

Собчук В. В. Східноєвропейський національний університет ім. Лесі Українки, м. Луцьк
Мусієнко А. П., Ільїн О. Ю. Державний університет телекомунікацій, м. Київ

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІЄРАРХІЧНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВОМ

Проведено аналіз застосування ієрархічного підходу для організації засобів забезпечення функціональної стійкості. Запропоновано використовувати функції взаємодії між рівнями ієрархії автоматизованої системи управління підприємством, де в ролі аргументів використовуються значення інших функцій, що надаються цьому рівню нижніми рівнями або реалізовані в ньому самому. Показано, що така організація засобів забезпечення функціональної стійкості дозволяє: скоротити час реакції системи на виникаючі відмови; проводити зміни в засобах забезпечення функціональної стійкості в процесі накопичення знань про відмови.

Ключові слова: функціональна стійкість, автоматизована система управління підприємством, зовнішні та внутрішні дестабілізуючі фактори.

Sobchuk V. V. East-European National University of Lesia Ukrainka, Lutsk
Musienko A. P., Ilyin O. Yu. State University of Telecommunications, Kyiv

ANALYSIS OF THE USE OF THE HIERARCHIC STRUCTURE FOR PROVISION OF FUNCTIONAL SUSTAINABILITY OF THE AUTOMATED SYSTEM OF MANAGEMENT OF THE ENTERPRISE

The functional stability of an object is its property to be preserved during a given time of execution of its main functions within the limits set by regulatory requirements, under conditions of influence of flows of failures, malfunctions, failures. As you know, the structure of the automated enterprise management system is dynamically changing in the process of identifying and restoring the fact of the failure of the functioning of subsystems. In this case, the functioning of the system is not violated, and it constantly performs its basic functions, possibly with a decrease in quality by reducing the degree of redundancy in the restructuring. For end users, bounce events and the recovery process remain transparent and invisible. Intelligent systems that have in their composition computing systems are characterized by the influence of their flow of failures. In addition, the intensity of the flow of failures and unstable failures is not less than the intensity of constant failures. Therefore, the question of using the hierarchical structure regarding the means of ensuring the functional stability of the automated enterprise management system is relevant today.

The paper proposes using a hierarchical approach for organizing the means of ensuring functional stability. The scientific novelty consists in using the function of interaction between the levels of the automated enterprise management system hierarchy, where the role of arguments uses the values of other functions provided to this level by the lower levels or implemented in it itself. It is shown that such organization of means of providing functional stability allows: to reduce the time of system response to emerging failures; to make changes in the means of providing functional stability in the process of accumulation of knowledge about failures.

Keywords: functional stability, automated enterprise management system, external and internal destabilizing factors.

Собчук В. В. *Восточноевропейский национальный университет им. Леси Украинской., г. Луцк*
Мусяненко А. П., Ильин О. Ю. *Государственный университет телекоммуникаций., г. Киев*

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Проведен анализ применения иерархического подхода для организации средств обеспечения функциональной устойчивости. Предложено использовать функции взаимодействия между уровнями иерархии автоматизированной системы управления предприятием, где в роли аргументов используются значения других функций, предоставляемых этому уровню нижними уровнями или реализованы в нем самом. Показано, что такая организация средств обеспечения функциональной устойчивости позволяет сократить время реакции системы на возникающие отказы; проводить изменения в средствах обеспечения функциональной устойчивости в процессе накопления знаний об отказе.

Ключевые слова: функциональная устойчивость, автоматизированная система управления предприятием, внешние и внутренние дестабилизирующие факторы.

1. Вступ

Аналіз функціонування автоматизованих систем управління підприємствами показав, що відомі властивості складних технічних систем, такі як стійкість, надійність, живучість, відмовостійкість характеризують функціонування систем автоматизованого управління при дії відмов і збоїв, але не дозволяють повною мірою описати процеси функціонування в умовах дії потоків відмов і несправностей, можливих умисних дій, а також помилок обслуговуючого персоналу і інших внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих діях. Тому, доцільно розглянути властивість складних технічних систем – функціональну стійкість.

