УДК 681.3:519.15

В.В. Різник
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизованих систем управління

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОВИМІРНИХ КОМБІНАТОРНИХ СТРУКТУР ДЛЯ КОДУВАННЯ ВЕКТОРНИХ ДАНИХ

Показана можливість застосування нового класу комбінаторних конфігурацій – багатовимірних ідеальних кільцевих в’язанок (ІКВ) та їхній взаємозв’язок з теорією алгебричних структур полів Ґалуа з метою розроблення високопродуктивних систем кодування векторних даних та розширення сфери застосування комбінаторних методів оптимізації в сучасних інформаційних технологіях.

Ключові слова: ідеальні кільцеві в’язанки (ІКВ), теорія алгебричних структур полів Ґалуа, кодування векторних даних, комбінаторні методи оптимізації в сучасних інформаційних технологіях.

It is shown possibility for application a new class of combinatorial configurations, namely multidimensional “Ideal Ring Bundles” (IRB)s and their mutual connection with theory of algebraic structure in Galois fields for development high performance vector data coding, and enhancement the area of application the combinatorial methods of optimization into modern information technologies.

Key words: “Ideal Ring Bundles” (IRB)s, theory of algebraic structure in Galois fields, vector data coding, combinatorial methods of optimization into modern information technologies.

Вступ

Успішне розв’язання багатьох актуальних питань комп’ютерної інженерії та інформаційних технологій пов’язано з умілим використанням математичних моделей синтезу та оптимізації системних об’єктів, процесів, пристроїв перетворення інформації, що ґрунтуються на унікальних властивостях комбінаторних конфігурацій з нееквідистантною структурою, зокрема ідеальних кільцевих в’язанок (ІКВ) як зручних математичних моделей для проектування пристроїв інформаційної техніки з поліпшеними показниками за роздільною здатністю, надійністю, діапазоном роботи. Відомо, що між будовою ІКВ та алгебричною структурою деяких скінченних полів існує теоретичний зв'язок, з якого випливає багато положень щодо необхідних і достатніх умов існування взаємно відповідних комбінаторних конфігурацій. Це значною мірою допомагає виявляти нові теоретичні та прикладні можливості комбінаторних методів оптимізації систем, що визначає актуальність проблеми дослідження алгебричної структури полів Ґалуа за допомогою ідеальних кільцевих в’язанок. Стаття присвячена дослідженню взаємозв’язку, що існує між алгебричною структурою полів Ґалуа та будовою ІКВ.

Формулювання проблеми

Сьогодні існує багато проблем, пов’язаних з необхідними та достатніми умовами існування ІКВ, їх переліком, ізоморфними й неізоморфними перетвореннями тощо. Важливим питанням залишається швидка побудова ІКВ з тисячами і десятками тисяч елементів, а також синтез багатовимірних ІКВ. Згадані питання доцільно розв’язувати на основі існуючого зв’язку теорії ІКВ з властивостями скінченних полів. Одночасно існує проблема розв’язку оберненої задачі, а також встановлення можливості синтезу та класифікації останніх за допомогою ІКВ. Перший крок у напрямі подолання цієї проблеми полягає в дослідженні властивостей алгебричної структури полів Ґалуа встановленням певних критеріїв відповідності між структурами ІКВ та полів Ґалуа.

Мета дослідження

Мета роботи – встановити критерії відповідності між згаданими конфігураціями порівнянням комбінаторних властивостей структури ІКВ з алгебричною структурою полів Ґалуа, що дасть змогу виявляти нові теоретичні та прикладні можливості комбінаторних методів оптимізації інформаційних технологій, пристроїв і систем на основі ідеї “досконалих” комбінаторних конструкцій.

Дослідження алгебричної структури полів Ґалуа

Різноманітність алгебричних моделей монолітного коду за існуючої многоподібності їх інтерпретацій через циклічні блок-схеми, різницеві множини, скінченні афінні та проективні площини, матриці Адамара [1] та інші комбінаторні об’єкти вимагають розроблення єдиного підходу до методів синтезу згаданих числових моделей. Один із таких підходів ґрунтується на використанні для побудови ІКВ властивостей полів Ґалуа та геометрій над ними. Нагадаємо про деякі властивості полів Ґалуа [2].

Для усякого степеня простого числа p і будь-якого $n \geq 1$ існує єдине з точністю до ізоморфізму скінченне поле $GF(p^n)$, тобто поле зі скінченною кількістю елементів, де GF означає Galois Field.

