**Tóm tắt bài báo: "Preserving Color in Neural Artistic Style Transfer"**

**Tác giả**: Leon A. Gatys, Matthias Bethge, Aaron Hertzmann, Eli Shechtman (2016)

**Mục tiêu**

Khắc phục hạn chế của thuật toán **Neural Artistic Style Transfer** (Gatys et al., 2016):

* **Vấn đề**: Thuật toán gốc sao chép cả **màu sắc** từ ảnh phong cách (style image) sang ảnh nội dung (content image), làm thay đổi không mong muốn màu sắc gốc của ảnh nội dung.
* **Giải pháp**: Đề xuất 2 phương pháp bảo toàn màu sắc gốc trong khi vẫn chuyển đổi phong cách.

**Phương pháp đề xuất**

**1. Phương pháp #1: Color Histogram Matching**

* **Ý tưởng**: Biến đổi màu của ảnh phong cách (*S*) để khớp với **histogram màu** của ảnh nội dung (*C*) trước khi áp dụng style transfer.
* **Cách thực hiện**:
  + Sử dụng phép biến đổi tuyến tính trên không gian RGB:

xS′=AxS+b**x***S*′​=**Ax***S*​+**b**

* + - A,b**A**,**b** được tính để khớp **mean** và **covariance** của *S* với *C*.
  + Hai biến thể:
    - **Cholesky decomposition**: Đơn giản nhưng phụ thuộc thứ tự kênh màu (RGB/BGR).
    - **Image Analogies (IA)**: Dùng eigenvalue decomposition, cho kết quả tự nhiên hơn (Hình 3).
* **Kết quả**:
  + Hiệu quả hơn so với áp dụng color transfer sau style transfer (Hình 4).
  + Hạn chế: Màu sắc đầu ra có thể không khớp hoàn toàn với ảnh nội dung do giới hạn của phép biến đổi tuyến tính (Hình 6e).

**2. Phương pháp #2: Luminance-Only Transfer**

* **Ý tưởng**: Chỉ áp dụng style transfer trên **kênh độ sáng (luminance)** của ảnh, giữ nguyên màu sắc từ ảnh nội dung.
* **Cách thực hiện**:
  + Chuyển ảnh sang không gian màu **YIQ** (Y: luminance, I/Q: color).
  + Áp dụng style transfer chỉ trên kênh *Y*, kết hợp với kênh *I/Q* từ ảnh nội dung (Hình 5).
  + Có thể kết hợp **luminance histogram matching** trước để giảm sự khác biệt về độ sáng giữa *S* và *C* (Công thức 6).
* **Kết quả**:
  + Bảo toàn màu sắc gốc hoàn hảo.
  + Hạn chế: Mất sự liên kết giữa màu sắc và nét vẽ (brushstrokes), dẫn đến các nét vẽ đa màu không tự nhiên (Hình 6d).

**So sánh và Thảo luận**

| **Phương pháp** | **Ưu điểm** | **Nhược điểm** |
| --- | --- | --- |
| **Color Histogram Matching** | - Bảo toàn cấu trúc nét vẽ. - Phù hợp với phong cách phức tạp (ví dụ: tranh Van Gogh). | - Màu sắc có thể lệch so với ảnh gốc. |
| **Luminance-Only Transfer** | - Màu sắc gốc được giữ nguyên. - Giảm chiều dữ liệu tối ưu hóa. | - Mất liên kết màu-nét vẽ. - Không phù hợp với phong cách dựa trên màu sắc (ví dụ: tranh lập thể). |

**Hướng phát triển**

* Kết hợp hai phương pháp để tận dụng ưu điểm của cả hai.
* Nghiên cứu các kỹ thuật **color transfer** phức tạp hơn (phi tuyến tính) để cải thiện độ chính xác.
* Ứng dụng cho **tự động hóa phối màu** trong thiết kế đồ họa.

**Kết luận**

Hai phương pháp đề xuất cung cấp giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả để **bảo toàn màu sắc** trong Neural Style Transfer, phù hợp với các nhu cầu khác nhau tùy vào đặc điểm của ảnh đầu vào.