

УДК 621.396.39 (045)

## АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ КІЛЬКОСТІ АБОНЕНТІВ СТІЛЬНИКОВИХ МЕРЕЖ ВІД ДОХОДІВ НАСЕЛЕННЯ

*Г. Ф. Конахович*, д-р техн. наук, проф.; *І. О. Козлюк*, д-р техн. наук, проф.;  
*Р. С. Одарченко*, *В. В. Ткаченко*

Національний авіаційний університет  
Odarchenko.r.s@mail.ru

*Проведено аналіз перспектив впровадження технології LTE як у світі, так і в Україні зокрема. Наведено методику прогнозування попиту на послуги новітніх телекомунікаційних систем, а також спрогнозована можлива кількість користувачів мереж LTE в Україні. Прогноз ґрунтується на кореляційно-регресійному аналізі, береться до уваги статистика за кількістю користувачів мереж GSM за попередні роки. Методика надає змогу визначити попит на ресурси мереж LTE, виходячи із вікової структури потенційних користувачів та їх доходів.*

**Ключові слова:** технологія LTE, прогнозування попиту, телекомунікаційна система, обсяг користувачів, кореляційний аналіз.

*A study on implementation technology LTE in the world and in Ukraine in particular is given. The method of forecasting demand for advanced telecommunications systems, and predicted possible number of LTE network users in Ukraine are given. Forecast is based on correlation and regression analysis and takes into account statistics of the number of GSM users in previous years. Method allows to determine the demand for LTE network resources, based on the age structure of potential users and their income.*

**Keywords:** LTE technology, demand forecasting, telecommunication system, the volume of users, correlation analysis.

### Вступ

При значних інвестиціях в отримання частоти, інфраструктуру та маркетингові заходи, необхідні для запуску, надання і розвитку послуг мобільного широкосмугового доступу МШПС, значення точного прогнозування не можна переоцінити.

Точні прогнози необхідні для визначення:

- кількості абонентів МШПС;
- середнього доходу (ARPU) щодо послуг МШПС;
- виручки від послуг МШПС;
- частки ринку МШПС;
- темпів прийняття окремих продуктів і послуг (завантаження музики і відео, відеозв'язок);

- еластичності цін (вплив зниження цін і пакетів послуг безлімітного доступу);
- вимог до смуги пропускання (радіоканал, транспортна мережа, опорна мережа).

Ці прогнози потрібні для техніко-економічного обґрунтування інвестицій, встановлення правильних цін на послуги, планування і побудови мережі, стимулювання продажів і маркетингових планів, а також при спілкуванні з інвесторами і законодавцями. Щоб прогноз був корисним, необхідно мати можливість одержувати його протягом годин, хвилин або навіть секунд.

Найбільший інтерес викликають методи прогнозування, наведені в табл. 1 [3].

*Таблиця 1*

**Методи прогнозування**

Методи багатofакторного прогнозування	Методи однофакторного прогнозування
Регресійні моделі: адаптивні регресії регресійні Я-моделі адаптивне згладжування факторний аналіз метод групового обліку аргументів (МГОВА) імітаційні моделі багатовимірні фільтрація	Методи прогнозування тренду: Експонентне згладжування Узагальнююче експонентне згладжування Спектральні методи Метод ковзної середньої Метод Бокса — Дженкінса Метод марковських ланцюгів Оптимальні фільтри Сплайн-функції Методи прогнозування випадкового компонента: Метод авторегресії Імовірнісний метод

Як статистичні критерії застосовують такі:

1. Перевірка виду розподілу (його нормальність).
2. Перевірка щільності зв'язку, його надійності.
3. Перевірка автокореляції.
4. Перевірка однорідності динамічного ряду.
5. Перевірка достатньої кількості точок динамічного ряду.
6. Критерії якості моделі.
7. Тест на рівність середнього нулю.
8. Тести на гармонійні складові частини.
9. Тест на вибір істотних змінних.
10. Тест на мультиколінеарність.
11. Тест на причиновість.
12. Тест на істотність параметрів моделі.

