

Розроблено алгоритм та програму спрощеного синтезу завадостійкої шумоподібної кодової послідовності на основі лінійок Голомба та створення ефективного алгоритму кодування і декодування інформації. Дослідження показують, що використання шумоподібних кодових послідовностей на основі лінійок Голомба в задачах перетворення інформації забезпечує простоту апаратного застосування.

1. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. – Львів, 1989. 2. Різник В.В., Різник О.Я., Кісь Я.П., Дурняк Б.В., Парубчак В.О. Використання монолітних кодів в інформаційних технологіях. МНТК ISDMIT'2006. – Євпаторія. – Т. 2. – С. 39–42. 3. Різник О.Я., Балич Б.І. Використання числових лінійок-в'язанок для кодування інформації // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" "Комп'ютерні науки та інформаційні технології", 2006. – С. 62–64.

УДК 681.3:519.15

**В. Різник**

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра автоматизованих систем управління,  
Технологічно-природничий університет м. Бидгощ (Польща)

## **ПРОБЛЕМА ПОДОЛАННЯ НАДМІРНОСТІ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

© Різник В., 2010

**Розглянуто новий підхід до розроблення інформаційних технологій та систем управління з поліпшеними якісними показниками, що ґрунтується на використанні ідеї оптимальних структурних пропорцій, що впливає з властивостей гармонізованого простору-часу.**

**The new approach for developing information technologies and control systems with improved quality factors based on the idea of optimum structural proportions, which follows from properties of harmonized space and time, is prospected in the paper.**

### **Вступ**

Під надмірністю системи взагалі розуміють перевищення обсягу сигналів або міри складності структур системи порівняно з їхніми мінімальними значеннями, необхідними для того, щоб виконати поставлене завдання. Коли систему розглядають на рівні технічної реалізації, тоді основними видами надмірності системи є сигнальна й структурна надмірності. На абстрактному рівні говорять про інформаційну надмірність системи, тобто про надмірність у кількості інформації, яку переробляють, і про алгоритмічну надмірність системи, тобто надмірність у складності алгоритму функціонування системи. Розрізняють штучну й природну надмірності. Проблема надмірності системи пов'язана з трьома основними завданнями: 1) введенням штучної надмірності з метою поліпшення основної характеристики системи, наприклад, завадостійкості або точності, надійності тощо; 2) зменшенням природної інформаційної надмірності, щоб спростити систему; 3) раціональним використанням надмірності універсальних багатофункціональних систем у періоди

недовантаження, наприклад, систем масового обслуговування. Сигнальну надмірність застосовують для підвищення як завадостійкості, так і надійності, структурну надмірність – лише для підвищення надійності системи. Додаткові елементи вводять у дискретні сигнали під час передавання та обробки інформації. Для цього найчастіше використовують коди з надмірністю. Для обчислювальних пристроїв перспективним є використання кодів у системі залишкових класів. При цьому можна здійснити контроль і виправлення помилок у всіх вузлах ЦОМ. Недолік кодування з надмірністю – воно потребує значного ускладнення апаратури. Структурну надмірність можна вводити на таких рівнях організації системи: 1) елементів; 2) функціональних блоків; 3) підсистем. Перспективним є введення надмірності системи на рівні функціональних блоків. Принцип побудови системи з надмірністю зводиться до того, що систему поділяють на функціональні блоки; надмірність розподіляють між блоками; кожен блок будують за мажоритарним принципом – у вигляді непарного числа паралельних однотипних гілок, виходи яких подаються на розв’язувальний орган, що приймає рішення за більшістю. Розв’язувальний орган коригує помилки і перешкоджає їхньому проходженню в наступні блоки. Розподіл надмірності має бути такий, щоб забезпечувалася однакова надійність усіх блоків, незалежно від відносних затрат [1].

### Постановка задачі

У статті ставиться завдання підвищення надійності системи за рахунок відсутності внутрішньої перебудови на рівні структурних каналів взаємодії та зведення до мінімуму числа зовнішніх контактних зв’язків під час функціонування системи у просторі–часі. Одночасно ми намагаємося досягти максимально можливої інформаційної потужності (ефективності) системи шляхом збільшення її неоднорідності (або різноманітності) за комбінаторних станів структури. Отже, маємо ряд обмежень щодо оптимізації, з яких впливає комплексний критерій мінімізації надмірності системи, що обіймає три взаємопов’язані складові якісної характеристики системного об’єкту: структурний, інформаційний та алгоритмічний. Вирішити поставлене завдання пропонується на основі використання принципу оптимальних структурних пропорцій із залученням апарату теорії комбінаторних конфігурацій.

