

МЕТОДИ І СИСТЕМИ ОПТИЧНО-ЕЛЕКТРОННОЇ ТА ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ

УДК 621.384.3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РІВНЯ ЕКСПОЗИЦІЇ НА РОЗДІЛЬНУ ЗДАТНІСТЬ ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАФІЧНОЇ СИСТЕМИ

*Півторак Д. О.**Національний технічний університет України**“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, Київ, Україна**E-mail: p_diana@i.ua*

При зйомці в умовах великого інтервалу яскравості в межах кадру, експонетричні пристрої повинні забезпечувати керування експозицією кожної елементарної ділянки кадру, тобто, забезпечувати локальне керування експозицією. У фотоапаратах, які оснащені відомими експонетричними пристроями з локальним керуванням експозицією, використовується мультиплікативний, адитивний або комбінований спосіб реєстрації зображень.

Використання мультиплікативного способу призводить до енергетичних втрат в оптичному каналі, що вимагає корекції регулюючих експозицію параметрів. Використання адитивного способу надає можливість зменшити ефективну витримку затвору, але призводить до зниження контрасту дрібних зображень. Комбінований спосіб реєстрації зображень дозволяє придушити малоінформативні низькочастотні складові спектра вхідного сигналу, забезпечивши при цьому менші втрати від «зсуву» зображення порівняно з мультиплікативним способом і менші втрати від зниження контрасту зображень дрібних деталей порівняно з адитивним способом.

Порівняльну оцінку ефективності фотоапаратів, які оснащені експонетричними пристроями з локальним керуванням експозицією, в основу яких покладені різні способи реєстрації зображення, зручно оцінювати за критерієм «роздільна здатність, усереднена по полю кадру». Відповідно до розробленої методики оцінки ефективності даного типу фотоапаратів, усереднена по полю кадру роздільна здатність може бути розрахована декількома способами, кожен з яких передбачає попередній розрахунок або отримання залежності роздільної здатності від експозиції (резольвометричної характеристики фотоапарата).

У статті запропонована методика експериментального визначення резольвометричної характеристики реєстратора фотографічного зображення, оснащеного експонетричним пристроєм локального керування експозицією. Методика проілюстрована на прикладі вимірювання резольвометричної характеристики цифрового фотоапарата NEX-6 для різних зовнішніх умов. Показана висока збіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень. Запропонована методика може бути застосованою при проведенні досліджень впливу процесу комбінованого способу реєстрації зображень на ефективність зйомки.

Ключові слова: зображення; роздільна здатність; міра; фотоапарат.

Вступ. Постановка задачі

Попередня просторово-частотна фільтрація вхідного оптичного сигналу в фотографічних реєстраторах зображення проводиться з метою зменшення інформаційних втрат через невідповідність динамічного діапазону реєстрованого сигналу динамічному діапазону реєстратора. Функції найпростіших фільтрів зазвичай виконують експонетричні пристрої, що забезпечують придушення низьких просторових частот зображення, які в основному не несуть корисної інформації. При зйомці в умовах великого інтервалу яскравості в межах кадру, експонетричні пристрої повинні забезпечувати керування експозицією кожної елементарної ділянки кадру, тобто, забезпечувати локальне керування експозицією. У фотоапаратах,

оснащених відомими експонетричними пристроями з локальним керуванням експозицією використовуються мультиплікативний, адитивний або комбінований способи реєстрації зображень [1].

