

# KẾT HỢP GIAO DIỆN TƯƠNG TÁC VÀ PHƯƠNG PHÁP THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG ĐỒ HỌA DỰA TRÊN MẪU SỬ DỤNG HÀM MỤC TIÊU VÀ BIẾN ĐỔI WAVELET

HÀ HẢI NAM

*Khoa Công nghệ thông tin I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông*

**Tóm tắt.** Thiết kế tham số chiếu sáng trong đồ họa máy tính về bản chất không phải là một quá trình ngẫu nhiên mà là một quá trình đòi hỏi kinh nghiệm và kỹ năng nhất định đối với người dùng. Trong một số ứng dụng, đầu ra của quá trình thiết kế chiếu sáng là một ảnh hai chiều là kết quả của việc tối ưu các tham số chiếu sáng cho một cảnh đồ họa 3 chiều. Người dùng với hiểu biết giới hạn về việc thiết kế các tham số chiếu sáng sẽ gặp khó khăn trong việc xử lý điều chỉnh các tham số chiếu sáng một cách phù hợp cho cảnh đồ họa. Bài báo sẽ trình bày một cách tiếp cận đối với vấn đề thiết kế chiếu sáng cho các ứng dụng ở đó đầu ra mong muốn của quá trình thiết kế là một ảnh 2 chiều. Cách tiếp cận này là sự kết hợp của phương pháp tối ưu hóa các tham số chiếu sáng dựa trên mẫu (lighting-by-example) sử dụng một hàm mục tiêu dựa trên biến đổi wavelet và việc sử dụng giao diện tương tác để tối ưu các tham số chiếu sáng cho một đối tượng hoặc một nhóm các đối tượng trong cảnh đồ họa một cách độc lập sau đó các kết quả sẽ được kết hợp lại với nhau sử dụng thông tin về độ sâu của cảnh đồ họa để giải quyết vấn đề che khuất của các đối tượng.

**Abstract.** Lighting design in computer graphics is essentially not a random process but one driven by both a technical and aesthetic appreciation of lighting in computer graphics. In some applications, the result of the lighting design process is a 2D image derived by rendering a 3D scene. Users with limited understandings of manipulation of lighting parameters may have difficulties in properly modifying the lighting parameters in order to achieve desired lighting effects. In this paper, we present an approach to lighting design in applications where the expected result of the lighting design process for a 2D image. In this approach, the lighting-by-example method using wavelet-based objective function is used in combination with an interactive interface in order to optimize lighting parameters for an object or a group of objects individually, and then the visual results of these separate processes are combined (utilizing 3D depth information) in the seamless generation of a final 2D image.

## 1. GIỚI THIỆU

Thiết kế chiếu sáng theo cách thủ công là một quá trình lặp lại của hoạt động thay đổi các tham số chiếu sáng và kiểm tra ảnh hưởng của sự thay đổi đó đối với các hiệu ứng chiếu sáng. Quá trình thiết kế chiếu sáng sẽ kết thúc khi đạt được các mục tiêu chiếu sáng đề ra. Quá trình thiết kế chiếu sáng thông thường là một quá trình dựa trên kinh nghiệm của người dùng. Việc thay đổi các tham số chiếu sáng trong quá trình thiết kế đồ họa đòi hỏi nhiều tương tác giữa người dùng và các công cụ đồ họa, do đó các hoạt động tương tác trong các công cụ đồ

họa đã liên tục được cải tiến nhằm trang bị cho người dùng các phương pháp tương tác ngày một đơn giản hơn [1].

Trong các công cụ đồ họa nổi tiếng như 3D Studio Max, công việc thiết kế chiếu sáng bắt đầu với việc người dùng xác định các loại nguồn sáng và các đặc tính chiếu sáng sẽ được sử dụng cho cảnh đồ họa. Dựa trên quá trình xem xét mục đích sử dụng và đặc tính của các đèn, người dùng biết được sự tương đồng của các loại nguồn sáng trong thực tế và các loại nguồn sáng trong công cụ đồ họa. Theo đó, các nguồn sáng sẽ được định vị tại các vị trí mong muốn. Bước tiếp theo sẽ là việc thay đổi các thuộc tính của các nguồn sáng. Trong các công cụ đồ họa, hầu hết các thuộc tính của nguồn sáng như là cường độ, màu sắc, hệ số suy giảm và các tham số đổ bóng được thao tác thông qua bàn phím. Với một vài các thuộc tính của nguồn sáng như là vị trí và hướng của đèn, có thể sử dụng chuột để kéo nhả các đối tượng. Trong thực tế, các thao tác định vị các nguồn sáng dùng chuột thông thường hiệu quả và trực quan hơn là thông qua việc nhập các giá trị thông qua bàn phím vì người dùng thường biết được một cách tương đối vị trí đặt nguồn sáng và hướng của nguồn sáng [1]. Trong thực tế, các sản phẩm thương mại như 3D Studio Max, Maya và Light Wave hỗ trợ rất tốt các hoạt động tương tác sử dụng chuột trên các đối tượng.

