

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN METRIC TỐI ƯU TÌM KIẾM THÍCH NGHI TRÊN MẠNG THÔNG TIN DI ĐỘNG

SEARCH RESULTS FOR QUICK SEARCH APPROACH ON MOBILE COMMUNICATIONS

Ninh Văn Thọ<sup>1,\*</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.265>

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, tác giả đưa ra thực hiện tìm kiếm nhanh bảo đảm được tính thời gian thực, quá trình sử dụng thuật toán METRIC tối ưu hóa sử dụng mã nguồn mở thích nghi, thích ứng lựa chọn theo loại hình ảnh, sử dụng đặc tính phân bố vector chuyển động của hình ảnh và cho phép tự động điều chỉnh tốc độ bit của luồng dữ liệu, thuật toán METRIC tối ưu hóa, quá trình tìm kiếm nhanh thích nghi trên mạng thông tin di động theo phương pháp tìm kiếm từ gốc. Thuật toán METRIC được xây dựng trên không gian thuộc tính của trường vector chuyển động và sử dụng các đặc tính tương ứng của quá trình tìm kiếm theo hướng dựa trên các khối và thuật toán thích nghi. Thuật toán METRIC được đề xuất sử dụng phương pháp tìm kiếm nhanh áp dụng đối với mã nguồn mở thích nghi trên mạng di động lựa chọn theo đặc tính phân bố vector chuyển động của hình ảnh theo phương pháp tối ưu hóa. Thuật toán METRIC có thể đáp ứng nhu cầu thời gian thực mà không làm giảm chất lượng của hình ảnh.

**Từ khóa:** Mã hóa Video, tương quan không gian, trường vector chuyển động, tối ưu hóa thuật toán, thuật toán tìm kiếm nhanh thích nghi.

## ABSTRACT

In this study, the author mentions fast search methods that ensure real-time calculation during the application of optimized METRIC algorithms using adaptive open source code, adaptive selection according to image type, using the motion vector distribution properties of images and allowing automatic adjustment of the bit rate of the data stream, the optimized METRIC algorithm uses adaptive fast search on mobile communication networks based on search points. search from the root. The METRIC algorithm is built on the attribute space of the motion vector field and uses the corresponding properties of block-based directional search and adaptive algorithms. The proposed METRIC algorithm uses a fast search method based on open source code adapted to mobile networks based on the motion vector distribution characteristics of images according to the optimization method. The METRIC algorithm can meet real-time needs without reducing the quality of the image.

**Keywords:** Video encoding, spatial correlation, motion vector field, algorithm optimization, fast and adaptive search algorithm.

<sup>1</sup>Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

\*Email: [nvtho@uneti.edu.vn](mailto:nvtho@uneti.edu.vn)

Ngày nhận bài: 20/2/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 14/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 27/8/2024

## 1. GIỚI THIỆU

Phương pháp ước lượng chuyển động là công nghệ chính của mã hóa Video. Nó có thể loại bỏ sự dư thừa giữa các khung trong số các dãy hình ảnh để đạt được tỷ lệ nén cao. Tuy nhiên gặp phải khó khăn trong quá trình tính toán nó là yếu tố chính gây lên sự hạn chế nén Video thời gian thực. Thuật toán METRIC mà tác giả đề xuất đã khắc phục được nhược điểm nêu trên. Do tính đơn giản và hiệu quả thuật toán kết hợp tìm kiếm nhanh thích nghi dựa vào mã nguồn mở được sử dụng rộng rãi trong các mã hóa Video khác nhau về tiêu chuẩn. Thuật toán METRIC có thể loại bỏ phần dư thừa trong quá trình tìm kiếm kết hợp và tăng đáng kể tốc độ ước lượng chuyển động. Quá trình tính toán và so sánh mỗi điểm trong khối chiếm nhiều thời gian tính toán, sử dụng mẫu cố định để so sánh trong suốt quá trình, phân biệt các loại chuyển động và đặc điểm của hình ảnh không làm lãng phí tài nguyên tính toán. ARPS có tốc độ tìm kiếm nhanh và nó vẫn chỉ sử dụng một mẫu duy nhất. Vì vậy sử dụng thuật

toán METRIC tìm kiếm nhanh và thích nghi sử dụng mã nguồn mở sử dụng tám hướng tìm kiếm từ trung tâm, nhưng nó không xem xét sự tương quan chuyển động giữa các khối liền kề. Thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi cho ta chất lượng tốt và độ chính xác cao và sử dụng các phương pháp cải tiến ARPS mới được đề xuất.

## 2. PHÂN TÍCH ĐẶC TÍNH CỦA VECTOR CHUYỂN ĐỘNG

Để cải thiện tốc độ tìm kiếm và chất lượng hình ảnh trong dự toán chuyển động sử dụng cách thiết kế nhiều mẫu và xây dựng chiến lược tìm kiếm nhanh thích nghi, cần phải kiểm tra phân bố chuỗi Video và đặc điểm của các vector chuyển động [1]. Bảng 1 cho thấy số liệu xác suất phân bố vector hình ảnh trong 100 khung hình đầu tiên trong chuỗi video tự nhiên khác nhau với thuật toán.

