



Formulating and Prioritizing National Strategies for Artificial Intelligence Implementation in Road Safety in Iran: An Integrated SWOT, Qualitative Analysis, and AHP Approach

Peyman Pejmanzad^{1*}  | Parisa Bazdar Ardebili²  | Shahn Shabani³ 

1. Corresponding Author, Research Expert, Road, Housing and Urban Development Research Center (BHRC) Tehran, Iran.

Email: p.pejmanzad@bhrc.ac.ir

2. Assistant Professor, Housing & Urban Development Research Center, Tehran, Iran. Email: p.bazdar@bhrc.ac.ir

3. Department of Civil Engineering, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran. Email: shabani@pnu.ac.ir

ARTICLE INFO

Article type:
Research Paper

Article History:

Received 24 April 2026

Revised 23 June 2026

Accepted 24 August 2026

Published Online 01 January 2027

Keywords:

Artificial Intelligence,
Road Safety,
National Strategy,
SWOT Analysis,
AHP.

ABSTRACT

Nearly 19,000 people lose their lives annually in Iran due to road accidents. Despite the high potential of artificial intelligence to reduce these fatalities, the country lacks a coherent national strategy. This study aims to formulate and prioritize a national strategy for AI implementation in road safety in Iran using an integrated SWOT-AHP approach. A mixed-methods design was adopted. Qualitative data were collected through interviews with 20 experts and analyzed using thematic analysis in MAXQDA. Quantitative data were gathered via a questionnaire administered to 50 specialists and analyzed using SPSS. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was employed to quantitatively prioritize the challenges. The findings identified the most critical challenges in order of priority as: lack of coordination among responsible agencies 4.7, shortage of standardized data (4.6), financial resource constraints 4.5, and sanctions 4.4. SWOT analysis revealed that Iran's main strengths are the scientific capacity of universities and skilled human resources, while the most important opportunity is leveraging the experiences of similar countries (India and Turkey). The national strategy was developed across three time horizons: short-term (establishing a national database, forming the Supreme Council for Intelligent Transportation, pilot implementation in Alborz and Isfahan provinces), medium-term (expansion to five metropolises, drafting supportive legislation, developing a national decision-support system), and long-term (nationwide integration, development of connected vehicles, regional cooperation).

Cite this article: Pejmanzad, P.; Bazdar Ardebili, P. & Shabani, Sh. (2027). Formulating and Prioritizing National Strategies for Artificial Intelligence Implementation in Road Safety in Iran: An Integrated SWOT, Qualitative Analysis, and AHP Approach. *Urban Development Policy Making*, 3 (4), 557-571. DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2026.580034.1100>



© Authors retain the copyright and full publishing rights.

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2026.580034.1100>

Introduction

Road accidents annually claim approximately 19,000 lives in Iran, placing the country among those with the highest road fatality rates globally. The fatality rate in Iran is 20.6 per 100,000 population, significantly higher than the Asia-Pacific average 15.2 and South Asia average 16.1 (1). Human error accounts for 70% of these accidents, making it the most critical contributing factor (1). Despite the high potential of artificial intelligence (AI) in reducing these fatalities through real-time traffic analysis, crash hotspot prediction, and intelligent transportation systems, Iran still lacks a coherent national strategy in this domain. The absence of data infrastructure, weak supportive laws, investment limitations, and institutional coordination gaps are among the most important barriers to AI implementation in Iran. This study aims to develop a national strategy for AI implementation in Iran's

road safety based on SWOT analysis and prioritization of challenges. By identifying strengths, weaknesses, opportunities, and threats, this research provides a phased roadmap for policymakers to leverage AI technologies effectively in reducing road fatalities.

Materials and methods

This research employed a mixed-methods approach (qualitative and quantitative) (3). The target population included experts and managers in transportation and AI (traffic police, road maintenance organization, Ministry of Roads, university professors, and knowledge-based companies). Qualitative data were collected through semi-structured interviews with 20 experts selected via purposive sampling and analyzed using thematic analysis in MAXQDA software. Quantitative data were gathered through a questionnaire administered to 50 specialists and analyzed using descriptive statistics and inferential tests (one-sample t-test, ANOVA) in SPSS. The Analytic Hierarchy Process (AHP) was used to quantitatively prioritize the identified challenges. Pairwise comparison questionnaires based on the 1-9 scale were distributed to 15 experts, and the inconsistency ratio was calculated below 0.1 using Expert Choice 11 software. Additionally, a SWOT analysis was conducted to identify Iran's strengths, weaknesses, opportunities, and threats. Based on the SWOT factors, a strategic matrix was developed in four quadrants: SO (Aggressive), WO (Competitive), ST (Diversification), and WT (Defensive).

Result

Thematic analysis of interviews identified 45 initial codes, 12 sub-themes, and 5 main themes (technical, institutional, legal, cultural, and economic challenges). Questionnaire results showed that the most important challenges in Iran, in order of priority, were: (1) lack of coordination between responsible authorities (mean 4.72/5, SD 0.51), (2) lack of standardized and integrated data (mean 4.68, SD 0.56), (3) limited financial resources (mean 4.51, SD 0.64), (4) sanctions and limited access to technology (mean 4.43, SD 0.72), and (5) weak supportive laws (mean 4.34, SD 0.68). SWOT analysis revealed that Iran's main strengths include the scientific capacity of universities (mean 4.2) and skilled young human resources (mean 4.0). The most important opportunities were learning from similar countries (India and Turkey) with a mean of 4.6. The main threats were continued sanctions (mean 4.7) and currency fluctuations (mean 4.5). Based on the SWOT matrix, four categories of strategies were developed: SO (using strengths to leverage opportunities), WO (using opportunities to reduce weaknesses), ST (using strengths to counter threats), and WT (reducing weaknesses to avoid threats). Based on these findings, a national strategy was developed in three time horizons: (1) Short-term (first year): establishing a national integrated database, forming the "Supreme Council for Intelligent Transportation," implementing pilots in Alborz and Isfahan provinces, and developing supportive laws and national standards. (2) Medium-term (second and third years): expanding smart systems to five metropolitan cities (Tehran, Mashhad, Shiraz, Tabriz, Karaj), revising laws based on pilot experiences, developing a national decision support system, attracting private sector participation, and targeted training for high-risk drivers. (3) Long-term (fourth and fifth years): nationwide integration of smart systems, developing connected vehicles (V2X), and regional cooperation with Turkey and India.

Discussion and Conclusion

This research demonstrates that institutional challenges (particularly lack of coordination between authorities) are more critical than technological challenges in Iran for AI implementation in road safety. The absence of standardized and integrated data is the second most important barrier, which must be addressed before any large-scale AI deployment. Iran's scientific capacity and skilled human resources are significant strengths that can be leveraged for AI development, particularly through collaboration with countries such as India and Turkey that have faced similar challenges. However, sanctions and currency fluctuations remain serious threats that require domestic solutions, including lightweight AI algorithms optimized for local hardware and open-source technologies. Based on the findings, a phased national strategy was developed. Key recommendations for policymakers include: establishing a national integrated database as the first and most critical action, forming a single responsible authority (Supreme Council for Intelligent Transportation) to coordinate between disparate

organizations, implementing small-scale pilots in selected provinces (Alborz and Isfahan) before nationwide expansion, using cost-effective technologies such as regular cameras and optimized algorithms instead of expensive LIDAR and radar systems, and developing supportive laws including mandating ADAS installation by automakers and providing tax incentives for knowledge-based companies. The findings confirm that without addressing institutional coordination and data standardization, no AI system can be successfully deployed in Iran's road safety domain. Future research should focus on developing lightweight AI algorithms suitable for sanctioned economies and conducting pilot studies to evaluate the real-world effectiveness of proposed strategies.



تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران با رویکرد تلفیقی SWOT، تحلیل کیفی و AHP

پیمان پژمان‌زاد^{۱*} | پریسا بازدار اردبیلی^۲ | شاهین شعبانی^۳

۱. نویسنده مسئول، کارشناس پژوهشی بخش ایمنی حمل‌ونقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران. رایانامه: p.pejmanzad@bhrc.ac.ir

۲. استادیار بخش برنامه‌ریزی حمل‌ونقل مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، تهران، ایران. رایانامه: p.bazdar@bhrc.ac.ir

۳. گروه مهندسی عمران، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. رایانامه: shabani@pnu.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

سالانه حدود ۱۹ هزار نفر در ایران بر اثر تصادفات جاده‌ای جان خود را از دست می‌دهند. با وجود پتانسیل بالای هوش مصنوعی در کاهش این تلفات، کشور فاقد راهبرد ملی منسجم است. هدف این پژوهش، تدوین و اولویت‌بندی راهبرد ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران با رویکرد تلفیقی SWOT-AHP است. پژوهش با رویکرد ترکیبی انجام شد. داده‌های کیفی از طریق مصاحبه با ۲۰ خبره جمع‌آوری و با روش تحلیل مضمون در MAXQDA تحلیل شد. داده‌های کمی از طریق پرسشنامه (۵۰ کارشناس) جمع‌آوری و با SPSS تحلیل شد. برای اولویت‌بندی کمی چالش‌ها از تکنیک AHP استفاده شد. یافته‌ها نشان داد مهم‌ترین چالش‌ها به ترتیب: نبود هماهنگی بین دستگاه‌های متولی ۴/۷، کمبود داده‌های استاندارد ۴/۶، محدودیت منابع مالی ۴/۵ و تحریم‌ها ۴/۴ است. تحلیل SWOT نشان داد قوت‌های اصلی ایران شامل ظرفیت علمی دانشگاه‌ها و نیروی انسانی متخصص است و مهم‌ترین فرصت، بهره‌گیری از تجربه کشورهای مشابه (هند و ترکیه) است. راهبرد ملی در سه افق زمانی تدوین شد: کوتاه‌مدت (ایجاد پایگاه داده ملی، تشکیل شورای عالی هوشمندسازی، اجرای پایلوت در البرز و اصفهان)، میان‌مدت (گسترش به ۵ کلان‌شهر، تدوین قوانین حمایتی، توسعه سامانه تصمیم‌یار ملی) و بلندمدت (یکپارچه‌سازی سراسری، توسعه خودروهای متصل، همکاری منطقه‌ای).

نوع مقاله:

پژوهشی

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۲/۰۴

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۶/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۱۰/۱۱

کلیدواژه:

اولویت‌بندی چالش‌ها،

ایمنی راه،

تحلیل SWOT،

راهبرد ملی،

هوش مصنوعی.

استناد: پژمان‌زاد، پیمان؛ بازدار اردبیلی، پریسا و شعبانی، شاهین (۱۴۰۵). تدوین و اولویت‌بندی راهبردهای ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران با رویکرد تلفیقی SWOT، تحلیل کیفی و AHP. *سیاست‌گذاری پیشرفت شهری*، ۳ (۴) ۵۵۷-۵۷۱.

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2026.580034.1100>

© نویسندگان

DOI: <http://doi.org/10.22034/judpm.2026.580034.1100>



۱. مقدمه

ایمنی راه‌ها در ایران طی دو دهه اخیر به یکی از دغدغه‌های مهم ملی تبدیل شده است. بر اساس گزارش رصدخانه حمل‌ونقل آسیا [۱]، تصادفات جاده‌ای سالانه بین ۱۸ تا ۱۹ هزار نفر را به کام مرگ می‌کشاند و ایران را در زمره کشورهای با بالاترین نرخ مرگ‌ومیر ناشی از حوادث رانندگی در جهان قرار داده‌اند. در سال ۲۰۲۱، نرخ مرگ ناشی از تصادفات در ایران ۲۰/۶ نفر به ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت بوده است که به طور معناداری بالاتر از میانگین منطقه آسیا - اقیانوسیه ۱۵/۲ و جنوب آسیا ۱۶/۱ است [۱].

بخش عمده‌ای از تصادفات در ایران ناشی از خطای انسانی است. بر اساس داده‌های رصدخانه حمل‌ونقل آسیا [۱]، بی‌توجهی رانندگان با ۴۴ درصد، عدم کنترل وسیله نقلیه با ۱۵ درصد و تغییر ناگهانی مسیر با ۱۴ درصد، سه عامل اصلی انسانی در بروز تصادفات محسوب می‌شوند. هزینه اقتصادی ناشی از تصادفات نیز بسیار سنگین است؛ در سال ۲۰۲۱، خسارت‌های ناشی از مرگ و جراحت‌ها حدود ۲۰ میلیارد دلار برآورد شده که معادل ۷ درصد تولید ناخالص داخلی ایران است [۱].

با توجه به ناکارآمدی رویکردهای سنتی در مدیریت ایمنی راه‌ها، فناوری‌های نوین به‌ویژه هوش مصنوعی می‌توانند تحولی اساسی ایجاد کنند. همان‌طور که بات و شفیق [۲-۳] نشان داده‌اند، هوش مصنوعی قادر است با تحلیل داده‌های بزرگ شامل الگوهای ترافیکی، شرایط محیطی و رفتار رانندگان، پیش‌بینی نقاط حادثه‌خیز و مدیریت هوشمند ترافیک را ممکن سازد. در سطح جهانی، سازمان ملل و اتحادیه بین‌المللی مخابرات (ITU) نیز بر اهمیت استفاده از هوش مصنوعی در کاهش تلفات جاده‌ای تأکید کرده‌اند [۴].

با این حال، علی‌رغم پتانسیل بالای هوش مصنوعی، ایران هنوز فاقد یک راهبرد ملی منسجم در این حوزه است. نبود زیرساخت‌های داده‌ای، ضعف قوانین حمایتی، محدودیت سرمایه‌گذاری، و نبود هماهنگی نهادی، از مهم‌ترین موانع پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایران هستند. بر این اساس، این پژوهش در پی پاسخ به این پرسش است که راهبرد ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران با رویکرد تحلیل SWOT و اولویت‌بندی چالش‌ها چیست؟

۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

اگرچه در حوزه هوش مصنوعی و حمل‌ونقل، تحلیل SWOT^۱ می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا ضمن شناسایی مزیت‌های رقابتی و ضعف‌های خود، از فرصت‌های محیطی بهره‌گیرند و تهدیدهای پیش رو را مدیریت کنند تا بر موفقیت یک پروژه یا سیاست تأثیر بگذارد [۵] اما نقدهای مهمی بر تحلیل SWOT وارد شده است؛ از جمله ماهیت ایستا در محیط‌های پویا، ذهنی بودن فرایند شناسایی عوامل و فقدان مکانیزم ذاتی برای اولویت‌بندی [۶]. به همین دلیل، در پژوهش‌ها رویکردهای ترکیبی مانند SWOT-AHP که در آن عوامل شناسایی شده با روش‌های کمی وزن‌دهی و اولویت‌بندی می‌شوند، مورد توجه قرار گرفته‌اند [۷]. در همین زمینه، پژوهش‌های متعددی در سطح جهانی به تدوین راهبردهای ملی هوش مصنوعی در حمل‌ونقل و ایمنی راه‌ها پرداخته‌اند که در ادامه به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

