

MỘT PHƯƠNG PHÁP MỚI TRONG VIỆC TĂNG CƯỜNG ẢNH TỐI DỰA TRÊN TOÁN TỬ TĂNG CƯỜNG ĐỐI TƯỢNG TỐI VÀ PHÂN TÍCH THÀNH PHẦN CHÍNH

Nguyễn Tu Trung^{1*}, Lương Khắc Định², Nguyễn Văn Chính²

¹Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Thủy lợi

²Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hạ Long

* Email: trungnt@thu.edu.vn

Ngày nhận bài: 30/7/2021

Ngày chấp nhận đăng: 17/12/2021

TÓM TẮT

Cải thiện hình ảnh là một chủ đề rất quan trọng trong xử lý hình ảnh và đã đạt được nhiều thành tựu đáng kể. Tuy nhiên, việc tăng cường ảnh tối vẫn là vấn đề khó khăn, cần tiếp tục nghiên cứu. Bài báo này giới thiệu một thuật toán mới về tăng cường hình ảnh tối dựa vào tăng cường đối tượng tối và phân tích thành phần chính. Thuật toán này kết hợp một toán tử để tăng cường các đối tượng tối và phân tích thành phần chính để thực hiện việc tăng cường ảnh. Kết quả thực nghiệm cho thấy thuật toán được đề xuất tốt hơn một số phương pháp gần đây.

Từ khóa: Ảnh tối, cải thiện hình ảnh, đối tượng tối, PCA, toán tử đối tượng tối

A NEW ALGORITHM OF ENHANCING THE DARK IMAGE BASED ON DARK OBJECT ENHANCEMENT OPERATOR AND PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

ABSTRACT

Image enhancement is a very important topic in image processing and has achieved considerable success. However, dark image enhancement is still a difficult problem, needs further research. This paper introduces a new algorithm for dark image enhancement based on dark object enhancement and Principal Component Analysis. Our proposed algorithm combines an operator to enhance dark objects and Principal Component Analysis to perform image enhancement. Experimental results show that the proposed algorithm is better than some recent methods.

Keywords: Dark images, dark object, dark object operator, image enhancement, PCA

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tăng cường chất lượng ảnh là một trong những công việc quan trọng của quá trình xử lý hình ảnh. Tăng cường chất lượng ảnh bao gồm nhiều hoạt động như loại bỏ nhiễu (Sudhavani, & nnk., 2013), làm mờ và sửa đổi dải động mức xám. Để nâng cao chất

lượng hình ảnh và khả năng cảm nhận trực quan của con người, một số phương pháp nâng cao sẽ được áp dụng (Yoon & Song, 2007; SomorjeetSingh, & nnk., 2012).

Các phương pháp tăng cường ảnh được chia thành ba loại bao gồm biểu đồ, logic mờ và phương pháp tối ưu (Adlin & Raimond,

2013). Các phương pháp tăng cường độ tương phản dựa trên biểu đồ tập trung vào việc sửa đổi biểu đồ của hình ảnh. Thông số kỹ thuật biểu đồ và cân bằng biểu đồ thường được sử dụng như các sửa đổi tăng cường độ tương phản thông thường. Các phương pháp tối ưu dựa trên việc tối ưu hóa các thông số. Các phương pháp tăng cường hình ảnh dựa trên logic mờ làm cho hình ảnh có chất lượng rõ ràng hơn so với các phương pháp truyền thống.

Kỹ thuật tăng cường ảnh có thể được chia thành hai loại là phương pháp miền không gian và miền tần số (Maini & Aggarwal, 2010). Phương pháp miền không gian đề cập đến tổng hợp các pixel tạo nên một hình ảnh và chúng hoạt động trực tiếp trên các pixel của hình ảnh. Phương pháp miền tần số đề cập đến tổng hợp các pixel phức tạp do lấy phép biến đổi Fourier và phát sinh từ thực tế là phép biến đổi cụ thể này bao gồm các hình sin phức tạp. Do các yêu cầu xử lý rộng lớn, các kỹ thuật miền tần số không được sử dụng rộng rãi như các kỹ thuật miền không gian. Tuy nhiên, việc tăng cường trong miền tần số là quá trình tốn thời gian ngay cả với kỹ thuật biến đổi nhanh, do đó không phù hợp với các ứng dụng thời gian thực (Hasikin & Isa, 2012).

