

УДК 303.22

Веретюк С.М., магістр; Пілінський В.В., к.т.н.

ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТНИХ НАПРЯМКІВ РОЗВИТКУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ В УКРАЇНІ

Veretyuk S.M., Pilinsky V.V. Determination of the priority directions for digital economy's development in Ukraine. On the base of the methodology DESI (Digital Economy and Society Index) a structure of digital economy was formulated. The qualitative and quantitative analysis based on cluster analysis of the technological gap between Ukraine and European countries was performed. Clusters centers and inter-cluster distances in new phase space as the value of technological gap were identified. Cost function was introduced. On the basis of this analysis the objective function with restrictions was defined. Based on this the task of optimization, namely the problem of minimizing resource were formed. Solutions were founded based on method of Lagrange multipliers. The components of the displacement vector in primary phase space were found. The analysis of results was performed and key priority areas and mechanisms to address the backlog were proposed. In accordance with the priorities for each component the proposals were formed to minimize the technological gap.

Key words: DESI, digital economy, information society, Lagrange multipliers.

Веретюк С.М., Пілінський В.В. Визначення пріоритетних напрямків розвитку цифрової економіки в Україні. На основі методики DESI (Digital Economy and Society Index) сформульовано модель структури цифрової економіки. Проведено якісний та кількісний аналіз технологічного відставання України від європейських країн в питанні розбудови цифрової економіки. Зокрема, за результатами проведеного аналізу [1] сформовано завдання мінімізації ресурсів та виконано пошук розв'язків на основі методу множників Лагранжа. Проведено аналіз результатів та запропоновані пріоритетні напрямки та механізми щодо подолання відставання.

Ключові слова: DESI, цифрова економіка, інформаційне суспільство, метод множників Лагранжа.

Веретюк С.С., Пилинский В.В. Определение приоритетных направлений развития цифровой экономики в Украине. На основе методики DESI (Digital Economy and Society Index) сформулирована модель структуры цифровой экономики. Проведен качественный и количественный анализ технологического отставания Украины от европейских стран в вопросе развития цифровой экономики. В частности, по результатам проведенного анализа сформулирована задача минимизации ресурсов и выполнен поиск решений на основе метода множителей Лагранжа. Проведен анализ результатов и предложены приоритетные направления и механизмы по преодолению отставания.

Ключевые слова: DESI, цифровая экономика, информационное общество, метод множителей Лагранжа.

Вступ

Розвиток цифрової економіки та формування інформаційного суспільства є стратегічною парадигмою постіндустріального світу, для якого характерне поступове зміщення акцентів з матеріального на нематеріальне виробництво. В статті [1] виконано порівняльний аналіз стану розвитку цифрової економіки в Україні за методологією DESI [2]. В результаті отримано значення складових індексу, вказано на наявний технологічний розрив між Україною та країнами Європи, зазначено ризики подальшого поглиблення відставання, сформульовано основні проблемні завдання.

Очевидною є необхідність системних перетворень та дій, спрямованих на подолання відставання.

Цифрова економіка використовує цифрові та комп'ютерні технології й на початку 2000-х в межах цифрової економіки визначили три компоненти [3]:

- розвиток та підтримка інфраструктури (апаратне та програмне забезпечення, телекомунікаційні системи та мережі);

- електронний бізнес (автоматизація та комп'ютеризація бізнес процесів, використання мережевих технологій);

- електронна комерція (онлайн торгівля, онлайн транзакції купівлі продажу, тощо).

Проте у цих формулюваннях немає головного компоненту – рушійної сили – людського інтелектуального ресурсу. Важливо підкреслити наявний дуалізм впливу цього фактору на цифрову економіку: з однієї сторони людина створює попит на продукцію, з іншого сама генерує нові продукти та сервіси. Рівень розвитку людського ресурсу визначає життєздатність всієї цифрової екосистеми.

