J. RS. GEOINF. RES . 1(2): 135-142, Summer & Autumn 2023

Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research
(JRSGR)
Homepage: jrsgr.sru.ac.ir

Review Paper

Using Spatial Analysis and Decision Support Systems for Design and Development of Urban Roads

M. A. Tootoonchian

Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Received: 23 July 2023
Reviewed: 6 September 2023
Revised: 13 September 2023
Accepted: 31 October 2023

KEYWORDS:
Environmental Impacts
Urban Road Development
Spatial Analysis
Urban Planning

* Corresponding author
amin@pnu.ac.ir
(+9821) 77311391

ABSTRACT

Background and Objectives: The rapid growth of cities is a global phenomenon that has become a challenge in our country. The lack of development of urban infrastructures at the same time as the expansion of cities, especially in the transportation sector, has created many problems such as heavy traffic and air pollution for big cities. The aim of this research is to provide a solution to deal with the challenges facing the city of Tehran in the field of development of urban roads by using analysis based on geographic information system (GIS) and decision support systems so that it can improve planning in construction. And the development of urban roads achieved a sustainable development in the transportation sector. For this reason, it is very important to know the current situation in planning for road development in Tehran, to identify areas for improvement and to provide solutions based on GIS. These solutions lead to optimization of route selection, environmental impact assessments, efficient project cost management and effective risk management.

Methods: To achieve the research objectives, a multifaceted method was adopted. At first, the collection of spatial data related to the urban road network including transportation networks, environmental parameters and existing road infrastructures was done. Then, GIS technology was used to perform spatial analysis, route optimization using Dijkstra's shortest path algorithm (SPA) and environmental impact assessments. Decision support systems were developed to facilitate data-based decision making in each scenario in road construction project analysis. Finally, the scenarios obtained from the spatial analysis were compared with the road construction operational projects.

Results: The results of this research showed the significant capacity of spatial information analysis based on GIS and decision support systems in modifying planning for the development of road construction in urban Tehran. These technologies reduce urban traffic by 20% through optimal route selection and improve the efficiency of urban transportation. Environmental impact assessments also showed that the use of these methods can lead to a 36% reduction in harmful effects, including air pollution. Also, the integration of GIS-based cost management tools led to the reduction of road construction costs. Identifying risk reduction strategies through spatial analysis ensures the success of the project in terms of timing and cost and ultimately leads to the satisfaction of citizens.

Conclusion: Using GIS-based spatial analysis and SPA algorithm, routes with minimum travel time were identified that reduce traffic and increase transportation efficiency. Reduction in travel time can lead to increase in productivity and improve the quality of life of citizens. In addition, optimized routing can help reduce fuel consumption and air pollution. In addition, the Environmental Impact Assessment (EIA) index has shown a significant improvement in the environmental sustainability of scenarios that are based on spatial analysis. Thus, reducing the levels of air and noise pollution and maintaining green spaces can help to increase the quality of life of citizens. In addition, reducing harmful environmental effects can contribute to the long-term growth and development of the city. On the other hand, by identifying capacity risk in the planning stage, project managers can allocate resources more effectively and implement measures to prevent delays and cost overruns.

NUMBER OF TABLES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF REFERENCES
2	1	32

مقاله مروری

استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی و سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری برای طراحی و توسعه راه‌های شهری

محمد امین توتونچیان

گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: رشد سریع شهرها یک پدیده جهانی است که در کشور ما هم این مسأله به یک چالش تبدیل شده است. عدم توسعه زیرساخت‌های شهری همزمان با گسترش شهرها به‌ویژه در بخش حمل و نقل مشکلات عدیده‌ای از جمله ترافیک‌های سنگین و آلودگی هوا برای کلان شهرها ایجاد کرده است. هدف این تحقیق، ارائه راه‌حلی برای مقابله با چالش‌های پیش روی شهر تهران در حوزه توسعه راه‌های شهری با استفاده از تجزیه و تحلیل مبتنی بر سامانه اطلاعات مکانی (GIS) و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری است تا بتوان با بهبود برنامه‌ریزی در ساخت و توسعه راه‌های شهری به یک توسعه پایدار در بخش حمل و نقل دست یافت. به همین منظور، شناخت وضعیت فعلی در برنامه‌ریزی برای توسعه راه در شهر تهران، شناسایی زمینه‌های بهبود و ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر GIS بسیار حائز اهمیت است. این راه‌حل‌ها به بهینه‌سازی انتخاب مسیر، انجام ارزیابی‌های اثرات زیست محیطی، مدیریت هزینه‌های پروژه به صورت کارآمد و مدیریت مؤثر ریسک منجر می‌شوند.

روش‌ها: برای دستیابی به اهداف تحقیق، یک روش چند وجهی اتخاذ گردید. در ابتدا، جمع‌آوری داده‌های مکانی مرتبط با شبکه راه‌های شهری از جمله شبکه‌های حمل و نقل، پارامترهای محیطی و زیرساخت‌های راه‌های موجود انجام گرفت. سپس از فناوری GIS برای انجام تجزیه و تحلیل مکانی، بهینه‌سازی مسیر با استفاده از الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر دیکسترا (SPA) و ارزیابی‌های اثرات زیست‌محیطی استفاده شد. سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری برای تسهیل اتخاذ تصمیم مبتنی بر داده در هر سناریو در تحلیل پروژه ساخت راه توسعه داده شدند. در نهایت، سناریوهای به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل مکانی با پروژه‌های عملیاتی ساخت راه مقایسه گردید.

