Geography and Sustainability of Environment
journal homepage: http://ges.razi.ac.ir/

Print ISSN: 2322-3197
Online ISSN: 2676-5683

Modeling the Sustainable Land-Use Allocation in the Great Isfahan Using Multi-Criteria Evaluation in GIS Environment

Zeynab Karimzadeh Motlagh[1], Ali Lotfi[1*], Saeid Pourmanafi[1]

[1] *Department of Environment, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran*

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:
Received 17 April 2020
Accepted 10 June 2020
Available online 27 June 2020

Keywords:
Greater Isfahan, Multi-Criteria Evaluation, GIS, Land-Use Allocation, Sustainable Development.

Citation: Karimzadeh Motlagh, Z., Lotfi, A., Pourmanafi, S. (2020). Modeling the Sustainable Land-Use Allocation in the Great Isfahan Using Multi-Criteria Evaluation in GIS Environment. *Geography and Sustainability of Environment, 10* (2), 21-35.
doi: 10.22126/GES.2020.5194.2223

ABSTRACT

Land suitability evaluation plays an important role in environmental sustainable management. Besides, it is a prerequisite for land planning which affects sustainability of the activities and sustainable development. The current study aims to evaluate and model the agricultural, urban and industrial development in Great Isfahan (as the most crowded center of Isfahan province and the most important agricultural and industrial hub of the country) using the data in 2018. Land-use planning is increasingly focusing on the aspects of environmental conservational and sustainable development. Choosing the appropriate areas for this purpose is a complex process which requires lots of effective factors. We use multi-criteria evaluation of the land-use allocation models applying geographic information system. First, the required data (including topographic variables, water resources, geology, land-use, accesses, infrastructure factors, biological resources, soil and climatic parameters) were identified, suitability maps were prepared using fuzzy method, and the weight of the factors was determined employing the analytic hierarchy process. Then, the prepared maps were combined using the weighted linear combination method. Finally, the final maps of land-uses suitability were prepared and classified according to the expert opinions. The findings show that approximately 586.9, 197.2 and 24 km^2 (20.3%, 6.9% and 0.08%) of the total area of the region is suitable for agricultural, urban and industrial development, respectively. Besides, the northwest and southeast of the region are in an appropriate area. We conclude that MCE and GIS techniques are effective tools for land evaluation and planning. The results of the present research can be used as a multi-criteria decision analysis to obtain a deep insight into the sustainable use of natural resources. Moreover, three possible scenarios (current ecological and socio-economic trend, conservation of agricultural lands and urban-industrial development) can be designed and modeled based on.

*. Corresponding author E-mail address: Lotfi@cc.iut.ac.ir

جغرافیا و پایداری محیط
وبگاه نشریه: http://ges.razi.ac.ir/
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

مدل‌سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS

زینب کریم‌زاده مطلق[۱]، علی لطفی[۱*]، سعید پورمنافی[۱]

[۱] گروه محیط‌زیست، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران

مشخّصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچهٔ مقاله:
دریافت ۲۹ فروردین ۱۳۹۹
پذیرش ۲۱ خرداد ۱۳۹۹
دسترسی آنلاین ۷ تیر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:
اصفهان بزرگ، ارزیابی چندمعیاره، سیستم اطّلاعات جغرافیایی، تخصیص کاربری اراضی، توسعهٔ پایدار.

استناد: کریم‌زاده مطلق، زینب؛ لطفی؛ علی؛ پورمنافی، سعید (۱۳۹۹). مدل‌سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰ (۲)، ۲۱-۳۵.
doi: 10.22126/GES.2020.5194.2223

چکیده

ارزیابی تناسب اراضی نقش مهمّی در مدیریت پایدار محیط‌زیست برعهده دارد و پیش‌نیاز برنامه‌ریزی سرزمین است که پایداری فعّالیّت‌ها و توسعهٔ پایدار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و مدل‌سازی کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری و صنعتی اصفهان بزرگ (به‌منزلهٔ مهم‌ترین مرکز تمرکز جمعیّتی استان اصفهان و قطب مهمّ کشاورزی و صنعتی کشور) با استفاده از داده‌های سال ۱۳۹۷ صورت گرفته است. برنامه‌ریزی کاربری اراضی به‌طور فزاینده‌ای بر جنبه‌های مربوط به حفظ محیط‌زیست و توسعهٔ پایدار تمرکز دارد. انتخاب مناطق مناسب برای این امر، فرایندی پیچیده و وابسته به بسیاری از عوامل است که برمبنای آن‌ها تصمیم‌گیری شود. در نوشتار پیش رو از مدل‌های ارزیابی چندمعیارهٔ تخصیص کاربری اراضی برپایهٔ سیستم اطّلاعات جغرافیایی استفاده شد. ابتدا داده‌های مورد نیاز (شامل متغیّرهای توپوگرافی، منابع آب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، دسترسی‌ها، عوامل زیرساختی، منابع زیستی، پارامترهای خاک و اقلیم) شناسایی و نقشه‌های تناسب آن‌ها به روش فازی تهیه و وزن عوامل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شد؛ سپس نقشه‌های تهیه‌شده، با استفاده از روش ترکیب خطّی وزنی باهم تلفیق شده و درنهایت نقشه‌های نهایی تناسب اراضی با توجّه به نظرات متخصّصین تهیه و طبقه‌بندی شدند. نتایج پژوهش نشان داد که حدود ۵۸۶/۹، ۱۹۷/۲ و ۲۴ کیلومتر مربع (۲۰/۳٪، ۶/۹ ٪ و ۰/۰۸٪) از مساحت کلّ منطقه به‌ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری و صنعتی مناسب است؛ همچنین شمال غرب و جنوب شرق منطقه در محدودهٔ نامناسب قرار دارد. براساس نتایج پژوهش حاضر، تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره و سیستم اطّلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای ارزیابی و برنامه‌ریزی اراضی هستند. نتایج نوشتار پیش رو می‌تواند به‌مثابهٔ تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره‌ای برای به‌دست‌آوردن بینشی عمیق به‌منظور استفادهٔ پایدار از منابع طبیعی به‌شمار رفته و براساس آن سه سناریوی ممکن (روند اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی فعلی، حفاظت از زمین‌های کشاورزی و توسعهٔ شهری-صنعتی) طرّاحی و مدل‌سازی شود.

*. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: Lotfi@cc.iut.ac.ir

مقدّمه

اصفهان بزرگ به‌مثابهٔ مهم‌ترین مرکز جمعیّتی دارای اقلیم نیمه‌خشک بوده و با معضلات محیط‌زیستی عمده‌ای همچون گسترش خشکسالی، عدم تناسب بارگذاری توسعهٔ شهری و صنعتی با ظرفیت اکولوژیک استان روبه‌رو است (معاونت برنامه و بودجهٔ اصفهان، ۱۳۹۶). برای رفع این مسائل، ارزیابی تناسب اراضی برای این منطقهٔ حسّاس، ضروری است. ارزیابی تناسب اراضی به‌منزلهٔ ارزیابی چندمعیارهٔ تخصیص کاربری شناخته می‌شود (مالچفسکی[1]، ۲۰۰۰) که با آن می‌توان به توزیع فضایی مناسب در اختصاص کاربری‌ها برای رسیدن به بهره‌برداری پایدار از منابع زمین دست یافت (لیو[2] و همکاران، ۲۰۱۷). تخصیص کاربری اراضی، به‌معنی فرایند تخصیص فعّالیّت‌های مختلف برای واحدهای زمین است. پایداری جامع در تخصیص کاربری زمین را می‌توان به‌عنوان تعادل بلندمدّتی بین توسعهٔ اقتصادی و حفاظت از محیط‌زیست تعریف کرد. پایداری بیشتر نشان‌دهندهٔ هدفی اصلی برای برنامه‌ریزی کاربری اراضی است. نیروهای محرّکه، مانند فاکتورهای طبیعی و فعّالیّت‌های انسانی، تأثیر مهمّی بر منابع طبیعی دارند؛ برای مثال شهرسازی باعث تغییر شدید در سیمای طبیعی در سراسر جهان می‌شود. مناطق شهری بیشترین تمرکز فعّالیّت‌های انسانی و شدیدترین تأثیر بر کاربری اراضی را نشان می‌دهند (لیو و همکاران، ۲۰۱۷؛ سان و زهااو[3]، ۲۰۱۸). امروزه، ارزیابی تخریب اراضی به ابزاری در پاسخ به نگرانی‌های زیست‌محیطی تبدیل شده است (اکبری[4] و همکاران، ۲۰۱۹).

