مجله آمایش جغرافیایی فضا
فصلنامه علمی- پژوهشی دانشگاه گلستان
سال چهارم/ شماره مسلسل دوازهم/ تابستان ۱۳۹۳

پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری شهرک ارم تبریز بر اساس شاخص‌های اساسی مخاطرات ژئومورفولوژیک

داوود مختاری[۱]، وحید امامی کیا[۲]*

[۱]دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز
[۲]کارشناس‌ارشد جغرافیا، ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی
تاریخ دریافت: ۹۳/۴/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۱۴

چکیده

کلان‌شهر تبریز به دلیل تنگناهای ژئومرفولوژیکی، به توسعه‌ی قطاعی و احداث و ساخت شهرک‌های اقماری در اطراف شهر روی آورده است. اغلب شهرک‌های ایجادشده به‌ویژه شهرک ارم، در مجاورت گسل فعال شمال تبریز و عوامل تهدیدکننده مخاطرات طبیعی از قبیل زلزله، سیلاب، حرکات توده‌ای و... که شاخص‌های اساسی در مطالعه‌های مخاطرات ژئومرفولوژیکی است، قرار گرفته و عمدتاً در مناطق شیب‌دار با لیتولوژی نامقاوم متشکل از سازندهای میوسن (تناوبی از مارن‌های آهکی و نمک‌دار، کنگلومرا و ماسه‌سنگ با میان لایه‌های آهکی) ایجاد شده‌اند. هدف عمده تحقیق حاضر، تعیین وضعیت فعلی الگوی استقرار کاربری‌های اراضی شهری و پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های ژئومورفولوژیک در مناطق آسیب‌پذیر، در تطابق با استانداردهای کاربری‌های اراضی شهری در شهرک ارم تبریز است. به دلیل پیچیدگی و ازدیاد فاکتورهای مؤثر در تعیین کیفیت مکانی استقرار سکونت‌گاه‌های شهری، از روش‌های چندمتغیره‌ی تصمیم‌ساز برای تعیین درجه تناسب کیفی استقرار کاربری‌های اراضی استفاده شده است. بدین منظور از روش‌های ارزیابی چندمعیاره مبتنی بر تحلیل سلسله‌مراتبی AHP برای تولید و تجزیه و تحلیل نقشه‌ها و لایه‌های مختلف کاربری‌ها استفاده شده است. بر اساس یافته‌های تحقیق، از کل مساحت ۵۵۴/۳۶ هکتاری شهرک، حدود ۶۰/۱۵ هکتار در مناطق با استاندارد خیلی کم، ۱۶۴/۴۷ هکتار در مناطق با استاندارد کم، ۱۹۶/۴۵ هکتار در مناطق با استاندارد متوسط، ۱۱۵/۰۹ هکتار در مناطق با استاندارد زیاد و ۱۸/۲ هکتار در مناطق با استاندارد خیلی زیاد استقرار یافته‌اند.

واژگان کلیدی: پهنه‌بندی، مخاطرات ژئومورفولوژیک، تحلیل سلسله‌مراتبی، شهرک ارم تبریز.

*نویسنده مسئول: v.emamikia@tabriz.ir

مقدمه و طرح مسأله

مطالعات اولیه تنگناهای ژئومورفولوژی شهری برای شناسایی بهتر مناطق توسعه‌ی شهری به صورت پهنه‌بندی شده در برنامه‌ریزی محیطی از یک طرف و مدیریت شهری از طرف دیگر، نقش اساسی بر عهده دارد. به عقیده رجایی (۱۳۷۳: ۲۰۹)، معمولاً خرابی‌های وارده به بناها و ساختمان‌ها، اغلب به عملیات مهندسی و معماری مربوط نیست بلکه بیش از ۹۰ درصد خسارت‌ها مربوط به جایگزینی و مکان‌یابی نادرست ساختمان‌ها و بناها بستگی دارد.

همچنان که شهر توسعه پیدا می‌کند، نه تنها سطح زمین را دگرگون می‌کند بلکه لندفرم‌های جدیدی را ایجاد می‌کند که تأثیرات جبران‌ناپذیری را بر محیط طبیعی شهر می‌گذارد. ظهور چنین چشم‌اندازی باعث تغییر و تبدیل وسیعی در بیلان انرژی، آب و مواد شده و اثرات آن در تحریک و حتی تغییر فرایندهای زمین و ژئومورفولوژی منعکس می‌شود (روستایی، ۱۳۸۵: ۲). توجه به عوامل ژئومورفولوژی و تأثیر پدیده‌های مورفوژنتیک در تصمیم‌گیری‌هایی که منجر به تهیه طرح‌های عمرانی می‌شود، ضرورت دارد (مختاری، ۱۳۸۴: ۷۱).

در بسیاری از مطالعات شهری به تبیین شاخص‌های پایداری مناطق شهری پرداخته می‌شود؛ ولی همچنان انواع شاخص‌های مربوطه به زمین و ژئومورفولوژی و مخاطرات محیطی ناشی از آن، نادیده گرفته می‌شود. مهم‌ترین مخاطرات ژئومورفیک شهری عمدتاً انواع حرکات توده‌ای سریع و آرام، ریزش، جریانات گلی، جریانات واریزه‌های سنگی و خاکی، نشست، خزش لایه‌ای و انحلال است. باید توجه داشت که مهاجرت زیاد از حومه‌ی شهر، افزایش شدید جمعیت خود تبریز، طرح‌های احداث شهرک‌های پراکنده‌ی قطاعی و واگذاری زمین از طرف شهرداری‌ها و ارگان‌های رسمی و قانونی، پاسخ‌گوی پیامدهای جمعیت‌پذیری و تراکم انسانی و ساختمانی نبوده و منجر به گسترش و توسعه‌ی فیزیکی بسیار سریع شهر تبریز در جهات عمدتاً شرق و شمال شده است و این گسترش، منجر به تشدید ناپایداری و تغییر دینامیک حاکم بر این مناطق شده است.

کلاً مجموعه عوامل طبیعی و تنگناهای ناشی از آن در گسترش شهر، در حیطه مطالعات ژئومورفولوژی قرار دارد؛ به این ترتیب برخی تنگناها، وضوح و شفافیت بسیاری دارد، به نحوی که برای عموم لمس‌شدنی است و در قالب مسایل مورفولوژی توسعه‌ی شهر مطالعه می‌شود. بنابراین بسیاری از مشکلات در گسترش شهر، بطئی و نامریی بوده که مطالعات دقیق متخصصان را می‌طلبد. از جمله‌ی این مسایل، ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی مناطق مختلف شهر و پیرامون آن است. بنابراین در حیطه‌ی علم ژئومورفولوژی، تنگناهای توسعه‌ی فیزیکی شهر را در یک دسته‌بندی و در قالب مخاطرات ژئومورفولوژیکی می‌توان مطالعه کرد. با توجه به توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی درباره‌ی گردآوری، ذخیره، ویرایش، تحلیل داده‌ها و مدل‌سازی، ابزار مفیدی برای برنامه‌ریزان محیطی بوده و در زمینه‌ی ارزیابی تناسب محیطی

استفاده می‌شود. پس با توجه به اهمیت مخاطرات محیطی به‌ویژه از دیدگاه علم ژئومورفولوژی و لزوم برنامه‌ریزی‌های مطلوب و دقیق در استقرار و توسعه سکونت‌گاه‌های شهری، در این پژوهش از این سیستم استفاده شده است.

