*Town & Country Planning* *https://jtcp.ut.ac.ir/*
*Vol. 13, No. 2, Autumn & Winter 2021-2022* *Print ISSN: 2008-7047*
*Manuscript Type: Research Paper* *Online ISSN: 2423-6268*
*DOI: 10.22059/jtcp.2021.325166.670231*

# The Provision of an Optimal Model for the Demarcation of the Protected Areas of Gas Transmission Operational Areas Using Spatial Allocation Method

**Touraj Karimi, Amin Faraji***

*Assistant Professor, Faculty of Management and Accounting, College of Farabi, University of Tehran, Qom, Iran*

(Received: June 6, 2021; Accepted: September 29, 2021)

## Abstract

One of the main challenges in the energy transmission arena (especially the natural gas transmission) in Iran is the optimal demarcation of operational boundaries in order to cover the whole land. In other words, over time and due to the changes in the consumption level and the facilities installed in the related areas, the boundaries defined as the operational areas have lost their optimal response potential, and there have appeared challenges such as more difficult access, increased volume and importance of transmission, etc. Therefore, it is necessary to define and demarcate new boundaries based on these changes. As a result, this article addressed the optimal model for the demarcation of natural gas transmission operational areas using spatial allocation method. Spatial allocation method is an instrument for maximum optimization and high access in various algorithms. The spatial allocation methods that are usually used for positioning stations and work facilities are a great instrument for planning the public services. In this study, in line with using comparative studies and external experiences, instruments such as interview (for the determination of indices), statistical tests in GIS, weighing methods, etc., were used. According to the obtained results, the number of yards and areas should be fixed, but the boundaries of the operational natural gas transmission areas and yards should be mobilized maximally to match the defined scenario so that maximum optimization is achieved.

## Keywords

operational natural gas transmission areas, location allocation, Gas Transmission Company, operational yards, boundary.

* **Corresponding Author, Email:** a.faraji@ut.ac.ir

آمایش سرزمین
دورهٔ ۱۳، شمارهٔ دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۰
صفحات ۴۱۹-۳۹۵ (پژوهشی)

Print ISSN: 2008-7047
Online ISSN: 2423-6268
http://jtcp.ut.ac.ir

# ارائهٔ الگوی بهینهٔ مرزبندی حوزهٔ استحفاظی مناطق عملیاتی انتقال گاز به روش تخصیص مکانی

**تورج کریمی، امین فرجی***

استادیار، دانشکدهٔ مدیریت و حسابداری، دانشکدگان فارابی دانشگاه تهران، قم، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶ ـ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷)

## چکیده

یکی از چالش‌های اساسی در حوزهٔ انتقال انرژی، به‌خصوص انتقال گاز، در ایران تعیین بهینهٔ مرزهای عملیاتی انتقال جهت پوشش سراسری سرزمین است. به بیان دیگر، در گذر زمان و با تغییر سطح مصرف و نیز تجهیزات بناشده در مناطق، مرزهای تعریف‌شده به عنوان مناطق عملیاتی امکان پاسخ‌دهی بهینه را از دست داده‌اند و چالش‌هایی چون دسترسی سخت‌تر، حجم و اهمیت انتقال، و ... ضرورت دارد بر مبنای تغییرات به‌وجودآمده مرزهای جدیدی تعریف و تدقیق شود. از این رو، در این نوشتار، هدف پرداختن به موضوع الگوی بهینهٔ مرزبندی مناطق عملیاتی انتقال گاز بود که در این زمینه از روش تخصیص مکانی بهره گرفته شد. ابزار تخصیص مکانی در راستای بهینه‌سازی حداکثری و دسترسی بالا در انواع مختلف الگوریتم‌هاست. مدل‌های تخصیص مکانی که معمولاً برای جایابی ایستگاه‌ها و تجهیزات کاری به کار می‌روند ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی خدمات عمومی‌اند. در این پژوهش، در کنار مطالعات تطبیقی و بهره‌گیری از تجارب خارجی، از ابزارهایی مانند مصاحبه به منظور تعیین شاخص‌ها، آزمون‌های آماری در GIS، روش‌های وزن‌دهی، و ... بهره گرفته شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، تعداد یاردها و مناطق ثابت اما مرز مناطق و یاردهای عملیاتی انتقال گاز بر مبنای سناریوی تعریف شده و در راستای بهینه شدن، حداکثر جابجایی را داشته باشند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## کلیدواژگان

تخصیص مکانی، شرکت انتقال گاز، مرز، مناطق عملیاتی انتقال گاز، یاردهای عملیاتی

---

* رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: a.faraji@ut.ac.ir

## مقدمه

تعیین محدودهٔ منطقهٔ برنامه‌ریزی اولین قدم در فرایند هر نوع برنامه‌ریزی منطقه‌ای است. در واقع، به دلیل محدود بودن ظرفیت‌های عملیاتی تیم برنامه‌ریزی و نامحدود بودن معیارهای تعیین مقیاس عمل، تعیین مرز محدودهٔ برنامه‌ریزی، به‌رغم جنبه‌های منفی آن، از منظر بهینه‌سازی ارائهٔ خدمات و نیز ارتقای راندمان دارای اهمیت ویژه است. تعیین مناطق رسمی برنامه‌ریزی دربردارندهٔ واحدهایی با مشخصاتی بر مبنای معیارهای تعریف‌شده است که حداکثر تشابه درونی و تفاوت بیرونی را دارند. این معیارها می‌توانند متناسب با هدف برنامه‌ریزی به صورت معیارهای اقتصادی (میزان بی‌کاری، میزان فعالیت، روند مهاجرت، درآمد سرانه، و ...)، اجتماعی، طبیعی، و ... باشند.

فارغ از مباحث صرف در حوزهٔ مرز، می‌توان به نوع خاصی از مرز و محدوده اشاره کرد که مبنای برنامه‌ریزی و ارائهٔ خدمات در فرایند خدمات‌رسانی است. این نوع از مرز را به بیان ساده‌تر می‌توان مرز برنامه‌ریزی یا مرز منطقهٔ برنامه‌ریزی نامید (آسایش ۱۳۸۱؛ اجلالی ۱۳۷۳؛ حسین‌زادهٔ دلیر ۱۳۸۵). مرز، به عنوان محدودهٔ ترسیم‌شده، جهت تعیین شعاع عمل و مقیاس فعالیت در حوزهٔ عملیاتی خاص است. مرزبندی قلب مطالعات برنامه‌ریزی منطقه‌ای شناخته می‌شود و آنچه در این نوشتار مورد توجه است شاخص‌ها و مبانی مد نظر در تدقیق حوزه و محدودهٔ مرز منطقهٔ برنامه‌ریزی به طور عام و محدودهٔ عملیاتی مناطق انتقال گاز است.

با توجه به توسعهٔ خطوط لوله و شبکه‌های سراسری و همچنین افزایش تعداد ایستگاه‌های تقویت فشار گاز و توربوکمپرسورهای موجود در ایستگاه‌های قدیمی، به نظر می‌رسد بازنگری زون‌بندی و مرزهای مناطق عملیاتی شرکت انتقال گاز ایران می‌تواند به تخصیص صحیح و تسطیح منابع موجود منجر شود. از آنجا که تخصیص منابع مالی و تجهیزات فیزیکی نظیر ماشین‌آلات و همچنین تخصیص منابع انسانی و گریدبندی مشاغل همگی به میزان مسئولیت‌های مالی و فیزیکی و نظایر آن بستگی دارد، اصلاح مرزبندی و در نظر گرفتن شاخص‌های متعدد در این کار می‌تواند مبنای مناسبی برای برنامه‌های آتی هر منطقهٔ عملیاتی باشد. در حال حاضر شرکت ملی انتقال گاز به نسبت سال‌های اولیه تعریف مرزبندی فعلی به جهت توسعهٔ تجهیزات، افزایش تعداد نیروی انسانی، و ... درگیر چالش‌هایی شده است که عدم پرداخت و مرزبندی مجدد منجر به بروز چالش‌های عملکردی خواهد شد.

