ (الف و ب) نقشه‌های معیار مؤثر در میزان پتانسیل تخریب خاک را نشان می‌دهد. این نقشه‌ها با استفاده از تحلیل‌های مکانی در GIS تهیه شده و با استفاده از نظر کارشناسی طبقه‌بندی و تلفیق گردیده‌اند. وزن عوامل مؤثر در محاسبه میزان تخریب خاک، برابر با ۰/۶ و ۰/۴ به ترتیب برای دو عامل فرسایش و شوری خاک در نظر گرفته شده‌اند.

با توجه به شکل ۶، مناطق واقع شده در قسمت شمالی و غربی منطقه به دلیل عوامل محیطی در معرض خطر بالاتر تخریب خاک قرار دارند. این مسئله می‌تواند به دلیل وجود شیب‌های تند و طولانی در منطقه باشد. همچنین مشخص است که تمام نواحی اطراف رودخانه‌ها و جریان‌ها به عنوان مناطق با خطر بالا برای تخریب خاک طبقه‌بندی شده‌اند. این مسئله

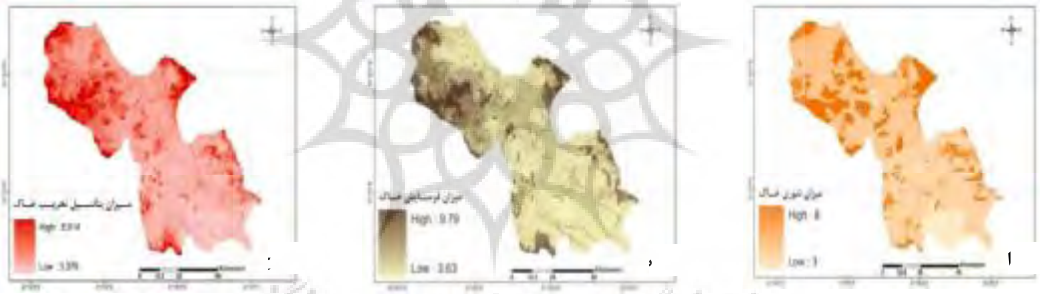
کاملاً بدیهی است، اگر چه تنها استفاده از آنالیزهای چندمعیاره به همراه تکنیک‌های GIS، محل دقیق این مناطق را تعیین می‌کند.

۳-۳- تعیین میزان تقاضای کاربری‌ها

در این بخش ابتدا با استفاده از نقشه کاربری وضعیت موجود (سال ۱۳۷۷) و نقشه کاربری برای کالیبراسیون (سال ۱۳۸۴)، ماتریس احتمال تبدیل در این بازه زمانی تعیین می‌شود. سپس با تعیین میزان تقاضای کاربری‌ها در سال ۱۳۸۴، کالیبراسیون زنجیره مارکوف صورت می‌پذیرد. در مرحله بعد، براساس مقادیر کالیبره‌شدهٔ زنجیره مارکوف و معرفی نقشه مبنای سال ۱۳۷۷، پیش‌بینی میزان تقاضای کاربری کشاورزی، سکونتگاه و فعالیت، و همچنین میزان تبدیل کاربری کشاورزی به کاربری‌های دیگر برای سال ۱۳۹۴ تعیین می‌گردد. پس از اجرای زنجیره مارکوف، خروجی به‌دست‌آمده بیانگر تعداد پیکسل‌هایی است که انتظار می‌روند از هر نوع کاربری به انواع دیگر کاربری‌ها در سال ۱۳۹۴ تغییر یابند. موارد یادشده به صورت جدول ۲ ارائه شده‌اند.

۳-۴- ارزیابی مدل

ارزیابی مدل تخصیص کاربری شامل کالیبراسیون و اعتبارسنجی است. در پژوهش حاضر در این تحقیق پارامترهای کالیبراسیون مدل با استفاده از نتایج طرح جامع توسعه کشاورزی استان اصفهان (Isfahan Agricultural Development Plan, 2001) و دانش کارشناسان بخش کشاورزی و جمعیت طرح آمایش سرزمین استان اصفهان تعیین شده‌اند.