Практична реалізація мультиплікативного способу (способу нерізкого маскування) [2] передбачає наявність перед світлочутливим елементом фотореєстратора (матриці або фотоплівки) частотно-вибіркової фільтра-маски, що знижує загальну освітленість на фотографічному сенсорі. Дані втрати, при заданому значенні відносного отвору об'єктива, можуть компенсуватися збільшенням ефективної витримки затвора, світлочутливості використовуваного світлочутливого матеріалу або додатковим посиленням сигналу, що знімається зі

світлочутливих елементів матричного сенсора. Збільшення світлочутливості або додаткового посилення сигналу веде до зростання шумів, а збільшення ефективної витримки до появи «змазу» при зйомці з рухомих носіїв. Використання ж адитивного способу (~~способу віднімання~~) надає можливість зменшити ефективну витримку затвора, але призводить до зниження контрасту дрібних зображень [3]. Комбінований спосіб реєстрації зображень дозволяє придушити малоінформативні низькочастотні складові спектра вхідного сигналу, забезпечивши при цьому менші втрати від «змазу» зображення по відношенню до мультиплікативного способу і менші втрати від зниження контрасту зображень дрібних деталей порівняно з адитивним способом [4].

Порівняльну оцінку ефективності фотоапаратів, оснащених експонетричними пристроями з локальним керуванням експозицією, в основу яких покладені різні способи реєстрації зображення, зручно оцінювати за критерієм «роздільна здатність, усереднена за полем кадру» [5]. Відповідно до розробленої раніше методики оцінки ефективності даного типу фотоапаратів [6], усереднена за полем кадру роздільна здатність може бути розрахована декількома способами, кожен з яких передбачає попередній розрахунок або отримання залежності роздільної здатності від експозиції (резолювометричної характеристики фотоапарата).

Метою даної статті є експериментальна оцінка впливу рівня експозиції на роздільну здатність фотографічної системи.

Методика вимірювання залежності роздільної здатності фотографічної системи від експозиції

Експериментальні дослідження зводилися до фотографування на різних режимах спеціального тест-об'єкта, який має великий інтервал яскравості, з подальшою обробкою отриманих зображень. Для цих цілей використовувалася установка, описана в [7].

В експериментах застосовувалася цифрова фотокамера Sony Alpha NEX-6 з об'єктивом MC Волна-9 макро 50mm f2.8, встановленим на камері через перехідник M42-NEX.

У цифровому фотоапараті Sony Alpha NEX-6 використовується 16-ти мегапіксельна матриця CMOS розміром 23,5x15,6 мм, на якій встановлений кольоровий RRGB фільтр Байєра. Основним недоліком використання матриць кольорових фільтрів є необхідність алгоритмічного відновлення кольорової інформації, яка призводить до втрати частини кольорових деталей, виникнення кольорового муару і кольорових артефактів. Разом з тим, в камері Sony Alpha NEX-6 запис зображення здійснюється не тільки в обробленому в камері jpg-форматі, а й в «сирому» RAW-форматі, що є прямим записом інформації з кожної комірки матриці.

У разі відновлення чорно-білого зображення безпосередньо з файлу RAW-формату, недоліки матриці Байєра з точки зору візуального визначення роздільної здатності за зображеннями мір зводяться до мінімуму.

Для підсвічування тест-об'єкта використовувалася фотометрична куля з внутрішнім діаметром 330 мм і вікном діаметром 130 мм. Внутрішня поверхня фотометричної кулі, пофарбована білою матовою фарбою на основі сірчаноокислотного бар'єру. Як джерела випромінювання були застосовані потужні RGB-світлодіоди з системами керування. У лабораторній установці використовувався тристрижневий штатив з повзунком, що переміщується за допомогою фрикційного механізму від середньоформатного фотозбільшувача Krokus-4-SL9507, до кронштейну якого кріпилися дворівневі макрорельси Kіwifotos FC-1. Фотоапарат встановлювався на макрорельсах. Тест-об'єкт фіксувався за допомогою кадрувальної рамки від фотозбільшувача Krokus-4-SL9507.

Під час зйомки були вжиті заходи, які мінімізують ймовірність «змазу» під час експонування (жорстке кріплення фотоапарата до штатива), розміщення лабораторної установки на підставці, що гасить механічні вібрації, спуск затвора фотоапарата здійснювався від зовнішнього ПЧ-пульта керування.

