

Интелигентни транспортни системи за зголемена безбедност на патиштата во Република Македонија

м-р. Дејан Шишковски¹, д-р. Марија Ѓошева-Крстески¹,

¹ РСБСП, Македонија, dejan.shishkovski@mf.edu.mk

Апстракт. Современите предизвици во патниот сообраќај и растечката потреба од зголемена безбедност, ефикасност и дигитална поврзаност ја позиционираат примената на интелигентни транспортни системи (ИТС) како клучна алатка во модерното управување со транспортната инфраструктура. Целта на овој труд е да ги истражи можностите и предизвиците за нивна имплементација во Република Македонија, со фокус на зголемување на безбедноста и подготовка за идни технолошки решенија. Методологијата се заснова на анализа на современите ИТС технологии и напредните системи за асистенција на возачот (ADAS), нивната интеграција преку кооперативни пораки (CAM и DENM), како и улогата на RSU единиците во C-ITS инфраструктурата. Преку компаративна анализа со европските практики се идентификувани институционалните, технолошките и регулаторните празнини, а се предлагаат пилот-проекти за нивно постепено унапредување, имплементација и подобрување на ИТС решенијата во насока на надминување на постојните празнини и усогласување со современите европски стандарди. Резултатите укажуваат дека ваквите иницијативи, во комбинација со континуирано унапредување и одржување на инфраструктурата, можат значително да придонесат за повисоко ниво на безбедност, поинтегриран транспортен систем и поголема подготвеност за интеграција на идни интелигентни технологии.

Клучни зборови: ADAS, C-ITS, CAM/DENM, RSU, V2X

Intelligent Transport Systems for Enhanced Road Safety in the Republic of Macedonia

MSc. Dejan Shishkovski¹, PhD. Marija Gjoseva-Krsteski¹

¹ Republic Council on Road Traffic Safety, Macedonia, dejan.shishkovski@mf.edu.mk

Abstract. The modern challenges in road traffic and the growing need for enhanced safety, efficiency, and digital connectivity position the implementation of Intelligent Transport Systems (ITS) as a key tool in contemporary transport infrastructure management. The aim of this paper is to explore the possibilities and challenges of their implementation in the Republic of Macedonia, with a focus on improving safety and preparing for future technological solutions. The methodology is based on an analysis of current ITS technologies and advanced driver assistance systems (ADAS), their integration through cooperative messages (CAM and DENM), as well as the role of RSU units within the C-ITS infrastructure. Through a comparative analysis with European practices, institutional, technological, and regulatory gaps have been identified, and pilot projects are proposed for their gradual enhancement, implementation, and improvement of ITS solutions in order to overcome existing gaps and align with modern European standards. The results indicate that such initiatives, combined with continuous infrastructure development and maintenance, can significantly contribute to a higher level of safety, a more integrated transport system, and greater readiness for the integration of future intelligent technologies.

