

# کاربرد الگوریتم‌های تکاملی در مسائل تخصیص کاربری زمین (مطالعه موردی: کاربری فضای سبز شهری در شهر بیرجند)

الهام یوسفی<sup>۱\*</sup>  
e\_yusefi\_31@ut.ac.ir  
علی نخعی<sup>۲</sup>  
اسماعیل صالحی<sup>۳</sup>

## چکیده

**زمینه و هدف:** امروزه شهرها از جنبه احیای طبیعت شهری نیاز به توجه ویژه دارند. زیرا حضور طبیعت در شهر، در وسعت، ترکیب و توزیع لازم و کافی از الزامات توسعه پایدار است. بر همین اساس یکی از وظایف اساسی و مهم برنامه ریزان شهری و ناحیه‌ای، تخصیص بهینه زمین به کاربری فضای سبز شهری است. از سوی دیگر یک جنبش رو به رشد نسبت به شناسایی ابزارهای هوش مصنوعی برای مکان‌یابی و استقرار کاربری زمین بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای مدل‌سازی وجود دارد، که الگوریتم‌های تکاملی جزئی از این روش‌ها هستند. این الگوریتم‌های ابزار قوی برای حل مسائل ترکیبی بزرگ‌مقیاس هستند و موفقیت آن‌ها در حل مسائل ترکیبی پیچیده منجر به انتخاب آن‌ها برای حل این دسته از مسائل شده است.

**مواد و روش‌ها:** بنابراین در این تحقیق از الگوریتم‌های تکاملی (ژنتیک) برای تعیین مکان‌های مناسب جهت ایجاد پارک‌های محله‌ای در سطح شهر بیرجند به کار گرفته شد که در آن الگوریتم با یک جستجوی دقیق و قوی به یک توازن میان توابع هدف محیطی، اجتماعی و اقتصادی میرسد و ماکزیمم تناسب به دست می‌آید.

**یافته‌ها:** سپس به منظور اعتبارسنجی، نتایج حاصل با نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی مقایسه و مشخص شد که، الگوریتم‌های تکاملی پتانسیل خوبی برای کار با داده‌های فضایی و ارزیابی تناسب کاربری دارند؛ و در مدت‌زمان کم با دقت بالاتر و انعطاف‌پذیری بیشتر به جواب‌های بهتری دست می‌یابند.

**کلید واژگان:** مکان‌یابی، الگوریتم ژنتیک، پارک‌های محله‌ای، ترکیب خطی وزنی (WLC).

<sup>۱</sup> دکتری برنامه‌ریزی محیط‌زیست دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه بیرجند، ایران

<sup>۲</sup> مربی، گروه مهندسی کامپیوتر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه پیام نور، ایران.

<sup>۳</sup> دانشیار دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

*Application of evolutionary algorithms in land allocation problems (Case Study: Urban green space in the city of Birjand)*

Elham yusefi<sup>1</sup> ( *Corresponding author*)

[e\\_yusefi\\_31@yahoo.com](mailto:e_yusefi_31@yahoo.com)

Ali nakhaei<sup>2</sup>

Esmail salehi<sup>2</sup>

**Abstract:**

**Introduction:** Nowadays, Cities are in need of urban nature restoration. The presence of nature in the city, in size, composition and distribution of sufficient is a necessity of sustainable development. Accordingly, one of the major duty for urban and regional planners is optimal land use planning to allocate sufficient area to urban green spaces. There is a growing movement towards identifying artificial intelligence(AI) tools based on GIS and modeling software for site selection of land uses, that evolutionary algorithms are part of These tools. These algorithms are powerful tools for solving complex large-scale problems, and their success in solving such problems has led to be selected.

**Material and Methods:** Therefore, to achieve this goal in this research, locations of new parks were analyzed using and evolutionary algorithm(genetic algorithm). The algorithm with a strong accurate have balanced environmental, social and economic objective functions, and the maximum suitability is achieved.

**Results and Discussion:** And to validate the technique were compared on the WLC technique, based on obtained results, it was found that heuristic algorithms have a good potential to analyze spatial data and analysis land use suitability because better solutions with greater accuracy and flexibility would be obtained in short time.

**keywords:** site selection; genetic algorithm; local park; weighted linear combination.

---

<sup>1</sup> Phd of Environmental Planning ,University of Birjand ,Iran

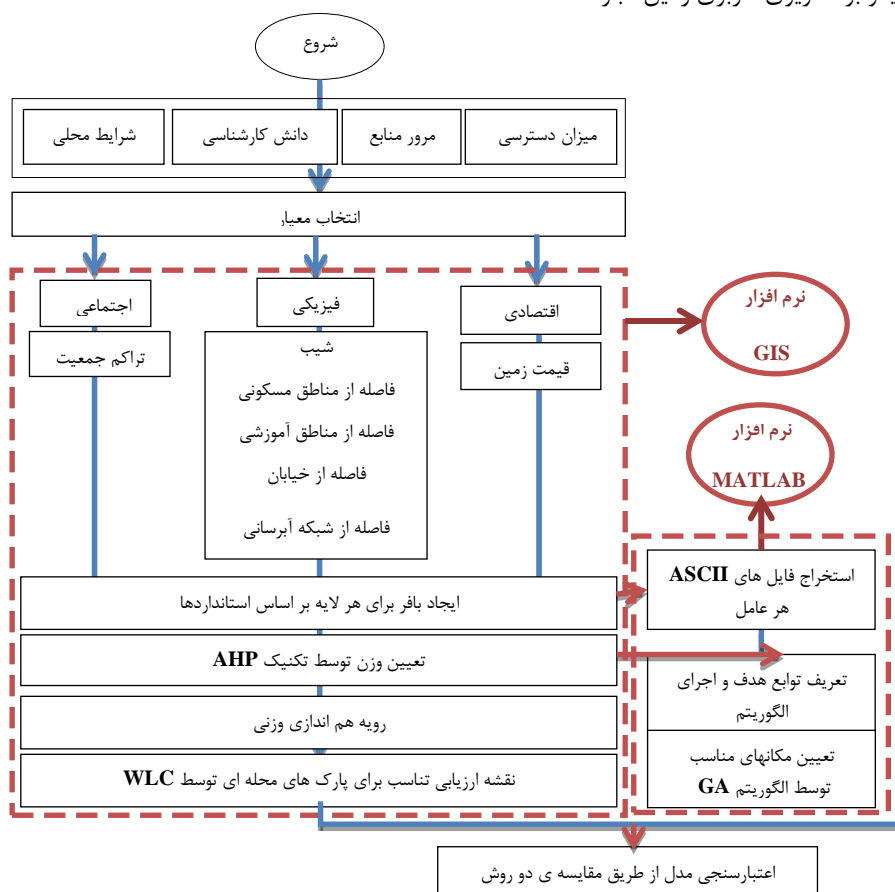
<sup>2</sup> Department of computer Faculty of engineering payame noor University,Iran.