В якості тест-об'єкта використовувався показаний на рис. 1 ступінчастий фотометричний клин змінної оптичної щільності a , що складається з полів, складений з прозорою плівкою b , на якій, по центру кожного поля фотографічним способом вдруковувалася радіальна міра малого контрасту. Поля фотометричного клина мали оптичну щільність від $D_1 = 0,2$ (світле поле) до $D_{20} = 4,0$ (темне поле), при цьому константа клина становила $c = 0,2$. Нумерація полів фотометричного клина показана в лівій частині рис. 1, водночас, оптична щільність k -ого поля становить $D_k = k \cdot c$.

Оптична щільність плівки поза зоною розташування мір становила $D_B = 0,1$, оптична щільність темних штрихів міри $D_q = 0,3$. Тобто, контраст зображення міри на плівці становив

$$k_{M\tau}(V) = \frac{\tau_B - \tau_q}{\tau_B + \tau_q} = \frac{10^{-D_B} - 10^{-D_q}}{10^{-D_B} + 10^{-D_q}} \approx 0,23, \quad (1)$$

де τ_B , τ_q – коефіцієнт пропускання, відповідно, світлих і темних секторів міри.

Очевидно, що контраст міри за кожним полем k фотометричного клину, який є нейтральним світлофільтром з коефіцієнтом пропускання τ_k , залишається постійним:

$$k_{M\tau}(V) = \frac{\tau_k \cdot \tau_B - \tau_k \cdot \tau_q}{\tau_k \cdot \tau_B + \tau_k \cdot \tau_q} = \frac{\tau_B - \tau_q}{\tau_B + \tau_q} \approx 0,23. \quad (2)$$

Зйомка тест-об'єктів проводилася за різних значень яскравості джерела підсвічування, різних

значень світлочутливості та відносного отвору об'єктива. Необхідна експозиція виставлялася за

допомогою вбудованого експонетра шляхом зміни ефективної витримки затвора.

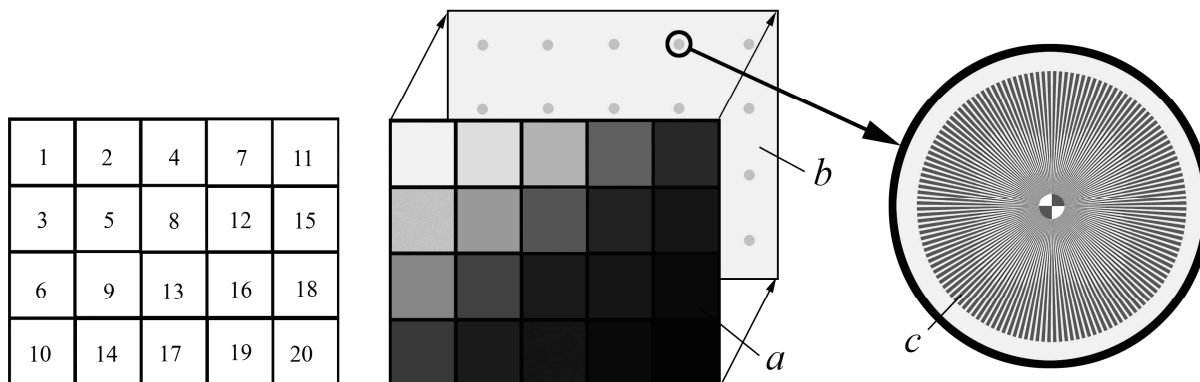


Рис. 1. Тест-об'єкт, використовуваний при проведенні експериментальних досліджень, де: a – фотометричний клин, b – прозора плівка із зображеннями радіальних мір, c – збільшене зображення радіальної міри