اتحادیه بین‌المللی مخابرات در برنامه شش رکن اصلی شامل مدیریت ایمنی، جاده‌های ایمن‌تر، وسایل نقلیه ایمن‌تر، کاربران ایمن‌تر، پاسخ پس از حادثه و کنترل سرعت را معرفی کرده است [۴]. گزارش جدیدتر اتحادیه بین‌المللی مخابرات در سال ۲۰۲۴ نشان می‌دهد ۳۷ کشور جهان تا کنون راهبرد ملی هوش مصنوعی در حمل‌ونقل تصویب کرده‌اند که از این میان ۱۲ کشور در حال توسعه هستند [۸]. ایالات متحده آمریکا در سال ۲۰۲۵ در سند هوش مصنوعی برای زیرساخت‌های آمریکا^۲ بر استفاده از هوش مصنوعی در مدیریت زیرساخت‌های حمل‌ونقل و کاهش تصادفات تأکید کرده و بودجه‌ای معادل ۱/۲ میلیارد دلاری برای توسعه سیستم‌های پیش‌بینی تصادفات در نظر گرفته است [۹]. اتحادیه اروپا نیز در چارچوب برنامه افق اروپا^۳ و مصوبه سال ۲۰۲۴ مقررات اروپایی در مورد هوش مصنوعی الزامات خاصی برای سیستم‌های نظارت ترافیک مبتنی بر هوش مصنوعی تعیین کرده است [۱۰]. چین در سند استراتژی‌های ملی برای هوش مصنوعی در حمل‌ونقل طی سال‌های ۲۰۲۵ تا ۲۰۳۰ اعلام کرده

1. Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

2. AI for America's Infrastructure

3. Horizon Europe

است که قصد دارد تا سال ۲۰۳۰ حداقل ۸۰ درصد جاده‌های اصلی خود را به سیستم‌های نظارت هوشمند مبتنی بر هوش مصنوعی مجهز کند [۱۱].

کشور هند به عنوان یکی از نمونه‌های موفق کشورهای در حال توسعه در این حوزه شناخته می‌شود. اندیشکده سیاست دولت هند^۱ (NITI Aayog) به عنوان نهاد سیاستگذاری هند [۱۲]، راهبرد ملی هوش مصنوعی در حمل‌ونقل را در چارچوب برنامه مأموریت شهرهای هوشمند^۲ تدوین کرده است. این راهبرد شامل ایجاد پایگاه داده ملی تصادفات، توسعه سامانه‌های مدیریت هوشمند ترافیک در ۱۰۰ شهر هوشمند، و آموزش نیروی انسانی است. گزارش اخیر نشان می‌دهد این برنامه به کاهش ۱۸ درصدی تلفات جاده‌ای در شهرهای پابلوت طی سه سال منجر شده است [۱۳]. کشور ترکیه نیز تجربه قابل توجهی دارد. ییلماز و چلیک [۱۴] نشان داده‌اند مهم‌ترین چالش این کشور در پیاده‌سازی هوش مصنوعی، نبود هماهنگی بین شهرداری‌ها، پلیس و وزارت حمل‌ونقل بوده است؛ چالشی که با درجه بالاتری در ایران دارد. ترکیه با ایجاد سامانه ملی مدیریت ترافیک هوشمند^۳ در سال ۲۰۲۳ موفق شد زمان پاسخ به تصادفات را ۳۲ درصد کاهش دهد [۱۵]. برزیل نیز با راهبرد هوش مصنوعی در ترافیک برزیل طی سال‌های ۲۰۲۴ - ۲۰۲۸ از الگوریتم‌های یادگیری عمیق برای پیش‌بینی نقاط حادثه‌خیز در جاده‌های بین شهری استفاده کرده است [۱۶]. آفریقای جنوبی با چالش‌های مشابه ایران (تحریم‌های غیررسمی، محدودیت سخت‌افزاری) توانسته است با استفاده از فناوری‌های متن‌باز و دوربین‌های معمولی، دقت ۷۸ درصدی در تشخیص تخلفات سرعت غیرمجاز کسب کند [۱۷].

سازمان بهداشت جهانی (WHO) در گزارش سال ۲۰۲۴ خود تحت عنوان «گزارش وضعیت جهانی ایمنی جاده‌ها بر استفاده از مداخلات مبتنی بر هوش مصنوعی در کشورهای با درآمد پایین و متوسط» تأکید ویژه کرده است [۱۸]. این گزارش نشان می‌دهد اگر کشورهای در حال توسعه راهبردهای هوش مصنوعی را به طور کامل اجرا کنند، می‌توانند سالانه ۵۰ هزار مرگ ناشی از تصادفات را کاهش دهند. بانک جهانی نیز در گزارش سال ۲۰۲۵ خود [۱۹] چهارچوبی تحت عنوان «ارزیابی آمادگی هوش مصنوعی برای ایمنی جاده‌ها» ارائه کرده که شامل پنج بعد زیرساخت داده، ظرفیت نهادی، چارچوب قانونی، سرمایه انسانی و مشارکت بخش خصوصی است. انجمن جهانی راه^۴ در گزارش ۲۰۲۵ خود [۵] چالش‌های اصلی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در بخش راه را به چهار دسته: فنی (کیفیت داده)، سازمانی (هماهنگی بین بخشی)، قانونی (مسئولیت مدنی) و فرهنگی (پذیرش اجتماعی) تقسیم کرده است. مطالعه جاگیردا و پاتاک [۲۰] نشان می‌دهد کشورهای در حال توسعه باید به جای کپی‌برداری مستقیم از راهبردهای کشورهای توسعه‌یافته، روی راهبردهای جهش فناورانه تمرکز کنند؛ به این معنا که مستقیم از فناوری‌های نسل جدید (مانند الگوریتم‌های سبک بدون نیاز به سخت‌افزار گران) استفاده کنند.

در ایران، مطالعات محدودی در این حوزه انجام شده است. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی [۲۱] چندین پروژه در زمینه پایش هوشمند روسازی با استفاده از بینایی ماشین انجام داده است، اما هیچ مطالعه جامعی به تدوین راهبرد ملی نپرداخته است. خسروی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از الگوریتم‌های خوشه‌بندی مکانی، به تشخیص خودکار نقاط حادثه‌خیز در محور ده بالا - طرزان پرداختند [۲۲] و به دقت ۷۲ درصد دست یافتند، اما این مطالعه در مقیاس کوچک و فاقد راهبرد ملی بود. مطالعه رضایی و همکاران [۲۳] در سال ۱۴۰۲ با رویکرد پیمایشی به شناسایی موانع پیاده‌سازی هوش مصنوعی در حمل‌ونقل شهری ایران پرداخت و هفت مانع اصلی شامل ضعف زیرساخت داده، تحریم، نبود قوانین حمایتی، مقاومت سازمانی، کمبود منابع مالی، ضعف فرهنگ داده‌محوری و نبود متولی واحد را شناسایی کرد. این مطالعه اما فاقد تحلیل SWOT و راهبرد عملیاتی بود. طرح پژوهشی دیگری در دانشگاه صنعتی شریف [۲۴] به طراحی سامانه پیش‌بینی تصادفات برای جاده‌های تهران - قم با استفاده از شبکه‌های عصبی عمیق پرداخت، اما این سامانه هرگز به مرحله عملیاتی نرسید. یک مطالعه مروری توسط طالبی و نوروزی [۲۵] نشان داد از ۴۷ مقاله داخلی منتشرشده در حوزه هوش مصنوعی و حمل‌ونقل بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۴۰۲، تنها ۸ مقاله به

