МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КРУГОВОГО НАКЛАДЕННЯ МУАРОВОГО ЗРАЗКА ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ДАНИХ

Анатолій Пєтух[1], Вікторія Войтко[2], Олександр Ольштинський[3]

[1]Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна
[1]тел.: (0432) 59-80-66, E-Mail: petukh@mail.ru, тел.(0432) 59-84-96, E-Mail: vojtko@vstu.vinnica.ua,
[3] тел.: (0432) 59-84-83, E-Mail: sa.shok@mail.ru

Розробка сучасних засобів відображення інформації обумовлює пошук методів підвищення дозволяючої здатності сприйняття даних. У зв'язку з цим актуальним є використання муарового ефекту у пристроях відображення з метою підвищення зображувальної здатності та удосконалення шкали вимірювання при оцінюванні метрологічних ознак зображень.

Муаровий зразок виникає при накладанні двох періодичних сітчастих малюнків. Це явище обумовлене тим, що елементи двох малюнків повторюються з різною частотою, забезпечуючи періодичне накладання елементів та утворення проміжків.

Нелінійна взаємодія оптичних зразків ліній створює реальний і видимий зразок горизонтальних темних і світлих груп, який називають "муаровим". Складніші лінії муарового зразка створюються, у випадку викривлення ліній або не забезпечення точної паралельності. Муаровий зразок, який проявляється у складних формах чи послідовностях символів, вкладених в один з шарів (у вигляді повторів стиснутої форми), формує вигляд стрічкового зразка. Одна з найголовніших властивостей муарового ефекту – його здатність збільшити дуже маленькі форми вздовж будь-яких форм [1]. Загальний 2D приклад муарового збільшення відбувається при розгляданні огорожі, сплетеної із дроту, крізь іншу огорожу, аналогічно сплетену. При чому чітка структура зразка видима навіть на великих відстанях.

Аналогічно до ліній лінеарного муарового зразка, утвореного за допомогою паралельних ліній, концентричне накладення щільних періодичних зразків шару, що охоплюють радіальні форми ліній, збільшує періодичність муарового зразка з радіальними лініями (рис. 1).

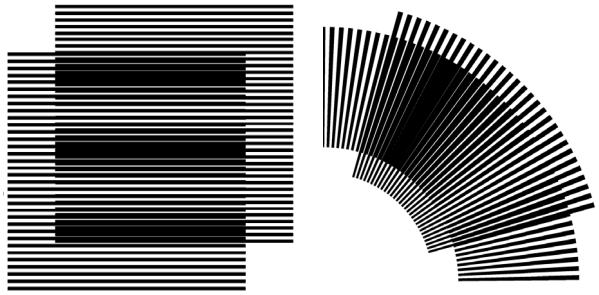

Рис.1. Лінеарний та радіальний муарові зразки

Відмінність радіального зразка від лінеарного полягає лише в зміні горизонтальної лінії радіусом і сектором. Повні кола зразків шару однаково діляться на номери цілого числа радіальних ліній. Число радіальних ліній базового шару позначимо як nb, а число радіальних ліній виявляючого шару – nr.

Під періодом pm муарового зразка розуміємо відстань від однієї точки, де лінії обох шарів перекриваються, до наступної точки з аналогічним перекриттям. Якщо перераховувати лінії шару, починаючи від точки, де вони перекриваються у випадку коли pb > pr, то лінії базового шару (base layer) з довгим періодом пересуваються швидше, ніж лінії виявляючого шару (revealing layer) з невеликим періодом [2]. На половині відстані pm лінії базового шару випереджають лінії виявляючого шару на половину періоду (pr / 2), завдяки чому відбувається накладання ліній та формування темної зони. На відрізку, рівному відстані pm, лінії базового шару випереджають лінії виявляючого шару на повний період pr, тому знову відбувається накладання. Такі процеси взаємовпливу можемо описати у вигляді виразу (1):

$$\frac{p_m}{p_r} = \frac{p_m}{p_b} + 1 \tag{1}$$

Із рівняння (1) отримуємо формулу (2) для визначення періоду (pm) накладання зображення:

$$p_m = \frac{p_b \cdot p_r}{p_b - p_r} \tag{2}$$

Періоди pb і pr характеризуються кутами між центральними радіальними секторами сусідніх ліній і знаходяться за виразами (3):

$$p_b = \frac{360^\circ}{n_b}$$
$$p_r = \frac{360^\circ}{n_r} \quad (3)$$

Підставивши вирази (3) у вираз (2) перепишемо формулу знаходження періоду накладення зображення у вигляді (4):

