

УДК 330.3

В.І. Вороненко, к.е.н., доцент, асистент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, Сумський державний університет  
ORCID ID: 0000-0002-0301-5924

О.В. Кубатко, д.е.н., професор, доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, Сумський державний університет  
ORCID ID: 0000-0001-6396-5772

Б.Л. Ковальов, к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, Сумський державний університет  
ORCID ID: 0000-0002-1900-4090

П.В. Гриценко, к.е.н., доцент, асистент кафедри економіки, підприємництва та бізнес-адміністрування, Сумський державний університет  
ORCID ID: 0000-0002-3648-4313

В.А. Омеляненко, д.е.н., доцент, доцент кафедри бізнес-економіки та адміністрування, Сумський державний педагогічний університет імені А. С. Макаренка  
ORCID ID: 0000-0003-0713-1444

V. Voronenko, PhD in Economics, Associate Professor, Assistant of the Department of Economics, Entrepreneurship and Business Administration, Sumy State University

O. Kubatko, Doctor of Economic Sciences, Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Entrepreneurship and Business Administration, Sumy State University

B. Kovalev, PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economics, Entrepreneurship and Business Administration, Sumy State University

P. Hrytsenko, PhD in Economics, Associate Professor, Assistant of the Department of Economics, Entrepreneurship and Business Administration, Sumy State University

V. Omelyanenko, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Business Economics and Administration, Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko

## **Динаміка цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем<sup>1</sup>**

### **Dynamics of digital transformation of socio-economic and ecological systems**

---

<sup>1</sup> Робота виконана в рамках НДР «Сталий розвиток та ресурсна безпека: від проривних технологій до цифрової трансформації економіки України» (№д/р. 0121U100470)

## **Анотація**

Стаття присвячена питанням цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, а саме оцінюванню динаміки такої трансформації. Оскільки існує певна недостатність показників та критеріїв оцінювання цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, у даній статті запропонована система відповідних показників та критеріїв. Враховуючи те, що дані від будь-якої системи змінюються з часом, на основі запропонованої системи показників можна оцінювати також динаміку цифрової трансформації. Для цього розроблено систему динамічних показників цифрової трансформації соціально-економічних систем та екологічних систем. Результати розрахунків запропонованих показників для України вказують на позитивну їх динаміку, тобто зміну у часі. Це означає, що цифрова трансформація соціально-економічних та екологічних систем України відбувається у напрямку покращання. При цьому абсолютні показники цифрової трансформації соціально-економічних систем загалом демонструють дещо спадаючу динаміку, що вимагає прийняття управлінських рішень у державі щодо активізації зусиль на цифровізації соціально-економічних систем.

## **Annotation**

The article is devoted to the issues of digital transformation of socio-economic and ecological systems, namely the assessment of the dynamics of transformation. Since there is a certain insufficiency of indicators and criteria for evaluating the digital transformation of socio-economic and ecological systems, this article proposes a system of relevant indicators and criteria. Considering the fact that the data of any system changes over time, the dynamics of digital transformation can also be evaluated on the basis of the indicator system. Assessing the dynamics of the digital transformation of socio-economic and ecological systems is necessary during this transformation for operational and strategic management of the process. For this purpose, in this article a system of dynamic indicators of digital transformation of

socio-economic systems and ecological systems is proposed. This system is based on the calculation of 60 dynamic indicators, among which there are both absolute and relative indicators. All indicators are summarized in 6 aggregate indicators. Each aggregate indicator contains 10 dynamic indicators. The optimal direction of change of these indicators is growth. The criterion for evaluating the dynamics of the digital transformation of socio-economic systems is the value of aggregate indicators greater than 1. The results of calculations of all six aggregate indicators for Ukraine gave the following values: 0,999; 0,155; 0,120; 1,084; 1,023; 1,125. The results mostly indicate positive dynamics, i.e. change over time. This means that the digital transformation of socio-economic and ecological systems has an improvement. In general, Ukraine needs to maintain the pace of digital transformation of socio-economic and environmental systems that it has at the moment. But at the same time, the value of 0,999 for the first aggregate indicator, which is responsible for the quantitative side of the digital transformation of socio-economic systems, indicates its slightly decreasing dynamics. This indicates the need to make managerial decisions in the state regarding the activation of efforts to digitize social and economic systems.

