

ПРИМЕНА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ОРГАНИЗАЦИЈИ ЈАВНОГ ГРАДСКОГ ПРЕВОЗА

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE
ORGANIZATION OF PUBLIC TRANSPORT

Милош Арсић¹

Соња Кетин²

Драгутин Јовановић³

Милош Пљакић⁴

Прегледни рад

DOI: 10.5937/KONPUP26274A

АПСТРАКТ

Управљање процесом транспорта путника представља кључни аспект у обезбеђивању ефикасног, безбедног и квалитетног превоза за кориснике. Несумњиво је да се применом савремених технологија у значајној мери може унапредити систем управљања и организације превоза путника у великим агломерацијама. Вештачка интелигенција (ВИ) у јавном градском превозу представља скуп метода (машинско учење, оптимизација, анализа великих података) које користе оперативне и путничке податке да унапреде поузданост, капацитет, трошкове и квалитет услуге. За разлику од класичног планирања које се ослања на повремена бројања и статичне претпоставке, ВИ омогућава да се одлуке заснивају на континуираном "пулсу" система: позицијама возила (АВЛ/ГПС), бројању путника, валидацијама карата, информацијама о загушењу, инцидентима, радовима, као и подацима о стању возила из телеметрије.

Кључне речи: *Вештачка интелигенција; оптимизација, Јавни превоз; урбана мобилност; управљање саобраћајем*

ABSTRACT

Managing the passenger transport process is a key aspect in ensuring efficient, safe and high-quality transport for users. There is no doubt that

¹ Факултет за економију и инжењерски менаџмент, Универзитет привредна Академија, Цвећарска 2, Нови Сад, Србија, misaarsa@yahoo.com, ORCID: 0000-0001-7853-0819

² Академија техничко-уметничких струковних студија, Висока Школа информационе и телекомуникационе технологије, Београд, Србија, sanja.jevtic@vzs.edu.rs, ORCID:0000-0002-2456-7883

³ Факултет за економију и инжењерски менаџмент, Универзитет привредна Академија, Цвећарска 2, Нови Сад, Србија,

⁴ Факултет техничких наука, Универзитет у Приштини-Косовска Митровица, Књаза Милоша 7, Косовска Митровица, Србија

the application of modern technologies can significantly improve the system of management and organization of passenger transport in large agglomerations. Artificial intelligence (AI) in public urban transport is a set of methods (machine learning, optimization, big data analysis) that use operational and passenger data to improve reliability, capacity, costs and quality of service. Unlike classic planning that relies on occasional counts and static assumptions, AI allows decisions to be based on the continuous "pulse" of the system: vehicle positions (AVL/GPS), passenger counts, ticket validations, congestion information, incidents, works, as well as vehicle condition data from telemetry.

Keywords: *Artificial Intelligence; Optimization; public transport; Urban Mobility; traffic management*

УВОДНИ ДЕО

Транспорт путника представља један од најважнијих сегмената савременог друштва, омогућавајући мобилност становништва и повезаност различитих региона. Ефикасно управљање овим процесом од суштинског је значаја за економски развој, квалитет живота грађана и одрживост животне средине. Са растом урбанизације и повећањем броја становника у градовима, јавља се потреба за унапређењем система транспорта како би се одговорило на све сложеније захтеве корисника. Управљање процесом транспорта путника представља кључни аспект у обезбеђивању ефикасног, безбедног и квалитетног превоза за кориснике. Овај процес обухвата планирање, организацију, контролу и унапређење свих активности које се односе на превоз путника, било да је реч о јавном градском превозу, међуградском или међународном транспорту. Циљ је задовољити потребе корисника, уз истовремено оптимално коришћење ресурса и минималан утицај на животну средину

Сви већи градови суочавају се са све већим проблемима да се позабаве ефикасношћу и одрживошћу усред брзе урбанизације и климатских промена. Јавни градски превоз игра кључну улогу у смањењу загушења и емисија штетних гасова, уз истовремено промовисање једнаког приступа градским услугама. У већим урбаним срединама систем јавног градског превоза дневно опслужује десетине хиљада људи, али је и даље ограничен старењем возних паркова, понављањем инцидената и смањењем квалитета превозне услуге.

Вештачка интелигенција (AI) нуди нове могућности за откривање ризика од настајања саобраћајне незгоде у реалном времену, предиктивну аналитику и интервенције засноване на подацима у сложеним транспортним системима. Интеграцијом машинског учења, рачунарског вида и дијагностике засноване на сензорима, AI може подржати тежње ка побољшати квалитет услуга.