روش‌ها و ابزارهای متفاوت برای ارزیابی توسعهٔ شهری و تعیین چگونگی رسیدن شهرها به پایداری می‌پردازند (هایرماس[5] و همکاران، ۲۰۱۳؛ یوستااوغلو و آیدینوغلو[6]، ۲۰۲۰). مفهوم پایداری به‌طور کلّی منجر به بهبود تجزیه و تحلیل تناسب می‌شود که به‌دلیل انواع مختلفی از معیارهایی که باید در این فرایند درنظر گرفته شود، عملیاتی پیچیده است (ابوراس[7] و همکاران، ۲۰۱۷). تجزیه و تحلیل تناسب اراضی فرایندی است که با درنظرگرفتن پایداری محیط‌زیست، می‌تواند بهترین مناطق توسعه را شناسایی کند. در سال‌های اخیر، با پیشرفت فنّاوری سیستم اطّلاعات جغرافیایی[8]، مدل‌های تخصیص مکانی (هاسگاوا[9] و همکاران، ۲۰۱۷) مانند روش‌های ارزیابی چندمعیاره[10] برای کاربری‌های کشاورزی (اکینسی[11] و همکاران، ۲۰۱۳؛ رشمیدوی[12] و همکاران، ۲۰۰۹؛ سخی[13] و همکاران، ۲۰۱۵؛ یالی[14] و همکاران، ۲۰۱۶؛ ساهو[15] و همکاران، ۲۰۱۸؛ کیم[16] و همکاران، ۲۰۱۸)، توسعهٔ شهری (باترلس[17] و همکاران، ۲۰۱۷) و صنعتی (صحنه و همکاران، ۱۳۹۵)، مدل‌های هوش مصنوعی (زهااو[18] و همکاران، ۲۰۱۹)

1- Malczewski
2- Liu
3- Sun & Zhao
4- Akbari
5- Hiremath
6- Ustaoglu & Aydınoglu
7- Aburas
8- Geography Information System (GIS)
9- Hasegawa
10- Multi Criteria Evaluation (MCE)
11- Akıncı
12- Reshmidevi
13- Sakieh
14- Yalew
15- Sahoo
16- Kaim
17- Bathrellos
18- Zhao

طرّاحی شده است؛ همچنین امیدی‌پور و همکاران (۱۳۹۷)، سامانهٔ پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی را با رویکردی آمایشی و با درنظرگرفتن تعارضات موجود و ملاحظات مربوط به ذی‌نفعان در تحلیل تناسب اراضی طرّاحی کردند.

نقشه‌برداری تناسب اراضی، یکی از کاربردهای مفید برای برنامه‌ریزی فضایی و مدیریت است که به‌طور معمول مستلزم تعیین معیارهای ارزیابی است (مالچفسکی[1]، ۲۰۰۶). ادغام ابزارهای سیستم اطّلاعات جغرافیایی و تجزیه و تحلیل چندمعیاره رویکرد قدرتمندی برای ارزیابی تناسب اراضی است و در رتبه‌بندی مجموعه‌ای از گزینه‌ها به‌کار گرفته می‌شوند (آرکینیگز[2] و همکاران، ۲۰۱۳؛ چاندیو[3] و همکاران، ۲۰۱۳). رتبه‌بندی گزینه‌ها با استفاده از یک تابع تبدیل/ استانداردسازی ایجاد می‌شود تا همهٔ عوامل مقادیر متناسب داشته باشند و امکان جمع‌شدن بعدی آن‌ها فراهم شود. این تجمّع اغلب با استفاده از روی‌هم‌گذاری نقشه‌ها یا رویکردهای مبتنی بر منطق فازی انجام می‌شود. دو طبقه‌بندی اساسی از روش‌های ارزیابی چندمعیاره در سیستم اطّلاعات جغرافیایی وجود دارند که به‌طور عمده برای تجزیه و تحلیل قابلیت کاربری زمین استفاده شده‌اند (بروشاکی و مالچفسکی[4]، ۲۰۱۰): عملگرهای هم‌پوشانی[5] بولین و ترکیب خطّی وزنی[6]. درحال حاضر، استفاده از عملیات مختلف روی‌هم‌گذاری نقشه در سیستم اطّلاعات جغرافیایی برای ارزیابی تناسب به روشی معمول تبدیل شده است (مالچفسکی، ۲۰۰۰). روش ترکیب خطّی وزنی می‌تواند افزون بر مشخّص‌کردن مناطق مناسب، به رتبه‌بندی مناسب‌بودن واحدهای مختلف زمین بپردازد.

هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی تناسب زمین‌ها برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری و صنعتی در اصفهان بزرگ است که به‌عنوان قطب کشاورزی و صنعتی کشور مطرح است. در نوشتار پیش رو از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[7] و ترکیب خطّی وزنی، به‌منظور تهیهٔ نقشهٔ نهایی تناسب اراضی برای برنامه‌ریزی آیندهٔ منطقه با تأکید بر توسعهٔ پایدار استفاده شده است.

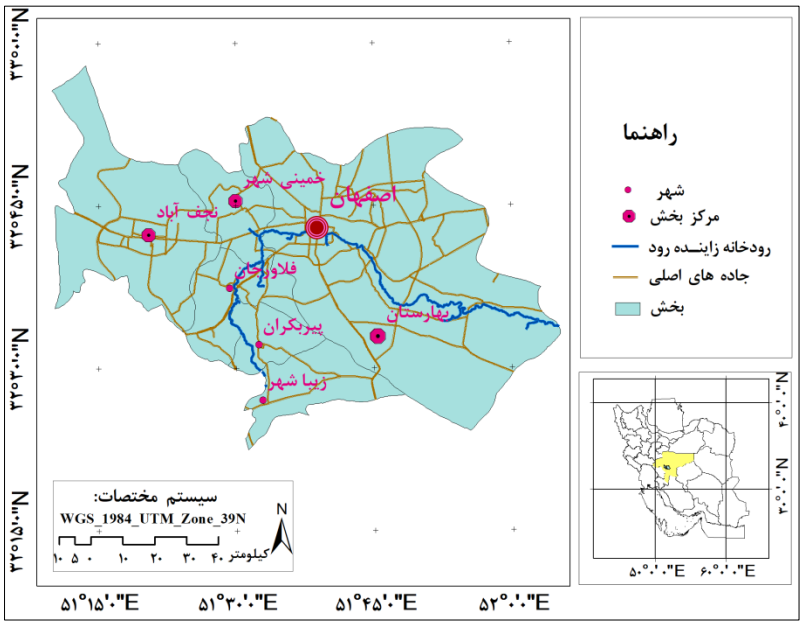
معرّفی منطقهٔ مورد بررسی

اصفهان بزرگ (شامل بخش مرکزی شهرستان اصفهان، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان) با مساحت ۲۸۸۸ کیلومتر مربع، بین عرض‌های ′۱۸ °۳۲ تا ′۵۳ °۳۲ شمالی و ′۱۱ °۵۱ تا ′۵ °۵۲ طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه مهم‌ترین مرکز جمعیّتی (با بیش از ۳/۵ میلیون نفر)، صنایع عمده دارد و قطب کشاورزی به‌شمار می‌رود (معاونت برنامه و بودجهٔ اصفهان، ۱۳۹۶). ۱۵٪ از تولید ناخالص کشور متعلّق به استان اصفهان است. استقرار صنایع در شعاع ۵۰ کیلومتری شهر اصفهان، منجر به آلودگی محیط‌زیست شده است (شورای هماهنگی توسعهٔ پایدار، ۱۳۹۷). قرارگرفتن صنایع وابسته به کشاورزی در گروه بخش‌های کلیدی استان اصفهان، بیانگر اهمّیت بخش کشاورزی به‌مثابهٔ یک بخش مهمّ اقتصادی است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی کاربری‌ها مجموعه‌ای از معیارها شامل توپوگرافی، منابع آب، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، دسترسی‌ها، عوامل زیرساختی، منابع زیستی، پارامترهای خاک و اقلیم (مخدوم، ۱۳۹۰؛ سخی و همکاران، ۲۰۱۵؛ اکبری و همکاران، ۲۰۱۹) تهیه شد.

