

# مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه

## بر مبنای دسترسی و ارزش افزوده\*

محمود عامری، دانشیار، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
ایرج برگ گل، دانشجوی دکتری، دانشکده عمران، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران  
E-mail: [ameri@just.ac.ir](mailto:ameri@just.ac.ir)

### چکیده

برای تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه، روش‌های متفاوتی وجود دارند. این روش‌های تخصیص و اولویت‌بندی می‌توانند به دو گروه عمده کمی و کیفی تقسیم شوند. در کشور ایران به دلیل وجود مشکلات بسیار در زمینه تهیه آمار و امکانات موجود، بیشتر از روش کیفی استفاده شده است. در مقاله حاضر کوشش شده با توجه به آمارها و امکانات موجود، یک مدل کمی برای تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه پیشنهاد شود. در مقاله حاضر برای توصیف مکان کاربریهای مختلف زمین، از مفاهیمی چون درجه مناسب بودن زمین که میزان مرغوبیت و مناسب بودن هر قطعه زمین را برای کاربریهای گوناگون نشان می‌دهد، ارزش افزوده کاربریهای مختلف و نیز عامل مهم دسترسی که بر مبنای فاصله زمانی هر قطعه زمین از مراکز جمعیتی تعریف شده استفاده شود. یک مدل بهینه‌سازی از نوع برنامه‌ریزی خطی برای مکانیابی بهینه کاربریهای مختلف پیشنهاد شده است. با معرفی مدل ریاضی حاضر، امکان پیش‌بینی تغییرات آتی کاربری زمین در اطراف شهرها و نیز بررسی وضعیت کاربری زمین در اطراف شهرهای جدید برای سیاست‌های مختلف توسعه منطقه به وجود آمده است. در انتها با استفاده از مدل پیشنهادی، تغییرات کاربری زمین در سطح منطقه برای سیاست‌های مختلف و نیز در حالت احداث راه جدید در منطقه، بررسی شده است. امکان بررسی تأثیرات ناشی از احداث راه جدید یا ارتقاء کیفیت راه‌های موجود بر تغییرات کاربری زمین از دیگر مزیت‌های مدل حاضر است.

واژه‌های کلیدی: کاربری زمین، مدل‌سازی، برنامه‌ریزی خطی، ارزش افزوده، درجه مناسب بودن زمین<sup>1</sup>

### 1. مقدمه

سرعت باد) و فاصله نقاط نسبت به مراکز جمعیتی است. بکارگیری یک کاربری در یک منطقه، نیاز به شناخت ویژگی‌ها و نیازهای آن کاربری دارد.

اهمیت مباحث یاد شده هنگامی بیشتر می‌شود که به تغییرات سریع جوامع و توسعه کاربریها توجه شود. روند رو به رشد

تخصیص کاربری زمین یکی از مباحث اصلی در برنامه‌ریزی منطقه‌ای است. در روند تخصیص کاربری زمین ضمن در نظر گرفتن سیاست‌های ملی و منطقه‌ای، به مشخصات منطقه توجه می‌شود. مشخصات منطقه معمولاً شامل مشخصات مکانی (مواردی چون نوع اقلیم، میزان آب، بافت و ساختمان خاک،

بهبه‌سازی (مانند مدل برنامه‌ریزی خطی هربرت و استونس [9] از معروف‌ترین مدل‌هایی هستند که برای مدل سازی تغییر کاربری زمین استفاده شده‌اند. مدل‌های یادشده هر یک برای هدفی خاص نوشته شده‌اند. مدل‌های اولیه بسیار ساده و مدل‌های جدید بسیار پیچیده‌اند، به عبارتی مدل‌های اولیه حاصل کار یک یا چند نظریه‌پرداز و مدل‌ساز بوده‌اند در حالی که طراحی مدل‌های جدید حاصل فعالیت سازمان‌ها، مؤسسات و شرکت‌های تحقیقاتی با صرف زمان و هزینه بسیار است. معیارها و روشهای بکار گرفته شده در بسیاری از روش‌های کمی و کیفی اولویت‌بندی و مدل‌سازی کاربری زمین، با امکانات و آمارهای موجود در کشور مطابقت ندارند. برای نمونه در مدل کیتامورا و دیگران [6] و موریتا و دیگران [7] از قیمت زمین در سطح منطقه به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر تغییر کاربری زمین استفاده شده است.

این در حالی است که این اطلاعات تنها برای بعضی شهرهای کشور آن هم در حد داخل شهری وجود دارد. در کشور ایران، مطالعات کاربری زمین معمولاً تحت عنوان آمایش سرزمین مطرح می‌شود. روند معمول در مطالعات آمایش سرزمین در کشور، به طور خلاصه شامل شناسایی منابع و عوامل مؤثر، جمع‌آوری اطلاعات، تعیین درجه مناسب بودن و اولویت‌بندی تخصیص کاربری‌هاست [10]. در ایران، استفاده از مدل‌های کیفی برای اولویت‌بندی و مدل سازی تخصیص کاربری معمول‌تر است. مقاله حاضر با ذکر کلیاتی در مورد نحوه عمل در بخش‌های مختلف روند آمایش سرزمین، متمرکز بر بخش اولویت‌بندی و مدل سازی تخصیص کاربری است.

## 2. کاربریهای انتخاب شده زمین در مطالعات حاضر

انتخاب کاربری‌های مطرح در هر مطالعه آمایش سرزمین، از اولین و مهم‌ترین بخش‌های آن مطالعه است. منابع مختلفی برای بررسی و شناسایی انواع کاربری زمین وجود دارند. برای نمونه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- منابع طبقه‌بندی فعالیت‌های اقتصادی انسان (تعریف صنعت و طبقات آن، طبقه‌بندی استاندارد صنعت، طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد صنعت<sup>2</sup> برای همه فعالیت‌های اقتصادی<sup>3</sup> و سیستم طبقه‌بندی صنعت در امریکای شمالی)

- منابع سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد [11]

توسعه در کشور، اهمیت توجه به تغییرات آتی کاربری‌ها را بارزتر کرده است. از طرفی توزیع مناسب کاربری‌های مختلف در سطح منطقه به همراه توسعه مناسب شبکه حمل و نقل، آثار اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بسیاری دارد [1]. توسعه مناسب شبکه حمل و نقل در گذار جامعه از یک اقتصاد بسته با فعالیت‌ها و بازار کوچک، به اقتصادی با بازارهای بزرگ منطقه‌ای و ملی امکان پذیرتر است. این توسعه خود را به صورت‌هایی چون کاهش هزینه‌های تولید و قیمت نهایی کالاها، گسترش رقابت اقتصادی در سطح منطقه و کشور، و کاهش افت کیفیت کالا طی فرآیند حمل نشان می‌دهد [1]. این تغییرات موجب تغییر ارزش اقتصادی زمین در سطح منطقه خواهد شد. با توسعه شبکه حمل و نقل، ارزش زمین‌های مجاور راه‌ها افزایش می‌یابد و نوع کاربری آنها از جنگلداری و کشاورزی، به کاربریهای قوی‌تر و معمولاً فعال‌تر و پردرآمدتر صنعتی و ساخت و ساز عمومی تغییر می‌یابد [1]. این در حالی است که با وجود تأثیر شدید شبکه حمل و نقل بر توسعه اقتصادی، فرهنگی، اجتماعی و ...، "متأسفانه حمل و نقل و تصمیم‌گیریهای مربوط به توسعه زمین [به ویژه در سطح منطقه] به‌عنوان دو موضوع جداگانه در تحلیل، برنامه‌ریزی، طراحی و ارزیابی [در سطح دنیا] مورد توجه قرار می‌گیرند" [2].

