

Винахід стосується поліграфічної технології виготовлення друкарських форм, зокрема способів цифрового растровання зображень з модульованою частотою і може бути використаний для підготовки зображень до виведення на фотоплівку чи прямого запису на формні основи на будь-якому цифровому вивідному пристрої.

Відомі способи цифрового растровання, зокрема шляхом поелементного порівняння цифрового зображення з матрицею критичних значень [1], або шляхом використання фрактальних кривих [2], або використання принципу поширення похибки [3].

Найбільш поширеним та універсальним є спосіб, який базується на принципі поширення похибки і полягає в тому, що значення півтонового елемента порівнюють з певним критичним значенням (найчастіше 127-50% тону), обчислюють похибку, надають елементу бінарного значення 0 чи 255 (чорне чи біле), додають похибку, чи хоча б її частину до наступного неопрацьованого елемента.

Проте поелементне опрацювання зображення у цьому способі, викликає утворення регулярних структур в ділянці 50 % тону та низьку швидкість через необхідність складних обчислень.

Відомий та вибраний прототипом спосіб цифрового растровання з модульованою частотою, який використовується для репродукування одно та багатobarбових зображень і полягає у використанні комбінованого алгоритму, зокрема алгоритму поширення похибки та порівняння з матрицею критичних значень [4]. Оригінал сканують, роблять кольороподіл, (кожне зображення являє собою матрицю півтонових елементів (пікселів) з певними цифровими значеннями), проводять бінаризацію, при якій матрицю-зображення поділяють на квадратні чи прямокутні блоки розміром 4x4, 8x4, 6x3 та ін. окремих пікселів. Таке блокове опрацювання дозволяє спростити та пришвидшити процес растровання зображення порівняно з поелементним опрацюванням. В межах кожного блоку розраховують суму значень півтонових елементів та ділять на нормалізуючий фактор 2^8 (у випадку восьми-бітного представлення даних). Одержана частка визначає максимально можливу кількість зафіксованих елементів в межах даного блоку. Далі визначають які саме елементи можуть бути зафіксовані шляхом порівняння їх значень з матрицею наперед визначених критичних значень, розташованих у певній комбінації. Фіксуються лише ті елементи, значення яких перевищують критичні. Це важливо при кольоровому друкуванні, оскільки при накладанні кольороподілених зображень від кількості віддрукованих в одній позиції крапок залежить правильність кольоровідтворення. Отримана при діленні остача (похибка), розподіляється між сусідніми, ще не опрацьованими блоками для зменшення загальної похибки між півтоновим та дискретним зображенням.

Проте єдина комбінація розташування значень критичної матриці обмежує відтворення градації тонів, а також створює ймовірність появи регулярних структур, особливо в ділянці 50% тону. Поширення похибки лише у двох напрямках не достатнє, оскільки неопрацьовані блоки пікселів отримують досить велике значення похибки, а це вносить додаткові спотворення при друкуванні тонової шкали, що відбивається на якості зображення. Крім того великі розміри блоків сповільнюють процес растровання.

В основу винаходу поставлено завдання розширити градацію відтворюваних тонів, ліквідувати ймовірність утворення регулярних структур в межах растрованого зображення, і за рахунок цього створити умови для одержання репродукції, максимально наближеної до тонового оригіналу, що, в свою чергу, покращить якість друкованого зображення.