یافته‌ها: نتایج این تحقیق، ظرفیت قابل توجه تجزیه و تحلیل اطلاعات مکانی مبتنی بر GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری در اصلاح برنامه‌ریزی برای توسعه ساخت راه در شهری تهران را نشان داد. این فناوری‌ها از طریق انتخاب بهینه مسیر موجب می‌شوند تا ترافیک شهری تا ۲۰٪ کاهش یافته و بهره‌وری حمل و نقل شهری را بهبود بخشند. ارزیابی‌های اثرات زیست‌محیطی هم نشان داد که استفاده از این روش‌ها می‌تواند منجر به کاهش ۳۶٪ اثرات مخرب از جمله آلودگی هوا شود. همچنین، ادغام ابزارهای مدیریت هزینه مبتنی بر GIS منجر به کاهش هزینه ساخت راه شد. شناسایی استراتژی‌های کاهش ریسک نیز از طریق تجزیه و تحلیل مکانی موفقیت پروژه را از لحاظ زمان‌بندی و هزینه کرد تضمین می‌کند و در نهایت، به رضایت شهروندان منجر می‌گردد.

نتیجه‌گیری: با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و الگوریتم SPA، مسیرهایی با حداقل زمان سفر شناسایی شد که ترافیک را کاهش می‌دهند و کارایی حمل و نقل را افزایش می‌دهند. کاهش در زمان سفر، می‌تواند به افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر شود. علاوه بر این، مسیریابی بهینه می‌تواند به کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا کمک کند. علاوه بر این، شاخص ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) نمایانگر بهبود قابل توجه در پایداری زیست‌محیطی سناریوهایی بوده است که مبتنی بر تحلیل مکانی است. بدین ترتیب، کاهش سطوح آلودگی هوا و صدا و حفظ فضاهای سبز می‌توانند به افزایش کیفیت زندگی شهروندان کمک کنند. علاوه بر این، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌تواند به رشد و توسعه بلندمدت شهر کمک کند. از طرف دیگر، با شناسایی ریسک ظرفیتی در مرحله برنامه‌ریزی، مدیران پروژه می‌توانند منابع را به طور مؤثرتر تخصیص دهند و اقداماتی را برای پیشگیری از تأخیرها و افزایش هزینه‌ها اجرا کنند.

تاریخ دریافت: ۰۱ مرداد ۱۴۰۲
تاریخ داوری: ۱۵ شهریور ۱۴۰۲
تاریخ اصلاح: ۲۲ شهریور ۱۴۰۲
تاریخ پذیرش: ۰۹ آبان ۱۴۰۲

واژگان کلیدی:
اثرات زیست محیطی
توسعه راه شهری
برنامه‌ریزی شهری
تجزیه و تحلیل مکانی

* نویسنده مسئول
amin@pnu.ac.ir
۰۲۱ -۷۷۳۱۱۳۹۱

مقدّمه

شهرنشینی، پدیده‌ای جهانی ناپایدار است که محیط زیست را تغییر داده و شهرها را به سرعت به چالش کشیده است تا به نیازهای جدید جمعیتی سریعاً پاسخ دهد. شهر تهران، مثالی واضح از این رشد سریع شهری است. گسترش سریع تهران، موجب شده است تا شهر نیازمند توسعه زیرساخت‌ها به‌ویژه در زمینه ساخت راه شود. راه‌ها، عامل حیاتی هر کلان شهر هستند و حمل و نقل، بازرگانی و تعاملات اجتماعی را تسهیل می‌کنند. اما، رشد شتابان تهران بار سنگینی را بر شبکه راههای آن گذاشته است، که منجر به چالش‌های بحرانی مانند ترافیک شدید، افزایش آلودگی هوا و کاهش چشمگیر کارایی حمل و نقل شده است [۱–۳]. ظرفیت زیرساخت‌های راه‌های موجود در تهران، همگام با افزایش جمعیت تهران و توسعه سریع شهر نیست [۴]. در نتیجه، برنامه‌ریزی جامع و توسعه پایدار زیرساخت‌های راه‌های برای برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران تهران ضروری شده است. البته این کار باید با کمینه کردن اثرات مخرب زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی همراه شود [۵].

تحقیقات و پروژه‌های توسعه شهری پیشین در تهران قادر به درک پیچیدگی‌های مدیریت و بهبود ساخت راه در محیط شهری بوده‌اند. این تلاش‌ها به دستاوردهای ارزشمندی در درک الگوهای ترافیک تهران، اثرات ساخت بر محیط زیست و راهبردهای متعددی برای توسعه زیرساخت‌ها منجر شده است. هرچند، فقدان یک رویکرد جامع و داده‌محور که قادر به بهره‌برداری کامل از توانمندی‌های سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری (DSS) باشد، احساس می‌شود [۷,۶]. هرچند برخی از مطالعات به جنبه‌های خاص برنامه‌ریزی برای ساخت راه پرداخته‌اند (مانند مدیریت ترافیک یا ارزیابی اثرات زیست محیطی) اما در این پژوهش‌ها به یکپارچگی تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیمی جامع در سراسر چرخه طراحی و ساخت راه توجه کافی نشده است. این شکاف در تحقیقات نشانگر نیاز به یک رویکرد یکپارچه و پیش‌بینانه است که همه جوانب برنامه‌ریزی ساخت راه در محیط شهری منحصر به فردی مانند شهر تهران را در نظر بگیرد [۸].

