

УДК 621.391

Метод забезпечення структурної живучості інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління

Л. М. Зіменко

Одеська національна академія харчових технологій, вул. Канатна, 112, Одеса, 65082, Україна

E-mail: zimenko.liliya@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1866-83>

В роботі представлений метод оцінки структурної живучості інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління при наданні інтелектуальних сервісів в мережах наступного покоління. Для оцінки структурної живучості інтелектуальної надбудови запропоновано використання середньозваженого значення верхньої та нижньої меж структурної живучості. Визначено спосіб розрахунку верхньої та нижньої меж структурної живучості та виконано приклад реалізації методу забезпечення структурної живучості для інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління при використанні спеціалізованих серверів.

Ключові слова: структурна живучість; інтелектуальна надбудова; верхня межа живучості; нижня межа живучості; децентралізований принцип управління.

© The Author(s) 2017. This article is an open access publication

This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY)

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

1 Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогоднішній день досить розвинений спектр інтелектуальних сервісів (наприклад, універсальний номер, телеголосування, опитування населення та інші), управління якими здійснюється інтелектуальними надбудовами (ІН). Виходячи з необхідності надання інтелектуальних сервісів (ІС) з заданим рівнем якості, оцінка і забезпечення живучості ІН є актуальним завданням.

Живучість системи – здатність системи зберігати і відновлювати виконання основних функцій в заданому обсязі і протягом заданого часу в разі зміни структури системи і/або алгоритмів і умов її функціонування внаслідок несприятливих впливів [1].

Інтелектуальна надбудова – система пристроїв, що управляє інтелектуальними сервісами.

Інтелектуальний сервіс – сервіс телекомунікаційної мережі, при наданні якого відбувається зміна процесу обслуговування виклику в частині процедур маршрутизації або тарифікації.

Питанням забезпечення живучості систем різного призначення присвячений ряд робіт українських та російських авторів: Ю.І. Громова [1], А.Г. Додонова, Л.В. Ланде [2], Ю.І. Стекольнікова [3], Н.О. Князевої [4], [5] та інших.

2 Основний матеріал

В роботі [5] розглянуто систему надання ІС при застосуванні ІН з централізованим принципом управління. Але така система має деякі недоліки [6]:

1. Може виникнути проблема, пов'язана з обмеженими пропускнуною спроможністю мережі сигналізації і продуктивністю центрів управління ІС із зростанням

кількості запитів на ІС. Це може погіршити продуктивність мережі, що стане неприйнятним для користувачів або зробить неможливою підтримку централізованого режиму управління.

2. Існують такі ІС, які не передбачають затримки виконання.

Тому доцільно перейти до використання децентралізованого принципу управління (ДПУ), що дозволить зменшити затримку виконання ІС.

При застосуванні ДПУ для обслуговування заявок на ІС можуть використовуватись універсальні сервери для обслуговування усіх видів заявок, та спеціалізовані сервери – для обслуговування визначеного класу заявок.

Розглянемо випадок, у якому використовуються спеціалізовані сервери, кожен з яких обслуговує визначений клас заявок на ІС.

ІН з ДПУ, представлена на рисунку 1.

Обслуговування заявки на ІС відбувається наступним чином: заявка від програмного комутатора Softswitch поступає на сервер сервісів, який з ним безпосередньо пов'язаний. Якщо сервер вільний і обслуговує даний клас заявок, то він обслуговує заявку. Якщо даний сервер не обслуговує даний клас заявок на ІС, то заявка відправляється на той Softswitch, який пов'язаний із необхідним сервером.

Між програмними комутаторами Softswitch є рівноправні зв'язки, завдяки використанню яких утворюється множина шляхів (маршрутів) обслуговування заявки на ІС: $M_{st} = \{\mu_{st}^k\}$, де $k = \overline{1, K}$ K – кількість шляхів між пунктами s (користувач) і t (сервери сервісів).

