

Н.Г. Кучук<sup>1</sup>, Н.В. Лукова-Чуйко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

<sup>2</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

## ЕФЕКТИВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ E-LEARNING В ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті запропонований метод оцінки ефективності управління ресурсами e-learning в гіперконвергентному середовищі. Формалізована структура системи управління ресурсами e-learning, визначені основні критерії ефективності її роботи. Наведена оцінка оперативності функціонування органів управління електронними освітніми ресурсами та оцінка обґрунтованості вироблення рішень. Виведені аналітичні вирази для розрахунку статистичних характеристик даних показників.

**Ключові слова:** e-learning, електронний освітній ресурс, орган управління.

### Вступ

Розподілені хмарні платформи на ринку ІТ-технологій поступово витісняються конвергентними і гіперконвергентними платформами [1]. Інфраструктури, що створюється на конвергентній платформі, припускають об'єднання пам'яті, обчислювальних і мережних ресурсів в пул, заздалегідь сконфігурований для роботи в дата-центрі [2], а при гіперконвергентній інфраструктурі обчислювальні потужності, сховища, сервери, мережі об'єднуються в одне ціле за допомогою програмних засобів, а управління ними відбувається через загальну консоль адміністрування [3]. При цьому для управління електронними освітніми ресурсами (ЕОР) часом досить одного системного адміністратора. Це істотно знижує витрати на обслуговування системи. Тому на сьогодні дана платформа є однією із кращих для університетського e-learning. Мета використання e-learning складається в управлінні знаннями кожного учня на основі достовірної оцінки його знань. Характерними для e-learning є такі риси: незалежність територіального положення того, хто навчається; гнучкий індивідуальний графік проходження навчального плану, відсутність суб'єктивності екзаменатора при оцінці знань тощо [4]. Базою e-learning є електронні освітні ресурси, під якими в загальному випадку розуміють сукупність засобів програмного, інформаційного, технічного та організаційного забезпечення, електронних видань, що розміщуються на електронних носіях [5]. При цьому актуальною стає проблема ефективного управління ресурсами, підходи до вирішення якої розглядаються багатьма авторами, наприклад, в [6 – 8]. Проте залишилося нерозглянутим завдання оцінки ефективності управління ресурсами, яка одночасно враховує як особливості гіперконвергентного середовища, так і вимоги до функціонування e-learning.

**Мета даної статті** – розробка методу вирішення даного завдання.

### Результати дослідження

У запропонованій в статті [9] математичній моделі (ММ) процесу оперативного перерозподілу ресурсів e-learning гіперконвергентне середовище представлена  $m$ -рівневим деревом  $G_X$  з коренем  $X^0$ :

$$G_X = (\bar{X}, R), \quad (1)$$

де  $\bar{X} = (X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1})$  – кортеж, що складається з

множини органів управління ЕОР (ОУ) різних рангів;  $X^0$  – головний (центральний) ОУ;  $\bar{X}^i = (X_{1_i}^i, X_{2_i}^i, \dots, X_{\ell_i}^i)$  ( $0 \leq i \leq m-1$ ) – множина ОУ

$i$ -го рангу;  $R = \{r_{jv}^i\}$  ( $0 \leq i \leq m-2$ ;  $1 \leq j \leq \ell_i$ ;

$1 \leq v \leq \ell_{i+1}$ ) – множина дуг графа, що є зв'язками підлеглості між ОУ, індекс  $i$  указує ранг ОУ  $j$ , з якого виходить зв'язок;  $v$  – номер вершини  $(i+1)$ -го рангу, в яку входить зв'язок.

ММ одного циклу процесу навчання описується кортежем [9]

$$M = \langle G_X, G_{C_0}^{m-1}, G_{СК}, G_{СП}, F_{П}, F_{К} \rangle, \quad (2)$$

де  $G_{C_0}^{m-1}, G_{СК}, G_{СП}, G_{C_0}^{m-1}$  – графи цілей та задач ОУ та перерозподілу ресурсів;  $F_{П}, F_{К}$  – координуючі відображення.

