

Л.М. Зіменко

Одеська національна академія харчових технологій, Одеса, Україна

МЕТОД ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЖИВУЧОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ НАДБУДОВИ З ЦЕНТРАЛІЗОВАНИМ ПРИНЦИПОМ УПРАВЛІННЯ НАДАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕРВІСІВ

Предметом вивчення в статті є процес визначення та підвищення функціональної живучості інтелектуальної надбудови (ІН) з централізованим принципом управління (ЦПУ) наданням інтелектуальних сервісів (ІС). Метою є розробка методу забезпечення функціональної живучості ІН з ЦПУ наданням ІС. **Завдання:** 1) визначити етапи надання ІС для визначення функціональної живучості ІН з ЦПУ; 2) визначити метод підвищення функціональної живучості для ІН з ЦПУ наданням ІС. Отримано такі **результати**. Введено поняття множини функцій системи, множини функціональних елементів: множини функціональних ресурсів системи, множини функціональних зв'язків між ресурсами, класи інтелектуальних послуг, маршрут, який представляє процес надання інтелектуальних сервісів визначеного класу. Метод полягає у визначенні умовних ймовірностей подій, що складаються в несприятливому впливі (НВ) на рівень функціональних ресурсів та функціональних зв'язків ІН, визначенні маршрутів реалізації процесу надання ІС заданого класу, визначенні умовних ймовірностей ураження елементів усіх рівнів функціональних ресурсів і функціональних зв'язків. На основі отриманих значень даних ймовірностей здійснюється визначення показника функціональної живучості, забезпечення потрібного значення котрого досягається застосуванням процедури оптимізації структури резервів функціональних елементів. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: вперше розроблено метод забезпечення функціональної живучості ІН з ЦПУ наданням ІС.

Ключові слова: функціональна живучість; несприятливий вплив; маршрут; клас інтелектуальних сервісів; функціональні ресурси; функціональні зв'язки; резервування.

Вступ

Живучість є однією з найважливіших властивостей телекомунікаційних мереж (ТКМ), зокрема, мереж нового покоління NGN, що забезпечує їх ефективне функціонування. При цьому питання забезпечення і підвищення живучості NGN стають все більш актуальними у зв'язку з інтенсивним розвитком телекомунікацій і мультисервісних мереж. Стосовно до NGN в документах ITU [1] рекомендується, щоб проектування, експлуатація та розвиток NGN здійснювалися із забезпеченням надійності, безпеки, а також живучості, що визначає можливість системи своєчасно виконувати своє призначення – забезпечувати виконання критичної підмножини функцій для досягнення мети функціонування, а також прийнятний рівень обслуговування, навіть якщо нормальна експлуатація мережі ускладнюється різними зовнішніми НВ.

Під функціональною живучістю ТКМ розуміють властивість, що характеризує здатність мережі ефективно виконувати задані функції при отриманні пошкоджень (руйнувань) внаслідок деяких НВ або відновлювати цю здатність протягом заданого часу [2, 3].

У розробку питань визначення функціональної живучості систем різного призначення істотний внесок внесли роботи Ю.Ю. Громова [4], О.Г. Додінова і Д.В. Ланде [2], Ю.І. Стекольнікова [3], Д.О. Кривошеї [5], Н.О. Князевої [6, 7] та ін. Слід зазначити, що на даному етапі розвитку теорії живучості поки не склалися умови, що дозволяють сформулювати і реалізувати єдиний підхід до розробки завдань оптимізації різних видів живучості для різних типів систем. Проте, сформульовано

принципи, керівництво якими призводить до позитивного ефекту в справі забезпечення живучості систем різного призначення [3].

У той же час слід зазначити, що завдання оцінки, забезпечення та підвищення функціональної живучості інтелектуальної надбудови в науковій літературі розглядаються недостатньо, незважаючи на активний розвиток інтелектуальних сервісів і необхідності в зв'язку з цим виконання певних вимог до якості сервісу.

Метою статті є розробка методу забезпечення функціональної живучості інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління наданням інтелектуальних сервісів.

Основна частина

У даній роботі запропоновано метод визначення функціональної живучості інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління, що здійснює управління процесом надання інтелектуальних сервісів.

При аналізі функціональної живучості систем різного призначення розглядаються наступні характеристики системи: мета функціонування, множина завдань, на вирішення яких система орієнтована, і множина ресурсів, які використовуються в процесі вирішення завдань [2].

Визначимо характеристики системи управління – ІН.

Мета функціонування – надання ІС.

Множина завдань (функцій системи) – управління процесом надання ІС.

Множина ресурсів – множина функціональних елементів, які використовуються в процесі надання ІС.

Для забезпечення мети функціонування систем зазвичай застосовують одну із стратегій: забезпечення відмовостійкості – f -стратегію (fault-tolerance), або забезпечення живучості – s -стратегію (survivability).