این وضعیت در کشور ما نیز وجود دارد، به گونه‌ای که به تأثیرات دسترسی و شبکه حمل و نقل در تغییر و توسعه کاربری زمین پرداخته نشده است. در مقاله حاضر ضمن توجه به مشخصات مکانی، نقش و اهمیت راه و شبکه حمل و نقل و دسترسی مورد توجه قرار گرفته است. مطالعه و مدل سازی تغییرات کاربری زمین سابقه طولانی دارد. یکی از اولین و معروف‌ترین نظریه‌های تغییر کاربری زمین متعلق به فون تونن است. او در سال 1826 نظریه اجاره زمین کشاورزی را مطرح کرد [3]. هدف فون تونن، تجویز بهترین (اقتصادی‌ترین) توزیع کاربری زمین‌های کشاورزی در اطراف یک شهر تجاری بود. این نظریه، از زمره نظریه‌های اقتصاد خرد و تا حدی اقتصاد کلان است.

مدل‌های تهیه شده برای کاربری زمین به دسته‌های مختلف طبقه‌بندی می‌شوند. مدل‌های آماری و اقتصادسنجی (مانند مدل رگرسیون خطی چین، ویس [4] و مدل انتخاب گسسته لاجیت کیتامورا و دیگران [5]، مدل انتخاب گسسته پراییت موریتا و دیگران [6])، مدل‌های اثر متقابل فضایی (مانند مدل قابلیت دسترسی هانسن [7]، مدل اثر متقابل ویلسون [8] و مدل‌های

به اطلاعات گردآوری شده در هر قطعه، درجه مناسب بودن هر قطعه برای هر کاربری، تعیین می‌شود. امتیاز حاصل از درجه مناسب بودن به عنوان امتیاز اولیه در مدل وارد خواهد شد. امتیاز اولیه در ادامه روند مدل‌سازی با در نظر گرفتن دو عامل فاصله از مراکز جمعیتی و ارزش افزوده در هکتار، اصلاح می‌شود و امتیاز اصلاح شده قطعه‌ها به دست می‌آید. در انتها، با اجرای مدل ریاضی بهینه‌سازی، تخصیص بهینه کاربری در سطح منطقه به دست می‌آید. داده‌های مربوط به کاربری‌های اجباری به عنوان ورودی‌های مراحل بالا عمل خواهند کرد. در ادامه مقاله، جزئیات عوامل و روابط بکار رفته در مدل‌سازی بیان خواهد شد.

#### 4. تعیین امتیاز قطعه‌ها برای کاربری‌های مختلف

همان گونه که در شکل 1 و روند انجام تخصیص کاربری زمین مشخص است بعد از گردآوری اطلاعات، تعیین امتیاز اولیه کاربری‌های مختلف مطرح می‌شود. در بسیاری از مطالعات کاربری زمین رسم است که با توجه به مشخصات هر قطعه، امتیاز یا مرغوبیت آن قطعه را تعریف می‌کنند. این امتیاز یا مرغوبیت در منابع مختلف (با توجه به ویژگی‌های آنها در مسأله مورد مطالعه) با عناوینی چون توان اکولوژیک [10] یا درجه مناسب بودن زمین [4 و 11] و یا گاهی مطلوبیت، مطرح می‌شوند. درجه مناسب بودن زمین، میزان مرغوبیت و مناسب بودن هر قطعه را برای کاربریهای گوناگون نشان می‌دهد. در مقاله حاضر با توجه به اطلاعات و امکانات موجود و در پیروی از الگوهای طبقه‌بندی آمایش سرزمین در کشور، برای هر کاربری، سطوح مختلفی از عالی (بهترین کیفیت) تا نامناسب (بدترین کیفیت) در نظر گرفته شده‌اند.

این کیفیت‌ها تابعی از وجود شرایط و کمینه‌هایی از عوامل مختلف مؤثرند. به عبارتی، در صورت تأمین کمینه‌های هر یک از عوامل مؤثر بر کیفیت هر یک از کاربری‌ها در قطعه، امتیاز متناسب در نظر گرفته خواهد شد. عوامل مؤثر بر کاربریهای مختلف شامل عواملی چون اقلیم، میزان آب موجود در سال، درصد شیب، بافت خاک، ساختمان خاک، عمق خاک، سرعت باد غالب، موقعیت و شکل زمین است. در مطالعات آمایش سرزمین در کشور معمول است که کاربری کشاورزی و مرتع داری و کاربری جنگلداری، هر یک به 7 طبقه و کاربری صنعتی و کاربری ساخت و ساز عمومی، هر یک به 3 طبقه تقسیم شوند.

- منابع آمایش سرزمین در ایران (به طور خاص مرجع شماره 10) با بررسی منابع یادشده با توجه به موضوع و اهداف مقاله حاضر، امکانات موجود و برای مطابقت با سایر مطالعات آمایش سرزمین در حال انجام در سطح کشور، کاربری‌های زیرانتخاب شدند:

- کاربری‌های اجباری
- کاربری حفاظت محیط زیست،
- کاربری استخراجی،
- سایر کاربری‌هایی که به طور اجباری در قطعه‌های منطقه از قبل تعیین شده‌اند،
- کاربری‌های اختیاری
- کاربری جنگلداری،
- کاربری کشاورزی و مرتعداری،
- کاربری ساخت و سازهای عمومی،
- کاربری صنعتی.

در مقاله حاضر، در صورت شناسایی قطعه‌هایی که دارای مشخصات کاربری‌های اجباری (حفاظت محیط زیست، استخراجی و ...) هستند آن قطعه‌ها برای کاربری اجباری کنار گذاشته می‌شوند. به عبارتی در مدل حاضر فرض بر این است که کاربری‌های اجباری قبلاً تخصیص یافته‌اند و بخشی از اطلاعات ورودی مدل کاربری‌های اختیاری‌اند.

کاربری‌های صنعتی معرفی شده در این مطالعات شامل تمامی فعالیت‌هایی هستند که تحت عنوان ساخت یا تولید در منابع طبقه‌بندی استاندارد صنعت، طبقه‌بندی بین‌المللی استاندارد صنعت برای همه فعالیت‌های اقتصادی و سیستم طبقه‌بندی صنعت در امریکای شمالی معرفی می‌شوند و یا در سالنامه آماری کشور و نشریات وزارت صنایع ایران با عنوان صنعت از آنها نام برده می‌شود. این کاربریها شامل مجموعه فعالیت‌هایی هستند که تحت تأثیر مقررات استقرار صنایع [12 و 13] قرار می‌گیرند. کاربریهای ساخت و سازی عمومی، مجموعه همه فعالیت‌هایی هستند که نیاز به ساخت و ساز دارند و در بخش صنعت جای نمی‌گیرند.