<sup>3</sup>Associate Professor of Environment Faculty, Tehran University.

## زمینه و هدف:

برنامه‌ریزی کاربری زمین به معنی اختصاص بهینه منابع زمین است و ارزیابی تناسب زمین شهری، پایه برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری است (۱). فضاهای سبز شهری نقش تعیین‌کننده‌ای در حمایت از سیستم‌های اجتماعی و اکولوژیکی شهری دارد (۲). از دیدگاه برنامه‌ریزی و طراحی شهری، گسترش فضای سبز مفهومی وسیع‌تر از توسعه پوشش گیاهی و بهبود شرایط محیط طبیعی شهر دارد؛ و منظور از آن در واقع نوعی ساماندهی و نظم‌بخشی به فضاهای پراکنده و متنوع سبز است (۳). همچنین با توجه به اکتشافات حاضر در استفاده از فن‌آوری‌های پیشرفته، مانند محاسبات عصبی و برنامه‌نویسی تکاملی، این کار به‌عنوان یک پایه و اساس برای بررسی ادبیات موضوعی و فرضی برای اکتشاف پیشرفت‌های جدید خواهد بود. نمونه‌های اولیه‌ی استفاده از تکنولوژی هوش مصنوعی (AI)<sup>(۱)</sup> در جغرافیا و برنامه‌ریزی کاربری زمین عبارت‌اند

از: استفاده از فرآیندهای جستجوی ابتکاری<sup>(۱)</sup>، سیستم‌های خبره<sup>(۳)</sup>، محاسبات عصبی<sup>(۴)</sup>، اتوماتای سلولی<sup>(۵)</sup> و الگوریتم‌های تکاملی<sup>(۶)</sup>. این تکنولوژی‌های جدید سکوی توسعه‌ی بالقوه‌ای را برای کشف و رشد فرآیندهای روش‌شناسی آنالیز، ایجاد می‌کنند (۴). بنابراین در این تحقیق از الگوریتم‌های تکاملی برای توسعه‌ی ابزارهای مناسب برای کمک به تصمیم‌گیران برای مسائل آمایش سرزمین چندهدفه استفاده شده است و مکان‌یابی پارک‌های محله‌ای با استفاده از الگوریتم‌های تکاملی در محیط MATLAB کمک گرفته شده است. از مزیت‌های این روش حل مسائل پیچیده تخصیص کاربری زمین در ابعاد بزرگ و با تعداد اهداف و پارامترهای دخیل زیاد (که ممکن است متضاد نیز باشند) با دقت و سرعت بالا است. در شکل (۱) فلوچارت مراحل تحقیق نمایش داده شده است.



شکل (۱): فلوچارت مراحل تحقیق

## - کاربرد الگوریتم‌های ابتکاری در مکان‌یابی کاربری

### زمین:

یک جنبش رو به رشد نسبت به شناسایی ابزارهای هوش مصنوعی برای مکان‌یابی و استقرار کاربری زمین بر اساس سیستم اطلاعات جغرافیایی و کاربردهای مدل‌سازی وجود دارد. این جهت‌گیری پژوهش‌ها یک پایه و اساس برای گسترش تکنولوژی هوش مصنوعی در حل برنامه‌ریزی کاربری زمین و مشکلات تناسب ایجاد می‌کند (۴). روش‌های جستجوی ابتکاری الگوریتم‌هایی هستند که با الهام از فرایندهای فیزیکی و بیولوژیکی در طبیعت به وجود آمده‌اند. این روش‌ها برخلاف روش‌های کلاسیک بر مبنای تصادف عمل کرده و جستجوی فضا را به صورت موازی انجام می‌دهند و تنها از تابع برازندگی برای هدایت جستجو استفاده می‌کنند.

الگوریتم‌های ژنتیک خانواده‌ای از الگوریتم‌های ابتکاری بهینه بر مبنای جستجوی تصادفی هستند. مؤلفه‌ی اصلی الگوریتم تکاملی (EP) کروموزوم است که نمایانگر یک راه‌حل در فضای جستجوی مسئله بهینه‌سازی است. هر کروموزوم از ژن‌ها تشکیل یافته است که هر کدام یک پارامتر از مسئله را تشریح می‌کند. این الگوریتم‌های ابزار قوی برای حل مسائل ترکیبی بزرگ‌مقیاس هستند (۵) و موفقیت آن‌ها در حل مسائل ترکیبی پیچیده منجر به انتخاب آن‌ها برای حل این دسته از مسائل شده است (۶). مراحل انجام کار الگوریتم ژنتیک به صورت زیر است: تولید جمعیت اولیه تصادفی، محاسبه مقدار تابع هدف برای هر یک از اجزای جمعیت، انتخاب اعضای جمعیت نسل بعد، استفاده از اپراتورهای اصلی الگوریتم تقاطع و جهش به منظور تولید نسل‌های بعد، تکرار فرایند حل تا زمان متوقف شدن شرایط ادامه الگوریتم.