**Ключові слова:** цифрова трансформація, соціально-економічні системи, екологічні системи, цілі сталого розвитку, динаміка трансформації, критерії оцінювання трансформації.

**Keywords:** digital transformation, socio-economic systems, ecological systems, goals of sustainable development, dynamics of transformation, evaluation criteria of transformation.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У 2015 році Організація Об'єднаних Націй затвердила Порядок денний сталого розвитку до 2030 року [1], що є насиченим і глобальним планом дій, орієнтований на досягнення економічного процвітання, забезпечення екологічної стійкості та соціальну інтеграцію. У даному Порядку міститься сімнадцять цілей у галузі сталого

розвитку, серед них ціль номер 9 – створення стійкої інфраструктури, сприяння всеосяжній та стійкій індустріалізації та інноваціям, що включають цифрову трансформацію соціально-економічних та екологічних систем. Тобто від цифрової трансформації країни залежить досягнення нею сталого розвитку.

На даний момент дуже багато країн у світі мають проблеми з цифровою трансформацією. Тому актуальним питанням стає формування такої моделі управління в цих країнах, яка б переорієнтувала локальні суб'єкти господарювання від традиційного до інформатизованого виробництва. Ті кризові явища, які зараз спостерігаються в глобальній економіці, є підтвердженням тези про необхідність переходу до нової економіки, що зорієнтована на інноваційний розвиток та цифрову трансформацію.

Окрім значної кількості досліджень цифрової трансформації як фактору сталого розвитку, основна їх частина спрямована на розробку відповідних інструментів, засобів активізації цифрової трансформації та поживлення інноваційного розвитку країн. Велике значення на цьому шляху має цифрова трансформація соціально-економічних та екологічних систем, оскільки від цього залежить успіх досягнення відповідних цілей сталого розвитку всієї країни. Тобто цифрова трансформація країни щільно пов'язана з наявністю відповідних внутрішніх можливостей і ресурсів у соціально-економічних та екологічних систем.

Динаміка цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем залежить від якості управління трансформацією. Результати управління цифровою трансформацією відображаються на конкурентоспроможності країни. Тому для того, щоб приймати вдалі управлінські рішення, необхідно мати якісний інструментарій оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем у вигляді відповідної системи показників та критеріїв. Загальною проблемою є те, що проводити оцінювання складно через специфіку окремо взятих територіальних систем, їх різних розмірів та особливостей. Тому існує

певна недостатність показників та критеріїв для оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, що мають різні характеристики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У світі застосовують різні методи оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, які в більшості випадків базуються на оцінюванні структурних складових цифрової трансформації. Існує багато способів оцінювання цих складових на макrorівні, на основі яких складаються рейтинги інноваційного розвитку країн. Існуючі системи показників в основному включають валові показники продукту чи інвестицій у цифрову трансформацію. До таких систем відноситься Global Innovation Index [2], що є дуже потужним інструментом оцінювання цифрового розвитку країн. Окрім Global Innovation Index, є значна кількість інших методів оцінювання цифрової трансформації країн, серед яких можна виділити Technology Achievement Index [3], The European Digital Social Innovation Index [4] та ін.

Досліджували відповідні системи у своїх працях такі вчені як Р. Паскуаліно та ін. [5], Нгуен Трунг Дунг [6], Келлі Райсвейк та ін. [7], С. Болтаєв Бурхон [8], Ф. Шеллер та ін. [9], Х. Янмін та ін. [10], А. Л. Юнге та ін. [11], а також інші дослідники.

Досліджувані системи оцінювання є універсальними для оцінки цифрових трансформацій країн. Але дуже часто окремі країни, що оцінюються, мають власні особливості і специфіку в контексті цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, що потрібно враховувати.

**Постановка завдання.** Багато країн у світі має певні проблеми у динаміці цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем. Такі проблеми потрібно виявити, ідентифікувати та усунути. У майбутньому це дозволить примножити результати господарської діяльності країни. Тому метою даної статті є отримання інструментарію оцінювання цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем країни, а також

динаміки цифрової трансформації і застосувати його для пошуку шляхів усунення проблем цифрової трансформації України.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Використання цифрової трансформації в економіці забезпечить довгострокове стійке економічне зростання. Враховуючи вектор наукового пошуку у вигляді існуючих показників та критеріїв для оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, та виходячи із важливості дослідження динаміки цифрової трансформації через специфічний характер кожної системи, у даній роботі розроблена система відповідних показників та критеріїв. На основі них можна оцінювати цифрову трансформацію соціально-економічних та екологічних систем і враховуючи те, що дані системи змінюються з часом, можна оцінити динаміку цифрової трансформації. Це, у свою чергу, дозволяє розробити рекомендації для управління цифровою трансформацією територіальних систем.