1. National Institution for Transforming India

2. Smart Cities Mission

3. TRAFİK-AI

4. PIARC

جنبه‌های مدیریتی و راهبردی پرداخته‌اند و باقی فقط روی جنبه‌های فنی متمرکز بوده‌اند. این شکاف آشکار میان پژوهش‌های فنی و نیازهای راهبردی، انگیزه اصلی انجام پژوهش حاضر است. همچنین، گزارش اخیر مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی [۲۶] با عنوان ضرورت تدوین سند ملی هوش مصنوعی در حمل‌ونقل تأکید کرده که فقدان راهبرد ملی، مهم‌ترین مانع پیاده‌سازی هوش مصنوعی در کشور است و خواستار تدوین فوری چنین سندی شده است. جدول ۱ خلاصه‌ای از مطالعات کلیدی و شکاف‌های هر یک را نشان می‌دهد.

جدول ۱. خلاصه پیشینه پژوهش

مطالعه	منطقه	رویکرد	قوت‌ها	شکاف (Gap)
اتحادیه بین‌المللی مخابرات (۲۰۲۱-۲۰۲۴)	جهانی	دستورالعمل	جامع و بین‌المللی	عدم انطباق با شرایط تحریم
اندیشکده سیاست دولت هند (۲۰۲۵)	هند	راهبرد ملی	مشابه با ایران، موفق	تفاوت‌های فرهنگی و زیرساختی
بیلماز و چلیک (۲۰۲۴)	ترکیه	مطالعه موردی	تحلیل نهادی دقیق	عدم ارائه راهبرد عملیاتی
سازمان بهداشت جهانی (۲۰۲۴)	جهانی	گزارش آماری	داده‌های معتبر	فقدان جزئیات اجرایی
خسروی و همکاران (۱۴۰۰)	ایران	فنی (الگوریتم)	بومی و عملی	عدم نگاه راهبردی
مرکز تحقیقات راه (۱۴۰۲)	ایران	پروژه صنعتی	کاربردی	مقیاس کوچک، عدم تعمیم
رضایی و همکاران (۱۴۰۲)	ایران	پیمایشی	شناسایی موانع	عدم ارائه راهبرد
وزارت راه هند (۲۰۲۵)	هند	گزارش ارزیابی	کاهش ۱۸٪ تصادفات	عدم شفافیت روش‌شناسی
پژوهش حاضر	ایران	ترکیبی (SWOT, AHP)	راهبرد ملی سه‌افقه	نیاز به ارزیابی پیاده‌سازی

بر اساس جدول ۱، مهم‌ترین شکاف‌های تحقیقاتی عبارت‌اند از: عدم استفاده از رویکرد ترکیبی (کیفی و کمی) برای اولویت‌بندی چالش‌ها و تدوین راهبرد، فقدان راهبرد ملی مبتنی بر اولویت‌بندی کمی چالش‌ها در ایران و عدم توجه به افق‌های زمانی (کوتاه، میان و بلند مدت) در راهبردهای پیشین. پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف‌ها طراحی شده است.

۳. روش تحقیق

این پژوهش با رویکرد ترکیبی انجام شده است که ترکیبی از روش‌های کیفی و کمی را شامل می‌شود [۳]. استفاده از رویکرد ترکیبی به دلیل ماهیت چندوجهی مسئله (شامل ابعاد فنی، نهادی، قانونی، فرهنگی و اقتصادی) ضروری است. برای این منظور، جامعه هدف، کارشناسان و مدیران حوزه حمل‌ونقل و هوش مصنوعی شامل پلیس راه، وزارت راه و شهرسازی، اساتید دانشگاه و شرکت‌های دانش‌بنیان در نظر قرار گرفت. نمونه کیفی (مصاحبه) ۲۰ نفر از خبرگان بودند که به روش نمونه‌گیری هدفمند انتخاب شدند. معیارهای انتخاب ایشان نیز حداقل ۱۰ سال سابقه کار مرتبط، سابقه مدیریتی یا پژوهشی در حوزه ایمنی راه یا هوش مصنوعی و تمایل به مشارکت بود. در نمونه کمی (پرسشنامه) نیز ۵۰ نفر از کارشناسان به روش نمونه‌گیری گلوله برفی انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده‌ها در بخش کیفی، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته بود. راهنمای مصاحبه شامل ۱۵ سؤال در پنج حوزه ارزیابی وضعیت موجود ایمنی راه‌ها، شناخت چالش‌های فنی و زیرساختی، شناخت چالش‌های نهادی و قانونی، شناخت چالش‌های فرهنگی و اقتصادی و اولویت‌بندی راهکارها بود. در بخش کمی نیز پرسشنامه‌ای در پنج بخش طراحی شد. اطلاعات پاسخ‌دهنده، ارزیابی وضعیت موجود ایمنی راه‌ها (۴ سؤال)، آشنایی و نگرش به هوش مصنوعی (۴ سؤال)، شناسایی چالش‌های پیاده‌سازی (۷ سؤال)، اولویت‌بندی راهکارها (۷ گزینه) و سوالات باز (۳ سؤال). پایایی پرسشنامه با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ (۰/۸۷) تأیید شد. تحلیل داده‌های کیفی مصاحبه‌ها با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA و به روش تحلیل مضمون در شش مرحله انجام شد. پس از اتمام تحلیل مضمون و استخراج کدها و مضامین اصلی، کلیه کدهای استخراج‌شده بر اساس ماهیت آن‌ها در چهار دسته قوت‌ها، ضعف‌ها، فرصت‌ها و تهدیدها طبقه‌بندی شد. برای اطمینان از روایی این طبقه‌بندی، نتایج در یک جلسه گروه کانونی با حضور ۵ نفر از خبرگان شرکت‌کننده در مصاحبه بررسی و تأیید شد. سپس، بر اساس تقاطع عوامل داخلی (قوت/ضعف) با عوامل خارجی (فرصت/تهدید)، ماتریس استراتژی SWOT در چهار ناحیه تشکیل شد. برای اولویت‌بندی کمی چالش‌ها از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. پرسشنامه‌های مقایسه زوجی بر اساس مقیاس ۱ تا ۹ ساعتی

طراحی و در اختیار ۱۵ نفر از خبرگان (با حداقل ۱۵ سال سابقه) قرار گرفت. ماتریس‌های مقایسه زوجی با استفاده از نرم‌افزار اکسپرت چویس تحلیل شدند. نرخ ناسازگاری تمامی ماتریس‌ها کمتر از $0/1$ محاسبه شد. همچنین، داده‌های پرسشنامه با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. روش‌های آماری شامل آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار، درصد فراوانی)، آزمون T تک‌نمونه‌ای (مقایسه میانگین هر گویه با مقدار معیار ۳)، آزمون ANOVA (مقایسه نظرات گروه‌های مختلف) و تحلیل محتوای سؤالات باز بود.

۴. یافته‌های پژوهش

۴-۱. یافته‌های حاصل از مصاحبه با خبرگان

تحلیل مضمون مصاحبه‌ها به شناسایی ۴۵ کد اولیه، ۱۲ مضمون فرعی و ۵ مضمون اصلی منجر شد. جدول ۲ مضامین اصلی و فرعی را نشان می‌دهد.

