

І. О. Водолазкий¹
О. О. Водолазкий²
І. О. Кириченко²

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗАДЛЯ СПРОЩЕННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ НАСЕЛЕННЯ СІЛЬСЬКОЇ МІСЦЕВОСТІ

¹Київський національний авіаційний університет

²Східноукраїнський національний університет імені Володимира Дала

Метою статті є дослідження наявних даних для вибору зон проведення анкетування, збір даних для мобільної мережі на рівні ланцюгів подорожей та аналіз моделей подорожей. Розглянуто попит на подорожі в трьох сільських районах із різною щільністю населення та встановлено вимоги до нових рішень щодо мобільності залежно від попиту та звичок людей на подорожі.

Громадський транспорт відіграє вирішальну роль у логістиці територіальних громад України. Однак неналежне забезпечення та впровадження технологічних досягнень призвели до того, що сільські райони залишилися позаду і дуже залежать від приватних автомобілів. У цій статті описано, як покращити доступність послуг транспорту у сільській місцевості, де попит на подорожі часто недооцінюється. Проаналізовано попит на подорожі в трьох сільських районах із різною щільністю населення та встановлено вимоги до нових рішень щодо мобільності залежно від попиту та звичок людей на подорожі.

Існує потреба отримати доступ до більш високого рівня субсидій, якщо послуги мобільності на вимогу не можуть залучити належний рівень попиту, щоб сільські та напівсільські громади мали доступ до такого ж рівня послуг і можливостей, які доступні для міських районів. Більшість цих послуг розгортаються в міських умовах із високим попитом на подорожі та щільністю населення. Дослідження щодо регіонів із низьким попитом рідко розглядаються.

Багато послуг на вимогу працюють на основі спільноти, де попит визначається на основі місцевих знань і конкретних потреб. Ті послуги мобільності, які більш комерційно орієнтовані, використовують якісне дослідження ринку для визначення попиту на певні сегменти населення та конкретні місця.

Запропоновано розглянути усунення бар'єрів перешкоджання комерційно життєздатним новим послугам мобільності у сільській місцевості шляхом: використання підходів, керованих даними, для розуміння типових щоденних моделей подорожей; визначення нових послуг мобільності, які можуть бути розгорнуті в комерційних цілях, і тих, які потребуватимуть постійної фінансової підтримки для надання соціально необхідних послуг.

Ключові слова: логістична система, транспортні рішення, автомобільний транспорт, оптимізація, подорожі, послуги транспорту.

Постановка проблеми

Громадський транспорт відіграє важливу роль у логістиці територіальних громад України. Однак неналежне забезпечення та впровадження технологічних досягнень призвели до того, що громадяни сільських районів, на жаль, не можуть використовувати громадський транспорт, так як громадяни, наприклад, великих міст, та залежать від приватних автомобілів. У статті надаються рекомендації задля покращення доступності послуг транспорту у сільській місцевості, де попит на подорожі часто недооцінюється.

Результати дослідження

Сільські райони здебільшого мають менший і більш розосереджений попит на поїздки, що робить нерентабельним та нежиттєздатним регулярний громадський транспорт. Транспорт, що реагує на попит, стає дійсною альтернативою для розширення охоплення громадським транспортом і тому зазвичай працює в сільській місцевості як самостійна основа і часто субсидується урядами. Навіть більше, зазвичай доступний лише для певних типів пасажирів або для певних цілей поїздки.

Існує потреба отримати доступ до більш високого рівня субсидій, якщо послуги мобільності на вимогу не можуть залучити належний рівень попиту, щоб сільські та напівсільські громади мали доступ до такого ж рівня послуг і можливостей, які доступні для міських районів. Більшість цих послуг розгортаються в міських умовах із високим попитом на подорожі та щільністю населення.

Більшість попередніх досліджень зосереджені на аналізі експлуатаційних характеристик транзитної системи, що обслуговує міста, з використанням таких якісних методів, як анкетування у фокус-групах,

які дають змогу безпосередньо взаємодіяти з користувачами для виявлення проблем щоденної мобільності та можливих заходів. Більшість обмежень цього підходу полягає у досягненні збалансованого поєднання людей з поглядом віку, статі, доходу, наявності автомобіля.

Іншим варіантом є збір даних шляхом опитування домогосподарств. Оскільки місця діяльності є більш розкиданими, рівень мобільності в сільській місцевості зазвичай вищий, ніж у міських районах, що призводить до збільшення відстані поїздки та залежності від приватних автомобілів [2].

Цю тенденцію також підтвердило опитування, яке виявило, що громадяни, які живуть у сільській місцевості, подорожують більше і довше, щоб отримати роботу та послуги.

Через обмеженість даних вимірювання доступності дуже складне. Мобільність сільського населення значною мірою пов'язана із власником автомобіля та громадським автобусним сполученням. Соціальна ізоляція посилюється через відсутність доріг і забезпечення громадським транспортом, але також пов'язана із соціально-демографічними факторами.

У попередніх дослідженнях доступність часто вимірювалася за допомогою відстані, подоланої під час кожної окремої поїздки, а отже, виключаючи те, як мешканці поєднують різні поїздки та різні види діяльності протягом дня. Моделі подорожей та ланцюг поїздок стають більш актуальними, коли місцеві органи влади намагаються сприяти мультимодальному забезпеченню мобільності, щоб задовольнити різні потреби різних верств населення і, отже, забезпечити соціальну інтеграцію, що дозволить людям похилого віку довше бути незалежним і підвищить їхню впевненість у послугах цифрової мобільності.

Прогнозування попиту на нові послуги мобільності у сільській місцевості має вирішальне значення для розробки та експлуатації комерційно життєздатних служб нової мобільності, а також для розуміння необхідної критичної маси, яка дозволить послугам у громаді працювати паралельно або замість них здійснювати комерційні послуги.

Використання нових джерел даних, наприклад даних мобільної мережі, агрегованих на рівні ланцюга поїздок, для розкриття реальних моделей подорожей ніколи раніше не досліджувалося в сільській місцевості, але, враховуючи характер поселень, такі дослідження необхідно проводити та встановлювати, чи можна використовувати інструменти моделювання задля забезпечення достатнього рівня правильності та впевненості з використанням інноваційних інструментів моделювання для обліку нових послуг мобільності. Для цього необхідно розглянути усунення бар'єрів, які перешкоджають комерційно життєздатним новим послугам мобільності у сільській місцевості, шляхом: визначення нових послуг мобільності, які можуть бути розгорнуті в комерційних цілях, і тих, які потребуватимуть постійної фінансової підтримки для надання соціально необхідних послуг [3].

Дослідження є комплексним уявленням про поточні проблеми для сільської місцевості (рис. 1). Дослідження створило ландшафт даних про моделі подорожей, звички та взаємодію громад, щоб зрозуміти вибір поведінки мешканців у подорожах.

Сільське середовище часто класифікується за щільністю населення без урахування будь-яких інших факторів, які можуть вплинути на вибір подорожей мешканців.

Класифікація сільських міст визначає райони як сільські, якщо вони виходять за межі населених пунктів із населенням понад 10 тис. Під час аналізу, розробленого на рівні села, прийшли до висновку, що громадяни подорожують до сусідніх сіл та областей, тому ландшафт даних повинен зосередитися на більшій території, щоб зрозуміти повну динаміку подорожей. Для цілей дослідження було визначено три випадки використання для охоплення звичок людей у подорожах, ставлення до нових послуг мобільності та ландшафту даних у різних сільських середовищах (критерії відбору на основі місць, щільності населення, транспортної інфраструктури та послуг громадського транспорту):

- переважно сільське населення (8,9 %) – територіальна громада 1;
- переважно сільська місцевість (11,9 %) – територіальна громада 2;
- місто зі значною кількістю сільських районів (13 %) – територіальна громада 3.

Доступність даних про попит на подорожі в сільських громадах неоднозначна і пов'язана з розвитком традиційних інструментів моделювання транспорту, які зосереджуються виключно на тому, скільки поїздок відбувається між однією зоною перевезення та іншою.

Багато послуг на вимогу працюють на основі спільноти, де попит визначається на основі місцевих знань і конкретних потреб. Ті послуги мобільності, які більш комерційно орієнтовані, використовують якісне дослідження ринку для визначення попиту на певні сегменти населення та конкретні місця.

При використанні моделювання попиту і більш цілісного та якісного підходу розглядаються всі види транспорту у великому масштабі на етапі планування послуг мобільності.

При аналізі даних мобільної мережі основною вимогою до інформування служб мобільності є повне розуміння переміщень від дверей до дверей та розподілу поїздок протягом дня з підвищеним акцентом у період між піками.

MND були отримані, щоб представляти середній день із вищою просторовою деталізацією для досліджуваних областей і протягом шести періодів часу, щоб збільшити деталізацію протягом 24 годин. Набір даних зберігає інформацію про повні поїздки від дверей до дверей протягом 24 годин. Усі проміжні поїздки вказують, де і коли відбулася поїздка.

Таблиця 1

Основні характеристики трьох репрезентативних тематичних досліджень у сільській місцевості

Характеристики	Територіальна громада 1	Територіальна громада 2	Територіальна громада 3
Населення (2019)	322,000 (2019)	167,216 (2017)	1,470,000 (2018)
Молоді жителі	16.00%	20%	19%
Населення працездатного віку	59%	56%	61%
65+ Населення	25%	24%	21%
Система зонування на рівні LSOA	534	103	1222

Дані мобільної мережі, використані в цьому дослідженні, надають різні набори інформації про користувачів, які охоплюють початкову зону, кінцеву зону, цілі подорожі, період подорожі, спосіб подорожі та середню кількість завершених поїздок. Вибірка спочатку поділяється з урахуванням характеристик високого рівня (кількість поїздок за один день), а потім ділиться на зворотні поїздки, де початкова та кінцева зони однакові, або на поїздки без повернення, де розрізняються початкова та кінцева зона і лише напрямок руху відомий. Для останнього не можна робити жодних припущень щодо мети та способу подорожі [1].

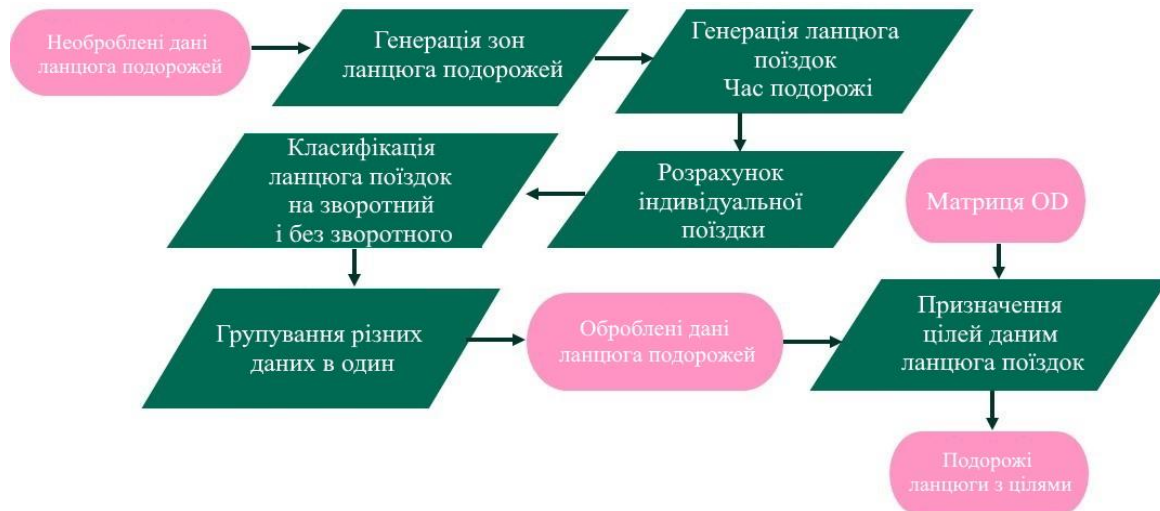


Рис. 1. Етапи створення набору даних ланцюга поїздок із записів даних

У ланцюгах подорожей MND доступна інформація про схеми подорожей, однак інформація про мету та спосіб подорожі недоступна. Щоб подолати це обмеження та покращити набори даних, було створено структуру дослідження даних (рис. 1).

Щоб вирішити цю проблему, була розроблена методика злиття даних, яка об'єднала матрицю OD, що містить цілі та режими поїздок, і дані ланцюга поїздок. Ця техніка ідентифікувала перший відрізок кожної індивідуальної подорожі даних ланцюга поїздок із матриці OD, використовуючи розташування (тобто початкові та кінцеві зони), час подорожі та середню кількість завершених поїздок. Використовуючи цей метод, MND було розширено, а структура дослідження даних призначала мету подорожі та спосіб подорожі в кожній поїздки в ланцюжку з використанням даних про час подорожі і пройдену відстань. Інформація про домашнє та робоче місце виводиться за допомогою матриці відправлення-призначення.

Після вибору трьох репрезентативних випадків використання (територіальні громади 1, 2, 3) фокус-групи, онлайн-спільноти та онлайн-опитувань надали інформацію про звички людей у подорожах та прихований попит на подорожі.

Анкетування було зібрано з 28 серпня по 20 вересня 2019 року з репрезентативною вибіркою з 1549 респондентів із 450 телефонними розмовами:

- фокус-групи з громадянами: у липні 2019 року було проведено дві онлайн-групи для кожної групи дослідження, у середньому по 5 осіб у групі;
- залучення онлайн-спільнот (2 групи по 30 учасників у кожній групі дослідження);
- онлайн опитування мешканців: у середньому 500 респондентів у кожному з трьох місць із вибіркою за віковими та статевими профілями [2].

Респондентів запитали про моделі подорожей до COVID-19 та звички подорожей під час обмежень COVID-19. У кожній із трьох груп респондентам було запропоновано вибрати найбільш бажаний варіант серед гіпотетичних варіантів нових послуг мобільності. Описи нових послуг мобільності використовувалися, щоб дати мешканцям уявлення про те, як ці нові послуги мобільності можуть працювати на практиці.

Результати аналізу MND показали дуже подібні моделі подорожей, порівняно з міськими районами, у всіх сільських районах. У двох районах (територіальна громада 1 та 2) сільські райони тісно пов'язані з сусідніми міськими районами та демонструють взаємозалежність (таблиця 2).

Таблиця 2

Основні характеристики моделей подорожей у сільській місцевості

Характеристики	Територіальна громада 1	Територіальна громада 2	Територіальна громада 3
Внутрішні поїздки	63%	40%	48%
Прості тури	52%	56%	57%
Комплексні тури (3-5 щоденних поїздок)	23%	25%	24%
Повна логістика	2%	2%	2%
Місцеве розповсюдження	37%	23%	36%
Довге розповсюдження	63%	80%	64%

Мешканці подорожують здебільшого для відпочинку, хоча ті, хто їде на роботу, подорожують довше, щоб дістатися до свого звичайного місця роботи. Коли вони працюють на місцевому рівні, вони зазвичай мають складніші схеми подорожей (3–5 поїздок за один день), порівняно з міськими жителями (де понад 50 % поїздок – це 2 поїздки на день). Через це сільські жителі мають довший і більш рівний час пік і стабільний попит на подорожі протягом дня, пов'язані з відпочинком.

Використання даних мобільної мережі, агрегованих на рівні ланцюга поїздок, разом із більш високою тимчасовою роздільною здатністю, дає змогу повністю зрозуміти моделі подорожей у сільській місцевості. Три тематичні дослідження представляють різну щільність населення; однак моделі подорожей є подібними до того, що відбувається в міських районах. Отже, замість визначення мінімальної щільності населення служби мобільності повинні обслуговувати короткі поїздки та поїздки на середні тривалі відстані або мають інтегруватися з ширшою мережею громадського транспорту для надання послуг населенню для збільшення частоти поїздок.

Результати анкетування та досліджень показали, що з-поміж трьох регіонів громади 2 набагато більше залежать від автомобілів і набагато рідше користуються громадським транспортом. Водночас у громаді 3 здебільшого хороший доступ до залізничних станцій і більший вибір транспортних засобів [2].

Ставлення до транспорту змінюється залежно від віку: старші респонденти здебільшого не схильні до ризику та більше усвідомлюють вплив свого вибору транспорту на навколишнє середовище. Молодші респонденти хотіли б знайти нові способи використання транспорту.

До карантину автомобільний транспорт був найпоширенішим видом транспорту для досягнення місць призначення. Під час карантину використання всіх видів транспорту зменшилося. Однак у наступні місяці після карантину мешканці більше ходили пішки та менше їздили на громадському транспорті на невеликі відстані.

Мешканці вважають, що не будуть користуються новими видами транспорту, особливо у віці 55 років і старше. Існують різноманітні мотиви для використання нових послуг мобільності, наприклад, екологічність, здоров'я.

Будь-які нові рішення потребуватимуть місцевої зосередженості – мешканці були зацікавлені в проєктах та послугах, які очолювали громади, які могли б підвищити рівень життя громади, наприклад, залучення волонтерів або використання місцевих зацікавлених сторін для надання послуг. Враховуючи залежність від автомобіля для багатьох громад, особливо у територіальній громаді 2, нові послуги, можливо, були б найкращими для вибору випадків використання, де чіткі та популярні переваги, як-то екологічність, простота бронювання та оплати, хороша вартість (наприклад, порівняно з платою за паркування) та можна підкреслити гнучкість.

Зручність є ключовим фактором як для доступу до транспортних рішень, так і для оплати за них. Надається перевага рішенням з одним квитком, але з усвідомленням того, що програми не зовсім практичні для деяких користувачів, насамперед у регіонах з обмеженим покриттям мобільного телефону. Ставлення до автомобілів і статусу стає зрозумілим, оскільки старші респонденти частіше асоціюють водіння автомобіля з успіхом, однак вони також розуміють важливість громадського транспорту для навколишнього середовища. Водночас у центрі уваги молоді респонденти більше пов'язані з тим, як нові технології взаємодіють з їхніми транспортними потребами. Молодші респонденти, як видається, більш схильні до ризику, але також більше напружені щодо змін, тому це є потенційною перешкодою.

Під час опитування мешканців попросили переглянути відео про інноваційні послуги на вимогу, які можна було б запустити в сільській місцевості [3]:

- дрон для доставки: автономний транспортний засіб (часто безпілотний літальний апарат), який використовується для транспортування пакетів, їжі, ліків або інших товарів у віддалених місцях.

Доставка може здійснюватися в місцевий центр або в окремі будинки, що зменшує потребу у фургоні для доставки;

- транспорт на вимогу: це коли користувачі можуть отримати доступ до автомобілів, автобусів або мікроавтобусів, коли їм потрібно, і використовувати з іншими людьми, які подорожують у тому ж напрямку. Транспорт не курсує за розкладом, як традиційний громадський. Він не має фіксованого маршруту і може забрати вас як з місця проживання, так і зі зручного пункту, який знаходиться за декілька хвилин ходьби від нього;

- послуги громадської мобільності: послуга, яка зв'язує тих, хто має доступ до транспортних засобів у місцевій громаді та може запропонувати, хто потребує транспорту, зокрема до таких місць, як лікарні, вокзали та центр міста. Послуга коштуватиме дешевше, ніж звичайна поїздка на таксі, і її можна забронювати через додаток телефона;

- прокат електровелосипедів: електричні велосипеди з невеликим двигуном, щоб зробити їзду на велосипеді менш напруженою, подорож простіша – доступна для прокату у зручних місцях, бронювання та оплата через додаток або телефонний дзвінок;

- автоклуб: ці клуби дають можливість керувати автомобілем, коли вам це потрібно, і пропонують гнучкі ціни, наприклад, за хвилину або годину. У вартість входить паливо, страховка та допомога при поломці. Автомобілі можна знайти та забронювати онлайн або через додаток;

- прокат електросамокатів: електросамокати, які можна орендувати похвилинно через додаток.

Молодші респонденти більш відкриті до всіх видів транспорту, особливо до дронів. Вони також більш позитивно ставляться до використання додатків для смартфонів і для бронювання, і для оплати, ніж старші респонденти. Однак серед усіх респондентів кредитні та дебетові картки є найоптимальнішою формою оплати. Інші жителі насторожено ставляться до нових видів транспорту, але вважають, що дрони для доставки (33 %) та транспорт на вимогу (26 %) варто розглянути.

Висновки

Схеми та звички подорожей у сільській місцевості подібні до міських, забезпечують основу для повторного використання інструментів, розроблених раніше в міському транспорті, відкриваючи можливість використовувати попит на новітні технології, для тестування заходів із мобільності в сільській місцевості.

Підхід, орієнтований на дані, забезпечує неупереджене уявлення про поточні моделі подорожей, саме так долаючи обмеження якісного опитування жителів.

Використання нових джерел даних, як-от MND, дасть змогу операторам послуг мобільності, місцевим органам влади та Департаменту транспортної інфраструктури розробити нові можливості в сільській місцевості. Враховуючи, що MND постійно збираються, плануючи нові послуги мобільності,

можна враховувати нові тенденції або невизначеності, пов'язані з пандемією COVID-19.

Учасники визнали унікальні проблеми сільських місцевостей і хотіли б, щоб послуги з мобільності були адаптовані до місць і особливостей населення в цих конкретних районах. Нові транспортні рішення повинні враховувати нерівномірно розподілений попит, віддалені райони, складний рельєф, відсутність мобільного зв'язку та широку демографічну групу користувачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Метсон Д. Estimating the number of passengers in rural transit services for the general public. *Transport*. 2017. P. 127–128.
 [2] Ренне Дж. Сільська мобільність і вибір способу: дані Національного дослідження подорожей домогосподарств 2001 року. *Транспорт*, №32, С. 165–186.
 [3] Мілвард Н. Використання часу, поведінка в подорожах сільський-міський: результати проекту. *TransportGeogr*. 2011. № 19(1). С. 51–58.
 [4] Кириченко І О., Кузьменко Н. М., Водолазський О. О. Якість транспортних послуг на різних видах транспорту. *Вісник СНУ ім. Володимира Даля*. № 4(268), С. 62-65.

Водолазський Ілля Олексійович – студент кафедри комп'ютерних технологій та програмування, факультет комп'ютерних наук, e-mail: vodolazskyyilya@gmail.com

Київський Національний Авіаційний Університет, м. Київ

Водолазський Олексій Олександрович – старший викладач кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті, e-mail: vodolazskyy@gmail.com

Кириченко Ірина Олексіївна – д-р техн. наук, проф. кафедри логістичного управління та безпеки руху на транспорті, e-mail: i_kir@ukr.net

Східноукраїнський національний університет імені В. Даля, м. Київ

I. Vodolazskiy¹
O. Vodolazskiy²
I. Kyrychenko²

Optimization of the transport and logistics system to simplify movement of population in rural areas

¹Kyiv National Aviation University

²Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

The purpose of the article is to examine existing data for the selection of survey areas, data collection for the mobile network at the level of travel chains, and analysis of travel patterns. Travel demand in three rural areas with different population densities is considered, and requirements for new mobility solutions based on demand and people's travel habits are established.

Public transport plays a decisive role in the logistics of territorial communities of Ukraine. However, inadequate provision and implementation of technological advances have left rural areas behind and heavily dependent on private cars. This article describes how to improve the availability of transport services in rural areas, where the demand for travel is often underestimated. The demand for travel in three rural areas with different population densities was analyzed, and the requirements for new mobility solutions based on demand and people's travel habits were determined.

There is a need to access a higher level of subsidies if on-demand mobility services cannot attract an adequate level of demand so that rural and semi-rural communities have access to the same level of services and opportunities available to urban areas. Most of these services are deployed in urban settings with high travel demand and population density. Research on regions with low demand is rarely considered.

Many on-demand services are community-based, where demand is determined based on local knowledge and specific needs. Those mobility services that are more commercially oriented use qualitative market research to determine demand for specific population segments and specific locations.

Social isolation is exacerbated by lack of accessibility, roads and public transport, but is also linked to socio-demographic factors.

It is suggested that consideration be given to removing barriers to commercially viable new mobility services in rural areas by: using data-driven approaches to understand typical daily travel patterns; identifying new mobility services that can be deployed for commercial purposes and those that will require ongoing financial support to provide socially necessary services.

Key words: logistics system, transport solutions, road transport, optimization, travel, transport services.

Vodolazskiy Ilya – student of the Department of Computer Technologies and Programming, e-mail: vodolazskyyilya@gmail.com

Vodolazskiy Oleksii – Senior lecturer of the Department Logistics Management and traffic safety e-mail: vodolazskyy@gmail.com

Kyrychenko Iryna – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department Logistics Management and traffic safety, e-mail: i_kir@ukr.net