Mục đích nghiên cứu trong tương tác người máy là trang bị cho người dùng các phương tiện để đạt được mục tiêu mong muốn với ít công sức và thời gian nhất. Bài báo trình bày một cách tiếp cận kết hợp sử dụng phương pháp thiết kế chiếu sáng dựa trên mẫu với hàm mục tiêu dựa trên biến đổi wavelet và sử dụng giao diện tương tác. Phương pháp đề xuất nhằm giảm thiểu các tương tác của người dùng trong thiết kế chiếu sáng cho một số ứng dụng cụ thể. Mục 2 của bài báo sẽ trình bày về các hướng nghiên cứu liên quan. Mục 3 là phương pháp tối ưu các tham số chiếu sáng dựa trên mẫu sử dụng hàm mục tiêu dựa trên biến đổi wavelet. Mục 4 là thiết kế giao diện tương tác trong bài toán tối ưu các tham số chiếu sáng cho các đầu ra cuối là các ảnh 2 chiều. Và cuối cùng là kết luận và hướng phát triển.

## 2. CÁC HƯỚNG NGHIÊN CỨU LIÊN QUAN

Có một số cách tiếp cận có thể coi là có mối liên hệ gần gũi với cách tiếp cận dựa trên mẫu. Schoeneman et al [2] xem xét vấn đề thiết kế chiếu sáng như một bài toán ngược ở đó người dùng thiết lập các thuộc tính ánh sáng mong muốn xuất hiện ở cảnh đồ họa 3D và hệ thống sẽ tự động tìm ra giải pháp với các tham số chiếu sáng tạo ra hiệu ứng ánh sáng gần giống nhất với các thuộc tính ánh sáng mong muốn. Việc vẽ trực tiếp lên các bề mặt của các đối tượng đồ họa 3D sẽ làm thay đổi các hàm chiếu xạ và hàm chiếu xạ này sẽ được sử dụng như hàm mục tiêu cho quá trình tối ưu hóa. Trong cách tiếp cận này, các bề mặt 3D sau khi vẽ được coi là các mẫu cho quá trình tối ưu hóa các tham số chiếu sáng. Các tham số chiếu sáng được tối ưu trong cách tiếp cận này được là các cường độ ánh sáng của các đèn ở các vị trí cố định.

Kawai et. al. [3] tối ưu hoá độ phát xạ nguồn sáng, hướng của đèn, vị trí, để đạt được các hiệu ứng chiếu sáng mong muốn cho các cảnh 3 chiều được trình chiếu bằng kỹ thuật dựa trên radiosity. Trong cách tiếp cận này, người dùng phải xác định các độ sáng mong muốn và hệ thống sẽ tính toán hàm mục tiêu dựa trên các độ sáng này. Các thành phần trong hàm mục tiêu được hỗ trợ bởi các nghiên cứu trong lĩnh vực tâm lý tri giác của Flynn [4, 5] ở đó các đáp ứng trong hành vi nhận thức nhìn của con người và các ấn tượng chủ quan đã được

lượng hóa. Trên thực tế, ảnh hưởng của các thuộc tính ánh sáng do các đèn tạo ra đối với các nhận thức tâm lý thị giác như độ rõ ràng, độ rộng rãi, độ thoải mái, tính riêng tư được xem xét trong các nghiên cứu tâm lý này.

Marks et. al. [6] đã đề xuất một cách tiếp cận khác ở đó hệ thống tương tác với người dùng và cho phép người dùng chọn các cấu hình chiếu sáng từ các phân cụm thông qua các ảnh 2D người dùng có thể nhìn thấy thông qua một giao diện. Trong cách tiếp cận này, ánh xạ giữa các véc tơ đầu vào biểu diễn các tham số chiếu sáng như vị trí của đèn, loại đèn và hướng của đèn. Các véc tơ đầu ra biểu diễn các thuộc tính đại diện cho chất lượng chiếu sáng được tạo ra. Trong quá trình tối ưu hóa, các đèn được di chuyển giữa các vị trí được định nghĩa trước. Tại mỗi vị trí, một loại đèn được chọn và một ảnh 2D được tạo ra cùng với một véc tơ đầu ra. Kết quả là một tập các véc tơ đầu ra được tạo ra. Ở bước tiếp theo, tập các véc tơ đầu ra được phân cụm dựa trên khoảng cách giữa các véc tơ và các cụm được hiển thị tới người dùng dưới dạng các ảnh 2D tương ứng với các véc tơ đầu ra. Ở cách tiếp cận này, hệ thống hiển thị tới người dùng các cấu hình chiếu sáng có thể, tuy nhiên hệ thống không cho phép người dùng biểu đạt các hiệu ứng chiếu sáng mong muốn.

Một giao diện tương tác dựa trên hoạt động phác họa để xác định vị trí nguồn sáng từ các tham số đồ bóng biết trước được phát triển bởi Poulin và đồng sự [7]. Trong hệ thống Poulin phát triển, người thiết kế đồ họa sẽ dùng chuột để vẽ phác họa vị trí đồ bóng và hệ thống sẽ tự động xác định nguồn sáng dựa trên việc tối ưu hóa một hàm mục tiêu được xây dựng dựa trên vị trí khoảng cách giữa vị các điểm của các nét phác họa và vị trí nguồn sáng. Với hệ thống kiểu thế này, người dùng có cơ hội thể hiện mục tiêu chiếu sáng một cách tự nhiên.

