

МОДЕЛІ ОПРАЦЮВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ, ЯКІ ВРАХОВУЮТЬ УМОВИ ЙОГО ОСВІТЛЕННЯ

Р. А. Воробель

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

E-mail: vorobel@ipm.lviv.ua, roman.vorobel@gmail.com

Детально проаналізовано модель логарифмічного опрацювання зображень. Показано, що вона побудована для ідеальних умов сприйняття світла людиною. В реальних ситуаціях зображення є елементом сцени, яка може містити засоби додаткового освітлення чи затемнення зображення. Тому модель має враховувати структуру сцени щодо її впливу на потік світла, який сприймає людина. Побудовано три моделі логарифмічного опрацювання зображень для сцен, які містять додаткове джерело освітлення зображення, його затемнення або ж і освітлення, і затемнення. Для цих випадків побудовані вирази для реалізації операцій додавання та множення на скаляр.

Ключові слова: моделювання зображення, опрацювання зображень, зір людини, логарифмічні зображення, покращання зображень.

IMAGE PROCEDSSING MODELS THAT CONSIDER ITS ILLUMINATION CONDITIONS

R. A. Vorobel

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine

The logarithmic image processing model as algebraic structure of vector space based on the Weber-Fechner law of human perception of light is analyzed. However, the disadvantage of this model is that it considers only ideal conditions for human perception of light. It does not take into account the availability of additional light source, which is an additional source of image lighting. This model does not represent the case of darkened image observations and combination of image darkening and lightening. The purpose of this work is to consider observation conditions of the scene image with possible additional lightening of it, darkening or additional lightening and darkening. Several analytical expressions for the implementation of the operations of addition and multiplication by a scalar are built for these cases. Higher accuracy of logarithmic image processing models that reflects the actual conditions of image observation is achieved in such a way.

Keywords: image modeling, image processing, human vision, logarithmic images, image enhancement.

Однією з задач опрацювання зображень є поліпшення їх якості [2, 5]. Для її розв'язку використовують спеціальні алгоритми, що базуються на моделях опрацювання зображень. І тут важливу роль відіграють моделі, які репрезентують такі фізичні процеси, як сприйняття світла психофізичною системою людини [1, 3] чи проходження світла через напівпрозоре середовище [4]. Саме використання таких моделей під час конструювання різних алгоритмів перетворення зображень робить можливим досягнення поставлених завдань стосовно виділення або підсилення тих чи інших ознак зображення, поглиблення деталізації вибраних його ділянок. Тому розвиток моделей опрацювання зображень для точнішого відображення впливу фізичних процесів поширення світла на формування зображень є актуальною задачею. Метою ж цієї роботи є побудова моделей опрацювання зображення, які враховують умови його додаткового освітлення. Тому на початку розглянемо відомий підхід до побудови моделі логарифмічного опрацювання зображення, який враховує проходження світла через напівпрозоре середовище, а

далі розвинемо його для випадків освітлення зображення додатковим джерелом світла зі сталою інтенсивністю та затемнення зображення.

Відома модель логарифмічного опрацювання зображень [4]. Вона базується на проходженні світла через напівпрозоре середовище і полягає у тому, що сума рівнів сірого u і v , де $u, v \in [0, M)$, $M > 0$, двох елементів зображення описується виразом

$$u \langle + \rangle v = u + v - uv / M, \quad (1)$$

а результат множення на додатний скаляр $\alpha > 0$ знаходимо за формулою

$$\alpha \langle \times \rangle u = M - M \left(1 - \frac{u}{M} \right)^\alpha. \quad (2)$$

Множина $I = [0, M)$ з операцією додавання $\langle + \rangle$ та операцією множення на скаляр $\langle \times \rangle$ утворюють алгебричну структуру векторного простору з двома бінарними операціями.

Однак недоліком цієї моделі є те, що вона описує ідеальні умови спостереження зображення людиною. На практиці ж людина спостерігає зображення як елемент сцени, яка може бути освітленою, затемненою або ж бути одночасно як частково освітленою, так і затемненою. Наведені формули (1) і (2) алгебричної моделі логарифмічного опрацювання зображення не відображають можливості його освітлення чи затемнення під час спостереження людиною. Тому розглянемо далі кожен зі зазначених випадків спостереження людиною зображення як складової сцени з певними умовами її освітлення.

Модель логарифмічного опрацювання зображення за умови його освітлення. Зображення може бути елементом сцени, яка містить джерело освітлення сталої інтенсивності I_2 , яке формує потік додаткового світла. Тому людина буде сприймати не тільки потік світла від зображення I_1 , але і від додаткового джерела освітлення I_2 . Ці два потоки додаються і максимальне їх сумарне значення $I = I_1 + I_2$ не повинно перевищувати величини M , бо в моделі логарифмічного опрацювання зображень (1)–(2) $u, v \in [0, M)$. Структурна схема сцени для моделі опрацювання зображення при його сприйнятті з додатковим джерелом світла I_2 показана на рис. 1.