1- Malczewski
2- Arciniegas
3- Chandio
4- Boroushaki & Malczewski
5- Overlay
6- Weighted Linear Combination (WLC)
7- Analytic Hierarchy Process (AHP)



شکل ۱. نقشهٔ موقعیّت جغرافیایی منطقه

لایهٔ مدل ارتفاع رقومی رستری از تصاویر ماهواره‌ای استر[1] استخراج شد. کانال‌های آبیاری از تصاویر گوگل‌ارث[2] و تراکم پوشش گیاهی از شاخص نرمال‌شدهٔ تفاوت پوشش گیاهی[3] استخراج‌شده از سنجندهٔ مودیس[4] به‌دست آمد. برای تهیهٔ نقشهٔ کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل-۲ در تاریخ ۱۳۹۷/۳/۴ استفاده شد. باندهای ۲، ۳، ۴ ماهوارهٔ سنتینل توان تفکیک ۱۰ متر را دارد (سولا[5] و همکاران، ۲۰۱۸) (جدول ۱).

به‌منظور تصحیح اتمسفری از افزونهٔ SEN2COR نرم‌افزار اسنپ[6] که درزمینهٔ پردازش تصاویر سنتینل قابلیت‌های زیادی دارد، استفاده شد (سولا و همکاران، ۲۰۱۸). برای طبقه‌بندی، کاربری‌های موجود در منطقه به‌خوبی بررسی شد (جدول۲ و شکل ۲).

جدول ۱. مشخّصات باندهای مرئی ماهوارهٔ سنتینل-۲

نام باند	رزولوشن به متر	توضیحات
باند ۲	۱۰ متر	آبی
باند ۳	۱۰ متر	سبز
باند ۴	۱۰ متر	قرمز

جدول ۲. طبقات کاربری اراضی و توصیف آن‌ها

عنوان کلاس کاربری اراضی	شرح
کشاورزی آبی و باغات انبوه	شامل مناطق زراعی ازجمله باغات، اراضی کشت گندم و جو و جنگل‌های دست‌کاشت.
مسکونی و انسان‌ساخت	شامل مناطق شهری، روستایی، فرودگاه و به‌طور کلّی مناطق ساخت بشر.
باغات پراکنده	کمربند سبز و باغات با تراکم کم.
مناطق بدون پوشش سبز (مرتع و بایر) و بیرون‌زدگی سنگی	مراتع تنک تا انبوه و اراضی با پوشش گیاهی پراکنده و صخره‌ها را شامل می‌شود.
آب	پهنه‌های آبی و رودخانهٔ زاینده‌رود
اراضی رهاشده و آیش	زمین‌هایی که به‌طور کلّی کشت نمی‌شود و به اراضی رهاشده تبدیل شده است.
شهرک صنعتی	شامل مناطق صنعتی است.

1- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)
2- Google Earth
3- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
4- MODIS
5- Sola
6- Sentinels Application Platforms (SNAP)

شکل ۲. انواع کاربری اراضی در منطقه

با توجّه به بررسی‌های انجام‌شده، به‌نظر می‌رسد که انتخاب روش مناسب برای طبقه‌بندی کاربری اراضی، تحت تأثیر ویژگی‌های منطقه و پیکسل‌های آموزش و کنترل زمینی، متفاوت است. برای برطرف‌کردن مشکلات طبقه‌بندی پیکسل‌مبنا از طبقه‌بندی شئ‌گرا، در نرم‌افزار ایکاگنیشن[۱] استفاده شد. این نرم‌افزار بر اساس معیارهایی که به آن داده می‌شود، پیکسل‌های همگن را دسته‌بندی می‌کند (هورسکاینن[۲] و همکاران، ۲۰۱۹).

روش طبقه‌بندی به نوع تصویر، الگوریتم و تعداد نقاط آموزشی بستگی دارد. با استفاده از الگوریتم‌های ماشین بردار پشتیبان[۳]، درخت تصمیم‌گیری[۴]، فازی و نزدیک‌ترین همسایه، سگمنت‌ها تبدیل به کلاس‌ها شد. در مرحلهٔ بعد، طبقه‌بندی به‌روش حداکثر احتمال و شبکهٔ عصبی انجام شد. با استفاده از فرایند فیوژن[۵] و درخت تصمیم‌گیری در نرم‌افزار انوی[۶]، نتایج طبقه‌بندی‌های مختلف باهم ترکیب و نقشهٔ کاربری اراضی تهیه شد. درنهایت دقّت حاصل از نقشهٔ کاربری اراضی تهیه‌شده، با واقعیّت زمینی و با بازدید میدانی از منطقه (نقاط برداشت‌شده جی.پی.اس.[۷] برای هفت نوع کاربری اراضی و نقاط تعلیمی حاصل از تصاویر گوگل‌ارث) به‌دست آمد.

1- Ecognition Developer
2- Hurskainen
3- Support Vector Machin (SVM)
4- Decision Tree
5- Fusion
6- The Environment for Visualizing Images (ENVI)
7- Global Positioning System (GPS)

مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی (فاکتورها و محدودیت‌ها) برای کاربری‌ها تعیین شد. استانداردسازی فاکتورها براساس منطق فازی در مقیاس بایت (۰ تا ۱) و محدودیت‌ها براساس منطق بولین (۰ و ۱) انجام شد (جدول‌های ۳ و ۴)؛ برای مثال در تناسب توسعهٔ شهری شیب بیشتر از ۲۰٪، تابع عضویت فازی آن ۰/۱ است (به‌دلیل حجم زیاد جدول‌ها، فقط جداول کاربری توسعهٔ شهری ارائه شده است).

جدول ۳. عوامل و متغیّرهای انتخاب‌شده در ارزیابی تناسب توسعهٔ شهری

معیارهای اصلی	زیرمعیار	متغیّرهای انتخابی		حدود توابع فازی				نوع تابع عضویت
				a	b	c	d	
منابع اکولوژیکی	منابع فیزیکی	توپوگرافی	شیب	۲	۸	۲۰	>۲۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۱	۰/۸	۰/۳	۰/۱	
			ارتفاع	۱۴۰۰	۱۶۰۰	۱۸۰۰	>۱۸۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰	
		زمین‌شناسی	مناطق زلزله‌خیز	۳۰۰	۳۰۰۰	۷۰۰۰	>۷۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۴	۰/۷	۱	
			جنس سازند	ماسه‌سنگ	پهنهٔ رسی	آهک	مارن	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۱	۰/۷	۰/۵	۰/۱	
		پارامترهای خاک	عمق خاک	خیلی‌عمیق	عمیق	کم‌عمق	بسیارکم‌عمق	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۱	۰/۸	۰/۴	۰/۱	
			زهکشی خاک	خوب	متوسط	ضعیف		تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۸	۰/۵	۰/۱		
		منابع آب	رودخانه	۱۵۰	۲۵۰۰	۵۰۰۰	>۵۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۵	۱	۰/۱	
			عمق آب زیرزمینی	>۱۰	۲۰	۳۰	>۵۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۳	۰/۵	۱	
			چاه، چشمه و قنات	۲۵۰	۱۰۰۰	۳۰۰۰	>۳۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۱	۰/۲	۰/۱	
		اقلیم	دما	۱۳	۱۴	۱۵		تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۵	۱		
			بارندگی	۱۰۰	۲۰۰	۲۵۰	>۳۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۵	
			سرعت باد	۱/۰۱	۱/۲۰	۱/۳۰	۱/۶۹	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۵	
	منابع زیستی	مناطق تحت حفاظت		۳۰۰۰	۵۰۰۰	۷۰۰۰	>۱۰۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۲	۰/۵	۱	
		تراکم پوشش گیاهی		۰-۲۵	۲۵-۵۰	۵۰-۷۵	۷۵-۱۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۱	۰/۷	۰/۱	۰	
فاصله از فعّالیّت‌های انسانی	عوامل دسترسی	جادهٔ اصلی		۲۰۰	۵۰۰	۲۰۰۰	>۲۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۱	۰/۴	۰/۱	
		فرودگاه		۱۰۰۰	۴۰۰۰	۵۰۰۰	>۱۰۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۰/۷	۱	۰/۱	
		مناطق مسکونی		۱۰۰۰	۲۰۰۰	۳۰۰۰	>۱۰۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۱	۰/۵	۰	
		فاصله از مراکز صنعتی		۱۰۰۰	۴۰۰۰	۶۰۰۰	>۱۰۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۱	۰/۵	۰/۱	
	عوامل زیرساختی	راه‌آهن		۵۰۰۰	۱۰۰۰۰	۳۵۰۰۰	۵۰۰۰۰	تعریف‌شده توسّط کاربر
				۰/۱	۱	۰/۷	۰/۱	
		خطوط انتقال نیرو		۱۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰۰	>۹۰۰۰	
				۰/۱	۱	۰/۵	۰/۱	
		خطوط انتقال آب		۱۰۰	۱۰۰۰	۶۰۰۰	۹۰۰۰	
				۰/۱	۱	۰/۵	۰/۱	