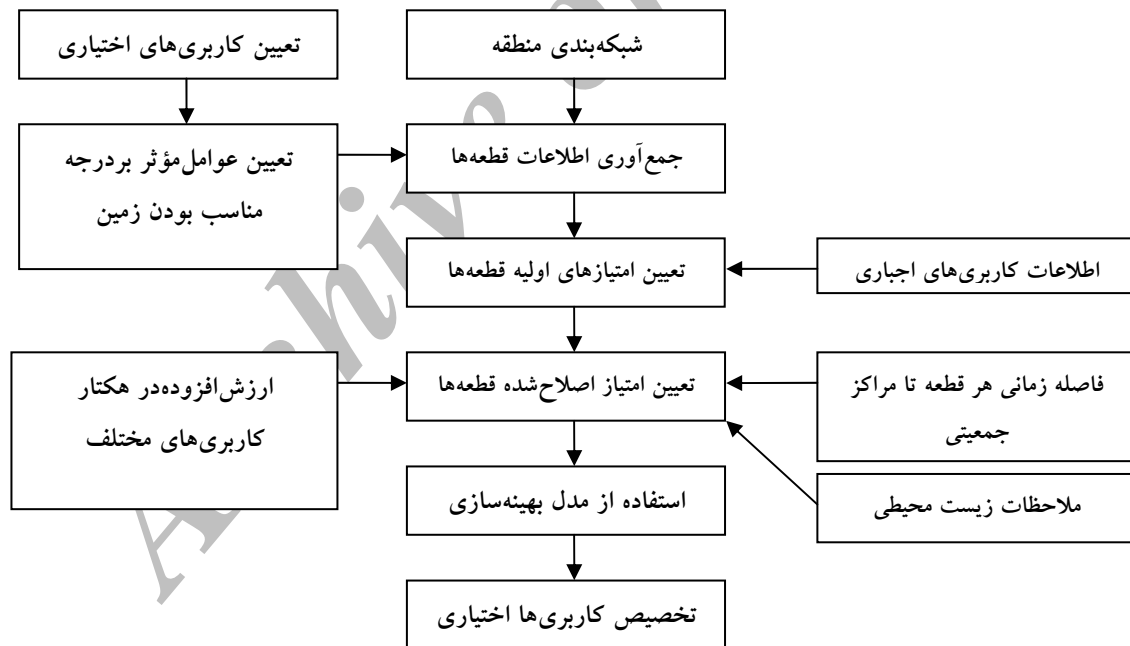
#### 3. روند تخصیص کاربری زمین

در شکل 1، روند بکار گرفته شده در مقاله حاضر برای تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه ارائه شده است. در این روند ابتدا کل منطقه، شبکه‌بندی (تقسیم به قطعات) می‌شود. سپس با توجه

## عامری و برگ گل

طبقات تقسیم می‌شود و به این ترتیب امتیازهایی بین صفر (بدترین کیفیت) و یک (بهترین کیفیت) به دست می‌آیند [14]. مقادیر امتیازهای بی‌مقیاس شده طبقات گوناگون کاربریهای مختلف که با توجه به روش یادشده محاسبه شده در جدول 1 آمده است. این امتیازها، تنها اهمیت نسبی طبقات مختلف هر یک از کاربری‌ها را نسبت به سایر طبقات همان کاربری نشان می‌دهند. از این امتیازها نمی‌توان به طور مستقیم برای مقایسه کاربریهای مختلف در مدل استفاده کرد، بلکه باید وزن نسبی یا رقابتی کاربریهای گوناگون نسبت به یکدیگر را نیز تعریف کرد. شاخص مناسب برای این وزن‌دهی نسبی ارزش افزوده در هکتار هر کاربری زمین است که در این مطالعات از آن استفاده شده است.

تفاوت در تعداد طبقات کاربریهای مختلف به دلیل اختلاف در گستره زمین‌های قابل استفاده برای این کاربری‌ها است. برای نمونه تنها به عامل شیب، یکی از عوامل مؤثر در بررسی امکان بکارگیری کاربری‌های مختلف، اشاره می‌شود. در کاربری کشاورزی و مرتع داری همه شیب‌ها قابل استفاده‌اند و تنها زمین‌های با شیب بیش از 75 درصد - طبقه 7 حاضر - نامناسب در نظر گرفته می‌شوند [10]، در حالی که زمین‌های با شیب بیش از 9 درصد، برای ایجاد و توسعه شهرهای جدید نامناسب تشخیص داده می‌شوند [10]. برای کاربری صنعتی و کاربری ساخت و ساز عمومی، به دلیل وسعت کمتر زمین‌های لازم برای ایجاد آنها، این مقدار را می‌توان کمی بزرگ‌تر در نظر گرفت. برای هر یک از طبقات تعیین شده در کاربری‌ها، به کمک روش بی‌مقیاس کردن خطی امتیاز متناسب تعیین شد. در این روش امتیاز هر طبقه به بزرگ‌ترین امتیاز در نظر گرفته شده برای



شکل 1. روند پیشنهادی برای تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه

جدول 1. ترتیب امتیاز اولیه طبقات گوناگون انواع

کاربری‌های زمین

| نوع کاربری          | طبقه | امتیاز |
|---------------------|------|--------|
| کشاورزی و مرتع‌داری | 1    | 1      |
|                     | 2    | 0/83   |
|                     | 3    | 0/67   |
|                     | 4    | 0/50   |
|                     | 5    | 0/33   |
|                     | 6    | 0/17   |
|                     | 7    | 0      |
| جنگلداری            | 1    | 1      |
|                     | 2    | 0/83   |
|                     | 3    | 0/67   |
|                     | 4    | 0/50   |
|                     | 5    | 0/33   |
|                     | 6    | 0/17   |
|                     | 7    | 0      |
| صنعتی               | 1    | 1      |
|                     | 2    | 0/5    |
|                     | 3    | 0      |
| ساخت و ساز عمومی    | 1    | 1      |
|                     | 2    | 0/5    |
|                     | 3    | 0      |

با توجه به مشکلات بیان شده در زمینه تعیین ارزش افزوده در هکتار کاربری‌های مختلف، علاوه بر استفاده از آمارهای موجود (مانند جداول 2 و 3) از کارشناسان رشته‌های مرتبط نظرسنجی شد، سپس با استفاده از روش دلفی<sup>4</sup> مقادیر ارزش افزوده نسبی برای کاربری‌های گوناگون مطابق با داده‌های جدول 4 به دست آمدند.

جدول 2. ارزش افزوده کاربری‌های گوناگون طی سال‌های

1378 تا 1382 (میلیارد ریال) [15]

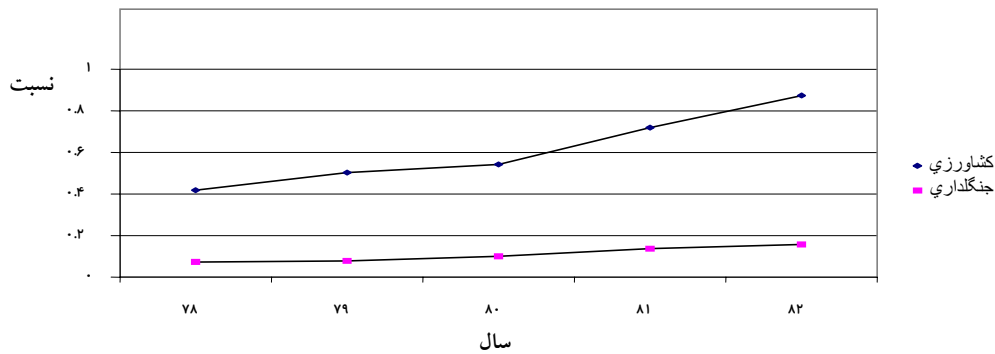
| سال  | کشاورزی | جنگلداری | صنعت   |
|------|---------|----------|--------|
| 1378 | 43428   | 1041     | 57762  |
| 1379 | 52210   | 1103     | 74491  |
| 1380 | 56234   | 1422     | 86675  |
| 1381 | 74718   | 1952     | 135795 |
| 1382 | 90708   | 2235     | 142420 |

