МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Юрій ВОВК

ТРАНСПОРТНА ТЕЛЕМАТИКА

Навчальний посібник

Тернопіль – 2026

УДК 656:004.7
В 61

Укладач:
Вовк Ю.Я., канд. техн. наук, доцент кафедри автотранспорту та логістики Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, м. Тернопіль.

Рецензенти:
Аулін В.В., доктор технічних наук, професор (Центральноукраїнський національний технічний університет);
Замора Я.П., кандидат технічних наук, доцент (Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка);
Сташків М.Я., кандидат технічних наук, доцент (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя).

Рекомендовано до друку вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Протокол № 3 від 24 листопада 2026р.

В 61 Вовк Ю. Я. Транспортна телематика: Навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ, 2026. - 276 с.

ISBN 978-966-305-131-4

УДК 656:004.7

Навчальний посібник присвячено сучасним інформаційно-комунікаційним технологіям збору, передавання, оброблення та використання даних у транспортних системах. У виданні розглянуто основи транспортної телематики, архітектуру телематичних систем, бортові й мобільні пристрої, GNSS-позиціонування, OBD-II та CAN-шини, V2X-комунікації, управління автопарком, логістичні процеси, електронні карти, геоінформаційні та навігаційні системи, інтелектуальні транспортні системи, кібербезпеку, автономний транспорт, агротелематику й перспективи розвитку галузі. Особливу увагу приділено європейським стандартам, системам C-ITS, HD-картам, технологіям Edge–Fog–Cloud, цифровим двійникам, управлінню даними та безпечній цифровій інтеграції транспортної інфраструктури.

Матеріал посібника структуровано у вісімнадцять тем і доповнено практичними завданнями, кейсами, питаннями для самоконтролю, рисунками, таблицями, переліком джерел і термінологічним словником. Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності J8 «Автомобільний транспорт», зокрема студентів освітніх програм «Автомобільний транспорт» і «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)», а також може бути корисним викладачам, фахівцям автотранспортних і логістичних підприємств, слухачам програм підвищення кваліфікації та всім, хто цікавиться цифровою трансформацією транспорту.

ISBN 978-966-305-131-4

© Вовк Юрій Ярославович, 2026
© Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2026

ЗМІСТ

Передмова	5
Вступ	8
Тема 1. Вступ до транспортної телематики	11
Тема 2. Архітектура сучасних телематичних систем	24
Тема 3. Технології збору та обробки даних у телематиці	34
Тема 4. Сучасні телематичні пристрої	46
Тема 5. Технології зв’язку в транспортній телематиці	53
Тема 6. Управління автопарком і логістичними процесами	60
Тема 7. Телематика в логістиці та вантажних перевезеннях	67
Тема 8. Європейська політика у сфері транспортної телематики	78
Тема 9. Європейські стандарти телематичних систем	92
Тема 10. Архітектура європейських ITS	105
Тема 11. Безпека даних та конфіденційність у телематичних системах	119
Тема 12. Сучасні електронні карти для транспортних систем	130
Тема 13. Геоінформаційні системи в транспортній телематиці	143
Тема 14. Навігаційні системи для транспортних засобів	156
Тема 15. Інтелектуальні транспортні системи (ITS)	169
Тема 16. Телематика для автономних транспортних засобів	183
Тема 17. Телематика в сільськогосподарській техніці	194
Тема 18. Майбутнє транспортної телематики	206

Додаток А. Глосарій термінів 221

Додаток Б. Тести для самоконтролю 237

Додаток В. Гейміфіковані кейси 247

Підсумковий проєкт: від даних до телематичного рішення 258

Перелік використаної літератури 268

ПЕРЕДМОВА

Транспортна телематика посідає важливе місце в розвитку сучасного транспорту та логістики. Поєднання бортового обладнання, засобів зв'язку, геоінформаційних систем і програмної аналітики дає змогу отримувати дані про транспортні засоби, інфраструктуру та умови перевезень, а також використовувати їх для планування, контролю й удосконалення транспортних процесів.

Цей навчальний посібник призначений для здобувачів освіти, які вивчають транспортні технології, логістику та суміжні дисципліни, а також для викладачів і фахівців, зацікавлених у застосуванні цифрових рішень у транспортній сфері. Його мета — сформувати цілісне уявлення про принципи побудови телематичних систем, способи збирання та передавання даних, засоби їх оброблення, практичні напрями використання й пов'язані з ними вимоги до безпеки, конфіденційності та сумісності.

Матеріал посібника організовано за тематичним принципом. У перших темах розглядаються основи транспортної телематики, архітектура систем, телематичні пристрої, технології зв'язку та способи роботи з даними. Далі увагу приділено застосуванню телематики в управлінні автопарком і логістикою, європейській нормативній базі, стандартам, геоінформаційним системам і навігаційним рішенням. Завершальні теми охоплюють інтелектуальні транспортні системи, автономний транспорт, агротелематику та перспективні напрями розвитку галузі.

