

УДК 614.8 : 519.711

Н.Г. Кучук¹, С.М. Нечаусов²¹ Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків² Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ РЕСУРСІВ В ГІПЕРКОНВЕРГЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У статті запропонована математична модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища. Модель зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів. Модель враховує територіальну розподіленість необхідних освітніх ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань e-learning при виникненні непередбаченої ситуації.

Ключові слова: e-learning, непередбачена ситуація, навчальний ресурс.

Вступ

В даний час на ринку IT-технологій розподілені хмарні платформи 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 гіперконвергентній структурі для управління ЕОР часом досить одного системного адміністратора. Це істотно знижує витрати на обслуговування системи. Тому дана платформа є однією із кращих для університетського e-learning.

Мета використання систем e-learning складається в управлінні знаннями кожного учня на основі достовірної оцінки його знань (в процесі навчання, підвищення кваліфікації та ін.). Для e-learning є характерною незалежність територіального положення того, хто навчається, гнучкий індивідуальний графік проходження навчального плану, відсутність суб'єктивності екзаменатора при оцінці знань і багато іншого [4]. Базою e-learning є електронні освітні ресурси (ЕОР). Під ЕОР в загальному випадку розуміють сукупність засобів програмного, інформаційного, технічного та організаційного забезпечення, електронних видань, що розміщуються на електронних носіях [5].

На якість функціонування e-learning негативно впливають непередбачені ситуації (НС), як з апаратними, так і з програмними засобами підтримки системи. При виникненні НС виникає завдання оперативного перерозподілу наявних ресурсів з метою зменшення негативного впливу НС, тобто актуаль-

ною стає проблема оперативного перерозподілу ресурсів, підходи до вирішення якої розглядаються багатьма авторами, наприклад, в [6–9].

У [10] запропонована математична модель (ММ) процесу оперативного управління, яка дозволила врахувати вимоги до оперативності ухвалення рішень по перерозподілу ресурсів. розподіленість ресурсів, що привертаються, та неповноту інформації. Модель базується на m-рівневому дереві опису гіперконвергентної структури

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

де X^0 – його корінь (загальна консоль адміністрування); $\bar{X} = (X^0, \bar{X}^1, \dots, \bar{X}^{m-1})$ – кортеж, що складається з множини окремих структур навчання (ОСН) різних рангів; $\bar{X}^i = (X_1^i, X_2^i, \dots, X_{\ell_i}^i)$ ($0 \leq i \leq m-1$) – множина ОСН 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 ОСН, індекс i указує ранг ОСН j, з якого виходить зв'язок; v – номер вершини (i+1)-го рангу, в яку входить зв'язок.

Це надало можливість запропонувати математичну модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища, та зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів, що і є **метою статті**.

Результати дослідження

Відповідно до ММ, запропонованої в [10], освітні ресурси (ОР) знаходяться на нижньому рівні ієрархії (1) – під управлінням ОСН (m-1)-го рангу $\{X^{v_{m-1}}\}$, $1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}$. Множина цілей та завдань e-learning, що потребують дані ОСН, задається як

сукупність відношень h на кортежі множин цілей ОСН різних рангів $G_{C_0}^{m-1} = \{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$, у котрій кожний елемент визначається таким чином:

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \left(\bar{C}_0^{v_{m-1}}, h \right); \quad (2)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1}} = \left(C_0^{v_{m-1,0}}, \bar{C}_0^{v_{m-1,1}}, \dots, \bar{C}_0^{v_{m-1,n-1}} \right); \quad (3)$$

$$\bar{C}_0^{v_{m-1,f}} = \left(C_0^{v_{m-1,f,1}}, \dots, C_0^{v_{m-1,f,\ell_f}} \right); \quad 0 \leq f \leq n-1, \quad (4)$$

$$h = \left\{ h_{jg}^f \right\}, \quad 0 \leq f \leq n-2; \quad 1 \leq j \leq \ell_f; \quad 1 \leq g \leq \ell_{f+1}, \quad (5)$$

де $C_0^{v_{m-1,0}}$ – головна ціль управління v -ої ОСН $(m-1)$ -го рангу; f – ідентифікатор рангу елемента $G_{C_0}^{v_{m-1}}$; ℓ_f – кількість цілей f -го рангу h_{jg}^f – відношення умов досяжності цілей верхнього рівня (відповідно індексам).