Отримані зображення в raw-форматі за допомогою конвертера Adobe Camera Raw -7.0 з однаковими попередніми установками переводилися в чорно-білий 16-розрядний формат TIFF, після чого зображення в електронному вигляді пропонувалися для аналізу дешифрувальникам, з якими попередньо було проведено заняття. Для аналізу використовувався один комп'ютер Asus із заздалегідь відкаліброваним екраном. Яскравість екрану комп'ютера дешифрувальники виставляли під себе. Зображення розглядалися дешифрувальниками в програмі Photoshop CS6.0, водночас, показник збільшення кожного сектора зображення фотометричного клина обирався дешифрувальниками найбільш оптимальним з їх точки зору. Заміри проводилися в двох основних режимах – без коригувань параметрів яскравості, контрасту і експозиції для кожного сектора і після вибору оптимальних з точки зору дешифрувальника значень даних параметрів. На зображеннях дешифрувальники відзначали кольоровим електронним маркером кордони зони розмиття в центрі кожної міри. Згодом за даними мітками розраховувалася роздільна здатність кожного сектора кожного наданого для обробки зображення за формулою:

$$R_{a,b} = \frac{N_{III}}{\pi \cdot d_{a,b}}, \quad (3)$$

де $N_{III} = 144$ – кількість пар чорно-білих штрихів використовуваної радіальної міри, $d_{a,b}$ – діаметр кружка розмиття, визначений за відмітками дешифрувальника a в зображенні b .

Результати вимірювань фіксувалися. Приклад запису результатів вимірювань по одному знімку наведено в таблиці 1.

Очевидно, що роздільна здатність, визначена різними дешифрувальниками візуальним методом певною мірою є випадковою величиною, що від-

повідає певним статистичним закономірностям і вимагає оцінки достовірності.

Відомо [8], що для випадкової величини оцінки роздільної здатності зображення R_b довірчий інтервал $[R_b - \Delta x_b; R_b + \Delta x_b]$ відповідає довірчій імовірності $(1 - \varepsilon)$, якщо виконується рівність:

$$P(|R_b - \bar{R}_b| < \Delta R_b) = 1 - \varepsilon. \quad (4)$$

Імовірність $(1 - \varepsilon)$ називається також коефіцієнтом надійності, а величина ε – рівнем значущості. Критерієм для оцінки довірчого інтервалу при заданому рівні значущості є СКВ σ_b .

Однак в експерименті параметри \bar{R}_b і σ_b заздалегідь не відомі. Тому вимагають додаткової оцінки.

Середнє арифметичне значення \bar{R}_b і дисперсія $\tilde{\sigma}_b^2$ розраховувалися за формулами [9, 10]:

$$\bar{R}_b = \frac{\sum_{i=1}^{n_a} R_a}{n_a}, \quad (5)$$

$$\tilde{\sigma}_b^2 = \frac{1}{n_a - 1} \cdot \sum_{a=1}^{n_a} (R_a - \bar{R}_b)^2, \quad (6)$$

де $n_a = 9$ – число вимірювань зображення b (дешифрувальників).

Оскільки значення $n_a = 9$ відносно мале, наведені співвідношення не дозволяють з абсолютною точністю зробити судження про істинні значення \bar{R}_b і σ_b . Тому для визначення довірчого інтервалу необхідно використовувати коефіцієнти Стьюдента (C_{en}). За заданої довірчої ймовірності $(1 - \varepsilon)$, довірчий інтервал при оцінці \bar{R}_b визначається зі співвідношення [8]:

$$\bar{R}_b = \tilde{R}_b \pm C_{em} \cdot \tilde{\sigma}_b. \quad (7)$$

Значення коефіцієнтів C_{em} , що визначаються за таблицею Стюдента, для 9-ти вимірювань ($n_a = 9$) склали [11]: $C_{em} = 1,1$ за $\varepsilon = 0,3$, $C_{em} = 1,4$ за $\varepsilon = 0,2$, $C_{em} = 1,9$ за $\varepsilon = 0,1$, $C_{em} = 2,3$ за $\varepsilon = 0,05$.

Довірчий інтервал з довірчою імовірністю $P = 0,68 \approx 0,7$ є середньоквадратичним, оскільки його розмах збігається зі середньоквадратичним відхиленням σ для нормального розподілу, а його величина – середньою квадратичною помилкою. Крім того, в реальному статистичному матеріалі результати розсіяні ширше, ніж в нормальному розподілі [12]. Тому при оформленні результатів, окрім середньоквадратичного, вказувався також інтервал з довірчою імовірністю $P = 0,95$.

