

УДК 004.942

DOI: 10.31673/2412-9070.2022.020711

Л. П. КРЮЧКОВА, доктор техн. наук, професор;

Д. О. ТАРАСЕНКО, аспірант,

Державний університет телекомунікацій, Київ

ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОГО СТАНУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ

Керування інфокомунікаційними мережами, що функціонують у різних фізичних середовищах і зовнішніх умовах, є дуже важливою проблемою як з позицій розроблення системи керування, так і з позицій реалізації керування в процесі функціонування інфокомунікаційної мережі. Розглядається метод ситуаційного керування інфокомунікаційною мережею як найбільш перспективний для забезпечення ефективного керування в реальному масштабі часу за умов деструктивних впливів. Сутність методу полягає у виборі керувальних рішень із визначеного набору допустимих керувальних впливів за результатами оцінювання поточного стану інфокомунікаційної мережі. Мета публікації — формування загального підходу до оцінювання поточного стану інфокомунікаційної мережі на основі аналізу часових рядів. Елементами новизни поданого рішення є розгляд відомої проблеми забезпечення завадостійкості інфокомунікаційної мережі як проблеми керування ситуаціями за умов завад, а також використання шаблонних послідовностей, що описують умови функціонування мережі.

Ключові слова: інфокомунікаційна мережа; метод ситуаційного керування; часові ряди; аналіз; завади; деструктивні впливи.

Вступ

Одним із ключових напрямків розвитку сучасного суспільства є формування інтегрованого інформаційного простору на основі новітніх інформаційних технологій. Керування інфокомунікаційними мережами, що функціонують у різних фізичних середовищах і зовнішніх умовах, є важливою проблемою як з позицій розроблення системи керування, так і з позицій реалізації керування в процесі функціонування інфокомунікаційної мережі.

Основна складність, що виникає в процесі керування інфокомунікаційною мережею, — невизначеність і недостатність апріорної інформації про об'єкт керування, наявність невідомих факторів, що істотно впливають на його поведінку, і, як наслідок, проблематичність побудови його адекватної аналітичної моделі. Додаткові складнощі постають під час керування інфокомунікаційними мережами за умов впливу зовнішніх завад, створюваних спеціалізованими технічними засобами [1-3]. Вагомий вплив на функціонування інфокомунікаційних мереж спричиняють надзвичайні ситуації [4].

Деструктивні впливи спрямовуються на руйнування інформаційних потоків, що циркулюють між елементами мережі, на зниження швидкості інформаційного обміну між елементами системи керування, що значно збільшує тривалість циклу керування і, як наслідок, знижує ефективність керування мережею, а також на забезпечення достатньо масованого і довготривалого виведення з ладу мережних технічних засобів.

Існує принципова можливість створення нових видів впливів, що реалізують приховане функціональне пригнічення системи зв'язку завдяки створенню і розвитку внутрішньосистемних суперечностей між її окремими протоколами [3].

Зазначені умови функціонування вимагають від системи керування мережею вірних і своєчасних керувальних рішень для запобігання небажаним наслідкам. Це спричинює потребу у створенні більш досконалих методів керування сучасними інфокомунікаційними мережами.

Завдання забезпечення якісного функціонування інфокомунікаційних мереж за умов впливу зовнішніх завад зумовлює постійний контроль параметрів мережі і зовнішнього середовища для своєчасного розпізнавання критичних станів. Метою статті є формування загального підходу до оцінювання поточного стану інфокомунікаційної мережі на основі аналізу часових рядів.

Основна частина

Нами розглядається метод ситуаційного керування інфокомунікаційною мережею як найбільш перспективний для забезпечення ефективного керування в реальному масштабі часу за умов деструктивних впливів.

