پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴
ص ۳۶۱-۳۸۱

تحلیل تناسب کاربری اراضی برای توسعهٔ شهر تبریز با استفاده از مدل AHP-OWA

میرنجف موسوی ـ دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه ارومیه
رسول یزدانی چهاربرج* ـ دانشجوی دورهٔ دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۲/۱۶ تأیید مقاله: ۱۳۹۴/۸/۲۷

چکیده

تحلیل تناسب زمین برای توسعهٔ شهری عمل بسیار مهمی است که برنامه‌ریزان و مدیران شهری با هدف تعیین مناسب‌ترین الگوی فضایی برای توسعهٔ شهری به‌کار می‌گیرند. گسترش کالبدی شهر تبریز طی دهه‌های اخیر در نواحی نامناسب توسعه، مثل شیب‌های تند، مجاورت با گسل، مجاورت با صنایع بزرگ، یا در اراضی باغی و زراعی مرغوب اطراف شهرها صورت گرفته است. بنابراین در راستای کاهش آثار منفی گسترش نامناسب توسعهٔ شهری و دستیابی به اصول توسعهٔ پایدار شهری، اتخاذ تدابیری برای تعیین نواحی مناسب برای توسعهٔ آتی شهری که معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی را لحاظ کند، ضروری است. یکی از روش‌ها استفاده از روش‌های ارزیابی‌های چندمعیاره AHP-OWA است. در این تحقیق پس از مطالعهٔ معیارهای مؤثر در فرایند توسعهٔ شهری، سه نقشهٔ محدودیت (اراضی ساخته‌شده، صنعتی و ۵۰ متری سطوح آبی) و ۱۲ نقشهٔ فاکتور (ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از جاده، فاصله از شهر، فاصله از صنایع، فاصله از اراضی زراعی و باغی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از سطوح آبی، قابلیت‌های کاربری زمین و فاصله از گسل) و وزن‌دهی به آنها به روش AHP تعیین شده است. سپس، اوزان ترتیبی OWA برای کنترل سطح جبران‌پذیری و ریسک‌پذیری تعیین می‌شود. نتایج نشان‌دهندهٔ تعیین نواحی برای توسعهٔ شهر در محدودهٔ بین صفر تا ۲۵۵ است.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی چندمعیاره، تحلیل تناسب زمین شهری، شهر تبریز، مدل AHP-OWA

نویسندهٔ مسئول: ۰۹۱۴۹۷۹۱۴۶۸- ۰۴۴۴۵۳۲۳۰۴۴
* E- mail: yazdani.rasol@yahoo.com

مقدمه

در دنیایی که به‌سرعت در حال جهانی شدن و روابط متقابل است، بیش از نصف جمعیت جهان (۵۴ درصد در سال ۲۰۱۴) در نواحی شهری زندگی می‌کنند، هرچند از لحاظ سطوح شهرنشینی میان کشورها تفاوت‌های زیادی وجود دارد. در سال ۲۰۰۷ برای اولین بار در تاریخ، جمعیت شهرنشین از جمعیت روستایی جهان فراتر رفت. جهان طی شش دههٔ اخیر فرایند شهرنشینی سریعی را تجربه کرده است، به‌طوری که در سال ۱۹۵۰، ۳۰ درصد جمعیت جهان شهرنشین بود، ولی در سال ۲۰۱۴ این آمار به ۵۴ درصد رسید. با تداوم شهرنشینی و رشد کلی جمعیت جهان، پیش‌بینی می‌شود که تا سال ۲۰۵۰ حدود ۲/۵ میلیارد نفر، که ۹۰ درصد آن در دو قارهٔ آسیا و آفریقا خواهند بود، به جمعیت شهرنشین دنیا اضافه شود. همچنین تا سال ۲۰۵۰ نسبت جمعیت شهرنشین به ۶۶ درصد خواهد رسید. آسیا و آفریقا بیشترین میزان شهرنشینی را نسبت به نواحی دیگر دارند. در حالی که نرخ سالیانهٔ رشد شهرنشینی در سطح جهان ۰/۴ است، در آسیا و آفریقا این نرخ به‌ترتیب ۱/۵ و ۱/۱ درصد است (UN, 2014: 7). اکنون رشد جمعیت شهری جهان سریع‌تر از جمعیت کل جهان است و بیش از نیمی از جمعیت جهان در نواحی شهری زندگی می‌کنند (UN, 2010). بیشتر این رشد در کشورهای درحال‌توسعه اتفاق افتاده است و رشد سکونتگاه‌های شهری در این کشورها پنج برابر کشورهای توسعه‌یافته است (Lopez et al., 2001). در حالی که رشد جمعیت شهری در کشورهای درحال‌توسعه بین سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۰۰ با آهنگ ۳/۶ درصد در سال جریان داشته، طی همین دوره این آهنگ در کشورهای توسعه‌یافته ۰/۷ درصد در سال بوده است. بنابراین، بسیاری از کشورهای درحال‌توسعه چرخهٔ شهرنشینی را فشرده‌تر کرده‌اند (پاتر و ایوانز، ۱۳۸۴: ۴۱). مهاجرت‌های شدید جمعیت روستایی به شهرها و رشد سریع جمعیت شهری موجب گسترش کالبدی بی‌رویهٔ شهرها و پیوستن روستاهای اطراف به محدودهٔ شهر و پدیدهٔ (Sprawl) شده است.

انباشتگی مراکز جمعیتی پراکنده در شهرها با تبدیل چشم‌اندازهای طبیعی به چشم‌اندازهای شهری، مهم‌ترین روند طی سال‌های اخیر در کشورهای درحال‌توسعه شده است. تداوم فرایند پویای تغییر شهری، به‌ویژه گسترش فزاینده و جهانی جمعیت شهری و نواحی شهری‌شده، سیستم‌های طبیعی و انسانی را در همهٔ سطوح جغرافیایی متأثر کرده است و انتظار می‌رود این روند در چند دههٔ آینده نیز ادامه داشته باشد. همچنان‌که شهرنشینی پیشروی می‌کند، زمین‌های زیادی برای تولید کالا و خدمات به‌کار گرفته می‌شود و زمین مسکونی زیادی برای افرادی که به شهر مهاجرت کرده‌اند مورد نیاز است (Thapa and Murayama, 2012: 140). گسترش کالبدی شهری باعث مصرف بی‌رویهٔ زمین‌های اطراف شهر، تخریب زمین‌های کشاورزی، افزایش سطوح نفوذناپذیر در نواحی شهری و افزایش احتمال بروز سیل، افزایش هزینهٔ تأسیسات و زیرساخت‌ها و ناکارآمدی آنها، کاهش کارایی انرژی، ناکارآمدی سیستم‌های حمل‌ونقل عمومی، جداسازی اجتماعی و تخریب زیست‌محیطی از جمله آلودگی هوا و چندپاره شدن زیست‌بوم حیات وحش می‌شود (Burchell et al., 2005: 40-41؛ رهنما و عباس‌زاده، ۱۳۸۷: ۴۴؛ کلیف و شایرلی، ۱۳۸۷: ۳۷۸؛ Stone, 2008: 694). تغییر کاربری زمین یکی از موضوعات تحقیقی تغییر زیست‌محیطی جهانی و توسعهٔ پایدار است. شدت تغییر کاربری زمین در واکنش به رشد جمعیت جهانی و پیامدهای آن بر محیط زیست، مطالعهٔ عمیق این تغییرات را ضروری می‌کند (Guan et al., 2011: 3761). بنابراین برای مقابله یا حداقل، کاستن از این نوع اثرات توسعهٔ شهری، هدایت

این روند به سمت مکان‌های بهینه و مناسب ضروری است و تعیین نواحی مناسب برای رشد شهری از جمله راهکارهای مفید در این زمینه است. بدین منظور تناسب کاربری‌های زمین برای توسعهٔ شهر تحلیل می‌گردد. تحلیل تناسب کاربری زمین یک کار بسیار مهم برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری با هدف تعیین مناسب‌ترین الگوی فضایی برای کاربری زمین آتی است. در سال‌های اخیر، از تحلیل تناسب کاربری زمین برای ارزیابی زمین‌های کشاورزی، تعیین زیست‌بومی برای گونه‌های جانوری و گیاهی، ارزیابی و برنامه‌ریزی چشم‌انداز و برنامه‌ریزی ناحیه‌ای و ارزیابی اثرات ناحیه‌ای استفاده شده است. روش‌های تحلیل تناسب کاربری زمین می‌تواند به انواع هم‌پوشانی نقشه‌ها، روش‌های ارزیابی چندمعیاره (MCE)، و روش‌های هوش مصنوعی طبقه‌بندی شود (Liu et al., 2014: 170). تحلیل تناسب کاربری زمین یکی از مفیدترین کاربردهای GIS در برنامه‌ریزی و مدیریت فضایی به‌شمار می‌رود. تحلیل در تعیین مناسب‌ترین الگوی فضایی برای کاربری زمین آتی مطابق نیازمندی‌ها، اولویت‌ها یا محاسبات به پژوهشگران کمک می‌کند (Malczewski, 2006: 270).

در ایران از زمانی که مبنای توسعه و گسترش شهرها ماهیتی برون‌زا به خود گرفت و درآمدهای حاصل از نفت در اقتصاد شهری تزریق شد و شهرهای ما در نظام اقتصاد جهانی جای گرفتند، سرمایه‌گذاری در زمین شهری تشدید شد و این ضعف اصلی بازار خصوصی بدون برنامهٔ زمین، الگوی توسعهٔ بسیاری از شهرهای ایران را دیکته کرده است. این امر موجب نابسامانی بازار زمین شهری و به‌ویژه بی‌استفاده ماندن بخش وسیعی از اراضی داخل محدوده، و عارضهٔ منفی گسترش افقی شهرها شده است (تقوایی و رسایی، ۱۳۸۶: ۱۳۵). در حالی که شهر از درون تهی شده و می‌پوسد، نقاط پیرامونی آن بیشتر و بیشتر به خود توسعه بخشیده و می‌بخشند و هرگونه تلاش برای شهر بابرنامه را به بن‌بست می‌کشانند. نقاط پیرامونی شهر، مقصد توسعه‌های آتی شهر می‌گردند و این در حالی است که محدوده‌ای وسیع در درون شهر تحت عنوان «بافت قدیم» رهاشده باقی می‌ماند و هر زمان بیش از زمانی دیگر فرو می‌ریزد (حبیبی، ۱۳۷۸: ۳۲). با توجه به اینکه کشور ایران در ناحیهٔ خشک و نیمه‌خشک کرهٔ زمین قرار گرفته است و نقاط سکونتگاهی از دیرباز در کنار رودخانه‌ها و معدود نواحی آب‌وهوایی مساعد استقرار یافته‌اند و پیرامون شهرها را اراضی حاصلخیز کشاورزی احاطه کرده است، گسترش افقی شهری طی دهه‌های اخیر باعث از بین رفتن این معدود اراضی حاصلخیز کشاورزی شده است.