Отже, при статистичній обробці результатів експерименту, середня величина роздільної здат-

ності за довірчої ймовірності $P = 0,7$ розраховувалася за формулою:

$$\bar{R}_b = \tilde{R}_b \pm 1,1 \cdot \tilde{\sigma}_b, \quad (8)$$

а за довірчої імовірності $P = 0,95$:

$$\bar{R}_b = \tilde{R}_b \pm 2,3 \cdot \tilde{\sigma}_b. \quad (9)$$

Якщо нижня межа довірчого інтервалу набувала від'ємних значень, вона приймалася рівною нулю.

Експериментальні дослідження залежності роздільної здатності фотографічної системи від експозиції

Результати вимірювань, дані статистичних оцінок і довірчі інтервали по одному знімку наведено в таблиці 1.

Експериментально отримані залежності роздільної здатності від рівня експозиції показані на рис. 2 – рис. 3.

Таблиця 1. Приклад таблиці з результатами вимірів роздільної здатності за одним зображенням тест-об'єкта, за умов зйомки, близьких до ідеальних $D: f' = 1:5,6$, $S_{ISO} = 100$, $t_e = 1/1000$ с, відсутність «змазу», без коригування яскравості, контрастності та експозиції в редакторі

Поле k	Оцінка роздільної здатності, отримана за результатами вимірювань дешифрувальників, $мм^{-1}$									\tilde{R}_b , $мм^{-1}$	Межі довірчого інтервалу, $мм^{-1}$	
											$\tilde{R}_{bmin} / \tilde{R}_{bmax}$	
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8	R_9		$P = 0,68$	$P = 0,95$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0
7	47	50	49	47	49	47	49	46	46	47,8	46,1/49,4	44,4/51,2
8	73	70	69	69	73	71	69	67	70	70,1	68,0/72,3	65,6/74,6
9	80	77	82	75	78	80	79	78	75	78,2	75,7/80,8	72,9/83,6
10	86	88	81	82	83	85	87	83	80	83,9	80,9/86,9	77,5/90,2
11	83	87	82	84	85	87	81	82	86	84,1	81,6/86,6	78,9/89,3
12	89	89	89	85	84	85	87	88	88	87,1	85,0/89,3	82,6/91,6
13	88	88	89	85	85	86	87	88	87	87	85,4/88,6	83,8/90,3
14	89	87	88	87	88	89	85	85	86	87,1	85,4/88,8	83,6/90,7
15	89	86	85	86	85	86	84	90	83	86	83,5/88,5	80,8/91,1
16	85	84	83	84	87	87	85	84	85	84,9	83,4/86,4	81,8/88,0
17	75	76	74	74	75	72	74	71	74	74,1	72,2/75,6	70,4/77,5
18	63	65	63	65	64	63	62	63	60	63,1	61,4/64,8	59,6/66,7
19	15	15	13	14	12	14	15	14	15	14,1	13,0/15,3	11,7/16,5
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/0	0/0

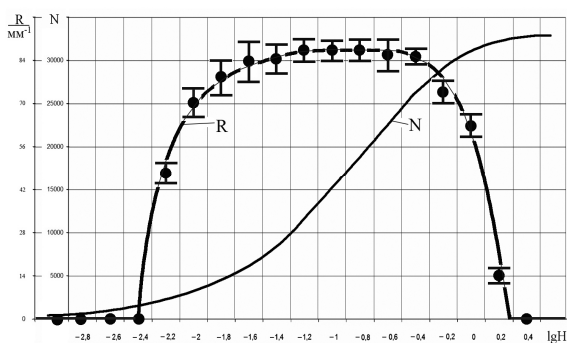


Рис. 2. Експериментально отримана резольвометрична характеристика фотоапарата NEX-6 для зображення у форматі TIF при дешифруванні зображення міри по монітору без додаткової обробки