Shacked et. al. [10] đề xuất hàm mục tiêu cho tự động hóa chiếu sáng dựa trên các đặc điểm tâm sinh lý về cảm thụ ánh sáng của người và phương pháp này được mở rộng bởi Ha et al trong [11, 12].

### 3. HÀM MỤC TIÊU VÀ THIẾT KẾ CHIẾU SÁNG ĐỒ HỌA

Bài toán thiết kế chiếu sáng trong đồ họa máy tính được xem như là một bài toán tối ưu. Do đó, việc xây dựng hàm mục tiêu là rất quan trọng đối với bài toán tự động hóa thiết kế chiếu sáng trong đồ họa máy tính. Trong phần này, hàm mục tiêu được xây dựng trên cơ sở biến đổi wavelet. Một hàm ảnh có thể được xem là một tín hiệu với hai biến không gian. Biến đổi wavelet của một hàm ảnh cho biết thông tin về phân bố năng lượng trong hàm ảnh trên các dải tần số không gian khác nhau tại các khu vực khác nhau của hàm ảnh. Biến đổi wavelet nhằm biểu diễn một hàm ảnh bằng một tập các hàm cơ sở. Mỗi hàm cơ sở được đánh trọng số bằng một hệ số. Do đó, áp dụng cùng một tập hàm cơ sở với các hàm ảnh khác nhau cho các tập hệ số khác nhau. Hệ số của một hàm cơ sở càng lớn thì các đặc trưng tần số không gian của hàm càng giống với hàm cơ sở tại khu vực xác định của hàm ảnh. Do đó, bằng việc phân tích tập các trọng số, ta có thể biết các hàm cơ sở nào chi phối một hàm ảnh tại một khu vực xác định của hàm ảnh. Nói cách khác, ta biết phổ năng lượng của một hàm ảnh dựa trên tập các hàm cơ sở. Một tập các hàm cơ sở cần phải được thiết kế cho bài toán cụ thể. Thiết kế các hàm cơ sở trong biến đổi wavelet phụ thuộc vào ứng dụng. Trong cách tiếp cận được đề xuất sau đây, các hàm cơ sở có được bằng cách biến đổi hàm cơ sở [8, 9] là tập các hàm trực giao với giả thiết là bất kỳ hàm nào cũng có thể được mô tả bằng cách kết hợp các hàm trực giao này. Trong phương pháp đề xuất, hàm cơ sở Haar được mở rộng để tạo ra một

hàm mẹ cho biến đổi wavelet sử dụng trong xây dựng hàm mục tiêu như sau

$$B_w = [\phi_h(x, y) + \phi_v(x, y)], \tag{1}$$

Ở đó  $\phi_h(x, y)$  và  $\phi_v(x, y)$  là các hàm mẹ tương ứng theo chiều ngang và theo chiều dọc cho biến đổi wavelet áp dụng với hàm ảnh được định nghĩa trong các công thức (2) và (3).

$$\phi_h(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } 0 \leq x < 1/2 \quad \text{và} \quad 0 \leq y < 1 \\ -1 & \text{nếu } 1/2 \leq x < 1 \quad \text{và} \quad 0 \leq y < 1 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases} \tag{2}$$

$$\phi_v(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{nếu } 0 \leq y < 1/2 \quad \text{và} \quad 0 \leq x < 1 \\ -1 & \text{nếu } 1/2 \leq y < 1 \quad \text{và} \quad 0 \leq x < 1 \\ 0 & \text{trường hợp khác} \end{cases} \tag{3}$$

$$\phi_h^{a,b}(x, y) = \phi_h(2^{b_h}x - a_h, 2^{b_v}y - a_v) \tag{4}$$

$$\phi_v^{a,b}(x, y) = \phi_v(2^{b_h}x - a_h, 2^{b_v}y - a_v) \tag{5}$$

$b_h$  và  $b_v$  tương ứng là các hệ số biến đổi tỉ lệ theo chiều ngang và dọc cho các hàm cơ sở.  $a_h$  và  $a_v$  tương ứng là các hệ số dịch chuyển theo chiều ngang và dọc cho các hàm cơ sở. Thực hiện các phép biến đổi tỉ lệ và dịch chuyển (2) và (3) có được các hàm cơ sở được biểu diễn trong các công thức (4) và (5). Phép biến đổi tỉ lệ thay đổi tần số của hàm mẹ để đạt được các hàm cơ sở ở các tần số khác nhau. Phép dịch chuyển thay đổi vị trí của hàm mẹ. Kết hợp của phép biến đổi tỉ lệ và phép dịch chuyển sẽ tạo ra các hàm cơ sở với các tần số khác nhau ở các vị trí khác nhau. Chúng ta có thể viết lại (1) như sau