Цифрова економіка є складовою частиною економіки, в якій домінують знання-суб'єктів та нематеріальне виробництво – основний показник під час визначення інформаційного суспільства. Поняття: «цифрова економіка», «економіка знань», «інформаційне суспільство» формують нову економічну систему, яка замінює індустріальну парадигму. Ця економічна модель надає можливість реалізації високо конкурентної продукції з високою доданою вартістю, створювати робочі місця нової якості, ефективно вирішувати соціальні, культурні та екологічні завдання. Розвинені країни приділяють прискіпливу увагу щодо гармонійного розвитку системо утворювальних елементів цифрової економіки, інформаційного суспільства та економіки знань.

Для України у наявний складний період надзвичайно важливо якнайшвидше трансформувати традиційну економіку в сучасну інформаційну інтелектуальну цифрову. Це безальтернативний шлях розвитку. Інакше – неминучі подальші соціальні, економічні кризи і, як наслідок, політична нерівновага, що, в свою чергу, може впливати як позитивний зворотній зв'язок і ще глибше занурювати країну в прірву. В умовах обмежених ресурсів постає вкрай актуальне питання щодо формування концентрованого ефективного впливу на ситуацію.

Метою статті є визначення «точок тиску» та формування моделі ефективного розподілу ресурсів спрямованих на розвиток екосистеми інформаційного суспільства та цифрової економіки в Україні.

Кластерний підхід визначення стану цифрової економіки.

Для аналізу за основу обрано структуру цифрової економіки за методологією DESI (табл. 1).

Таблиця 1. Складові цифрової економіки за методологією DESI

Показник верхнього рівня

X1. Підключення до Інтернету

X2. Людський фактор

X3. Використання Інтернету

X4. Впровадження цифрових технологій

X5. Публічні цифрові сервіси

В роботі [1] виконано аналіз методом головних компонент, в результаті якого зменшено розмірність простору ознак ($X \in \mathbb{R}^5$) \rightarrow ($K \in \mathbb{R}^2$), визначено аналітичні формули перетворення $X \rightarrow K$, за якими обчислено координати країн у новому просторі ознак:

$$K_1 = -0.444 \cdot X'_1 - 0.474 \cdot X'_2 - 0.461 \cdot X'_3 - 0.418 \cdot X'_4 - 0.435 \cdot X'_5 = \vec{a}\vec{X}',$$

$$K_2 = 0.54 \cdot X'_1 - 0.037 \cdot X'_2 + 0.411 \cdot X'_3 - 0.657 \cdot X'_4 - 0.319 \cdot X'_5 = \vec{b}\vec{X}',$$

де $\vec{X}' \in \mathbb{R}^5$ – вектор координат в початковому просторі ознак, $\vec{a} = \{-0.444; -0.474; -0.461; -0.418; -0.435\}$, $\vec{b} = \{0.54; -0.037; 0.411; -0.657; -0.319\}$ – вектори перетворень.

Отримані перетворення надали можливість виконати кластеризацію країн у новому просторі ($K \in \mathbb{R}^2$). За результатами кластеризації всі країни розділено на чотири умовні класи - високорозвинені, розвинені, задовільно розвинені, недостатньо розвинені (рис. 1).

