

УДК 621.395

Комарова Л. О., к.ф.-м.н

## ОРГАНІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСНОГО МОНІТОРИНГУ СИТУАТИВНОГО ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНОГО КЛАСТЕРУ У КРИЗОВІЙ СИТУАЦІЇ

**Komarova L. O. Organization of the complex monitoring situation informatively of communication cluster in a crisis situation.** In work actual scientific problems of development of methodological providing the organization of complex monitoring, management of processes of collecting and data processing at aprioristic uncertainty of sources of information on their spatial arrangement, temporary parameters of functioning, structure, type of initial information, accuracy, reliability, efficiency and completeness of obtaining primary data, quantitative and existential distribution of consumers of results of monitoring in the conditions of information redundancy, considerable dynamics of change of a situation and density of a stream of KS are considered.

**Keywords:** information and communication cluster, monitoring, management of processes, aprioristic uncertainty, information sources, crisis situation

**Комарова Л. О. Організація комплексного моніторингу ситуативного інформаційно-комунікаційного кластеру у кризовій ситуації.** У роботі розглянуті актуальні наукові проблеми розробки методологічного забезпечення організації комплексного моніторингу, управління процесами збору і обробки даних при апіорній невизначеності джерел інформації за їх просторовим розташуванням, часовими параметрами функціонування, складом, типом вихідної інформації, точністю, достовірністю, оперативністю та повнотою отримання первинних даних, кількісного та просторово-часового розподілу споживачів результатів моніторингу в умовах інформаційної надмірності, значної динаміки зміни обстановки під час кризової ситуації.

**Ключові слова:** інформаційно-комунікаційний кластер, моніторинг, управління процесами, апіорна невизначеність, джерело інформації, кризова ситуація

**Комарова Л. А. Организация комплексного мониторинга ситуативного информационно-коммуникационного кластера в кризисной ситуации.** В работе рассмотрены актуальные научные проблемы разработки методологического обеспечения организации комплексного мониторинга, управления процессами сбора и обработки данных при апіорной неопределенности источников информации по их пространственным расположением, временными параметрами функционирования, составом, типом исходной информации, точностью, достоверностью, оперативностью и полнотой получения первичных данных, количественного и пространственно-временного распределения потребителей результатов мониторинга в условиях информационной избыточности, значительной динамики изменения обстановки во время кризисной ситуации.

**Ключевые слова:** информационно-коммуникационный кластер, мониторинг, управление процессами, апіорная неопределенность, источники информации, кризисная ситуация

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток ІТ-технологій у всьому світі ставить перед Україною особливі завдання: задовольнити надання широкого спектру інформаційних послуг користувачам на сучасному науково-технічному рівні. Основою комплексу реалізації цих послуг є інформаційно-комунікаційні мережі (ІКМ). Для досягнення глобальної доступності, реалізації вимог ринку інформаційних послуг, потрібна така архітектура мережі, яка компромісно оптимізувала б діюче устаткування з новими технологіями. Ці вимоги сприяли та визначили створення глобальної інформаційної інфраструктури, платформою якої є концепція мереж майбутнього (FutureNetwork).

Оцінка нинішнього стану ІКМ України приводить до незаперечного висновку: перспективи визначаються тим, наскільки продумано та зважено буде створена система управління (СУ), яка використовує потенційні можливості наявних традиційних ІКМ, та надає всі види телекомунікаційних послуг з високою якістю та належною вартістю.

Якщо в нормальному режимі принципи побудови СУ розроблені, то в кризовій ситуації СУ повинна володіти наступними ознаками: розвинутими функціональними можливостями; конкурентоспроможністю; строгою вимогливістю до забезпечення захисту інформації; високою надійністю та точністю; розосередженістю на великій території. За прогнозом, кількість управляючої інформації в таких системах буде різко зростати з наданням послуг, внаслідок чого СУ може поглинути основну мережу.