Метою даної роботи є розробка методу забезпечення структурної живучості інтелектуальної надбудови з ДПУ, що реалізує потоковий підхід з використан-

ням показника структурної живучості, що визначається на основі нижньої і верхньої меж структурної живучості. Нижня і верхня межі структурної живучості визначаються на основі використання множини застосовуваних шляхів для обслуговування заявок на ІС (для верхньої межі) і множини розрізів, що формуються для визначеної множини шляхів (для нижньої межі) [4], [5]. Необхідне значення структурної живучості досягається введенням

структурної надлишковості (властивість живучості мають тільки надлишкові системи). Структурна надлишковість здійснюється з використанням оптимізаційної процедури резервування тих гілок, що утворюють множини шляхів, організованих для обслуговування заявок на надання ІС, які надходять в мережу, і тих розрізів, які поділяють множини шляхів, вибір яких визначається на основі максимізації ефективності кожного етапу резервування.

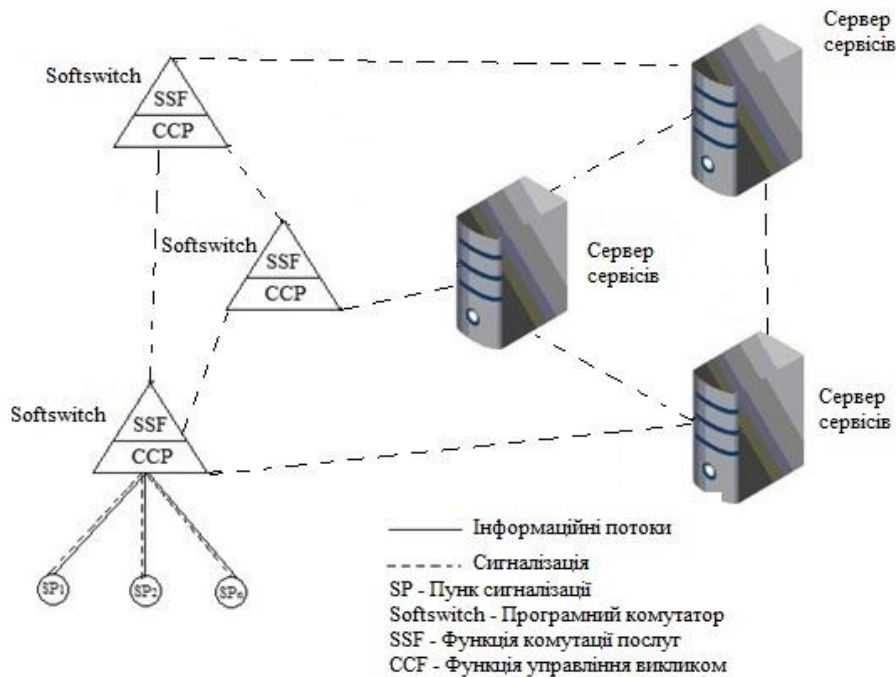


Рисунок 1 – Інтелектуальна надбудова з децентралізованою архітектурою

Потоковий похід дозволяє [2], [3]:

- обґрунтувати вимоги до структури ІН з урахуванням заданого рівня показника структурної живучості;

- вибрати кращий за показником структурної живучості проект системи з розглянутих альтернатив;

- забезпечити показникам структурної живучості максимальне значення в деякій області допустимих значень.

На основі роботи [5] в якості показника структурної живучості ІН використаємо середньозважене значення нижньої і верхньої меж структурної живучості – P_{IH} .

При визначенні верхньої межі структурної живучості ($P_{ВМСЖ}$) на основі множини шляхів, які використані для обслуговування заявок на ІС, приймається, що шляхи є незалежними, утворюють паралельну структуру. Нижня межа структурної живучості ($P_{НМСЖ}$), що визначається на основі множини розрізів, які поділяють множини шляхів, що використовуються для обслуговування заявок на ІС, приймається, що всі розрізи утворюють послідовну структуру. Показник P_{IH} визначається відповідно до виразу (1):

$$P_{IH} = \frac{P_{ВМСЖ} w_{ВМСЖ} + P_{НМСЖ} w_{НМСЖ}}{w_{ВМСЖ} + w_{НМСЖ}}, \quad (1)$$

де $w_{ВМСЖ}$ і $w_{НМСЖ}$ – вагові коефіцієнти, що визначають важливість показників $P_{ВМСЖ}$ і $P_{НМСЖ}$ відповідно.