Kỹ thuật mờ được sử dụng để tăng cường hình ảnh. Trong các nghiên cứu của Hasanien và Sudhavani (Hasanien & Badr, 2003; Sudhavani & nnk., 2014), các tác giả kết hợp logic mờ và các công thức điều chỉnh mức xám để nâng cao độ tương phản của hình ảnh. Các phương pháp được coi là ma trận thành viên và các công thức điều chỉnh mức xám để nâng cao độ tương phản. Cheng và các đồng tác (Cheng & nnk., 2003) đã đề xuất thuật toán tăng cường độ tương phản dựa trên phép đo tính đồng nhất mới. Kamil và Ahmet (Dimililera & İlhan, 2016) đã trình bày một phương pháp tăng cường hình ảnh trên hình ảnh MRI não dựa trên mạng lưới thần kinh. Mục đích của việc quan sát là phát triển một thuật toán xử lý hình ảnh để phát hiện ung thư não trên hình ảnh MRI. Việc so sánh các mạng nơ-ron lan truyền ngược sẽ được thực hiện bằng cách sử dụng hình ảnh gốc và hình ảnh được tái tạo dựa trên tác động của việc phân loại. Yugander và nnk (2019) đã đề xuất

một thuật toán nâng cao hình ảnh MR sử dụng Lọc trung bình trọng số thích ứng và Lọc đồng hình. Raman và Himanshu (Maini & Aggarwal, 2010) đã trình bày đánh giá toàn diện về các kỹ thuật nâng cao hình ảnh. Swarup và cộng sự (Ghosh & nnk., 2020) đã đề xuất phương pháp tiếp cận mới về Tăng cường hình ảnh võng mạc bằng cách sử dụng hệ thống PSO và độ đo mờ. Pankaj và cộng sự (Kandhway, & nnk., 2020) đã đề xuất một cải tiến mới về cân bằng biểu đồ biểu đồ dựa trên tăng cường độ tương phản hình ảnh y tế bằng cách sử dụng tối ưu hóa bầy đàn. Jia Chen và cộng sự (Chen, & nnk., 2016) đề xuất phương pháp tăng cường hình ảnh thích ứng dựa trên thuật toán bầy ong nhân tạo. Malika và cộng sự (Malika & Singh, 2017) đã đề xuất một kỹ thuật cải thiện hình ảnh dựa trên bầy ong nhân tạo trên miền Wavelet rời rạc (AIEDW). Mehwish Iqbal và cộng sự (Iqbal, & nnk., 2020) đã đề xuất kỹ thuật cân bằng màu và trắng trong việc tăng cường ảnh trong điều kiện ánh sáng yếu. Kai Liu và Yanzhao Tian (Liu & Tian, 2019) đã trình bày nghiên cứu và phân tích thuật toán tăng cường ảnh học sâu dựa trên vi phân phân số. Junyi Xie và cộng sự (Xie, et al., 2020) đã đề xuất thuật toán tăng cường ảnh ánh sáng yếu có hướng dẫn ngữ nghĩa. Z. Liang và cộng sự (Zheng, Wang, Ding, Zetian, & Fu, 2020) đề xuất phương pháp tăng cường ảnh dưới nước đơn lẻ bằng cách hiệu chỉnh màu có hướng dẫn của bản đồ suy giảm và chi tiết được bảo toàn. Xueyang Fu, Xiangyong Cao (Fu & Cao, 2020) đề xuất tăng cường hình ảnh dưới nước với mạng toàn cục – cục bộ và cân bằng biểu đồ xám nén. Himanshu Singh và cộng sự (Singh, & nnk., 2018) đề xuất phương pháp cân bằng biểu đồ xám hiệu chỉnh gamma dựa trên tối ưu bầy đàn để tăng cường hình ảnh tối (SGHIE).

Các nghiên cứu tăng cường ảnh thường dựa trên luật “if it's bright then it's brighter, if it's dark then it's darker” và sử dụng tiếp cận toàn cục. Tuy nhiên, với những ảnh có các đối tượng thuộc miền rất tối, các phương pháp dựa trên luật này sẽ càng làm cho ảnh đầu ra kém hơn trong việc phân biệt các đối tượng đó. Để khắc phục hạn chế nêu trên, trong bài báo này, chúng tôi đề xuất một thuật toán mới với toán tử tăng cường đối tượng tối và phân

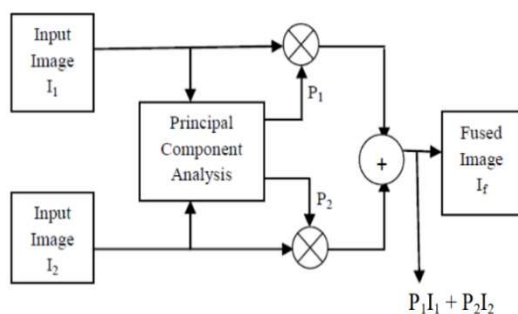
tích thành phần chính. Thuật toán đề xuất cho ảnh sau tăng cường phân biệt tốt hơn các đối tượng tối trên ảnh đầu vào.

