

АЛГОРИТМ ОБЧИСЛЕННЯ ОСНОВНИХ ВИДІВ ДСП НА БАЗІ ЦИКЛІЧНИХ ЗГОРТОК

© Процько І.О., 2012

Розглянуто підхід ефективного обчислення основних чотирьох видів дискретного синусного перетворення (ДСП) на базі циклічних згорток. Параметри твірної масиви базисної квадратної матриці використано для синтезу алгоритму.

Ключові слова: дискретні синусні перетворення, твірний масив, синтез алгоритму, циклічна згортка.

The general method of efficient computation four types discrete sine transform using of circular convolutions is considered. The parameters of hash array the basis square matrix for algorithm synthesis are used.

Key words: discrete sine transforms, hash array, algorithm synthesis, cyclic convolution.

Вступ

З розвитком обчислювальної техніки паралельно поширилось застосування швидкого обчислення дискретних перетворень класу Фур'є (ДПФ). У багатьох дослідженнях по ШПФ (швидких перетвореннях Фур'є) підкреслювалась перспективність подальшого застосування тільки дійсних обчислень. У 1974 р. в роботі [1] запропоновано дискретне косинусне перетворення (ДКП), а в 1976 р. у роботі [2] – дискретні синусні перетворення (ДСП), дійсний базис яких відтворює функціональні в просторі або часі залежності аналогічно до ДПФ. Косинусні і синусні дискретні перетворення та перетворення Фур'є взаємозв'язані строгими математичними співвідношеннями, що дозволяє знайти ефективний спосіб обчислення одного перетворення через друге [3]. ДСП знайшло своє широке застосування з деяких причин. По-перше, базисні функції ДСП добре апроксимують функції перетворення Карунена-Лоєва для широкого класу стаціонарних випадкових процесів, тобто дозволяють описувати сигнал з заданою точністю з мінімальним числом компонент. По-друге, ДСП містить ряд особливих властивостей і завдяки тому дає хороші результати під час опрацювання слабкокорельованих сигналів перетворення, що приводить до врахування істотної енергії сигналу. ДСП використовують в багатьох прикладних задачах, особливо в обробленні цифрових сигналів аудіо та відео [4].

Подальший інтенсивний розвиток інформаційних технологій висуває вищі вимоги з швидкодії, функціональних й специфічних можливостей алгоритмічних та програмно-апаратних засобів дійсних дискретних перетворень.

Аналіз літературних джерел

Більше трьох десятиліть досліджувалось ефективно обчислення одно- та двовимірних ДСП, що називали швидкими синусними перетвореннями (ШСП). Отримано значну кількість публікацій, присвячених ефективному обчисленню ДСП [5]. Багатоваріантність ефективних обчислень розділяють на алгоритми з основою два, розчепленою основою, змішаною основою, непарного обсягу, складеного обсягу і алгоритм простих множників.

Для синтезу ефективних алгоритмів ДСП використовують підходи:

- 1) прямої факторизації матриці ДСП;
- 2) непрямого обчислення через швидке перетворення Фур'є або через дискретне перетворення Харті;
- 3) алгоритми, що базуються на теорії складності.

Для одержання швидкого алгоритму застосовують узагальнені підходи на основі поліноміальних перетворень. Показано, що чотири види ДСП мають групову симетрію (тобто властивості, що належать до теорії груп та їх представлень) і для кожного з них швидкий алгоритм виводиться суто алгебраїчно [6]. Пропонуються нові напрямки ефективного обчислення ДСП, що втілюються у вигляді конкретних алгоритмів.

Роботи з дослідження швидких ДСП узагальнюються та систематизуються і завершальним кроком в цьому напрямі є теорія створення швидких алгоритмів [7].

Постановка проблеми

Обчислення ДСП та ІДСП (прямого та інверсного) являються однією з найбільш ємких і тривалих процедур в інформаційних технологіях, наприклад під час аналізу і опрацювання кадрів зображень. Тобто, ця процедура в найбільшому ступені потребує вдосконалень, що дозволять пришвидшити роботу програмного та апаратного забезпечення.

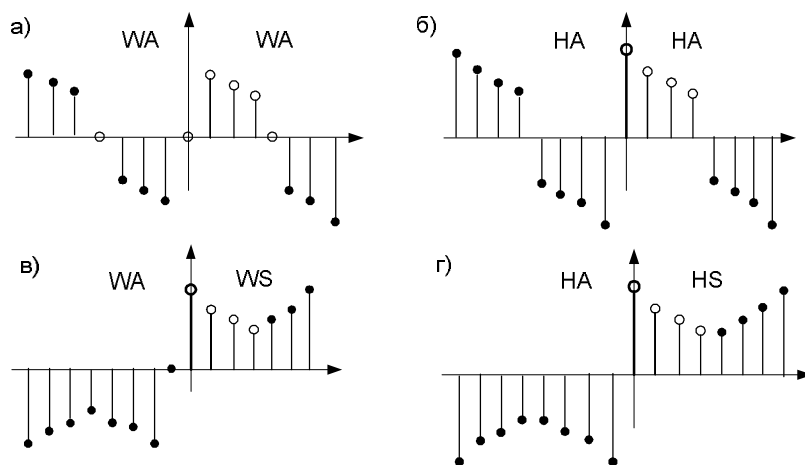
Одним з напрямків ефективних алгоритмів є можливість обчислення ДСП через циклічні згортки. Цей напрям ефективного обчислення використовує наявність алгоритмів швидкої згортки [8]. Особливо багато публікацій, пов'язаних з обчисленням поширеного в застосуваннях ДСП через циклічні згортки, з'явилося з початку 90-х років ХХ ст.[9–11].

Більшість досліджень використовують перехід від обчислення дискретного перетворення до циклічних згорток, застосовуючи переіндексацію для простого обсягу за Рейдером [8] або розклад складеного обсягу перетворення на прості множники за Агарвалом і Кулі [8], або комбінуючи ці підходи. У роботі [12] розглянуто приведення дискретних перетворень класу Фур'є до циклічних структур. Використання способу обчислення на основі згорток має свої особливості для визначення ДСП різних видів, що проаналізовані в цій роботі.

