

О. Різник, Б. Дубик, Н. Куліш, Т. Чабан
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційних технологій видавничої справи

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОПТИМІЗАЦІЇ СТРУКТУР СИСТЕМ НА ОСНОВІ КОМБІНАТОРНИХ МЕТОДІВ

© Різник О., Дубик Б., Куліш Н., Чабан Т., 2012

Розглянуто інформаційні технології оптимізації структур технічних систем за числових в'язанок як зручних математичних моделей з нееквідистантною структурою на прикладі розробки моделей баркероподібних та псевдовипадкових послідовностей, розробки оптимальних схем відновлення для розподілених обчислень, розробки ефективних фільтрів зображень, розробки моделей розташування датчиків сенсорної мережі.

Ключові слова: ідеальна кільцева в'язанка, фільтрація зображення, розподілені обчислення, схема відновлення, сенсорна мережа.

In the article information technologies of optimization of structures of the technical systems are examined at numerical bundles as comfortable mathematical models with a non-uniform structure on the example of development of models of quasibarker and pseudocausal sequences, development of optimal charts of renewal for the up-diffused calculations, development of effective filters of images, development of models of location of sensors of sensory network.

Key words: idea ring bundle, filtration of image, up-diffused calculations, recovery scheme, sensory network.

Вступ

Сучасний розвиток інформаційної техніки значною мірою пов'язаний з дослідженням методів структурної оптимізації технічних систем. Одним з перспективних методів дослідження моделей систем, які використовуються в технічній кібернетиці, є побудова абстрактних нееквідистантних моделей дискретних систем із застосуванням апарата комбінаторного аналізу. Однак недостатнє вивчення наявних моделей та алгоритмів швидкого синтезу комбінаторних конфігурацій з нееквідистантною структурою ускладнює розробку ефективних методів синтезу технічних систем на основі такого підходу.

Тому вагомим значення набувають питання розробки інформаційних технологій оптимізації структур систем та алгоритмів ефективного синтезу комбінаторних конфігурацій з нееквідистантною структурою як моделей технічних систем, які дають змогу знаходити оптимальні рішення без перегляду великої кількості варіантів.

Постановка проблеми

Дослідження і синтез комбінаторних конфігурацій з нееквідистантною структурою як моделей для оптимізації структур систем, які наділені корисними для практичних цілей властивостями, що дозволяють значно поліпшувати основні показники технічних систем за надійністю, точністю, стабільністю характеристик, діапазоном роботи, функціональними можливостями, становить актуальну науково-технічну задачу.

Один з таких підходів полягає в створенні математичної моделі, яка б за своїми властивостями відповідала широкому класу технічних систем з різноманітними параметрами; щоб ця модель дозволяла здійснювати багатогранні дослідження над різними типами технічних систем, спрощувала методичку їх оптимізації та відкривала нові можливості для практичного застосування.

Розв'язання задачі

Практична реалізація задачі оптимізації структур систем у технічних системах та пристроях дає змогу розглядати в загальному випадку будь-які їх характеристики або параметри, які піддаються кількісній оцінці. Залежно від способу реалізації структур систем з нееквідистантною структурою можна виділити три основні підходи до оптимізації структур систем у технічних системах: геометричний, параметричний, змішаного типу. В основу вищезгаданих підходів покладено поняття комбінаторної конфігурації у вигляді числової в'язанки.

Числовою в'язанкою за деякою операцією називається така впорядкована послідовність скінченної кількості N елементів, де всі значення елементів та результати виконання операцій над послідовно розміщеними елементами утворюють нову множину взаємозв'язаних значень, які мають R повторюваних ознак [2]. Будь-яку числову в'язанку можна розглядати не лише як упорядковану послідовність елементів базової множини, але й як сукупність одержаних на ній результатів.

Для тих конструкцій, у яких елементами є числа або їх комбінації, постає можливість інтерпретації числової в'язанки у вигляді сукупності певним способом розподілених точок деякої геометричної фігури, що відповідають координатам просторового розміщення елементів результуючої множини. Це можуть бути точки на прямій, площині, об'ємній фігурі або поверхні багатовимірного простору.

Застосування для оптимізації числових в'язанок у технічних системах першого типу пов'язано з геометричними особливостями систем, зокрема, взаємним розміщенням окремих елементів на деякій ділянці виділеного простору. У системах другого типу завданням є вибір співвідношення значень параметрів, якими характеризуються властивості систем або процесів. Для третього типу систем характерні ознаки систем обох типів.