## مبانی نظری

علم مکان‌یابی و به تبع آن مرزبندی ریشه در مباحث تحلیل مکانی دارد که اولین بار با کارهای تونن[1] در سال ۱۸۲۶ با عنوان تخصیص کاربری زمین[2] و کار لانهارت[3] و وبر[4] در سال ۱۹۰۹ با عنوان مکان صنعتی[5] مطرح شد. روش‌های مکان‌یابی، مدل‌های تخصیص، و الگوریتم‌های مرزبندی در پنجاه سال اخیر توسعهٔ زیادی یافته است (Church & Murray 2009). بنابراین امکان تشریح همهٔ مدل‌ها و الگوریتم‌های مربوطه در این نوشتار وجود ندارد. به همین دلیل، تمرکز اصلی در ادامهٔ این بخش بر تشریح یکی از روش‌های رایج و پرکاربرد مرزبندی، به نام تخصیص مکانی[6] یا به‌اختصار روش LA، است. مسئلهٔ LA با مسئلهٔ مکان‌یابی تفاوت دارد. چون جریان کالا یا خدمات و تخصیص خدمات به مشتریان از قبل مشخص و ثابت نیست و به عنوان یکی از خروجی‌های مسئله به دست می‌آید (Geoffrion & McBride 1978; Beasley 1988).

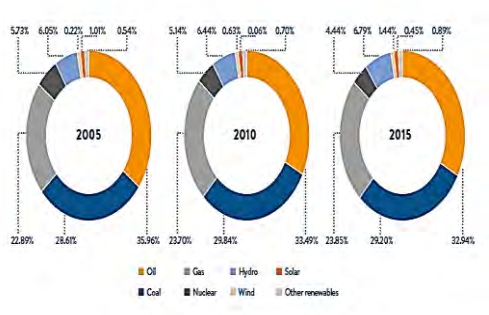
از دههٔ ۱۹۷۰، روش‌های ابتکاری مبتنی بر استراتژی جست‌وجو توسعه یافت و بسیاری از این روش‌ها در حل مسئلهٔ LA به کار گرفته شد (Mladenović et al. 2007). روش‌هایی مانند شبیه‌سازی تبریدی[7]، الگوریتم ژنتیک[8]، جست‌وجوی همسایگی[9]، GRASP[10]، و جست‌وجوی تابو[11] در حل مسئلهٔ p-median به کار گرفته شد که نمونهٔ آن استفاده از GRASP در ماژول تخصیص مکانی موجود در Esri است. در بیست سال گذشته به واسطهٔ وارد شدن GIS و اضافه شدن دستورهای مرتبط با تخصیص مکانی به نرم‌افزارهایی نظیر Esri پیشرفت‌های گسترده‌ای در این حوزه اتفاق افتاده است. البته این قابلیت‌ها در سایر سیستم‌ها نظیر TransCAD نیز وارد شده است (Murray et al. 2018).

1. Thunen
2. land-use allocation
3. Launhardt
4. Weber
5. industrial location
6. location-allocation
7. simulated annealing
8. genetic algorithms
9. variable neighborhood search
10. greedy randomized adaptive search procedure
11. tabu search

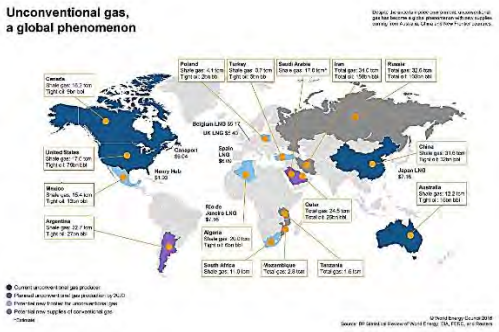
مدل‌های LA، که معمولاً برای جایابی ایستگاه‌ها و تجهیزات کاری به کار می‌روند، ابزاری مناسب برای برنامه‌ریزی خدمات عمومی‌اند. GIS و به طور مشخص مدل‌های تخصیص مکانی موجود در GIS به طور گسترده برای برنامه‌ریزی تجهیزات به کار گرفته می‌شوند. در واقع، سه روش در GIS برای برنامه‌ریزی تجهیزات وجود دارد. روش اول، که به آن متد محدودهٔ منطقه[1] می‌گویند، اقدام به ایجاد بافر به دور تجهیزات موجود متناسب با ظرفیت و اندازهٔ سایت می‌کند. در این روش به توزیع جمعیت یا مشتریان و همچنین به مکان فعلی ایستگاه یا تجهیزات و کارآیی آن توجه نمی‌شود. در روش دوم، که به آن روش تخصیص[2] می‌گویند، جمعیت یا متقاضیان موجود در یک شبکه به نزدیک‌ترین تجهیزات پیشنهادی یا تجهیزات موجود تخصیص داده می‌شوند. این روش هم مانند روش بافر است با این تفاوت که به توزیع مشتریان هم توجه دارد. برای اجرای این روش حتماً باید داده‌های شبکه موجود باشد که معمولاً این اطلاعات در پایگاه دادهٔ GIS وجود ندارد. روش سوم، که به آن تحلیل تناسب مکانی[3] می‌گویند، یکی از توابع رایج موجود در GIS برای تحلیل مکانی است. در این روش، مکان‌های مختلف بر اساس تعدادی از معیارها ارزیابی و شناسایی می‌شوند. در عمل، معمولاً دو روش اول با روش سوم ترکیب می‌شوند. به این ترتیب که ابتدا از طریق روش سوم مکان‌های مناسب انتخاب و بر اساس روش بافر یا روش تخصیص ارزیابی می‌شوند. اما این روش‌ها هیچ‌یک بهینه بودن نتایج را تضمین نمی‌کنند.

در حوزهٔ مطالعات انجام‌شده در خصوص مرزبندی گاز می‌توان به گزارش شورای انرژی جهانی[4] در سال ۲۰۱۶ اشاره کرد که نشان می‌دهد هنوز سوخت‌های فسیلی و منابع انرژی، مانند نفت و گاز، رتبه‌های اول و دوم بهره‌برداری را در کرهٔ زمین به خود اختصاص داده‌اند. چنان که در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود برخلاف روند کاهشی بهره‌گیری از نفت (از ۳۵/۹۶ درصد به ۳۲/۹۴) روند بهره‌گیری از گاز، به منزلهٔ منبعی پاک‌تر و ارزان‌تر و پرکاربرد، از ۲۲/۸۹ درصد در سال ۲۰۰۵ به ۲۳/۸۵ درصد در سال ۲۰۱۵ رسیده است. همچنین، بر اساس شکل ۲ از نظر حجم منابع بالقوهٔ گاز جهت بهره‌برداری ایران در رتبهٔ نخست قرار دارد.

1. buffer zones
2. allocation method
3. spatial analysis
4. world energy concil




**شکل ۱. مصرف مقایسه‌ای انرژی در دنیا در ده سال منتهی به سال ۲۰۱۵ (World Energy Council 2016)**




**شکل ۲. چشم‌انداز جدید استخراج گاز طبیعی در کرهٔ زمین (World Energy Council 2016)**

نکته‌ای که در گزارش شورای انرژی جهانی در خصوص منطقه‌بندی مناطق گاز حائز اهمیت است توجه به معیار حجم استفاده در فرایند تولید است. به بیان دیگر، شاخص مرجع در ترسیم مرز مناطق گاز نوع و میزان استفاده از گاز طبیعی است. اما، در عین حال، نکتهٔ قابل تأمل در این گزارش توجه به زنجیرهٔ ارزش گاز طبیعی است که می‌تواند مبنایی برای تعیین مرز در هر زنجیره باشد (شکل ۳).

**شکل ۳. زنجیرهٔ ارزش گاز طبیعی و مبنای تعیین مرز (World Energy Council 2016)**

با توجه به مطالعات ایکوکو سی. یو.[1] (۱۹۹۲) عوامل مختلفی وجود دارد که بر طراحی مرز مناطق شبکهٔ انتقال گاز تأثیر می‌گذارد. برخی از این عوامل عبارت‌اند از:

ـ ناحیهٔ انتقال؛

ـ ویژگی‌های طبیعی؛

ـ حداکثر طول مسیر انتقال؛

ـ موقعیت مکانی فعالیت‌ها؛

ـ توزیع مکانی سکونتگاه‌ها؛

ـ ایمنی و پرسنلی که در خط لوله یا در نزدیکی آن کار می‌کنند؛

ـ حفاظت از محیط زیست و سایر خصوصیات و امکانات، از جمله تداخل‌های الکتریکی؛

ـ شرایط ژئوتکنیکی و هیدرولوژیکی؛

ـ الزامات ساخت و بهره‌برداری و نگهداری خط لوله؛

ـ اکتشافات آینده و برنامه‌های توسعه؛

ـ وجود آثار باستانی یا تاریخی، جنگل‌های حفاظت‌شده، پارک‌های ملی، و غیره (MADUABUCHI 2011).