پیشینه تحقیق

پژوهش‌های مختلفی در ایران و جهان درباره این موضوع صورت پذیرفته که می‌توان به مواردی چند اشاره کرد:

سویونگ پارک و همکاران در تحقیقی با عنوان «کاربرد شاخص‌های تناسب اراضی برای پیش‌بینی و مقایسه رشد شهری با استفاده از GIS و RS در کره جنوبی»، به مقایسه شاخص مناسب بودن زمین برای توسعه شهری پرداختند. در این تحقیق از روش‌های رگرسیون لجستیک (LR)[1] و فرایند تحلیلی سلسله مراتبی (AHP) به بررسی اراضی مناسب توسعه‌ی شهری پرداختند. در این تحقیق از لایه‌های مختلف زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای، توپوگرافی و عوامل محیطی برای پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، مانند ارتفاع، شیب، فاصله از جاده‌ها، استفاده از زمین، امتیاز زیست‌محیطی و محدودیت‌های قانونی استفاده شده و در نهایت مشخص شده است که در کره‌ی جنوبی روش‌های AHP و LR به‌ترتیب نقشه-های مشابهی برای شاخص تناسب اراضی تولید می‌کنند (Soyoung, 2011).

لیو و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای با عنوان «ارزیابی اثرات زیست‌محیطی برنامه‌ریزی استفاده از زمین در شهر وهان، بر اساس تحلیل عوامل محیطی»، تأثیر مستقیم الگوهای استفاده از زمین‌های منطقه‌ای و کیفیت محیط‌زیست منطقه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مدل ارتفاعی رقومی، شیب و سایر پارامترهای زیست‌محیطی برای تعیین مناسبت توسعه‌ی صنعتی زمین‌های شهری بر اساس تحلیل همپوشانی در محیط ArcGIS را بررسی کرده و با تعیین سه کلاس نسبتاً مناسب، مناسب و نامناسب، توسعه‌ی اکولوژیک محور شهر وهان را مشخص کردند.

یوسف و همکارانش (۲۰۱۱) در کشور مصر با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و با مدل AHP، اقدام به شناسایی و رتبه‌بندی مکان‌های مختلف برای توسعه شهری، صنعتی و توریستی کردند. آن‌ها برای انجام این کار به شاخص‌های مختلف زمین‌شناسی، زیست‌محیطی و غیره توجه کردند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که این منطقه برای توسعه‌ی مناسب شهری با چندین مشکل جغرافیایی و زیست‌محیطی روبه‌رو است.

مطالعات ارزیابی استفاده از سرزمین و توانایی اکوسیستم‌ها در آنتاکیای ترکیه برای جنگل‌زایی توسعه ساخت و ساز (شهرسازی) انجام شد. این تحقیق برای تناسب سرزمین و اکوسیستم در منطقه‌ای

1- Logistic regression

به مساحت ۴۸۹۱ هکتار انجام گرفت و ۲۷ واحد نقشه تهیه شد. برای این منظور از سیستم ارزیابی Senol و نرم‌افزار Llsen استفاده شد (Kilic, 2003).

شلابی و همکاران (۲۰۰۶) در تحقیقی با عنوان «رویکرد چندمتغیره مبتنی بر GIS برای ارزیابی تناسب مکانی کاربری مسکونی در شهر صنعا»، به بررسی کیفیت کاربری‌های مسکونی بر اساس متغیرهای شیب، جهت شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکه راه‌ها و مناسبت مکانی با روش تحلیل سلسله مراتبی پرداختند و مناطق منطبق بر استانداردهای شهرسازی را مشخص کردند. یاکوپ (۲۰۱۱) در تحقیقی با عنوان «سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های پشتیبان تصمیم‌گیری برای طرح‌های توسعه مالزی» به بررسی سناریوهای تخصیص زمین برای کاربری مسکونی با استفاده از نرم‌افزار What if و پارامترهای مختلفی نظیر شیب، ارتفاع، دسترسی به شبکه راه ها، فاصله از رودخانه در طرح محلی پکن پرداخته و اراضی مستعد توسعه‌ی مسکونی مغایر با استانداردهای ساخت‌وساز مسکونی را مشخص کردند.

امامی‌کیا (۱۳۹۲) در پژوهشی به ارزیابی استقرار سکونت‌گاه‌های شهری در مناطق آسیب‌پذیر از تأثیر گسل شمال تبریز در شهرک باغمیشه تبریز پرداخته، با استفاده از روش AHP و بررسی شاخص‌های اساسی مطالعات ژئومورفولوژیکی و مورفوژنتیکی با پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه ثابت کرد که بیش از نیمی از سکونت‌گاه‌های شهری منطقه مذکور در ریسک بالای خطر فعالیت گسل شمال تبریز قرار گرفته است.

زنگی‌آبادی و اسماعیلی (۱۳۹۱) با استفاده از فرمول کوکران و تجزیه و تحلیل اطلاعات و داده‌های آماری در محیط SPSS، اقدام به ارزیابی تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان در برابر خطرات بلایای طبیعی نمودند و در نهایت با مقایسه‌ی آسیب‌پذیری وضع موجود در مناطق چهارده‌گانه‌ی شهر، شاخص‌های آسیب‌پذیری مسکن اولویت‌بندی شد. نتایج پژوهش نشان داد که میزان آسیب‌پذیری مساکن شهر در برابر خطر بلایای طبیعی بسیار زیاد بوده، متغیرهای آماری « دسترسی به ساختمان » و « قدمت بنا »، بیش‌ترین تأثیر را در آسیب‌پذیری مساکن شهر اصفهان دارد.

موحد (۱۳۹۱) با استفاده از مدل سلسله‌مراتبی IHWP در سیستم اطلاعات جغرافیایی، اقدام به بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری شهر مسجدسلیمان در برابر زلزله نمود. نتایج این تحقیق نشان داد که ۷۶/۰۶ درصد ساختمان‌های شهر مسجدسلیمان آسیب‌پذیر است و محله‌ی تلخاب با وجود وسعت زیاد، آسیب‌پذیری پایینی دارد.

بررسی‌های انجام شده درباره‌ی تعیین تناسب اراضی برای توسعه آینده شهری تهران نشان می‌دهد که علاوه بر تعیین تناسب اراضی باید کاربری اراضی فعلی این مناطق نیز تعیین شود تا بتوان در مورد متناسب بودن این اراضی برای توسعه‌ی مورد نظر اظهار نظر کرد (مرکز سنجش از دور ایران، ۱۳۸۱). کرمی (۱۳۸۳) در تحقیقی برنامه‌ریزی کاربری اراضی را با استفاده از RS[1] و GIS در منطقه خرم‌آباد

1- Remote Sensing

انجام داد. در این تحقیق، عوامل محیطی از جمله شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، ارتفاع، میزان بارندگی و نوع خاک، تولید و جمع‌آوری شدند. سپس با استفاده از توابع ویژه GIS از جمله همپوشانی و با فرینگ و ارزیابی چند عامله با استفاده از روش وزن‌دهی CRITIC[1] تناسب اراضی منطقه برای کاربری‌های مختلف از جمله مسکونی، کشاورزی، توریسم، جنگل‌کاری و مرتع‌داری تعیین شد.

بررسی‌های انجام شده درباره تحلیل تناسب زمین برای توسعه‌ی کالبدی در محور شمال غرب شیراز با استفاده از رویکرد ارزیابی چند معیاری (MCE) نشان داده که سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل قابلیت‌هایی که در زمینه‌ی گردآوری، ویرایش، تغییر و تحلیل حجم انبوهی از داده‌ها و اطلاعات مکانی و غیر مکانی دارد، ابزار بسیار مناسبی برای پشتیبانی درباره‌ی تحلیل‌ها و برنامه‌ریزی‌های فضایی است (کرم، ۱۳۸۴).

روش تحقیق

داده‌ها

در این پژوهش از هشت متغیر که شامل متغیرهای ناپایداری دامنه، شیب، حریم گسل، حریم خطوط ارتباطی، حریم رودخانه، ساختار زمین‌شناسی، ارتفاع، جهات شیب در تطابق با لایه کاربری اراضی شهرک ارم تبریز استفاده شده است (جدول ۱). برای تهیه و آماده‌سازی بانک اطلاعاتی لایه‌های یادشده از نرم‌افزار ArcGIS10 و مدل AHP استفاده شده است.

