



I. P. Пітух

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна

ТЕОРІЯ ТА ПРИНЦИПИ ДІАЛОГОВОГО МОНІТОРИНГУ ПРОСТОРОВО РОЗПОДІЛЕНИХ ОБ'ЄКТІВ

Проаналізовано сучасні методології реалізації фонових моніторингу стаціонарних та квазістаціонарних об'єктів, просторово розподілених на 2D-території. Систематизовано та класифіковано 17 типів здійснення просторового діалогового моніторингу об'єктів управління. Визначено базові методи реалізації різних класів діалогового моніторингу, обґрунтовано принципи та фундаментальні засади створення теорії інтерактивних моніторингових систем на підставі проблемно орієнтованих характеристик функціоналів, які математико-алгоритмічно описують методи та функції окремих класів діалогового моніторингу квазістаціонарних об'єктів управління. Подано рекомендації щодо забезпечення теоретичних основ формування реєстрації, цифрового опрацювання та використання побудованого сімейства інформаційних моделей станів "норма", "розвиток аварії" та "аварія" спостережуваних діалогових моніторингових систем. Обґрунтовано переваги застосування кільцево-зіркової архітектури інтерактивно-діалогових систем безпроводного надземного та наземного моніторингу. Розглянуто структури сенсорних моніторингових систем з максимально зв'язаною (системною) та лінійно зв'язаною топологіями просторового нерухомого розміщення сканувальних сенсорів моніторингових систем. Подано методи та алгоритми моніторингу просторово розподілених об'єктів, в які покладено математичні засади цифрового кодування та опрацювання характеристик параметрів об'єктів дослідження, такі як динаміка, відхилення від норми порівняно з еталонами на підставі побудованих інформаційних моделей їх станів та розпізнавання їх класів у математико-алгоритмічному середовищі. Розглянуто стратегію реалізації мегапросторового об'єкта моніторингу залежно від конфіденційних характеристик об'єкта. Також обґрунтовано вибір стратегії згідно з координатно-детермінованою, випадковою та ймовірнісною технологіями. Запропоновано підхід технічної реалізації спеціалізованих пристроїв, які забезпечують збирання, перетворення та опрацювання інформаційних даних.

Ключові слова: технологічний процес; інтерактивна система; інтелектуальний сенсор; інформаційний потік; багаторозрядний суматор; спецпроцесор.

Вступ

Системи фонових моніторингу станів розподілених об'єктів управління широко застосовують на технологічних підприємствах різних галузей промисловості [1, 2, 3, 6]. Треба зазначити, що певними особливостями постановки задач та реалізації процесів фонових моніторингу природоохоронних об'єктів, наприклад ландшафтних парків, природних заповідників, характеризуються спостереження та реєстрації літопису такого класу об'єктів в архівах баз даних [4, 7].

Аналіз алгоритмів реалізації процесів моніторингу, спостереження та реєстрації поточних характеристик об'єктів управління свідчить, що виняткова більшість наявних впроваджених систем моніторингу реалізують найпростіший метод здобування інформаційних даних про характеристики параметрів та стани об'єкта управління на підставі детермінованого сканування сенсорів з постійним кроком дискретизації у часі $t = const$. При

цьому застосовують аналогово-цифрові перетворювачі з максимальною, необхідною для деяких параметрів розрядністю 12-16 біт. Такий принцип збирання інформації приводить до значного зростання обсягів і надлишковості інформаційних потоків, особливо на низових рівнях кіберфізичних моніторингових систем. Перевищення обсягів інформаційних потоків у таких моніторингових системах може сягати 3-4 порядки відносно власної ентропії сканованих джерел інформації [5].

Об'єкт дослідження – моніторингові системи контролю параметрів стаціонарних і нестаціонарних об'єктів.

Предмет дослідження – методи і засоби створення систем моніторингу розподілених об'єктів.

Мета роботи – систематизувати методи проведення фонових моніторингу, що дасть змогу розробити стратегію реалізації мегапросторової системи моніторингу.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: здійснити аналіз наявних

Інформація про автора:

Пітух Ігор Романович, канд. техн. наук, доцент, кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем. Email: pirom75@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0002-3329-4901>

Цитування за ДСТУ: Пітух І. Р. Теорія та принципи діалогового моніторингу просторово розподілених об'єктів. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, т. 31, № 1. С. 110–116.

Citation APA: Pitukh, I. R. (2021). Theory and principles of dialogic monitoring of spatially distributed objects. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), 110–116. <https://doi.org/10.36930/40310119>

систем фонового моніторингу; проаналізувати результати ефективності використання різних типів моніторингових систем; систематизувати методи проведення фонового моніторингу; розробити стратегію реалізації моніторингової системи для оцінювання визначених параметрів.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше розроблено стратегію застосування моніторингових систем, систематизовано методи реалізації моніторингу.

Практична значущість результатів дослідження – розроблена стратегія є універсальним засобом для підтримки прийняття рішень щодо застосування моніторингових систем за різних умов.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У наукових роботах [7, 4, 9, 8] описано основні принципи функціонування систем фонового моніторингу, які впроваджені на досліджуваних об'єктах.