جاماسب و همکارانش (۲۰۱۷) با مطالعهٔ پیشینهٔ موضوع، دربارهٔ ارزیابی مقایسه‌ای[2] شرکت‌های انتقال و توزیع گاز و روش‌شناسی‌های آن، به متغیرهای استفاده‌شده در هجده مطالعهٔ مشابه به شرح زیر اشاره کرده‌اند:

- هزینه‌های عملیاتی (فیزیکی)؛
- تعداد کارکنان؛
- آب‌وهوا؛
- تراکم جمعیت یا مشتری؛
- زمان؛
- عمر شبکه؛

1. Ikoku C. U
2. benchmarking

- تحویل یا توان؛
- ظرفیت (پیک)؛
- هزینه‌های عملیاتی (پولی).

بدین ترتیب جاماسب و همکارانش (۲۰۰۷) برای بررسی محدودهٔ انتقال گاز در اروپا از متغیرهای درج‌شده در جدول ۱ بهره برده‌اند.

**جدول ۱. لیست عوامل هزینه‌ای یا متغیرهای مستقل در تعیین مرز (MADUABUCHI 2011)**

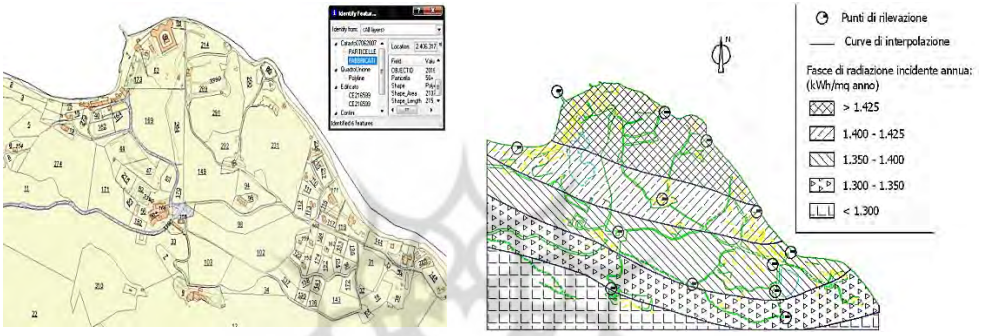
| نام | ترکیب (واحد) |
|---|---|
| تحویل | کل توان عملیاتی گاز منتقل‌شده (متر مکعب در سال) |
| شاه‌خط[1] | طول کل خطوط لوله (کیلومتر) |
| ایستگاه‌ها | تعداد کل ایستگاه‌های کمپرسور |
| واحدها | تعداد کل واحدهای کمپرسور |
| ظرفیت | حداکثر مقیاس‌های حال و گذشتهٔ زمان‌های اوج (پیک) تحویل تعداد روزهای سال (مترمکعب در سال) |
| ضریب بار | تحویل بیش از ظرفیت (٪) (به ملاحظات ظرفیت نگاه کنید.) |

در مقیاس محلی نیز می‌توان به گزارش اتحادیهٔ اروپا در خصوص اجتماعات محلی محدودهٔ دریای مدیترانه اشاره کرد. مجموعهٔ شاخص‌های پیشنهادی این گزارش به قرار زیر است:

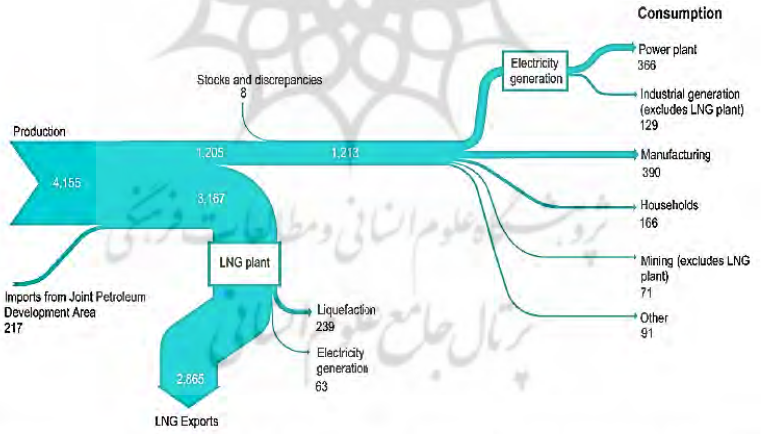
- **مکان منطقه**: مختصات جغرافیایی، گسترهٔ فضایی، نزدیکی به مناطق مسکونی؛
- **زمین‌شناسی محدوده**: دشت، تپه‌ای، کوهستانی، ساحلی، داخلی، محدودهٔ جزیره‌ای، جریان‌های آبی؛
- **مردم‌شناسی**: تعداد ساکنان، تراکم مسکونی (نوع فرم شهری متمرکز و پراکنده)؛
- **مشخصه‌های محیطی**: مشخصات کلیدی زیست‌محیطی، پارک‌ها، و ...؛
- **ترتیبات اجتماعی ـ اقتصادی**: شناسایی فعالیت‌های اصلی و کلیدی (صنعت، گردشگری، و ...).

1. mains

در کشور استرالیا، گاز طبیعی در حدود ۲۵ درصد انرژی مصرفی در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۷ را به خود اختصاص داده است. علاوه بر مصارف خانگی، در استرالیا گاز طبیعی در حوزه‌هایی چون صنعت (بخش پلاستیک و شیمیایی و ...)، تولید برق، مصارف نیروگاه‌ها، و ... نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این رو، منطقه‌بندی در این کشور بر اساس نوع و میزان استفاده از گاز است (شکل ۵).



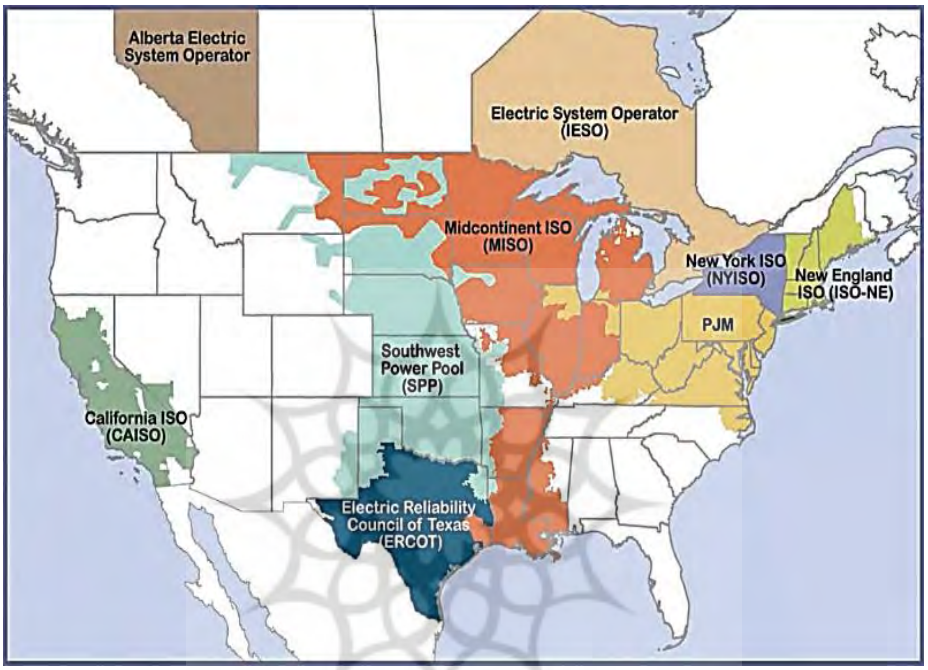

**شکل ٤. مبنای تعیین مرز مناطق انتقال انرژی در محدودهٔ مقیاس محلی اروپا (EASY AGENCY 2018)**




Note: Gas used at LNG plants for liquefaction and electricity generation is included in total gas consumption in the AES, but has been disaggregated in this figure.
Source: Department of the Environment and Energy (2018) *Australian Energy Statistics*, Tables A and F and internal sources

**شکل ۵. الگوی مصرف و منطقه‌ای توزیع گاز طبیعی در استرالیا**

نمونهٔ دیگری که در حوزهٔ مرزبندی انرژی می‌توان نام برد مربوط به انرژی برق در ایالات متحده است. در این کشور، به منظور توزیع برق، سازمانی با نام «سازمان انتقال منطقه‌ای»[1] بر مبنای بازار و وضعیت رقابتی با سایر منابع انرژی اقدام به تعیین حدود مرز منطقه می‌کند (نقشهٔ ۶).