Здійснимо декомпозицію кожного елемента множин завдань кожного елемента на кортежі вкладених підструктур [8]:

$$G_{C_0}^{m-1} : K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle; \quad (6)$$

$$\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}} \right\} : K^f = \langle K_1^f, \dots, K_{\ell_f}^f \rangle, \quad (7)$$

де $\bigcup_{j=1}^{\ell_f} K_j^f = G_{C_0}^{v_{m-1}}$ $K_j^f \cap K_p^f = \emptyset$; $1 \leq f \leq n-2$,

$j \neq p$, $1 \leq \ell_f \leq \ell_f$

Вкладеність відповідає такій умові: будь-яка підструктура розвитку f -го рівня, тобто елемент множини K_j^f , є об'єднанням декількох підструктур $K_1^{f+1}, \dots, K_{\ell_{f+1}}^{f+1}$ рівня $(f+1)$.

Розбиття здійснюється наступним чином. У кореневій підструктурі $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ виділяють підструктури з вершинами, які безпосередньо пов'язані співвідношеннями h_{jg}^f з $C_0^{v_{m-1}}$. При цьому повинна виконуватися умова, що не існує вершин, котрі належить різним підструктурам, які були б пов'язані відношенням h .

Таким чином, розбиття $K = \langle K^1, \dots, K^{n-2} \rangle$ означає множини незалежних відношень $\{h_{jg}^f\}$ підструктур на множині $G_{C_0}^{v_{m-1}}$. Представимо їх у вигляді

$$G_{C_0}^{v_{m-1}} = \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}}. \quad (8)$$

Вплив зовнішнього середовища на об'єкт управління можна задати у вигляді такого гомоморфного відображення:

$$\bar{\alpha} : \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}} \right\} \rightarrow \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}, \quad (9)$$

де $\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}$ – множина підструктур і завдань ОСН, що індукуються впливом зовнішнього середовища.

Далі, нехай

$$\bar{\beta} : \left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\} \xrightarrow{K} \left\{ G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \right\} \quad (10)$$

є відображенням множини $\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^*} \right\}$ у множини підмножин незалежних підструктур, що індукується розбиттям K . Визначимо множини підструктур цілей ОСН для v -го органу управління $(m-1)$ -го рангу:

$$\left\{ G_{C_0}^{v_{m-1}^{**}} \right\} \subset \bigcup_{\beta^v=1}^U G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \cup \quad (11)$$

$$\bigcup_{\beta^v=1}^U \left(G_{C_0, \beta^v}^{v_{m-1}^*} \cap \left\{ \left\{ G_{C_0, \beta^1}^{1,m-1} \right\} \times \dots \times \left\{ G_{C_0, \beta^\ell}^{\ell,m-1} \right\} \right\} \right),$$

тобто множина підструктур цілей e-learning, що стоять перед кожним з $v \in \overline{1, \ell_{m-1}}$ ОСН $(m-1)$ -го рангу, можна представити як об'єднання двох його кінцевих підмножин: підструктур цілей, визначених в процесі аналізу об'єкту, підлеглого v -му ОСН, і підструктур цілей, поставлених ОСН рангу $i \in \overline{0, m-2}$, що входять до структур цілей ОСН $(m-1)$ -го рангу, відмінних від v . Оскільки ресурси ОСН $(m-1)$ -го рангу обмежені, то перерозподіляючи їх, кожен з ОСН $(m-1)$ -го рангу формує множини варіантів завдання підмножин на множині підструктур цілей e-learning, які можуть бути досягнуті, виходячи з наявних ресурсів.

Надалі визначимо структури перерозподілу ресурсів:

$$S_{pr_v} = \left(\begin{array}{l} G_{C_0}^{v_{m-1}} = \left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\} \cup \\ \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\} \cup \left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}, R^S \end{array} \right), \quad (12)$$

що базується на підструктурах цілей e-learning, забезпечених ресурсами $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, незабезпечених ресурсами $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, і які не поставлені перед v -м ОСН $(m-1)$ -го рангу $\left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\}$. Кожному елементу $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$ визначений у відповідність вектор необхідних ресурсів:

$$e_B = \left(e_B^1, e_B^2, \dots, e_B^{\ell_B} \right). \quad (13)$$

R^S є множиною зв'язків з $\left\{ G_{C_0K}^{v_{m-1}} \right\}$, $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$

до $\left\{ G_{C_0H}^{v_{m-1}^{**}} \right\}$, а також заданих на елементах множини

ни $\{G_{C_0H}^{v_{m-1}**}\}$, причому кожному зв'язку інцидентний вектор перерозподіляємих ресурсів

$$e_D = (e_D^1, e_D^2, \dots, e_D^{\ell_D}), \quad (14)$$

при цьому повинна виконуватися умова

$$\sum_{a \in \ell_a} e_{D_a} = e_{B_C}, \quad (15)$$

тобто сума векторів ресурсів, інцидентних відповідним зв'язкам з вершин $a \in \ell_a$, і що входять у вершину C , дорівнює вектору потрібних ресурсів вершини C .