Поле $GF(p^n)$ можна зобразити як множину усіх класів лишків за модулем довільного полінома $f(x)$ степеня n незвідного над полем $GF(p)$. Поліном $f(x)$ степеня $n \geq 1$ з коефіцієнтами із поля $GF(p)$ є незвідним над полем $GF(p)$, якщо його не можна записати у вигляді $f(x) = A(x) \cdot B(x)$, де $A(x)$ і $B(x)$ поліноми над $GF(p)$.

У полі $GF(q^s)$ усі його $q^s - 1$ ненульові елементи різні та утворюють циклічну групу за операцією множення.

Відомо, що первісний елемент x поля $GF(q^s)$ має максимально можливий період $q^s - 1$ елементів цього поля, а степені x^{κ} (κ =0, 1,..., $p^s - 2$) перебігають усі ненульові елементи $GF(q^s)$ [1]. Оскільки $x^{p^s - 1} \equiv 1$, то $x^{p^s} = x$, $x^{p^s + 1} \equiv x^2$ тощо. Отже, мультиплікативна група (група за операцією множення) поля $GF(q^s)$ є циклічною.

Автоморфізми поля $GF(q^s)$ утворюють циклічну групу порядку s, яка породжується автоморфізмом $a : x \rightarrow x^p$ для будь-якого $x \in GF(q^s)$.

Підполя поля $GF(p^n)$ – це поля $GF(p^m)$, де m ділить n. Для будь-якого n поле $GF(p^n)$ має єдине підполе $GF(p^m)$, що складається з елементів поля $GF(p^n)$, які задовольняють рівняння $z^{p^m} = z$. Первісний елемент x поля $GF(p^n)$ задовольняє рівняння $g(x) = 0$, де $g(x)$ – незвідний над $GF(p^m)$ поліном степеня n/m.

Наприклад, поле $GF(5^2)$ можна подати класами лишків за модулем $f(x)$, де $f(x)$ – незвідний над $GF(5^2)$ поліном степеня 2. Такими незвідними поліномами є $f_1 = x^2 - 2$ та $f_2 = x^2 + x + 1$. Тому утворюються два ізоморфні поля F_1 та F_2 з 25 елементами.

Поліном $f(x) = x^6 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$ незвідний над $GF(2)$. Отже, лишки $A(x) \pmod{f(x)}$ утворюють поле $GF(2^6)$ з 64 елементами. Первісним елементом у цьому полі є елемент x, а його степені дають ненульові елементи поля $GF(2^6)$: $1, x, x^2, ..., x^{62}$. Підполе $GF(2)$ поля $GF(2^6)$ містить елементи 0, 1; $GF(2^2)$ – елементами $0, 1, x^{21}, x^{42}$ що задовольняють рівняння $z^4 = z$; $GF(2^3)$ – елементами $0, 1, x^9, x^{18}, x^{27}, x^{36}, x^{45}, x^{54}$, де $z^8 = z$. Автоморфізми поля $GF(2^6)$ утворюють циклічну групу порядку 6, яка породжується автоморфізмом a: $z \to z^2 = (z)a$ для будь-якого $z \in GF(2^6)$.

Простір усіх векторів $(a_0, a_1, ..., a_s)$, $a_i \in F$, де F – довільне поле є проективною геометрією $PG(s, F)$ розмірності s над полем F, а підпростір розмірності $s-1$ називається гіперплощиною.

У полі $GF(q), q = p^r$ існує q^{s+1} векторів $(x_0, ..., x_s)$, $x_i \in GF(q)$ таких, що кожен з $q^{s+1}-1$ ненульових векторів визначає одну з $\left(q^{s+1}-1\right)/\left(q-1\right)$ різних точок, і така сама кількість гіперплощин, причому кожна гіперплощина має $\left(q^s-1\right)/\left(q-1\right)$ різних точок, а утворений на спільних для двох різних гіперплощин підпростір розмірності $n-2$ містить $\left(q^{s-1}-1\right)/\left(q-1\right)$ точок.

(Теорема Зінґера) Гіперплощини геометрії $PG(s,q), q = p^r$, які розглядаються як блоки, і точки як елементи, утворюють симетричну блок-схему з параметрами [1]:

$$v = \frac{q^{s+1}-1}{q-1}, \qquad k = \frac{q^s-1}{q-1}, \qquad l = \frac{q^{s-1}-1}{q-1}. \tag{1}$$

Ця схема є циклічною, а точки у будь-якій гіперплощині визначають (v, k, l) – різницеву множину [2].