При формуванні s -стратегії слід визначити множину станів системи, в кожному з яких здійснюється процес управління наданням ІС q -го класу (IC_q) ($q = \overline{1, Q}$, Q – кількість станів системи (видів ІС)).

Інтелектуальна надбудова з ЦПУ має у своїй структурі програмні комутатори Softswitch, з'єднані між собою, та сервер (ІН з ЦПУ).

При інтелектуальній надбудові з ЦПУ (рис. 1), у разі неможливості обробки заявки на ІС одним з Softswitch, заявка надходить далі на обробку до іншого Softswitch, поки не буде оброблена і передана на сервер сервісів.

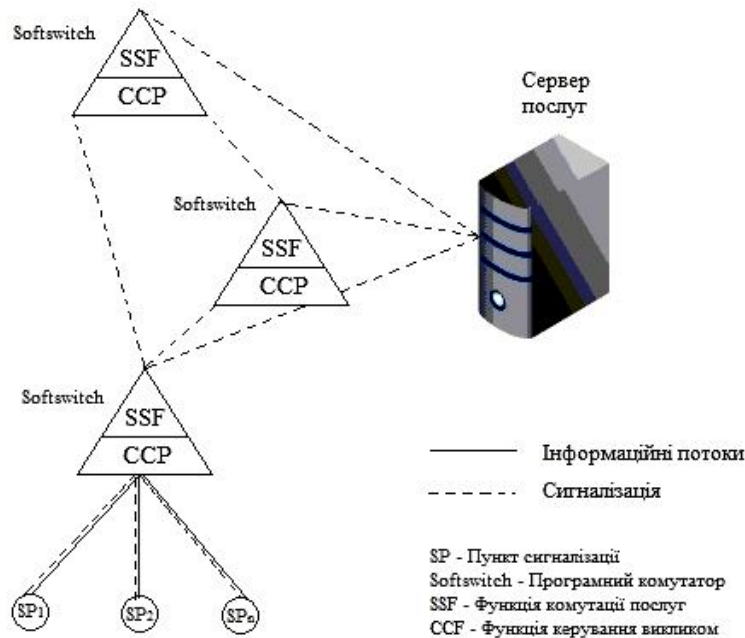


Рис. 1. Інтелектуальна надбудова з ЦПУ

Для визначення функціональної живучості ІН введемо показник функціональної живучості – ймовірність виконання системою (ІН) заданої функції – надання сервісів q -го класу. Значення цього показника залежить від ймовірності настання НВ – $P(E_{НВ})$.

Структура ІН з ЦПУ, що забезпечує надання ІС будь-якого класу може бути представлена у вигляді графа (рис. 2):

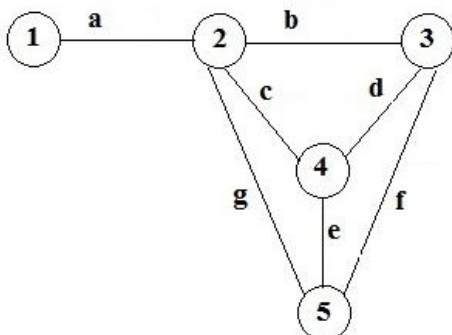


Рис. 2. Граф мережі ІН з ЦПУ

Процес надання ІС при ІН з ЦПУ представимо у вигляді ієрархічної системи (рис. 3).

На кожному ярусі з непарною нумерацією розташовані пункти (вершини графа, що використовують

ють відповідні ресурси – SP, Softswitch, SSF, CCF (рис. 1)), з парної – гілки графа – функціональні зв'язки між ресурсами системи.

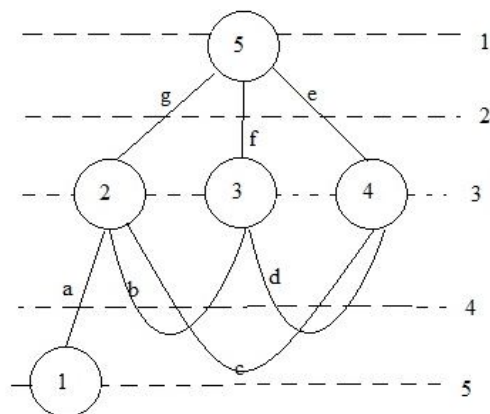


Рис. 3. Яруси ієрархічної системи при ІН з ЦПУ

Ймовірність настання НВ – $P(E_{НВ})$ – може бути як завгодно малою, однак, завжди $P(E_{НВ}) > 0$.

Метод забезпечення функціональної живучості інтелектуальної надбудови з централізованим принципом управління наданням інтелектуальних сервісів. Запропонований метод визначення функціональної живучості ІН з централізованим

принципом управління представляється наступними етапами.