### Принцип оптимальних структурних пропорцій

Для проведення аналізу структурної надмірності кільцевої та інших різновидів конфігурацій розглянемо найпростішу систему елементів та зв’язків, якою є ланцюжок. Відомо, що для такої конфігурації загальна кількість  $R$  способів утворення усіх можливих комбінацій різних пар формування зовнішніх контактних зв’язків визначається залежністю:

$$R = n(n+1)/2, \quad (1)$$

де  $n$  – число елементів ланцюжкової структури.

Залежність (1) є справедливою лише для конфігурацій з розімкненою структурою.

Ясно, що для будь-якої розімкненої структури мінімальне число  $m$  зовнішніх контактних зв’язків обчислюється як  $m=n+1$ , а з формули (1) впливає співвідношення:

$$R = m(m-1)/2. \quad (2)$$

На відміну від систем з розімкненою структурою, система з кільцевою конфігурацією характеризується виразом:

$$K = m(m-1), \quad (3)$$

де  $K$  – кількість способів утворення усіх можливих комбінацій різних пар формування зовнішніх контактних зв’язків кільцевої структури, а  $m$  – число зовнішніх контактних зв’язків, причому число елементів кільцевої структури збігається з мінімізованим числом наявних у цій системі елементів.

З вищевикладеного випливає, що за наявності згаданих обмежень на топологічну структуру та способу функціонування кільцева структура досягає вищого рівня своєї досконалості порівняно з ланцюжковою за шкалою оцінювання структурної надмірності.

Перейдемо до розгляду наступної складової. Порівнявши між собою залежності (2) і (3), легко побачити безперечну перевагу кільцевої структури над ланцюжковою щодо її інформаційної

потужності, оскільки вона забезпечує можливість одержання вдвічі більшої кількості комбінаційних зв'язків на своїй контактній різноманітності за однакової кількості елементів порівнюваних структур, а разом з тим вдвічі більшу кількість комбінаторних станів. Це, своєю чергою, дає змогу передбачувати можливість відповідного зростання інформаційної потужності за умови, якби вдалося кожному іншому комбінаторному стану системи поставити в однозначну відповідність щоразу інше кодове повідомлення. Доцільно також спробувати «вимагати» від системи можливості формування на її комбінаторних станах потоку інформаційних повідомлень не лише в закодованій (абстрактній) формі, а у «натуральному» вигляді, тобто наближеному до відтворення «образних» перетворень «чогось» в реальному просторі і часі. Звідси випливає ідея «оптимальних структурних пропорцій», оскільки хочемо досягти якнайпростішого (образного) представлення, кодування, перетворення та збереження того, що ми називаємо інформацією.

Отже, завдяки більшій кількості комбінаторних станів кільцевої структури порівняно з ланцюжковою, можна говорити про максимально досяжний (теоретичний) рівень довершеності систем з кільцевою структурою, що дає підстави зачислити її до вищого ступеня якості за оцінкою щодо мінімізації інформаційної надмірності.

Алгоритмічна надмірність функціонування системи визначається рівнем складності керування комбінаторними станами кільцевої структури. Йдеться про спрощення механізму логістичного (керованого) перетворення не лише інформаційних, але й енергетичних, матеріальних та інших потоків на кільцевій структурі за дискретно змінюваним співвідношенням «частина–ціле», що є, по суті, натуральною формою обміну інформацією, енергією та речовиною, що повсякчас відбуваються у природних систем. Слід відзначити, що керування системою з кільцевою структурою, що утворена за принципом оптимальних структурних відношень, зводиться до простого обрання в потрібному місці і в спряжені моменти часу відповідних пар елементів комутації на її контактній різноманітності, що зводить до мінімуму алгоритмічну надмірність функціонування системи, забезпечуючи високу позиційну точність, надійність та швидкодію. Відтворення інформації безпосередньо в натуральному вигляді з можливістю квантування простору, часу, енергії, маси тощо на основі гармонійного ряду співвідношень «частина–ціле» дає змогу підвищити планку вимог до сучасних інформаційних, зокрема й комп'ютерних технологій.