Для побудови ІКВ з параметрами $S_n = v$, $n=k$, $R=l$, де S_n – сума елементів ідеальної кільцевої в'язанки, n – кількість елементів, R – кількість кільцевих сум з однаковими числовими сумами, необхідно знайти деякий незвідний над полем $GF(p^s)$ поліном, визначити первісний елемент x цього поля з максимально можливим періодом згаданого елемента та обчислити степені $x^0, x^1, …, x^z$, $(z=q^{s-2})$, які повинні "пробігати" усі значення ненульових елементів $GF(p^s)$. Далі слід дослідити побудовану алгебричну структуру з метою визначення числових значень елементів ІКВ. Важливо дослідити можливості побудови різних варіантів (інваріантів) розподілу числових значень елементів ІКВ з однаковими параметрами, що ускладнюється із-за необхідності урахування різних полів, для яких різні поліноми відповідають ІКВ з однаковими параметрами. Наприклад, первісні поліноми $f_1(x)=x^2-2$ і $f_2(x)=x^2+x+1$ відповідають одному з варіантів ІКВ із фіксованими параметрами, тоді як для решти варіантів доводиться підбирати інші поліноми. Проблема ускладнюється ще й наявністю численних сімей ІКВ, варіанти яких не вдається "розмножувати" методами алгебричних перетворень.

Для дослідження комбінаторних властивостей розширених полів Ґалуа за допомогою ІКВ доцільно використати графічні відображення останніх.

Алгоритм побудови графічних моделей полягає у такому:

1) за параметрами ІКВ знайти первісний незвідний над полем Ґалуа поліном відповідного степеня;

2) визначити первісний поліном розширеного поля і обчислити усі ненульові елементи цього поля;

3) побудувати граф, вершинами якого є елементи $x^0, x^1, …, x^z$, $(z=q^{s-2})$;

4) на побудованому графі обрати вершини, яким відповідають однакові значення коефіцієнтів за будь-якого з фіксованих степенів;

5) сполучивши усі сусідні пари вершин ребрами, отримати графічне відображення ІКВ у вигляді многокутника.

Наприклад, для ІКВ з параметрами $S_n = \left(q^{s+1}-1\right)/\left(q-1\right) = 21$, $n = \left(q^s-1\right)/\left(q-1\right) = 5$, $R = \left(q^{s-1}-1\right)/\left(q-1\right) = 1$, де $q = 2^2$, $s = 2$, $GF(q^{s+1}) = GF(2^6)$, поле $GF(2^2)$ 0, 1, c, c+1, де c^2+c+1=0, можна розглядати як розширення поля $GF(2)$. Первісний елемент x поля $GF(2^6)$ задовольняє рівняння $f(x) = x^3 + cx^2 + cx + c = 0$, де $f(x)$ – незвідний поліном над полем $GF(2^2)$ [3]. Позначивши для зручності обчислень $c + 1 = d$, легко знайти усі елементи цього поля (табл.1).

Таблиця 1

Елементи поля $GF(2^6)$, утворені незвідним поліномом $f(x) = x^3 + cx^2 + cx + c = 0$

$x = x;$ $x^2 = x^2$ $x^3 = c + cx + cx^2$ $x^4 = d + x + x^2$ $x^5 = c + x + dx^2$ $x^6 = 1 + d$ $x^7 = x + dx^2$ $x^8 = 1 + x$ $x^9 = x + x^2$ $x^{10} = c + cx + dx^2$	$x^{11} = 1 + (c+1)x + dx^2$ $x^{12} = 1 + cx^2$ $x^{13} = c + 1 + cx + dx^2$ $x^{14} = 1 + cx + dx^2$ $x^{15} = 1 + dx^2$ $x^{16} = 1 + x^2$ $x^{17} = c + dx + cx^2$ $x^{18} = d + x$ $x^{19} = dx + x^2;$ $x^{20} = c + cx + x^2;$ $x^{21} = c.$

На кільцевому нуль-графі, вершинами якого є елементи $x^1, x^2, x^3, ..., x^{21}$, легко знайти вершини, яким відповідають нульові значення коефіцієнтів за фіксованого значення степеня x^i у правій частині рівнянь. Для i = 0 цим вершинам відповідає набір елементів $x^1, x^2, x^7, x^9, x^{19}$, що утворюють п'ятикутник (n=5) на нуль-графі з S_n=21 вершинами (рис. 1).