Сутність ситуаційного керування полягає у виборі керувальних рішень з деякого набору допустимих керувальних впливів, беручи до уваги поточну ситуацію. При цьому проблема вибору керувальних впливів зводиться до адекватного оцінювання стану об'єкта і середовища, віднесення відповідної поточної ситуації до одного з типових класів та вибору такого керування (з певного набору альтернатив), яке зумовлює досягнення поставленої мети керування (цільової ситуації) [5]. Ситуаційний підхід вико-

© Л. П. Крючкова, Д. О. Тарасенко, 2022

ристовується в системах керування різного призначення самостійно і може бути взятим як основа для застосування інших методів.

Сучасний рівень як обчислювальної техніки, так і досягнень у сфері розроблення інтелектуальних технологій дають змогу успішно реалізувати концепцію ситуаційного керування. Доцільність застосування такого підходу підтверджується активним розвитком напрямку, який дістав назву *ситуаційна обізнаність*. Місце ситуаційної обізнаності в процесі ухвалення рішення показано на рис. 1. Стан ситуаційної обізнаності є результатом процесу аналізу та оцінювання ситуації й охоплює: знання того, що відбувається навколо (рівень 1); усвідомлення значення і важливості ситуації (рівень 2); уявлення сценарію розвитку ситуації (рівень 3).



Рис. 1. Місце ситуаційної обізнаності в процесі ухвалення рішення

Метод ситуаційного керування потребує створення бази знань про об'єкт керування, його функціонування та способи керування об'єктом. Визначення ситуацій, їх класифікація можуть здійснюватися на різних методологічних засадах. Традиційно під ситуацією, сформованою на об'єкті, вважається точка у просторі параметрів, за якими оцінюється стан об'єкта. Це призводить до того, що кількість ситуацій стає нескінченною. Отже, потрібно здійснювати аналіз, який уможливує виявлення множини ситуацій, котрі найповніше відбивають стан об'єкта.

Слід зазначити, що здебільшого доцільно контролювати не точне кількісне значення вихідних параметрів, а тенденції їх зміни. Контроль зміни вихідних параметрів дає змогу не тільки визначити скінченну кількість можливих ситуацій, а й спростити процедуру класифікації. Загальну схему розв'язання задачі керування мережею наведено на рис. 2.

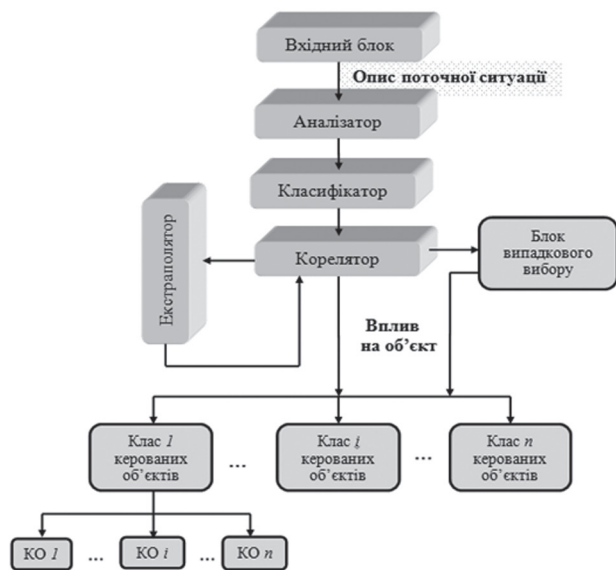


Рис. 2. Загальна схема розв'язання задачі керування мережею

Призначення *вхідного блока* — перетворити дані в загальноприйнятну модель опису ситуації і передати цю модель на вхід *аналізатора*, завданнями якого є оцінювання поточної ситуації і визначення потреби у втручанні системи керування в процес, що відбувається в мережі. Якщо поточна ситуація не вимагає такого втручання, то *аналізатор* не передає її на подальше оброблення. В іншому разі опис поточної ситуації надходить до *класифікатора*. Використовуючи інформацію, яка зберігається в ньому, *класифікатор* присвоює поточну ситуацію одному або кільком класам, котрим відповідають однокрокові вирішення.