Під функціональною стійкістю об'єкту розуміється його властивість зберігати упродовж заданого часу виконання своїх основних функцій в межах, встановлених нормативними вимогами, в умовах впливу потоків відмов, несправностей, збоїв. Дана властивість тісно пов'язана з властивостями стійкості, надійності, живучості і відмовостійкості. Терміни надійність, живучість і відмовостійкість визначені в [1].

Вперше поняття функціональної стійкості складних технічних систем було введено професором Машковим О. А. [1], який розробив методологію функціональної стійкості динамічних систем стосовно інформаційно-управляючих бортових комплексів багаторазових авіаційно-космічних систем. Суть принципів функціональної стійкості систем полягає у збереженні виконання функцій усією системою, можливо зі зниженням якості, при дії на неї внутрішніх (відмови, збої) і зовнішніх (умисні uszkodження, помилки обслуговуючого персоналу) дій. Слід зазначити, що професор Машков О. А. розробив методологію забезпечення функціональної стійкості систем, динаміка яких описується системою інтегрально-диференціальних рівнянь. Як відомо, структура автоматизованої системи управління підприємством є динамічно змінюваною в процесі виявлення і відновлення фактів порушення функціонування підсистем. При цьому функціонування системи не порушується, і вона постійно виконує свої основні функції, можливо, зі зниженням якості за рахунок зменшення міри надмірності при реструктуризації. Для кінцевих користувачів події настання відмов і процес відновлення залишаються прозорими і непомітними.

Аналіз літературних джерел. Питанням побудови оптимальних складних технічних систем присвячено велику кількість наукових робіт А. В. Суздалева, Ю. П. Зайченка, В. Г. Лазарева, В. С. Семеніхіна, І. А. Мізіна, В. Ф. Колчина, Б. П. Філіна, В. К. Попкова,

О.А. Машкова, О.В. Барабаша, Г.А. Кучука, Д.М. Обідіна, Ю.В. Кравченка, О.А. Кононова а також Д. Берсекаса, Л. Клейнрока, Д. Девіса, П. Верми, Г. Френка, Р. Прима і ін.

Питання відмовостійкості систем досліджувалось в роботах А.А. Авіжиєніса, В.А. Машкова, О.Ю. Ільїна, Ю.М. Коростіля, В.А. Савченка та інших вчених. Питання стійкості систем щодо зовнішніх інформаційних впливів досліджувалось О.Г. Додоновим, Д.В. Ланде, І.Ю. Субачем, Ю.В. Журавським, І.В. Рубаном.

Проблеми побудови та розгортання інформаційних систем, а також кодування даних вирішувались науковцями, серед яких: С.Г. Бунін, В.О. Романов, В.А. Романюк, А.О. Зінченко, І. Akyildiz, С. Fragouli, R. Ahlswede та ін. У цих роботах розглядаються питання проектування й оптимізації складних технічних систем, що володіють певною ефективністю функціонування в залежності від обраного показника якості: вартості проектування і експлуатації системи, середнього часу затримки повідомлення в мережі, надійності елементів системи. Велика увага приділяється задачі синтезу живучих і надійних мереж. Разом з тим, в цих роботах не в повній мірі відображені питання визначення оптимального рівня надмірності для парирування руйнувань різного рівня і збереження системою можливості виконання основних функцій в умовах впливу внутрішніх та зовнішніх дестабілізуючих факторів. Виходячи з цього, недосконалість і обмеженість існуючих наукових методів синтезу складних технічних систем не дозволяє забезпечити їх функціональну стійкість.