Здійснений аналіз наявних діалогових моніторингових систем (ДМС) дає змогу визначити їх функціональні обмеження та системні недоліки:

- 1) у таких системах практично не розглянуті проблеми організації руху діалогових даних від об'єктів спостереження до об'єктів моніторингу;
- 2) не досліджуються характеристики інтелектуальних сенсорів, які формують інформаційні дані (ІД) та інтелектуальних виконавчих механізмів (ІВМ), які в режимі реального часу виконують операції управління параметрами промислового чи заповідного об'єкта;
- 3) не застосовуються новітні критерії інтерактивності при організації руху діалогових даних (ДД) у структурі цього класу систем;
- 4) недостатньо ефективно застосовуються процеси формування інформаційних моделей об'єкта управління на підставі положень характеристичного функціоналу;
- 5) недостатньо ефективно реалізуються процеси формування та опрацювання ДД на підставі глибокого розпаралелення інформаційних потоків та застосування відповідних спецпроцесорів;
- 6) практично не розроблена концепція діалогового моніторингу кіберфізичних систем;
- 7) у винятковій більшості наявних систем не застосовані ефективні методи кодування ДД у модульній арифметиці залишкових класів ТЧБ Крестенсона, Радемахера-Крестенсона та Хаара-Крестенсона, застосовуються методи представлення ІД у двійковій системі числення теоретико-числового базису Радемахера, що значно обмежує швидкість опрацювання ДД в реальному часі.

Тому розроблення теоретичних засад та загальної теорії інтерактивних моніторингових систем є актуальною проблемою у галузі розвитку, удосконалення та розширення функціональних можливостей такого класу кібернетичних систем.

Дослідженнями, які викладено в цій роботі, є класифікація та узагальнення нових принципів здійснення спостережень, опрацювання та реєстрація цифрових даних про стани об'єкта моніторингу в режимі реального часу, які охоплюють розширені можливості хвильової, Хемінгової, мегакоординатної та локальної інформаційних технологій та методів моніторингу 2D-просторово розподілених об'єктів. Також у таких системах повинні бути враховані теоретико-числові базиси, застосовані для кодування ДД та їх математичного опрацювання під час побудови відповідних інформаційних моделей об'єктів управління.

Результати дослідження та їх обговорення

Принципи інтерактивного моніторингу одно- та двовимірних об'єктів. Моніторинг об'єктів здійснюють для ідентифікації їх характеристик, шляхом математично-інформаційного опрацювання, побудови відповідних класифікаційних моделей об'єктів, розпізнавання образів та управління станами об'єктів у реальному часі.

Під об'єктами моніторингу (ОМ) та управління (ОУ) розуміють будь-які явища, процеси, фізичні та сигнальні об'єкти незалежно від галузі знань (інформатики, техніки, енергетики, біології, соціології, лінгвістики, філософії та ін.).

У такому аспекті визначення змісту поняття ОМ всі об'єкти, згідно з вимогами теорії та методології ідентифікації їх стану, однаково формально описуються відповідними характеристиками, які формалізуються певним характеристичним функціоналом [5] $X_{ov} = []$, де $[]$ – математико-інформаційні атрибути конкретного класу ОМ.

Базове призначення атрибутів $[]$ характеристичного функціоналу $X_{ov} = []$ математичний опис аналітики та алгоритмів цифрового опрацювання характеристичних даних ОМ, побудови відповідного сімейства евристичних, статистичних, кореляційних, спектральних, логіко-статистичних інформаційних, кластерних, ентропійних та образно-кластерних моделей (ОКМ), які адекватно відображають зареєстровані стани ОМ.

Прикладом успішного розвитку основ теорії моніторингових систем є розроблення та реалізація запропонованого способу та структури системи контролю технологічного процесу [Пат. 107039, Пат. 134154] для одновимірних просторово розподілених ОМ та ОУ [6].

Базовим підходом до створення та реалізації такої системи моніторингу є реалізація принципів максимального розпаралелення процесів збирання та опрацювання моніторингових даних (МД) у реальному часі. Як базове програмно-технічне забезпечення таких процесів запропоновано розроблення та мікроелектронну реалізацію відповідної номенклатури спецпроцесорів, які виконують глибоко-розпаралелене цифрове опрацювання МД та побудову відповідного ансамблю математичних, алгоритмічних та інформаційних моделей ОМ та ОУ.

Аналіз принципів організації сучасних моніторингових систем (МС), які розробляються, тиражуються і застосовуються на діючих технологічних виробництвах, дає змогу класифікувати такі МС як тривалісно-інтегровані (ТІС), оскільки їх базовими функціями є інтегрований збір характеристичних даних про ОМ, побудова, реєстрація та відображення на екранах моніторів операторів деякого обмеженого проблемно-орієнтованого класу моделей ОМ та ОУ.