**نقشهٔ ۶. نقشهٔ سازمان انتقال منطقه‌ای (RTO) (SOURCE: FERC 2016a)**

## روش‌شناسی

روش این تحقیق از نظر هدف کاربردی بود و از نظر نوع در دسته‌بندی مطالعات توصیفی و تحلیلی قرار می‌گیرد. شیوهٔ گردآوری داده‌ها در این پژوهش اسنادی و میدانی بود. از این رو، همهٔ گزارش‌ها و مقالات و نیز کتب مرتبط با حوزهٔ مرزبندی انرژی و روش تخصیص مکانی از طریق پایگاه‌های معتبر ـ مانند الزیویر، اسکوپوس، تیلور اند فرانسیس، گوگل اسکولار، و ...ـ مطالعه شد. ابزار استفاده‌شده نرم‌افزار ArcGIS بود. قلمرو مکانی این پژوهش پهنهٔ سرزمینی کل کشور در بازهٔ

1. regional transmission organization

زمانی دوساله، از مهر ۱۳۹۸ تا خرداد ۱۴۰۰، انتخاب شد. تخصیص مکانی را می‌توان به سه نوع مسئله تقسیم کرد که هر مسئله به سؤالی خاص به شرح زیر پاسخ می‌دهد:

**حداکثر حضور:** در این مسئله باید تجهیزات یا مکان‌های خدمت‌رسانی به گونه‌ای استقرار یابند که امکان بهره‌مندی بیشترین متقاضیان از مجموع خدمات حاصل شود. در واقع، فرض بر این است که افراد دورتر به هر ایستگاه تمایل کمتری به استفاده از خدمات آن ایستگاه دارند. بنابراین، باید تجهیزات به گونه‌ای مکان‌یابی شوند و خدمت‌گیرندگان به گونه‌ای به هر مرکز تخصیص یابند که بیشترین تقاضا برآورده شود. این مسئله بیشتر برای شرکت‌ها و فروشگاه‌های خصوصی، نظیر رستوران‌ها و داروخانه‌ها و کافی‌شاپ‌ها، مورد استفاده قرار می‌گیرد.

**حداکثر سهم بازار:** در این مسئله به دنبال آن هستیم تا با تعدادی محدود از تجهیزات امکان جذب بیشترین تقاضا را در شرایط رقابت فراهم آوریم. فروشگاه‌های همیشه‌تخفیف، که به دنبال افزایش سهم بازار در رقابت با دیگر فروشگاه‌ها هستند، می‌توانند به کمک این نوع مدل‌سازی بیشترین سهم بازار را نصیب خود کنند.

**رسیدن به سهم بازار هدف‌گذاری‌شده:** در این نوع مسئله هدف آن است که با حداقل تجهیزات ضروری هدف تعیین‌شده برای سهم بازار محقق شود. در واقع، در این نوع مسئله سهم بازار مورد نظر ابتدا هدف‌گذاری می‌شود و پس از آن به کمک این نوع مدل‌سازی تعداد حداقل تجهیزات مورد نیاز برای تحقق هدف مشخص می‌شود.

داده‌هایی که برای هر یک از انواع مسائل یادشده نیاز است به شرح جدول ۲ است. گفتنی است همهٔ شاخص‌ها در فرایند میدانی و از مصاحبه‌های انجام‌گرفته با مدیران مناطق عملیاتی و نیز مدیریت‌های ستاد مرکزی شرکت ملی انتقال گاز ایران استخراج شده است.

**جدول ۲. نیازهای اطلاعاتی و شاخص‌های مورد سنجش (نگارندگان ۱۴۰۰)**

| نوع مسئله[1] / نیازهای اطلاعاتی مسئله | حداکثر حضور[2] | حداکثر سهم بازار[3] | سهم بازار هدف‌گذاری‌شده[4] |
|---|---|---|---|
| تعداد ایستگاه‌های پیش‌فرض | بله | بله | خیر |
| فاصلهٔ دسترسی حد آستانه (حداکثر فاصله مکانی یا حداکثر فاصله زمانی که یک متقاضی بالقوه می‌تواند با ایستگاه یا تجهیزات خدمت‌دهنده داشته باشد.) | بله | بله | بله |
| سهم بازار هدف‌گذاری‌شده (درصدی از تقاضای موزون که برای رسیدن به آن هدف‌گذاری شده است. در واقع، حل مسئله به گونه‌ای خواهد بود که حداقل ایستگاه‌ها یا تجهیزات برای تحقق سهم بازار مشخص شود.) | خیر | خیر | بله |
| ویژگی‌های شبکه (طول یا زمان) (مشخص بودن شبکهٔ راه‌ها بر مبنای فاصله یا زمان) | بله | بله | بله |
| لایهٔ ایستگاه‌های کاندید یا مکان ایستگاه‌های بالقوه | بله | بله | بله |
| جذابیت یا وزن هر یک از ایستگاه‌های بالقوه | اختیاری | اختیاری | اختیاری |
| لایهٔ ایستگاه‌ها یا تجهیزات موجود (لایهٔ مربوط به مکان ایستگاه‌های موجود) | بله | بله | بله |
| جذابیت یا وزن هر یک از ایستگاه‌های موجود | اختیاری | اختیاری | اختیاری |
| لایهٔ رقبا (لایهٔ مربوط به موقعیت مکانی ایستگاه‌های رقبا) | خیر | بله | بله |
| جذابیت یا وزن هر یک از ایستگاه‌های رقبا | خیر | اختیاری | اختیاری |
| لایهٔ تقاضا (لایه‌ای که نشان‌دهندهٔ مشتریان یا نقاط خدمت‌گیرنده از تجهیزات باشند.) | بله | بله | بله |
| جذابیت یا وزن هر یک از متقاضیان | اختیاری | اختیاری | اختیاری |
| تابع اثرگذاری (اثر فاصله بر هر یک از مشتریان را مشخص می‌کند.) | اختیاری | اختیاری | اختیاری |

خروجی الگوریتم تخصیص مکانی چهار لایه به شرح زیر است:

۱. **مکان‌های انتخابی**: لایه‌ای که مکان‌های پیشنهادی برای ایجاد ایستگاه یا استقرار تجهیزات را نشان می‌دهد.

1. problem type
2. maximize attendance
3. maximize market share
4. target market share

۲. **پلیگون ناحیهٔ دسترسی**: این لایه پلیگون یا نقاط تقاضایی را که به هر یک از ایستگاه‌ها تخصیص یافته نشان می‌دهد. می‌توان گفت مرزبندی هر ایستگاه است.
۳. **لایهٔ سهم بازار**: این لایه نشان‌دهندهٔ درصد سهم تقاضای پوشش‌داده‌شده توسط هر ایستگاه است.
۴. **دیاگرام عنکبوتی**: این لایه فاصلهٔ مستقیم بین نقاط متقاضی و ایستگاه‌های خدماتی را نشان می‌دهد.

مدل‌های LA معمولاً به دو دسته مسائل p-median و پوشش تقسیم می‌شوند. هدف در مسئلهٔ p-median مکان‌یابی تعداد مشخص از ایستگاه‌هاست؛ به گونه‌ای که کل مسافت طی‌شده توسط مشتریان بین محل ایستگاه کاری و محل مشتری حداقل شود.