Сьогодні, як ніколи, спостерігається загострення стану та інтенсифікація появи і ускладнення кризових ситуацій (КС): природного, техногенного, воєнного та іншого характеру. За результатами проведених досліджень зроблено висновок про необхідність нового підходу до теорії і практики побудови сучасних систем управління ІКМ у КС.

Під *кризовою ситуацією* [1] розуміємо сукупність динамічно змінюваних оцінок (результатів аналізу, узагальнення) множини фактів і зв'язків між ними, що складаються з причин і наслідків, залежних від подій, що відбуваються, і процесів, які приводять до складних чи фатальних наслідків.

Виникає необхідність нового підходу до системи ефективного управління у кризових ситуаціях [2, 3], яка полягає в ідеології протидії їй на довгострокову перспективу та містить: забезпечення у мирний і надзвичайний час надійного захисту населення, об'єктів і території держави від аварій, катастроф та стихійних лих; створення і підтримка високого ступеня готовності територіально розподілених систем зв'язку, оповіщення, інформації та автоматизованого управління, сил та засобів на основі сучасних та перспективних технологій, державних й оперативних резервів; проведення постійного моніторингу як технічних параметрів контрольованих об'єктів, так й екологічно небезпечних: об'єктів з критичною структурою (сховища, виробництва), місця скупчення людей, критичні до виникнення КС на території (прикордонні, аеропорти, енерго-, водо-, тепло-, газо-магістралі), критичні об'єкти державної системи управління тощо. Це, в свою чергу, потребує розробки методів ефективного управління ситуаційним ІКК на регіональному рівні та забезпечення організації взаємодії різних служб (підрозділів) оператора регіонального рівня із застосуванням процесу моніторингу при виникненні КС.

**Аналіз досліджень та публікацій.** У роботах зарубіжних і вітчизняних учених, таких як Марков Л., Портер М., Пилипенко В., Лемешко О.Е., Поповський В.В., Климаш М.М., Аріпов М., Беркман Л., Стеклов В., Варакін Л., Захаров Г., Гуткін Л., Батіщев Д., Красовський О., Поспелов Г., Шеннон К., Шахгільдян В., Шнепс М., Блек Ю., Гандел Р., Девід Е., Болгер Дж., Сігалл А. та інших, представлені моделі управління та варіанти розробки й впровадження різноманітних методів, моделей та алгоритмів для вирішення протиріч між динамікою трафіка та фізичними можливостями ІКМ в умовах прогнозованих просторово-часових та кількісно-якісних характеристик джерел інформації, які в нормальному режимі забезпечують величину відхилення параметрів від норми, що характеризують стан мережі не більше допустимих значень. Однак, при виникненні КС, враховуючи в тому числі неоднорідність за поколіннями і можливостями засобів ІКМ, неадекватність до динаміки змін, система управління ІКМ не може гарантувати виконання функції за призначенням. Також в роботах Цвіркуна А.Д., Кузьміна І.В., Зіатдінова Ю.К., Баранова Г.Л., Брахмана Т.Р., Бусленко Н.П., Вороніна А.М., Черняка В.С., Чурова Е.П., Вермішева Ю.Х., Антушева Г.С та інших, розглянуто синтез складних багатопозиційних інформаційних систем (ІС) та систем накопичення цільової інформації, визначена їх структура й параметри, але не передбачено отримання аналітичної розв'язку із врахуванням зовнішніх умов та гнучкого об'єднання вимірювачів в єдину систему.

Виходячи із зазначеного актуальною є задача розробки методів структурно-параметричного синтезу складних розподілених ергатичних інформаційних систем моніторингу та накопичення цільової інформації на основі багатокритеріального аналізу для всебічного врахування впливу зовнішніх факторів та відображення поточної ситуації в структурі синтезуємої системи.

Складовим елементом системи управління ІКС є система моніторингу (СМ), до складу якої входять: сенсори; центр накопичення і обробки інформації з сукупністю автоматизованих робочих місць (АРМ), на яких працює оперативний склад; спеціалізоване програмно-математичне забезпечення; телекомунікаційні засоби [1, 2, 4].