Постановка завдання в загальному вигляді. В проаналізованих роботах приділяється основна увага побудові систем діагностування на принципах функціонального та тестового діагностування постійних відмов. Але інтелектуальні системи, що мають в своєму складі обчислювальні системи, характеризуються впливом на них потоку відмов. При чому інтенсивність потоку збоїв та нестійких відмов не менше інтенсивності постійних відмов. Тому питання використання ієрархічної структури щодо організації автоматизованої системи управління підприємством для забезпечення функціональної стійкості даної системи на сьогоднішній день є актуальним.

2. Використання ієрархічної структури для забезпечення функціональної стійкості

Створення функціонально стійких автоматизованих систем управління підприємством неможливе без використання методів, які дозволяють досліджувати властивості розробок. Для даних досліджень необхідно мати формалізовані засоби опису структури автоматизованої системи управління.

При описі, проектуванні та дослідженні складних технічних систем широко використовується ієрархічний підхід [2, 3]. При якому автоматизована система управління підприємством розглядаються як багаторівнева система або система з ієрархічною структурою і характеризуються [4]:

- вертикальною декомпозицією, тобто послідовним, вертикальним розташуванням підсистем, що утворюють дану систему;
- правом втручання підсистем вищого рівня у системи нижчого рівня, тобто пріоритетом дій;
- залежністю дій підсистем верхнього рівня від фактичного виконання нижніми рівнями своїх функцій.

У теорії багаторівневих ієрархічних систем використовуються три поняття рівнів [5, 6]: рівень опису, або абстрагування, рівень складності рішення, що приймається, організаційний рівень. Для їх розрізнення застосовують терміни: «страта», «шар» і «ешелон».

Використання ієрархічного підходу дозволяє розв'язати проблему опису складних систем. Дана проблема полягає в знаходженні компромісу між простотою опису і необхідністю обліку численних характеристик системи. При цьому складна технічна система задається сімейством моделей. Кожна модель описує поведінку складної технічної системи з точки зору різних рівнів абстрагування – страт. Кожна страта складається із своїх концепцій, принципів, цілей і може стосуватися різних аспектів системи. Страти нижчих рівнів включають детальніші і спеціалізовані описи підсистем, операцій системи, ніж страти більш високих рівнів.

Рівні абстракції мають наступні властивості:

1. Кожний рівень абстракції нічого не знає про властивості і навіть про існування більш високих рівнів. Це фундаментальна властивість рівнів абстракції, що істотно скорочує число зв'язків між частинами системи і їх припущень відносно властивостей один одного.

2. На кожному рівні нічого невідомо про структуру інших рівнів. Зв'язок між рівнями відбувається тільки через жорсткі заздалегідь визначені сполучення.

3. Кожен рівень складається з модулів. Частина модулів можуть бути внутрішніми для рівня, тобто недоступними для інших рівнів. Імена цих модулів відомі на наступному, більш високому рівні. За допомогою цих імен відбувається сполученням з рівнем.

4. Кожен рівень має в розпорядженні певний набір ресурсів і приховує їх від інших рівнів, або представляє іншим рівням деякі з них.

5. Кожен рівень може забезпечити деяку абстракцію даних в системі.

6. Припущення, які на кожному рівні робляться відносно інших рівнів, мінімальні. Ці припущення можуть набирати вигляду співвідношень, які дотримуються перед виконанням функцій, або відносяться до представлення даних або чинників зовнішнього середовища.

7. Зв'язки між рівнями обмежені явними аргументами, що передаються з одного рівня на інший. Спільне використання глобальних даних декількома рівнями (а також усередині одного рівня) в системі виключено.

8. Кожен рівень має високу міцність і слабе зчеплення модулів. Це означає, що всяка функція, що виконується рівнем абстракції, представлена єдиним входом. Аргументи, що пересилаються між рівнями, представлені окремими елементами даних, а не складними структурами.

