

УДК 621.328

Г.Д. ДОРОЩЕНКОВ, Л.О. ВОЛОНТИР, С.В. ДУСАНЮК, С.В. М'ЯСНЯНКИНА

ФОРМУВАННЯ ГРАДАЦІЙ ЯСКРАВOSTІ НА ОСНОВІ ЛОГІКО-ЧАСОВОГО БАЗИСУ В ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ВІДЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

*Вінницький національний технічний університет
95, Хмельницьке шосе, Вінниця, 21021, Україна*

Анотація. В даній статті розглянуті математичне обґрунтування та питання структурної організації відеоінформаційних систем на основі оптоелектронної елементної бази з використанням методів логіко-часового відтворення зображень.

Аннотация. В данной статье рассмотрены математическое обоснование и вопросы структурной организации видеоинформационных систем на основе оптоэлектронной элементной базы с использованием методов логико-временного воспроизведения изображений.

Abstract. This article deals with mathematical foundation and questions with structural organization of video information systems based on optoelectronic component basis using methods of logic-time image reproduction.

Ключові слова: відеоекран, напівтонові зображення, світлодіод, логіко-часова функція, градація яскравості, комірка відображення.

ВСТУП

Інтелектуальне керування великими інфраструктурами сучасних мегаполісів неможливе без якісних засобів представлення інформації та відтворення зображень. Сучасні системи відтворення зображень орієнтовані на підвищення ефективної яскравості та збільшення довговічності і надійності. У зв'язку з цим найбільшого поширення набувають відеоінформаційні системи на основі над'яскравих світлодіодів [1], завдяки новим розробкам засобів керування при відтворенні напівтонових кольорових зображень і наступним перевагам світлодіодів:

- в світлодіоді на відміну від лампи розжарювання або люмінесцентної лампи, електричний струм перетворюється в світлове випромінювання, теоретично це можливо без втрат;
- випромінювання здійснюється у вузькій частині спектру, що дозволяє формувати необхідні "чисті" кольори, при цьому ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання відсутні;
- світлодіод механічно стійкий, волого- і пилонепроникний, не має спіралей, електродів і інших деталей, що зношуються, виключно надійний, термін його служби може досягати 100000 ч, що майже в 100 разів більше, ніж у лампи розжарювання, і практично в 10 разів більше, ніж у газорозрядних ламп;
- кут огляду світлодіоду може варіюватися в широких межах (від 4 до 160 градусів);
- сучасні світлодіоди мають достатньо малі розміри, що дозволяє створювати екрани з кроком пікселя від 3 мм;
- світлодіоди володіють високою швидкістю, випромінювання наростає за доли мікросекунди після подачі імпульсу прямого струму, що робить їх незамінними в системах відображення інформації.

В найближчі роки світлодіодні відеоекрани набудуть широке застосування в професійних інсталяціях (ситуаційні центри, диспетчерські, телестудії і кінотеатри, транспортні термінали, інформаційні системи, системи Digital Signage та інші).

Серед нових розробок засобів керування при відтворенні напівтонових кольорових зображень перспективними вважаються структури на основі логіко-часового базису. Логіко-часові перетворення, відомі також як KVP–перетворення [2], не потребують складних та великих за обсягом обчислень, що значно спрощує процедуру розпізнавання та відтворення зображень. У процесі оброблення формується система визначників, яка функціонально залежить від вхідної інформації та ефективно працює для різних типів вхідних сигналів, зводячи їх до логіко-часового базису. Тому актуальною є задача розроблення

структурної організації відеоінформаційних систем на основі оптоелектронної елементної бази з використанням методів логіко-часового відтворення зображень.

МАТЕМАТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМУВАННЯ ГРАДАЦІЙ ЯСКРАВОСТІ НА ОСНОВІ ЛОГІКО-ЧАСОВИХ ФУНКЦІЙ

Розглянемо систему ЛЧФ двійкової логіки. Зрозуміло, що в цьому разі існує лише два можливих значення амплітуд $a=1$ або $a=0$. Такі функції позначаються $f(t, t_l, T_l)$, де t – поточне значення часу, t_l – часова координата, T_l – тривалість відрізка існування ($T_l \neq t_{g+l} - t_g$). Клас цих функцій є замкнутим по відношенню до операцій логіко-часової диз'юнкції, логіко-часової кон'юнкції, логіко-часового додавання та віднімання, операцій зсуву та затримки. Інтеграл таких функцій [3] визначається за формулою:

$$\int f(t, t_l, T_l) dt = T_l + C.$$

Клас ЛЧФ, що мають m часових координат відрізки існування яких не перетинаються. Позначаються такі функції $f(t, t_l, T_l, \dots, T_m)$, а інтеграл визначається за формулою [3]:

$$\int f(t, t_l, \dots, t_m, T_l, \dots, T_m) = (T_l + \dots + T_m) + C.$$

Слід відзначити, що інтеграл ЛЧФ у випадку, коли всі відрізки існування дорівнюють Δ -інтервалу ($T_i = \Delta_i, i = \overline{1, m}$), визначається за формулою:

$$\int f(t, t_l, \dots, t_m, \Delta_l, \dots, \Delta_m) = m\Delta + C.$$

В результаті обмеженої чутливості зоровий аналізатор людини розрізняє обмежене число градацій яскравості зображення. Обмеження утворене різними факторами, як фізичними (флуктуаційна характеристика світлового потоку), так і психофізіологічними (існування флуктуації в нервових каналах зорового аналізатора). Ці властивості дозволяють виконувати квантування сигналів за амплітудою.

Визначення. Інтегралом ЛЧФ k -значної логіки називається число, що дорівнює:

$$I = \sum_{i=1}^m a_i \cdot T_i, \quad a_i = \overline{0, k-1}.$$

У випадку двійкової логіки, інтеграл логіко-часової функції дорівнює:

$$I = \sum_{i=1}^m T_i.$$

Відчуття зміни яскравості зображення величиною ΔL достатньо великої площі по відношенню до фону з рівномірною яскравістю L_0 відбувається за законом Вебера-Фехнера [4]:

$$\Delta L / L_0 = k,$$

де значення $k=0,015 \div 0,02$ практично не змінюється. Якщо уявити градаційну шкалу з рівнями

$$L_{\min} < L_1 < L_2 < \dots < L_i < L_{i+1} < \dots < L_{\max},$$

для кожного з яких виконується відношення

$$(L_{i+1} - L_i) / L_i = k, \text{ тобто } L_{i+1} / L_i = k+1,$$

то число розрізнених градацій яскравості n можна визначити наступним чином:

$$L_{\max} / L_{\min} = (1+k)^n.$$

Якщо відомий діапазон зміни яскравості, то

$$n = \log(L_{\max} / L_{\min}) / \log(1+k).$$

Для відношення $L_{\max} / L_{\min} = 100$ число розрізнених градацій яскравості дорівнює $n=230$.

Дані розрахунки визначають кількість розрядів кодування в цифровому телебаченні у 8 двійкових розрядів.

При формуванні градації яскравості на основі логіко-часових функцій, які можуть приймати тільки два значення ("логічного 0" або "логічної 1"), величина кожної градації яскравості є пропорційною сумарній тривалості існування "логічної 1" логіко-часової функції за період її існування. Таким чином для відтворення зображень логіко-часова функція може бути утворена детермінованим імпульсним періодичним сигналом, частоту якого визначає закон Тальбота [5,6], а ефективна яскравість дорівнює:

$$L_{ef} = \frac{I}{T_K} \int L(t) dt, \quad (1)$$

де L_{ef} – ефективна яскравість або відчуття яскравості,
 T_K – період повторення випромінювання, за умовою:
 $I/T_K > f_{KЧМ}$, де $f_{KЧМ}$ – критична частота миготіння.