Поставлене завдання досягається тим, що у способі цифрового растровання зображень, який полягає в тому, що оригінал сканують, роблять кольороподіл, проводять бінаризацію, при якій матрицю-зображення поділяють на квадратні блоки, в межах кожного блоку визначають максимально можливу кількість зафіксованих елементів, обчислюють похибку бінаризації, яку розподіляють між сусідніми, ще не опрацьованими блоками для зменшення загальної похибки між півтоновим та бінарним зображеннями та визначають які саме елементи можуть бути зафіксовані, згідно з винаходом матрицю-зображення поділяють на квадратні блоки розміром 2x2 елементи, для визначення максимально можливої кількості зафіксованих елементів в межах кожного блоку розраховують середнє значення інтенсивності тону даного блоку, градацію тонів 0-255 розбивають на п'ять діапазонів з опорними значеннями, що відповідають 100%, 75%, 50%, 25%, 0% тону, визначають в який діапазон входить розраховане середнє значення і залежно від цього визначають максимально можливу кількість зафіксованих елементів в даному блоці, похибку бінаризації визначають як різницю між середнім значенням інтенсивності блоку та опорним значенням відповідного діапазону, ділять на декілька частин і розподіляють між сусідніми неопрацьованими блоками пікселів відповідно до коефіцієнтів заданого фільтра, елементи для фіксування визначають за пріоритетом початкових значень їх інтенсивності.

Завдяки поділу матриці-зображення на квадратні блоки розміром 2x2 піксели, похибка, одержана при бінаризації додається не до одного, а до групи елементів, що зменшує можливість небажаного накопичення даних похибки та спрощує обчислення при виконанні процесу растровання. Саме такий розмір блоків забезпечує компроміс між розширенням можливостей тоновідтворення та швидкістю виконання процесу растровання. Оскільки, завдяки запропонованому способу визначення максимально можливої кількості зафіксованих елементів в межах кожного блоку, один і той самий рівень градації сірого може імітуватися кількома різними комбінаціями растрової структури. Наприклад, ділянку 50% тону імітують шість комбінацій, у прототипі використовують лише одну. А при поелементному опрацюванні такі комбінації взагалі відсутні, оскільки один елемент з інтенсивністю сірого 50% імітується білим або чорним елементом, що зумовлює утворення шахової структури. Елементи для фіксування визначають за пріоритетом початкових значень їх інтенсивності. Таким чином растрова структура блоку не залежить від критичної матриці, завдяки цьому відпадає потреба зберігати в пам'яті масив критичних значень і постійно до нього звертатися при обчисленнях, а це, разом з невеликими розмірами блоків, сприяє збільшенню швидкості процесу растровання. Поширення похибки бінаризації у трьох напрямках зменшує значення похибки, доданої до неопрацьованих блоків пікселів, що зменшує додаткові спотворення при друкуванні тонової шкали та позитивно впливає на якість відбитка.

На фіг.1 зображено комбінації растрових візерунків для відтворення відповідних рівнів інтенсивності тону; на фіг.2 - спосіб визначення зафіксованих елементів в межах даного блоку;

на фіг.3 - дискретний розподіл відстаней між растровими елементами в межах поля (яке імітує 50% тону),

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 2 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

растрованого за алгоритмом з використанням матриці пріоритетів поширення похибки ;

на фіг.4 - частотно-градаційну характеристику алгоритма з використанням матриці пріоритетів поширення

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 2 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

похибки ;

на фіг.5 - зображення, растроване за алгоритмом з використанням матриці пріоритетів поширення похибки

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 2 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

на фіг.6 - градаційну шкалу, растровану за алгоритмом з використанням матриці пріоритетів поширення

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 2 \\ \hline 1 & 1 \\ \hline \end{array}$$

похибки ;

на фіг.7, 8, 9 - характеристики алгоритму растровання з використанням матриці пріоритетів поширення

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 1 \\ \hline 2 & 1 \\ \hline \end{array}$$

похибки ;

фіг.10, 11, 12 - характеристики алгоритму растровання з використанням матриці пріоритетів поширення

$$\begin{array}{|c|c|} \hline \Delta & 1 \\ \hline 1 & 2 \\ \hline \end{array}$$

похибки ;

Спосіб здійснюють таким чином.

Півтонове зображення сканують, виконують коректування по кольору та градації і роблять кольороподіл. Для виконання цих операцій використовують будь-яку комп'ютерно-видавничу систему, в яку входить скануючий пристрій, комп'ютер та програмне забезпечення для опрацювання зображень (наприклад, PhotoShop).