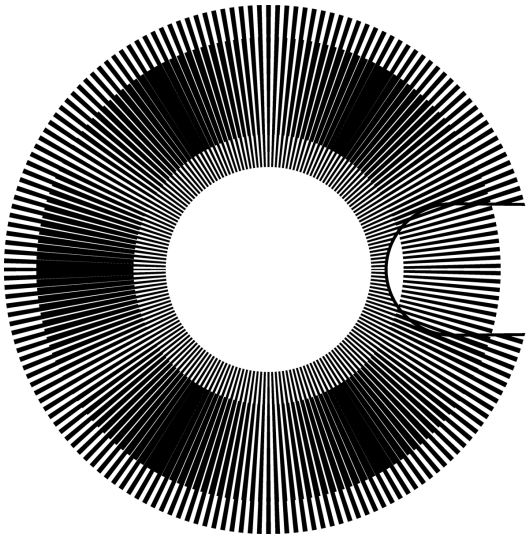

Рис.2. Накладення двох шарів з регулярно роздільними радіальними сегментами

$$p_m = \frac{360^\circ}{n_r - n_b} \quad (4)$$

Отже, число радіальних ліній nm відповідає різниці між номерами ліній шару (див. вираз (5)).

$$n_m = | n_r - n_b | \quad (5)$$

Якщо в зразках шару повні кола діляться на ціле число ліній шару, коло накладеного зображення також ділиться на ціле число ліній.

Радіальні лінії на рис. 2 мають постійну кутову товщину, що надає їм форму сегментів, які є товстішими у зовнішніх кінцях і тоншими у внутрішніх кінцях. Товщина радіальних ліній впливає на темну зону накладання зображення та ширину муарової зони, але не здійснює ніякого впливу на інші чинники, такі як, наприклад, період накладання зразка. У розглянутому випадку кутова товщина лінії шару визначається півперіодом, тобто товщина ліній базового шару рівна pb / 2, а товщина ліній виявляючого шару складає pr / 2.

Розглянемо зміщення шарів з паралельними лініями. У випадку, коли виявляючий шар рухається перпендикулярно до ліній шару на один повний період (pr), накладене оптичне зображення повинно бути ідентичним початковому. Це означає, що муарові лінії перетинають відстань, рівну періоду накладання зображення pm, поки виявляючий шар перетинає відстань, рівну його періоду pr. Якщо базовий шар вважаємо нерухомим (vb=0), то рівняння (6) є справедливим для співвідношення оптичної швидкості картинки з швидкістю виявляючого шара:

$$\frac{v_m}{v_r} = \frac{p_m}{p_r} \quad (6)$$

Підставивши у рівняння (6) вираз (2) отримаємо співвідношення (7):

$$\frac{v_m}{v_r} = \frac{p_b}{p_b - p_r} \quad (7)$$

Аналогічно отримуємо співвідношення (8) для шарів з радіальними лініями. Оптичний чинник руху шарів записуємо, реалізуючи заміну періодів pr та pb відповідне їм число радіальних ліній, користуючись виразами (3).

$$\frac{v_m}{v_r} = \frac{n_r}{n_r - n_b} \quad (8)$$

Значення vr і vm характеризують кутові швидкості. Оптимальне від'ємне значення прискорення тут означає обертання накладеного зображення в напрямку, протилежному до обертання виявляючого шару. З урахуванням виразу (5) абсолютна величина оптичного чинника руху буде визначатися співвідношенням (9):

$$\left| \frac{v_m}{v_r} \right| = \frac{n_r}{n_m} \quad (9)$$

На рис.3 наведено приклад муарового зразка, в якому число радіальних ліній виявляючого шару рівне 180, а число радіальних ліній базового шару складає 174. Знайдена за співвідношеннями (8,9) опти-

чна швидкість має значення 30, як показано на рис. 3, а число муарових ліній рівне 6.

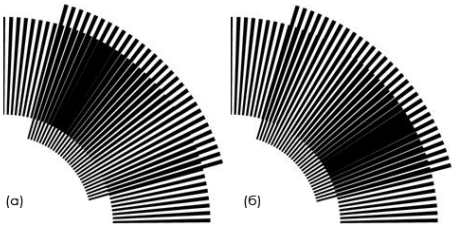

Рис.3. Обертання виявляючого шару на 1^0 в напряму руху годинникової стрілки спричиняє зміщення оптичного зображення на 30^0 у тому ж напрямку

Обробка отриманих зображень з використанням методів, орієнтованих на реалізацію принципів муарового ефекту, забезпечує можливість визначення мінімальних відхилень та врахування їх у процесі побудови оціночних функцій. Розуміння залежностей зміни розміщення муарових смуг, дозволяє використовувати муаровий ефект для побудови точної шкали вимірювань, яка може використовуватись як альтернатива існуючим шкалам.

Література

[1] Anil K. Jain, Mário Figueiredo, and Josiane Zerubia (editors) (2001). Energy Minimization Methods in Computer Vision and Pattern Recognition.
[2] Amidror, I. The Theory of the Moiré (Computational Imaging and Vision). Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 2000.