Keywords: ADAS, C-ITS, CAM/DENM, RSU, V2X

1. ВОВЕД

Патниот сообраќај претставува една од најдинамичните и најкомплексни инфраструктурни области на современите општества. Тој обезбедува мобилност, економски развој и социјална поврзаност, но истовремено претставува и значителен извор на безбедносни ризици. Според Светската здравствена организација, повеќе од 1,19 милиони луѓе годишно го губат животот во сообраќајни несреќи на глобално ниво, а милиони други се повредени [1]. Во Европската унија, патниот сообраќај е главен извор на несреќи со смртни последици, што ја истакнува потребата од иновативни пристапи за зголемување на безбедноста и ефикасноста на патиштата. Во изминатите две децении, дигиталната трансформација на транспортниот сектор доведе до развој на интелигентни транспортни системи (ИТС) интегрирани решенија кои комбинираат информатичка технологија, телекомуникации, сензори и автоматизација со цел да овозможат побезбеден, поефикасен и поодржлив транспорт. Овие системи овозможуваат собирање и обработка на податоци во реално време, оптимизација на сообраќајните текови, автоматизирано донесување одлуки и подобра комуникација помеѓу возилата и инфраструктурата. Со појавата на технологии како што се ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), V2X комуникација (Vehicle-to-Everything) и кооперативни пораки (CAM/DENM), патниот транспорт влегува во нова ера на „интелигентна мобилност“. Во овој контекст, земјите од Европската Унија и други развиени економии веќе започнаа со масовна имплементација на C-ITS инфраструктура, поставување на RSU (Roadside Units) долж автопатите и урбаните коридори и интегрирање на интелигентни системи во рамките на „Smart City“ концептите [2]. Овие технологии значително придонесуваат за намалување на времето на реакција при инциденти, превенција на судири и подобра координација на сите учесници во сообраќајот. Во Република Македонија, иако постојат поединечни иницијативи како системите за електронска патарина, адаптивни семафори и видеонадзор, сè уште нема целосна национална стратегија за развој на ИТС и за интеграција на кооперативните технологии во транспортниот екосистем. Ова истражување има за цел да ја анализира улогата на интелигентните транспортни системи во зголемување на безбедноста на патиштата, со посебен фокус на кооперативните комуникации, улогата на RSU инфраструктурата и можностите за имплементација на пилот-проекти во македонски услови.

2. ИТС ТЕХНОЛОГИИ И ADAS СИСТЕМИ

Интелигентните транспортни системи претставуваат интегрирани решенија кои користат напредни информациски и комуникациски технологии со цел да се подобри безбедноста, ефикасноста, проточноста и одржливоста на транспортните мрежи. Тие функционираат преку собирање, обработка и размена на податоци во реално време меѓу возилата, инфраструктурата и централните системи за управување, овозможувајќи поинформирани одлуки и проактивно реагирање на ризици. Развојот на ИТС е резултат на повеќегодишни истражувања и технолошки напредок во областа на телекомуникациите, сензорски системи, автоматизацијата и вештачката интелигенција, а нивната примена е клучна во современите концепти за паметна мобилност и „smart city“ инфраструктури. Клучните технологии што го сочинуваат ИТС можат да се поделат во неколку категории:

- Системи за управување со сообраќај: вклучуваат интелигентни семафори со адаптивно време, динамички патни знаци, мониторинг на протокот на возила и предвидување на сообраќајни застои.
- Информациски и комуникациски системи: ги опфаќаат комуникациските мрежи за возило-инфраструктура (V2I), возило-возило (V2V), возило-пешак (V2P) и возило-мрежа (V2N), како и сензорските платформи за детекција на состојбата на патот.

- Информациски услуги за корисници: како интелигентна навигација, препораки за патни рути во реално време и известувања за опасности или застои.
- Интелигентна инфраструктура: патишта со вградени сензори, системи за следење на структурата на мостови, тунели и критична инфраструктура.

Еден од најзначајните сегменти на ИТС технологиите се напредните системи за асистенција на возачот (ADAS). Овие системи се дизајнирани да го поддржат возачот преку зголемување на ситуациона свест и автоматско преземање на одредени задачи за управување со возилото, со што се намалува можноста за човечка грешка една од главните причини за сообраќајни несреќи [3]. ADAS се базираат на комбинација од сензори, камери, радар и ЛИДАР скенери кои ја следат околината на возилото, а алгоритмите за обработка на податоци овозможуваат препознавање на опасности и донесување одлуки во реално време. Некои од најзначајните функции на ADAS вклучуваат:

- AEB (Autonomous Emergency Braking): автоматско сопирање при опасност од судир.
- LDW/LKA (Lane Departure Warning / Lane Keeping Assist): предупредување и автоматска корекција при напуштање на коловозна лента.
- ACC (Adaptive Cruise Control): прилагодување на брзината според растојанието до возилото напред.
- ICA (Intersection Collision Avoidance): превенција на судири на раскрсници преку предвидување на траектории.
- TSR (Traffic Sign Recognition): автоматско препознавање на сообраќајни знаци и прилагодување на возењето.