شهر تبریز نیز طی دهه‌های اخیر در اثر رشد زیاد جمعیت و مهاجرت‌های بی‌رویهٔ روستایی – شهری، رشد و گسترش کالبدی زیادی را پذیرفته است. همچنین، در اثر گسترش استفاده از اتومبیل و ترویج فرهنگ مصرفی، زمین زیادی در اطراف شهر به نسبت رشد جمعیت تحت توسعهٔ شهری قرار گرفته است. به‌طوری که مساحت شهر از ۷۲۲۰ هکتار در سال ۱۳۶۳ به ۲۲۳۴۶ هکتار در سال ۱۳۹۰ رسیده است؛ یعنی طی ۲۷ سال گذشته، مساحت شهر بیش از ۳ برابر گشته است. در حالی که جمعیت شهر در سال ۱۳۶۳ حدود ۹۵۷ هزار نفر بوده که در سال ۱۳۹۰ به ۱۳۳۶ هزار نفر رسیده است؛ یعنی طی ۲۷ سال گذشته جمعیت شهر فقط ۱/۳ برابر افزایش یافته است (قربانی و دیگران، ۱۳۹۳: ۲۶). بنابراین، هدایت توسعهٔ شهری به نحوی که کمترین آثار زیان‌بار اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی را به بار آورد، ضروری به نظر می‌رسد و اهمیت ارزیابی نواحی مناسب برای توسعهٔ کالبدی شهر اثبات می‌شود. پیچیدگی‌های ناشی از مسائل تعیین نواحی مناسب توسعهٔ کالبدی شهری از یک سو و زیاد بودن عوامل و معیارهای دخیل در امر تعیین نواحی مناسب توسعه از سوی دیگر ضرورت استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و مدل‌های تصمیم چندمعیاره (MCDM) را ایجاب

می‌کند. بنابراین پیچیدگی یک رویکرد سیستمی را برای فرایند تصمیم‌گیری برای انطباق با تعدد و چندبعدی بودن مسئله ایجاب می‌کند. یک رویکرد سیستمی همچنین برای به‌دست آوردن یک فهم کلی از عواملی که مسئله را متأثر می‌کند مفید است. یک نمونه از رویکرد سیستمی برای حل یک مسئله برنامه‌ریزی کاربری زمین پیچیده، ارزیابی چندمعیاری (MCE) است (Bantayan & Bishop, 36). یکی از روش‌های ارزیابی چندمعیاره روش میانگین وزنی مرتب (OWA) است. این روش توانایی در نظر گرفتن ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیرنده را در فرایند تصمیم‌گیری دارا بوده و قادر است تصمیم نهایی را بر اساس ریسک‌پذیری/ ریسک‌گریزی تصمیم‌گیرنده اتخاذ کند (میان‌آبادی و افشار، ۱۳۸۷: ۲). روش OWA در چارچوب نظریهٔ مجموعهٔ فازی توسعه یافته است و شامل دو سری از اوزان است: وزن اهمیت معیار و وزن ترتیبی. با تغییر وزن ترتیبی می‌توان مجموعهٔ گسترده‌ای از نقشه‌های خروجی (استراتژی تصمیم) به‌وجود آورد (Boroushaki & Malczewski, 2008: 400). این وزن‌ها باعث کنترل میزان کلی جبران‌شوندگی بین فاکتورها و به همان اندازه، سطح ریسک‌پذیری در تعیین تناسب مکانی می‌گردند (Eastman, 2009: 114).

پیشینهٔ تحقیق

گسترهٔ وسیعی از رشته‌های مختلف به تحلیل تناسب زمین برای موضوعات مختلف اختصاص یافته است. تنوع گستردهٔ مطالعات تناسب کاربری زمین می‌تواند به کاربردها و زمینه‌های متفاوت استفاده از اصطلاح کاربری زمین مربوط شود. تحلیل تناسب اراضی قبل از گسترش GIS ابتدا به‌وسیلهٔ معماران چشم‌انداز آمریکایی با تکنیک هم‌پوشانی دستی نقشه‌ها در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم به‌کار برده شد. مک هارگ در سال ۱۹۶۹ تکنیک هم‌پوشانی را توسعه داد و تکنیک ایجاد نقشه‌های موضوعی خاص برای تک‌تک پدیده‌ها و سپس روی هم قرار دادن این نقشه‌ها برای ساخت نقشهٔ کلی تناسب برای هر کاربری زمین را مطرح کرد (Malczewski, 2004: 4). با ظهور GIS انقلابی در تحلیل تناسب اراضی به‌وجود آمد و انواع مختلفی از روش‌های تحلیل تناسب اراضی مورد استفاده قرار گرفت و توسعه داده شد.

یاچک مالچفسکی از جمله صاحب‌نظران پیشرو در زمینهٔ نظریه‌های تحلیل تناسب زمین است. وی در سال ۲۰۰۴ در یک مقاله تحلیل تناسب کاربری زمین GIS محور را بررسی انتقادی کرده است. وی در این تحقیق روش‌های تحلیل تناسب اراضی را به سه روش هم‌پوشانی نقشه‌ها، تحلیل تصمیم چندمعیاره، و هوش مصنوعی تقسیم کرده است و نقاط ضعف و قوت این روش‌ها را معرفی کرده است. بوروچاکی و مالچفسکی در سال ۲۰۰۸ ترکیبی از مدل‌های AHP، OWA و تعیین‌کننده‌های فازی در نرم‌افزار ARC/GIS را توسعه دادند. احمد چاندیو و همکاران در سال ۲۰۱۱ تحقیقی با عنوان «*تحلیل تناسب اراضی GIS محور با استفاده از AHP* برای برنامه‌ریزی پارک‌های عمومی در شهر لارکانا» در کشور مالزی انجام دادند. نتایج تحقیق به‌صورت سه سناریوی توسعهٔ شهری نمایش داده شده است. مکرم و امین‌زاده در تحقیقی تناسب اراضی چندمعیارهٔ GIS محور را با استفاده از میانگین وزنی ترتیبی (OWA) با تعیین‌کننده‌های فازی در دشت شاوور ایران ارزیابی کرده‌اند. آنها در این تحقیق با تغییر متغیرهای مؤثر گستره‌ای از استراتژی‌ها و سناریوها را برای منطقه ارائه کرده‌اند. گونگ و همکاران در سال ۲۰۱۲ با استفاده از مدل matter-element تناسب زمین را برای توسعه در منطقهٔ ژنگچنگ چین ارزیابی کرده‌اند. نتایج قابلیت این مدل را در تحلیل تناسب اراضی نشان می‌دهد. لیو و همکاران

در سال ۲۰۱۴ با استفاده از مدل‌های ارزیابی چندمعیاره (روش نقطهٔ ایده‌آل و OWA) تناسب کاربری زمین در توسعهٔ شهری پکن را تحلیل کرده‌اند. رجبی و همکاران در یک مقاله در سال ۱۳۹۰ روش‌های AHP، AHP OWA، و AHP OWA FUZZY را برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز مقایسه کرده و تفاوت نقشه‌های خروجی این مدل‌ها را نشان داده‌اند. آشفته در رسالهٔ کارشناسی ارشد، سناریوهای توسعهٔ کالبدی شهر میاندوآب و پیامدهای مورد انتظار هر کدام از سناریوها را با استفاده از مدل ترکیب خطی وزنی (WLC) بررسی و تحلیل کرده است.

مبانی نظری

تحلیل تناسب توسعهٔ شهری

تحلیل تناسب کاربری زمین به تعیین مناسب‌ترین الگوی فضایی برای کاربری‌های زمین آتی مطابق نیازمندی‌ها، اولویت‌ها یا پیش‌بینی برخی فعالیت‌ها کمک می‌کند (Malczewski, 2004: 4). ارزیابی تناسب زمین، پیش‌نیاز برنامه‌ریزی و توسعهٔ کاربری زمین است و اطلاعاتی را در زمینهٔ محدودیت‌ها و فرصت‌های کاربری زمین فراهم می‌آورد و بنابراین راهنمای تصمیماتی است که در زمینهٔ استفادهٔ بهینه از منابع زمین اتخاذ می‌گردد (Mokarram & Aminzadeh, 2007: 508). تحلیل تناسب کاربری زمین مهم‌ترین اقدام با هدف تعیین مناسب‌ترین الگوی فضایی برای کاربری زمین آتی است. در سال‌های اخیر، از تحلیل تناسب کاربری زمین برای ارزیابی زمین کشاورزی، تعیین بوم گونه‌های جانوری و گیاهی، ارزیابی و برنامه‌ریزی چشم‌انداز، برنامه‌ریزی منطقه‌ای و ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی استفاده شده است. روش‌های تحلیل تناسب کاربری زمین به روش‌های هم‌پوشانی نقشه‌ها، ارزیابی چندمعیاره و روش‌های هوش مصنوعی تقسیم می‌شوند.

هم‌پوشانی نقشه‌ها کاربرد آسانی دارد و در تحلیل تناسب کاربری زمین برای توسعهٔ شهری به‌کار می‌رود، اما کمبودهایی مثل استانداردسازی نامناسب نقشه‌های تناسب و فرضیات آزمون‌نشده مستقل از معیار تناسب دارد. برای جبران این کمبودها هم‌پوشانی نقشه‌ها به همراه روش‌های دیگر تحلیل تناسب کاربری زمین برای توسعهٔ شهری اجرا می‌شود. بسیاری از مطالعات موردی از روش‌های MCE شامل ترکیبی خطی وزنی (WLC)، روش قابلیت – محدودیت وزنی، روش نقطهٔ ایده‌آل (IPM)، فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، میانگین منظم وزنی (OWA)، مدل شاخص تناسب زمین (LSI) و مدل تناسب اکولوژیک نیچه استفاده می‌کنند (Liu et al., 2014: 170). روش‌های MCE به‌شدت به داده‌های ورودی که صحیح و دقیق باشند متکی است. هوش مصنوعی نیز با هدف تشریح سیستم‌های پیچیده برای استنتاج و تصمیم‌گیری با استفاده از فنون محاسباتی مدرن مثل مدل ماده- عنصر (MEM)، شبکه‌های عصبی مصنوعی و سلول‌های خودکار به‌کار گرفته می‌شوند.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

فرایند تحلیل سلسله مراتبی به عنوان یکی از معروف‌ترین فنون تصمیم‌گیری چندمنظوره برای وضعیت‌های پیچیده‌ای

که سنجه‌های چندگانه و متضادی دارند، ابزار تصمیم‌گیری نرمش‌پذیر و در عین حال قوی به‌شمار می‌رود که اولین بار توماس. ال. ساعتی عراقی الاصل آن را در دههٔ ۱۹۷۰ ابداع کرد (سرور، ۱۳۸۳: ۲۰). این روش بر پایهٔ سه اصل قرار دارد: ساده‌سازی، اولویت‌دهی و اصل سازگاری.