При виконанні означеної умови величину кожної градації яскравості визначає формула:

$$L_i = \frac{I}{T_K} \sum_{j=1}^m L_{max} T_j$$

або

$$L_i = \frac{L_{max}}{T_K} \sum_{j=1}^m T_j, \quad (2)$$

де T_j – тривалість існування j -тої "логічної 1" i -тої логіко-часової функції за період T_K .

Таким чином формування градації яскравості на основі логіко-часових функцій з двома значеннями ("логічного 0" або "логічної 1") визначається інтегралом ЛЧФ [6] і зводиться до формування T_j за період T_K . З великої кількості можливих варіантів формування градації яскравості задовольняючих (2), практичне значення мають тільки варіанти, що реалізуються на основі регулярних структур. Як приклад, розглянемо варіанти формування восьми градацій яскравості.

Варіант 1. Всі відрізки існування кратні Δ -інтервалу і інтеграл ЛЧФ визначається формулою:

$$\int f(t, t_1, \dots, t_m, \Delta_1, \dots, \Delta_m) = m\Delta + C \quad (3)$$

В даному випадку формула (2), що визначає величину градації яскравості стає наступною:

$$L_j = jL_{max} \frac{\Delta}{T_K} \quad (4)$$

На рис. 1 наведена, як приклад, ЛЧФ для формування восьмиградаційного зображення, яка описується формулою (3) і величинами градацій яскравості за формулою (4).

Даному варіанту природно дати назву - метод додавання мінімальної тривалості існування "логічної 1" ЛЧФ або скорочено метод додавання.

Варіант 2. Інтеграл ЛЧФ визначається формулою:

$$\int f(t, t_1, \dots, t_m, T_1, \dots, T_m) = (T_1 + \dots + T_m) + C \quad (5)$$

На рис. 2 наведена, як приклад, ЛЧФ для формування восьмиградаційного зображення, яка описується формулою (5) і величинами градацій яскравості за формулою (2).

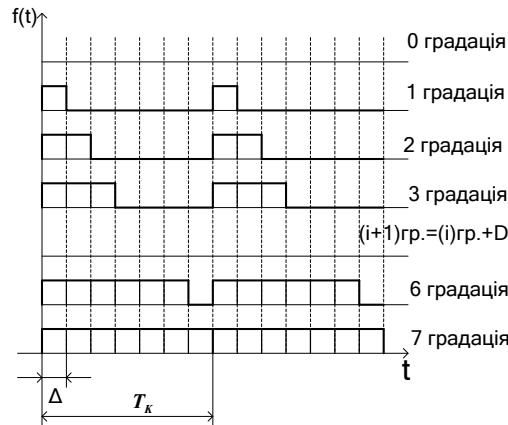


Рис. 1. Формування градацій яскравості на основі ЛЧФ за методом додавання

В даному випадку відрізки існування ЛЧФ повинні мати тривалості, які відповідають ряду геометричної прогресії $1:2:4:\dots:2^j:2^{j+1}:\dots:2^n$, де $1 \leq j \leq n$ ціле число.

Даному варіанту природно дати назву - метод суми відрізків тривалостей згідно ряду геометричної прогресії існування "логічної 1" ЛЧФ або скорочено метод суми відрізків.

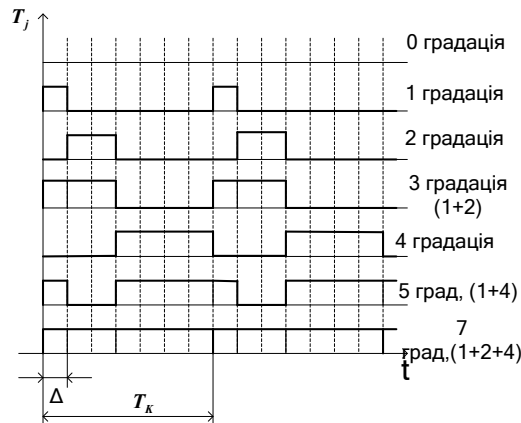


Рис. 2. Формування градацій яскравості на основі ЛЧФ за методом суми відрізків

КОМПОНЕНТИ СТРУКТУР СВІТЛОДІОДНИХ МАТРИЧНИХ ВІДЕОЕКРАНІВ, ПРИДАТНИХ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ЛЧФ