Для опанування матеріалу доцільно спиратися на базові знання з транспортних технологій, логістики, інформатики та організації перевезень. Водночас посібник побудовано так, щоб читач міг послідовно перейти від розуміння призначення окремого пристрою чи повідомлення до аналізу цілісної системи. Англомовні терміни та поширені скорочення подано поряд з українськими відповідниками, що полегшує роботу з технічною документацією, стандартами й фаховими публікаціями.

Посібник поєднує пояснення понять і технологій з навчальними прикладами, питаннями для самооцінювання, практичними завданнями та кейсами. До нього також включено глосарій, тестові матеріали й підсумковий проєкт. Ці елементи покликані допомогти не лише засвоїти

термінологію, а й застосувати знання для аналізу транспортних ситуацій, порівняння можливих рішень і обґрунтування власних висновків.

Для ефективного опрацювання теми доцільно спочатку ознайомитися з навчальними цілями, далі вивчити основний матеріал і звернутися до рисунків, схем та таблиць. Після цього варто відповісти на питання для самооцінювання й виконати практичне завдання. Під час командної роботи кейси можна використовувати для обговорення альтернатив і наслідків рішень, а підсумковий проєкт — для поєднання матеріалу кількох тем у цілісному рішенні.

Ігрові кейси й роздаткові матеріали призначені для активного обговорення, розподілу ролей і спільного пошуку рішень. Їхній навчальний результат полягає не лише в отриманих балах, а передусім у здатності пояснити свій вибір, виявити помилки та переглянути початкові припущення. Після виконання кейсу доцільно обговорити, яка інформація була вирішальною, чого бракувало для рішення та як змінився б результат за інших умов. Викладач може адаптувати сценарії до рівня підготовки групи, часу заняття й особливостей освітньої програми.

Під час виконання розрахункових і проєктних завдань особливу увагу слід приділяти якості вихідних даних, узгодженості одиниць вимірювання та відтворюваності обчислень. Рекомендовано фіксувати використані джерела, версії програмних засобів і послідовність дій. Порівнюючи альтернативи, потрібно враховувати не лише функціональні можливості обладнання, а й сумісність компонентів, витрати на експлуатацію, організацію підтримки та поведінку системи за відсутності зв’язку або неповних даних.

У прикладах і завданнях посібника можуть використовуватися умовні дані та навчальні припущення. Їх наведено для пояснення методів і відпрацювання навичок; їх не слід сприймати як універсальні нормативи або результати конкретного підприємства, якщо це прямо не зазначено в тексті. Технічні характеристики, регуляторні вимоги й доступність окремих цифрових сервісів можуть змінюватися, тому в практичних і професійних рішеннях їх потрібно звіряти з актуальною документацією та першоджерелами.

Роботу з телематичними даними слід поєднувати з відповідальним ставленням до безпеки та приватності. Навчальні експерименти доцільно проводити на синтетичних або належно підготовлених відкритих наборах даних. Наявність прикладу коду чи опису інтерфейсу не означає дозволу

застосовувати його до реального автомобіля, виробничої мережі або даних працівників. У звітах і проєктах важливо чітко відокремлювати програмну демонстрацію від випробування обладнання та не поширювати результати спрощеної моделі за межі перевірених умов.

Посібник можна використовувати як основу аудиторного навчання, самостійного опрацювання й командних проєктів. Добір завдань і глибину їх виконання визначають відповідно до мети курсу; окремі матеріали можуть слугувати відправною точкою для досліджень або обговорення професійних ситуацій. Підсумковий проєкт орієнтує читача на завершений результат: від постановки проблеми та формулювання вимог до вибору архітектури, економічного обґрунтування і плану перевірки запропонованого рішення.

Сподіваємося, що посібник допоможе читачам системно осмислити транспортну телематику — від окремого датчика чи повідомлення до інформаційної системи, яка підтримує рішення в транспорті й логістиці. Знання, викладені в ньому, можуть стати основою для подальшого навчання, досліджень і розроблення цифрових рішень для транспортної галузі.

ВСТУП

Сучасна транспортна система потребує не лише переміщення людей і вантажів, а й узгодженого управління потоками інформації. Для планування перевезень, забезпечення безпеки та контролю якості транспортних послуг необхідно знати, де перебуває транспортний засіб, у якому стані він працює, які умови склалися на маршруті та чи відповідає фактичне виконання встановленим вимогам. Окремі вимірювання набувають практичного значення тоді, коли їх можна своєчасно передати, перевірити, зіставити й використати для обґрунтованого рішення.

Транспортна телематика об’єднує засоби отримання даних, телекомунікаційні технології та інформаційні системи для вирішення транспортних завдань. Її предмет не зводиться до відображення автомобіля на електронній карті. Позиційні дані, показники роботи бортових систем, відомості про дорожню інфраструктуру й умови перевезення формують інформаційну основу взаємодії між транспортним засобом, перевізником, оператором інфраструктури та користувачем транспортної послуги.

Логіку телематичного рішення доцільно розглядати як послідовність взаємопов’язаних етапів: вимірювання — передавання — оброблення — інтерпретація — дія — перевірка результату. На першому етапі визначають, які параметри потрібні для конкретного завдання та якою має бути якість первинних даних. Далі обирають канали зв’язку, способи зберігання й оброблення інформації. Завершує цикл не побудова графіка чи звіту, а рішення, виконана дія та оцінка її наслідків.