Оцінювати динаміку цифрової трансформації соціально-економічних систем пропонується за допомогою наступної системи двох груп річних показників. До першої групи входять абсолютні показники, до другої – відносні.

*Перша група річних показників (абсолютні показники)*

1.  $U_i$  – кількість державних установ, які мають доступ до Інтернету, од.
2.  $U_d$  – кількість державних установ, які дають можливість користування інструментами електронної демократії, од.
3.  $P_m$  – кількість підприємств, які здійснюють електронну торгівлю, од.
4.  $O_n$  – обсяг реалізованої продукції шляхом електронної торгівлі, тис. грн.
5.  $P_i$  – кількість підприємств, які мають доступ до Інтернету, од.
6.  $P_c$  – кількість підприємств, що мають свій сайт, од.
7.  $P_k$  – кількість підприємств, які використовують комп'ютери, од.
8.  $P_{ed}$  – кількість підприємств, що проводять аналіз «великих даних», од.

9.  $P_{pf}$  – кількість підприємств, які надають рахунки-фактури в електронному вигляді, од.

10.  $P_{ui}$  – кількість підприємств, які використовують широкопasmовий доступ до Інтернету, од.

*Друга група річних показників (відносні показники)*

1.  $Ч_i$  – частка державних установ, які мають доступ до Інтернету, у загальній кількості установ, %.

2.  $Ч_m$  – частка підприємств, які здійснюють електронну торгівлю, %.

3.  $Ч_{me}$  – частка підприємств, які здійснюють електронну торгівлю через сайти або веб-додатки, у загальній кількості підприємств, %.

4.  $Ч_n$  – частка обсягу реалізованої продукції шляхом електронної торгівлі, %.

5.  $Ч_{ed}$  – частка підприємств, що проводять аналіз «великих даних», %.

6.  $Ч_f$  – частка підприємств, що наймають фахівців інформаційно-телекомунікаційних технологій, у загальній кількості підприємств, %.

7.  $Ч_{3д}$  – частка підприємств, що використовують 3-Д друк, у загальній кількості підприємств, %.

8.  $Ч_{fd}$  – частка підприємств, які використовують фіксований доступ до Інтернету, %.

9.  $Ч_{ec}$  – частка підприємств, що мають свій сайт, %.

10.  $Ч_{xo}$  – частка підприємств, що купують послуги хмарних обчислень, у загальній кількості підприємств, %.

Всі показники повинні прямувати кожен рік до збільшення, що буде характеризувати позитивну динаміку цифрової трансформації соціально-економічних систем. Перша група краще характеризує кількісну сторону цифрової трансформації, а друга група – якісну сторону. Показники можна визначати як за адміністративним принципом, так і для окремих територій. Порівнюючи значення показників між собою та за змінами у часі можна визначити як здійснюється цифрова трансформація. Також на основі даних показників можна оцінювати прогрес у інноваційній діяльності.

Для оцінювання того, як змінюється динаміка цифрової трансформації соціально-економічних систем, пропонується розраховувати розроблені динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних систем, що є спеціальними динамічними показниками для кожного із показників першої і другої групи. Оптимальний напрямок зміни цих показників – зростання.

Критерієм оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних систем є значення динамічних показників більше 1. Динамічні показники розраховуються на основі відносних приростів річних показників першої і другої групи за формулами:

$$D_{1i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{A_{1i\{n+1\}}}{A_{1i\{n\}}} \right)}, \quad (1)$$

$$D_{2i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{B_{2i\{n+1\}}}{B_{2i\{n\}}} \right)}, \quad (2)$$

де  $D_{1i}$  – динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних систем для першої групи (абсолютних) показників;

$D_{2i}$  – динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних систем для другої групи (відносних) показників;

$A_{1i}$  –  $i$ -тий показник першої групи (абсолютний показник);

$B_{2i}$  –  $i$ -тий показник другої групи (відносний показник);

$N$  – кількість років, за якими здійснюється аналіз;

$n$  – позначення номера року.