I. Розрахунок умовних ймовірностей подій, що складаються в несприятливій дії на рівень l_r пунктів системи $P(E_{l_r})$ (1) і рівень l_y функціональних зав'язків $P(E_{l_y})$ (2).

Цей розрахунок здійснюється виходячи з гіпотези про рівноуразливість всіх рівнів системи:

$$P_{l_{ri}}^q = \frac{l_r(g_{l_{ri}}^q)}{l_r(g_{l_r}^q)} \cdot \frac{l_r(g_{l_r}^q)}{g_{l_r}} \cdot \frac{L_r}{L_r + L_y} \cdot P(E_{HB}), \quad (1)$$

$$P_{l_{yi}}^q = \frac{l_y(g_{l_{yi}}^q)}{l_y(g_{l_y}^q)} \cdot \frac{l_y(g_{l_y}^q)}{g_{l_y}} \cdot \frac{L_y}{L_r + L_y} \cdot P(E_{HB}), \quad (2)$$

де $P_{l_r}^q$ і $P_{l_y}^q$ – ймовірності ураження елементів рівнів l_r і l_y ;

$l_r(g_{l_r}^q)$, $l_y(g_{l_y}^q)$ – кількість видів функціональних ресурсів і функціональних зав'язків відповідно;

L_r – кількість рівнів пунктів (функціональних ресурсів);

L_y – кількість рівнів (функціональних зав'язків).

II. Обчислення умовних ймовірностей впливу НВ на рівні системи:

– для пунктів (функціональних ресурсів):

$$P(E_{l_r}) = P(E_{HB}) \cdot \frac{L_r}{L_r + L_y}; \quad (3)$$

– для гілок (функціональних зв'язків):

$$P(E_{l_y}) = P(E_{HB}) \cdot \frac{L_y}{L_r + L_y}. \quad (4)$$

III. Визначення маршрутів реалізації процесу надання інтелектуальних сервісів заданого класу як послідовностей використовуваних функціональних ресурсів і функціональних зв'язків у вигляді диз'юнктивної нормальної форми (кожен маршрут множини маршрутів надається кон'юнкцією використовуваних функціональних ресурсів і функціональних зв'язків, а об'єднання маршрутів у множину здійснюється використанням операції диз'юнкції) [6, 8].

IV. Визначення кількості функціональних ресурсів і функціональних зв'язків, що використовується для кожного маршруту.

V. Визначення умовних ймовірностей ураження елементів усіх рівнів функціональних ресурсів і функціональних зв'язків.

VI. Визначення показника функціональної живучості $P_{f_{qi}}^*$ P_{IH}^f – ймовірності виконання інтелектуальної надбудови з централізованим принципом

управління сервісів q -го класу (5):

$$P_{f_{qi}}^* = 1 - (P\{E_1\} + P\{E_2\} - P\{E_1 \cap E_2\}). \quad (5)$$

де E_1 – відмова функціональних ресурсів рівня l_r (1),

E_2 – відмова функціональних зав'язків рівня l_y (2).

VII. Визначення виконання умови (6), а саме: показник функціональної живучості P_{IH}^f ІН, отриманий після розрахунків по формулі (5), порівнюється з необхідним значенням функціональної живучості $P_{НЕОБХ}^f$.

$$P_{IH}^f \geq P_{НЕОБХ}^f, \quad (6)$$

Виконання умови (6) означає, що отриманий показник функціональної живучості задовольняє існуючим вимогам. При цьому здійснюється перехід до етапу K – завершення роботи. При невиконанні умови (5) здійснюється перехід до наступного етапу – VIII.

VIII. Забезпечення потрібного рівня функціональної живучості.

Ця процедура здійснюється визначенням тих функціональних ресурсів та функціональних зв'язків усіх рівнів, які в найбільшій мірі впливають на значення показника функціональної живучості, та формування відповідної структури резерву.

Відповідна система резервування створюється наступним чином. Система складається з n ділянок мережі та в жодній з ділянок немає резервних елементів.

На першому кроці процесу знаходиться така ділянка, яка дає найбільший «питомий» вигравш в прирості показника функціональної живучості системи в цілому при додаванні одного резервного елемента до неї.

На другому кроці відшукується наступна ділянка (включаючи і ту, до якої тільки що був приєднаний резервний елемент), додавання до якої одного резервного елемента дає знову найбільше відносне збільшення показника функціональної живучості системи в цілому.

Система резервування будується доти, поки не буде досягнуто виконання умови (6). Після чого здійснюється перехід до етапу K .

Ефективність резервування ділянки оцінюється на основі формули (7), що використовується для розрахунку для кожної i -ої ділянки при збільшенні кратності її резервування на одиницю [8]:

$$\gamma_f(m_i + 1) = \frac{p_i(m_i + 1) - p_i m_i}{c_i \cdot p_i(m_i)}, \quad (7)$$

де $p_i(m_i + 1)$, $p_i(m_i)$ – значення показника ймовірності неураження i -ої ділянки при кратності резервування $(m_i + 1)$ та m_i , відповідно;

c_i – вартість i -ої резервної ділянки системи.