Значення коефіцієнтів $w_{ВМСЖ}$ і $w_{НМСЖ}$ доцільно визначити на основі експертних оцінок.

Показник P_{IH} відповідає наступним основним вимогам [3]:

а) за смисловим змістом P_{IH} визначається на основі потокового підходу, який використовується для вирішення завдань синтезу живучих систем, оцінки, забезпечення і підвищення живучості систем;

б) досить високий рівень системності досліджень забезпечується врахуванням множини шляхів, організованих для обслуговування заявок на ІС, що надходять в мережу, і множини розрізів, які поділяють ці шляхи;

в) показник P_{IH} має високу ступінь формалізації, що дозволяє виконати його розрахунок і провести дослідження його змін при зміні ситуації в ІН;

г) розрахунок $P_{\text{ІН}}$ здійснюється на основі врахування вимог на надання ІС, що надійшли в ІН, і можливостей по їх обслуговуванню, що дозволяє забезпечити чутливість показника до будь-яких маніпуляцій на рівні характеристик ІН.

Крім того, даний показник повністю відповідає критеріям розробки живучих систем – придатності ($P_{\text{ІН}}$ визначається на основі потокового підходу), порівняльної оцінки (визначення досягнення показником необхідного значення здійснюється на основі врахування існуючих обмежень) і оптимальності (необхідне значення $P_{\text{ІН}}$ досягається в процесі оптимізації (максимізації) його значення).

Визначення показника структурної живучості $P_{\text{ІН}}$ відбувається так.

1. Визначається верхня межа структурної живучості за формулою (2) – ймовірність неураження хоча б одного k -го шляху μ_{st}^k множини шляхів M_{st} обслуговування заявки на ІС:

$$P_{\text{ВМСЖ}} = 1 - \prod_{\mu_{st}^k \in M_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \mu_{st}^k} p_{xy}), \quad (2)$$

де β_{xy} – ділянка шляху μ_{st}^k ($k = \overline{1, K}$, K – кількість шляхів, множини M_{st}); p_{xy} – ймовірність неураження ділянки β_{xy} , що належить шляху μ_{st}^k

Визначається нижня межа структурної живучості за формулою (3) – ймовірність неураження множини розрізів δ_{st}^l , які розділяють множину шляхів M_{st} обслуговування заявки на ІС:

$$P_{\text{НМСЖ}} = \prod_{\delta_{st}^l \in \delta_{st}} (1 - \prod_{\beta_{xy} \in \delta_{st}^l} (1 - p_{xy})), \quad (3)$$

де β_{xy} – ділянка розрізу δ_{st}^l ($l = \overline{1, L}$, L – кількість розрізів, які поділяють множину шляхів M_{st}).

Метод забезпечення структурної живучості ІН представлений наступними кроками.

1. Визначення, чи досягнуто необхідний рівень структурної живучості ІН.

Показник структурної живучості ІН $P_{\text{ІН}}$, отриманий після розрахунків за формулою (1), порівнюється з необхідним значенням структурної живучості $P_{\text{НЕОБХ}}$:

$$P_{\text{ІН}} \geq P_{\text{НЕОБХ}}, \quad (4)$$

де $P_{\text{ІН}}$ – показник структурної живучості ІН;

$P_{\text{НЕОБХ}}$ – необхідний показник структурної живучості ІН.

При досягненні необхідного значення показника структурної живучості $P_{\text{НЕОБХ}}$, система надання ІС буде задовольняти заданій вимозі (4). При невиконанні умови (4) слід перейти до процедури забезпечення необхідного значення структурної живучості $P_{\text{НЕОБХ}}$.

2. Забезпечення структурної живучості ІН.

Завдання забезпечення структурної живучості ІН у даній роботі формується як задача лінійного програмування, в результаті вирішення якої формується оптимальна структура резерву ділянок шляхів (розрізів), а

саме: мінімізувати значення цільової функції (5) при виконанні обмеження (4):

$$C_{\text{СИС}} = \sum_{i=1}^n c_i m_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

де $C_{\text{СИС}}$ – вартість системи резервних елементів;

i – номер ділянки в системі;

n – кількість ділянок в системі;

c_i – вартість i -ої резервної ділянки системи;

m_i – кратність резервування i -ої ділянки системи.