Більш обмежено на практиці представлені моніторинго-діалогові системи, в яких застосовуються критерії діалогової взаємодії операторів (користувачів МС) з інформаційним та програмним забезпеченням діючих МДС.

На жаль, обґрунтованого та теоретично супроводженого розширення класів МС в інформаційних джерелах та на практиці не відображено і знаходиться на стадії становлення. Така ситуація визначає високий рівень функціональної обмеженості відомих МС, також визначає високий рівень актуальності постановки та розв'язання задачі розроблення фундаментальних основ те-

орії інтерактивного моніторингу та теоретичних засад побудови МС з розширеними функціональними можливостями, які відповідають сучасному рівню розвитку інформаційних систем та комп'ютеризованих кіберфізичних систем [2].

Систематизація класів МС двомірних просторово розподілених ОМ та ОУ. Залежно від алгоритмічного процесу моніторинг просторового ОУ може здійснюватися в такій послідовності.

1. Скануванням по вертикалі (рис. 1,*а*), горизонталі (див. рис. 1,*б*) чи нахилено (див. рис. 1,*в*) просторово розміщених в окремих координатах окремих характеристик ОМ. Наприклад, як це здійснюється у системах опрацювання RGB-пікселів кольорових зображень (див. рис. 1) та їх інтегрованого представлення відповідними гістограмами [5]. У ролі характеристичного параметра такої МС вибирають один з кольорів RGB-пікселів.

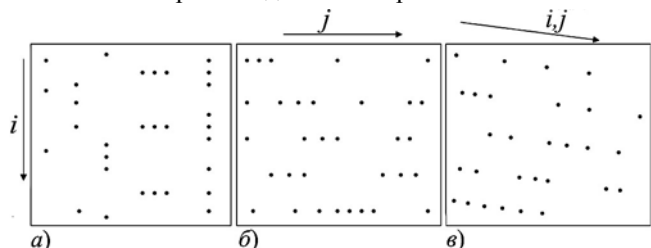


Рис. 1. Сканувальний спосіб реалізації МС (СМС)

На рис. 2 показано гістограми неінтегрованого та інтегрованого опрацювання результатів детермінованого сканування окремих характеристик пікселів кольорових зображень.

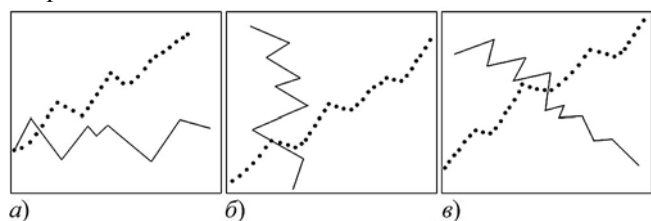


Рис. 2. Неінтегровані та інтегровані гістограми опрацювання детерміновано-сканованих окремих характеристик ОУ згідно з вертикальною (*а*), горизонтальною (*б*) та нахиленою (*в*) розгортками сканування

Розглянутий метод та варіанти детермінованого сканування окремих характеристик ОМ ефективні на практиці застосування, коли існує висока динаміка зміни загальних характеристик ОМ. Тоді інформація про ОМ оперативно оновлюється і масиви реєстрованих даних та моделей ОУ є інформативними. Якщо застосувати такий сканувальний метод моніторингу для промислових та природоохоронних об'єктів (рослин, дерев, ландшафтів та ін.), реєстровані масиви даних будуть малоінформативними і будуть містити до 80-95 % надлишкової інформації, яка буде відома на певний затриманий період часу і не нести динамічно-алгоритмічного моніторингового навантаження. Відповідно буде неефективною і збитковою сигнальною структурою системи моніторингу загалом. Така СМ буде малоресурсною для реалізації складних методів та алгоритмів опрацювання МД серверами та базами даних МС.

2. Другим принципом та теоретичною основою реалізації МС є три способи побудови МС: мегапросторова (МПМС); координатно-просторова (КПМС); локально-просторова (ЛПМС). Приклад реалізації МПМС на

підставі бінарного дерева розширення координат ОМ подано на рис. 3.

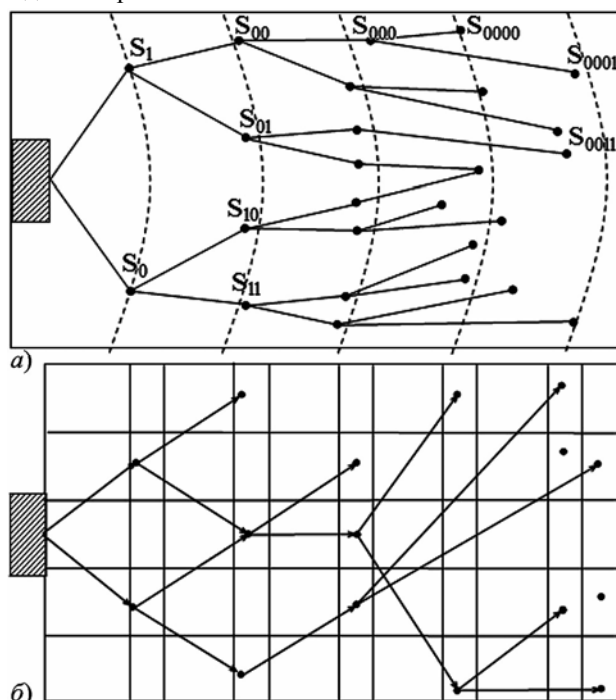


Рис. 3. Структура бінарного дерева мегапросторового моніторингу окремих характеристик ОМ