Враховуючи вплив процесу резервування на зміну значень P_{f_q} , який здійснюється відповідно розрахункам за виразом (8) ($\gamma_f(m_i + 1)$ – розраховується для множин функціональних елементів – функціональних ресурсів та функціональних зв'язків), визначається можливість резервування кожної ділянки.

K – завершення роботи методу.

Продемонструємо застосування методу на такому прикладі.

Нехай $P(E_{HB}) = 0,01$.

Обчислимо умовну ймовірність впливу на рівні системи:

– для пунктів (функціональних елементів):

$$P(E_{l_r}) = 0,01 \cdot \frac{3}{3+2} = 0,006;$$

– для гілок (функціональних зав'язків):

$$P(E_{l_y}) = 0,01 \cdot \frac{2}{3+2} = 0,004.$$

Вважаємо відомими кількість видів ресурсів $l_r(g_r^q)$ і функціональних зв'язків $l_y(g_y^q)$, які використовуються для надання ІС q -го класу, які перебувають на рівнях l_r і l_y , відповідно.

Маємо для ІС q -го класу множину маршрутів:

$$m_{15} = ag + abf + ace + abde + acdf. \quad (8)$$

Визначимо, яка кількість функціональних елементів використовується для кожного маршруту.

Для маршруту ag :

Для пунктів:

- рівень 1 – один функціональний ресурс;
- рівень 3 – один функціональний ресурс;
- рівень 5 – один функціональний ресурс.

Для гілок:

Рівень 2 – один функціональний зав'язок; рівень 4 – один функціональний зав'язок.

Для маршруту abf :

Для пунктів:

- рівень 1 – один функціональний ресурс;
- рівень 3 – два функціональні ресурси;
- рівень 5 – один функціональний ресурс.

Для гілок:

- рівень 2 – один функціональний зав'язок;
- рівень 4 – два функціональних зав'язок.

Для інших маршрутів кількість ресурсів розраховується аналогічно.

Як бачимо, для виконання усіх інтелектуальних сервісів q -го класу у відповідності з маршрутами (8) використовуються такі функціональні елементи:

- функціональні ресурси:
рівень 1 – один ресурс;

рівень 3 – три ресурси;

рівень 5 – один ресурс.

– функціональні зв'язки:

рівень 2 – три функціональні зв'язки;

рівень 4 – чотири функціональні зв'язки.

Визначимо умовні ймовірності ураження елементів рівнів l_r і l_y – $P_{l_r}^q$ і $P_{l_y}^q$.

Для рівнів функціональних ресурсів:

$$\text{Рівень 1: } P_{l_1}^q = \frac{1}{1} \cdot 0,006 = 0,006.$$

$$\text{Рівень 3: } P_{l_3}^q = \frac{3}{3} \cdot 0,006 = 0,006.$$

$$\text{Рівень 5: } P_{l_5}^q = \frac{1}{1} \cdot 0,006 = 0,006.$$

Для рівнів функціональних зв'язків:

$$\text{Рівень 2: } P_{l_2}^q = \frac{3}{3} \cdot 0,004 = 0,004.$$

$$\text{Рівень 4: } P_{l_4}^q = \frac{4}{4} \cdot 0,004 = 0,004.$$

Показник функціональної живучості P_{15}^f інтелектуальної надбудови, отриманий після розрахунків по формулі (5), порівнюється з необхідним значенням функціональної живучості $P_{НЕОБХ}^f$ (формула (6)).

Визначимо, за якими маршрутами сервіс надається.

Маємо спільну множину маршрутів (8). Нехай q -й клас сервісів становить три сервіси.

Для сервісу 1 використовуються маршрути:

$$\mu_{15}^1 = ag + ace.$$

Для сервісу 2 використовуються маршрути:

$$\mu_{15}^2 = abf + abde.$$

Для сервісу 3 використовуються маршрути:

$$\mu_{15}^3 = acdf.$$

На основі проведених розрахунків для множини ІС q -го класу отримаємо для сервісу 1:

– використані функціональні ресурси:

рівень 1 – один ресурс;

рівень 3 – два ресурси;

рівень 5 – один ресурс;

– використані функціональні зв'язки:

рівень 2 – два функціональних зв'язки;

рівень 4 – два функціональних зв'язки.

Для інших сервісів розрахунки проводяться аналогічно.

Визначимо ймовірність ураження елементів рівнів l_r і l_y , використаних при наданні i -го сервісу q -го класу.