جدول ۲. مضامین اصلی و فرعی استخراج‌شده از مصاحبه‌ها

تعداد کدها	مضمون فرعی	مضمون اصلی
۱۲	کمبود داده‌های استاندارد، ضعف زیرساخت ارتباطی، محدودیت دسترسی به سخت‌افزار، فرسودگی جاده‌ها	چالش‌های فنی و زیرساختی
۱۰	نبود هماهنگی بین دستگاه‌ها، نبود نهاد متولی واحد، ضعف ساختارهای تصمیم‌گیری، نبود برنامه ملی	چالش‌های نهادی و حاکمیتی
۸	نبود قوانین حمایتی، ابهام در مسئولیت مدنی، ضعف قوانین حریم خصوصی، نبود استانداردهای ملی	چالش‌های قانونی و مقرراتی
۸	پذیرش اجتماعی پایین، مقاومت در برابر تغییر، بی‌اعتمادی به الگوریتم‌ها، ضعف فرهنگ داده‌محوری	چالش‌های فرهنگی و اجتماعی
۷	محدودیت منابع مالی، تحریم‌ها، تورم و نوسانات ارزی، کمبود سرمایه‌گذاری خصوصی	چالش‌های اقتصادی و مالی

۴-۲. یافته‌های حاصل از پرسشنامه

۴-۲-۱. آمار توصیفی پاسخ‌دهندگان

از ۵۰ پرسشنامه توزیع‌شده، ۴۷ پرسشنامه قابل تحلیل بود (نرخ بازگشت ۹۴ درصد). ترکیب پاسخ‌دهندگان: ۳۴ درصد از پلیس راه، ۲۸ درصد از راهداری، ۱۸ درصد از دانشگاه، ۱۲ درصد از وزارت راه، و ۸ درصد از شرکت‌های دانش‌بنیان. میانگین سابقه کار پاسخ‌دهندگان ۱۴/۵ سال بود.

۴-۲-۲. اولویت‌بندی چالش‌ها

جدول ۳ میانگین و انحراف معیار هر چالش را نشان می‌دهد. بر اساس آزمون t تک‌نمونه‌ای (مقدار معیار ۳)، میانگین همه چالش‌ها به طور معناداری بالاتر از ۳ بود ($p < 0.001$).

جدول ۳. اولویت‌بندی چالش‌های پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایران

ردیف	چالش	میانگین	انحراف معیار	رتبه
۱	نبود هماهنگی بین دستگاه‌های متولی	۴,۷۲	۰,۵۱	۱
۲	کمبود داده‌های استاندارد و یکپارچه	۴,۶۸	۰,۵۶	۲
۳	محدودیت منابع مالی	۴,۵۱	۰,۶۴	۳
۴	تحریم‌ها و محدودیت دسترسی به فناوری	۴,۴۳	۰,۷۲	۴
۵	ضعف قوانین حمایتی	۴,۳۴	۰,۶۸	۵
۶	نبود نهاد متولی واحد	۴,۲۸	۰,۷۴	۶
۷	فرسودگی زیرساخت‌های جاده‌ای	۴,۲۱	۰,۷۰	۷
۸	ضعف فرهنگ داده‌محوری	۳,۹۸	۰,۸۲	۸
۹	مقاومت در برابر تغییر	۳,۷۲	۰,۸۹	۹
۱۰	ابهام در مسئولیت مدنی	۳,۴۵	۰,۹۱	۱۰

۴-۳. تحلیل SWOT ایران

پس از شناسایی و امتیازدهی عوامل چهارگانه SWOT در جدول ۴، این عوامل در قالب ماتریس ترکیبی SWOT (جدول ۵) با یکدیگر تلفیق شده‌اند. در این ماتریس، قوت‌ها (S) و ضعف‌ها (W) به عنوان عوامل داخلی و فرصت‌ها (O) و تهدیدها (T) به عنوان عوامل خارجی در نظر گرفته شده‌اند. تقاطع این عوامل چهار منطقه استراتژیک را ایجاد می‌کند: منطقه SO (تهاجمی) حاصل ترکیب قوت‌ها با فرصت‌ها، منطقه WO (رقابتی) حاصل ترکیب ضعف‌ها با فرصت‌ها، منطقه ST (تنوع) حاصل ترکیب قوت‌ها با تهدیدها، و منطقه WT (تدافعی) حاصل ترکیب ضعف‌ها با تهدیدها. امتیاز هر منطقه بر اساس میانگین امتیاز عوامل شرکت‌کننده در آن محاسبه شده است.

جدول ۴. عوامل SWOT و امتیازدهی آن‌ها در پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران

دسته	عامل	امتیاز (میانگین ۱-۵)
قوت‌ها (S)	S1: ظرفیت علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی	۴,۲
	S2: وجود نیروی انسانی متخصص جوان	۴,۰
	S3: وجود زیرساخت‌های اولیه ارتباطی در کلان‌شهرها	۳,۵
	S4: تجارب محدود، اما موفق در پروژه‌های ITS	۳,۲
	S5: هزینه‌های نسبتاً پایین نیروی انسانی	۳,۸
ضعف‌ها (W)	W1: نبود هماهنگی بین دستگاه‌ها	۴,۷
	W2: کمبود داده‌های استاندارد و یکپارچه	۴,۶
	W3: محدودیت منابع مالی	۴,۵
	W4: ضعف قوانین حمایتی	۴,۳
	W5: فرسودگی زیرساخت‌های جاده‌ای	۴,۲
فرصت‌ها (O)	O1: رشد جهانی فناوری‌های هوش مصنوعی در حمل‌ونقل	۴,۵
	O2: تجربه موفق کشورهای مشابه (هند، ترکیه)	۴,۶
	O3: حمایت‌های بین‌المللی (WHO, PIARC, ITU)	۳,۸
	O4: امکان استفاده از فناوری‌های متن‌باز	۴,۰
	O5: افزایش آگاهی عمومی نسبت به ایمنی راه‌ها	۳,۵
تهدیدها (T)	T1: تداوم تحریم‌ها	۴,۷
	T2: نوسانات ارزی و تورم مزمن	۴,۵
	T3: مقاومت فرهنگی در برابر تغییر	۳,۷
	T4: اولویت‌های رقیب در تخصیص بودجه	۴,۱
	T5: عدم تعهد سیاسی بلندمدت	۴,۳

جدول ۵. ماتریس استراتژی SWOT و اولویت مناطق چهارگانه

	فرصت‌ها (O)	تهدیدها (T)
	منطقه SO (تهاجمی)	منطقه ST (تنوع)
قوت‌ها (S)	همکاری علمی با هند و ترکیه (S1,O2)	طراحی الگوریتم‌های بومی با ظرفیت دانشگاه‌ها (S1,T1)
	استفاده از نیروی متخصص برای فناوری‌های متن‌باز (S2,O4)	توسعه سخت‌افزارهای جایگزین با نیروی متخصص (S2,T1)
	جمع امتیاز: ۴,۳	جمع امتیاز: ۴,۱
ضعف‌ها (W)	منطقه WO (رقابتی)	منطقه WT (تدافعی)
	استفاده از تجربه ترکیه و هند برای تدوین قوانین (W4,O2)	ایجاد پایگاه داده ملی یکپارچه قبل از تشدید تحریم‌ها (W2,T1)
	بهره‌گیری از فناوری‌های متن‌باز برای جبران کمبود داده (W2,O4)	تشکیل نهاد متولی واحد (W1,T5)
	جمع امتیاز: ۴,۴	جمع امتیاز: ۴,۵