Các phần còn lại của bài báo được trình bày như sau: phần 2 trình bày các nghiên cứu liên quan, phần 3 trình bày thuật toán đề xuất, phần 4 trình bày một số thực nghiệm trên dữ liệu ảnh kích thước lớn. Cuối cùng là kết luận.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

2.1. Nghiên cứu liên quan

Sonali Mane và cộng sự (Mane & Sawant, 2014) đã trình bày phương pháp tổng hợp hình ảnh dựa trên phân tích thành phần chính (FIPCA).



Hình 1. Tổng hợp hình ảnh sử dụng PCA

Sơ đồ luồng thông tin của thuật toán kết hợp ảnh dựa trên PCA được thể hiện trong Hình 1. Các ảnh đầu vào (ảnh được hợp nhất) $I_1(x, y)$ và $I_2(x, y)$. Vector kết quả có kích thước là $n \times 2$, trong đó n là độ dài của mỗi vector hình ảnh. Giá trị riêng và các giá trị riêng cho vector kết quả này được tính toán và các giá trị riêng tương ứng với giá trị riêng lớn hơn đạt được. Các thành phần chuẩn hóa P_1 và P_2 (tức là $P_1 + P_2 = 1$) được tính toán từ eigenvector thu được. Ảnh đầu ra được tổng hợp theo công thức:

$$I_f(x, y) = P_1 * I_1(x, y) + P_2 * I_2(x, y) \quad (1)$$

2.2. Đề xuất thuật toán tăng cường ảnh tối

Trong phần này, bài báo đề xuất một thuật toán tăng cường ảnh. Thuật toán có tên IEDOEP (the image enhancement based on the dark object enhancement and PCA).

Thuật toán bao gồm các bước như sau:

– Bước 1: Biến đổi mức xám về miền $[0,1]$ theo công thức:

$$f_1(x) = \frac{x}{255} \quad (2)$$

Ta có:

$$R_1, G_1, B_1 = f_1(R), f_1(G), f_1(B) \quad (3)$$

– Bước 2: Biến đổi R_1, G_1, B_1 theo công thức:

$$f_2(x) = x + 2 * (1 - x)^3 x \quad (4)$$

Ta có:

$$R_2, G_2, B_2 = f_2(R_1), f_2(G_1), f_2(B_1) \quad (5)$$

– Bước 3: Biến đổi R_2, G_2, B_2 về miền $[0,255]$ theo công thức:

$$f_3(x) = 255 * x \quad (6)$$

Ta có:

$$R_3, G_3, B_3 = f_3(R_2), f_3(G_2), f_3(B_2) \quad (7)$$

– Bước 4: Sinh ảnh đầu ra sử dụng phép biến đổi dựa trên PCA với I_1 là ảnh thu được sau bước 3, I_2 là ảnh tăng độ sáng của I_1 :

