

УДК 004.054

*А.Ю. Жулковський, студент гр. ПО-61м,
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

ВИМІРЮВАННЯ МПФ КАМЕР МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ МЕТОДОМ ПОХИЛОГО КРАЮ

Анотація. Модуляційно передавальна функція (МПФ) - це просторово частотна характеристика систем зображень, і тепер вона розробляється для об'єктивної оцінки якості об'єктива та камери. В даному документі розглянуто метод похилого краю та його принцип для вимірювання МПФ цифрової камери.

Ключові слова: МПФ, цифрова камера, метод похилого краю.

ВСТУП

Модуляційно передавальна функція (МПФ) асоціюється з дослідженням якості оптичних систем від впровадження лінійного системного аналізу у цій області. Попит на оптичні системи з вищою роздільною здатністю росте, тому розробники, дослідники та метрологи все частіше звертаються до МПФ як до універсального методу, що відображає просторово частотну характеристику зображувальних систем, та є об'єктивною метрикою для кількісної оцінки якості зображень цифрової камери. МПФ описує здатність камери фіксувати дрібні деталі, виявлені в оригінальній сцені. На сьогоднішній день запропоновано велику кількість методів для вимірювання МПФ цифрових камер. Серед них є лабораторні, що вимагають спеціального обладнання, та методи, які базуються на дослідженні вихідного зображення, отриманого при фотографуванні тестових мір. При використанні синусоїдальної чи прямокутної міри для вимірювання через дискретну характеристику вибірки камери ПЗЗ, виникає похибка реєстрації між зображенням ліній ґратки, утвореними оптикою, і просторово-дискретними пікселями матриці у фокальній площині. Щоб зменшити ефект від реєстраційної похибки, ми повинні провести велику кількість вимірювань, переміщуючи міру та вибираючи максимальну вимірювану величину як значення МПФ системи камери з цією просторовою частотою. Переміщення має бути невеликим, відповідно до розміру пікселя, тому важко провести точне дослідження за допомогою цього традиційного методу. Крім того, вимірювання з вибраною решіткою може дати лише одне або декілька значень МПФ на його основних або нижчих гармонічних частотах. Для того, щоб отримати всю криву МПФ, необхідно повторити дослідження з різними решітками із різними частотами. Порівняно з цим традиційним методом, метод похилої площини може ефективно збільшити частоту дискретизації та зменшити ефект реєстраційної похибки на вимірювану МПФ цифрової камери.

МЕТОД ПОХИЛОГО КРАЮ

Метод похилого краю полягає у формуванні краю на матриці, трохи нахиленому щодо піксельних рядків (або стовпчиків). МПФ – це модуль оптичної передавальної функції (ОПФ), що є прямим перетворенням Фур'є функції розсіювання лінії (ФРЛ). ФРЛ можна отримати шляхом обчислення першої похідної із функції розсіювання краю (ФРК) (англ. Edge spread function).

МПФ камери отримується шляхом аналізу отриманих даних зображення поблизу нахиленої чорно-білої кромки.

АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ МПФ

Спершу виготовляється тест міра у вигляді похилого краю (рис. 1.) із кутом нахилу 4-6 градусів від вертикалі чи горизонталі, та довжиною не менше 100 пікселів.



Рисунок 1 Похилий край (400x200 пікселів)

Розглянемо ФРЛ у отриманому зображенні. Скористаємось наступною формулою:

$$E(i, j) = \frac{E'(i, j) - B}{W - B} \quad (1)$$

де $E(i, j)$ - сірі дані після обробки, $E'(i, j)$ - дані зображень у вибраній області, B - сіра інформація темного тла тест міри, W - сіра інформація білого кольору фон тест міри.

Далі центроїд кожної лінії, що визначає положення краю, розраховується за формулою:

$$C(j) = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} j \times [E(i, j+1) - E(i, j)]}{\sum_{j=1}^{n-1} [E(i, j+1) - E(i, j)]} \quad (2)$$

Припустимо, що найкраща лінія:

$$y = a + bx \quad (3)$$

Далі

$$b = \frac{\sum x_i \sum y_i - m \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - m \sum x_i^2} \quad (4)$$

де, m - кількість точок краю, x_i - позиція рядка краю, y_i - позиція стовпця краю. Відповідно до вибірки найкращої лінії знаходимо ФРК. Вибірка ФРК диференційована, щоб отримати вибірку ФРЛ. Просторово частотна характеристика ПЗЗ-камери обчислюється дискретним перетворенням Фур'є (ДПФ) даних ФРЛ. МПФ може бути виведена з просторово частотної характеристики відповідно до наступної формули:

$$МПФ(f) = \frac{SFR(f)}{FR_{target}(f) \times T_{deriv}(f)} \quad (5)$$

де SFR просторово частотна характеристика, $FR_{target}(f)$ є частотною харак-

теристикою нахилу краю, $T_{deriv}(f)$ є корекційним фактором, викликаний введенням з трьох точок. $T_{deriv}(f)$ визначається як

$$T_{deriv}(f) = \sin c(\delta k f) \quad (6)$$

де δ - інтервал вибірки даних, k дорівнює 2 для триточнової похідної

ВИСНОВКИ

В ході роботи розглянуто традиційний метод прямокутного цільового вимірювання МПФ цифрових камер. З огляду на виявлені недоліки було проведено пошук альтернативних методів дослідження МПФ. Обраний для подальшого дослідження метод базується на дослідженні кромки контрастного зображення. В даному випадку гострий поздовжній край використовується для побудови функції розсіювання лінії. ФРЛ в свою чергу отримується шляхом нормованої згортки першого порядку функції розсіювання краю. Даний метод дозволяє отримати двовимірну функцію розсіювання точки, базуючись на отриманих функціях розсіювання лінії за допомогою теореми Фур'є. В результаті порівнянь, отриманих МПФ камери за допомогою двох методів, можемо стверджувати, що за допомогою методу похилого краю можна досягнути більш точних результатів, ніж традиційний, що використовує прямокутні цілі. Крім того, слід відзначити, що потрібно лише одне зображення для отримання всієї кривої МПФ, це, в свою чергу, забезпечує швидкі вимірювання.

В подальшому планується підтвердити, що при невеликих кутах результати вимірювання МПФ практично не залежать від кута нахилу похилого краю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. M.Estribeau*, P.Magnan. Fast MTF measurement of CMOS imagers using ISO 12233 slantededge methodology // SUPAERO – Integrated Image Sensors Laboratory, 10 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
2. How to Measure MTF and other Properties of Lenses // Optikos Corporation 107 Audubon Road, Bldg. 3 Wakefield, MA 01880 USA
3. Ma Wenpo, "Discussion of CTF and MTF for sampled imaging system," [J]. Spacecraft recovery and remote sensing, 22(4):42~51(2001).
4. ISO, "Photography-Electronic still- picture cameras-Resolution measurements," ISO 12233
5. P.D. Burns, "Slanted-Edge MTF for Digital Camera and Scanner Analysis," Proc. IS&T 2000 PICS Conference, 135~138(2000).

Науковий керівник: д.т.н., проф. Боровицький В.М.