У технічних об'єктах часто поєднуються ознаки моделей числових в'язанок різних типів, наприклад, геометричних і параметричних систем, в яких виникає задача вибору, вигідного для практичної реалізації співвідношення параметрів, з'єднаних між собою в просторі елементів схеми за пропорціями числових в'язанок. Можна також конструктивні особливості технічних об'єктів встановлювати відповідно до значень параметрів. Отже, в геометрично-параметричних системах для забезпечення можливості реалізації відповідних значень параметрів необхідно розраховувати геометричні співвідношення розподілу елементів структури згідно з числовими в'язанками.

Розглянемо декілька практичних застосувань числових в'язанок для оптимізації структур технічних систем:

- розробка моделей баркероподібних послідовностей;

Методів кодування сьогодні розроблено достатньо багато, причому для передачі даних в умовах перешкод з успіхом використовується технологія розширення спектра. Основна ідея полягає в тому, щоб від вузькосмугового спектра сигналу, що виникає при звичайному потенційному кодуванні, перейти до широкосмугового спектра. Саме це дозволяє значно підвищити перешкодостійкість переданих даних.

Для того, щоб підвищити перешкодостійкість переданої кодової послідовності, тобто, щоб збільшити вірогідність безпомилкового розпізнавання кодової послідовності на приймальній стороні в умовах завад, можна скористатися методом переходу до надлишкової кодової послідовності, додаючи надмірність у початкову кодову послідовність. Для цього в кожен переданий інформаційний біт вбудовують певний код, що складається з послідовності так званих чіпів.

Однією з найвідоміших таких послідовностей є послідовність Баркера, яка має якнайкращими серед відомих послідовностей властивостями шумоподібності, що і зумовило їх широке застосування. Баркероподібна кодова послідовність – це спеціальний набір нулів і одиниць, за допомогою якого кодують один біт (чіп) для подальшої передачі. Основними властивостями кодових послідовностей є дуже хороші автокореляційні і взаємкореляційні властивості. При однакових довжинах властивості послідовностей можуть кардинально відрізнятися.

Методика побудови на основі числових в'язанок за критерієм мінімального значення функції автокореляції баркероподібних послідовностей полягає в побудові L_N -позиційного коду (L_N – сума

елементів числової в'язанки) m_i , $i=1,2,\dots,L_N$ з на базі вибраного варіанта числової в'язанки $(k_1, k_2, \dots, k_l, \dots, k_N)$ з параметрами $N/R \approx 2$, де на N позиціях коду з порядковими номерами x_l , $l=1,2,\dots,N$, які визначаються з формули $x_l \equiv 1 + \sum_{i=1}^l k_i \pmod{L_N}$, розміщуються "1", а на решті $L_N - N$ позиціях – "-1".

Одержана кодова послідовність є послідовністю з властивістю "не більше R -збігів" та мінімальним значенням автокореляційної функції. Вибираючи інший варіант числової в'язанки з такими параметрами, можемо одержати інші баркероподібні кодові послідовності з властивістю "не більше R -збігів" та мінімальним значенням автокореляційної функції [2].

- розробка моделей псевдовипадкових послідовностей;

За постулатами Голомба псевдовипадкові послідовності повинні мати такі властивості:

- у кожному періоді послідовності число 1 і 0 відрізняється не більше ніж на одиницю;
- серед груп з послідовних 1 і 0 в кожному періоді половина має тривалість в один символ, четверта частина має тривалість у два символи, восьма частина має тривалість у чотири символи тощо.
- кореляційна функція послідовності має єдиний значний пік амплітуди 1 і при всіх зрушеннях дорівнює $1/m$ (m – довжина послідовності).
- кореляція між векторами обчислюється за формулою $r(c, y) = \frac{A-B}{A+B}$, де A – число позицій, в яких символи послідовностей x і y збігаються; B – число позицій, в яких символи послідовностей x і y є різними.

Для побудови псевдовипадкових послідовностей за допомогою числових в'язанок порядку N кратності R виділимо рядок із L_N пронумерованих у зростаючому порядку клітинок одновимірного масиву і заповнимо інформаційними "одиницями" клітинки, номери яких збігаються з числами, визначеними з числової в'язанки [2]. У клітинки, що залишилися незаповненими, занесемо "нулі". Утворена послідовність одиниць і нулів є L_N -розрядною псевдовипадковою послідовністю, циклічним зсувом якої можна одержати й решту псевдовипадкових послідовностей за постулатами Голомба.

