УДК 004.912:004.056.55:519.87

ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЛУЖБ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ

Кунуп Т.В., к.т.н.[1]; Жмайло А.А.[2]
[1,2]Національний університет «Одеська політехніка»
Україна, Одеса
[1]Kunup.t.v.@op.edu.ua. ORCID: 0000-0003-0246-0951; [2]ghmailaif05122005@gmail.com

Анотація. *У даній роботі запропоновано формалізовану модель, яка включає визначення множини функцій системи F, множини функціональних елементів R(системних ресурсів), множини функціональних зв'язків Y, множини класів інтелектуальних послуг. Запропоновані математичні вирази можуть бути застосовані при проектуванні систем управління інтелектуальними послугами, оптимізації методів керування, а також під час вирішення завдань щодо підвищення стійкості та надійності функціонування таких систем в умовах несправностей або збоїв.*

Ключові слова: *забезпечення інтелектуального сервісу; стан системи; маршрут події; ймовірність функціонального збою; клас інтелектуального сервісу.*

Вступна частина. Живучість ТКС розглядається як її здатність зберігати ефективність функціонування в умовах дії несприятливих зовнішніх чинників, а також відновлювати цю здатність упродовж визначеного періоду часу [2,3]. Значний внесок у розробку теоретичних основ живучості систем для різних сфер застосування зробили такі дослідники, як В. Вишневський, Н. Князєва та інші.

Попри суттєвий прогрес, на сучасному етапі розвитку теорії живучості досі не сформульовано універсальних умов, що дозволили б реалізувати єдиний підхід до оптимізації характеристик живучості для систем різного типу. Водночас існують загальні принципи, дотримання яких сприяє підвищенню рівня живучості систем незалежно від галузі їх застосування [3], зокрема:

1. Мінімізація критичних вузлів - зменшення кількості компонентів, відмова яких призводить до повної втрати працездатності системи.
2. Надмірність і резервування - впровадження резервних елементів або маршрутів для забезпечення безперервного функціонування при виході з ладу окремих частин.
3. Децентралізація управління - зменшення залежності системи від єдиного центру прийняття рішень.
4. Адаптивність - здатність системи змінювати свою конфігурацію або логіку роботи у відповідь на зміну зовнішніх умов.
5. Своєчасне виявлення та локалізація збоїв - реалізація механізмів моніторингу та швидкого реагування на відмови.
6. Швидке відновлення працездатності - розробка стратегій відновлення з мінімальними витратами часу та ресурсів.
7. Інформаційна прозорість - забезпечення користувачів і систем адміністрування актуальною інформацією про стан системи.

Застосування зазначених принципів дозволяє значно підвищити стійкість телекомунікаційних і інформаційних систем до зовнішніх впливів, зменшуючи ризики

критичних відмов та забезпечуючи їх стабільне функціонування навіть в умовах надзвичайних ситуацій.

Метою дослідження є розробка методичного підходу до оцінювання функціональної живучості інтелектуальної телекомунікаційної системи (ТКС) з урахуванням впливу зовнішніх деструктивних факторів, а також визначення критеріїв і методів забезпечення її стабільної роботи, адаптації та відновлення працездатності в умовах часткових відмов і інформаційних загроз.

Основна частина. На основі загальновизнаних принципів забезпечення надійності й стабільності функціонування технічних систем розроблено методики підтримки структурної та функціональної живучості для систем різного призначення, зокрема телекомунікаційних комплексів [2,4]. Однак, незважаючи на активний розвиток інтелектуальних сервісів і зростаючі вимоги до якості їх обслуговування, у науковій літературі майже не розглядаються питання оцінювання та забезпечення функціональної живучості інтелектуальних надбудов, які здійснюють управління процесами надання таких послуг.