جدول ۱- لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده

لایه	منبع و مأخذ مورد استفاده
ناپایداری دامنه	تحلیل استریوسکپی عکس هوایی منطقه (سازمان نقشه‌برداری)
شیب	نقشه‌های توپوگرافی (سازمان نقشه‌برداری)
حریم گسل	رقومی‌سازی نقشه‌های زمین‌شناسی (سازمان زمین‌شناسی کشور)
حریم خطوط ارتباط	نقشه کاربری اراضی (سازمان مسکن و سهرسازی)
حریم رودخانه	نقشه کاربری اراضی (سازمان مسکن و سهرسازی)
ساختار زمین شناسی	رقومی‌سازی نقشه‌های زمین‌شناسی (سازمان زمین‌شناسی کشور)
ارتفاع	نقشه‌های توپوگرافی (سازمان نقشه‌برداری)
جهات شیب	نقشه‌های توپوگرافی (سازمان نقشه‌برداری)

1- Criteria Importance Through Intercriteria Correction

روش تحقیق

AHP، روشی جامع برای حل مشکلات تصمیم چندمعیاری است. فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP، چه در واقعیت و چه در تئوری، در فرآیند حل مشکلات تصمیم استراتژیک به کار گرفته می‌شود (Tolga, 2004: 90).

در سال ۱۹۷۱ ساعتی، AHP را به عنوان ابزاری تحلیلی - تصمیمی وسیع برای مشکلات مدل‌های بی‌ساخت، همانند سیاست، اقتصاد، اجتماع و علم مدیریت به وجود آورد که بر اساس آن، ارزش‌ها برای مجموعه‌ای از اهداف به صورت دوبه‌دو مقایسه می‌شوند (Yu, 2002: 1970). در سال ۲۰۰۱ ساعتی و وارگس، با به کارگیری هر دو مفهوم عقلانیت و شهود، AHP را برای انتخاب بهترین راه‌حل از میان چندین راه‌حل به کار گرفتند (Tolga, 2004: 90).

ارزیابی کارایی راه‌حل‌ها در AHP دارای مراحل زیر است:

الف- ایجاد ماتریس مقایسه‌ی دوبه‌دو برای معیارهای تصمیم‌گیری

ب- محاسبه‌ی ارجحیت معیارها نسبت به یکدیگر

ج- تحلیل پایداری (Hwang, 2004: 672).

مرحله اول: یک مقیاس اساسی را با مقادیر ۱ تا ۹ برای تعیین میزان اولویت‌های نسبی دو معیار به کار می گیرد (جدول ۲).

جدول۲- مقیاس مقایسه‌ی دوتایی

تعریف	میزان اهمیت
اهمیت برابر	۱
اهمیت برابر تا متوسط	۲
اهمیت متوسط	۳
اهمیت متوسط تا قوی	۴
اهمیت قوی	۵
اهمیت قوی تا بسیار قوی	۶
اهمیت بسیار قوی	۷
اهمیت بسیار قوی تا فوق‌العاده قوی	۸
اهمیت فوق‌العاده قوی	۹

مأخذ (قدسی‌پور، ۱۳۸۴)

مرحله دوم: این مرحله شامل مراحل زیر است:

۱- جمع مقادیر هر ستون ماتریس مقایسه‌ی دوتایی.

۲- تقسیم هر مؤلفه ماتریس بر مجموع ستونش. ماتریس حاصل، «ماتریس مقایسه دوتایی نرمال شده» نام دارد (پورمحمدی، ۱۳۸۹: ۵).

مرحله سوم: این مرحله شامل عملیات زیر است:

پس از به دست آوردن وزن نهایی هر معیار، باید به محاسبه این موضوع پرداخت که آیا ارجحیت‌هایی که ما برای مقایسه قرار دادیم، سازگاری یا پایداری دارند یا خیر؟ پس از انجام محاسبات زیر، در صورتی که جواب به دست آمده کوچک‌تر از ۰/۱ باشد (CR<0.1)، سازگاری وجود دارد و در غیر این صورت باید در مقدار ارجحیت‌ها تجدید نظر شود. محاسبات برای این امر به ترتیب زیر است:

- با ضرب وزن مربوط به اولین معیار در ستون اول از ماتریس اولیه از مقایسه دوبه‌دو، سپس ضرب دومین وزن در ستون دوم و... و نهایتاً با جمع این ارزش‌ها در طول ردیف‌ها، بردارهای مجموع وزنی[1] به دست می‌آید.

- با تقسیم بردارهای مجموع وزنی بر وزن‌های معیار تعیین‌شده در مرحله‌ی قبل، بردار پایندگی تعیین می‌شود. پس از محاسبه‌ی بردار پایندگی، لازم است ارزش‌ها را در دو بعد دیگر یعنی میزان لاندا (λ) و شاخص پایندگی (CI)[2] محاسبه کنیم. ارزش مربوط به لاندا به طور ساده شامل میانگین ارزش بردار پایندگی است.

محاسبه‌ی CI بر پایه‌ی مشاهداتی قرار دارد که در آن‌ها، میزان لاندا برای ماتریس‌های مثبت دوسویه همواره بزرگ‌تر یا برابر با تعداد معیارهای مورد نظر n است و اگر ماتریس مقایسه‌ای دوبه‌دوی یک ماتریس استحکام و پایندگی داشته باشد، آن‌گاه خواهیم داشت: λ=n. همچنین λ-n را می‌توان سنجه‌ای از عدم ثبات و پایندگی در نظر گرفت. این سنجه را می‌توان به صورت زیر استاندارد کرد:

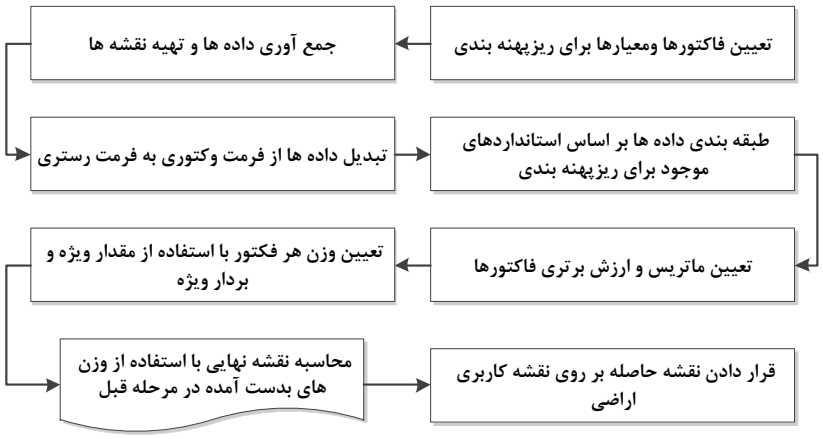
$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

اصطلاح CI را شاخص پایندگی می‌نامند که مشخص‌کننده‌ی اندازه‌ی انحراف از پایندگی است. علاوه بر آن می‌توانیم نسبت پایندگی CR[3] را نیز تعیین کنیم که در قالب عبارت زیر تعریف می‌شود:

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

1- Weighted sum vector
2- Consistency index
3- Consistency ratio

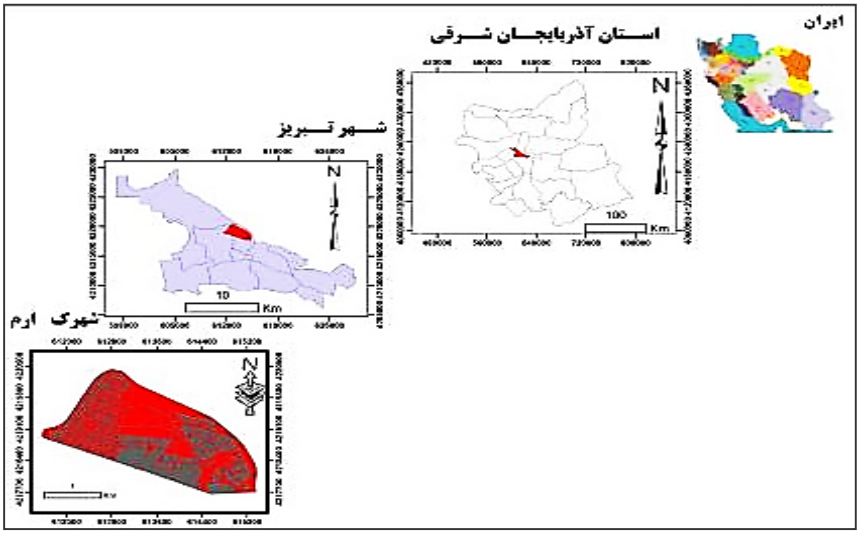
که در آن RI بیانگر شاخص تصادفی است. این شاخص همان شاخص پایندگی از یک ماتریس مقایسه‌ی دوبه‌دو است که تصادفی ایجاد شده است. می‌توان نشان داد که RI بستگی به تعداد عناصر مورد مقایسه دارد (مالچفسکی، ۱۳۸۵: ۳۱۴-۳۱۸).



