

УДК 621.391

КЛАСИФІКАЦІЯ КРАЇН ЗА РІВНЕМ РОЗВИТКУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ



[Г.С. ГАЙВОРОНСЬКА](#)

Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики
ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій



[П.П. ЯЦУК](#)

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації



[І.В. ГАННИЦЬКИЙ](#), [Ю.С. КАЗАК](#)

Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики
ім. В.С. Мартиновського Одеської національної академії харчових технологій

Abstract – This article discusses research development of ICT sector in the world. Determining the level of technology development for countries assessment is carried out by statistics on its use of the method of cluster analysis. If the value of the technology is known for a set of countries, we can talk about the possibility of classifying them in terms of development of this technology. For this analysis, we used the official data on the number of users of different types of communication in 53 countries for the period from 2000 to 2012. Data were taken from the site of the International Telecommunication Union. Studied data on the number of connections using: fixed wired broadband connection (T1), fixed telephony (T2), mobile communications (T3) Internet (T4). The result of applying cluster analysis will be the formation of several groups (clusters) of objects that are "similar" on a few selected indicators or integrated indicator.

Анотація – У роботі розглядається дослідження розвитку сфери телекомунікаційних технологій у світі методами кластерного аналізу. Досліджуються офіційні статистичні дані про кількість користувачів різних інформаційно-комунікаційних видів зв'язку в період з 2000 по 2012 рік. У результаті проведеного кластерного аналізу виділено по три групи країн з різним рівнем розвитку для кожного виду зв'язку.

Аннотация – В работе рассматривается исследование развития сферы телекоммуникационных технологий в мире методами кластерного анализа. Исследуются официальные статистические данные о количестве пользователей различных информационно-коммуникационных видов связи в период с 2000 по 2012 год. В результате проведенного кластерного анализа выделены по три группы стран с разным уровнем развития для каждого вида связи.

Вступ

Сфера інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) є однією з галузей, що динамічно розвиваються в світі. Своїм зростанням галузь зобов'язана повсюдному проникненню інформаційних технологій в бізнес-процеси організацій, механізми державного управління і повсякденне життя людей. Інформаційно-комунікаційні технології є порівняно новим елементом в світовій економіці, але їх вплив на економічне і політичне життя країн світу різко зростає. Це призводить до того, що розвинені країни, та країни, що розвиваються, розглядають ІКТ як пріоритетний напрям в розвитку. На фоні швидкого технічного прогресу підсилюється «цифрова нерівність», під якою мається на увазі розрив у об'ємі використання ІКТ в розвинених кра-

їнах та країнах, що розвиваються. Подолання цифрової нерівності можна досягнути за рахунок прискорення темпів впровадження сучасних ІКТ в країнах, що розвиваються, яке повинно виконуватися згідно зі світовою практикою, з використанням найбільш ефективних шляхів, які можна знайти на основі аналізу тенденцій розвитку технологій в розвинених країнах.

Велику увагу питанню «цифрової нерівності» приділяє міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ), місія якого полягає в тому, щоб забезпечити зростання і стійкий розвиток інформаційних мереж, які сприяють створенню універсального доступу, для того щоб люди, де б вони не знаходилися, могли стати учасниками інформаційного суспільства і глобальної економіки та користуватися перевагами інфокомунікацій. Можливість вільно спілкуватися – це одна з необхідних умов більш справедливого, процвітаючого і мирного суспільства. Міжнародний союз електрозв'язку передбачає, що подолання «цифрового розриву» можливо шляхом побудови інформаційно-комунікаційної інфраструктури та створенням необхідного потенціалу для розвитку довіри при використанні кіберпростору за рахунок підвищення он-лайн безпеки. Всі аспекти роботи МСЕ вважають своєю основною метою забезпечення для кожної людини легкого, в ціновому відношенні, доступу до інформації та зв'язку, і спрямовані на надання істотного сприяння у соціально-економічному розвитку в інтересах всіх людей. Це досягається шляхом розробки стандартів для створення інфраструктури надання інфокомунікаційних послуг (ІКП), що значною мірою ґрунтується на широкому використанні телекомунікаційних технологій.

I. Постановка задачі

На фоні швидкого технічного прогресу мережні оператори постійно зіштовхуються з проблемою вибору телекомунікаційних технологій (ТТ). Досвід розвитку технології впливає на цей процес. Успішне використання конкретних технологій в розвинених країнах може бути враховано при прийнятті рішень про їх застосування в країнах, де вони ще не використовуються. Цю задачу розглянуто у низці робіт як вітчизняних, так і закордонних вчених, наприклад [1]. Загальну постановку задачі, одному з аспектів якої присвячено дану статтю, наведено у роботах авторів [2, 3].