Таким чином, на множині $\{G_{C_0}^{v_{m-1}}\}$ можна визначити множину структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , задаючи різні R^S . В результаті цього буде отримано множину підмножин $\{G_{C_0B}^{v_{m-1}**}\}$, що включають в загальному випадку різні підструктури цілей e-leagning, котрі стоять перед ОСН $X^{v_{m-1}}$. Очевидно, що в процесі функціонування системи ОСН $X^{v_{m-1}}$ цікавить не універсальна множина таких структур, а кінцева його підмножина, що задовольняє певним умовам. Тому множиною $\{S_{prv}\}$ структур перерозподілу ресурсів на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ називатимемо сукупність структур перерозподілу ресурсів S_{pr} , заданих на елементах множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, якщо для кожної з них виконуються умови:

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \cap \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon = \emptyset \right), \quad (16)$$

де ε, ρ – структури перерозподілу; $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – доповнення множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$, утвореної структурою ε ;

$$\forall \varepsilon \forall \rho \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon, \varepsilon \neq \rho \right). \quad (17)$$

Для вирішення завдання перерозподілу ресурсів визначимо множину підструктур перерозподілу $\{S_{prv}^P\}$ структури S_{prv} , заданої на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ як таку їх сукупність, що для кожної підструктури перерозподілу, замість умови (16) виконується таке:

$$\forall \rho \exists \varepsilon \left(\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P \subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon \right), \quad (18)$$

де $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho^P, \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\varepsilon$ – множини, створені відповідно $S_{prv\rho}^P \in \{S_{prv}^P\}$ та $S_{prv\varepsilon} \in \{S_{prv}\}$.

Тоді, якщо для вирішення завдань із множини $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ v -му органу управління виділені ресурси в результаті вирішення завдань перерозподілу ресурсів в $G_{C_n} = (\bar{C}_n, S_n)$, то множина структур перерозподілу, визначена на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$, до виділення додаткових ресурсів, буде множиною підструктур структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ вже з урахуванням виділених ресурсів. Сказане слідує з наступного твердження.

Твердження. Нехай на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ визначена множина $\{S_{prv}\}$ і v -му ОСН виділена множина додаткових ресурсів. Тоді об'єднання будь-якої із структур, множина R^S яких формується з додаткових ресурсів на елементах множини $\left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}**} \right\}_\rho$ та структури $S_{prv\rho} \in \{S_{prv}\}$, буде підструктурою принаймні одній із множин структур, заданих на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням всіх ресурсів, включаючи додаткові, які має в своєму розпорядженні v -й ОСН $(m-1)$ -го рангу.

Розширимо структуру перерозподілу ресурсів таким чином. Нехай задані $X^{ij} \in \bar{X}$ графа G_X , причому $0 \leq i \leq m-2$, та $\{X^{i+1,v}\}$, де $1 \leq v \leq \ell_{i+1}$ – множина елементів рангу $(i+1)$, для яких виконується умова

$$\forall X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up} |X^{i+1,v}| = X^{ij} \right), \quad (19)$$

де $R|X_i|$ – зріз відношення $R \subseteq X \times X$ через елемент $X_i \in X$ R^{up} – тільки ті зв'язки, що йдуть до ОСН вищого рангу. Тоді підструктурою перерозподілу ресурсів на множині нащадків ОСН X^{ij} визначимо структуру $S_{pr}^{ij} = (\{X^{i+1,v}\}, R^{ij})$, кожному зв'язку якої $\lambda_{v\eta}^{ij} \in R^{ij}$, направлено з вершини $X^{i+1,v}$ до вершини $X^{i+1,\eta}$ ($1 \leq v, \eta \leq \ell_{i+1}$) інцидентний вектор $e_{v\eta} = (e_{v\eta}^1, e_{v\eta}^2, \dots, e_{v\eta}^{\ell_{v\eta}})$ ресурсів, що перерозподіляються.

Далі, якщо задана множина $\{X^{i+1,v}\}$, то визначимо тоді множину $\{X^{m-1,v_{m-1}}\}$ як максимальну підмножину \bar{X}^{m-1} для кожного елемента якого виконується умова:

$$X^{m-1,v_{m-1}} \in \{X^{m-1,v_{m-1}}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \left(R^{up_{m-1}} |X^{m-1,v_{m-1}}| = X^{i+1,v} \right); \quad (20)$$

$$0 \leq i \leq m - 2, 1 \leq v_{m-1} \leq \ell_{m-1}.$$

Множиною структур перерозподілу ресурсів на множині безпосередніх нащадків органу управління