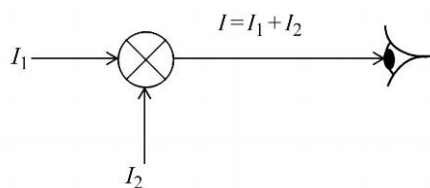


Рис. 1. Структура схеми спостереження людиною світлових потоків сцени, яка складається з джерела світла I_1 , яке створюється зображенням, та додаткового джерела I_2 освітлення зображення.

Оскільки складова потоку додаткового освітлення є сталою, то це означає, що доповнення цього потоку до величини M буде відповідати складовій світлового потоку від зображення у сумарному потоці сприйняття світла людиною. Приймаючи за значення потоку додаткового джерела світла I_2 величину $I_2 = kM$, де $0 < k < 1$, вираз для суми двох рівнів сірого u та v елементів зображення, виходячи з (1), можемо записати так:

$$u \langle + \rangle_{k+} v = kM + (1 - k)(u + v - uv / M). \quad (3)$$

З виразу (3) випливає, що за відсутності додаткового джерела світла I_2 , тобто при $k = 0$, він відповідає виразу (1). З другого боку, якщо $k \neq 0$ і зображення репрезентують рівні сірого його елементів, які мають нульове значення, то результат додавання у виразі (3) буде відповідати величині kM . Графічне подання функції додавання $Add1(u, v)$ (3) при $k = 0,2$ показано на рис. 2.

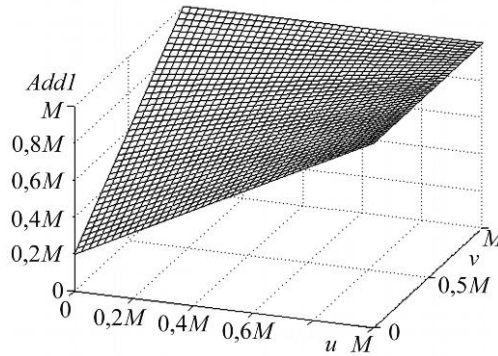


Рис. 2. Графічне подання функції додавання $Add1(u, v)$ (3).

За аналогією до операції додавання запишемо вираз для операції множення на скаляр $\alpha > 0$ за умови додаткового джерела освітлення I_2 , яке створює світловий потік зі значенням kM . Виходячи з виразу (2), отримуємо:

$$u \langle \times \rangle_{k+} v = kM + (1 - k) \left[M - M \left(1 - \frac{u}{M} \right)^\alpha \right]. \quad (4)$$

Отже, описана алгебрична модель (3)–(4) логарифмічного опрацювання зображень враховує додаткове джерело освітлення під час сприйняття зображення. Однак зображення може сприйматися людиною не тільки за умови додаткового його освітлення, але й навпаки, за умови його затемнення. Розглянемо цей випадок далі.

Модель логарифмічного опрацювання зображення за умови його затемнення. Зображення може бути елементом сцени, в якій світловий потік I до спостерігача проходить через фільтр. Це спричинить затемнення зображення, яке сприймає людина. Тому цей світловий потік людина сприймає як зменшений на сталу величину I_2 потік I_1 , тобто $I = I_1 - I_2$. Структурна схема сцени для моделі опрацювання зображення під час його сприйняття за умови затемнення показана на рис. 3.

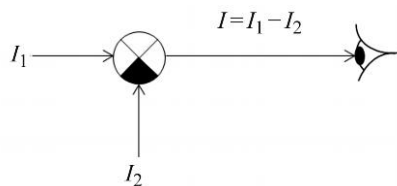


Рис. 3. Структура схеми спостереження людиною світлових потоків сцени, яка складається з джерела світла I_1 , яке створюється зображенням, та додаткового джерела затемнення світла I_2 .

За таких умов спостереження зображення вираз для суми двох рівнів сірого u та v елементів зображення, виходячи з виразу (1), можемо записати так:

$$u \langle + \rangle_{k-} v = (1 - k)(u + v - uv / M). \quad (5)$$

З виразу (5) випливає, що за відсутності джерела затемнення, тобто коли $k = 0$, він відповідає виразу (1). З другого боку, якщо $k \neq 0$, то результат сприйняття світла з максимальною інтенсивністю буде меншим за M на величину kM . Графічне подання функції додавання $Add2(u, v)$ (5) при $k = 0,2$ показано на рис. 4.