Для сервісу 1:
– рівні ресурсів:

$$\text{Рівень 1: } P_{l_{11}}^q = \frac{1}{1} \cdot 0,006 = 0,006.$$

$$\text{Рівень 3: } P_{l_{31}}^q = \frac{2}{3} \cdot 0,006 = 0,004.$$

$$\text{Рівень 5: } P_{l_{51}}^q = \frac{1}{1} \cdot 0,006.$$

– рівні функціональних зав'язків:

$$\text{Рівень 2: } P_{l_{21}}^q = \frac{2}{3} \cdot 0,004 = 0,016.$$

$$\text{Рівень 4: } P_{l_{41}}^q = \frac{2}{4} \cdot 0,004 = 0,002.$$

Для інших сервісів розрахунки ведуться аналогічно. Нехай необхідно забезпечити рівень функціональної живучості ПН:

$$P_{\text{НЕОБХ}}^f = 0,99.$$

Розглянемо наступні випадки надання сервісу: коли надання сервісу відбувається за кількома маршрутами і коли надання сервісу відбувається по одному маршруту.

1. Надання сервісу за кількома маршрутами, коли будь-який з маршрутів може бути використаний.

В цьому випадку шукана ймовірність надання даного сервісу визначається наступним чином.

Розрахуємо ймовірність надання сервісу 1. Для даного сервісу використовується такий маршрут:

$$\mu_{15}^1 = ag + ace.$$

Розрахуємо ймовірність неуразнення шляхів $\mu_1 = ag$ і $\mu_2 = ace$.

Розпишемо цей маршрут у вигляді двох різних ланцюжків з'єднання послідовних елементів на різних рівнях: Перший ланцюжок має такий вигляд:

$$(1)R_5 - (a)Y_4 - (2)R_3 - (g)Y_2 - (5)R_1.$$

$$P_{\mu_1} = (1 - P_{l_{51}}^q)(1 - P_{l_{41}}^q)(1 - P_{l_{31}}^q)(1 - P_{l_{21}}^q) \times \\ \times (1 - P_{l_{11}}^q) = (1 - 0,006)(1 - 0,004) \times \\ \times (1 - 0,004)(1 - 0,00267)(1 - 0,006) = 0,97753.$$

Другий ланцюжок виглядає так:

$$(1)R_5 - (a)Y_4 - (2)R_3 - (c)Y_4 - \\ - (4)R_3 - (e)Y_2 - (5)R_1.$$

$$P_{\mu_2} = (1 - P_{l_{51}}^q)(1 - P_{l_{41}}^q)(1 - P_{l_{31}}^q)(1 - P_{l_{41}}^q) \times \\ \times (1 - P_{l_{31}}^q)(1 - P_{l_{22}}^q)(1 - P_{l_{12}}^q) = \\ = (1 - 0,006)(1 - 0,002)(1 - 0,004)(1 - 0,004) \times \\ \times (1 - 0,004)(1 - 0,00267)(1 - 0,006) = 0,97167.$$

Розрахуємо ймовірність $P_{f_{q1}}$ надання сервісу

як результуючу ймовірність відповідно до виразу (5), при паралельному з'єднанні маршрутів:

$$P_{f_{q1}} = 1 - (1 - 0,97753)(1 - 0,97167) = 0,99936.$$

Отриманий показник функціональної живучості забезпечує виконання умови (6), тобто $0,99936 > 0,99$.

Розрахуємо ймовірність надання сервісу 2. Для даного сервісу використовується такий маршрут:

$$\mu_{15}^2 = abf + abde.$$

Розрахуємо ймовірність неуразнення шляхів $\mu_1 = abf$ і $\mu_2 = abde$.

Розпишемо цей маршрут у вигляді двох різних ланцюжків з'єднання послідовних елементів на різних рівнях.

Перший ланцюжок має такий вигляд:

$$(1)R_5 - (a)Y_4 - (2)R_3 - (b)Y_4 - (3)R_3 - \\ - (f)Y_2 - (5)R_1.$$

Другий ланцюжок виглядає так:

$$(1)R_5 - (a)Y_4 - (2)R_3 - (b)Y_4 - (3)R_3 - (d)Y_4 - \\ - (4)R_3 - (e)Y_2 - (5)R_1,$$

де (1) R_5 , (2) R_3 , (3) R_3 , (3) R_4 , (5) R_1 – функціональні елементи відповідно до номерів ярусів, на яких вони розташовані;