### Ідея оптимального поділу цілого на частини

Розглянемо  $n$ - послідовність цілих додатних чисел  $K_n = (k_1, k_2, \dots, k_n)$  як замкнений сам на себе ланцюжок чисел, тобто коли  $k_n$  знаходиться біля  $k_1$ , і назвемо її кільцевою послідовністю (рис. 1).

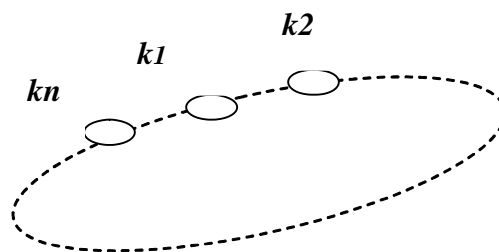


Рис. 1. Кільцева  $n$ - послідовність  $K_n = (k_1, k_2, \dots, k_n)$

Суми чисел, що впорядковані одне за одним у кільцевій послідовності, можуть утворюватися з будь-якої кількості цих чисел – від 1 до  $n-1$ , а початок і кінець відріку можна здійснювати на будь-якій ділянці  $n$ - послідовності. Кількість утворених таким способом числових наборів збігається з числом усіх можливих способів їх утворення і дорівнює  $n(n-1)$ . Цю кількість слід збільшити ще на один набір, що відповідає сумі усіх членів  $n$ - послідовності. Звідси випливає, що загальну кількість  $S_n$  наборів, утворених на кільцевій  $n$ - послідовності, можна обчислити за формулою:

$$S_n = n(n-1) + 1 \quad (4)$$

Якщо множина всіх  $S_n$  вищезгаданих наборів – сум вичерпує числа натурального ряду від 1 до  $S_n = n(n-1)+1$ , тобто кожне число трапляється рівно по одному ( $R=1$ ) разу, така конструкція називається "ідеальною кільцевою в'язанкою" (ІКВ) з параметрами  $n, S_n, 1$ .

Приклад ІКВ з параметрами  $n=4, S_n=13, R=1$ , де  $k_1=1, k_2=3, k_3=2, k_4=7$  ілюструє рис. 2.

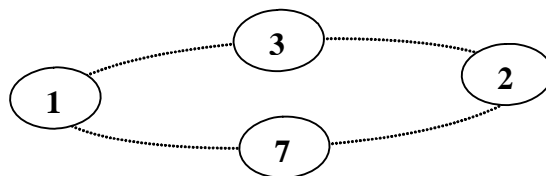


Рис. 2. ІКВ (1, 3, 2, 7) з параметрами  $n=4, S_n=13, R=1$

Легко перевірити, що для кільцевої послідовності (1, 3, 2, 7) множина всіх  $S_n=13$  впорядкованих наборів-сум містить числа від 1 до 13, де кожне число трапляється рівно по одному разу ( $R=1$ ):

$$\begin{array}{lll} 1=1 & 5=3+2 & 9=2+7 \\ 2=2 & 6=1+3+2 & 10=2+7+1 \\ 3=3 & 7=7 & 11=7+1+3 \\ 4=1+3 & 8=7+1 & 12=3+2+7 \\ 13=1+3+2+7 \end{array}$$

Якщо взяти до уваги можливість послідовного додавання чисел, здійснюючи більше одного повного оберту довкола ІКВ, тоді натуральний ряд чисел можна продовжувати далі:

$$\begin{array}{l} 14 = 1+3+2+7+1, \quad 15 = 2+7+1+3+2, \\ 16 = 3+2+7+1+3, \quad \text{і т.д.} \end{array}$$

Отже, унікальні комбінаційні властивості ІКВ відкривають перспективи для проектування пристроїв та засобів обчислювальної техніки, в структурі яких враховано унікальні геометричні властивості простору-часу щодо мінімізації надмірності системних рішень на основі ідеї оптимальних структурних пропорцій.