به‌کارگیری الگوریتم GA در آنالیز تناسب کاربری زمین بر مبنای GIS در سال‌های اخیر محبوبیت زیادی ایجاد کرده است (۷)، که می‌توان از این جمله به کارهای زیر اشاره کرد: متیو (۲۰۰۱) به موضوع کاربرد الگوریتم‌های چندگانه در آمایش سرزمین چندهدفه پرداخت (۸). لی و یه (۲۰۰۵) ترکیب الگوریتم ژنتیک و GIS را برای جستجوی بهینه مکان موردبررسی قرار دادند (۹). پانجاویک و کارابگو (۲۰۰۶) سیستم اطلاعات جغرافیایی و الگوریتم ژنتیک را برای تعیین ارزش چند

معیاره زمین در برنامه‌ریزی مکانی به کار گرفتند (۱۰). متیو و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله‌ای روش‌های بر مبنای کامپیوتر و الگوریتم ژنتیک را برای آمایش سرزمین چندهدفه به کار بستند (۱۱). برای دیدن کارهای جدیدتر در این زمینه به موارد زیر می‌توان اشاره کرد (۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵) و (۱۶). با توجه به مطالب بیان‌شده در این پژوهش سعی شده است با استفاده از قابلیت‌های الگوریتم ژنتیک بر اساس عامل‌های فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی مکان‌یابی پارک‌های محله‌ای در سطح شهر بیرجند انجام گیرد، سپس برای تعیین میزان دقت و صحت نتایج مناطق به‌دست‌آمده با نتایج حاصل از روش ترکیب خطی وزنی (WLC) (۱۷) مقایسه می‌شود. در واقع این مقاله نتایج کاربرد یکی از جدیدترین روش‌های هوش مصنوعی (الگوریتم‌های تکاملی) را با یک روش سنتی و تجربه‌شده (WLC) مورد مقایسه قرار داده است.

### - تحلیل‌های چند معیاره در ارزیابی تناسب کاربری زمین

مسائل بهینه‌سازی همیشه زمانی که متغیرهای بیشتری در فضا وجود دارند و از میان آن‌ها پذیرفته‌ترین باید انتخاب شود، مطرح می‌شوند، که این مسائل به بهینه‌سازی چند معیاره مرتبط می‌شود. در روش رویه هم‌اندازی وزنی مراحل انجام کار به صورت زیر است: ۱- تعیین عامل‌های پایداری و تهیه نقشه برای هر یک. ۲- وزن دهی عامل‌ها، ۳- رویه هم‌اندازی لایه‌ها و تهیه نقشه تناسب نهایی (۱۷). در این مقاله از این شیوه جهت اعتبارسنجی نتایج حاصل از کاربرد الگوریتم ژنتیک در حل مسائل تخصیص کاربری زمین استفاده شده است. از سویی دیگر پیشرفت‌های اخیر در فن‌آوری اطلاعات به خصوص در زمینه‌ی اینترنت و هوش مصنوعی (AI) توسعه رویکردهای جدید برای آنالیز تناسب کاربری زمین بر مبنای سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS شده است. بنابراین، در این پژوهش این ارزیابی چندمعیاره از طریق و منظر الگوریتم‌های تکاملی صورت می‌گیرد. اینکه چگونه از ظرفیت روش‌های بهینه‌سازی در چهارچوب سیستم پشتیبان تصمیم‌گیری و با استفاده از ابزارهای GIS استفاده شود و یا از بعد دیگر چگونه این الگوریتم‌ها را در مدل‌سازی فضایی مکانی به کار برود.



با توجه به توضیحات بالا مراحل انجام تحقیق را به صورت زیر می توان شرح داد :

در این مرحله پس از بررسی منابع (۲۳، ۲۱، ۲۰، ۱۹، ۱۸ و ۲۴) استفاده از نظر کارشناسی، میزان دسترسی به داده و ویژگی های منطقه مورد مطالعه معیارهایی برای مکان یابی پارک های شهری در سطح محله ای جمع آوری شده که در جدول (۱) نشان داده شده است:

۱- انتخاب معیارهای تناسب با توجه به شرایط منطقه

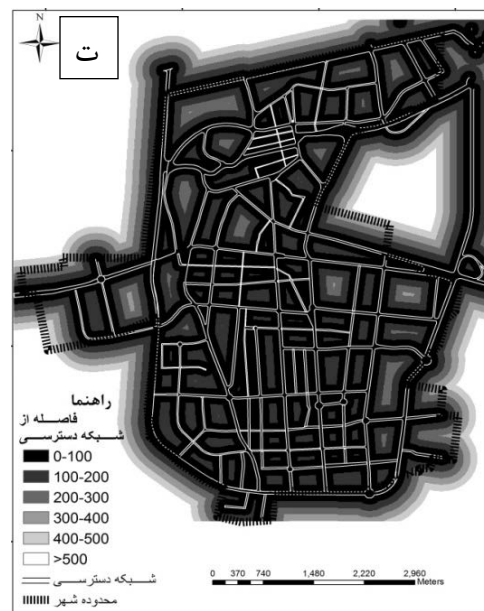
جدول (۱): معیارهای تحلیل تناسب و مکان یابی پارک های محله ای