تعیین ارزش افزوده هکتار کاربری‌های گوناگون به مانند تعیین بسیاری از شاخص‌ها و عوامل اقتصادی بسیار مشکل است. مشکلات موجود در محاسبه ارزش افزوده در هکتار شامل مسائلی چون تعریف غیردقیق اطلاعات، تغییر تعریف طی سال‌های مختلف و در نتیجه عدم امکان مقایسه آمار سال‌های مختلف، تفاوت تعریف ارزش افزوده در کاربری‌های مختلف است. اطلاعات ارزش افزوده کاربری کشاورزی و مرتع‌داری، کاربری جنگلداری و کاربری صنعت برای سال‌های 82-1378 در جدول 2 آمده است. نسبت ارزش افزوده به مساحت کاربری کشاورزی و مرتعداری و کاربری جنگلداری را با توجه به مساحت کاربریها در سطح کشور طی سال‌های 1378 تا 1382 [15] می‌توان به دست آورد که نتیجه آن در جدول 3 آمده است. روند تغییر نسبت ارزش افزوده به هکتار کاربری‌های کشاورزی و جنگلداری با استفاده از داده‌های فوق طی سال‌های 1378 تا 1382، در نمودار 1 آمده است. در نمودار 2، نسبت ارزش افزوده در هکتار کاربری کشاورزی به ارزش افزوده در هکتار کاربری جنگلداری طی سال‌های 82-78 نشان داده شده است.

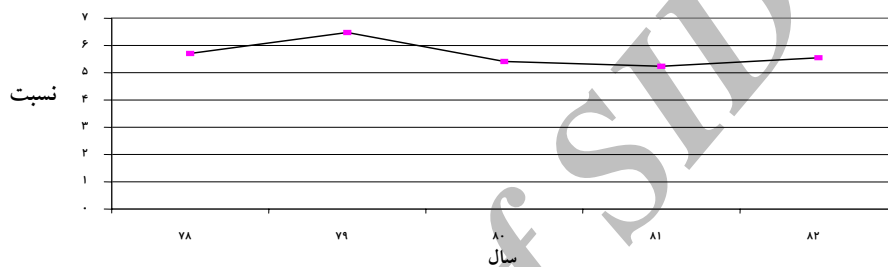
جدول 3. نسبت ارزش افزوده به مساحت کاربری‌های

| سال   | نسبت در کشاورزی | نسبت در جنگلداری |
|-------|-----------------|------------------|
| 1378  | 0/41850593      | 0/07329665       |
| 1379  | 0/50313611      | 0/07766206       |
| 1380  | 0/54191449      | 0/1001228        |
| 1381  | 0/72004067      | 0/13744002       |
| 1382  | 0/87413273      | 0/15736601       |
| متوسط | 0/61154599      | 0/10917751       |

## عامری و برگ گل



نمودار 1. روند تغییر نسبت ارزش افزوده به هکتار کاربری‌های کشاورزی و جنگلداری (میلیون ریال بر هکتار)



نمودار 2. روند تغییر نسبت ارزش افزوده به هکتار کاربری‌های کشاورزی به کاربری جنگلداری

جدول 4. ارزش افزوده نسبی کاربری‌های زمین مختلف در هکتار

| امتیاز مقایسه‌ای | نوع کاربری                   |
|------------------|------------------------------|
| 10               | صنعت                         |
| 8                | کاربری‌های ساخت و سازی عمومی |
| 3                | کشاورزی و مرتعداری           |
| 1                | جنگلداری                     |

$F_{ij}$  - شاخص دسترسی قطعه  $i$  از مراکز جمعیتی برای کاربری زمین  $j$ ،

از طرفی، در مطالعات مکان‌یابی و اولویت‌بندی انجام گرفته بر اساس درجه مناسب بودن زمین (توان اکولوژیکی و مطلوبیت)، کمتر به نقش فاصله، اهمیت داده شده است.

در مطالعه حاضر به این نکته که دو قطعه کاملاً مشابه اما با فاصله‌های متفاوت از مراکز جمعیتی ارزش متفاوتی دارند توجه شده است. برای مثال قطعه‌ای که از نظر کاربری، کشاورزی دارای طبقه یک است و در فاصله 20 کیلومتری از شهر قرار دارد دارای امتیاز بیشتری نسبت به همین قطعه در فاصله 50 کیلومتری

با توجه به مطالب بالا و بررسی‌های انجام شده، متغیر جدیدی با عنوان امتیاز اصلاح شده قطعه برای کاربری  $j$  به شرح زیر معرفی می‌شود:

$$S_{ij} = P_{ij} V_j F_{ij} \quad (1)$$

که در آن:

$S_{ij}$  - امتیاز اصلاح شده قطعه  $i$  برای کاربری زمین  $j$ ،  
 $P_{ij}$  - امتیاز اولیه کاربری زمین  $j$  در قطعه  $i$  (بر طبق جدول 1)،  
 $V_j$  - متغیری که نشان‌دهنده ارزش افزوده نسبی کاربری زمین  $j$  در هر هکتار است (بر طبق جدول 4)،

$m$  - تعداد قطعات تشکیل دهنده مسیر از قطعه  $i$  تا مرکز جمعیتی.

سرعت طرح در راههای مختلف به عواملی چون طبقه‌بندی راه (کوهستانی، تپه ماهور، هموار)، درجه‌بندی مسیر (آزاد راه، بزرگراه، راه اصلی جدا شده، راه اصلی، راه فرعی، راه روستایی)، ملاحظات اقتصادی، عوامل محیطی، نوع و حجم ترافیک و منظر آرایبی مسیر بستگی دارد. برای تعیین سرعت طرح می‌توان به یکی از آیین‌نامه داخلی یا خارجی مراجعه کرد. در مقاله حاضر از "آیین‌نامه های طرح هندسی راه‌ها (نشریه شماره 161)" [16] و "آیین‌نامه طرح هندسی راه روستایی، نشریه شماره 196" [17] استفاده شده است. در صورتی که برای رسیدن به یک قطعه چند مسیر وجود داشته باشد، کوتاه‌ترین فاصله زمانی از مراکز جمعیتی به قطعه مورد نظر با استفاده از یک الگوریتم تعیین کوتاه‌ترین مسیر به دست خواهد آمد.