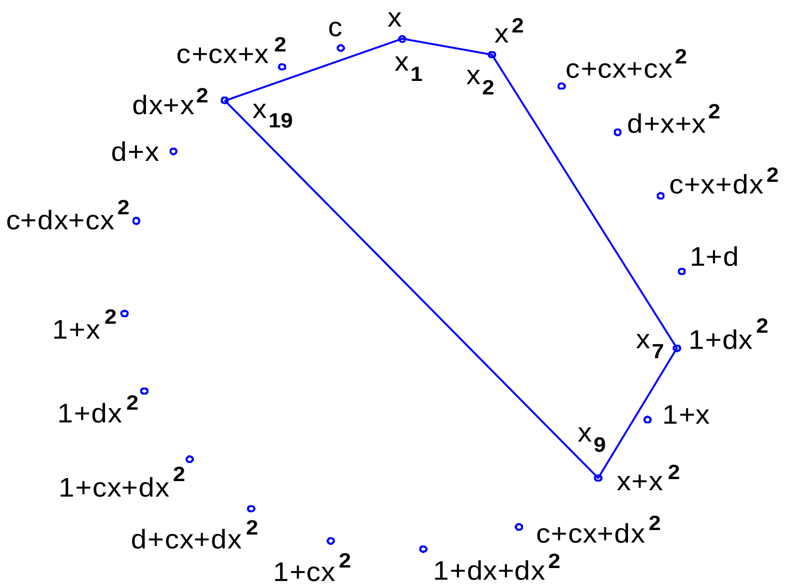

Рис. 1. Графічне відображення ІКВ (1,3,10,2,5) з параметрами S_n = 21, n = 5, R = 1 в полі $GF(2^6)$

Розглянемо відображення ІКВ з параметрами $n = 4, R = 1, S_n = 13$. У цьому випадку первісний елемент x поля $GF(3^2)$ задовольняє рівняння $f(x) = x^3 - x - 1$, де $f(x)$ – незвідний поліном над полем $GF(3^2)$, $p = 3$, $s = 2$. Елементи цього поля зведені в табл. 2.

Таблиця 2

Елементи поля $GF(3^2)$, утворені за незвідним поліномом $f(x) = x^3 - x - 1$

$x^1 = x$	$x^8 = 2x^2 + 2$
$x^2 = x^2$	$x^9 = x + 2$
$x^3 = x + 1$	$x^{10} = x^2 + 2x$
$x^4 = x^2 + x$	$x^{11} = 2x^2 + x + 1$
$x^5 = x^2 + x + 1$	$x^{12} = x^2 + 2$
$x^6 = x^2 + 2x + 1$	$x^{13} = 1$
$x^7 = 2x^2 + 2x + 1$	

На кільцевому нуль-графі (рис. 2) вершинам x^1, x^3, x^9, x^{13} відповідають однакові нульові коефіцієнти за степенів x^2, а вписаний в цей граф чотирикутник відображає ІКВ з параметрами S_n=13, n=4, R=1 в полі $GF(3^2)$.

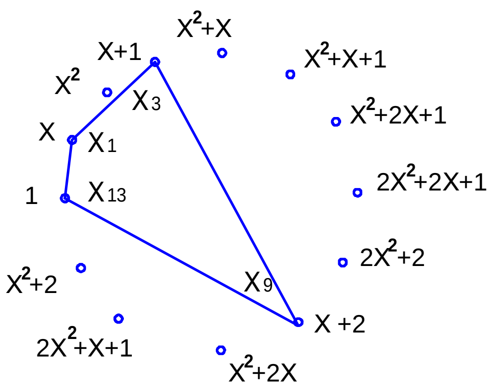

Рис. 2. Графічне відображення ІКВ з параметрами S_n =13, n = 4, R = 1, утворена незвідним поліномом $f(x) = x^3 - x - 1$

На рис. 2 можна бачити ІКВ у вигляді чотирикутника (n=4), сусідні вершини якого рознесені між собою на відстані, що утворюють послідовність (1,2,6,4).

Для незвідного полінома $f(x) = x^3 - x - 2$ таблиця елементів поля $GF(3^2)$ набуває такого вигляду (табл. 3).

