TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHIỆP TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

CHUYÊN NGÀNH KHOA HỌC MÁY TÍNH

MÔ HÌNH KHỬ NHIỄU ẢNH DỰA TRÊN PHƯƠNG TRÌNH ĐẠO HÀM RIÊNG SỬ DỤNG THUẬT TOÁN FAST EXPLICIT DIFFUSION

- Giảng viên hướng dẫn: ThS. Hồ Đắc Quán
- Sinh viên thực hiện: Lê Hoàng Hưng - 18048361
Lê Văn Đức Anh - 19483571

1. GIỚI THIỆU TỔNG QUAN

- Bài toán giải phương trình đạo hàm riêng có ý nghĩa và tầm quan trọng trong các lĩnh vực khoa học đặc biệt là xử lý ảnh.
- Phần lớn các phương pháp giải nghiệm xấp xỉ PDE là phương pháp số như phương pháp sai phân hữu hạn, phương pháp phần tử hữu hạn, phương pháp khối hữu hạn. Các phương pháp này còn nhiều hạn chế.
- Mục tiêu chính của khoá luận là áp dụng thuật toán lan truyền nhanh (Fast Explicit Diffusion – FED) để tăng hiệu suất quá trình khử nhiễu ảnh dựa trên phương trình đạo hàm riêng phi tuyến bậc bốn.

2. PHƯƠNG TRÌNH ĐẠO HÀM RIÊNG

Phương trình đạo hàm riêng bậc hai với hai biến độc lập *x,y* có dạng tổng quát:

$$F\left(x, y, \frac{\partial u}{\partial x}, \frac{\partial u}{\partial y}, \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y}, \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) = 0, \qquad x, y \in \Omega$$

trong đó, F là hàm số bất kỳ, Ω là tập con mở bị chặn của $\mathbb{R}^d$, d là số chiều không gian.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1 : Mô Hình Bài Toán

Mô hình khử nhiễu bậc bốn thích ứng:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + D_{ij}^2\left(\frac{\alpha(u) D_{ij}^2 u}{|D_{ij}^2 u|}\right) = 0, \qquad (\mathbf{x}, t) \in \Omega_T = (0, T) \times \Omega$$

$$u(\mathbf{x}, t) = 0, \qquad (\mathbf{x}, t) \in (0, T) \times \partial\, \Omega$$

$$\frac{\partial u}{\partial \vec{n}} = 0, \qquad (\mathbf{x}, t) \in \Omega T = (0, T) \times \Omega$$

$$u(\mathbf{x}, 0) = u_0(\mathbf{x}), \qquad \mathbf{x} \in \times \Omega$$

Áp dụng FED cho bài toán:

1. *Dữ liệu đầu vào*:

Ảnh nhiễu u_0, thời gian dừng T, số lượng chu kỳ FED M.

2. *Khởi tạo*:

(a) Tính giá trị n nhỏ nhất sao cho thời gian hoàn thành một chu kỳ FED t_n thoả $t_n \le T/M$ và định nghĩa $q = T/(M * t_n) \le 1$.

(b) Tính kích thước bước thời gian $\hat{\tau}_i = q * \tau_i$.

(c) Chọn thứ tự thích hợp cho $\hat{\tau}_i$ dựa theo thứ tự Leja.

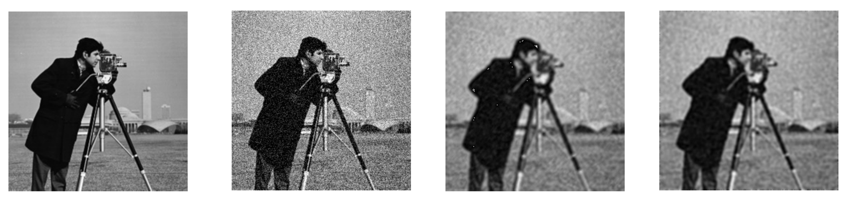
3. *Lặp bộ lọc*: $(k = 0, \ldots, M - 1)$

(a) Tính ma trận tương ứng $\boldsymbol{P}(\boldsymbol{u}^k)$.