Дана робота ілюструє деякі результати аналізу статистичної інформації, яка дозволила уявити вплив розвитку ІКТ на загальні показники побудови інформаційно-комунікаційної інфраструктури України та на зменшення «цифрового розриву» між різними країнами. Для оцінки можливості його зменшення виділимо клас високорозвинених країн, для яких оцінимо тенденції розвитку технологій, а потім проаналізуємо, яким чином можна використати цей досвід в країнах, що розвиваються. Для цього визначимо рівень розвитку аналізованого показника в класі високорозвинених країн. Визначення рівня розвитку конкретної технології для окремої країни проводиться шляхом оцінки статистичних даних про її використання. Якщо значення рівня розвитку технологій відомо для деякої множини країн, можна говорити про можливість їх класифікації за рівнем розвитку цієї технології.

II. Аналіз статистичних даних що до розвитку ІКТ

Проведемо кластерний аналіз статистичної інформації і дослідимо ступінь схожості об'єктів вибірки за рівнем їх розвитку. Для аналізу використано офіційні дані про кількість користувачів різних видів зв'язку в 53-х країнах світу за період з 2000 по 2012 рік [4-6]. Досліджено дані про кількість точок підключення при використанні: фіксованого проводового ширококутного зв'язку (Т1), фіксованого телефонного зв'язку (Т2), мобільного зв'язку (Т3), Інтернет (Т4). Результатом застосування процедури кластеризації [7,8] є формування декількох підгруп-кластерів об'єктів дослідження, в кожному з яких містяться об'єкти спостереження, «схожі» за обраними показниками або за інтегрованим показником. У даному дослідженні використано інтегрований показник, в якості якого обрано середній показник кількості точок підключення для кожного з видів зв'язку.

Для виявлення груп країн, близьких за рівнем прийняття інтегрованого показника, застосовано метод «ближнього сусіда» при використанні трьох видів метрик. Метод кластеризації дозволяє об'єднати країни зі «схожим», «близьким» рівнем розвитку ІКТ за введеним інтегрованим показником, а також за конкретними технологіями. Для цього математично введено та обґрунтовано відоме поняття метрики, тобто умовної «відстані» між об'єктами вибірки [7]. За цією відстанню проводиться групування країн у конкретні групи. Використання конкретної метрики не обмежено тими чи іншими умовами. Різні формули для обчислення відстаней між об'єктами застосовано з метою перевірки даних, що отримані як результат кластеризації, та достовірності отриманих результатів.

1) Найбільш загальний тип відстані, що використовує Евклідову метрику, визначається з виразу

$$d_{ke}^E = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^n (z_{kj} - z_{ej})^2}, \quad (1)$$

де d_{ke} – відстань між країнами; m – кількість ознак; n – кількість змінних, якими описуються об'єкти; z_{kj} – числове значення змінної k для j -го об'єкта; z_{ej} – числове значення змінної e для j -го об'єкта.

2) При необхідності розрізнити два об'єкти, що відрізняються за будь-якою однією координатою, застосовується метрика Чебишева. В цьому випадку відстань обчислюється за формулами

$$d_{kl,\max}^C = \max |z_{kj} - z_{ej}|, \quad (2.1)$$

$$d_{kl,\min}^C = \min |z_{kj} - z_{ej}|, \quad (2.2)$$

де формулу (2.1) застосовано для визначення максимально несхожих об'єктів k та l , а формулу (2.2) для об'єктів k та l , що найбільш «близькі» один до одного.

3) Для перевірки отриманих результатів застосована Манхеттенська метрика, що є простим середнім різниць по координатах. У більшості випадків ця міра відстані призводить до таких же результатів, що і Евклідова метрика. Манхеттенську відстань обчислюємо за формулою:

$$d_{ke}^M = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n |z_{kj} - z_{ej}|, \quad (3)$$

де d_{ke}^M – відстань між країнами k та l при використанні Манхеттенської метрики.

Розглянемо початкові статистичні дані для кожної групи показників. Як показано в табл. 1, дані мають великий розкид, що негативно впливає на побудову кластера.