Види ДСП

Дискретне синусне перетворення відображає вхідні дані в лінійну комбінацію зважених базисних функцій. Існує 8 видів дискретного синусного перетворення, що розглянуті в роботі [13]. Ці перетворення є подальшим вдосконаленням ДПФ для дійсних вхідних даних. Відповідно до теорії ДПФ для синусних перетворень з базисом від 0 до π необхідно продовжити вхідну послідовність двічі. Вісь симетрії дискретних вибірок може бути на вибірці (парна кількість) або між двома вибірками, що відповідає зсуву на половину інтервалу дискретизації. Це дає різні варіанти перетворення відповідно до крайових умов дійсних вхідних даних.

Продовження дійсних вхідних даних можна розширювати (рис. 1): на вибірку симетрично (WS), на вибірку асиметрично (WA), на піввибірку симетрично (HS), на піввибірку асиметрично (HA).



Варіанти розширення вхідної послідовності, що відповідає чотири видам ДСП I-IV

Існує тільки дві осі симетрії для обмеженої послідовності i , відповідно, можливий такий набір варіантів ε -видів розширення, що відповідає 8 видам ДСП (табл. 1)

Набір варіантів ε -видів розширення

ε	WAWA	HAHA	WAWS	HAHS	WAHA	HAWA	WAHS	HAWS
ДСП	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII

Взаємозв'язок прямих та зворотних (транспонованих) обчислень ДСП в загальному можна подати у вигляді:

$$\begin{aligned}
 (\text{ДСП}^{\text{I}}_N)^{-1} &= (\text{ДСП}^{\text{I}}_N)^{\text{T}} = (\text{ДСП}^{\text{I}}_N); & (\text{ДСП}^{\text{II}}_N)^{-1} &= (\text{ДСП}^{\text{II}}_N)^{\text{T}} = (\text{ДСП}^{\text{III}}_N); \\
 (\text{ДСП}^{\text{III}}_N)^{-1} &= (\text{ДСП}^{\text{III}}_N)^{\text{T}} = (\text{ДСП}^{\text{II}}_N); & (\text{ДСП}^{\text{IV}}_N)^{-1} &= (\text{ДСП}^{\text{IV}}_N)^{\text{T}} = (\text{ДСП}^{\text{IV}}_N);
 \end{aligned}$$

Для ДСП I-го, IV-го видів симетричні прямі і зворотні перетворення, а перетворення II-го і III-го видів переходять одне в друге.

Обчислення ДСП та ЗДСП (зворотного) являється однією з найбільш затратних по тривалості та ресурсах процедур в інформаційних технологіях. Розглянемо ефективне обчислення ДСП I-IV на основі циклічних згорток, що дозволяють пришвидшити роботу програмного та апаратного забезпечення в багатьох застосуваннях.

Ефективне обчислення ДСП I-IV на базі циклічних згорток

Інформаційні технології широко застосовують ДСП I-IV-го видів, представлені виразами відповідно виду

для ДСП-I

$$X_{N-1}^{s1}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-2} x(n) \sin\left[\frac{(k+1)(n+1)\pi}{N}\right], \quad k = 0, 1, \dots, N-2 \quad (1)$$

для ДСП-II

$$X_N^{s2}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} a(n)x(n) \sin\left[\frac{(2n+1)(k+1)\pi}{2N}\right], \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2)$$

для ДСП-III

$$X_N^{s3}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} a(n)x(n) \sin\left[\frac{(n+1)(2k+1)\pi}{2N}\right], \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (3)$$

для ДСП-IV

$$X_N^{s4}(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \sin\left[\frac{(2n+1)(2k+1)\pi}{4N}\right], \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (4)$$

де $\alpha(n) = 1/\sqrt{2}$, якщо $n=N-1$; інакше $\alpha(n)=0$.

Проаналізуємо структуру матриці базису для видів ДСП за аргументами компонентів $c_{k,n}$, що дорівнюють відповідно

для ДСП-I $c_{k,n} = (k+1)(n+1)\pi/N, (k,n=0,1,\dots,N-2);$ (5)

для ДСП-II $c_{k,n} = (k+1)(2n+1)\pi/2N, (k,n=0,1,\dots,N-1);$ (6)

для ДСП-III $c_{k,n} = (2k+1)(n+1)\pi/2N, (k,n=0,1,\dots,N-1);$ (7)

для ДСП-IV $c_{k,n} = (2k+1)(2n+1)\pi/4N, (k,n=0,1,\dots,N-1).$ (8)

Базисні функції періодичні (2π), симетричні (π), асиметричні ($\pi/2$) для кожного з видів ДСП відповідно (табл. 2).

Таблиця 2

Властивості базису для видів ДСП

Перетворення	періодичні	асиметричні	симетричні
ДСП-I	відносно $2N$ вибірок	відносно N вибірок	відносно $N/2$ вибірок
ДСП-II	відносно $4N$ вибірок	відносно $2N$ вибірок	відносно N вибірок
ДСП-III	відносно $4N$ вибірок	відносно $2N$ вибірок	відносно N вибірок
ДСП-IV	відносно $8N$ вибірок	відносно $4N$ вибірок	відносно $2N$ вибірок

Матриця аргументів косинусних перетворень за періодичністю буде

$$C_a^I(k,n) = [(k+1)(n+1) \bmod (2N)], \quad (9)$$

$$C_a^{II}(k,n) = [(k+1)(2n+1) \bmod (4N)], \quad (10)$$

$$C_a^{III}(k,n) = [(2k+1)(n+1) \bmod (4N)] \quad (11)$$

$$C_a^{IV}(k,n) = [(2k+1)(2n+1) \bmod (8N)], \quad (12)$$

На основі підстановки з рядків даних матриць формується твірний масив $P(n)$.

Спрощені елементи матриці аргументів визначаються послідовним виконанням обчислень

для ДСП-I $c_{k,n} = 2N - [(c_{k,n}) \bmod 2N]$, якщо $[(c_{k,n}) \bmod 2N] > N$; (13)

$$\underline{c}_{k,n} = N - \{2N - [(c_{k,n}) \bmod 2N]\}, \text{ якщо } \{2N - [(c_{k,n}) \bmod 2N]\} > N/2, \quad (14)$$

інакше $\underline{c}_{k,n} = c_{k,n}$.