- розробка оптимальних схем відновлення для розподілених обчислень;

Знайти хороші схеми відновлення – фундаментальна задача в розподілених і кластерних системах. Такі схеми визначають як робоче навантаження треба перерозподілити, коли один або більше комп'ютерів виходять з ладу. Ми припускаємо, що робота, яка виконується кожним з n комп'ютерів, має бути переміщена, як одна атомна одиниця. Приклади – системи, де уся робота, яку виконує комп'ютер, робиться від однієї зовнішньої системи або коли усю роботу виконує один процес чи системи, де зовнішньою комунікацією управляє IP протокол. Мета – розподілити навантаження порівну, навіть за найнесприятливіших комбінацій комп'ютерів, що вийшли з ладу, тобто оптимізувати поведінку за найгіршого випадку. Розглянуто n ідентичних комп'ютерів, які за нормальних умов виконують один процес. Усі процеси виконують ту ж кількість роботи. Схемою відновлення, що гарантує оптимальне поширення навантаження в найгіршому випадку, коли x комп'ютерів вийшли з ладу, є так звана оптимальна схема відновлення для значення n і x на основі числових в'язанок [3].

Схема відновлень отримується додаванням значень елементів числової в'язанки – це послідовність з часткових сум. Перша частина списків відновлень складається з числової в'язанки, тобто перші x входи для найбільшого x такі, що сума оптимальної послідовності довжини x менша, ніж сума числової в'язанки L_N . Частина списку відновлень, що залишилася, наповнена залишком номерів (комп'ютерів) аж до $L_N - 1$.

- розробка ефективних фільтрів зображень;

У галузях техніки, науки, медицини основна інформація про об'єкти досліджень надходить у вигляді зображень – двовимірних проекцій просторових сцен. Для обробки і аналізу такої

інформації необхідно забезпечити високу візуальну якість зображення, яка втрачається через незадовільні умови її отримання, недосконалості систем відтворення чи систем передавання відеоінформації, появу різного роду завад і спотворень. Тому для успішної обробки растрових зображень необхідно мати методи фільтрації, на основі яких можливо розробити якісно швидкі фільтри початкової обробки зображень. Недолік наявних прямокутних фільтрів полягає у можливій появі помилкового зображення, коли в зображенні є високі просторові частоти. Також недоліком лінійної фільтрації зображень є те, що поряд зі зменшенням шумів одночасно відбувається розмивання контурів зображення. Це зумовлено тим, що всі елементи вихідного зображення обробляються з однаковим коефіцієнтом, тобто лінійні фільтри незалежні від структури елементів і тому не можна визначити межу між шумовими і контурними елементами [1].

У результаті проведених досліджень, використовуючи числові в'язанки на стандартному алгоритмі просторової фільтрації, отримано нові різновиди матриць перетворення. А саме матриці фільтрів розмиття, підвищення різкості, виділення контурів зображення та тиснення. Коефіцієнтами матриць перетворення були взяті елементи числової в'язанки $(k_1, k_2, \dots, k_1, \dots, k_N)$. Після порівняння зображень, опрацьованих фільтром розмиття, використовуючи кожен з цих матриць, можна зазначити, що зі збільшенням порядку матриці зростає ефект фільтра. Використовуючи числові в'язанки, як матриці перетворення для фільтрації зображень, можемо отримати фільтри розмиття, різкості, тиснення та виділення контурів, причому з покращеними характеристиками порівняно до стандартних фільтрів. Досліджено використання методів просторової обробки зображень та розроблений метод фільтрації зображення з використанням числових в'язанок, що дозволяє використовувати його як один з складових загальної оцінки візуальної якості зображення, що не залежить від суб'єктивного сприйняття.

- розробка моделей розташування датчиків сенсорної мережі.

Для моделей розташування датчиків сенсорної мережі з рівномірним (еквідистантним) розподілом елементів (всі відстані/вектори між сусідніми елементами однакові) характерна наявність повторюваних ознак – рівновіддалених пар елементів, що обмежує інформаційні можливості такої моделі з точки зору зняття досліджуваних параметрів середовища. Суть побудови моделей з нерівномірним (нееквідистантним) розподілом елементів полягає в мінімізації повторюваних ознак. Отже, ці моделі доцільно представляти у вигляді з'єднаних між собою елементів, у яких значення векторів відстаней між ними є різними. Якщо така модель має мінімальну апертуру, то вона описується відповідно дво- чи тривимірною оптимальною числовою в'язанкою. Подібні моделі застосовують й в галузі радіоелектроніки.