Категорія і тип КС визначають теоретичні підходи до реалізації процесів управління та їх практичного застосування в межах єдиної системи – єдиного інформаційного середовища

– загального інформаційно-комунікаційного кластеру (ІКК), який є сукупністю локальних регіональних ІКК (формалізована концентрація територіально-розподілених інформаційно-комунікаційних об'єктів, систем), технологічно пов'язаних за метою, місцем, часом, спільними задачами. Методи і засоби координованих ефективних рішень по управлінню ІКК забезпечують надання інфокомунікаційних послуг користувачам із заданою якістю, в межах певних зон (районів) у будь-який час – ситуаційних (локальних, регіональних) ІКК, з їх характерними ознаками в умовах виникнення КС та підтримує усі види трафіку (дані, мова, відео). Управління сучасними інфокомунікаційними мережами (ІКМ), побудованими на принципах мереж наступного покоління, є необхідним етапом при організації управління і створенні автоматизованої системи управління з обліком забезпечення заданого рівня функціональної надійності [5]. Надійність функціонування локального ситуативного ІКК знаходиться в прямій залежності від інформаційної завантаженості каналу зв'язку, тобто від параметрів потоку заявок, що поступають у систему.

*Сучасні системи управління (СУ)* спрямовані на формування, модифікацію і саморозвиток єдиного інформаційного простору де відбуваються процеси моніторингу. Цим досягається всебічна інформаційна обізнаність про поточну ситуацію для своєчасного виявлення, локалізації і нейтралізації КС. СУ слід розглядати не стільки як складну, а як велику систему, що і породжує значну інформаційну надмірність, високу щільності потоку КС та динаміку зміни поточної обстановки, де впроваджена *ідеологія* відкритих, розподілених, складних, ергатичних інформаційно-керуючих систем інваріантних за своєю структурою до ієрархічного рівня моніторингу і споживачів інформації.

*Функціональною основою* побудови СМ є циклічність етапів: Observation / спостереження (збір інформації від внутрішніх і зовнішніх джерел про КС); Orientation / орієнтування (формування множини можливих варіантів розвитку КС і оцінка кожного із них по сукупності критеріїв); Decision / рішення (вибір найкращого плану дій); Action / дія (практична реалізація вибраного плану дій у формі управління процесами збору і обробки інформації чи структурами, що спрямовують свою діяльність на усунення КС). Така циклічність забезпечує впровадження моделі *незалежного функціонування підсистем* СМ та виконання цільових завдань у реальному часовому масштабі з доступністю отриманої інформації для усіх рівнів ієрархії вертикальних та горизонтальних зв'язків у системі з можливістю розмежування доступу. Технологічно побудова відомих СМ орієнтована на формуванні статичної надмірної структури системи і алгоритмів їх функціонування з рівномірним розподілом завдань між усіма її складовими та вибірковістю елементів лише за їх призначенням і ієрархією *горизонтально-вертикальних зв'язках*.

При здійсненні моніторингу визначених об'єктів використовується декілька методів отримання первинної та вторинної інформації.

*Методи отримання первинної інформації* реалізуються через безпосереднє спостереження на відповідних станціях, постах і т.д. Дані про об'єкти моніторингу (ОМ) отримують також і за допомогою дистанційних засобів спостережень.

*Методи отримання вторинної інформації* полягає в упорядкуванні та обробки первинної інформації. Результати фіксують у вигляді карт, таблиць, графіків. Для акумулювання та узагальнення інформації використовують географічні інформаційні системи (ГІС), що включають спеціальні пакети прикладних програм, системи управління базами даних (СУБД), об'єднані з аналітичними засобами для роботи з просторовою інформацією.