Стратегія реалізації мегапросторового ОМ, залежно від конфіденційних характеристик ОМ, може вибиратися згідно з такими технологіями: координатно-детермінованою; координатно-випадковою; координатно-ймовірнісною. Теоретична формалізація такої МПМС описується системою функціональних рівнянь:

$$SS = \sum_{m=0}^{m_i} (S_i); i = (0000 \div 1111), SS \leq SS_0, \quad (1)$$

де: SS – дані ОМ, які записуються у системний сервер; $S_i - S$ – характеристики ОМ; i – індекс просторових координат хвилі МПМС.

Позитивною особливістю МПМС є реалізація непередбачуваних ймовірностей збігу координат $S_{i,j}$ моніторингових характеристик ОМ мегасистемою з координатно-просторовим детермінованим моніторингом, що шляхом порівняння зареєстрованих спостережуваних даних значно підвищує достовірність та надійність правильної ідентифікації стану ОМ порівняно з еталонами ОКМ у багатьох координатах.

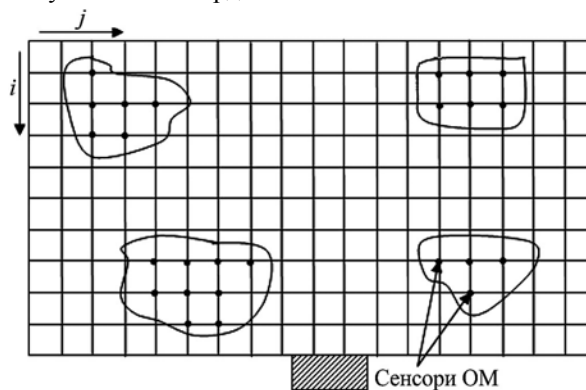


Рис. 4. Структура Хеммінгового простору бінарного координатно-просторового методу моніторингу об'єкта

На рис. 4 наведено приклад координатно-просторового кластерного моніторингу природоохоронного ОУ.

Цей метод широко застосовують у системах фонового моніторингу природоохоронних об'єктів заповідників, заказників, національних парків та ін.

Локально-просторовий мультисенсорний метод організації МС застосовується коли мікроконтролер системного сервера обслуговує обмежену локальну просторову асоціацію (як правило функціонально близьких) ОУ за допомогою безпроводної сенсорної мережі (БСМ), приклад якої показано на рис. 5.

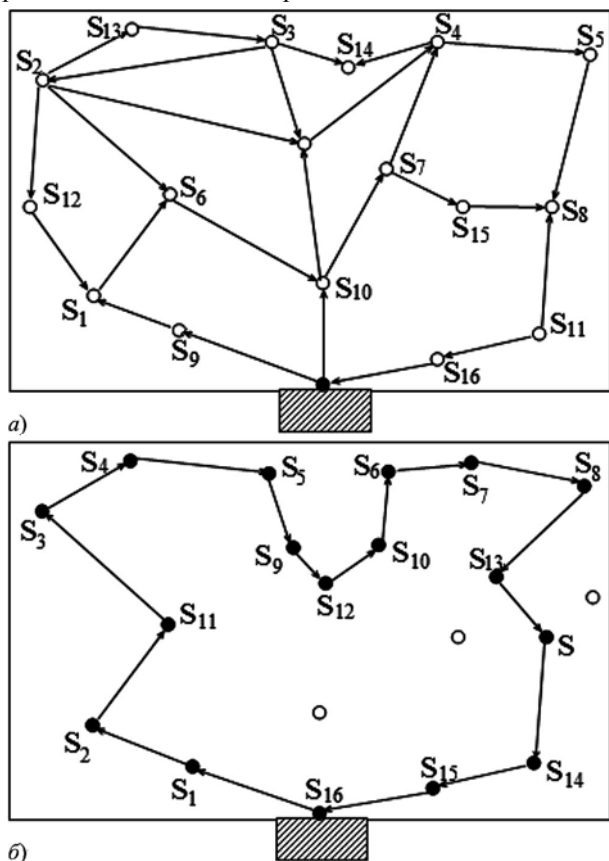


Рис. 5. Приклади структур сенсорних МС з максимально зв'язаною (систолічною) та лінійно зв'язаною топологіями просторового немобільного розміщення сканувальних сенсорів МС

Такі ЛПМС застосовуються коли ансамбль ОМ є стаціонарним на довшому інтервалі часу з середньою або підвищеною динамікою зміни станів ОУ. Наприклад, це локальні системи фонового моніторингу атмосферних явищ (температури та вологості повітря, атмосферного тиску, швидкості та напрямку вітру та ін.).