Вештачка интелигенција (AI) постала је темељна технологија у модерном урбаном планирању и системима паметне мобилности, тако што омогућава градовима да боље управљају ефикасношћу јавног градског превоза путника, утицајем на животну средину и јавном безбедношћу. За системе јавног градског превоза путника који функционишу у сложеним и динамичним урбаним срединама, интеграција AI пружа стратешку прилику за унапређење управљивости система, оперативне отпорности, обезбеђивање безбедности путника и усклађивање са дугорочним циљевима одрживости. Овај рад сагледава могућности за унапређење организације ЈГПП применом AI.

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И ОДРЖИВА МОБИЛНОСТ

Транспорт путника представља један од најважнијих сегмената савременог друштва, омогућавајући мобилност становништва и повезаност различитих региона. Проблеми у транспорту постају изазов када је понашање система и корисника превише тешко за моделирање и предвиђање образаца путовања.

Стога се сматра да је вештачка интелигенција добар избор за транспортне системе како би се превазишли изазови растуће потражње за путовањима, емисије угљен-диоксида, безбедносних проблема и деградације животне средине.

Ови изазови произилазе из сталног раста руралног и градског саобраћаја услед повећања броја становника, посебно у земљама у развоју. У Аустралији се очекује да ће трошкови загушења достићи 53,3 милијарде, како се број становника повећа на 30 милиона до 2031. године.

У Мелбурну, у Аустралији, више од 640 км магистралних путева је загушено током шпица, са емисијом CO₂ од 2,9 тона годишње. Многи истраживачи у 21. веку покушавају да остваре поузданији транспортни систем са мањим утицајем на људе и животну средину користећи исплативе и поузданије технике вештачке интелигенције. То има потенцијалну примену за путну инфраструктуру, возаче, кориснике путева и возила.

Примене вештачке интелигенције у транспорту развијају се и имплементирају на различите начине. Ефикасно управљање овим процесом од суштинског је значаја за економски развој, квалитет живота грађана и одрживост животне средине.

Са растом урбанизације и повећањем броја становника у градовима, јавља се потреба за унапређењем система транспорта како би се одговорило на све сложеније захтеве корисника. Организација и управљање процесом транспорта путника представља кључни аспект у обезбеђивању ефикасног, безбедног и квалитетног превоза за

кориснике. Овај процес обухвата планирање, организацију, контролу и унапређење свих активности које се односе на превоз путника, било да је реч о јавном градском превозу, међуградском или међународном транспорту. Циљ је задовољити потребе корисника, уз истовремено оптимално коришћење ресурса и минималан утицај на животну средину

Унапређење јавног превоза је кључно за одрживост јер смањује штету по животну средину, смањује зависност од фосилних горива и ублажава загушења. Јавни превоз нуди алтернативу одрживе мобилности, при чему један аутобус потенцијално може заменити преко 40 аутомобила, штедећи 4,2 милијарде галона бензина годишње у САД и смањујући појединачне емисије угљеника до 2 тоне годишње. У овом контексту, системи одрживе мобилности омогућени вештачком интелигенцијом су препознати по свом капацитету да смање емисије штених гасова стаклене баште, побољшају приступачност и повећају безбедност кроз реаговање и оптимизацију у реалном времену

Доступна литература о одрживом јавном градском транспорту путника истиче важност интеграције интелигентних система безбедности и планирања који узима у обзир равноправност, отпорност и инклузивност

Иновације које је увела АИ укључују веома напредне рачунарске методе које имитирају начин на који људски мозак функционише. Примена АИ у области транспорта има за циљ превазилажење изазова растуће потражње за путовањима, емисије угљен-диоксида, безбедносних проблема и деградације животне средине.

У светлу доступности огромне количине квантитативних и квалитативних података и вештачке интелигенције у овом дигиталном добу, решавање ових проблема на ефикаснији и ефективнији начин постало је вероватније.

Методе вештачке интелигенције проналазе пут до области транспорта применом вештачких неуронских мреже (ANN), генетских алгоритама (GA), вештачких имуних система (AIS) и модел фази логике (FLM). Успешна примена вештачке интелигенције захтева добро разумевање односа између вештачке интелигенције и података с једне стране, и карактеристика и варијабли транспортног система с друге стране.

Технологије вештачке интелигенције – када су усклађене са стратегијама урбане одрживости – могу да подрже промене начина превоза, смањити емисије повезане са загушењима и повећати квалитет услуге. Примери укључују адаптивне системе за контролу сигнала, оптимизацију рута омогућену вештачком интелигенцијом и предиктивну аналитику за управљање протоком путника.

Многобројне студије су истакле ефикасност вештачке интелигенције у откривању и спречавању инцидената у транзитним окружењима. На пример, конволуционе неуронске мреже (КНН) су коришћене за надзор на возилу и откривање аномалија, док модели временских серија омогућавају предиктивно одржавање и системе раног упозоравања на техничке кварове.