## یافته‌ها و بحث

آنچه در این تحقیق، به عنوان سناریوی مبنا، در تحلیل و مرزبندی مناطق عملیاتی گاز مد نظر قرار گرفت تغییر مرزبندی یاردهای فعلی بدون تغییر تعداد یاردها و تغییر مرزبندی مناطق عملیات انتقال گاز بدون تغییر تعداد مناطق بود. برای اجرای این سناریو رویکرد پایین به بالا به کار رفت. بنابراین، در پایین‌ترین سطح عملیات مرزبندی یاردها بهینه می‌شود و پس از آن، بر اساس مرزهای جدید یاردها، مرزبندی مناطق عملیات انتقال گاز پیشنهاد می‌شود. به منظور اجرای سناریوی مرزبندی، که پیش‌تر بدان اشاره شد، در این پژوهش گام‌های زیر برداشته شد:

۱. تعریف دقیق مسئله؛
۲. توسعهٔ مدل ریاضی؛
۳. حل مدل؛
۴. ارزیابی نتایج؛
۵. تحلیل نهایی جهت به‌کارگیری نتایج.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

معمولاً در بیشتر مطالعات انجام‌شده در حوزهٔ مرزبندی و مکان‌یابی گام‌های ۱ تا ۴ برداشته شده است و محققان وارد فاز اجرایی و به‌کارگیری نشده‌اند. در ادامه، گام‌های ۱ تا ۵ برای اجرای سناریوی اول به طور کامل تشریح شده است.

**در سناریوی مد نظر، تعداد یاردهای عملیاتی ثابت می‌ماند و صرفاً مرزبندی یاردها تغییر خواهد کرد. بدین منظور فرض‌های زیر برای مسئله در نظر گرفته شده است:**

- تعداد یاردهای عملیاتی که وارد مدل‌سازی شده‌اند ۵۵ یارد بود. این یاردها یاردهای اصلی بودند که اطلاعات آن‌ها در سامانهٔ GIS شرکت انتقال گاز موجود بود.
- از آنجا که بر اساس نظر خبرگان در ده منطقهٔ عملیاتی شرکت انتقال گاز و مصاحبه‌های صورت‌گرفته با کمیتهٔ راهبری ظرفیت یاردها از منظر تعداد نیروی انسانی، تعداد ماشین‌آلات، تعداد ساختمان‌ها، تعداد انبارها، تعداد خودروها، و نظایر آن نشان‌دهندهٔ توان یاردها نیست و در مرزبندی بی‌تأثیر است ظرفیت همهٔ یاردهای عملیاتی یکسان در نظر گرفته شد.
- از آنجا که دسترسی به اطلاعات GIS شرکت انتقال گاز محدود بود و اجازهٔ دسترسی به شبکهٔ خطوط انتقال به صورت یکپارچه داده نشد، داده‌ها به صورت پلیگون (شیت‌های موزاییکی) ۱۰۰ هکتاری (با توجه به محدودیت در تعریف محدوده‌های کوچک‌تر که شرکت به جهت حساسیت داده‌ها داشت) برداشت شد. به همین دلیل دقت داده‌های استفاده‌شده از دقت داده‌های شبکهٔ موجود کمتر بود. به بیان دیگر، کل محدودهٔ عملیاتی شرکت ملی انتقال گاز، یعنی پهنهٔ سرزمینی کشور، در قالب پلیگون‌ها (شبکهٔ تور ماهی[1]) تدقیق شد و داده‌ها در آن با استفاده از آزمون آمار منطقه[2] به شبکه‌های تعریف‌شده متصل[3] شد.
- با توجه به ۱۸ شاخص به‌دست‌آمده در مطالعات و مصاحبه با خبرگان، صرفاً شاخص‌هایی که اطلاعات آن به شکل کامل در GIS شرکت انتقال موجود بود وارد مدل شد.

1. fishnet
2. zonal statistics
3. join

به منظور توسعهٔ مدل LA لازم است سه جزء اصلی مدل، یعنی مکان تجهیزات یا ایستگاه‌های کاری و تقاضای مشتریان یا خدمت‌گیرندگان و حد آستانه، مشخص شود.

ـ تجهیزات[1]: این جزء مدل در الگوریتم‌های LA می‌تواند سایت‌های موجود یا سایت‌های مورد نیاز یا سایت‌های بالقوهٔ جدید (سایت‌های کاندید) باشد. هر یک از تجهیزات ویژگی‌های مرتبط به خود را دارد که می‌تواند وارد مدل شود. یاردهای موجود در شرکت انتقال گازْ ایستگاه‌های خدمت‌رسان یا همان تجهیزات در مدل LA تعریف شده است.

ـ وزن تجهیزات: برخی ویژگی‌ها می‌تواند به عنوان جذابیت سایت یا وزن سایت یا توانمندی سایت وارد مدل شود. مثلاً تعداد پزشک یا سابقهٔ پزشکان حاضر در یک سایت، فضای انبار یک فروشگاه، تعداد ماشین‌آلات موجود در یک سایت، و نظایر آن می‌توانند به عنوان وزن هر سایت وارد مدل شوند. در برخی مدل‌های LA ممکن است پارامتر ظرفیت سایت‌ها وارد مدل شود که این موضوع باعث می‌شود تعداد متقاضی بیشتری به هر سایت تعلق بگیرد. در مسئلهٔ تغییر مرزهای یاردهای عملیاتی ظرفیت یاردها یکسان در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر در این سناریو فرض بر این است که تسطیح منابع صورت گرفته یا در آینده همسان‌سازی ظرفیت‌ها اجرایی می‌شود و وزن هر یک از یاردها مساوی است. در این سناریو، تعداد نیروی انسانی و تعداد ماشین‌آلات موجود در یارد تأثیری در ارائهٔ خدمات یارد ندارد و به عبارت دیگر قابل تغییر است.

ـ متقاضیان[2]: تعداد متقاضیان خدمت در مدل‌های LA مواردی همچون تعداد بیمارها، تعداد خانوارها، تعداد خانه‌ها، و نظایر آن‌هاست. در شرکت انتقال گاز، انتقال ایمن و پایدارْ مأموریت شرکت تعریف شده و به منظور نگه‌داشت خطوط لوله یاردهای عملیاتی در کل کشور ایجاد شده است. وظیفهٔ یاردها نگه‌داشت خطوط و تأسیسات موجود در محدوده است. از آنجا که در مدل‌های LA باید مشتریان یا متقاضیان خدمت به مثابهٔ یک نقطه در نقشه مشخص شوند، همهٔ بخش‌های استانی کشور مشتریان شرکت انتقال گاز در نظر گرفته شده‌اند. به بیان دیگر ۲۵۸۹ بخش موجود در کشور بر اساس تقسیمات استانی متقاضیان خدمت در نظر گرفته شده‌اند.

1. facility
2. demand point

ـ وزن متقاضیان: در مدل‌های LA بر اساس میزان خرید مشتری، جمعیت هر مشتری، میزان اهمیت مشتری، و نظایر آن می‌توان به هر مشتری وزن داد. در مرزبندی یاردهای عملیاتی بخش‌های استانیْ مشتری در نظر گرفته شده‌اند. وزن هر بخش بر اساس داده‌های مربوط به شاخص‌های فاز قبل محاسبه شده است. به بیان دیگر، حریم ایمنی موجود در بخش، تعداد ایستگاه شیر، تعداد ایستگاه حفاظت، تعداد ایستگاه تقویت فشار، و نظایر آن برای هر بخش گردآوری و پس از تأثیر وزن هر شاخص و نرمال کردن داده‌ها نمرهٔ هر بخش محاسبه شده است. در این نوشتار برای وزن دهی معیارها از روش BWM استفاده شد. ابتدا باید بین معیارها بهترین و بدترین آن‌ها انتخاب شود و پس از آن اولویت بهترین معیار نسبت به سایر معیارها و همچنین ارجحیت هر معیار نسبت به بدترین معیار سنجیده شود. سپس در هر معیار بهترین زیرمعیار و بدترین زیرمعیار انتخاب شود و پس از آن اولویت بهترین زیرمعیار نسبت به سایر زیرمعیارها در معیار مورد نظر و همچنین ارجحیت هر زیرمعیار نسبت به بدترین زیرمعیار در معیار مورد نظر سنجیده شود.

ـ حد آستانه: حد آستانه مشخص می‌کند که چگونه متقاضیان باید به ایستگاه‌های کاری یا همان تجهیزات تخصیص یابند. حد آستانه در مدل‌های حداکثر حضور و حداکثر پوشش‌دهی لازم است.