هدف اصلی پژوهش‌های اخیر، مواجهه با چالش‌های چندگانه ناشی از توسعه سریع شهر تهران با استفاده از سامانه‌های اطلاعات مکانی و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری است [۹–۱۱]. در این راستا، چند گام اصلی باید مورد توجه قرار گیرد که عبارتند از: (۱) ارزیابی وضعیت کنونی بدین معنی که از ابتدا به ارزیابی دقیقی از روند کنونی فرآیندهای برنامه‌ریزی ساخت راه در تهران پرداخته و نقاط قوت و ضعف آن‌ها استخراج گردد. این ارزیابی، پایه مهمی برای درک پیچیدگی‌های برنامه‌ریزی کنونی جهت ساخت راه در شهر تهران است [۱۲,۱۳]؛ (۲) شناسایی چالش‌های قابل بهبود از طریق یکپارچه سازی تجزیه و تحلیل مکانی و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری با تجزیه و تحلیل جامع از وضعیت جاری؛ (۳) ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر GIS با توجه به ارزیابی نتایج ناشی از تجزیه و تحلیل چالش‌ها. این راه‌حل‌ها به بهینه‌سازی انتخاب مسیر، ارزیابی‌های جامع اثرات زیست محیطی، مدیریت بهینه پروژه و مدیریت مؤثر ریسک می‌پردازند؛ (۴) ارزیابی قابلیت اجرایی عملیات ساخت و ساز از طریق ارائه راه‌حل‌های مبتنی بر GIS از طریق تجزیه و تحلیل موردی در مورد پروژه‌های جاری ساخت راه در تهران [۱۴–۱۶]. (۵) بهینه‌سازی انتخاب مسیر با تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS جهت افزایش کارایی حمل و نقل در تهران را افزایش می‌دهند.

برای دستیابی به اهداف فوق‌الذکر در این تحقیق باید نکات کلیدی مدنظر قرار گیرند از جمله ارزیابی جامع اثرات زیست محیطی با رعایت الزامات توسعه پایدار، مدیریت بهینه پروژه عمرانی با ادغام ابزارهای مدیریت بودجه با سامانه‌های مبتنی بر GIS و مدیریت مؤثر ریسک با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی [۱۷,۱۸]. در این تحقیق، سعی بر این است تا با درنظرگرفتن ملاحظات ذکر شده، راه‌حلی نوآورانه و داده‌محور برای مواجهه با چالش‌های چندگانه در مدیریت حمل و نقل شهر تهران ارائه گردد. بدین ترتیب، هدف اصلی این تحقیق استفاده بهینه از از توانمندی‌های فناوری GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری جهت بهبود برنامه‌ریزی برای ساخت راه در شهر تهران است تا از طریق توسعه روش‌های نو، بتوان به بهبود کیفیت زندگی در شهر تهران و کاهش اثرات نامطلوب زیست محیطی و اجتماعی کمک کرد.

روش تحقیق

در این تحقیق، با هدف ارتقاء برنامه‌ریزی جهت ساخت راه پایدار در شهر تهران (شکل ۱) از طریق یکپارچه‌سازی تحلیل مکانی مبتنی بر سامانه اطلاعات مکانی و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری است. در این بخش، شرح دقیقی از روش‌های مورد استفاده، اصول علمی، فرآیندهای تحلیلی و فرمول‌های کلیدی که نقش مهمی در تحقیق ما ایفا می‌کنند، ارائه می‌گردد [۱۹,۲۰]. روش تحقیق این تحقیق شامل یک رویکرد چند وجهی برای طراحی بهینه راه جهت مقابله با چالش‌های پیچیده ناشی از رشد سریع شهر تهران است. به همین منظور مراحل زیر برای دستیابی به هدف تحقیق طراحی و اجرا شده است:

الف) جمع‌آوری داده‌ها: اساس این تحقیق مبتنی بر جمع‌آوری دقیق داده‌های مکانی مرتبط با زیرساخت‌های شهری تهران است که شامل انواع داده‌ها مانند کاربری اراضی، شبکه‌های حمل و نقل، پارامترهای محیطی و زیرساخت‌های راه‌های موجود می‌شود. این داده‌ها از منابع متنوعی مانند تصاویر ماهواره‌ای، نظرسنجی‌ها و پایگاه‌های داده به دست می‌آید و به صورت سیستماتیک به لایه‌ها منظم تبدیل می‌شوند تا تجسم روابط مکانی پیچیده را آسان کنند.

ب) پیش‌پردازش داده‌ها: پس از جمع‌آوری داده‌ها نوبت به پیش‌پردازش داده‌های مکانی می‌رسد که شامل تمیزکردن داده‌ها و استانداردسازی آنها می‌شود. این فرآیند، موجب می‌شود تا داده‌ها یکسان، دقیق و آماده برای تحلیل باشند. فرآیندهایی مانند زمین مرجع کردن، اعتبارسنجی داده‌ها و تبدیل سیستم مختصات‌های مختلف به یک سیستم مختصات مشترک در این مرحله انجام می‌شود.