Перша і друга групи запропонованих показників розроблені таким чином, щоб бути достатньо компактними і простими, в той же час охоплювати основні сфери цифрової трансформації соціально-економічних систем. Відносні показники більш співставні, при цьому масштаб абсолютних значень їх складових мало впливає на показники. Показники є достатньо



універсальними, що дозволяє їх використання для різних країн за умови урахування їх особливостей.

Оцінювати динаміку цифрової трансформації екологічних систем пропонується за допомогою наступної системи двох груп річних показників. До третьої групи входять абсолютні показники, до четвертої – відносні.

*Третя група річних показників (абсолютні показники)*

1.  $B_n$  – витрати на охорону атмосферного повітря і клімату, тис. грн.
2.  $B_o$  – витрати на очистку зворотних вод, тис. грн.
3.  $B_в$  – витрати на поводження з відходами, тис. грн.
4.  $B_з$  – витрати на захист і реабілітацію ґрунту, водних об'єктів, тис. грн.
5.  $B_б$  – витрати на охорону біологічного різноманіття, тис. грн.
6.  $B_p$  – витрати на захист від радіації, тис. грн.
7.  $B_n$  – витрати на науково-дослідні роботи щодо охорони природи, тис. грн.
8.  $E_e$  – загальний виробіток енергії гідроелектростанціями, тис. т н.е.
9.  $E_б$  – загальний виробіток енергії від біопалива та відходів, тис. т н.е.
10.  $E_c$  – загальний виробіток енергії від вітрової та сонячної енергетики, тис. т н.е.

*Четверта група річних показників (відносні показники)*

1.  $C_{ев}$  – співвідношення кількості підприємств, що здійснюють електронну торгівлю та викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря стаціонарними джерелами.
2.  $C_{pe}$  – співвідношення обсягу реалізованої продукції шляхом електронної торгівлі та загального кінцевого споживання енергії.
3.  $C_{in}$  – співвідношення кількості підприємств, які мають доступ до Інтернету та викидів забруднюючих речовин пересувними джерелами.
4.  $C_{ке}$  – співвідношення кількості підприємств, які використовують комп'ютери та загального постачання первинної енергії.
5.  $C_{де}$  – співвідношення кількості державних установ, які мають доступ до Інтернету та енергоємності.

6.  $C_{dd}$  – співвідношення кількості державних установ, які дають можливість користування інструментами електронної демократії та кількості утворених відходів I-III класів небезпеки.

7.  $C_{ad}$  – співвідношення кількості підприємств, що проводять аналіз «великих даних» та надходження парникових газів у атмосферне повітря.

8.  $Ч_e$  – частка виробітку енергії гідроелектростанціями, %.

9.  $Ч_b$  – частка виробітку енергії від енергетики біопалива та відходів, %.

10.  $Ч_c$  – частка виробітку енергії від вітрової та сонячної енергетики, %.

Для оцінювання того, як змінюється динаміка цифрової трансформації екологічних систем, пропонується розраховувати розроблені динамічні показники цифрової трансформації екологічних систем, що є спеціальними динамічними показниками для кожного із показників третьої і четвертої групи. Оптимальний напрямок зміни цих показників – зростання.

Критерієм оцінювання динаміки цифрової трансформації екологічних систем є значення динамічних показників більше 1. Динамічні показники розраховуються на основі відносних приростів річних показників третьої і четвертої групи за формулами:

$$D_{3i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{A_{3i\{n+1\}}}{A_{3i\{n\}}} \right)}, \quad (3)$$

$$D_{4i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{B_{4i\{n+1\}}}{B_{4i\{n\}}} \right)}, \quad (4)$$

де  $D_{3i}$  – динамічні показники цифрової трансформації екологічних систем для третьої групи (абсолютних) показників;

$D_{4i}$  – динамічні показники цифрової трансформації екологічних систем для четвертої групи (відносних) показників;

$A_{3i}$  –  $i$ -тий показник третьої групи (абсолютний показник);

$B_{4i}$  –  $i$ -тий показник четвертої групи (відносний показник);

$N$  – кількість років, за якими здійснюється аналіз;

$n$  – позначення номера року.

