



ВІСНИК УНІВЕРСИТЕТУ «УКРАЇНА»

СЕРІЯ:

**ІНФОРМАТИКА,
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
ТА КІБЕРНЕТИКА**

№ 2, 2011

КИЇВ 2011

ОБРОБКА ГРАФІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТРИЦІ АДАМАРА

Матриці Адамара широко застосовують в теорії і практиці цифрової обробки сигналів, завадозахищення передачі інформації. У роботі описаний алгоритм стиснення і передачі інформації. Для навчання студентів створена модель «передавач – приймач» засобами Microsoft Excel.

Ключові слова: матриця Адамара, завадозахищення, стиснення інформації, Microsoft Excel, макрос.

Теоретичні основи застосування матриці Адамара у практиці цифрової обробки сигналів, завадозахищення передачі інформації закладені у двадцятих роках минулого сторіччя [10]. У сімдесятих роках її вже використовували у передачі фото з місяця, але мікросхеми, що обробляли телевізійний сигнал, були занадто дорогі, й це звужувало сферу застосування [8].

Розвиток комп'ютерної техніки дозволив вирішувати широке коло взаємопов'язаних завдань у мобільному зв'язку, криптографії, охоронних системах, забезпечити такі властивості технології CDMA, як висока стійкість до перешкод, прицільних зокрема, і критичність передачі.

У багатьох відеопристроях реалізовано схему зменшення блочного шуму, технологію покращання перенесення кольорів DigiPure і систему шумозниження, що забезпечує якісне відтворення відео.

Для дослідження дискретних структур генетичної коди використовуються матричні методи їх уявлення і аналізу, запозичені з математичних теорій дискретних сигналів і перешкодостійкого кодування. Матриці генетичної коди володіють симетріями й іншими змістовними символами. З їх допомогою виявляються зв'язки системи параметрів генетичної коди з матрицями Адамара, багатовимірними числами (елементами особливої алгебри) [5].

У спеціальній літературі з комп'ютерної оптики розглядається базис Адамара, який, як показано в [6], добре підходить для аналізу відбитків пальців. Переваги цього базису в його універсальності і простоті оптичної реалізації за допомогою бінарних фазових фільтрів. Тому актуальними є проблеми створення і удосконалення математичних моделей процесу обробки сигналів, завадозахищення передачі інформації.

Нині розроблена велика кількість чисельно-аналітичних методів й обчислювальних алгоритмів для вирішення проблеми.

У нашій статті розглядаємо завдання створення автоматизованої обчислювальної системи, що об'єднує різні підходи до моделювання.

Мета статті — продемонструвати за допомогою графічних засобів Microsoft Excel можливості вирішення широкого кола взаємопов'язаних завдань у навчальному процесі: методів інтегрування функцій, розкладення в ряд, моделювання процесу кодування, декодування.

Докладніше про матриці Адамара можна дізнатися в [5–8].

Унітарна матриця Адамара порядку n — це матриця ($n \times n$), що генерована за таким ітераційним правилом $H_2 = H_2 \oplus H_{n-2}$,

$$H_2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де \oplus — означає кронекеровий добуток двох матриць.

$$A \oplus B = \begin{pmatrix} A(1,1)B & A(1,2)B & \dots & A(1,N)B \\ A(2,1)B & A(2,2)B & \dots & A(2,N)B \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A(N,1)B & A(N,2)B & \dots & A(N,N)B \end{pmatrix}$$

Випишімо H_4 :

$$H_4 = H_2 \oplus H_2 = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

За аналогією можна виписати всі H_n , $n = 1, 2, \dots$. Неважко встановити ортогональність

$$H_n^{-1} = H_n^T = H_n, \quad (2)$$

Матриця названа по імені Ж. Адамара (Hadamard Jacques).

Адамар Жак (8. 12. 1865–17. 10. 1963) — французький математик, член Паризької АН (1912 р.).

Сутність методу стиснення графічної інформації. Стиснення здійснюється за рахунок обробки частини коефіцієнтів спектра, який створено після ортогонального перетворення.

При відборі коефіцієнтів користуються такими способами:

1. Пороговий відбір. Відкидаються коефіцієнти, які за модулем нижчі за встановлений поріг.

2. Зональний відбір. Відкидаються коефіцієнти, що належать до малокритичного спектра. Наприклад, можемо відкинути частину коефіцієнтів, що належать до високочастотного спектра, оскільки чутливість ока вища в низькочастотній області.

Звично відкинуті коефіцієнти прирівнюють нулю. Далі застосовують послідовне і ентропійне стиснення.

Так працює алгоритм JPEG кодування. Все це дає зниження розміру масиву за допустимої якості зображення в 5–16 разів.

Хоча метод Адамара не завжди дає найкращі результати як деякі інші, натомість всі операції перетворення зводяться до складань і віднімань.

У растровій графіці зображення складається з різнокольорових пікселів. Комп'ютер присвоює номер кожному кольору палітри, тому кожному малюнку ми маємо відповідну числову матрицю O_n .