3. Безпроводний надземний моніторинг станів ОМ та ОУ за допомогою безпілотних літальних апаратів (дронів). За останні десятиліття швидко розвивається індустрія та інформаційна технологія реалізації МС розподілених МО за допомогою дистанційно-керованих надземних та наземних відеокамер спостереження. Такі системи вже тиражує багато фірм та обслуговують відповідно підготовлені спеціалісти з техніки безпілотних літальних апаратів та інформатики. Також до цього класу інформаційно-технічного забезпечення належать відеокамери спостереження та нічного бачення [4].

На рис. 6 показано приклади реалізації таких засобів безпроводного надземного та наземного моніторингу розподілених ОУ, які застосовуються у рамках спільного міжнародного проекту під егідою "ЮНЕСКО" із захисту природоохоронних об'єктів природного заповідника "Горгани", розміщеного на території Надвірнянського району Івано-Франківської області у межиріччі річок Черник, Довжинець та Бистриця Надвірнянська.

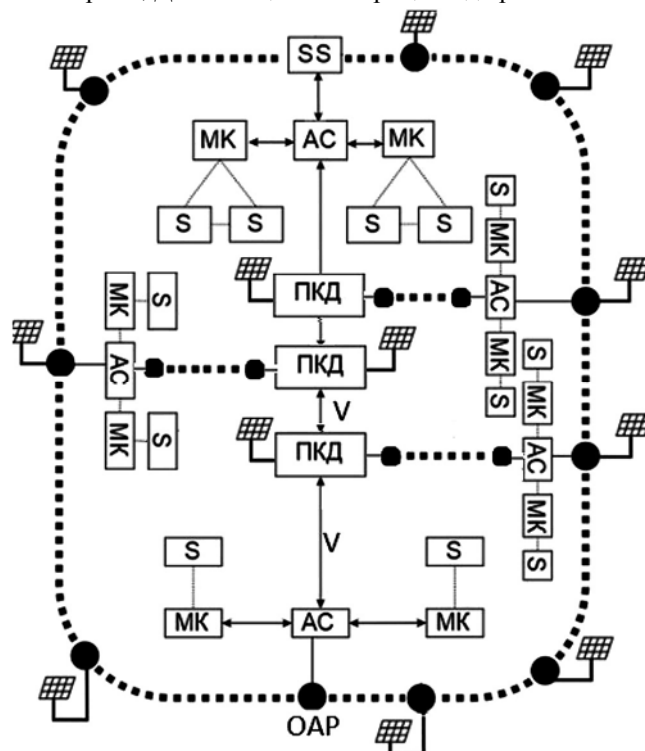


Рис. 6. Приклад реалізації кільцево-зіркової архітектури ІДС безпроводного надземного та наземного моніторингу

Класифікація методів діалогового моніторингу просторово розподілених ОМ. Виконаний аналіз типів, функцій та структур сучасних відомих методів організації фонового моніторингу характеристик ОУ дає змогу обґрунтовано визначити структуру шуканої класифікації функціонально різних типів авторизованих ідентифікаторів та структур, які реалізують процеси діалогового моніторингу ОМ та ОУ, а також призводять до генерації та синтезу відповідних класів розподілених МС, які можна проблемно-орієнтовано застосувати на практиці у різних галузях технологічних та наукових знань.

Отриману класифікацію методів розподіленого моніторингу просторово розподілених ОМ подано на рис. 7. Класифікація методів дає змогу формувати проектні рішення щодо застосування моніторингових систем.

Теоретичні основи та алгоритми моніторингу просторово розподілених об'єктів. У основу теорії методів та алгоритмів моніторингу просторово розподілених об'єктів покладено математичні засади цифрового кодування та опрацювання характеристичних параметрів об'єктів дослідження. Таких як динаміка, відхилення від норми порівняно з еталонами на підставі побудованих інформаційних моделей їх станів та розпізнавання їх класів у математико-алгоритмічному середовищі.

Першим прикладом математичної реалізації процесів моніторингу стану ОУ є визначення вибіркового, ковзного та зваженого математичного сподівання окремої характеристики стану ОМ (M_x , M_j та M_v) [5], які розраховують згідно з виразами:

$$M_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i; M_j = \frac{1}{m+j} \sum_{i=i+j}^{m+j} x_{i+j}; M_v = \sum_{i=i+j}^{m+j} v_{i-j} \cdot x_{i+j}, \quad (2)$$

де: $\{x_i\}$ – одновимірний масив оцифрованих даних аналогових сенсорів $x(t)$; n – об'єм вибірки $i \in \overline{1, n}$; m –

об'єм вибірки ковзних цифрових відліків x_{i+j} ; v_{i-j} – цифрові значення вагової ковзної функції зваженого математичного сподівання.