Аналіз електричних принципових схем сучасних світлодіодних матричних відеоекранів, зокрема набірно-модульної конструкції дозволяє поділити останні на три основні групи. Типовими з означених груп є відеоекрани сумісних розробок ВНТУ та науково-виробничої фірми "Планета-М", в яких:

- 1) комірку відображення утворюють світлодіод та елемент пам'яті [7,8];
- 2) комірку відображення утворюють світлодіод та два елементи пам'яті [8,9];
- 3) комірку відображення утворюють світлодіод та n елементів пам'яті [10-12].

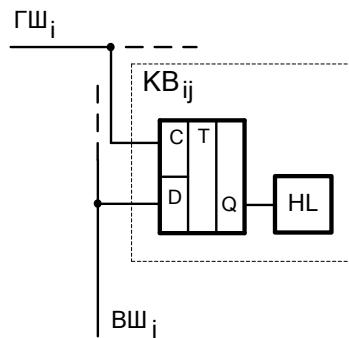


Рис. 3. Структура управління матричним відеоекраном першої групи

Для управління матричним відеоекраном першої групи достатньо двокоординатної системи адресації. Наприклад, кожна комірка відображення KB_{ij} в якості елемента пам'яті містить D-тригер Т з інформаційним входом D і тактовим входом C. Інформаційні входи D комірок відображення можна з'єднати за стовпчиками, утворюються стовпчикові (вертикальні) шини управління $VШ_j$, а тактові входи C – за рядками матричного відеоекрану, утворюються рядкові (горизонтальні) шини управління $ГШ_i$ (рис. 3). D-тригер Т керує випромінюванням світлодіоду HL.

В комірці відображення матричного відеоекрану другої групи два елементи пам'яті, які утворюють двоопераційну систему: перший елемент пам'яті Т1 виконує прийом інформації, а другий Т2 через "логічний елемент І" керує випромінюванням світлодіоду HL. Перші елементи пам'яті групи комірок відображення з'єднані в зсувний регістр, максимальна розрядність якого обмежується, головним чином, тривалістю мінімальної градації яскравості відеоекрану та швидкістю зсувного регістру, тобто тактовою частотою зсуву.

Для управління матричним відеоекраном другої групи необхідна однокоординатна система адресації для інформаційних входів IB зсувних регістрів груп комірок відображення. Тактові шини зсуву $T1$ та перезапису $T2$ і шина дозволу випромінювання $ДВ$ можуть бути загальними для всього відеоекрану (рис. 4).

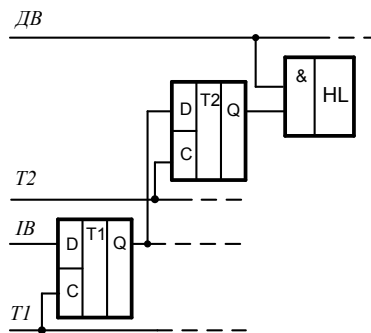


Рис. 4. Структура управління матричним відеоекраном другої групи

При формуванні багатоградаційного зображення в матричних відеоекранах першої та другої груп можуть бути використані, як метод додавання, так і метод суми відрізків. В матричних відеоекранах третьої групи метод формування багатоградаційного зображення визначає структура комірки відображення. Так в матричному відеоекрані [10] застосований метод додавання, а в матричному відеоекрані [12] - метод суми відрізків.

Для управління матричним відеоекраном третьої групи необхідна двокоординатна система адресації та додаткові тактові шини запису інформації $T1$ та формування ЛЧФ $T2$, які можуть бути загальними для всього відеоекрану. Наприклад [12], кожна комірка відображення KB_{ij} в якості елементів пам'яті містить зсувний регістр RG з інформаційним входом D і тактовим входом C. Інформаційні сигнали на входи D надходять зі стовпчикових (вертикальних) шин управління $VШ_j$, а - на тактові входи C – з тактової шини запису інформації $T1$ або тактової шини формування ЛЧФ $T2$ згідно сигналу управління з рядкових (горизонтальних) шин управління $ГШ_i$ (рис. 5).