جدول ۴. عوامل محدودکننده در ارزیابی تناسب توسعهٔ شهری

محدودیت	بازه با ارزش صفر	بازه با ارزش ۱
مناطق حفاظت‌شده	کمتر از ۱۰۰۰متر	بیشتر از ۱۰۰۰متر
فاصله از بستر رودخانه	کمتر از ۱۵۰ متر	بیشتر از ۱۵۰ متر
معادن	کمتر از ۱۰۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰۰ متر
فاصله از گسل	کمتر از ۱۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰ متر
منابع آب زیرزمینی (چاه، چشمه و قنات)	کمتر از ۲۵۰ متر	بیشتر از ۲۵۰ متر
عمق آب زیرزمینی	کمتر از ۱۰ متر	بیشتر از ۱۰ متر
خطوط انتقال نیرو و آب	کمتر از ۱۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰ متر
فرودگاه	کمتر از ۱۰۰۰ متر	بیشتر از ۱۰۰۰ متر
جاده‌های اصلی	کمتر از ۲۰۰ متر	بیشتر از ۲۰۰ متر
شهر و مناطق انسان‌ساخت - کشاورزی آبی و باغات	ممنوعیت	

به‌منظور ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های توسعهٔ صنعتی، شهری و کشاورزی، به‌ترتیب از ۱۸، ۲۱ و ۲۳ معیار استفاده شد. وزن معیارها برای هرکدام از کاربری‌ها با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی و نظرات کارشناسی (ازراه پرسش‌نامه) و مرور منابع به‌دست آمد. جامعهٔ آماری پژوهش، بخش مرکزی چهار شهرستان استان اصفهان (شامل اصفهان، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و فلاورجان) تعیین شد و تعداد مشارکت‌کنندگان در این پرسش‌نامه ده نفر است.

بدین‌منظور ضریب اهمّیت هریک از معیارها در مقایسه با یکدیگر ازلحاظ میزان اهمّیت در ارزیابی تناسب کاربری‌ها تعیین و سپس وزن نهایی با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس[1] محاسبه شد. نقشهٔ معیارها و وزن‌های به‌دست‌آمده باهم تلفیق و مناطق مستعدّ کاربری‌ها به‌روش ترکیب خطّی وزنی در نرم‌افزار ترست[2] و با استفاده از رابطهٔ ۱ (مالچفسکی، ۲۰۰۰) طرّاحی شد.

$$S=\sum_{I=1}^{n} W_i X_i \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

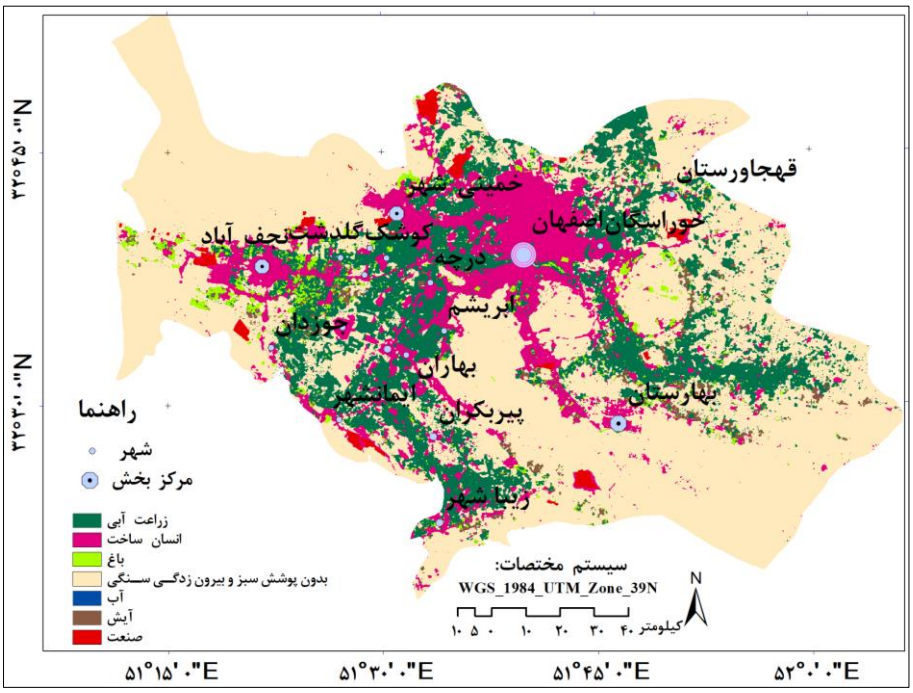
در این رابطه، S: سطح تناسب؛ X_i: ارزش i؛ W_i: وزن شاخص i و n: تعداد معیارها را نشان می‌دهد.