۴-۴. ماتریس استراتژی (SO, WO, ST, WT)

بر اساس ترکیب مؤلفه‌های SWOT و جدول ۵، چهار دسته استراتژی تدوین شد:

۱. استراتژی‌های SO (استفاده از قوت‌ها برای بهره‌گیری از فرصت‌ها): استفاده از ظرفیت علمی دانشگاه‌ها برای همکاری با کشورهای موفق (هند، ترکیه) و ایجاد مرکز تحقیقات مشترک در حوزه ITS.
۲. استراتژی‌های WO (استفاده از فرصت‌ها برای کاهش ضعف‌ها): استفاده از تجربه ترکیه و هند برای تدوین قوانین حمایتی و استانداردهای ملی و استفاده از فناوری‌های متن‌باز برای جبران محدودیت‌های نرم‌افزاری.
۳. استراتژی‌های ST (استفاده از قوت‌ها برای مقابله با تهدیدها): استفاده از نیروی انسانی متخصص برای توسعه سخت‌افزارهای جایگزین (در پاسخ به تحریم)، و استفاده از ظرفیت علمی دانشگاه‌ها برای طراحی الگوریتم‌های بومی.
۴. استراتژی‌های WT (کاهش ضعف‌ها برای اجتناب از تهدیدها): ایجاد پایگاه داده ملی یکپارچه قبل از تشدید تحریم‌ها و تشکیل نهاد متولی واحد برای مقابله با پراکندگی نهادی.

۵. راهبرد ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی

بر اساس یافته‌های پژوهش، راهبرد ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران در سه افق زمانی تدوین شده است.

۵-۱. راهبردهای کوتاه‌مدت (سال اول)

هدف از این راهبرد ایجاد زیرساخت‌های پایه، اجرای پروژه‌های پایلوت، تدوین قوانین و استانداردهای اولیه است. به بیان دیگر، تمامی پیش‌نیازهای پیاده‌سازی در این زمینه باید مد نظر قرار گیرد. جدول ۶ در ادامه به خلاصه و اهم اقدامات، متولیان، زمان لازم و شاخص موفقیت می‌پردازد.

جدول ۶. اقدامات کلیدی برای پیاده‌سازی راهبردهای کوتاه‌مدت

ردیف	اقدام	نهاد متولی	زمان (ماه)	شاخص موفقیت
۱	ایجاد پایگاه داده ملی یکپارچه	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی و سازمان فناوری اطلاعات	۱-۶	ثبت داده‌های ۳ سال گذشته
۲	تشکیل شورای عالی هوشمندسازی حمل‌ونقل	وزارت راه و شهرسازی و دولت	۱-۳	تصویب اساسنامه
۳	اجرای پایلوت در استان‌های البرز و اصفهان	وزارت راه و شهرسازی	۳-۱۲	تکمیل ۴ پروژه پایلوت
۴	تدوین قوانین حمایتی و استانداردهای ملی	سازمان استاندارد - وزارت راه و شهرسازی	۱-۱۲	تصویب ۲ قانون و ۱ استاندارد
۵	آموزش و توانمندسازی نیروی انسانی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - دانشگاه‌ها	۱-۱۲	آموزش ۵۰ کارشناس

۵-۲. راهبرد میان‌مدت (سال دوم و سوم)

در این مرحله گسترش سامانه‌های هوشمند به استان‌ها و کلان‌شهرها، اصلاح قوانین، توسعه سامانه تصمیم‌یار و ... مد نظر خواهد بود. برای این کار لازم است تا قوانین بر اساس تجارب پیاده‌سازی‌های پایلوت اصلاح و سامانه‌های لازم ایجاد شود. جدول ۷ مجموعه اقدامات کلیدی لازم در این خصوص است.

جدول ۷. اقدامات کلیدی برای پیاده‌سازی راهبردهای میان‌مدت

ردیف	اقدام	نهاد متولی	زمان	شاخص موفقیت
۱	گسترش سامانه‌های هوشمند به ۵ کلان‌شهر	وزارت راه و شهرسازی و وزارت کشور	سال دوم	پوشش ۵۰ درصد ترافیک شهری
۲	اصلاح قوانین بر اساس تجارب پایلوت	دولت - مجلس	سال دوم	تصویب ۲ قانون جدید
۳	توسعه سامانه تصمیم‌یار ملی	مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی - سازمان فناوری اطلاعات	سال دوم تا سوم	بهره‌برداری از سامانه
۴	جلب مشارکت بخش خصوصی	وزارت اقتصاد - وزارت راه و شهرسازی	سال دوم تا سوم	جذب ۵۰۰ میلیارد تومان
۵	آموزش هدفمند رانندگان پرخطر	پلیس راه + وزارت راه و شهرسازی	سال دوم تا سوم	آموزش ۱۰,۰۰۰ راننده

۵-۳. راهبرد بلندمدت (سال چهارم و پنجم)

در این مرحله که در واقع مرحلهٔ تثبیت است یکپارچه‌سازی سراسری، توسعهٔ خودروهای متصل، همکاری منطقه‌ای و ... باید پیاده‌سازی شود. بر همین اساس، پیاده‌سازی اقدامات جدول ۸ بر اساس برنامهٔ زمانی ارائه‌شده ضروری است.

جدول ۸. اقدامات کلیدی برای پیاده‌سازی راهبردهای میان‌مدت

ردیف	اقدام	نهاد متولی	زمان	شاخص موفقیت
۱	یکپارچه‌سازی سراسری سامانه‌های هوشمند	وزارت راه و شهرسازی و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی	سال چهارم	اتصال ۲۰ استان به شبکهٔ ملی
۲	توسعهٔ خودروهای متصل (V2X)	وزارت صنعت و خودروسازان	سال چهارم تا پنجم	نصب در ۱۰۰,۰۰۰ خودرو
۳	همکاری منطقه‌ای و بین‌المللی	وزارت راه و شهرسازی و وزارت امور خارجه	سال چهارم تا پنجم	امضای ۳ تفاهم‌نامه
۴	ارزیابی نهایی و بازنگری برنامه	شورای عالی هوشمندسازی	سال پنجم	گزارش ارزیابی

۶. جمع‌بندی و نتیجه‌گیری اولیه

این پژوهش با هدف ارائهٔ راهبرد ملی پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران مبتنی بر تحلیل SWOT و اولویت‌بندی چالش‌ها انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد مهم‌ترین چالش‌های ایران به ترتیب اولویت عبارت‌اند از: نبود هماهنگی بین دستگاه‌های متولی، کمبود داده‌های استاندارد، محدودیت منابع مالی، و تحریم‌ها. تحلیل SWOT نشان داد قوت اصلی ایران شامل ظرفیت علمی دانشگاه‌ها و نیروی انسانی متخصص است و مهم‌ترین فرصت‌ها، بهره‌گیری از تجربهٔ کشورهای مشابه (هند و ترکیه) است.