$$B_w^{a,b} = \phi_h^{a,b}(x, y) + \phi_v^{a,b}(x, y)$$

Chúng ta có thể định nghĩa  $E_i^{a,b}$  là hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của biến đổi wavelet của hàm ảnh  $I(x, y)$  tương ứng với hàm cơ sở thứ  $i$  của  $B_w^{a,b}$ , ở đó

$$E_i^{a,b} = E_{ih}^{a,b} + E_{iv}^{a,b},$$

$E_{ih}^{a,b}$  và  $E_{iv}^{a,b}$  là các hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của biến đổi wavelet của hàm ảnh  $I(x, y)$  tương ứng với các thành phần ngang và dọc của hàm cơ sở  $B_w^{a,b}$  ở đó

$$E_{ih}^{a,b} = \frac{2 \times 2^{(b_h+b_v)}}{W \times H} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} I(x, y) \phi_h^{a,b}\left(\frac{x}{W}, \frac{y}{H}\right),$$

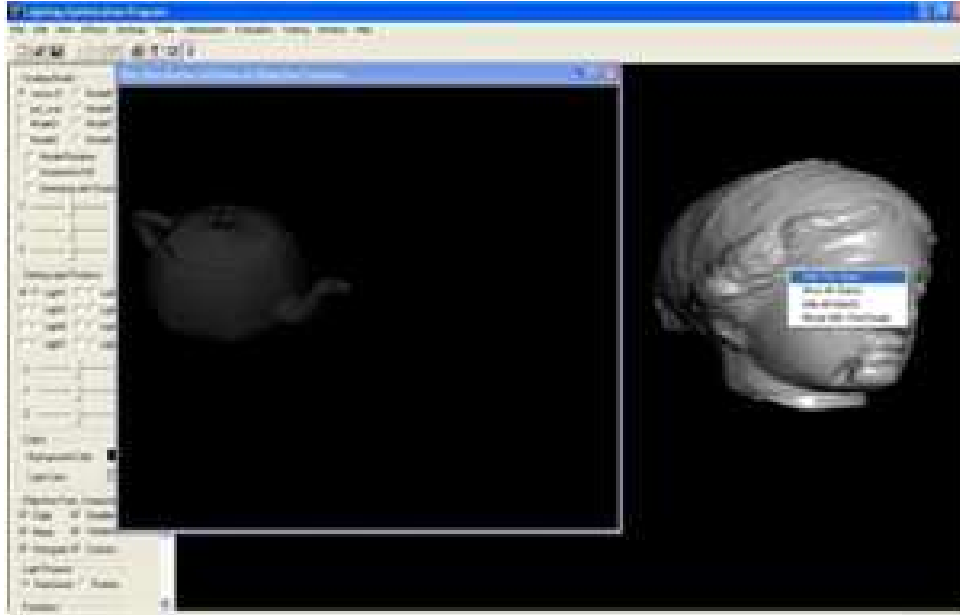
$$E_{iv}^{a,b} = \frac{2 \times 2^{(b_h+b_v)}}{W \times H} \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} I(x, y) \phi_v^{a,b}\left(\frac{x}{W}, \frac{y}{H}\right),$$

Ở đó,  $W, H$  tương ứng là chiều rộng và chiều cao của ảnh.

Cuối cùng, ta có một tập  $E$  các hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa cho biến đổi wavelet của hàm ảnh  $I(x, y)$

$$E = \{E_i^{a,b}\}, i = 0, 1, \dots, N - 1,$$

Ở đó,  $N$  là số các hàm cơ sở.



Hình 1. Giao diện của ứng dụng thiết kế chiếu sáng

Như vậy, kết quả biến đổi wavelet của một hàm ảnh được đặc trưng bởi một tập các hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa. Hàm mục tiêu cho bài toán chiếu sáng dựa trên mẫu được xây dựng dựa trên khoảng cách Euclidean giữa tập hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của ảnh mẫu với tập hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của ảnh có được từ trình chiếu cảnh đồ họa. Giả sử ta có một tập hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của ảnh mẫu là  $T = t_i, i = 0, 1, \dots, N - 1$ . Hàm mục tiêu được định nghĩa như sau

$$F(\theta_k, \phi_k, I_k^s, I_k^d, R_k) = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (E_i^{a,b} - t_i)^2},$$