Зсувний регістр RG через "логічний елемент І-НІ" керує випромінюванням світлодіоду HL за рахунок відповідної подачі тактових сигналів на вхід формування ЛЧФ $T2$.

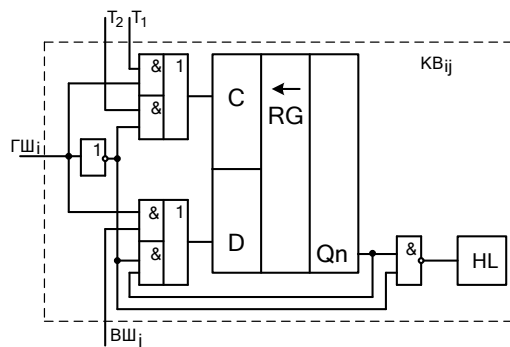


Рис. 5. Структура управління матричним відеоекраном третьої групи

РОЗРОБКА СТРУКТУР ФОРМУВАННЯ ЛЧФ ДЛЯ МАТРИЧНИХ ВІДЕОЕКРАНІВ

Для матричних відеоекранів першої та другої груп крім елементів пам'яті в комірках відображення необхідна оперативна пам'ять об'ємом повної матриці зображення, тобто блок оперативної пам'яті (БОП). Сучасний БОП є двопортовим цифровим пристроєм оперативної пам'яті з довільною вибіркою, який має окремі входи адресації як для режиму запису інформації, так і для режиму зчитування інформації, що дозволяє одночасно незалежно проводити наведені операції. Необхідна розрядність (q) кожної комірки пам'яті БОП визначається кількістю градацій яскравості, що відтворюють комірки відображення. Наприклад, для відтворення 256 градацій яскравості, що задовольняє сучасне цифрове телебачення, необхідно $q=8$ розрядів пам'яті на кожен комірку відображення відеоекрану. В режимі зчитування інформації з БОП отримуються сигнали у вигляді q -розрядного паралельного двійкового коду, який необхідно перетворити у імпульсний періодичний сигнал відповідної ЛЧФ для подачі на світлодіод кожної комірки відображення відеоекрану, що можливо виконати за методом додавання або за методом суми відрізків.

Загальна електрична структурна схема управління матричними відеоекранами першої та другої груп з формуванням інформаційних потоків за методом додавання наведена на рис. 6, де:

ВПБ – відеопроцесорний блок; БОП – блок оперативної пам'яті; БД – блок декодування;
 БППР – блок послідовно-паралельних регістрів; МВЕ – матричний відеоекран;
 БР – блок розгортки (застосовується для МВЕ першої групи).

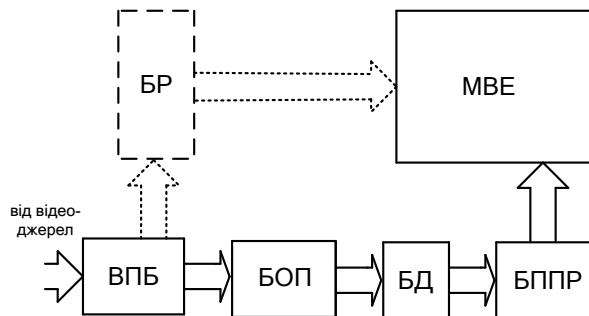


Рис. 6. Загальна структурна схема управління матричним відеоекраном за методом додавання