## 5. مدل بهینه‌سازی پیشنهادی برای تخصیص

### کاربری زمین

بعد از تعیین امتیازهای اصلاح شده قطعه‌ها می‌توان از یک مدل بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی برای تخصیص بهینه کاربری‌ها در سطح منطقه استفاده کرد. این مدل باید کاربری‌های مختلف را به گونه‌ای به اراضی منطقه تخصیص دهد که ضمن تأمین سطوح کاربری‌های خواسته‌شده در سیاست‌های ملی و منطقه‌ای، حداکثر مجموع امتیاز را به دست دهد. مدل حاضر را به دو فرم زیر می‌توان نوشت:

1- ابعاد قطعه‌ها کوچک فرض شود و در هر قطعه تنها یک کاربری در نظر گرفته شود:

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} X_{ij} \text{ Max} \quad (5)$$

با محدودیت‌های:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq a_j \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq 1 \quad (7)$$

است. همچنین باید بین دو قطعه کاملاً مشابه و با فاصله مساوی از شهر اما با راه دسترسی متفاوت (برای نمونه راه دسترسی به اولی از طریق بزرگراه و راه دسترسی به دومی از راه اصلی درجه 2) تفاوت قائل شد. در مقاله حاضر برای نشان دادن تأثیر وضعیت دسترسی هر قطعه به مراکز جمعیتی با توجه به موقعیت قطعه و شبکه راه‌ها، عامل جدیدی به نام شاخص دسترسی قطعه از مراکز جمعیتی مطرح شد. شاخص دسترسی قطعه  $i$  از مراکز جمعیتی برای کاربری زمین  $j$  ( $F_{ij}$ ) می‌تواند تابعی از زمان، هزینه یا فاصله باشد که با توجه به توضیحات فوق، مشخص است که زمان، شاخص بهتری برای بیان دسترسی خواهد بود. شاخص دسترسی قطعه  $i$  از مراکز جمعیتی برای کاربری زمین  $j$  ( $F_{ij}$ ) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$F_{ij} = \frac{1}{t_{ij}^l} \quad (2)$$

$t_{ij}$  - فاصله زمانی دسترسی قطعه  $i$  به مرکز جمعیتی برای کاربری زمین  $j$ ، بر حسب ساعت ( $t_{ij}$  برای کاربری‌های جنگلداری، کشاورزی و مرتع داری، فاصله زمانی از نزدیک‌ترین شهر یا روستا و در کاربری‌های صنعتی و ساخت و سازهای عمومی، فاصله زمانی از نزدیک‌ترین شهر است).

$l$  - ضریب ثابت که طی روند مدل سازی و فرآیند کالیبراسیون تعیین می‌شود ( $l \geq 1$ )، در شروع روند مدل سازی استفاده از ضریب ثابت 2 پیشنهاد می‌شود).

به این ترتیب، رابطه 1 را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$S_{ij} = \frac{P_{ij} V_j}{t_{ij}^l} \quad (3)$$

برای تعیین فاصله زمانی دسترسی قطعه  $i$  به مراکز جمعیتی در راهی که متشکل از قطعاتی با سرعت‌های مختلف (آزاد راه، بزرگراه، اصلی، فرعی، روستایی) است می‌توان از رابطه زیر استفاده کرد:

$$t_{ij} = \sum_{k=1}^m \frac{d_k}{V_k} \quad (4)$$

که در آن:

$t_{ij}$  - فاصله زمانی دسترسی قطعه  $i$  به مراکز جمعیتی، بر حسب ساعت،

$d_k$  - طول قطعه نوع  $k$  بر حسب کیلومتر،

$V_k$  - سرعت طرح در قطعه نوع  $k$ ، بر حسب کیلومتر در ساعت،

$$n - \text{تعداد قطعه در منطقه } (i = 1, \dots, n) \quad (8)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

که در آن :

$$a_j - \text{سطح زمینهای اختصاص یافته در منطقه به کاربری } j,$$

$$a_i - \text{مساحت قطعه } i.$$

مدل پیشنهادی حاضر و عوامل معرفی شده به خوبی می‌توانند توزیع کاربری‌های موجود در سطح منطقه را توجیه و توزیع کاربری‌های آتی را پیش‌بینی کنند.

Z - تابع هدف یا مجموع امتیاز اصلاح شده قطعه‌ها

$S_{ij}$  - امتیاز اصلاح شده قطعه  $i$  برای کاربری  $j$ ,

$m$  - تعداد کاربری زمین مورد استفاده در مطالعات

$$(j = 1, \dots, m)$$

$$n - \text{تعداد قطعه در منطقه } (i = 1, \dots, n)$$

$X_{ij} = 1$  اگر در قطعه  $i$  کاربری  $j$  به کار گرفته شود،

$X_{ij} = 0$  اگر در قطعه  $i$  کاربری  $j$  به کار گرفته نشود،

$a_j$  - تعداد قطعه‌های اختصاص یافته در منطقه به کاربری  $j$ .

آشکار است که تعداد کل قطعه‌های اختصاص یافته در سطح منطقه نباید از تعداد قطعه‌های موجود در منطقه بیشتر باشد یا به عبارتی:

$$\sum_{j=1}^m a_j \leq n \quad (9)$$

مدل حاضر از نوع برنامه‌ریزی خطی صفر و یک است.

2- ابعاد قطعه‌ها بزرگ فرض شود و در هر قطعه بتوان به طور

همزمان چند کاربری زمین در نظر گرفت:

$$(10)$$

$$\text{Max } 10$$

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m S_{ij} X_{ij}$$

با محدودیت‌های

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \geq a_j$$

$$(11)$$

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq a_i$$

$$(12)$$

$$X_{ij} \geq 0$$

$$(13)$$

که در آن :

$S_{ij}$  - امتیاز اصلاح شده قطعه  $i$  برای کاربری  $j$ ,

$m$  - تعداد کاربری زمین مورد استفاده در مطالعات

$$(j = 1, \dots, m)$$

## 6. نمونه حل شده

در نظر است تغییرات کاربری زمین های اطراف شهری، با توجه به سیاستها و سناریوهای سطوح متفاوت کاربریها در سطح منطقه، بررسی شود. سناریوهای سطوح مختلف کاربری زمین شامل پنج سیاست متفاوت است که مقادیر مورد نیاز از هر کاربری برای هر سناریو در جدول 5 آمده است. این منطقه دارای دو راه اصلی و یک راه روستایی است. در این مطالعات، منطقه به 104 قطعه تقسیم شده است و اطلاعات مربوط به امتیاز هر یک از قطعه‌ها برای هر یک از کاربری‌ها موجود است. اطلاعات ارایه شده در شکل 2، نمونه‌ای از این اطلاعات است که متعلق به دو کاربری حفاظتی و صنعتی است. کاربریهای شهری و حفاظتی، دو کاربری اجباری در سطح منطقه هستند. با تخصیص این کاربریها، در هر یک از قطعه‌های باقیمانده، امکان تخصیص چهار کاربری جنگلداری، کاربری کشاورزی، کاربری صنعتی و کاربری ساخت و سازی وجود دارد. این تخصیص و توزیع باید به نحوی باشد که مقادیر سیاست‌های ارایه شده در جدول 5 برای هر یک از کاربری‌ها تأمین شود. از نظر آماری، این مسأله جواب‌های بسیار زیادی دارد. با استفاده از مدل ارایه شده در مقاله حاضر، می‌توان بهترین گزینه که بیشترین امتیاز را برای منطقه برای هر یک از سناریوها ایجاد می‌کند را تعیین کرد. در شکل 3، نحوه توزیع کاربریها برای بهترین گزینه سناریو سوم (تخصیص 10، 37، 45، 5 و 4 قطعه به ترتیب به کاربریهای جنگلداری، کشاورزی، ساخت و ساز عمومی، صنعتی، حفاظت محیط زیست، شهر) آمده است. بیشینه امتیاز کل قابل دستیابی از بهترین گزینه‌های تخصیص کاربری زمین در منطقه برای هر یک از سناریوها در جدول 5 بیان شده است. در ادامه فرض می‌شود در منطقه مورد نظر راه جدیدی احداث شود. این راه می‌تواند به دلایلی چون کشف یک معدن جدید در منطقه ساخته شود. در این حالت 5 سناریوی میزان سطوح کاربری‌های متفاوت قبل، با تغییراتی