$F(\theta_k, \phi_k, I_k^s, I_k^d, R_k)$  là hàm mục tiêu,

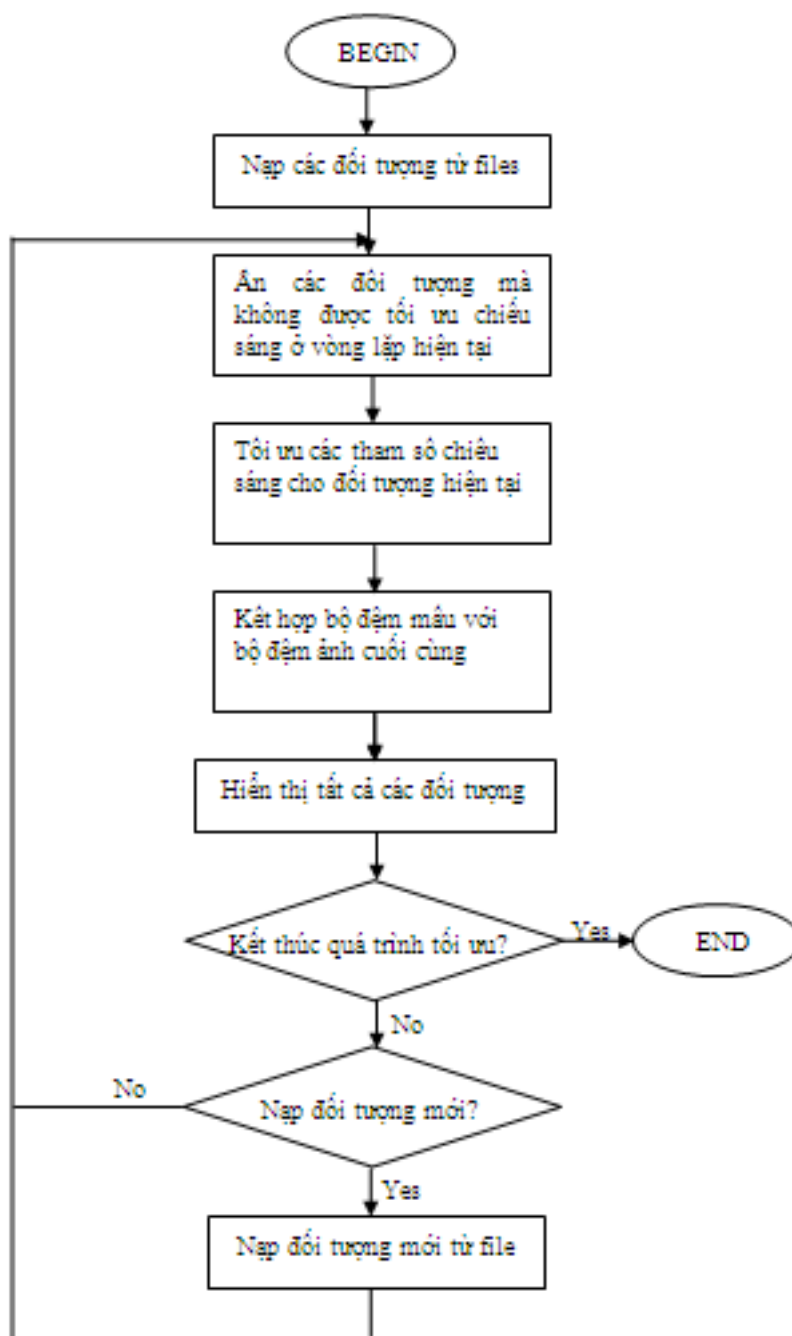
$\theta_k$  là góc ngẩng của đèn thứ  $k$ ,

$\phi_k$  là góc phương vị của đèn thứ  $k$ ,

$I_k^s$  là cường độ sáng phản chiếu của đèn thứ  $k$ ,

$I_k^d$  là cường độ sáng khuếch tán của đèn thứ  $k$ ,

$R_k$  là khoảng cách từ gốc tọa độ đến đèn thứ  $k$ ,



Hình 2. Lưu đồ các bước sử dụng giao diện tương tác để tối ưu các tham số chiếu sáng cho các đối tượng của cảnh đồ họa

$N$  là số các hàm cơ sở.

Một cây tứ phân đầy đủ được sử dụng để lưu các hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa có được

sau biến đổi wavelet của một hàm ảnh. Các nút tại mỗi mức của cây tứ phân ở một mức nào đó lưu các hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa tại một tần số không gian xác định ở các khu vực ảnh khác nhau. Số các hàm cơ sở có thể được xác định bằng tần số không gian cao nhất sử dụng trong biến đổi wavelet.

Khi cài đặt, mỗi nút của cây tứ phân được định nghĩa sử dụng cấu trúc sau:

```
struct WLNode{
Real fenergyFreq;
Window wind;
WLNode *child[10];
};
```

Ở đó fenergyFreq là hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa của biến đổi wavelet của hàm ảnh tương ứng với một hàm cơ sở, và wind là khu vực biểu diễn của hàm cơ sở. Thuật toán xây dựng cây tứ phân được cài đặt theo phương pháp đệ qui như mô tả trong chương trình giả mã (hình 3). Cho một ảnh đầu vào, thuật toán sẽ xây dựng một cây tứ phân đầy đủ lưu thông tin về hệ số phổ năng lượng chuẩn hóa.

```
Integer current_depth = 0;
Integer max_depth = 6;
Boolean BuildQuadTree(WLNode *pNode,
Window wnd)
Begin
Window wnd1,wnd2,wnd3,wnd4;
current_depth = current_depth+1;
If (current_depth > max_depth)
Return TRUE;
Calculate wavelettransform for wnd;
Save energy to pNode->fenergyFreq;
Divide wnd into 4 equal quadrants;
wnd1 = lower-left quadrant of wnd;
wnd2 = lower-right quadrant of wnd;
wnd3 = upper-left quadrant of wnd;
wnd4 = upper-right quadrant of wnd;
BuildQuadTree(pNode->child[0],wnd1);
BuildQuadTree(pNode->child[1],wnd2);
BuildQuadTree(pNode->child[2],wnd3);
BuildQuadTree(pNode->child[3],wnd4);
current_depth = current_depth-1;
Return TRUE;
End
```