(b) Thực hiện một chu kỳ FED với thứ tự ở trên của n bước thời gian $\hat{\tau}_i$ và tăng k lên 1.

(c) Quay trở lại (a), nếu chưa đến thời gian dừng T $(k \le M - 1)$.

3.2 Kết Quả Thực Hiện :

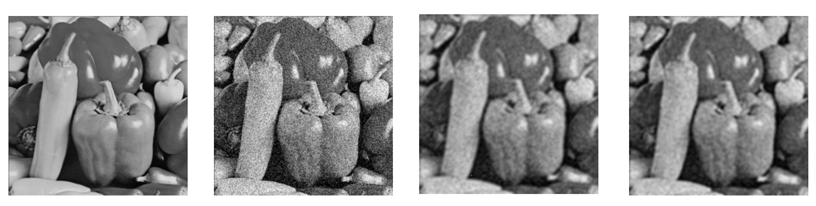


(a) (b) (c) (d)

Hình 1. Kết quả ảnh Cameraman bởi các thuật toán khử nhiễu, kích thước (251x251). (a) ảnh gốc. (b) ảnh được thêm nhiễu Gaussian với $\sigma = 30$. (c) CFD. (d) FED.

Bảng 1. Kết quả thực nghiệm cho ảnh Cameraman kích thước (251x251), Hình 1.

Thuật toán	σ	PSNR	MAE	SSIM	Thời gian (giây)
CFD	30	23.55	10.87	0.60	67.68
FED	30	**24.71**	**9.89**	**0.67**	**38.22**



(a) (b) (c) (d)

Hình 2: Kết quả ảnh Peppers bởi các thuật toán khử nhiễu, kích thước (251x251). (a) ảnh gốc. (b) ảnh được thêm nhiễu Gaussian với $\sigma = 30$. (c) CFD. (d) FED.

Bảng 2. Kết quả thực nghiệm cho ảnh Peppers kích thước (251x251), Hình 2.

Thuật toán	σ	PSNR	MAE	SSIM	Thời gian (giây)
CFD	30	25.66	9.47	0.72	67.98
FED	30	**27.63**	**7.02**	**0.83**	**34.58**

4. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

4.1 Kết Luận:

- Thực nghiệm cho thấy thời gian xử lý khi áp dụng FED đã giảm đi đáng kể, các chỉ số của FED đều thể hiện sự tối ưu hơn so với sai phân hữu hạn.
- Mô hình sử dụng FED đã cho thấy được sự tốt hơn trong việc khử nhiễu mà vẫn giữ lại các đặc trưng và không gây ra các răng cưa ở biên ảnh.

4.2 Hướng Phát triển:

- Tiếp tục thực nghiệm trên nhiều loại ảnh khác nhau và trong các điều kiện nhiễu đa dạng để đảm bảo độ linh hoạt của mô hình.
- Nghiên cứu cách tối ưu hóa hiệu suất của mô hình để áp dụng xử lý trong thời gian ngắn, đặc biệt là đối tượng với ứng dụng yêu cầu xử lý nhanh.
- Khám phá tích hợp các kỹ thuật học máy mới, cải tiến hiệu suất và độ chính xác của mô hình khử nhiễu.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] P. Perona and J. Malik, “Scale-Space and Edge Detection Using Anisotropic Diffusion,” *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.,* vol. 12, no. 7, pp. 629-639, July 1990.

[2] Abdelgader Siddig, Zhichang Guo, Zhenyu Zhou, Boying Wu, “An image denoising model based on a fourth-order nonlinear partial differential equation,” *Computers & Mathematics with Applications,* vol. 76, no. 5, pp. 1056-1074, 2018.

[3] Grewenig S., Weickert J., Bruhn A., “From box filtering to fast explicit diffusion,” *Joint Pattern Recognition Symposium,* pp. 533-542, 2010.