для ДСП-II та ДСП-III

$$c_{k,n} = 4N - [(c_{k,n}) \bmod 4N], \text{ якщо } [(c_{k,n}) \bmod 4N] > 2N; \quad (15)$$

$$\underline{c}_{k,n} = 2N - \{4N - [(c_{k,n}) \bmod 4N]\}, \text{ якщо } \{4N - [(c_{k,n}) \bmod 4N]\} > N, \quad (16)$$

інакше $\underline{c}_{k,n} = c_{k,n}$.

для ДСП-IV

$$c_{k,n} = 8N - [(c_{k,n}) \bmod 8N], \text{ якщо } [(c_{k,n}) \bmod 8N] > 4N; \quad (17)$$

$$\underline{c}_{k,n} = 4N - \{8N - [(c_{k,n}) \bmod 8N]\}, \text{ якщо } \{4N - [(c_{k,n}) \bmod 8N]\} > 2N, \quad (18)$$

інакше $\underline{c}_{k,n} = c_{k,n}$.

Спрощена матриця аргументів доповнюється матрицями знаків S_s синуса, що визначаються за нерівностями

для ДСП-I

$$S_s[k,n] = \begin{cases} +1, & \text{якщо } 0 < c_{k,n} < N \\ 0, & \text{якщо } c_{k,n} = N, 2 \\ -1, & \text{якщо } N < c_{k,n} < 2N \end{cases}, \quad (19)$$

для ДСП-II та ДСП-III

$$S_s[k,n] = \begin{cases} +1, & \text{якщо } 0 < c_{k,n} < 2N \\ 0, & \text{якщо } c_{k,n} = 2N, \\ -1, & \text{якщо } 2N < c_{k,n} < 4N \end{cases}, \quad (20)$$

для ДСП-IV

$$S_s[k,n] = \begin{cases} +1, & \text{якщо } 0 < c_{k,n} < 4N \\ 0, & \text{якщо } c_{k,n} = 4N, \\ -1, & \text{якщо } 4N < c_{k,n} < 8N \end{cases}. \quad (21)$$

Отже, за виразами (13,15,17) визначаються елементи і формується з рядків твірний масив $P(n)$, а далі з $P(n)$ за виразами (14,16,18) визначаються елементи спрощеного твірного масиву $P'(n)$ та матриці знаків S_s , що беруть участь в ефективному обчисленні дискретних синусних перетворень.

Синтез ефективного обчислення ДСП

Запропонований підхід для ефективного обчислення дискретних тригонометричних перетворень, що базується на декомпозиції базисної гармонічної функції, розглянуто в роботі [14].

У результаті підходу структуру базисної матриці можна задати твірним масивом

$$P(n) = P(n_1) P(n_2) \dots P(n_k) = (n_{11}, n_{12}, n_{13}, \dots, n_{1L1})(n_{21}, n_{22}, n_{23}, \dots, n_{2L2}) \dots (n_{kL1}, n_{kL2}, \dots, n_{kLk}) \quad (22)$$

де k – число підмасивів, n_{ij} – елемент підмасиву, L_i – кількість елементів у підмасиві $P(n_i)$, що i задає n – обсяг загального масиву для різних представлень визначається:

$$n = (L_1 + L_2 + \dots + L_k). \quad (23)$$

Кількість k підмасивів в $P(n)$ визначається за значенням N (просте, степінь простого, складене) як обсягу перетворення, так і видом ДСП. Твірний масив $P(n)$ задає порядок елементів вхідних даних під час обчислення дискретного перетворення.

Властивості симетрії та періодичності базису перетворення ДСП приводять до представлення меншими значеннями елементів твірних підмасивів $P'(n)$ з доповненнями відповідних підмасивів знаків $Z(n)$. Підматриці знаків $Z(n)$ містять значення елементів, які можуть дорівнювати $+1, -1, 0$.

Твірний масив $P(n)$ перетворення визначає особливість структури базисної матриці ДСП, приведеної до циклічних підматриць [14]. Тому можна виділити параметри, що характеризують $P(n)$ і відповідно видозмінену базисну матрицю:

- k – кількість підмасивів у твірному масиві $P(n) = P(n_1)P(n_2)\dots P(n_k)$;
- кількість елементів кожного твірного підмасиву (L_1, L_2, \dots, L_k) ;
- перший елемент кожного твірного підмасиву $n_{i1}, i=1(1)k$.

Наступним кроком синтезу в алгоритмі обчислення ДСП є визначення однотипових циклічних підматриць. Тобто, знаходження однакових та квазіоднакових підматриць (мають однакові індекси, але протилежні значення знаків) на основі значень параметрів твірного масиву $P(n)$ і спрощеного твірного масиву індексів $P'(n)$, що доповнюється масивом знаків $Z(n)$. Значення параметрів спрощеного твірного масиву

$$P'(n)=P'(n_1)P'(n_2)\dots P'(n_k), \quad Z(n)=Z(n_1)Z(n_2)\dots Z(n_k) \quad (24)$$

для даного обсягу N і виду перетворення ДСП визначаються за спрощеною матрицею \underline{C}_a відповідно (14, 16, 18), масив знаків $Z(n)$ визначається за $C_a(k,n)$.

Для знаходження однотипових циклічних підматриць значення елементів матриці можуть бути визначені попередньо, однак великий перебір всіх елементів потребує значних об'ємів пам'яті для їх збереження і відповідних часових затрат. Ефективніший через визначення тільки перших елементів підматриць в процесі аналізу структури базису за координатами розміщення підматриць. Тобто обчислюються за координатами рядка і стовпця значення перших елементів підматриці і аналізуються між собою.

Відповідність координат (i, j) елементам твірного масиву $P(n_i)$ та $P'(n_i)$:

$$\begin{array}{l} (i \setminus j) \quad 1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad 10 \quad 11 \quad 12 \quad \dots \quad n \\ P(n_i) \quad (n_{11}, n_{12}, n_{13}, \dots, n_{1L_1}, n_{21}, n_{22}, n_{23}, \dots, n_{2L_2}, \dots, n_{kL_1}, n_{kL_2}, \dots, n_{kL_k}) \\ P'(n_i) \quad (n'_{11}, n'_{12}, n'_{13}, \dots, n'_{1L_1}, n'_{21}, n'_{22}, n'_{23}, \dots, n'_{2L_2}, \dots, n'_{kL_1}, n'_{kL_2}, \dots, n'_{kL_k}). \end{array}$$

Координати перших елементів підматриць визначаються за $(i+L_i), (j+L_i)$ де L_i – обсяг твірного підмасиву, яки вибирається за умовою приналежності значень перших елементів підматриць у матричній структурі до елементів твірного підмасиву. Перші елементи обчислюються за відповідними визначеними координатами (i, j) і відповідатимуть елементу $P'(n)$ твірного масиву, визначені за виразами (14), (16), (18) відповідно виду перетворення ДСП (табл. 3).