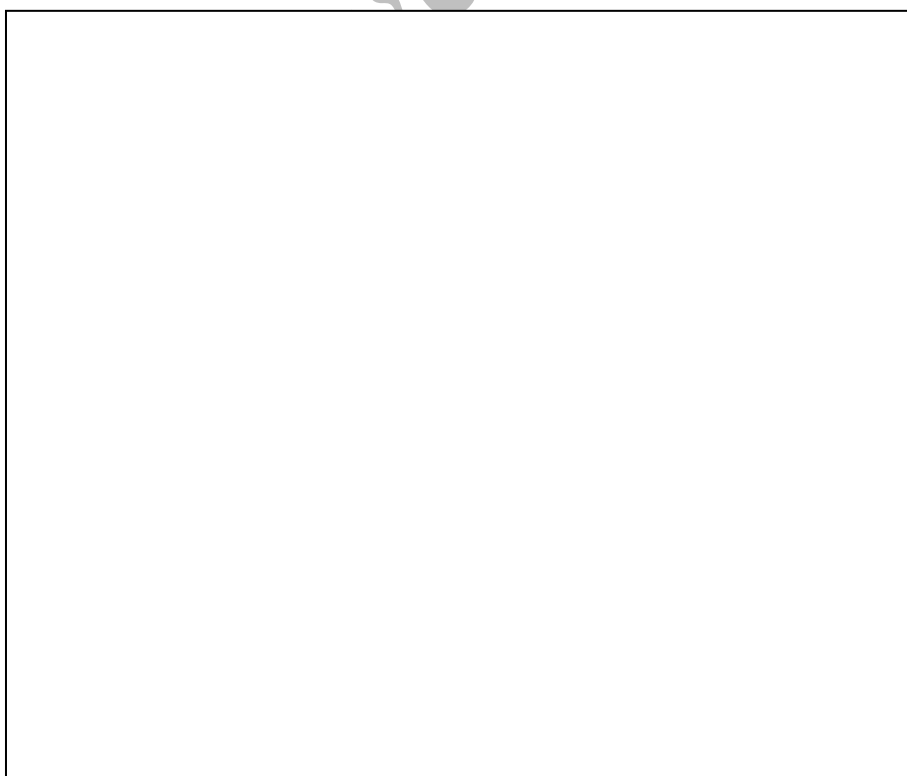
## مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه بر مبنای دسترسی و ارزش افزوده

به طور نمونه آورده شده است. بیشینه امتیاز کل قابل دستیابی از بهترین گزینه‌های تخصیص کاربری زمین در منطقه برای هر یک از سناریوها در جدول 6 بیان شده است. انتخاب یکی از سناریوهای فوق، تصمیمی است که باید با توجه به اهداف منطقه‌ای و ملی، و با توجه به پیش‌بینی‌های تغییرات در کاربری زمین‌های منطقه توسط مدل، صورت گیرد.

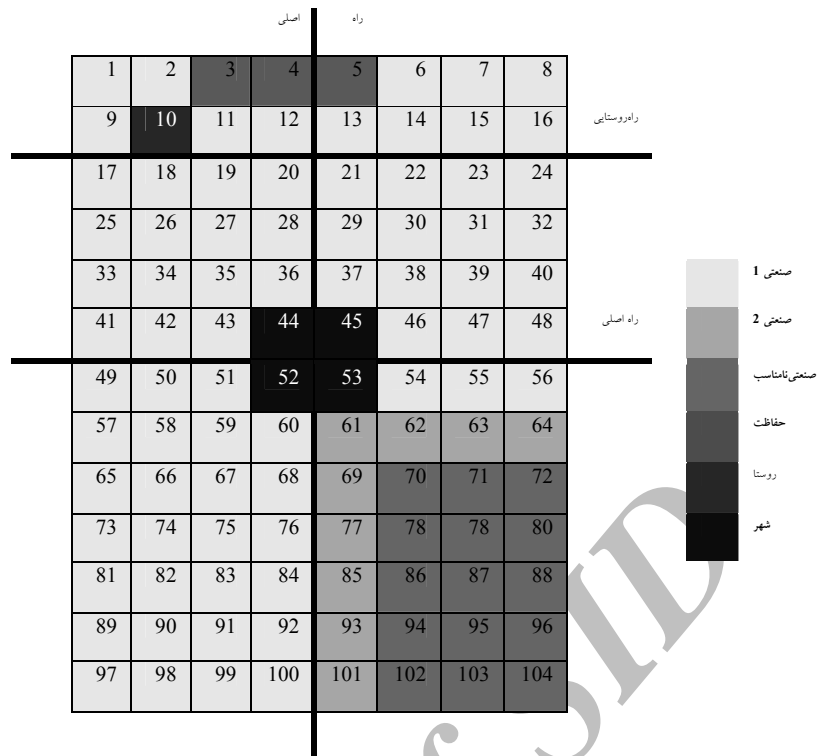
(مطابق جدول 6) مورد بررسی قرار می‌گیرند. برای این حالت نیز به طور نمونه، وضعیت قطعه‌های منطقه برای دو کاربری حفاظتی و کاربری استخراجی در شکل 4 نشان داده شده است. همچنین در شکل 5 بهترین الگوی تخصیص کاربری‌ها برای سناریوی هشتم (تخصیص 45، 31، 10، 5، 6، 3 و 4 قطعه به ترتیب به کاربری‌های جنگلداری، کشاورزی، ساخت و ساز عمومی، صنعتی، استخراجی، حفاظت محیط زیست، شهر)

جدول 5. داده‌ها و امتیاز کل حداکثر سناریوهای مختلف برای حالت اول

| سناریو |        |        |        |        | کاربری    |
|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| اول    | دوم    | سوم    | چهارم  | پنجم   |           |
| 50     | 50     | 45     | 35     | 40     | جنگلداری  |
| 42     | 37     | 37     | 47     | 37     | کشاورزی   |
| 5      | 5      | 10     | 10     | 10     | عمومی     |
| 0      | 5      | 5      | 5      | 10     | صنعتی     |
| 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | استخراجی  |
| 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | حفاظت     |
| 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | شهر       |
| 125/00 | 151/80 | 172/68 | 178/39 | 197/53 | امتیاز کل |