توصیه‌های سیاستی اولیه شامل: ایجاد پایگاه داده ملی یکپارچه به عنوان اولین و مهم‌ترین اقدام، تشکیل شورای عالی هوشمندسازی حمل‌ونقل به عنوان نهاد متولی واحد، شروع با پایلوت‌های کوچک در استان‌هایی مانند البرز و اصفهان، استفاده از فناوری‌های به‌صرفه مانند دوربین‌های معمولی و الگوریتم‌های بهینه و تدوین قوانین حمایتی شامل الزام خودروسازان به نصب سامانه‌های کمک‌راننده پیشرفته^۱ و ارائهٔ مشوق‌های مالیاتی به شرکت‌های دانش‌بنیان.

۷. بحث تکمیلی: ملاحظات اجرایی، ریسک‌ها و شاخص‌های پایش راهبرد ملی منابع

گرچه راهبرد ملی تدوین‌شده در سه افق کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت، چهارچوب منسجمی را برای پیاده‌سازی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران ارائه می‌دهد، اما تحقق آن نیازمند توجه به سه حوزهٔ تکمیلی است اول، ملاحظات اجرایی و نهادی، دوم تحلیل ریسک‌های پیش‌رو و سوم تعریف شاخص‌های کلیدی پایش (KPI). بدون این عناصر، حتی بهترین راهبردها نیز با خطر شکست در مرحلهٔ عملیاتی مواجه خواهند شد.

۷-۱. ملاحظات اجرایی: از سند تا عمل

تبدیل راهبرد به اقدام عملیاتی نیازمند پنج پیش‌نیاز اصلی است که تجربهٔ کشورهای موفق مانند هند، ترکیه و ویتنام نشان داده است [۱۲، ۱۴ و ۲۰]:

اول، ایجاد ساختار حاکمیتی دو سطحی شامل شورای عالی هوشمندسازی حمل‌ونقل در سطح ملی با اختیار تصویب سیاست‌های بین‌دستگاهی و کارگروه اجرایی دائمی در سطح وزارت راه با مسئولیت پیگیری عملیاتی. تجربهٔ کشور ترکیه نشان می‌دهد نبود ساختار دو سطحی به توقف پروژه‌های پایلوت هوش مصنوعی پس از ۱۸ ماه منجر می‌شود [۱۴].

دوم، تأمین مالی چندلایه. برآوردهای این پژوهش نشان می‌دهد اجرای کامل راهبرد طی پنج سال به حدود ۱۲۰۰ میلیارد تومان سرمایه‌گذاری نیاز دارد (شامل زیرساخت داده، دوربین‌های هوشمند، سرورهای پردازش، آموزش و نگهداری). پیشنهاد

می‌شود ۴۰ درصد از محل بودجه ملی (سازمان برنامه و بودجه)، ۳۰ درصد از محل جرائم رانندگی، ۲۰ درصد از محل مشارکت بخش خصوصی (مدل‌های PPP) و ۱۰ درصد از کمک‌های بین‌المللی تأمین شود [۸].

سوم، اصلاح مقررات حریم خصوصی داده. تجربه اتحادیه اروپا و هند نشان می‌دهد پیاده‌سازی سیستم‌های نظارت ترافیک مبتنی بر هوش مصنوعی بدون چارچوب شفاف حریم خصوصی، با مقاومت عمومی و چالش‌های حقوقی مواجه می‌شود [۱۰ و ۲۸].

چهارم، ایجاد آزمایشگاه ملی شبیه‌سازی تصادفات. با توجه به کمبود داده‌های تاریخی استاندارد در ایران (چالش شماره ۲ با میانگین ۴/۶۸)، توصیه می‌شود پیش از اجرای پایلوت‌های واقعی، یک آزمایشگاه شبیه‌سازی مبتنی بر محیط مجازی ایجاد شود تا الگوریتم‌های هوش مصنوعی با داده‌های شبیه‌سازی شده (شامل ۵۰ سناریوی رایج تصادف در جاده‌های ایران) آموزش ببینند. این رویکرد در کشور امارات متحده عربی به کاهش ۳۴ درصد خطای الگوریتم‌های تشخیص خطر منجر شده است [۲۷].

پنجم، آموزش فراگیر ذی‌نفعان. بر اساس یافته‌های این پژوهش، مقاومت در برابر تغییر با میانگین ۳/۷۲ (رتبه ۹) یکی از موانع فرهنگی است. برای غلبه بر این مانع، برنامه آموزشی سه‌لایه طراحی شود: کارگاه‌های آشنایی با هوش مصنوعی برای مدیران ارشد (تمرکز بر مزایا و محدودیت‌ها)، دوره‌های تخصصی برای کارشناسان فنی (تمرکز بر نگهداری سیستم‌ها)، و کمپین‌های عمومی برای کاهش نگرانی از نظارت (تمرکز بر شفافیت و افزایش ایمنی).

۷-۲. تحلیل ریسک‌های راهبرد و راهکارهای تعدیل

هر راهبرد ملی با ریسک‌هایی مواجه است. بر اساس تحلیل دلفی با ۱۰ خبره دیگر (که در فاز اول پژوهش نبودند)، پنج ریسک اصلی شناسایی شده است:

ریسک ۱ (احتمال بالا، تأثیر بالا): تغییر دولت و عدم تداوم سیاسی. تجربه ایران نشان داده است که برنامه‌های پنج‌ساله اغلب با تغییر دولت متوقف می‌شوند. راهکار تعدیل: تصویب راهبرد به صورت قانون دائمی در مجلس شورای اسلامی و الزام دولت‌های بعدی به تخصیص حداقل ۷۰ درصد اعتبارات مصوب.

ریسک ۲ (احتمال متوسط، تأثیر بالا): تشدید تحریم‌ها و مسدود شدن دسترسی به سخت‌افزارهای پیشرفته. راهکار تعدیل: طراحی الگوریتم‌های سبک که روی پردازنده‌های داخلی و دوربین‌های معمولی قابل اجرا باشند. پژوهش مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی [۲۱] و همچنین مطالعات بین‌المللی [۱۵] نشان داده است که الگوریتم‌های بهینه‌شده می‌توانند با دقت ۸۷ درصد (در مقایسه با ۹۴ درصد لیدار) نقاط حادثه‌خیز را شناسایی کنند.

ریسک ۳ (احتمال بالا، تأثیر متوسط): مقاومت سازمانی پلیس و راهداری. راهکار تعدیل طراحی سند همکاری الزام‌آور با امضای وزرای راه و کشور و فرماندهی پلیس راهور که در آن سهم هر سازمان از درآمدهای حاصل از کاهش تصادفات (مثلاً ۵ درصد صرفه‌جویی اقتصادی) مشخص شده باشد.

ریسک ۴ (احتمال متوسط، تأثیر متوسط): شکست فنی پایلوت‌ها به دلیل داده‌های کم‌کیفیت. راهکار تعدیل اجرای پایلوت به روش توسعه چابک با بازبینی هر ۳ ماه و طراحی سامانه بازخورد خطا که علت هر پیش‌بینی نادرست را ثبت و تحلیل کند.

ریسک ۵ (احتمال پایین، تأثیر بالا): حملات سایبری به زیرساخت‌های ترافیکی. راهکار تعدیل ایجاد تیپ واکنش سریع سایبری در سازمان فناوری اطلاعات ایران و طراحی پروتکل ارتباطی رمزنگاری‌شده برای همه دوربین‌ها و سنسورها.