اصل اول: در اصل ساده‌سازی مسئله در قالب یک نمودار درختی ترسیم می‌گردد. این کار به ساده‌تر کردن فهم مسئله و دقت بیشتر تصمیم‌گیرنده کمک می‌کند (اکبری و زاهدی، ۱۳۸۷: ۱۹۴). بنابراین، AHP یک رویکرد سیستمی در تصمیم‌گیری به‌کار می‌گیرد و مسئله را به عناصر آن تجزیه می‌کند (Bantayan & Bishop, 1998: 43).

اصل دوم: در اصل اولویت‌دهی بر اساس هدف یا اهداف پیش روی مسئله و قضاوت‌های شخصی و تجربهٔ خویش، از میان شاخص‌ها به اولویت‌دهی به هر یک از آنها به‌صورت دوبه‌دو توجه می‌شود و سپس به گزینه‌های پیش روی مسئله با توجه به شاخص‌های مطرح‌شده اولویت‌دهی می‌شود.

اصل سوم: یکی از ویژگی‌های جالب و متمایز این روش اصل سازگاری است. این روش این امکان را به تصمیم‌گیرنده می‌دهد که در صورت ناسازگاری در قضاوت‌های شخصی اشکال را به تصمیم‌گیرنده گزارش دهد (اکبری و زاهدی، ۱۳۸۷: ۱۹۵-۱۹۴).

مراحل کلی فرایند تحلیل سلسله مراتبی به روش زیر است:

۱. ایجاد سلسله مراتب تصمیم: اولین قدم در AHP ایجاد یک نمایش گرافیکی از مسئله است که در آن هدف، معیارها و گزینه‌ها نشان داده می‌شوند، یعنی ایجاد یک نمودار درختی از مسئلهٔ تصمیم‌گیری.

۲. ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو: غیر از سطح اول سلسله مراتب تصمیم یعنی هدف، در بقیهٔ سطوح (معیارها، زیرمعیارها و گزینه‌ها) باید عناصر هر سطح با یکدیگر مقایسهٔ دوبه‌دو شوند و تشکیل ماتریس مقایسهٔ دوبه‌دو را بدهند. در این روش برای درجه‌بندی اولویت‌های نسبی در رابطهٔ دوبه‌دوی معیارها از یک مقیاس پایه‌ای که مقادیر آن از ۱ تا ۹ متغیر است، استفاده می‌شود (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۵). مثلاً در مقایسهٔ دو معیار A و B اگر ارجحیت معیار A بر B خیلی بیشتر باشد، عدد ۷ اختصاص داده می‌شود (جدول ۱).

جدول ۱. مقیاسی برای مقایسهٔ دوبه‌دو

امتیاز	تعریف
۱	اهمیت مساوی
۳	اهمیت اندکی بیشتر
۵	اهمیت بیشتر
۷	اهمیت خیلی بیشتر
۹	اهمیت مطلق
۲،۴،۶،۸	اهمیت بینابین

مأخذ: مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۵

۳. برای محاسبهٔ ضریب اهمیت معیارها و گزینه‌ها روش‌های متعددی ایجاد شده است که مهم‌ترین آنها عبارتند از: ۱. مجموع سطری؛ ۲. مجموع ستونی؛ ۳. میانگین حسابی؛ ۴. میانگین هندسی (اشکوری، ۱۳۸۵: ۱۳۵). در اینجا روش میانگین حسابی را به علت ساده بودن توضیح می‌دهیم: ۱. جمع کردن مقادیر هر یک از ستون ماتریس؛ ۲. تقسیم هر عنصر در ماتریس به جمع ستون خودش (نرمالیزه کردن ماتریس).

۴. محاسبهٔ مقدار میانگین در هر سطر از ماتریس نرمالیزه‌شده

این روند را برای گزینه‌ها نسبت به هر معیار به‌صورت جداگانه تکرار می‌کنیم. در آخرین مرحله برای محاسبهٔ امتیاز نهایی گزینه‌ها، ماتریس اوزان مقایسهٔ گزینه‌ها در ماتریس اوزان مقایسهٔ معیارها ضرب می‌شود تا رتبهٔ هر گزینه مشخص گردد.

۵. سازگاری سیستم: یکی از مزایای AHP کنترل سازگاری سیستم است. یعنی قضاوت دربارهٔ خوب و بد بودن، یا قابل قبول و مردود بودن تصمیم (قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۲۱). ضریب ناسازگاری از این طریق به‌دست می‌آید.

$$CR = \frac{CI}{IR}$$

CR ضریب ناسازگاری، CI شاخص ناسازگاری، و IR شاخص تصادفی بودن است. CI از این طریق به‌دست می‌آید:

$$CI = \frac{\lambda \max - 1}{n - 1}$$

$\lambda \max$ مقدار ویژهٔ حداکثر و n تعداد معیارهاست و IR از طریق جدول ۲ به‌دست می‌آید (اشکوری، ۱۳۸۵: ۱۳۷-۱۳۶).

جدول ۲. شاخص تصادفی بودن

n	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
IR	۰	۰/۵۸	۰/۹	۱/۱۲	۱/۲۴	۱/۳۲	۱/۴۱	۱/۴۵	۱/۴۹

مأخذ: اشکوری، ۱۳۸۵: ۱۳۷

میانگین وزنی ترتیبی (OWA)

روش OWA یا میانگین وزنی ترتیبی یک گسترش الحاقی و تعمیمی از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) به حساب می‌آید. OWA شامل مجموع وزنی ملازم با معیارهای ارزیابی مرتب شده است که عملیات تجمیع فازی پیوسته را بین اجتماع و اشتراک فازی به دست می‌دهد. وزن‌های ترتیبی امکان کنترل مستقیم بر سطوح مترتب بر روابط موازنه‌ای- جایگشتی را در بین معیارها فراهم می‌آورند. رابطهٔ موازنه‌ای- جایگشتی مقداری از یک صفت است که تصمیم‌گیرنده مایل است به ازای حصول به مقداری از صفت یا صفت‌های دیگر از آن صرف‌نظر کند. به عبارت دیگر، یک نرخ نهایی از جانشینی است (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۵۱۳).

در یک مسئلهٔ تصمیم‌گیری، افراد ریسک‌پذیر روی خواص خوب یک گزینه و افراد ریسک‌گریز روی خواص بد یک

گزینه تأکید می‌کنند و آن را ملاک انتخاب خود قرار می‌دهند. روش میانگین منظم وزنی قادر است میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی افراد را محاسبه و آن را در انتخاب گزینهٔ نهایی وارد کند. روش OWA شامل دو مشخصهٔ اصلی است که بیانگر رفتار عملگر OWA است: ۱. درجهٔ orness یا ریسک‌پذیری و ۲. میزان مصالحه بین شاخص‌ها یا شاخص Trade off. ریسک‌پذیری موقعیت OWA را در بین روابط (MIN) and و (MAX) or نشان می‌دهد. این درجه بیانگر میزان تأکید تصمیم‌گیرنده بر روی مقادیر بهتر یا بدتر یک مجموعه از شاخص‌ها، یا همان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی تصمیم‌گیرنده است و میزان مصالحه، میزان تبادل یا تأثیرپذیری یک شاخص از دیگر شاخص‌ها را نشان می‌دهد (میان‌آبادی و افشار، ۱۳۸۷: ۳-۲).

در این روش از دو نوع وزن استفاده می‌شود: وزن‌های معیار و وزن‌های ترتیبی. وزن‌های معیار نشان‌دهندهٔ اهمیت نسبی هر کدام از معیارهای ارزیابی‌اند (لایه‌ها و نقشه‌ها). اما وزن‌های ترتیبی بر اساس موقعیت مکانی سلول‌های لایه‌ها و نقشه‌ها اختصاص‌دهی می‌شوند. بدین معنا که همهٔ سلول‌هایی که در یک موقعیت در چند نقشهٔ معیار قرار گرفته‌اند، دارای وزن‌های ترتیبی یکسان خواهند بود. بنابراین، در یک نقشه همهٔ سلول‌ها دارای یک وزن معیار مشترک‌اند، اما وزن ترتیبی آنها متفاوت خواهد بود (رجبی و دیگران، ۱۳۹۰: ۸۰). مدل OWA به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$OWA_i = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{u_j v_j}{\sum_{j=1}^{n} u_j v_j} \right) z_{ij}$$

که در آن، Z_{ij} ارزش سلول i مطابق با معیار j است، u_j وزن معیار j است که مطابق با رابطهٔ بین معیار j و اولویت‌های تصمیم‌گیران در تناسب زمین برای توسعهٔ شهری اختصاص می‌یابد. v_j وزن ترتیبی است. وزن ترتیبی موقعیت عملگر ترکیبی را در یک پیوستار بین MIN و MAX کنترل می‌کند و همچنین یک مقیاس trade off را به‌وجود می‌آورد که بیانگر درجهٔ جبران‌کنندگی بین معیارها است.

AHP-OWA

مدل OWA امکان کنترل سطح جبران‌پذیری و ریسک‌پذیری را در یک تصمیم‌گیری فراهم می‌آورد؛ اما از آنجا که OWA نمی‌تواند به‌خوبی AHP از اولویت‌های مستقیم کارشناسان بهره گیرد، از تلفیق آنها برای اجرای فرایند تصمیمات استفاده می‌شود (رجبی و دیگران، ۱۳۹۰: ۹۰). این دو روش در یک سطح اجرا نمی‌شوند. AHP ابزاری کلی برای ایجاد مدل سلسله مراتبی مسائل تصمیم‌گیری مکانی، پردازش کلی فرایند و ارزیابی هر کدام از فرایندهاست. فرایند ارزیابی در AHP از ترکیب خطی وزن‌دار ساده برای محاسبهٔ مقادیر هر کدام از سلول‌های رستر استفاده می‌کند. عملگرهای OWA نیز چارچوبی کلی برای انجام پردازش‌هایی مانند AHP فراهم می‌آورند. ماهیت و ساختار این دو الگوریتم به گونه‌ای است که از ترکیب آنها می‌توان برای ایجاد تصمیم‌گیری مکانی قدرتمندتر بهره برد. از طرف دیگر عملگر OWA می‌تواند در بازهٔ پیوسته‌ای که از کمیت‌سنج همگی (Max) تا کمیت‌سنج حداقل یکی (Min) حاصل می‌شود، قرار گیرد. برای شناسایی محل عملگر OWA در این بازه می‌توان از دو مقدار Trade off و ORness استفاده کرد (رجبی و دیگران، ۱۳۹۰: ۸۱). برای وزن‌دهی ترتیبی معیارها را به سه دسته تقسیم می‌کنیم: محدودیت‌ها، فاکتورهایی که نباید

رابطهٔ جایگزینی داشته باشند، و فاکتورهایی که باید رابطهٔ جایگزینی داشته باشند. مثلاً فاکتورهایی که دلالت اقتصادی دارند، می‌توانند رابطهٔ جایگزینی داشته باشند، در صورتی که فاکتورهایی که دلالت زیست‌محیطی دارند، نمی‌توانند رابطهٔ جایگزینی داشته باشند (Eastman, 2012: 139).