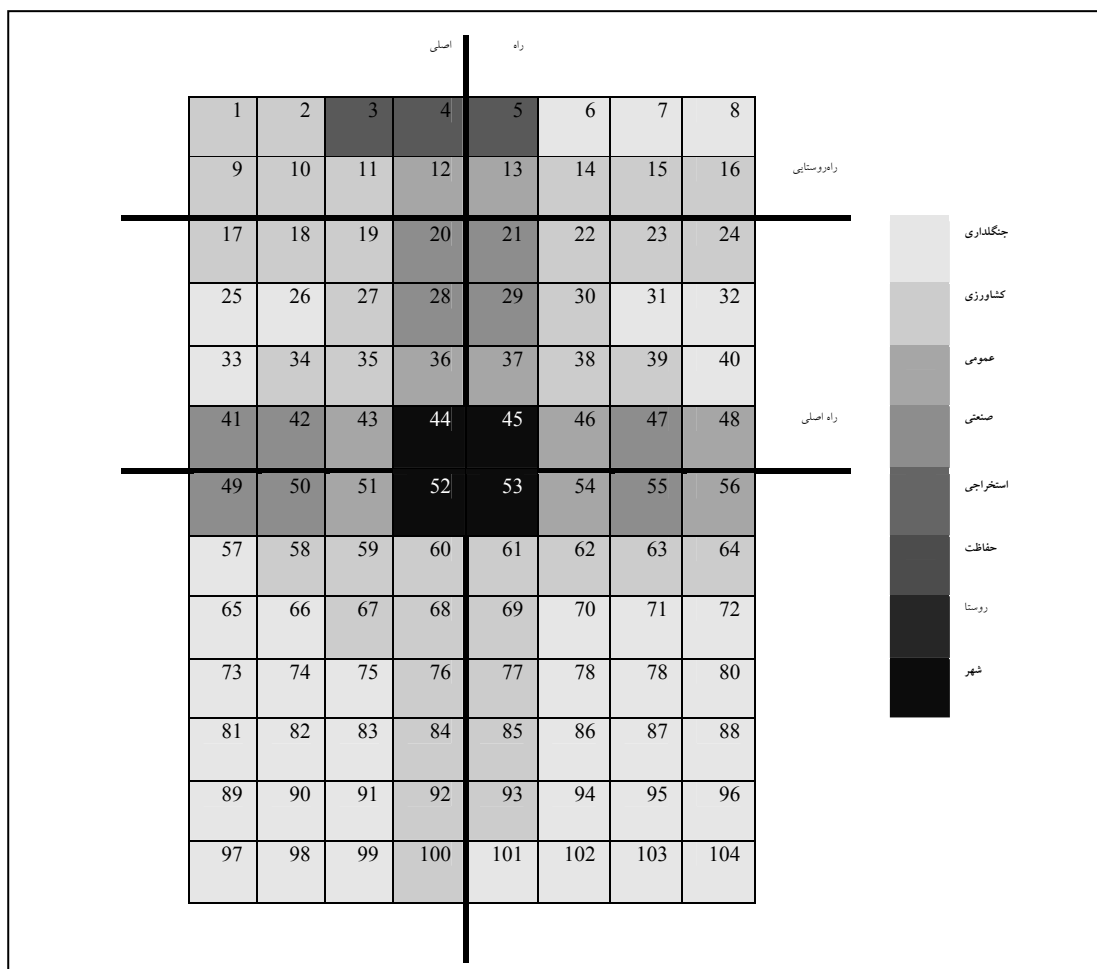


## عامری و برگ گل



شکل 2. شبکه راه‌ها، موقعیت مراکز جمعیتی، وضع موجود کاربری حفاظتی و کاربری صنعتی قطعه‌ها، حالت اول

مدل‌سازی تخصیص کاربری زمین در سطح منطقه بر مبنای دسترسی و ارزش افزوده

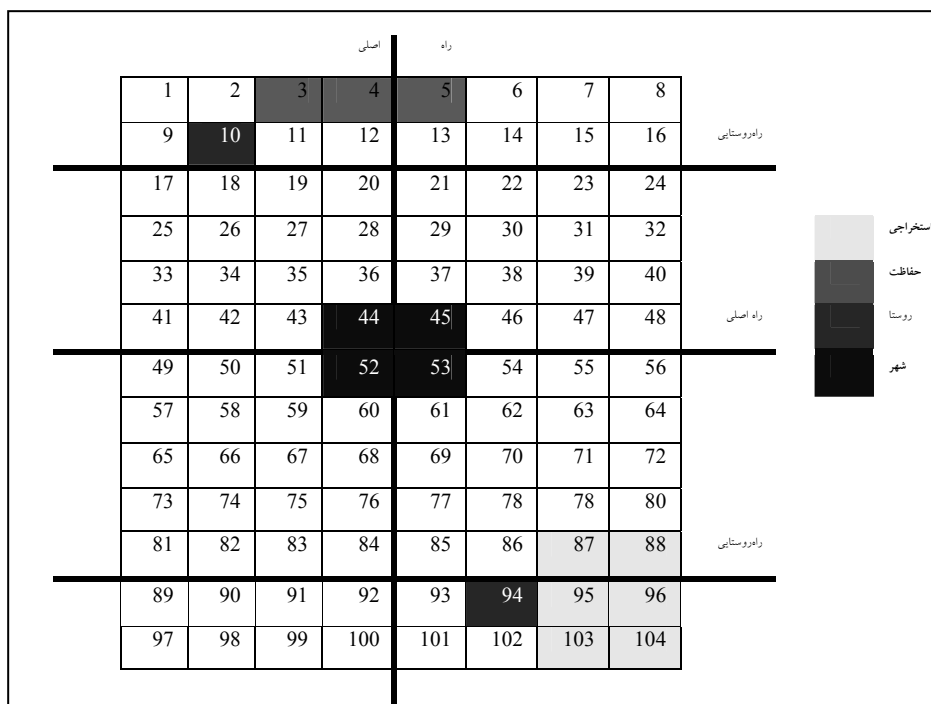


شکل 3. نتایج تخصیص کاربری زمین برای سناریو سوم

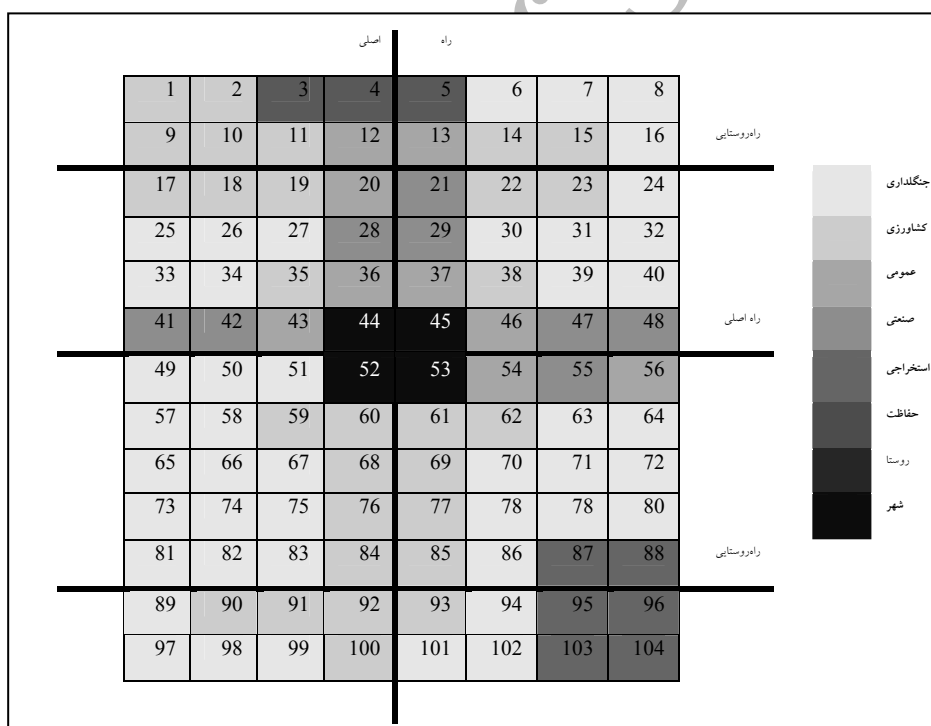
جدول 6. داده‌ها و امتیاز کل حداکثر سناریوهای مختلف برای حالت دوم - احداث راه جدید

| سناریو |        |        |        |        | کاربری    |
|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|
| دهم    | نهم    | هشتم   | هفتم   | ششم    |           |
| 40     | 35     | 45     | 50     | 50     | جنگلداری  |
| 31     | 41     | 31     | 31     | 36     | کشاورزی   |
| 10     | 10     | 10     | 5      | 5      | عمومی     |
| 10     | 5      | 5      | 5      | 0      | صنعتی     |
| 6      | 6      | 6      | 6      | 6      | استخراجی  |
| 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | حفاظت     |
| 4      | 4      | 4      | 4      | 4      | شهر       |
| 197/58 | 178/71 | 172/23 | 150/70 | 124/45 | امتیاز کل |