Розв'язання представленої оптимізаційної задачі зводиться до знаходження вектору оптимальної структури резерву $M(m_1, m_2, \dots, m_n)$, який забезпечує мінімум функції (5) при обмеженні (4).

3. Формування оптимальної системи резервування ділянок ІН.

Оптимальна система резервування створюється наступним чином. Система складається з n ділянок мережі та в жодній з ділянок немає резервних елементів. На першому етапі процесу знаходиться така ділянка, яка дає найбільший «питомий» виграв в прирості показника структурної живучості системи в цілому при додаванні одного резервного елемента до неї. Ефективність резервування ділянки оцінюється на основі формули (6), що використовується до розрахунку для кожної i -ої ділянки при збільшенні кратності її резервування на одиницю [4]:

$$\gamma(m_i + 1) = \frac{p_i(m_i + 1) - p_i m_i}{c_i \cdot p_i(m_i)}, \quad (6)$$

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.

Враховуючи вплив процесу резервування на зміну значень $P_{\text{ВМСЖ}}$ і $P_{\text{НМСЖ}}$, який здійснюється відповідно розрахункам за виразом (6) ($\gamma_{\text{ВМСЖ}}(m_i + 1)$ – розраховується для множин шляхів, $\gamma_{\text{НМСЖ}}(m_i + 1)$ – розраховується для множини розрізів), визначається можливість резервування кожної ділянки. В результаті для кожної i -ої ділянки формується середньозважене значення $\gamma_{\text{срзв}}$ (7), максимальне значення якого серед усіх отриманих середньозважених величин для всіх ділянок визначає номер ділянки для збільшення на одиницю його резерву на цьому етапі:

$$\gamma_{\text{срзв}} = \frac{w_{\text{ВМСЖ}} \gamma_{\text{ВМСЖ}} + w_{\text{НМСЖ}} \gamma_{\text{НМСЖ}}}{2}, \quad (7)$$

де $\gamma_{\text{ВМСЖ}}$ і $\gamma_{\text{НМСЖ}}$ – значення показників, отриманих за формулою (6) при розрахунках нижньої і верхньої межі структурної живучості.

На кожному наступному етапі процесу резервування виконуються такі ж самі дії: знаходиться ділянка (включаючи і ту, до якої на попередньому етапі був приєднаний резервний елемент), додавання до якої одного резервного елемента дає знову найбільше відносне збільшення показника структурної живучості системи в цілому.

Система оптимального резервування будується доти, поки не буде досягнуто виконання умови (4).

Наведемо приклад застосування методу забезпечення структурної живучості для ІН з децентралізова-

ною архітектурою, наведеною на рис. 1. Представимо дану ІН у вигляді графу (рисунок 2).

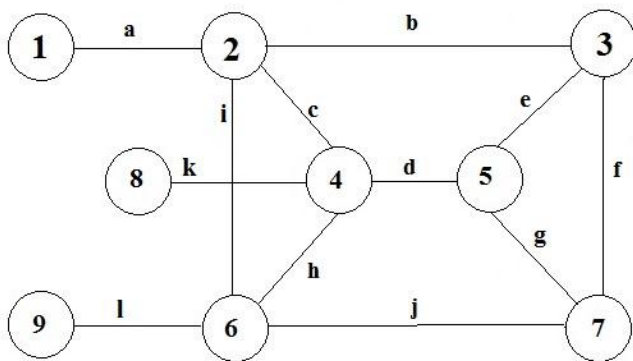


Рисунок 2 – Граф мережі

Вершини графу на рис. 2 мають наступні позначення: «1», «8», «9» – користувачі, «2», «4», «6» – програмні комутатори Softswitch, «3», «5», «7» –

сервери сервісів. Кожний користувач підключений до свого регіонального програмного комутатора Softswitch.