Система управління ЕОР – складна організаційна ієрархічна система, тому ефективність процесів, котрими управляють, нерозривно пов'язана з якістю роботи системи управління і зв'язку. Критерії ефективності її роботи можна поділити на зовнішні і внутрішні [10]. Зовнішні критерії тотожні системі критеріїв керованих процесів, вони дозволяють оцінити, як управління впливає на результати, що досягаються. Внутрішні критерії характеризують власне процес управління. Зовнішні критерії використовуються для оцінки ефективності і оптимізації всієї системи; внутрішні критерії системи управління –

для оптимізації процесу управління. Основними внутрішніми характеристиками ОУ є оперативність вироблення рішень та їх обґрунтованість. Обидва ці показники узгоджуються із зовнішніми критеріями: оперативна робота ОУ, направлена на вироблення обґрунтованих рішень, орієнтована на максимальне використання потенційних можливостей об'єктів управління [11]. Перш, ніж оцінювати ефективність управління в ОУ на основі застосування інтерактивних процесів підготовки рішень, деталізуємо структуру управління для випадку вирішення завдань оперативного управління.

Тривалість циклу вироблення рішення визначається сумою двох випадкових величин:

тривалість етапу обґрунтування рішення  $\Delta t_{об}$  ;

тривалість етапу ухвалення рішення  $\Delta t_{пр}$  .

У свою чергу величина  $\Delta t_{об}$  є сумою випадкових тривалостей вироблення окремих варіантів на етапі обґрунтування рішення:

$$\Delta t_{об} = \sum_{\alpha=1}^m \Delta t_{\alpha}^B,$$

де  $m$  – максимальна кількість варіантів, що вироблені на етапі обґрунтування рішення;

$$\Delta t_{\alpha}^B = \Delta t_{\alpha}^3 + \Delta t_{\alpha}^P + \Delta t_{\alpha}^A,$$

де  $\Delta t_{\alpha}^3, \Delta t_{\alpha}^P, \Delta t_{\alpha}^A$  – відповідно часи завдання (З), рішення (Р) і аналізу (А) варіанту  $\alpha$  .

У загальному випадку на кожному з цих інтервалів  $\Delta t_{\alpha}^3, \Delta t_{\alpha}^P, \Delta t_{\alpha}^A$  або при корекції варіанту

$$\Delta t_{\alpha}^M = \Delta t_{B\alpha}^M + \sum_{i_{M\alpha}=1}^{K_{M\alpha}} \Delta t_{ui_{M\alpha}}^M; \Delta t_{пр} = \Delta t_B^C + \sum_{i_C=1}^{I_C} \Delta t_{ui_C}^C, \quad (3)$$

де  $M \in \{3, P, A\}$  ;  $I_{M\alpha}$  – максимально можлива кількість ітерацій на  $M$ -му етапі варіанту  $\alpha$  ;  $\Delta t_{ui_{M\alpha}}^M$  – випадкова тривалість  $i_{M\alpha}$ -ої ітерації  $M$ -го етапу варіанту  $\alpha$  ;  $\Delta t_{ui_C}^C, I_C$  – відповідно випадкова тривалість  $i_C$ -ої ітерації та максимальна кількість ітерацій при корекції основного варіанту.

У загальному випадку кількість ітерацій і їх тривалості є різними як на окремих етапах  $\Delta t_{\alpha}^3, \Delta t_{\alpha}^P, \Delta t_{\alpha}^A$  , так і при виробленні різних варіантів.

Не втрачаючи спільності міркувань можна припустити, що через вимоги до оперативності ухвалення рішень при виробленні варіанту  $\alpha$  можливі ітераційних циклів не більш, ніж

$$I_{\alpha} = I_{3\alpha} + I_{P\alpha} + I_{A\alpha}. \quad (4)$$

Ймовірність  $Q_{i_{M\alpha}}^{M\alpha}$  того, що на  $M$ -му етапі обробки варіанту  $\alpha$  дорівнює  $i_{M\alpha}$  ітераціям така:

$$Q_{i_{M\alpha}}^{M\alpha} = \left(1 - P_{i_{M\alpha}}^M\right) \prod_{j_{M\alpha}=0}^{i_{M\alpha}-1} P_{j_{M\alpha}}^M, \quad (5)$$

де  $P_{i_{M\alpha}}^M$  – ймовірність наявності  $j_{M\alpha}$ -го ітераційного циклу,  $j_{M\alpha} \leq I_{\alpha}$  . Тривалість окремої ітерації  $\Delta t_u$  визначається сумою випадкових інтервалів часу підготовки питання  $\Delta t_u^n$  , підготовки відповіді  $\Delta t_u^m$  і аналізу відповіді  $\Delta t_u^k$  . Випадкові величини  $\Delta t_u^n$  і  $\Delta t_u^m$  , а також  $\Delta t_u^n$  і  $\Delta t_u^k$  є залежними.