Розраховані значення оцінок M_x , M_j , M_v для різних одномірних характеристик ОМ ($x\{y_i\}$, M_y , M_{jy} , M_{yy}), ансамблем яких описуються система характерис-

тик ОУ, порівнюються з відповідними еталонними заданими значеннями стану "норма" ОУ, використовуються комп'ютеризованою моніторинговою системою для виявлення та розпізнавання виникнення нештатних ситуацій на ОМ.

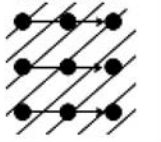
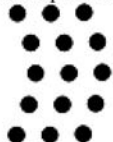
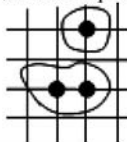

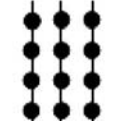


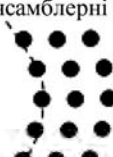
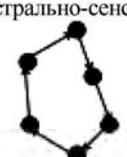

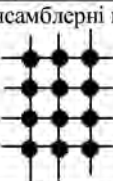


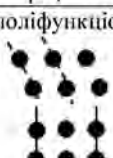

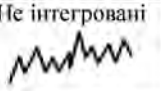

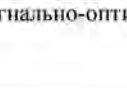
Класи методів розподілених моніторингових систем		
Скануючі 	Мегабінарні хвилеві 	Координатно-просторові 
Горизонтальні 	Мегабінарні квантові 	Локально-просторовий сенсорно-мережвий 
Вертикальні 	Мегаансамблерні хвилеві 	Магістрально-сенсорний 
Нахилені 	Мега ансамблерні квантові 	Безпроводний надземний (дрони) 
Інтегровані 	Мега поліфункціональні 	Бездротовий неземний (відеокамери аудіосенсори) 
Не інтегровані 	Оцифровані решітчасті 	Бісигнально-оптичний 

Рис. 7. Класифікація методів і систем фонового моніторингу просторово розподілених ОМ та ОУ

Наведені оцінки математичних сподівань (2) є базовими для розрахунку більш складних та функціонально розширених ідентифікаційних моделей ОМ, наприклад дисперсії, середньостатистичного сподівання, кореляційних функцій, спектрів та ін. Ці моделі потребують великооб'ємного математичного опису і виходять за межі цього дослідження. Тому вони зареєстровані в опублікованих джерелах наукових статей, матеріалів конференцій, патентів та монографій [5] як фундаментальні основи розширеної теорії методів цифрового опрацювання моніторингових даних. Викладені у цій роботі особливості аналізу процесів реалізації алгоритмів опрацювання ДД та функціонального застосування на прикладі приведених оцінок математичних сподівань характеристики станів ОМ. Відповідно до наступної відповіді на запитання що відбувається:

- 1) з інформаційними властивостями первинних масивів даних $\{x_i\}$, $\{y_i\}$, ... після визначення оцінок M_x , M_j та M_v і їх представлення у вигляді нових опрацьованих масивів даних;
- 2) як змінюється об'єм інформаційних даних при побудові ансамблю інформаційних моделей характеристично-

го функціоналу;

- 3) як змінюється обчислювальна складність алгоритмів обчислення ЛСІМ 5 згідно з діагональною матрицею нормованих коефіцієнтів взаємкореляції та модульних оцінок Хеммінгової віддалі.

Така стратегія стосується будь-яких інших дещо складніших інформаційних моделей станів ОМ.

Під час визначення вибіркового математичного сподівання M_x відбувається зменшення у n -разів об'єму даних, оскільки результат видається замість n k -розрядних двійкових чисел одним $k+s$ -розрядним числом. Тобто зменшується ентропія оцінки стану ОМ.

Зростає точність реєстрації певної характеристики ОУ внаслідок реалізації обчислювальної операції інтегрування та усереднення вибірки цифрових кодів.

Виникає ефект старіння інформації, оскільки отриманий цифровий відлік M_x відноситься у часовому інтервалі спостереження зо ОУ до середини ознаки $x_i = n/2$, а моніторинговий об'єкт вже знаходиться в поточному $x_i = n$ -му інтервалі часу і його динаміка в наступні моменти часу практично може не залежати від значення оцінки M_x .

Представлення потоку цифрових даних $\{x_i\}$ реєстрованих з інтервалом дискретизації Δt однією оцінкою M_x з інтервалом дискретизації $n \cdot \Delta t$ істотно змінює кореляційні та спектральні характеристики ОМ, реалізуючи смуговий цифровий фільтр з періодичною послідовністю модульованих затухаючих спектральних ліній, серед яких деякі частоти, які є у спектрі вхідних даних зовсім відсутні.

Подібний аналіз змін інформаційних властивостей даних після представлення масивів $\{x_i\}$ оцінками M_j та M_v також приводить до їх значних нових функціональних властивостей, які повинні бути адекватно враховані побудові більш складних інформаційно-ідентифікаційних моделей станів ОМ.

Іншим аспектом інформаційного забезпечення процесів моніторингу станів ОУ є синтез відповідних спецпроцесорів та програмно апаратна реалізація обчислювальних процесів на ПЛІС у середовищі структури розподіленої кільцево-зіркової архітектури ІДС.