Таблиця 1. Дані про кількість користувачів

Країни	Фіксований широкосмуговий зв'язок	Мобільний телефонний зв'язок	Фіксований телефонний зв'язок	Відсоток користувачів Інтернет
Австрія	1262746	9509198	3614769	60
Азербайджан	267279	4476405	1208219	21
...
Молдова	119321	1718217	955713	19
Польща	2690346	31933336	10111327	41
США	53646550	218217541	167908456	67
Туркменістан	753	1132026	444938	2
Узбекистан	51350	8125834	1801042	11
Україна	1132626	33905591	12011422	11
Франція	12018732	49366166	36033248	53
Швейцарія	1791004	7615364	4989000	72

Для зменшення розкиду початкових даних застосуємо процедуру їх нормування. Для цього скористаємося виразом

$$x^* = \frac{x}{x_{\max}}, \quad (4)$$

де x^* – шуканий коефіцієнт; x – кількість користувачів у певній країні; x_{\max} – максимальне число користувачів конкретного типу.

Для знаходження відстані між кластерами країн скористаємося Евклідовою метрикою (1). Отримані значення представлені в табл. 2.

При цьому врахуємо властивість симетричності Евклідової відстані, відповідно до якої Евклідова відстань, наприклад, між Молдовою та Австрією дорівнює відстані між Австрією та Молдовою. Тому розраховуємо Евклідову відстань тільки для однієї з кожної пари розглянутих країн. Для отримання матриці Евклідових відстаней між кластерами (табл. 3), утворених окремо кожною країною, скористаємося (1).

Таблиця 2. Квадрат відстаней між кластерами країн

Країни	Австрія	...	Молдова	Росія	США	Узбекистан	Україна	Франція	Швейцарія
Австрія	0	...	0,25	0,29	1,16	0,36	0,36	0,05	0,02
...	...	0	...	...	...	...	...	...	...
Молдова	0,25	...	0	0,1	1,54	0,01	0,2	0,22	0,41
Росія	0,29	...	0,1	0	1,04	0,11	0,08	0,17	0,44
США	1,16	...	1,54	1,04	0	1,65	1,54	0,76	1,14
Узбекистан	0,36	...	0,01	0,11	1,65	0	0,004	0,32	0,55
Україна	0,36	...	0,02	0,08	1,54	0,004	0	0,3	0,55
Франція	0,05	...	0,23	0,17	0,76	0,32	0,3	0	0,1
Швейцарія	0,02	...	0,41	0,44	1,14	0,55	0,55	0,1	0

Таблиця 3. Матриця відстаней між кластерами країн

Країни	Австрія	...	Молдова	Росія	США	Узбекистан	Україна	Франція	Швейцарія
Австрія	0	...	0,50	0,54	1,08	0,60	0,60	0,23	0,14
...	...	0	...	...	...	...	...	...	...
Молдова	0,50	...	0	0,31	1,24	0,10	0,12	0,48	0,64
Росія	0,54	...	0,31	0	1,02	0,33	0,27	0,41	0,66
США	1,08	...	1,24	1,02	0	1,28	1,24	0,87	1,07
Узбекистан	0,60	...	0,10	0,33	1,28	0	0,06	0,56	0,74
Україна	0,60	...	0,12	0,27	1,24	0,06	0	0,54	0,74
Франція	0,23	...	0,48	0,41	0,87	0,56	0,54	0	0,31
Швейцарія	0,14	...	0,64	0,66	1,07	0,74	0,74	0,31	0

Після отримання значень Евклідових відстаней між країнами проведено класифікацію об'єктів за допомогою програмного пакета статичної обробки початкових даних «STATISTICA-8», в результаті якої кластерний аналіз виявив групи країн, узагальнений рівень яких, за ознаками T1 ... T4, є досить близьким. Для більшої наочності наведемо дендрити, що ілюструють зміст кластерів (рис. 1 і табл. 4, 5), які описують об'єднання країн до кластерів 1 та 2 за різними показниками.

Кластер № 1 являє собою групу країн, які мають найбільше значення показників T1 ... T4. Ці країни представлені в табл. 4. Кластер № 2 являє собою групу країн із середнім рівнем розвитку видів зв'язку. У цьому кластері, рівень розвитку приблизно в 1,2 рази нижче, ніж в кластері № 1. Дані надано в табл. 5.