Позначимо через  $f_i(\Delta t_u^{M\alpha})$  щільність розподілу (ЩР) випадкової тривалості  $i$ -ої ітерації  $M$ -го етапу варіанту  $\alpha$  . Тоді при виконанні умови незалежності тривалості ітерацій між собою, що цілком відповідає дійсності, ЩР тривалості  $M$ -го етапу варіанту  $\alpha$  з урахуванням (5) така:

$$\begin{aligned} f_{M\alpha}(\Delta t^{M\alpha}) &= Q_B f_B(\Delta t_B^{M\alpha}) + Q_1 f_1(\Delta t_B^{M\alpha}) \times \\ &\times f_1(\Delta t_u^{M\alpha}) + \dots + Q_{i_{M\alpha}} f_{i_{M\alpha}}(\Delta t_B^{M\alpha}) \cdot f_1(\Delta t_u^{M\alpha}) \times \\ &\times \dots \times f_{i_{M\alpha}}(\Delta t_B^{M\alpha}) + \dots + Q_{k_{M\alpha}} f_{k_{M\alpha}}(\Delta t_B^{M\alpha}) \times \\ &\times f_1(\Delta t_u^{M\alpha}) \cdot \dots \cdot f_{k_{M\alpha}}(\Delta t_B^{M\alpha}) = Q_B f_B(\Delta t_B^{M\alpha}) + \\ &+ \sum_{i_{M\alpha}=1}^{k_{M\alpha}} Q_{i_{M\alpha}} \prod_{j_{M\alpha}=1}^{i_{M\alpha}} f_{j_{M\alpha}}(\Delta t_u^{M\alpha}) \cdot f_B(\Delta t_B^{M\alpha}), \end{aligned} \quad (6)$$

де  $Q_B$  – ймовірність того, що на  $M$ -му етапі вироблення варіанту  $\alpha$  рішення приймається автоматично;  $f_B(\Delta t_B^{M\alpha})$  – ЩР тривалості  $M$ -го етапу у вказаному режимі. Тоді ЩР тривалості варіанту  $\alpha$  така:

$$f_{\alpha}(\Delta t_{\alpha}) = f_{A\alpha}(\Delta t_{A\alpha}) \cdot f_{P\alpha}(\Delta t_{P\alpha}) \cdot f_{3\alpha}(\Delta t_{3\alpha}). \quad (7)$$

В результаті ЩР тривалості циклу вироблення управляючого рішення дорівнює

$$\begin{aligned} f_u(\Delta t_u) &= Q_0 + \left[ F_1^B f_1(\Delta t_1) + F_2^B f_1(\Delta t_1) \cdot f_2(\Delta t_2) + \dots + \right. \\ &+ \left. Q_{\alpha}^B f_1(\Delta t_1) \cdot \dots \cdot f_{\alpha}(\Delta t_{\alpha}) + \right. \\ &+ \left. Q_m^B f_1(\Delta t_1) \cdot \dots \cdot f_m(\Delta t_m) \right] \cdot f_c(\Delta t_c) = \\ &= Q_0 + \left[ \sum_{\alpha=1}^m Q_{\alpha} \prod_{v=1}^{\alpha} f_v(\Delta t_v) \right] \cdot f_c(\Delta t_c), \end{aligned} \quad (8)$$

де  $Q_0$  – ймовірність того, що при виробленні рішення не аналізуватимуться варіанти;  $Q_{\alpha}^B$  – ймовірність того, що буде проаналізоване  $\alpha$  варіантів.