Hình 3. Chương trình giả mã xây dựng cây tứ phân

#### 4. THIẾT KẾ TƯƠNG TÁC

Thiết kế chiếu sáng tương tác gặp nhiều khó khăn ngay cả khi chúng ta biết mục tiêu chiếu sáng mong muốn của mỗi đối tượng trong cảnh đồ họa 3D. Sự thay đổi của các tham số chiếu sáng sẽ ảnh hưởng đến hiệu ứng ánh sáng của các đối tượng trong cảnh 3D. Trong thực

té, có nhiều ứng dụng mà kết quả đầu ra của hoạt động thiết kế đồ họa là các ảnh 2D có được từ việc trình diễn các mô hình đồ họa 3D sẵn có. Trong trường hợp này, một giải pháp hay được sử dụng là sinh ra các ảnh 2D từ các cảnh đồ họa 3D cho từng đối tượng rồi sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh hai chiều để ghép các ảnh nguồn 2D lại với nhau để tạo thành ảnh cuối cùng mong muốn. Lý do các đồ họa viên không thiết kế chiếu sáng cho các mô hình 3D một cách đồng thời là trong một số trường hợp yêu cầu cần có các đối tượng 3 chiều có các hiệu ứng chiếu sáng khác biệt nhau. Khi sử dụng các kỹ thuật xử lý ảnh 2D như vừa đề cập, có rất nhiều nhược điểm như vấn đề che lấp của các đối tượng trong cảnh đồ họa 3D có hình dạng phức tạp rất khó được xử lý.

Trong thực tế, việc tạo các hiệu ứng chiếu sáng bằng cách biên tập ảnh 2D hay biến đổi các tham số chiếu sáng thủ công là một quá trình không trực quan và tốn nhiều thời gian thậm chí đối với đồ họa viên có kinh nghiệm. Để giải quyết vấn đề này, một phương pháp thiết kế tham số chiếu sáng tự động với giao diện tương tác được đề xuất, ở đó quá trình thiết kế chiếu sáng là sự kết hợp của phương pháp tối ưu một hàm mục tiêu (được trình bày ở Mục 3) kết hợp với giao diện tương tác cho phép người dùng thiết kế các tham số chiếu sáng cho từng đối tượng của một cảnh đồ họa 3 chiều. Trong cách tiếp cận này, các tham số chiếu sáng được tối ưu cho từng đối tượng rồi các kết quả được kết hợp lại với sự hỗ trợ của thông tin về độ sâu của cảnh nhằm giải quyết vấn đề che khuất của các đối tượng.

### ***Cài đặt và sử dụng giao diện tương tác***

Với cách tiếp cận nêu trên, đồ họa viên có thể thiết kế chiếu sáng cho từng đối tượng trong một cảnh 3 chiều một cách độc lập. Cách tiếp cận đề xuất được cài đặt như một chức năng trong công cụ LightOP, là công cụ thiết kế chiếu sáng cho các cảnh đồ họa 3D được phát triển bởi tác giả. Hình 1 trình bày giao diện tương tác của ứng dụng thiết kế chiếu sáng ở đó các đối tượng ở trong một cảnh đồ họa 3 chiều có thể bị làm ẩn đi sao cho chỉ còn lại một đối tượng. Sau đó, quá trình tối ưu hóa chiếu sáng với hàm mục tiêu được trình bày ở Mục 3 được áp dụng để tìm ra các tham số chiếu sáng phù hợp cho đối tượng đang được biểu diễn. Mỗi lần tìm ra các tham số chiếu sáng cho một đối tượng của cảnh đồ họa, các thông số của cảnh như bộ đệm các điểm ảnh được ghép lại với các đối tượng trước đó ở đó có sử dụng bộ đệm lưu thông tin về độ sâu của cảnh để xử lý vấn đề che khuất. Ảnh cuối cùng được hiển thị trong một cửa sổ riêng biệt. Hình 2 là lưu đồ các bước của quá trình sử dụng giao diện tương tác để tối ưu hóa các tham số chiếu sáng cho các đối tượng một cách độc lập. Đầu tiên, các đối tượng của cảnh đồ họa được nạp từ các tệp tin và đồ họa viên sẽ sắp xếp các vị trí của các đối tượng trong cảnh. Tiếp theo đồ họa viên sẽ dùng một menu ngữ cảnh để ẩn đi các đối tượng không được tối ưu trong bước lập hiện hành. Các đối tượng ở đó các tham số chiếu sáng sẽ được tối ưu tại bước lập hiện hành sẽ không bị ẩn đi. Tại thời điểm này, các đồ họa viên có thể áp dụng các thao tác khác nhau trên các đối tượng như xoay, cân chỉnh và định vị lại các đối tượng. Khi đồ họa viên thỏa mãn với các thiết lập cho các đối tượng, bước kế tiếp sẽ là việc kích hoạt thủ tục tối ưu các tham số chiếu sáng tự động như đã trình bày ở Mục 3. Khi quá trình tối ưu hóa hoàn tất, bộ đệm điểm ảnh của các đối tượng trong bước lập hiện tại được kết hợp với bộ đệm điểm ảnh cuối và kết quả được hiển thị trên một cửa sổ riêng biệt. Đồ họa viên sau đó sẽ làm hiển thị tất cả các đối tượng của cảnh đồ họa thông qua một menu ngữ cảnh. Nếu như đồ họa viên thỏa mãn với hiệu ứng chiếu sáng đạt được, quá trình thiết kế chiếu sáng sẽ kết thúc. Nếu không, đồ họa viên sẽ bắt đầu tối ưu các tham số chiếu sáng cho đối tượng hoặc một nhóm các đối tượng mới.