ВПБ виконує прийом відеоінформації від відеоджерел та загальне управління відеоінформаційною системою. Формування відповідних ЛЧФ виконується блоками БД та БППР циклічними зчитуваннями інформації з БОП. При застосуванні методу додавання кількість циклічних зчитувань дорівнює 2^q , тобто 256 при $q=8$. При першому зчитуванні на виході БД "логічна 1" формується для всіх значень q -розрядного паралельного двійкового коду окрім нульового, для якого формується "логічний 0", при другому зчитуванні "логічний 0" вже формується для і для нульового і для наступного коду і так далі до 2^q -го зчитування коли "логічна 1" формується тільки для найстаршого коду, що має одиниці у всіх розрядах. Інформація з БД надходить у зсувний регістр БППР, потім паралельно переписується у вихідний регістр БППР і передається у комірки відображення МВЕ. Тривалість кожного зчитування відповідає тривалості мінімальної градації яскравості, що і формує для кожного світлодіода імпульсний періодичний сигнал відповідної ЛЧФ. БР необхідний у відеоекранах першої групи для визначення відповідного рядка комірок відображення МВЕ для прийому інформації з БППР. Для відеоекранів другої групи БР не потрібен, оскільки інформація з БППР у відповідні комірки відображення МВЕ передається за рахунок зсуву.

Загальна електрична структурна схема управління матричними відеоекранами першої та другої груп з формуванням інформаційних потоків за методом суми відрізків відрізняється від наведеної на рис. 6 тим, що замість БД використовується блок комутації (БК). Формування відповідних ЛЧФ виконується блоками БК та БППР також циклічними зчитуваннями інформації з БОП. При застосуванні методу суми відрізків кількість циклічних зчитувань дорівнює q , тобто 8 при $q=8$. При першому зчитуванні на вихід БК комутується молодший розряд q -розрядного паралельного двійкового коду, при другому зчитуванні комутується наступний розряд і так далі до комутації старшого розряду при q -му зчитуванні. В даному випадку відрізки існування "логічної 1" ЛЧФ мають тривалості ряду геометричної прогресії $1:2:4:\dots:2^q$ для першого, другого, ..., q -го зчитувань, що формує на світлодіодах комірок відображення МВЕ відповідні суми імпульсних періодичних сигналів.

Загальна електрична структурна схема управління матричними відеоекранами третьої групи

наведена на рис. 7. В даному випадку метод формування ЛЧФ залежить виключно від обраної принципової електричної схеми комірок відображення МВЕ, наприклад, при використанні схеми за рис. 5 буде застосовуватися метод суми відрізків.

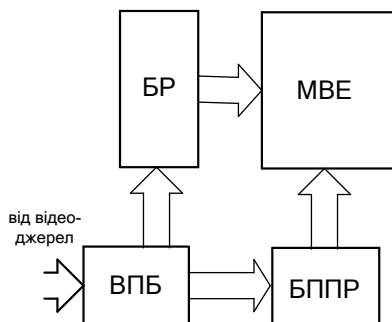


Рис. 7. Загальна структурна схема управління матричним відеоекраном третьої групи

Як видно з рис. 7 даний відеоекран не потребує додаткового БОП, а БППР безпосередньо приймає q -розрядний паралельний двійковий код з ВПБ у вхідні зсувні регістри. Далі з вихідних регістрів інформація, також методом зсуву переписується в зсувні регістри комірок відображення рядку МВЕ, обраного БР.

Оцінити відносну кількість апаратних витрат можна кількістю тригерних елементів пам'яті на один світлодіод комірки відображення, що визначає деяку складову комплексного коефіцієнта складності відеоекрану. Отже, маємо такі значення у випадку відтворення 256 градацій яскравості:

- відеоекран першої групи – два тригери у складі відеоекрану та вісім тригерів у складі оперативної пам'яті, тобто 10;
- відеоекран другої групи – один тригер у складі відеоекрану та вісім тригерів у складі оперативної пам'яті, тобто 9;
- відеоекран третьої групи – 8 тригерів у складі відеоекрану.

Таким чином, найбільш економічною за кількістю тригерних елементів пам'яті на один світлодіод комірки відображення є відеоінформаційна система, побудована на базі структури відеоекрану третьої групи.