Кожне з кольороподілених зображень у цифровому вигляді являє собою матрицю, яка має $N \times M$ елементів a_{ij} значеннями інтенсивностей I_i в градаціях сірого (0-255). Для отримання бінарного зображення, яке складається з білих 1 і чорних 2 елементів, градацію сірого (0-255) ділять на п'ять діапазонів, з опорними значеннями I_0 , що дорівнюють $I_0=0$, $I_0=64$, $I_0=128$, $I_0=192$, $I_0=255$, (100%, 75%, 50%, 25%, 0% тону відповідно) (фіг.1), причому значення діапазонів стали числа і задані наперед. Спеціальна комп'ютерна програма зчитує та опрацьовує блоки елементів 2×2 по-порядку зліва направо і зверху вниз. Спочатку зчитуються початкові значення інтенсивності I_{ij}

кожного елемента блоку $\begin{vmatrix} a_{ij} & a_{i,j+1} \\ a_{i+1,j} & a_{i+1,j+1} \end{vmatrix}$. Всі зчитані значення сумуються і до отриманого результату додається частина похибки, отриманої при опрацюванні попереднього блоку елементів. Отримане значення сумарної інтенсивності блоку ділиться на чотири (кількість елементів блоку). Обчислене середнє значення інтенсивності I_c аналізується, в який саме діапазон градації тонів воно входить, якщо значення I_c знаходиться в межах $I_c \in [0; 32]$, фіксуватиметься чотири елементи, $I_c \in [33; 96]$ - три елементи, $I_c \in [97; 160]$ - два елементи, $I_c \in [160; 224]$ - один елемент і $I_c \in [225; 255]$ - нуль елементів, (фіг.1). Далі початкові значення інтенсивності I_{ij} кожного елемента блоку

$\begin{vmatrix} a_{ij} & a_{i,j+1} \\ a_{i+1,j} & a_{i+1,j+1} \end{vmatrix}$ сортуються по зростанню і фіксуються ті з них, що мають більші значення у кількості, визначеній за середнім значенням інтенсивності блоку (фіг.2). В результаті бінаризації виникає похибка, яка визначається як різниця між середнім значенням інтенсивності блоку I_c та опорним значенням I_0 відповідного діапазону.

$\Delta = |I_c - I_0|$. Отримана похибка Δ ділиться на декілька частин і передається сусіднім блокам елементів відповідно з коефіцієнтами заданого фільтра. В даному випадку похибка ділиться на чотири частини, дві з яких додається до блоку справа, одна - до блоку знизу та одна до блоку по діагоналі вниз.

Наступний блок елементів опрацьовується таким же чином.

В результаті опрацювання за описаною послідовністю отримують зображення з частотно-модульованою структурою. Растрова структура кожного поля градаційної шкали дуже близька до хаотичної.

Приклад:

Для кількісного аналізу отриманих растрових структур використовували дискретний розподіл $p(l)$ характерних відстаней l між сусідніми елементами a по рядках і стовпцях матриці-зображення. Обґрунтуванням такого підходу є те, що зчитування елементів зображення відбувається по-лінійно, і сусідні діагональні елементи знаходяться в наступному рядку чи стовпці. Для невпорядкованої структури растрових елементів середньостатистичні відстані $\langle l \rangle$, по рядках та $\langle l \rangle_s$, по стовпцях визначають величину середньостатистичної відстані по діагоналях i , таким чином, дозволяють визначити кількісну характеристику даної структури та передбачити ситуацію виникнення шкідливих візуальних ефектів.

На основі дискретного розподілу характерних відстаней для растрової структури визначали величини:

$$\langle l \rangle = \sum_{l=1}^N lp(l) / \sum_{l=1}^N p(l), \text{ та } \langle v \rangle = 1 / \langle l \rangle,$$

де $\langle l \rangle$ - середньостатистична відстань між сусідніми елементами;

$\langle v \rangle$ - середньостатистична частота розташування растрових елементів.