**Контроль параметрів об'єктів моніторингу.** Контроль параметрів ОМ з метою виявлення, ідентифікації та локалізації КС має забезпечити виконання вимог до сенсорного поля СМ: можливість повного охоплення усіх заданих зон (районів) ризику; отримання інформації про зміну контрольованих параметрів та перевищення ними порогових рівнів в масштабі часу близькому до реального і з необхідною точністю вимірювання; масштабованість сенсорного поля (можливість легкого розширення до заданих масштабів без зміни мережної інфраструктури); достатня щільність первинних вимірювальних пристроїв.

Склад технічних засобів моніторингу визначається типом ОМ і може здійснюватись з використанням технічних інформаційно-вимірювальних засобів (систем, комплексів), які класифікуються за типом контрольованого параметру, базуванням, принципами вимірювання та визначення контрольованих параметрів, технологічним виконанням, базуванням і таке ін. Можна навести приклад технічних засобів моніторингу, що використовуються для контролю параметрів ОМ і можуть формувати сенсорну частину СМ.

1. Системи та засоби визначення місцеположення статичних чи динамічних ОМ: радіолокаційні засоби; радіопеленгаційні засоби; навігаційні системи; засоби прийому та обробки радіосигналів, тощо.

2. Системи та засоби видового спостереження за ОМ: оптикоелектронні системи спостереження; системи відеоспостереження, тощо;

3. Різного класу датчики чи вимірювачі контрольованого параметру: датчики руху; радіологічного контролю; пожежної безпеки, тощо.

Ефективність будь-якого засобу чи методу спостережень і контролю за ОМ оцінюється наступною сукупністю показників: селективністю і точністю визначення; відтворюваністю отримуваних результатів; чутливістю визначення; межами виявлення елемента; динамічністю (періодом часу вимірювання, обробки та аналізу результатів).

Сучасні системи моніторингу використовують у своєму складі, як правило, інтегрований перелік первинних джерел. Для організації функціонування СМ з контролем виникнення КС переважним для застосування є підхід віддаленого моніторингу або телеметрії, в яких сенсорні елементи, що отримують первинну інформацію, знаходяться безпосередньо на контрольованих об'єктах, а центр управління системою є віддаленим від них на значну відстань. Це вимагає організації каналів зв'язку, які за типом поділяються на:

– радіоканальні системи, застосовуються для моніторингу в першу чергу об'єктів, які не мають кабельної інфраструктури;

– системи моніторингу на основі провідних ліній, які використовують як канал зв'язку міську телефонну мережу;

– системи моніторингу на основі каналів мереж мобільного зв'язку (GSM, CDMA) ;

– системи моніторингу на основі локальної мережі (Ethernet);

– багатоканальні системи моніторингу.

Отже, види і завдання моніторингу, вимоги до побудови сенсорного поля СМ, інтегроване застосування декількох типів вимірювальних засобів з віддаленим доступом в сучасних системах моніторингу об'єктів для всебічної ситуаційної обізнаності про його стан і оперативного виявлення КС призводить до появи апріорної невизначеності джерел інформації за їх просторовим розташуванням, часовими параметрами функціонування, складом, типом вихідної інформації, точністю, достовірністю, оперативністю та повнотою отримання первинних даних.

**Методи обробки інформації в системах моніторингу.** Обробка інформації в системах моніторингу передбачає отримання оцінок вимірювальних даних (параметрів стану ОМ) за масивами експериментальних даних для моніторингу та прогнозування динаміки змін КС. Це реалізується з використанням статистичних алгоритмів обробки експериментальних даних і на основі аналітичних моделей, узгоджених за параметрами з конкретним процесом [6...8]. Для ефективною реалізації цільових завдань СМ розроблено підхід до побудови нелінійних математичних моделей досліджуваних процесів, що потребує розширення можливостей диференціальних перетворень (ДП) у напрямку побудови математичних моделей за експериментальними даними з урахуванням переваги нетейлорівського базису.