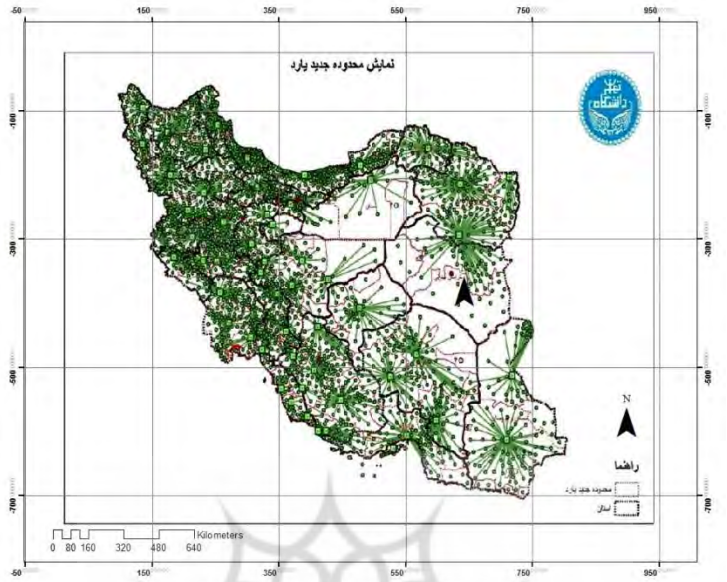
ـ شبکهٔ راه‌های کشور: در مدل‌های LA همهٔ محاسبات بر اساس اطلاعات شبکهٔ راه‌ها و چگونگی دسترسی مشتریان به مراکز ارائهٔ خدمت یا دسترسی مراکز خدمت به مشتریان صورت گرفته است.

به منظور مدل‌سازی و حل مدل برای سناریوی اول فرایند شکل ۷ اجرا شد.

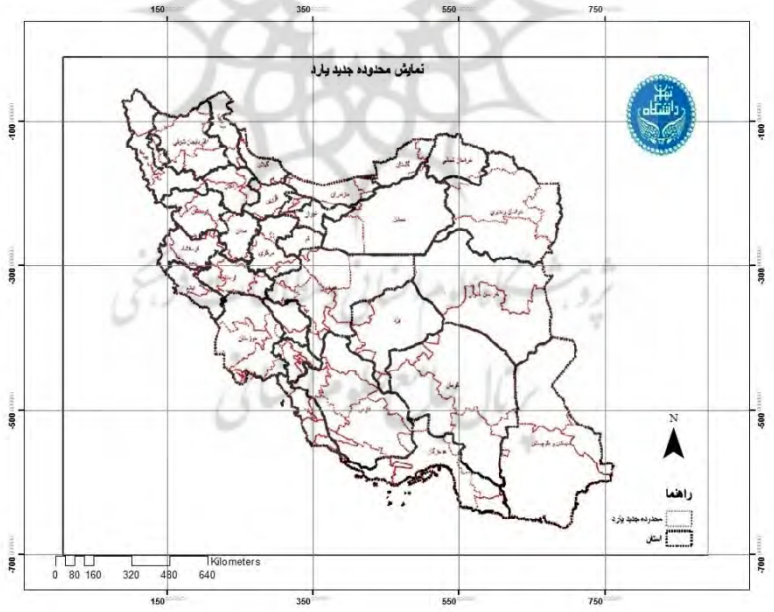
با توجه به اطلاعات گردآوری‌شده، نتیجهٔ حل مدل با در نظر گرفتن تعداد ۵۵ یارد موجود و تعداد ۲۵۸۹ بخش کشوری به صورت نقشه‌های ۱ و ۲ است. در نقشهٔ ۱ نقشهٔ عنکبوتی مربوط به تخصیص بخش‌ها به یاردها و در نقشهٔ ۲ مرزبندی جدید یاردهای کشور نمایش داده شده است.

**شکل ۷. فرایند اجرای سناریوی اول**

در نقشهٔ ۱، می‌توان دید که برخی بخش‌ها به هیچ یاردی تخصیص داده نشده‌اند و این موضوع به دلیل مقدار کمتر از ۱ تقاضا برای این بخش‌هاست. به بیان دیگر مقدار شاخص‌های مرزبندی در این بخش‌ها تقریباً برابر ۰ بوده و تخصیص آن‌ها به یاردها معنا ندارد.




نقشهٔ ۱. نمودار عنکوتی خروجی LA




نقشهٔ ۲. مرزبندی جدید یاردها با مدل LA

با توجه به خروجی مدل LA، مرزبندی جدید یاردهای کل کشور به شکل نقشهٔ ۲ است. به منظور پرهیز از پیچیدگی و شلوغی نقشه، مرز قدیم یاردها در نقشه نیامده است.

## ارزیابی نتایج

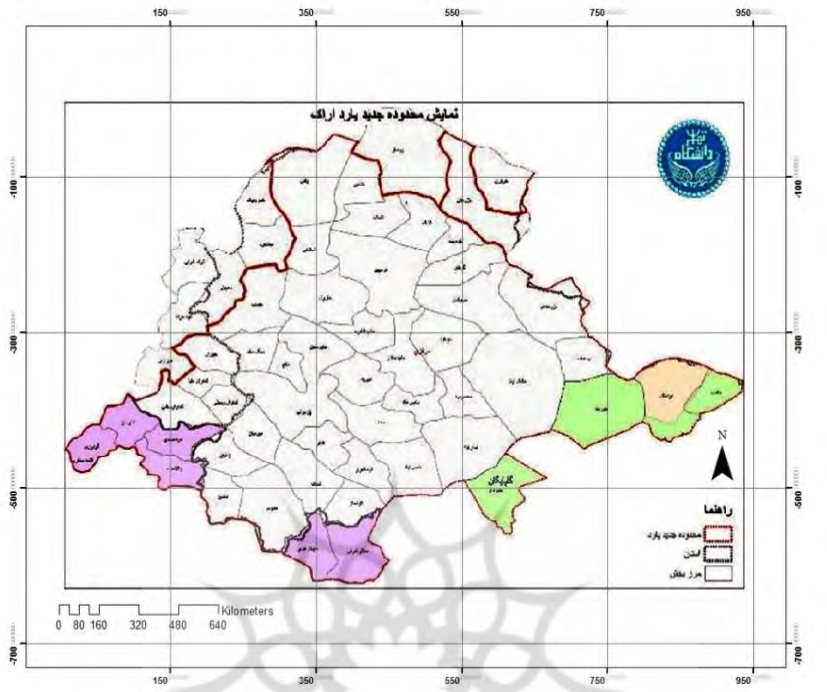
در ادامه، ابتدا خروجی مدل LA برای هر یک از یاردهای سطح کشور ارائه و پس از آن تغییر مرز هر یارد نسبت به مرز فعلی بررسی می‌شود. همچنین، بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به هر یارد و استان مربوط به هر بخش در یک جدول و نقشهٔ جدید هر یارد نمایش داده می‌شود. در این نقشه‌ها نام بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به هر یارد، بخش‌هایی که قبلاً توسط یارد سرویس‌دهی می‌شده و در مرزبندی جدید، سرویس‌دهی به آن‌ها از طریق سایر یاردها انجام می‌شود و همچنین مرز جدید و مرز قدیم یارد و یاردهای هم‌جوار آن نشان داده شده است.

## تحلیل نهایی جهت به‌کارگیری نتایج

در ادامهٔ گام چهارم، پس از نمایش مرزبندی جدید هر یارد، تحلیل مربوط به هر یارد ارائه شده است. در این تحلیل ابتدا تغییرات مربوط به هر یارد در قالب جدول نشان داده شده و امتیاز یا وزن هر بخش تخصیص‌داده‌شده به هر یارد نیز نمایش داده شده است. با توجه به اینکه یکی از شاخص‌های مهم استخراج‌شده شاخص مرز استان بود، در این گام، بر اساس استان مربوط به هر بخش و وزن آن بخش، دربارهٔ تخصیص یا عدم تخصیص بخش به یارد تصمیم‌گیری شد. گفتنی است، در مدل LA، هیچ واحد متقاضی (بخش) نمی‌تواند مقدار ۰ داشته باشد. بنابراین، به بخش‌هایی که وزن ۰ داشتند مقدار ۱ داده شد. به بیان دیگر، در بخش‌هایی که وزن یا امتیاز ۱ داشتند هیچ تأسیساتی (خط لوله، ایستگاه تقلیل، ایستگاه شیر، و ...) واقع نشده بود و تغییر آن‌ها هیچ تأثیری بر نتایج مدل نمی‌گذاشت. در ادامه نتایج گام‌های چهارم و پنجم برای چند یارد به عنوان نمونه تشریح شده است.