روش پژوهش

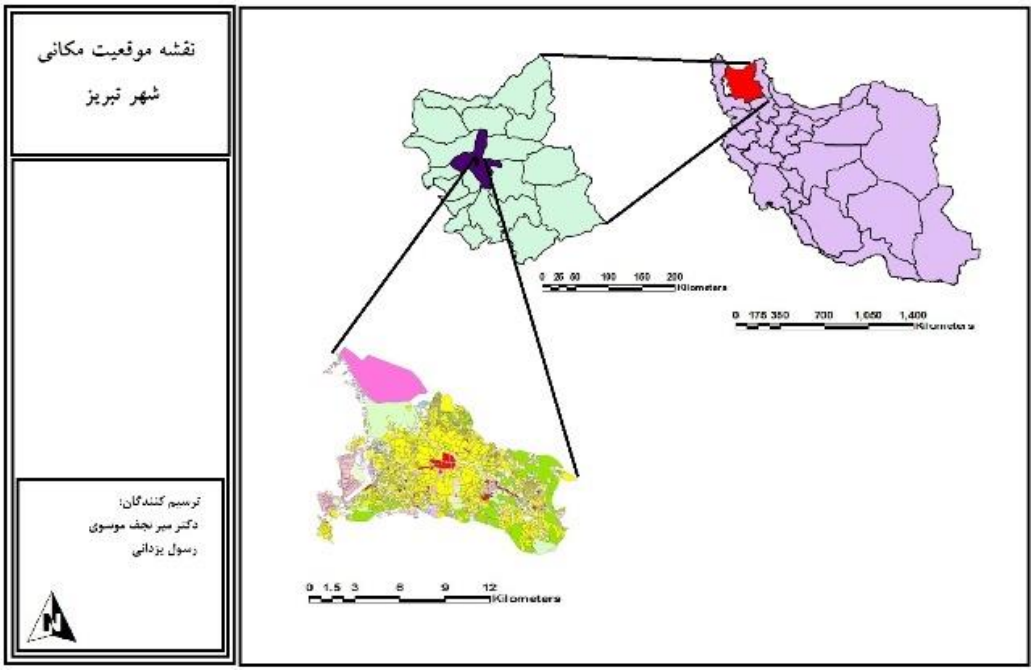
روش تحقیق توصیفی – تحلیلی و نوع آن کاربردی است. یعنی ضمن بررسی و گردآوری اطلاعات موجود دربارهٔ موضوع تحقیق، داده‌ها تحلیل شده است. در این تحقیق برای پردازش تصویر ماهواره‌ای لندست +ETM سال ۱۳۸۹ از نرم‌افزار ENVI4.7 استفاده گردیده است. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به روش نظارت‌شده حداکثر احتمال (Maximum Likelihood) صورت گرفته و میزان دقت کلی و ضریب کاپای این پردازش به‌ترتیب عبارت از ۹۷/۶۱ درصد و ۰/۹۶ بودند. سپس داده‌ها وارد نرم‌افزار IDRISI Selva گردیده و نقشه‌های معیار به دو صورت محدودیت (بولین) و فاکتور ایجاد گردید. نقشه‌های محدودیت شامل سطوح شهری و صنعتی و اراضی آبی با ۵۰ متر حریم رودخانه می‌شد. نقشه‌های فاکتور نیز شامل لایه‌های کاربری‌های مناسب برای تبدیل به شهر شدن، فاصله از سطوح ساخته‌شدهٔ شهری، فاصله از جاده‌ها، فاصله از کاربری صنعتی، فاصله از رودخانه‌ها، فاصله از اراضی زراعی، فاصله از اراضی بایر، نقشهٔ ارتفاعی، شیب، جهت شیب و فاصله از گسل می‌شد. نقشه‌های فاکتور قبل از وارد شدن در فرایند پردازش با استفاده از عملگرهای فازی استانداردسازی شدند. در نهایت، نقشه‌های فاکتور به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن‌دهی شدند. سپس برای تعیین میزان جبران‌کنندگی فاکتورها نسبت به هم و کنترل ریسک‌پذیری از میانگین وزن‌دهی مرتب (OWA) استفاده گردید و نقشهٔ نواحی مناسب برای توسعهٔ آتی شهر به‌دست آمد.

داده‌های مورد استفاده

۱. نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ پوشش/ کاربری زمین شهر تبریز و اطراف شهر تصویر لندست +ETM مربوط به سال ۱۳۸۹
۲. نقشهٔ رقومی ارتفاع در سطح شهرستان
۳. نقشهٔ کاربری زمین شهر
۴. نقشهٔ شبکه‌های ارتباطی شهر

معرفی محدودهٔ تحت مطالعه

شهر تبریز، مرکز استان آذربایجان شرقی، به عنوان بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران از لحاظ مختصات جغرافیایی در ۴۶ درجه و ۲۶–۸ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۸ درجه و ۹–۰ دقیقهٔ عرض شمالی واقع شده است. این شهر از شمال و شرق به کوه‌های عون‌بن‌علی، از جنوب به رشته‌کوه‌های سهند و از غرب با شیب ملایمی به دریاچهٔ ارومیه ختم می‌شود. این شهر در سال ۱۳۹۰ حدود ۱۴۹۵۰۰۰ نفر جمعیت داشت و وسعت آن ۲۴۴۵۳ هکتار بود.



نقشهٔ ۱. موقعیت مکانی شهر تبریز

یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل

نقشه‌های معیار

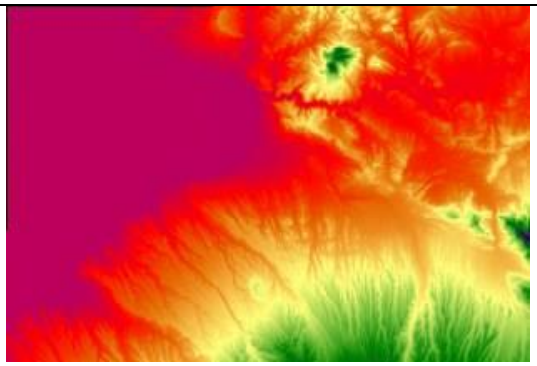
ارتفاع: معمولاً روستاها و شهرها در نقاط مرتفع توسعه نمی‌یابند. غالب شهرها و روستاها در جلگه‌ها و دشت‌ها و نقاطی که ارتفاع زیادی نداشته‌اند به‌وجود آمده‌اند. نقاطی که پست و کم‌ارتفاع اند ضمن آنکه امکان بروز سیلاب در آنها بیشتر می‌شود، از لحاظ توسعهٔ شبکهٔ آب و فاضلاب و جمع‌آوری و دفع آب‌های سطحی با مشکل مواجه می‌شوند. نقش ارتفاع در احداث راه‌ها، سیمای شهرها، ارتفاع ساختمان‌ها و بالاخره دید و منظر شهری بسیار قابل توجه است (شیعه، ۱۳۸۶: ۲۰۰). شهرستان تبریز در یک منطقهٔ کوهستانی واقع شده و ارتفاع این شهرستان بین ۱۲۸۱ متر از سطح دریای آزاد در غرب شهرستان تا ۳۶۵۳ متر در قسمت جنوبی شهرستان در دامنه‌های شمالی کوه سهند متغیر است. ارتفاع خود شهر تبریز نیز بین ۱۳۰۰ متر در قسمت غربی شهر تا ۱۷۰۰ متر در قسمت شرقی شهر متغیر است. بنابراین با توجه به کوهستانی بودن شهر، نقش عامل ارتفاع در تعیین نواحی مساعد برای گسترش کالبدی شهر مهم است.

شیب: شیب زمین یکی از مهم‌ترین معیارهای تأثیرگذار بر گسترش شهر است. همان‌گونه که شیب بالای ۱۵ (و ۲۵ درصد برای برخی ساخت‌وسازها) مناسب نیست، شیب کمتر از ۱ درصد نیز به علت زهکشی ضعیف مناسب نیست. مناسب بودن یک مکان برای جاده‌سازی، پیاده‌روها، ساختمان‌ها و دیگر سازه‌ها تا اندازه‌ای تابعی از شیب‌های موجود در مکان است. برای مثال در هنگ‌کنگ و سان‌فرانسیسکو، به دلیل آب‌وهوای نسبتاً گرم، توسعه اغلب در شیب‌های تند اتفاق افتاده است، ولی در نواحی سردسیر و یخبندان از ساخت‌وساز در چنین شیب‌هایی به دلیل سهولت حرکت وسایل نقلیه و پیاده‌روی پرهیز می‌شود (James & Lagro, 2001: 107). اختلاف ارتفاع زیاد در شهر و نواحی اطراف شهر

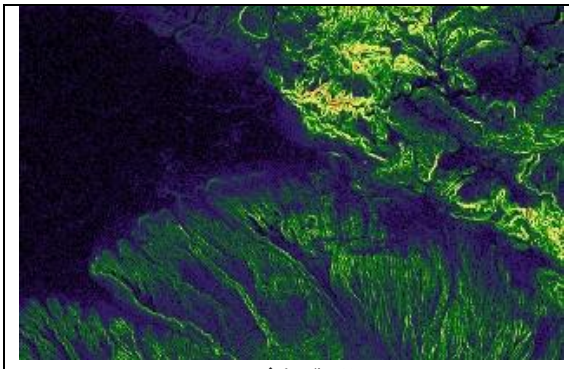
باعث شیب زیاد شهر در برخی نواحی شهر شده است. درصد شیب شهر بین ۱ درصد در قسمت‌های غربی شهر تا حدود ۳۰ درصد در قسمت‌های شمالی شهر متغیر است.

جهت شیب: جهت شیب به دلیل بهره‌گیری از نور خورشید و روشنایی ساختمان‌ها اهمیت دارد و در دو نیمکرهٔ جغرافیایی تأثیرش متفاوت است. در نیمکرهٔ شمالی، جهات شمالی انرژی خورشیدی کمتری دارند و برعکس، جهات جنوبی انرژی بیشتری دریافت می‌کنند و باعث ایجاد تأثیراتی در میکروکلیمای شهر می‌شوند. با توجه به اینکه شهر تبریز در نیمکرهٔ شمالی و در یک منطقهٔ کوهستانی واقع شده است، دارا بودن جهت جنوبی از اهمیت زیادی برخوردار است. شهر تبریز به دلیل داشتن توپوگرافی دره‌مانند، دارای دو جهت غالب است. جهت غالب جنوبی در نیمهٔ شمالی شهر و جهت غالب شمالی در نیمهٔ جنوبی شهر است.