Третя і четверта групи запропонованих показників розроблені таким чином, щоб бути достатньо компактними і простими, в той же час охоплювати основні сфери цифрової трансформації екологічних систем. Відносні показники більш співставні, при цьому масштаб абсолютних значень їх складових мало впливає на показники. Показники є достатньо універсальними, що дозволяє їх використання для різних країн за умови урахування їх особливостей.

Тепер розглянемо додаткові показники для оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем. Вони складаються з двох груп: п'ятої та шостої. П'ята група є групою абсолютних показників, а шоста – відносних показників.

*П'ята група річних показників (абсолютні показники)*

1.  $V_{ит}$  – величина вкладень у цифрову трансформацію, включаючи сферу інформаційних технологій, тис. грн.
2.  $B_{ор}$  – внутрішні витрати на дослідження і розробки в організаціях сектору ІКТ (інформаційно-комп'ютерних технологій), тис. грн.
3.  $K_a$  – кількість абонентів доступу до Інтернету, одиниць.
4.  $O_i$  – обсяг товарів і послуг сектору ІКТ, тис. грн.
5.  $O_p$  – обсяг внутрішнього ринку сектору ІКТ, тис. грн.
6.  $E_c$  – сумарні ємності в країні для зберігання електричної енергії, кВт\*год.
7.  $P_n$  – продаж роботів за період у країні, одиниць або тис. грн.
8.  $P_{3d}$  – продаж 3-Д принтерів за період у країні, одиниць або тис. грн.
9.  $E_n$  – продаж електромобілів за період, одиниць або тис. грн.
10.  $K_e$  – розмір ринку криптовалют країни, тис. грн.

*Шоста група річних показників (відносні показники)*

1.  $Ч_{ев}$  – частка соціально значущих послуг, що доступні в електронному вигляді, %.
2.  $Ч_{oi}$  – частка домогосподарств, у яких є доступ до Інтернету, %.

3.  $Ч_{in}$  – частка інноваційних товарів та послуг у загальному обсязі сектору ІКТ, %.

4.  $Ч_{IKT}$  – частка товарів і послуг сектору ІКТ в загальному випуску товарів і послуг, %.

5.  $Ч_p$  – частка ринку сектору ІКТ у країні, %.

6.  $Ч_{роб}$  – частка ринку роботів за період у країні, %.

7.  $Ч_{3d}$  – частка ринку що займають 3-Д принтери за період у країні, %.

8.  $Ч_{ем}$  – частка електромобілів у загальній кількості проданих автомобілів у країні за період, %.

9.  $Ч_K$  – частка ринку сектору обігу криптовалют у країні, %.

10.  $Ч_{вр}$  – частка ринку продукції віртуальної реальності, %.

Для оцінювання того, як змінюється динаміка цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем згідно п'ятої і шостої групи показників пропонується розраховувати розроблені динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, що є спеціальними динамічними показниками для кожного із показників п'ятої і шостої групи. Оптимальний напрямок зміни цих показників – зростання.

Критерієм оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем є значення динамічних показників більше 1. Динамічні показники розраховуються на основі відносних приростів річних показників п'ятої і шостої групи за формулами:

$$D_{5i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{A_{5i\{n+1\}}}{A_{5i\{n\}}} \right)}, \quad (5)$$

$$D_{6i} = \sqrt[N-1]{\prod_{n=1}^{N-1} \left( \frac{B_{6i\{n+1\}}}{B_{6i\{n\}}} \right)}, \quad (6)$$

де  $D_{5i}$  – динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем для п'ятої групи (абсолютних) показників;

$D_{6i}$  – динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем для шостої групи (відносних) показників;

$A_{5i}$  –  $i$ -тий показник п'ятої групи (абсолютний показник);

$B_{6i}$  –  $i$ -тий показник шостої групи (відносний показник);

$N$  – кількість років, за якими здійснюється аналіз;

$n$  – позначення номера року.

П'ята і шоста групи запропонованих показників розроблені таким чином, щоб бути достатньо компактними і простими, в той же час охоплювати додаткові сфери цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем.

П'ята і шоста групи показників містить по десять показників, всього двадцять додаткових показників оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем. Сама динаміка цифрової трансформації оцінюється за допомогою показників динаміки  $D_{5i}$ ,  $D_{6i}$ , для кожної групи відповідно.