Визначимо множину шляхів $m_{1,(3,5,7)}$, $m_{8,(3,5,7)}$, $m_{9,(3,5,7)}$ проходження заявки на ІС від користувачів «1», «8», «9» до робочих серверів сервісів «3», «5» або «7» і представимо їх у диз'юнктивній нормальній формі (8), для знаходження значень показника структурної живучості $P_{ВМСЖ}$:

$$\begin{cases} m_{1,(3,5,7)} = ab + acd + aij + achj + aihd, \\ m_{8,(3,5,7)} = kd + kcb + khj + khib + kci, \\ m_{9,(3,5,7)} = lj + lhd + lib + lhcb + lcid. \end{cases} \quad (8)$$

Наведемо приклад розрахунку показника структурної живучості відносно користувача «1».

Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 1:

- вартість резервного обладнання (в умовних одиницях);
- ймовірність неураження ділянок мережі при несприятливому впливі.

Таблиця 1 – Вихідні дані для розрахунку

| Ділянка | a | b | c | d | h | i | j | k | l |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Вартість (у.о.) | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| Ймовірність неураження | 0,98 | 0,90 | 0,95 | 0,90 | 0,95 | 0,95 | 0,90 | 0,98 | 0,98 |

Необхідно забезпечити рівень структурної живучості ІН $P_{НЕОБХ} = 0,999$.

Прийmemo вагові коефіцієнти: $w_{ВМСЖ} = 0,4$ і $w_{НМСЖ} = 0,6$.

$$\begin{aligned} P_{ВМСЖ} &= 1 - (1 - p_a p_b)(1 - p_a p_c p_d)(1 - p_a p_i p_j)(1 - p_a p_c p_h p_j)(1 - p_a p_i p_h p_d) = \\ &= 1 - (1 - 0,98 \cdot 0,90)(1 - 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,90)(1 - 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,90) \times \\ &\times (1 - 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,90)(1 - 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,90) = 0,99987. \end{aligned}$$

Для визначення нижньої межі структурної живучості $P_{НМСЖ}$ знайдемо розділяючу множину розрізів (10) для отриманих допустимих шляхів (9):

$$\begin{aligned} P_{НМСЖ} &= (1 - (1 - p_a))(1 - (1 - p_b)(1 - p_c)(1 - p_i))(1 - (1 - p_b)(1 - p_c)(1 - p_h)(1 - p_j)) \times \\ &(1 - (1 - p_b)(1 - p_d)(1 - p_h)(1 - p_i))(1 - (1 - p_b)(1 - p_d)(1 - p_j)) = \\ &= (1 - (1 - 0,98))(1 - (1 - 0,90)(1 - 0,95)(1 - 0,95))(1 - (1 - 0,90)(1 - 0,95)(1 - 0,95)(1 - 0,90)) \times \\ &\times (1 - (1 - 0,90)(1 - 0,90)(1 - 0,95)(1 - 0,95)) \times (1 - (1 - 0,90)(1 - 0,90)(1 - 0,90)) = 0,97874. \end{aligned}$$

Визначимо показник структурної живучості по формулі (1): $P_{ІН} = 0,98719$. Показник $P_{ІН}$ не забезпечує виконання умови (4), тобто $P_{ІН} = 0,98719 < P_{НЕОБХ} = 0,999$, тому необхідно перейти до процедури структурного резервування ділянок мережі – вирішення завдання (5) при обмеженні (4).

Для цього необхідно визначити значення показників $\gamma_{ВМСЖ}(m_i + 1)$ і $\gamma_{НМСЖ}(m_i + 1)$ при підключенні резервного обладнання до кожної з ділянок мережі,

Вихідне значення верхньої межі структурної живучості $P_{ВМСЖ}$ для множини шляхів (9) розрахуємо за формулою (2), використовуючи дані таблиці 1:

$$m_{1,(3,5,7)} = ab + acd + aij + achj + aihd, \quad (9)$$

$$\delta_{1,(3,5,7)} = a + bci + bchj + bdhi + bdj. \quad (10)$$

Відповідно до формули (3) та даних табл. 1 отримаємо:

розрахувати $\gamma_{срзв}$ і здійснити вибір тієї ділянки, підключення резервного обладнання до якої забезпечує максимальне значення $\gamma_{срзв}$.