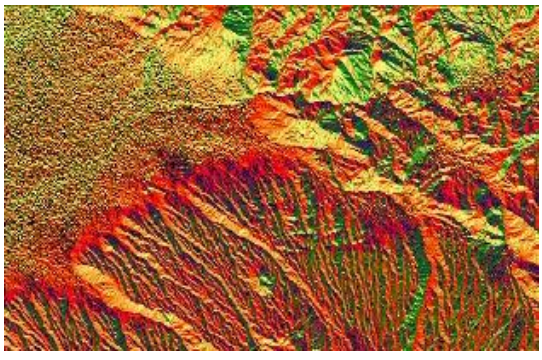
فاصله از جاده: تقاضا برای حمل‌ونقل از آنجا ناشی می‌شود که حمل‌ونقل از راه اصلاح توان ارتباط بین فعالیت‌های گوناگون، جدایی فضایی را کاهش می‌دهد. در واقع همین رابطهٔ نزدیک بین کاربری زمین و حمل‌ونقل، کنترل تسهیلات حمل‌ونقلی را به‌صورت یکی از نیرومندترین ابزارهای ویژهٔ جغرافیایی در اختیار برنامه‌ریزان قرار می‌دهد، تا بتوانند آن را برای هدایت توسعهٔ شهری به‌کار گیرند. رابطهٔ حمل‌ونقل و کاربری زمین دوسویه است. از یک طرف ایجاد زیربناهای حمل‌ونقل باعث تغییراتی در کاربری زمین و ارزش زمین می‌شود و متقابلاً تغییرات مهم در کاربری زمین، اندازهٔ جمعیت و پراکنش جمعیت مسکونی یا تغییر مکان‌های صنعتی، الگوی تقاضای حمل‌ونقل را تغییر می‌دهد (پورمحمدی، ۱۳۸۶: ۲۵).



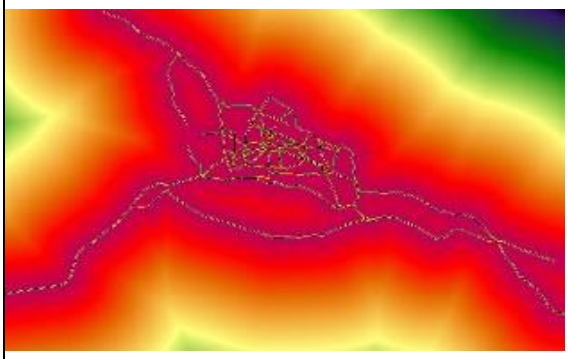
۱. نقشهٔ ارتفاع



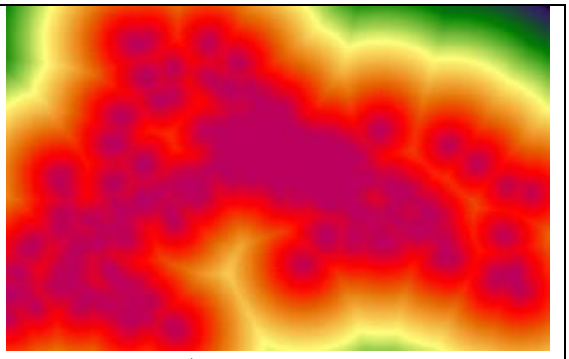
۲. نقشهٔ شیب



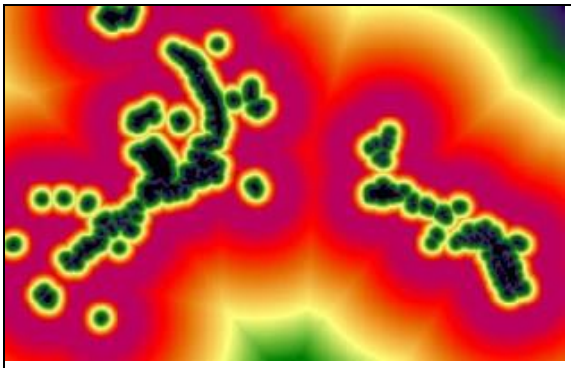
۳. نقشهٔ جهت



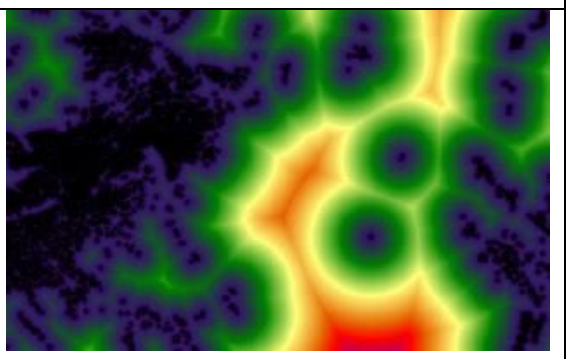
۴. نقشهٔ فاصله از جاده



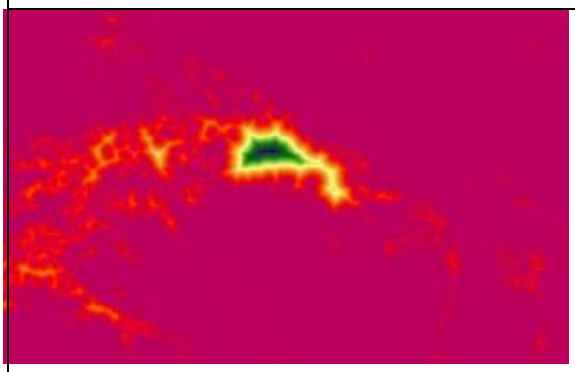
۵. نقشهٔ فاصله از سطوح شهری



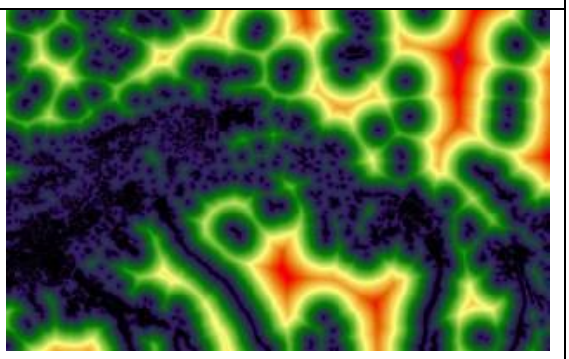
۶. نقشهٔ فاصله از سطوح صنعتی



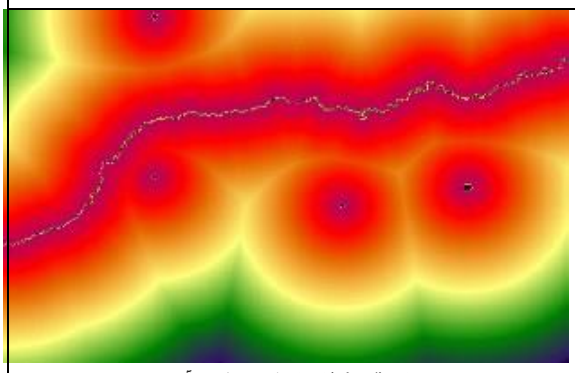
۷. نقشهٔ فاصله از اراضی زراعی



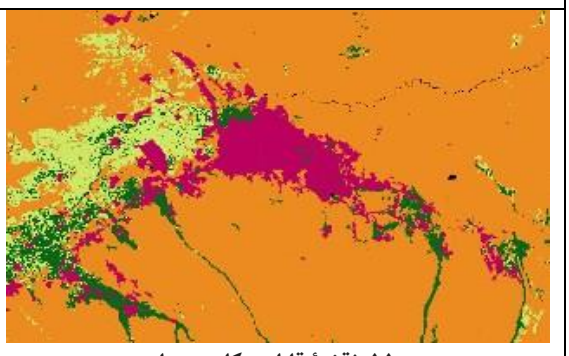
۸. نقشهٔ فاصله از اراضی بایر



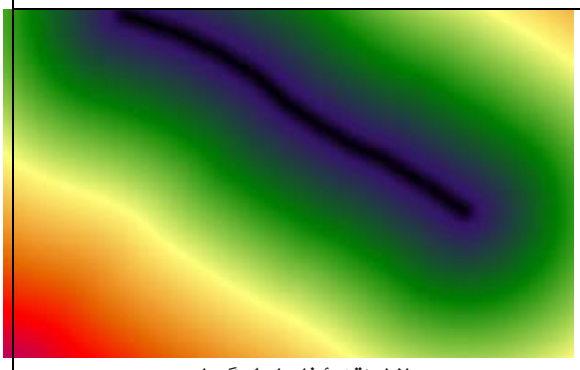
۹. نقشهٔ فاصله از اراضی باغی



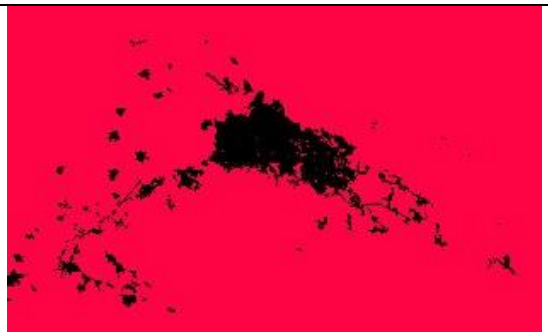
۱۰. نقشهٔ فاصله از سطوح آبی



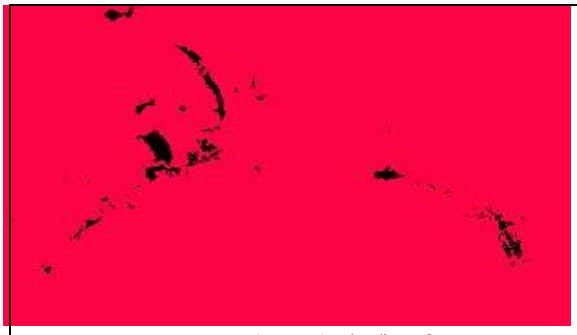
۱۱. نقشهٔ قابلیت کاربری‌ها



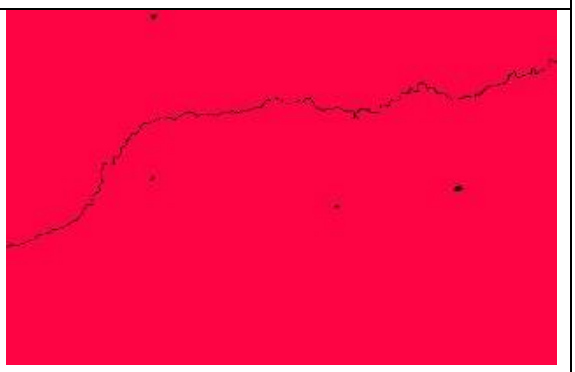
۱۲. نقشهٔ فاصله از گسل



۱۳. نقشهٔ بولین سطوح شهری



۱۴. نقشهٔ بولین سطوح صنعتی



۱۵. نقشهٔ بولین فاصلهٔ ۵۰ متری سطوح آبی

نقشهٔ ۲. نقشه‌های معیار

فاصله از سطوح شهری: مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در توسعهٔ شهری را می‌توان نزدیکی به محدوده‌های شهری و بهره‌مندی از خدمات و تسهیلات شهری ذکر کرد. با گسترش شهر، نواحی روستایی متأثر از آن بخشی از ناحیهٔ شهری را تشکیل می‌دهند، همان‌گونه که نواحی حاشیهٔ شهری سابق، بخشی از ناحیهٔ شهری می‌گردند. بنابراین نواحی پیرامونی و بلافصل سطوح ساخته‌شده در معرض توسعه و گسترش شهری قرار می‌گیرند (لینچ، ۱۳۸۶: ۱۱۵).