Таблиця 3

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень

$(i+L_i, j+L_i) - n_{ij}$ (координати рядок/стовпець) – знак і значення першого елемента підматриць $z \underline{C}_{ij}$				
$(1,1) - z \underline{C}_{ij}$	$(1, 1+L_1) - z \underline{C}_{ij}$... $(1, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - z \underline{C}_{ij}$
				$(1+L_k, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - z \underline{C}_{ij}$
$(1+L_1, 1) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1, 1+L_1) - z \underline{C}_{ij}$... $(1+2L_k, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - z \underline{C}_{ij}$
				$(1+3L_k, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - s \underline{C}_{ij}$
$(1+L_1+L_2, 1) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1+L_2, 1+L_1) - z \underline{C}_{ij}$... $(1+4L_k, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - z \underline{C}_{ij}$
				...
$(1+L_1+L_2+ \dots +L_k, 1) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1+L_2+ \dots +L_k, 1+L_k) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1+L_2+ \dots +L_k, 1+2L_k) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1+L_2+ \dots +L_k, 1+3L_k) - z \underline{C}_{ij}$	$(1+L_1+L_2+ \dots +L_k, 1+L_1+L_2+ \dots +L_k) - z \underline{C}_{ij}$

Визначення однотипових циклічних підматриць виконується через відбір за координатами перших елементів однакових підматриць по горизонталі. Для координат рядків кратних простим множникам розкладу обсягу N в структурі виконуємо об'єднання вхідних даних по горизонталі, поелементно додаючи вхідні значення.

Ці значення використовуватимуться для обчислення циклічних згорток під час аналізу по вертикалі. Тобто, відбір за координатами перших елементів однакових підматриць по вертикалі і обчислення циклічних згорток з вхідними значеннями. Під час аналізу підматриць по вертикалі для координат стовпців, кратних простим множникам розкладу обсягу N , в структурі виконуємо одноразове обчислення циклічних згорток. За наявності в процесі аналізу структури базису неоднотипових підматриць виконуємо циклічні згортки на основі визначених координат.

Об'єднання результатів згорток виконується по горизонталі на основі відповідних координат перших елементів підматриць. Одержані вихідні значення перетворення відповідають порядку відповідно до значень твірного масиву $P(n)$.

Особливості синтезу ефективного обчислення ДСП I–IV видів

Особливості розподілу циклічних структур та їх характеристик визначає складність алгоритму обчислення кожного виду ДСП I–IV і визначається базисом перетворення.

Розглянемо приклад узагальненої схеми для обчислення ДСП-I обсягу $N=8$.

$$N=8, P(15)= P(n_1)P(n_2)P(n_3)P(n_4)P(n_5)P(n_6) = (1,3,9,11) (15,13,7,5)(2,6)(10,14)(4,12)(8). \\ P'(15)= (1,3,1,3)(1,3,1,3)(2,2)(2,2)(4,4)(0); Z(15)=(+,+,-,-)(+,-,-,+)(+,-,-,+)(+,-,-,+)(0);$$

Визначення однотипових циклічних підматриць виконується через відбір за координатами перших елементів однакових підматриць без врахування знаків. Відповідність координат (i, j) табл. 1 елементам твірного масиву $P(n_i)$ та $P'(n_i)$:

(i, j)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	(1,3,9,11)	(15,13,7,5)	(2,6)	(10,14)	(4,12)	(8)									
	(1,3,1,3)	(1,3,1,3)	(2,2)	(2,2)	(4,4)	(0);									
	(+,+,-,-)	(-,-,+,+)	(+,+)	(-,-)	(+,-)	(0).									

Координати перших елементів підматриць визначаються за $(i+L_i, j+L_i)$, починаючи з $i=1, j=1$. Значення перших елементів підматриць обчислюються за відповідністю координат (i, j) і елементів $P(n)$ твірного масиву за формулою $(n_i \times n_j) \bmod N$, а у разі одержання значення, більшого за N , спрощується за виразом (13,14).

У табл. 4 узагальнено базисну матрицю аргументів розмірністю (11×15) , де вказано кількість значень елементів по горизонталі та вертикалі. Відповідно твірному масиву $P(15)$ для ДСП-I, $N=8$ вибрано горизонтальних 11 рядків, що дозволяють обчислити 7 вихідних значень через симетричні згортки (виділених жирним шрифтом).

Таблиця 4

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень

$(I+L_i, J+L_i) - N_{II}$ (знак і значення першого елементу підматриць)					
(1,1) – +1;	(1,5) – -1;	(1,9) – +2;	(1,11) – -2;	(1,13) – +4;	(1,15) – 0;
		(3,9) – +2;	(3,11) – -2;		
(5,1) – -1;	(5,5) – +1;	(5,9) – -2;	(5,11) – +2;	(5,13) – -4;	
		(7,9) – -2;	(7,11) – +2;		
(9,1) – +2;	(9,5) – -2;	(9,9) – +4;		(9,15) – 0;	
(13,1) – +4;	(13,5) – -4;	(13,9) – 0;			
(15,1) – 0					

За допомогою спрощеного твірного масиву $P'(15)$ та табл. 1 можна відтворити базисну матрицю аргументів приведену у форму циклічних підматриць. Повна матриця аргументів базису синусних перетворень подана в табл. 5, що відповідає узагальненій табл. 4.

