

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

ШЕРЕМЕТА ОЛЕКСАНДР МИКОЛАЙОВИЧ

Допускається до захисту:  
В.о. завідувач кафедри  
інформаційної технології,  
\_\_\_\_\_ Т.В. Нескородева  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 р.

МЕТОДИ ПОШУКУ СТІЙКИХ ГРУП АБОНЕНТІВ СИСТЕМ  
МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ НИЗЬКОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ЇХ  
СПІЛЬНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ

Спеціальність 125 Кібербезпека

Бакалаврська робота

Науковий керівник:  
Загоруйко Л.В.,  
к.т.н.доцент кафедри  
інформаційних технологій,  
\_\_\_\_\_

Оцінка: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: \_\_\_\_\_  
(підпис)

Вінниця 2021

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....   | 4  |
| ВСТУП.....   | 6  |
| РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМИ СІЛЬНИКОВОГО<br>ЗВ'ЯЗКУ ТА РУХОМОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ.....   | 8  |
| 1.1. Історія розвитку систем сільникового зв'язку в світі та Україні.....  | 8  |
| 1.2. Поняття системи рухомого мобільного зв'язку та визначення груп<br>абонентів.....  | 14 |
| 1.3. Нормативно-правове забезпечення системи мобільного зв'язку.....   | 20 |
| РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОШУКУ СТИЙКИХ ГРУП<br>АБОНЕНТІВ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ.....   | 23 |
| 2.1. Стийкі групи абонентів систем мобільного зв'язку, як об'єкт<br>дослідження.....   | 23 |
| 2.2. Методи та методика дослідження даних щодо переміщення<br>зареєстрованих абонентів мобільного зв'язку .....  | 24 |
| 2.3. Функціональна модель передачі неперсоніфікованих абонентів<br>мобільного зв'язку.....   | 32 |
| РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ГРУП АБОНЕНТІВ У<br>СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ПРИКЛАДІ VODAFONE м.<br>ЛЬВІВ.....  | 36 |
| 3.1. Аналіз відкритих даних щодо людинопотоку.....   | 36 |
| 3.2. Аналіз обсягу приміської мобільності до м. Львів.....   | 39 |
| 3.3. Результати аналізу неперсоніфікованих даних про переміщення<br>абонентів мобільного зв'язку компанії Vodafone Україна з території Львівської<br>області у м. Львів..... | 41 |
| 3.4. Підсумки дослідження динаміки зміни груп абонентів у системах<br>мобільного зв'язку на прикладі Vodafone м. Львів в контексті проведеного<br>дослідження.....           | 46 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| ВИСНОВКИ.....                     | 48 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ..... | 53 |
| ДОДАТКИ.....                      | 57 |



## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AMPS – Advanced Mobile Communications System/аналогова система, як і частина мобільних систем першого покоління.

GSM – глобальна система мобільного зв'язку.

PDC – персональна цифрова стільникова система.

FDD – частотний розподіл каналів.

PHS – Personal Handyphone System/система персонального мобільного зв'язку.

IMTS – двоканальна покращена мобільна телефонна система.

NMT-450 – Nordic Mobile Telephone.

TACS – національний стандарт Total Access Communications System.

2G – мобільні системи другого покоління.

CERT – Європейська конференція поштових і телекомунікаційних управлінь.

DTI – Британський департамент торгівлі і промисловості.

TIA (Telecommunications Industry Association) – Американська промислова асоціація телекомунікацій.

IS-54 або D-AMPS/АПЦ – національний стандарт для цифрових мобільних з'єднань.

CDMA (Code Division Multiple Access) – стандарт мобільного зв'язку, заснований на технології шумоподібних сигналів і кодового поділу каналів.

DCS-1800 – цифрова стільникова система 1800 МГц.

JDC (Japanese Digital Cellular) – власний мобільний стандарт Японії.

3G – третє покоління мобільних систем.

PCN – персональні комунікаційні мережі.

ITU – союз міжнародних комунікацій.

UMTS – універсальна система мобільного зв'язку.

4G – четверте покоління мобільного зв'язку з підвищеними вимогами.

LMN – громадська наземна мобільна мережа.

BS – базова станція.

TFTP – телефонна мережа загального користування.

MS – рухома станція.

Wi – Fi (Wirless Local Area Networks – бездротова ЛОМ.

TETRA – радіостанція магістрального (транкінгового) зв'язку.

5G - п'яте покоління мобільних мереж або п'яте покоління бездротових систем.



## ВСТУП

Система стільникового зв'язку забезпечує мобільність зв'язку. Системи досягають мобільності, передаючи дані по радіохвилях. Розглянемо кілька прикладів систем зв'язку з мобільними об'єктами, що використовуються в цей час. Стільниковий зв'язок є основним засобом забезпечення обміну телефонами, даними і документами в нових районах, а також забезпечення зв'язку абонентів у важкодоступних районах і в зв'язку з рухомими абонентами. Однак навіть на законодавчому рівні немає визначення системи мобільного зв'язку, немає такого поняття, як стандарти системи мобільного зв'язку, невичерпне поняття роумінгу, тобто законодавство в цій сфері стає фікцією, а не засобом регулювання. З цього випливає необхідність дослідження наукових джерел щодо формування системи зв'язку. Окреме значення має дослідження, пов'язане із методикою оцінки пошуку стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку, що формулює **актуальність теми**, яка полягає у необхідності обґрунтування значення нашої роботи для розвитку кібербезпеки.

**Мета дослідження** сконцентрована навколо необхідності дослідити методи пошуку стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку. У відповідності до поставленої мети виникає потреба у розв'язанні таких **завдань**:

1. Дослідження історії розвитку систем стільникового зв'язку в світі та Україні.
2. Визначення поняття системи рухомого мобільного зв'язку та визначення груп абонентів.
3. Аналіз нормативно-правового забезпечення системи мобільного зв'язку.
4. Виокремлення стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку.
5. Висвітлення методів та методики дослідження даних щодо переміщення зареєстрованих абонентів мобільного зв'язку.
6. Формування функціональної моделі передачі неперсоніфікованих абонентів мобільного зв'язку.

7. Аналіз відкритих даних щодо людинопотоку.
8. Аналіз обсягу приміської мобільності до м. Львів.
9. Інтерпретація результатів аналізу неперсоніфікованих даних про переміщення абонентів мобільного зв'язку компанії Vodafone Україна з території Львівської області у м. Львів.
10. Узагальнення підсумків дослідження динаміки зміни груп абонентів у системах мобільного зв'язку на прикладі Vodafone м. Львів в контексті проведеного дослідження.

**Об'єкт дослідження** – стійкі групи абонентів систем мобільного зв'язку.

**Предмет дослідження** – методи пошуку стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку.

**Методи дослідження:**

*теоретичні:* аналіз джерельної бази, систематизація та узагальнення теоретичного матеріалу з досліджуваного питання, вивчення досвіду щодо формування методики пошуку стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку, що в результаті дало змогу сформуванню власний погляд на проблему дослідження, виокремити її теоретичні засади;

*емпіричні:* порівняльний, аналізу, синтезу. Також для забезпечення виконання мети нами використовувався метод критичного аналізу та порівняння з відомими підходами до розв'язання нашої проблеми, пов'язаної із дослідженням методів пошуку стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку.

**Теоретичне та практичне значення** одержаних результатів заключається у можливості у подальшому використовувати у науково-педагогічній діяльності ЗВО. Матеріали дослідження можуть стати корисними в ході розробки курсів і лекцій з кібербезпеки.

**Структура роботи.** Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, десяти підрозділів, загальних висновків, списку використаної літератури, додатків. Обсяг роботи становить 60 сторінок.

## РОЗДІЛ 1

### ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМИ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ТА РУХОМОГО МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

#### 1.1. Історія розвитку систем стільникового зв'язку в світі та Україні

Мобільні системи, вперше представлені в Advanced Mobile Communications System (AMPS), підтримують більшу кількість користувачів і дозволяють повторно використовувати частоти. AMPS – це аналогова система, як і частина мобільних систем першого покоління. Цифрові системи другого покоління Європа об'єднала їх в єдину систему, звану глобальною системою мобільного зв'язку (GSM). Японія використовує систему, що називається персональною цифровою стільниковою системою (PDC). Стільниковий зв'язок є найбільш швидкозростаючим сегментом індустрії зв'язку. Мобільні компанії повідомили про абонентську базу з більш ніж 200 мільйонами користувачів у 1997 році. Це число щодня збільшується в середньому на 150 000 нових передплатників, що зумовлює необхідність подальших досліджень та спиває на актуальність даної теми.

Система стільникового зв'язку забезпечує мобільність зв'язку. Системи досягають мобільності, передаючи дані по радіохвилях. Розглянемо кілька прикладів систем зв'язку з мобільними об'єктами, що використовуються в цей час [18].

Пейджинговий зв'язок – це проста і недорога форма мобільного зв'язку. Антена або супутник посиляє короткі повідомлення учасникам по радіо. Приймачі є пристроями, які відображають повідомлення на маленькому екрані, видаючи звуковий сигнал, схожий на сигнал тривоги. Для них характерна одностороння передача даних. Системи повідомлень були розроблені, щоб забезпечити абонентам надійний зв'язок, де б вони не знаходилися. Проте, для забезпечення злагодженого зв'язку за використання пейджерів, потрібні були потужні передавачі і невеликі обсяги даних, щоб максимізувати вказаний діапазон кожного передавача. Враховуючи те, що технології ішли вперед,

пейджинговий зв'язок швидко втратив актуальність та змінився більш зручними альтернативними технологіями.

Супутниковий зв'язок складається з великих радіопередавачів, налаштованих на певну радіочастоту. Вони підсилюють сигнал, а потім передають його на радіо на іншій частоті. Вони є інтегральними пристроями радіопередачі. Недоліком супутникового зв'язку є те, що вони розміщені на великій відстані. Тому, через відстані, по яких передаються радіохвилі втрачається час. Стільникові мережі розділені на осередки, кожен з яких обслуговується одним або декількома приймачами. Зв'язок в стільниковій мережі повністю двонаправлений: повідомлення передаються і приймаються на двох різних частотах – частотному розподілі каналів (FDD). Мотив топології стільникової мережі – дозвіл на повторне використання частоти. Осередки, розташовані на певній відстані, можуть повторно використовувати одні й ті ж частоти, що гарантує ефективне використання обмежених частотних ресурсів.

Система персонального мобільного зв'язку (Personal Handyphone System (PHS)), використовується в Японії та схожа на мобільні мережі, але телефони також можуть безпосередньо спілкуватися один з одним в межах досяжності. Це перевага перед мобільними телефонами, які можуть забезпечувати зв'язок один з одним тільки через приймачі базової станції. Ця система дуже популярна в перенаселених столичних регіонах [33].

Переходячи до історії мобільних систем, зазначаємо, що перша із них була створена в 1946 році в Санта-Луїсі, штат Міссурі, США. Вона використовувала один радіопередавач, розміщений на високій будівлі та один канал, і тому кнопку доводилося натискати, щоб говорити, а щоб слухати – відпускати. Ця напівдвостороння система досі використовується таксистами і поліцією. У 1960-х роках система була замінена іншою двоканальною покращеною мобільною телефонною системою (IMTS). Через те, що частоти були обмежені, вона не могла підтримувати багатьох користувачів [23].

Радіотелефони, що використовуються в цій системі, використовували звичайні фіксовані канали. Якщо канал зв'язку був зайнятий, абонент вручну

перемикався на інший, вільний канал. Пристрій був громіздким і незручним у використанні.

З розвитком техніки удосконалювалися системи радіозв'язку: зменшувалися розміри приладів, розроблялися нові частотні діапазони, удосконалювалися базові та комутаційні пристрої, зокрема, функція автоматичного вибору вільного каналу (транкінгу). Але з величезною потребою в послугах радіозв'язку були і проблеми.

Головна з них заключалась в обмеженому частотному ресурсі: кількість фіксованих частот в певному частотному діапазоні не може нескінченно збільшуватися, тому радіотелефони з частотними робочими каналами починають генерувати взаємні перешкоди.

Вчені та інженери з різних країн намагалися вирішити цю проблему. А в середині 40-х років дослідницький центр Bell Laboratories американської компанії AT & T запропонував ідею поділу всієї сфери обслуговування на невеликі ділянки, звані сотами. Так, кожна комірка повинна була управлятися передавачем з обмеженим діапазоном і фіксованою частотою. Це дозволило б повторно використовувати одну і ту ж частоту без взаємних перешкод в іншій комірці (сотах).

Але знадобилося більше 30 років, щоб такий принцип організації зв'язку був реалізований на апаратному рівні. І в ці роки розробка принципу стільникового зв'язку в різних країнах світу велася не за одними і тими ж напрямками.

В кінці 70-х років почалася робота зі створення єдиного стандарту мобільного зв'язку для 5 країн Північної Європи – Швеції, Фінляндії, Ісландії, Данії та Норвегії, який отримав назву NMT-450 (Nordic Mobile Telephone) [32] і призначений для роботи в діапазоні 450 МГц. Експлуатація перших мобільних систем цього стандарту почалася в 1981 році, але ще за місяць до того, як мобільна система NMT-450 була введена в експлуатацію в Саудівській Аравії.

Мережі на основі стандарту NMT-450 і його модифікованих версій широко використовувалися в Австрії, Голландії, Бельгії, Швейцарії, а також в країнах

Південно-Східної Азії та Близького Сходу. На основі цього стандарту в 1985 році був розроблений стандарт NMT-900 діапазону 900 МГц, який зміг розширити функціональність системи і значно збільшити пропускну здатність системи.

У 1983 році, в США, в районі Чикаго, після серії успішних польових випробувань в комерційній експлуатації мережі стандарту AMPS (Advanced Mobile Phone Service), цей стандарт був розроблений в дослідницькому центрі Bell Laboratories.

У 1985 році у Великобританії був введений національний стандарт TACS (Total Access Communications System), розроблений на основі американського стандарту AMPS. У 1987 році через різке збільшення числа мобільних клієнтів в Лондоні смуга частот була розширена. Нова версія цього стандарту мобільного зв'язку отримала назву ETACS (Enhanced TACS).

У Франції, на відміну від інших європейських країн, в 1985 році був прийнятий стандарт Radiocom-2000. З 1986 року в Скандинавських країнах використовувався стандарт NMT-900.

Всі перераховані вище стандарти – аналогові і відносяться до першого покоління мобільних систем. Аналогами ці системи називаються тому, що вони використовують однойменний спосіб передачі інформації за звичайною частотою (FM) або фазової модуляції (FM), як у звичайних радіостанціях. Цей метод має ряд істотних недоліків: здатність чути розмови інших учасників, відсутність ефективних методів боротьби з завмираючими сигналами під впливом навколишнього ландшафту і будівель або через рух учасників.

Крім того, використання різних стандартів стільникового зв'язку і велика перевантаження виділених частотних смуг перешкождали їх широкому застосуванню. Адже іноді неможливо було говорити з одного і того ж телефону через взаємні перешкоди навіть абонентам в двох сусідніх країнах (особливо в Європі). Збільшити кількість абонентів можна було тільки двома способами: розширити частотний діапазон (як, наприклад, це було зроблено у Великобританії – ETACS) або запланувати збалансований частотний діапазон, що дозволяє набагато частіше використовувати одні і ті ж частоти.

Використання новітніх технологій і наукових відкриттів в області зв'язку та обробки сигналів дозволило до кінця 80-х років вийти на новий етап розвитку мобільних систем – створення систем другого покоління, заснованих на цифрових методах обробки сигналів.

Оскільки Європа є єдиною системою, вона є лідером як по базі даних абонентів, так і за можливостями передачі даних. GSM використовується в більш ніж 100 країнах операторами 215 всередині і за межами Європи. Японська система PDC є другою за величиною цифровою системою стільникового зв'язку, тоді як північноамериканська система є третьою. Існуючі мобільні системи – це мобільні системи другого покоління (2G) [35].

Європейська конференція поштових і телекомунікаційних управлінь (CERT) – організація, що об'єднує комунікаційні управління 26 країн, в 1982 році створила спеціальну групу Groupe Special Mobile для розробки єдиного європейського стандарту цифрового мобільного зв'язку для цієї мети. Аббревіатура GSM і дала назву новому стандарту (пізніше, у зв'язку з широким поширенням цього стандарту по всьому світу, GSM стали розшифровувати як глобальну систему мобільного зв'язку), результат роботи цієї групи був опублікований в 1990 році.

У 1989 році, за рік до появи технічного обґрунтування GSM, Британський департамент торгівлі і промисловості (DTI) опублікував концепцію «Мобільні телефони», яка після введення доповнень і змін стала називатися «Персональні мережі зв'язку» – PCN (персональні комунікаційні мережі).

У США Американська промислова асоціація телекомунікацій TIA (Telecommunications Industry Association) прийняла національний стандарт IS-54 для цифрових мобільних з'єднань в 1990 році. Цей стандарт став більш відомий під аббревіатурою D-AMPS або АЦП. На відміну від Європи, нові смуги частот не були призначені в США, тому система повинна була працювати в смузі частот, розділеної з традиційними підсилювачами.

В той же час американська компанія Qualcomm почала активну розробку нового стандарту мобільного зв'язку, заснованого на технології шумоподібних сигналів і кодового поділу каналів – CDMA (Code Division Multiple Access).

У 1991 році в Європі з'явився стандарт DCS-1800 (Цифрова стільникова система 1800 МГц), створений на основі стандарту GSM. Великобританія відразу ж прийняла його за основу для розробки вже згаданої концепції PCN, що стало початком її переможної ходи по континентах світу.

У розвитку стільникового зв'язку Європи і США Японія не відстала. У цій країні був розроблений власний мобільний стандарт JDC (Japanese Digital Cellular), який за своєю продуктивністю близький до американського стандарту D-AMPS. Стандарт JDC був схвалений японським Міністерством пошти та зв'язку в 1991.

У 1992 році в Німеччині була введена в експлуатацію перша система мобільного зв'язку GSM.

У 1993 році в США після серії успішних випробувань промислова асоціація зв'язку TIA прийняла стандарт CDMA в якості внутрішнього стандарту цифрового стільникового зв'язку і назвала його IS-95. У вересні 1995 року в Гонконзі була відкрита комерційна експлуатація першої мережі IS-95.

У 1993 році у Великобританії була введена в експлуатацію перша мережа DCS-1800 One-2-One, яка вже має понад 500 тисяч передплатників.

Подальший розвиток стільникового мобільного зв'язку здійснюється проектами в рамках створення систем третього покоління. Третє покоління мобільних систем (3G) дозволяє різним системам працювати один з одним для досягнення глобального роумінгу між різними мобільними мережами. Союз міжнародних комунікацій (ITU) проводив дослідження систем 3G з середини 1980-х років. Їх версія системи 3G називається International Mobile Telecommunication-2000 (IMT-2000). Європейські країни вивчають системи 3G під егідою Європейського Економічного Співтовариства. Їх система вважається універсальною системою мобільного зв'язку (UMTS) і переслідує ті ж цілі, що і IMT-2000, а саме використання загальних глобальних частот для всіх мобільних

мереж, глобальний роумінг, стандартизація інтерфейсів, висока швидкість передачі даних для обох схем і пакетів даних, ефективні схеми перетворення частот.

Фундаментальним новим кроком у розвитку мобільних мобільних систем стала концепція інтелектуальних комунікаційних мереж і відкритих системних моделей (OSI), визнана міжнародною організацією стандартів (ISO). Концепція створення інтелектуальної мережі сьогодні використовується для створення всіх перспективних цифрових мобільних мереж з мікро- і макросистемами. Він передбачає поєднання мобільних систем стільникового зв'язку, систем радіозв'язку та особистого зв'язку в умовах оперативного забезпечення каналів зв'язку для абонентів і розвитку послуг. Моделі OSI інтерпретують процес комунікації як взаємодію функціональних, взаємопов'язаних рівнів, кожен з яких має вбудований інтерфейс на сусідньому рівні.

Четверте покоління мобільного зв'язку з підвищеними вимогами – 4G. До четвертого покоління прийнято відносити перспективні технології, що дозволяють здійснювати передачу даних зі швидкістю, що перевищує 100 Мбіт/с – рухомим (з високою мобільністю) і 1 Гбіт/с – стаціонарним абонентам (з низькою мобільністю) [20].

П'яте покоління мобільних мереж або п'яте покоління бездротових систем. Назва, яку використовують у деяких наукових працях та проєктах для позначення наступних телекомунікаційних стандартів для мобільних мереж після стандартів 4G

## **1.2. Поняття системи рухомого мобільного зв'язку та визначення груп абонентів**

Стільниковий зв'язок є основним засобом забезпечення обміну телефонами, даними і документами в нових районах, а також забезпечення зв'язку абонентів у важкодоступних районах і в зв'язку з рухомими абонентами. Однак навіть на законодавчому рівні немає визначення системи мобільного

зв'язку, немає такого поняття, як стандарти системи мобільного зв'язку, невичерпне поняття роумінгу, тобто законодавство в цій сфері стає фікцією, а не засобом регулювання [14, с. 200].

Основною перевагою стільникової системи є якісний зв'язок великої кількості абонентів в умовах обмеженої кількості частотних каналів. У центрі зони знаходиться центральна станція, підключена до громадської телефонної мережі і всіх базових станцій в зоні обслуговування по кабельних, оптико-волоконних або бездротових лініях. Абоненти через свої системи можуть встановити зв'язок між собою і пройти через центр управління кожного абонента телефонної мережі. Стільники частково перекриваються, утворюючи разом мережу.

Складовими стільникової мережі є стаціонарні та радіосекції, зазвичай таку мережу називають LMN – громадською наземною мобільною мережею. Її складові наводимо рис. 1.1.

Сучасний науково-технічний розвиток в телекомунікаційному секторі стає все активнішим з кожним днем. Якщо півстоліття тому передача інформації на відстань дозволяла використовувати пошту, телеграф, телефонні лінії, то сьогодні всі ці традиційні засоби передачі інформації поступаються місцем новітнім інноваційним технічним засобам зв'язку. Серед яких чільне місце займає мобільний зв'язок. Сучасній людині важко уявити себе без використання мобільних сервісів основні переваги яких ховаються за мобільністю, простотою у використанні, швидкістю спілкування, відносною дешевизною, вмінням передавати письмову (SMS) і графічну (MMS) інформацію, наявністю додаткових функцій — пам'яті, записника, будильника, годинника, калькулятора, ігор, музики і багатьох інших зручностей. Статистичні дані свідчать, що кожен третій українець сьогодні володіє мобільним телефоном, а у кожної сьомої дитини віком до 10 років є власний або часто батьківський телефон. Основою установки мобільного зв'язку є передача інформації по електромагнітних хвилях, що використовують складні пристрої – ретрансляційні вежі.

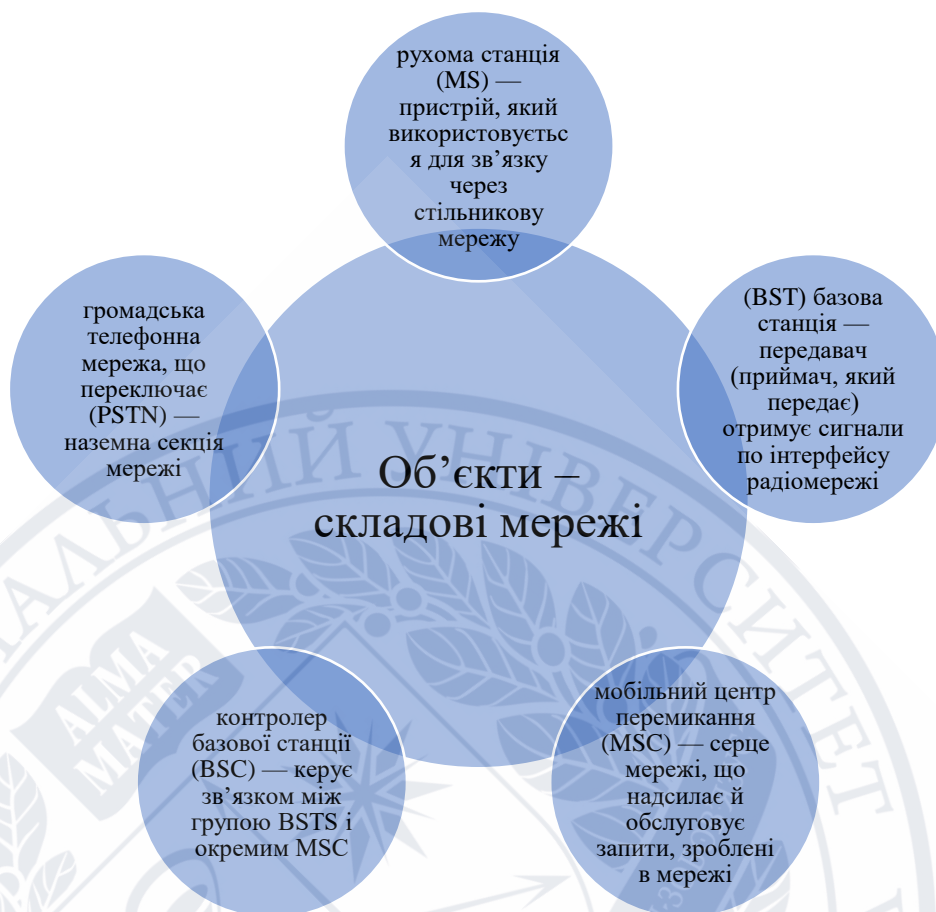


Рис. 1.1. Об'єкти – складові мережі

Мобільний телефонний зв'язок — одна з найуспішніших галузей радіозв'язку, яка успішно розвивається. Все більше і більше людей використовують мобільні телефони як звичайний і необхідний засіб зв'язку, тому що ці технології дозволяють учасникам залишатися на зв'язку під час водіння, вдома, на роботі, в транспорті, в роумінгу [14, с. 197-206].

Послуги рухомого (мобільного) зв'язку для потреб населення тривалий час закупаються у компаній, які надають їх за державні кошти, відповідно до договору між сторонами. Відповідно до угоди, послуги рухомого мобільного зв'язку, які надаються мають відповідати вимогам щодо забезпечення:

- постійної взаємодії між структурними підрозділами;
- ефективного виконання важливих завдань;
- безперебійного обміну інформацією;
- високого рівня якості обслуговування абонентів;

- раціонального та ефективного використання бюджетних коштів;
- надійності мережі зв'язку.

Також змістом договору визначаються послуги, які надаються з боку компанії, що забезпечує безперебійний мобільний зв'язок у цілодобовому режимі, з подальшим їх використанням задля задоволення потреб у забезпеченні чіткої та безперебійної передачі інформації.

Топологія стільникової мережі є результатом обмеженого радіочастотного спектру. Щоб ефективно використовувати радіоспектр, одні і ті ж частоти використовуються повторно в несумісних осередках. Географічна область ділиться на осередки. Кожна комірка має базову станцію, яка передає дані по радіозв'язку мобільної станції всередині неї. Група базових станцій підключена до контролера базової станції. Група управління, у свою чергу, підключена до мобільного комутаційного центру через мікрохвильові з'єднання або телефонні лінії. MSC підключається до загальнодоступної телефонної мережі, яка перемикає запити на інші мобільні станції або наземні розділи.

За формою організації системи зв'язку діляться на наземні і космічні. За змістовною ознакою – мовні, відео та передачі даних. Основними типами наземних мобільних радіосистем є бездротова телефонія, транкінговий зв'язок (особистий виклик), стільниковий зв'язок і різні платформи бездротового доступу до локальних і глобальних мереж. До супутникових радіосистем відносяться системи персональної телефонії і глобальні системи персонального радіозв'язку (пейджингові системи – від англ. пейджинговий виклик). Такі системи були побудовані з самого початку їх застосування на основі мовних систем.

Транкінгові системи – системи наземного стільникового зв'язку, що забезпечують автоматичний розподіл каналів зв'язку (базових станцій – БС) між двома людьми. Під терміном «транкінг» розуміється метод доступу абонентів до загального виділеного пучка каналів, при якому вільний канал виділяється абоненту на час сеансу зв'язку. До них відносяться наземна інфраструктура (стаціонарне обладнання) і станції-учасники. Основним елементом наземної

інфраструктури мережі стільникового зв'язку є базова станція (BS), яка складається із декількох ретрансляторів з відповідного антенного обладнання і контроллера, який керує роботою мережі, комутує канали ретрансляторів, забезпечує вихід на телефонну мережу загального користування (TFTP). Сучасні системи транкінгу зазвичай пропонують різні типи викликів (групові, одиночні, широкомовні), дозволяють здійснювати пріоритетні дзвінки, забезпечують можливість передачі даних і прямого зв'язку між абонентськими станціями (без використання BS-каналу) [21, с. 155-157].

Стільникова телефонія є наступним і, можливо, найяскравішим прикладом рухомих систем зв'язку, які забезпечують двонаправлене бездротове з'єднання з рухомою станцією (MS). За останні три десятиліття системи мобільного стільникового зв'язку (SRH) швидко розвивалися і вдосконалювалися. Так, якщо системи CPC першого покоління були аналоговими, то в цифрових системах, які були розроблені пізніше використовувалися методи багатостаніонарного доступу TDMA і CDMA.

Даючи характеристику системам стільникової телефонії, зазначимо, що для них характерні свої, особливі риси (рис. 1.2).

#### Риси систем стільникової телефонії:

- низька швидкість потоку цифрових даних, що представляють мовний сигнал користувача, обумовлену складними алгоритмами кодування мови;
- швидкість потоку даних не перевищує кбіт/с, що дозволяє збільшити ємність системи за рахунок певного погіршення якості мовного сигналу
- відносно невелика (порядку 200 мс) затримка передачі даних в обох напрямках, обумовлену алгоритмами кодування і декодування мови і складною системою детектування цифрового сигналу
- дуплексну передачу даних з частотним поділом (FDD)
- контроль потужності рухомої станції, що гарантує незмінна якість зв'язку, що не залежить від відстані між рухомою і базовою станціями

Рис. 1.2. Риси систем стільникової телефонії

За останнє десятиліття були розроблені мобільні системи третього покоління. При цьому для нових систем пропонувалася велика пропускна здатність і кілька типів трафіку. Швидкість передачі становить не менше 384 Кбіт/с і може досягати 2 Мбіт/с, що дозволяє передавати відеодані. Системи бездротового доступу до локальних комп'ютерних мереж (ЛОМ). Бездротові технології були застосовані для реалізації бездротового доступу до комп'ютерних мереж. Умови експлуатації та завдання таких систем, званих Wi – Fi (Wireless Local Area Networks – бездротова ЛОМ). Бездротова ЛОМ використовує кілька частотних смуг. Деякі системи працюють в діапазоні ISM (Industrial, Scientific and Medical-Industrial, Scientific, Medical), інші використовують спектр в діапазоні 5 ГГц [19].

Міжнародний телекомунікаційний союз і Альянс 4G визначають 4G як майбутнє бездротових телекомунікаційних технологій, що забезпечують швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с в стаціонарному використанні і до 100 Мбіт/с в обміні даними з мобільними пристроями доступу зі швидкістю до 60 км/ч. це в 50 разів швидше, ніж мережі WCDMA для мобільних приймачів, і в 10 разів швидше, ніж дротове широкосмугове підключення до Інтернету для стаціонарних приймачів. Мережі 4G також засновані на IP, що дає більшу ефективність. Технологія 4G дозволяє абонентам дивитися багатоканальне телебачення високої чіткості і управляти пристроями за допомогою мобільного пристрою, здійснювати дешеві міжміські дзвінки. Мережі 4G дозволяють завантажувати на мобільні телефони принципово нові додатки, в тому числі HDTV, Розважальне телебачення та онлайн-ігри з великою кількістю учасників (мультиплеер), і дозволять за кілька секунд завантажити велику кількість інформації.

Оскільки тема дослідження стосується абонентів, перш за все формулюємо поняття «абонент – споживач телекомунікаційних послуг, який отримує телекомунікаційні послуги на умовах договору, котрий передбачає підключення кінцевого обладнання, що перебуває в його власності або користуванні, до телекомунікаційної мережі», яке описане у п. 1. Ст. 1 ЗУ «Про телекомунікації»

[7]. В свою чергу, абоненти формують групи абонентів, до яких віднесено Абонентів-отримувачів послуг. Для кожної групи абонента характерний свій склад і структура. Сукупність груп утворює базу абонентів, яка виокремлюється оператором для їх обліку.

### **1.3. Нормативно-правове забезпечення системи мобільного зв'язку**

Основні права та обов'язки споживачів і операторів мобільного зв'язку визначаються таким набором законів та нормативних актів, як:

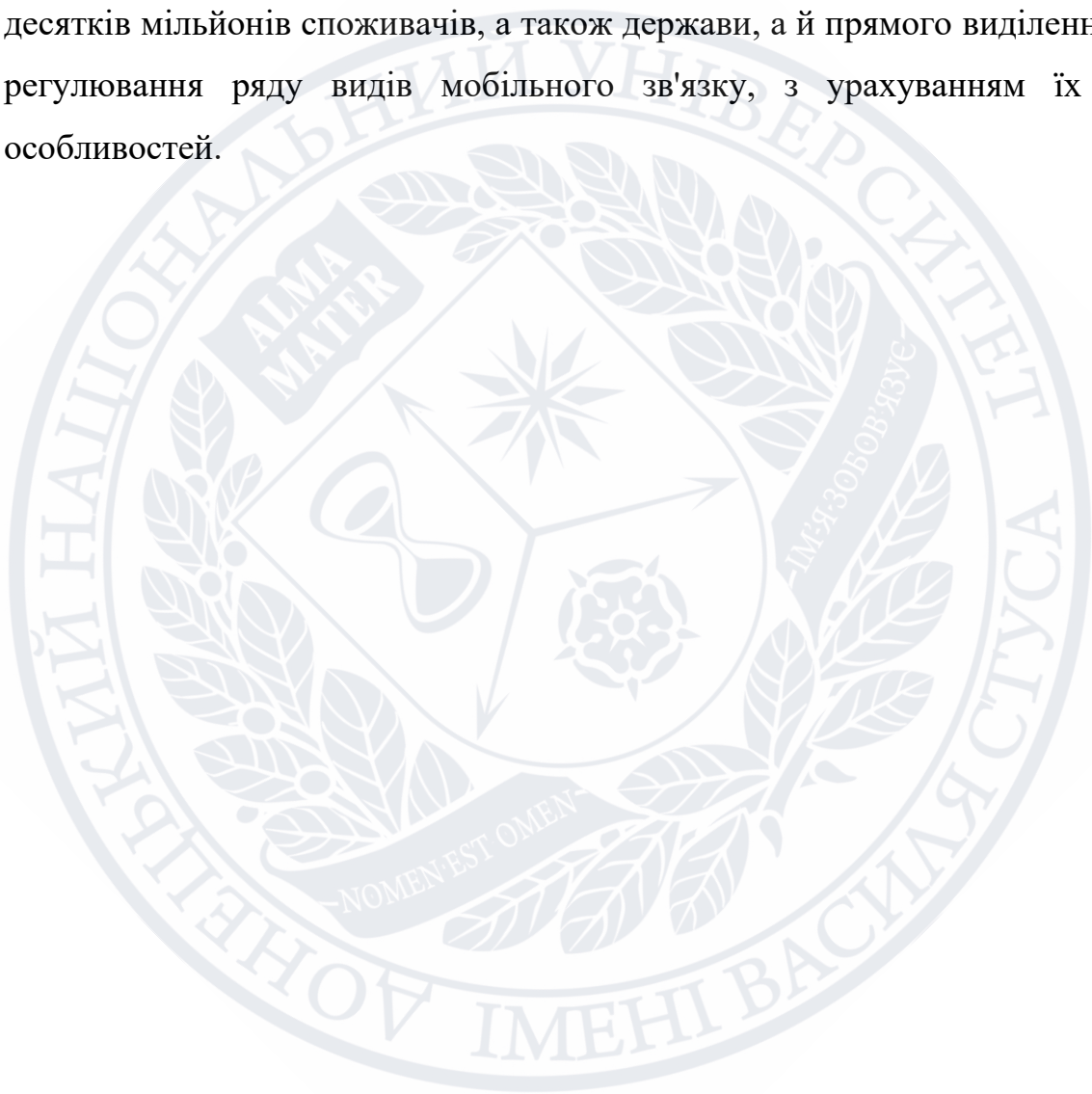
1. Закон ВР України від 18.11.2003, № 1280-IV «Про телекомунікації» [7].
2. Постанова КМ України від 11 квітня 2012 р. N 295 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг» [16].
3. Закон ВР УРСР від 12.05.1991, № 1023-XII «Про захист прав споживачів» [6].

Відповідний інтенсивний технічний розвиток мобільного зв'язку та господарські зв'язки, що виникають у цій сфері, не отримали відповідного рівня – тобто законодавчого забезпечення. Так, основний закон у вітчизняній телекомунікаційній сфері «Про телекомунікації» [7] був прийнятий порівняно недавно – в 2003 році, і слід зазначити, що за цей час в нього було внесено більше двадцяти доповнень, але більша частина телекомунікаційної сфери залишається поза увагою закону, і в першу чергу це стосується мобільного зв'язку. Законодавець обмежився лише визначенням стільникового зв'язку в Ст. 1 цього закону, в якому розміщений його основний концептуальний апарат [7]. Відповідно до нього стільниковий зв'язок пов'язаний з використанням радіотехнологій, в той час як остаточне обладнання хоча б одного зі споживачів може вільно переміщатися по всіх точках телекомунікаційної мережі, зберігаючи єдиний унікальний ідентифікаційний номер мобільної станції. Це означає, що основна увага у межах даного закону надається технічній складовій телекомунікаційних правовідносин, хоча їх зміст та динаміка, залишаються поза увагою законодавця.

Адже в юридичному сенсі мобільний зв'язок визначається у якості типу телекомунікацій, при якому голосова, текстова і графічна інформація здатна передаватись на бездротові абонентські термінали, які не прив'язані до певного місця або території. Тому специфіку технічних видів і підвидів телекомунікацій в контексті визначення мобільного зв'язку не розкривається, а це унеможливорює законодавчу регламентацію застосування санкцій щодо надання недоброякісних послуг, тощо.

В межах підзаконного регулювання, визначення мобільного зв'язку здійснюється на основі постанови КМУ від 9 серпня 2005 р. № 720 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг» 17[. Саме у ній, у п. 3, в якому наводиться перелік основних термінів, які вживаються у даній галузі найчастіше, використовуються аналогічні визначення, як і в Законі України «Про телекомунікації» [7]. У межах 4 розділу вказаної вище постанови, перелічено назви послуг (та розділено їх за видами), які стосуються окремих питань мобільного зв'язку. Тим не менш правовий зміст відповідних відносин взагалі не розкрито. З огляду на це, можемо констатувати факт того, що відсутність опису правових аспектів призводить до нездатності держави регулювати, зокрема, такий важливий показник, як якість надання кожного з видів послуг мобільного зв'язку. Саме це підштовхує до думки, що існуюча нормативно-правова система мобільного зв'язку є недосконалою та недієвою. Це підтверджується і відсутністю регулюванні у сучасному законодавстві ні системи стільникового зв'язку, ні порядку її функціонування, ні її деяких важливих властивостей, до переліку яких потрапляють і стандарти стільникового зв'язку, і відносини щодо національного роумінгу. В результаті цих прогалин у мобільному законодавстві, формується низький рівень якості мобільних послуг, який супроводжується також і відсутністю достатнього рівня державного контролю в межах цієї системи, що в кінцевому результаті викликає зловживання диспозитивністю правового регулювання договірних відносин з боку компаній операторів, які функціонують у цій сфері.

Ці прогалини правового регулювання зазначених телекомунікаційних послуг вимагають від законодавця чіткого визначення кожного виду та розкриття змісту їх функціонування. Однак ефективність правового регулювання відносин у сфері мобільного зв'язку вимагає не тільки їх регулювання на рівні окремого закону, враховуючи важливість відповідних суспільних відносин, що відповідають інтересам господарюючих суб'єктів, десятків мільйонів споживачів, а також держави, а й прямого виділення як виду регулювання ряду видів мобільного зв'язку, з урахуванням їх істотних особливостей.



## РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОШУКУ СТІЙКИХ ГРУП АБОНЕНТІВ СИСТЕМ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ

### **2.1. Стійкі групи абонентів систем мобільного зв'язку, як об'єкт дослідження**

В даний час все більшої актуальності набуває завдання прогнозування поведінки окремих груп громадян при проведенні масових заходів. Рішення даного завдання оперативними методами вкрай утруднено, що обумовлює необхідність розробки технічних методів її вирішення. Традиційним методом вирішення даного завдання є аналіз телефонних розмов абонентів, що знаходяться в зоні проведення масового заходу. Застосовність даного методу істотно знижується при масовому використанні абонентами інтернет-месенджерів в якості заміни звичайного голосового зв'язку, що надається оператором. Месенджери дозволяють користувачеві використовувати кінцеве шифрування (end-to-end encryption) переданої мови, що робить її розшифровку практично неможливою. В таких умовах особливо актуальним стає застосування методів аналізу службових команд, що передаються в каналах управління мережі зв'язку і доступних для аналізу [1, с. 897-900].

Абонент – фізична або юридична особа, яка уклала договір з оператором на надання послуг зв'язку і має право на користування абонементом.

За визначенням Л.Невдяєва – «група абонентів – це сукупність мобільних абонентів, що працюють на одній частоті і володіють загальними правами доступу до виділених ресурсів мережі» [12]. Це й же автор вносить формулювання що до рівноправних груп абонентів, даючи їм наступні визначення:

1. Група абонентів, кожен з яких має рівні права і привілеї.
2. Група вузлів зв'язку, що обслуговуються одним і тим же маршрутизатором.

Окрім цього формується визначення приєднаної групи (абонентів), які відносяться до додаткової групи (абонентів), яка підключається радіостанцією

магістрального (транкінгового) зв'язку (TETRA). Окрім цього Л. Суменко виокремлює і категорію осіб, які відносяться до розмовної групи абонентів, що працюють на одній частоті в системі транкінгового зв'язку.

На основі наведених визначень сформулюємо визначення стійкої групи абонентів – це група абонентів, яка зберігає свою структуру незалежно від плину часу, є менш гнучкою з огляду на особливості своєї трансформації, проте також може зазнавати видозмін.

## **2.2. Методи та методика дослідження даних щодо переміщення зареєстрованих абонентів мобільного зв'язку**

В даний час у зв'язку з широким розповсюдженням мобільних мереж зв'язку і зростанням різноманітності телекомунікаційних послуг велику увагу приділяють аналізу телекомунікаційного трафіку, зокрема, для оцінки і прогнозування поведінки абонентів [29 с. 70-76.], [28 с. 897-900] і планування мережевої інфраструктури [9, с. 12-16]. Важливим завданням аналізу трафіку є пошук стійких груп абонентів мереж мобільного зв'язку [29, с. 70-76], [27, с. 32-33]. Пошук стійких груп абонентів підрозділяється на кілька підзадач [29]. Першим етапом виконуєся збір достатнього обсягу мережевого трафіку з метою забезпечити надійну інтерпретацію результатів. Далі виконується обробка і складання бази даних оновлень місця розташування абонентів з прив'язкою до часу і номеру стільника [29]. Шляхом асоціативного аналізу [30] Бази даних подій оновлень місцеположення абонентів стає можливим визначити стійкі групи абонентів та оцінити властивості цих груп [29]. Для проведення асоціативного аналізу необхідно з інформації про місцезнаходження сформувати транзакційну базу даних [29], яка являє собою безлічі абонентських номерів, обраних з тимчасового вікна тривалістю  $dt$  і асоційованих з умовним ідентифікатором. В рамках теорії асоціативного аналізу [30] розглядаються так звані події, що представляються у вигляді чисел. Нехай є деяка кількість транзакцій  $t = \{ T_1, T_2 \dots T_n \}$ , де кожна транзакція  $T_i$  – деякий набір подій  $x_i = \{$

$x_1, x_2 \dots, x_3 \}$ , що відбулися у відрізку часу  $dt$ , де  $i = 1 \dots n$ ,  $m$  – Кількість подій у  $I$ -ій транзакції,  $n$  – кількість транзакцій. Загальне число різних подій у всіх розглянутих транзакціях дорівнює  $M$ . при пошуку стійких груп абонентів база транзакцій формується наступним чином [29]: створює ся масив подій, який являє собою адресу абонента, час і дату реєстрації, а також номер соти. Далі кожна подія реєстрації записує ся в тимчасовий масив транзакцій. У запропонованому і розвиненому в статтях [27], [29], [9, с. 12-16], [28, с. 897-900] методі визначення груп абонентів в основі ідеї лежить припущення про те, що в залежності від раз особистих факторів різниця в часі між зареєстрованими абонентами може варіюватися, отже, аналіз на фіксованому відрізку часу  $dt$  може виключити ті групи, для яких обраний інтервал є неоптимальним.

Складність виявлення стійких груп абонентів в умовах низької інтенсивності переміщень заключається в більш ймовірній ситуації їх відсутності, що вимагає більш об'ємних масивів даних для обробки [10, С. 2-16], [4, С. 135-138]. Оцінити інтенсивність переміщень абонентів можна за допомогою статистичного аналізу подій реєстрації [9, с. 12-16], що відбуваються протягом тривалого часу. Подібний аналіз дозволяє виявити пери оди високої і низької активності переміщень абонентів, стійкоповторювані на тривалому часовому інтервалі [28, с. 897-900]. Для аналізу розподілу подій реєстрації абонентів за часом був використаний запис чотирьох каналів протягом тижня. На рисунку 5 представлено розподіл подій оновлення місцезонашування за добу.

Аналіз часового розподілу подій реєстрації дозволяє сформувати раціональний розпис реєстрації цих подій, що сприяє економії ресурсів радіоприймальної системи та пристроїв зберігання даних [13, с. 34–39], [26], [8, С. 157-159]

У цій роботі був розроблений наступний план пошуку стійких груп абонентів (рис. 2.1):

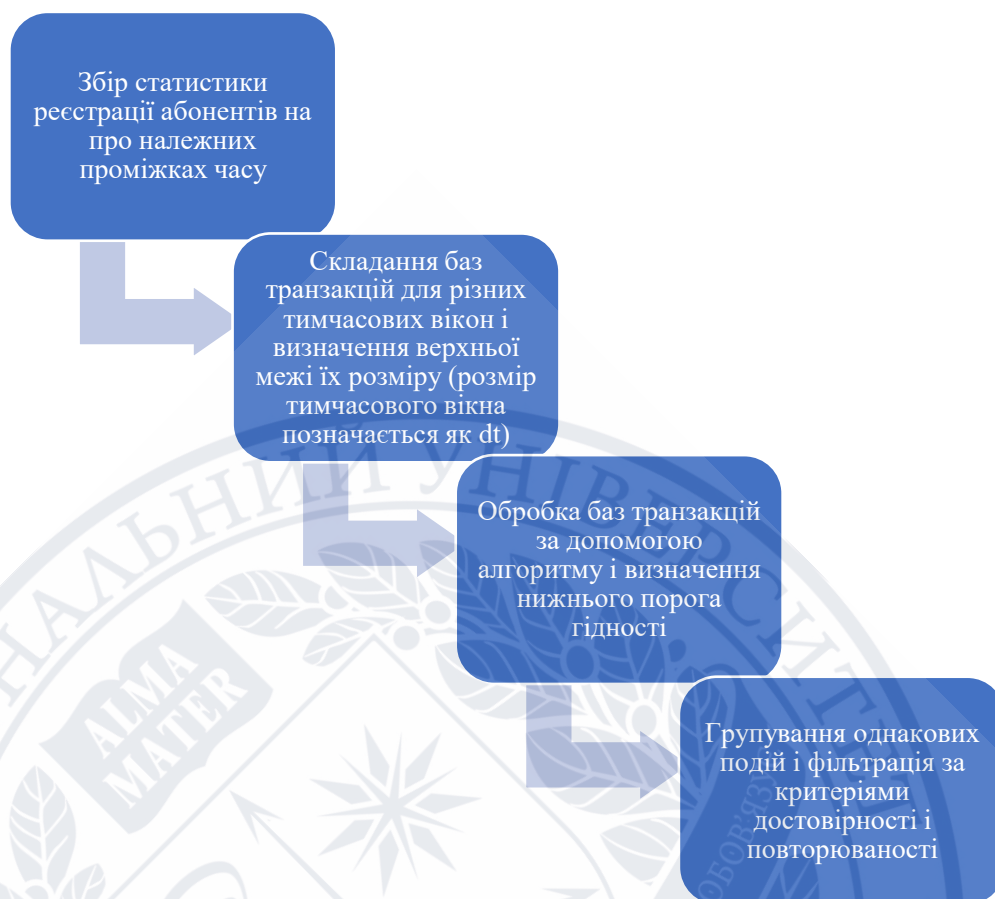


Рис. 2.1. Поетапність пошуку стійких груп абонентів

Суть пропонованого методу полягає в тому, що б емпірично встановити межі тимчасових вікон і сформулювати критерії для надійного визначення стійких груп абонентів. Так як момент реєстрації переходу абонентів з однієї стільниці в іншу залежить від різних факторів (конкретна система зв'язку, чутливість мобільних терміналів, умови поширення радіохвиль і т. д.), отже,  $dt$  також буде різним. У цьому аспекті полягає недолік аналізу для одного тимчасового інтервалу, так як при неоптимальному розмірі тимчасового вікна достовірність знижується. При обробці бази реєстрацій абонентів має значення компроміс між відсіканням по порогу достовірності і обсягом обчислень, вироблених на етапі складання асоціативних правил. Для пошуку груп абонентів обраний часовий інтервал 90 секунд з кроком розміру тимчасового вікна  $\Delta dt = 10$  секунд.

Наступним етапом проводиться відсікання по повторюваності з порогом рівним 3. Цей критерій сформульований через те, що статистика реєстрації

абонентів ведеться на тривалих проміжках часу, отже, з'являється необхідність виключення випадкових і рідко зустрічаються груп. У таблиці 1 і на малюнку 8 представлений остаточний результат пошуку стійких груп. З результатів видно, що різним групам абонентів відповідають різні часові вікна, при яких достовірність досягає максимального значення, що підтверджує тезу про нестачу асоціативного аналізу з одним часовим інтервалом. Також зі збільшенням  $dt$  для всіх груп монотонно зростає повторюваність, що в сукупності з високим порогом достовірності свідчить про їх стійкості.

Таблиця 2.1

## Результати пошуку стійких груп абонентів

| № | Група                      | Правдивість (точність), % | Повторюваність | Часове вікно, с |
|---|----------------------------|---------------------------|----------------|-----------------|
| 1 | 920-3-54-834, 920-3-54-843 | 50.0                      | 2              | 10              |
|   |                            | 85.71                     | 6              | 20              |
|   |                            | 87.5                      | 7              | 30              |
|   |                            | 72.73                     | 8              | 40              |
|   |                            | 72.73                     | 8              | 50              |
|   |                            | 81.82                     | 9              | 60              |
|   |                            | 66.67                     | 10             | 70              |
|   |                            | 55.56                     | 10             | 80              |
|   |                            | 56.0                      | 14             | 90              |
| 2 | 920-3-54-817, 920-3-54-831 | 71.43                     | 2              | 10              |
|   |                            | 77.78                     | 2              | 20              |
|   |                            | 77.78                     | 2              | 30              |
|   |                            | 87.5                      | 2              | 40              |
|   |                            | 76.92                     | 2              | 50              |
|   |                            | 84.62                     | 2              | 60              |
|   |                            | 71.43                     | 2              | 70              |
|   |                            | 76.92                     | 3              | 80              |
|   |                            | 85.71                     | 4              | 90              |
| 3 | 009-9-11-219, 009-9-11-248 | 100                       | 2              | 10              |
|   |                            | 100                       | 2              | 20              |
|   |                            | 100                       | 2              | 30              |

Продовження таблиці 2.1.

|   |                            |       |   |    |
|---|----------------------------|-------|---|----|
|   |                            | 100   | 2 | 40 |
|   |                            | 100   | 2 | 50 |
|   |                            | 100   | 2 | 60 |
|   |                            | 100   | 2 | 70 |
|   |                            | 100   | 3 | 80 |
|   |                            | 100   | 4 | 90 |
|   |                            |       |   |    |
| 4 | 009-9-11-219, 009-9-11-248 | 66.67 | 2 | 20 |
|   |                            | 66.67 | 2 | 30 |
|   |                            | 60.0  | 3 | 40 |
|   |                            | 50.0  | 3 | 50 |
|   |                            | 80.0  | 4 | 60 |
|   |                            | 83.33 | 5 | 70 |
|   |                            | 83.33 | 5 | 80 |
|   |                            | 66.67 | 5 | 90 |
|   |                            |       |   |    |
| 5 | 920-3-42-562, 920-3-42-655 | 100.0 | 2 | 30 |
|   |                            | 66.67 | 2 | 40 |
|   |                            | 100.0 | 2 | 50 |
|   |                            | 80.0  | 4 | 60 |
|   |                            | 80.0  | 4 | 70 |
|   |                            | 80.0  | 4 | 80 |
|   |                            | 100.0 | 4 | 90 |

За підсумками дослідження алгоритмів асоціативного аналізу був запропонований метод часових вікон для визначення стійких груп абонентів. Складність проблеми показує необхідність комплексного розгляду різних метрик і обмежень, таких як вибір максимального тимчасового вікна, визначення порогів достовірності і повторюваності, а також компромісу між знаходженням асоціативних правил і обсягом обчислень, необхідних для їх отримання.

Враховуючи необхідність аналізу завантаження мереж стільникового зв'язку, що полягає у визначенні стійких груп абонентів, що здійснюють спільні переміщення по місту здійснюємо розробку прогнозованого сценарію щодо вирішення цієї задачі на основі методу пошуку асоціативних правил.

Значення цього підходу полягає в тому, що для встановлення аналогії з пошуком асоціативних правил складається таблиця транзакцій, для чого використовується інформація про реєстрацію абонентів у різних (географічно рознесених) базових станціях мережі. В якості аналізу подій використовуються події реєстрації абонентів мережі з унікальними номерами. Відповідно, транзакція в даному випадку являє собою набір подій реєстрації абонентів з різними номерами, що відбулися одночасно (в межах заданого тимчасового інтервалу), і може бути записана у вигляді (Абонент N, Абонент K,... Абонент M). Вибір зазначеного часового інтервалу визначається особливостями аналізованої системи зв'язку.

В результаті аналізу різних алгоритмів пошуку асоціативних правил було встановлено, що використання алгоритму *apriori* дозволяє визначати склад і засвоюваність груп абонентів. Тим не менш, алгоритм *apriori* має істотний недолік, пов'язаний з особливостями генерації кандидатів на роль стійких груп абонентів.

При пошуку асоціативних правил за допомогою алгоритму *apriori* кількість правил кандидатів може бути дуже великою. Одним з методів скорочення кількості кандидатів є побудова дерева транзакцій (FPtree). Цей метод дозволяє знаходити набори часто повторюваних даних, проте він має ряд недоліків, таких як ігнорування значення достовірності набору, відсутність інтуїтивно зрозумілого логічного зв'язку між елементами в наборах. Це призводить до того, що велика кількість правил, що генеруються на основі цих наборів даних, відкидається на стадії перевірки. Такий недолік може бути усунений в результаті застосування алгоритмів на базі концепції сильних наборів даних, яка дозволяє вирішити проблему генерації великої кількості неефективних правил.

Розглянемо поняття «сильні набори даних». Нехай  $X$  – непорожня підмножина елементів загальної множини елементів  $A$ :

$$X \neq \emptyset, X \subset A.$$

Позначимо  $L$ , як непорожній набір даних, що формує ліву частину асоціативного правила, і  $R$ , як непорожній набір даних, що формує праву частину правила:

$$L \Rightarrow R, L \neq \emptyset, R \neq \emptyset, L \cap R = \emptyset.$$

$L=X$   $R=Y$ ,  $\sigma \geq 0$ ,  $\tau \leq 100$ , де  $\sigma$ ,  $\tau$  відповідно задані мінімальні порогові значення підтримки і достовірності. Тоді асоціативне правило  $X \Rightarrow Y$  називається допустимим для заданих значень  $\sigma$  і  $\tau$ , якщо виконуються такі умови:

$$\begin{aligned} &Support(X) \geq \sigma, \\ &Support(X \cup Y) \geq \sigma, \\ &\frac{Support(X \cup Y)}{Support(X)} \geq \tau \end{aligned}$$

Тут під підтримкою набору даних розуміється наступна величина:

$$Support(X) = \frac{N(X)}{n},$$

де  $N(X)$  — кількість транзакцій, в яких зустрічається даний набір  $X$ ,  $n$  — число елементарних подій.

Достовірністю набору  $X$  називається величина:

$$Confidence(X) = \frac{N(X)}{N(x_j)},$$

де  $N(x_j)$  — кількість транзакцій, в яких зустрічається хоча б одна подія з набору  $X$ ;  $N(X)$  — кількість транзакцій, в яких одночасно зустрічаються всі збуття з набору  $X$ . Якщо будь-які набори даних  $X$  і множини утворюють допустимі асоціативні правила для заданих значень  $\sigma$  і  $\tau$ , то безліч  $A$  називається «сильним набором даних».

Наведемо простий приклад. Нехай  $A = \{a, b, c\}$  — множина, що складається з трьох елементів. Безліч всіх можливих варіантів поділу  $A$  на підмножини, які представляють собою шаблони асоціативних правил, складається з 12 елементів. Якщо всі правила, які утворюють дані набори, є допустимими, то множина  $A$  є сильною. Необхідна і достатня умова, при якому безліч є сильним, має наступне формулювання. Нехай є множина  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ,  $n > 2$ . Елементи  $a_1, a_2, \dots, a_n$  мають підтримку  $s_1, s_2, \dots, s_n$ , а множина  $A - S = \emptyset$ . Позначимо  $\sigma$  і  $\tau$  мінімальну

підтримку і мінімальну достовірність відповідно. Звідси  $A$  є сильною множиною, якщо виконуються умови:

$$mn > \sigma,$$

$$\frac{mn}{mx} \geq \phi,$$

де  $mn = \min \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$ ,  $mx = \max \{s_0, s_1, \dots, s_n\}$ . Метод пошуку асоціативних правил на основі сильних наборів правил [4] складається з двох етапів, що передбачають знаходження:

- непересічних сильних наборів даних;
- асоціативних даних.

Пошук непересічних сильних наборів даних основна ідея даного етапу полягає в знаходженні часто зустрічаються наборів даних, для яких здійснюється перевірка виконання умов (1) і (2). Якщо сильний (задовольняє умовам (1) і (2)) набір даних знайдений, він видаляється з оригінальної бази даних транзакцій, після чого процес пошуку повторюється для Алевиття бази. Нехай  $D$ -база даних, яка складається з  $n$  транзакцій, а  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  – безліч елементів, які часто зустрічаються в  $D$ . Тобто, для  $A$  виконуються умови:

$$Support(a_i) \geq y,$$

$$Confidence(a_j) \geq \phi,$$

$$\text{де } a_i \in A, i = 0 \dots |A|.$$

Очевидно, що сильні набори даних можуть складатися тільки з елементів множини  $A$ :

$$a_i \in s_j, a_i \notin s_k, j \neq k, a_i \in A.$$

Результатом роботи даної процедури є безліч сильних наборів даних  $S$ , які не перетинаються між собою, тобто.:

$$\forall (s_i \cap s_j) = \emptyset, i \neq j, s_i, s_j \in S,$$

$$Support(s_i) \geq y, Confidence(s_i) \geq \phi,$$

а також безліч елементів  $A'$ , які не увійшли в сильні набори даних:

$$A' = \{a_i \notin (\forall s_j \in S)\}.$$

Пошук асоціативних правил вхідними даними процедури є безліч непересічних сильних наборів даних  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  і безліч часто зустрічаються елементів  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ , які не входять ні в один сильний набір, тобто  $\forall i, j \Rightarrow a_i \notin s_j$ .

Результатом роботи алгоритму є безліч сильних наборів даних, які можуть містити спільні елементи, і асоціативні правила, утворені на основі даних наборів. В даному методі кандидати довжиною  $k$  генеруються в результаті об'єднання сильних наборів даних і часто зустрічаються елементів:

$$C_k = \left\{ \{u, v\} \mid (1 \leq i, j \leq k, u \in S_i, \wedge v \in S_j \wedge i \neq j) \vee (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq k, u \in a_i \wedge v \in S_j) \vee (1 \leq i, j \leq m, u \in a_i, \wedge v \in a_j \wedge i \neq j) \right\}$$

де  $m$  – кількість часто повторюваних елементів. Серед усіх кандидатів за допомогою (1) і (2) знаходять безліч сильних наборів  $L_k$ , яке об'єднують з безліччю  $S$ :  $S \cup L_k$ ,

$$A = A \setminus \{L_k\}$$

Цей процес повторюють для кандидатів більшої довжини до тих пір, поки за ключовим етапом процедури є підрахунок поліпшення для отриманих асоціативних правил. За рахунок описаної процедури генерації кандидатів даний алгоритм, порівняно з алгоритмом Apriori дозволяє значно скоротити ресурсоемність процесу пошуку стійких груп абонентів систем мобільного радіозв'язку. Дана обставина обумовлює раціональність використання даного алгоритму при великій частоті реєстрацій абонентів в сотах.

### **2.3. Функціональна модель передачі неперсоніфікованих абонентів мобільного зв'язку**

Одним з найважливіших результатів розвитку комунікаційних технологій можна вважати реальну появу інтегрованих голосових і даних з IP-каналами. Досить солідні оператори зв'язку, кажуть, що конвергенція IP-мереж дозволить їм значно розширити коло своїх потенційних клієнтів і допоможе компаніям заощадити витрати на зв'язок.

Загальна ідея, мабуть, може бути сформульована досить просто. На перших етапах розвитку будь-яких комунікаційних технологій основна боротьба йде за раціональне використання інформаційних каналів. Створюються спеціалізовані рішення, оптимізовані для отримання інформації того чи іншого роду. При цьому слід чітко розуміти, що з традиційної точки зору така єдина технологія часто використовується «не за прямим призначенням».

Стільникові мережі були спочатку побудовані з розрахунком голосової передачі. У мережах попередніх аналогових стандартів, таких як NMT-450 або AMPS, взагалі немає способу передачі даних по самій мережі.

На відміну від аналогових цифрових стандартів мобільного зв'язку D-AMPS, GSM (900 і 1800) і CDMA – спочатку були розроблені можливості для передачі даних через інфраструктуру самої мережі. Щоб переконатися, що абонент може передавати дані в цифровій мобільній мережі, встановлене обладнання повинно підтримувати цей режим. Це означає, що оператор повинен взяти на себе деякі додаткові витрати і встановити відповідне обладнання та програмне забезпечення.

Існує широко поширена думка, що передача даних в мобільних мережах – це свого роду екзотика. Якщо говорити строго про поточний стан даного сегмента ринку, то таке судження має під собою досить серйозну підставу.

По-перше, зараз не зовсім визначена ніша для таких послуг. Існують альтернативні рішення, які дозволяють виконувати ті ж завдання іншими засобами. Наприклад, офіс не оснащений можливістю підключення по дротовій мережі, може використовувати технології доступу до радіо для фіксованих абонентів (наприклад, Radio Ethernet).

По-друге, мобільні мережі досі пропонують дуже низькі швидкості передачі даних. Значення за замовчуванням - 9600 біт / с; в деяких випадках може бути досягнута швидкість 14 400 біт / с. Для передачі факсів і електронної пошти такі швидкості цілком підходять, але для доступу до Інтернету – ні. Низька швидкість передачі даних означає довгостроковий зв'язок і, отже, високі витрати на обслуговування.

По-третє, послуги передачі даних підключаються через мобільну мережу з високою вартістю для абонентів.

По-четверте, самі оператори поки не дуже зацікавлені в наданні послуг передачі даних абонентам.

Однак така ситуація не може тривати вічно. За словами виробників, дуже скоро з'являться нові технології (в рамках стандартів другого покоління, які забезпечать значне поліпшення швидкості передачі даних. Названі цифри в 64, 144 і 384 Кбіт / с, і підкреслюється, що значного збільшення вартості обладнання не відбудеться. Крім того, розробка технологій третього покоління, призначених для інтегрованої передачі мови і даних на мобільні пристрої з максимальною швидкістю передачі даних, яка досягнула 2 Мбіт / с, забезпечувала передачу мультимедійного трафіку, проте, сьогодні на порозі нової ери передачі даних уже стоїть четверте покоління мобільних даних – 4G.

Одними з ключових технологій для надання мобільного широкосмугового доступу до мобільної мережі є технологія 3GPP Long Term Evolution (LTE). Враховуючи той факт, що в мобільних мережах присутня можливість доставки потоків з різними вимогами до якості обслуговування: як потоків, що нечутливі до затримок (FTP, Web), так і потоків, що чутливі до затримок (VoLTE, відео-трафік). Таким чином, виникає необхідність забезпечити максимальну швидкість передачі даних при обслуговуванні потоків першого типу. Окрім цього, необхідно виконати окремі умови, у випадку обслуговування та передачі даних потоків другого типу, до прикладу (рис.2.2) :

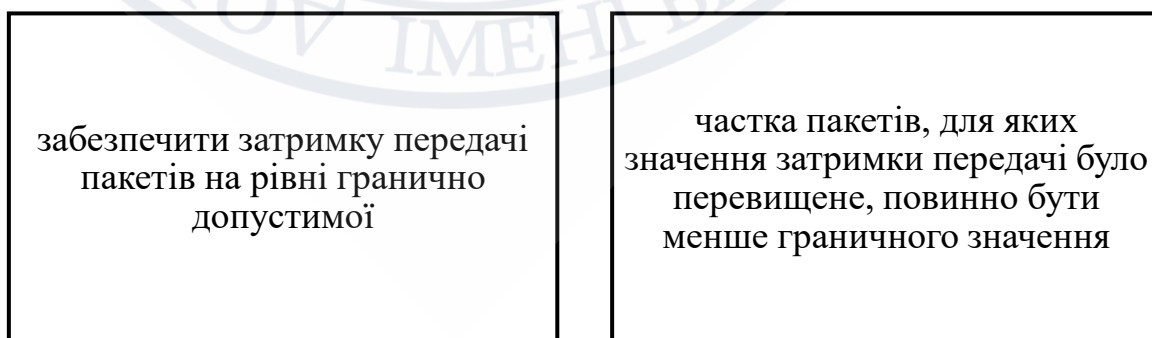


Рис.2.2. Можливі варіанти виконання умов щодо передачі даних потоків другого типу

Можливість дотримання заданих вимог до якості передачі даних в мережах істотно залежить від того, яким чином здійснюється планування передачі пакетів даних з використанням ресурсів радіоканалу. Алгоритм, що відповідає за планування радіоресурсів, називається планувальником. В джерелах наведена велика кількість планувальників, що призначені для обслуговування як потоків, що чутливі до затримок [34], так і потоків, нечутливих до затримок [31]. Планувальники пакетів розподіляють пакети даних між користувачами, реалізуючи потенційні можливості збільшення пропускної здатності і якості послуги за рахунок відслідковування коливань параметрів радіоканалів шляхом надання пріоритетного обслуговування для користувачів, радіоканали яких на короткому інтервалі часу мають кращі параметри і затримують обслуговування користувачів з гіршими умовами. Виграш в пропускній здатності (у середній сумарній швидкості передачі на сектор), який досягається при цьому, називають виграшем від багатокористувацького рознесення (Додаток А).

Вибір типу планувальника значно впливає на ефективність системи і показники якості. Наприклад, щоб максимізувати пропускну здатність сектора, очевидно, що використовується планувальник, в якому користувач вибирає максимальне відношення сигнал / (шум + завада) на вході приймача ( $\max \text{SNR}$  - maximum signal to noise ratio). Однак обслуговування користувачів з "поганим" станом каналу може бути призупинено до тих пір, поки співвідношення сигнал / (шум + шум) на вході приймача не збільшиться. Таким чином, такий механізм планування при наданні критично важливих послуг (наприклад, VoIP або відео) не може підтримувати суворі тимчасові відносини, оскільки вибір варіантів очікування для обслуговування користувачів і максимізація пропускної здатності сектора залежать один від одного. Неможливо отримати максимальну пропускну здатність, зберігаючи при цьому одні й ті ж значення затримки для всіх користувачів.

## РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ГРУП АБОНЕНТІВ У СИСТЕМАХ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ НА ПРИКЛАДІ VODAFONE м. ЛЬВІВ

### 3.1. Аналіз відкритих даних щодо людинопотоку

Офіційно Львів не є багатомільйонним містом, але, враховуючи жваве економічне і туристичне життя міста, він може стати ним в будь-який момент. Кожен день ми можемо бачити завантажені магістралі, що ведуть в місто, приміські автобуси і електрички, що перевозять сотні пасажирів щогодини, і ми самі вливаємося в ці потоки людей, пересуваючись пішки або по дорозі на роботу, додому або у своїх справах.

Останній раз (і вперше) централізований перепис населення незалежної України проводився 17 років тому, і відтоді дані про чисельність постійного населення Львова коригуються за розрахунками Головного управління статистики Львівської області. Ми спробували дати відповіді питання стосовно людинопотоку м. Львова, проаналізувавши безособові дані про пересування абонентів мобільної компанії Vodafone Україна.

В середньому протягом дня жителі Львова здійснюють трохи більше 2 мільйонів поїздок на різних видах транспорту в межах міста. Окрім них, ця сума доповнюється кількістю туристів (35,9 тис.). Аналіз даних від стільникового оператора дав можливість визначити обсяг людських потоків ще за двома значущими категоріями – жителями Львівської області, які щодня приїжджають до Львова, але не живуть в місті (так звана маятникова міграція), а також транзитними людьми (людьми, які не затримуються в місті надовго і в більшості випадків їздять по кільцевій дорозі).

Таким чином, зауважуємо, що  $\frac{3}{4}$  усього міського людського потоку створюють жителі Львова (76%). Потік транзитних перевезень становить 16%, 7% – обсяг маятничкової міграції і тільки 1% в цій структурі зайнято туристами (рис. 3.1).

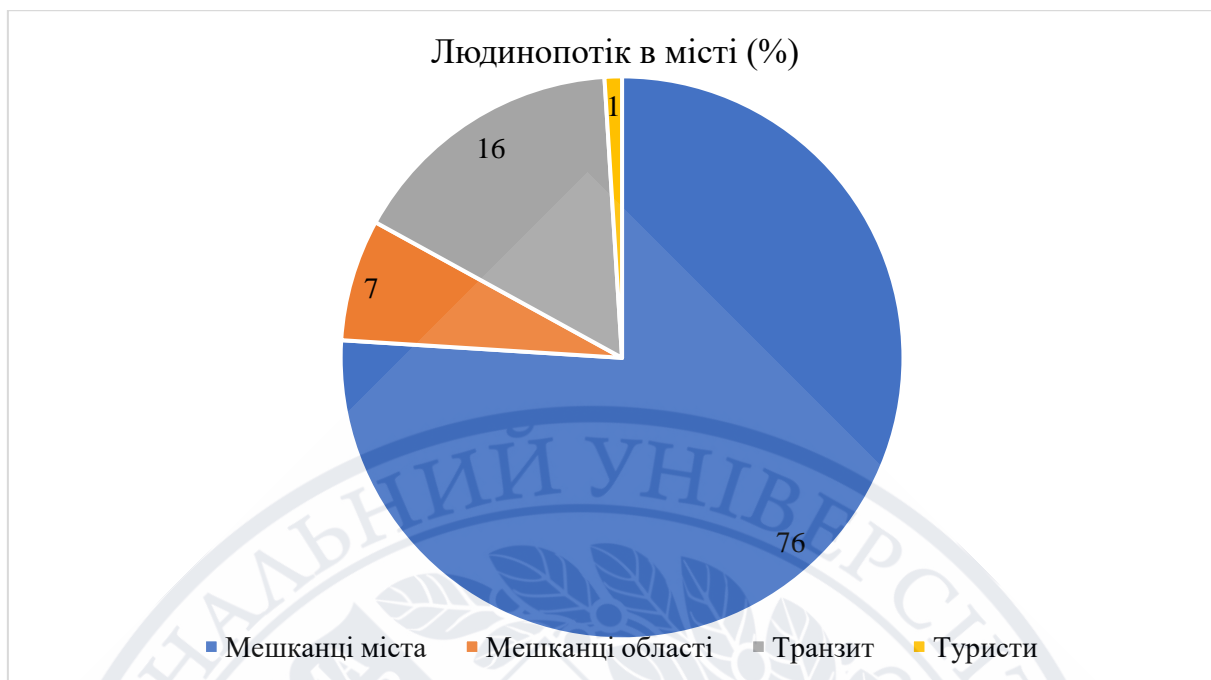


Рис. 3.1. Людинопотік в місті

У кількісному вимірі навантаження на місто, яке створюють потоки транзитного транспорту, в середньому становить 348 тис. і коливається від 181,8 тис. у вихідні дні до 413,8 тис. у будні дні (рис. 3.2). Імовірно, що частка жителів області, які щодня приїжджають до Львова, в загальній структурі людських потоків в місті невелика, але кожен з них створює додаткове навантаження на міську інфраструктуру, яка досі не була адекватно врахована. Кожній людині, що знаходиться в місті, потрібен якісний транспорт, якісна і безпечна дорожня інфраструктура, здатність задовольняти всі свої потреби в місті (економічні, соціальні, культурні і т.д.).



Рис. 3.2. Обсяг людинопотоку

На основі публічної статистичної інформації вдалось підрахувати, що в середньому протягом 1 дня до Львова приїжджають 152 тисячі осіб. У будні дні ця цифра збільшується до 180 тисяч, а у вихідні знижується до 79 тисяч осіб. Важливо відзначити, що в даному випадку мова йде не про унікальних людей, а про кількість поїздок, які вони здійснюють (якщо людина в'їжджала і виїжджала до Львова кілька разів протягом дня, це буде враховано кілька разів).

Зазначаємо, що найпопулярнішими точками в'їзду в місто є вокзали. Потік людей, зареєстрованих в цих пунктах, становить 46% від загального обсягу (сімдесят тисяч жителів). У цій категорії точок в'їзду в місто найбільше виділяється станція Підзамче: в середньому протягом дня тут реєструється 19,3 тис. чоловік; інтенсивний рух спостерігається в будній день з 9:00 до 18:00, у вихідні інтенсивність знижується, але незначно – опівдні вона досягає числа руху буднього дня. Структуру міської міграції абонентів мобільного зв'язку зображаємо на рис. 3.3.

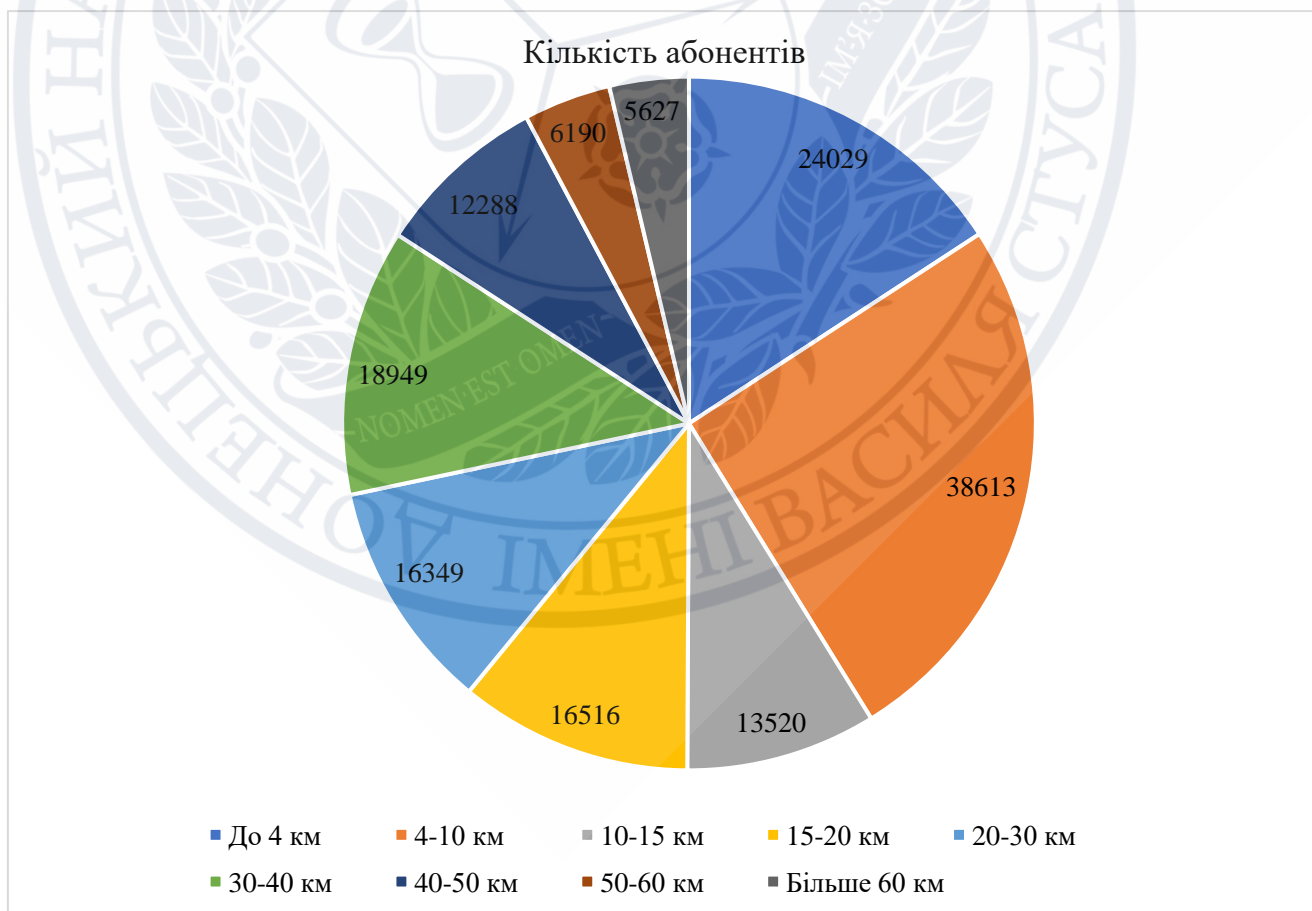


Рис.3.3. Структура міської міграції абонентів мобільного зв'язку

Розглянемо структуру маятникової міграції абонентів зв'язку з позиції населених пунктів, з яких більшість людей приїжджають до Львова. Як вже говорилося, для аналізу була обрана 50-кілометрова зона навколо Львова. Згідно з результатами аналізу, половина загального обсягу людського потоку абонентів створюється жителями, які проживають в 15-кілометровій зоні навколо Львова. В середньому це понад 76 тисяч жителів щодня. Зокрема, з населених пунктів, найближчих до Львова (до 4 км), в середньому приїжджає майже 24 тис. осіб, що становить 16% від загального обсягу. Наступну велику категорію складають жителі з населених пунктів у зоні 4-10 км від Львова: 25% від загального обсягу, або більше 38 тис. осіб. Наступна категорія – жителі населених пунктів, розташованих в зоні в 10-15 км від Львова. Решта 50% людського потоку складають жителі населених пунктів, розташованих в зоні більш ніж в 15 км від Львова (розподіл трафіку див. у додатку Б).

### **3.2. Аналіз обсягу приміської мобільності до м. Львів**

На зображенні додатку В показано кількість жителів, які приїжджають до Львова з кожного поселення, охопленого цим дослідженням. В якості точок в'їзду в місто було вибрано 37 точок, у тому числі 15 точок на автомобільному в'їзді в місто, 14 вокзалів і 8 зовнішніх транспортних (автобусних, приміських і основних вокзалів).

Відразу слід зазначити, що характер пункту в'їзду не дає нам підстав стверджувати про те, яким видом транспорту жителі області приїжджають до Львова. Навіть якщо точкою в'їзду в місто є вокзал – це в першу чергу точка, де вперше була зафіксована активність мобільного зв'язку абонента, а не точка, звідки абонент в'їхав в місто. Всі ці конкретні моменти слід сприймати скоріше як еталонні, які допомагають сегментувати людський потік і розуміти особливості в'їзду людей на територію міста. Колір точки на карті (Додаток В) означає, що вона відноситься до певної категорії (автомобільного, залізничного або транспортного об'єкту), а її розмір – середня кількість пасажирських потоків

протягом дня в кожній точці в'їзду. Графіки поруч з картою відображають детальний обсяг приміської мобільності для кожної точки в будні і вихідні дні з інтервалом в 30 хвилин. Таким чином, при виборі однієї або декількох точок на карті діаграми показують інтенсивність руху в цих точках (додаток В).

Трійку лідерів за інтенсивністю руху, крім приміської станції, складають також автовокзал №2 (вулиця Б.Хмельницького) та автовокзал №5 (вулиця Зелена). Так, на АУ-2 в середньому протягом доби зареєстровано 7,6 тис. осіб, а на АУ – 5-6,6 тис. 4 по вул. Шевченка – 1,4 тис. осіб протягом дня проходять через неї.

Кожен п'ятий житель області, який вирушає до Львова (20%), приїжджає в місто через автомобільні пункти – в середньому тридцять тисяч чоловік протягом дня. Найбільш інтенсивний рух зафіксовано в точці виїзду с. Малехова і с. Кам'яне - 4 тис. осіб. По вулиці Городоцькій до міста прибувають 3,8 тисячі осіб, 3,5 тисячі – по вулиці Стрийській, а ще 3,3 тисячі в'їжджають до міста Личаківської.

Цікаві ці точки в'їзду і з точки зору гетерогенної інтенсивності руху, зареєстрованої на них. Якщо розглядати їх в цілому, то пік підвищеного трафіку чітко виділяється опівночі, а потім о 7:30 – 9:00 по будні дні. Протягом дня інтенсивність руху трохи знижується і знову збільшується з 17:30 до 21:00. У вихідні в'їзди абонентів майже рівномірно завантажені в період з 9:30 до 20:00. Найменш завантаженим пунктом в'їзду в місто є Б. Вулиця Хмельницького (Північно-східна частина кільцевої дороги) [3].

В основі всіх розрахунків лежать деперсоналізовані дані про пересування мобільних клієнтів Vodafone України. Вони були обрані за такими властивостями:

- жителі Львівської області, чиї рідні регіональні населені пункти знаходяться в радіусі 50 км навколо Львова (120 населених пунктів);
- абоненти, які прибули до Львова через певні точки входу, перебували в місті більше 1,5 годин і залишали його протягом 24 годин;

- фіксація абонента в точці в'їзду (37 балів) проводилася за умови, що в цей час було виконано певну дію (дзвінок, SMS-повідомлення, використання мобільного інтернету);

- вибраний період для аналізу: вересень-листопад 2017 року, березень 2018 року на основі відкритих даних;

- докладні дані про обсяг трафіку для кожної точки доступу надаються протягом 1 тижня кожного обраного місяця з інтервалом в 30 хвилин.

Важливо, що в аналізі і загальних розрахунках враховуються не тільки дані абонентів стільникового оператора, а й так званий коефіцієнт проникнення компанії стільникового оператора на територію того чи іншого району Львівської області. Результати таких розрахунків дозволяють нам говорити про екстрапольовані дані по всій загальній загальній чисельності населення обраної частини Львівської області і досягати загальних висновків.

### **3.3. Результати аналізу неперсоніфікованих даних про переміщення абонентів мобільного зв'язку компанії Vodafone Україна з території Львівської області у м. Львів.**

Здійснивши характеристику неперсоніфікованих даних про переміщення абонентів мобільного зв'язку компанії Vodafone Україна з території Львівської області у м. Львів. Здійснюємо відображення узагальнених нами даних. Перед тим, як відобразити результати дослідження, зазначимо, що аналіз показників проводився з використанням таких індикаторів, як:

- ідентифікатор населеного пункту;
- район Львівської області;
- назва населеного пункту, звідки мобільні абоненти їдуть до Львова;
- зона розташування населеного пункту (розрахована відстань по автомобільних шляхах), координати точки в'їзду (широта);
- координати точки в'їзду (довгота);

– середня кількість людей, які приїжджають з певного населеного пункту,

для яких у статистичних збірниках використовувалось англомовне позначення – ID\_homecity, home\_district, homecity, homecity\_zone, homecity\_latitude, homecity\_longitude, amount відповідно.

Завдяки наявності цих даних ми отримали можливість здійснити аналіз та сформулювати на його основі картину відображення динаміки людинопотоку абонентів мобільного зв'язку, завантаженості ліній, передачі даних. Для досягнення поставлених завдань нами було використано перелік населених пунктів Львівської області, що знаходяться в 50-км зоні навколо Львова, звідки мешканці приїжджають до Львова, зазначаємо їх географічні координати, а також середню кількість мешканців, які приїжджають до Львова з цих населених пунктів із джерела [15].

Здійснюючи аналіз специфіки переміщення населення з населених пунктів області з точки зору різних точок в'їзду в місто, зазначаємо, що дослідження за відкритими статистичними даними проводилось на основі аналізу результатів 2693 ідентифікаторів населених пунктів Львівської області та охоплювало 117 066 осіб користувачів мобільного зв'язку [25].

За даними щодо середньої кількості мешканців в будні та вихідні дні, які здійснюють поїздки в місто через різні точки в'їзду в місто 260 188. З огляду на отримані дані, найбільша кількість осіб, які приїжджають у місто спостерігається із трьох таких основних станцій: ст. Підзамче – 29696 осіб, Приміський вокзал – 17390 осіб, Автостанція №2 (вул. Б. Хмельницького) – 11385 осіб [22].

Оберемо із джерела [24] ТОП-10 позицій із найбільшою кількістю абонентів, які приїжджають у місто (рис. 3.4).

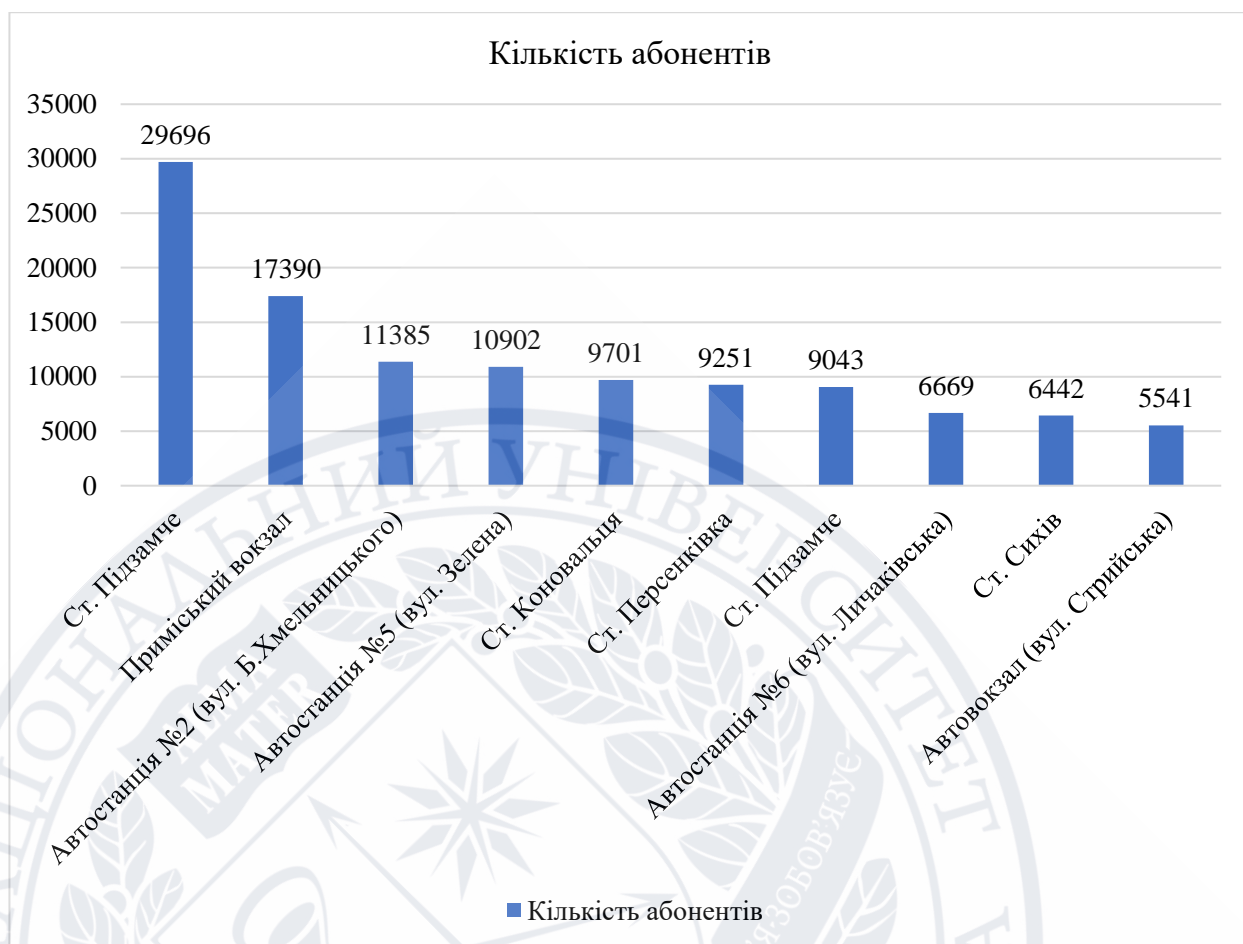


Рис. 3.4. Кількісне відображення динаміки руху груп абонентів, які приїжджають у м. Львів

Специфіка денного трафіку (в будні та вихідні) людинопотоків в місто в розрізі 30-хв часових інтервалі, а також точок в'їзду в місто. Зазначаємо, що вибірка даних за відкритими статистичними даними включала 3552 позиції [24].

Зауважуємо, що найбільша частка від середньої кількості людей, які проїжджають через цю точку у визначений часовий інтервал (30 хв), складала за такими станціями (рис. 3.5):

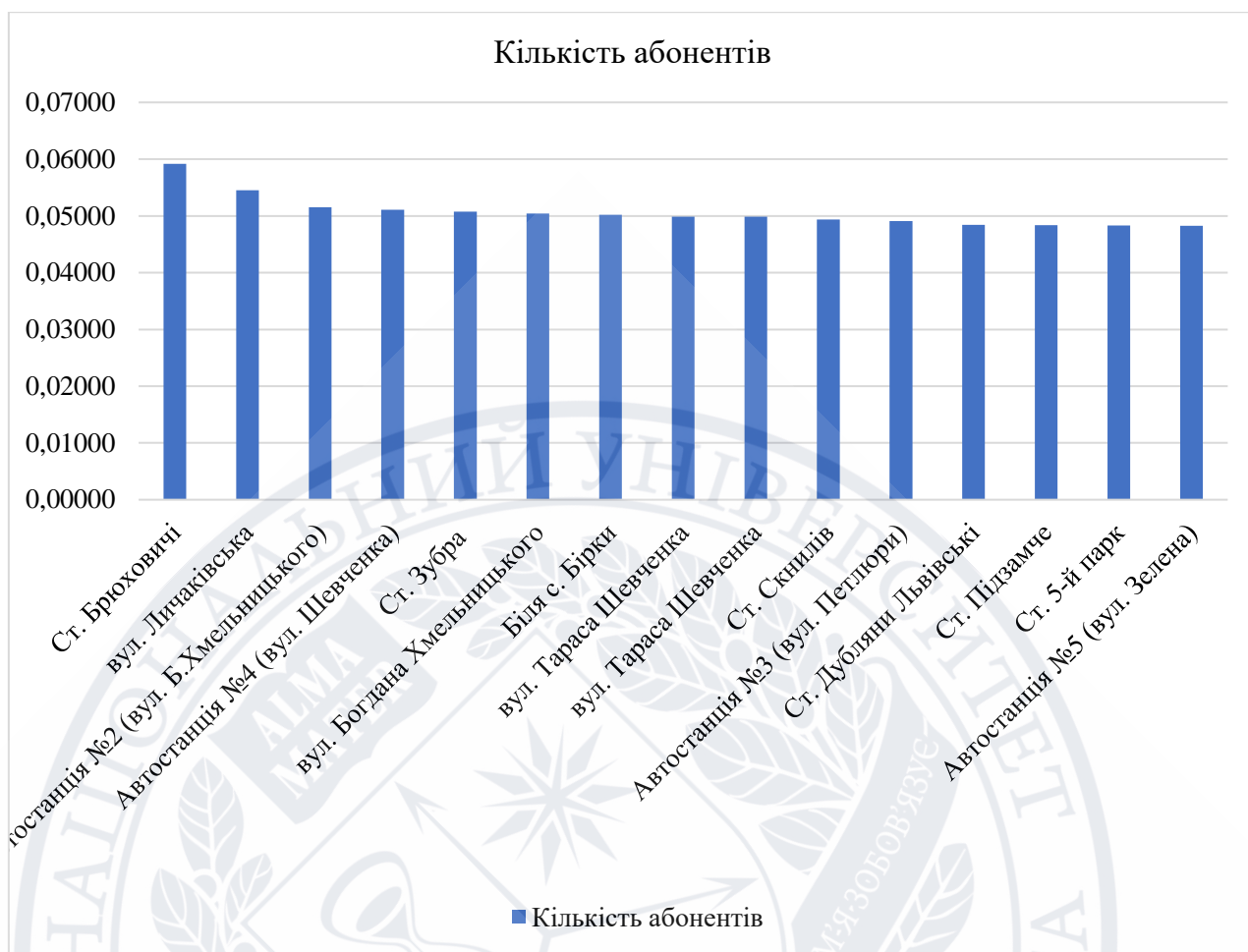


Рис. 3.5. Кількісне відображення динаміки руху груп абонентів, які приїжджають у м. Львів

Як бачимо із кількісного виміру отриманих даних, аналізуючи усі аналітичні та статистичні публікації компанії Vodafone, які знаходяться у відкритому доступі, мобільний оператор зберігає конфіденційність своїх абонентів, надаючи у вільне користування лише неперсоніфіковані дані щодо динаміки руху абонентів, чим відповідно не порушує межі закону.

Vodafone гарантує збереження інформації з обмеженим доступом та захист персональних даних користувачів, у т.ч. при використанні офіційного сайту компанії, порталу відкритих даних міста Львова, мобільних застосунків, прикладних програмних інтерфейсів та застосувань, тощо. Політика конфіденційності націлена на публічне інформування користувачів про порядок збору (обробки), зберігання, передачі персональних даних та інформації, що надається в рамках надання послуг. Використовуючи послуги Vodafone,

Користувач погоджується з усіма правилами та умовами політики. Метою обробки персональних даних є надання послуг.

Персональні дані – відомості чи сукупність відомостей про Користувача, який ідентифікований або може бути конкретно ідентифікований.

Неперсоніфікована інформація — інформація, яка не прив'язана до конкретного користувача послуг.

Персональні дані, які обробляє Vodafone, охоплюють контактні дані, які надаються користувачами при використанні послуг. Інформація отримується при використанні користувачем послуг, у т.ч. за допомогою сайтів Vodafone, мобільних застосунків тощо. Дані передаються користувачами добровільно з метою забезпечення можливості виконання Vodafone зобов'язань за послугами.

Неперсоніфікована інформація використовується виключно для формування статистичних даних та з метою покращення послуг, у т.ч. інформування користувача про нові послуги. Зокрема у разі використання мобільного застосунку, – версія операційної системи, IP-адреса пристрою, дата та час авторизації у мобільному застосунку.

Інформація яку отримує Vodafone, використовується для:

- створення облікового запису користувача;
- надання послуги або функції, яку замовив користувач;
- оцінки та аналізу сервісів, які надаються компанією;
- ефективного клієнтського обслуговування;
- забезпечення оновлення і технічної підтримки послуг, у т.ч. мобільного застосунку на пристрої користувача;
- будь-яких інших цілей в обсязі, достатньому для якісного надання послуг.

Конфіденційна інформація, персональні дані та неперсоніфікована інформація зберігаються на внутрішніх ресурсах Vodafone, доступ до яких обмежується згідно з вимогами положень Політики інформаційної безпеки Vodafone.

Користувач має право на отримання інформації про порядок обробки своїх персональних даних, а також інші права, визначені частиною 2 статті 8 Закону України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI (зі змінами) (далі – Закон) [6].

Відповідно до Закону, Vodafone здійснює обробку персональних даних користувачів з метою надання їм послуг на підставі дозволу на обробку персональних даних, наданого відповідно до Закону для здійснення повноважень та для виконання правочину, стороною якого є користувач.

Користувач може добровільно надати Vodafone згоду на обробку його персональних даних з метою отримання рекламно-інформаційних матеріалів або іншою зазначеною метою.

#### **3.4. Підсумки дослідження динаміки зміни груп абонентів у системах мобільного зв'язку на прикладі Vodafone м. Львів в контексті проведеного дослідження**

В останні роки мобільний зв'язок розвивається як в Україні, так і в інших країнах в умовах впровадження новітніх інформаційно-комунікаційних технологій, а також результатів їх конвергенції. Розвиток мобільного зв'язку та інтернету дозволив отримати доступ до мережі за допомогою смартфонів, планшетів та інших мобільних пристроїв зв'язку, а також зростаючий попит на послуги доступу. У той же час зростаючий попит на послуги доступу до мережі збільшив попит на мобільні пристрої, які забезпечують мобільний зв'язок з кіберпростором Інтернету.

Протягом 2020 року оператор мобільного зв'язку Vodafone, продовжував вживати заходів щодо розширення охоплення території України 4g-мережами в діапазонах радіочастот 1800 МГц та 2600 МГц. У 2020 році оператор мобільного (мобільного) зв'язку отримав ліцензії на впровадження нової радіотехнології «Міжнародний мобільний (мобільний) зв'язок ІМТ» в діапазоні 900 МГц, що дозволило впровадити мережі 4G в певному діапазоні. Так, в 2020 році покриття

території України 4g-мережами було значно покращено, що призвело до збільшення числа споживачів, які отримують послуги широкосмугового доступу до Інтернету на основі мобільних даних, що особливо важливо в умовах пандемії COVID-19 [2,3].

У підсумку проведеного нами аналізу та працюючи над даними про приміську міграцію, нами виявлено, що часто в'їзд в місто з певного місця не очевидний, хоча ви очікуєте цього. Результати аналізу даних показують, що жителі району вибирають безліч точок в'їзду для в'їзду в місто. Для перегляду всіх цих функцій ми використали інтерактивну карту Open Data Street (додаток Г), де, вибравши будь-яку точку, можна побачити, які точки в'їзду до Львова вибирають жителі того чи іншого місця регіону або, навпаки, жителі місць, що входять в місто через ту чи іншу точку в'їзду. Помаранчевим кольором позначені помаранчеві населені пункти Львівської області, звідки жителі їдуть до Львова. Фіолетовий колір відзначає точки в'їзду в місто.

## ВИСНОВКИ

В ході дослідження історії розвитку систем стільникового зв'язку в світі та Україні, було виявлено, що мобільні системи, вперше були представлені в Advanced Mobile Communications System (AMPS). Пейджинговий зв'язок – це проста і недорога форма мобільного зв'язку, яка була однією із перших систем мобільного зв'язку, проте враховуючи те, що технології ішли вперед, пейджинговий зв'язок швидко втратив актуальність та змінився більш зручними альтернативними технологіями. З розвитком техніки удосконалювалися системи зв'язку. Ця еволюція охопила декілька десятиріч років і сьогодні ми дійшли до п'ятого покоління мобільного зв'язку з підвищеними вимогами – 5G, якому передували відповідно 2G та 3G.

У контексті дослідження було визначено, що стільниковий зв'язок є основним засобом забезпечення обміну телефонами, даними і документами в нових районах, а також забезпечення зв'язку абонентів у важкодоступних районах і в зв'язку з рухомими абонентами, тоді як мобільний телефонний зв'язок – одна з найуспішніших галузей радіозв'язку, яка успішно розвивається. Також, було визначено зміст формулювання поняття «абонент» – споживач телекомунікаційних послуг, який отримує телекомунікаційні послуги на умовах договору, котрий передбачає підключення кінцевого обладнання, що перебуває в його власності або користуванні, до телекомунікаційної мережі», яке описане у п. 1. Ст. 1 ЗУ «Про телекомунікації». В свою чергу, абоненти формують групи абонентів, до яких віднесено Абонентів-отримувачів послуг. Для кожної групи абонента характерний свій склад і структура. Сукупність груп утворює базу абонентів, яка використовується оператором для їх обліку.

Аналіз нормативно-правового забезпечення системи мобільного зв'язку дозволив встановити, що основні права та обов'язки споживачів і операторів мобільного зв'язку визначаються таким набором законів та нормативних актів, як:

1. Закон ВР України від 18.11.2003, № 1280-IV «Про телекомунікації».

2. Постанова КМ України від 11 квітня 2012 р. N 295 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг».

3. Закон ВР УРСР від 12.05.1991, № 1023-XII «Про захист прав споживачів».

Виокремлення стійких груп абонентів систем мобільного зв'язку здійснено на основі формулювання визначень: група абонентів, додаткові групи абонентів. На основі наведених визначень сформулюємо визначення стійкої групи абонентів – це група абонентів, яка зберігає свою структуру незалежно від плину часу, є менш гнучкою з огляду на особливості своєї трансформації, проте також може зазнавати видозмін.

В даний час у зв'язку з широким розповсюдженням мобільних мереж зв'язку і зростанням різноманітності телекомунікаційних послуг велику увагу приділяють аналізу телекомунікаційного трафіку, зокрема, для оцінки і прогнозування поведінки абонентів. Важливим завданням аналізу трафіку є пошук стійких груп абонентів мереж мобільного зв'язку. Пошук здійснюється в декілька етапів з обов'язковим дотриманням правил його почергового виконання. Складність виявлення стійких груп абонентів в умовах низької інтенсивності переміщень заключається в більш ймовірній ситуації їх відсутності, що вимагає більш об'ємних масивів даних для обробки. Суть пропонованого методу полягає в тому, що б емпірично встановити межі тимчасових вікон і сформулювати критерії для надійного визначення стійких груп абонентів. Враховуючи необхідність аналізу завантаження мереж стільникового зв'язку, що полягає у визначенні стійких груп абонентів, що здійснюють спільні переміщення по місту здійснили розробку прогнозованого сценарію щодо вирішення цієї задачі на основі методу пошуку асоціативних правил.

Було виявлено , що формування функціональної моделі передачі неперсоніфікованих абонентів мобільного зв'язку залежить від низки факторів впливу, зокрема, того, що: зараз не зовсім визначена ніша для таких послуг, мобільні мережі досі пропонують дуже низькі швидкості передачі даних, послуги передачі даних підключаються через мобільну мережу з високою

вартістю для абонентів, самі оператори поки не дуже зацікавлені в наданні послуг передачі даних абонентам.

Відповідно до поставленого завдання було здійснено аналіз відкритих даних щодо людинопотоку. Аналіз даних від стільникового оператора дав можливість визначити обсяг людських потоків ще за двома значущими категоріями – жителями Львівської області, які щодня приїжджають до Львова, але не живуть в місті (так звана маятникова міграція), а також транзитними людьми (людьми, які не затримуються в місті надовго і в більшості випадків їздять по кільцевій дорозі). В середньому протягом дня жителі Львова здійснюють трохи більше 2 мільйонів поїздок на різних видах транспорту в межах міста. Окрім них, ця сума доповнюється кількістю туристів (35,9 тис.). Таким чином, зауважуємо, що  $\frac{3}{4}$  усього міського людського потоку створюють жителі Львова (76%). Потік транзитних перевезень становить 16%, 7% – обсяг маятничкової міграції і тільки 1% в цій структурі зайнято туристами. У кількісному вимірі навантаження на місто, яке створюють потоки транзитного транспорту, в середньому становить 348 тис. і коливається від 181,8 тис. у вихідні дні до 413,8 тис. у будні дні. На основі публічної статистичної інформації вдалось підрахувати, що в середньому протягом 1 дня до Львова приїжджають 152 тисячі осіб. У будні дні ця цифра збільшується до 180 тисяч, а у вихідні знижується до 79 тисяч осіб. Згідно з результатами аналізу, структури маятничкової міграції абонентів зв'язку з позиції населених пунктів, з яких більшість людей приїжджають до Львова, половина загального обсягу людського потоку абонентів створюється жителями, які проживають в 15-кілометровій зоні навколо Львова. Усі проведені нами дослідження відображені на рисунках, у додатках (зображеннях з інтерактивних карт, тощо).

В основі всіх розрахунків щодо аналізу обсягу приміської мобільності до м. Львів лежать деперсоналізовані дані про пересування мобільних клієнтів Vodafone України. Вони були обрані за такими властивостями:

- жителі Львівської області, чиї рідні регіональні населені пункти знаходяться в радіусі 50 км навколо Львова (120 населених пунктів);

- абоненти, які прибули до Львова через певні точки входу, перебували в місті більше 1,5 годин і залишали його протягом 24 годин;

- фіксація абонента в точці в'їзду (37 балів) проводилася за умови, що в цей час було виконано певну дію (дзвінок, SMS-повідомлення, використання мобільного інтернету);

- вибраний період для аналізу: вересень-листопад 2017 року, березень 2018 року на основі відкритих даних;

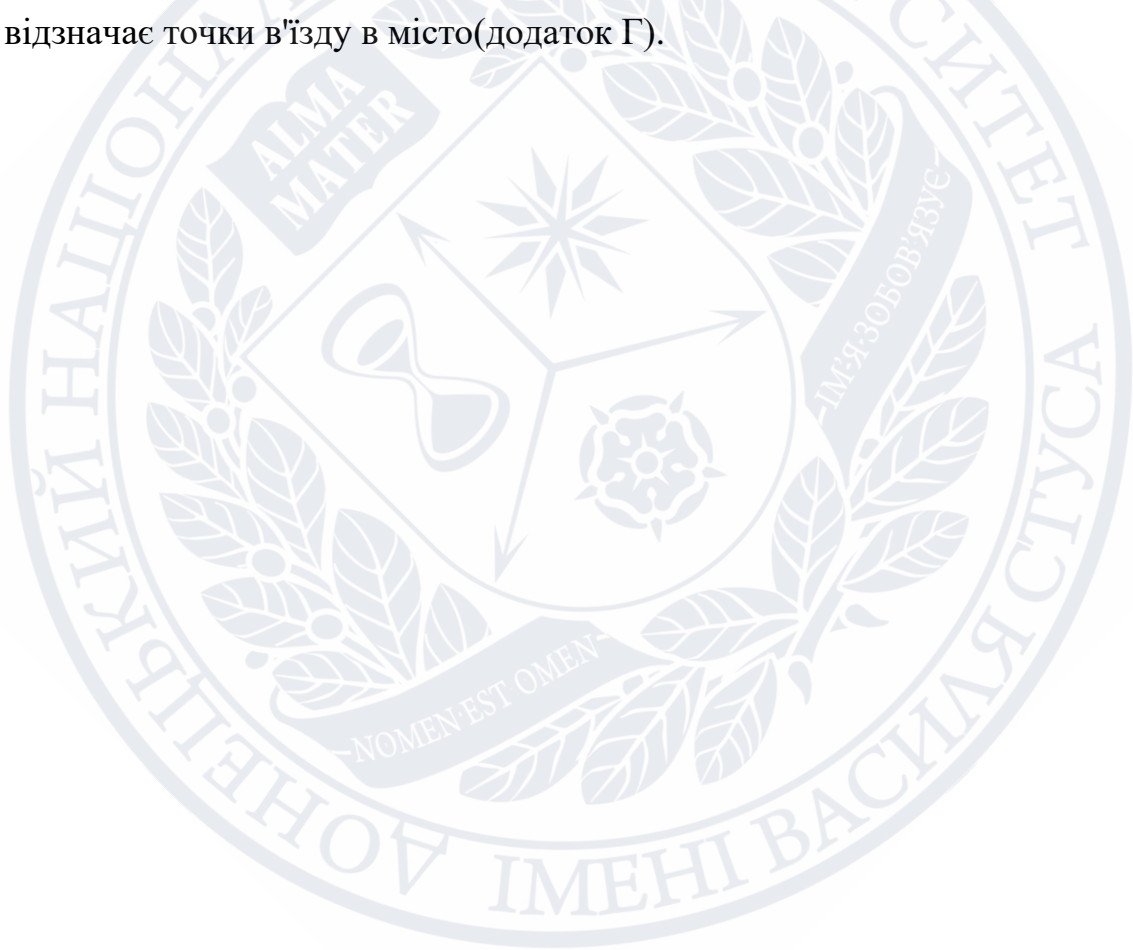
- докладні дані про обсяг трафіку для кожної точки доступу надаються протягом 1 тижня кожного обраного місяця з інтервалом в 30 хвилин.

Завдяки наявності цих даних було отримано можливість здійснити аналіз та сформулювати на його основі картину відображення динаміки людинопотоку абонентів мобільного зв'язку, навантаженості ліній, передачі даних. Із кількісного виміру отриманих даних, аналізуючи усі аналітичні та статистичні публікації компанії Vodafone, які знаходяться у відкритому доступі, мобільний оператор зберігає конфіденційність своїх абонентів, надаючи у вільне користування лише неперсоніфіковані дані щодо динаміки руху абонентів, чим відповідно не порушує межі закону. Таким чином зазначаємо, що персональні дані, які обробляє Vodafone, охоплюють контактні дані, які надаються користувачами при використанні послуг. Інформація яку отримує Vodafone, використовується для:

- створення облікового запису користувача;
- надання послуги або функції, яку замовив користувач;
- оцінки та аналізу сервісів, які надаються компанією;
- ефективного клієнтського обслуговування;
- забезпечення оновлення і технічної підтримки послуг, у т.ч. мобільного застосунку на пристрої користувача;
- будь-яких інших цілей в обсязі, достатньому для якісного надання послуг.

Узагальнення підсумків дослідження динаміки зміни груп абонентів у системах мобільного зв'язку на прикладі Vodafone м. Львів в контексті

проведеного дослідження полягало у здійсненому підсумку проведеного аналізу та виявленні того факту, що часто в'їзд в місто з певного місця не очевидний, хоча очікуваний. Результати аналізу даних показують, що жителі району вибирають безліч точок в'їзду для в'їзду в місто. Для перегляду всіх цих функцій була використана інтерактивна карту Open Data Street (додаток Г), де, вибравши будь-яку точку, можна побачити, які точки в'їзду до Львова вибирають жителі того чи іншого місця регіону або, навпаки, жителі місць, що входять в місто через ту чи іншу точку в'їзду. Помаранчевим кольором позначені помаранчеві населені пункти Львівської області, звідки жителі їдуть до Львова. Фіолетовий колір відзначає точки в'їзду в місто(додаток Г).



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Виноградов А.Н., Макаренков С.А., Чиров Д.С. Применение методов data mining для формирования базы знаний экспертной системы классификации радиосигналов. *Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт*. 2010, т. 4 № 11, с.61-64.
2. Відкриті дані міста Львова. URL: <https://dashboard.city-adm.lviv.ua/velykyu-lviv-i-navit-shche-bilshe>
3. Відкриті дані міста Львова. URL: [https://nkrzi.gov.ua/images/upload/142/9626/Zvit\\_NKRZI\\_za\\_2020.pdf](https://nkrzi.gov.ua/images/upload/142/9626/Zvit_NKRZI_za_2020.pdf)
4. Горшков Ю.Г., Марков А.С., Цирлов В.Л. Новые технологии анализа и засекречивания речевых сигналов. В сборнике: Безопасные информационные технологии (БИТ-2016) Сборник трудов Седьмой Всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией В.А. Матвеева. 2016. С. 135-138
5. Закон ВР УРСР від 12.05.1991, № 1023-XII «Про захист прав споживачів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1023-12#Text>
6. Закон України Про захист персональних даних. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>
7. Закон України Про телекомунікації. URL: [https://ips.ligazakon.net/document/view/T031280?ed=2019\\_07\\_16&an=87](https://ips.ligazakon.net/document/view/T031280?ed=2019_07_16&an=87)
8. Зиядинов В.В., Терешонок М.В. Математические модели и методы распознавания взаимного расположения мобильных абонентов. В сборнике: Технологии информационного общества. Сборник трудов XIV Международной отраслевой научно-технической конференции. 2020. С. 157-159
9. Конева Е.А., Терешонок М.В. Исследование зависимости загрузки сетей мобильной связи от особенностей временного распределения событий регистрации. *Телекоммуникации и информационные технологии*. 2014. № 1. с. 12-16

10. Котенко И. В., Федорченко А. В., Саенко И. Б., Кушнеревич А. Г. Технологии больших данных для корреляции событий безопасности на основе учета типов связей. *Вопросы кибербезопасности*. 2017. № 5 (23). С. 2-16
11. Лексика.Л.Г.Суменко. Англорусский словарь по информационным технологиям. М.: ГП ЦНИИС, 2003.
12. Лексика.Л.М. Невдяев. Телекоммуникационные технологии. Англо-русский толковый словарь-справочник/ Под редакцией Ю.М. Горностаева. Москва, 2002.
13. Нейросетевой метод синтеза информативных признаков для классификации источников сигналов в системах когнитивного радио. *Вестник Московского университета*. Серия 3: Физика, астрономия. 2016. № 2. С. 34–39
14. Остапенко Ю.І. Мобільний зв'язок як сегмент ринку телекомунікаційних послуг: господарсько-правовий аспект. *Вісник Національного університету «Юридична академія України імені Ярослава Мудрого»*. № 1 (12) 2013. С. 197-206.
15. Перелік населених пунктів Львівської області, що знаходяться в 50-км зоні навколо Львова. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/eacd7943-f21b-4bfd-bc71-719cea2824d4/resource/b325be03-5a5e-46f9-9b6f-86e1b27dff5/download/-xlsx>
16. Постанова КМ України від 11 квітня 2012 р. N 295 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/295-2012-%D0%BF>
17. Постанова КМУ від 9 серпня 2005 р. № 720 «Про затвердження Правил надання та отримання телекомунікаційних послуг». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/295-2012-%D0%BF#Text>
18. Пристрої цифрових систем стільникового зв'язку: навч. посіб. / А. П. Бондарев, Б. А. Мандзій, С. В. Давіденко ; М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2011. 224 с.

19. Проектування ефективних систем безпроводного зв'язку / М. М. Климаш, В. О. Пелішок. Л. : [б. в.], 2010. 232 с.
20. Рудницький С.М. Порівняльний аналіз технології LTE ДЛЯ МЕРЕЖ 4G ТА 5G. С. 74-77 URL: [https://biblio.onat.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2904/Rudnytskyi\\_Sherepa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://biblio.onat.edu.ua/bitstream/handle/123456789/2904/Rudnytskyi_Sherepa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
21. Семенова О. О. С 30 Системи рухомого зв'язку. Навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. Вінниця: ВНТУ, 2017. 185 с.
22. Середня кількості мешканців в будні та вихідні дні. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/eacd7943-f21b-4bfd-bc71-719cea2824d4/resource/5aae28b9-fb46-4849-9964-460f528f1ee5/download/-.xlsx>
23. Сініцин Р.Б. Розвиток мобільного стільникового зв'язку. URL: <http://jrn1.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/viewFile/5256/5828>
24. Специфіка денного трафіку (в будні та вихідні) людинопотоків в місто в розрізі 30-хв часових інтервалі, а також точок в'їзду в місто. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/eacd7943-f21b-4bfd-bc71-719cea2824d4/resource/a854c85b-ca9a-42d2-be31-8ac251aca045/download/-.xlsx>
25. Специфіка переміщення населення з населених пунктів області з точки зору різних точок в'їзду в місто. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/eacd7943-f21b-4bfd-bc71-719cea2824d4/resource/e1a37e28-a221-491a-888b-9fc1486ecd8f/download/-.xlsx>
26. Терешонок М.В. Модель оценки характера деятельности групп абонентов сетей мобильной связи. *Технологии информационного общества – X Международная отраслевая научно-техническая конференция: сборник трудов*. 2016 г. Москва. Издательский дом Медиа пабlishер, с. 156.
27. Терешонок М.В. Поиск ассоциативных правил при анализе загрузки сетей сотовой связи. *Электросвязь*. 2008. № 6. с. 32-33
28. Терешонок М.В., Алтухов Е.В. Ситуационный анализ массовых мероприятий с помощью интеллектуального анализа служебных команд сетей мобильной связи при использовании абонентами интернет-мессенджеров.

*Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения*. 2017 том 17, номер 4, 2017, с. 897-900.

29. Терешонок М.В., Рауткин Ю.В. Оценка и прогнозирование деятельности участников массовых мероприятий с помощью интеллектуального анализа параметров трафика сетей мобильной связи. *Вопросы кибербезопасности*. 2018. № 3(27). с. 70-76.

30. Agrawal R., Srikant R. Fast Algorithms for Mining Association Rules. *Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large Databases*, Santiago, Chile, 12-15 sept. 1994. Pp. 487-49

31. Consortium NS-3. Design Documentation ns-3 project. 2015. URL: <https://www.nsnam.org/docs/models/html/lte-design.html>.

32. NMT (Nordic Mobile Telephone). URL: <https://www.ixbt.com/mobile/nmt.html>

33. PHS has uncertain future in cell phone sector. URL: <https://www.japantimes.co.jp/news/2010/03/17/national/phs-has-uncertain-future-in-cell-phone-sector/>

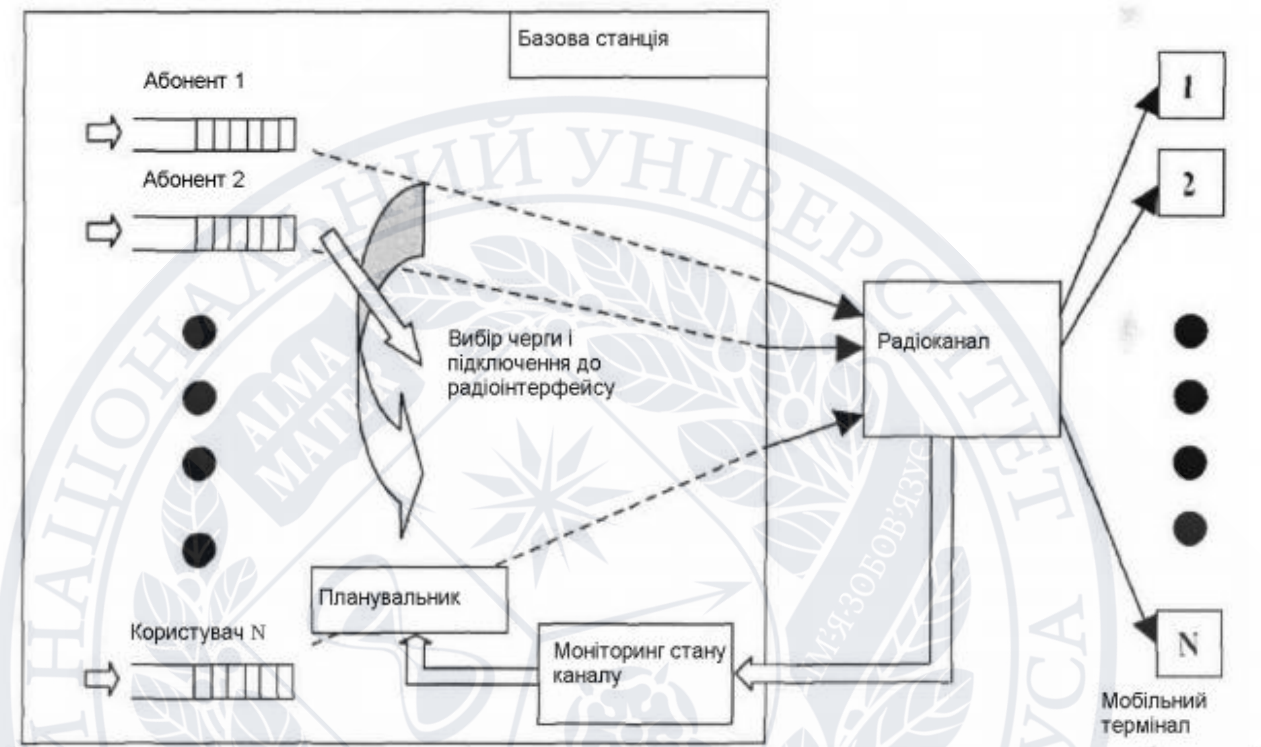
34. Reis A. Correia N. Souto<sup>1</sup>, da Silva M. Marques. Coordinated Multi-Point MIMO Processing for 4G. *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*. 2014.

35. Sunset on 2g/3g mobile networks? Not exactly. URL: <https://www.csl-group.com/uk/news/sunset-on-2g3g-mobile-networks-not-exactly.html>

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Робота планувальника пакетів на лінії «вниз» із врахуванням стану радіоканалу

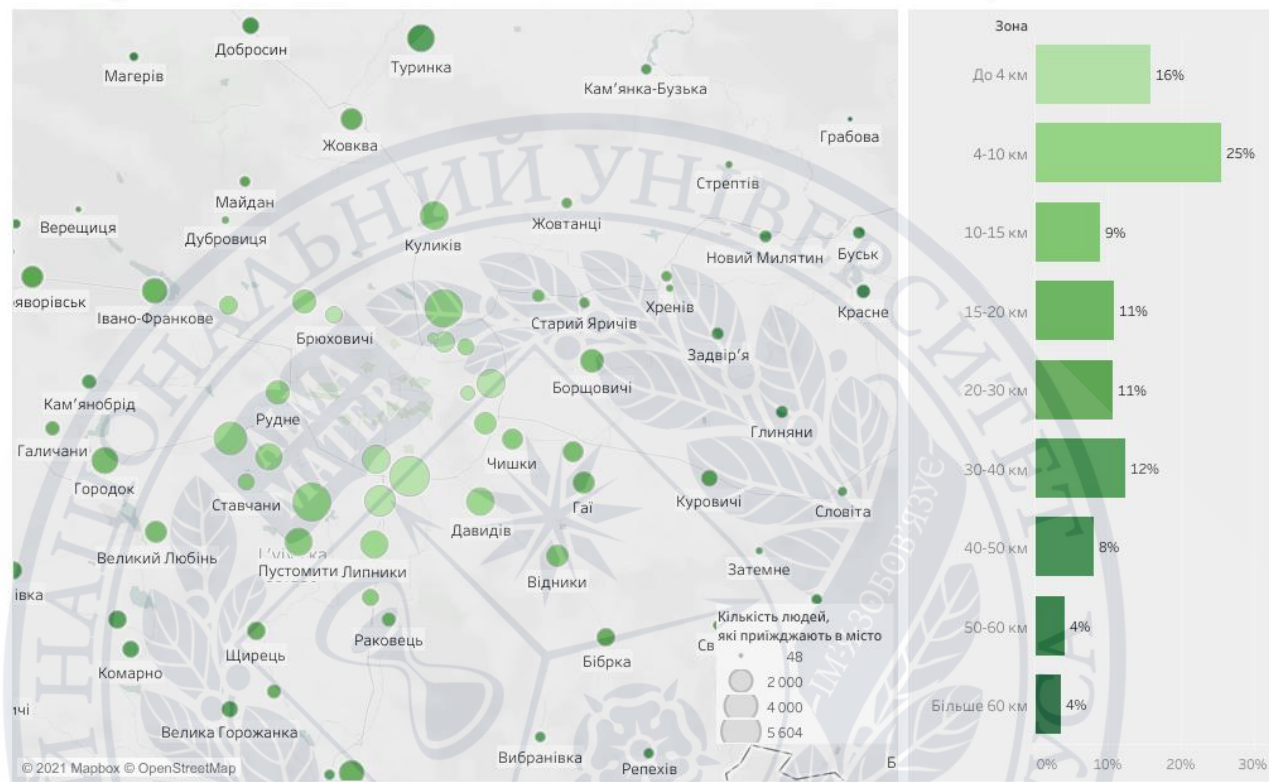


Трафік користувачів мобільного зв’язку до м. Львова

Половину трафіку створюють мешканці населених пунктів з 15-км зони навколо Львова

Населені пункти

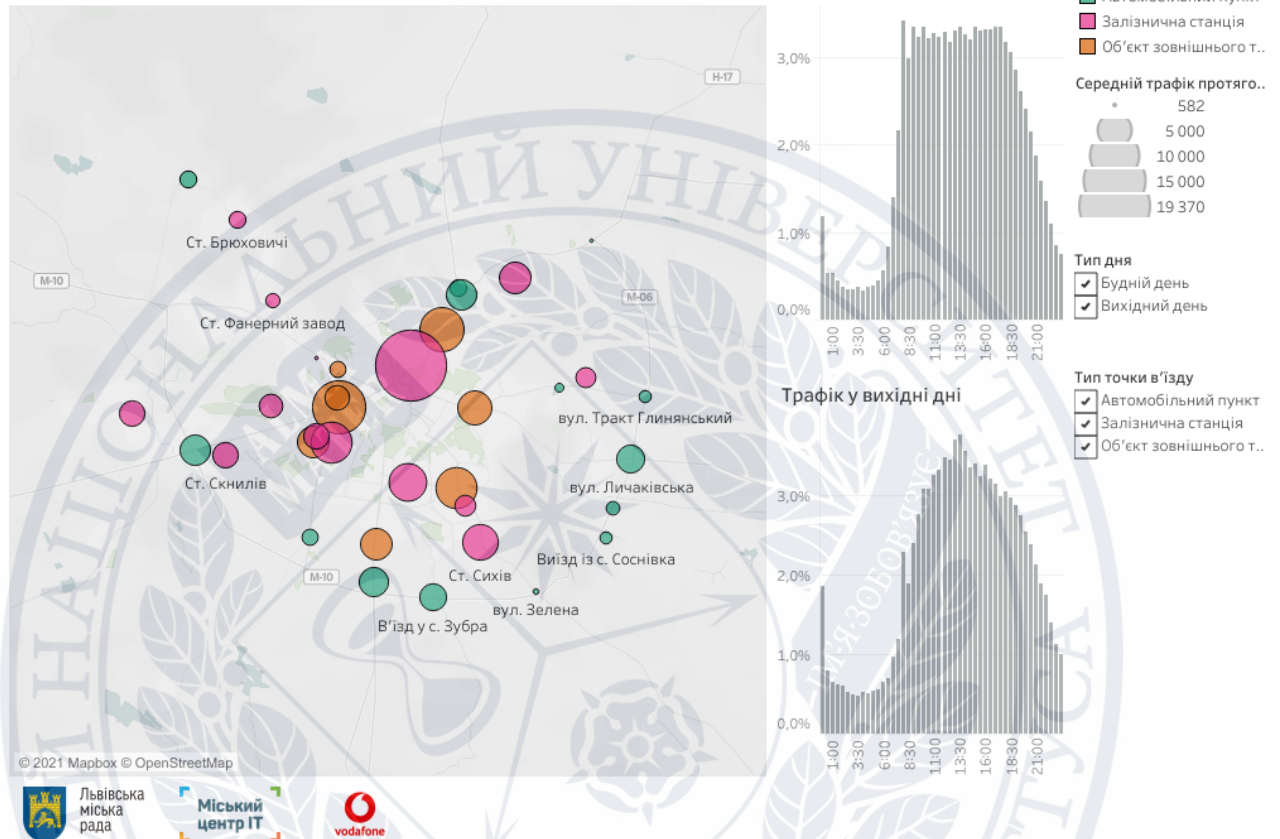
Кілометрові зони



## Трафік абонентів, які приїжджають до м. Львова

В середньому протягом дня до Львова приїжджають 150 тис. мешканців Львівської області

Точки в'їзду в місто



## Додаток Г

## Інтерактивна карта точок в'їзду в місто