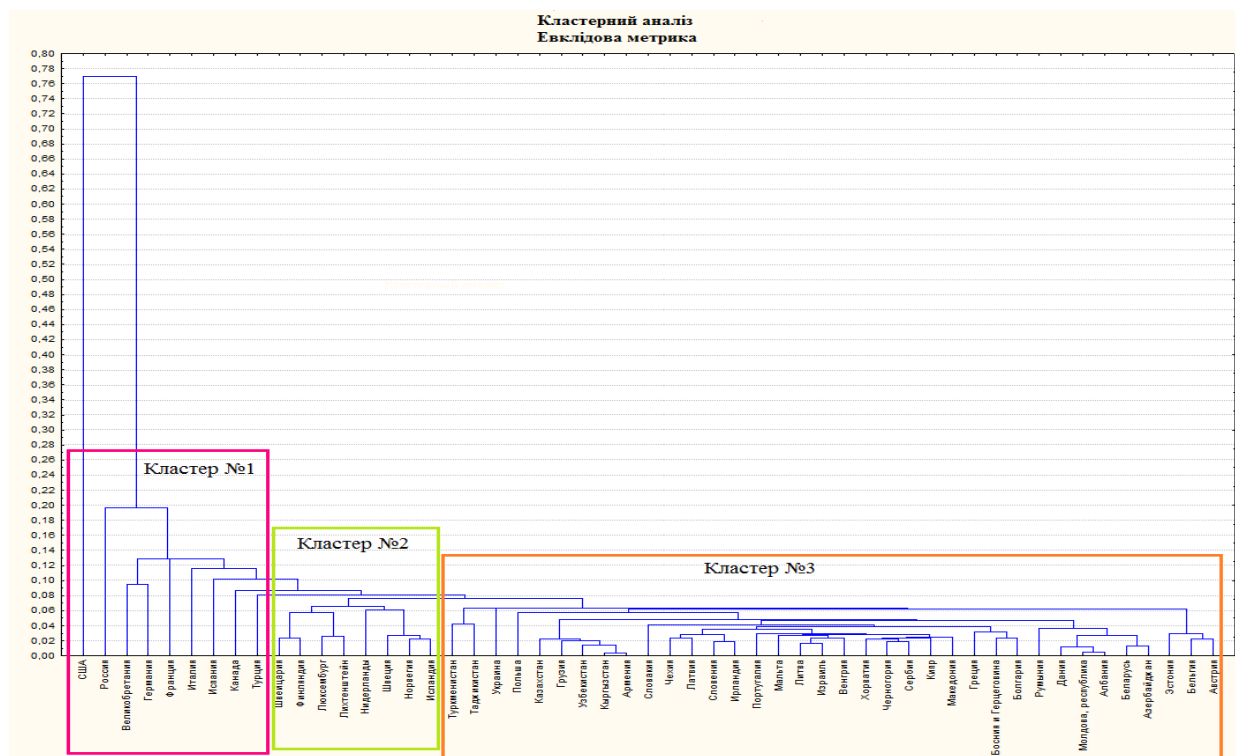


Рис. 1. Кластер №1, 2, 3

Таблиця 4. Країни, які складають кластер № 1

Країна	Середня кількість користувачів / коефіцієнт нормування даних за 10 років для:							
	T1	Коеф.	T2	Коеф.	T3	Коеф.	T4	Коеф.
Кластер 1								
Франція	12018732	0,19	49366166	0,1	36033248	0,13	52,8	0,64
Туреччина	3432329	0,05	46403659	0,09	17657764	0,06	23,7	0,29
Великобританія	11197929	0,17	66470794	0,13	34032264	0,12	67,8	0,82
США	53646550	0,83	218217541	0,42	167908456	0,59	66,7	0,81
Росія	6644332	0,10	135816791	0,26	40581143	0,14	22,2	0,27
Канада	7265525	0,11	18537085	0,04	19230156	0,07	71,4	0,86
Іспанія	6059101	0,09	42725494	0,08	19046461	0,07	47,5	0,57
Італія	7469744	0,12	75095222	0,14	24574309	0,09	39,7	0,48

До кластеру № 3 включено країни, в яких рівень розвитку фіксованого широкопосмутового зв'язку, мобільного зв'язку, фіксованого телефонного зв'язку і доступу до Інтернет в три рази нижче, ніж у кластері № 1. Список країн можна визначити із загальної вибірки, виключивши з неї країни, що належать до кластерів №1 і №2.