Завдання *корелятора* полягає у виборі керувального впливу з огляду на клас і модель конкретної ситуації. Якщо *корелятор* або *класифікатор* не можуть ухвалити рішення, то спрацьовує *блок випадкового вибору* і вибирається один із впливів, що незначно відбивається на мережі, або ж система керування відмовляється від будь-якого впливу на мережу.

Це свідчить про те, що система керування не має у своєму розпорядженні потрібної інформації про свою поведінку в цій ситуації. Чим більша кількість можливих ситуацій і чим менша кількість допустимих однокрокових вирішень, тим вища ефективність системи керування. Додатково взяті елементи n класів дають змогу генерувати команди на певному рівні для керованих об'єктів і забезпечити мережецентричне керування.

Отже, ситуаційне керування мережею передбачає послідовне перетворення ситуації в результаті ухвалення і реалізації певного рішення. Якщо для поточної ситуації $s(t)$ ухвалюється відповідне рішення, то відбувається перехід до ситуації $s(t + 1)$. Кількість ситуацій, можливих під час керування складними системами, може бути досить великою, тому важливо забезпечити адекватне розбиття ситуацій на групи [2].

Для забезпечення ефективного керування інфокомунікаційною мережею за умов деструктивних впливів пропонується завадостійкий метод ситуаційного керування, заснований на побудові адаптивної стратегії керування (рис. 3) [6].

Алгоритм ухвалення керувальних рішень має багатокроковий характер і є алгоритмом типу «ситуація — стратегія — рішення». Цілеспрямований пошук рішень здійснюється за допомогою побудови стратегії (див. рис. 3, зв'язок 2). Стратегія (послідовність ситуацій, за якими потрібно провести об'єкт для досягнення цільової ситуації) визначається оптимальним у деякому сенсі маршрутом між початковою і цільовою вершинами ситуаційної мережі. Правильна побудова стратегії керування визначає адекватність і ефективність ситуаційного керування за умов нестабільності [7].

Для кожної еталонної ситуації ставиться у відповідність цільова ситуація $s_i^c, s_i^c \in S_c$, де S_c — множина цільових ситуацій $S_c \subseteq S$.

Щоб забезпечити повноту виявлення ситуацій, формується матриця кодів ситуацій C , кожний елемент якої визначається за формулою

$$c_{(ij)_2} = \sum_{i=1}^{2^{2N}} \sum_{j=1}^{2^{2N}} [c_{ij} + 1]_2; \quad c_{11} = 0.$$

Наступна процедура передбачає класифікацію ситуацій. Для цього згідно з певною метою K множина S поділяється на підмножини S^+, S^-, S^Y так, що S^+ містить позитивні тенденції, S^- — негативні тенденції.

На основі матриці кодів C та вагомих коефіцієнтів $\alpha \vee \beta \vee \gamma$ формуються матриці V у вигляді

$$V(2^{2N}, 2^{2N}) \equiv \left[v_{ij} = \frac{\alpha_j \vee \beta_j \vee \gamma_j}{j \in S^+ \quad j \in S^- \quad j \in S^H} \right].$$

На основі матриці V визначається ранг i -ї ситуації

$$r_i^K = \sum_{j=1}^{2^{2N}} v_{ij} \times c_{ij}.$$

Використовуючи значення r_i , всі допустимі ситуації ранжуються за ступенем переваги для досягнення мети K .

Ситуаційна модель є матрицею $W(2N, 2^{2N})$, де кожний рядок відбиває зміну стану об'єкта, спричинену керувальною дією Um . Елементи матриці W формуються за тим самим правилом, що й елементи матриці C . У результаті спільного використання матриці кодів і ситуаційної моделі формується множина можливих переходів. Кожний елемент цієї множини унаочнює очікуваний перехід об'єкта з поточної ситуації в нову.

Крім того, у системі ситуаційного керування зберігається (або створюється в процесі пошуку рішень) ситуаційна мережа — орієнтований граф переходів по ситуаціях під впливом ухвалених рішень. Вершини графа — еталонні ситуації із множини S , а дуги — цілеспрямовані рішення R , під впливом яких здійснюється перехід з однієї ситуації в другу, беручи до уваги ступінь пріоритетності W . У разі виходу поточної ситуації за допустимі межі має розв'язуватись оптимізаційна задача введення в допустиму межу, що стає головною метою системи ситуаційного керування.