ДП у загальному випадку – це функціональні перетворення вигляду:

$$Z(k) = P\{z(t)\}_{t^*} = \frac{H^k}{k!} \left[ \frac{d^k z(t)}{dt^k} \right]_{t^*}; \quad (1)$$

$$z(t) = P^{-1}\{Z(k)\} = f(t, c), \quad (2)$$

де  $t^*$  – значення аргумента, за якого виконується перетворення;  $Z(k)$  – дискретна функція цілочислового аргумента  $k = 0, 1, 2, \dots$ ;  $H$  – відрізок аргумента, на якому розглядається функція  $z(t)$ ;  $f(t, c)$  – відновлювальна або апроксимуюча функція;  $C$  – сукупність вільних коефіцієнтів  $c_i$ .

Вираз (1) визначає пряме перетворення, яке дозволяє за оригіналом  $z(t)$  знайти зображення  $Z(k)$ . Обернене перетворення, що відновлює оригінал  $z(t)$  у вигляді апроксимуючої функції, визначається виразом (2). Відповідно позначення  $P\{\dots\}_{t^*}$ ,  $P^{-1}\{\dots\}_{t^*}$  характеризують пряме й обернене ДП функції, що забезпечують отримання її прямих і обернених  $P$ -моделей. Диференціальне зображення  $Z(k)$  називають *диференціальним спектром або  $P$ -спектром*, а значення функції  $Z(k)$  за конкретних значень аргумента  $k$  – дискретами диференціального спектра або  $P$ -дискретами. У найпростішому випадку відновна функція  $f(t, c)$  має вигляд багаточлена, а відновлення оригіналу зводиться до підсумовування дискрет  $P$ -спектра у вигляді відрізка ряду Тейлора. ДП в цьому випадку називають основними, або диференціально-тейлорівськими. Для розширення можливостей використання, отриманих методом ДП розв'язків запроваджено відновлення оригіналів у вигляді довільних апроксимуючих функцій. У такому разі ДП називають нетейлорівськими (ДНП). Для ДНП вільні коефіцієнти  $c_i$  відновної функції  $f(t, c)$  визначаються двома способами: методом балансу диференціальних спектрів (БДС) та методом мінімізації нев'язки. Метод БДС полягає в розв'язанні системи рівнянь шляхом прирівнювання однойменних дискрет початкової  $z(t)$  та апроксимуючої  $f(t, c)$  функцій:

$$P\{z(t)\}_{t^*} \Rightarrow Z(k) = F(k, c) \Leftarrow P\{f(t, c)\}_{t^*}, \quad (3)$$

де  $F(k, c)$  – ДС апроксимуючої функції, а символи  $\Leftarrow, \Rightarrow$  тут і надалі позначають відповідність між оригіналом та зображенням функції.

Визначення вільних коефіцієнтів  $c_i$  методом мінімізації нев'язки  $\varepsilon(t)$  між початковою й апроксимуючою функціями за обраним критерієм має вигляд:

$$\left( \left[ P\{z(t)\}_{t^*} \Rightarrow Z(k) \right] - \left[ P\{f(t, c)\}_{t^*} \Rightarrow F(k, c) \right] \right) = \left[ P\{\varepsilon(t)\}_{t^*} \Rightarrow E(k) \right] \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $E(k) = Z(k) - F(k, c)$  характеризує ДС нев'язки.

Із погляду перенесення властивостей моделі  $z(t)$  на апроксимуючу функцію  $f(t, c)$  метод БДС можна назвати *критерієм «сильного» наближення*, тобто повне перенесення властивостей початкової моделі на апроксимуючу. На відміну від БДС вираз (4) є критерієм «м'якої» апроксимації. Дискрети апроксимуючої функції, які використовуються для визначення вільних коефіцієнтів  $c_i$  за  $P$ -спектром початкової функції, *називають визначальними*. Застосування методу ДП для побудови математичних моделей досліджуваних процесів майже повністю обмежується суто *теоретичним підходом*, тобто застосовується лише для визначення теоретичних аналітичних моделей досліджуваних процесів.