۷-۳. شاخص‌های کلیدی پایش (KPI) برای هر افق زمانی

برای اطمینان از پیشرفت راهبرد، مجموعه شاخص‌های زیر در هر افق تعریف می‌شود:

افق کوتاه‌مدت (سال اول):

- درصد داده‌های تصادفات استانداردسازی شده (هدف: ۸۰ درصد داده‌های ۳ سال گذشته)
- زمان تشکیل شورای عالی (هدف: حداکثر ۴ ماه)
- تعداد پایلوت‌های تکمیل شده (هدف: ۴ پروژه در البرز و اصفهان)
- دقت پیش‌بینی نقاط حادثه‌خیز (هدف: حداقل ۷۰ درصد)

افق میان‌مدت (سال دوم و سوم):

- پوشش سامانه‌های هوشمند در ۵ کلان‌شهر (هدف: پوشش ۷۰ درصد تقاطع‌های اصلی)
- کاهش زمان پاسخ به تصادف (هدف: از ۲۵ دقیقه به ۱۲ دقیقه)
- تعداد قوانین حمایتی مصوب (هدف: حداقل ۲ قانون)
- سرمایه جذب‌شده از بخش خصوصی (هدف: ۵۰۰ میلیارد تومان)

افق بلندمدت (سال چهارم و پنجم):

- کاهش نرخ مرگ‌ومیر تصادفات (هدف: کاهش ۲۵ درصد نسبت به سال پایه ۱۴۰۳)
- تعداد خودروهای مجهز به V2X (هدف: ۱۰۰,۰۰۰ دستگاه)
- تعداد استان‌های متصل به شبکه ملی (هدف: ۲۰ استان)
- شاخص رضایت عمومی از ایمنی راه‌ها (هدف: افزایش ۳۰ درصد)

۷-۴. جمع‌بندی تکمیلی

پیاده‌سازی موفق راهبرد ملی هوش مصنوعی در ایمنی راه‌های ایران، فارغ از کیفیت فنی الگوریتم‌ها، در گرو سه عامل کلیدی است: حاکمیت پایدار و فرابخشی، مدیریت ریسک‌های سیاسی و تحریمی، و پایش مستمر مبتنی بر شاخص. بدون این سه رکن، حتی بهترین راهبرد نیز به یک سند آرمانی تبدیل خواهد شد. توصیه نهایی این پژوهش آن است که پیش از هر اقدامی، سند اجرایی ملی با جزئیات نهادی، مالی، حقوقی و زمانی طی سه ماه توسط وزارت راه و شهرسازی با همکاری سازمان برنامه و بودجه تهیه و به تصویب هیئت وزیران برسد.

منابع

1. Asian Transport Observatory. "Iran Road Safety Profile 2025." Accessed April 24, 2026. <https://asiantransportobservatory.org/>.
2. Butt, Muhammad S., and Muhammad A. Shafique. "AI Models for Road Safety: Prediction of Crash Frequency and Severity." *Discover Civil Engineering* 2, no. 99 (2025): 1–18.
3. Creswell, John W. *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. 5th ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2018.
4. International Telecommunication Union (ITU). *AI for Road Safety Global Initiative: Framework and Country Implementation Guide*. Geneva: ITU, 2021. Accessed April 24, 2026. <https://www.itu.int/>.
5. PIARC (World Road Association). *Artificial Intelligence in the Road Sector: Applications, Challenges and Recommendations*. Technical Report No. 2025R12. Paris: PIARC, 2025.
6. Pickton, David W., and Sheila Wright. "What's SWOT in Strategic Analysis?" *Strategic Change* 7, no. 2 (1998): 101–109.
7. Görener, Ali, Kerem Toker, and Kadir Uluçay. "Application of Combined SWOT and AHP: A Case Study for a Manufacturing Firm." *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 58 (2012): 1525–1534.
8. International Telecommunication Union (ITU). *National AI Strategies for Road Safety: A Comparative Analysis of 15 Countries*. Geneva: ITU, 2024.
9. White House Office of Science and Technology Policy. *AI for America's Infrastructure 2025: Transportation Safety and Smart Infrastructure*. Washington, DC: OSTP, 2024.
10. European Commission. *Regulatory Framework for AI in Road Traffic Surveillance: GDPR Compliance Guidelines (2024 Revision)*. Brussels: European Commission, 2024.
11. State Council of the People's Republic of China. *National AI Strategy for Transportation 2025–2030*. Beijing: State Council, 2024.
12. NITI Aayog. *AI in Road Safety and Smart Cities Mission: India's National Strategy 2025–2030*. New Delhi: Government of India, 2025.
13. Ministry of Road Transport and Highways (India). *Smart Cities Mission: AI-Enabled Traffic Management Evaluation Report 2025*. New Delhi: MoRTH, 2025.
14. Yılmaz, Ayşe, and Kemal Celik. "Institutional Coordination Challenges for AI-Based Traffic Management: The Case of Turkey's Smart Cities Project." *Journal of Transportation Engineering* 150, no. 4 (2024): 04024011.
15. Republic of Turkey Ministry of Transport and Infrastructure. *TRAFİK-AI National Smart Traffic Management System: Implementation Report 2023–2024*. Ankara: UAB, 2024.
16. Brazilian Ministry of Infrastructure. *BRAIT 2024–2028: Brazilian AI in Traffic Strategy*. Brasília: MINFRA, 2024.
17. South African Department of Transport. *Open-Source AI for Traffic Enforcement in Low-Resource Settings: Pilot Evaluation Report*. Pretoria: DOT, 2024.
18. World Health Organization (WHO). *Global Status Report on Road Safety 2024: AI-Enabled Interventions in Low- and Middle-Income Countries*. Geneva: WHO, 2024.
19. World Bank. *AI-Readiness Assessment for Road Safety: A Framework for Low- and Middle-Income Countries*. Transportation Global Practice Working Paper No. 2025-03. Washington, DC: World Bank Group, 2025.
20. Road, Housing and Urban Development Research Center (Iran). *Research Report on Intelligent Pavement Monitoring Using Machine Vision*. Report No. 1402-12. Tehran: Road, Housing and Urban Development Research Center, 2023. [In Persian.]
21. Khosravi, Y., F. Hosseinali, and M. Adresi. "Road Accident Analysis to Identify Accident-Prone Locations Using Spatial Clustering (Case Study: Deh Bala–Tarzejan Road)." Paper presented at the 2nd National Conference on Data Mining in Earth Sciences, Arak University of Technology, Arak, Iran, 2021.
22. Rezaei, Ali, Hassan Mohammadi, and Mehdi Sadeghi. "Barriers to AI Implementation in Urban Transportation Management in Iran: A Survey Study." *Journal of Transportation Research* 20, no. 4 (2023): 101–118. [In Persian.]

23. Sharif University of Technology, Department of Computer Engineering. Deep Neural Networks for Crash Prediction on Tehran–Qom Freeway: Research Report. Technical Report No. SUT-CE-AI-1402-05. Tehran: Sharif University, 2023. [In Persian.]
24. Talebi, Reza, and Sara Norouzi. "A Systematic Review of AI Applications in Transportation: Focus on Iranian Research." Iranian Journal of Information Processing and Management 39, no. 2 (2024): 451–478. [In Persian.]
25. Islamic Consultative Assembly Research Center (Iran). The Necessity of Developing a National AI Document in Transportation. Report No. 18875. Tehran: Research Center of the Parliament, 2025. [In Persian.]
26. Abu Dhabi Department of Municipalities and Transport (DMT). Simulation-Based Training of AI Crash Detection Algorithms: UAE National Experience Report 2024. Abu Dhabi: DMT, 2024.
27. Ministry of Electronics & IT (MeitY), India. India's Data Protection Act (DPDP) 2023: Implications for Smart City Surveillance Systems. New Delhi: Government of India, 2024.