Періодичний багаторазовий послідовний контроль параметрів інфокомунікаційної мережі забезпечує визначення її стану за умов впливу зовнішніх завад і ймовірність переходу в новий стан у найближчому майбутньому. При цьому важливою умовою підвищення якості контролю є мінімізація загаювання в інформаційному процесі. Зазначена послідовність результатів вимірювань поточних

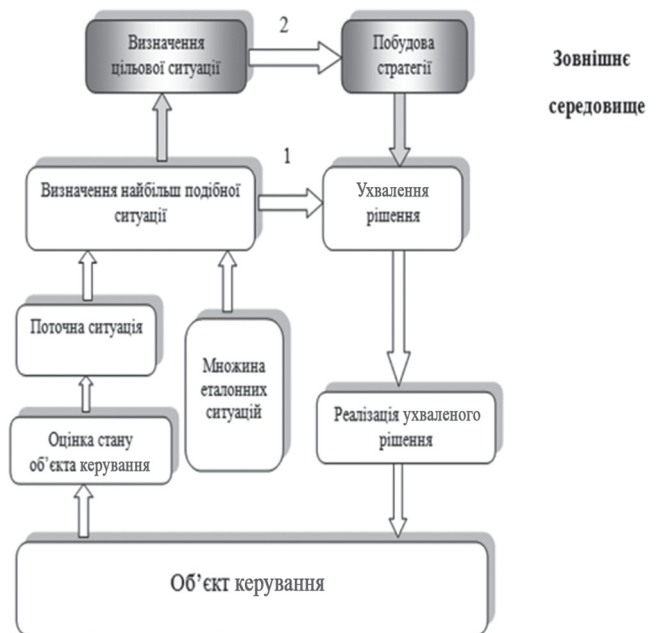


Рис. 3. Блок-схема адаптивного ситуаційного керування

значень параметрів, що здійснюються в упорядковані моменти часу, є часовими рядами (time series). Для з'ясування причин тієї чи іншої поведінки мережі, що породили такий часовий ряд, виявлення та пояснення закономірностей їх динаміки потрібно розв'язати задачу аналізу часових рядів, які здебільшого належать до нестационарних.

Проблема аналізу і прогнозування часових рядів є одним із найактуальніших завдань, про що свідчить низка публікацій [8-12]. Аналіз методів оцінювання часових рядів інфокомунікаційної мережі загального користування виконано в [9].

Перспективним методом оцінювання поточного стану інфокомунікаційної мережі для реалізації ситуаційного керування є метод дискретного вейвлет-перетворення (ДВП), який забезпечує достатньо інформації для аналізу сигналу, залишаючись водночас економним як за кількістю операцій, так і за потрібною пам'яттю, а також істотно спрощує процес вирішення задачі комплексного прогнозного оцінювання стану мережних елементів. Застосування вейвлет-перетворення дає хороші результати, особливо коли компоненти сигналу з високою частотою мають невелику тривалість, а низькочастотні компоненти — досить велику. Апроксимація зон працездатності еліпсоїдами дає змогу підвищити контрастність класів технічного стану та дістати більш гарантовану оцінку (рис. 4) [10].