Таблиця 5. Країни, які складають кластер №2

Країна	Середня кількість користувачів / коефіцієнт нормування даних за 10 років для:							
	T1	Коеф.	T2	Коеф.	T3	Коеф.	T4	Коеф.
Кластер 2								
Ісландія	72051	0,001	300933	0,001	192030	0,001	82,7	1,000
Ліхтенштейн	14572	0,0002	26973	0,000	19825	0,000	65,8	0,796
Люксембург	89592	0,001	598625	0,001	255968	0,001	68,0	0,822
Нідерланди	4095644	0,063	16530562	0,032	7712192	0,027	76,2	0,922
Норвегія	1038962	0,016	4726491	0,009	1995121	0,007	81,6	0,987
Фінляндія	1065069	0,016	6181239	0,012	1952783	0,007	73,3	0,886
Швейцарія	1791004	0,028	7615364	0,015	4989000	0,017	71,9	0,869
Швеція	2068939	0,032	9419770	0,018	5386537	0,019	80,4	0,971

Для зручності аналізу країни, які повторюються, виділені в групи:

– група 1: Австрія, Азербайджан, Албанія, Вірменія, Білорусь, Бельгія, Болгарія, Боснія і Герцеговина, Угорщина, Греція, Грузія, Данія, Ізраїль, Ірландія, Казахстан, Кіпр, Киргизстан, Латвія, Литва, Македонія, Мальта, Молдова, Португалія, Румунія, Сербія, Словаччина, Словенія, Таджикистан, Туркменістан, Узбекистан, Хорватія, Чорногорія, Чехія, Естонія;

– група 2: США, Франція, Великобританія, Німеччина;

– група 3: Ліхтенштейн, Люксембург, Швейцарія, Швеція;

– група 4: Іспанія, Італія, Канада.

Висновки

Сфера телекомунікацій демонструє досить високі показники прогресу в світі, хоча все ще є великий розрив між розвиненими країнами і країнами, що розвиваються. Використання мобільного зв'язку в розвинених країнах досягає 87% та 79% в країнах, що розвиваються. Використання фіксованого телефонного зв'язку в розвинених країнах зменшилось на 9,8%, а в країнах, що розвиваються, на 6,7%, але цей вид зв'язку все одно залишається досить популярним у світі. За останні п'ять років, кількість користувачів Інтернет зросла на 18% і склала 62% від загальної кількості користувачів світу.

Провівши кластерний аналіз по 53-х країнах світу, можна помітити, що Україна знаходиться у третьому кластері, де рівень розвитку сфери ІКТ відносно низький. Рівень проникнення мобільного та фіксованого телефонного зв'язку у співвідношенні до загальної чисельності населення України становить 119,3% і 28,3% відповідно. У перспективі подальших досліджень передбачається аналіз інформаційно-технологічного розвитку видів зв'язку та визначення факторів, за рахунок яких Україна може підвищити свій рейтинг серед інших країн.

Список літератури:

1. *Baláz V., Williams A.M.* Diffusion and competition of voice communication technologies in the Czech and Slovak Republics, 1948-2009 // *Technological Forecasting and Social Change*. Available online July 2011. – P. 234-238.
2. *Gayvoronska G.* Human and telecommunication technologies life cycles comparison / *G. Gayvoronska, I. Ganytskyi, P. Yatsuk* / International science conference “Natural Information Technologies (NIT’2013)” // *International Journal «Information Models & Analyses*. – 2013. – Vol.2, №4. ITNEA, Madrid, Spain. – P. 345-348.
3. *Гайворонська Г.С.* Життєвий цикл телекомунікаційних технологій // *Г.С. Гайворонська, І.В. Ганницький, П.П. Яцук* // I Международная научно-практическая конференция «Проблемы инфокоммуникаций. Наука и технологии (PIC&T’2013)», 2013. – Х.: ХНУРЭ. – С. 29-31.
4. Международный союз электросвязи. Измерение информационного общества. Резюме. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/mis2013/MIS2013-exec-sum_R.pdf.
5. *ITU. ICT STATISTICS Home Page* [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/default.aspx>.
6. *UNECE.* Рабочая сила и заработная плата. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://w3.unec.org/prxweb/database/STATRU/20-ME/3-MELF/?lang=14>.
7. *Дюран Б., Оделл П.* Кластерный анализ / Пер. с англ. – М.: «Статистика», 1977. –128 с.
8. *Гитис Л.Х.* Статистическая классификация и кластерный анализ. – М.: МГТУ, 2003. – 157 с.