У табл. 2 в стовпцях 2 – 4 вказані значення $P_{ВМСЖ}$, $C_{ВМСЖ}$ (вартість резервного обладнання) і показник $\gamma_{ВМСЖ}(m_i + 1)$, отримані при розрахунку $P_{ВМСЖ}$. Стовпці 5 – 7 містять аналогічну інформацію для розрахунку $P_{НМСЖ}$. Всі ці значення розрахову-

ються для кожної з ділянок (a, \dots, j). У стовпець 8 записується значення показника $\gamma_{\text{срзв}}$, який отримується на основі (10), а його максимальне значення визначає вибір ділянки для резервування.

В результаті виконання кроку 1 резервне обладнання слід ввести на ділянці «а». Отримане на цьому кроці значення $P_{\text{IH}} = 0,99761 < P_{\text{НЕОБХ}} = 0,999$. Отже,

процес резервування необхідно продовжити.

Результати виконання кроку 2 представлені в таблиці 2. На даному етапі ще раз слід виконати резервування ділянки «а», що забезпечує значення показника структурної живучості ІН $P_{\text{IH}} = 0,99920$.

При цьому умова (4) виконується, тобто $P_{\text{IH}} = 0,99920 > P_{\text{НЕОБХ}} = 0,999$, процес формування оптимальної структури резерву завершено.

Таблиця 2 – Результати розрахунків резервування ділянок

| № кроку | $P_{\text{ВМСЖ}}$ | $C_{\text{ВМСЖ}}$ | $\gamma_{\text{ВМСЖ}}(m_i + 1)$ | $P_{\text{НМСЖ}}$ | $C_{\text{НМСЖ}}$ | $\gamma_{\text{НМСЖ}}(m_i + 1)$ | $\gamma_{\text{срзв}}$ |
|---------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 0 | 0,99987 | 0 | 0 | 0,97874 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | | | | | | | |
| a | 0,99993 | 10 | 0,000006 | 0,99606 | 2 | 0,008848 | 0,005311 |
| b | 0,99997 | 1 | 0,001000 | 0,97986 | 4 | 0,000286 | 0,000212 |
| c | 0,99992 | 4 | 0,000013 | 0,97880 | 4 | 0,000015 | 0,000014 |
| d | 0,99996 | 2 | 0,000045 | 0,97945 | 2 | 0,000363 | 0,000236 |
| h | 0,99991 | 4 | 0,000010 | 0,97876 | 4 | 0,000005 | 0,000007 |
| i | 0,99992 | 4 | 0,000013 | 0,97880 | 4 | 0,000015 | 0,000014 |
| j | 0,99996 | 2 | 0,000045 | 0,97945 | 2 | 0,000363 | 0,000236 |
| 2 | | | | | | | |
| a | 0,99993 | 20 | 0,000003 | 0,99872 | 4 | 0,005104 | 0,001532 |
| b | 0,99999 | 10+2 | 0,000010 | 0,99992 | 4+8 | 0,001803 | 0,000543 |
| c | 0,99999 | 10+8 | 0,000007 | 0,99892 | 4+8 | 0,001718 | 0,000518 |
| d | 0,99999 | 10+4 | 0,000009 | 0,99967 | 4+4 | 0,002673 | 0,000804 |
| h | 0,99999 | 10+8 | 0,000007 | 0,99868 | 4+8 | 0,001698 | 0,000511 |
| i | 0,99999 | 10+8 | 0,000007 | 0,99892 | 4+8 | 0,001718 | 0,000518 |
| j | 0,99999 | 10+4 | 0,000009 | 0,99967 | 4+4 | 0,002673 | 0,000804 |

В результаті отримано вектор оптимальної структури резерву: $M(m_a, m_b, m_c, m_d, m_h, m_i, m_j) = (2, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$. Як бачимо, кратність резервування ділянки «а» – $m_a = 2$, кратність резервування інших ділянок $m_b, \dots, m_j = 0$. Це забезпечує необхідний рівень структурної живучості ІН.

Висновки

Для оцінки структурної живучості інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління запропоновано використання середньозваженого значення верхньої та нижньої меж структурної живучості. Визначено спосіб розрахунку верхньої та нижньої меж структурної живучості.

Надано метод забезпечення структурної живучості для інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління. Виконано приклад реалізації методу забезпечення структурної живучості для інтелектуальної надбудови з децентралізованим принципом управління при використанні спеціалізованих серверів.