فاصله از سطوح صنعتی: سلامتی جامعه در همه حال اهمیت حیاتی برای هر کسی دارد. شرایط محیطی خوب باعث ارتقای بهداشت و رفاه می‌گردد. توسعهٔ صنعتی ممکن است موجب بروز مخاطرات بهداشت محیطی شود و به عنوان یک نیروی محرکه در تغییر زیان‌بار محیطی عمل کند (McArthur, 2002: 16). بنابراین، برای ممانعت از خطرهای محیطی صنایع مزاحم ضرورت دارد کاربری‌های غیرمضر دور از نواحی صنعتی مکان‌یابی گردند. شهر تبریز به عنوان یک قطب صنعتی در سطح کشور، دارای مراکز صنعتی زیاد و گسترده‌ای است و با توجه به ناسازگاری صنعت با مراکز سکونتی، دور بودن از نواحی صنعتی در توسعهٔ شهری ضروری است. مراکز صنعتی بزرگ و آلایندهٔ شهر تبریز عمدتاً در قسمت غربی شهر قرار گرفته‌اند.

فاصله از اراضی زراعی و باغی: گسترش شهر طی دهه‌های اخیر به سمت اراضی کشاورزی مرغوب اطراف شهر سبب تخریب بسیاری از این اراضی گشته و خسارت زیست‌محیطی را به‌وجود آورده است. تبدیل اراضی کشاورزی

به کاربری‌های شهری- صنعتی و پیامدهای اقتصادی و زیست‌محیطی آن، یکی از مسائل و دشواری‌های برنامه‌ریزان شهری است. میانگین اراضی جنگلی کشورهای جهان ۳۱ درصد و اراضی کشاورزی ۳۶ درصد است، در حالی که این نسبت‌ها برای کشور ما به‌ترتیب ۷/۵ و ۱۱ درصد است و از کل اراضی کشاورزی تنها ۶/۹ میلیون هکتار یا ۴/۲ درصد مساحت کشور را زمین‌های آبی و باغ‌ها تشکیل می‌دهند (صدرموسوی و قربانی، ۱۳۸۵: ۱۳۸). شهر تبریز در گذشته دارای باغ‌های گسترده‌ای بوده است ولی طی دهه‌های اخیر بر اثر گسترش بی‌رویهٔ شهر تخریب شده‌اند. پیرامون شهر تبریز باغ‌ها و مزارع زیادی عمدتاً در دره‌های اطراف شهر مخصوصاً درهٔ اسکو و درهٔ لیقوان وجود دارد. ولی طی چند سال اخیر ویلاسازی و آپارتمان‌سازی در این دره‌ها چشم‌انداز طبیعی این نواحی را تغییر داده است. بنابراین بایست در جهت هدایت توسعهٔ شهری به سمت نواحی غیرکشاورزی اقداماتی صورت گیرد.

فاصله از اراضی بایر: اراضی بایر بهترین نواحی برای توسعهٔ شهر قلمداد می‌شوند، چون دارای گونه‌های گیاهی و جانوری غنی نبوده و گسترش شهری خسارت زیست‌محیطی به‌وجود نمی‌آورد. بنابراین، توجه به آنها در تصمیم‌گیری و سیاست‌گذاری برای توسعهٔ شهر جزو اولویت‌ها است. بیشترین کاربری اطراف شهر تبریز را اراضی بایر تشکیل می‌دهد.

فاصله از سطوح آبی: پیدایش، توسعه و مکان‌گزینی شهرهای ایران به تبعیت از ویژگی‌های خاص زمانی و مکانی از گذشته‌های دور تا امروز در وابستگی آب شکل گرفته و نقشهٔ شهرهای ایران نیز با همین امر ترسیم شده است (نظریان، ۱۳۷۹: ۱۲۳). در این متغیر به نواحی بین ۲۰۰۰ -۱۰۰ متری سطوح آبی بیشترین امتیاز و نواحی بین ۱۰۰ -۰ متری و نواحی بیشتر از ۲۰۰۰ متری کمترین امتیاز داده شده است.

نقشهٔ قابلیت کاربری‌ها: در این متغیر با توجه به قابلیت و تناسب کاربری‌ها برای تبدیل شدن به شهر، امتیازاتی تخصیص داده می‌شود. اراضی بایر با بیشترین مناسبت توسعهٔ شهری و سطوح آبی با کمترین تناسب برای توسعهٔ شهری مشخص می‌شود.

فاصله از گسل: جابه‌جایی‌های نسبی قائم و گاهی افقی در امتداد گسل‌ها به‌صورت امواج زلزله در پوستهٔ زمین منعکس می‌گردد. به این دلیل است که زلزله اغلب مناطق واقع در نزدیکی خط گسل را تهدید می‌کند (رجایی، ۱۳۸۲: ۲۸۳). امروزه آسیب‌پذیری شهرها، مخصوصاً بافت‌های فرسوده در برابر زلزله به عنوان مسئله‌ای جهانی مطرح است. این وضع در کشورهای دارای ساختار طبیعی مخاطره‌آمیز، از جمله ایران طی دهه‌های اخیر به‌صورت حادتری نمود یافته است (منزوی و دیگران، ۱۳۸۹: ۲). گسل تبریز که از قسمت شمالی شهر می‌گذرد از جمله گسل‌های فعال به‌شمار می‌رود و وقوع زلزله‌های شدید در تاریخ شهر تبریز بیانگر فعالیت این گسل است. بنابراین برای تعیین مناسب‌ترین نواحی برای توسعهٔ شهری، بایستی حداکثر فاصلهٔ ممکن رعایت شود.

نقشه‌های بولین: سطوح شهری، صنعتی و آبی را به دلیل اینکه توسعهٔ شهری در این نواحی به هیچ‌وجه امکان‌پذیر نیست، به عنوان محدودیت‌های توسعهٔ شهری در مدل معرفی می‌کنیم.

مدل‌سازی تناسب زمین برای توسعهٔ شهری

برای عملی کردن مدل AHP OWA در فرایند تعیین نواحی مناسب برای توسعهٔ شهری، معیارها ترکیب و به آنها وزن‌دهی می‌شود. نقشه‌های محدودیت یا بولین به عنوان ماسک یا پوشش عمل می‌کنند و پیکسل‌ها حاوی دو عدد صفر و یک است؛ یعنی نواحی که به عنوان محدودیت یا صفر در نظر گرفته می‌شوند، در فرایند پردازش محاسبه نمی‌شوند و فقط سلول‌هایی که ارزش عددی آنها یک است محاسبه می‌شود. در این تحلیل نقشه‌های بولین سطوح شهری، سطوح صنعتی و سطوح آبی تا فاصلهٔ ۵۰ متری به عنوان نقشه‌های محدودیت در نظر گرفته شده‌اند. نقشه‌های محدودیت به عنوان اتخاذ تصمیمات سخت‌گیرانه در فرایند تعیین نواحی مناسب برای توسعهٔ شهری شناخته می‌شوند. در مرحلهٔ بعد، نقشه‌های فاکتور پیوسته استانداردسازی فازی می‌شود. در این تحقیق ۱۱ نقشهٔ معیار به عنوان فاکتور انتخاب شده‌اند که عبارتند از: نقشهٔ کاربری زمین، فاصله از اراضی زراعی، فاصله از اراضی بایر، فاصله از اراضی صنعتی، فاصله از اراضی باغی، فاصله از سطوح شهری، فاصله از سطوح آبی، فاصله از جاده، ارتفاع، شیب و جهت شیب. با توجه به اینکه نقشه‌های فاکتور هر کدام از نوع و جنس‌های مختلف اند و برای اینکه بتوانند در مدل‌سازی به‌کار گرفته شوند، باید از یک جنس مشترک باشند، به طبقه‌بندی مجدد یا استانداردسازی نیاز داریم. مثلاً در نقشهٔ فاکتور فاصله از سطوح شهری یا فاصله از جاده‌ها هر چقدر نقاط به شهر و جاده نزدیک‌تر باشد، قابلیت بیشتری برای شهر شدن دارد. در حالی که در نقشهٔ فاکتور فاصله از گسل، فاصله از کاربری صنعتی و فاصله از اراضی کشاورزی برعکس است؛ یعنی آن دسته از نواحی که فاصلهٔ بیشتری از صنایع و اراضی کشاورزی دارند، قابلیت‌شان برای شهر شدن بیشتر است. روش‌های مختلفی برای استانداردسازی وجود دارد، ولی با توجه به ویژگی پیچیدگی و عدم قطعیت پدیده‌ها عملگرهای فازی از قابلیت بیشتری برای استانداردسازی برخوردارند. بنابراین در روش استانداردسازی همهٔ نقشه‌های فاکتور با استفاده از عملگرهای فازی در یک محدوده بین ۰ تا ۲۵۵ طبقه‌بندی مجدد می‌شوند. به‌طوری که پیکسل‌هایی که ارزش عددی آنها صفر است، یا به صفر نزدیک‌ترند مناسبت کمتری برای توسعهٔ شهری دارند و پیکسل‌هایی که ارزش عددی آنها ۲۵۵ است، یا به ۲۵۵ نزدیک‌ترند، تناسب بیشتری برای شهر شدن دارند.

بعد از استانداردسازی فازی نقشه‌های فاکتور، آنها به روش AHP وزن‌دهی می‌شوند. تعیین اهمیت فاکتورها نسبت به یکدیگر در ماتریس مقایسه‌های زوجی به‌صورت دوبه‌دو بر اساس تحقیقات نظری پیشین در زمینهٔ تحلیل تناسب زمین برای توسعهٔ شهری صورت می‌گیرد. با توجه به تأثیر زیاد فاصله از شهر و فاصله از گسل در توسعهٔ شهری و نیز فاکتور ارتفاع، به این فاکتورها اهمیت فراوانی داده شده است. همچنین با اهمیت کمتر نسبت به فاصله از شهر، فاصله از گسل و فاصله از جاده، فاکتورهای ارتفاع و شیب نیز اهمیت زیادی دارند. نرخ سازگاری نیز ۰/۰۳ است که در محدودهٔ قابل قبول قرار دارد و نشان‌دهندهٔ صحت مقایسه‌های زوجی بین فاکتورها است. نرخ سازگاری در مقایسه‌های زوجی بایستی کمتر از ۰/۱ باشد. در غیر این صورت، باید در مقایسه‌های زوجی تجدید نظر صورت گیرد. جدول زیر وزن معیار نقشه‌های فاکتور را نشان می‌دهد.