Современите ADAS решенија не функционираат изолирано, нивната ефикасност е директно поврзана со квалитетот на инфраструктурата и со поддршката од кооперативните технологии како што се V2X комуникацијата и CAM/DENM пораците. На пример, системите за автоматско кочење и избегнување судири можат да реагираат многу побрзо кога возилото добива предупредување од друга возачка единица или од патната инфраструктура. Дополнително, развојот на 5G мрежи и „edge computing“ архитектури овозможува размена на големи количини на податоци со минимална латентност, што е критично за имплементација на автономни функции [4]. Во развиените земји, ADAS системите и ИТС технологиите веќе се интегрирани во национални стратегии за мобилност. Пример се проектите C-Roads во Германија и Австрија, каде што инфраструктурата со RSU единици и кооперативни пораки овозможува подобрување на безбедноста и ефикасноста на автопатите [5]. Слично, во САД, програмата на NHTSA за поврзани возила покажува дека V2X технологиите, во комбинација со системи слични на ADAS, имаат потенцијал да го намалат бројот на сообраќајни инциденти за 20-30% во одредени сценарија, особено на крстосници и автопати [6].

3. КОПЕРАТИВНИ ПОРАКИ (CAM/DENM) И УЛОГА НА RSU ВО ИТС

Кооперативните интелигентни транспортни системи (C-ITS) претставуваат напредна фаза во развојот на ИТС, каде возилата, инфраструктурата и останатите учесници во сообраќајот постојано разменуваат информации во реално време со цел да се зголеми безбедноста, да се намали бројот на инциденти и да се подобри проточноста на транспортната мрежа. Основен градежен елемент на C-ITS се кооперативните пораки, дефинирани од Европскиот институт за телекомуникациски стандарди (ETSI), кои се поделени во две главни категории: Cooperative Awareness Messages (CAM) и Decentralized Environmental Notification Messages (DENM) [7].

3.2. Cooperative Awareness Messages (CAM)

CAM пораките се емитуваат периодично од сите возила и претставуваат „дигитален отпечаток“ на нивната моментална состојба. Тие содржат информации како што се позиција, брзина, насока на движење, големина на возилото и неговиот уникатен идентификатор. Овие податоци овозможуваат системите да создадат ситуациона слика на сообраќајната средина во реално време и да предвидат потенцијални ризици уште пред тие да се појават. На пример, доколку две возила се движат кон иста точка на раскрсница, CAM податоците може да бидат обработени за да се предвиди судир и да се испрати предупредување до возачите.

3.3. Decentralized Environmental Notification Messages (DENM)

DENM пораките се настански ориентирани и се испраќаат кога ќе се случи одреден инцидент или кога ќе биде детектиран услов што влијае на безбедноста. Примери на такви пораки се: известување за сообраќајна несреќа, препрека на коловозот, лизгав пат, магла, намалена видливост или присуство на итно возило. Овие пораки овозможуваат на останатите учесници да преземат навремени мерки, како забавување, промена на лента или избор на алтернативна рута. Истражувањата за C-ITS, вклучително системите со CAM и DENM пораки, укажуваат на потенцијал за подобрување на реакцијата на возачите и намалување на сообраќајните инциденти преку реално-време информации за безбедност [8].

3.4. RSU во C-ITS екосистемот

Централна улога во C-ITS мрежата имаат RSU стационарни комуникациски уреди поставени покрај патиштата кои служат како посредници помеѓу возилата и инфраструктурата. RSU може да се разгледуваат како „интелигентни јазли“ кои собираат, анализираат и проследуваат податоци добиени од возилата преку V2X комуникациски канали. Во основа, RSU ги извршуваат следниве функции:

- Прием и обработка на CAM пораки.
RSU ги собира периодичните податоци од околните возила, креирајќи локална мапа на сообраќајот и следејќи ги потенцијалните ризични ситуации, како можни судири или возила што се движат во спротивна насока.
- Проследување и генерирање на DENM пораки.
При појава на инцидент, RSU може да ги пренесе добиените пораки кон останатите возила во опсегот или да генерира нови пораки базирани на сопствените сензори (пр. магла, пешак на коловоз, опасна зона).
- Edge computing анализа.
Современите RSU имаат способност за локална обработка на податоци, со што можат да донесат одлуки без потреба од централизирани сервери, што е критично за апликации кои бараат ниска латентност.