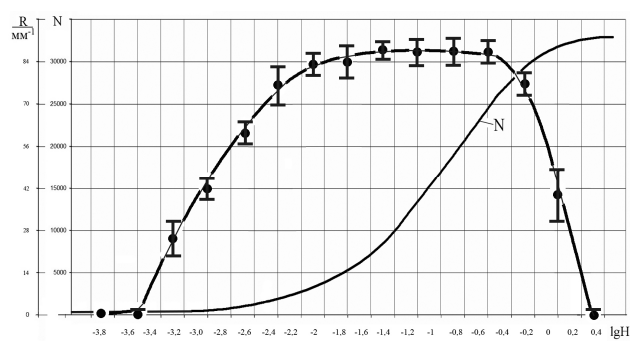


Рис. 3. Експериментально отримана резольвометрична характеристика фотоапарата NEX-6 при дешифруванні зображення міри по монітору, отриманого в результаті прямої обробки RAW-файлу з оптимізацією функції відгуку індивідуально для кожного зображення міри

Залежності роздільної здатності від величини діючої експозиції, раніше визначені в результаті теоретичних розрахунків, знаходяться в межах довірчих інтервалів експериментально отриманих даних.

Висновки

Запропоновано методику експериментального визначення залежності роздільної здатності цифрової фотографічної системи від величини діючої експозиції. Проведена експериментальна оцінка впливу рівня експозиції на роздільну здатність фотоапарата NEX-6 за різних значень яскравості тест-об'єкта, світлочутливості та відносного отвору об'єктива. Має місце висока збіжність результатів теоретичних і експериментальних досліджень – визначені раніше залежності роздільної здатності фотоапарата від величини діючої експозиції не виходять за межі довірчих інтервалів експериментально отриманих даних.

Отримані залежності можуть бути використані при проведенні подальших досліджень з порівняльної оцінки ефективності фотоапаратів, оснащених експонетричними пристроями з локальним керуванням експозицією.

Література

- [1] В. Г. Колобродов, Д. О. Півторак, “Комбінований спосіб ресстрації зображення об'єкта з широким динамічним діапазоном яскравостей”, *Наукові вісті НТУУ “КПІ”*, №4, с. 97-101, 2009.
- [2] Х.Фризер, *Фотографическая регистрация информации*, Москва, СССР: Мир, 1978.
- [3] Дж. М. Ллойд, *Системы тепловидения*: Пер. с англ., Москва, СССР: Мир, 1978.
- [4] В. Г. Колобродов, Д. О. Півторак, С. В. Пудрій, Ю. К. Ребрин, “Спосіб фотозйомки й

пристрій для його здійснення”, *МПК G03 7/08, Пат. 87415 України*, опубл. 10.07.2009, Бюл. №13.

- [5] А. П. Подолян, С. В. Пудрій, А. Н. Румянцев, “О влиянии локального управления экспозицией методом двойного экспонирования на эффективность воздушного фотографирования”, *Прикладные вопросы аэрокосмического мониторинга*, № 1, с.101-107, 1997.
- [6] Д. А. Пивторак, “Влияние комбинированного способа регистрации изображений объектов с большим диапазоном яркости на функцию рассеяния результирующего изображения”, *Вісник КПІ. Серія Приладобудування*, Вип. 59(1), с. 37-42, 2020.
- [7] Д. А. Пивторак, А. С. Попов, “Методика експериментального определения функции отклика цифрового регистратора изображения”, *Вестник Инженерной академии Украины*, №1, с.105-109, 2016.
- [8] М. А. Фадеев, *Элементарная обработка результатов эксперимента*: уч.пособ., Нижний Новгород, РФ: Изд-во Нижневгородского госуниверситета, 2002.
- [9] Н. С. Маркин, *Основы теории обработки результатов измерений*: уч.пособ., Москва: Изд-во стандартов, 1991.
- [10] Л. З. Румшинский, *Математическая обработка результатов измерений*, Москва, СССР: Наука, 1971.
- [11] В. Л. Ткалич, Р. Я. Лабковская, *Обработка результатов технических измерений*: уч.пособ., СПб, РФ: СПбГУ ИТМО, 2011.
- [12] В. П. Савчук, *Обработка результатов измерений. Физическая лаборатория. Ч.1*: уч.пособ., Одесса, Украина: ОНПУ, 2002.