Кожна група показників містить десять показників оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем. Сама динаміка цифрової трансформації оцінюється за допомогою показників динаміки для кожної групи відповідно. Тобто показники динаміки розраховуються для кожного із показників оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем. Критерієм оцінювання динаміки цифрової трансформації екологічних систем є значення динамічних показників більше 1. Це означає, що якщо динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем після розрахунку виходять більше одиниці, цифрова трансформація соціально-економічних та екологічних систем по відповідному показнику відбувається у правильному напрямку і вказує на позитивну динаміку, тобто зміну у часі. Якщо значення динамічних показників дорівнюють 1, це означає, що не відбувається позитивних змін у часі, але і негативних змін у часі також немає. Динаміка цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем у цьому випадку демонструє незмінність у часі. Якщо ж значення динамічних показників цифрової трансформації соціально-економічних та

екологічних систем менше 1, то це означає регрес у цифровій трансформації і системи потребують швидкого втручання заради збереження можливості якісної цифрової трансформації у майбутньому.

Запропонована методика необхідна під час цифрової трансформації для її оперативного, стратегічного керування та здійснення, що дозволить мати потрібну інформацію про територіальну систему. Методика базується на розрахунку 60 динамічних показників  $D_{1i}, D_{2i}, D_{3i}, D_{4i}, D_{5i}, D_{6i}$ , які можна звести в 6 агрегатних показників  $D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6$ . Розглянемо принципи зведення.

Початково мається 6 груп показників абсолютних та відносних показників, кожна з груп містить 10 показників, тобто всього 60 показників. Половина з них абсолютні, половина – відносні. Групи 1, 3, 5 – це абсолютні показники, групи 2, 4, 6 – відносні. Групи 1 і 2 характеризують цифрову трансформацію соціально-економічних систем, групи 3 і 4 характеризують цифрову трансформацію екологічних систем, а групи 5 і 6 є додатковими і характеризують цифрову трансформацію одночасно соціально-економічних та екологічних систем, а також стосуються проривних технологій. Для кожного із 60 абсолютних та відносних показників розраховуються їх динамічні показники  $D_{1i}, D_{2i}, D_{3i}, D_{4i}, D_{5i}, D_{6i}$  відповідно до кожної з шести груп. Оскільки для кожної групи будуть свої 10 динамічних показників, ці 10 показників можна звести в один динамічний показник для кожної групи.

Зведення (агрегування) відбувається шляхом застосування вагових коефіцієнтів. Оскільки в кожній групі по 10 показників та кожен з них має однакову вагомість, їх вагові коефіцієнти будуть складати 10% або 0,1. Формула для знаходження зведених динамічних показників:

$$D_j = \sum_{i=1}^{10} (0,1 \cdot D_{ji}), \quad (7)$$

де  $D_j$  – зведений динамічний показник цифрової трансформації систем для  $j$ -ої групи абсолютних показників.

Критерії оцінювання динаміки цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем для зведених динамічних показників:

$$D_j > 1. \quad (8)$$

За виконання цієї умови цифрова трансформація соціально-економічних та екологічних систем по відповідному динамічному показнику відбувається у правильному напрямку і вказує на позитивну динаміку, тобто зміну у часі.

Апробацію запропонованої методики оцінки цифрової трансформація соціально-економічних та екологічних систем проведено на прикладі України за 2017-2021 роки. Результати розрахунків усіх динамічних показників представлено у таблицях 1, 2, 3. Розрахунки були проведені на основі даних Державної служби статистики України [12].

**Таблиця 1. Динамічні показники цифрової трансформація соціально-економічних та екологічних систем  $D_{1i}$ ,  $D_{2i}$  України за 2017-2021 рр.**

$D_{1\ 1}$	0,840	$D_{2\ 1}$	0,999
$D_{1\ 2}$	0,839	$D_{2\ 2}$	1,031
$D_{1\ 3}$	1,004	$D_{2\ 3}$	1,393
$D_{1\ 4}$	1,264	$D_{2\ 4}$	2,049
$D_{1\ 5}$	1,014	$D_{2\ 5}$	1,008
$D_{1\ 6}$	1,019	$D_{2\ 6}$	0,986
$D_{1\ 7}$	1,009	$D_{2\ 7}$	1,072
$D_{1\ 8}$	0,979	$D_{2\ 8}$	0,998
$D_{1\ 9}$	1,016	$D_{2\ 9}$	0,996
$D_{1\ 10}$	1,011	$D_{2\ 10}$	1,020
$D_1$	<b>0,999</b>	$D_2$	<b>1,155</b>

