

Л.О. ГНАТІВІнститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна,
e-mail: levhnativ@gmail.com.**ШВИДКІ ЦІЛОЧИСЛОВІ СИНУСНІ І КОСИНУСНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ
ТИПУ IV НИЗЬКОЇ СКЛАДНОСТІ ДЛЯ ВІДЕОКОДУВАННЯ**

Анотація. Запропоновано матричні методи побудови цілочислових синусного і косинусного перетворень типу IV (ЦСП-IV / ЦКП-IV) порядку 8 і 16, на основі яких побудовано два цілочислові перетворення типу IV і розроблено швидкі алгоритми їхнього обчислення, що потребують тільки операцій з цілими числами. Алгоритми обчислення ЦСП-IV / ЦКП-IV порядку 16 потребують на 14.29 % і на 12.5 % менше операцій множення та на 22.11 % і 20.83 % більше операцій додавання порівняно з відомими алгоритмами для дискретного синусного і косинусного перетворень типу IV. Запропоновані швидкі ЦСП-IV / ЦКП-IV порівняно з відомими швидкими дискретними синусним типу VII і косинусним типу VIII перетвореннями з цілочисловою апроксимацією зі стандарту VVC (ДСП-VII / ДКП-VIII) мають у 3.02 раза меншу мультиплікативну складність та потребують на 47.41 % менше операцій додавання. Розроблено швидкі алгоритми низької обчислювальної складності обчислення 2D роздільних цілочислових косинусного типу II і синусного типу IV адаптивних перетворень для intra-прогнозування з блоками зображень, які мають у 2.66 раза меншу мультиплікативну складність та потребують на 28.9 % менше операцій додавання порівняно з відомими роздільними перетвореннями ЦКП-II (H.265) / ДСП-VII (VVC).

Ключові слова: дискретне косинусне перетворення, дискретне синусне перетворення, цілочислове косинусне перетворення, цілочислове синусне перетворення, факторизація, відеокодування, H.265, VVC (Versatile Video Coding), роздільне адаптивне перетворення, MTS (Multiple Transform Selection).

ВСТУП

Дискретні косинусні та синусні перетворення різних типів добре вивчені, для них розроблено алгоритми швидкого обчислення [1–6] і вони є ефективним інструментом для декореляції даних [7], усунення надлишковості в зображеннях [8–11] і відеосигналах [12–15]. Кларк у [14] першим показав, що оптимальним перетворенням Карунена–Лоева (ПКЛ) для марковського процесу першого порядку з несепарабельною кореляційною моделлю є дискретне косинусне перетворення (ДКП), коли коефіцієнт кореляції ρ між елементами прямує до одиниці, а коли ρ прямує до нуля, відповідним оптимальним перетворенням є дискретне синусне перетворення (ДСП) [15], яке в [1] названо «парним» (even) ДСП-1. Аналогічний результат аналітично отримано в [13] для гаусівсько-марковського процесу першого порядку, де показано, що ПКЛ для цього процесу є ДСП типу VII для коефіцієнта кореляції ρ , що прямує до нуля, і вперше опубліковано модозалежне ДКП / ДСП. Саксена і Фернандес у [16] показали, що перетворення ДКП / ДСП порівняно із перетворенням ДКП-II можуть краще представляти пред'явлені сигнали шляхом intra-прогнозування зображень у відеокодуванні. У [2] ДСП-VII названо «непарним» (odd) ДСП типу III (ДСП-III). Для покращення intra-прогнозування різниць (лишків) у [17] було вперше введено модозалежне направлене перетворення (mode-dependent directional transform, MDDT), яке є ядром тестової моделі стандарту відеокодування H.265 / HEVC [18].

У пропозиціях [19, 20] до стандарту HEVC наведено дві різні однонормові цілочислові апроксимації матричного обчислення ДСП типу VII (ЦСП-VII) порядку 8 і 16. На сьогодні немає публікацій, де описано алгоритми швидкого виконання цілочислових синусних перетворень типу VII (ЦСП-VII) порядку 8