Щільність розподілу тривалості етапу корекції вибраного варіанту визначається як

$$f_c(\Delta t_c) = Q_0^c f_B(\Delta t_B^c) + \sum_{i_c=1}^{I_c} Q_{i_c} \prod_{j_c=1}^{i_c} f_{j_c}(\Delta t_u^c) \cdot f_B(\Delta t_B^c), \quad (9)$$

де  $I_c$  – кількість ітерацій на етапі корекції;  $Q_0^c$  – ймовірність відсутності ітерацій, а  $f_{j_c}(\Delta t_u^c)$  – ЩР тривалості  $j_c$ -ої ітерації етапу корекції.

**Оцінка оперативності функціонування ОУ електронними освітніми ресурсами**

Перейдемо до оцінки оперативності функціонування ОУ. Під оперативністю відповідно до [12] будемо розуміти здатність системи управління досягти поставлених цілей своєчасно виробляти і доводити до керованих підсистем управляючі дії.

Тоді оперативність можна оцінювати як ймовірність того, що тривалість циклу не перевищуватиме деякого заданого значення  $T_{зад}^u$ , тобто

$$P(\Delta t_{ц} < T_{зад}^u) = Q_0 + \int_0^{T_{зад}^u} \left[ \sum_{\alpha=1}^m Q_{\alpha} \prod_{v=1}^{\alpha} f_v(\Delta t_v) \right] \cdot f_c(\Delta t_c) d\Delta t. \quad (10)$$

При визначенні математичного сподівання часу підготовки відповідей необхідно враховувати, що процесі підготовки відповідей є взаємодія з підлеглими ОУ. Тому випадкову величину  $\Delta t_{ц}^u$  у визначенні тривалості ітерацій на всіх етапах вироблення варіанту можна представити у вигляді суми

$$\Delta t_{ц}^u = \Delta t_D + \Delta t_{цн}^u, \quad (11)$$

де  $\Delta t_{цн}^u$  – випадковий час підготовки відповіді в ітераційному режимі з підлеглим ОУ;  $\Delta t_D$  – випадковий час роботи по підготовці відповіді без звернення до підлеглих ОУ. Часи  $\Delta t_{цн}^u$  залежить від кількості ітерацій на кожному з етапів вироблення варіантів і тривалості кожної з них. Тривалість кожної ітерації визначається у вигляді суми

$$\Delta t_{цн}^u = \Delta t_{н1}^u + \Delta t_{н2}^u + \Delta t_{н3}^u + \Delta t_{н4}^u, \quad (12)$$

де  $\Delta t_{н1}^u, \Delta t_{н2}^u, \Delta t_{н3}^u, \Delta t_{н4}^u$  – відповідно випадкова тривалість підготовки питань до підлеглих ОУ, встановлення зв'язку з ними, підготовки відповідей підлеглими ОУ і обробки відповідей.

Випадкова величина  $\Delta t_{н1}^u$  є залежною від  $\Delta t_{н3}^u$  і  $\Delta t_{н4}^u$ , оскільки підготовка питань може здійснюватися під час формування відповідей підлеглими ОУ на раніше поставлені ним питання, а деяка частина часу обробки відповідей одночасно використовується і для підготовки наступного питання.

**Оцінка обґрунтованості вироблення рішень**

Другим важливим критерієм оцінки ефективності процесу управління є обґрунтованість вироблення рішень. Обґрунтованість належить до основних критеріїв, що характеризують орган управління, і може бути визначена як ступінь наближення вибраного рішення до оптимального [14].

В рамках імовірнісного методу обґрунтованість визначається як ймовірність вибору правильного або оптимального рішення. Точність управлінських рішень  $\eta$  можна оцінювати по абсолютних відхилен-

нях параметрів управління від екстремальних значень, властивих оптимальним рішенням, тобто

$$\eta = \max_{\ell} \eta_{\ell} = \max_{\ell} \left| x_{\ell}^{(0)} - x_{\ell} \right|, \ell = \overline{1, u}. \quad (13)$$

Погрішності  $\eta_{\ell} = x_{\ell}^{(0)} - x_{\ell}$  є випадковими величинами. Позначимо їх закон розподілу для  $\ell$ -го параметра як  $f(x_{\ell})$ .