$$I_2 = \text{IncreaseBright}(I_1) \quad (8)$$

$$I_{\text{new}} = \text{FIPCA}(I_1, I_2) \quad (9)$$

2.3. Thử nghiệm

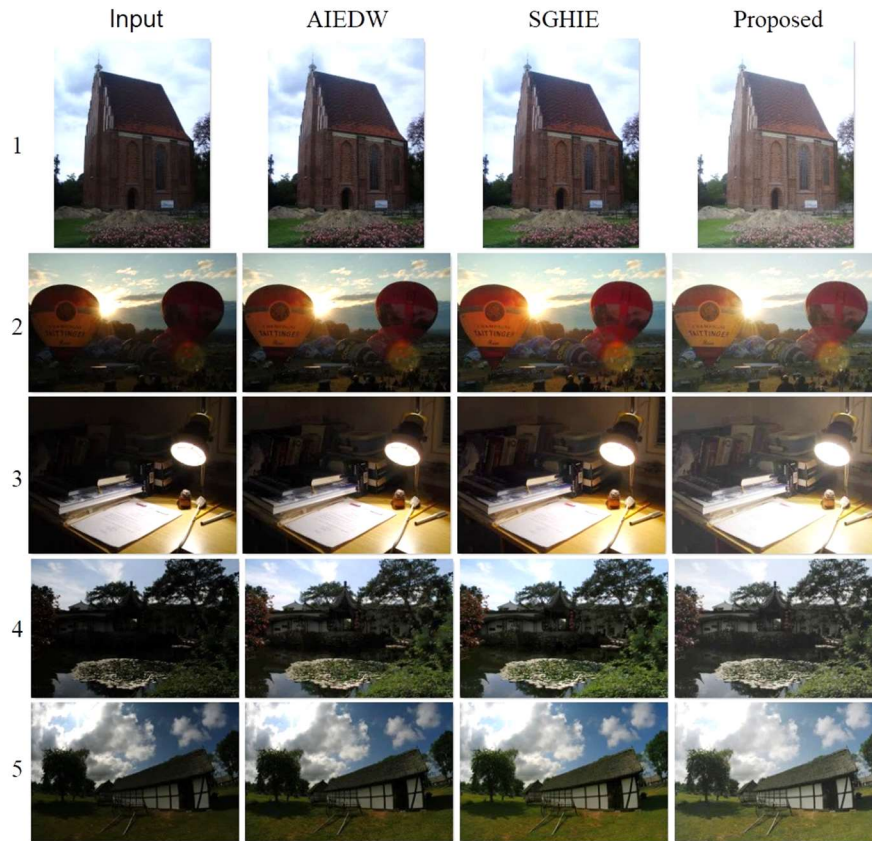
Các phương pháp gần đây được sử dụng để so sánh bao gồm: AIEDW (Malika & Singh, 2017), SGHIE (Singh, & nnk., 2018). Một số thử nghiệm được minh họa trong Hình 2 và 3. Trong đó, Hình 2 chứa toàn ảnh của các thử nghiệm, Hình 3 là ảnh bộ phận của các ảnh trong các thử nghiệm với mục đích quan sát chi tiết hơn. Các ảnh được dùng để thử nghiệm có độ tương phản kém và rất tối.

Từ Hình 2 và 3, về mặt trực quan, có thể thấy rằng:

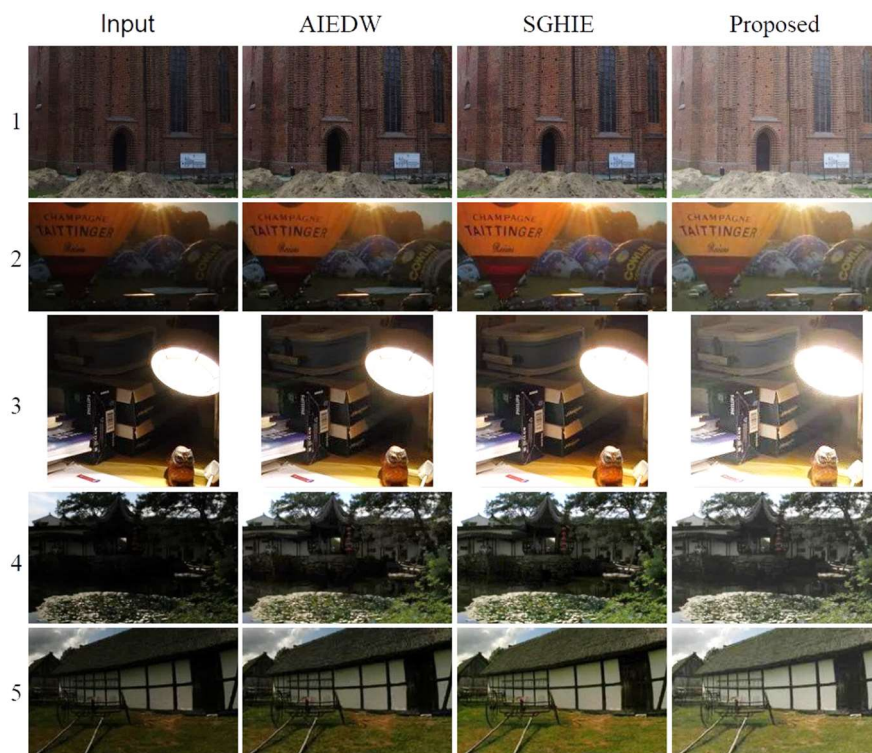
– Phương pháp AIEDW cải thiện không nhiều độ sáng và độ tương phản so với ảnh gốc.