Таблиця 3

Елементи поля $GF(3^2)$, утворені за незвідним поліномом $f(x) = x^3 - x - 2$

$x = x$	$x^8 = 2x^2 + 2$
$x^2 = x^2$	$x^9 = x + 1$
$x^3 = x + 2$	$x^{10} = x^2 + x$
$x^4 = x^2 + 2x$	$x^{11} = x^2 + x + 2$
$x^5 = 2x^2 + x + 2$	$x^{12} = x^2 + 2$
$x^6 = x^2 + x + 1$	$x^{13} = 2$
$x^7 = x^2 + 2x + 2$	

Кільцевий граф для цього випадку зображено на рис. 3.

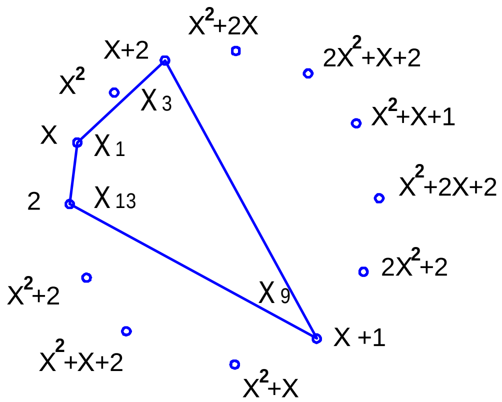

Рис. 3. Графічне відображення ІКВ з параметрами S_n=13, n=4, R=1, що утворена незвідним поліномом $f(x) = x^3 - x - 2$

На рис. 3 бачимо ІКВ у вигляді чотирикутника (*n*=4), сусідні вершини якого рознесені між собою на відстані, що утворюють послідовність (1,2,6,4).

Для незвідного полінома $f(x) = x^3 - x^2 - 2x - 2$ рівняння для $x, x^2, \ldots, x^{13}$ рівняння будуть такими (табл. 4)

Таблиця 4

Елементи поля $GF(3^2)$**, утворені за незвідним поліномом** $f(x) = x^3 - x^2 - 2x - 2$

$x = x$	$x^8 = x^2 + x + 1$
$x^2 = x^2$	$x^9 = 2x^2 + 2$
$x^3 = x^2 + 2x + 2$	$x^{10} = 2x^2 + 1$
$x^4 = x + 2$	$x^{11} = 2x^2 + 2x + 1$
$x^5 = x^2 + 2x$	$x^{12} = x^2 + 2x + 1$
$x^6 = 2x + 2$	$x^{13} = 2$
$x^7 = 2x^2 + 2x$	

Вибравши на графі (рис. 4) вершини x^i $(i = 1, \ldots, n)$, значенням яких відповідають однакові нульові коефіцієнти за будь-якого з фіксованих степенів x^2, легко встановити, що цими вершинами будуть x, x^4, x^6, x^{13}. На рис. 4 бачимо ІКВ у вигляді чотирикутника (*n*=4), сусідні вершини якого рознесені між собою на відстані, що утворюють послідовність (1,3,2,7).

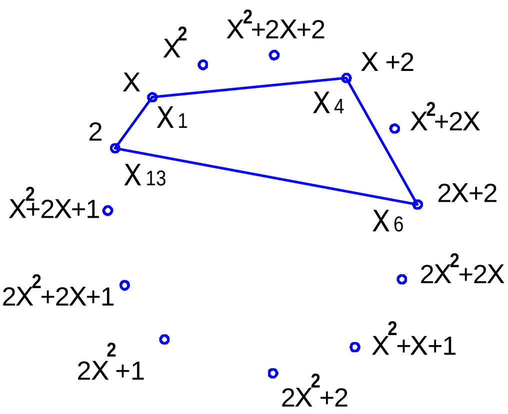

Рис. 4. Графічне відображення ІКВ з параметрами S_n =13, n = 4, R = 1, що утворена незвідним поліномом $f(x) = x^3 - x^2 - 2x - 2$

З вищенаведених прикладів випливає, що різні первісні поліноми в одному і тому самому полі можуть відображати як конгруентні, так й неконгруентні ІКВ з фіксованими параметрами.

Багатовимірні комбінаторні структури

Встановимо теоретичний зв'язок багатовимірних ІКВ-кодів зі стандартними комбінаторними структурами [4] та формування кодових комбінацій на основі багатовимірних ідеальних кільцевих в’язанок для побудови тривимірних систем кодування. Елементами такої системи є послідовність упорядкованих числових 2-кортежів ((k_{11}, k_{21}, k_{31}), (k_{12}, k_{22}, k_{32}),..., (k_{1i}, k_{2i}, k_{3i}),..., (k_{1n}, k_{2n}, k_{3n})) з кільцевою топологією. Йдеться про систему кодування двовимірних векторів, графічно-числова модель якої має вигляд петлі (рис. 5). На цьому рисунку можна побачити систему базових n кодових 3-кортежів.