Використовуючи розраховані величини, визначали частотно-градаційну характеристику, зокрема залежність середньостатистичної частоти розташування растрових елементів в межах певного толя. від його відносної площі: $S=f(\langle v \rangle)$. Відносну площу растрових елементів для частотно-модульованої структури розраховували за формулою:

$$S_{\text{відн}} = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M l_{ij}$$

де $S_{\text{відн}}$ - відносна площа растрових елементів a_{ij} , зі значенням інтенсивності $l_{ij}=0$, або $l_{ij}=1$;

$N \times M$ - розмірність матриці поля.

Особливістю частотно-градаційної характеристики є те, що її будували, аналізуючи значення відстаней між растровими елементами окремо у рядках і у стовпцях досліджуваної матриці для повної характеристики частотно-модульованої структури.

На фіг.3-6 приведені характеристики способу растрівання з використанням фільтра для поширення похибки

Δ	2
1	1

та відповідні растровані зображення. На фіг.3 подано дискретний розподіл відстаней між растровими елементами в межах поля (яке імітує 50% тону), растрованого за цим алгоритмом. Як видно з фіг.3 у рядках та стовпцях між растровими елементами приблизно однакова кількість варіантів характерних відстаней. Тобто утворюється однорідна хаотична структура, між чорними елементами якої 16167 разів зустрічається відстань в один білий елемент у рядках 3 та 16227 у стовпцях 4. Відстань у два білих елементи - 8146 разів у рядках 5 та 8118 у стовпцях 6. Відстаней у три та чотири білих елементи набагато менше, але кількість їх також приблизно однакова в рядках 7 та у стовпцях 8 матриці-зображення. Отже, за допомогою цього методу визначили найбільш характерні відстані та відповідні їм частоти даної структури. А також встановили відсутність небажаних візуальних ефектів у вигляді вертикальних чи горизонтальних смуг, на які завжди вказує велика різниця між значеннями характерних відстаней між елементами в рядках та у стовпцях матриці-зображення. На відсутність шахівниці, відстань між елементами якої лише один піксел, вказує те, що характерних відстаней є декілька.

Використовуючи згаданий метод, описали лише одне поле градаційної шкали, яке імітує 50% тону і є найбільш проблематичним для відтворення. Для аналізу всієї градації зручніше використовувати частотно-градаційну характеристику. Для даного алгоритму характеристика має дві симетричні вітки: перша з них характеризує перехід від півтонів до світлих ділянок і, відповідно, друга - від півтонів до темних ділянок растрового зображення. По обох вітках зменшується майже по лінійному закону величина середньостатистичної частоти. Форма частотно-градаційної характеристики 9 така ж, як характеристики 10. Те, що криві співпадають свідчить про однаковий розподіл елементів у рядках та стовпцях матриці-зображення, тобто структура однорідна. На відсутність регулярних візерунків вказує максимальне значення середньостатистичної частоти, яке в обох випадках рівне 0,75, що свідчить про неможливість утворення шахової чи смугастої структури, отже, растрові структури полів шкали носять хаотичний характер, що і підтверджує візуально тонова шкала 12. Фрагмент сюжетного зображення 11 віддруковано з роздільною здатністю 72 dpi для доведення, що регулярні структури в межах зображення не виникають, навіть у найбільш проблематичній ділянці 50 % тону 14. І, навіть, при такій роздільній здатності видно відмінне відтворення деталей в тінях 15 та у світлих областях 13.