جدول ۳. وزن AHP فاکتورها

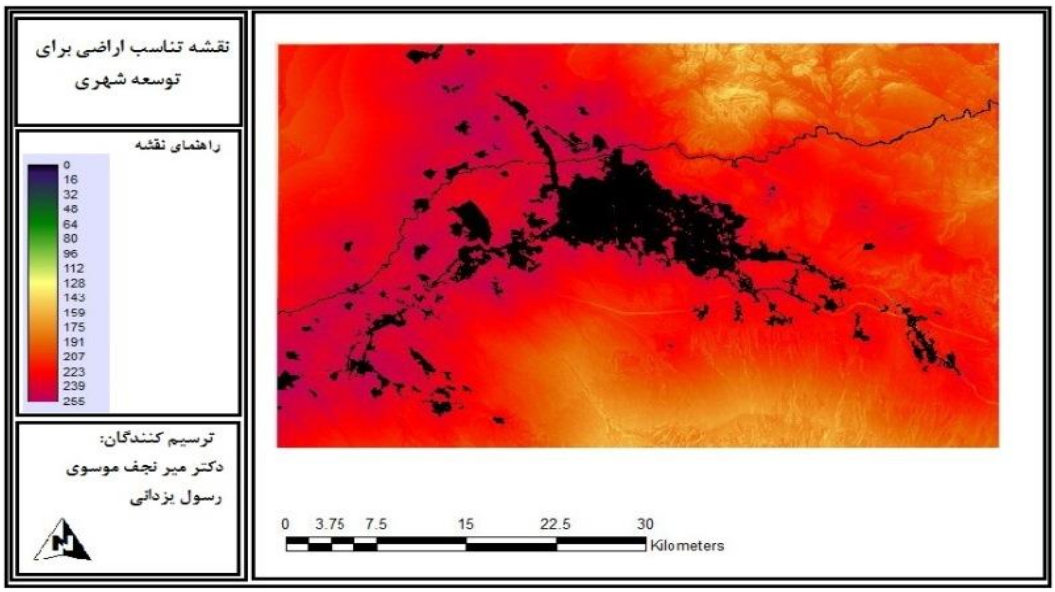
نقشه‌های فاکتور	وزن معیار
کاربری زمین	۰/۰۷۶۷
فاصله از اراضی زراعی	۰/۰۳۲۱
فاصله از اراضی بایر	۰/۰۴۹۹
فاصله از اراضی صنعتی	۰/۰۶۴۹
فاصله از اراضی باغی	۰/۰۳۲۹
فاصله از سطوح شهری	۰/۱۹۹۱
فاصله از سطوح آبی	۰/۰۲۵۲
فاصله از جاده	۰/۱۲۰۱
ارتفاع	۰/۰۹۷۷
شیب	۰/۰۸۷۳
جهت شیب	۰/۰۳۷۷
گسل	۰/۱۷۶۳

بعد از وزن‌دهی به نقشه‌های فاکتور به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی، مجموعهٔ دومی از وزن‌دهی به نام اوزان ترتیبی اعمال می‌شود. این نوع وزن‌دهی به ما امکان کنترل سطح کلی رابطهٔ جایگزینی بین فاکتورها (Trade off) و همچنین سطح ریسک در تعیین مناسبت را می‌دهد. وزن‌دهی در یک فضای تصمیم‌گیری مثلثی صورت می‌گیرد. تصویر زیر نشان‌دهندهٔ این فضای تصمیم‌گیری است.

نمودار ۱. فضای تصمیم‌گیری OWA

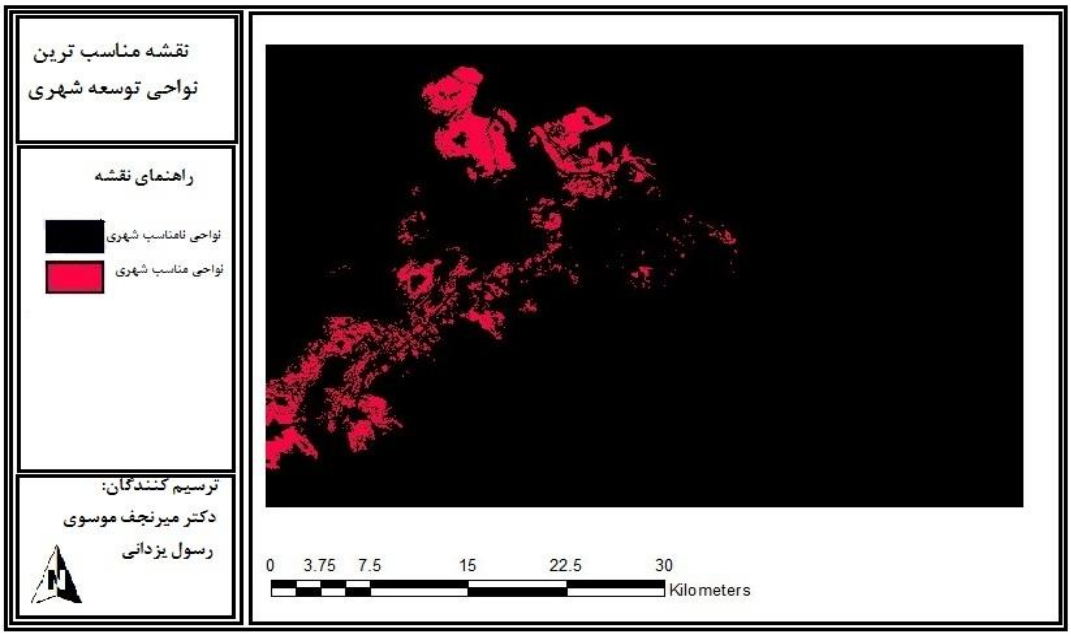
در روش ترکیب خطی وزنی (WLC) Trade off کامل بین فاکتورها برقرار است و همهٔ فاکتورها با اهمیت یکسان بررسی می‌شوند. در روش بولین دو حالت ریسک‌گریز با در بر گرفتن حداقل‌ها و ریسک‌پذیر با در بر گرفتن حداکثرها مطرح است. روش OWA در یک فضای تصمیم‌گیری بین این سه ضلعی عمل می‌کند و به ما اجازهٔ بررسی استراتژی‌ها یا سناریوهای تصمیم‌گیری مختلف و گاهی متضاد را می‌دهد. متعاقباً، شناخت بهتر الگوهای جایگزین تناسب توسعهٔ شهری را تسهیل می‌کند. بنابراین ما با طیف وسیعی از انتخاب‌ها با حالت‌های مختلفی از ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی و روابط جایگزینی کامل و فقدان روابط جایگزینی برای تعیین نقاط مناسب برای توسعهٔ شهری برخورد می‌کنیم.

وزن‌دهی ترتیبی بر پایهٔ پیکسل‌به‌پیکسل بر رتبهٔ فاکتورها به‌کار می‌رود. به‌طوری که به‌وسیلهٔ ترتیب رتبه‌شان در هر موقعیتی (پیکسل) در همهٔ فاکتورها تعیین می‌شود. در وزن‌دهی ترتیبی به تعداد فاکتورها اوزان ترتیبی (۱۱ وزن ترتیبی) داریم. وزن ترتیبی ۱ به فاکتوری با پایین‌ترین رتبه در هر پیکسل به‌کار می‌رود. وزن ترتیبی ۲ به دومین فاکتور با پایین‌ترین رتبه به‌کار می‌رود و همچنین وزن ترتیبی ۱۱ به فاکتوری با بالاترین رتبه در هر پیکسل به‌کار می‌رود. جمع اوزان ترتیبی نیز باید ۱ باشد. بنابراین، ممکن است که یک وزن ترتیبی واحد بتواند به پیکسل‌هایی از فاکتورهای مختلف بسته به ترتیب رتبه نسبی‌شان تخصیص یابد (Eastman, 2012: 136).



نقشهٔ ۳. نقشهٔ تناسب اراضی توسعهٔ شهری

بعد از مدل‌سازی تناسب اراضی برای توسعهٔ شهری، با توجه به اینکه نقشهٔ خروجی به‌صورت پیکسل‌هایی پیوسته بین صفر تا ۲۵۵ نمایش داده می‌شود، مناسب‌ترین نواحی برای توسعهٔ شهری به‌صورت گسسته و بولین استخراج می‌شود. با توجه به میزان مساحت و نیاز شهر به زمین برای توسعه و اندازهٔ شهر و سیاست‌های توسعهٔ شهری، میزان مساحت مورد نیاز تعیین می‌گردد. در این تحقیق حدود ۱۰ هزار هکتار از مناسب‌ترین نواحی برای توسعهٔ شهری استخراج شده است. تصویر زیر نشان‌دهندهٔ مناسب‌ترین نواحی برای توسعهٔ شهری است. در تصویر زیر نواحی قرمزرنگ مناسب‌ترین نواحی استخراج‌شده است و نواحی سیاه‌رنگ دیگر نواحی است.



نقشهٔ ۴. نقشهٔ مناسب‌ترین نواحی توسعهٔ شهری

نتیجه‌گیری

افزایش سریع نرخ رشد طبیعی جمعیت و مهاجرت‌های روستایی- شهری طی دهه‌های اخیر در ایران موجب گسترش کالبدی بی‌رویهٔ شهری شده است. با توجه به اینکه شهرهای ایران از دیرباز در کنار رودخانه‌ها و کوه‌پایه‌ها و در نواحی مساعد آب‌وهوایی استقرار می‌یافتند، پیرامون شهرهای ایران را نیز اراضی باغی و زراعی مرغوب فرا گرفته است. گسترش فیزیکی شهر طی دهه‌های اخیر سبب تخریب اراضی کشاورزی پیرامون شهرها شده است. شهر تبریز نیز از این قاعده مستثنا نبوده، و رشد فیزیکی این شهر طی دهه‌های اخیر باعث تخریب باغ‌های انبوه اطراف شهر شده است. از سوی دیگر، با توجه به اینکه رشد فیزیکی این شهر در نواحی با شیب زیاد بیشتر صورت گرفته است و گسل تبریز از قسمت شمالی شهر – جایی که آپارتمان‌های مرتفع در قسمت شمال شرقی و شرقی و نواحی حاشیه‌نشین با تراکم بالا در قسمت شمال قرار دارند – می‌گذرد، تعیین نواحی مناسب برای توسعهٔ کالبدی شهر ضروری است.