شکل ۶. نقشه‌های معیار مؤثر در تعیین میزان پتانسیل تخریب خاک (شوری خاک (الف) و فرسایش خاک (ب)) و نقشه میزان پتانسیل تخریب خاک (ج)

جدول ۲. مساحت موجود، مورد نیاز و میزان تقاضا (برحسب پیکسل) برای کاربری کشاورزی در منطقه مورد مطالعه

نام کاربری	میزان کاربری موجود و آتی			میزان تقاضای کاربری		
	۱۳۷۷	۱۳۸۴	۱۳۹۴	۱۳۶۵-۱۳۷۷	۱۳۷۷-۱۳۸۴	۱۳۸۴-۱۳۹۴
کشاورزی	۵۶۶۲۵	۶۲۵۹۸	۶۸۰۴۱	۹۸۰۳	۷۸۳۹	۷۵۰۹
سکونتگاه و فعالیت	۷۰۷۲	۹۰۴۰	۱۱۱۴۰	۲۲۹۷	۱۹۷۳	۲۱۰۰
سایر	-	-	-	۱۶۱۴	۱۸۶۶	۲۰۶۶

در مرحله بعد، به منظور اعتبارسنجی مدل، نقشه کاربری سال ۱۳۸۴ تولید و با نقشه کاربری واقعی آن سال با استفاده از دقت تولیدکننده[1]، دقت کاربر[2] و دقت کلی[3] مقایسه شده است. دقت تولیدکننده معادل نسبت پیکسل‌هایی است که مدل تغییر کاربری، آنها را از بین پیکسل‌های تغییر کاربری یافته در واقعیت، درست تعیین می‌کند. دقت کاربر، معادل نسبت پیکسل‌هایی است که مدل تغییر کاربری آنها را از بین پیکسل‌های تغییر کاربری یافتهٔ منتج از مدل‌سازی، درست تعیین می‌کند. دقت کلی نیز معادل نسبت تعداد پیکسل‌های صحیح تخصیص‌یافته به تعداد پیکسل‌های تخصیص‌یافته است (Foody, 2002). به منظور محاسبه پارامترهای یادشده، ابتدا ماتریس جدولی متقاطع مربوط به مقایسه نقشه کاربری واقعی و شبیه‌سازی‌شدهٔ سال ۱۳۸۴ تشکیل شده و سپس دقت مدل ارزیابی گردیده است. برای مقایسه نتایج، نقشه کاربری سال ۱۳۸۴، بدون فرض کاهش مساحت کاربری کشاورزی تعیین و دقت مدل در این حالت نیز محاسبه شد (جدول ۳). ارزیابی مقادیر محاسبه‌شده نشان می‌دهد که اگر چه این اعداد دارای مقادیر بالایی نیستند ولی در مقایسه با دقت مدل‌های متداول موجود پذیرفتنی‌اند. پانتیوس و دیگران (Pontius et al., 2008) مدل‌سازی تغییر کاربری را در ۱۳ منطقه که با استفاده از پیاده‌سازی ۹ مدل مختلف حاصل شده‌اند مورد ارزیابی و مقایسه قرار داده است. بازه این اعداد برای دقت تولیدکننده و دقت کاربر در جدول ۴ نشان داده شده است. کریمی (2010) نیز در تخصیص کاربری کشاورزی، به دقت‌های ۰/۳۲۳، ۰/۲۶۳ و ۰/۲۹۰ برای دقت تولیدکننده، دقت کاربر و دقت کلی رسیده است. بنابراین مشاهده می‌شود که دقت مدل ارائه‌شده در بازه مقادیر محاسبه‌شده، دقت سایر مدل‌های تخصیص است و نتایج دقیق‌تری را در مقایسه با مدل‌های پیشین تخصیص ـ که تنها برای مدل کردن توسعه کاربری به کار گرفته می‌شدند ـ ارائه می‌دهد.