### Аналіз досліджень і публікацій

Мета й механізми впровадження нових телекомунікаційних технологій досліджені в опублікованих працях Балабанова І., Галкіна З., Голдовського І., Зуєва А., Іванова Ю., Инджикяна Р., Кобелева О., Коржова В., Курицького А., Мясникова Л., а також у декількох захищених в останні роки кандидатських дисертаціях, наприклад, М. Кульченко й Р. Русаковського [1; 2].

Цьому ж присвячені публікації ряду закордонних учених, серед яких дисертант виділяє таких авторів, як Барроу К., Бейли З., Гревал Р., Козяче Д., Мак-Ивор Р., Позначка Р., Риган К., Стенфілд ІЗ, Уоллес У.Д., Чен К., Шульц Д. Е. Проте питання щодо оцінювання попиту на телекомунікаційні ресурси мереж LTE залишається не розглянутим.

### Постановка завдання

Необхідним є розроблення дієвої методики розрахунку на послуги новітніх телекомунікаційних технологій, що дозволить доволі точно оцінити перспективи технології в майбутньому, зокрема технології LTE.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Наприкінці 1999 р. у нашій країні чисельність абонентів мобільного зв'язку не перевищувала 300 тис. осіб, при чому дві третини користувачів обслуговував беззаперечний лідер компанія «Український мобільний зв'язок» (УМЗ). Але вже тоді в конкуренцію з нею вступив «Київстар» — молодий, але з великими амбіціями.

Одночасно з «Київстаром» у 1997-м стартували ще п'ять операторів мобільного зв'язку, однак тільки він продовжував будівництво мережі в кризові 1998—1999 рр.

Завдяки цьому в 2000-му «Київстар» зміг збільшити чисельність своїх абонентів майже в

шість разів, а в наступному, 2001 році — обігнати за цим показником УМЗ (1,15 млн проти одного мільйона користувачів). Настільки швидке зростання абонентської бази було викликане стрімким падінням вартості послуг.

Ще одним каталізатором розвитку ринку стало скасування плати за вхідні дзвінки у вересні 2003-го.

Уже в 2004-му мобільних телефонів в Україні було більше, ніж стаціонарних, а доходи від мобільного зв'язку вперше перевищили доходи операторів звичної телефонії.

Новий імпульс конкурентній боротьбі надав вихід на український ринок у 2005 році компанії «Астеліт» (TM Life:) контрольний пакет належить турецькій *Turkcell*) і російському «Вимпелкому» (TM Beeline).

Уже до початку 2007-го чисельність абонентів мобільного зв'язку перевищила кількість жителів у країні — деякі громадяни користуються декількома мобільними телефонами.

Оператори намагалися запропонувати свої послуги все новим верствам населення.

Були розроблені спеціальні тарифи для студентів і школярів (SMS прийшли на зміну шпаргалкам), для донеччан і кримчан, для українців у Італії і для іноземців, які приїхали до нас на Євробачення, для глухих (спілкуватися за допомогою SMS), для членів Спілки журналістів, для представників мережевого маркетингу. Дійшло до того, що «Київстар» під торговою маркою «Мобілич» запропонував спеціальні тарифи для людей старшого покоління. Але ажіотажним попитом ці пакети не користувалися.

Чисельність абонентів стільникових мереж стандарту GSM досягла насичення після 2007 р.

Наступним етапом розвитку стільникових систем зв'язку стало впровадження мереж 3-го покоління.

Як показав досвід, у зв'язку з проблемами із видачі ліцензій, ця технологія не досягла очікуваного поширення в Україні.

Метою ж даної роботи є оцінювання можливої кількості абонентів стільникових мереж 4-го покоління.

### Розрахунок залежності між обсягом абонентів стільникових мереж GSM та доходами населення

Розрахунки виконувались за допомогою програмного середовища MathCad.

Дані щодо обсягу абонентів і доходами населення (2002—2009) занесемо в робочу таблицю (табл. 2) і зробимо відповідні розрахунки.

Таблиця 2

Дані щодо обсягу абонентів стільникових мереж і доходів населення у 2002—2009 рр.