Стратифікація пов'язана з трьома основними властивостями ієрархічних систем [5]: вертикальною декомпозицією, пріоритетом дій і взаємозв'язком характеристик в якості функціонування системи. Відправним пунктом формалізації стратифікованого представлення системи $S: X \rightarrow Y$ служить припущення про те, що в ієрархічних багаторівневих системах множина зовнішніх дій на вході системи X і множина відгуків на виході Y представляється у вигляді декартових добутків.

Припустимо, що стан системи здійснюють два сімейства множин X_i і Y_i , де $i = 1, 2, \dots, n$, таких, що $X = X_1 \times X_2 \times \dots \times X_i$ і $Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_i$. Це припущення означає можливість розбиття відгуків і вхідних стимулів на компоненти. В цьому випадку кожна пара (X_i, Y_i) приписується певній страті. Причому i -та страта системи S – це система, представлена як відображення $S_i: X_i \times S_i \times W_i \rightarrow Y$ при $1 < i < n$, якщо усі зміни станів відбуваються усередині страти або якщо виконані граничні умови:

$$S_i: X_i \times W_i \rightarrow Y_i \quad \text{при } i = n,$$

$$S_i: X_i \times \xi_i \rightarrow Y_i \quad \text{при } i = 1.$$

Сімейство страт S_i ($i=1..n$) є стратифікованим описом системи S , якщо при $1 \leq i \leq n$ існують два сімейства відображень $h_i : Y_i \rightarrow W_{i+1}$, $c_i : Y_i \rightarrow \zeta_{i-1,1}$, такі, що для кожного $x \in X$ і $y \in Y$, виконані умови

$$y_i = S_i [x_i, c_{i+1}(y_{i+1}), h_{i-1}(y_{i-1})] \text{ при } 1 < i < n;$$

$$y_1 = S_1 [x_1, c_2(y_2)] \text{ при } i = 1;$$

$$y_n = S_n [x_n, c_{n-1}(y_{n-1})] \text{ при } i = n.$$

Множини W_i та S_i є стимулами, що виходять із страт, які примикають до i -ї страти відповідно знизу і згори.

Відображення h_i і c_i називаються інформаційною і розподільною функціями відповідно. Вони мають простий фізичний зміст: функція h_i зв'язує страту S_i із стратою S_{i-1} , тобто з стратою рівня, що знаходиться нижче, функція c_i зв'язує страту S_i з вище розміщеною стратою S_{i+1} , повідомляючи їй результат реакції страти S_i на інформаційну дію страти S_{i-1} .

Стратифіковані моделі складних систем використовуються з метою моделювання і грають фундаментальну роль для правильного розуміння складної системи. Вони дозволяють більш наглядно зрозуміти сенс і призначення усієї системи через призначення підсистем. Звертаючись до нижніх страт, можна точніше і детально пояснити, яким чином система функціонує, як здійснюється та або інша конкретна операція. При русі вгору за ієрархією опис стає ширшим, охоплюючи більше число підсистем і великі періоди часу.

Автоматизована система управління підприємством в цілому може розглядатися як ієрархічно організована сукупність, яка складаються з елементів апаратури і програмного забезпечення.

Таким чином, архітектура автоматизованих систем управління припускає багаторівневу організацію, де кожен з рівнів може бути представлений як певна абстрактна система, що виконує свої певні функції.

Така структура поділяє складний механізм зв'язку і спрощує архітектуру до функціональних рівнів, що легко розуміються, а також дозволяє обмінюватися інформацією між системами, що мають різні характеристики і пов'язаними з різними типами систем. Кожен рівень, окрім самого верхнього, забезпечує обслуговування більш високого рівня, користуючись послугами нижчого рівня. Кожен з рівнів однієї системи може бути пов'язаний з відповідним рівнем іншої системи за допомогою відповідних угод і протоколів. Інтерфейс між рівнями не обов'язково може бути жорстким, що дозволяє гнучко налаштувати систему передачі інформації під різні завдання реального часу.