معیار	توضیحات
منابع آبیاری فضای سبز	نزدیکی به منابع آبیاری جهت کاهش هزینه انتقال آب برای مکان یابی پارک های شهری ضروری است. مخصوصاً در شهر بیرجند که جزو مناطق خشک است و با کمبود آب مواجه هستیم و نیاز به مدیریت صحیح تری احساس می شود.
شیب	مناسب ترین میزان شیب برای ایجاد پارک ۱۵-۲ درصد است. شیب ۲-۰ به علت ایجاد مشکلات در زهکشی مناسب نیست. به طور کلی عامل محدود کننده جدی نیست، چرا که با طراحی مناسب می توان از شیب به درستی بهره برد و به زیبایی پارک افزود.
فاصله از معابر اصلی	به دلیل دسترسی آسان شهروندان به پارک و امکان نظارت و برقراری امنیت در آن بعلاوه به منظور استفاده زیبایی شناختی رهگذران از منابع و طبیعت پارک لازم است.
فاصله از مراکز فرهنگی - آموزشی	علت اصلی نزدیکی و سازگاری زیاد این کاربری ها با یکدیگر است و همچنین ایجاد محیط سالم برای رفت و آمد دانش آموزان و تجدید قوای شاغلان و بازدید کنندگان این مراکز است.
قیمت زمین	به لحاظ تأثیر عامل قیمت زمین به پارک های شهری و توجه به جنبه اقتصادی قضیه لازم است.
فاصله از مناطق مسکونی	کاربری مسکونی مهم ترین کاربری شهری و عمده ترین آن است که باید سعی شود امکانات و تسهیلات مختلف زندگی با توجه به آن باشد و پارک نیز به عنوان محلی برای آسایش و گذراندن اوقات فراغت باید به این کاربری نزدیک باشد.
تراکم جمعیت	دسترسی تعداد بیشتری از شهروندان به این کاربری و توجه به مکان های پرتراکم می تواند به عنوان معیار سنجش در نظر گرفته شود.

۲- تهیه نقشه برای هر یک از معیارهای تعیین شده

اساس استانداردهای که از منابع مختلف جمع آوری شده اند، نقشه های بافر تهیه شدند. همچنین نقشه جمعیت، قیمت زمین و شیب نیز برای کاربرد در نقشه تناسب نهایی تهیه شدند (اشکال ۳- الف تا ۳- چ).

برای هر یک از مشخصه های: فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از منابع آبیاری، فاصله از شبکه دسترسی و فاصله از مراکز فرهنگی و آموزشی بر





شکل (۳): (الف) فاصله از مناطق مسکونی، (ب) فاصله از مراکز فرهنگی و آموزشی، (پ): فاصله از سیستم آبیاری فضای سبز، (ت) فاصله از معابر اصلی، (ث) نقشه شیب منطقه، (ج) لایه نرخ گذاری قیمت زمین، (چ) نقشه تراکم جمعیت

**Fig. 3. (a) Distance of residential areas (b) Distance of cultural and educational centers (c) Distance of water network (d) Distance of streets (e) Slop (f) Price land (g) Density population**

نرم افزار GIS از نظر نمایش و تحلیل فضایی قدرتمند است اما از لحاظ محاسباتی دارای ضعف است این ضعف با کاربرد نرم افزار متلب رفع می شود، بنابراین در این مرحله باید داده ها را از نرم افزار GIS به نرم افزار MATLAB وارد کرد که پیش از آن باید هر یک به فرمت قابل خواندن در نرم افزار متلب تبدیل شوند، که این فرمت فایل اسکی است. پس از ورود و خوانده شدن فایل های اسکی ارزش گذاری شده، همه ی ورودی ها از لحاظ اندازه ی سلول و ابعاد منطقه یکسان سازی می شوند.

۵- تعیین توابع هدف

### ۳- وزن دهی به عامل های تناسب با روش AHP<sup>۶</sup>

پس از تهیه نقشه مورد نیاز برای ضرب رستری نوبت به تعیین وزن هر یک از مشخصه ها می رسد، که برای تعیین آن از روش AHP استفاده شد، وزن هر یک از عامل ها به دست آمد که به ترتیب اولویت به صورت زیر است: فاصله از منابع آب برای آبیاری (۰/۳۰۱۹)، فاصله از مراکز فرهنگی، آموزشی (۰/۱۸۸۸)، جمعیت (۰/۱۷۶)، قیمت زمین (۰/۱۶۴۱)، شیب مناسب (۰/۱۱۶۱)، فاصله از معابر اصلی (۰/۰۳۴۹)، فاصله از مسکونی (۰/۰۱۸۳).

۴- تبدیل نقشه های پارامترهای کدگذاری شده به فرمت اسکی و استاندارد سازی هر نقشه:



وسیعی از عوامل مختلف توضیح داد (۲۷ و ۲۸). در این تحقیق، تناسب کلی هر پارسل برای کاربری فضای سبز شهری با استفاده از فرمول (۱) تعیین شد:

$$1) \text{Max Suitability} = \text{Min} \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} \sum_{i=1}^n w_i S_i$$

جایی که  $S_i$  تناسب پارسل  $i$  برای ایجاد پارک محله‌ای و  $w_i$  وزن و اهمیت هر پارامتر است.  $n$  برابر تعداد عامل‌های تأثیرگذار در تناسب فضای سبز شهری است و در این تحقیق برابر ۷ است که بیان‌کننده‌ی هفت عامل فاصله از مراکز آموزشی، فاصله از مراکز مسکونی، فاصله از سیستم آبرسانی، فاصله از شبکه‌ی دسترسی، شیب، قیمت زمین و جمعیت است. تابع هدف مسئله به صورت حاصل جمع مقدار ارزش لایه‌ها است و به طوری که پس از تولیدهای متوالی جمعیت جدید، بهترین کروموزوم‌ها، پاسخ‌هایی هستند که تابع هدف فوق برای ژن‌های آن‌ها و پیکسل‌های اطرافشان مینیمم شود.