ВИСНОВКИ

1. Розвинуто формальний математичний апарат оброблення зображень: введено поняття інтеграла логіко-часових функцій напівтонових зображень, як основи оброблення образної інформації в логіко-часовому середовищі, шляхом аналітичного запису інтегральної ЛЧФ, що дозволило вдосконалити формальний апарат опису зображень.
2. Використання методів логіко-часового відтворення зображень на основі інтегральної ЛЧФ перспективні для побудови сучасних відеоінформаційних систем на основі оптоелектронної елементної бази.
3. Для впровадження у виробництво на базі нанотехнологій рекомендується відеоінформаційна система, побудована на базі комірки відображення третьої групи, найекономічнішої за об'ємом пам'яті на один енергозберігаючий над'яскравий світлодіод на суперрешітках.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беляев В. Современные электронные дисплеи / В. Беляев // Электронные компоненты. – 2002. – № 1. – С. 24-27.
2. Застосування КVP-перетворень в засобах представлення інформації / В.П. Кожем'яко, С.В. Павлов, О.І. Понура, К.В. Кожем'яко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2000. – №1. – С. 101 – 106.
3. Введення поняття операції інтегрування логіко-часових функцій / В.П. Кожем'яко, Н.В. Сачанюк-Кавецька, Л.О. Волонтир // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2007. – №2(14). – С. 21-25.
4. Птачек М. Цифровое телевидение. Теория и практика / М. Птачек; [пер. с чешск. Под ред. Л. С. Виленчика]. – М.: Радио и связь. – 1990. – 528 с.
5. Яблонский Ф. М. Средства отображения информации / Ф. М. Яблонский, Ю. В. Троицкий. – М.: Высшая школа. – 1985. – 200 с.

6. Борисюк А. А. Матричные системы отображения информации / А. А. Борисюк. – К.: Техніка. – 1980. – 223 с.
7. Пат. 31854 Україна, МПК H04N5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових кольорових зображень / Кожем'яко В.П., Волонтир Л.О., Дорощенко Г.Д., Тодорашко Н.І. – Опубл. бюл. № 8. – 2008.
8. Однорідні багатофункціональні реєстрові структури для візуалізації напівтонових зображень / В.П. Кожем'яко, Л.О. Волонтир, Г.Д. Дорощенко // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2008. – №1(15). – С.5–10.
9. Пат. 33244 Україна, МПК H04N5/66. Модуль матричного екрана / Борбич М.П., Дорощенко Г.Д., Куличок О.В., Павлов С.В. Опубл. бюл. № 11. – 2008.
10. Пат. 26529 Україна, МПК H04N5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових кольорових зображень / Кожем'яко В.П., Волонтир Л.О., Дорощенко Г.Д., Михальчук В.С. Опубл. бюл. № 15. – 2007.
11. Застосування KVP-перетворень для відтворення півтонових зображень на основі реєстрових структур / Дорощенко Г.Д., Дусанюк С.В., Ігнатенко О.Г., Бондарчук Я.М. // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2009. – №2(18). – С.127–131.
12. Пат. 49579 Україна, МПК H04N5/66. Матричний екран для відтворення напівтонових зображень / Кожем'яко В.П., Дусанюк С.В., Дорощенко Г.Д., Ігнатенко О.Г. Опубл. бюл. № 8. – 2010.

Надійшла до редакції 17.05.2010р.

ДОРощЕНКОВ ГЕННАДІЙ ДМИТРОВИЧ - к.т.н., доцент кафедри лазерної та оптоелектронної техніки, Вінницького національного технічного університету, Вінниця, Україна.

ВОЛОНТИР ЛЮДМИЛА ОЛЕКСІВНА - старший викладач кафедри інформаційних технологій в менеджменті Вінницького національного аграрного університету, Вінниця, Україна..

ДУСАНЮК СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ - магістр, асистент кафедри інформаційних технологій в менеджменті Вінницького національного аграрного університету, Вінниця, Україна..

М'ЯСНЯНКИНА СНИЖАНА ВОЛОДИМИРІВНА - студентка факультету функціональної електроніки і лазерної техніки, Вінницького національного технічного університету, Вінниця, Україна.