Наприклад, обчислювальний процес усереднення числових значень масиву даних $\{x_i\}$, $i \in \overline{1, n}$ потребує додавання n k -розрядних двійкових чисел, які для забезпечення високої швидкодії паралельно по два сумуються в $k+m$ -розрядних комбінаційних суматорах з'єднаних пірамідальною структурою (рис. 8). Прикладом успішного удосконалення багаторозрядного пірамідального суматора є запропонована реалізація його структури на підставі матричного мультиплектора та групи накопичувальних суматорів [5].

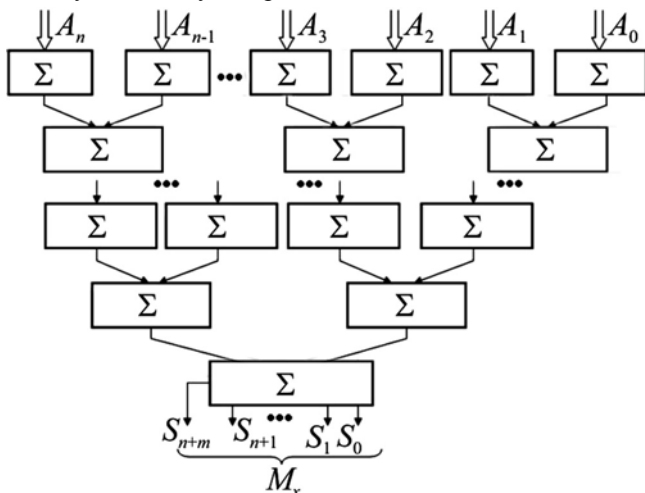


Рис. 8. Структура багаторозрядного пірамідального суматора визначення вибіркового математичного сподівання M_x

На практиці існує і повинен бути реалізований симбіоз функціональних можливостей теорії моніторингу просторово розподілених ОМ та інформаційної технології синтезу й аналізу структур проблемно орієнтованих спецпроцесорів з удосконаленими та покращеними характеристиками часової та апаратної складності.

Обговорення результатів дослідження. Під час аналізу отриманих результатів дослідження можна прийти до висновку, що до класу спецпроцесорів, якими повинні бути оснащені програмно-апаратні засоби низових рівнів кіберфізичних діалогових моніторингових систем, належать такі базові компоненти:

- 1) АЦП паралельного, розгорнутого, послідовного наближення та сканувального типів;

- 2) пристрої визначення вибірових та ковзних математичних сподівань;
- 3) цифрові обчислювачі вибірових відхилень;
- 4) спецпроцесори розпізнавання образів на підставі визначення Евклідової метрики та оцінки Хеммінгової віддалі між аналоговими сигналами та характеристиками ОМ;
- 5) спецпроцесори автокореляційного та взаємкореляційного опрацювання аналогових сигналів;
- 6) швидкодіючі спецпроцесори спектрального аналізу та цифрового опрацювання аналогових сигналів;
- 7) швидкодіючі спецпроцесори побудови логіко-статистичних інформаційних моделей (ЛСІМ);
- 8) спецпроцесори побудови ймовірнісних матричних кластерних моделей динаміки станів ОУ;
- 9) спецпроцесори побудови моделі глобальної дисперсії стану ОУ на підставі матриці нормованих коефіцієнтів взаємкореляції характеристичних параметрів ОМ;
- 10) визначення та побудови ймовірнісної та кореляційної міри ентропій станів ОУ;
- 11) побудови, на підставі характеристичного функціоналу ОУ, образно-кластерної моделі (ОКМ) з відео та аудіо супроводженням діалогової моніторингової системи операторів КС.

Серед них базовими спецпроцесорами є такі 1, 2, 3, 4, 7 та 11.

Висновки

Здійснене дослідження функціональних характеристик різних методів та класів інформаційного та діалогового моніторингу просторово розподілених об'єктів становить базову основу узагальнення принципів фонового інтерактивного моніторингу квазістаціонарних ОМ. На підставі такого узагальнення класифікованих методів моніторингу ОУ у розподілених комп'ютеризованих системах відповідно узагальнюються теоретичні засади методології фонового моніторингу та можливості розроблення основних положень теорії моніторингу D2-розподілених ОМ.

При постановці задач та теоретико-математичному обґрунтуванні системи базових теоретичних формалізацій процесів моніторингу ОУ, виходячи з розробленої систематизації та класифікації різних методів моніторингу широкого класу об'єктів, потрібно врахувати такі характеристичні параметри:

1. Клас моніторингу: мегапросторовий, координатно-просторовий, локально-просторовий;
2. Тип кодової системи реєстрації моніторингових даних (U, H, R, R-C, H-C, G);
3. Бінарність та ансамблевність поширення спостережень на території розподілених ОМ;
4. Тип полярності хвильова чи Хеммінгова;
5. Тип мережі: сенсорно-мережева, систолічна, ланцюгова, зірково-магістральна та кільцево-зіркова;
6. Дистанційна система: надземна, наземна;
7. Часові характеристики дискретності спостереження Δt , побудови інформаційних моделей ОМ Δt_m та ΔT – відображення та використання отриманих моделей для відновлення "норми" станів ОУ.