#### – یافته‌ها:

#### نتیجه‌ی مکان‌یابی پارک‌های محله‌ای بر اساس الگوریتم ژنتیک

همانطور که گفته شد، نرم‌افزار GIS در تحلیل‌های مکانی بسیار قدرتمند است ولی از لحاظ مدل‌سازی دارای ضعف است. بنابراین ما در این تحقیق از تلفیق نرم‌افزار GIS و MATLAB استفاده شده است، تا بتوان هم از لحاظ مکانی و داده‌های فضایی و هم از لحاظ برنامه‌نویسی و مدل‌سازی کار قدرتمندی داشته باشیم. شکل (۵) نشان‌دهنده بهترین پاسخ‌های یافته شده در طول هر نسل است و با توجه به اینکه مسئله موردنظر ما یک هدف مینیمم سازی دارد، بنابراین بهترین نسل دارای مقدار برازندگی کمتر است. همچنین در تصویر مشخص است که بعد از تولید حدود ۱۰۰۰ نسل، بهترین پاسخ تغییر زیادی نداشته و می‌توان گفت که الگوریتم تقریباً همگرا شده است. الگوریتم پس از زمان ۵۸ ثانیه، ۲۰۰۰ نسل را ایجاد و در نهایت بهترین پاسخ‌ها به صورت ۲۵ مکان با اندازه ۱۰۰×۱۰۰ متر، به عنوان پاسخ‌های مناسب به منظور ایجاد پارک‌های محله‌ای در سطح شهر بیرجند انتخاب شدند.

قبل از اجرای الگوریتم باید اهداف و محدودیت‌ها برای نرم‌افزار تعریف شود. هدف کلی مسئله انتخاب مکان‌هایی با بالاترین شایستگی برای کاربری پارک‌های محله‌ای است که به اهداف زیر می‌تواند تقسیم شود: ماکزیمم کردن فایده‌ی اقتصادی شامل: مینیمم کردن هزینه‌ی خرید زمین و مینیمم کردن فاصله از شبکه‌ی آبرسانی.

ماکزیمم کردن فایده‌ی اجتماعی شامل: مینیمم کردن فاصله از شبکه‌ی دسترسی و ماکزیمم کردن سطح پوشش جمعیت، و ماکزیمم کردن فایده‌ی محیطی شامل ماکزیمم کردن قرارگیری در توپوگرافی مناسب، مینیمم کردن فاصله از شبکه‌ی آبرسانی، مناطق مسکونی، فرهنگی و آموزشی و معابر اصلی.

ایجاد قیود: حداقل مساحت موردنیاز به عنوان یک محدودیت برای اجرای الگوریتم در نظر گرفته شده است. طبق استانداردهای موجود (۲۵) حداقل مساحت یک پارک منطقه‌ای یک هکتار است.

بنابراین برای الگوریتم مشخص شد که مناطقی در ابعاد ده سلول در ده سلولی را انتخاب کند که بالاترین تناسب را دارا باشند.

#### ۶- اجرای الگوریتم:

در این مسئله برای انجام الگوریتم ژنتیک، سایز جمعیت اولیه ۱۰۰، تعداد نسل‌ها ۲۰۰۰، نرخ ترکیب ۰٫۹ و نرخ جهش ۰٫۱ در نظر گرفته شده است. هر کروموزوم از ۲۵ ژن یا پیکسل تشکیل می‌شود و دریافتن مقدار برازندگی نقاط، هر نقطه به صورت یک محدوده از پیکسل‌های ۱۰×۱۰ متر در نظر گرفته شده است. با توجه به این که حداقل مساحت لازم برای ایجاد پارک‌های محله‌ای ۱۰۰۰۰ مترمربع است و با توجه به این که مساحت هر سلول ما ۱۰۰ مترمربع است، از الگوریتم خواسته شد که برای ارزیابی هر سلول، ۱۰ عدد پیکسل در جهت X و ۱۰ عدد پیکسل در جهت Y به مرکزیت سلول موردنظر را انتخاب و میزان مجموع توابع هدف تمام آن‌ها را باهم محاسبه کند، زیرا مساحت کمتر از این مقدار برای پارک‌های سطح همسایگی استفاده خواهد شد.

برای حل این مسئله تابع هدف به صورت ماکزیمم کردن میزان تناسب هر سلول برای ایجاد پارک‌های محله‌ای بر اساس عامل‌های فیزیکی اجتماعی و اقتصادی تعریف شد. سودمندی یک مکان می‌تواند به عنوان تناسب برای استفاده خاص (۲۶) تعبیر شود. تناسب را می‌توان با طیف

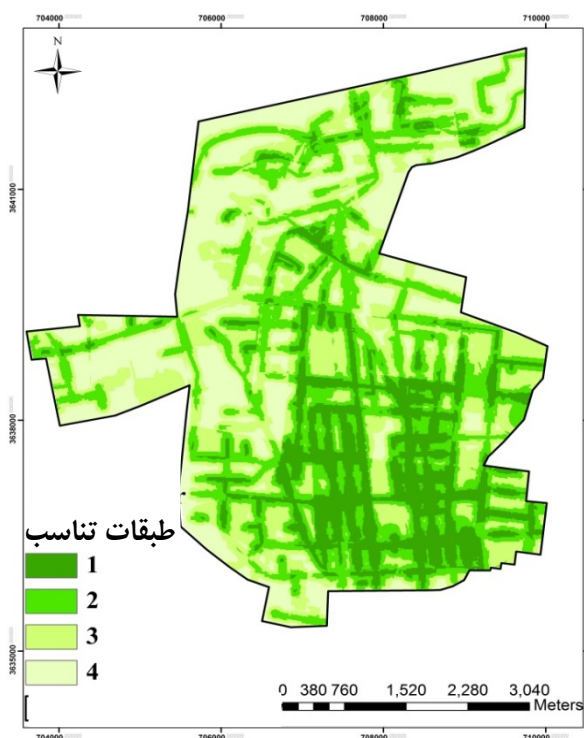
## – اعتبارسنجی مدل از طریق مقایسه نتایج با روش