## عامری و برگ گل



شکل 4. شبکه راه‌ها، موقعیت مراکز جمعیتی و کاربری‌های حفاظتی و استخراجی، حالت دوم



شکل 5. نتایج تخصیص کاربری زمین برای سناریوی هشتم

## 7. نتیجه‌گیری

آن با واقعیت نزدیکی دارد. مدل پیشنهادی امکان توسعه آتی را فراهم می‌کند، یعنی با شناخت عوامل، طبقات و امتیازهای آنها می‌توان تعداد متغیرهای مؤثر در مدل را به راحتی توسعه داد و یا

در مطالعات حاضر، با استفاده از تجارب موجود در کشور و نیز در دنیا و با تعریف چند متغیر جدید، مدلی برای تخصیص بهینه کاربری‌های مختلف در سطح منطقه پیشنهاد شد که جواب‌های

تخصیص کاربری زمین را برای شرایط جدید تعیین می‌کند. این محدودیت معمولاً برای کاربری صنعتی در اطراف شهرها مطرح می‌شود.

## 8. مراجع

1. ساسانیان، عبدالحسین (1364) "اقتصاد جابجایی و پژوهشی در راه‌های استان اصفهان"، چاپ اول، تهران: جهاد دانشگاهی.
2. Khisty, C. J., Lall, B. K. (2003) "Transportation engineering; an introduction", 3<sup>rd</sup> ed., Prentice Hall of India.
3. Von Thunen, J.H. (1966) "Isolated state", an English translation of "Der Isolierte Staat" by C.M. Wartenberg, ed. P. Hall. Oxford: Pergamon Press (originally published in 1926).
4. Chapin, F.S. and Weiss, S.F. (1968) "A probabilistic model for residential growth", Transportation Research 2: pp. 375-390.
5. Kitamura, R., Chen, C. and Pendyala, R.M. (1997) "Generation of synthetic daily activity patterns", Transportation Research Record 1607: pp. 154-162.
6. Morita, H. Hoshino, S. Kagatsume, M. and Mizuno, K. (1997) "An application of the land use change model for the Japan case study area", Interim Report IR-97-065, November. Luxemburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis.
7. Hansen, W.G. (1959) "How accessibility shapes land use" Journal of the American Institute of Planners, 22(2): pp. 73-76.
8. Wilson, A.G. (1974) "Urban and regional models in geography and planning", New York: John Wiley.
9. Romanos, M.C. (1976) "Residential spatial structure", Lexington, Mass: Lexington Books.

با تعریف توابع هدف جدید، مدل را به یک مدل بهینه‌سازی چند هدفه تبدیل کرد.

مدل پیشنهادی امکان بررسی سناریوهای مختلف را ایجاد کرده است، به این ترتیب می‌توان نتایج سیاست‌های مختلف را پیش از اجرا، بررسی و بهترین سناریو را با توجه به شرایط، انتخاب کرد. در مکانیابی شهرهای جدید، بیشتر به درجه مناسب بودن زمین از نظر توسعه شهری (مشخصات مکانی مانند شیب، خاک، آب و ...) توجه می‌شود، در حالی که با داشتن مدل پیشنهادی می‌توان بر نقش شهر در کاربری‌های اطراف نیز توجه کرد. به عبارتی، قبل از تعیین مکان شهر جدید، امکان توسعه اطراف آن را بررسی کرد. تأثیر تغییر هر یک از متغیرها، با توجه به نمونه‌های حل شده و بررسی‌های انجام شده روی مدل به شرح زیر است:

- هر چه امتیاز درجه مناسب بودن کاربری زمین  $J_i$  در قطعه  $i$  ( $P_{ij}$ ) یا به عبارتی امتیاز اولیه بزرگ‌تر باشد احتمال انتخاب آن کاربری برای قطعه مورد نظر را افزایش خواهد یافت.

- هر چه شاخص دسترسی قطعه  $i$  ( $F_{ij}$ ) بزرگ‌تر باشد احتمال انتخاب آن قطعه برای کاربری‌های مختلف افزایش می‌یابد، یا به عبارتی در شرایط مساوی، قطعه‌های با شاخص دسترسی بزرگ‌تر، زودتر تخصیص کاربری می‌یابند.

- هر چه ارزش افزوده نسبی یک کاربری زمین ( $V_j$ ) بزرگ‌تر باشد احتمال انتخاب قطعه‌های بهتر (دارای درجه مناسب بودن بزرگ‌تر یا فاصله کمتر و در مجموع دارای امتیاز اصلاح شده بزرگ‌تر) برای آن کاربری زمین افزایش می‌یابد.

- کاربری صنعتی با داشتن بزرگ‌ترین عدد ارزش افزوده نسبی ( $V_j$ )، قوی‌ترین کاربری در تملک زمین است، به این ترتیب در صورتی که هیچ محدودیتی وجود نداشته باشد مدل، نزدیک‌ترین قطعه‌های مناسب در اطراف شهرها را به این کاربری تخصیص می‌دهد. سایر کاربریها نیز با توجه به ارزش افزوده نسبی خود در موقعیت‌های بعدی برای تملک زمین قرار می‌گیرند.

- در صورت وجود محدودیت قانونی برای استقرار یک کاربری در قطعه‌های خاص در سطح منطقه، مدل پیشنهادی، از تخصیص کاربری مورد نظر به آن قطعه‌ها خودداری کرده و کاربری مورد نظر را با توجه به تابع هدف و محدودیت‌های مسئله به قطعه‌های دیگر منتقل می‌کند و بهترین الگوی

10. مخدوم، مجید (1378) "شالوده آمایش سرزمین"، چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
11. FAO (1993) "Guidelines for land use planning", Soil resources, management and conservation service, FAO Development Series, Rome.
12. سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر حقوقی و امور مجلس. (1379) "مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران"، جلد اول، چاپ اول، تهران، سازمان محیط زیست.
13. سازمان حفاظت محیط زیست، دفتر حقوقی و امور مجلس. (1379) "مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط زیست ایران، معاهدات بین‌المللی"، جلد دوم، چاپ اول، تهران، سازمان محیط زیست.
14. Taha, A. H. (2003) "Operations research, an introduction", 7<sup>th</sup> ed., Prentice Hall of India.
15. مرکز آمار ایران (1384) "سالنامه آماری کشور 1383"، تهران: مرکز آمار ایران.
16. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و وزارت راه و ترابری (1375) "آیین‌نامه طرح هندسی راهها (نشریه شماره 161)"، چاپ اول، تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی.
17. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها (1378)، "آیین‌نامه طرح هندسی راه روستایی"، نشریه شماره 196، چاپ اول، تهران.

#### پانویس‌ها

1. Land Suitability
2. Standard Industrial Classification
3. International Standard Industrial Classification
4. Delphi Method