**Таблиця 2. Динамічні показники цифрової трансформація соціально-економічних та екологічних систем  $D_{3i}$ ,  $D_{4i}$  України за 2017-2021 рр.**

$D_{3\ 1}$	1,192	$D_{4\ 1}$	1,062
$D_{3\ 2}$	1,097	$D_{4\ 2}$	1,311
$D_{3\ 3}$	1,122	$D_{4\ 3}$	0,989
$D_{3\ 4}$	1,221	$D_{4\ 4}$	1,056
$D_{3\ 5}$	1,123	$D_{4\ 5}$	0,831
$D_{3\ 6}$	0,549	$D_{4\ 6}$	0,872
$D_{3\ 7}$	1,127	$D_{4\ 7}$	0,908
$D_{3\ 8}$	0,946	$D_{4\ 8}$	0,956
$D_{3\ 9}$	1,075	$D_{4\ 9}$	1,086
$D_{3\ 10}$	1,749	$D_{4\ 10}$	1,767
$D_3$	<b>1,120</b>	$D_4$	<b>1,084</b>

**Таблиця 3. Динамічні показники цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем  $D_{5i}$ ,  $D_{6i}$  України за 2017-2021 рр.**

$D_{5\ 1}$	1,148	$D_{6\ 1}$	2,236
$D_{5\ 2}$	1,051	$D_{6\ 2}$	1,049
$D_{5\ 3}$	1,066	$D_{6\ 3}$	1,235
$D_{5\ 4}$	1,030	$D_{6\ 4}$	1,085
$D_{5\ 5}$	1,143	$D_{6\ 5}$	1,106
$D_{5\ 6}$	1,000	$D_{6\ 6}$	1,000
$D_{5\ 7}$	1,000	$D_{6\ 7}$	1,041
$D_{5\ 8}$	1,222	$D_{6\ 8}$	1,206
$D_{5\ 9}$	1,278	$D_{6\ 9}$	0,290
$D_{5\ 10}$	0,290	$D_{6\ 10}$	1,000
$D_5$	<b>1,023</b>	$D_6$	<b>1,125</b>

Результати розрахунків шести зведених показників  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $D_5$ ,  $D_6$  для України дали відповідно наступні значення: 0,999; 0,155; 0,120; 1084; 1023; 1,125 (табл. 1, 2, 3). Ці значення здебільшого свідчать про позитивну динаміку цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, тобто зміну з часом.

**Висновки.** Результати дослідження показують, що цифрова трансформація соціально-економічних та екологічних систем України протягом 2017-2021 років має покращення. Загалом Україні необхідно підтримувати ті темпи цифрової трансформації соціально-економічних та екологічних систем, які вона мала за розглянутий період. Але в той же час, значення 0,999 для першого агрегатного показника  $D_1$ , який відповідає за кількісну сторону цифрової трансформації соціально-економічних систем, свідчить про її спадаючу динаміку у цілому. Це падіння відбулось за рахунок зменшення деяких абсолютних показників, таких як кількість державних установ, які мають доступ до Інтернету, кількість державних установ, які дають можливість користування інструментами електронної демократії, кількість підприємств, що проводять аналіз «великих даних». При цьому інші показники не зазнали суттєвого зростання, що не дозволило зведеному динамічному показнику цифрової трансформації соціально-економічних



систем для першої групи абсолютних показників мати значення, що відповідає необхідному критерію. Це свідчить про необхідність прийняття управлінських рішень для України щодо активізації зусиль з цифровізації соціально-економічних систем.