جدول ۳. مقایسه دقت مدل تخصیص کاربری با در نظر گرفتن و بدون در نظر گرفتن عوامل مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی

	بدون در نظر گرفتن عوامل مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی	با در نظر گرفتن عوامل مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی
دقت کاربر	۰/۵۵۸	۰/۶۲۰
دقت تولیدکننده	۰/۴۹۰	۰/۵۸۶
دقت کلی	۰/۵۱۰	۰/۶۰۹

جدول ۴. مقایسه دقت تولیدکننده و دقت کاربر مربوط به پیاده‌سازی ۹ مدل

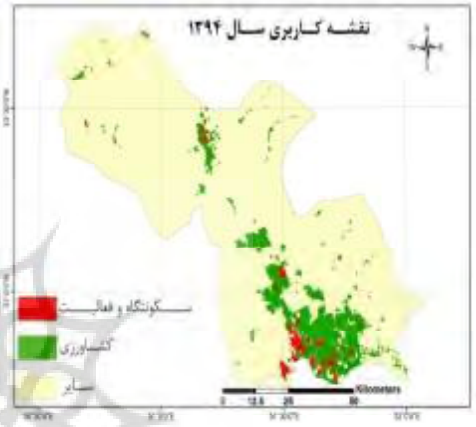
شماره منطقه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳
دقت تولیدکننده	۰/۰۱	۰/۱۹	۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۲۶	۰/۴۰	۰/۳۵	۰/۶۰	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۷۳
دقت کاربر	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۲۵	۰/۳۷	۰/۳۲	۰/۵۰	۰/۴۹	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۷۵

منبع: Pontius et al., 2008

1. Producer Accuracy
2. User Accuracy
3. Overall Accuracy

۳-۵- پیش‌بینی نقشه کاربری

در این بخش به‌منظور پیش‌بینی نقشه کاربری برای سال ۱۳۹۴، با استفاده از میزان محاسبه‌شدهٔ تناسب و تقاضا با اجرای الگوریتم تخصیص ارائه‌شده، نقشه کاربری برای سال ۱۱۳۹۴ پیش‌بینی شده است. شکل ۷، نتیجه اجرای مدل ارائه‌شده را برای سال ۱۳۹۴ نشان می‌دهد.



شکل ۷. پیش‌بینی نقشه کاربری برای سال ۱۳۹۴

۴- بحث و نتیجه‌گیری

مسئله تلفیق فرایندهای محلی (ناشی از تغییرات پایین به بالای[1] کاربری‌ها) در فرایند تخصیص کاربری (ناشی از برنامه‌ریزی بالا به پایین[2] کاربری‌ها) اهمیت فراوانی دارد، که البته کمتر به آن پرداخته شده و در مقاله حاضر مدنظر قرار گرفته است. هدف از انجام این تحقیق، ارائه مدلی برای فرایند تخصیص کاربری است که بتواند فرایندها و تأثیراتی را که به صورت هم‌زمان منجر به افزایش و کاهش سطح کاربری در منطقه می‌گردد مدل‌سازی کند. ترکیب تغییرات تقاضامحور کاربری‌ها با فرایندهای محلی در الگوریتم تخصیص ارائه‌شده در این تحقیق، گامی به سوی تعیین دقیق‌تر میزان تقاضا و در نتیجه تغییر دقیق‌تر کاربری‌ها در مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین است.

در این پژوهش، میزان تناسب کلی هر واحد زمینی براساس چهار معیار تناسب محیطی، همسایگی، دسترسی و محدودیت محاسبه شده و در مدل فرایندهای محلی دو عامل فرسایش و شوری خاک مد نظر قرار گرفته است. در مرحله بعد، میزان تقاضای هر کاربری با استفاده از زنجیره مارکوف تعیین گردیده و در نهایت براساس الگوریتمی پیکسل‌مبنا تخصیص کاربری در شهرستان برخوار و میمه واقع در استان اصفهان انجام شده است. در مدل ارائه‌شده، علاوه بر میزان تقاضای مورد نیاز برای کاربری کشاورزی، میزان توسعه کاربری سکونتگاه و فعالیت در زمین‌های زراعی و همچنین میزان تخریب خاک‌های کشاورزی، مساحتی را که می‌بایست به کاربری کشاورزی تخصیص داده شود، تعیین می‌کند.