نتایج

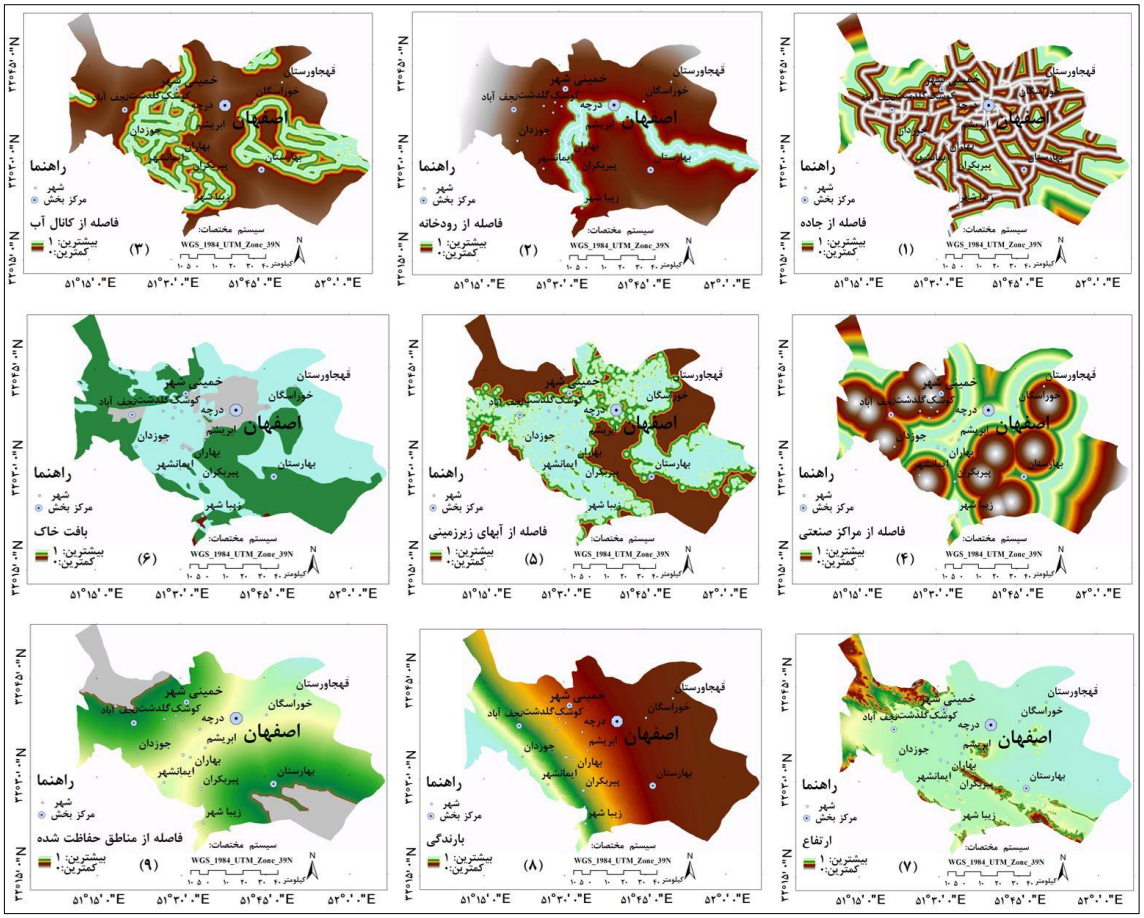
نقشهٔ کاربری اراضی حاصل از تصاویر سنتینل (شکل ۳)، شامل هفت طبقهٔ پوشش اراضی است. نتایج ارزیابی صحّت با استفاده از پارامترهای آماری (ضریب کاپا و دقّت کلی) داده‌های واقعیّت زمینی حاصل از بازدید میدانی نشان داد ضریب کاپا ۸۸٪ است که نشان‌دهندهٔ دقّت قابل قبول آن است. برای هرکدام از معیارها، نقشه‌های فازی براساس میزان مطلوبیت آن‌ها در تناسب اراضی تهیه شد (شکل ۴) (به‌دلیل حجم زیاد نقشه‌ها، فقط برخی از نقشه‌های کاربری کشاورزی ارائه شده است).

منابع آبی، مهم‌ترین معیار در کاربری کشاورزی آبی است. با افزایش فاصله از منابع آب سطحی، مطلوبیت پیکسل‌ها افزایش و با افزایش فاصله از منابع آبی زیرزمینی، مطلوبیت پیکسل‌ها کاهش می‌یابد. شیب‌های ۰ تا ۸٪ برای این کاربری مناسب هستند. با افزایش شیب، مطلوبیت پیکسل‌ها کاهش می‌یابد. اقلیم شامل دما، بارندگی و تعداد روزهای یخبندان است. پارامترهای خاک شامل بافت، زهکشی، عمق، فرسایش، درصد سنگریزهٔ سطحی، هدایت الکتریکی و درصد موادّ آلی نقش مؤثّری در تعیین تناسب زمین‌های کشاورزی دارد. خاک خیلی‌عمیق، بافت خاک متوسّط لومی، زهکشی خوب و فرسایش کم، بهترین کلاس برای این کاربری است.

1- Expert Choice
2- TerrSet



شکل ۳. نقشهٔ طبقه‌بندی‌شدهٔ کاربری اراضی

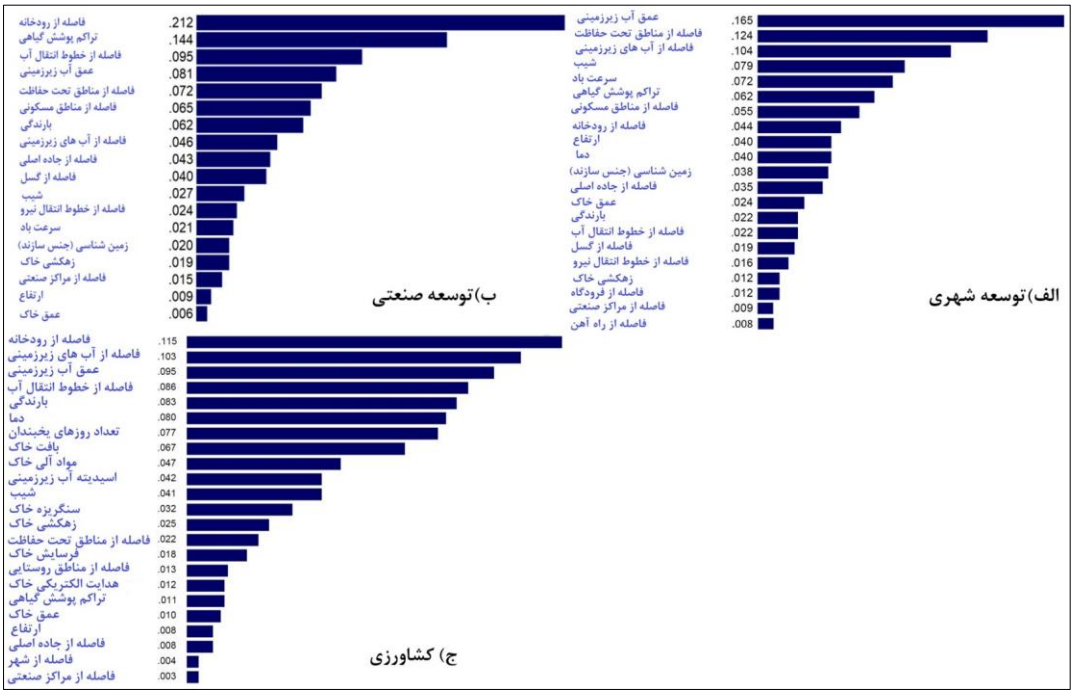


شکل ۴. نقشه‌های فازی‌شده به‌منظور ارزیابی تناسب کشاورزی: (۱) فاصله از جاده‌ها؛ (۲) فاصله از رودخانه؛ (۳) فاصله از کانال‌های آب؛ (۴) فاصله از مراکز صنعتی؛ (۵) فاصله از آب‌های زیرزمینی؛ (۶) بافت خاک؛ (۷) ارتفاع؛ (۸) بارندگی؛ (۹) فاصله از مناطق حفاظت‌شده

وزن معیارها با روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی تعیین شده است. شاخص ناسازگاری[1] برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ صنعتی و شهری به‌ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۲ و ۰/۰۶ است و بیانگر نتایج قابل قبول وزن‌دهی است. تمامی پارامترها در مدل اکولوژیک ارزیابی هم‌وزن نیستند. منابع آب زیرزمینی و سطحی در تناسب اراضی کاربری‌ها اهمّیت کلیدی دارند. دسترسی‌ها به‌مثابهٔ یکی از ارکان اصلی توسعه بسیار مهم هستند. با دورشدن از مناطق انسان‌ساخت، مانند راه‌ها که یکی از عوامل تعیین‌کننده در رشد اقتصادی مکان هستند، مطلوبیت منطقه برای توسعه کاهش می‌یابد. امکان دسترسی به منطقهٔ مناسب برای توسعه باید به‌منزلهٔ معیار مهمّی مورد توجّه قرار گیرد. نتایج نشان داد که معیارهای اقتصادی و دسترسی‌ها (فاصله از شهرها، جاده‌ها و نزدیکی به نواحی صنعتی)، از مهم‌ترین عوامل توسعهٔ شهری است. برای کاربری صنعت، معیارهای فاصله از رودخانه، تراکم پوشش گیاهی و فاصله از خطوط انتقال آب، بیشترین اهمّیت را دارند (شکل ۵).