X^{ij} назовемо таку їх сукупність $\{S_{pr}^{ij}\}$, що для кожної виконується така умова:

$$\forall S_{pr}^{ij} \in \{S_{pr}^{ij}\} \exists X^{i+1,v} \in \{X^{i+1,v}\} \exists X^{m-1,v_{m-1}} \left[\begin{array}{l} R^{upm-i} \left| X^{m-1,v_{m-1}} \right| = X^{i+1,v} \& \\ \& \exists \left\{ S_{prD}^{m-1,v_{m-1}} \right\}_\rho \in \\ \in \left\{ S_{prD}^{m-1,v_{m-1}} \right\} \forall \left\{ S_{pr}^{m-1,v_{m-1}} \right\}_\varepsilon \in \\ \in \left\{ S_{pr}^{m-1,v_{m-1}} \right\} \left(\left\{ G_{C_0BD}^{v_{m-1}} \right\}_\rho \not\subset \left\{ G_{C_0B}^{v_{m-1}} \right\}_\varepsilon \right) \end{array} \right] \quad (21)$$

де $\{S_{prD}^{m-1,v_{m-1}}\}$ – множина структур, визначених на $G_{C_0}^{v_{m-1}}$ з урахуванням частини додаткових ресурсів, виділених в результаті перерозподілу ОСН X^{ij} , яка визначена v_{m-1} -му ОСН $(m - 1)$ -го рангу.

Кожна із структур $\{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$ визначає перерозподіл ресурсів між безпосередніми нащадками ОСН v_{m-2} . Кожен з цих нащадків задає на множині власних структур цілей і завдань оперативного управління множини структур перерозподілу ресурсів з урахуванням додатково виділених відповідно до структури $S_{pr\rho}^{v_{m-2}} \in \{S_{pr}^{v_{m-2}}\}$.

Висновки

У статті запропонована математична модель процесу оперативного перерозподілу ресурсів, що орієнтована на гіперконвергентну архітектуру базового програмно-апаратного середовища. Модель зорієнтована на середовище обслуговування електронних освітніх ресурсів.

Модель враховує територіальну розподіленість необхідних освітніх ресурсів, ієрархію органів управління та пріоритетність завдань. Перерозподіл ресурсів орієнтований на виконання цілей і завдань e-learning при виникненні непередбаченої ситуації.

Напрямок подальших досліджень пов'язаний з розробкою на базі запропонованої математичної моделі методу оперативного перерозподілу ресурсів.

Список літератури

1. Riverbed Hyper-converged Edge [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.riverbed.com/document-repository/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-hp-convergedsystem/giperkonvergentnye-sistemy>.
4. <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. Ваганов П.А. Катастрофоведение / П.А. Ваганов. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2003. – 124 с.
7. Архипова Н.И. Управление в чрезвычайных ситуациях. 3-е изд., перераб. и доп / Н.И. Архипова, В.В. Кульба. – М.: Рос. гос. гуманитар. ун-т, 2012. – 352 с.
8. Кучук Г.А. Метод оценки характеристик АТМ-трафика / Г.А. Кучук // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті, – 2003. – № 6. – С. 44-48.
9. Кучук, Г.А. Управление трафиком мультисервисной распределенной телекоммуникационной сети / ГА Кучук // Системы управления, навигации та зв'язку. – 2007. – Вып 2. – С. 18-27.
10. Кучук Н.Г. Обобщенная математическая модель процесса оперативного управления ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций глобального характера / Н.Г. Кучук // Системы обработки информации. – Х.: ХУПС, 2015. – Вып. 3 (128). – С. 140-143.

Надійшла до редколегії 2.04.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаяев, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

МЕТОД МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В ГИПЕРКОНВЕРГЕНТНОЙ СРЕДЕ

Н.Г. Кучук, С.Н. Неचाусов

В статье предложена математическая модель процесса оперативного перераспределения ресурсов, ориентированная на гиперконвергентную архитектуру базовой программно-аппаратной среды. Модель ориентирована на среду обслуживания электронных образовательных ресурсов. Модель учитывает территориальную распределенность необходимых образовательных ресурсов, иерархию органов управления и приоритетность задач. Перераспределение ресурсов ориентировано на выполнение целей и задач e-learning при возникновении непредвиденной ситуации.

Ключевые слова: e-learning, непредвиденная ситуация, учебный ресурс.

MATHEMATICAL MODEL OF OPERATIONAL RE-DISTRIBUTION OF COMPUTING RESOURCES IN THE HYPERCONVERGENT MEDIUM ENVIRONMENT

N.G. Kuchuk, S.M. Nechausov

In the article the mathematical model of rapid reallocation of resources oriented architecture hyperconvergent basic software and hardware environment. The model focused on environment maintenance of electronic educational resources. The model takes into account the territorial allocation necessary educational resources, hierarchy management and prioritization of tasks. Redistribution of resources focused on the objectives and tasks of e-learning in the event of an emergency.

Keywords: e-learning, unpredictable situation, educational resource.