پ) ادغام داده‌ها: برای سازماندهی، ادغام و مدیریت و تجزیه و تحلیل داده‌های مکانی جمع‌آوری شده باید از سامانه اطلاعات مکانی استفاده شود. این امر به ما امکان تولید نقشه‌های دقیق، بصری‌سازی روابط مکانی پیچیده و اجرای تحلیل‌های مکانی پیشرفته را می‌دهد که همگی برای برنامه‌ریزی مؤثر در زمینه ساخت راه ضروری هستند [۲۱].

ت) تجزیه و تحلیل مکانی: با استفاده از تکنیک‌های تحلیل مکانی می‌توان مسیرهای بهینه، ارزیابی اثرات زیست محیطی احتمالی و ارزیابی دسترسی و ارتباطات شهری را بررسی کرد. ابزارهای تحلیل مکانی مبتنی بر GIS به ما امکان مدل‌سازی و شبیه‌سازی سناریوهای مختلف را می‌دهند که در نهایت به تعیین بهترین استراتژی‌های ساخت راه منجر می‌شوند. فناوری GIS ابزارهای اساسی را برای جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، تجزیه و تحلیل و تصویرسازی سیستماتیک داده‌های مکانی فراهم می‌کند و به ما امکان می‌دهند تا نقشه‌های دقیق تولید کنیم، پرس و جوهای مکانی را پیاده‌سازی کنیم و پردازش مکانی پیچیده را به‌راحتی انجام دهیم. مهم‌ترین این ابزارها این امکان را به ما می‌دهد که لایه‌های مختلف داده‌ها را با یکدیگر ترکیب کنیم و به ما این امکان را می‌دهد تا به نتایج معناداری دست یابیم [۲۳,۲۲].

ث) سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری: سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌عنوان یک ابزار در ارائه نقشه‌ها و تصویرسازی‌ها و شبیه‌سازی‌های مبتنی بر سناریو به تصمیم‌گیران در مراحل مختلف پروژه استفاده می‌شود. این سامانه‌ها داده‌های GIS و نتایج تحلیلی را ترکیب کرده و اطلاعات قابل اجرا را به مدیران پروژه، برنامه‌ریزان شهری و سیاست‌گذاران ارائه می‌دهند. البته، برای کمک به تصمیم‌گیران در مراحل مختلف پروژه‌های ساخت راه در تهران، سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌صورت سفارشی قابل توسعه است [۲۴].

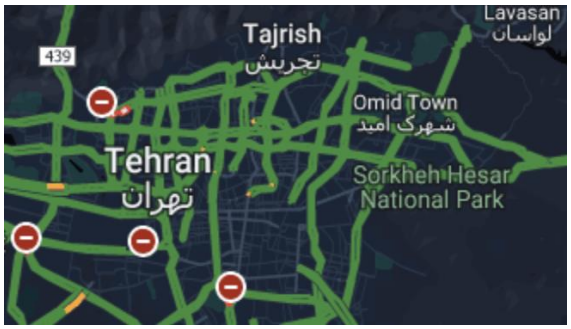
ج) مطالعات موردی: مطالعات موردی عملیاتی از پروژه‌های ساخت راه در تهران بخشی اساسی از روش تحقیق را تشکیل می‌دهند. این مطالعات موردی به ما اجازه می‌دهند تا اثربخشی راهکارهای مبتنی بر GIS در تنظیمات پروژه‌های عملیاتی ارزیابی کنیم و بهترین شیوه‌ها را شناسایی کنیم.

چ) تکرار فرآیند تحلیل: فرآیند تحلیل به طور ذاتی به‌صورت تکراری است و این امکان را می‌دهد که به‌صورت مداوم سناریوها بهبود یابد و بهینه شود. در این مرحله، بازخوردی که از تصمیم‌گیران و سیاست‌گذاران پروژه به دست می‌آید به صورت سیستماتیک دریافت و با نتایج قبلی ادغام می‌شود و بدین ترتیب، بهینه‌سازی سناریوها امکان پذیر می‌گردد.

طراحی مسیر بهینه

الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر دیکسترا (SPA) به طور معمول در نظریه گراف و الگوریتم‌های مسیریابی شبکه برای یافتن کوتاه‌ترین مسیر بین دو گره در یک گراف مورد استفاده قرار می‌گیرد. این الگوریتم، در محاسبه مسیر بهینه بین دو نقطه و درنظرگرفتن عوامل مختلفی مانند فاصله، زمان سفر و شرایط مسیر مؤثر است. رابطه الگوریتم کوتاه‌ترین مسیر به صورت زیر نمایش داده می‌شود [۲۵]:

$$d(v) = min\,(d(v), d(u) + w(u,v)) \quad (۱)$$



شکل ۱: نقشه ترافیکی منطقه مورد مطالعه
Fig. 1: Traffic map of the study area

فرمول‌ها دارای مشکل است، لطفا بررسی شود

که $d(v)$ کوتاه‌ترین فاصله از گره ابتدایی (u) به گره انتهایی (u)، $d(u)$ کوتاه‌ترین فاصله تا گره ابتدایی، $w(u,v)$ وزن یا هزینه سفر از گره ابتدایی به گره انتهایی و تابع min کمترین مقدار بین کوتاه‌ترین فاصله فعلی تا گره $d(v)$ و جمع کوتاه‌ترین فاصله تا گره $d(u)$ و وزن بین گره‌ها را انتخاب می‌کند.