### Ансамблі досконалого розбиття багатовимірного простору

Виняткові властивості досконалого розбиття багатовимірного простору слід демонструвати у вигляді багаточленної пропорції однорідних компонент з циклічною структурою, утвореною на впорядкованій множині деяких цілочислових векторів, таких, що усі можливі впорядковані двомісні пропорції на такому розбитті вичерпують гармонічний ряд співвідношень частин цілого з кроком, що дорівнює одиничному вектору цього розбиття.

Назвемо кільцевою вектор-сумою суму будь-якої кількості (від 1 до  $n-1$ ) послідовно розміщених  $t$ -вимірних векторів кільцевої  $n$ -послідовності. Кільцева  $n$ -послідовність упорядкованих  $t$ -вимірних векторів, на якій множина кільцевих вектор-сум вичерпує множину значень усіх координат  $t$ -вимірної решітки фіксоване число разів, називається  $t$ -вимірною ідеальною кільцевою в'язанкою ( $t$ -ІКВ), а утворена цією послідовністю система циклічно впорядкованих векторів – досконалим  $t$ -вимірним «простороміром».

Прикладом двовимірного ( $t=2$ ) досконалого простороміра є циклічна послідовність векторів  $((0,1), (0,2), (1,1))$ , де модулем (довжиною циклу) першої складової є  $m_1=2$ , а другої  $m_2=3$ .

Обчисливши всі кільцеві вектор-суми циклічної послідовності векторів з урахуванням числових значень відповідних модулів, легко перевірити, що вони вичерпують множину координат клітинок двовимірної матриці  $2 \times 3$ .

Ансамбль досконалих просторомірів – це система досконалих багатовимірних кільцевих структур, утворених з відповідних досконалих одновимірних кільцевих конструкцій, подібних до вищезгаданої.

Досконалі  $t$ -простороміри – це абстрактні інформаційні моделі багатовимірних систем з оптимальним співвідношенням її складових досконало структуризованих у багатовимірному

просторі-часі як суміжних частин «цілого» за критерієм досягнення гармонійного розбиття на частини за критерієм мінімізації їхнього кількісного складу. В математичному сенсі такі конструкції являють собою системи циклічно впорядкованих векторів  $t$ - вимірного простору, на сукупності яких кільцеві вектор-суми вичерпують множину координат правильної  $t$ - вимірної ґратки фіксованим числом способів [2].

### Розвиток ідеї оптимальних структурних пропорцій на основі системних досліджень

Найбільший внесок у розвиток наукового пізнання законів гармонії природи зробила Піфагорійська Спілька, засновником якої був Піфагор (570 р.н. до н.е.). За Піфагором, «Математика є засіб пізнання природи, засіб пізнання світобудови». Серед конкретних здобутків його школи – розроблення теорії пропорцій, типізація натуральних чисел, розподіл їх на класи, формули підсумовування арифметичних прогресій, питання подільності чисел, музична теорія гармонійних інтервалів, геометризація математики. Основою своєї світоглядної позиції Піфагор визначив «число» і «пропорцію». За дивовижним збігом суть цієї позиції закодована у самому прізвищі засновника Спільки. Для того, щоб це побачити, розділимо коло літерами  $\Pi, I, \Phi, A, \Gamma, O, P$  на сім ( $S_n=7$ ) однакових частин (рис. 3).

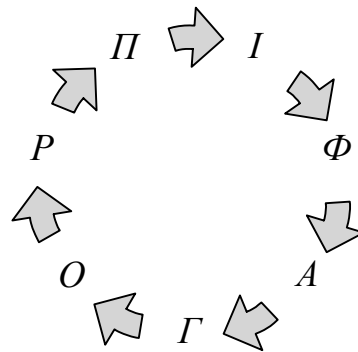


Рис. 3. Ілюстрація поділу кола літерами  $\Pi I \Phi A \Gamma O P$   
на сім однакових частин

Розглядаючи систему поділу кільця, утвореного літерами  $\Pi I \Phi A \Gamma O P$ , на сім однакових частин, можна побачити, що в ній закодовані два «ідейно довершені» гармонійні співвідношення «частина-ціле». Перше з них ілюструє поділ кола літерами  $\Pi I A$  на три частини з інтервалами між суміжними літерами на 1, 2 і 4 кроки відповідно, та літерами  $\Phi \Gamma O P$  – на чотири частини з інтервалами на 2, 1, 1 і 3 кроки. Отже, в літерах  $\Pi I A$  закодована ІКВ з параметрами  $n=3, S_n=7, R=1$ , де  $k_1=1, k_2=2, k_3=4$ , а в літерах  $\Phi \Gamma O P$  – ІКВ з параметрами  $n=4, S_n=7, R=2$ , де  $k_1=2, k_2=1, k_3=1, k_4=3$ . Отже, можливість оптимального поділу цілого на частини за критерієм мінімізації надмірності закладена в реальному просторі і є його невід’ємною властивістю.