Твірний масив $P(n)$ задає порядок елементів (1, 3, 9, 11, 15, 13, 7, 5, 2, 6, 10, 14, 4, 12, 8, 16) вхідних даних при обчисленні дискретного перетворення через циклічні згортки

$$1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6 \quad 7 \quad 8 \quad 9 \quad 10 \quad 11 \quad 12 \quad 13 \quad 14 \quad 15 \quad 16 \\ x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6), x(7), x(8), -x(8), -x(7), -x(6), -x(5), -x(4), -x(3), -x(2), -x(1),$$

в результаті матриця-стовпець матиме таку послідовність вхідних даних:

$$x(1), x(3), -x(8), -x(6), -x(2), -x(4), x(7), x(5), x(2), x(6), -x(7), -x(3), x(4), -x(5), x(8), -x(1).$$

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень

$k \backslash n$	1:	3:	9:	11:	15:	13:	7:	5:	2:	6:	10:	14:	4:	12:	8:
1:	1	3	1	3	1	3	1	3	2	2	2	2	4	4	0
3:	3	1	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	4	4	0
9:	1	3	1	3	1	3	1	3	2	2	2	2	4	4	0
11:	3	1	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	4	4	0
15:	1	3	1	3	1	3	1	3	2	2	2	2	4	4	0
13:	3	1	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	4	4	0
7:	1	3	1	3	1	3	1	3	2	2	2	2	4	4	0
5:	3	1	3	1	3	1	3	1	2	2	2	2	4	4	0
2:	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	0	0	0
6:	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4	0	0	0
4:	4	4	4	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0

Виконання поелементних додавань вхідних значень будуть використовуватись для однотипових циклічних підматриць, розміщених по горизонталі. Обчислення симетричних циклічних згорток виконується один раз для об'єднаних вхідних значень та квазіоднакових підматриць, відібраних при аналізі по вертикалі. Кількість циклічних симетричних згорток для ДСП-I обсягу $N=8$ становить одну 4-точкову згортку та дві однокочкові. Об'єднання результатів згорток виконується по горизонталі на основі відповідних координат перших елементів підматриць. Вихідні значення перетворення в результаті обчислення промасштабовані на 2 і визначаються для 7-ми значень: $X(1)$, $X(3)$, $X(7)$, $X(5)$, $X(2)$, $X(6)$, $X(4)$.

Розглянемо приклад узагальненої схеми для обчислення ДСП-II обсягу $N=8$ з твірними масивами:

$$P(n) = (1,3,9,27,17,19,25,11) (5,15,13,7,21,31,29,23) (2,6,18,22)(4,12)(8,24),$$

$$P'(n) = (1,3,7,5,1,3,7,5) (1,3,7,5,1,3,7,5), Z(n) = (+, +, +, -, -, -, +)(-, -, -, +, +, +, -).$$

Базисна матриця аргументів ДСП-II з елементами по $(\text{mod } 4N)$ містить значення елементів в перших рядках кількістю – 16 (значення елементів непарні $2k+1$ та охоплюють весь період $4N$):

1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

і в стовпцях кількість – 31 (значення елементів $n+1$ та охоплюють весь період, що дорівнює $4N$):

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	...	26	27	28	29	30	31
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----	----	----	----

Через відмінність значень у рядках і стовпцях відбувається перехід від твірного масиву значень аргументів до відповідного твірного масиву індексів по рядках $Pr(n)$ і стовпцях $Pc(n)$:

$$P(n) = (1,3,9,27,17,19,25,11) (2,6,18,22)(4,12)(8,24); \quad / 5 - 27, 7 - 25$$

$$Pr(n) = (0,2,8,26,16,18,24,10) (1,5,17,21) (3,11) (7,23); \quad 26-4, 24-6$$

$$Pc(n) = (0,1,4,13,8,9,12,5) (15,14,11,2,7,6,3,10);$$

Відповідно твірному масиву $Pr(n)$ для ДСП-II вибрано горизонтальних 14 рядків, що дозволяють обчислити 8 вихідних значень через симетричні згортки. Симетрична згортка з двох елементів (однакові) замінюється згорткою з одним елементом, відповідно для рядків 3,7. У табл. 6 узагальнено базисну матрицю аргументів розмірністю (14×16) , де вказано кількість значень елементів по горизонталі та вертикалі.

За допомогою спрощеного твірного масиву $P'(15)$ та табл. 6 можна відтворити базисну матрицю аргументів, приведену у форму циклічних підматриць. Повна матриця аргументів базису синусних перетворень подана в табл. 7, що відповідає узагальненій табл. 6.

Твірний масив $Pc(n)$ задає порядок елементів **(0, 1, 4, 13, 8, 9, 12, 5)** (15, 14, 11, 2, 7, 6, 3, 10) вхідних даних при обчисленні дискретного перетворення через циклічні згортки

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 & 15 \\ x(1), & x(2), & x(3), & x(4), & x(5), & x(6), & x(7), & x(8), & -x(8), & -x(7), & -x(6), & -x(5), & -x(4), & -x(3), & -x(2), & -x(1), \end{matrix}$$

в результаті матриця-стовпець вхідних даних матиме таку послідовність:

$x(1), x(2), x(5), -x(3), -x(8), -x(7), -x(4), x(6), -x(1), -x(2), -x(5), x(3), x(8), x(7), x(4), -x(6)$,

Виконання поелементних додавань вхідних значень буде використовуватись для однотипових циклічних підматриць розміщених по горизонталі. Обчислення симетричних циклічних згорток виконується один раз для об'єднаних вхідних значень та квазіоднакових підматриць, відібраних при аналізі по вертикалі. Кількість циклічних симетричних згорток для ДСП-II обсягу $N=8$ становить одну 8-точкову симетричну згортку, в результаті якої визначаються 4 вихідні значення, та 4-точкову симетричну згортку, в результаті якої визначаються два вихідні значення. Решта два вихідні значення визначаються через одноточкові добутки.