Hình 4 minh họa kết quả tự động tối ưu tham số chiếu sáng dựa trên mẫu với hàm mục tiêu dựa trên wavelet. Hình 6 minh họa một ví dụ ở đó các tham số chiếu sáng cho mỗi mặt của một hình bức tượng hai đầu được tối ưu riêng rẽ sau đó được kết hợp lại cho kết quả là hai nửa khuôn mặt được chiếu khác khác biệt. Trong quá trình này, giao diện tương tác cung cấp một menu ngữ cảnh với các chức năng như sau:

- *Hide This Object*: Chức năng này sẽ ẩn đối tượng đang được chọn căn cứ vào vị trí hiện hành của con trỏ chuột.
- *Hide All Objects*: Chức năng này sẽ ẩn tất cả các đối tượng của cảnh đồ họa, chức năng này được sử dụng khi đồ họa viên chuẩn bị tối ưu các tham số chiếu sáng cho các đối tượng mới được nạp từ tệp tin mô hình.
- *Show All Objects*: Chức năng này sẽ hiển thị tất cả các đối tượng của cảnh đồ họa. Chức năng này hữu dụng khi muốn xem bố cục tổng thể của cảnh.
- *Merge With Final Image*: Chức năng này sẽ kết hợp bộ đệm điểm ảnh hiện thời với bộ đệm điểm ảnh cuối và hiển thị kết quả trên một cửa sổ độc lập.

Hình 5 trình bày kết quả của việc kết hợp giao diện tương tác với phương pháp tối ưu hóa các tham số chiếu sáng dựa trên mẫu cho một cảnh đồ họa.

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã đề xuất một cách tiếp cận trong thiết kế các tham số chiếu sáng. Cách tiếp cận này dựa trên sự kết hợp phương pháp thiết kế chiếu sáng dựa trên mẫu với hàm mục tiêu được xây dựng dựa trên biến đổi wavelet và sử dụng một giao diện tương tác để thiết kế các ảnh 2D từ các mô hình đồ họa 3D.

Các thông tin về độ sâu của các cảnh đồ họa 3D được khai thác để kết hợp các ảnh kết quả. Các đối tượng khác nhau của cảnh đồ họa được tối ưu một cách độc lập để có được các hiệu ứng chiếu sáng mong muốn. Ưu điểm so với việc tối ưu tham số chiếu sáng cho toàn cảnh với tất cả các đối tượng ở đó các đối tượng lân cận nhau trong cảnh 3 chiều sẽ có các hiệu ứng ánh sáng gần giống nhau và rất khó có thể thiết lập được các hiệu ứng chiếu sáng khác biệt cho các đối tượng lân cận.

Phương pháp đề xuất đã được cài đặt như một chức năng trong một hệ thống tối ưu các tham số chiếu sáng LightOP được phát triển bởi tác giả và nhóm nghiên cứu về tương tác số tại trường Đại học tổng hợp Newcastle, Anh. Ưu điểm của cách tiếp này so với các cách tiếp cận khác trong [2, 3, 6, 7] là người dùng không cần phải can thiệp trực tiếp lên cảnh đồ họa để biểu đạt các hiệu ứng chiếu sáng mong muốn ở đó việc biểu đạt hiệu ứng chiếu sáng thường đòi hỏi người dùng có hiểu biết sâu về chiếu sáng đồ họa. Với cách tiếp cận này, người dùng không cần phải có kiến thức sâu về thiết kế chiếu sáng đồ họa do họ có thể sử dụng các bức ảnh có sẵn để biểu đạt hiệu ứng chiếu sáng mong muốn. Một ưu điểm khác của phương pháp thiết kế tương tác đã đề xuất là người dùng có thể tối ưu tham số chiếu sáng cho từng đối tượng trong cảnh đồ họa sau đó kết hợp với nhau để có được hiệu ứng chiếu sáng tổng thể. Việc sử dụng hàm mục tiêu dựa trên biến đổi wavelet cũng cho phép tạo được các phân bố không gian của hiệu ứng chiếu sáng giống với hiệu ứng của ảnh mục tiêu.