شاخص ارزیابی اثرات محیطی

در ارزیابی اثرات محیطی پروژه‌های ساخت راه، از شاخص ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA) استفاده می‌کنیم [۲۶]. این شاخص متشکل از چندین عامل محیطی است و اثرات زیست محیطی احتمالی انواع مختلف پروژه‌ها را به صورت کمی ارزیابی کرده و فرصت‌های مهار و کاهش آن‌ها را شناسایی می‌کند [۲۷]. در روش تحقیق نقش اساسی دارد. رابطه شاخص EIA به صورت زیر نمایش داده می‌شود [۲۸]:

$$EIA = \sum_{i=1}^{n} W_i \,.\, F_i \quad (۲)$$

که EIA شاخص ارزیابی اثرات محیطی، W_i وزنی است که به هر عامل محیطی اختصاص داده شده و نمایانگر اهمیت نسبی هر عامل است، F_i مقدار نرمال‌شده هر عامل محیطی و n تعداد عوامل محیطی مورد ارزیابی است.

نتایج و بحث

در این بخش، نتایج تحقیق با استفاده از ادغام تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر سامانه‌های اطلاعات مکانی (GIS) و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری ارائه می‌گردد که هدف آن، تقویت برنامه‌ریزی برای ساخت راه و توسعه پایدار در شهر تهران است.

انتخاب مسیر بهینه

یکی از اهداف اصلی این تحقیق، انتخاب مسیر بهینه برای پروژه‌های ساخت راه در تهران بود. برای دستیابی به این هدف، از تجزیه و تحلیل

مکانی مبتنی بر GIS و الگوریتم SAP استفاده کردیم. در بخش تجزیه و تحلیل، ملاحظات متعددی از جمله الگوهای ترافیک، زیرساخت‌های موجود و حساسیت محیطی برای شناسایی مسیرهای مؤثر در نظر گرفته شد. همان‌طور که در جدول ۱ ملاحظه می‌شود، بهبود قابل ملاحظه‌ای در بهره‌وری حمل و نقل در مناطق شهری تهران به وجود آمده است. با کاهش ترافیک و کاهش زمان سفر، مسیرهای بهینه شده موجب بهبود کیفیت حمل و نقل درون شهری و درنهایت کاهش مصرف سوخت و بهبود کیفیت زندگی شهروندان می‌گردد. علاوه بر این، مسیرهای بهینه می‌توانند اثرات مخرب محیطی پروژه‌های ساخت راه را به طرز چشمگیری کاهش دهند.

جدول ۱: نتایج بهینه‌سازی مسیر
Table 1: Route optimization results

منطقه Region	کاهش زمان سفر Reduction in Travel Time (%)	کاهش ترافیک Reduction in Congestion	اثرات محیطی Environmental Impact
شمال تهران North Tehran	18	متوسط Moderate	پایین Low
غرب تهران West Tehran	14	بالا High	متوسط Moderate
جنوب تهران South Tehran	20	پایین Low	پایین Low

ارزیابی اثرات محیطی

برای ارزیابی جامع اثرات محیطی پروژه‌های ساخت راه در تهران، از شاخص EIA استفاده شد. این شاخص، شامل عوامل محیطی متعددی است که هر یک بنابر اهمیت خود، وزن دهی می‌شوند. این شاخص، به ما امکان ارزیابی کمی اثرات محیطی هر یک سناریوهای مختلف پروژه را می‌دهد. نتایج، نشان دادند که شاخص EIA پروژه‌هایی که شامل ارزیابی محیطی مبتنی بر GIS بودند، به طرز چشمگیری پایین‌تر از پروژه‌هایی بود که این ارزیابی‌ها را نداشتند که به معنای بهبود قابل ملاحظه در پایداری محیطی است (جدول ۲). به عنوان مثال، در شمال تهران، کاهش زمان سفر و ترافیک، همراه با کاهش اثرات محیطی، اثرات مثبت رویکرد ما را نشان می‌دهد. به طریق مشابه، کاهش امتیازهای EIAدر غرب و جنوب تهران بر مزیت‌های ارزیابی محیطی مبتنی بر GIS تأکید می‌کند. کاهش آلودگی هوا و صدا و نیز حفظ و توسعه فضاهای سبز می‌تواند به افزایش کیفیت زندگی شهروندان شهری کمک کند. به علاوه، کاهش اثرات محیطی می‌تواند جذابیت شهر را برای کسب و کارها و شهروندان بهبود دهد.

مدیریت بحران

مدیریت موثر بحران برای تضمین موفقیت پروژه‌های ساخت راه بسیار حائز اهمیت است. تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS نقش اساسی در شناسایی ریسک‌های ممکن مرتبط با پروژه‌های ساخت در تهران ایفا کرد. با شناسایی این ریسک‌ها، سازمان‌های مربوطه و مدیران پروژه بهتر از هر زمانی برای توسعه استراتژی‌های پیشگیری از بحران آماده شدند. تجزیه و تحلیل ما، نشان داد که ارزیابی ریسک مبتنی بر GIS به طریق چشمگیری نرخ موفقیت تلاش‌های مدیریت ریسک را بهبود می‌بخشد. این نرخ موفقیت برای اتمام به موقع و بهینه پروژه‌های ساخت راه بسیار حائز اهمیت است. با شناسایی ریسک‌های ممکن در مراحل ابتدایی برنامه‌ریزی، مدیران پروژه می‌توانند منابع را به طرز مؤثرتر تخصیص دهند و اقدامات لازم را برای جلوگیری یا کاهش مشکلاتی که منجر به تأخیر و افزایش هزینه‌ها می‌شوند، انجام دهند.