У цій роботі запропоновано метод визначення функціональної живучості інтелектуальної надбудови, що відповідає за управління процесом надання інтелектуальних послуг (ІП), з урахуванням динаміки зовнішніх впливів, особливостей архітектури системи та вимог до її надійності**.**

Під час аналізу живучості функціональної системи для різних сфер застосування враховуються такі основні характеристики: мета функціонування, сукупність проблемних задач, на вирішення яких орієнтована система, а також набір ресурсів, що залучаються у процесі реалізації цих задач [2]. У контексті системи управління надінтелектуальною надбудовою ці характеристики мають наступне трактування:

Мета функціонування – ефективне забезпечення інтелектуальних послуг (ІП).

Сукупність задач системи – контроль і підтримка процесу надання інтелектуальних послуг.

Ресурсна база – набір функціональних елементів, задіяних у реалізації процесу забезпечення ІП.

Для досягнення цільового функціонування подібних систем зазвичай застосовується одна з двох стратегій: стратегія забезпечення відмовостійкості (f-strategy) або стратегія забезпечення живучості (s-strategy), кожна з яких має свої підходи до реагування на збої та відновлення працездатності.

Для формування s-strategy необхідно визначити безліч станів системи $S=\{s_i\}$, в кожному з яких здійснюється процес контролю за забезпеченням ІБ і -го ($ІП_i$) ($i = 1, n$, n – кількість станів системи (типів ІП)).

Відповідно до [2] за призначенням функціонування можуть бути використані такі рішення (механізми):

1. Безліч системних функцій не можна змінити, тобто всі функції fi повинні бути використані;
2. У будь-якому стані системи повинна виконуватися певна підмножина функцій f*, які виконують мету функціонування системи;
3. У довільному стані системи повинна виконуватися хоча б одна з функцій з підмножини функцій f^*.

Ми визначимо безліч системних функцій:

$$F = \{f_1, f_2, ..., f_i, ..., f_n\}$$

де, f_i – функція керування ІП i –го типу ІП$_i$,
n – кількість типів функцій системи.

$$R = \{r_1, r_2, ..., r_j, ..., r_m\}$$

де, r_j – функціональний елемент j -го типу,
m – кількість типів функціональних елементів.

Під j-м функціональним елементом будемо розуміти j -й тип ресурсів системи. Ресурси R використовуються в процесі виконання функцій F системи. Тут для кожної j-th функції використовується відповідна множина системи resources: $\{r_j^{(i)}\} \subset R\ (j = 1,\ m)$..

Крім того, задано безліч функціональних зв'язків Y ={y_{st}} між функціональними елементами $r_j\,(s,t = 1,m\ ,\ s \neq t\ ,\ j = 1,m)$.

Процес забезпечення ІП будь-якого класу можна представити у вигляді ієрархічної системи представлено на рисунку 1.

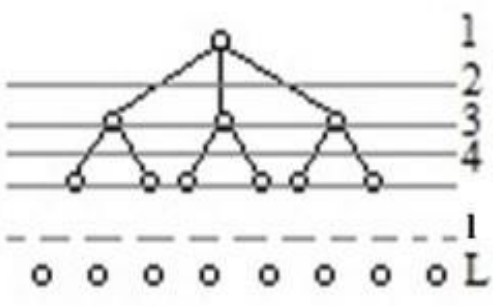

Рис.1. Етапи ієрархічної системи

Як бачимо, на кожному непарному етапі розташовані точки (точки графа, використані ресурси), а на парному гілки графа – функціональні зв’язки між ресурсами системи. Визначимо такі кількісні характеристики системи:
N – загальна кількість точок (може збігатися зі значенням m: $N \geq m$);
B– загальна кількість відділень;
$Л$– кількість ієрархічних рівнів;
L_r – кількість рівнів балів;
L_y – кількість рівнів функціональних зв’язків;
l – номер ступеня (рівня), $l = \overline{1, L}\ l$;
l_r – номери рівнів, на яких розташовані точки;
l_y– номери рівнів функціональних зв’язків.

Припустимо, що рівні ієрархічної системи однаково атаковані. Крім того, однаково атакуються точки та гілки (функціональні зв’язки) на кожному рівні.