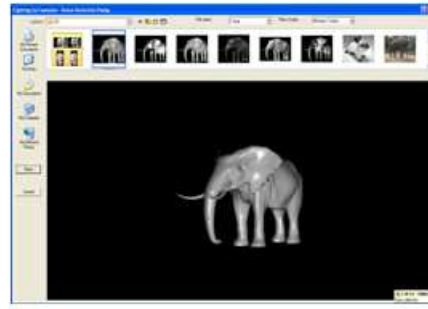
*Hình 4.* Tối ưu hóa chiếu sáng dựa trên mẫu với hàm mục tiêu dựa trên wavelet: Ảnh ở cột bên trái là các ảnh mẫu, cột bên phải là cảnh đồ họa với các tham số chiếu sáng được tối ưu theo mẫu.



*Hình 5.* Kết quả của quá trình thiết kế chiếu sáng sử dụng giao diện tương tác cho một cảnh đồ họa.



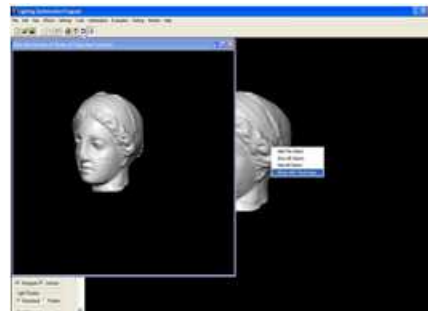
(a) Ẩn đầu tượng bên phải với menu ngữ cảnh



(b) Chọn mẫu ảnh được sử dụng như mục tiêu cho quá trình tối ưu



(c) Các tham số chiếu sáng được tối ưu cho đầu tượng bên trái



(d) Bộ đệm điểm ảnh của đầu bên trái được kết hợp với bộ đệm cuối



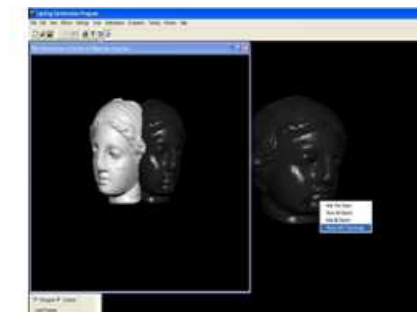
(e) Ẩn đầu bên trái với menu ngữ cảnh



(f) Chọn mẫu ảnh được sử dụng như mục tiêu cho quá trình tối ưu hóa dựa trên mẫu



(g) Các tham số chiếu sáng được tối ưu cho đầu tượng bên phải



(h) Kết quả cuối cùng của quá trình tối ưu các tham số chiếu sáng riêng biệt cho 2 đầu

Hình 6. Quá trình thiết kế các tham số chiếu sáng cho hai đầu sử dụng giao diện tương tác.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] J. Kahrs, S. Calahan, D. Carson and S. Poster, Pixel cinematography: A lighting approach for computer graphics, *Course Notes of the 23rd Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH)*, 1996.
- [2] C. Schoeneman, J. Dorsey, B. Smits, J. Arvo and D. Greenburr, Painting with light, *Proceedings of SIGGRAPH*, 1993.
- [3] Kawai, K. John, J. S. Painter and M. F. Cohen, Radioptimization–Goal Based Rendering, *Proceedings of SIGGRAPH*, 1993.
- [4] J. E. Flynn, C. Hendrick, T. J. Spencer and O. Martyniuk, A guide to methodology procedures for measuring subjective impressions in lighting, *Journal of the Illuminating Engineering Society* **8** (1979) 95–110.
- [5] J. E. Flynn, A study of subjective responses to low energy and non-uniform lighting systems, *Journal of Lighting Design and Application* **7** (1977) 167–179.
- [6] J. Marks, B. Andalman, P. A. Beardsley, W. Freeman, S. Gibson, J. Hodgins, T. Kang, B. Mirtich, H. Pfister, W. Ruml, K. Ryall, J. Seims and S. Shieber, Design galleries: a general approach to setting parameters for computer graphics and animation, *Proceedings of SIGGRAPH*, 1997.
- [7] P. Poulin, K. Ratib, and M. Jacques, Sketching shadows and highlights to position lights, *Proceedings of the Conference on Computer Graphics International (CGI)*, 1997.
- [8] A. Z. Haar, Theorie der orthogonalen Funktionensysteme, *Journal of Math* **69** (1910) 331–371.
- [9] R. E. Crandall, *Topics in advanced scientific computation*, Springer-Verlag, USA, 1996.
- [10] R. Shackled and D. Lischinski, Automatic Lighting Design using a perceptual quality metric, *Proceedings of Eurographics*, 2001.
- [11] H. H. Nam and P. Olivier, Perception-based lighting design, *Proceedings of Theory and Practice of Computer Graphics*, Middlesbrough, UK, 2006.
- [12] H. H. Nam and P. Olivier, Explorations in Declarative Lighting Design, *Proceedings of 6th International Symposium on Smart Graphics*, Vancouver, Canada, 2006.

Nhận bài ngày 18 - 1 - 2012

Nhận lại sau sửa ngày 3 - 4 - 2012