(a) Y_4 , (b) Y_4 , (f) Y_4 , (d) Y_4 , (e) Y_2 – функціональні зв'язки відповідно до номерів ярусів, на яких вони розташовані;

$$P_{\mu_1} = (1 - P_{l_{52}}^q)(1 - P_{l_{42}}^q)(1 - P_{l_{32}}^q)(1 - P_{l_{42}}^q) \times \\ \times (1 - P_{l_{32}}^q)(1 - P_{l_{22}}^q)(1 - P_{l_{12}}^q) = \\ = (1 - 0,006)(1 - 0,003)(1 - 0,006)(1 - 0,003) \times \\ \times (1 - 0,006)(1 - 0,00267)(1 - 0,006) = 0,96778;$$

$$P_{\mu_2} = (1 - P_{l_{52}}^q)(1 - P_{l_{42}}^q)(1 - P_{l_{32}}^q)(1 - P_{l_{42}}^q) \times \\ \times (1 - P_{l_{32}}^q)(1 - P_{l_{42}}^q)(1 - P_{l_{32}}^q)(1 - P_{l_{22}}^q)(1 - P_{l_{12}}^q) = \\ = (1 - 0,006)(1 - 0,003)(1 - 0,006)(1 - 0,003) \times \\ \times (1 - 0,006)(1 - 0,003)(1 - 0,006)(1 - 0,00267) \times \\ \times (1 - 0,006) = 0,95908.$$

Розрахуємо ймовірність $P_{f_{q2}}$ надання сервісу

як результуючу ймовірність відповідно до виразу (5), при паралельному з'єднанні маршрутів:

$$P_{f_{q2}} = 1 - (1 - 0,96777)(1 - 0,95908) = 0,99868.$$

Отриманий показник функціональної живучості забезпечує виконання (6), тобто, $0,99868 > 0,99$.

Можна зробити висновок, що надання сервісу по декількох маршрутах задовольняє заданим вимогам по функціональній живучості.

2. Розглянемо випадок надання сервісу по одному маршруту.

Для забезпечення надання хоча б одного сервісу необхідно, щоб всі елементи маршруту, що забезпечує даний сервіс, не були вражені в результаті НВ, тобто ймовірність надання сервісу визначається як добуток ймовірностей неураження всіх елементів маршруту, що забезпечують даний сервіс.

Розрахуємо дану ймовірність для сервісу 3.

Маємо ймовірності ураження елементів, що становлять маршрут надання сервісу 3: $\mu_{15}^3 = acdf$.

Розпишемо цей маршрут у вигляді ланцюжка з'єднання послідовних елементів на різних рівнях:

$$(1)R_5 - (a)Y_4 - (2)R_3 - (c)Y_4 - (4)R_3 - (d)Y_4 - (3)R_3 - (f)Y_2 - (5)R_1.$$

Для забезпечення надання даного сервісу необхідно, щоб всі елементи даного маршруту були неуражені в результаті НВ.

Неураження кожного з елементів маршруту визначається як ймовірність протилежної події щодо

ймовірності ураження, а ймовірність функціонування маршруту – як помноження ймовірностей неураження всіх елементів маршруту $acdf$:

$$P_{f_{q3}} = (1 - p_{l_{53}}^q)(1 - p_{l_{43}}^q)(1 - p_{l_{33}}^q)(1 - p_{l_{43}}^q) \times \\ \times (1 - p_{l_{33}}^q)(1 - p_{l_{43}}^q)(1 - p_{l_{33}}^q)(1 - p_{l_{23}}^q) \times \\ \times (1 - p_{l_{13}}^q) = (1 - 0,006)(1 - 0,003)(1 - 0,006) \times \\ \times (1 - 0,003)(1 - 0,006)(1 - 0,003)(1 - 0,006) \times \\ \times (1 - 0,0033)(1 - 0,006) = 0,95848.$$

Отриманий показник функціональної живучості не забезпечує виконання умови (6), а саме, $0,95848 < 0,99$.

Тому необхідно перейти до процедури підвищення функціональної живучості для заданої ділянки мережі.

Підвищення функціональної живучості здійснюється наступним чином.

Вихідні дані – вартість резервного обладнання (в умовних одиницях) і ймовірності неураження елементів і ділянок маршруту при НВ – наведені у табл. 1.

Таблиця 1. Вихідні дані ІІІ

	Функціональний елемент					Функціональний зв'язок			
	1	2	3	4	5	a	c	d	f
Вартість (у.о.)	2	1	1	2	1	1	1	2	2
Ймовірність неураження	0,994	0,994	0,994	0,994	0,994	0,997	0,997	0,997	0,9967

В результаті проведених розрахунків на першому етапі формується сукупність значень показників неураження елементів маршрутів, які представ-

лені в табл. 2. У стовпці 1 зазначено номер кроку. У стовпці 2 вказано номер функціонального елемента або функціонального зв'язку.

Таблиця 2. Результати розрахунків резервування ділянок у ІІІ з ЦПУ

№ кроку	Функціональний ресурс або функціональний зв'язок	$P_{f_{q3}}$	$c_{f_{q3}}$	$\gamma_f(m_i + 1)$
1	2	3	4	5
0		0,95848	0	0
1				
	1	0,96423	2	0,003
	2	0,96423	1	0,006
	3	0,96423	1	0,006
	4	0,96423	2	0,003
	5	0,96423	1	0,006
	a	0,96136	1	0,003
	c	0,96136	1	0,003
	d	0,96136	2	0,00015
	f	0,96164	2	0,00017

У стовпці 3 вказані значення функціональної живучості $P_{f_{q3}}$.