Ядро сучасної наукової картини світу становить фундаментальна концепція сучасного природознавства – метод системного дослідження об’єктів і явищ, за яким вони розглядаються як цілісні утворення взаємопов’язаних частин [3]. В останні роки висувається багато проектів побудови загальної теорії систем. Зведення одних теорій до інших виражає тенденцію до встановлення єдності наукового знання, що дає змогу глибше проникнути в суть проблеми подолання надмірності систем. Австрійський вчений Л. фон Берталанфі сформулював проблематику загальної теорії систем як таку, що зводиться до пошуку моделей, принципів і законів стосовно узагальнених систем незалежно від їхнього часткового вигляду, елементів або складових «сил».

### Висновки

Новий підхід до розробки інформаційних технологій та систем управління з поліпшеними якісними показниками, що ґрунтується на використанні фундаментальних властивостей закону

«досконалих» симетрій гармонізованого простору-часу, відкриває широкі можливості для теоретичних та прикладних досліджень у галузі інформаційних технологій та комп'ютерної техніки. Ідея оптимальних структурних пропорцій є, по суті, новою інтерпретацією унікальних геометричних властивостей реального простору-часу, які відкривають широкі перспективи для розвитку фундаментальних та прикладних досліджень при створенні новітніх обчислювальних систем, мереж та апаратних засобів інформаційної техніки. Структурна досконалість одно- і багатовимірних ІКВ дає змогу знаходити нові практичні застосування не лише в галузі інформаційних технологій, але й в суспільних науках та навчально-освітній сфері на засадах законів гармонії «природи і виховання» [4].

1. *Енциклопедія кібернетики*. – К.: Головна редакція УРЕ, 1973. 2. *Riznyk V.V. Multi-dimensional Systems Based on Perfect Combinatorial Models, IEE, Multidimensional Systems: Problems and Solutions, 1998, pp. 5/1-5/4*. 3. *Семенюк Е.П., Мельник В.П. Філософія сучасної науки і техніки*. – Львів: Світ, 2006. – 152 с. 4. *Вейль Г. Симметрия*. – М.: Наука, 1968. – 192 с.

УДК 004.052; 004.413.5

**В. Яковина, М. Сенів, Я. Чабанюк, Д. Федасюк, У. Хімка**  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
кафедра програмного забезпечення,  
кафедра обчислювальної математики і програмування

## **КРИТЕРІЙ ДОСТАТНОСТІ ПРОЦЕСУ ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

© Яковина В., Сенів М., Чабанюк Я., Федасюк Д., Хімка У., 2010

**Побудовано нову математичну модель надійності програмного забезпечення з динамічним показником величини програмного проекту. Проведено порівняльний аналіз існуючих та розробленої моделей на реальних тестових прикладах. Здійснено формалізацію критерію достатності процесу тестування програмного забезпечення на основі запропонованої моделі.**

**Ключові слова:** модель надійності, динамічний показник величини програмного проекту, тестування програмного забезпечення.

**The new mathematical model for software reliability with dynamic index of software project size has been developed. The comparative analysis of existing and proposed models using real test examples has been carried out. The criterion of software testing process sufficiency has been formulated on the basis of developed model.**

**Keywords:** model for software reliability, dynamic index of software project size, software testing process.

### **Вступ**

Розвиток інформаційних технологій та комп'ютерної техніки та всебічне проникнення її в усі сфери життєдіяльності людини передбачає постановку нових задач для розробників програмного забезпечення. Програмні продукти стають дедалі складнішими, багатокomпонентними і вимагають спеціалізованого підходу.

За умови досягнення високої надійності сучасна техніка стає ефективною та конкурентоспроможною. Саме від показника надійності похідними будуть інші не менш важливі показники – якість, живучість, безпека, готовність.