استفادهٔ بهینه از منابع کمیاب زمین شهری و پیرامون شهری یک مسئلهٔ پیچیده است که شامل ارزیابی با معیارهای چندگانه است. یکی از اقدامات در راستای استفادهٔ بهینه از منابع زمین شهری، کاهش آسیب‌پذیری زیست‌محیطی مکان‌یابی و تعیین نواحی مناسب توسعهٔ استفاده از روش‌های ارزیابی چندمعیاره است. یکی از روش‌های جدید ارزیابی چندمعیاره استفادهٔ ترکیبی از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و میانگین وزنی مرتب OWA است. در این مقاله یک ارزیابی چندمعیاره از تناسب اراضی برای توسعهٔ شهری تبریز با استفاده از AHP OWA صورت گرفته است. یکی از قابلیت‌های این روش امکان جبران‌پذیری و ارزیابی ریسک‌پذیری بین معیارها است. این قابلیت باعث انعطاف‌پذیر شدن روش در ترکیب معیارها می‌شود. نتایج حاصل از به‌کارگیری روش، یک نقشهٔ تناسب مکانی برای توسعهٔ شهری است. در این مقاله برای انجام مدل‌سازی، نقشه‌های معیار به دو نوع نقشه‌های محدودیت به‌صورت بولین و نقشه‌های

فاکتور به‌صورت پیوسته تقسیم شدند. نقشه‌های محدودیت به عنوان ماسک عمل کرده و تعیین نواحی مناسب برای توسعهٔ شهری فقط برای نواحی غیرمحدود بوده است. نقشه‌های فاکتور نیز ابتدا توسط روش AHP وزن‌دهی شدند و به نقشه های فاکتور فاصله از شهر، فاصله از گسل و فاصله از جاده بیشترین اهمیت داده شد. سپس برای آزمون جبران‌پذیری و ریسک‌پذیری فاکتورها از روش وزن‌دهی ترتیبی OWA استفاده و نقشهٔ تناسب اراضی برای توسعهٔ شهری حاصل شد. روش OWA مکانیسمی را برای ارائهٔ استراتژی‌ها و سناریوهای توسعهٔ شهری برای ما فراهم می‌آورد. نقشهٔ خروجی به‌صورت یک نقشه در یک مقیاس بین صفر تا ۲۵۵ نمایش داده شده است. همان‌طور که نقشه‌های خروجی مدل‌سازی نشان می‌دهند، نواحی واقع در قسمت‌های بلافصل شهر و نیز نواحی غربی و جنوب غربی شهر از قابلیت‌های خیلی بالایی در مقایسه با نقاط دیگر برخوردارند. در نهایت حدود ۱۰ هزار هکتار از مناسب‌ترین اراضی برای توسعهٔ فیزیکی آتی شهر انتخاب می‌شود.

روش‌های زیادی برای تحلیل تناسب اراضی به‌طور عام ارائه شده است. روش OWA به عنوان یک روش ارزیابی چندمعیاره روش جدیدی محسوب می‌شود. مزیت روش OWA علاوه بر مطرح کردن رابطهٔ موازنه- جایگشتی یا میزان جبران کنندگی بین متغیرها در ارائهٔ طیف وسیعی از سناریوها و آلترناتیوهای توسعه و رشد است، که آن را از دیگر روش‌های تحلیل تناسب اراضی متمایز کرده است. از روش OWA در کاربردهای شهری کمتر استفاده شده است. تحقیقات انجام‌گرفته نیز در زمینهٔ مقایسهٔ بین روش OWA با روش‌های دیگر تحلیل تناسب اراضی در زمینهٔ شهری است. از جمله تحقیقات انجام‌گرفته کار لیو و همکاران در سال ۲۰۱۴ است که با استفاده از مدل‌های ارزیابی چندمعیاره (روش نقطهٔ ایده‌آل و OWA) تناسب کاربری زمین در توسعهٔ شهری پکن را تحلیل کرده‌اند. در این تحقیق بر مقایسهٔ شاخص‌ها و متغیرهای دو روش تأکید شده است. رجبی و همکاران نیز در یک مقاله در سال ۱۳۹۰ روش‌های AHP، AHP OWA، و AHP OWA FUZZY را برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز مقایسه کردند و تفاوت نقشه‌های خروجی‌های این مدل‌ها را نشان دادند. این تحقیق نیز به مقایسهٔ سه روش مذکور و دربارهٔ مجتمع‌های مسکونی پرداخته اختصاص یافته است و با توجه به نوع کاربری و نیز نوع فاکتورهای متفاوت از توسعهٔ کل شهر و نواحی پیرامونی شهر صورت گرفته است. فاکتورهای این تحقیق هزینه، تناسب محیط و آلودگی‌ها است. هدف این تحقیق نیز بیشتر نشان دادن کارایی روش OWA است و به مقایسهٔ شاخص‌های این روش‌ها اختصاص یافته است. در حالی که تحقیق ما با هدف ارائهٔ مناسب‌ترین نواحی برای توسعهٔ شهری تدوین شده و طیف وسیعی از فاکتورهای بیوفیزیکی و اجتماعی- اقتصادی در آن به‌کار گرفته شده است.

منابع

اکبری، نعمت‌الله؛ زاهدی کیوان، مهدی؛ (۱۳۸۷). کاربرد روش‌های رتبه‌بندی و تصمیم‌گیری چندشاخصه، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور، چاپ اول، تهران.

پاتر، رابرت؛ ایوانز، سلی لوید؛ (۱۳۸۴). شهر در جهان درحال‌توسعه، ترجمهٔ کیومرث ایران‌دوست، مهدی دهقان منشادی و میترا احمدی، چاپ اول، انتشارات سازمان شهرداری‌ها و دهیاری‌های کشور.

پورمحمدی، محمدرضا؛ (۱۳۸۲). برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات سمت، تهران.

تقوایی، مسعود؛ سرایی، محمدحسین؛ (۱۳۸۵). گسترش افقی شهر و ظرفیت‌های موجود زمین (مورد: شهر یزد)، مجلهٔ پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۵.

حبیبی، سید محسن؛ (۱۳۷۸). از شار تا شهر، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

رجایی، عبدالحمید؛ (۱۳۸۲). کاربرد جغرافیای طبیعی در برنامه‌ریزی شهری و روستایی، انتشارات سمت، تهران.

رجبی، محمدرضا؛ منصوریان، علی؛ طالعی، محمد؛ (۱۳۹۰). مقایسهٔ روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره AHP، AHP-OWA و FUZZY AHP-OWA برای مکان‌یابی مجتمع‌های مسکونی در شهر تبریز، مجلهٔ محیط‌شناسی، شمارهٔ ۵۷، تهران.

رهنما، محمدرحیم؛ عباس‌زاده، غلامرضا؛ (۱۳۸۷). اصول، مبانی و مدل‌های سنجش فرم کالبدی شهر، چاپ اول، گروه پژوهشی مطالعات شهری و منطقه‌ای، انتشارت جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد.

سرور، رحیم؛ (۱۳۸۳). استفاده از روش ای. اچ. پی در مکان‌یابی جغرافیایی (مطالعهٔ موردی: مکان‌یابی جهت توسعهٔ آتی شهر میاندوآب)، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۴۹، دانشگاه تهران.

شیعه، اسماعیل؛ (۱۳۷۵). مقدمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.

صدر موسوی، میرستار؛ قربانی، رسول؛ (۱۳۸۵). پیامدهای زیست‌محیطی گسترش سکونتگاه‌ها، مطالعهٔ موردی: درهٔ اسکوچای، مجلهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، شمارهٔ ۸.

قربانی، رسول؛ پورمحمدی، محمدرضا؛ محمودزاده، حسن؛ (۱۳۹۳). رویکرد زیست‌محیطی در مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی محدودهٔ کلان‌شهر تبریز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه‌ای، ارزیابی چندمعیاری و سلول‌های خودکار زنجیرهٔ مارکوف (۱۴۱۷-۱۳۶۳)، فصلنامهٔ مطالعات شهری، شمارهٔ ۸.

کلیف، ماوتین؛ شایرلی، پیتر؛ (۱۳۸۶). ابعاد سبز طراحی شهری، ترجمهٔ کاوه مهربانی، انتشارات شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری، تهران.

لینچ، کنت؛ (۱۳۸۶). روابط متقابل شهر و روستا در کشورهای درحال‌توسعه، ترجمهٔ محمدرضا رضوانی و داود شیخی، انتشارات پیام، تهران.

مالچفسکی، یاچک؛ (۱۳۸۵). سامانهٔ اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، اکبر پرهیزگار، عطا غفاری گیلانده، انتشارات سمت، چاپ اول، تهران.

معصومی اشکوری، سید حسن؛ (۱۳۸۶). اصول و مبانی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، انتشارات پیام، چاپ سوم، تهران، ۱۵۰.

قدسی‌پور، سید حسن؛ (۱۳۸۴). فرایند تحلیل سلسله مراتبی، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، چاپ هشتم، تهران، ۲۲۲.

منزوی، مهشید؛ سلیمانی، محمد؛ تولایی، سیمین؛ چاووشی، اسماعیل؛ (۱۳۸۹). آسیب‌پذیری بافت‌های فرسودهٔ بخش مرکزی شهر تهران در برابر زلزله (مورد: منطقهٔ ۱۲)، پژوهش‌های جغرافیای انسانی، شمارهٔ ۷۳.

میان‌آبادی، حجت؛ افشار، عباس؛ (۱۳۸۷). کاربرد روش میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA) در تصمیم‌گیری و مدیریت ریسک، کنفرانس بین‌المللی مدیریت استراتژیک پروژه.

نظریان، اصغر؛ (۱۳۷۹). جغرافیای شهری ایران، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.

Bantayan, Nathaniel & Bishop, Ian , 1998, Linking objective and subjective modelling for landuse decision-making , Landscape and Urban Planning , No. 43.

Boroushaki,Soheil & Malczewski,Jacek , 2008, Implementing an extension of the analytical hierarchy process using ordered weighted averaging operators with fuzzy quantifiers in ARC-GIS, Computers & geosciences, No. 34.

Burchell,W.Robert ; Downs,Anthony ; McCann,Barbara ; Mukherji,Sahan , 2005, Sprawl costs: economic impacts of unchecked development , Island press.

Eastman, Ronald, 2012, Idrisi selva tutorial, Clark university.

Guan,Dongjie , Li,Haifeng , Inohae,Takuro , Su,Weici , Nagaie,Tadashi & Hokao,Kazunori , 2011, Modeling urban land use change by the integration of cellular automation and markov model, Ecological modeling, No. 222.

James A, Lagro Jr, 2008, Site Analysis A Contextual Approche to Sustainable Land Planning and Site Design. John Willey & Sons, Inc. Second edition. Hoboken, New Jersey.

Lopez, E , Bocco, G, Mendoza,M , Duhau,E , 2001 , Predicting land-cover and land-use change in the urban fringe , A case in Morelia city,Mexico , Landscape and urban planning , No 55.

Liu, Renzhi, Zhang, Ke, Zhang, Zhijiao & G. L. Borthwick, Alistair, 2014, Land-use suitability analysis for urban development in Beijing, Journal of environmental management, No. 145.

MacArthur ,Ian , 2002, Local Environmental Health Planning ; Guidance for Local and National Authorities. WHO Regional Publications , European Series , No. 95.

Malczewski, Jacek, 2006, Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis, International journal of applied earth observation and geoinformation, No. 8.

Mokarram, M & Aminzadeh,F , 2007, GIS-based multicriteria land suitability evaluation using ordered weight averaging with fuzzy quantifier: A case study in Shavur plain, Iran , The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, Vol. 38, part 2.

Stone , Jr.Brian, 2008, Urban sprawl and air quality in large US cities, Journal of environmental management, No. 86.

Thapa, Rajesh Bahadur & Murayama,Yuji, 2012, Scenario based urban growth allocation in Kathmandu valley, Nepal, Landscape & urban planning, No. 105.

United Nations, Department of economic and social affairs, 2010, World urbanization prospects: The 2010 revision, New York, United nation publication.

United Nations, Department of economic and social affairs, 2014, World urbanization prospects: The 2014 revision, New York, United nation publication.