شکل ۱- فلوچارت و مراحل انجام تحقیق

محدوده و قلمرو پژوهش

منطقه‌ی مورد مطالعه (شهرک ارم) در شمال غرب شهر تبریز و در مختصات جغرافیایی ″۱۲ ′ ۱۶ ° ۴۶ الی ″۵۴ ′ ۱۸ ° ۴۶ طول شرقی و ″۴۲ ′ ۰۵ ° ۳۸ الی ″۳۰ ′ ۰۷ ° ۳۸ عرض شمالی واقع شده است. ارم یکی از محله‌های تاریخی شهر تبریز است که از سمت شمال به دامنه‌های کوه عون‌بن‌علی و از سمت جنوب به یکی از محلات قدیمی و تاریخی به نام امیرخیز محدود است. محله‌ای قدیمی به نام سرخاب در قسمت شرق شهرک واقع است که در قدیم، یکی از دروازه‌های ورود و خروج شهر محسوب می‌شد. تقریباً در قسمت جنوب غرب شهرک، میدانی بزرگ به نام میدان آذربایجان قرار دارد که در واقع بزرگ‌ترین میدان شهر محسوب می‌شود و میدان خروجی شهر به سمت شمال غرب و شهر صوفیان و جاده‌ی ترانزیتی تبریز- مرند است که راه اتصال کشور به مرزهای شمال غربی محسوب می‌شود.



شکل ۲- موقعیت شهرک ارم در ایران، استان آذربایجان شرقی و شهر تبریز

بحث اصلی

در بسیاری از کلان‌شهرها همچون تهران، اصفهان، شیراز و... که شهر تبریز نیز از این قاعده مستثنی نیست، می‌توان گفت که گسترش شهر به سمت مناطق پرخطر، پیش از پیشرفت علوم وابسته به مطالعات مخاطرات طبیعی و انسانی اتفاق افتاده است و در آن مرحله، امکان و بستر مناسب برای جلوگیری از این روند وجود نداشت. اما اکنون با پیشرفت علوم مختلف در این زمینه و امکانات و تجهیزات بسیار پیشرفته و مجهز و مطالعات انبوه و تخصصی محققان و پژوهشگران علوم جغرافیایی و زمین‌شناسی، جای بسی تأسف است که در عرض چند سال اخیر، مناطقی که کاملاً خالی از سکنه بوده‌اند، با توجه به مشخص شدن محل‌های دقیق پرمخاطره با ریسک بالا و دلایل و مستندات علمی کافی مبنی بر فعالیت آن‌ها، ساخت‌وساز به این سمت‌ها هدایت شده و در حال گسترش است. به‌عنوان مثال گسل شمال تبریز که زمانی حداقل سه کیلومتر از شهر فاصله داشت، در حال حاضر از داخل یا حریم شهرک‌هایی همچون ارم، باغمیشه، ولی امر و یوسف‌آباد عبور می‌کند که محققان و پژوهشگران به شدت از آن انتقاد می‌کنند و مخاطرات ناشی از آن همواره در مجامع علمی مطرح و گوشزد می‌شود.

در شهرک ارم، استقرار سکونت‌گاه‌های شهری عمدتاً در جهت‌های مختلف با موانع و مخاطراتی چون تناسب ارتفاع، شیب، ناپایداری دامنه‌ای، تهدیدات فعالیت گسلی و تناسب ساختار زمین‌شناسی مواجه بوده و خواهد بود. در حال حاضر توسعه‌ی تبریز در این منطقه، روی نقاط ارتفاعی (تپه‌ها) انجام گرفته

و ادامه دارد که گاهی شیب این تپه‌ها در شمال و شمال شرق، حدود سی درصد و یا بیش از آن است. چنانچه در شمال شهرک اغلب ساختمان‌های مسکونی در دامنه‌های تپه‌های منفرد و با شیب‌های تند (سی درصد و بیشتر) مارنی و رسی گسترش یافته است (شکل ۳).

مشاهدات میدانی در این محل نشان می‌دهد که در برخی نقاط، توسعه‌ی شهرک روی تپه‌هایی شکل گرفته که شیب دامنه‌های برخی از نقاط آن بیش از ۲۵ و گاهی ۳۰ درصد است (شکل ۴). در این نواحی نیز مشکل ناپایداری دامنه به صورت جدی مطرح است. یکی دیگر از مخاطرات تهدیدکننده‌ی مساکن شهری، ساخت‌وساز سکونت‌گاه‌های شهری روی سازندهای سست با لیتولوژی نامقاوم و منفصل است که علاوه بر این‌که تغییرات جدی در لندفرم‌های طبیعی ایجاد می‌کند، سطح زمین را نیز دگرگون کرده، موجب تغییر و تبدیل وسیعی در بیلان انرژی و آب و مواد می‌شود که اثرات آن در تحریک عوامل پرمخاطره ژئومورفیک (جریانات واریزه‌ای، جریانات گلی، خزش لایه‌ای، انحلال، افتادن سنگ‌ها و...) به‌ویژه هنگام وقوع بارش‌های موضعی و فصلی شدید، بسیار مشهود است (شکل‌های ۵، ۷ و ۸).

وجود گسل فعال بزرگ شمال تبریز و عبور این گسل از شمال و شمال شرق منطقه‌ی مورد مطالعه، نشان از ادامه‌ی فعالیت‌های زمین‌ساخت در منطقه است (شکل ۶). با توجه به این شکل، وجود گسیختگی‌های دامنه‌ای و فروافتادگی متعدد لایه‌ها و نبود پوشش‌های گیاهی در پای دامنه‌ها، حاکی از این حقیقت است که منطقه‌ی مورد مطالعه از لحاظ حرکات زمین‌ساخت به حالت تعادل نرسیده و حرکات زمین‌ساخت در آن ادامه دارد. از طرف دیگر مسأله خطر شیب تند و سازند سست و منفصل مارنی و رسی، تشدید امواج زلزله هنگام رویداد یک زلزله‌ی محتمل ناشی از گسل شمال تبریز که چندان هم دور از انتظار نیست، خسارات وسیع و گسترده‌ی مالی و جانی اجتناب ناپذیر است. با توجه به نقشه‌ی تناسب ارتفاعی و توپوگرافیکی شهرک مشخص می‌شود که لندفرم‌های شهرک ارم عمدتاً کوهستانی بوده و نیز توپوگرافی از قسمت شمال غرب از کد ارتفاعی ۱۳۶۰ متر به سمت شمال شرق به کد ارتفاعی ۱۵۱۰ متر متغیر است که شیب منطقه در محدوده‌ی میانی، فرکانس متغیر بیش‌تری دارد (۱۵ تا ۳۰ درصد) و دامنه‌ی ارتفاعات غالباً پرشیب و گاه به صورت پرتگاهی دیده می‌شود که به سمت شمال غرب از شیب منطقه کاسته می‌شود.