$x_i$ (дохід)	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i$ ( $V_{аб.}$ )	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
4,7	-301	90830	185	-27,5	758	8299
8,8	-270,8	73333	215,7	-23,4	549,3	6347
14,2	-212,2	45050	274,2	-18	325,35	3828
27,8	-105	11040	381,4	-4,4	19,691	466
46,1	-14,4	207	472	13,863	192,16	-200
50	136,8	18720	623,3	17,8	315,5	2430
53,1	359,2	129000	845,6	20,86	435,24	7493
53,2	407,8	166300	894,3	20,96	439,43	8549
$\bar{x} = 32,3$		$\sum(x_i - \bar{x})^2 =$ $= 534500$	$\bar{y} = 486,5$		$\sum(y_i - \bar{y})^2 =$ $= 3035$	$\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) =$ $= -37210$

1. Розрахуємо значення нормованого коефіцієнта кореляції:

$$r_{x/y} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}; \quad r_{x/y} = 0,924.$$

2. Визначаємо кінцевий вигляд рівнянь прямої регресії:

$$y_x = \bar{y} + \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2}}(x - \bar{x});$$

$$y_x = 24279 + 50,9 x;$$

$$x_y = \bar{x} + \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}(y - \bar{y});$$

$$x_y = 21290 + 675,5 y.$$

3. Визначаємо абсолютні похибки рівнянь:

$$\sigma_{y/x} = \sigma_y \sqrt{1 - r^2} = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \sqrt{1 - r^2};$$

$$\sigma_{y/x} \sim 0,38 \%;$$

$$\sigma_{x/y} = \sigma_x \sqrt{1 - r^2} = \sqrt{\frac{(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \sqrt{1 - r^2};$$

$$\sigma_{x/y} \sim 0,36 \%.$$

4. Заховуємо відносні похибки рівнянь регресії:

$$\sigma_{y/x} = \frac{\sigma_{y/x}}{\bar{y}} 100 \%; \quad \sigma_{y/x} \sim 25 \%;$$

$$\sigma'_{x/y} = \frac{\sigma_{x/y}}{\bar{x}} 100 \%; \quad \sigma''_{x/y} \sim 7 \%.$$

5. Для графічного подання кореляційної залежності між ознаками знаходимо координати ліній регресії, підставивши в кінцевий вигляд рівнянь для  $y_x$  і  $x_y$  дані будь-якого розрахунку.

6) Подаємо графічно це рівняння регресії (рис. 1).

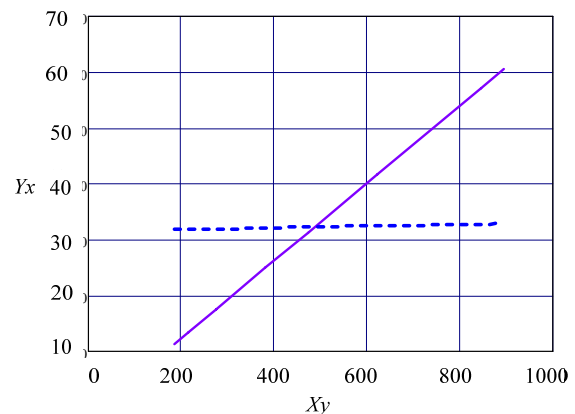


Рис. 1. Графічне подання кореляційної залежності обсягу абонентів стільникових мереж від доходів населення

7) На підставі зроблених розрахунків і графічного зображення рівняння регресії робимо такі висновки:

- відносна похибка функції  $x_y = 5,23 - 0,076y$  менша (7 %), тож прогноз обсягу кількості абонентів стільникових мереж за значеннями, що зумовлюють динаміку доходів населення за 2002—2009 рр., більш точний;

- на графіку лінії рівняння регресії розташовані майже під прямим кутом, тому що значення коефіцієнта кореляції близьке до нуля ( $r_{xy} = -0,073$ ).

На підставі отриманих результатів складемо прогноз обсягів абонентів від основних факторів (розрахунки виконувалися за допомогою програмного забезпечення MathCad 14); графічно цей прогноз подано на рис. 2—4.

### Висновки

У даній роботі було проведено аналіз темпів зростання абонентської бази користувачів стільникових мереж 2-го та 3-го покоління на початкових етапах їх впровадження та у довгостроковій перспективі.

