

Перетворення палітри кольорових зображень

Роман Воробель, Ігор Журавель, Костянтин Сущик

Фізико-механічний інститут НАН України, 79601, Львів, Наукова5,
vorobel@ah.ipm.lviv.ua, тел. (0322) 654803

Transformation of the color image palette. Roman Vorobel, Igor Zhuravel, Kostantyn Suschyk. The article is devoted to methods, connected with transformation palette of image. The method of optimum transformation palette of image by using a theory of clasterization. The results of test of proposed image processing are shown.

1. Вступ

Одним з важливих чинників, які суттєво впливають на швидкість обробки та передачі інформації, є її об'єм. В даній роботі об'єктом досліджень є цифрові зображення, як один з найбільш зручних способів представлення інформації при неруйнівному контролі, медичній діагностиці та дистанційному зондуванні Землі.

Графічні файли таких зображень, в більшості випадків, потребують значних об'ємів пам'яті, що зумовлює певні незручності при обробці та передачі інформації. Тому актуальною є задача зменшення об'єму графічних файлів зображень при мінімальному погіршенні їх візуальної якості. Вирішення цього питання є також важливим у задачах сегментації кольорових зображень.

Усі зображення можна умовно розділити на чотири типи - бінарні, напівтонові, палітрові та повноколірні. Бінарні та напівтонові зображення представляють собою двохвимірні масиви чисел, які є еквівалентами яскравостей. Повноколірні зображення зберігаються у вигляді тривимірних масивів. Для доступу до значень інтенсивностей складових кольору піксела зображення потрібно вказати рядок - k , стрічку l та номер складової: 1 - для R , 2 - для G та 3 - для B . Палітрові зображення зберігаються у вигляді двохвимірних масивів індексів. Для кожного палітрового зображення існує двовимірний масив палітри, в трьох стовпцях якого розміщені значення інтенсивностей R , G , B .

Кожний графічний файл складається із двох основних частин - заголовка та власне даних. Заголовок містить інформацію про структуру графічного файлу. Здебільшого після заголовку у файлі палітрового зображення міститься палітра кольорів. В даній роботі ми розглядатимемо палітрові повноколірні зображення з метою зменшення кількості кольорів при мінімізації втрати їх якості. Тому з аналізу структури графічного файлу випливає, що одним із шляхів зменшення його

об'єму, є оптимізація палітри зображень. Розглянемо відомі підходи до вирішення цього питання [1].

Для більшості зображень, кількість кольорів, яка необхідна для їх відтворення, менша за 256. Забираючи невикористані кольори із палітри сприяємо зменшенню об'єму файлу зображення. Однак даний підхід неефективний для зображень, які містять велику кількість кольорів та відтінків.

Нами запропоновано інший підхід, який базується на тому, що палітра зображення вибирається фіксованою або оптимізується. У випадку фіксованої палітри кожному елементу зображення вибирається у відповідність найближчий за значенням колір. Основною вимогою до такої палітри є те, що вона повинна містити основні кольори, які присутні на зображенні. Виконання цієї вимоги буде в значній мірі впливати на якість відтворення зображення. В більшості випадків використовують так звану "безпечну палітру", яка містить набір часто використовуваних кольорів та їх відтінків. Оскільки розмір палітри є фіксований, а колірне наповнення зображень є найрізноманітнішим, то не завжди вдається провести перетворення палітри зображення із допустимою мінімальною візуальною похибкою. Тому доцільно оптимізувати палітру.

У випадку оптимізованої палітри, формується список усіх кольорів, які містяться на зображенні. Далі на підставі аналізу частоти появи цих кольорів будується конкретна палітра.

Розглянемо процес аналізу та вибору кольорів оптимізованої палітри детальніше.

2. Оптимізація палітри зображення

Однією з найбільш зручних видів представлення яскравісних характеристик зображення є його гістограма. У випадку кольорових (RGB) зображень гістограма представляється у вигляді куба (рис. 1), всередині якого розміщена інформація про частоту появи кольорів на зображенні.

Побудова тривимірної гістограми зображення є важливим елементом при формуванні оптимальної палітри. Далі на підставі аналізу будують нову палітру зображення. Розглянемо ряд методів визначення нової палітри зображення.

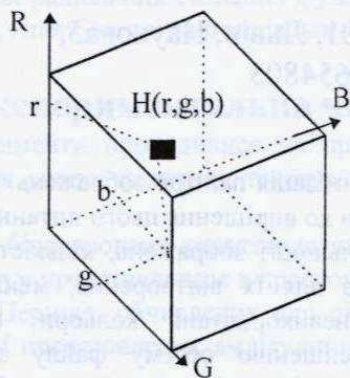


Рис. 1. Структура даних тривимірної гістограми $H(r, g, b)$ зображення.

Один із підходів базується на тому, що формується нова палітра розмірності $n \times 3$, яка складається з найбільш вживаних на зображенні кольорів. Такий алгоритм ефективний для побудови нової палітри зображень, які не містять відтінків основних кольорів. Але більшість зображень містить велику кількість відтінків, тому використання даного методу призводить до того, що палітра перетвореного зображення складатиметься здебільшого з відтінків одного кольору, який найчастіше зустрічається на вхідному зображенні. В результаті такого перетворення, візуальна різниця вхідного та перетвореного зображень є суттєвою, що зумовлює його низьку якість.