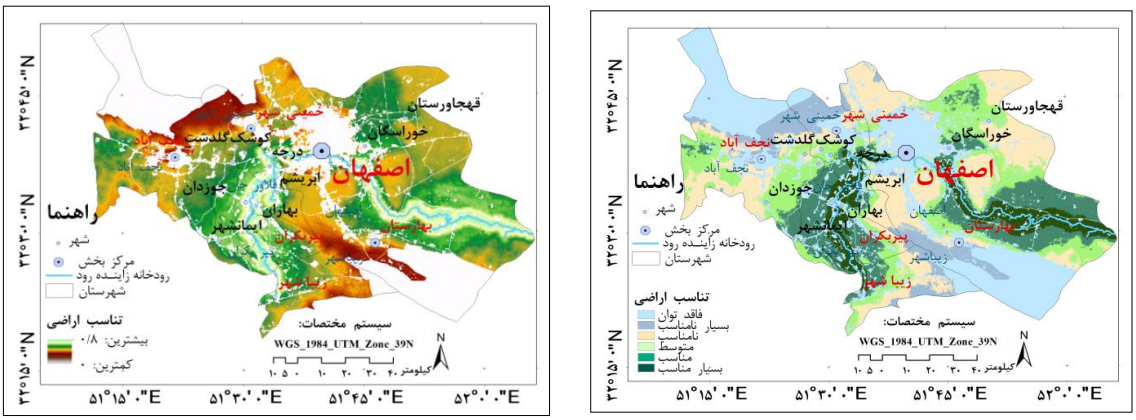
پس از تعیین وزن معیارها، لایه‌های تهیه‌شده براساس رابطهٔ ۱ و با استفاده از روش ترکیب خطّی وزنی روی‌هم‌گذاری و نقشه‌های نهایی تناسب تهیه شد. نقشهٔ تناسب کشاورزی (شکل ۶)، بیانگر ارزش‌های ۰ تا ۰/۸ است، این مقادیر تناسب هر واحد پیکسل را بیان می‌کند. مناطقی که ارزش صفر دارند، کمترین توان و مناطق با ارزش ۰/۸ بالاترین توان را دارند. مناطق با ارزش بالاتر از ۰/۸ وجود ندارند و بیانگر این است که مناطق با قابلیت فوق‌العاده در منطقه موجود نیست. درنتیجه برای توسعهٔ کشاورزی توان کمابیش مناسبی دارد. نقشه‌های نهایی حاصل از روش ارزیابی چندمعیاره برمبنای شکستگی‌های طبیعی[2] به پنج طبقه تناسب تقسیم شد (شکل ۷).

نقشهٔ کاربری اراضی به چهار کلاس اصلی (کشاورزی، مسکونی، سایر کاربری‌ها و صنعت) تهیه شد. داده‌های سنتینل به‌دلیل دقّت مکانی بالا (۱۰ متر)، نتایج قابل توجّهی را به‌دست آوردند و ارزیابی صحّت نقشهٔ کاربری اراضی تولیدشده قابل تأیید بود. از این نقشه برای استدلال و ارزیابی درمورد نقشه‌های حاصل از ارزیابی تناسب اراضی استفاده شد.

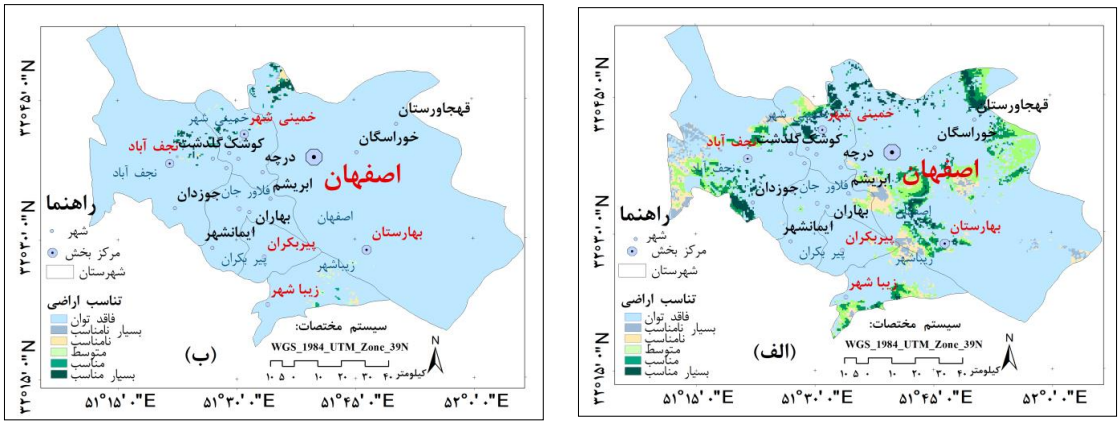


شکل ۵. وزن‌های نهایی معیارها به‌روش تحلیل سلسله‌مراتبی

1- Consistency Ratio (CR)
2- Natural breakes



شکل ۶. نقشه‌های نهایی تناسب اراضی کشاورزی به‌روش ترکیب خطّی وزنی



شکل ۷. نقشه‌های نهایی تناسب اراضی: الف: توسعهٔ شهری؛ ب: توسعهٔ صنعتی به‌روش ترکیب خطّی وزنی

مساحت طبقات نقشهٔ کاربری اراضی (کاربری بالفعل) و نقشه‌های تناسب اراضی (کاربری‌های بالقوّه) نشان داده شده است (جداول ۵ و ۶). نتایج نشان می‌دهد که حدود ۵۸۶/۹، ۱۹۷/۲ و ۲۴ کیلومتر مربع (۲۰/۳٪، ۶/۹٪ و ۰/۰۸٪) از مساحت کلّ منطقه به‌ترتیب برای کاربری‌های کشاورزی و توسعهٔ شهری و صنعتی مناسب است. شمال غرب و جنوب شرق منطقه که مناطق حفاظت‌شده را دربر می‌گیرند، برای کاربری‌های پیش‌گفته در محدودهٔ نامناسب قرار دارند.

جدول ۵. مساحت طبقات نقشه‌های تناسب اراضی (کاربری‌های بالقوّه)

طبقات	مساحت (کیلومتر مربع)		
	کشاورزی	توسعهٔ شهری	توسعهٔ صنعتی
کلاس ۱: دارای توان	۵۸۶/۹	۱۹۷/۲	۲۴
کلاس۲: فاقد توان	۲۳۰۱	۲۶۹۰/۷	۲۸۶۳/۹

جدول ۶. مساحت طبقات نقشهٔ کاربری اراضی (کاربری بالفعل)

طبقات	مساحت (کیلومتر مربع)
کلاس ۱: کشاورزی	۵۴۱/۸
کلاس ۲: انسان‌ساخت	۴۲۱/۸
کلاس ۳: سایر کاربری‌ها	۱۸۹۳/۸
کلاس ۴: صنعت	۳۰/۷

بحث

در پژوهش حاضر، ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری‌های کشاورزی، توسعهٔ شهری - صنعتی اصفهان بزرگ براساس معیارهای زیست‌محیطی و اقتصادی اجتماعی، با استفاده از تکنیک‌های فازی، سنجش از دور، سیستم اطّلاعات جغرافیایی، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و ترکیب خطّی وزنی بررسی شد. به هر معیار وزنی تعلّق گرفت که این کار سبب حفظ درجهٔ اهمّیت و توجّه به انواع معیارها شد، درنتیجه مناطق دارای مطلوبیت با طیفی از تناسب، تعیین شد و نقشه‌های تناسب به‌دست آمد. در نقشه‌های نهایی تناسب زمین، هر پیکسل امتیازی دارد که تناسب آن را برای کاربری نشان می‌دهد، هرچه مقدار امتیاز بیشتر باشد، تناسب زمین نیز بیشتر است. نتایج نشان داد که روش ترکیب خطّی وزنی می‌تواند در ارزیابی تناسب اراضی مؤثّر باشد.

در نوشتار پیش رو، نقش معیارهای مرتبط با زیرساخت‌ها (خطوط انتقال آب و نیرو) در ارزیابی تناسب اراضی برای توسعهٔ صنعتی، بسیار مهم مشخّص شدند. با توجّه به اینکه منطقه در اقلیم حسّاس واقع شده، فاصله از مناطق حفاظت‌شده نیز معیار بسیار مهمّی برای کاربری یادشده است. با توجّه به شکل ۷ ب، شمال غرب شهرستان اصفهان و جنوب منطقه (بخشی از شهرستان مبارکه) برای کاربری توسعهٔ صنعتی مناسب است. در منطقهٔ مورد مطالعه بیشترین اراضی به کاربری‌های کشاورزی و توسعهٔ شهری تخصیص یافته است که محدودبودن اراضی مناسب در منطقه، نیاز روزافزون به زمین برای کاربری‌های پیش‌گفته و افزایش جمعیّت از دلایل آن است. نتایج حاصل از مدل‌سازی و پیش‌بینی پتانسیل اراضی مطلوب نیز به‌دلیل تشابه زیاد معیارهای ارزیابی توان اکولوژیک کاربری کشاورزی و توسعهٔ شهری و مدل‌های مربوطه، مؤیّد بیشترین تخصیص به این دو کاربری است (عسگریان، ۱۳۹۷).