Еден од најзначајните примери за практична примена на RSU во кооперативни мрежи е C-Roads проектот во Германија и Австрија, каде CAM и DENM пораките се користат за предупредување на возачите за потенцијални судири на раскрсници, препреки на патот или појава на итни возила [9]. Слично, во САД, програмата Connected Vehicle Pilot демонстрира дека RSU инфраструктурата може да овозможи значително подобрување на управувањето со сообраќајот, намалување на времето на патување и зголемување на безбедноста на критични делници [10].

Табела 1. Примери на типични DENM пораки и нивната намена

Категорија на порака	Опис на настанот / условот	Цел на известувањето
Accident	Сообраќајна несреќа или судир на патот	Навремено предупредување за можен застој и потреба од забавување
ObstacleOnRoad	Препрека на коловозот (товар, дрво, предмет)	Избегнување на ризик од судир и промена на траекторија
VehicleBrokenDown	Возило во дефект или застанато на патот	Навремено намалување на брзината и избегнување на застанатото возило
AnimalOnRoad	Присуство на животно на коловоз	Поголема претпазливост и намалување на брзината
SlipperyRoad	Лизгав пат поради мраз или дожд	Подобра контрола на возилото и избегнување на пролизгување
HeavyRain / Fog / StrongWinds / PoorVisibility	Неповолни временски услови кои ја намалуваат безбедноста	Прилагодување на возењето и зголемена внимателност
RoadWork / LaneClosure	Градежни активности или затворање на лента	Промена на лента, рутирање и избегнување на ризична зона

4. СОСТОЈБА И ПРЕДИЗВИЦИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Развојот и имплементацијата на интелигентни транспортни системи (ИТС) во Република Македонија се сè уште во почетна фаза и се одвиваат фрагментирано, без постоење на целосна национална стратегија или координиран план за дигитална трансформација на транспортниот сектор. Иако во последните години се спроведени одредени иницијативи за модернизација на патната инфраструктура и за подобрување на управувањето со сообраќајот, нивната примена е ограничена на поединечни проекти и не претставува дел од поширока ИТС рамка.

4.1. Постојни ИТС елементи

Во државата постојат неколку основни компоненти кои можат да се сметаат за прв чекор кон развој на ИТС екосистемот:

- Систем за електронска патарина (TAG).
Автоматизирано плаќање на патни такси и го подобрува протокот на возила на наплатните станици.
- Системи за броење на возила.
Поставени индуктивни јамки на делови од автопатиштата за следење на интензитетот на сообраќајот, но без интеграција со централизиран бази на податоци.
- Адаптивна контрола на семафори.
Ограничено имплементирана во делови од градот Скопје, овозможува динамична промена на временските циклуси според моменталната густина на сообраќајот.
- Системи за видеонадзор и санкционирање (во фаза на имплементација).
Дел од иницијативата Safe City, која вклучува поставување на камери за следење на прекршоци и анализа на протокот на возила.

Овие решенија претставуваат важна основа, но нивната ефективност е ограничена поради отсуство на стандардизација, недостаток на поврзаност со национални бази на податоци и недоволна интеграција со други ИТС технологии [22].

4.2. Главни предизвици

Главните пречки за развој на современи ИТС решенија во Македонија може да се класифицираат во четири категории:

- Одржување и инспекција на патната сигнализација.
Високото ниво на ретрорефлексивност и квалитетот на хоризонталната сигнализација се клучни за правилно функционирање на ADAS системите, особено оние за препознавање на ленти и сообраќајни знаци. Во Македонија, обележувањето на коловозните линии често не ги задоволува барањата на стандардот EN 1436, а недостасуваат и редовни инспекциски механизми за мерење на ретрорефлексивност и оценка на видливоста во различни временски услови. Дополнително, значаен предизвик претставува и состојбата на вертикалната сигнализација. многу патни знаци се со намалена видливост, избледена ретрорефлектирачка боја или недоволно контрастни површини, што го отежнува препознавањето од страна на камери и сензори. Воведувањето на регулативи за систематско мерење, периодични проверки и дефинирани критериуми за одржување на обележувањата и знаците е предуслов за сигурна интеграција на современи ИТС решенија.
- Институционални предизвици.
Недостиг од национална стратегија и законска рамка за развој и управување со ИТС. Одговорностите за транспортната инфраструктура се поделени меѓу повеќе институции без централен координативен орган, што го отежнува планирањето и имплементацијата.
- Технолошки предизвици.
Ограничена дигитална инфраструктура, недоволна покриеност со комуникациски мрежи од нова генерација (5G) и отсуство на RSU единици кои се неопходни за развој на C-ITS решенија.
- Стандарди и регулативи.
Нема усвоени технички стандарди како EN 1436 за ретрорефлексивност на обележувањето на коловозните линии, што е критично за правилно функционирање на ADAS системите.
- Финансиски и човечки ресурси.
Ограничени буџетски средства и недостиг на технички кадар обучен за планирање, имплементација и одржување на ИТС инфраструктура.

4.3. Компарација со европските практики

Во повеќето земји-членки на Европската Унија, развојот на ИТС е регулиран со национални стратегии, јасни законски рамки и долгогодишни инвестиции во дигиталната инфраструктура. На пример, во Германија и Австрија постојат над 1.200 активни RSU единици интегрирани со CAM/DENM комуникација во рамките на C-Roads проектот. Холандија и Словенија спроведоа национални програми за воведување на „smart intersections“, при што локалните RSU единици извршуваат предиктивни пресметки за спречување на судири на раскрсници. Во споредба со овие земји, Македонија заостанува во сите четири клучни аспекти: стратегија, инфраструктура, стандардизација и институционална координација. Овој јаз ја ограничува можноста државата да се приклучи кон европските иницијативи за поврзан и автономен транспорт и го одложува процесот на усвојување на нови технологии.

4.4. Компарација со европските практики

За да се намали технолошкиот јаз и да се создадат услови за интеграција на кооперативни транспортни системи, потребно е да се преземат следниве приоритетни мерки:

- Развој на национална стратегија за ИТС.

Дефинирање на цели, приоритети, институционална рамка и временска рамка за имплементација.

- Стандардизација и регулаторни промени.
Усвојување на европски технички стандарди и воведување на законска рамка за C-ITS комуникации и управување со податоци.
- Инвестиции во инфраструктура.
Поставување RSU единици на критични точки, развој на 5G комуникациска мрежа и интеграција на локални системи во централизирана платформа.
- Меѓународна соработка.
Приклучување кон европски иницијативи како C-Roads, NeMo или TN-ITS (Transport Network Intelligent Transport Systems), со цел размена на знаење и пристап до финансиски средства.

Со реализацијата на овие чекори, Македонија може значително да го забрза развојот на интелигентната транспортна инфраструктура и да постави темели за интеграција на напредни системи за кооперативна мобилност и автономно возење.

5. ПРЕДЛОЗИ ЗА ПИЛОТ-ПРОЕКТИ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА

Пилот-проектите претставуваат суштински чекор во процесот на воведување на интелигентни транспортни системи, бидејќи овозможуваат тестирање на технологиите во реални услови, анализа на нивната ефикасност и идентификација на технички, институционални и регулаторни пречки пред нивна поширока примена. Во повеќето европски земји, развојот на C-ITS започнал токму со вакви иницијативи, кои подоцна прераснале во национални програми. Поради тоа, пристапот кон имплементација во Република Македонија треба да се заснова на постепено воведување преку внимателно избрани пилот-проекти кои ќе создадат основа за целосна дигитална трансформација на патната инфраструктура.

5.1. Целосна интеграција на eCall системот во рамки на бројот 112

Овој систем овозможува возилото во случај на несреќа автоматски да ја испрати својата локација и податоци до службите за итна помош преку бројот 112. Ваквите решенија се стандард во ЕУ од 2018 година и значително го скратуваат времето на реакција, што директно ја зголемува шансата за спасување животи. Современите возила се способни да испраќаат и проширени информации, како типот на возилото, бројот на патници и степенот на ударот, кои можат да бидат споделени и со други возила во близина, сообраќајната полиција или централниот управувачки систем, овозможувајќи навремено предупредување и координација.

5.2. Инсталација на RSU единици за V2I комуникација

RSU уредите се клучни за функционирањето на CAM и DENM пораки и за поддршка на V2X комуникацијата. Пилот-проектот може да предвиди поставување на RSU на критични делови од патната мрежа влезови во градови, тунели, делници со висока фреквенција на несреќи со што би се создала првата C-ITS комуникациска мрежа во државата. Дополнително, овие уреди може да се поврзат со Smart City платформи за анализа и визуелизација на податоците.

5.3. Паметни раскрсници со кооперативна координација

Во рамки на пилот-проектот може да се изберат неколку високофреквентни раскрсници во Скопје каде ќе се постават сензори, камери и RSU уреди кои ќе собираат CAM пораки и ќе пресметуваат ризик од судир во реално време. На основа на овие податоци, системот може да праќа предупредувања до возачите или да ја менува семафорската сигнализација за да спречи инциденти. Слични проекти се спроведени во Љубљана и Виена и резултирале со значително намалување на бројот на судири [11].

5.4. Воведување на динамични предупредувачки знаци и VMS панели

Динамичните предупредувачки знаци можат да прикажуваат информации за временски услови, препреки, застои или присуство на итни возила на патот. Тие ќе се базираат на податоци од RSU уредите и ќе овозможат проактивно прилагодување на возењето, што значително ја зголемува безбедноста.

5.5. Централизирана национална платформа за управување со ИТС

Платформата ќе овозможи обработка на CAM и DENM пораки, анализа на протокот на сообраќај, управување со семафори и координација на итните служби. Ваквите решенија се стандардна практика во развиените земји и претставуваат предуслов за имплементација на автономни возила и предиктивно управување со транспортниот систем.

5.6. Очекувани придобивки

Имплементацијата на овие пилот-проекти ќе создаде основа за постепена дигитална трансформација на патната инфраструктура и ќе овозможи:

- Намалување на бројот на сообраќајни несреќи преку проактивна превенција.
- Подготовка на инфраструктурата за идно воведување на автономни возила.
- Оптимизација на протокот на сообраќај и намалување на застои.
- Подобрување на времето на реакција на итните служби.

6. ЗАШТИТА НА ЛИЧНИ ПОДАТОЦИ ВО ИНТЕЛИГЕНТНИ ТРАНСПОРТНИ СИСТЕМИ-ПРЕДИЗВИЦИ И НЕОПХОДНИ МЕРКИ

Имплементацијата на интелигентни транспортни системи во Република Македонија носи со себе значителни придобивки за безбедноста и ефикасноста на патниот сообраќај. Сепак, со оглед на тоа што овие системи обработуваат големи количини чувствителни податоци, вклучително и податоци за локација, движење, возачи и патници, се наметнува потребата од воспоставување строги механизми за заштита на личните податоци и спречување на нивна злоупотреба или манипулација. ИТС решенијата, како што се системите за автоматско препознавање на регистарски таблички (ANPR), паметните семафори, сообраќајните камери и системите за следење на возила, вклучуваат обработка на идентификатори кои можат директно или индиректно да ги идентификуваат физичките лица. Оттаму, овие технологии спаѓаат под регулативата за заштита на личните податоци, вклучително и Законот за заштита на лични податоци на Република Македонија и Општата регулатива за заштита на податоците (GDPR) на ЕУ [12]. Критичен аспект е спречувањето на неовластен пристап, модификација или нецелосна обработка на податоците, што бара интеграција на принципите на "privacy by design" и "privacy by default" уште во фазата на проектирање на ИТС решенијата [13]. Овие принципи налагаат дизајнирање на системите на начин што ги минимизира ризиците за приватноста и осигурува дека обработката на лични податоци е ограничена само на она што е неопходно за постигнување на специфичните цели. Дополнително, потребно е воспоставување на технички и организациски мерки за заштита, како што се:

- Шифрирање и псевдонимизација на лични податоци при пренос и складирање,
- Контролни механизми за пристап кои ќе обезбедат дека само овластени лица имаат пристап до податоците,
- Водење на дневници (логови) за следење на секој пристап и активност поврзана со обработка на податоци,
- Редовни ревизии и тестирања на безбедносните механизми.

Манипулацијата со податоци во ИТС контексти, како што е намерно модифицирање на информациите за сообраќајна фреквенција или прикажување лажни податоци во реално време, може да има директно влијание врз безбедноста на учесниците во сообраќајот, но и да предизвика нарушување на довербата во јавните институции. Затоа, неопходно е воспоставување на системи за следење и откривање на аномалии, кои ќе сигнализираат за потенцијални злоупотреби на податоците во реално време [14].

6.1. Етички аспекти на обработка на податоци во ИТС

Освен законските обврски, етичките прашања поврзани со обработката на лични податоци стануваат се поистакнати. Системите кои вклучуваат следење на движење, препознавање на лица или регистарски таблички, или анализа на возачки навики, отвораат прашања за пропорционалност, информираност и доброволност. Во таа насока, Европскиот форум за транспорт и транспортни технологии (ERTICO) укажува дека при примената на ИТС технологии мора да се осигури дека секој граѓанин има право на информирано учество, односно да знае кога и зошто се обработуваат неговите податоци и да има можност за приговор или исклучување од одредени функции(4). Понатаму, потребно е да се почитува принципот на минималност, кој налага прибирање и обработка на податоци само во обем кој е апсолутно неопходен за одредената намена. Од етички аспект, пренагласена автоматизација без јасна одговорност и контрола од страна на човек може да доведе до дискриминација или несоодветно профилирање на одредени групи учесници во сообраќајот, што го крши принципот на еднаквост и правичност [15].

6.2. Меѓународни примери: Етички и регулаторни практики

Во Германија, имплементацијата на ANPR системите е предмет на строга контрола од страна на Федералната комисија за заштита на податоци. Податоците од овие системи се чуваат само неколку секунди доколку не се детектира прекршок, со што се избегнува непотребно задржување на лични податоци [16].

Во Холандија, сообраќајната полиција користи ИТС во комбинација со законот за заштита на податоци (Dutch Data Protection Act), при што сите инсталации се придружени со информативни табли за граѓаните и можност за увид во сопствените податоци преку портал на надлежната институција [17]. Во Франција, Националната комисија за информатика и слободи (CNIL) ја стопираше употребата на одредени системи за видео-анализа во јавниот превоз токму поради недостаток на транспарентност и несоодветна оценка на влијанието врз приватноста [18]. Овие примери укажуваат дека ИТС може да се развива и применува успешно само кога технолошката иновација е придружена со силна нормативна и етичка рамка, што треба да биде водилка и за идната имплементација во Република Македонија.

7. ЗАКЛУЧОК

Развојот и имплементацијата на интелигентни транспортни системи претставуваат клучна стратешка насока за зголемување на безбедноста, ефикасноста и одржливоста на патниот сообраќај. Резултатите од ова истражување потврдуваат дека комбинацијата на кооперативни технологии, како што се CAM и DENM пораките, со напредните системи за асистенција на возачот (ADAS) и инфраструктурните елементи како RSU единиците, може значително да го намали бројот на инциденти и да го зголеми нивото на проактивна превенција. Анализата покажува дека во Република Македонија постојат основни елементи на ИТС, но тие се изолирани и не поврзани во интегриран систем, а главните пречки се институционални, технолошки и регулаторни. Пилот-проектите предложени во трудот претставуваат остварливи чекори за практична имплементација, како целосно воведување на eCall системот, поставување RSU единици, развој на паметни раскрсници и воспоставување централизирана ИТС платформа. Во иднина, ИТС ќе биде тесно поврзан со новите технологии како вештачка интелигенција,

машинско учење и автономни возила, што ќе овозможи напредна анализа на податоци и поефикасно донесување одлуки. Дополнително, интеграцијата со концептите на паметни градови ќе создаде можности за подобра координација меѓу транспортот, енергетиката и урбаната инфраструктура. Со правилна визија, институционална поддршка и постепена имплементација, Македонија може успешно да ги следи европските трендови и да изгради побезбедна и поинтелигентна транспортна мрежа. Развојот на ИТС мора да биде придружен со континуирано одржување и инспекција на инфраструктурата, при што високата ретрорефлективност на хоризонталната сигнализација, правилната видливост и редовното обновување на патните знаци се клучни предуслови за прецизно функционирање на ADAS сензорите и кооперативните системи.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety 2023, Geneva: WHO, 2023 (Online). Available: <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023>
- [2] C-Roads Platform. Ecosystem for Fully Operational C-ITS Service Delivery, Brussels: C-Roads, 2022. (Online). Available: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/C-Roads_operations_v0.91.pdf
- [3] A. Eskandarian et al., "Advanced Driver Assistance Systems: Past, Present, and Future," IEEE Transactions on Intelligent Vehicles, vol. 5, no. 2, pp. 345–360, 2020.
- [4] S. Chen et al., "Vehicle-to-Everything (V2X) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G," IEEE Communications Standards Magazine, vol. 1, no. 2, pp. 70–76, 2017.
- [5] Degrande et al., "C-ITS Road-Side Unit Deployment on Highways: A Techno-Economic Approach," IET Intelligent Transport Systems, vol. 15, no. 6, pp. 654–664, 2021.
- [6] NHTSA. Connected Vehicle Pilot Deployment Program: Final Evaluation Report, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2022.
- [7] José S., Fernando P., Garcia A. M., Skarmeta A., "Experimental Evaluation of CAM and DENM Messaging Services in Vehicular Communications," Vehicular Communications, vol. 2, no. 4, pp. 174–185, 2015.
- [8] Brigitte L., Pierpaolo C., "Cooperative ITS security framework: Standards and implementations progress in Europe", Conference, IEEE 17th International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks", 2016
- [9] C-Roads (Еврона) Annual pilot overview report 2021: available on line: https://www.c-roads.eu/fileadmin/user_upload/media/Dokumente/M22_Annual_pilot_overview_report_2021_v2.1_FINAL
- [10] NHTSA, Connected Vehicle Pilot Deployment Program: Final Evaluation Report, Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation, 2022. (online) available at: <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/62784>
- [11] C-Roads Slovenia 2, 2020, (online) available at: <https://trimis.ec.europa.eu/project/c-roads-slovenia-2>
- [12] Закон за заштита на личните податоци („Службен весник на РСМ“ бр. 42/20); General Data Protection Regulation (EU) 2016/679 (GDPR).
- [13] Cavoukian, A. (2011). Privacy by Design: The 7 Foundational Principles. Information and Privacy Commissioner of Ontario.
- [14] ENISA (2020). Cybersecurity Challenges in the Uptake of Artificial Intelligence in Autonomous Driving. <https://www.enisa.europa.eu>.
- [15] Wachter, S., Mittelstadt, B. & Floridi, L. (2017). "Why a Right to Explanation of Automated Decision-Making Does Not Exist in the General Data Protection Regulation." International Data Privacy Law, 7(2), 76–99.
- [16] Federal Commissioner for Data Protection and Freedom of Information (BfDI), Germany. Annual Report 2022. <https://www.bfdi.bund.de>
- [17] Autoriteit Persoonsgegevens – Dutch DPA. (2022). "Use of Smart Cameras in Traffic Control." <https://autoriteitpersoonsgegevens.nl>
- [18] CNIL (2020). La CNIL rappelle le cadre légal applicable aux caméras "intelligentes" dans les lieux publics. <https://www.cnil.fr>