У стовпці 4 вказані значення вартості резервного обладнання, в стовпці 5 – показник $\gamma_f(m_i + 1)$, отриманий на основі формули (7), максимальне значення якого і визначає вибір ділянки для резервування.

В результаті виконання кроку 1 резервне обладнання слід ввести на ділянці «2». Отримане на цьому кроці значення

$$P_{IH}^f = 0,96423 < P_{НЕОБХ}^f = 0,99.$$

Отже, процес резервування необхідно продовжити. Результати наступних розрахунків наведені в табл. 3.

Таблиця 3. Послідовність кроків забезпечення функціональної живучості системи у ІН з ЦПУ

№ кроку	Функціональний ресурс або функціональний зв'язок	$P_{f_{q3}}$	$c_{f_{q3}}$	$\gamma_f(m_i + 1)$
1	2	0,96423	1	0,006
2	3	0,97005	1+1	0,006
3	5	0,97587	1+1+1	0,006
4	1	0,98172	3+2	0,003

В результаті сформовано вектор оптимальної структури резерву:

$$M(m_1, m_2, m_3, m_4, m_5, m_a, m_c, m_d, m_f) = (1, 1, 1, 0, 1, 0, 0, 0, 0).$$

Це означає, що слід додати по одному резервному елементу до ділянок 1, 2, 3, 4, 5, що забезпечує значення показника функціональної живучості

$$P_{IH}^f = 0,99970 > P_{НЕОБХ} = 0,99,$$

а мінімально можлива вартість резервного обладнання становить

$$C = 5 \text{ у.о.}$$

Висновки

В роботі запропонований метод забезпечення функціональної живучості інтелектуальної надбудови, який здійснює забезпечення централізованим управлінням процесом надання інтелектуальних сервісів. Введено поняття множини функції системи, множини функціональних елементів: множини функціональних ресурсів системи, множини функ-

ціональних зв'язків між ресурсами, класи інтелектуальних послуг, маршрут, який представляє процес надання інтелектуальних сервісів визначеного класу.

Метод складається з визначення умовних ймовірностей подій, несприятливих впливів на рівень функціональних ресурсів та функціональних зв'язків ІН, визначенні маршрутів реалізації процесу надання ІС заданого класу, визначенні умовних ймовірностей ураження елементів усіх рівнів функціональних ресурсів і функціональних зв'язків.

На основі отриманих значень даних ймовірностей здійснюється визначення показника функціональної живучості, забезпечення потрібного значення якого досягається застосуванням процедури оптимізації структури резерву функціональних елементів. Наведено приклад застосування розробленого методу, який показав працездатність методу.

Запропонований метод може бути використаний при проектуванні системи управління інтелектуальними послугами, при виборі принципу управління, при вирішенні завдань підвищення функціональної живучості системи управління інтелектуальними послугами.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рекомендация ITU-T Y.3001: Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений [Электронный ресурс] / ITU: Committed to connecting the world. – Режим доступа: [www/ http://www.itu.int](http://www.itu.int). – 10.03.2018 г. – Загл. с экрана.
2. Додонов А. Г. Живучесть информационных систем. / А. Г. Додонов, Д. В. Ландэ. –К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
3. Стекольников Ю. И. Живучесть систем / Ю. И. Стекольников. – СПб.: Политехника, 2002. – 155 с.
4. Громов Ю. Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем / Ю. Ю. Громов, В. О. Драчев, К. А. Набатов, О. Г. Иванова/ – М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ-1, 2007.
5. Кривошея Д. О. Исследование функциональной живучести модели системы видеоконференцсвязи, развернутой на беспроводной ячеистой сети / Д. О. Кривошея // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»/ – № 4/ – 2013.
6. Князева Н. А. Метод определения функциональной живучести при децентрализованном управлении интеллектуальным сервисом. / Н. А Князева // Одесса . Холодильна техніка та технологія. – 53 (2), 2017. – С. 66-73.
7. Kniazieva N. The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services. / N. Kniazieva, L. Zimenko, T. Kunup // SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION. Natural and Technical Sciences. IV(10), Issue 91, 2016.
8. Князева Н.О. Теорія проектування комп'ютерних систем і мереж. Ч. 2. Методи аналізу і синтезу комп'ютерних мереж / Н.О. Князева. – Одеса. – СПД Бровкін О.В., 2012 .