Таблиця 6

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень ДСП-II обсягу $N=8$

$\backslash n$ к\	$(i+L_i, j+L_i) - n_{ij}$ (знак і значення першого елементу підматриць)			
0:	(1,1) - +1;		(1,9) - -1;	
2:				
8:				
26:				
16:				
18:				
24:				
10:				
1:	(9,1) - +2;	(9,4) - +2	(9,9) - -2;	(9,13) - -2
5:				
17:				
21:				
3:	(13,1) - +4		(13,9) - +4	
7:	(14,1) - 8			

Таблиця 7

Повна матриця аргументів базису ДСП-II обсягу $N=8$

$\begin{matrix} n \\ \backslash k \end{matrix}$	0:	1:	4:	13:	8:	9:	12:	5:	15:	14:	11:	2:	7:	6:	3:	10:
0:	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5
2:	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1
8:	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3
26:	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	5
16:	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5
18:	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1
24:	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3
10:	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7	5	1	3	7
1:	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6
5:	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2
17:	2	6	6	2	2	6	6	6	2	6	6	2	2	6	2	2
21:	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2	6	2
3:	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7:	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Об'єднання результатів згорток виконується по горизонталі на основі відповідних координат перших елементів підматриць. Вихідні значення перетворення в результаті обчислення промасштабовані на 2 і визначаються для 8 значень: $X(0), X(2), -X(4), -X(6), X(1), X(5), X(3), X(7)$. Вихідні значення $-X(4), -X(6)$ необхідно взяти з протилежним знаком відповідно до $P(n)$ цього алгоритму.

Оскільки ДСП-III являється транспонованим базисом до ДСП-II, тобто переставляючи рядки і стовпці базису, можна за попереднім синтезом для ДСП-II ефективно обчислити і зворотне перетворення. Однак за цим підходом у зв'язку з різною індексацією рядків та стовпців виникають певні особливості.

Розглянемо приклад узагальненої схеми для обчислення ДСП-III обсягу $N=8$.

Базисна матриця аргументів ДСП-III з елементами по $(\text{mod } 4N)$ містить значення елементів в перших рядках кількістю – 31 (значення елементів непарні $k+1$ та охоплюють весь період, що дорівнює $4N$) і в стовпцях кількість – 16 (значення елементів дорівнюють $2n+1$ та охоплюють весь період, що дорівнює $4N$), навпаки по відношенню до ДСП-II.

Твірний масив для рядків: $Pr(n) = (1, 3, 9, 27, 17, 19, 25, 11)$,
(відповідно до рядків, визначаємо всі 8 вихідних даних, причому для 4 вихідних значень $27 \rightarrow 5$, $25 \rightarrow 7$, $19 \rightarrow 13$, $17 \rightarrow 15$ необхідна інверсія знака результату);
і більш розширений для стовпців:

$Pc(n) = (1, 3, 9, 27, 17, 19, 25, 11)(31, 29, 23, 5, 15, 13, 7, 21)(2, 6, 18, 22)(14, 10, 30, 26)(4, 12)(20, 28)(8, 24)(16)$ (32),
(відповідно перестановка 32 стовпців визначається по горизонталі за першим рядком і відповідним рядком матриці по $[(2k+1)(n+1)] \text{ mod } 4N$).

Спрощений твірний масив p перестановці стовпців має вигляд:

$$Pc'(n) = (1, 3, 7, 5, 1, 3, 7, 5) (1, 3, 7, 5, 1, 3, 7, 5) (2, 6, 2, 6)(2, 6, 2, 6) (4, 4)(4, 4) (8, 8)(16)(32),$$

$$Z(n) = (+, +, +, -, -, -, -) (-, -, -, +, +, +, -) (+, +, -, -)(+, +, -, -) (+, +) (-, -)(+, -)(0)(0).$$

Схема визначення однотипових циклічних підматриць, необхідних для ефективного обчислення ДСП-III обсягу $N=8$, визначається під час аналізу табл. 8 розподілу підматриць у структурі базисної матриці вигляду:

Таблиця 8

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень ДСП-III обсягу $N=8$

$k \setminus n$	$(I+L_k, J+L_k) - N_{II}$ (знак і значення першого елемента підматриць)							
0:	(1,1) – +1;	(1,9) – +1;	(1,17) – +2;	(1,21) – +2;	(1,25) – +4;	(1,27) – -4;	(1,29) – +8;	(1,31) – 0;
1:					(3,25) – +4;	(3,27) – -4;	– -8;	
4:					(5,25) – +4;	(5,27) – -4;		
13:			(5,17) – 2	(5,21) – 2	(7,25) – +4;	(7,27) – -4;		
8:					(7,25) – +4;	(7,27) – -4;		
9:								
12:								
5:								

У таблиці узагальнено базисну матрицю аргументів розмірністю (8×32) , де вказано кількість значень елементів по горизонталі та вертикалі.

Через відмінність значень в рядках і стовпцях відбувається перехід від 8 значень твірного масиву значень аргументів до відповідного твірного масиву індексів $(2k+1) \rightarrow k$ по рядках $Pr(n)$

$$Pr(n) = (1, 3, 9, 27, 17, 19, 25, 11) \rightarrow (0, 1, 4, 13, 8, 9, 12, 5)$$

і до відповідного твірного масиву індексів $(n+1) \rightarrow n$ стовпцях $Pc(n)$:

$$Pc(n) = (1, 3, 9, 27, 17, 19, 25, 11)(31, 29, 23, 5, 15, 13, 7, 21) (2, 6, 18, 22)(14, 10, 30, 26)(4, 12)(20, 28) (8, 24) (16)(32)$$

$$\rightarrow (0, 2, 8, 26, 16, 18, 24, 10)(30, 28, 22, 4, 14, 12, 6, 20)(1, 5, 17, 21) (13, 9, 29, 25)(3, 11)(19, 27)(7, 23)(15)(31)$$

Твірний масив $Pc(n)$ задає порядок елементів вхідних даних при обчисленні дискретного перетворення через циклічні згортки. Продовжені вхідні дані до $4N$, відповідно до алгоритму, визначають вихідні дані, збільшені вдвічі.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16
 $x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6), x(7), x(8), x(8), x(7), x(6), x(5), x(4), x(3), x(2), x(1),$
 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32
 $x(1), x(2), x(3), x(4), x(5), x(6), x(7), x(8), -x(8), -x(7), -x(6), -x(5), -x(4), -x(3), -x(2), -x(1),$
 в результаті матриця-стовпець () матиме за $P(n)$ таку послідовність вхідних даних:
 $x(1), x(3), x(8), -x(6), x(1), x(3), -x(8), x(6), -x(2), -x(4), x(7), x(5), x(2), x(4), x(7), x(5),$
 $x(2), x(6), x(2), x(6), x(3), x(7), -x(3), -x(7), x(4), x(8), x(4), -x(5), x(8), x(8), x(1), -x(1) .$

Виконання поелементних додавань вхідних значень будуть використовуватись для однотипових циклічних підматриць, розміщених по горизонталі. Обчислення симетричних циклічних згорток виконується один раз для об'єднаних вхідних значень та квазіоднакових підматриць, відібраних при аналізі по вертикалі. Кількість циклічних симетричних згорток для ДСП-III обсягу $N=8$ становить одну 8-точкову симетричну згортку та дві 4-точкові симетричні згортки, решта значень визначаються через однокочкові добутки для вертикально розміщених квазіоднакових підматриць.