Крім згаданого фільтра для експериментального растрівання використали фільтри поширення похибки

Δ	1
2	1

Δ	1
1	2

та

,

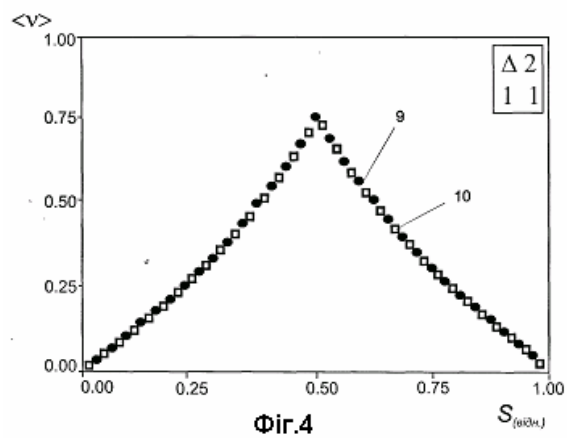
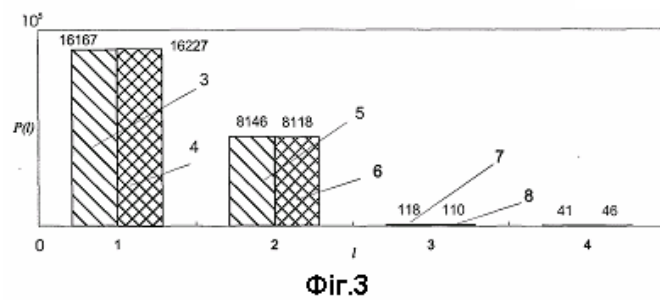
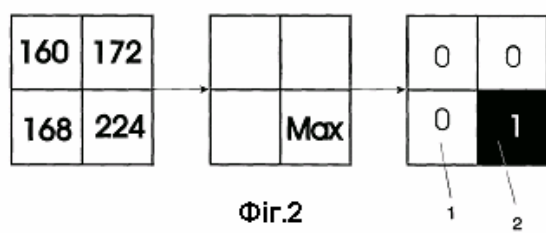
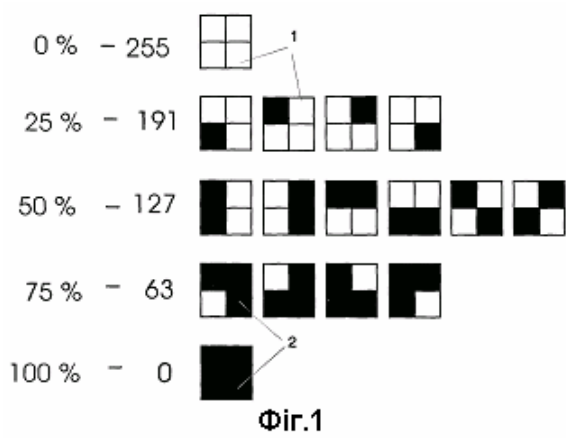
(фіг.7-12). В обох випадках дещо змінюються растрові структури полів градаційних шкал 16 і 20. Кількісні характеристики, тобто розподіли характерних відстаней 17 та 21, а також частотно-градаційні характеристики 18, 19, 22, 23 аналогічні до вище описаних (фіг.3-6). Отже зміна пріоритетів поширення похибки суттєво не впливає на якість відтворення зображення, і лише за візуальною оцінкою найкращі результати

Δ	2
1	1

одержуються при використанні фільтра

Джерела інформації:

1. Bayer B. E., An optimum method for two level rendition of continuous-tone pictures //Proc. IEEE International Conference on Communications, Conference Record, 1973. -pp.11-26.
2. ЕР №0620677, Кл. H04N1/40, публ. 1994р.
3. Floyd R. W., Steinberg L. An Adaptive Algorithm for Spatial Greyscale //Proc. SID, vol. 17/2, 1976. -pp.75-77.
4. ЕР №0444290, Кл. H04N1/46, публ. 1994р.