دقت کلی ۰/۶۰۹ و ۰/۵۱۰ برای فرایند تخصیص به ترتیب با در نظر گرفتن کاهش مساحت کاربری کشاورزی و بدون در نظر گرفتن این فرض، قابلیت مدل را در نشان دادن هم‌زمان افزایش و کاهش مساحت کاربری‌ها بیان می‌دارد، منجر به ارائه نتایج واقع‌گرایانه‌تری می‌گردد. این نتیجه با نتایج تحقیق کریمی (2010) منطبق است. در این تحقیق، دلیل پایین بودن دقت تخصیص کاربری کشاورزی، این است که عامل افزایش مساحت کاربری به تنهایی در نظر گرفته شده است و از مزیت‌های مدل حاضر را می‌توان افزایش دقت تخصیص کاربری کشاورزی برشمرد. افزون بر اینها نتایج ارزیابی این مدل برای منطقهٔ مورد مطالعه حاکی از ان است که فرایندهای محلی‌ای که منجر به تخریب خاک می‌شوند، می‌توانند از استفاده از آن برای کاربری کشاورزی در آینده جلوگیری کنند و در نتیجه می‌بایست مدنظر قرار داده شوند. تحقیقات اورمارس و وربرگ (۲۰۰۹) نیز این نتایج را تأیید می‌کند. در این تحقیق ذکر شده است که عوامل مؤثر در تغییر کاربری زمین از کشاورزی به سایر در فرایند تخصیص کاربری

1. Bottom-Up
2. Top-Down

می‌بایست مدنظر قرار داده شوند. همچنین با توجه به اجرای مدل برای سال ۱۳۹۴ مشخص شد که ۱۵۲ هکتاری از زمین‌های کشاورزی به کاربری سکونتگاه و فعالیت تغییر کابری پیدا کرده‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که به دلیل واقع شدن شهرها در مناطق مسطح با منابع غنی آبی و زمین مناسب برای زراعت که معمولاً با زمین‌های کشاورزی احاطه شده‌اند، گسترش شهرها غالباً با از دست دادن زمین‌های کشاورزی همراه است.

هدف از مقاله حاضر مطرح کردن اهمیت موضوع تلفیق فرایندهای محلی در تخصیص کاربری است، که در آن مسئله مذکور مدل‌سازی گردیده و نتایج تا حدی مورد قبول واقع شدند. از دلایل عدم انطباق کامل واقعیت و مدل‌سازی را می‌توان در نظر گرفتن تنها دو عامل فرسایش و شوری خاک در مدل فرایندهای محلی ـ به منظور سهولت کار ـ بر شمرد. بنابراین به منظور مدل‌سازی هر چه دقیق‌تر این مسئله می‌بایست به عوامل دیگری از جمله میزان تخریب ناشی از خشکسالی که در این تحقیق مدنظر قرار نگرفته است، پرداخته شود. از دیگر عوامل مؤثر در کاهش سطح زمین‌های زراعی، عوامل اجتماعی (به عنوان مثال مهاجرت ساکنان این مناطق به شهرها) است که می‌بایست به آن توجه شود. افزون بر اینها در مدل حاضر، به دلیل حجم بالای محاسبات در بخش تعیین میزان تناسب و تقاضا، تنها از یک روش به منظور ترکیب نتایج استفاده شده است. این در حالی است که استفاده از روش‌های دیگر همانند OWA برای ترکیب و سپس مقایسه نتایج، می‌تواند نتایج انعطاف‌پذیرتری را به همراه آورد.

تلفیق تغییرات تقاضامحور کاربری‌ها با فرایندهای محلی و تأثیرات محیطی در یک چارچوب مدل‌سازی می‌تواند برای مناطق و فرایندهای دیگر قابل استفاده باشد. بنابراین، نتایج این تحقیق را می‌توان با تغییرات مورد نظر برای مناطق دیگر نیز به کار گرفت.