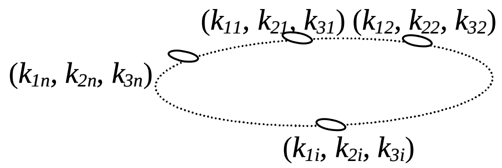

Рис. 5. Графічно-числова модель системи кодування тривимірних векторів

Поставимо задачу обрання цілочислових значень n–послідовності впорядкованих 3-кортежів, враховуючи такі вимоги:

1) усі 3-кортежі не повинні повторюватися;
2) усі 3D вектор-суми поряд з розміщеними 3-кортежами не повинні повторюватися;
3) множина усіх обраних 3-кортежів разом з усіма 3D вектор-суми поруч розміщених 3-кортежів повинні заповнити координати тривимірної матриці.

Під 3D вектор-сумою розуміють результат арифметичного додавання чисел, обраних від кожного з n 3-кортежів з однойменними порядковими номерами, причому додавання здійснюють за відповідними модулями.

Нехай (k_{11}, k_{21}, k_{31}) = (0,1,0), (k_{12}, k_{22}, k_{32}) = (0,2,3), (k_{13}, k_{23}, k_{33}) = (1,1,2), (k_{14}, k_{24}, k_{34}) = (0,2,2), (k_{15}, k_{25}, k_{35}) = (1,0,3), (k_{16}, k_{26}, k_{36}) = (1,1,1). Модель системи 3D кодування 6-го порядку (n=6) з кільцевою структурою набуває такого вигляду: ((0,1,0),(0,2,3),(1,1,2),(0,2,2),(1,0,3),(1,1,1)).

Розглянемо один з варіантів системи кодування, яка ґрунтується на кільцевій послідовності векторів ((0,1,0),(0,2,3),(1,1,2),(0,2,2),(1,0,3),(1,1,1)), де одна з координат 3D-вектора набуває значень цілих чисел {0,1}, друга – {0,1,2}, третя – {0,1,2,3,4}. В обчисленнях слід враховувати значення модулів $m_1 = 2$, $m_2 = 3$, $m_2 = 5$:

(0, 0, 0) ≡ (0,1,0) + (0,2,3) + (1,1,2) + (0,2,2) +(1,0,3),
(0, 0, 1) ≡ (0,2,2) + (1,0,3) + (1,1,1),
(0, 0, 2) ≡ (1,1,2) + (0,2,2) + (1,0,3),
(0, 0, 3) ≡ (0,1,0) + (0,2,3),
(0, 0, 4) ≡ (0,2,2) + (1,0,3) + (1,1,1) + (0,1,0) + (0,2,3),
(0, 1, 0) ≡ (0,1,0),
(0, 1, 1) ≡ (0,2,2) + (1,0,3) + (1,1,1) + (0,1,0),
(0, 1, 2) ≡ (1,0,3) + (1,1,1) + (0,1,0) + (0,2,3),
(0, 1, 3) ≡ (1,1,1) + (0,1,0) + (0,2,3) + (1,1,2) + (0,2,2),
(0, 1, 4) ≡ (0,1,3) + (1,1,1),
(0, 2, 0) ≡ (0,2,3) + (1,1,2) + (0,2,2) + (1,0,3),
(0, 2, 1) ≡ (1,1,1) + (0,1,0) + (0,2,3) + (1,1,2),
(0, 2, 2) ≡ (0, 2, 2), і т.д.
…………………….…………………………………….

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 фіксовану кількість разів, називатимемо *t*-вимірною ідеальною кільцевою в'язанкою (*t*-ІКВ), а утворену цією послідовністю систему циклічно впорядкованих векторів – досконалим *t*-вимірним "просторoміром".

Результати теоретичних та експериментальних досліджень показують, що існує скільки завгодно багатовимірних досконалих циклічних співвідношень. Можна впевнено говорити про існування ансамблів таких співвідношень, кількість яких тим більша, чим більше елементів вони обіймають. За емпіричною оцінкою зростання кількості елементів в досконалих циклічних співвідношеннях на один порядок супроводжується збільшенням їх загальної кількості приблизно на три порядки, а з урахуванням усіх можливих варіантів багатовимірних моделей та їхніх симетричних перетворень – ця кількість навіть не піддається обчисленню. Згаданий закон є одним з фундаментальних законів фізичної природи світобудови, який не підвладний часу, оскільки в ньому відображені "споконвічна" досконалість та гармонія реального світу.