REFERENCES

1. ITU-T Recommendation Y.3001: *Global Information Infrastructure, Aspects of Internet Protocol and Next Generation Networks* (2018), [ITU: Committed to connecting the world, available at: [www/http://www.itu.int](http://www.itu.int), 10/03/2018, In accordance with from the screen.
2. Dodonov, A.G. (2011), *Survivability of information systems*, Nauk. Dumka, Kyiv, 256 p.
3. Stekolnikov, Yu.I. (2002), *Survivability of systems*, Stekolnikov, Politechnica, St. Petersburg, 155 p.
4. Gromov, Yu.Y., Drachev, V.O., Nabatov, K.A. and Ivanova, O.G. (2007), *Synthesis and analysis of the survivability of network systems*, PUBLISHING MECHANICAL ENGINEERING-1, Moscow.
5. Krivosheya, D.O. (2013), "Investigation of the functional survivability of a video conferencing system model deployed on a wireless mesh network", *Naukovedenie*, No. 4.
6. Kniazieva, N.A. (2017), "The method of determining the functional survivability in the decentralized management of intelligent service", *Refrigeration Engineering and Technology*, Odessa, 53 (2), pp. 66-73.
7. Kniazieva, N., Zimenko, L. and Kunup T. (2016), "The Method of Determining the Functional Survivability of the Control of the Intelligent Services", *SCIENCE AND EDUCATION A NEW DIMENSION. Natural and Technical Sciences*, IV (10), Issue 91.
8. Knyazeva N.O. *Theory of the project of computer systems and imagery. Q2. Methodology of analysis and synthesis of computers*, SPD Brovkin OV, Odessa.

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. С. Г. Семенов,
 Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків
 Received (Надійшла) 9.04.2018
 Accepted for publication (Прийнята до друку) 30.05.2018

**Метод обеспечения функциональной живучести интеллектуальной надстройки
 с централизованным принципом управления предоставлением интеллектуального сервиса**

Л.Н. Зименко

Предметом изучения в статье является процесс определения и повышения функциональной живучести интеллектуальной надстройки (ИН) с централизованным принципом управления предоставлением (ЦПУ) интеллектуальным сервисом (ИС). Целью является разработка метода обеспечения функциональной живучести ИН с ЦПУ предоставлением ИС. **Задачи:** 1) определить этапы предоставления ИС для определения функциональной живучести ИН с ЦПУ; 2) определить метод повышения функциональной живучести для ИН с ЦПУ предоставлением ИС. Получены следующие **результаты**. Введено понятие множества функции системы, множества функциональных элементов: множества функциональных ресурсов системы, множества функциональных связей между ресурсами, классы интеллектуальных услуг, маршрут, представляющий процесс предоставления интеллектуальных сервисов определенного класса. Метод заключается в определении условных вероятностей событий, состоящих в неблагоприятном воздействии (НВ) на уровень функциональных ресурсов и функциональных связей ИН, определении маршрутов реализации процесса предоставления ИС заданного класса, определении условных вероятностей поражения элементов всех уровней функциональных ресурсов и функциональных связей. На основе полученных значений данных вероятностей осуществляется определение показателя функциональной живучести, обеспечение нужного значения которого достигается применением процедуры оптимизации структуре резервов функциональных элементов. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: впервые разработан метод обеспечения функциональной живучести ИН с ЦПУ предоставлением ИС.

Ключевые слова: функциональная живучесть; неблагоприятное воздействие; маршрут; класс интеллектуальных сервисов; функциональные ресурсы; функциональные связи; резервирования.

**The method of ensuring the functional survivability of the intelligent superstructure with the centralized principle
 of control the provision of intelligent service**

L. Zimenko

The **subject** of the study in the article is the process of determining and enhancing the functional survivability of the intelligent superstructure (IN) with the centralized control principle of provision (CCP) by intelligent service (IS). The **purpose** is to develop a method for providing functional survivability of IN with the CPU by providing IS. **Tasks:** 1) define the stages of providing the IS to determine the functional survivability of the IN with the CPU; 2) determine the method of increasing the functional survivability for the IN with the CPU providing the IS. The following results are obtained. The concept of the set of system functions and the set of functional elements is introduced: the set of functional resources of the system, the set of functional connections between resources, the classes of intelligent services, the route representing the process of providing intelligent services of a certain class. The method consists in determining the conditional probabilities of adverse events (AE) on the level of functional resources and functional links of the IN, determining the routes of implementation of the process of providing the IS of a given class, determining the probable probabilities of damage to elements of all levels of functional resources and functional relationships. On the basis of the obtained values of probability data, a determination of the index of functional survivability is carried out, ensuring the desired value of which is achieved by applying a procedure for optimizing the structure of the reserves of functional elements. **Conclusions.** The scientific novelty of the obtained results is as follows: for the first time the method of ensuring the functional survivability of the IN with the CPU by providing the IS.

Keywords: functional survivability; adverse effects; route; class of intelligent services; functional resources; functional connections; redundancy.