Над матрицею проводиться перетворення Адамара, тобто $S = H_n O_n H_n$, де S — спектр матриці O_n , H_n — матриця Адамара. Якщо зображення великого розміру, то для застосування до нього перетворення потрібні значні обчислювальні ресурси.

Обробляючи матрицю S , ми матимемо матрицю S^P .

Ми розглядатимемо стиснення графічної інформації з втратами. Тобто із стислого спектра S^P неможливо при декодуванні отримати початковий малюнок. Але стискатимемо так, щоб втрати якомога менше сприймалися оком при демонстрації цієї графічної інформації.

Відтворимо зображення, знаходимо $O^P = H_n S^P H_n$. При відновленні зображення точкова завада рівномірно розмазується — розподіляється з однаковою вагою вздовж усієї матриці, її вплив нівелюється. Процедура стиснення полягає в збереженні лише ненульових елементів спектра S та елементів, які за модулем вище встановленого порогу.

Розглянемо процес обробки зображень у вигляді такої послідовності:

- отримання початкового зображення;
- переведення зображення в необхідну колірну модель;
- перетворення Адамара;
- форматування спектра;
- розбиття на блоки;
- обробка інформації, що міститься в блоках;
- зворотне перетворення Адамара.

Для отримання зображення, можливо, кілька разів доведеться провести обробку, що полягає в скороченні зернистості, але зі збереженням контурів у зображенні (тобто малі перепади рівня усереднюємо, а великі — залишаємо). Для цієї мети звичайно застосовують градієнтний фільтр.

Основний результат статті — це моделювання процесу кодування, передачі спектра та декодування і встановлення образу. Зробимо це за допомогою двох файлів Microsoft Excel, яким дамо назви «Передавач» і «Приймач».

Використовуватимемо так звану нормалізовану матрицю Адамара порядку 1, 2, $2n$:

$$H_1 = [1] \quad H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad H_{2n} = \begin{bmatrix} H_n & H_n \\ H_n & -H_n \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Створемо п'ять аркушів в Excel:

1 аркуш «Матриця Адамара». На ньому розташуємо матрицю Адамара (32×32) так.

Спершу розташуємо матрицю H_2 . Запишемо її у квадраті A1:B2. Скопіюємо її на квадрати C1:D2 та A2:B4. Виділимо на робочому аркуші область того самого розміру (2×2) — C3:D4.

Тепер введемо формулу множення елементів матриці H_2 на -1 . Для цього вставимо курсор у рядку формули =A1:B2*(-1) і закінчимо введення не натисканням клавіші <Enter>, як звичайно, а комбінацією клавіш <Ctrl + Shift + Enter>. Excel укладе формулу у фігурні дужки (=A1:B2*(-1)). Аналогічно маємо матриці $H_4 \dots H_{32}$.

2 аркуш «Образ». На ньому розташуємо малюнок — матрицю (32×32) з цифр 1, 5, 9. Використаємо умовне форматування, розфарбуємо малюнок — матрицю у три кольори: менше 3,33 — зелений, більше 3,33, але менше 6,66 — синій, більше 6,66 — жовтий.

3 аркуш «Технічна». На ньому розташуємо результат добутку матриць $T = H_n O_n$ (тут і далі $n = 32$). Використаємо функцію =МУМНОЖ().

4 аркуш «Спектр». На ньому розташуємо спектр образу $S = T H_n$.

Треба поділити кожен елемент матриці «Спектр» на n , тобто 32, тому що формули (1) та (3) різняться на коефіцієнт $k = \sqrt{n} = \sqrt{32} = 4\sqrt{2}$.

За допомогою функції *Спеціальная вставка* спектр копіюється в наступний аркуш. Цю дію здійснюємо за допомогою створеного макросу «Копіювання».

5 аркуш «Виправлений спектр».

Усі експерименти робимо на цьому аркуші — вище згадані «Пороговий відбір», «Зональний відбір» та штучні похибки.

Можливий варіант:

В області D_0 всі елементи зробимо рівні 0. Якщо $\min D_1$ від'ємне та за модулем більше ніж $0,5 \max D_1$, тоді елементи більші ніж $0,5 \max D_1$ замінимо на $\max D_1$, елементи менші ніж $0,5 \min D_1$ — на $\min D_1$, елементи у діапазоні $(0,5 \min D_1 - 0,5 \max D_1)$ замінимо на 0. В іншому випадку, елементи більші ніж $0,5 \max D_1$ замінимо на $\max D_1$, менші — на 0. Аналогічно робимо в області D_2 . Таким чином, ми отримуємо стиснутий спектр.