ازآنجاکه توسعهٔ شهری و صنعتی بدون وجود زیرساخت‌هایی همچون جاده، شبکهٔ راه‌آهن و خطوط انتقال آب و برق سخت یا ناممکن است، دسترسی به شبکه‌های ارتباطی و زیرساخت‌ها درکنار معیارهای اکولوژیک نظیر توپوگرافی، پارامترهای خاک و اقلیم، منجر به تحلیل دقیق‌تر شرایط موجود و تولید نتایج دقیق‌تری از شرایط و توان بالقوّهٔ منطقه برای کاربری‌های پیش‌گفته می‌شود (رامیا و دواداس[1]، ۲۰۱۹). از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی تناسب اراضی برای کاربری کشاورزی در منطقه، نبود شیب بالای اراضی، ساختار مناسب خاک، وجود کانال‌های انتقال آب و چاه‌ها در قسمت اعظم منطقه است که در مطالعات مختلفی نیز از آن‌ها استفاده شده است (اکینسی و همکاران، ۲۰۱۳). نواحی پیرامون رودخانهٔ زاینده‌رود به‌دلیل بهره‌بردن از منابع آبی متعدّد، خاک مستعد و شیب ملایم، از بالاترین میزان مطلوبیت برای کاربری کشاورزی برخوردار است.

نتایج ارزیابی توان اکولوژیک منطقه نشان داد که از مجموع ۲۸۸۸ کیلومتر مربع مساحت منطقه، ۵۸۶ کیلومتر مربع از اراضی توان کاربری کشاورزی دارد، حال‌آنکه مساحت اراضی بالفعل ۵۴۱ کیلومتر مربع است. بدین معنی که میزان کاربری کشاورزی منطقه، کمتر از توان سرزمین است. علّت این مسئله را می‌توان در عوامل مختلفی همچون کمبود منابع آب در بخشی از منطقه، رهاسازی اراضی کشاورزی به‌منظور تبدیل آن‌ها به سایر کاربری‌ها به‌ویژه مسکونی و تغییرات اقتصادی - اجتماعی دانست. ۱۹۷ کیلومتر مربع از زمین‌ها توان کاربری مسکونی و توسعه شهری دارند، درحالی که ۴۲۱ کیلومتر مربع از اراضی درحال حاضر تحت اشغال این نوع کاربری است و نشان می‌دهد که توسعهٔ شهری و مسکونی بیشتر از توان منطقه صورت گرفته است. میزان بالای رشد جمعیّت در منطقه و همچنین خصوصیات مناسب فیزیکی آن همچون وجود اراضی با ویژگی‌های توپوگرافی و شیب مناسب،

1- Ramya & Devadas

شرایط مناسب خصوصیات خاک منطقه و همچنین شبکهٔ جاده‌ای گسترده، از متغیّرهای مهمّی است که توسعهٔ شهری در منطقه را آسان می‌سازد (بی‌همتا، ۱۳۹۱)، به‌گونه‌ای که مناطق بهارستان، قهجاورستان، حاشیهٔ شهرهای اصفهان، خمینی‌شهر، نجف‌آباد و زیباشهر، چنین ظرفیتی را دارند؛ البتّه در این زمینه باید به نابودی اراضی مرغوب کشاورزی دراثر توسعهٔ شهری به‌ویژه در حاشیهٔ شهرهای فعلی توجّه داشت و با استفاده از برنامه‌ریزی جامع کاربری اراضی، تضاد میان کاربری‌های مختلف را با هدف حفظ اراضی مرغوب کشاورزی و تأمین اراضی مورد نیاز برای توسعهٔ شهری، به حداقل رساند (معین[1] و همکاران، ۲۰۱۸). حدود ۲۴ کیلومتر مربع (۰/۰۸٪ از مساحت کلّ منطقه) دارای توان برای توسعهٔ صنعتی است و ظرفیت بالفعل آن ۳۰ کیلومتر مربع است، یعنی صنعت نیز بیشتر از توان منطقه برای این کاربری، توسعه می‌یابد.

بهینه‌سازی کاربری اراضی و استفادهٔ پایدار از منابع زمینی یکی از مهم‌ترین زمینه‌های مدیریتی در بحث آمایش سرزمین و توسعهٔ پایدار است. الگوریتم‌های هوش مصنوعی و توجّه به سنجه‌های سیمای سرزمین در تصمیم‌گیری و به‌گزینی مکانی کاربری اراضی می‌تواند در اولویت‌بندی کاربری‌ها مورد توجّه قرار گیرد؛ برای نمونه در پژوهش سعیدصبائی (۱۳۹۵)، بهینه‌سازی چندهدفهٔ تخصیص کاربری اراضی شهرستان گرگان با الگوریتم کلنی مورچگان و برنامه‌ریزی خطّی و مبتنی بر سنجه‌های سیمای سرزمین (تراکم و پیوستگی) ارائه شده است. نتایج آن‌ها نشان داد که ضمن آنکه استفاده از هرکدام از این الگوریتم‌ها اهداف مختلف بهینه‌سازی کاربری اراضی را درنظر می‌گیرند، تلفیق این مدل‌ها نتایج بهتری را می‌دهد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج پژوهش حاضر، تکنیک‌های ارزیابی چندمعیاره و سیستم اطّلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای برنامه‌ریزی سرزمین هستند. با ارزیابی تناسب اراضی می‌توان به این نتایج رسید که چه میزان توسعه، با توان سرزمین هماهنگی دارد. حفاظت از اراضی کشاورزی، جلوگیری از تغییرات کاربری، توسعهٔ افقی شهرها با درنظرگرفتن پایداری اکولوژی، اجتماعی و فرم شهری مناسب از اولویت‌های اصلی برنامه‌ریزی در این منطقه است.

با توجّه به موقعیّت مکانی مناطق کشاورزی، شهری - صنعتی در منطقه و عوامل مرتبط با آن‌ها مانند وضعیّت موجود منطقه، رشد جمعیّت، وضعیت آب، سناریوسازی برای مدیریت و اولویت‌بندی کاربری اراضی ضروری است. رشد جمعیّت باعث افزایش تقاضا برای زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت شده است که براساس آن برنامهٔ توسعهٔ متعادلی می‌تواند به‌سمت رشد اقتصادی پایدار تدوین شود. نتایج این پژوهش می‌تواند یک تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره برای به‌دست‌آوردن بینشی عمیق به‌منظور استفادهٔ پایدار از منابع طبیعی باشد و براساس سه سناریوی ممکن (روند اکولوژیکی و اقتصادی اجتماعی فعلی، حفاظت از زمین‌های کشاورزی و گسترش شهری - صنعتی) طرّاحی و مدل‌سازی شود.

پیشنهاد می‌شود برای طرح‌های توسعه، افزون بر ارزیابی توان سرزمین، ارزیابی اثرات محیط‌زیست نیز اعمال شود تا بتوان برنامه‌ریزی مناسبی انجام و شدّت تخریب زمین را کاهش داد؛ همچنین در پژوهش‌های آینده از الگوریتم‌های هوش مصنوعی نیز استفاده و نتایج مقایسه شود.

سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند از صندوق حمایت از پژوهشگران و فنّاوران کشور (INSF) معاونت علمی و فنّاوری ریاست جمهوری، به‌دلیل حمایت مالی تشکّر و قدردانی کنند (شمارهٔ گرنت: ۹۸۰۱۲۹۹۶).

1- Moein

منابع

امیدی‌پور، مرتضی؛ نیسانی، نجمه؛ تومانیان، آرا و فرجی سبکبار، حسنعلی (۱۳۹۷). توسعهٔ یک سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی با رویکردی آمایشی در تحلیل تناسب اراضی. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۲۲ (۲)، ۱-۲۲.