Було показано, що ця кількість із часом досягає певного рівня насичення, зумовленого соціальним, культурним, технологічним розвитком

та демографічною ситуацією (для кожної країни він є різним). Досягнувши цієї межі загальнонаціональна кількість абонентів залишається майже незмінною. Вказано основні причини поганого

рівня впровадження та розвитку стільникових мереж третього покоління в Україні. Приблизно розраховану можливу кількість користувачів мереж LTE в майбутньому.

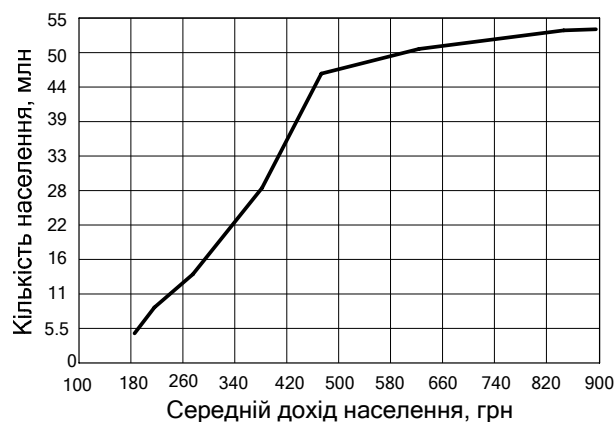


Рис. 2. Залежність кількості абонентів стільникових мереж від сукупних доходів населення у 2002—2009 рр.

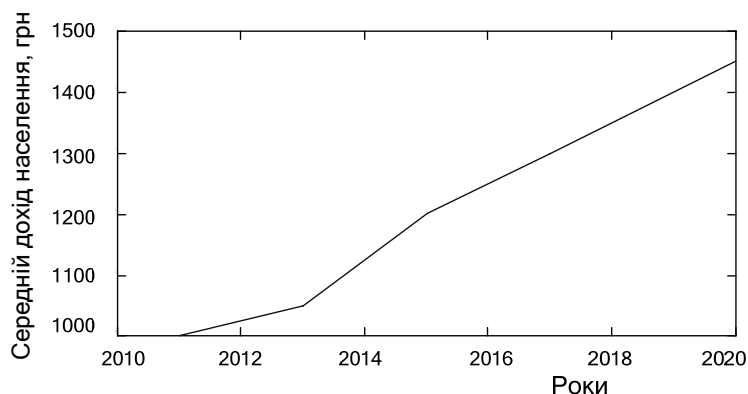


Рис. 3. Можлива кількість доходів населення по рокам від 2011 до 2020

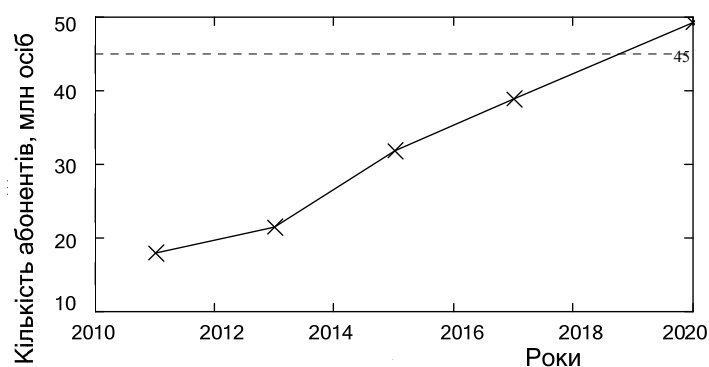


Рис. 4. Прогнозована кількість абонентів мереж LTE в Україні у 2011—2020 рр. залежно від сукупних доходів українців

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вишневский В. М. Энциклопедия WiMAX: Путь к 4G / В. М. Вишневский, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. — М. : Техносфера, 2009. — 472 с.

2. Тихвинский В. О. Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура / В. О. Тихвинский, С. В. Терентьев, А. Б. Юрчук. — М. : Эко-Трендз, 2010. — 284 с.

3. Козлюк І. О. Забезпечення економічної безпеки авіаційної галузі: монографія / І. О. Козлюк. — К. : Книжкове видавництво НАУ, 2005. — 236 с.

Стаття надійшла до редакції 18.04.2012.