- **یارد اراک**

مرزبندی جدید یارد اراک بر اساس مدل LA مطابق نقشهٔ ۳ است.




**نقشهٔ ۳. مرزبندی یارد اراک**

بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به یارد اراک به شرح جدول ۳ است.

**جدول ۳. بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به یارد اراک**

| ردیف | نام بخش | نام استان | ردیف | نام بخش | نام استان |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | کمازان وسطی | همدان | ۳۱ | خنداب | مرکزی |
| ۲ | کمازان سفلی | همدان | ۳۲ | جاورسیان | مرکزی |
| ۳ | کمازان علیا | همدان | ۳۳ | سنگ‌سفید | مرکزی |
| ۴ | جوزان | همدان | ۳۴ | اناج | مرکزی |
| ۵ | داودآباد | مرکزی | ۳۵ | خنجین | مرکزی |
| ۶ | مشک‌آباد | مرکزی | ۳۶ | فشک | مرکزی |
| ۷ | امیریه | مرکزی | ۳۷ | فرمهین | مرکزی |
| ۸ | معصومیه | مرکزی | ۳۸ | تلخاب | مرکزی |

**ادامهٔ جدول ۳. بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به یارد اراک**

| ردیف | نام بخش | نام استان | ردیف | نام بخش | نام استان |
|---|---|---|---|---|---|
| ۹ | سده | مرکزی | ۳۹ | والانجرد | لرستان |
| ۱۰ | امان‌آباد | مرکزی | ۴۰ | گودرزی | لرستان |
| ۱۱ | شمس‌آباد | مرکزی | ۴۱ | درهٔ صیدی | لرستان |
| ۱۲ | ساروق | مرکزی | ۴۲ | اشترینان | لرستان |
| ۱۳ | مشهدمیقان | مرکزی | ۴۳ | جاپلق شرقی | لرستان |
| ۱۴ | مشهدالکوبه | مرکزی | ۴۴ | جاپلق غربی | لرستان |
| ۱۵ | حاجی‌آباد | مرکزی | ۴۵ | دودهک | مرکزی |
| ۱۶ | گرکان | مرکزی | ۴۶ | حمزه‌لو | مرکزی |
| ۱۷ | سیاوشان | مرکزی | ۴۷ | خورهه | مرکزی |
| ۱۸ | مزرعه‌نو | مرکزی | ۴۸ | جاسب | مرکزی |
| ۱۹ | کوه‌پناه | مرکزی | | | |
| ۲۰ | پل دوآب | مرکزی | | | |
| ۲۱ | نهرمیان | مرکزی | | | |
| ۲۲ | قره‌کهریز | مرکزی | | | |
| ۲۳ | زالیان | مرکزی | | | |
| ۲۴ | آستانه | مرکزی | | | |
| ۲۵ | هندودر | مرکزی | | | |
| ۲۶ | مالمیر | مرکزی | | | |
| ۲۷ | کوهسار | مرکزی | | | |
| ۲۸ | کزاز | مرکزی | | | |
| ۲۹ | وفس | مرکزی | | | |
| ۳۰ | اسفندان | مرکزی | | | |

تعداد استان‌های تحت پوشش در مرزبندی اولیه حاصل از حل مدل = سه استان

**تحلیل نهایی مرز یارد اراک:** در جدول ۳ تغییرات یارد اراک همراه امتیاز هر بخش و تحلیل نهایی آن نشان داده شده است.

**جدول ٤. بخش‌های اضافه‌شده به یارد اراک**

| ردیف | نام بخش | امتیاز یا وزن | نام یارد قدیم | استان | توضیحات و تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | والانجرد | 110232 | خرم‌آباد | لرستان | در صورتی که اولویت دیگری از منظر قومیت و فرهنگ شهرها وجود نداشته باشد، از نظر مدل، بهتر است این شش بخش از یارد خرم‌آباد جدا و به یارد اراک اضافه شود. |
| ۲ | گودرزی | 75377 | خرم‌آباد | لرستان | |
| ۳ | درهٔ صیدی | 72316 | خرم‌آباد | لرستان | |
| ۴ | اشترینان | 158718 | خرم‌آباد | لرستان | |
| ۵ | جاپلق شرقی | 57345 | خرم‌آباد | لرستان | |
| ۶ | جاپلق غربی | 57345 | خرم‌آباد | لرستان | |
| ۷ | دودهک | 448669 | قم | مرکزی | با توجه به تخصیص بخش‌های خورهه و جاسب از یارد گلپایگان به یارد اراک بهتر است بخش دودهک از یارد قم نیز به یارد اراک تخصیص یابد. |
| ۸ | حمزه‌لو | 28158 | گلپایگان | مرکزی | |
| ۹ | خورهه | 66652 | گلپایگان | مرکزی | |
| ۱۰ | جاسب | 96901 | گلپایگان | مرکزی | |

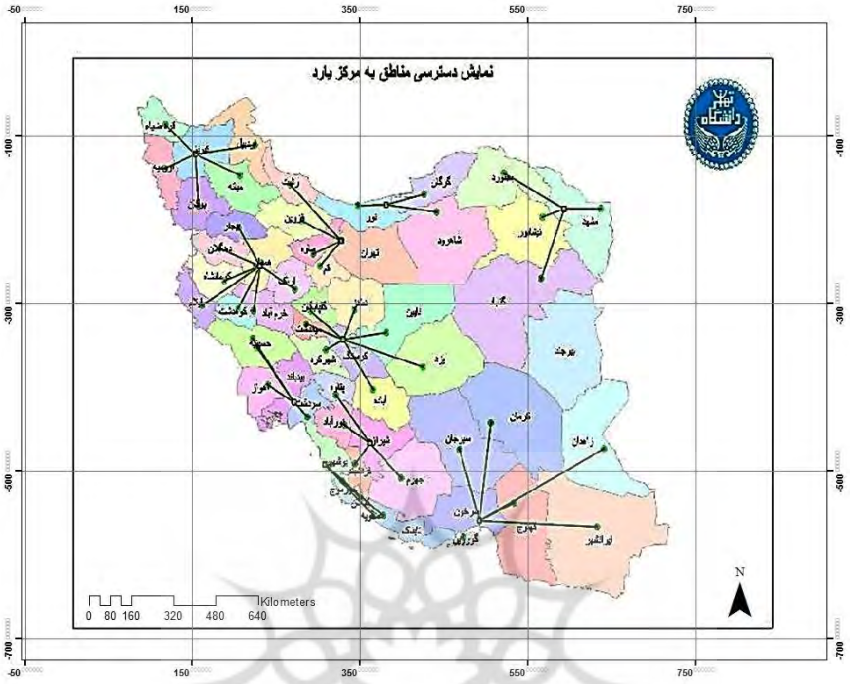
**جدول ۵. بخش‌های جداشده به یارد اراک**

| ردیف | نام بخش | امتیاز یا وزن | نام یارد جدید | استان | توضیحات و تغییرات |
|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | رودبار | 1 | ساوه | مرکزی | هیچ تأثیری ندارد و بهتر است در یارد اراک باقی بماند. |
| ۲ | خرازان | 5345 | ساوه | مرکزی | به نظر منطقی است. |
| ۳ | بازرجان | 5345 | قم | مرکزی | به نظر منطقی است. |
| ۴ | خسروبیک | 76208 | همدان | مرکزی | به نظر منطقی است. |
| ۵ | میلاجرد | 121243 | همدان | مرکزی | به نظر منطقی است. |
| ۶ | دهچال | 54413 | همدان | مرکزی | به نظر منطقی است. |
| ۷ | ترک شرقی | 1 | همدان | همدان | چون این بخش در استان همدان است به نظر می‌رسد تخصیص آن به یارد همدان نیز منطقی است. |
| ۸ | موزاران | 116880 | همدان | همدان | |
| ۹ | کوه‌سرده | 27675 | همدان | همدان | |