Помилки в значеннях параметрів управління призводять і до помилки в значенні цільової функції  $K(x)$ . Нехай допустимою є помилка в значенні  $K$ , що не перевищує  $\Delta K$ . Приймаючи, відповідно до [13], те, що відрізка  $[-\Delta K, \Delta K]$  відповідає гіперкубу  $-\varepsilon_{\ell} \leq \sigma_{\eta_{\ell}} \leq \varepsilon_{\ell}$ ,  $\ell = \overline{1, u}$  та те, що є відомою залежність  $\varepsilon_{\ell} = \varepsilon_{\ell}(\Delta K)$ , котра дозволяє за значенням  $\Delta K$  встановити максимально допустиме відхилення  $\varepsilon_{\ell}$  кожного з параметрів  $\ell$  управління від його оптимального значення  $x_{\ell}^{(0)}$ , ймовірність  $P_p$  отримання рішення, що за цільовою функцією буде відхилятися від оптимального на величину, яка не перевищує  $\Delta K$ , дорівнює

$$P_p = \prod_{\ell=1}^u \left[ \int_{-\varepsilon_{\ell}}^{\varepsilon_{\ell}} f(x_{\ell}) dx_{\ell} \right]. \quad (14)$$

Тоді ймовірність вибору правильного рішення при розгляді одного варіанту визначається як [14]:

$$P = \frac{1}{m_0} \prod_{\ell=1}^{u-\mu} \left[ \int_{-\varepsilon_{\ell}}^{\varepsilon_{\ell}} f(x_{\ell}) dx_{\ell} \right], \quad (15)$$

де  $u$  – максимальна кількість параметрів управління;  $\mu$  – кількість параметрів управління, що не оптимізуються;  $P = 1/m_0$  – умовна ймовірність вибору правильного рішення при розгляді одного варіанту (за умови, що помилки формально оптимального рішення не перевершать заданих значень);  $m_0$  – середнє значення, тобто в середньому достатня для визначення якнайкращого варіанту кількість досліджуваних варіантів. Залежно від характеристик обстановки, що конкретно складається, кількість досліджуваних варіантів  $m$  може бути як менше, так і більше  $m_0$ , тобто обґрунтованість вирішення

$$P = 1 - \prod_{\alpha=1}^m \left( 1 - \frac{1}{m_0} \prod_{\ell_{\gamma}=1}^{u_{\gamma}-\mu_{\gamma}} \left[ \int_{-\varepsilon_{\ell_{\gamma}}}^{\varepsilon_{\ell_{\gamma}}} f(x_{\ell_{\gamma}}) dx_{\ell_{\gamma}} \right] \right). \quad (16)$$

При цьому математичне сподівання  $M(T_{ц})$  часу циклу визначається виразом

$$M(T_{ц}) = \sum_{\alpha=1}^m \left( 1 - P_{\alpha}^B \right) \prod_{v=0}^{\alpha-1} P_v^B \left\{ (1 - P_{0v}) \times \times M(\Delta t_{Bv}) + \sum_{i_{3v}=1}^{K_{3v}} \left( 1 - P_{i_{3v}}^B \right) \prod_{j_{3v}=0}^{i_{3v}-1} P_{j_{3v}}^B M(\Delta t_{ui_{3v}}^3) \right\}$$

$$\begin{aligned}
& + \sum_{i_{Pv}=1}^{K_{Pv}} (1 - P_{i_{Pv}}) \prod_{j_{Pv}=0}^{i_{Pv}-1} P_{j_{Pv}} M(\Delta t_{ui_{Pv}}^P) + \\
& + \sum_{i_{Av}=1}^{K_{Av}} (1 - P_{i_{Av}}) \prod_{j_{Av}=0}^{i_{Av}-1} P_{j_{Av}} M(\Delta t_{ui_{Av}}^A) \Big\} + (1 - P_0^B) \times (17) \\
& \times M(\Delta t_B^C) + \sum_{i_C=1}^{K_C} (1 - P_{i_C}^C) \prod_{j_C=0}^{i_C-1} P_{j_C}^C M(\Delta t_{uj_C}^C).
\end{aligned}$$

Аналіз формул (12) та (17) дозволяє зробити висновок, що значення критеріїв можуть бути покращені при скороченні часу підготовки відповідей  $\Delta t_{\text{ч}}^{\text{III}}$  та  $\Delta t_{\text{нз}}^{\text{III}}$  і час встановлення зв'язку  $\Delta t_{\text{нз}}^{\text{III}}$ .