Згідно з рисунком 1 номер верхнього ієрархічного рівня буде позначено «1», наступного рівня буде позначено «2» і т. д. На кожному рівні l ($l = \overline{1, L}$) кількість точок r_j або гілок (функціональних зв'язків) y_{st} різна. Позначимо це число g_{l_r} і g_{l_y} для точок рівня і відгалужень відповідно: $l_r = \overline{1, L_r}, l_y = \overline{1, L_y}$. Будемо вважати, що зовнішній негативний вплив на рівні l_r всі точки q_l даного рівня однаково атаковані, а також при негативному впливі на рівні всі функціональні зв'язки цього рівня однаково атаковані.

Імовірність хоча б однієї з двох подій E_1 – функціональної відмови ресурсів рівня l_r або E_2 – відмови функціональних зв’язків рівня l_y, що використовуються при наданні послуг k -го класу, можна розрахувати як ймовірність принаймні однієї з двох подій E_1 і E_2:

$$P\{E_1 \cup E_2\} = P\{E_1\} + P\{E_2\} - P\{E_1 \cap E_2\}.$$

У результаті ймовірність виконання підмножини функцій f^*–забезпечення ІП q -го класу $P_{f_q^*}$ – визначається за формулою:

$$P_{f_q^*} = 1 - (P\{E_1\} + P\{E_2\} - P\{E_1 \cap E_2\})$$

Висновки. У статті запропоновано формалізовану модель оцінювання функціональної живучості інтелектуальної телекомунікаційної системи (ТКС), яка здійснює управління процесом надання інтелектуальних послуг (ІП). У межах моделі було визначено ключові множини: функцій системи (F), функціональних елементів (R), функціональних зв'язків (Y) та класів інтелектуальних сервісів. Такий підхід дозволяє детально змоделювати ієрархічну структуру системи та враховувати ймовірнісні характеристики її відмовостійкості.

Введення стратегій забезпечення живучості (s-strategy) та формулювання імовірнісних оцінок для функціональних збоїв ресурсів і зв'язків дозволяє кількісно оцінити ймовірність успішного виконання критичних функцій у системі. Запропоновані аналітичні вирази є універсальними і можуть бути застосовані для підвищення адаптивності та стійкості інтелектуальних надбудов до зовнішніх деструктивних факторів; оптимізації ресурсного забезпечення систем; проєктування більш надійних та ефективних архітектур керування ІП.

Результати дослідження можуть стати основою для подальших практичних розробок у сфері автоматизованих систем управління інтелектуальними послугами, а також сприяти удосконаленню методів забезпечення безперервності їх функціонування в умовах часткових відмов і кіберзагроз.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] International Telecommunication Union (ITU). (2012). *ITU-T Recommendation Y.3001: Future networks – Objectives and design goals*. Series Y: Global information infrastructure, Internet protocol aspects, and next-generation networks. Retrieved from http://www.itu.int

[2] Dubovik, S. P., & Kharchenko, V. S. (2020). Mathematical models of survivability for information and telecommunication systems. *Information and Security*, 45(3), 112–122. https://doi.org/10.32689/2617-796x-2020-3(45)-112-122

[3] Horban, A. I., & Shevchenko, R. M. (2022). Intelligent service control in distributed communication systems. *Journal of Information Technologies and Systems*, 30(1), 22–30.

[4] Knyazieva, N. O. (2019). Analysis of approaches to increasing survivability in complex information systems. *Cybernetics and Computer Engineering*, (2), 89–97. https://doi.org/10.15407/kvt2019.02.089.

Kunup T.V., Zhmailo A.A.

APPROACH TO DETERMINING THE FUNCTIONALITY OF INTELLIGENT SERVICES UNDER EXTERNAL FACTORS

Abstract. *This paper proposes a formalized model that includes the definition of the set of system functions (F), the set of functional elements (R) (system resources), the set of functional connections (Y), and the set of intelligent service classes. The proposed mathematical expressions can be applied in the design of intelligent service management systems, the optimization of control methods, and in solving problems related to enhancing the resilience and reliability of such systems under failure or disruption conditions.*

Keywords: *intelligent service provision; system status; event route; probability of functional failure; intelligent service class.*