УДК 621.384.3

Д. А. Пивторак*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского”, Киев, Украина***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ЭКСПОЗИЦИИ НА РАЗРЕШАЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ЦИФРОВОЙ ФОТОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Использование мультипликативного способа приводит к энергетическим потерям в оптическом канале, требует коррекции регулирующих экспозицию параметров. Использование аддитивного способа позволяет уменьшить эффективную выдержку затвора, но приводит к снижению контраста мелких изображений. Комбинированный способ регистрации изображений позволяет подавить малоинформативные низкочастотные составляющие спектра входного сигнала, обеспечив при этом меньшие потери от «смещения» изображения по сравнению с мультипликативным способом и меньшие потери от снижения контраста изображений мелких деталей по сравнению с аддитивным способом. Сравнительную оценку эффективности фотоаппаратов, оснащенных экспонометрическими устройствами с локальным управлением экспозицией, в основу которых положены различные способы регистрации изображения, удобно оценивать по критерию «разрешение, усредненная по полю кадра». В статье предложена методика экспериментального определения резольвометрической характеристики регистратора фотографического изображения, оснащённого экспонометрическим устройством локального управления экспозицией. Методика проиллюстрирована на примере измерения резольвометрической характеристики цифрового фотоаппарата пех-6 для различных внешних условий. Показана хорошая сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований. Предложенная методика может быть использована при проведении исследований влияния процесса комбинированного способа регистрации изображений на эффективность съёмки.

Ключевые слова: изображение; разрешающая способность; мера; фотоаппарат.**D. O. Pivtorak***National Technical University of Ukraine, Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky, Kyiv, Ukraine***EXPERIMENTAL ASSESSMENT OF THE EFFECT OF EXPOSURE LEVEL ON THE RESOLUTION OF A DIGITAL PHOTOGRAPHIC SYSTEM**

While photographing in a wide range of brightness within the frame, the exposure devices must provide exposure control for each elementary area of the frame, i.e., provide local exposure control. Cameras which equipped by well-known exposure devices with local exposure control is used a multiplicative, additive or multifunction method of image recording.

Using of the multiplicative method leads to energy losses in the optical channel, which requires correction of the exposure control parameters. Using of the additive method makes it possible to reduce the effective shutter speed, but reduces the contrast of small images. The multiplicative method of image registration allows to suppress low-informative low-frequency components of the spectrum of the input signal, providing less losses from the image blur according to the multiplicative method and less losses from reducing the contrast of images of small parts according to the additive method.

Comparative evaluation of cameras' effectiveness which are equipped by exposure devices with local exposure control, which are based on different methods of image registration, is convenient to assess the criterion of "resolution averaged over the frame field". According to the developed methodology of evaluating the effectiveness of this type of cameras, the averaged field resolution can be calculated in several ways, each of which assumes a preliminary calculation or obtaining the dependence of resolution from exposure (resolvometric characteristics of the camera).

The methodology of experimental determination of the resolvometric characteristic of a photographic image recorder equipped by exposure devices of local exposure control is proposed. This methodology is illustrated by the example of measuring the resolvometric characteristics of the digital camera nex-6 for different external conditions. The good convergence of results of theoretical and experimental researches is shown. The proposed methodology can be used in studies of the impact of the process of the multifunction method of image recording on the photographing efficiency.

Keywords: image; resolution; measure; camera.*Надійшла до редакції
30 березня 2021 року**Рецензовано
18 квітня 2021 року*