Сенсорну мережу можна охарактеризувати векторами розташування датчиків та їх кількістю, на підставі чого може бути сформований масив досліджуваних значень. Просторову функцію кореляції можна оцінити на основі цього масиву. Якщо масив багатовимірний, то він має бути представлений набором векторів. Якщо масив лінійний, то він представлений набором чисел. Якщо масив має більше ніж одну пару датчиків, відокремлених тією ж відстанню/вектором, ці пари роблять надмірні оцінки кореляції. У такому випадку цей масив має надмірності. Якщо немає ніякої пари датчиків, відокремлених деякою відстанню/вектором, яка менша, ніж апертура масиву, цей масив має діру в цьому розташуванні. Оптимальний масив надмірності або масив мінімальної надмірності – єдиний, який не має ніяких більше надмірностей, ніж будь-який інший масив надмірності з тою самою кількістю датчиків [4]. За однакових відстаней між парами елементів датчиків сенсорної мережі інформація є надлишковою, що означає її втрату. Найвища точність обчислень досягається, коли кожна пара датчиків має різну відстань. Ця умова задовольняється саме за розташування датчиків за багатовимірними числовими в'язанками.

Багатовимірні комбінаторні конфігурації типу числових в'язанок як моделей розташування датчиків сенсорної мережі доцільно представляти у вигляді координат точок t -вимірного простору ($t=2$ для двовимірного розташування, $t=3$ для тривимірного розташування), де необхідно знайти координати заданого числа N точок на апертурі деякого t -вимірного паралелепіпеда. Різниці всіх пар координат повинні бути різними і зустрічатися не більше одного разу ($R=1$) на множині всіх

наявних пар координат за умови мінімальних розмірів t -вимірного паралелепіпеда. Досліджено методи синтезу багатовимірних числових в'язанок на основі одновимірних числових в'язанок з параметрами (L_N^R, N, R) , значення векторів відстаней яких не можуть повторюватись більше ніж R разів, що, своєю чергою, дає змогу реалізувати числову послідовність у вигляді t -вимірної числової в'язанки з параметрами $l_1 \times l_2 \times \dots \times l_t \leq L_N^R$. У загальному випадку різним варіантам багатовимірних ЧЛВ можуть відповідати будь-які одновимірні ЧЛВ. Однак найбільший інтерес для розташування датчиків у сенсорних мережах становлять дослідження компактних багатовимірних числових в'язанок, тобто, таких числових в'язанок, які мають максимальну кількість елементів у просторі $l_1 \times l_2 \times \dots \times l_t \leq L_N^R$.

Висновки

Результати моделювання та дослідження комбінаторних конфігурацій за допомогою числових в'язанок дають підстави стверджувати про широкі можливості використання числових в'язанок у новітніх інформаційних технологіях для ефективного проектування та оптимізації технічних пристроїв і систем з нееквідистантною структурою у різних галузях науки і техніки.

1. Гонсалес Р. *Цифровая обработка изображений* / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. –1072 с. 2. Пізник В.В. *Синтез оптимальних комбінаторних систем*. – Львів: Вища шк., 1989. – 168 с. 3. Pfister G. F., *In Search of Clusters*, Prentice–Hall, 1998. 4. D. Pearson, S. Pillai, and Y. Lee, “An algorithm for near-optimal replacement of sensor elements,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 36, pp. 1280–1284, Nov. 1990.

УДК 519.216:612.3

М. Тимчак, М. Хвостівський, Л. Дедів

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОСИГНАЛУ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ДОСТОВІРНОСТІ ЕЛЕКТРОГАСТРОЕНТЕРОСИСТЕМ

© Тимчак М., Хвостівський М., Дедів Л., 2012

Проаналізовано останні дослідження шлунково-кишкового тракту людини за електрогастроентеросигналом та обґрунтовано адекватну його модель.

Ключові слова: електрогастроентеросигнал, шлунково-кишковий тракт, періодично-корельований випадковий процес

Recent research analysis of the gastrointestinal tract of human have been made by electrogastroenterosignal and its adequate model is graunded.

Key words: electrogastroenterosignal, gastrointestinal tract, periodically correlated random process

Вступ

Сьогодні у медичній практиці після оперативних втручань в органи шлунково-кишкового тракту (ШКТ) швидкість відновлення моторики контролюється за допомогою методів, які можна розділити на дві групи [1–4]:

- методи, що дають змогу безпосередньо реєструвати скоротливу активність ШКТ;