При такому підході з'являється можливість розділити функції системи на частини, або розподілити виконання функції між компонентами системи, тобто перейти до розподілених систем, зокрема автоматизованих систем управління підприємствами. Майже для усіх розподілених систем можна відмітити, що багато компонент кожної функціональної частини фізично розподілені і пов'язані мережею комунікацій.

Таким чином, можна зробити висновок, що при ієрархічному підході істотно спрощуються завдання аналізу і проектування функціонально стійких автоматизованих систем управління підприємствами.

3. Дослідження ієрархічного підходу до організації взаємодії засобів забезпечення функціональної стійкості автоматизованих систем управління підприємствами

Використовуваний при аналізі і синтезі складних технічних систем ієрархічний підхід можна застосувати і при розробці засобів забезпечення функціональної стійкості автоматизованих систем управління підприємствами [6].

Проведемо паралель між роботою колективів людей і функціонуванням функціонально стійких технічних систем таких як автоматизовані системи управління підприємствами. Нехай в колективі виникла проблема. Колектив має в розпорядженні певні можливості: фінансові, інтелектуальні, трудові і так далі. Якщо при заданій організації його ресурсів виявляється досить, то проблема вирішується колективом. При цьому передбачається, що мета перед колективом якимсь чином поставлена: колектив сам виявив існування проблеми або вона була йому «нав'язана зовні». Можливо, складність проблеми виявиться такою, що колектив не в змозі буде з нею впоратися. Тоді, проблема, можливо, буде розв'язана іншим колективом з великими можливостями або ж використовуючи можливості інших колективів.

Враховуючи сказане вище, при побудові структури функціонально стійкої автоматизованої системи управління підприємством необхідно чітко розмежувати окремі рівні, кожен з яких оснащений власними засобами:

- виявлення відмов цього рівня;
- нейтралізації відмов.

До засобів нейтралізації відмов відносяться усі засоби діагностування, реконфігурації і відновлення, які рівень має в розпорядженні і може використати.

Якщо рівень не в змозі сам впоратися з виниклою відмовою, то він повинен знати «куди звертатися» [7]. Тобто кожному рівню в ієрархії відповідає «авторитет», який може притягати системні ресурси для надання допомоги своєму «підопічному». Декілька рівнів можуть, при цьому, звертатися до одного і тому ж «авторитету».

«Авторитет» періодично перевіряє своїх «підопічних». Таким чином, якщо рівень, в результаті виниклої відмови, не в змозі передати сигнал про свою неспроможність, то це стане відомо «авторитету» при першій перевірці після появи відмови в «підопічному» рівні.

При передачі сигналу «авторитету», рівень аналізує інформацію про наявні у нього придатні ресурси і «сприяє йому», виконуючи всі накази «авторитета», який намагається організувати взаємодію усіх підлеглих йому рівнів для вирішення проблеми. У разі невдачі «авторитет» передає сигнал про свою власну неспроможність ще вище і так далі.

При ієрархічній організації автоматизованої системи управління підприємством засобу більшої складності (які забезпечують і кращу якість обслуговування) використовуватимуться в міру необхідності. Дуже прості відмови швидко нейтралізуються простими засобами на низькому рівні ієрархії, оскільки їх складність невелика. Якщо простих засобів виявляється недостатньо, то «запускаються» засоби кращої якості, але, можливо, «повільніші».

Якби ієрархії не було, а завжди використовувалися засоби найвищої якості, то система виконувала б свої функції повільніше.

Відомо, що ієрархічна організація діагностичних засобів (у тому числі і засобів забезпечення функціональної стійкості) дозволяє легко вводити зміни в архітектуру системи, замінюючи одні елементи на інші, до того ж вона відкрита «згори». Для засобів забезпечення функціональної стійкості це принципово важливо, оскільки під час експлуатації можуть бути виявлені нові типи відмов, про існування яких не було відомо на етапі розробки.