**Висновки.** Таким чином, вирішення актуальної наукової проблеми розробки методологічного забезпечення організації комплексного моніторингу, управління процесами збору і обробки даних при апріорній невизначеності джерел інформації за їх просторовим розташуванням, часовими параметрами функціонування, складом, типом вихідної інформації, точністю, достовірністю, оперативністю та повнотою отримання первинних даних, кількісного та просторово-часового розподілу споживачів результатів моніторингу в умовах інформаційної надмірності, значної динаміки зміни обстановки і щільності потоку КС об'єктивно призводить до необхідності організації глобально-локального, просторово-

рознесеного моніторингу об'єктів та управління у відповідності до КС, що виникла, та за запитами споживачів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації в межах єдиної системи – загального ІКК через розв'язок часткових завдань:

- створення теоретичних засад ситуативного синтезу СМ об'єктів в умовах апріорної невизначеності просторово-часової локалізації первинних джерел;
- розвиток теорії побудови систем раціонального управління діями осіб присутніх у небезпечних зонах та на об'єктах, а також підрозділів, призначених для реагування та ліквідації наслідків КС;
- багатокритеріальний структурний синтез розподіленої мережної архітектури СМ об'єктів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації;
- розвиток теорії нелінійної обробки вимірювальної інформації в СМ;
- удосконалення методики вироблення рішень в СМ та ідентифікації КС;
- розвиток теорії синтезу інтелектуальних пристроїв вимірювань СМ;
- створення на основі вказаних теоретичних засад сервісно-орієнтованих СМ об'єктів в умовах апріорної невизначеності джерел інформації.

### **Література**

1. Комарова Л. О. Методи управління інформаційно-комунікаційними кластерами в кризових ситуаціях: монографія / Л. О. Комарова // Київ : ДУТ, 2014. – 395 с.
2. Бобало Ю. Система локального та глобального динамічного моніторингу параметрів навколишнього середовища реального часу : монографія / Ю. Бобало, Ю. Даник, М. Климаш, Л. Комарова, О. Лук'янов, Р. Смух, В. Стогній, Б. Стрихалюк // – Львів : Нац. ун-т «Львівська політехніка», Українська академія друкарства, 2013. – 450 с.
3. Казакова, Н. Ф. Оцінка живучості систем моніторингу інформаційного простору / Н. Ф. Казакова // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 4/2(58). — С. 12-15.
4. Tolubko V. B. An effective structure of the dynamic monitoring system of telecommunication network objects using mobile measuring devices in real-time / V. B. Tolubko, L. O. Komarova, O. O. Pin // Телекомунікаційні та інформаційні технології. – 2014. – №1. – С. 5-12.
5. Копійка О. В. Архітектура мережі в сучасних дата-центрах / О. В.Копійка // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2014. – № 2(30). – С.34-41.
6. Беркман Л. Н. Информационно-энтропийные подходы к расчету параметров системы управления интеллектуальной сети / Л. Н. Беркман // “Зв'язок”. – 1999. – №4. – С.14-16.
7. Казакова Н. Ф. Удосконалення методу моніторингу рівня інформаційної безпеки у спеціальних сегментах національної інформаційної інфраструктури / Н. Ф. Казакова, Т. І. Соклакова // Бионика интеллекта. – 2015. – № 1(84). – С. 56-64.
8. Yaremko O. The optimal power control method in multiuser cellular networks / O. Yaremko, V. Stryhalyuk, T. Maksymyuk, O. Lavriv, D. Kozhurov // ECONTECHMOD: an international quarterly journal on economics of technology and modelling processes. – 2013. – V. 2, No.1. – PP. 63-67.

### **Автор статті**

**Комарова Лариса Олексіївна** – кандидат фізико-математичних наук, проректор з післядипломної освіти, заочного та дистанційного навчання, міжнародних зв'язків та науково-педагогічної роботи з іноземними студентами. Державний університет телекомунікацій, м. Київ. (Тел.: +380 44 249 25 39. E-mail : lacosta\_k@ukr.net)

Дата надходження в редакцію: 12.08.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л. О. Беркман