Наступним підходом до створення нової палітри, використання якої призвело б до зменшення об'єму графічного файлу зображення, є створення "умовно фіксованої палітри". Суть цього підходу



а)



б)



в)



з)

Рис. 2. Результат комп'ютерного моделювання оптимізації палітри зображення: а) вхідне зображення (розмір графічного файлу зображення 131126 байт); б) зображення а), оброблене не методом бінаризації з використанням алгоритму Флойда-Стейнберга (8254 байт); в) зображення а), палітра якого зменшена до 8 кольорів (32886 байт); з) зображення а), палітра якого зменшена до 8 кольорів та використано алгоритм Флойда-Стейнберга (32886 байт).

полягає у тому, що нова палітра потрібного (довільного) розміру формується на основі використання білого, чорного, *RGB*-кольорів та їх відтінків. Цей метод доцільно застосовувати щодо перетворення палітри зображень, які містять всі сім основних кольорів. Недоліком цього методу є те, що у ньому не проводиться аналіз кольорів зображення. Це призводить до того, що побудована палітра в більшості випадків не є оптимальною.

Як було зазначено вище, більшість зображень містить невелику кількість чистих кольорів та велику кількість їх відтінків. В результаті цього елементи тривимірної гистограми розподілені нерівномірно, а певними скупченнями (кластерами). Ця властивість і лягла в основу запропонованого нами методу. У цьому методі для аналізу гистограми зображення використовують один з методів кластеризації. Він полягає у тому, що всі елементи тривимірної гистограми розбиваються на *k*-кластерів таким чином, що мінімізується евклідова відстань між об'єктами всередині кластерів та максимізується евклідова відстань між ними. Вибираючи координати центра мас заданої кількості *k* найбільших кластерів, проводиться побудова оптимальної палітри із заданою розмірністю *k*.

Зменшення об'єму графічного файлу досягається через оптимізацію палітри призводить до погіршення візуальної якості сприйняття зображення. Для зменшення помітності похибки та створення враження, що на зображенні присутня більша кількість різноманітних кольорів, ніж є насправді, використовується дифузійне псевдозмішування кольорів.

3. Дифузійне псевдозмішування кольорів

Потрібний ефект зменшення помітності похибки досягається за рахунок групування в певній локальній області зображення елементів з кольорами, представленими в палітрі, змішування яких дає близький до необхідного колір. Для цього використовується відомий алгоритм Флойда-Стейнберга [1]. В цьому алгоритмі елемент зображення замінює свій колір на найближчий в евклідовій метриці, який є у палітрі. Також обчислюється похибка колірності *Error_RGB* для кожної складової як різниця між значеннями величин складових кольорів палітри *MAP_new(k,:)* та вхідного зображення *L(i,j,:)*. У випадку *RGB*-складових, алгоритм представляється наступним чином:

$$Error_RGB(i,j,:) = L(i,j,:) - MAP_new(k,:). \quad (1)$$

Далі похибка розповсюджується на сусідні елементи зображення шляхом додавання деякої долі

похибки до значень відповідних складових і відбувається так звана "дифузія похибки".

$$L(i,j+1,:) = L(i,j+1,:) + \frac{3 \cdot Error_RGB(i,j,:)}{8}, \quad (2)$$

$$L(i+1,j,:) = L(i+1,j,:) + \frac{3 \cdot Error_RGB(i,j,:)}{8}, \quad (3)$$

$$L(i+1,j+1,:) = L(i+1,j+1,:) + \frac{Error_RGB(i,j,:)}{4}. \quad (4)$$

Алгоритм застосовується рекурсивно до всіх пікселів зображення. Використання псевдозмішування кольорів дозволяє покращати колірне сприйняття за рахунок погіршення роздільної здатності та підвищення рівня високочастотного шуму.

4. Висновки

Запропонований у роботі метод побудови оптимальної палітри на основі кластерного аналізу гистограми зображення та використання дифузійного псевдозмішування кольорів дозволяє представляти будь-яке кольорове чи напівтонове зображення заданою кількістю кольорів з мінімальною візуальною похибкою. Похибка перетворення зображення обернено пропорційна кількості елементів оптимальної палітри.

Області застосування методу різноманітні. Важливе місце серед них займає передача відеоданих по каналах зв'язку, де об'єми графічних файлів повинні бути невеликі. Приклад ефективності запропонованого методу ілюструє рис. 2. Тут на рис. 2-а показано вхідне зображення з розмірами файлу у 128 КВ. На рис. 2-б наведено застосування класичної технології дифузійного псевдозмішування кольорів через бінаризацію і застосування алгоритму Флойда-Стейнберга [1-3]. На рис. 2-в показано вхідне зображення 2-а зі зменшеною до восьми кольорів палітрою. Результуюче зображення з) отримане із вхідного шляхом оптимізації палітри та застосуванням алгоритму псевдозмішування кольорів Флойда-Стейнберга. За візуальною якістю воно практично не поступається вхідному зображенню, а об'єм його графічного файлу становить лише 32 КВ, що майже у чотири рази менше, ніж у вхідного зображення. Вибором розміру оптимальної палітри шукається компроміс між об'ємом файлу та якістю перетвореного зображення. При кількості кольорів оптимальної палітри більше ніж 16, втрати якості стають візуально непомітними, а виграш у об'ємі значним.

1. Роджерс Д. Алгоритмические основы машинной графики. М.: Мир, 1989.
2. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка изображений. М.: Эком, 1997.
3. Красильников Н.И. Цифровая обработка изображений. М.: "Вузовская книга", 2001.