З іншого боку, ієрархічна організація автоматизованої системи управління підприємством дозволить вибирати кількість рівнів і компоувати кожен рівень з наявних засобів залежно від обмежень, що накладаються на швидкість обробки несправного стану.

Метою взаємодії рівнів є виконання певної дії. Нехай мета досягається виконанням функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ на множині аргументів $x_i, i = 1, 2, \dots, n$. В цьому випадку функція f адекватна меті. Якщо в алгоритмі функцій є помилки, функція f неадекватна меті [8]. Як аргументи використовуватимуться значення інших функцій, які назвемо їх сервісними послугами, що надаються цьому рівню нижніми рівнями або реалізовані в ній самому.

Для успішного обчислення адекватної функції $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ необхідно, щоб у момент t , коли виникає необхідність в ній упродовж Δt , поки вона виконується, її аргументи були доступними. Успішно обчислювану функцію називатимемо справною (доступною) функцією.

Можлива вимога про доступність аргументів x_1, x_2, \dots, x_n упродовж усього Δt не є необхідною умовою, але вона достатня для успішного обчислення функції f її безпомилковим алгоритмом, оскільки після останнього використання аргументу x у момент t_i його стан не впливатиме на результат обчислення функції f .

Обчислення функції f може бути пов'язане з виконанням дії із забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління підприємством – виявлення відмови, її маскуванню, а також діагностування і виключення подальшого впливу елемента, що відмовив, на роботу системи.

Істотно, що кожен рівень в ієрархії має в розпорядженні свій набір функцій для забезпечення функціональної стійкості.

Протоколи взаємодії включають:

- сигнали, що подаються від низу до верху;
- засоби визначення станів нижніх рівнів верхніми;
- набори функцій f , реалізованих на цьому рівні із залученням послуг нижніх рівнів.

Як відзначалося, функціональна стійкість забезпечується за рахунок введення надмірності – апаратної, програмної і часової. Її ефективність визначається незалежністю її складових частин і організацією їх взаємодії.

Якщо повернутися до ієрархії автоматизованих систем управління підприємством, то будь-яка функція повинна припускати декілька альтернатив свого обчислення (досягнення мети). Альтернативність розуміється як неідентичність множині аргументів і, можливо, неідентичність алгоритмів. Таким чином, недоступність будь-якого аргументу не буде перешкодою для обчислення функції.

Якщо функція f реалізується множиною альтернатив $\{f_i\}$, то достатньою умовою успішного виконання f буде успішне обчислення хоч би однієї з f_i ($i = 1, 2, \dots, i_{\max}$).

У кожному конкретному випадку обчислення одній або паралельно декількох альтернатив залежить від доступності аргументів кожної альтернативи. «Авторитет» визначає стан аргументів кожної з альтернатив $\{f_i\}$ шляхом тестування нижніх рівнів.

У разі, якщо «авторитет» визначає, що нижній рівень неактивний, то усі сервіси нижнього рівня оголошуються недоступними. Якщо ж верхній рівень отримує від нижнього рівня сигнал про неспроможність останнього, то він визначає розміри «поразки» нижнього рівня і може ініціювати процедуру його відновлення. Діагностування і відновлення нижнього рівня реалізуються також функціями, що допускають альтернативне обчислення. Якщо «авторитет» сам не може забезпечити їх успішне обчислення, то він передає сигнал про це вгору і так далі.

Ієрархічна структура відкрита «згори» і у міру уточнення умов експлуатації і у міру зміни вимог до функціональної стійкості автоматизованої системи управління підприємством, можуть модифікуватися і додаватися нові рівні ієрархії.

На верхньому рівні ієрархії можна розташувати експертну систему, що дозволяє оцінити стан несправності при нечіткій інформації про власний стан, що поступає від нижніх рівнів.