Синтез характеристичних функціоналів та математично-алгоритмічного опису методів цифрового опрацювання даних моніторингу для кожного систематизованого класу фонового моніторингу становить фундаментальну основу синтезу теорії діалогового моніторингу ОУ у розподілених кіберфізичних системах.

References

1. Melnyk, A. (2015). Cyber-physical systems: the problems of creation and direction of development. *Computer System and Networks*, 692, 100–107.
2. Melnyk, A. O., & Melnyk, V. A. (2013). *Personalni superkompiutery: arkhitektura, proektuvannia, zastosuvannia: monohrafiia*. Lviv: Vyd-vo Lviv. politekhniky, 516 p. [In Ukrainian].
3. Pat. 134154 Ukraina MPK (2019.01) G06F 17/40 (2006.01), G06F 15/00 G05B 23/02 (2006.01). *Sposib kontroliu parametriv tekhnolohichnoho protsesu*. Pitukh, I. R., Vozna, N. Ya., Nykolaichuk, Ya. M., & Nykolaichuk, L. M. № u201809554; zaiavl. 24.09.2018; opubl. 10.05.2019, Biul. № 9/2019. [In Ukrainian].
4. Petrashchuk, Ya. V., Nykolaichuk, L. M., Slobodian, O. M., Holynskiy, Ya. I., Hrynychshyn, T. M., Nykolaichuk, Ya. M., Pitukh, I. R., & Hryha, V. M. (2020). Status ta informatsiini problemy fonovoho monitorynhu ekosystemy pryrodnoho zapovidnyka "Horhany". *Informatsiini problemy kompiuternykh system, yurysprudentsii, enerhetyky, modeliuвання ta upravlinnia*. *Zb. materialiv problemno-naukovoi mizhhaluzevoi konferentsii (ICSM-2020)*, (pp. 95–106), Nadvirna. [In Ukrainian].
5. Pitukh, I. R., & Nykolaichuka, Ya. M. (Ed.). (2017). *Teoriia ta tekhnolohiia pobudovy spetsializovanykh interaktyvnykh system. Spetsializovani kompiuterni tekhnolohii v informatytsii/ za zahalnoiu*, (pp. 665–694). Ternopil: Publishing "Beskydy". [In Ukrainian].
6. Pitukh, I. R., Protsiuk, H. Ya., & Protsiuk, V. R. (2019). Alhorytmny opratsiuvannia monitorynhovykh danykh u dialohovykh systemakh. *Matematychni ta kompiuterne modeliuвання: Tekhnichni nauky: zb. naukovykh prats*, 19, 101–107. [In Ukrainian].
7. Prykhodko, M. M. (Ed.). (2010). *Fonovyi monitorynh navkolysshnoho pryrodnoho seredovyshcha: monohrafiia*. Ivano-Frankivsk: Publishing "Foliant", 324 p. [In Ukrainian].
8. UA.Region.Info. (2020). Silske hospodarstvo. Retrieved from: <https://www.ua-region.com.ua>. [In Ukrainian].
9. UA-Systemy. (2020). Ekolohichniy monitorynh pryrodnoho dovkillia. Retrieved from: <https://www.ua-systems.com.ua/ekolohichniy-monitoring-dovkillia>. [In Ukrainian].

I. R. Pitukh

West Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine

THEORY AND PRINCIPLES OF DIALOGIS MONITORING OF SPATIALLY DISTRIBUTED OBJECTS

The paper analyses the existing methodologies for the implementation of background monitoring of stationary and quasi-stationary objects spatially distributed in 2D-territory. Seventeen types of spatial dialog monitoring of control objects are systematized and classified. The basic methods of implementation of different classes of dialog monitoring are defined, the principles and fundamental bases of creation of the theory of interactive monitoring systems on the basis of problem-oriented characteristic functionalities which mathematically and algorithmically describe methods and functions of separate classes of dialog monitoring of quasi-stationary control objects are defined. The recommendations for providing the theoretical basis for the formation of registration, digital processing and use of the constructed family of information models of the states "norm", "accident development" and "accident" of the observed dialog monitoring systems are given. The advantages of application of ring-star architecture of interactive-dialog systems of wireless above-ground and ground monitoring are substantiated. Methods and algorithms for monitoring spatially distributed objects are provided, where the mathematical principles of digital coding and processing of characteristic parameters of research objects, such as dynamics, deviations from the norm in comparison with standards on the basis of information models of their states and recognition of their classes in mathematical algorithmic environment. The strategy of applying of the mega-spatial object of monitoring, depending on confidential characteristics of object is considered. The choice of strategy according to coordinate-determined, coordinate-random, and coordinate-probabilistic technologies is also substantiated. The approach of technical realization of specialized devices which provide collection, transformation and processing of information data is offered.

Keywords: technological process; interactive system; intelligent sensor; information flow; multi-bit adder; special processor.