### WLC

یکی از مهم‌ترین عملکردهای آنالیز مکانی در GIS، روی هم اندازی است، که برای ارزیابی عامل‌های چندگانه، مانند آنالیز تناسب زمین و غیره به کار می‌رود (۱۸). با توجه به وزن‌های به دست آمده و نقشه‌های طبقه‌بندی شده برای هر عامل نقشه‌ی (۴) بر اساس روش روی هم اندازی وزنی لایه‌های اطلاعاتی تلفیق شد و پهنه‌های مناسب برای پارک‌های محله‌ای توسط ضرب رستری در محیط نرم‌افزار GIS به دست آمد. بر اساس این نقشه می‌توان به مکان‌های مناسب و نامناسب جهت مکان‌یابی پارک محله‌ای پی برد، به این صورت که مکان پارک در

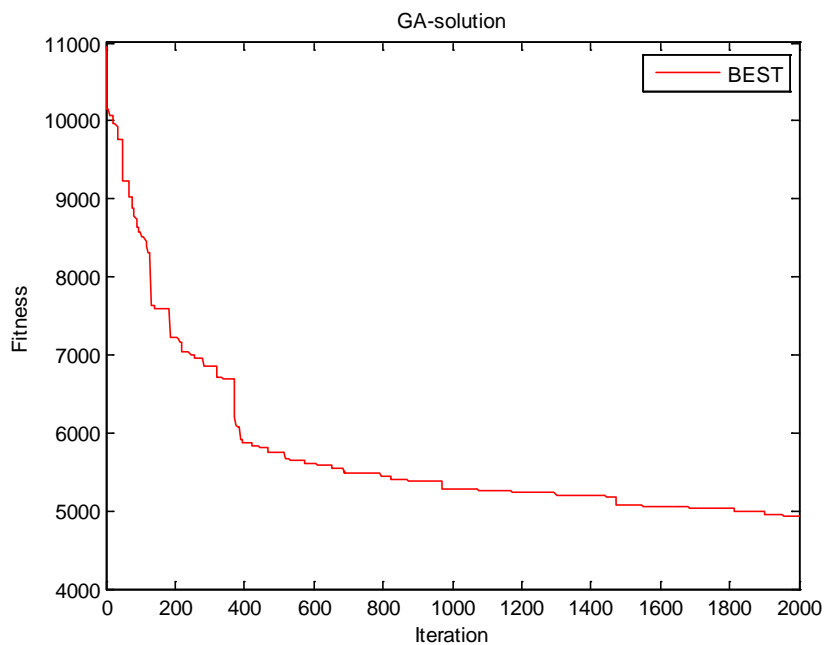
صورت قرارگیری در کلاس پایین‌تر (در تصویر تیره‌رنگ تر) دارای تناسب بالاتری خواهد بود.

برای اعتبار سنجی نتایج حاصل از الگوریتم نتایج حاصل از روش به دست آمده از اجرای الگوریتم و روش ترکیب خطی وزنی روی هم اندازی شد (شکل ۴). بر اساس این نقشه می‌توان بیان داشت که نتایج حاصل از اجرای الگوریتم دقیقاً در مناطق سطح یک تناسب از طریق تحلیل با نرم‌افزار GIS و روش WLC بوده با این تفاوت که در طول زمان بسیار کوتاهی، جستجوی دقیق‌تری در مکان‌های مناسب سطح یک صورت گرفته و از این مناطق نقاط مناسب‌تر گزینش شده است.

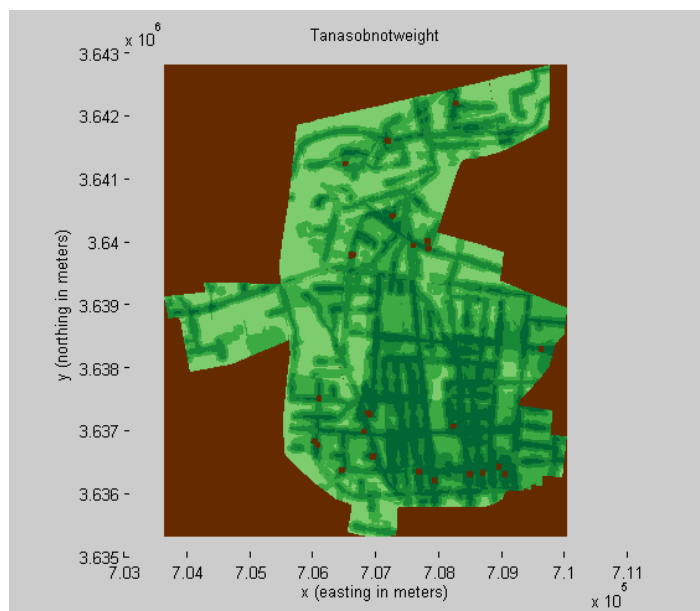


شکل (۴): نقشه‌ی شایستگی منطقه برای ایجاد پارک محله‌ای بر اساس روش ترکیب خطی وزنی

Fig. 4. Suitability maps for local park based wlc method



شکل (۵): نمودار بهترین پاسخ در طی نسل‌های مختلف اجرای الگوریتم  
 Fig. 13. The best response during different generations algorithm