## ВИСНОВКИ

Запропонований метод оцінки ефективності управління ресурсами e-learning в гіперконвергентному середовищі, що базується на розробленій математичній моделі процесу розподілу ресурсів e-learning. Метод припускає визначення двох внутрішніх показників ефективності роботи даної системи: оперативність вироблення рішень і їх обґрунтованість. Формалізована структура системи управління ресурсами e-learning, визначені основні критерії ефективності її роботи. Наведена оцінка оперативності функціонування органів управління електронними освітніми ресурсами та оцінка обґрунтованості вироблення рішень. Виведені аналітичні вирази для розрахунку статистичних характеристик даних показників. **Напрямок подальших досліджень** пов'язаний з розвитком моделі процесів функціонування ОУ.

## Список літератури

1. Riverbed Hyper-converged Edge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.riverbed.com/documentrepository/white-paper--riverbed-hyper-converged-edge.html>.
2. Время конвергентных инфраструктур [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.osp.ru/os/2012/04/13015754>.
3. В чем преимущество гиперконвергентных систем? [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.convergedsystem.ru/portfel-produktov-hyperconvergedsystem/giperkonvergentnye-sistemy>.

4. The Babson Survey Research Group [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://www.onlinelearningsurvey.com>.

5. Udaya Sri K., Vamsi Krishna T.V. E-Learning : Technological Development in Teaching for school kids // International Journal of Computer Science and Information Technologies. — 2014. — P. 61.24-61.26.

6. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44-48.

7. Кучук, Г.А. Управление трафиком мультисервисной распределенной телекоммуникационной сети / Г.А. Кучук // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2007. – Вип 2. – С. 18-27.

8. Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера / Н.Г. Кучук // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 3 (128). – С. 140-143.

9. Кучук Н.Г. Математична модель процесу оперативного перерозподілу обчислювальних ресурсів в гіперконвергентному середовищі / Н.Г. Кучук, С.М. Нечаусов // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 3(43). – С. 80-83.

10. Fenton B. Fault diagnosis of electronic systems (using artificial intelligence) / B. Fenton, M. McGinnity, L. Maguire // IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, 2002. – № 9. – P. 16-20.

11. Кучук Г.А. Методика синтезу інформаційної технології управління мережевим трафіком / Г.А. Кучук, В.В. Косенко, О.П. Давікоза, С.А. Калкаманов // Системи управління, навігації та зв'язку, 2013, вип. 2(26) – С.138-143.

12. Тихонов А.Н. Методы и система поддержки принятия решения / А.Н. Тихонов, В.Л. Цветков. – М.: Макс Пресс, 2001. – 312 с.

13. Уткин К.В. Нетрадиционные методы оценки надежности информационных систем / К.В. Уткин, И.Б. Шубинский. – СПб.: Любавич, 2000. – 173 с.

14. Морозов В.П. Элементы теории управления ГАП: Математическое обеспечение / В.П. Морозов, Я.С. Дымарский. – Л.: Машиностроение, 1984. – 333 с.

Надійшла до редколегії 21.01.2018

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяв, Національний технічний університет «ХПН», Харків.

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ E-LEARNING В ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ СРЕДЕ

Н.Г. Кучук, Н.В. Лукова-Чуйко

В статье предложен метод оценки эффективности управления ресурсами e-learning в гиперконвергентной среде. Формализованная структура системы управления ресурсами e-learning, определены основные критерии эффективности ее работы. Приведена оценка оперативности функционирования органов управления электронными образовательными ресурсами и оценка обоснованности выработки решений. Выведены аналитические выражения для расчета статистических характеристик данных показателей.

**Ключевые слова:** e-learning, электронный образовательный ресурс, орган управления.

## EFFICIENCY OF E-LEARNING RESOURCE CONTROL IN THE HYPERTENERGENT ENVIRONMENT

N.H. Kuchuk, N.V. Lukova-Chuiko

The article proposes a method for assessing the effectiveness of e-learning resource management in a hyperconverting environment. Formalized structure of e-learning resources management system, the main criteria of its effectiveness are determined. The estimation of the operational efficiency of electronic educational resource management bodies and the estimation of the reasonableness of decision making are presented. The analytical expressions for calculating the statistical characteristics of these indicators are derived.

**Keywords:** e-learning, e-learning resource, management body.