جدول ۲: ارزیابی اثرات محیطی
Table 2: Assessmet of environmental impacts

منطقه Region	امتیاز EIA بدون GIS EIA Score without GIS analysis	امتیاز EIA با GIS EIA Score with GIS analysis	درصد کاهش در امتیاز EIA (٪) Reduction in EIA Score (%)
شمال تهران North Tehran	75	48	36
غرب تهران West Tehran	92	62	32
جنوب تهران South Tehran	80	55	31

تبعات اقتصادی و اجتماعی

بهینه‌سازی سناریوهای ساخت راه و کاهش اثرات محیطی می‌تواند منجر به صرفه‌جویی در هزینه‌ها شود و این صرفه‌جویی‌ها می‌توانند در پروژه‌های توسعه شهری دیگر یا بهبود خدمات عمومی به کار روند. علاوه بر این، کاهش ترافیک و زمان‌های سفر می‌تواند بهبود چشمگیری در زندگی روزمره شهروندان داشته باشد. کاهش زمان سفر منجر به کاهش ترافیک و درنتیجه افزایش بهره‌وری و کاهش سطوح استرس شهروندان می‌گردد. به علاوه، بهبود کیفیت هوا ناشی از کاهش ترافیک می‌تواند اثرات مثبتی بر سلامت جامعه داشته باشد. مدیریت موفقیت ریسک هم تبعات اقتصادی دارد. با اجتناب از تأخیرها و هزینه‌های غیرمنتظره، پروژه‌های ساخت راه می‌توانند به موقع و با بودجه پیشبینی شده اختتام یابند. به عبارت دیگر، روش پیشنهادی می‌تواند به پیش‌بینی پذیرتر شدن بودجه پروژه در زمان‌بندی مناسب کمک کند.

اگرچه این تحقیق بر شهر تهران متمرکز بوده است، اما از آن‌جا که چالش‌های ناشی از توسعه کلان شهرها تقریباً یکسان است لذا ادغام تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری می‌تواند به عنوان یک الگو برای مناطق شهری دیگری که به دنبال مقابله با این چالش‌ها هستند، عمل کند. نتایج، نشان داد که ادغام داده‌های مکانی و تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از فناوری GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری می‌تواند به بهبود برنامه‌ریزی ساخت راه و توسعه پایدار در مناطق شهری منجر شود. این نتایج، بر اهمیت تصمیم‌گیری مبتنی بر داده، آگاهی از اثرات زیست محیطی، بهره‌وری در هزینه‌ها و مدیریت ریسک در اجرای موفقیت‌آمیز پروژه‌های ساخت راه تأکید می‌کنند. این یافته‌ها برای برنامه‌ریزان شهری،

سیاست‌گذاران و مدیران پروژه مفید هستند و از آن می‌توانند برای حل چالش‌های ساخت راه در یک محیط شهری استفاده کنند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، به چالش‌های پیچیده ناشی از رشد سریع شهر تهران و اقدامات لازم برای بهبود برنامه‌ریزی ساخت راه از طریق تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری متمرکز شدیم. نتایج، نشان داد که چالش‌های مهم ناشی از توسعه شهری که در شهر تهران با آن مواجه هستیم، در مقیاس جهانی نیز تطابق دارد [۲۹,۳۰]. همچنین ظرفیت فناوری GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری برای این هدف نیز مورد بررسی قرار گرفت [۳۱]. یکی از جنبه‌های اساسی این تحقیق، بهینه‌سازی سناریوهای ساخت راه بود. با استفاده از تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و الگوریتم SPA، مسیرهایی با حداقل زمان سفر شناسایی شد که ترافیک را کاهش می‌دهند و کارایی حمل و نقل را افزایش می‌دهند. کاهش در زمان سفر می‌تواند به افزایش بهره‌وری و بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر شود. علاوه بر این، مسیریابی بهینه می‌تواند به کاهش مصرف سوخت و آلودگی هوا کمک کند. علاوه بر این، شاخص EIA اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های ساخت راه را به صورت کمی ارزیابی کرد. با درنظرگرفتن وزن‌دهی به انواع مختلف عوامل زیست‌محیطی، مشخص شد که پروژه‌هایی که ارزیابی‌های زیست‌محیطی مبتنی بر GIS دارند، امتیازهای EIA کمتری نسبت به پروژه‌های بدون این ارزیابی کسب کرده‌اند. این کاهش، نمایانگر بهبود قابل توجه در پایداری زیست‌محیطی است. کاهش سطوح آلودگی هوا و صدا و حفظ فضاهای سبز می‌توانند به افزایش کیفیت زندگی شهروندان کمک کنند. علاوه بر این، کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی می‌تواند به رشد و توسعه بلندمدت شهر کمک کند [۳۲]. مدیریت مؤثر ریسک برای موفقیت پروژه‌های ساخت راه ضروری است. تحلیل ما نشان داد که ارزیابی‌های مبتنی بر GIS به طور قابل توجهی نرخ موفقیت در تلاش‌های کاهش ریسک را افزایش می‌دهد. با شناسایی ریسک ظرفیتی در مرحله برنامه‌ریزی، مدیران پروژه می‌توانند منابع را به طور مؤثرتر تخصیص دهند و اقداماتی را برای پیشگیری از تأخیرها و افزایش هزینه‌ها اجرا کنند. این جنبه از تحقیق بر اهمیت عملی فناوری GIS در اطمینان از اتمام به‌موقع و بهره‌وری بیشتر پروژه‌های زیرساختی تأیید می‌کند. همچنین، بهینه‌سازی سناریوهای ساخت راه می‌تواند به صرفه‌ترین روش را برای توسعه راه‌ها فراهم کند. علاوه بر این، کاهش ترافیک و زمان‌های سفر می‌تواند به طور مستقیم بر زندگی روزمره شهروندان تأثیر بگذارد و به افزایش بهره‌وری و کاهش استرس منجر شود و نیز بهبود کیفیت هوا، ناشی از کاهش ترافیک، می‌تواند اثرات مثبتی روی سلامت جامعه داشته باشد. با بررسی موارد مشابه مشخص شد که رشد سریع شهرنشینی یک پدیده جهانی است و شهرهای زیادی در سراسر جهان با چالش‌های مشابه در زمینه ساخت و توسعه راه‌های شهری روبه‌رو هستند و در اغلب موارد ادغام تجزیه و تحلیل مکانی مبتنی بر GIS و سامانه‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری به‌عنوان بهترین ابزار برای رفع این چالش‌ها در نظر گرفته شده است.