وجود ارتفاعات عون‌بن‌علی در بخش شمالی که جهت‌گیری غربی- شرقی دارد، اغلب محدوده‌ی مورد مطالعه را از لحاظ مخاطرات محیطی ناشی از سیلاب، ریزش‌های واریزه‌ای و سنگی و تغییرات در نوسانات آب‌های سطحی، در کنار سایر عوامل مؤثر تهدید می‌کند، به نحوی که طی نوسانات فصلی، آب‌های سطحی و زیر سطحی منطقه از نظر مخاطرات هیدرو ژئومورفولوژی (انحلال‌های لیتولوژیکی به‌ویژه در قسمت‌های آهکی و فرونشست‌های بطئی زمین) نیز قابل توجه است. آب‌های سطحی تهدیدکننده را نیز برخی کانال‌های احداثی به سمت رودخانه‌ای به نام آجی‌چای (رودخانه‌ای در بالادست قسمت شمال

شهرک) هدایت می‌کند که این راه‌کار شاید شرط لازم برای تعدیل این مخاطره باشد، ولی کافی نیست. در کدهای ارتفاعی ۱۴۲۰ تا ۱۵۱۰ متر در ناحیه‌ی میانی، گاه در طبقات ارتفاعی خاص، هدایت آب‌های جاری را در بارندگی‌های سنگین اجتناب‌ناپذیر می‌کند. در منطقه‌ی مورد مطالعه با افزایش درجه‌ی شیب، ضریب ناپایداری نیز زیاد می‌شود که در این محدوده به دلیل نوسانات آن همواره منطقه‌ی بی‌خطر معمولاً در شیب‌هایی تا سقف ده درجه با ضریب صفر در نظر گرفته شده است که این ضریب در خط‌الرأس‌ها افزایش چشمگیری پیدا می‌کند.

با توجه به لایه‌ی تناسب زمین‌شناسی و لیتولوژیکی منطقه مشاهده می‌شود که تناوب لایه‌های مارنی آهک‌دار و نمک‌دار و ماسه سنگ‌های کنگلومرائی هنگام تکان‌های زمین‌لرزه‌ی احتمالی، موجب ناپایداری و جابه‌جایی توده‌ای و نیز روان‌گرا شدن آن‌ها (پدیده تیکسوتروپی) شده و به فونداسیون بناها آسیب‌های جدی خواهد رساند. از طرفی وضعیت سازندهای مذکور به‌ویژه در قسمت‌های شمالی و شمال شرقی نیز موجب تشدید پدیده‌های مورفودینامیک (گسیختگی، رانش، خزش، ریزش‌های سنگی و جریانات گلی و فرونشست) خواهد شد.

در ادامه مطالب یادشده، با توجه به بررسی‌های میدانی به عمل آمده، جنس سازندهای این منطقه شامل مارن قرمز رنگ با میان‌لایه‌هایی از ماسه‌های گچ‌دار و نمک‌دار و آبرفت‌های عصر حاضر و پادگانه‌های آبرفتی و پشته‌های آبرفتی که قدرت تحمل کم‌تری دارند، می‌باشد. این سازندها کلاً گسترش وسیعی در بخش شمالی و شمال شرقی و در منطقه‌ی نشستگاه شهرک ارم دارند. بار دیگر باید گفت که عبور گسل فعال شمال تبریز (به طول ۱۷۰ کیلومتر) با شاخه‌های فرعی آن با جهت شمال غرب - جنوب شرق از محدوده‌ی شمال منطقه‌ی مورد مطالعه، خطر بالفعل و بالقوه شدید ناشی از زمین‌لرزه‌ی احتمالی را بیش‌تر کرده است. شیب زیاد به‌ویژه در نشستگاه بخش شمال شرق منطقه با عنایت به شیب لایه‌های زمین‌شناسی با حد خمیرایی بالا و مسیر خط گسل فعال شمال تبریز، مخاطرات نشست، ریزش، خزش، رانش زمین و... از جمله مسایل زمین‌شناسی و تنگناهای حاد ناشی از این عامل است. در نتیجه بخش شمالی، محدوده‌ای بسیار نامناسب در مجاورت گسل شمالی تبریز با اراضی مارنی شیب‌دار برای کاربری‌های مسکونی است. در این بخش، ریزش کوه، نشست پی‌درپی زمین در سازندهای مارنی و پدیده‌ی انحلال، اجتناب‌ناپذیر است. نشست زمین و فرو رفتن احتمالی واحدهای مسکونی در اثر تشدید انحلال درازمدت در سازندهای آهکی و مارنی آهک‌دار در بستر این منطقه، یکی از تهدیدهای بالقوه است. ترک برداشتن دیوارها و کج شدن برخی از ساختمان‌ها در بالای ارتفاعات شمال شرقی، مخصوصاً در منطقه‌ی چهار شهرک، مستنداتی بارز از ناپایداری بستر در این سازند است که باید از ادامه‌ی احداث و گسترش ساخت‌وساز در این ناحیه جلوگیری شود.

شکل ۳- نمونه‌ی ساخت‌وساز روی تپه‌های با شیب تند بیش از ۳۰ درصد

شکل ۴- نمونه ساخت‌وساز در دامنه تپه‌های منفرد مارنی و رسی با شیب تند و در معرض خطر ناپایداری کامل دامنه‌ای

شکل ۵- نمونه ساخت‌وساز روی سازندها با لیتولوژی نامقاوم و منفصل که در ترانشه ایجاد شده تناوب مارن‌های آهک‌دار و ماسه سنگ با میان لایه‌های آهکی مشهود است.

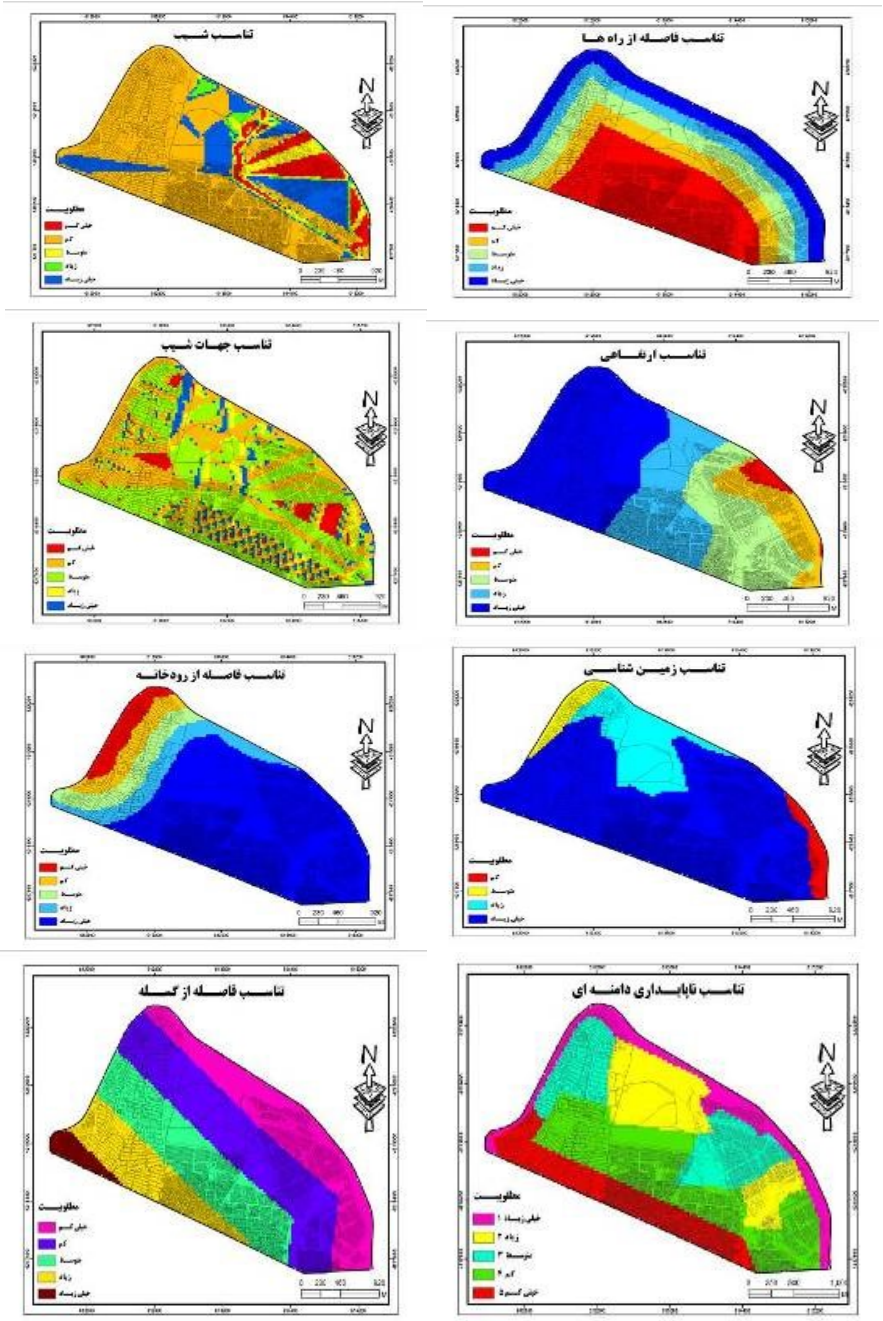
شکل ۶- (۱) نمونه‌ای از گسیختگی‌های متعدد (۲) فروافتادگی لایه‌ها در امتداد گسل شمال تبریز که هر دو حاکی از عدم تعادل و ادامه‌ی حرکات زمین‌ساخت در منطقه مورد مطالعه است.