– Phương pháp SGHIE cải thiện tốt hơn phương pháp AIEDW về độ sáng và độ tương phản.

– Phương pháp đề xuất cho ảnh đầu ra sáng hơn và độ tương phản rõ rệt so với ảnh gốc và tốt hơn hẳn so với các phương pháp AIEDW và SGHIE.



Hình 2. Một số kết quả thử nghiệm



Hình 3. Một phần các ảnh của mỗi thử nghiệm

– Để đánh giá chất lượng, độ đo Sharp được sử dụng để đo độ sắc nét, tương phản của ảnh sau tăng cường của các phương pháp so với ảnh gốc, được trình bày Bảng 1, Hình 4.

– Từ bảng 1 và hình 4, có thể thấy rằng:

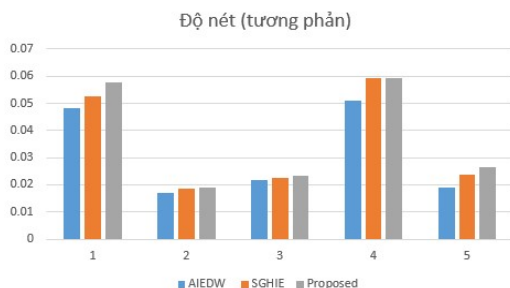
– Phương pháp AIEDW có giá trị độ đo Sharp nhỏ nhất trong cả ba phương pháp.

– Phương pháp SGHIE cho hiệu quả tốt hơn với giá trị độ đo Sharp lớn hơn so với phương pháp AIEDW.

– Phương pháp đề xuất có giá trị độ đo Sharp lớn nhất trong cả ba phương pháp.

Bảng 1. So sánh chất lượng ảnh dựa trên độ sắc nét (tương phản)

TT	AIEDW	SGHIE	Proposed
1	0.0483	0.0524	0.0576
2	0.0172	0.0188	0.0191
3	0.0219	0.0227	0.0232
4	0.0512	0.0592	0.0594
5	0.0189	0.0236	0.0266



Hình 4. So sánh độ nét (tương phản)

Từ các nhận xét trên, có thể thấy rằng phương pháp đề xuất cho ảnh tăng cường có độ sáng, độ tương phản và độ tương tự với ảnh gốc tốt hơn so với các phương pháp gần đây được so sánh.

3. KẾT LUẬN

Bài báo này giới thiệu thuật toán tăng cường ảnh mới IEDOEP mới mục đích tăng cường ảnh tối. Thuật toán này dựa trên toán tử tăng cường đối tượng tối và PCA. Kết quả thu được từ các thử nghiệm cho thấy rằng các ảnh sau tăng cường bởi thuật toán được đề xuất tốt hơn so với một số phương pháp gần đây khác về tăng cường các đối tượng tối trên ảnh. Trong nghiên cứu tiếp theo, chúng tôi dự định sẽ tiếp tục các vấn đề khác về xử lý ảnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Adlin, S. T., & Raimond, K. (2013). A survey on Color Image Enhancement Techniques. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 3 (2).
- Chen, J., Li, C., & Yu, W. (2016). Adaptive Image Enhancement Based on Artificial Bee Colony Algorithm. *Proceedings of the International Conference on Communication and Electronic Information Engineering (CEIE 2016)*. DOI:10.2991/ceie-16.2017.88
- Cheng, H. D., Mei, X., & Shi, X. J. (2003). Contrast enhancement based on a novel homogeneity measurement. *Pattern Recognition*, 36.
- Dimililera, K., & İlhan, A. (2016). Effect of Image Enhancement on MRI Brain Images with Neural Networks. *12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, ICAFS 2016*, 102, S. 39-44. DOI:10.1016/j.procs.2016.09.367
- Fu, X., & Cao, X. (2020). Underwater image enhancement with global-local networks and compressed-histogram equalization. *Signal Processing: Image Communication*, 86. DOI:10.1016/j.image.2020.115892
- Ghosh, S. K., Biswas, B., & Ghosh, A. (kein Datum). A novel Approach of Retinal Image Enhancement using PSO System and Measure of Fuzziness. *International Conference on Computational Intelligence and Data Science (ICCIDS 2019)*, (S. 1300-1311).
- Hasikin, K., & Isa, N. A. (2012). Enhancement of the low contrast image using fuzzy set theory. *14th International Conference on Modeling and Simulation, IEEE*.
- Hassanien, A. E., & Badr, A. (March 2003). A Comparative Study on Digital Mamography Enhancement Algorithms Based on Fuzzy Theory. *Studies in Informatics and Control*, 12(1).
- Iqbal, M., Sohail, S., MohsinRiaz, A. M., Ghafoor, A., & Ahmad, A. (2020). Color and white balancing in low-light image enhancement. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 209. doi:10.1016/j.ijleo.2020.164260