شکل (۶): رویه هم اندازی نتیجه‌ی اجرای الگوریتم پس از ۲۰۰۰ تکرار و نقشه حاصل از WLC  
 Fig.6 . Result of the implementation of the algorithm After 2000 iterations

## بحث و نتیجه‌گیری

از آنجاکه رشد جمعیت شهری پیامدهای محیط زیستی جدی را ایجاد کرده است، نیاز به ایجاد فضاهای سبز کلان به‌عنوان مهم‌ترین تعدیل‌کننده‌های محیط زیستی شهری ضروری به نظر می‌رسد. از این‌رو یکی از موارد اجتناب‌ناپذیر در امر شهرسازی و توسعه فضای آینده شهری بحث فضای سبز و پارک‌های شهری و تعیین موقعیت آن‌ها است. از سویی دیگر جدیدترین مستندات آزمون با AI از تلاش‌ها برای پیاده‌سازی فن‌آوری‌های پیشرفته و روش‌های محاسباتی در آنالیز تناسب زمین حکایت دارد. علاقه رو به رشدی در برنامه‌نویسی تکاملی به‌عنوان وسیله‌ای برای حل مشکلات پیچیده فضایی و یا انجام وظایف بهینه‌سازی کاربری زمین وجود دارد. این مفهوم بر اساس مفهوم تکامل داروین و فرایند طبیعی وراثت ژنتیکی که سیستم‌های بیولوژیکی در مبارزه خود برای زنده ماندن از آن استفاده می‌کنند، است. این حوزه جدید شامل محاسبات تکاملی، الگوریتم ژنتیک، استراتژی‌های تکاملی و برنامه‌ریزی ژنتیک، جستجوهای ابتکاری هوشمند پایگاه داده‌های GIS و مدل‌های جدید تعامل فضایی می‌شود. از نظر برنامه‌ریزی، برنامه‌نویسی تکاملی دارای پتانسیل برای ارائه یک تکنولوژی قوی و قابل‌اعتماد برای حل مسائل بهینه‌سازی غیرخطی کاربری زمین است. بنابراین در این تحقیق از این روش برای تخصیص کاربری فضای سبز شهری در مقیاس محله‌ای استفاده شده است.

به همین منظور در این تحقیق آنالیز تناسب و مکان‌یابی فضای سبز شهری در مقیاس محله‌ای با استفاده از دو روش الگوریتم تکاملی و WLC موردبررسی قرار گرفته است. که هدف اصلی از انتخاب این دو روش مقایسه روش‌های هوش مصنوعی که از لحاظ پشتوانه علمی بسیار قوی می‌باشند با روش‌های قدیمی‌تر که از لحاظ تجربی کارایی آن‌ها به اثبات رسیده است؛ که برای این منظور از الگوریتم ژنتیک که کارایی خوبی در مسائل کاربری زمین دارد استفاده شد و بر اساس معیارهای فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی ۲۵ منطقه مناسب جهت ایجاد پارک‌های محله‌ای مشخص گردید، سپس جهت اعتبارسنجی مدل نقشه‌ی تناسب فضای سبز شهری توسط روش ترکیب خطی وزنی نیز به دست آمد و پس از مقایسه نتایج حاصل از این دو روش این نتیجه حاصل شد که کارایی الگوریتم ژنتیک برای حل مسائل کاربری زمین و کار با داده‌های فضایی بسیار مناسب بوده و جواب‌های دقیق‌تری را به دست آورده است و علاوه بر دقت بالاتر، انعطاف‌پذیری بیشتر، وارد کردن راحت‌تر شرط‌ها و قیود را می‌توان از مزایای کاربرد این الگوریتم در مسائل ارزیابی تناسب دانست. به‌عنوان مثال در روش ترکیب وزنی خطی برای هر عامل باید تعداد طبقات برابر وجود می‌داشت برای همین عامل‌هایی که قابل‌طبقه‌بندی نبودند مانند محدوده‌ی حریم غسل را با وجود اهمیت در مکان‌یابی نمی‌شد در ایجاد نقشه‌ی تناسب استفاده کرد، اما در کار با الگوریتم‌ها این محدودیت برداشته می‌شود. همچنین قیودی مانند حداقل یا حداکثر مساحت پارک و موارد مشابه را می‌توان برای یک جستجوی دقیق‌تر در ارزیابی تناسب به کاربرد.

## یادداشت‌ها:

۱	Artificial Intelligence	۱- هوش مصنوعی
		۲-
۳	Huristic Algorithms	۳- الگوریتم‌های ابتکاری
		۴-
۴	Expert System	۴- سیستم‌های خبره
		۵-
۱	Neural Computation	۵- حسابات عصبی
		۵-
	Cellular Automata	توماتای سلولی

1	Evolutionary Algorithm	-۶ لگوریتم تکاملی
2	Weighted Linear Combination(WLC)	-۷ رکیب خطی وزنی

فهرست منابع:

- 1- Liang, T., Cai, C. X., Liu, M. & Peng, X. L. 2007. Study on methodology of ecological suitability assessment of urban landuse: An example of Pingxiang. *Geographical Research*, 26(4), 782-788.
- 2- Barbosa, O.; Tratalos, J. A.; Armsworth, P. R.; Davies, R. G.; Fuller, R. A.; Johnson, P. & Gaston, K. J. 2007. Who benefits from access to green space? A case study from Sheffield, UK. *Landscape and Urban Planning*, 83(2-3), 187-195.
- 3- هدی زاده، جواد، « برنامه‌ریزی کاربری زمین، تحول در دیدگاهها و روشها، حجم مدیریت شهری»، شماره ۴، ۱۳۷۹.
- 4- Collins, M. G. ; Steiner, F. R. & Rushman, M. J. 2001. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements. *Environmental Management*, 28(5), 611-621.
- 5- Jarami Ilo, J. H.; Bhadury, J. & Batta, R. 2002. On the use of genetic algorithms to solve location problems. *Computers & Operations Research*, 29(6), 761-779.
- 6- Eldrandaly, K. 2010. A GEP-based spatial decision support system for multisite land use allocation. *Applied Soft Computing*, 10(3), 694-702.
- 7- Krzanowski, R.; Raper, J. & Manson, S. 2001. *Spatial Evolutionary Modelling*. Citeseer (p. 244). Oxford University Press.
- 8- Matthews, K. B. 2001. Applying genetic algorithms to multi-objective land-use planning . Ph.D. Dissertation, The Robert Gordon University, Scotland.
- 9- Li, X., & Yeh, A. G. 2005. Integration of genetic algorithms and GIS for optimal location search. *International Journal of Geographical Information Science*, 19(5), 581-601.
- 10- Ponjavic, M.; Avdagic, Z. & Karabegovic, A. 2006. Geographic Information System and Genetic Algorithm Application for Multicriterial Land Valorization in Spatial Planning. Paper presented at the CORP2006-Competence Center of Urban and Regional Planning: 11th International Conference on Urban Planning & Regional Development-Vienna, Austria.
- 11- Matthews, K. B.; Buchan, K.; Sibbald, A. & Craw, S. 2006. Combining deliberative and computer-based methods for multi-objective land-use planning. *Agricultural Systems*, 87(1), 18-37.

- 12- Cao, K.; Huang, B.; Wang, S. & Lin, H. 2012. Sustainable land use optimization using Boundary-based Fast Genetic Algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems.*, 36(3), 257–269.
- 13- Liu, Y., Yuan, M., He, J. & Liu, Y. 2014. Regional land-use allocation with a spatially explicit genetic algorithm. *Landscape and Ecological Engineering*, 11(1), 209–219.
- 14- Stewart, T. J. & Janssen, R. 2014. A multiobjective GIS-based land use planning algorithm. *Computers, Environment and Urban Systems*, 46, 25–34.
- 15- Shaygan, M., Alimohammadi, A., Mansourian, A., Govara, Z. S. & Kalami, S. M. 2014. Spatial Multi-Objective Optimization Approach for Land Use Allocation Using NSGA-II. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* (2014), 7(3), 873–883.
- 16- Liu, Y., Tang, W., He, J., Liu, Y., Ai, T., & Liu, D. 2015. A land-use spatial optimization model based on genetic optimization and game theory. *Computers, Environment and Urban Systems*, 49, 1–14.
- 17- Malczewski, J. 2004. GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview. *Progress in Planning*, 62(1), 3–65.
- 18- Manlun, Y. 2003. Suitability Analysis of Urban Green Space System Based on GIS. Ph.D. Dissertation, International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation Enschede, the Netherlands.
- 19- Uy, P. D. & Nakagoshi, N. 2008. Application of land suitability analysis and landscape ecology to urban greenspace planning in Hanoi, Vietnam. *Urban Forestry & Urban Greening*, 7(1), 25–40.
- 20- Zucca, A.; Sharifi, A. M. & Fabbri, A. G. 2008. Application of spatial multi-criteria analysis to site selection for a local park: a case study in the Bergamo Province, Italy. *Journal of Environmental Management.*, 88(4), 752–769.
- 21- Imaoka, Y.; Miyachi, T. & Gotoh, K. 2005. Selecting location of urban parks in hillside city nagasaki by using gis and remote sensing. In *Proceedings. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS '05.* (Vol. 2, pp. 1492–1495.
- ۲۲- محمدحسینیان، شهرام، آل شیخ، علی اصغر، «مکان‌یابی بهینه کاربری اراضی شهری با استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی، مجموعه مقالات همایش GIS شهری»، دانشگاه شمال (آمل)، ۱۳۸۶
- ۲۳- متکان، علی اکبر، پوراحمد، احمد، منصوریان، حسین، حسینی اصل، امین، «سنجش کیفیت مکان‌های شهری، با استفاده از روش ارزیابی چندمعیاره در GIS (مورد مطالعه: شهر تهران)»، *سنجش از دور و GIS ایران*، دوره ۱، شماره ۴، ۱۳۸۸، صص ۱–۲۰.
- ۲۴- تیموری، راضیه، روستایی، شهرپور، اکبری‌زمانی، اصغر، احدنژاد، محسن. «ارزیابی تناسب فضایی- مکانی پارک‌های شهری با استفاده از GIS (مطالعه موردی: پارک‌های مرحله‌ای منطقه ۲ شهرداری تبریز)»، *مجله فضای جغرافیایی*، سال دهم، شماره ۳۰، ۱۳۸۹، صص ۱۳۷–۱۶۸.
- ۲۵- زیارتی، کرامت‌الله، برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری، انتشارات کتاب سبز، ۱۳۸۱.
- 26- Steiner, F. 2008. *The living landscape: an ecological approach to landscape planning*. 2nd ed. New York: McGraw Hills.
- 27- Koomen, E.; Stillwell, J.; Bakema, A. & Scholten, H. J. (Eds.). 2007. *Modelling Land-Use Change* (Vol. 90). Dordrecht: Springer Netherlands.
- 28- LaGro, J. A. 2011. *Site Analysis: A Contextual Approach to Sustainable Land Planning and Site Design* (p. 384). John Wiley & Sons.