شکل ۷- نمونه‌ای از جریانات گلی در پای دامنه که با حرکت به سمت مجتمع مسکونی به مرور زمان موجب دفن نیم طبقه‌ی اول مجتمع شده است

شکل۸- نمونه‌ای از ساخت‌وساز غیر مجاز در حاشیه‌ی شهرک که نشانه‌ای بارز از دخالت انسان در تشدید فرایندهای مربوط به ناپایداری است.

نتایج استانداردسازی لایه‌ها و اجرای مدل تعیین تناسب اراضی

وجود معیارهای مختلف و گاه متضاد برای تصمیم‌گیری، کاربرد روش‌های چندمتغیره را الزامی می‌سازد. در این پژوهش نیز از معیارهای مختلف طبیعی و انسانی برای رسیدن به هدف استفاده شده است. طی این فرآیند، ابتدا وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه‌ی دوتایی انجام شد (جدول ۳). با مطالعه‌ی تحقیقات صورت گرفته، آیین‌نامه‌ها و ضوابط مربوط به شهرسازی استاندارد هر لایه مشخص و اعمال شد. جدول ۴ به معرفی لایه‌ها، ضوابط مربوط به آن‌ها و منابع استخراج استانداردها می‌پردازد. برای اجرای مدل، لایه‌های یادشده در جدول ۱ را پس از رقومی‌سازی و تشکیل بانک اطلاعاتی، بر اساس استانداردهای شهرسازی مندرج در جدول ۴ با ساختار Integer و فرمت رستری به محیط ArcGIS وارد و استانداردسازی شد. شاخص‌های طبیعی و محیطی مورد نیاز و تأثیرگذار در قالب هشت شاخص ناپایداری دامنه، شیب، حریم گسله، حریم خطوط ارتباطی، حریم رودخانه، ساختار زمین‌شناسی، ارتفاع و جهات شیب شناسایی گردید و در انطباق با لایه‌ی کاربری اراضی شهرک ارم تبریز تهیه و ویرایش و نهایتاً نقشه‌های تناسب شاخص‌ها تولید و استخراج شد (شکل‌های ۹ و ۱۰).



شکل ۹- مجموعه لایه‌های اطلاعاتی استاندارد شده

شکل ۱۰- نقشه استخراج شده‌ی وضعیت فعلی کاربری اراضی شهری در شهرک ارم تبریز

جدول ۳- نتایج وزن‌دهی به معیارها با استفاده از روش مقایسه‌ی دوتایی

	شیب	فاصله از گسله	زمین شناسی	فاصله از جاده	ارتفاع	جهات شیب	ناپایداری دامنه‌ای	فاصله از آب‌های سطحی	وزن کل
شیب	۱	۳	۴	۶	۷	۵	۹	۸	۰,۲۵۴
فاصله از گسله		۱	۳	۴	۶	۴	۷	۶	۰,۱۳۱
زمین‌شناسی			۱	۲→	۴	۴	۷	۶	۰,۰۸۳
فاصله از جاده				۱	۴	۳	۷	۵	۰,۰۶۷
ارتفاع					۱	۲	۳	۴	۰,۰۳۶
جهات شیب						۱	۴	۳	۰,۰۳۵
ناپایداری دامنه‌ای							۱	۳	۰,۰۱۵
فاصله از آب‌های سطحی								۱	۰,۰۱۴

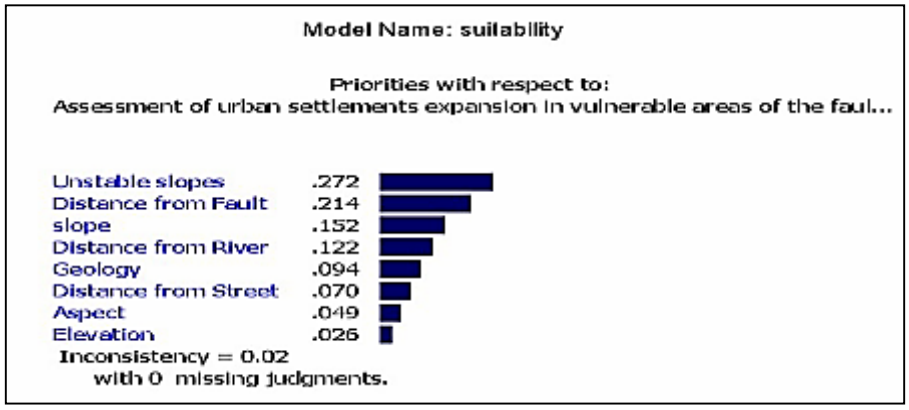
نکته: پیکان‌ها در ماتریس بیانگر ترجیحات معکوس است. به عنوان مثال در مقایسه‌ی ارتفاع و ساختار زمین‌شناسی عدد ۴ نشان‌دهنده برتری دو برابری ارتفاع نسبت به ساختار زمین‌شناسی است.

جدول ۴- معیارهای مورد استفاده در استانداردسازی نقشه‌ها

نقشه‌ی طبقات ارتفاعی (متر)	کد استاندارد	حریم رودخانه (متر)	کداستاندارد
۱۳۰۰-۱۴۰۰	۵	تا ۳۰۰	۱
۱۴۰۰-۱۵۰۰	۴	۳۰۰-۵۰۰	۲
۱۵۰۰-۱۶۰۰	۳	۵۰۰-۷۰۰	۳
۱۷۰۰-۱۸۰۰	۲	۷۰۰-۹۰۰	۴
۱۸۰۰<	۱	۹۰۰<	۵
مأخذ (مخدوم، ۱۳۸۳: ۱۸۵-۲۱۹)		مأخذ (مختاری، ۱۳۸۵: ۸)	
شیب (درصد)	کد استاندارد	زمین‌شناسی	کداستاندارد
۰-۵	۲	آتشفشانی، ماسه سنگ، گرانیت	۵
۵-۷	۵	آهک توده‌ای، کنگلومرا، توف، دولومیت، گابرو	۴
۷-۹	۴	سنگ‌های رسوبی، شیل، سنگ‌های بازیک	۳
۹-۱۵	۳	پادگانه‌های آبرفتی، مخروط‌افکنه‌ها، مارن	۲
۱۵<	۱	نمک، گل سنگ	۱
مأخذ (ثروتی، ۱۳۸۸: ۲۰)		مأخذ (وفاییان، ۱۳۷۱: ۳۰)	
جهات شیب	کد استاندارد	حریم گسل(متر)	کداستاندارد
شمالی	۲	تا ۱۰۰۰	۱
جنوبی	۳	۱۰۰۰-۳۰۰۰	۲
شرقی	۵	۳۰۰۰-۷۰۰۰	۳
غربی	۴	۷۰۰۰-۱۰۰۰۰	۴
مسطح	۱	۱۰۰۰۰<	۵
مأخذ (رهنمایی، ۱۳۸۹: ۳۳)		مأخذ (فرجزاده، ۱۳۸۵: ۶۶)	
حریم راه	کد استاندارد	ناپایداری دامنه‌ای	کداستاندارد
تا ۱۵۰ متر	۵	خیلی کم	۵
تا ۳۰۰	۴	کم	۴
تا ۵۰۰	۳	متوسط	۳
تا ۷۰۰	۲	زیاد	۲
۷۰۰<	۱	خیلی زیاد	۱
مأخذ (مصوبه عالی شهرسازی) http://www.mhud.gov.ir		مأخذ: (نگارندگان با تحلیل استریوسکپی عکس‌های هوایی)	