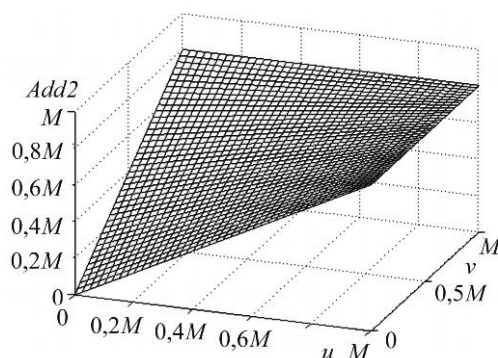


Рис. 4. Графічне подання функції додавання $Add2(u, v)$ (5).

За аналогією до операції додавання (5) запишемо вираз для операції множення на скаляр $\alpha > 0$ за умови спостереження зображення при його затемненні на величину kM . Виходячи з виразу (2), отримуємо:

$$u \langle \times \rangle_k v = (1 - k) \left[M - M \left(1 - \frac{u}{M} \right)^\alpha \right]. \quad (6)$$

Модель логарифмічного опрацювання зображення за умов його освітлення та затемнення. Зображення може бути елементом сцени, яка містить джерело освітлення постійної інтенсивності $I_2 = k_1M$ та, водночас, перед спостерігачем є джерело затемнення світлового потоку $I_3 = I_1 + I_2$ сцени на величину $I_4 = k_2M$. Значимо, що $k_1 + k_2 < 1$. Структурна схема сцени для моделі опрацювання зображення під час його сприйняття за наявності джерел світла I_2 та затемнення світлового потоку на величину I_4 показана на рис. 5.

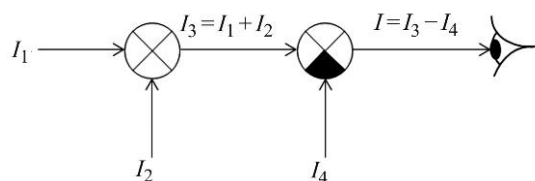


Рис. 5. Структура схеми спостереження людиною світлових потоків сцени, яка складається з джерела світла I_1 , яке створюється зображенням, джерела освітлення I_2 та джерела затемнення світла I_4 .

За таких умов спостереження зображення вираз для суми двох рівнів сірого u та v елементів зображення, виходячи з виразу (1), можемо записати так:

$$u \langle + \rangle_{k+} v = k_1(1 - k_2)M + (1 - k_1)(1 - k_2)(u + v - uv/M) = (1 - k_2)[k_1M + (1 - k_1)(u + v - uv/M)]. \quad (7)$$

Графічне подання функції додавання $Add3(u, v)$ (7) при $k_1 = k_2 = 0,2$ показано на рис. 6.

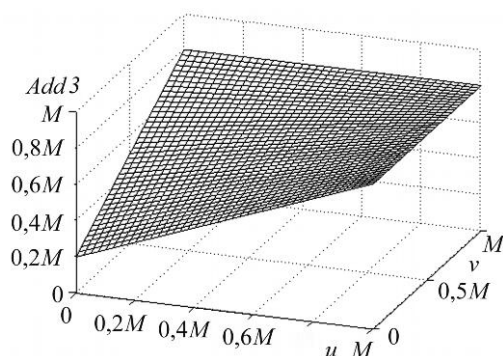


Рис. 6. Графічне подання функції додавання $Add3(u, v)$ (7).

За аналогією до операції додавання (7) запишемо вираз для операції множення на скаляр $\alpha > 0$ за умови спостереження зображення при його одночасному додатковому освітленні потоком світла k_1M та затемненні на величину k_2M . Виходячи з виразу (2), отримуємо:

$$\begin{aligned}
 u \underset{k+}{\times} v &= k_1(1-k_2)M + (1-k_1)(1-k_2) \left[M - M \left(1 - \frac{u}{M}\right)^\alpha \right] = \\
 &= (1-k_2)M \left\{ k_1 + (1-k_1) \left[1 - \left(1 - \frac{u}{M}\right)^\alpha \right] \right\}.
 \end{aligned}$$

Таким чином, розглянуто і побудовано моделі логарифмічного опрацювання зображень для різних можливих ситуацій сприйняття людиною світлового потоку від сцени, яка містить додатково освітлене, затемнене чи одночасно освітлене і затемнене зображення.

ВИСНОВКИ

Побудовані моделі логарифмічного опрацювання зображень дають можливість розвинути алгоритмічні основи методів покращання їх якості завдяки врахуванню умов освітленості. Вони сприятимуть підвищенню достовірності коректного опрацювання зображень.

1. Воробель Р. А. Логарифмічна обробка зображень. – К.: Наук. думка, 2012. – 232 с.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
3. Стокхэм Т., мл. Обработка изображений в контексте модели зрения // ТИИЭР. – 1972. – **60**, № 7. – С. 93–108.
4. Jourlin M., Pinoli J.-C. A model for logarithmic image processing // J. Microscopy. – 1988. – **149**, Pt. 1. – P. 21–35.
5. Pratt W. K. Digital image processing. – New Jersey, John Wiley & Sons, 4th ed., 2007. – 782 p.

Одержано 18.05.2015