Необхідність інтегрувати в комплекс забезпечення функціональної стійкості механізми захисту від довільної поведінки компонентів автоматизованої системи управління підприємством дозволяє проілюструвати переваги ієрархічної структури. Нові механізми слід винести в новий ієрархічний рівень.

Таким чином, при побудові ієрархічної організації засобів забезпечення функціональної стійкості автоматизованої системи управління підприємством проблема розподілу завдань, які повинні виконуватися різними рівнями або окремими елементами, вирішується на основі системного підходу до засобів забезпечення функціональної стійкості в цілому і до завдання, які ці засоби повинні виконувати. При цьому використовуються концепції страти і шару. З одного боку відбувається стратифікація моделі засобів забезпечення функціональної стійкості бездротової сенсорної мережі, а з іншої – здійснюється декомпозиція, що ставиться перед засобами забезпечення функціональної стійкості, розбиття на шари. Завдання елементам, що утворюють багаторівневу систему, в цьому випадку визначають по відношенню до моделей і вирішуваних проблем, що з'являються на відповідній страті або шарі. При цьому завдання для декількох ешелонів можуть бути визначені з моделі однієї і тієї ж страти, а вирішувана проблема на цьому шарі може бути розподілена між рядом ешелонів, внаслідок чого відбувається вкладення одних ієрархій в інші.

4. Висновки

При аналізі і синтезі складних технічних систем, таких як автоматизовані системи управління підприємствами, доцільно застосовувати ієрархічний підхід. Його застосування до забезпечення функціональної стійкості дозволяє досягти компромісу між простотою опису процедур і необхідністю обліку численних чинників, що впливають на функціонування автоматизованої системи управління підприємством.

В роботі запропоновано використовувати ієрархічний підхід для організації засобів забезпечення функціональної стійкості. Наукова новизна полягає у використанні функції взаємодії між рівнями ієрархії автоматизованої системи управління підприємством, де в ролі аргументів використовуються значення інших функцій, що надаються цьому рівню нижніми рівнями або реалізовані в ньому самому. Показано, що така організація засобів забезпечення функціональної стійкості дозволяє: скоротити час реакції системи на виникаючі відмови; проводити зміни в засобах забезпечення функціональної стійкості в процесі накопичення знань про відмови.

Список використаної літератури

1. Mashkov V. A. Self-checking and Self-diagnosis of Module Systems on the Principle of Walking Diagnostic Kernel / V. A. Mashkov, O. V. Barabash // *Engineering Simulation*. – Amsterdam: OPA, 1998. Vol. 15. pp. 43-51.
2. Саланда І. П. Система показників та критеріїв формалізації процесів забезпечення локальної функціональної стійкості розгалужених інформаційних мереж / І. П. Саланда, О. В. Барабаш, А. П. Мусієнко // *Системи управління, навігації та зв'язку*. – 2017. – Вип. 1 (41). – С. 122-126.
3. Саланда І. П. Методи пошуку оптимальних маршрутів графа структури розгалуженої інформаційної мережі за заданим критерієм оптимальності при різних обмеженнях / І. П. Саланда, О. В. Барабаш, А. П. Мусієнко // *Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку*. – 2016. – №2 (42). – С. 99-106.
4. Pashynska N. A decision tree in a classification of fire hazard factors / N. Pashynska, V. Snytyuk, V. Putrenko, A. Musienko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2016. – № 5/10(83). – P. 32-37.