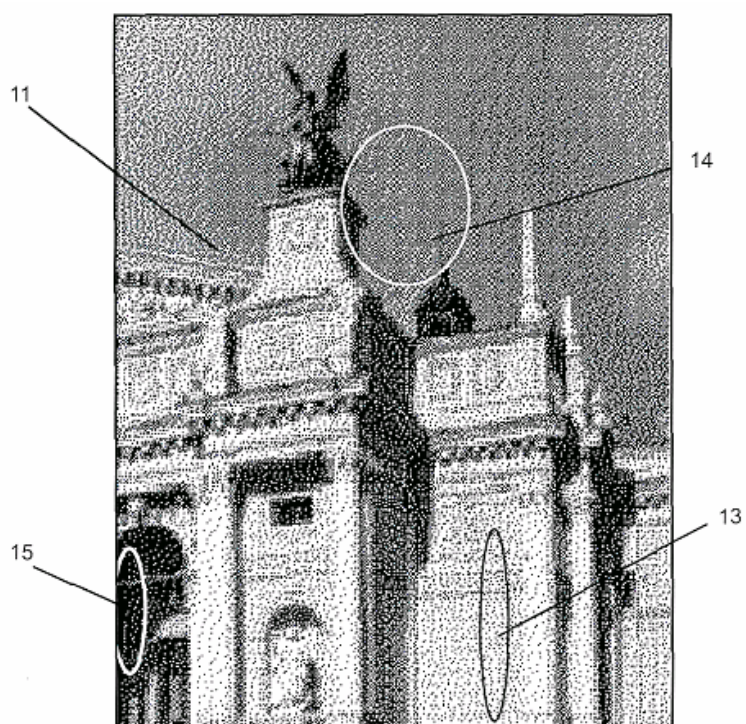


Fig.5

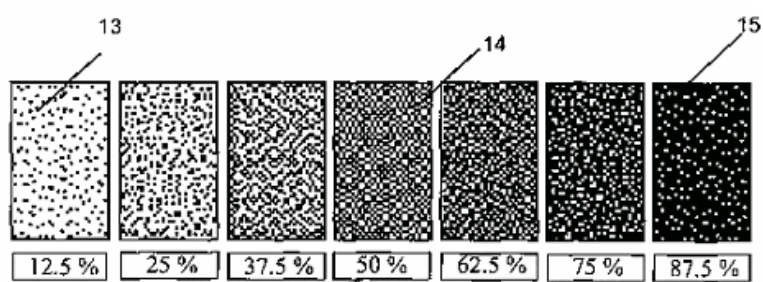


Fig.6

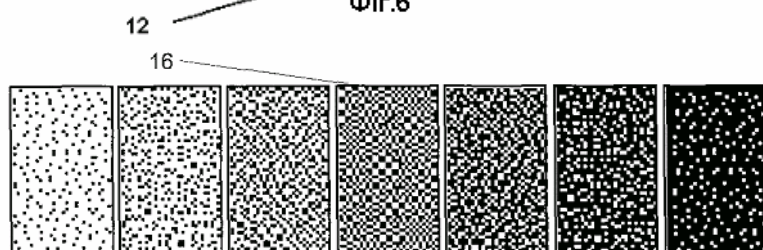


Fig.7

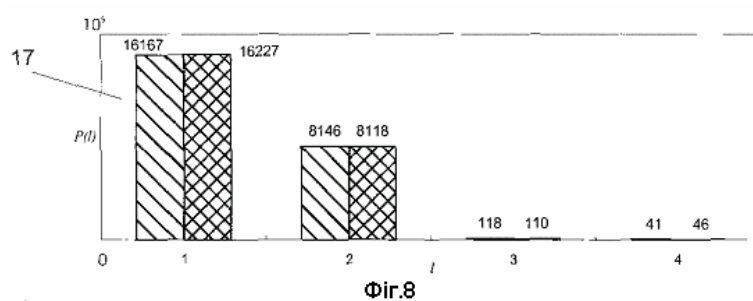


Fig.8