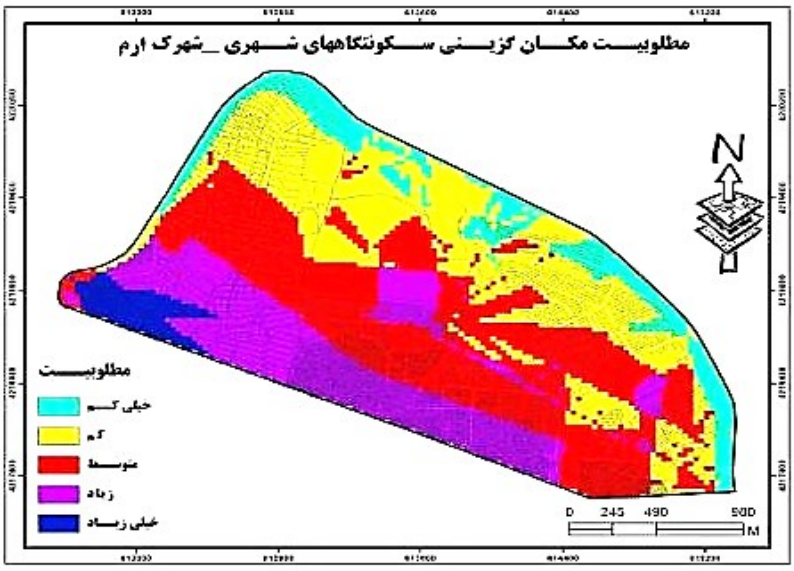
پس از تعیین ضوابط لایه‌ها، محاسبات مربوط به مدل AHP ابتدا با تعریف ماتریس مقایسه‌ی دوتایی در محیط نرم‌افزار Expert Choice و تعیین ارجحیت لایه‌ها نسبت به یکدیگر، وزن نهایی هر لایه با

ضریب ناپایداری ۰/۰۲ به‌دست آمد که با توجه به کم‌تر بودن نتیجه از ۰/۱، مدل نهایی پذیرفتنی است (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- نتایج وزن نهایی و ضریب ناپایداری در محیط نرم‌افزار Expert Choice

با توجه به قابل قبول بودن ضریب CR از تابع الحاقی AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS10، نقشه‌ی طبقه‌بندی شده‌ی اراضی مناسب توسعه استخراج شد (شکل ۱۲).



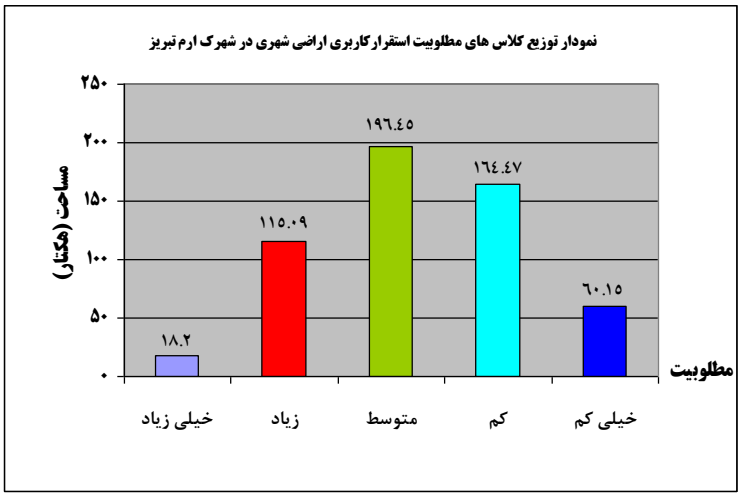
شکل ۱۲- نقشه نهایی پیشنهادی پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری در شهرک ارم تبریز.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

پهنه‌بندی کاربری اراضی شهری در شهرک ارم تبریز، در قالب پنج شاخص تهیه و استخراج شد که شامل پهنه‌هایی با استاندارد خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد است. با توجه به نقشه‌ی نهایی پهنه‌بندی اراضی شهری در شکل ۱۲ و مقایسه‌ی آن با شکل ۱۰ که وضعیت فعلی کاربری اراضی شهری در شهرک ارم تبریز است، مشاهده می‌شود که از کل مساحت ۵۵۴/۳۶ هکتاری شهرک، حدود ۲۲۴/۶۲ هکتار که عمدتاً شامل کاربری‌های شهری (مسکونی، اداری، آموزشی، خدماتی، فرهنگی، بهداشتی) است و تقریباً نزدیک به نصف مساحت کل شهرک را تشکیل داده است، در مناطق با ریسک خطر بالا از لحاظ مخاطرات طبیعی ژئومورفولوژیکی استقرار یافته‌اند. از کل مساحت شهرک حدود ۱۹۶/۴۵ هکتار در مناطق با استاندارد متوسط، عمدتاً در قسمت‌های جنوب و جنوب غرب، ۱۱۵/۰۹ هکتار در مناطق با استاندارد زیاد، عمدتاً در قسمت‌های مرکزی به طرف جنوب و ۱۸/۲ هکتار در مناطق با استاندارد خیلی زیاد، تقریباً در قسمت جنوب شرق شهرک استقرار یافته‌اند.

بنابراین با توجه به مقایسه‌های مشابه پیشنهاد می‌شود که احداث و توسعه‌ی شهرک به سمت مناطق نسبتاً امن‌تر جنوب و جنوب غرب شهرک هدایت شود. با توجه به پهنه‌بندی منطقه‌ی یادشده مشخص می‌شود که این فرض که «در هر کجا می‌خواهیم ساخت و ساز کنیم، ولی محکم بسازیم»، امری است که محققان آن را رد کرده‌اند و باید عموماً ساخت‌وسازها و توسعه، در محل‌های امن‌تر یا حداقل با ریسک خطر کم با سازند نسبتاً مقاوم به همراه زیرساخت‌های تقویت شده احداث گردیده و توسعه یابد.

با توجه به نقشه کاربری اراضی شهری استخراج شده‌ی فعلی، این نتیجه‌گیری حاصل می‌شود که گسترش شهرک بر اساس طرح جامع انجام پذیرفته و همه به این موضوع واقف‌اند که طرح جامع، محدوده‌های شهری را مشخص می‌کند و از طرفی کاربری اراضی مختلف را نیز تعیین می‌کند. از جهتی باید توجه داشت که گسترش شهرک در مناطق پرمخاطره، گسترشی بی‌رویه نیست، زیرا شاهد ساختارمند بودن این مناطق هستیم که مشخص می‌کند بر اساس طرح جامع و یا طرح‌هایی که سازمان‌های متولی زمین و مسکن تهیه کرده‌اند، انجام پذیرفته است.