۵- منابع

Ameri, M., Barg-Gol, I., 2007, **Land Allocation Modeling in Regional Level Based on Accessibility and Land Value**, Journal of Transportation research, 4, No.2, PP. 131-144 (In Persian).

Agrell, P.J., Stam, A., Fischer, G.W., 2004, **Interactive Multi-objective Agro-ecological Land use Planning: The Bungoma Region in Kenya**, European Journal of Operational Research 158, PP. 194-217.

Aixia, L., Jing, W., Zhengjun, L., 2008, **Assessing the Effects of Land Use Changes on Soil Erosion in Three Gorges Reservoir Region of China**, International Workshop on Earth Observation and Remote Sensing Applications, IEEE.

Bhagat, R.M., Singh, S., Sood, C., Rana, R.S., Kalia, V., Pradhan, S., Immerzeel, W., Shrestha, B., 2009, **Land Suitability Analysis foe Cereal Production in Himachal Pradesh (India) using Geographical Information System**, J. Indian Soc. Remote Sens. 37, PP. 233-240.

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 Sysytems in Urban Planning. Chapman and Hall.

Fallah-Shamsi, S.R., Sobhani, H., Saeed, A., Darvish-Sefat, A., Faraji-Dana, A., 2005, **A Linear Programming Model for the Allocation of Land to Different Land Use Types in the Middle Tea Kliber Watershed**, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. 58, No.3, PP. 579-589 (In Persian).

Foody, G. M., 2002, **Status of Land Cover Classification Accuracy Assessment**, Remote Sensing of Environment 80, PP. 185-201.

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

Isfahan Agricultural Development Plan, 2001, **Synthesis Studies (Volume XVIII)**, Institute of programming research and Agricultural Economics, Ministry of Agriculture, Tehran, Iran (In Persian).

Karimi, M., Mesgari, M.S., Sharifi, M.A., 2009, **Developing a GIS-based Model for Regional Land use Planning (Case study area: Borkhar and Meymeh Townships)**, Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, Vol.1, No.4, PP. 21-40 (In Persian).

Karimi, M., 2010, **Developing Multi-Criteria Decision Analysis Methods for Land Use Allocation**, Ph.D. Thesis in Geographic Information System, Faculty of Geodesy and Geomatics, K.N. Toosi University of Technology, Tehran (In Persian).

Karimi, M., Sharifi, M.A., Mesgari, M.S., 2012, **Modeling Land Use Interaction Using Linguistic Variables**, International Journal of Applied Earth Observation and Geo-information 16, PP. 42-53.

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 and Urban Planning 82, PP. 233–246.

Makhdom, M., 1999, **Land Use Planning Foundation**, Tehran University Press.

Maleki, D., 2010, **Modeling Urban Development Using Cellular Automata Method**, Master of Science Thesis in GIS, K.N. Toosi University of Technology, Tehran (In Persian).

Mitra, B., Scott, H.D., Dixon, J.C., McKimmey, J.M., 1998, **Application of Fuzzy Logic to the Prediction of Soil erosion in a Large Watershed**, Geoderma 86, PP. 183-209.

Mohammdi, J., Givi, J., 2001, **Evaluating Land Suitability for Irrigated Wheat in Felaverjan (Isfahan) Using Fuzzy Set Theory**, Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Vol.5, No.1, PP. 103-115 (In Persian).

Nekhay, O., Arriaza, M., Boerboom, L., 2009, **Evaluation of Soil Erosion Risk Using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish Mountain Olive Plantations**, Journal of Environmental Management 90, PP. 3091-3104.

NisarAhamed, T.R., Gopal Rao, K., Murthy, J.S.R., 2000, **GIS-based Fuzzy Membership Model for Crop Land Suitability Analysis**, Agricultural Systems 63, PP. 75-95.