Наприклад, саме по собі значення температури у вантажному відсіку ще не забезпечує збереження продукції. Потрібно врахувати вимоги до конкретного вантажу, справність і розміщення датчика, тривалість відхилення, час отримання повідомлення та порядок реагування відповідальної особи. Так само координати транспортного засобу не є готовим рішенням щодо зміни маршруту: їх необхідно співвіднести з дорожньою мережею, обмеженнями руху, транспортним завданням і доступними альтернативами. Такі ситуації показують, чому телематику слід вивчати як цілісну систему, а не як набір незалежних пристроїв.

Технічний вимір телематики охоплює бортову електроніку, датчики, навігацію, мережі передавання даних, серверні платформи та програмні інтерфейси. Організаційний вимір пов’язаний із розподілом

відповідальності, диспетчеризацією, інтеграцією інформації в робочі процеси й підготовкою персоналу. Економічний вимір передбачає зіставлення витрат на впровадження та експлуатацію з вимірюваним ефектом. Правовий та етичний виміри стосуються допустимості збирання даних, захисту приватності, прозорості моніторингу й відповідальності за використання інформації.

Якість телематичної системи не можна визначити лише кількістю зібраних параметрів або швидкістю каналу зв'язку. Надлишкові дані можуть ускладнювати аналіз, а застарілі чи неточні — створювати хибне уявлення про ситуацію. Тому важливо розрізняти виміряне й розраховане значення, час події та час надходження повідомлення, відсутність даних і нормальний стан об'єкта. Не менш важливо оцінювати, як система працює під час втрати зв'язку, відмови датчика, повторного передавання повідомлень або зміни умов експлуатації.

Особливого значення набуває сумісність компонентів та інформаційних систем. Дані від обладнання різних виробників повинні мати зрозумілі структуру, одиниці вимірювання та правила тлумачення. Обмін інформацією має підтримувати узгоджену взаємодію бортових пристроїв, дорожньої інфраструктури, диспетчерських платформ та корпоративних систем. Вивчення архітектур, стандартів і програмних інтерфейсів допомагає оцінити не лише можливість початкового запуску рішення, а й перспективи його розвитку, масштабування та супроводу.

Для України практична значущість транспортної телематики пов'язана з потребами перевізників, логістичних операторів, міських транспортних систем і аграрних підприємств, а також із завданнями відновлення та модернізації інфраструктури. Проєктування таких рішень потребує врахування доступності зв'язку, технічного стану парку, обмеженості ресурсів і вимог до кіберстійкості. Наближення до європейського транспортного простору додатково актуалізує питання інтероперабельності, захисту даних і застосування узгоджених підходів до обміну транспортною інформацією.

Опанування дисципліни передбачає рух від розуміння базових понять до аналізу взаємозв'язків і самостійного проєктування. Для цього необхідно навчитися визначати транспортну проблему, формулювати вимірювані вимоги, добирати дані та інструменти, порівнювати альтернативи й перевіряти результати. Важливим складником підготовки є критичне ставлення до технічних характеристик і прогнозованих ефектів: умови

вимірювання, джерело відомостей та межі застосовності повинні бути зрозумілими.

Подальший виклад розкриває ці питання на рівнях обладнання, комунікацій, даних, архітектур і транспортних застосувань. Спільним орієнтиром залишається перехід від окремого спостереження до перевірюваного рішення. Саме такий підхід дає змогу поєднати технологічні можливості телематики з реальними потребами транспорту та логістики й підготувати основу для відповідальної інженерної та управлінської діяльності.

ТЕМА 1. ВСТУП ДО ТРАНСПОРТНОЇ ТЕЛЕМАТИКИ

> 🚗 **Знаєте що?**
> У 2024 році в Європі кожен новий автомобіль за законом ЄС зобов'язаний мати вбудований пристрій **eCall** — систему автоматичного виклику екстреної допомоги при аварії. Цей маленький чорний ящик за лічені секунди передає координати GPS, швидкість і напрямок руху рятувальникам. За розрахунками Єврокомісії, це щороку рятує понад **2 500 людських життів** в ЄС. Ось найпростіший приклад того, що таке транспортна телематика — і чому вона важлива.

Навчальні цілі

Після вивчення цієї теми студент повинен вміти:

- Дати науково обґрунтоване визначення поняття «транспортна телематика» та пояснити її місце в ієрархії транспортних систем
- Охарактеризувати ключові етапи еволюції телематичних систем від 1960-х до сьогодні
- Описати структуру та функціональні компоненти сучасної бортової телематичної системи
- Пояснити роль телематики у підвищенні безпеки, ефективності та екологічності транспорту
- Розрізняти рівні автоматизації водіння за класифікацією SAE J3016-2021
- Навести приклади реальних телематичних рішень від провідних виробників (Teltonika, Geotab, Wialon)
- Аналізувати вплив нормативної бази ЄС (Директива 2010/40/EU, Регламент 2015/758) на розвиток телематики

1.1. Поняття телематики та її місце в транспортних системах

1.1.1. Визначення та сутність транспортної телематики

Термін **«телематика»** (від фр. *télématique*) виник як злиття слів «телекомунікації» та «інформатика» і був уперше введений у науковий обіг французькими дослідниками Симоном Нора та Аленом Мінком у доповіді *L'Informatisation de la Société* (1978). У транспортному контексті телематика стала самостійним науково-технічним напрямом наприкінці 1980-х років.

Транспортна телематика — це міждисциплінарна галузь, що інтегрує телекомунікаційні технології, електронні системи транспортних засобів, дорожню інфраструктуру та інформаційні системи управління для збору, передачі, обробки та використання даних з метою підвищення ефективності, безпеки та сталості транспортних систем (European Parliament & Council of the European Union, 2010).

Геотаб (Geotab) — один із провідних світових провайдерів телематичних рішень — визначає телематику як «технологію, що поєднує GPS-відстеження, діагностику транспортного засобу та передачу даних для забезпечення аналітики в режимі реального часу» (Geotab, 2026). Це визначення підкреслює практично-прикладний вимір телематики, особливо важливий для студентів спеціальності «Автомобільний транспорт».

1.1.2. Місце телематики в ієрархії транспортної системи

Транспортна телематика займає роль **«нервової системи»** сучасного транспорту — вона забезпечує інформаційні потоки між усіма рівнями транспортної системи. Можна виділити п'ять ієрархічних рівнів (Guo et al., 2019):

Рівень	Зміст	Роль телематики
1. Фізичний	Дороги, мости, термінали	Датчики стану інфраструктури
2. Транспортних засобів	Автомобілі, вантажівки, автобуси	Бортові TCU, OBD-II, CAN-шина
3. Телематичний	**Збір, передача, обробка даних**	**Ключовий рівень інтеграції**
4. Управління	Диспетчеризація, оптимізація потоків	Платформи fleet management
5. Сервісний	Навігація, страхування, MaaS	Мобільні додатки, API

Телематичний рівень унікальний тим, що він **горизонтальний** — інтегрує всі види транспорту (автомобільний, залізничний, міський громадський) в

єдину інформаційну екосистему, створюючи основу для концепції «Мобільність як послуга» (Mobility as a Service, MaaS) (Mulley, 2017).

1.1.3. Взаємозв'язок телематики з ITS

Транспортна телематика є технологічною основою **Інтелектуальних транспортних систем (ITS)**. Директива Європейського парламенту 2010/40/EU визначає ITS як «розширені додатки, які мають на меті надання інноваційних послуг, пов'язаних з різними видами транспорту та управлінням трафіком, і дозволяють різним користувачам бути краще інформованими та безпечніше, більш координовано та розумніше використовувати транспортні мережі» (European Parliament & Council of the European Union, 2010).

Директива 2010/40/EU виділяє чотири пріоритетних напрямки ITS, де телематика відіграє ключову роль:

- Оптимальне використання даних про дорожню мережу і рух транспорту
- Безперервність управління трафіком і вантажними перевезеннями
- Застосування ITS для підвищення безпеки дорожнього руху
- Забезпечення зв'язку транспортного засобу з транспортною інфраструктурою

1.2. Еволюція телематичних систем

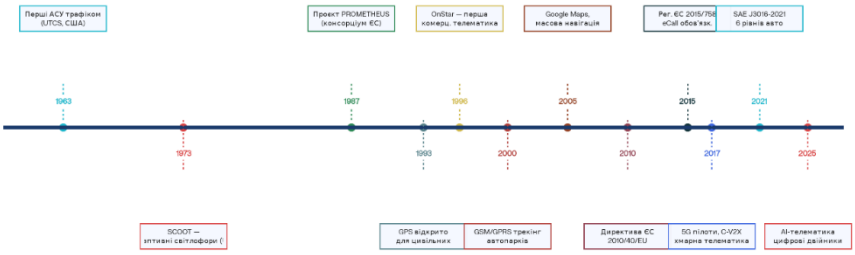


Рис. 1.1. Хронологія ключових подій у розвитку транспортної телематики

1.2.1. Перші АСУ трафіком (1960–1980)

Перші кроки до телематики були зроблені в 1960-х роках із впровадженням автоматизованих систем управління дорожнім рухом. У 1967 році в Вашингтоні (США) запустили **Urban Traffic Control System (UTCS)** — першу

3. Комунікаційні модулі

- Модем 4G LTE / 5G для передачі даних на сервер
- Bluetooth 5.x для зв'язку зі смартфоном водія
- Wi-Fi для швидкісного завантаження оновлень ПЗ (OTA updates)
- Опційно: DSRC або C-V2X для V2X комунікацій (Festag, 2015)

4. Інтерфейси бортових мереж автомобіля

- **OBD-II** (ISO 15031) — стандартний діагностичний порт, обов'язковий для всіх авто в ЄС з 2001 р. (бензин) та 2004 р. (дизель)
- **CAN-шина** (ISO 11898) — основна мережа передачі даних: швидкість, оберти, температура, стан систем безпеки
- **LIN-шина** — для периферійних пристроїв (склоочисники, сидіння)
- **FlexRay** — для критичних систем (активна підвіска, steer-by-wire)

5. Додаткові датчики

- 3-осьовий акселерометр та гіроскоп (IMU) — різкі гальмування, повороти, ДТП
- Датчики відкриття дверей, рівня палива, температури вантажного відсіку
- Камера (dashcam) — відеореєстрація для страхових випадків

1.3.2. Серверна платформа та мобільний доступ

Дані з TCU надходять на **хмарну платформу** (Fleet Management Platform), де зберігаються, обробляються та візуалізуються. Провідні платформи:

Платформа	Виробник	Особливості
Wialon	Gurtam (Білорусь/Польща)	Найпоширеніша в Україні та СНД, 3М+ пристроїв
MyGeotab	Geotab (Канада)	Відкрите API, потужна аналітика
Fleet Complete	TomTom Telematics	Інтеграція з навігацією TomTom
Teltonika Telematics	Teltonika (Литва)	Широка лінійка пристроїв FMB/FMT серій

> **Практично:** Литовська компанія **Teltonika** є одним із найбільших виробників телематичних пристроїв у Європі. Їхній пристрій **FMB003** підключається до OBD-II порту будь-якого автомобіля і за 5 хвилин перетворює його на відстежуваний об'єкт флоту. Ціна — близько 50 євро. Саме такі пристрої масово використовуються в Україні для таксі, доставки та корпоративних автопарків.

моги до тахографів і систем контролю вантажних перевезень. Проте повноцінного впровадження стандартів eCall та C-ITS Україна ще не досягла — це є перспективою найближчого десятиліття в контексті євроінтеграції.

> **Кейс-стаді: Nova Poshta**
> Найбільший приватний поштовий оператор України «Нова пошта» управляє автопарком понад **6 000 автомобілів**. Система телематики дозволяє компанії в режимі реального часу відстежувати кожен транспортний засіб, аналізувати стиль водіння, оптимізувати маршрути доставки та автоматично планувати ТО. За даними компанії, впровадження телематики дозволило скоротити витрати на паливо на **12%** та знизити кількість ДТП за участю корпоративного транспорту на **23%**.

Питання для самооцінювання

1. Дайте визначення транспортної телематики. Чим вона відрізняється від звичайної GPS-навігації?
2. Назвіть п'ять ієрархічних рівнів транспортної системи та поясніть, чому телематичний рівень вважається «горизонтальним».
3. Охарактеризуйте три ключові етапи еволюції телематичних систем. Яка технологічна подія стала переломною для кожного з них?
4. Що таке TCU? Перелічіть та поясніть функції його основних компонентів.
5. Який регламент ЄС зробив систему eCall обов'язковою? З якої дати? Яке практичне значення цієї системи?
6. Порівняйте рівні 2 і 3 за SAE J3016-2021. У чому принципова різниця з точки зору відповідальності водія?
7. Наведіть три конкретних приклади, як телематика скорочує операційні витрати транспортного підприємства.
8. Що таке GLOSA і яке відношення вона має до транспортної телематики?
9. Чому GDPR важливий для телематичних систем? Які персональні дані збирає типовий телематичний пристрій?
10. Знайдіть в інтернеті специфікацію будь-якого пристрою Teltonika серії FMB. Які протоколи зв'язку він підтримує? Чи відповідає це теорії з теми?

Практичне завдання

Завдання 1.1. Аналіз телематичного пристрою

1. Перейдіть на сайт wiki.teltonika-gps.com та оберіть будь-який пристрій серії FMB (наприклад, FMB003, FMB120 або FMB920).
2. Визначте: які навігаційні системи підтримує пристрій? Які технології зв'язку? Які інтерфейси для підключення до автомобіля?
3. Намалюйте схему: «Пристрій → мережа → сервер → користувач» для обраного пристрою.
4. Порівняйте характеристики двох пристроїв (наприклад, FMB003 vs FMB920) за такими критеріями: інтерфейси, зв'язок, сенсори, вартість, сфера застосування.

Завдання 1.2. Аналіз кейсу

Знайдіть в інтернеті будь-який кейс впровадження телематики в українській транспортній компанії (логістика, таксі, муніципальний транспорт). Підготуйте короткий звіт (1 сторінка) за схемою:

- Назва компанії та масштаб автопарку
- Яку телематичну систему впровадили
- Які показники покращились (паливо, безпека, час доставки)
- Яка орієнтовна окупність інвестицій

ТЕМА 18. МАЙБУТНЄ ТРАНСПОРТНОЇ ТЕЛЕМАТИКИ

> 💡 Затримка 5G URLLC на радіоінтерфейсі може становити менше 1 мс — на порядки менше типового часу реакції людини-водія (близько 0,5–1,5 с). Це важливо для кооперативного гальмування в колоні: при швидкості 90 км/год (25 м/с) кожні 10 мс додаткової затримки означають 25 см шляху, пройденого до початку реакції (Taleb et al., 2017). Окремо слід враховувати, що наскрізна затримка, на відміну від радіоінтерфейсу, включає обробку й транспортну мережу.

Навчальні цілі

- описувати ключові технологічні тенденції розвитку телематики: 5G/6G, AI/ML, Edge-Fog-Cloud, нові сенсори та блокчейн;
- пояснювати роль мереж 5G/6G та еволюції C-V2X у формуванні нових телематичних архітектур та сервісів;
- характеризувати застосування AI/ML у телематиці: предиктивне обслуговування, розпізнавання образів, оптимізація трафіку, XAI;
- аналізувати архітектуру Edge–Fog–Cloud та технологію MEC (Multi-access Edge Computing) для телематичних систем;
- описувати концепцію MaaS (Mobility as a Service) та роль телематики в її реалізації;
- оцінювати виклики кібербезпеки, управління даними та перспективи розвитку телематики в Україні.

Вступ

Транспортна телематика пройшла шлях від простих GPS-трекерів до комплексних інтелектуальних платформ, що лежать в основі сучасних транспортних систем. Нові технологічні досягнення в галузях комунікацій (5G/6G), штучного інтелекту (AI), сенсорики та хмарних обчислень відкривають безпрецедентні можливості для подальшої трансформації телематики. Майбутнє обіцяє тіснішу інтеграцію транспортних засобів з оточенням, вищий рівень автоматизації, персоналізації та оптимізації транспортних процесів.

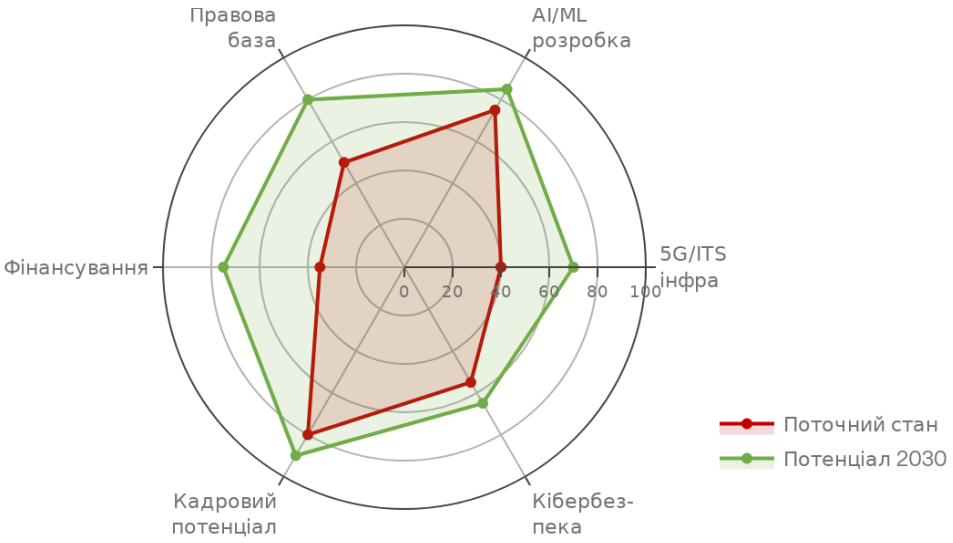


Рис. 18.5. Перспективи розвитку телематики в Україні: поточний стан vs потенціал 2030

18.5.1. Можливості для України

- «Технологічний стрибок» (leapfrogging): відбудова інфраструктури дає можливість одразу впроваджувати сучасні стандарти 5G, ITS та C-V2X, уникаючи успадкування застарілих систем.
- Гармонізація з ЄС: впровадження європейських стандартів (GDPR, UN ECE R155/R156, ETSI C-ITS) в рамках євроінтеграції відкриє доступ до ринків та технологій, приверне інвестиції.
- Сильний IT-сектор: Україна має розвинену екосистему IT-компаній з компетенціями в AI, embedded systems, хмарних платформах, здатних розробляти конкурентоспроможні телематичні рішення.
- Агросектор як драйвер: Україна — один із найбільших аграрних виробників світу, тому попит на агротелематику (GPS, VRA, Section Control, FMIS) є дуже високим і реальним вже зараз.
- Міжнародна допомога та інструмент ЄС Ukraine Facility на 2024–2027 роки: фінансування програм відбудови передбачає компонент цифрової інфраструктури та ITS.

18.5.2. Виклики для України

- Масштаб руйнувань: значна частина транспортної інфраструктури потребує відновлення, що є пріоритетнішим за впровадження передових систем.
- Обмеженість фінансування: державні ресурси зосереджені на оборонних та гуманітарних потребах; потрібне залучення міжнародних інвестицій.
- Законодавча адаптація: регуляторна база щодо автономних ТЗ, V2X, обробки телематичних даних потребує швидкого приведення до норм ЄС.
- Нерівномірне покриття зв'язку: руйнування телекомунікаційної інфраструктури в зонах бойових дій, недостатнє покриття 4G/5G у сільській місцевості.
- Кібербезпека: підвищені ризики кібератак на критичну інфраструктуру в умовах гібридної війни; потреба в надійних IDS та CSMS для транспортних систем.

Незважаючи на виклики, стратегічний потенціал транспортної телематики для України є значним. Пріоритетними напрямами є: впровадження eCall та базових C-ITS сервісів безпеки (ETSI Day 1) на відновленій інфраструктурі; розбудова 5G у великих містах з інтеграцією V2I; підтримка вітчизняних розробників телематичних платформ; обов'язкова телематика для вантажного та пасажирського транспорту; масштабне впровадження агротелематики як джерела економічного зростання.

Практичний кейс: Singapore Smart Nation — телематика як основа розумного міста

Сінгапур є глобальним лідером у розбудові інтегрованої телематичної екосистеми для розумного міста. Програма Smart Nation поєднує: єдину платформу даних реального часу від 10 000+ камер, 3 000+ RSU та Fleet Management систем усіх 7 200 автобусів і MRT; предиктивне технічне обслуговування всього громадського транспорту з AI-прогнозуванням відмов за 48–72 год; динамічне управління трафіком SCATS/SCOOT з адаптацією фаз у реальному часі на всіх 3 200+ перехрестях; систему інтегрованої безшовної оплати проїзду в автобусах і MRT (SimplyGo) та MaaS-сервіси. Результат: на 15–20% скорочено середній час поїздки, на 30% знижено число ДТП за 10 років (2012–2022).

Технічна основа: розвиток мереж 5G як основа для сервісів V2X. Urban Digital Twin (Virtual Singapore) — 3D-модель усього міста, яка оновлюється

через телематичні дані та IoT-сенсори, використовується для планування інфраструктури та симуляції транспортних сценаріїв. Відкрита дата-платформа data.gov.sg надає агрегованих телематичних даних для 200+ стартапів та дослідницьких груп. Урок для України: ефективна MaaS і Smart City телематика можливі при наявності трьох умов — уніфікованих API для всіх операторів транспорту, спільної ідентифікаційної системи та відкритого обміну агрегованими даними.

Цікаві факти

> У серпні 2024 року NIST опублікував перші стандарти постквантової криптографії: FIPS 203 (ML-KEM), FIPS 204 (ML-DSA) та FIPS 205 (SLH-DSA). Для V2X-інфраструктури PKI це означає, що перехід на квантово-стійкі алгоритми варто планувати вже сьогодні, адже обладнання в автомобілях працює 10–15 років (NIST, 2024).
>
> Регламент (ЄС) 2023/2854 (Data Act) застосовується з 12 вересня 2025 року: він надає користувачам підключених виробів, зокрема автомобілів, право на доступ до даних, що вони генерують, і на передання цих даних обраним третім сторонам. Для телематики це перетворює «суверенітет даних водія» з побажання на юридичну норму (European Parliament & Council, 2023).

Питання для самооцінювання

1. Які п’ять ключових технологічних тенденцій визначають майбутнє транспортної телематики? Поясніть роль кожної.
2. Порівняйте характеристики 4G LTE, 5G NR та очікуваного 6G для потреб телематики: швидкість, затримка, щільність пристроїв, нові функції.
3. Що таке 5G URLLC та eMBB? Для яких конкретних телематичних застосувань кожна з цих характеристик є критичною?
4. Опишіть три рівні Edge-Fog-Cloud в телематичній архітектурі. Які завдання виконуються на кожному рівні? Що таке MEC (ETSI MEC)?
5. Що таке Explainable AI (XAI) та Federated Learning? Чому ці концепції є важливими саме для телематики та автономних систем?
6. Поясніть концепцію MaaS (Mobility as a Service). Які ролі відіграє телематика у реалізації MaaS-платформи?
7. Що таке Digital Twin транспортного засобу? Як він пов’язаний з телематикою та предиктивним обслуговуванням?

8. Які нові виклики кібербезпеки виникають зі зростанням V2X-підключеності? Які стандарти (UN ECE R155, ISO/SAE 21434) регулюють цю сферу?
9. Поясніть концепцію «суверенітету даних водія». Як EU Data Act та GDPR регулюють питання власності на телематичні дані?
10. Оцініть перспективи та виклики впровадження 5G, C-ITS та MaaS в Україні. Які технологічні напрями є найбільш пріоритетними для повоєнної відбудови?

Практичні завдання

Завдання 18.1 (аналіз MaaS-платформи). Дослідіть одну з реалізованих MaaS-платформ: Whim (Хельсінкі), Jelbi (Берлін), SimplyGo (Сінгапур) або Transit (Монреаль). Опишіть: інтегровані види транспорту та рівень охоплення; телематичну архітектуру (які дані збираються та звідки); алгоритми маршрутизації та ціноутворення; показники ефективності (NPS, зниження використання особистого авто, скорочення викидів); бізнес-модель та питання власності даних. Зробіть висновок про застосовність моделі для великого міста України (Київ, Харків, Дніпро).

Завдання 18.2 (технологічний радар телематики). Побудуйте технологічний радар (за методологією ThoughtWorks) для транспортної телематики з чотирма квадрантами (Adopt / Trial / Assess / Hold). Розмістіть у радарі 16 технологій з цієї теми (5G NR-V2X, MEC, Digital Twin, Federated Learning, Blockchain DLT, XAI, V2G, HD Maps NDS.Live, ETSI CPS (Collective Perception Service), NB-IoT, LoRaWAN, ISO/SAE 21434, Post-Quantum Crypto, ADAPT Framework, EU Data Act, EU AI Act). Обґрунтуйте позицію кожної технології за критеріями: зрілість стандартів, доступність комерційних рішень, підтвердженість ROI, регуляторна підтримка ЄС.

Завдання 18.3 (затримка та безпека). Для швидкостей 50, 90 та 130 км/год розрахуйте додатковий шлях автомобіля за додаткової затримки передавання 1, 10, 50 і 100 мс ($s = v \cdot t$). Побудуйте таблицю й графік. Зробіть висновок, за яких затримок V2V-гальмування в колоні з дистанцією 5 м вже втрачає сенс, і порівняйте з вимогою CACC з теми 16 (затримка менше 20 мс).

Висновки

Майбутнє транспортної телематики обіцяє бути динамічним та трансформаційним. Технології зв'язку наступних поколінь (5G/6G), штучний інтелект, Edge/Fog/MEC Computing та передові сенсори створять основу для появи нових, більш інтелектуальних, кооперативних та автономних телематичних систем. Додатки еволюціонуватимуть у напрямку повної інтеграції з автономним керуванням, зрілих C-ITS сервісів, гіпер-персоналізованої мобільності та посиленого фокусу на екологічність та сталість. Телематика стане невід'ємною частиною екосистем розумних міст та платформ MaaS.

Реалізація цього потенціалу вимагає вирішення складних завдань у сфері управління даними (EU Data Act, суверенітет даних), забезпечення надійного захисту від кіберзагроз (ISO/SAE 21434, UN ECE R155), розробки та гармонізації стандартів (NR-V2X, HD Maps, ETSI CPS), а також врахування етичних аспектів (XAI, відповідальність, справедливість). Для України розвиток транспортної телематики є важливим стратегічним вектором модернізації та євроінтеграції, де унікальна можливість технологічного стрибку поєднується з реальними викликами відбудови. Майбутнє транспорту — за інтелектуальними підключеними системами, і телематика відіграватиме в цьому процесі центральну роль.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Нормативно-правові акти

Council of the European Union. (1996). Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. *Official Journal of the European Communities, L 235*, 59–75.

European Commission. (2008). Commission Decision 2008/671/EC of 5 August 2008 on the harmonised use of radio spectrum in the 5 875–5 905 MHz frequency band for safety-related applications of Intelligent Transport Systems (ITS). *Official Journal of the European Union, L 220*, 24–26.

European Commission. (2013). Commission Delegated Regulation (EU) No 305/2013 of 26 November 2012 supplementing Directive 2010/40/EU with regard to the harmonised provision for an interoperable EU-wide eCall. *Official Journal of the European Union, L 91*, 1–4.

European Commission. (2013). Guidelines of 5 November 2013 on Good Distribution Practice of medicinal products for human use (2013/C 343/01). *Official Journal of the European Union, C 343*, 1–14. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=oj:JOC_2013_343_R_0001_01

European Commission. (2015). Commission Delegated Regulation (EU) 2015/962 of 18 December 2014 supplementing Directive 2010/40/EU with regard to the provision of EU-wide real-time traffic information services. *Official Journal of the European Union, L 157*, 21–31.

European Commission. (2017). Commission Delegated Regulation (EU) 2017/1926 of 31 May 2017 supplementing Directive 2010/40/EU with regard to the provision of EU-wide multimodal travel information services. *Official Journal of the European Union, L 272*, 1–13.

European Commission. (2020). Commission Implementing Decision (EU) 2020/1426 of 7 October 2020 on the harmonisation of the 5 875–5 935 MHz frequency band for the use of safety-related applications of Intelligent Transport Systems (ITS) and repealing Decision 2008/671/EC. *Official Journal of the European Union, L 328*, 84–86.

European Commission. (2022a). Commission Delegated Regulation (EU) 2022/670 of 2 February 2022 supplementing Directive 2010/40/EU with regard to the provision of secure and safe parking places for trucks and commercial vehicles and corresponding information services. *Official Journal of the European Union, L 122*, 1–15.

European Commission. (2022b). Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1426 of 5 August 2022 laying down rules for the application of Regulation (EU) 2019/2144 as regards uniform procedures and technical specifications for the type-

GSC (European GNSS Service Centre). (2023). *Galileo High Accuracy Service (HAS): Info note*. https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/Galileo_HAS_Info_Note.pdf

ISO/TC 204. (n.d.). *Intelligent transport systems*. International Organization for Standardization. https://www.iso.org/committee/54706.html

NDS Association. (n.d.). *NDS.Live and NDS.Classic*. https://nds-association.org/nds-classic-nds-live-maps/

Teltonika Telematics. (n.d.). *FMC650: General description*. https://wiki.teltonika-gps.com/view/FMC650_General_description

Uber Technologies. (2022). *Security update* [Statement]. https://www.sec.gov/Archives/edgar/data/1543151/000155278122000558/e22427_ex99-1.htm

U.S. Department of Energy. (2010). *Operations & maintenance best practices guide: Release 3.0*. Federal Energy Management Program. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/04/f74/omguide_complete_w-eo-disclaimer.pdf

World Health Organization. (2011). Annex 9: Model guidance for the storage and transport of time- and temperature-sensitive pharmaceutical products. In *WHO Technical Report Series, No. 961*. WHO. https://www.who.int/publications/m/item/trs961-annex9