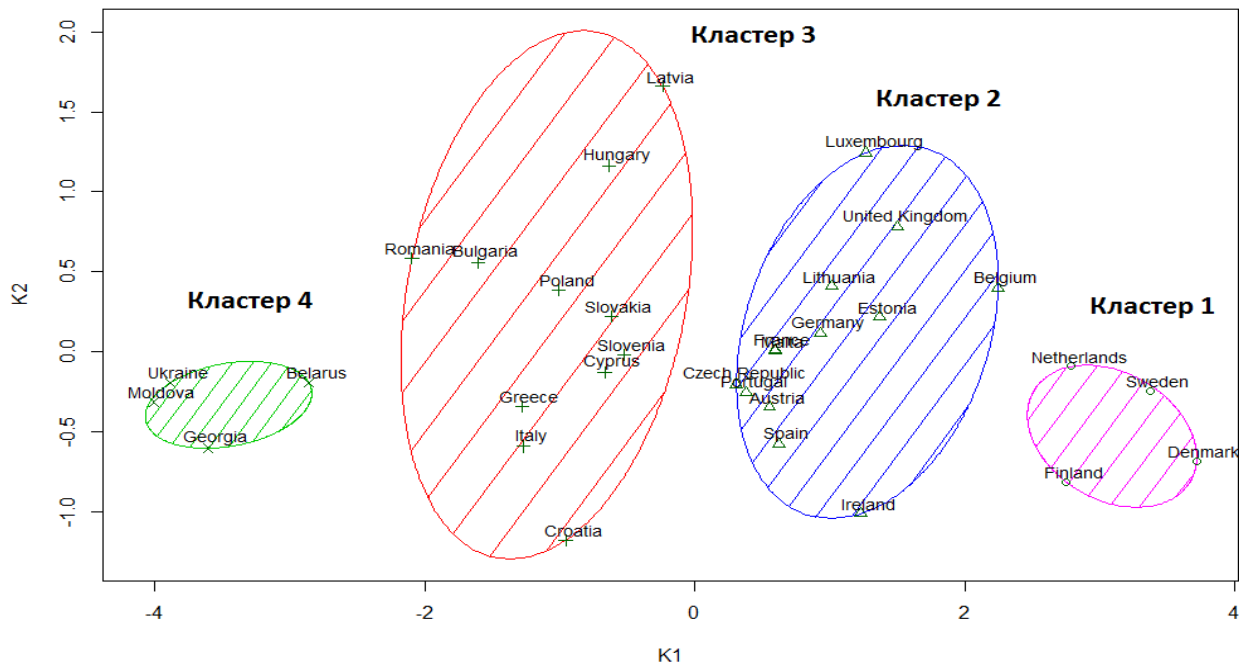


Рисунок 1. Кластеризація країн за рівнем розвитку цифрової економіки

Конкретизація завдання.

Нехай комплексним завданням державної політики є наближення України до параметрів, властивих для центру кластера №3. Тоді необхідно подолати у фазовому просторі K відстань (за евклідовою метрикою):

$$\Delta K = |Cluster_Center_3(K_1, K_2) - Ukraine(K_1, K_2)| = \sqrt{\Delta K_1^2 + \Delta K_2^2}, \quad (1)$$

де $Cluster_Center_3(K_1, K_2)$ – координати центру кластера №3; $Ukraine(K_1, K_2)$ – координати України; $\Delta K_1, \Delta K_2$ – складові відстані ΔK , які можемо надати як:

$$\Delta K_1 = |K_{1_CC3} - K_{1_Ukr}| = |\vec{a}\vec{X}_{CC3} - \vec{a}\vec{X}_{Ukr}| = |\vec{a}\vec{\Delta x}|,$$

$$\Delta K_2 = |K_{2_CC3} - K_{2_Ukr}| = |\vec{b}\vec{X}_{CC3} - \vec{b}\vec{X}_{Ukr}| = |\vec{b}\vec{\Delta x}|,$$

де $\vec{\Delta x} \in \mathbb{R}^5: \{\Delta x_1; \Delta x_2; \Delta x_3; \Delta x_4; \Delta x_5\}$ – вектор зміщень в початковому просторі ознак.

Введемо функцію витрат:

$$C(\Delta x) \propto |\vec{\Delta x}|,$$

тобто вартість реалізації певної політики пропорційна відстані у просторі X . Очевидно, найменших витрат можна досягти за умови визначення найкоротшої відстані $|\vec{\Delta x}|$. За означенням можемо записати:

$$C(\Delta x) \propto |\vec{\Delta x}| = \sqrt{\sum_i \Delta x_i^2}.$$

Зазначені викладки надають основу для формулювання цільової функції з обмеженнями:

$$\begin{cases} C_0(\Delta x) = \sum_i \Delta x_i^2 \rightarrow \min, \\ \varphi_1(x) = \Delta K_1 - |\vec{a} \vec{\Delta x}| = \Delta K_1 - \sum_i a_i \Delta x_i = 0, \\ \varphi_2(x) = \Delta K_2 - |\vec{b} \vec{\Delta x}| = \Delta K_2 - \sum_i b_i \Delta x_i = 0. \end{cases}$$

де $\varphi_1(x)$, $\varphi_2(x)$ – обмеження.

Розв'язок задачі надасть оптимальні, за критерієм вартості, значення зміщень за кожній компоненти у первинному просторі ознак таким чином, щоб у просторі К зміщення відповідали ΔK_1 та ΔK_2 .