مشارکت نویسندگان

مقاله، دارای یک نویسنده می‌باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله، از شهرداری تهران، به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های مورد نیاز صمیمانه تشکر می‌گردد.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسنده بیان نشده است.»

منابع و مآخذ

[1] Firozjaei MK, Nematollahi O, Mijani N, Shorabeh SN, Firozjaei HK, Toomanian A. An integrated GIS-based Ordered Weighted Averaging analysis for solar energy evaluation in Iran: Current conditions and future planning. Renew Energy 2019;136:1130–46.

[2] Shorabeh SN, Firozjaei HK, Firozjaei MK, Jelokhani-Niaraki M, Homaee M, Nematollahi O. The site selection of wind energy power plant using GIS-multi-criteria evaluation from economic perspectives. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2022;168.

[3] Bosisio A, Moncecchi M, Morotti A, Merlo M. Machine learning and GIS approach for electrical load assessment to increase distribution networks resilience. Energies (Basel) 2021;14.

[4] Giovinazzi S, Marchili C, Di Pietro A, Giordano L, Costanzo A, Porta L La, et al. Assessing earthquake impacts and monitoring resilience of historic areas: Methods for gis tools. ISPRS Int J Geoinf 2021;10.

[5] Duan C, Zhang J, Chen Y, Lang Q, Zhang Y, Wu C, et al. Comprehensive Risk Assessment of Urban Waterlogging Disaster Based on MCDA-GIS Integration: The Case Study of Changchun, China. Remote Sens (Basel) 2022;14.

[6] Mayouf Z, Nouibat B. Spatial Modeling for Urban Resilience Assessment: Using AHP and GIS (Case Study of Bou-Saâda City, Algeria). Technium Social Sciences Journal 2022;36:607–18.

[7] Doorga JRS, Magerl L, Bunwaree P, Zhao J, Watkins S, Staub CG, et al. GIS-based multi-criteria modelling of flood risk susceptibility in Port Louis, Mauritius: Towards resilient flood management. International Journal of Disaster Risk Reduction 2022;67. h

[8] Bruneau M, Chang SE, Eguchi RT, Lee GC, O'Rourke TD, Reinhorn AM, et al. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities. Earthquake Spectra 2003;19:733–52.

[9] Chun H, Chi S, Hwang BG. A spatial disaster assessment model of social resilience based on geographically weighted regression. Sustainability (Switzerland) 2017;9.

[10] Knaapen AM, Seiler F, Schilderman PAEL, Nehls P, Bruch J, Schins RPF, et al. Neutrophils cause oxidative DNA damage in alveolar epithelial cells. Free Radic Biol Med 1999;27:234–40.

[11] Afsari R, Shorabeh SN, Kouhnavard M, Homaee M, Arsanjani JJ. A Spatial Decision Support Approach for Flood Vulnerability Analysis in Urban Areas: A Case Study of Tehran. ISPRS Int J Geoinf 2022;11.

[12] Hadidi A, Holzbecher E, Molenaar RE. Flood mapping in face of rapid urbanization: a case study of Wadi Majraf-Manumah, Muscat, Sultanate of Oman. Urban Water J 2020;17:407–15.

[13] Benke KK, Lowell KE, Hamilton AJ. Parameter uncertainty, sensitivity analysis and prediction error in a water-balance hydrological model. Math Comput Model 2008;47:1134–49.

[14] Şalcıoğlu E, Başoğlu M. Psychological effects of earthquakes in children: Prospects for brief behavioral treatment. World Journal of Pediatrics 2008;4:165–72.

[15] Nadizadeh Shorabeh S, Hamzeh S, Zanganeh Shahraki S, Firozjaei MK, Jokar Arsanjani J. Modelling the intensity of surface urban heat island and predicting the emerging patterns: Landsat multi-temporal images and Tehran as case study. Int J Remote Sens 2020; 41: 7400-7426.

[16] Mohamed SA, El-Raey ME. Vulnerability assessment for flash floods using GIS spatial modeling and remotely sensed data in El-Arish City, North Sinai, Egypt. Natural Hazards 2020;102:707–28.