Перспективи розроблення високопродуктивних систем кодування векторних даних

Прикладом вдалого використання багатовимірних досконалих циклічних співвідношень в інформаційних та комунікаційних системах є створення нового класу кодів, названих "монолітними кодами" [4]. Для монолітного коду (МК) вводиться обмеження щодо розміщення "одиниць" і "нулів", за яким усі однойменні символи знаходяться поряд один з одним (за винятком меж, що розділяють "одиниці" і "нулі"). МК набуває багатьох істотних переваг за такими показниками, як швидкість формування комбінацій, завадостійкість, простота апаратної реалізації, простота перетворення форми коду в інший код тощо. Забезпечення максимальної потужності МК досягається завдяки відповідному розподілу вагових розрядів, здійснюваного аналогічно до правил розміщення позначок на шкалі ідеального кутоміра. За таких умов МК вичерпує множину способів формування комбінацій, що одночасно зі збільшенням його потужності зводить до мінімуму інформаційну надлишковість. Під монолітним розуміють код, комбінації якого побудовані виключно на послідовностях інформаційних "одиниць", тому поява між ними хоча б одного "нуля" миттєво вказує на появу помилки, не потребуючи жодних додаткових дій (контрольних перевірок), і отже, забезпечує надвисоку швидкодію щодо виявлення і виправлення помилок, збільшуючи при цьому інформаційну надійність.

Систему кодування 3D-векторів на основі ОСП ((0,1,0), (0,2,3), (1,1,2), (0,2,2), (1,0,3), (1,1,1)) наведено в табл. 5, з якої випливає, що кільцева послідовність ((0,1,0),(0,2,3),(1,1,2),(0,2,2),(1,0,3),(1,1,1)) утворює кодову матрицю з розмірами $2 \times 3 \times 5$, який містить усі кільцеві вектор-суми, числові значення яких вичерпують значення її координат. Описана система кодування 3D-векторів є монолітним кодом.

Дослідження, пов'язані з проблемою існування, переліку та синтезу дво- та багатовимірних систем перетворення форми сигналів в монолітний код, дають підстави для створення новітніх апаратно-програмних засобів та систем з розширеними функціональними можливостями, що ґрунтуються на векторних інформаційних технологіях, проектування ефективних систем перетворення форми інформації, розроблення спеціалізованих процесорів на багатовимірній комп'ютерній арифметиці.

Природним напрямом продовження досліджень є використання багатовимірних (векторних) монолітних кодів для створення інформаційних технологій і комп'ютерних систем на основі багатовимірної арифметики. Актуальним завданням є створення програмних засобів для синтезу оптимізованих багатовекторних монолітних кодів великої потужності, що дасть змогу в перспективі створювати високопродуктивні багатовекторні інформаційні технології на основі векторної арифметики.

Таблиця 5

Система “монолітного” кодування 3D-векторів на кільцевій послідовності ((0,1,0), (0,2,3), (1,1,2), (0,2,2), (1,0,3), (1,1,1))

Вектор	Кодова комбінація					
(0,0,0)	1	1	1	1	1	0
(0,0,1)	0	0	0	1	1	1
(0,0,2)	0	0	1	1	1	0
(0,0,3)	1	1	0	0	0	0
(0,0,4)	1	1	0	1	1	1
(0,1,0)	1	0	0	0	0	0
(0,1,1)	1	1	0	0	1	1
(0,1,2)	0	0	1	1	1	1
(0,1,3)	1	1	1	1	0	1
(0,1,4)	0	0	0	0	1	1
(0,2,0)	0	1	1	1	1	0
(0,2,1)	1	1	1	0	0	1
(0,2,2)	0	0	0	1	0	0
(0,2,3)	0	1	0	0	0	0
(0,2,4)	1	0	0	0	1	1
(1,0,0)	0	1	1	0	0	0
(1,0,1)	0	1	1	1	1	1
(1,0,2)	1	1	1	1	0	0
(1,0,3)	0	0	0	0	1	0
(1,0,4)	0	0	1	1	0	0
(1,1,0)	1	1	1	0	0	0
(1,1,1)	0	0	0	0	0	1
(1,1,2)	0	0	1	0	0	0
(1,1,3)	0	0	1	1	1	1
(1,1,4)	1	1	0	0	0	1
(1,2,0)	0	0	0	1	1	0
(1,2,1)	1	0	0	0	0	1
(1,2,2)	0	1	1	1	0	0
(1,2,3)	1	0	1	1	1	1
(1,2,4)	1	1	1	0	1	1