Решења применом вештачке интелигенције нуде могућност континуираног праћења огромних транспортних мрежа на нивоу великих агломерација са истакнутим нивоима тачности и скалабилности.

Вештачка интелигенција је ту у нашем окружењу и више није далека будућност за јавни градски превоз путника. Она је овде и обликује начин како оператери планирају, оптимизују и пружају мобилност сваког дана. Од предиктивног заказивања и праћења безбедности до бољих система за информисање путника, вештачка интелигенција и генеративна вештачка интелигенција редефинишу начин на који се индустрија бави ефикасношћу, поузданошћу и корисничким искуством.

Највећи изазови у примени АИ су запањујуће доследни у свим регионима и типовима организација. Ограничени буџети су на врху листе, а одмах за њима следе квалитет података и системска интеграција, унутрашњи отпор и тешкоће у идентификовању случајева употребе. Другим речима, амбиција постоји, али претварање те амбиције у мерљиве резултате захтева темељ спремности за податке, промене процеса и усклађивање руководства. Успешно усвајање вештачке интелигенције треба да започне са питањем зашто, а не са чиме.

ПРИМЕРИ ПРИМЕНЕ АИ У ОРГАНИЗАЦИЈИ ЈАВНОГ ПРЕВОЗА ПУТНИКА

Дигитализацијом детаља путовања, времена почетка и завршетка и података о километражи, оператери имају тачнију слику учинка у реалном времену, ослобађајући време тимовима на првој линији фронта.

У циљу детаљнијег приказа могућности примрне АИ У ЈГПП биће неведно неколико карактеристичних примера.

У Мовентис контрол у Памплони као динамична и једноставна платформа омогућила је да се испитају улазак и излазак корисника у и из возила. Коришћена је предиктивна аналитика за предвиђање попуњености аутобуса и дељење тих информација са путницима путем своје апликације, повећавајући ангажовање за 40%.

Одговорна лица за управљање и организацију превоза људи ће имати све информације на рути гледајући аутобус на мапи у реалном времену, уз могућност тренутних обавештења о кашњењима и инцидентима на путу и обавештења о времену доласка на станицу

Ови примери показују да успешни пројекти вештачке интелигенције почињу малим, циљају на стварне проблеме и скалирају се када се вредност докаже.

У Годараму - систему јавног аутобуског превоза који опслужује Дарам, Северна Каролина, којим управља RATP Dev USA – поновљен је сличан приступ. Годарам је започео своје путовање вештачке интелигенције са уским, али утицајним пилот пројектом: имплементацијом система приоритета саобраћајних сигнала (TSP) који користи податке у возилу и вештачку интелигенцију како би помогао аутобусима да се ефикасније крећу кроз загушена подручја.

Пројекат је био једноставан доказ концепта који је показао јасне оперативне користи и помогао у добијању интерне подршке. Његова прича истиче важну поенту о дигиталној трансформацији у јавном превозу: *вештачка интелигенција не мора да почне као масовна иницијатива.*

Тестирање, понављање и скалирање успешних пилот пројеката - посебно у областима богатим подацима као што су перформансе возног парка и поузданост на време - помаже организацијама да изграде и самопоуздање и компетентност у коришћењу вештачке интелигенције.

Иако Moventis и GoDurham представљају различите делове екосистема мобилности, оба показују колико је важно поједноставити сложеност. Шарад Агарвал, који представља перспективу добављача технологије, нагласио је да највећа вредност вештачке интелигенције лежи у томе што сложене процесе чини интуитивним и приступачним. „Прави циљ“, рекао је, „јесте пребацивање сложених уноса у природни језик: ту се усвајање и обука убрзавају.“

Евидентно је да вештачка интелигенција не замењује људе; она редифинише начин на који они раде. Вештачка интелигенција ће помоћи планерима да обједине све изоловане податке, од путника до доступности возача, како би изградили паметније руте и времена вожње.“ Уместо да буду преплављени ручном анализом, планери се могу фокусирати на стратешки дизајн услуга

Аутономна возила су једна од најубудљивијих и најочекиванијих примена вештачке интелигенције у транспорту. Ова возила ће користити вештачку интелигенцију за самосталну навигацију и планирање рута, укључујући сензоре као што су LiDAR, RADAR и камере за анализу свог окружења и доношење интелигентних одлука.

У области транспорта, вештачка интелигенција која користи компјутерски вид може прецизно да детектује недостатке на путевима и процени оближњу инфраструктуру праћењем промена на асфалтним и бетонским површинама. Вештачка интелигенција ће помоћи у откривању могућих проблема са одржавањем возила и инфраструктуре, омогућавајући превентивно одржавање и смањујући вероватноћу несрећа које настају услед механичких кварова.