Об'єднання результатів згорток виконується по горизонталі на основі відповідних координат перших елементів підматриць. Вихідні значення перетворення в результаті обчислення промасштабовані на 2 і визначаються для 8 значень: $X(0), X(1), X(4), -X(2), -X(7), -X(6), -X(3), X(5)$. Чотири вихідні значення $-X(2), -X(7), -X(6), -X(3)$ необхідно взяти з протилежним знаком відповідно до $Pr(n) = (1, 3, 9, 27, 17, 19, 25, 11)$, де $27 \rightarrow 5, 25 \rightarrow 7, 19 \rightarrow 13, 17 \rightarrow 15$, що відповідають набору $(2k+1)$ для $k=0(1)7$. Отже, відповідно твірному масиву $Pr(n)$ вибрано горизонтальних 8 рядків, що дозволяють обчислити 8 вихідних значень через симетричні згортки.

Розглянемо приклад узагальненої схеми для обчислення ДСП-IV зі значеннями аргументів $[(2k+1)(2n+1)]$ для обсягу $N=5$. Базисна матриця ДСП-IV обсягу $N=5$, описується твірним масивом аргументів з елементами меншими періоду, що дорівнює $8N$, і має вигляд:

$$N=5, P(20)=(1,3,9,27) (21,23,29,7)(19,17,11,33)(39,37,31,13) (5,15) (25,35),$$

Внаслідок надлишковості у вибраному періоді $8N$ твірну функцію достатньо задати на двох четвертях, значення якої знаходяться в проміжках $(0, 2N)$ та $(4N, 6N)$, тобто

$$P(20)=(1,3,9,27) (21,23,29,7) (5) (25).$$

Через непарність значень в рядках і стовпцях відбувається перехід твірному масиву значень аргументів до відповідного $P_k(20)$ твірному масиву індексів, елементи якого дорівнюють $(n_{ij}-1)/2 \rightarrow k$, і k набуває всіх значень натурального ряду до $4N$:

$$P_k(20) = (0,1,4,13)(10,11,14,3)(2)(12).$$

Спрощений твірний масив з кількістю елементів, що дорівнюють періоду $4N$ має вигляд:

$$P'(20) = P'(n_1)P'(n_2)P'(n_3)P'(n_4) = (1,3,9,7) (1,3,9,7) (5)(5);$$

$$Z(20) = Z(n_1)Z(n_2)Z(n_3)Z(n_4) = (+,+,+,-)(-,-,-,+)(+)(-).$$

Базисна матриця ДСП-IV обсягу $N=5$ описується твірним масивом, що має такі значення параметрів: $k=4; L_1=4, L_2=4, L_3=1, L_4=1$; за спрощеним твірним масивом $P'(n)$ та масивом знаків $Z(n)$ значення перших елементів такі: $n_{11}=+1, n_{21}=-1, n_{31}=+5, n_{41}=-5$.

У табл. 9 узагальнено базисну матрицю аргументів розмірністю (5×10) , де вказано кількість значень елементів по горизонталі та вертикалі. Відповідно твірному масиву $P(n)$ для ДСП-IV вибрано горизонтальних 5 рядків $(1,3,9,27)(5)$, що дозволяють обчислити 5 вихідних значень через симетричні згортки. За допомогою спрощеного твірному масиву $P'(20)$ та табл. 1 можна відтворити базисну матрицю аргументів, приведену у форму циклічних підматриць. Повна матриця аргументів і відповідна матриця знаків базису синусних перетворень подана в табл. 10, що відповідає узагальненій табл. 9.

Таблиця 9

Таблиця координат перших елементів підматриць та їх значень ДСП-IV обсягу $N=5$

$\backslash n$ $k \backslash$	$(i+L_i, j+L_i) - n_{ij}$ (координати рядок, стовпець) – знак і значення першого елемента підматриць			
0:	$(1,1) - +1;$	$(1,5) - -1;$	$(1,9) - +5;$	$(1,10) - -5;$
1:				
4:				
13:				
2:	$(1,1) - +5;$	$(1,5) - -5;$	$(1,9) - -5;$	$(1,10) - +5;$

Твірний масив $P_k(20)$ задає порядок елементів $(0,1,4,13)(3,10,11,14)(2)(12)$ вхідних даних під час обчислення дискретного перетворення через циклічні згортки

$$0 \ 1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 10 \ 11 \ 12 \ 13 \ 14 \ 15 \ 16 \ 17 \ 18 \ 19$$

$$x(0), x(1), x(2), x(3), x(4), -x(4), -x(3), -x(2), -x(1), -x(0), -x(0), -x(1), -x(2), -x(3), -x(4), -x(4), -x(3), -x(2), -x(1), -x(0),$$

в результаті матриця-стовпець матиме таку послідовність вхідних даних:
 $x(0), x(1), x(4), -x(3), x(3), -x(0), -x(1), -x(4), x(2), -x(2)$.