Пошук розв'язку задачі оптимізації. Метод множників Лагранжа.

Для розв'язку задачі скористаємось методом множників Лагранжа [4], відповідно до якого необхідно скласти функцію Лагранжа:

$$L(\Delta x, \mu) = C_0(\Delta x) + \sum_k \mu_k \varphi_k(\Delta x) = \sum_i \Delta x_i^2 + \mu_1(\Delta K_1 - \sum_i a_i \Delta x_i) + \mu_2(\Delta K_2 - \sum_i b_i \Delta x_i).$$

Необхідна умова екстремуму:

$$\text{grad } L(\vec{\Delta x}, \vec{\mu}) = 0.$$

Ця умова відповідає рівності нулю часткових похідних за змінними Δx_i та множникам μ_k функції Лагранжа:

$$\begin{cases} \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial (\Delta x_1)} = 2\Delta x_1 - \mu_1 a_1 - \mu_2 b_1 = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial (\Delta x_2)} = 2\Delta x_2 - \mu_1 a_2 - \mu_2 b_2 = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial (\Delta x_3)} = 2\Delta x_3 - \mu_1 a_3 - \mu_2 b_3 = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial (\Delta x_4)} = 2\Delta x_4 - \mu_1 a_4 - \mu_2 b_4 = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial (\Delta x_5)} = 2\Delta x_5 - \mu_1 a_5 - \mu_2 b_5 = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial \mu_1} = \Delta K_1 - \sum_i a_i \Delta x_i = 0, \\ \frac{\partial L(\Delta x, \mu)}{\partial \mu_2} = \Delta K_2 - \sum_i b_i \Delta x_i = 0. \end{cases}$$

У матричній формі:

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -a_1-b_1 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & -a_2-b_2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & -a_3-b_3 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & -a_4-b_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -a_5-b_5 \\ a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & 0 & 0 \\ b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -\Delta K_1 \\ -\Delta K_1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Центри кластерів визначимо за співвідношеннями:

$$K_{1_CCN} = \frac{\sum_j K_{1Nj}}{N_j},$$

$$K_{2_CCN} = \frac{\sum_j K_{2Nj}}{N_j},$$

де (K_{1Nj}, K_{2Nj}) – координати країн, які входять до кластеру N у просторі **K**. Результати обчислень наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Координати центрів кластерів

N кластера	K1	K2
1	2.914197	-0.23508
2	0.556751	0.009593
3	-1.49181	0.145828
4 (Україна)	-4.84211	-0.54383

Доцільно розглянути також траєкторію «Україна -> Кластер №3 -> Кластер №2 -> Кластер №1» Визначимо відповідні складові ΔK_1 та ΔK_2 між кластерами табл. 3.

Таблиця 3. Міжкластерні відстані

Сценарії переходу	ΔK_1	ΔK_2
Україна -> Кластер №3	3.350	0.69
Кластер №3 -> Кластер №2	2.048	0.136
Кластер №2 – Кластер №1	2.357	0.245

Формуємо системи рівнянь (2) для кожного сценарію:

1) Відстань Україна – Кластер №3:

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.444 & -0.54 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0.474 & 0.037 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0.461 & -0.411 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0.418 & 0.657 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0.435 & 0.319 \\ -0.444 & -0.474 & -0.461 & -0.418 & -0.435 & 0 & 0 \\ 0.54 & 0.037 & 0.411 & -0.657 & -0.319 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -3.35 \\ -0.69 \end{pmatrix}$$

2) Відстань Кластер №3 – Кластер №2:

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.444 & -0.54 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0.474 & 0.037 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0.461 & -0.411 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0.418 & 0.657 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0.435 & 0.319 \\ -0.444 & -0.474 & -0.461 & -0.418 & -0.435 & 0 & 0 \\ 0.54 & 0.037 & 0.411 & -0.657 & -0.319 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2.05 \\ -0.136 \end{pmatrix}$$

3) Відстань Кластер №2 – Кластер №1:

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.444 & -0.54 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0.474 & 0.037 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0.461 & -0.411 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0.418 & 0.657 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0.435 & 0.319 \\ -0.444 & -0.474 & -0.461 & -0.418 & -0.435 & 0 & 0 \\ 0.54 & 0.037 & 0.411 & -0.657 & -0.319 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x_1 \\ \Delta x_2 \\ \Delta x_3 \\ \Delta x_4 \\ \Delta x_5 \\ \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -2.36 \\ -0.245 \end{pmatrix}$$

Вирішуємо системи матричним методом [5], результати наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Складники вектору зміщення

Сценарії переходу	Δx_1	Δx_2	Δx_3	Δx_4	Δx_5
Україна -> Кластер №3	1.87	1.57	1.83	0.94	1.24
Кластер №3 -> Кластер №2	0.99	0.97	1	0.77	0.85
Кластер №2 – Кластер №1	1.18	1.11	1.19	0.83	0.95

Складники векторів зміщень у відсотках від умовної одиниці ресурсів надано у табл. 5.

Таблиця 5. Відносні значення складників вектору зміщення

Сценарії переходу	Δx_1 Підключення до Інтернету	Δx_2 Людський фактор	Δx_3 Використання Інтернету	Δx_4 Впровадження цифрових технологій	Δx_5 Публічні цифрові сервіси
Україна -> Кластер №3, %	25.1	21.1	24.6	12.6	16.6
Кластер №3 -> Кластер №2, %	21.6	21.2	21.8	16.8	18.6
Кластер №2 – Кластер №1, %	22.4	21.1	22.6	15.8	18.1

З отриманих даних випливає, що найбільшого впливу потребують показники: підключення, використання Інтернету та інформаційних технологій, які створюють найвагоміший вклад в формування технологічного відставання.

Аналіз отриманих результатів.

Отже можемо стверджувати :

1. Всі компоненти важливо розвивати одночасно, тобто має бути єдина системна державна стратегія щодо розвитку цифрової економіки.

2. Атомізація (виділений автономний розвиток) будь-якої компоненти не дає необхідного ефекту і не відповідає принципу найшвидшої дії.

3. Першочерговими завданнями стратегії є: розвиток широкопasmової інфраструктури, стимулювання споживачів до використання сучасних інформаційних сервісів, а також розвиток людського (інтелектуального) ресурсу, що створить необхідні і достатні умови для розвитку інформаційного суспільства та цифрової економіки та сприятиме еволюційному переходу до економіки знань. Ці три компоненти являють ядро всієї цифрової екосистеми.

4. Розвиток публічних сервісів та впровадження цифрових технологій потребує також значної уваги, проте не є першочерговими завданнями.

5. Конкретизуємо пропозиції за компонентами.

Підключення до Інтернету:

- створення та впровадження плану розвитку широкопasmового доступу (ШСД) в Україні, за якого першочергову увагу приділити ліквідації зон цифрової нерівності, а також забезпечення не лише кількісних, а обов'язково якісних показників послуг;

- систематизація та прискорення заходів щодо вивільнення смуг для мобільного ШСД нових поколінь (LTE);

- забезпечення доступом до Інтернету незахищених верств населення.

Людський фактор:

- популяризація інформаційних технологій та Інтернет послуг серед населення;

- створення сприятливих комфортних умов для творчої самореалізації для талановитої молоді (висококваліфікованих спеціалістів, науковців, інженерів) з метою запобігання масовій міграції за кордон;

- підвищення якості підготовки спеціалістів інженерних напрямків в вищій школі;

- створення електронних дистанційних освітніх платформ.

Використання Інтернету:

- стимулювання розвитку електронної комерції, сфери електронних послуг, тощо;

- розвиток та впровадження сучасних Інтернет сервісів в усіх сферах соціального життя;

- створення вітчизняних ІТ сервісів;

- забезпечення дотримання прав на об'єкти інтелектуальної власності з метою стимулювання створення кращого вітчизняного медіаконтенту (музика, кіно).