## نتیجه

اگرچه مدل‌های بسیاری برای مسائل تخصیص مکانی ارائه شده‌اند، اصلی‌ترین مشکل در استفاده از مدل‌های تخصیص مکانی جهت برنامه‌ریزی تجهیزات و مرزبندی این است که ممکن است جواب بهینه‌ای که از مدل استخراج می‌شود در عمل قابل اجرا نباشد (Church & Eaton 1987). چون ممکن است جایابی بهینهٔ تجهیزات مکان‌های غیر قابل اجرا باشد؛ نظیر دریاها، جاده‌ها، مکان‌های اشغال‌شده توسط دیگر تأسیسات، و نظایر آن. از طرفی، در صورت عدم استفاده از این مدل‌های کمّی، تصمیمات جایابی و مرزبندی صرفاً بر اساس ملاحظات سیاسی، شخصی، ذهنی و به صورت شهودی اتخاذ می‌شود. به همین دلیل معمولاً تصمیمات با تصمیم بهینه فاصلهٔ معناداری دارند. بنابراین، بهترین راهکار آن است که پس از مدل‌سازی و حل مدل خروجی مدل‌ها مبنای اولیه در نظر گرفته شوند و پاسخ نهایی بر اساس الزامات سیاسی، زیست‌محیطی، قانونی، و سازمانی تعدیل شود (Massam 1993).

۱. پس از نهایی شدن مرز هر یک از یاردهای عملیاتی، با فرض ثابت بودن تعداد مناطق، مرزبندی هر منطقه با مدل LA انجام می‌شود. به این منظور فرض‌های زیر برای اجرای مدل لحاظ شده است:
۲. موقعیت مکانی ستاد یا دفتر مرکزی هر منطقه به عنوان ایستگاه عملیاتی وارد مدل LA شده است.
۳. وزن یا ظرفیت مناطق عملیات انتقال گاز یکسان در نظر گرفته شده است.
۴. هر یک از یاردها یک مشتری در نظر گرفته شده است.
۵. وزن یا امتیاز اولیهٔ هر یارد برابر مجموع امتیاز بخش‌های تخصیص‌داده‌شده به هر یارد مطابق جدول‌های مرحلهٔ قبل است.
۶. از آنجا که در فاز قبل شاخص مرز استان‌ها نیز فاکتوری مهم در مرزبندی مناطق شناسایی شده، تعداد استان‌های هر یک از یاردها نیز، به عنوان یک شاخص پس از نرمال‌سازی و موزون شدن، در امتیاز هر یارد وارد شده است.




نقشهٔ ٤. مرزبندی نهایی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

## منابع

آسایش، حسین (۱۳۸۱). *اصول و روش‌های* برنامه‌ریزی ناحیه‌ای، تهران، انتشارات پیام نور.

اجلالی، پرویز (۱۳۷۳). *تحلیل منطقه‌ای و سطح‌بندی سکونتگاه‌ها*، مرکز مدارک اقتصادی و اجتماعی، تهران، انتشارات سازمان برنامه و بودجه.

حسین‌زادهٔ دلیر، کریم (۱۳۸۵). *برنامه‌ریزی ناحیه‌ای*، چ ۵، تهران، سمت.

## References

Asayesh, H. (2002). "Principles and methods of regional planning", *Applied Geography*, 84: 83-92. https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.04.009, Tehran, Payame Noor Publications. (in Persian)

Beasley, J. E. (1988). "An algorithm for solving large capacitated warehouse location problems", *European Journal of Operational Research*, 33 (3), pp. 314-325. DOI: 10.1016/0377-2217(88)90175-0 (link is external)

Church, R. L. (2008). "BEAMR: An exact and approximate model for the p-median problem", *Computers & Operations Research*, 35 (2), pp. 417-426. DOI: 10.1016/j.cor.2006.03.006 (link is external)

Church, R. L. & Murray, A. T. (2009). *Business site selection, location analysis, and GIS*, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Church, R. L. & ReVelle, C. S. (1976). "Theoretical and computational links between the p-median, location set-covering, and the maximal covering location problem", *Geographical Analysis*, 8 (4), pp. 406-415.

Church, R. & ReVelle, C. (1974). "The maximal covering location problem", *Papers of the Regional Science Association*, 32( 1), pp. 101-118.

Cromley, E. K. & McLafferty, S. L. (2012). *Locating Health Services in GIS and Public Health*, 2nd Edition, pp. 338-376. Focus your reading on pages 338-361.

Daskin, M. S. & Maass, K. L. (2015). *The p-median problem, In Location science*, pp. 21-45, Springer International Publishing.

DiBiase, D., DeMers, M., Johnson, A., Kemp, K., Luck, A. T., Plewe, B., & Wentz, E. (2006). "Location-allocation modeling and p-median problems", *The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge*, Washington, DC: Association of American Geographers.

EASY AGENCY (2018). *Tools and concepts for Local Energy Planning*, intelligent energy Europe.

Ejlali, P. (1373). *Regional Analysis and Leveling of Settlements*, Center for Economic and Social Evidence, Tehran, Program and Budget Organization Publications. (in Persian)

García, S., Labbé, M., & Marín, A. (2011). "Solving large p-median problems with a radius formulation", *INFORMS Journal on Computing*, 23 (4), pp. 546-556. DOI: 10.1287/ijoc.1100.0418 (link is external)

Geoffrion, A. & McBride, R. M. (1978). "Lagrangean relaxation applied to capacitated facility location problems", *AIIE transactions*, 10 (1), pp. 40-47.

Hakimi, S. L. (1964). "Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph", *Operations research*, 12 (3), pp. 450-459.

Hakimi, S. L. (1965). "Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems", *Operations research*, 13 (3), pp. 462-475.

Hillsman, E. L. (1984). "The p-median structure as a unified linear model for location—allocation analysis", *Environment and Planning A*, 16 (3), pp. 305-318.

Hosseinzadeh Dalir, K. (2006). *District Planning*, fifth edition, Tehran, Samat Publications. (in Persian)

Jamasb, T., Newbery, D., Pollitt, M., & Triebs, T. (2007). *International benchmarking and regulation of European gas transmission utilities*, Report prepared for the Council of European Energy Regulators (CEER).

Kotavaara, O., Pohjosenperä, T., Juga, J., & Rusanen, J. (2017). *Accessibility in designing centralised warehousing: Case of health care logistics in Northern Finland*. EEA PRESS.

Laporte, G., Nickel, S., & Saldanha da Gama, F. eds. (2015). *Location Science*, Vol. 528, Berlin: Springer.

Launhardt, W. (1872). *Kommercielle Tracirung der Verkehrswege, Architekten-und Ingenieurverein*. Berlin Press.

MADUABUCHI, I. P. (2011). *Natural Gas T Transmission and Distribution from IZOMBE TO OWERRI* (Doctoral dissertation, Federal University of Technology, OWERRI).

Mladenović, N., Brimberg, J., Hansen, P., & Moreno-Pérez, J. A. (2007). "The p-median problem: A survey of metaheuristic approaches", *European Journal of Operational Research*, 179 (3), pp. 927-939. DOI: 10.1016/j.ejor.2005.05.034 (link is external)

Murray, A., Xu, J., Wang, Z. & Church, R. L. (2018). "Commercial GIS Location Analytics: Capabilities and Performance", in review International Journal of Geographical Information Science.

Resende, M. G. & Werneck, R. F. (2002). "A GRASP with path-relinking for the p-median problem", *Journal of Heuristics*.

ReVelle, C. S. & Swain, R. W. (1970). "Central facilities location", *Geographical analysis*, 2 (1), pp. 30-42.

Teitz, M. B. & Bart, P. (1968). "Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph", *Operations research*, 16 (5), pp. 955-961.

Tomintz, M. N., Clarke, G. P., & Rigby, J. E. (2008). "The geography of smoking in Leeds: estimating individual smoking rates and the implications for the location of stop smoking services", *Area*, 40, pp. 341-353. doi: 10.1111/j.1475-4762.2008.00837.x

Von Thünen, J. H. (1826). *Der isolierte Staat*, Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie.

Weber, A. (1909) *Theory of the location of industries*, translated by C.J. Friedrich (1929), University of Chicago Press.

World Energy Concil (2016). *World Energy Resource*, www.worldenergy.org