Таблиця 10

Повна матриця аргументів базису ДСП-IV обсягу N=5

k\n	0	1	4	13	10	11	14	3	2	12
0:	1	3	9	7	1	3	9	7	5	5
1:	3	9	7	1	3	9	7	1	5	5
4:	9	7	1	3	9	7	1	7	5	5
13:	7	1	3	9	7	1	3	9	5	5
2:	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0:	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-
1:	+	+	-	+	-	-	+	-	+	-
4:	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-
13:	-	+	+	+	+	-	-	-	+	-
2:	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+

Визначають однотипові циклічні підматриці через відбір за координатами перших елементів однакових підматриць без врахування знаків на основі таблиці. По горизонталі, відповідно до табл. 1, однотипові циклічні підматриці:

$$(1,1) - +1; (1,5) - -1; \text{ для } P(n_1) = (1,3,9,7); Z(n_1) = (+,+,+,-);$$

$$(1,9) - +5; (1,10) - -5 \text{ для } P(n_3) = (5,5); Z(n_3) = (+);$$

Виконання поелементних додавань вхідних значень будуть використовуватись для обчислення симетричних циклічних згорток, розміщених по горизонталі:

$$x(0) + x(3); x(1) - x(0); x(4) - x(1); -x(3) - x(4).$$

Обчислення симетричних циклічних згорток виконується один раз для об'єднаних вхідних значень та квазіоднакових під матриць, відібраних при аналізі по вертикалі. Кількість циклічних згорток для ДСП-IV обсягу N=5 становить одну 4-точкову згортку, в результаті якої визначаються 4 вихідні значення, та 1 вихідне значення визначаються через одноточковий добуток.

Об'єднують результати згорток по горизонталі на основі відповідних координат, починаючи з перших елементів підматриць. Вихідні значення перетворення ДСП-IV в результаті промасштабовані на 2 і визначаються для 5 значень: X(0), X(1), X(4), -X(3), X(2). Вихідні значення X(3) не обхідно взяти з протилежним знаком відповідно до X(3) = -X(13) до цього алгоритму.

Висновки

Ефективне обчислення кожного з чотирьох видів ДСП можна виконати на основі переставлення елементів вхідної послідовності за твірним масивом з подальшим використанням швидких алгоритмів циклічної згортки. Для ДСП I-III виконуються симетричні згортки, а для ДСП-IV згортки мають значенням аргументів на двох окремих проміжках з повного періоду. Окреме проведення обчислень циклічних згорток, на який структуровано за даним підходом базис основних видів ДСП, і подальше об'єднання одержаних результатів дає змогу ефективно обчислювати, розпаралелюючи опрацювання інформації.

1. Ahmed N., Natarajan T., and Rao K. R. Discrete cosine transform // *IEEE Trans. Comput.*, C-23 (1974), pp. 90–93. 2. Jain, A.K., A fast Karhunen–Loève transform for a class of random processes, *IEEE Trans. on Communications*, 24, 1023, 1976. 3. Gluth R. Regular FFT-related transform kernels for DCT/DST- based polyphase filter banks // *Proc. IEEE ICASSP 1991*, pp.2205-2208, Toronto, Canada, May 1991. 4. Rose K., Heiman A., and Dinstein I. DCT/DST alternate-transform of image coding // *IEEE Trans. Comm.*, vol. 38, no. 1, pp. 94–101, Jan.1990. 5. V. Britanak, P. Yip, and K. R. Rao, *Discrete Cosine and Sine Transforms*. New York, NY: Academic Press, 2007. 6. Voronenko Y. and Puschel M. Algebraic Signal Processing Theory: Cooley-Tukey Type Algorithms for Real DFTs //, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 57, No.1, January 2009, pp. 1–19. 7. Egner S. and Pueschel M. Automatic generation of

fast discrete signal transforms”, *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 49, No. 9, September 2001, pp. 1992–2002. 8. Макклеллан Дж., Рейдер Ч. *Применение теории чисел в цифровой обработке сигналов*. – М.: Радио и связь, 1983. 9 Wang Z., *A fast algorithm for the discrete sine transform implemented by the fast cosine transform // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, Vol. ASSP-30, October 1982, pp. 814–815. 10. Lee P., Huang F.-Y. *Restructured recursive DCT and DST algorithms*, *IEEE Trans. Signal Processing* 42 (7) (1994) 1600–1609. 11. Britanak V. *The fast DCT-IV/DST-IV computation via the MDCT*, *Sig. Proc.* 83 (2003) 1803–1813. 12. Чуприна О.О. *Удосконалений алгоритм ШПФ на базі швидкої згортки // Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка"*. – 2008. – № 618. – С. 174–179. 13. Wang Z. and Hunt B. *The discrete W-transform*, *Appl. Math. Comput.*, 16 (1985), pp. 19–48. 14. Патент 96540 Україна, G06F 17/16 (2006.01), H03M 7/30 (2006.01). *Спосіб приведення дискретних гармонічних складових цифрових сигналів до циклічних згорток*. / І.О. Процько / Опубл. 10.11.2011, Бюл. № 21.

УДК 004.657

О.В. Столярчук, Р.Я. Шувар, А.М. Продивус
Львівський національний університет імені Івана Франка,
факультет електроніки

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ РОЗКЛАДУ ЗАНЯТЬ З ДОСТУПОМ ЧЕРЕЗ НТТР-ПРОТОКОЛ

© Столярчук О.В., Шувар Р.Я., Продивус А.М., 2012

Розглянуто модель інформаційної системи розкладу занять навчального закладу та організацію роботи з нею через НТТР-протокол. Проаналізовано запити, які користувач може створювати, раціональний вибір та оптимальність створення таблиць і зв'язків між ними. Досліджено обмеження, які виникають під час проектування структури таких баз, вимоги до цілісності та несуперечливості даних.

Ключові слова: Інтернет, база даних, веб-інтерфейс.

We consider a model of information system schedule institution and organization work with it via НТТР-protocol. Analysis of queries that the user can create, rational choice and optimization to create tables and relationships between them. Study limitations that arise when designing the structure of such bases, requirements for integrity and consistency of data.

Key words: Internet, database, web-interface.

Вступ. Постановка проблеми

Сьогодні в багатьох галузях виникає потреба систематизації та автоматичної обробки і збереження даних, що вимагає для цього використання баз даних. Використання сучасних комунікаційних систем надає можливість як локального, так і віддаленого доступу до даних, насамперед через http-протокол. Широке використання цього протоколу для доступу до віддалених баз даних зумовлено його універсальністю та підтримкою на різноманітних платформах і операційних системах. Його можна використати в локальних і глобальних мережах. Він не вимагає жодного додаткового програмного забезпечення, крім браузера. Це дає змогу вирішити проблему сумісності та забезпечити доступ до системи з будь-якого робочого місця. Такий підхід є ефективним під час розроблення баз даних для інформаційних систем у багатьох галузях, зокрема, в медицині, освіті тощо, які характеризуються неоднорідністю робочих місць, частою зміною користувачів і великим територіальним заповненням.