Література

1. Громов Ю.Ю. Синтез і аналіз живучості мережевих систем: монографія [Текст] / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова – М. : «Видавництво Машинобудування -1», 2007. – 152 с.
2. Додонов О.Г., Ланде Д.В. Живучість інформаційних систем [Текст] / А.Г. Додонов, Д.В. Ланде – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
3. Стекольников Ю.І. Живучість систем [Текст] / Ю.І. Стекольников. – СПб. – Політехніка, 2002. – 152 с.
4. Князева Н.О. Метод забезпечення структурної живучості телекомунікаційної мережі [Текст] / Н.О. Князева. // International Journal Information technologies and knowledge. – 2014 року, С. 152-165.
5. Князева Н.О., Зіменко Л.М. Метод забезпечення структурної живучості інтелектуальної надбудови [Текст] / Н.О. Князева, Л.М. Зіменко. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 6 (121) 2016. – Харків.
6. Шестопапов С.В. Оцінка загального часу обслуговування заявки на додаткову послугу системами управління [Текст] / С.В. Шестопапов. // Проблеми інформатизації та управління, 3 (27) '2009.

Method of structural survivability providing of intelligent superstructure with decentralized control principle

L. M. Zimenko

Odessa National Academy of food Technologies, 112 Kanatnaya str., Odessa, Ukraine, 65082

E-mail: zimenko.liliya@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1866-83>

This paper presents a method of evaluating the structural survivability of intelligent superstructure with decentralized control principle in the provision of intelligent services in Next Generation Networks. For evaluating the structural survivability of intelligent superstructure is proposed to use of a weighted average of the upper and lower limits of the structural survivability. Nowadays the demand for intelligent services is being increased and they can be provided by intelligent services. Here is shown actuality of determining the structural survivability of the system of intelligent services with decentralized control principle. The article gives an example of calculating the structural survivability of an intelligent superstructure with a decentralized control principle. For this purpose, the graph of the intelligent superstructure is given, the paths and the number of sections of the request for intelligent service from users "1", "8", "9" to the servers of services "3", "5", "7" are represented in disjunctive normal form (for paths) and conjunctive normal form (for sections). Determine the method of calculation the upper and lower limits of structural survivability, and made an example the implementation of method providing structural survivability of intelligent superstructure with decentralized control principle for using specialized servers. The upper limit of structural survivability of intelligent superstructure is determined on the basis of the multiple paths used for servicing the requests for intelligent superstructure. The lower limit of structural survivability of intelligent superstructure is determined on the basis of the multiple of sections divide the multiple of paths used for servicing of intelligent superstructure. These indicators are used to find the structural survivability of all the system by the formula (1), which then are scrambled with the required index of the structural survivability of the intelligent superstructure with the decentralized control principles of services. As a result, the optimal reserve structure vector was obtained. This provides the necessary level of structural survivability of the intelligent superstructure.

Keywords: structural survivability, intelligent superstructure, the upper limit of survivability, the lower limit of survivability, decentralized control principle.

References

1. **Gromov Yu.Yu., Drachev V.A., Nabatov C.A., Ivanova O.G.** (2007). Synthesis and analysis of network survivability systems: monograph – Moscow "Engineering Publishing -1", 152. (in Russian)
2. **Dodonov O.G., Lande D.V.** (2011). The persistence of information systems. – Kyiv .: Naukova Dumka, 256.. (in Russian)
3. **Stekolnykov Yu.I** (2004). Survivability of the systems. – SPb. – Polytechnic, 152. (in Russian)
4. **Knyazeva N.A.** (2014). The Method of Providing the Structural Survivability of Telecommunications network International Journal Information technologies and knowledge, 152-165. (in Russian)
5. **Knyazeva N.A., Zimenko L.N.** (2016) The Method of Providing the Structural Survivability of Intelligent Superstructure. Information Management Systems for Railway, 6 (121). – Kharkiv. (in Russian)
6. **Shestopalov S.V.** (2009) Estimated Total Time of Service Requests for Additional Service by the Systems of Controlling. Problems of Information and Management, 3 (27). (in Russian)

Received 02 July 2017

Approved 08 September 2017

Available in Internet 30 October 2017