Обрађивањем опсежних података у реалном времену из више извора као што су сензори, ГПС технологија и платформе друштвених медија, вештачка интелигенција (AI) алгоритми ће пружати прецизне и актуелне прогнозе саобраћаја. Ова могућност ће олакшати побољшане стратегије управљања саобраћајем.

Примена вештачке интелигенције у транспорту и посебно у јавном градском транспорту има потенцијал да минимизира вероватноћу саобраћајних незгода, евентуалних застоја у функционисању превоза путника и унареди пружање информација у реалном времену возачима о условима у саобраћају и могућим ванредним ситуацијама.

Системи за праћење возила засновани на вештачкој интелигенцији пружају увид у локацију, стање и перформансе возила у реалном времену коришћењем GPS података, сензора и предиктивне аналитике. То резултира смањењем трошкова горива, побољшањем рокова испоруке и обезбеђује укупну ефикасност транспортног система.

Коришћење алгоритама вештачке интелигенције може ефикасно надгледати наплату карата, открити потенцијалне преваре и решити неправилности.

Према претходним свим наведеним чињеницама могу да се истакну посебне предности AI, а то су: тачност- *ниска стопа грешака*, високе могућности анализе података, високе могућности откривања проблема, давање тачних извештаја, откривање проблема, праћење, висока стопа ажурирања)

ЗАКЉУЧАК

Примена AI у области транспорта има за циљ превазилажење изазова растуће потражње за путовањима, емисије угљен-диоксида, безбедносних проблема и деградације животне средине. Вештачка интелигенција може бити алат за суочавање са изазовима одрживог развоја, а њене могућности расту с временом кроз континуирано побољшање и учење из сваког искуства како би увек била на правом путу. Примене вештачке интелигенције могу направити велику разлику у области транспорта путника у великим агломерацијама и побољшати безбедносна питања, поједноставити организацију и управљање превозом путника

Ефикасност апликација вештачке интелигенције у анализи прикупљених података на веома прецизан, свеобухватан и ефикасан начин чини је поузданим решењем за повећање одрживости и постизање циљева одрживог развоја. Интеграција између свих доступних паметних система како би се искористиле предности могућности ових система. То показује да се вештачка интелигенција може користити за решавање изазова повећане потражње за путовањима, емисије угљен-диоксида, безбедносних проблема и расипања горива.

Литература обилује студијама случаја које показују како је вештачка интелигенција ефикасна у пројектовању и развоју оптималне мреже за заједницу, проналажењу оптималних планова распореда за јавни превоз, побољшању временских планова за саобраћајне сигнале и оптимизацији рута за појединачне возаче. Такође се примењује за аутоматско откривање инцидента, откривање аномалија током летова и у процесорима слика/видео секвенцама за податке прикупљене са путева.

Литература

- Pelletier, M.-P., Trépanier, M., Morency, C. (2011). Smart card data use in public transit: A literature review. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 19(4), 557–568.
- Daganzo, C. F. (2009). A headway-based approach to eliminate bus bunching: Systematic analysis and comparisons. *Transportation Research Part B: Methodological*, 43(10), 1.
- Bartholdi, J. J. III, Eisenstein, D. D. (2012). A self-coordinating bus route to resist bus bunching. *Transportation Research Part B*, 46(4), 481–491.
- Transportation Research Board. (2013). *TCRP Report 165: Transit Capacity and Quality of Service Manual (3rd ed.)*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Doaa Abd El Latif Mohammed / *Engineering Research Journal* (2025) 184(1) special issue for 4th International conference "Visions for Future cities, Sustainable Solutions, and Applications. Artificial Intelligence Applications as a tool for facing Sustainable Development Challenges in the Transportation Field, February 2025 *Engineering Research Journal* 184(1):1-14 (Doaa Abd Ellatif Modern Academy El Latif Mohammed DOI:10.21608/ERJ.2024.321237.1101
- Characterizing the Internet Hierarchy from Multiple Vantage Points, L. Subramanian, S. Agarwal, J. Rexford, Randy H. Kat, August 2001 *Computer Science Division (EECS) University of California Berkeley*, 94720.
- Yegnanarayana, B. *Artificial Neural Networks*; PHI Learning Pvt. Ltd.: New Delhi, India, 1999; p. 476. *Sustainability* 2019.
- Abraham, A. *Artificial Neural Networks. Handbook of Measuring System Design*; Sydenham, P.H., Thorn, R., Eds.; John Wiley & Sons, Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2005.