Впровадження цифрових технологій:

- створення сприятливих умов для переходу суб'єктів господарювання на електронні системи взаємодії (електронний документообіг, системи управління відносинами з клієнтами, системи управління підприємствами);

- державна підтримка модернізації основних засобів виробництва на сучасні цифрові та енергоефективні;

- розвиток та впровадження технологій хмарних обчислень з метою віртуалізації основних бізнес процесів підприємств;

- активне використання технологій Open Data, Big Data з метою підвищення ефективності ведення господарської діяльності.

Публічні цифрові сервіси:

- впровадження сучасних ІТ технологій та сервісів у соціальні сфери життя (освіта, охорона здоров'я, безпека, охорона довкілля, житлове комунальне господарство, транспорт, тощо) з метою підвищення ефективності;

- оцифрування («діджиталізація») взаємодії суспільства, бізнесу та держави з метою запобігання корупції, підвищення якості надання державних публічних послуг, забезпечення прозорості та підзвітності діяльності органів влади.

Висновки

1. Сформульовано завдання мінімізації витрат ресурсів для подолання технологічного відставання України від європейських країн в питанні розвитку цифрової економіки.
2. Сформовано математичний апарат розв'язку завдання визначення «точок тиску», з метою формування впливу в умовах обмежених ресурсів. Запропонована модель надає узагальнення уявлення щодо напрямків найбільш ефективного впливу.
3. Методом множників Лагранжа визначено пріоритетні напрями реалізації політики (так звані «точки тиску»).
4. Відповідно до отриманих результатів щодо пріоритетних напрямів віднесено: розвиток широкопasmової інфраструктури, стимулювання використання ІТ та Інтернет сервісів та технологій, розвиток інтелектуального капіталу. Зазначені компоненти є необхідними та достатніми умовами для розвитку цифрової екосистеми в державі.
5. Відповідно до пріоритетів сформовано пропозиції за кожній компоненті.
6. Подальші дослідження спрямовано на аналіз взаємовпливу чинників з урахуванням, що отриманий фазовий портрет має статичний характер, і тому під час аналізу можливих дій важливо враховувати не лише «відрив» сьогодні, а в цілому динаміку та тренди у розбудові цифрової економіки.

Література

1. Веретюк С.М. Застосування методу головних компонент для порівняльного аналізу розвитку інформаційного суспільства в Україні / С.М. Веретюк, В.В. Пілінський, І.М. Панченко// Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2016. – №1(41) . – С. 35-43.
2. DESI 2015 Digital Economy and Society Index, Methodological note. European commission Directorate-General for Communications Networks, Content and Technology Digital Economy and Coordination European Semester and Knowledge Base – 2016. [Електронний ресурс] // – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi> (16.01.2016)
3. Mesenbourg T.L. Measuring the Digital Economy/ T.L. Mesenbourg // U.S. Bureau of the Census. – 2001. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.census.gov/econ/estats/papers/umdigital.pdf> (15.01.2016)
4. Аттетков А.В. Методы оптимизации: Учеб. для вузов / А.В. Аттетков, С.В. Галкин, В.С. Зарубин; под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 2-е изд., стереотип. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 440 с.
5. Мальцев А. И. Основы линейной алгебры / Мальцев А.И. // Изд. 3-е, перераб., М.: «Наука», 1970. - 400 с.

Автори статті

Веретюк Сергій Михайлович - магістр, аспірант кафедри звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна. Тел. +38 067 405 50 37. E-mail: capserg81@gmail.com

Пілінський Володимир Володимирович - кандидат технічних наук, професор, відмінник освіти України, професор кафедри звукотехніки та реєстрації інформації, Національний технічний університет України «КПІ», Київ, Україна. Тел. +38 095 276 92 70. E-mail: pww@ukr.net

Authors of the article

Veretiuk Sergii Myhailovich – master of science, post-graduate student of Department of Audio Engineering and Information Registration, National Technical University of Ukraine “KPI”, Kyiv, Ukraine. Tel. +38 067 405 50 37. E-mail: capserg81@gmail.com

Pilinsky Volodymyr Volodymyrovich – candidate of science (technic), professor, professor of Department Audio Engineering and Information Registration, National Technical University of Ukraine “KPI”, Kyiv, Ukraine. Tel. +38 095 276 92 70. E-mail: pww@ukr.net

Дата надходження в редакцію: 17.02.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. В.Г. Сайко