Отримані результати передбачають розширення сфери досліджень в тих галузях науки і техніки, де впроваджуються загальносистемні принципи оптимізації, що ґрунтуються на використанні теорії комбінаторних конфігурацій: математиці (векторна алгебра, теорія груп) [2], обчислювальній техніці [4], криптографії, інформаційно-вимірювальній техніці [5], комп’ютерних технологіях, радіофізиці та акустиці [6], системах зв’язку [3]та інших технічних галузях.

Наявність численних варіантів багатовимірних ІКВ свідчить про невичерпну різноманітність існуючих форм предвічної гармонії світобудови.

Висновки

Ідея дослідження алгебричної структури полів Ґалуа полягає у можливості відображення полів та породжуваних ними відповідних поліномів, графічними образами ІКВ у вигляді многокутників, що дає змогу досліджувати незвідні поліноми за допомогою ІКВ, використовуючи взаємозв’язок між агебричною теорією чисел і теорією полів Ґалуа, з одного боку, та теорією ІКВ, – з іншого. Взаємні інтерпретації полів Ґалуа та ІКВ відкривають можливості для подальшого вдосконалення методів синтезу, переліку та класифікації полів, й одержання нових результатів в теорії чисел. Дослідження дають можливість розширити уяву про теоретичні зв'язки між ідеальними кільцевими в′язанками та розширеними полями Ґалуа. Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати про можливість створення новітніх пристроїв та систем, які ґрунтуються на векторних інформаційних технологіях, й розроблення спеціалізованих процесорів на багатовимірній комп'ютерній арифметиці.

Існування великої кількості досконалих циклічних співвідношень є свідченням первісної досконалості реального простору-часу, ще одним підтвердженням наявності єдності та вічності гармонії Всесвіту.

1. Singer J., A theoremin finite projective geometry and some applications to number theory // Trans. Amer. Math. Soc. – 1938. – № 43. – P.377–385. 2. Холл М. Комбинаторика. – М., "Мир", 1970. 3. Свердлик М. Б. Оптимальные дискретные сигналы. – М., 1975. 4. Різник В. В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. – Львів: Вища шк., 1989. – 168 с. 5. Бандирська О. В. Досконалі системи мір як свідчення предвічної гармонії Всесвіту // Світоглядні читання до 200-річчя Ч. Дарвіна: зб. наук. праць. – К.: Четверта хвиля, 2010. – С.49–53. 6. Riznyk V. Application of the Gold Ring Bundles for innovative non-redundant radar or sonar systems // European Physical Journal (EPJ-SP), v.154, Febryary, 2008. – Pp.183–186.

УДК 004.942

І.В. Рішняк
Національний університет "Львівська політехніка"

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ІТ-ПРОЕКТІВ

Розглянуто структуру інтелектуальної інформаційної системи прийняття рішень для управління проектними ризиками ІТ-проекту.
Ключові слова: ІТ-проект, управління ризиками, мультипроектне середовище.

The structure of the Intelligent Decision Support Systems for risks management of an IT-project is considered in the article
Key words: IT-project, risk management, multi-project environment.

Постановка проблеми та її зв'язок з практичними завданнями

Зростання масштабів і складності діяльності організацій зумовлює підвищення вимог до якості управлінської діяльності. Основу будь-якої управлінської діяльності становлять рішення, що приймаються органами управління одноосібно чи колегіально, і які скеровані на досягнення певної мети, що стоїть перед організацією. Відсутність, недостатність чи неточність необхідної інформації зумовлюють причини для виникнення ризикових ситуацій, в умовах яких приймаються управлінські рішення.

У цих складних умовах організації, які займаються розробленням, впровадженням та супроводженням програмного забезпечення, велику увагу приділяють питанням формування інформаційної та аналітичної бази для прийняття управлінських рішень на усіх організаційних рівнях. Збільшення обсягу інформації, яка надходить в органи управління та безпосередньо керівникові, складність виконуваних завдань, необхідність врахування великої кількості взаємнопов'язаних факторів, швидка зміна оточуючого середовища – усе це вимагає використання спеціальних комп'ютерних систем – систем підтримки прийняття рішень (СППР).