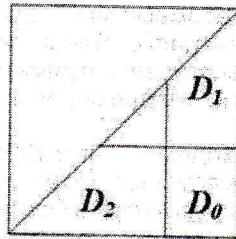


Рис. 1 — Розбиття на блоки спектра S

Скопіюємо файл «Передавач» і дамо назву «Приймач». Потім у файлі «Передавач» створимо макрос і відповідну кнопку «Передача», після активізації якої числова матриця з аркуша 5 «Виправлений спектр» перейде у файл «Приймач» на другий аркуш «Образ». Тобто засобами Microsoft Excel імітуємо безпроводну передачу малюнка. На четвертому аркуші «Спектр» файлу «Приймач» з'явиться декодований образ, малюнок з файлу «Передавач».

Зразок макросу:

Range(«A1:AF32»).Select

Selection.Copy

Windows(«Приймач.xls»).Activate

Range(«A1»).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
:=False, Transpose:=False

Range(«AG12»).Select.

Відмітимо, що файл «Передавач» може працювати як «Приймач» і навпаки, що впливає з властивостей матриці Адамара (формула 2). Це дуже важливо, наприклад, у космічних апаратах.

Б аркуш «Фільтр Зображення». На ньому розташуємо модель градієнтного фільтра. Якщо сигнал був прийнятий без похибок і процедури стиснення, у фільтрі немає потреби. Прийнятий малюнок буде ідентичним. В іншому випадку можуть з'явитися «плями», огріхи. На другому аркуші «Образ» файлу «Передавач» ми обрали два пороги 3,33 та 6,66. Наприклад, у комірки A1 було число 5, відповідно — синій колір, після реконструкції малюнка у файлі «Приймач» у комірки A1 з'явиться число 6,7, це вже жовта пляма на синьому фоні. Треба поріг 6,66 збільшити до 6,8 для всього малюнка. Зробити це можна у ручному режимі, тобто за допомогою пензлика «Копировать формат», а краще автоматично, використовуючи два об'єкти «Смуга прокрутки», панелі Форма.

Висновки. Модель «Передавач — Приймач», що створена на базі файлів Microsoft Excel і макросів, які написані мовою VBA [1–4], дозволяють проводити дослідження і експериментально перевіряти деякі математичні теорії стиснення та завадозахищеності інформації, прищеплюють студентам корисні навички для роботи з ПК і дають досвід проведення дослідницьких робіт. Викладачу дають змогу спростити і наочно демонструвати деякі складні процеси роботи електронних приладів, що дуже важливо у роботі зі студентам з особливими потребами.

Матрицы Адамара широко применяются в теории и практике цифровой обработки сигналов, помехозащищенности передачи информации. В работе описан алгоритм сжатия и передачи информации. Для обучения студентов создана модель «передатчик — приемник» средствами Microsoft Excel.

Ключевые слова: матрица Адамара, помехозащищенность, сжатие информации, Microsoft Excel, макрос.

The Hadamard matrices are widely used in theory and application of digital signal processing, noise immune communication. The algorithm of compression and passing to information is in-process described. The model «transmitter — receiver» is created by facilities of Microsoft Excel for teaching of students.

Key words: Hadamard Matrix, compression information, noise immunity, Microsoft Excel, macros.

Література

1. Герасін О. І., Комп'ютерний практикум: навч. посіб. для дистан. навчання / О. І. Герасін, О. В. Охріменко. — К.: Університет «Україна» 2007. — 330 с.
2. Герасін О. І. Методи стиснення графічної інформації за допомогою матриці Адамара / О. І. Герасін // Державне управління і право: зб. наук. праць. — У 2-х ч. — Ч. 2 / Київський нац. Ун-т к-ри і мистецтв; Ін-т державного управління і права. — К., 2006. — Вип. 1. — 224 с. — Тези доповідей. — С 77–79.
3. Герасін О. І. Модульний принцип у викладанні програмування на мові VBA / О. І. Герасін // Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами: збірник наукових праць. — №5(7) Університет «Україна». — К., 2008 — С.162.
4. Герасін О. І. Особливості викладання програмування на мові VBA / О. І. Герасін // Науковий вісник АМУ. Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології управління. — Серія «Техніка»: зб. наук. праць. — К., 2008.
5. Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлдон. — М.: Мир, 1976.
6. Петухов С. В. Матричная генетика, алгебры генетического кода, помехоустойчивость / С. В. Петухов; предисл. К. В. Фролова. — М.: РХД, 2008. — 316 с.
7. Холл М. Комбинаторика; пер. с англ. / М. Холл. — М., 1979
8. Понсен. Использование преобразования Адамара для кодирования и сжатия сигналов изображения / Понсен. // Зарубежная радиоэлектроника. — 1972. — № 3. — С. 30–56.
9. Soifer V. A. Identification of fingerprints using the directions fields, Proceedings of the 4-th Russian-German Workshop «Pattern Recognition and Image Analysis» / V. A. Soifer, V. V. Kotlyar, S. N. Khonina, R. V. Skidanov. — P. 139–143, Valday, (1996).
10. Walsh J. P. // Amer. Jour. Math. — 1923. — Vol. 55. — P. 241–279.