### Список літератури

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. United Nations. 2015. Режим доступу: <https://sdgs.un.org/2030agenda>
2. The Global Innovation Index. Cornell University, INSEAD, WIPO. 2020. Режим доступу: <https://www.globalinnovationindex.org>
3. Technology Achievement Index. United Nations Statistics Division. 2001. Режим доступу: <https://measuring-progress.eu/technology-achievement-index>
4. The European Digital Social Innovation Index. Nesta. 2021. Режим доступу: <https://www.nesta.org.uk/feature/european-digital-social-innovation-index>
5. Pasqualino R., Demartini M., Bagheri F. Digital Transformation and Sustainable Oriented Innovation: A System Transition Model for Socio-Economic Scenario Analysis. *Sustainability*. 2021. V. 13, № 21. P. 11564. DOI: 10.3390/su132111564
6. Dung N. T., Tri N. M., Minh L. N. Digital transformation meets national development requirements. *Linguistics and Culture Review*. 2021. № 5(S2). P. 892-905. DOI: 10.21744/lingcure.v5nS2.1536
7. Rijswijk K., Klerkx L., Bacco M., Bartolini F., Bulten E., Debruyne L., Dessen J., Scotti I., Brunori G. Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*. 2021. № 85. P. 79-90. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.05.003
8. Sadinovich Boltaev B. The role of digital transformation in the development of socio-economic systems. *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*. 2022. V. 12, I. 2. P. 34-39. DOI: 10.5958/2249-7315.2022.00071.5

9. Scheller F., Johanning S., Bruckner T. IRPsim: A techno-socio-economic energy system model vision for business strategy assessment at municipal level. *Beiträge des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement*. 2018. № 02.

10. Jianming H., Bin B. For a Socio-Economic Perspective on digital Transformation Organizational Dysfunctions A Case study in China. *AMCIS 2022 Proceedings*. 2022. № 1. Режим доступу: [https://aisel.aisnet.org/amcis2022/sig\\_phil/sig\\_phil/1](https://aisel.aisnet.org/amcis2022/sig_phil/sig_phil/1)

11. Junge A. L., Straube F. Sustainable supply chains – digital transformation technologies’ impact on the social and environmental dimension. *Procedia Manufacturing*. 2020. V. 43. P. 736-742. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.110

12. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]. 2022. Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua>

### References

1. United Nations (2015), “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”, available at: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (Accessed 19 July 2022).

2. Cornell University, INSEAD, WIPO (2020), “The Global Innovation Index”, available at: <https://www.globalinnovationindex.org> (Accessed 19 July 2022).

3. United Nations Statistics Division (2001), “Technology Achievement Index”, available at: <https://measuring-progress.eu/technology-achievement-index> (Accessed 19 July 2022).

4. Nesta (2021), “The European Digital Social Innovation Index”, available at: <https://www.nesta.org.uk/feature/european-digital-social-innovation-index> (Accessed 19 July 2022).

5. Pasqualino, R. Demartini, M. and Bagheri, F. (2021), “Digital Transformation and Sustainable Oriented Innovation: A System Transition Model for Socio-Economic Scenario Analysis”, *Sustainability*, vol. 13, no. 21, p. 11564. DOI: 10.3390/su132111564

6. Dung, N. T. Tri, N. M. and Minh, L. N. (2021), “Digital transformation meets national development requirements”, *Linguistics and Culture Review*, no. 5(S2), pp. 892-905. DOI: 10.21744/lingcure.v5nS2.1536

7. Rijswijk, K. Klerkx, L. Bacco, M. Bartolini, F. Bulten, E. Debruyne, L. Dessein, J. Scotti, I. and Brunori, G (2021), “Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation”, *Journal of Rural Studies*, no. 85, pp. 79-90. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2021.05.003

8. Sadinovich Boltaev, B. (2022), “The role of digital transformation in the development of socio-economic systems”, *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities*, vol. 12(2), pp. 34-39. DOI: 10.5958/2249-7315.2022.00071.5

9. Scheller, F. Johanning, S. and Bruckner, T. (2018), “IRPsim: A techno-socio-economic energy system model vision for business strategy assessment at municipal level”, *Beiträge des Instituts für Infrastruktur und Ressourcenmanagement*, no. 02.

10. Jianming, H. and Bin, B. (2022), “For a Socio-Economic Perspective on digital Transformation Organizational Dysfunctions A Case study in China”, *AMCIS 2022 Proceedings*, no. 1.

11. Junge, A. L. and Straube, F. (2020), “Sustainable supply chains – digital transformation technologies’ impact on the social and environmental dimension”, *Procedia Manufacturing*, vol. 43, pp. 736-742. DOI: 10.1016/j.promfg.2020.02.110

12. The official site of The State Statistics Service of Ukraine (2022), available at: <https://ukrstat.gov.ua> (Accessed 19 July 2022).