بی‌همتا، ندا (۱۳۹۱). *ارزیابی الگوهای مکانی پوشش اراضی در منطقهٔ مرکزی اصفهان با استفاده از متریک‌های سیمای سرزمین*. پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد محیط‌زیست، دانشگاه صنعتی اصفهان.

شورای هماهنگی توسعهٔ پایدار (۱۳۹۷). *اولویت‌های دستیابی به توسعهٔ پایدار شهری - کلان‌شهر اصفهان*. اصفهان: دبیرخانهٔ مشترک کمیسیون‌ها و تشکّل‌های اقتصادی.

سعیدصبائی، مریم (۱۳۹۵). *به‌گزینی چندهدفهٔ تخصیص کاربری اراضی به‌کمک برنامه‌ریزی خطّی ترکیبی و با توجّه به سنجه‌های سیمای سرزمین*. رسالهٔ دکتری محیط‌زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

صحنه، بهمن؛ معمری، ابراهیم و سواری، مسعود (۱۳۹۵). ارزیابی توزیع فضایی مؤلّفه‌های توسعهٔ صنعتی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۶ (۲۰)، ۱۰۵-۱۲۱.

عسگریان، علی (۱۳۹۷). *توسعهٔ چارچوبی مکان‌مند برای ارزیابی و مدل‌سازی آثار ناشی از مدیریت سرزمین بر تغییرات کاربری کشاورزی*. رسالهٔ دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان.

مخدوم، مجید (۱۳۹۰). *شالودهٔ آمایش سرزمین*. تهران: دانشگاه تهران.

معاونت برنامه و بودجهٔ اصفهان (۱۳۹۶). *اسناد راهبردی برنامهٔ ششم توسعهٔ استان اصفهان*. اصفهان: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان.

References

Aburas, M., Abdullah, S., Mohammad F., Ramli, M. & Asha'aria, Z. (2017). Land suitability analysis of urban growth in Seremban Malaysia, using GIS based Analytical Hierarchy Process. *Procedia Engineering*. *198*, 1128-1136.

Akbari, M., Neamatollahi, E. & Neamatollahi, P. (2019). Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, *98*, 587-598.

Akıncı, H., Özalp, A. & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, *97*, 71-82.

Arciniegas, G., Janssen, R. & Omtzigt, N. (2013). Map-based multicriteria analysis to support interactive land use allocation. *International Journal of Geographical Information Science*, *25* (12), 1931-1947.

Asgarian, A. (2018). *Developing a spatial framework to evaluate and model the effect of land management on agricultural land use change*. A thesis for the degree of Ph.D. in Environmental Science, Isfahan University of Technology. (In Persian)

Bathrellos, G., Skilodimou, H., Chousianitis, K., Youssef, A. & Pradhan, B. (2017). Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map. *Science of the Total Environment*, *575*, 119-134.

Bihamta, N. (2013). *Land Cover Patterns Analysis in the central part of Isfahan Using Landscape Metrics*. A Thesis for the degree of Master, Isfahan University of Technology. (In Persian).

Boroushaki, S. & Malczewski, J. (2010). Using the fuzzy majority approach for GIS-based multicriteria group decision-making. *Computers & Geosciences*, *36*, 302-312.

Chandio, I., Matori, A., Yusof, K., Talpur, M., Balogun, A. & Lawal, D. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument. *Arabian Journal of Geosciences*, *6*, 3059-3066.

Coordination council of sustainable development. (2018). *Priorities for achieving to urban sustainable development-Isfahan metropolis*. Isfahan: Joint secretariat of commissions and organizations of economic. (In Persian)

Hasegawa, T., Fujimori, S., Ito, A., Takahashi, K. & Masui, T. (2017). Global land-use allocation

model linked to an integrated assessment model. *Science of the Total Environment, 580*, 787-796.

Hiremath, B., Balachandra, P., Kumar, B., Sheelratan, S. & Murali, J. (2013). Indicator-based urban sustainability. *Energy for Sustainable Development, 17*, 555-563.

Hurskainen, P., Adhikari, H., Siljander, M., Pellikka, P.K.E. & Hemp, A. (2019). Auxiliary datasets improve accuracy of object-based land-use/land cover classification in heterogeneous savanna landscape. *Remote sensing of environment, 233*, 111354.

Kaim, A., Cord, A. & Volk, M. (2018). A review of multi-criteria optimization techniques for agricultural land use allocation. *Environmental Modelling & Software, 105*, 79-93.

Liu, D., Tang, W., Liu, Y., Zhao, X. & He, J. (2017). Optimal rural land use allocation in central China: Linking the effect of spatiotemporal patterns and policy interventions. *Applied Geography, 86*, 165-182.

Makhdoom, M. (2011). *Fundamental of land use planning*. Tehran: university o Tehran press.

Malczewski, J. (2000). *On the use of weighted linear combination method in GIS: common and best practice approaches*. Transactions in GIS, *4* (1), 5-22.

Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 8*, 270-277.

Moein, M., Asgarian, A., Sakieh, Y. & Soffianian, A. (2018). Scenario-based analysis of land-use competition in central Iran: Finding the trade-off between urban growth patterns and agricultural productivity. *Sustainable cities and society, 39*, 557-567.

Omidipoor, M., Nisani Samani, N., Toumanian, A. & Faraji Sabokbar, H. (2018). Developing a Spatial Decision Support System (SDSS) with Spatial Planning Approach in Land Suitability Analysis. *The Journal of Spatial Planning, 22* (2),1-22. (In Persian)

Program and Budget. (2018). *Development Documents of Esfahan Province*. Management and Planning Organization of Isfahan province Organization. (In Persian)

Ramya, S. & Devadas, V. (2019). Integration of GIS, AHP and TOPSIS in evaluating suitable locations for industrial development: A case of Tehri Garhwal district, Uttarakhand, India. *Journal of Cleaner Production, 238*, 117872.

Reshmidevi,T., Eldho,T. & Jana, R. (2009). A GIS-integrated fuzzy rule-based inference system for land suitability evaluation in agricultural watersheds. *Agricultural Systems,101*, 101-109.

SaeedSabaee, M. (2016). *Multiobjective Land-Use Optimization Using Hybrid Linear Programming with respect to Landscape Metrics*. A thesis for the degree of Ph.D. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)

Sahneh, B., Moammari, E. & Savare, M. (2016). The Assessment of Spatial Distribution of Industrial Development Components. *Geography and Sustainability of Environment, 6* (20), 105-121. (In Persian)

Sahoo, S., Sil, I., Dhar, A., Debsarkar, A., Das, P. & Kar, A. (2018). Future scenarios of land-use suitability modeling for agricultural sustainability in a river basin. *Journal of Cleaner Production, 205*, 313-328.

Sakieh, Y., Salmanmahiny A., Jafarnezhad, J., Mehri, A., Kamyab, H. & Galdavi, S. (2015). Evaluating the strategy of decentralized urban land-use planning in a developing region. *Land Use Policy, 48*, 534-551.

Sola, I., García-Martín, A., Sandonís-Pozo, L., Álvarez-Mozos, J., Pérez-Cabello, F., González-Audícana, M., & Montorio Llovería, R. (2018). Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 73*, 63-76.

Sun, Y. & Zhao, S. (2018). Spatiotemporal dynamics of urban expansion in 13 cities across the Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration from 1978 to 2015. *Ecological Indicators, 87*, 302-313.

Ustaoglu, E. & Aydınoglu, A.C. (2020). Site suitability analysis for green space development of Pendik district (Turkey). *Urban Forestry & Urban Greening, 47*, 126542.

Yalew, S.G., van Griensven, A. & van der Zaag, P. (2016). AgriSuit: A web-based GIS-MCDA framework for agricultural land suitability assessment. *Computers and Electronics in*

Agriculture, 128, 1-8.

Zhao, X., Ma, X., Tang, W. & Liu, D. (2019). An adaptive agent-based optimization model for spatial planning: A case study of Anyue County, China. *Sustainable Cities and Society, 51*, 101733.