شکل ۱۳- نمودار توزیع کلاس‌های مطلوبیت کاربری اراضی شهری در شهرک ارم تبریز

ساخت برج‌های نسبتاً بلند دقیقاً در محدوده گسل یا پهنه‌های پرخطر و نیز ساخت‌وسازهایی که هنوز هم با سرعت و شدت هر چه بیش‌تر گسترش آن‌ها بر پای دامنه‌های شمالی و شمال شرقی شهرک ادامه دارد، حاکی از برنامه‌مند بودن چنین گسترشی است. پس این فرض که «تمام این گسترش را مردم، بدون در نظر گرفتن قوانین توسعه شهری انجام داده‌اند»، کاملاً رد می‌شود. پس پیشنهاد می‌شود که سازمان‌های متولی امر از جمله مسکن و شهرسازی، نظام مهندسی و از همـه مهم‌تر حوزه معاونت شهرسازی و معماری شهرداری منطقه‌ی مربوطه که مجری تهیـه و اجرای طرح‌های جامع و تفصیلی است، از صدور پروانه‌ی ساخت در مناطق نامطلوب و تغییر کاربری اراضی از طریق کمیسیون‌های مربوطه (کمیسیون توافقات و کمیسیون ماده‌ی ۵ شهرداری‌ها) در پهنه‌ی خطر به شدت پرهیز نموده، با اعمال تغییرات اساسی و کارشناسی شده در طرح‌های مذکور، ترتیبی اتخاذ کنند تا هر گونه اقدامات در این خصوص در مناطق امن یا حداقل با ریسک خطر کم بر اساس پهنه‌بندی‌های تأیید شده صورت پذیرد.

منابع

۱. امامی کیا، وحید. ۱۳۹۲. ارزیابی توسعه‌ی سکونت‌گاه‌های شهری در مناطق آسیب‌پذیر از تأثیر گسل (مطالعه موردی:شهرک باغمیشه تبریز)، فصل‌نامه‌ی اندیشه‌های نو در جغرافیا، شماره ۲۰، زمستان.

۲. پورمحمدی، محمدرضا.، جمالی، فیروز، تقی‌پور, علی‌اکبر. ۱۳۸۹. مکان‌یابی خدمات شهری با ترکیب GIS و مدل AHP (مطالعه موردی: مدارس ابتدایی شهر شاهرود)، فصل‌نامه فضای جغرافیایی، شماره ۳۱، پاییز.

۳. ثروتی، محمدرضا؛ خضری، سعید. ۱۳۸۸. بررسی تنگناهای طبیعی توسعه‌ی فیزیکی شهر سنندج، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ی ۶۷، بهار.

۴. حسین‌زاده، کریم.، ملکی، محمد. ۱۳۸۸. توزیع شاخص‌های پایداری در مناطق شهری با رویکرد توسعه‌ی پایدار (مطالعه‌ی موردی: شهر ایلام)، فصل‌نامه جغرافیا و برنامه‌ریزی،شماره‌ی ۲۶، صفحات ۲۹-۶۰.

۵. رهنمایی، محمدرضا. ۱۳۸۹. مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: جغرافیا.چاپ پنجم، مرکز مطالعات و تحقیقات معماری و شهرسازی ایران.

۶. روستایی، شهرام. ۱۳۸۲. پهنه‌بندی مخاطرات محیطی مؤثر در توسعه‌ی فیزیکی شهر تبریز، فصل‌نامه جغرافیا و توسعه، صفحات ۱۱۰-۱۲۶.

۷. رجایی، حمید. ۱۳۸۲. کاربرد ژئومورفولوژی در مدیریت محیط. تهران، انتشارات قومس.

۸. زنگی‌آبادی، علی.، اسماعیلی. جعفر. ۱۳۸۵. تحلیل شاخص‌های آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر خطر زلزله (مطالعه‌ی موردی: مساکن شهر اصفهان)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، پاییز و زمستان.

۹. سازمان زمین‌شناسی کشور، سازمان زمین‌شناسی استان آذربایجان شرقی.

۱۰. فرج‌زاده، منوچهر. ۱۳۸۵. پهنه‌بندی حساسیت تشکیلات زمین‌شناسی در مقابل نیروهای زلزله در منطقه‌ی شیراز با استفاده از GIS، مجله‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۵۵، بهار.

۱۱. قدسی‌پور، حسن. ۱۳۸۴. فرایندتحلیل سلسله‌مراتبی AHP، تهران، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۲. مالچفسکی،یاچک. ۱۳۸۵. سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم چندمعیاری، ترجمه‌ی اکبر پرهیزکار و عطا غفاری گیلانده، تهران، انتشارات سمت.

۱۳. مختاری، داوود. ۱۳۸۴. آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های روستایی از فعالیت گسل و ضرورت جابه‌جایی آن‌ها (مطالعه موردی: روستاهای واقع در امتداد گسل شمالی میشو)، فصل‌نامه‌ی پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱.

۱۴. مختاری، مهدی، صفایی اصل، آرش، رنگزن، کاظم. ۱۳۸۵. مدل‌سازی توسعه‌ی عملکردهای شهری وکاربرد مدل‌های زیست‌محیطی در محیط GIS برای تعیین مناطق مناسب برای توسعه فیزیکی شهر، سومین همایش سیستم‌های اطلاعات مکانی، تهران.

۱۵. مخدوم، مجید.، درویش‌صفت، علی‌اصغر، جعفرزاده، هورفر. ۱۳۸۳. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط‌زیست با سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۶. موحد، علی. ۱۳۹۱. بررسی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری در برابر زلزله با استفاده از مدل سلسله‌مراتبی در سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: شهر مسجد سلیمان)، مجله پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، شماره ۱۱، صفحات ۱۱۵-۱۳۶.

۱۷. مرکز سنجش از دور ایران، واحد کاربرد و GIS. ۱۳۸۱. تعیین تناسب اراضی برای توسعه آینده‌ی شهری از دیدگاه اکولوژیکی (مطالعه موردی: شهر تهران).

۱۸. وفاییان، محمود. ۱۳۷۱. مکانیک سنگ. یزد، انتشارات دانشگاه یزد.

۱۹. وزارت مسکن و شهرسازی، سازمان مسکن و شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

۲۰. وزارت راه و شهرسازی، شورای عالی شهرسازی استان آذربایجان شرقی.

۲۱. کرم، عبدالامیر. ۱۳۸۴. تحلیل تناسب زمین‌برداری توسعه‌ی کالبدی در محور شمال غرب تبریز با استفاده از رویکرد چندمعیاری (MCE) در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۵۴، صفحات ۹۳-۱۰۶.

۲۲. کرمی، تاج الدین. ۱۳۸۳. برنامه‌ریزی کاربری اراضی با استفاده از سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه‌ی موردی: خرم‌آباد)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره‌ی ۴۷، بهار، صفحات ۸۱-۹۴.

23. Hwang, H. 2004. Web-based multi-attribute analysis model for engineering project evaluation, Journal of Computer & industrial engineering. 46 (4): 669-678.
24. Kilic, S. et al. 2003. Evaluation of Land Use Potential and Suitability of Ecosystems in Antakya for Reforestation and Forestry, 27 (1): 15-22.
25. Liu, J., Ye, J., Yang, W., and Yu, S. 2010. Environmental Impact Assessment of Land Use Planning in Wuhan City Based on Ecological Suitability Analysis, Journal of Procedia Environmental Sciences. 2: 185-191.
26. Meng, Y., Malczewski, J., and Boroushaki, S. 2011. A GIS-Based Multicriteria Decision Analysis Approach for Mapping Accessibility Patterns of Housing Development Sites: A Case Study in Canmore, Alberta, Journal of Journal of Geographic Information System. 3: 50-61.
27. Shalabi, M., Mansor, S., Ahmed, N., and Shiriff, R. 2006. GIS Based Multicriteria Approaches to Housing Site Suitability Assessment, Conference of TS 72–GIS Applications – Planning Issues Munich, Germany, pp: 8-13.
28. Soyoung, P., Seongwoo, J., Shinyup, K., and Chuluong, C. 2011. Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea, Journal of Landscape and Urban Planning. 99: 104-114.
29. The analytic hierarchy process, Journal of Arab J. Geosci. 4: 463-473.
30. Tolga, E., Demircan, L., and Kahraman, C. 2005. Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process, Journal Production economics. 97(1): 89-117.
31. Yaakup, A., Johar, F., Maidin, M., and Ahmad, E. 2011. GIS and Decision Support System for Malaysian Development Plan Studies, Journal of Environment and Planning B: Planning zand Design, 21:1-26.
32. Youssef, A., Pradhan, B., and Tarabees, E. 2011. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques.
33. Yu, C. 2002. A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems, Journal of Computer & Operation Research. 29(14):1969-2001.