[17] Boloorani AD, Shorabeh SN, Neysani Samany N, Mousivand A, Kazemi Y, Jaafarzadeh N, et al. Vulnerability mapping and risk analysis of sand and dust storms in Ahvaz, IRAN. Environmental Pollution 2021;279.

[18] Afsari R, Nadizadeh Shorabeh S, Bakhshi Lomer AR, Homaee M, Arsanjani JJ. Using Artificial Neural Networks to Assess Earthquake Vulnerability in Urban Blocks of Tehran. Remote Sens (Basel) 2023;15.

[19] Da Silveira Guimarães JL, Salomon VAP. ANP applied to the evaluation of performance indicators of reverse logistics in footwear industry. Procedia Comput Sci 2015;55:139–48.

[20] Tupenaite L, Lill I, Geipele I, Naimaviciene J. Ranking of sustainability indicators for assessment of the new housing development projects: Case of the Baltic States. Resources 2017;6.

[21] Aragonés-Beltrán P, Aznar J, Ferrís-Oñate J, García-Melón M. Valuation of urban industrial land: An analytic network process approach. Eur J Oper Res 2008;185:322–39.

[22] Feizizadeh B, Blaschke T. GIS-multicriteria decision analysis for landslide susceptibility mapping: Comparing three methods for the Urmia lake basin, Iran. Natural Hazards 2013;65:2105–28.

[23] Abedi Gheshlaghi H, Feizizadeh B. An integrated approach of analytical network process and fuzzy based spatial decision making systems applied to landslide risk mapping. Journal of African Earth Sciences 2017;133:15–24.

[24] Malczewski J. GIS-based land-use suitability analysis: A critical overview. Prog Plann 2004;62:3–65.

[25] Gorsevski P V., Donevska KR, Mitrovski CD, Frizado JP. Integrating multi-criteria evaluation techniques with geographic information systems for landfill site selection: A case study using ordered weighted average. Waste Management 2012;32:287–96.

[26] Valmohammadi C, Ghassemi A. Identification and prioritization of the barriers of knowledge management implementation using fuzzy analytical network process: A case study of the Iranian context. VINE Journal of Information and Knowledge Management Systems

[27] RazaviToosi SL, Samani JMV. Evaluating water management strategies in watersheds by new hybrid Fuzzy Analytical Network Process (FANP) methods. J Hydrol (Amst) 2016;534:364–76.

[28] Malmir M, Zarkesh MMK, Monavari SM, Jozi SA, Sharifi E. Analysis of land suitability for urban development in Ahwaz County in southwestern Iran using fuzzy logic and analytic network process (ANP). Environ Monit Assess 2016;188.

[29] Feizizadeh B, Kienberger S. Spatially explicit sensitivity and uncertainty analysis for multicriteria-based vulnerability assessment. Journal of Environmental Planning and Management 2017;60:2013–35.

[30] Feizizadeh B, Shadman Roodposhti M, Jankowski P, Blaschke T. A GIS-based extended fuzzy multi-criteria evaluation for landslide susceptibility mapping. Comput Geosci 2014;73:208–21.

[31] Feizizadeh B, Blaschke T. An uncertainty and sensitivity analysis approach for GIS-based multicriteria landslide susceptibility mapping. International Journal of Geographical Information Science 2014;28:610–38.

[32] Feizizadeh B, Blaschke T. Land suitability analysis for Tabriz County, Iran: A multi-criteria evaluation approach using GIS. Journal of Environmental Planning and Management 2013;56:1–23.

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

محمد امین توتونچیان دارای مدرک دکتری تخصصی در رشته مهندسی عمران (گرایش ژئوتکنیک) از دانشگاه علم و صنعت ایران می‌باشد. پس از ۱۰ سال فعالیت در صنعت، از سال ۱۳۹۵ تاکنون به عنوان استادیار در گروه مهندسی عمران دانشگاه پیام نور واحد تهران شمال مشغول به فعالیت می باشند. همکاری با سازمان نظام مهندسی تهران به عنوان ناظر پایه ۱ و مدرس دوره‌های ارتقا و همکاری با صنعت ساختمان در بیش از ۱۰۰ پروژه اجرایی، از ویژگی‌های بارز ایشان می باشد. ایشان تاکنون موفق به چاپ بیش از ۲۳ مقاله به زبان لاتین و بیش از ۱۰ مقاله به زبان فارسی در مجلات و کنفرانس‌های معتبر ملی و بین‌المللی شده‌اند. زمینه‌های تخصصی ایشان عبارتند از: تحلیل روانگرایی، سیستم‌های بهسازی خاک، گودبرداری و انواع سازه نگهبان، پی‌های عمیق، رفتار مهندسی خاک‌های کربناته، هوش مصنوعی، پردازش تصویر، برنامه‌ریزی ژنتیکی و شبکه‌های عصبی.

Amin Tutunchian, M. Assistant Professor at the Department of Civil Engineering, Payame Noor University, Tehran, Iran

Amin@pnu.ac.ir

Citation (Vancouver): Tootoonchian M. A. [Using Spatial Analysis and Decision Support Systems for Design and Development of Urban Roads]. *J. RS. GEOINF. RES. 2023; 1(2): 135-142*

https://doi.org/10.22061/jrsgr.2023.2007

COPYRIGHTS

© 2023 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)