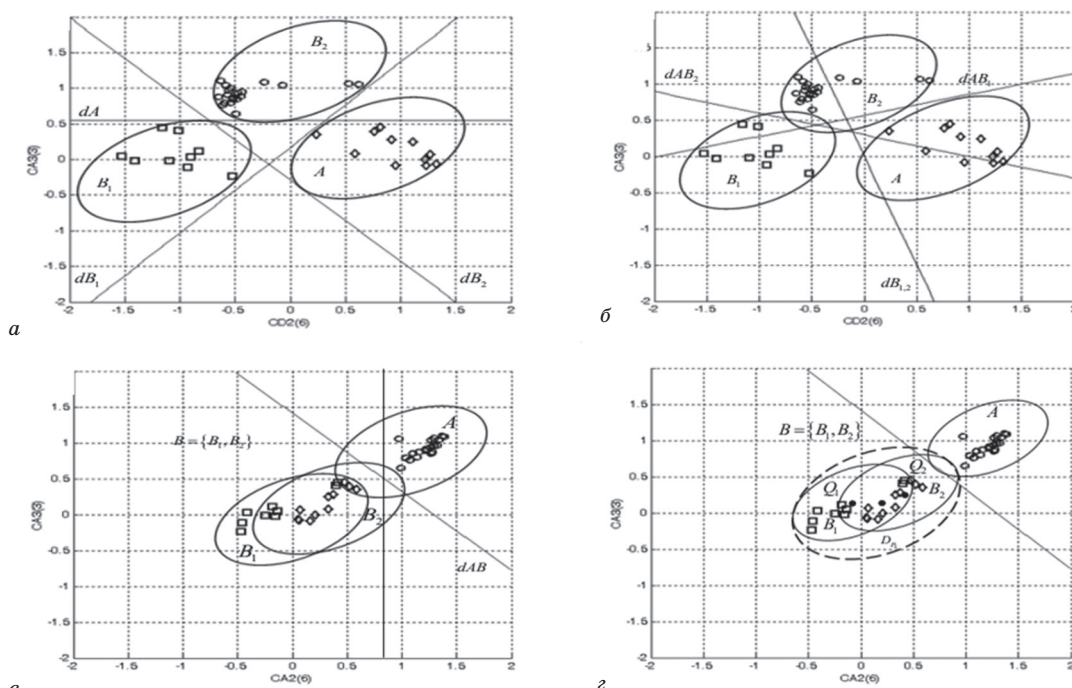


Рис. 4. Застосування ДВП для поділу класів технічного стану у вигляді зон працездатності [10]:
а — таких, що не перекриваються; б — перекриваються частково; в — перекриваються; г — об'єднаних
(А — працездатний стан; B_1 — непрацездатний стан; B_2 — передвідмовний стан)

Необхідна швидкодія забезпечується використанням шаблонів поведінки, під якими розуміються множини послідовностей із визначеною частотою контролю параметрів.

Шаблон поведінки формується на основі інформації про функціонування компонентів мережі. У визначені дискретні моменти часу $t = 1, \dots, N$ в інформаційній системі реєструються значення контрольованих параметрів у вигляді числової послідовності $\{S_0(t), S_1(t), \dots, S_m(t)\}$ і формуються кортежі характеристик $H = \{S(t) \mid t = 1, \dots, N\}$.

Розглянутий підхід до розпізнавання класів технічного стану контрольованих об'єктів підвищить оперативність функціонування системи керування інфокомунікаційною мережею, а також спростить математичне моделювання зміни технічного стану з огляду на зовнішні та внутрішні фактори.

Висновки

Потреба забезпечення якісного функціонування сучасних інфокомунікаційних мереж за умов впливу зовнішніх завад зумовлює потребу в контролі параметрів мережі і зовнішнього середовища.

Періодичний багаторазовий послідовний контроль зазначених параметрів забезпечує визначення стану мережі за умов впливу зовнішніх завад і ймовірність її переходу в новий стан у найближчому майбутньому. Важливою умовою підвищення якості контролю є зниження загаювання в інформаційному процесі.

Метод ситуаційного керування інфокомунікаційними мережами, заснований на побудові адаптивної стратегії керування, здатний забезпечити визначену завадостійкість передавання інформації за умов деструктивних впливів.

Майбутні дослідження будуть спрямовані на конкретизацію і розвиток розглядуваного підходу до оцінювання поточного стану інфокомунікаційної мережі.

Список використаної літератури

1. *Куприянов А. И. Радиоэлектронная борьба. М.: Вузовская книга, 2013. 360 с.*
2. *Крючкова Л. П. Проблемы функционирования инфокоммуникационных сетей в условиях деструктивных влияний: монография. Київ: ДУТ, 2016. 72 с.*
3. *Макаренко С. И. Модели системы связи в условиях преднамеренных дестабилизирующих воздействий и ведения разведки: монография. СПб.: Научное издание, 2020. 337 с.*
4. *Деякі приклади функціонування телекомунікаційної інфраструктури за умов надзвичайних ситуацій / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Г. Ф. Колченко [та ін.] // Зв'язок. 2020. №1. С. 3–11.*
5. *Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука – Физ.мат.лит., 1986. 288 с.*
6. *Situation Management of a Self – Organized Information Transmission Network in Fast Deployment Security Systems / V. Tolubko, L. Kriuchkova, L. Berkman, V. Pshonnik // IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET) 2020.*
7. *Толубко В. Б., Беркман Л. Н. Методи оптимізації: підручник для вищ. навч. закладів. Київ: ДУТ, 2016. 392 с.*
8. *Букреев В. Г., Колесникова С. И., Янковская А. Е. Выявление закономерностей во временных рядах в задачах распознавания состояний динамических объектов. Томск: Изд-во ТПУ, 2010. 254 с.*
9. *Аллакин В. В. Анализ методов оценки временных рядов сервером мониторинга информационно-телекоммуникационной сети общего пользования // Техника средств связи. 2021. № 2 (154). С. 60–80.*
10. *An Approach for Intelligent Evaluation of the State of Complex Autonomous Objects Based on the Wavelet Analysis / I. V. Kotenko, P. A. Budko, A. M. Vinogradenko, I. B. Saenko // The 18th International conference on intelligent software methodologies, tools and techniques (SOMET'2019) – Kuching, Sarawak, Malaysia, 23-25 September 2019. P. 25–38.*
11. *Винограденко А. М. Интеллектуальное оценивание технического состояния сложных технических объектов // Техника средств связи. 2021. № 4 (156). С. 2–19.*
12. *Винограденко А. М., Будко Н. П. Адаптивный контроль технического состояния автономных сложных технических объектов на основе интеллектуальных технологий // Т-Сотт: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14, №1. С. 25–35.*

L. P. Kriuchkova, D. O. Tarasenko

EVALUATION OF THE INFOCOMMUNICATION NETWORK CURRENT STATE BASED ON TIME SERIES ANALYSIS

The management of infocommunication networks operating in various physical environments and external conditions is a very important problem both from the standpoint of developing a control system and from the standpoint of implementing control in the process of functioning of an infocommunication network. The vast majority of modern infocommunication networks are forced to function in conditions of various kinds of conflict interactions, when electronic reconnaissance is carried out, radio countermeasures are organized, radio masking and protection from deliberately organized interference and destructive force effects are applied. Destructive influences are aimed at destroying information flows circulating between network elements; decrease in the speed of information exchange between elements of the control system, which significantly increases the duration of the control cycle and, as a result, reduces the efficiency of network management; ensuring sufficiently massive and long-term failure of network technical means. The specified operating conditions require the network management system to make accurate and timely management decisions to prevent undesirable consequences.

The publication considers the method of situational management of the infocommunication network as the most promising for ensuring effective management on a real-time scale in conditions of destructive influences. The essence of the method consists in the selection of control solutions from a defined set of permissible control influences based on the results of the assessment of the current state of the infocommunication network. Changes in the functional states of the network are achieved through purposeful control influences on functional elements specially designed for their perception and processing. The purpose of the publication is to develop a general approach to assessing the current state of the infocommunication network based on time series analysis. Elements of novelty of the presented solution are consideration of the well-known problem of ensuring interference resistance of the infocommunication network as a problem of managing situations in the conditions of interference, as well as the use of template sequences describing the conditions of network operation.

Keywords: infocommunication network; method of situational control; time series; analysis; interference; destructive effects. ✓