5. Барабаш О. В. Забезпечення функціональної стійкості інформаційних мереж на основі розробки методу протидії DDoS-атакам / О. В. Барабаш, Н. В. Лукова-Чуйко, А. П. Мусієнко, В. В. Собчук // Сучасні інформаційні системи. –2018. – Т 2. – № 1. – С. 56-64.
6. Барабаш О. В. Аналіз застосування мереж Петрі для підтримки функціональної стійкості інформаційних систем / О. В. Барабаш, Н. В. Лукова-Чуйко, А. П. Мусієнко, О. Ю. Ільїн // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2018. – № 1 (58). – С. 11-18.
7. Musienko A. P. Diagnostic model of wireless sensor network based on the random test of checks / A. P. Musienko, O. V. Barabash, N. V. Lukova-Chuiko, I. P. Salanda // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, 2018. – VI (18), Issue 158, Budapest, Hungary, pp. 25-28.
8. Barabash O. Information Technology of Targeting: Optimization of Decision Making Process in a Competitive Environment / O. Barabash, G. Shevchenko, N. Dakhno, O. Neshcheret, A. Musienko // International Journal of Intelligent Systems and Applications. – Hong Kong: MECS Publisher, 2017.. – Vol. 9. – № 12. – P. 1-9.

References

1. V. A. Mashkov, O. V. Barabash. "Self-checking and Self-diagnosis of Module Systems on the Principle of Walking Diagnostic Kernel Engineering Simulation." *Amsterdam: OPA* 15. (1998). P. 43-51.
2. I. P. Salanda, O. V. Barabash, A. P. Musiienko "The system of indicators and criteria for formalizing the processes of ensuring the local functional stability of the branched information networks" *Systemy upravlinnia, navihatsii ta zviazku* 1(41) (2017). P. 122-126.
3. I. P. Salanda, O. V. Barabash, A. P. Musienko "Methods of searching for optimal routes of the graph of the structure of the branched information network by the given optimality criterion under different constraints." *Scientific notes of the Ukrainian Research Institute of Communication*. Kiev. №2 (42). (2016). P. 99-106.
4. N. Pashynska, V. Snytyuk, V. Putrenko, A. Musienko "A decision tree in a classification of fire hazard factors ", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Kharkov. № 5/10(83). (2016). P. 32-37.
5. O. V. Barabash, N. V. Lukov-Chuiko, A. P. Musienko, V. V. Sobchuk "Providing of functional stability of information networks on the basis of development of a method of counteraction to DDoS-attacks." *Modern information systems*. Kharkiv: NTU "KPI", T 2. № 1. (2018). P. 56-64.
6. O. V. Barabash, N. V. Lukova-Chuiko, A. P. Musienko, O. Yu. Ilyin "Analysis of the use of Petri Networks to support the functional stability of information systems. " *Telecommunication and information technologies*. №1 (58). (2018). P. 11-18.
7. A. P. Musienko, O. V. Barabash, N. V. Lukova-Chuiko, I. P. Salanda "Diagnostic model of wireless sensor network based on the random test of checks." – *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*, Budapest, Hungary. Issue 158, VI (18). (2018). P. 25-28.
8. O. Barabash, G. Shevchenko, N. Dakhno, O. Neshcheret, A. Musienko "Information Technology of Targeting: Optimization of Decision Making Process in a Competitive Environment" *International Journal of Intelligent Systems and Applications*. Vol. 9. № 12. Hong Kong: MECS Publisher, (2017). P. 1-9.

Автори статті (Authors of the article)

Собчук Валентин Володимирович – к.ф.-м.н, доцент кафедри диференціальних рівнянь і математичної фізики (Sobchuk Valentyn Volodymyrovych – PhD in physics and mathematics, associate professor of the Department of Differential Equations and Mathematical Physics). Phone: +380 50 339 8113. E-mail: v.sobchuk@ugmk.kiev.ua

Мусієнко Андрій Петрович – к.ф.-м.н, доцент кафедри вищої математики (Musiienko Andrii Petrovych – PhD in physics and mathematics, associate professor of the Higher Mathematics Department). Phone: +380 95 315 6917. E-mail: mysienkoandrey@gmail.com

Ільїн Олег Юрійович – д.т.н., професор кафедри інженерії програмного забезпечення (Ilyin Oleh Yuriyovych – Dr.Sci. in technics, professor of the Software Engineering Department). Phone: +380 67 500 6612. E-mail: oleg.ilin54@ukr.net