Passuello, A., Cadiach, O., Perez, Y., Schuhmacher, M., 2012, **A Spatial Multicriteria Decision Making Tool to Define the Best Agricultural Areas for Sewage Sliudge Amendment**, Environental International 38, PP. 1-9.

Pontius Jr., R.G., Boersma, W., Castella, J.C., Clarke, K., de Nijs, T., Dietzel, C., Duan, Z., Fosting, E., Goldstein, N., Kok, K., Koomen, E., Lippitt, C.D., McConnell, W., Pijanowski, B., Pithadia, S., Mohd Sood, A., Sweeney, S., Trung, T.N., Veldkamp, A.T., Verburg, P.H., 2008, **Comparing the Input, Output, and Validation Maps for Several Models of Land Change**, Annals of Regional Scince 42 (1), PP. 11-47.

Pourebraahim, S., Hadipour, M., Mokhtar, M.B., 2011, **Integration of Spatial Suitability Analysis for Land Use Planning in Coastal Areas; Case of Kuala Langat District, Selangor, Malaysia**, Landscape and Urban Planning 101, PP. 84-97.

Qing-feng, Z., Li, W., Fa-qi, W., 2008, **GIS-Based Assessment of Soil Erosion at Nihe Gou Catchment**, Agricultural Sciences in China, 7(6), PP. 746-753.

Reshmidevi, T.V., Eldho, T.I., Jana, R., 2009, **A GIS-integrated Fuzzy Rule-based Inference System for Land Suitability Evaluation in Agricultural Watersheds**, Agricultural Systems 101, PP. 101-109.

Salam, M.A., Khatun, N.A., Ali, M.M., 2005, **Carp Farming Potential in BarhattaUpazilla, Bangladesh: a GIS methodological perspective**, Aquaculture 245, PP. 75-87.

Sante-Riveira, I., Crecente-Maseda, R., Miranda-Barros, D., 2008, **GIS-based Planning Support System for Rural Land-use Allocation**, Computer and Electronics in Agriculture.

SCI, 2008, Housing and Population Census (HPC) 2006, **Statistical Center of Iran (SCI)**.

Sicat, R.S., Carranza, E.M., Nidumolu, U.B., 2005, **Fuzzy Modeling of Farmers' Knowledge for Land Suitability Classification**, Agricultural Systems 83, PP. 49-75.

Stewart, W.J., 1994, **Introduction to the Numerical Solution of Markov Chains**, Princeton, NJ: Princeton University Press.

Tan, M., Li, X., Xie, H., Lu, C., 2005, **Urban Land Expansion and Arable Land Loss in China-a Case Study of Beijing-Tianjin-Hebei region**, Land Use Policy 22, PP. 187-196.

Tuan, N.T., Jian-jun, O., Verdoodt, A., Hu, L., Ranst, V., 2011, **Temperature and Precipitation Suitability Evaluation for the Winter Wheat and Summer Maize Cropping System in the Huang-Hai Plain of Chaina**, Agricultural Sciences in China 10(2), PP. 275-288.

Verburg, P.H., de Nijs, T.C.M., van Eck, J.R., Visser, H., de Jong, K., 2004, **A method to Analyse Neighborhood Characteristics of Land Use Patterns**, Computers, Environment and Urban Systems 28, PP. 667-690.

Verburg, P.H., Overmars, K.P., 2009, **Combining Top-Down and Bottom-Up Dynamics in Land Use Modeling: Exploring the Future of Abandoned Farmlands in Europe with the Dyna-CLUE model,** Landscape Ecol, DOI 10.1007/s10980-009-9355-7.

Wang, X., Yu, S., Huang, G.H., 2004, **Land Allocation Based on Integrated GIS-optimization Modeling at a Watershed Level**, Landscape and Urban Planning 66, PP. 61-74.

Xu, X., Gao, Q., Liu, Y.H., Wang, J.A., Zhang, Y., 2009, **Coupling a Land Use Model and an Ecosystem Model for a Crop-Pasture Zone**, Ecological Modeling 220, PP. 2503-2511.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی