

Л. О. Нікітіна, Н. В. Дженюк, Л. В. Борисова

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

## ІТ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У ПІДГОТОВЦІ ІНЖЕНЕРІВ З ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**Анотація.** Розвиток телекомунікаційної галузі останніми роками йде у напрямку зростання кількості підключених до мережі пристроїв і абонентів. У формуванні телекомунікаційної галузі маємо програмно визначені мережі, віртуалізацію мережевих функцій, Інтернет речей і 5G. Сьогодні продуктивну роботу телекомунікаційних мереж та систем із забезпеченням належної якості сервісів неможливо уявити без застосування технологій та алгоритмів штучного інтелекту й використання відповідного програмного забезпечення. Освітні програми та навчальні плани з підготовки інженерів з телекомунікацій українських університетів мають оперативно враховувати сучасні тенденції розвитку та новації у телекомунікаційній галузі. На нашу думку, для підготовки висококваліфікованих та конкурентоспроможних спеціалістів з телекомунікацій необхідно внести певні зміни в навчальні плани, пов'язані з програмуванням, технологіями аналізу даних та машинного навчання, застосуванням моделей, методів та алгоритмів штучного інтелекту у телекомунікаційній галузі. У статті запропоновано варіант включення відповідних дисциплін до навчальних планів.

**Ключові слова:** телекомунікаційна інженерія, аналітика великих даних, машинне навчання, штучний інтелект, бездротова мережа, *імерсивне навчання*.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Телекомунікаційний сектор у світі стрімко оновлюється та розвивається. Відповідно до цього виникають нові виклики, пропонуються нові можливості та тенденції, на які варто звертати увагу у поточний період та у наступні роки [1].

Розвиток телекомунікацій в Україні повинен здійснюватися швидкими темпами. Закон України "Про телекомунікації" визначає основні засади і напрями розвитку телекомунікаційних мереж загального користування і концепцію розвитку телекомунікацій. Телекомунікаційні мережі та системи є невід'ємною частиною виробничої та соціальної інфраструктури України і призначені для забезпечення телекомунікаційними послугами користувачів різних категорій - фізичних та юридичних осіб, органів державної влади. "Науково-технічне забезпечення функціонування й розвитку телекомунікацій здійснюється шляхом організації наукових досліджень, впровадження нових технологій та засобів телекомунікацій" [2]. Впровадження інформаційних технологій, методів, моделей та алгоритмів штучного інтелекту у телекомунікації буде визначати подальший розвиток галузі. Тому відповідна підготовка висококваліфікованих спеціалістів у галузі телекомунікацій є важливою та актуальною задачею вищих навчальних закладів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розгляду питань викликів, нових можливостей та тенденцій у телекомунікаційному секторі присвячують свої публікації зарубіжні та вітчизняні автори [1–15].

**Постановка завдання.** Очікується, що розвиток основних тенденцій у сфері телекомунікацій (програмно визначені мережі (SDN), віртуалізація мережевих функцій (NFV), застосування технології 5G та штучного інтелекту (AI)) триватиме й надалі. Ці зміни мають бути відображені в навчальних програмах підготовки інженерів з телекомунікацій.

Навчальні програми вищої освіти з телекомунікацій повинні не тільки представляти сучасні телекомунікаційні технології, але й розвивати гнучкість сприйняття нового студентами, вміння реагувати на майбутні зміни та вирішувати міждисциплінарні задачі.

У цій статті ми обговорюємо найважливіші зміни, які відбуваються у галузі телекомунікацій, і пропонуємо, яким чином врахувати їх у освітніх програмах та навчальних планах для покращення знань та розвитку професійних навичок студентів.

### Виклад основного матеріалу

Телекомунікаційна мережа наступного покоління має мати єдину інфраструктуру і повинна ефективно та гнучко надавати різноманітні послуги, такі як розширений мобільний ширококутний зв'язок, наднадійний зв'язок із малою затримкою та зв'язок масового машинного типу. Вона також повинна підтримувати співіснуючий доступ за кількома стандартами, такими як 5G, LTE і Wi-Fi, і координувати гетерогенну мережу з різними типами базових станцій (BS), наприклад, макро, мікро, фемто, піко BS та різноманітні пристрої користувача та програми [1].

**1. Основні тенденції розвитку телекомунікацій. Технології SDN і NFV.** Програмно визначена мережа (SDN) представляє нову архітектуру, де керування мережею відокремлено від пересилання даних [7-9]. Мережа розділена на три рівні: (1) рівень площини даних, (2) рівень площини керування та (3) прикладний рівень. Рівень площини даних складається з програмованої мережевої інфраструктури, такої як комутатори та маршрутизатори. Рівень площини керування містить централізований контролер, який керує мережевими пристроями на основі запитів рівня додатків. Прикладний рівень – це місце, де мережеві служби, повністю реалізовані в програмному забезпеченні, працюють і спілкуються з централізованим контролером.

Віртуалізація мережевих функцій (NFV) – це нова технологія в телекомунікаційних мережах.

NFV віртуалізує та централізує деякі мережеві функції, такі як удосконалене Packet Core (EPC) або IP Multimedia Subsystem (IMS), для оптимізації використання інфраструктури (наприклад, апаратних ресурсів). Віртуалізовані функції працюють у центрі обробки даних на стандартному комерційному готовому обладнанні (COTS) замість розподіленого запатентованого обладнання. Основними рушійними силами впровадження SDN і NFV є гнучкість інфраструктури та орієнтовані на програмне забезпечення інновації, що призводять до вищої масштабованості, економії коштів і скорочення часу виходу на ринок нових послуг.

Таким чином, апаратне забезпечення розподіляється між різними мережевими функціями, повністю реалізованими програмним забезпеченням. Основною перевагою NFV є еластична та масштабована архітектура, що дозволяє не лише заощаджувати капітальні (CAPEX) та операційні витрати (OPEX), а й збільшувати дохід оператора мережі за рахунок швидшого виходу на ринок [7, 8].

Хоча NFV і SDN, є автономними технологіями, їх поєднання призводить до кількох синергетичних ефектів [9]. Наприклад, за допомогою централізованого мережевого інтелекту, який надає SDN, можна динамічно переміщувати мережеву функцію з одного центру обробки даних до іншого без переривання обслуговування. Крім того, мережеві ресурси, необхідні для відповідності деяким критичним параметрам (наприклад, швидкість передачі даних або затримка), можуть динамічно розподілятися за допомогою SDN на запит мережевої функції або програми.

**Технологія 5G** стане основною і перейде на пещу стадію використання. Нове покоління мобільних мереж, 5G, на відміну від інших етапів еволюції мобільних мереж, таких як 3G і 4G, 5G виходить за рамки вищих швидкостей передачі даних для мобільного Інтернету [13, 14]. 5G створює новий тип мережі, яка призначена для з'єднання практично всіх і всього разом, включаючи машини, об'єкти та пристрої.

Бездрова технологія 5G призначена для забезпечення вищої пікової швидкості передачі даних у кількох Гбіт/с, наднизької затримки, більшої надійності, великої пропускної здатності мережі, підвищеної доступності та більш однорідного досвіду для більшої кількості користувачів. Вища продуктивність і покращена ефективність створюють новий досвід для користувачів і підключають нові галузі.

5G запропонує засоби захисту від зростаючого попиту на розширення мобільних послуг із інтенсивним використанням пропускної здатності, таких додатків, як 3D, віртуальна реальність (VR), доповнена (AR) і змішана реальність (MR), відео високої чіткості та ін., забезпечення вимог до наймовірно надійних (M2M) повідомлень для таких послуг, як електронна охорона здоров'я тощо. Майбутні вимоги до системи 5G уже були визначені на кількох форумах.

Система зв'язку 5G будуватиметься на основі таких технологій: нарізка, віртуалізація, (мобільні) периферійні обчислення, масивна система з декількома входами та декількома виходами (MIMO), 3D

формування променя, надщільні мережі з невеликими комірками, масивний MIMO з комунікацією пристрій-пристрій (D2D), мультисв'язок, хмарні мережі радіодоступу (RAN), міліметрові хвилі, хмарні архітектури/обчислення тощо [13].

**Інтернет речей (IoT)** продовжить стрімко розвиватися, в основному завдяки технології 5G. IoT – ще одна головна тенденція телекомунікаційної галузі на 2023 рік, оскільки 5G також забезпечить нову хвилю програм і послуг IoT.

IoT належить до мережі фізичних пристроїв, підключених до Інтернету. Ці пристрої можуть спілкуватися один з одним і обмінюватися даними. Програми IoT, такі як розумні домашні пристрої та технології носимих пристроїв, вже використовуються сьогодні.

Важливість IoT полягає в можливості віддаленого доступу до базових станцій і центрів обробки даних. Більшість учасників телекомунікаційної індустрії посилять впровадження IoT, щоб використовувати переваги, які надає ця технологія.

Сприятлива роль у забезпеченні інфраструктури Інтернету речей, яку телекомунікаційна галузь має надавати найкращим чином, дозволить операторам структурувати власні послуги Інтернету речей і пропонувати їх постійно зростаючому ринку Інтернету речей. Той факт, що гравці телекомунікаційної галузі також є носіями підключення до Інтернету, означає, що галузь відіграватиме важливу роль у впровадженні та розгортанні IoT.

**Хмарні обчислення** продовжуватимуть домінувати на ринку. Хмарні обчислення стосуються зберігання та доступу до даних і програм через Інтернет. Вони мають багато переваг, таких як масштабованість і гнучкість. У 2023 році ще більше телекомунікаційних компаній перейдуть на хмару.

Незважаючи на те, що хмарні обчислення не є новою тенденцією, цю технологію все ще потрібно сприймати та впроваджувати інтенсивно й широко, щоб використовувати її переваги.

Телекомунікаційний сектор рухається до віртуальних мереж і відбувається стрімкий перехід постачальників послуг зв'язку (CSP) до хмари.

Навіть сьогодні більшість телекомунікаційних компаній покладаються на колосальну обчислювальну інфраструктуру для роботи з різними програмами, управління даними та стягнення плати за послуги. Перехід на хмару знижує вимоги до локального апаратного забезпечення та персоналу, зменшує інвестиції та операційні витрати, а отже, збільшує потоки доходів.

У 2023 році хмарні обчислення продовжуватимуть розвиватися і розповсюджуватися в галузі телекомунікацій.

**Кібербезпека.** Галузь телекомунікацій завжди була найбільш вразливою мішенню для кібератак, враховуючи величезні обсяги конфіденційних даних, що зберігаються в різних складних мережах. Технологія 5G створює нові загрози безпеці, і телекомунікаційні компанії повинні підготуватися до прямих чи непрямих кібератак. Це викликає необхідність створення адекватної IT-інфраструктури та

її поєднання з сервісами та процесами для підтримки безпеки. Ефективна кібербезпека повинна включати впровадження виявлення загроз, методів реагування на інциденти та методів запобігання.

Мережі з підтримкою Інтернету речей є більш вразливими до великих кібервотрнгень і злочинів. Недостатньо захищені пристрої, такі як ноутбуки, маршрутизатори, веб-камери, автомобілі, системи домашньої безпеки або машини Інтернету речей, можуть бути перетворені хакерами на зброю.

Тому для телекомунікаційних компаній важливо впровадити відповідні заходи кібербезпеки.

**Хмарні системи підтримки бізнесу (BSS)** і платіжні платформи повинні мати високу масштабованість і працювати з великими обсягами даних. Хмарні платіжні платформи – це зручний і ефективний вид білінгу, який дозволяє телекомунікаційним компаніям виставляти рахунки своїм клієнтам за послуги та програми, які використовуються в хмарі.

BSS пропонують телекомунікаційним компаніям інструмент для підтримки великої екосистеми, що розвивається, необхідний для розширення та швидкого розвитку телекомунікаційної галузі.

**Імерсивні технології у телекомунікаціях.** Застосування технологій віртуальної, доповненої та змішаної реальності в телекомунікаціях має змінити галузь. Сферами застосування імерсивних технологій у телекомунікаціях є [21, 22]:

- 1) навчання персоналу;
- 2) управління обслуговуванням на місцях;
- 3) віддалена підтримка;
- 4) інструкції з обладнання з використанням гарнітур доповненої реальності;
- 5) технічне обслуговування на основі історії технічного обслуговування обладнання;
- 6) аудиторські перевірки з використанням гарнітур;
- 7) створення інтерактивних контрольних записів для забезпечення дотримання всіх необхідних кроків під час перевірки;
- 8) інвентаризація, робота зі складом обладнання.

Оператори сучасної мобільної мережі (MNO) мають вирішувати складні завдання щодо ефективної експлуатації мережі, здатної забезпечити гнучкість, одночасно задовольняючи вимоги з надання різноманітних послуг. Проблеми забезпечення якісного обслуговування виникають при розширенні зони покриття, постійно зростаючих вимогах до потужності мережі, але при цьому фінансові фонди є обмеженими, а ресурси, такі як спектр, залишаються дефіцитними. Автоматизація різних об'єктів і функцій стільникових мереж була і буде однією з головних турбот операторів зв'язку щодо скорочення операційних витрат. З точки зору операційних витрат, телекомунікаційна система повинна бути розумною, самосвідомою, самоадаптивною та мати можливість економічно запускати мережеві послуги, а також автономно керувати та експлуатувати мережі.

За допомогою аналізу великих даних можна виконувати прогнозне та проактивне обслуговування елементів мережі. Великий об'єм даних, швидкість надходження даних, діапазон та тип джерел

даних можуть допомогти підрозділу з експлуатації та технічного обслуговування отримати варіанти рішень проблем і сформувані прогнози наслідків дій. Машинне навчання (ML) і штучний інтелект (AI) можуть допомогти розкрити невідомі властивості бездротових мереж, виявити кореляції та аномалії, які ми не можемо побачити під час перевірки, і запропонувати нові способи оптимізації розгортання та роботи мережі [13].

**Аналіз великих даних у телекомунікаціях.** Великі дані надають компаніям телекомунікаційної індустрії можливість отримати практичну інформацію та дізнатись приховані закономірності. Аналіз великих даних надає змогу операторам зв'язку не тільки зміцнити свої позиції на ринку, але й запропонувати користувачам якісний сервіс, орієнтований на клієнта.

Телекомунікаційні компанії мають найкращий потенціал для аналізу великих даних завдяки величезним обсягам даних, вони збирають через мережі операторів. Це інформація про профілі та пристрої користувачів, геолокацію, зразки поведінки та ін. Великі телекомунікаційні компанії (Lifecell, AT&T, CenturyLink, Swisscom, T-Mobile, Vodafone та ін.) вже впровадили аналітику великих даних у свою діяльність та розробку свого програмного забезпечення. Завдяки цьому вони можуть краще передбачати попит на послуги та відтік клієнтів, планувати оптимальне навантаження на свої мережі та глибше розуміти свій ринок.

Головним завданням оператора зв'язку у забезпеченні якості послуг є оптимізація мережі. На сьогодні переважаючим підходом є незалежна оптимізація окремих ключових показників ефективності (KPI) з використанням невеликої кількості джерел даних.

Рішення, які приймають MNO за допомогою різних інструментів аналізу даних, здебільшого залежать від ключових показників ефективності (KPI), накопичених у різних місцях і частинах мережі. Але MNO можуть мати доступ до величезної кількості даних зі своїх власних мереж і від абонентів. Аналіз великих даних, які беруться з багатьох джерел, дозволить отримати ширше розуміння різних невідомих значень та виявити раніше невідомі моделі та кореляції, і, як результат, запропонувати нові заходи для підвищення продуктивності різних рівнів бездротових мереж.

Основними напрямками застосування аналізу даних у телекомунікаціях є [15]:

- 1) скоринг – оцінка ризиків та ймовірностей настання події;
- 2) геоаналітика – аналіз трафіка та локації під відкриття нових об'єктів, розширення мережі магазинів, проведення коректної комунікації з потенційними клієнтами;
- 3) таргетингові комунікації – інформування цільової аудиторії щодо ваших сервісів, пропозицій та акцій;
- 4) антифрод – підвищення рівня безпеки клієнтів;

**IMSI Check** – сервіс перевірки унікального ідентифікатора абонента IMSI, який допомагає знизити ризик шахрайства, пов'язаного із заміною SIM-карт;

*перевірка переадресації* – сервіс, який інформує, чи на номері за запитом встановлена безумовна переадресація на інший номер телефону;

*давність активації номера* – система оцінки життя абонента в мережі, заснована на давності активації SIM-карти; надається у вигляді скорингу зі встановленими діапазонами;

*SIM-counter* – перевірка кількості унікальних номерів телефонів, які використовувалися в мобільному пристрої, де встановлена SIM-карта з номером за запитом; надається у вигляді скорингу зі встановленими діапазонами.

5) побудова портрета клієнта – портрет клієнта дозволить правильно сформулювати стратегію надання послуг

6) HLR Lookup – послуга ідентифікації належності абонентського номера одному з мобільних операторів України та ін.

Мобільні оператори мають доступ до великих обсягів даних, які можна розділити на *внутрішні* та *зовнішні* дані [13].

*Внутрішні дані* пов'язані з мережею та абонентами. Ці дані можуть бути структурованими та неструктурованими.

*Структуровані внутрішні дані* стосуються мережі (технічні збої, доступність з'єднання, затримка мережі, статус транзитного зв'язку, час встановлення з'єднання, тест-драйви, статистика потоку трафіку рівня даних, протокол і інтерфейс рівня керування, трафік за типом і за програмою, дані, розгортання, дані сенсорів) та абонентів (дані комунікації, облікові записи клієнтів, історія використання, розташування шаблонів викликів, моделі мобільності тощо).

*Неструктуровані внутрішні дані* стосуються транскриптів кол-центру, текстових повідомлень, даних особистого помічника тощо.

*Зовнішні дані* збираються від третіх сторін. Їх також можна розділити на дві категорії: *структуровані дані* (демографічні дані, картографічні дані – рельєф, внутрішні будівлі тощо, публічні дані – дорожній рух, погода) та *неструктуровані дані* (дані соціальних мереж - Facebook, Twitter, онлайн-форуми, текстові документи, Google+, блоги, електронні листи, відео тощо).

*Структуровані дані* зберігаються в реляційних базах даних у вигляді таблиць, в яких кожне поле (колонка) має назву, а зв'язки між таблицями є чітко визначеними. Неструктуровані дані (транскрипти кол-центру, повідомлення тощо) зазвичай не зберігаються в реляційних базах даних.

До великих даних можуть застосовуватися такі види аналізу:

- 1) описова аналітика:
  - продуктивність мережі,
  - перспективи абонентів,
  - перспективи RAN,
  - модель мобільності,
  - профіль трафіку,
  - вимірювання KPI, KQI;
- 2) діагностична аналітика:
  - відшукування першопричини,
  - визначення аномалій в мережі,

– виявлення невідповідних KPI та мережевих елементів,

– виявлення порушень роботи служб та сервісів;

3) предиктивна аналітика (машинне навчання):

– структурування трафіку та заторів,

– використання ресурсів,

– QoS,

– поведінка користувача,

– майбутнє розташування,

– несправні/проблемні елементи/області та їхній вплив на ефективність мережі;

4) прескриптивна аналітика (штучний інтелект):

– варіанти рішень та/або планування щодо нарізки, віртуалізації, периферійних обчислень і вплив кожного варіанта рішення та/або планування,

– план розширення мережі,

– план використання ресурсів,

– пропозиції щодо коригувальних дій.

Контролювання даних передбачає застосування процедур управління даними, аналізу даних, виконання відповідних дій.

Управління даними – збір даних, очищення даних, фільтрація даних, кореляція даних із багатьох джерел, пошук відповідних даних. Управління даними є основою для виконання аналізу даних.

Аналіз даних – аналіз на різних рівнях глибини для різних цілей. Наприклад, високого рівня (наскрізна продуктивність системи) або деталізації до певного елемента мережі, користувача, місця розташування, часу, KPI тощо. Аналіз даних є основою для прийняття рішень та виконання дій.

Виконання дії передбачає розуміння продуктивності мережі та якості досвіду (QoE), визначення мережевих аномалій, виконання оптимізаційних заходів, прогнозування продуктивності, збоїв та вимог, автоматизацію управління і роботи, тобто, виконання самоналаштування, самооптимізації, самовідновлення системи.

Інструменти та методології, які можна застосувати для аналізу великих даних у телекомунікаціях: методи визначення відповідності розміру даних та простору ознак, активно-інкрементне-множинно-імбалансне навчання на великих даних, моделювання невизначеності, відбір зразків, класифікація/кластеризація та ін.

**Штучний інтелект та машинне навчання у телекомунікаціях.** Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) відіграватимуть все більшу значну роль у телекомунікаціях [13, 16-19]. AI може виявляти проблеми з мережею, виконувати самовідновлення або захищати мережі від шахрайства.

AI також може пропонувати моделі використання та поведінки в роботі обладнання або взаємодії з клієнтами. Таким чином, це може допомогти ефективніше вирішувати проблеми потенційних апаратних дефектів або проблеми клієнтів, які можуть вплинути на роботу користувача.

Технології AI можуть допомогти автоматизувати завдання, покращити процес прийняття рішень і надавати персоналізовані послуги.

У 2023 році збільшиться кількість програм штучного інтелекту в телекомунікаційній галузі, особли-

во чат-ботів і віртуальних помічників клієнтів.

ML і AI – це два дуже потужні інструменти, які застосовуються для рішення задач керування великими обсягами даних, особливо для прогнозування та надання пропозицій на основі наборів даних. Інколи ML розглядається як підпростір штучного інтелекту, заснований на концепції, згідно з якою ми можемо дозволити машинам навчатися самостійно, надаючи їм доступ до великих обсягів даних. З іншого боку, AI – це розширене сприйняття машин, які стають здатними виконувати завдання інтелектуальним чином.

Порівняно з загальним штучним інтелектом (узагальнена система штучного інтелекту теоретично може виконувати будь-яке завдання), прикладний штучний інтелект більше підходить для систем зв'язку наступного покоління, оскільки прикладну систему штучного інтелекту можна розробити для вмілого керування та оптимізації бездротових мереж. На відміну від моделей ML, моделі штучного інтелекту можуть охоплювати оточуючий світ, пристосовуватися до змін і перебудовуватися. ML підходить для прогнозування аналітики, а штучний інтелект виходить за рамки прогнозів і пропонує плани/пропозиції для реалізації вигоди та оптимального досягнення мети.

Інструменти ML і AI можуть аналізувати різні джерела даних і знаходити те, що є актуальним. Вони також можуть виявити взаємозв'язки та залежності, які раніше не були ідентифіковані, оскільки їхні автоматизовані механізми мають можливість аналізувати та перевіряти дані більш інтенсивно та більш методично. Незважаючи на те, що людський досвід є незамінним у пошуку рішень і управлінні складними проблемами, він має обмежені можливості для пошуку нових рішень і розуміння.

Інструменти та методології, які аналітики великих даних операторів мобільного зв'язку можуть використовувати для обчислювальної обробки та аналізу наявних даних, це нечітка логіка, нейронні технології та алгоритми, роевий інтелект, еволюційні обчислення, стохастичні алгоритми, імунні алгоритми, методології теорії навчання, ймовірнісні методи.

Людина з відповідними знаннями та досвідом є незамінною у пошуку рішень і управлінні складними проблемами, але має певні обмеження при пошуку нових рішень і розумінні, тому Інструменти ML і AI відіграють все більш важливу роль у телекомунікації.

Виходячи з розглянутого вище, важливим питанням стає формування таких планів підготовки спеціалістів у галузі телекомунікацій, які враховували б поєднання суто "телекомунікаційних" дисциплін з дисциплінами, пов'язаними з технологіями машинного навчання, штучного інтелекту та аналізу даних.

**2. Урахування перспективних тенденцій розвитку телекомунікаційної галузі у навчанні спеціалістів з телекомунікацій.** Розглянуті вище тенденції в телекомунікаціях свідчать про те, що при підготовці висококваліфікованих спеціалістів з телекомунікацій вивчення дисциплін, що стосуються інформаційних технологій, інтелектуального аналізу даних, штучного інтелекту, машинного навчання, імерсивних технологій набуває особливого значення.

Зараз назріла необхідність сформувати нову концепцію освітньої програми бакалаврів зі спеціальності "Телекомунікації та радіотехніка" у НТУ "ХПІ". Метою цього стали такі чинники: тенденції розвитку сучасних телекомунікацій, відносний відтік абітурієнтів, вимоги стейкхолдерів до якості підготовки молодих спеціалістів, побажання студентів, що навчаються за цією спеціальністю.

Основним фокусом нової освітньої програми є теорія, моделі та принципи функціонування телекомунікаційних та радіотехнічних систем; принципи, методи та засоби забезпечення заданих експлуатаційних характеристик і властивостей телекомунікаційних та радіотехнічних систем; нормативно правова база України та вимоги міжнародних стандартів у сфері телекомунікацій та радіотехніки; сучасне програмно-апаратне забезпечення радіотехнічних та телекомунікаційних систем і мереж, застосування інформаційних технологій та технологій штучного інтелекту у телекомунікаціях.

Аналіз освітніх програм та навчальних планів зі спеціальностей "Телекомунікації та радіотехніка", "Електронні комунікації" вітчизняних та зарубіжних університетів показав, що дисципліни, пов'язані з сучасними тенденціями розвитку телекомунікацій, у тій чи іншій мірі присутні у навчальних планах. Але в них, на нашу думку, не вистачає концептуального підходу. Відгуки осіб, що приймають рішення у телекомунікаціях, представників фірм, що надають послуги та операторів зв'язку свідчать про те, що випускники не володіють достатнім спектром професійних навичок та вмінь, серед яких були названі навички з інформаційних та мережевих технологій, програмування та виконання аналітики.

З іншого боку, опитування студентів, що навчаються на нашій спеціальності, і випускників показало, що програма навчання перевантажена дисциплінами теоретичного спрямування, дисциплінами, що стосуються апаратного забезпечення та електронних компонентів, не вистачає дисциплін ІТ-спрямування та дисциплін, орієнтованих на розробку програмного забезпечення. Крім того, за думкою студентів, деякі дисципліни перевантажені складними темами, що спричинює складнощі у засвоєнні навчального матеріалу і, можливо, академічні борги.

Зараз назріла необхідність розробки нової освітньої програми та навчального плану, де ми маємо врахувати вимоги студентів та роботодавців, а також нові тенденції поєднання телекомунікаційних технологій з ІТ та технологіями AI, ML. На нашу думку, це зробить спеціальність більш привабливою для абітурієнтів, більш цікавою для студентів, дозволить майбутнім фахівцям отримувати необхідні фахові компетентності і стати конкурентоздатними на ринку телекомунікацій.

У цій статті ми зосередимося формуванні освітньої програми бакалавра з електронних комунікацій. Ми пропонуємо зробити акцент на поєднанні мережевих комунікаційних технологій у поєднанні з ІТ, AI, ML. У зв'язку з цим ми пропонуємо скоротити та перегрупувати деякі курси, пов'язані з теоретичними аспектами телекомунікацій та електронікою.

Нова освітня програма, на нашу думку, має складатися з кількох освітніх траєкторій (рис. 1):

1) загальної підготовки (ЗП),

2) фахової підготовки (ФП), до складу якої входять дисципліни з інформаційних технологій (програмування, розробка баз даних), технологій AI, ML, інтелектуального аналізу даних (DM), імерсивних технологій;

3) вибіркової складової (ДВВ - дисциплін вільного вибору студентів).

Дисципліни траєкторії 1 є традиційними і загальними для підготовки бакалаврів. Ці дисципліни дають базові знання, необхідні для вивчення спеціальних дисциплін та формування загальних компетентностей майбутніх спеціалістів. Вони читаються протягом восьми семестрів навчання бакалаврів.

Дисципліни траєкторії 2 є фаховими і скомпоновані відповідно до стандарту з телекомунікацій. Дисципліни цієї траєкторії орієнтовані на забезпечення підготовки фахівців у галузі телекомунікацій, здатних формулювати, узагальнювати та розв'язувати практичні задачі у своїй професійній діяльності на базі високого рівня професійної підготовки та наукового світогляду з використанням фундаментальних та спеціальних знань і системного підходу.

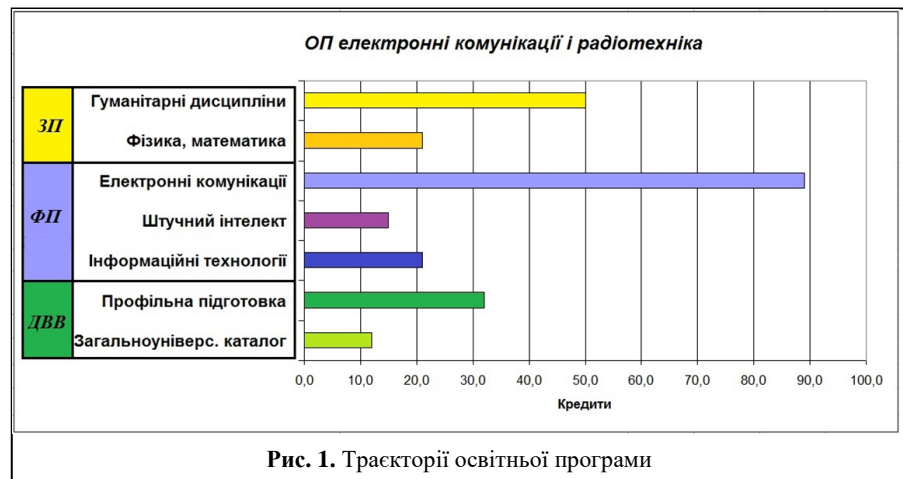
Дисципліни IT, AI, ML, DM послідовно входять до навчального плану протягом восьми семестрів навчання бакалаврів. Силабуси цих дисциплін мають мати прив'язку до специфіки електронних комунікацій. Особливу увагу при складанні силабусів слід звернути на прикладний аспект та практичні приклади застосування технологій зазначених технологій для вирішення задач у телекомунікаціях. Крім того, для більш ефективного навчання студентів ми плануємо залучати спеціалістів-практиків з телекомунікаційних організацій та сертифікованих інструкторів академії CISCO.

Дисципліни траєкторії 3 є вибірковыми. Студенти мають право на вибір навчальних дисциплін у межах, передбачених освітньою програмою та навчальним планом. Вибірковий блок складається з переліку дисциплін з галузі електронних комунікацій, технологій IT, AI, ML, DM та дисциплін, що входять до загально університетського каталогу.

У рамках індивідуалізації навчання студенти мають проходити обов'язкову професійну практику в організаціях наших галузевих партнерів та стейкхолдерів, виконувати курсові проекти та бакалаврські роботи.

Важливим питанням у якісній підготовці спеціалістів з електронних комунікацій є використання імерсивних технологій у навчальному процесі.

Протягом багатьох років освітяни намагаються застосовувати різноманітні технології, щоб залучити студентів, викликати інтерес до навчання, покращи-



ти розуміння тем, що викладаються у навчальних дисциплінах. Останнім часом зростає увага до застосування у навчанні імерсивних технологій, таких як віртуальна реальність (VR), доповнена реальність (AR), змішана реальність (MR) [20, 21]. Ці технології дозволяють втілити у тривимірному просторі ідеї матеріалу, що викладається, а це дає можливість студентам краще зрозуміти та засвоїти матеріал.

Використання потенціалу можливостей технологій VR, AR, MR допоможе візуалізувати абстрактні теоретичні концепції навчальних дисциплін з галузі інженерії телекомунікацій і покращити якість теоретичного навчання студентів, отримання ними практичних навичок та компетентностей, передбачених стандартом та освітньою програмою.

Питанням імерсивного навчання присвячено багато публікацій з прикладами застосування у різних сферах освіти. Імерсивне навчання - це навчання з ефектом занурення, методика навчання на основі досвіду, яка використовує реальність (VR, AR, MR) для моделювання сценаріїв реального світу та навчання студентів у безпечному та захоплюючому навчальному середовищі. Використання штучного середовища, максимально наближеного до справжнього життя, дозволяє не тільки усунути зовнішні відволікаючі фактори, але й позбутися одноманітності в процесі навчання, забезпечуючи стимулюючу візуалізацію.

Завдяки технологіям імерсивного навчання студенти можуть контролювати свої результати, пов'язуючи їх з реальним досвідом, управляти віртуальним світом, у якому вони перебувають. Технології імерсивного навчання дозволяють відтворити віртуально будь-яке фізичне середовище, до якого не було доступу в стінах аудиторії.

## Висновки

Стрімкий розвиток телекомунікаційної галузі вимагає суттєвих коригувань освітніх програм та навчальних планів у сфері телекомунікацій. Зокрема, у освітніх програмах необхідно надати більший акцент предметам, пов'язаним з інформаційними технологіями, та розробкою програмного забезпечення, технологіями AI, ML, DM, імерсивними технологіями і дещо скоротити теми, пов'язані з електронікою та апаратним забезпеченням. Такий підхід дозволить підготувати випускників з достатніми фаховими компетенціями та

професійними навичками для вирішення міждисциплінарних завдань у галузі електронних комунікацій відповідно до вимог нашого часу.

Ми пропонуємо використовувати технології іммерсивного навчання (VR, AR, MR) у навчальному процесі, оскільки це допоможе візуалізувати абстра-

ктні теоретичні концепції навчальних дисциплін з галузі інженерії телекомунікацій і покращити якість теоретичного навчання студентів, отримання ними практичних навичок та компетентностей, передбачених стандартом спеціальності та освітньою програмою.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Telecoms and technology outlook 2023. [https://www.eiu.com/n/campaigns/telecoms-in-2023/?utm\\_source=google&utm\\_medium=ppc&utm\\_campaign=industries-in-2023&gclid=Cj0KCQjwsIejBhDOARIsANYqkD2Uq25RgUPD4Pevu-Lz3Cs38gtWPE7KqCATX2bVRRHyExHYmxSZ86EaAmBgEALw\\_wcB](https://www.eiu.com/n/campaigns/telecoms-in-2023/?utm_source=google&utm_medium=ppc&utm_campaign=industries-in-2023&gclid=Cj0KCQjwsIejBhDOARIsANYqkD2Uq25RgUPD4Pevu-Lz3Cs38gtWPE7KqCATX2bVRRHyExHYmxSZ86EaAmBgEALw_wcB)
2. Закон України "Про телекомунікації" від 18.11.2003 № 1280-IV. <https://tax.gov.ua/zakonodavstvo/podatkove-zakonodavstvo/zakoni-ukraini/arhiv-zakoniv-ukraini/zakoni-ukraini-za-2003-rik/30850.html>
3. Latest Telecom Industry Trends in 2023: A Look into the Future. <https://tridentstechnology.com/telecom-industry-trends/>
4. Технології і концепції Industry 4.0 <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation>
5. Олійник В.М., Речембей В.В. Сучасні тенденції розвитку телекомунікаційних технологій. Математичні методи, моделі та інформаційні технології у економіці. Вип. 14/2018, с. 106-1022. [https://economyandsociety.in.ua/journals/14\\_ukr/145.pdf](https://economyandsociety.in.ua/journals/14_ukr/145.pdf)
6. Тюндер І.С. Концепція розвитку телекомунікацій в Україні. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля № 1 (271) 2022, с.41-46
7. Y. Li and M. Chen, "Software-Defined Network Function Virtualization: A Survey," IEEE Access, vol. 3, pp. 2542–2553, 2015.
8. T. D. Nadeau and K. Gray, SDN: Software Defined Networks: An Authoritative Review of Network Programmability Technologies. O'Reilly Media, 2013.
9. Anand Nauyar, Пріті Награт, Бхавна Сінгла. Software Defined Networks: Architecture and Applications 1st Edition. Publisher: Wiley-Scrivener; 1st edition (June 28, 2022). 576 p.
10. S. Aleksic and I. Miladinovic, "Network virtualization: Paving the way to carrier clouds," in 2014 16th International Telecommunications Network Strategy and Planning Symposium (Networks), Sept 2014, pp. 1–6.
11. M. D. Ananth and R. Sharma, "Cost and performance analysis of network function virtualization based cloud systems," in 2017 IEEE 7th International Advance Computing Conference (IACC), Jan 2017, pp. 70–74.
12. J. Costa-Requena, J. L. Santos, V. F. Guasch, K. Ahokas, G. Premsankar, S. Luukkainen, O. L. Perez, M. U. Itzazelaia, I. Ahmad, M. Liyanage, M. Ylianttila, and E. M. de Oca, "SDN and NFV integration in generalized mobile network architecture," in 2015 European Conference on Networks and Communications (EuCNC), June 2015, pp. 154–158.
13. Big Data Analytics, Machine Learning and Artificial Intelligence in Next-Generation Wireless Networks <https://arxiv.org/pdf/1711.10089.pdf>
14. F. Boccardi, R. W. Heath, A. Lozano, T. L. Marzetta, and P. Popovski, "Five Disruptive Technology Directions for 5G," IEEE Commun. Mag., vol. 52, no. 2, pp. 74–80, Feb. 2014.
15. Ефективні рішення на основі великих даних. [https://datacell.lifecell.ua/?gclid=CjwKCAjw1MajBhAcEiwAagW9MbaaZCnmgjortuaUT3AxQq\\_JJZXeoEm8P4mbrIpoYxP\\_O5oQjBvBoCME8QAvD\\_BwE#benefits](https://datacell.lifecell.ua/?gclid=CjwKCAjw1MajBhAcEiwAagW9MbaaZCnmgjortuaUT3AxQq_JJZXeoEm8P4mbrIpoYxP_O5oQjBvBoCME8QAvD_BwE#benefits)
16. Common uses of ai in telecommunications. <https://techsee.me/blog/artificial-intelligence-in-telecommunications-industry/>
17. AI for Telecom: Automatic, Adaptive, Autonomous. <https://softengi.com/blog/ai-is-the-telecom-industry-trend-automatic-adaptive-autonomous/>
18. Advancing AI In Telecommunications: Where Are You In Your Modernization Strategy? <https://www.forbes.com/sites/cindy-gordon/2022/01/25/advancing-ai-in-telecommunications-where-are-you-in-your-modernization-strategy/?sh=40d384664724>
19. The Role of ML in the Telecom Industry. <https://www.panlearn.com/articles/ai-machine-learning/the-role-of-ml-in-the-telecom-industry>
20. The role of immersive technologies in the telecom industry <https://insidetelecom.com/the-role-of-immersive-technologies-in-the-telecoms-industry/>
21. Using Immersive Virtual Reality in Field Service Telecom Engineers Training [https://www.researchgate.net/publication/352439204\\_Using\\_Immersive\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Field\\_Service\\_Telecom\\_Engineers\\_Training](https://www.researchgate.net/publication/352439204_Using_Immersive_Virtual_Reality_in_Field_Service_Telecom_Engineers_Training)

Received (Надійшла) 28.06.2023

Accepted for publication (Прийнята до друку) 06.09.2023

#### IT and technologies of artificial intelligence in the training of telecommunications engineers

L. Nikitina, N. Dzheniuk, L. Borysova

**Abstract.** The development of the telecommunications industry in recent years has been in the direction of increasing the number of devices and subscribers connected to the network. In the formation of the telecommunications industry, we have software-defined networks, virtualization of network functions, the Internet of Things and 5G. Today, it is impossible to imagine the productive work of telecommunication networks and systems ensuring the proper quality of services without the use of artificial intelligence technologies and algorithms and the use of appropriate software. Educational programs and curricula for the training of telecommunications engineers of Ukrainian universities should promptly take into account modern development trends and innovations in the telecommunications industry. In our opinion, in order to train highly qualified and competitive specialists in telecommunications, it is necessary to make certain changes in the curricula related to programming, data analysis and machine learning technologies, the application of models, methods and algorithms of artificial intelligence in the telecommunications industry. The article proposes the inclusion of relevant disciplines in the curricula.

**Keywords:** telecommunications engineering, big data analytics, machine learning, artificial intelligence, wireless networking, immersive learning.