- Kandhway, P., Bhandari, A. K., & Singh, A. (2020). A novel reformed histogram equalization based medical image contrast enhancement using krill herd optimization. *Biomedical Signal Processing and Control*, 56, 1-14.
- Liu, K., & Tian, Y. (2019). Research and analysis of deep learning image enhancement algorithm based on fractional differential. *Nonlinear Science and Nonequilibrium and Complex Phenomena*.
- Maini, R., & Aggarwal, H. (March 2010). A Comprehensive Review of Image Enhancement Techniques. *Journal of computing*, 2 (3), 8-13.
- Malika, R. S. (2017). Artificial Bee Colony Based Image Enhancement For Color Images In Discrete Wavelet Domain. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4 (7), 443-448.
- Mane, S., & Sawant, S. D. (2014). Image Fusion of CT/MRI using DWT, PCA Methods and Analog DSP Processor. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4(2), 557-563.
- Singh, H., Kumar, A., Balyan, L. K., & Singh, G. K. (2018). Swarm intelligence optimized piecewise gamma corrected histogram equalization for dark image enhancement. *Computers & Electrical Engineering*, 70, 462-475.
- Somorjeet Singh, S., Mamata Devi, H., Tangkeshwar Singh, T., & Imocha Singh, O. (2012). A New Easy Method of Enhancement of Low Contrast Image using Spatial Domain. *International Journal of Computer Applications*, 40 (1), 32-34.
- Sudhavani, G., Madhuri, G., Rao, P. V., & Prasad, K. S. (June 2013). Additive noise removal for color images using fuzzy filters. *International Journal of Computer Science Engineering Applications (IJCSSEA)*, 3 (3), 1-10. doi:10.5121/ijcsea.2013.3301
- Sudhavani, G., Madhuri, G., Venkateswara Rao, P., & Satya Prasad, K. (June 2013). Removing of Gaussian Noise from Color Images by Varying Size of Fuzzy Filter. *International Journal of Computer applications*, 72 (17), 14-20.
- Sudhavani, G., Srilakshmi, M., & Venkateswara Rao, P. (2014). Comparison of Fuzzy Contrast Enhancement Techniques. *International Journal of Computer Applications*, 95(22).
- Xie, J., Bian, H., Wu, Y., Zhao, Y., Shan, L., & Hao, S. (2020). Semantically-guided low-light image enhancement. *Pattern Recognition Letters*, 138, 308-314.
- Yoon, B. W., & Song, W. J. (2007). Image contrast enhancement based on the generalized histogram. *Journal of Electronic Imaging*, 16 (3).
- Yugander, P., Tejaswini, C. H., Meenakshi, J., Samapathkumar, K., Varma, B. V., & Jagannath, M. (2019). MR Image Enhancement using Adaptive Weighted Mean Filtering and Homomorphic Filtering. *International Conference on Computational Intelligence and Data Science (ICCIDS 2019)*, (S. 667-685).
- Zheng, L., Wang, Y., Ding, X., Zetian, M., & Fu, X. (2020). Single Underwater Image Enhancement by Attenuation Map Guided Color Correction and Detail Preserved Dehazing. *Neurocomputing*, 425 (4).

THÔNG TIN TÁC GIẢ

TS. Nguyễn Tu Trung: Giảng viên khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Thủy lợi. Lĩnh vực nghiên cứu: Xử lý ảnh, Học máy, Khai phá dữ liệu.

TS. Lương Khắc Định: Trưởng Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hạ Long. Lĩnh vực nghiên cứu: An toàn thông tin, Chuyển đổi số, Xử lý ảnh, Phân tích dữ liệu, Cơ sở dữ liệu, Trí tuệ nhân tạo

ThS. Nguyễn Văn Chính: Giảng viên Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Hạ Long. Lĩnh vực nghiên cứu: Cơ sở dữ liệu, Xử lý ảnh, Mạng máy tính, An toàn an ninh mạng