Bảng 1. Xác suất phân bố của các vector chuyển động

Kiểm tra trình tự	Xác suất phân phối của MV			
	(0,0)	(±1,0) (0,±1)	(±2,0) (0,±2)	Khác
Akiyo	0,9894	0,0106	0	0
News	0,9531	0,0378	0,0012	0,0079
Claire	0,9620	0,0311	0,0014	0,0055
Foreman	0,4965	0,2801	0,0236	0,1998
Mobile	0,9578	0,0389	0,0027	0
Flower	0,0587	0,4220	0,2341	0,2852
Coast guard	0,2973	0,5826	0,0573	0,0628

Dữ liệu thông kê từ bảng 1 cho thấy hầu hết các chuỗi video có chứa khối tĩnh (MB). Xác suất phân bố trung bình của vector có bán kính bằng 2 quang bản gốc điểm cao hơn 80% chủ yếu ở hướng ngang và dọc, cho thấy rằng các đoạn video của chuỗi video có thuộc tính trung tâm.

Hơn nữa hình ảnh video là một chuỗi chuyển động với độ tương quan không gian và thời gian cao. Các thuộc tính này có được sử dụng để dự đoán MV của MB hiện tại. Xem xét các ứng dụng thời gian thực, thuật toán đề xuất chỉ sử dụng mối tương quan không gian. Tuy nhiên sử dụng thời gian cho chuyển động ước tính cần ghi lại tất cả các khung hình trước đó, làm tăng chi phí bộ nhớ và thời gian truy cập dữ liệu. Không thuận lợi cho việc triển khai phần cứng [3, 4] thông qua bên trái và trên cùng, các khối liền bên phải của hiện tại. Thuật toán METRIC đề xuất xem xét sự cân bằng toàn diện giữa tính toán và đặc tính phân bố vector chuyển động, sử dụng khối bên trái theo chiều ngang và trên cùng chặn theo chiều thẳng đứng. Nó bỏ qua khối trên bên phải vì sự tương quan không gian của khối đầu tiên.

## 3. TÌM KIẾM NHANH DỰA TRÊN ROOT PATTERN

Như đề cập ở phần trên thuật toán sử dụng đầy đủ mối tương quan không gian và sử dụng khối trái để dự đoán hiện tại. Tất cả tìm các thuật toán bao gồm tìm kiếm thông thường và tìm kiếm nhanh dựa trên Root Pattern.

Trong bước tìm kiếm thô, nếu MB là trái nhất, chiều dài có kích thước cố định là 2 điểm ảnh được thực hiện khi tìm kiếm thông qua kích thước, còn những cách khác thích ứng chọn kích thước bước tìm kiếm theo dự đoán MVP. Giá trị lớn nhất giá trị tuyệt đối của thành phần nằm ngang hoặc thành phần theo chiều dọc được lấy như kích thước bước như sau.

$$\text{stepSize} = \max(|(MVp(x))|, |(MVp(y))|) \tag{1}$$

Ở đây, MVP là dự đoán của MV. Điểm tương ứng của nó cũng được thực hiện như là một trong những điểm tìm kiếm [2]. Nếu trong quá trình tìm kiếm này gặp những điểm chổng chéo với một trong các điểm trong hình dạng Root nó phải tìm kiếm mở rộng từ 5 đến 6 điểm ảnh khác. Sau khi tìm kiếm 5 đến 6 điểm ảnh của khối thu được. Điểm này được lấy làm điểm trung tâm để thực hiện tìm kiếm chính xác trong vùng.

## 4. THUẬT TOÁN METRIC TÌM KIẾM NHANH THÍCH NGHI DỰA TRÊN MÃ NGUỒN MỞ

### 4.1. Tổng quan thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi

Thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi dựa trên mã nguồn mở đề xuất đã sử dụng đầy đủ các trung tâm tính theo chiều ngang và chiều dọc dựa theo tính tương quan không gian trong vector chuyển động. Phương pháp này sử dụng khối bên trái theo phương ngang và khối trên theo phương thẳng đứng để làm các khối tham chiếu và dự đoán. Hơn nữa để có được các MV dự báo chính xác hơn. Trong bài báo này, tác giả đã sử dụng thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi cho khối trên cùng và khối bên trái nhất và áp dụng một ARPS sử dụng thuật toán tìm kiếm nhanh đối với các khối khác. Thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi chủ yếu sử dụng một số kỹ thuật sau.

1) *Chiến lược chấm dứt sớm.* Đặt một ngưỡng cho khối tĩnh để chấm dứt sớm.

2) *Tìm kiếm phân loại chuyển động.* Chọn bước tìm kiếm phù hợp theo kích thước thích ứng theo kiểu chuyển động.

3) *Tối ưu hóa thuật toán tìm kiếm METRIC.* Sử dụng đầy đủ ứng dụng của phân bố vector chuyển động của hình ảnh để có được MV một cách nhanh chóng.

## 4.2. chiến lược chấm dứt sớm

Trong quá trình tìm kiếm kết hợp chặn có ba tiêu chuẩn so sánh chung. Đó là sự khác biệt khung tuyệt đối (MAD), trung bình của lỗi vuông (MSE) và tổng của sự khác biệt tuyệt đối (SAD). Trong đó, tiêu chí SAD được thông qua. Từ công thức (2) thấy rằng nó không yêu cầu nhân vì vậy tương đối dễ để thực hiện trong phần cứng.

$$SAD(i, j) = \sum_{m=1}^m \sum_{n=1}^n |f_k(m, n) - f_{k-1}(m+i, n+j)| \quad (2)$$

Trong đó,  $(i, j)$  là điểm của vector di dời,  $f_{(k)}$  và  $f_{(k-1)}$  là giá trị điểm ảnh của khung hiện tại và khung trước đó  $M \times N$  là kích thước khối. Nếu  $SAD(i_0, j_0)$  là tối thiểu, điểm  $(i_0, j_0)$  là điểm tối ưu phù hợp. Như đã đề cập ở trên việc phân phối chuỗi video xung quanh của MV có thuộc tính trung tâm và các MV tập trung gần trung tâm của khung tìm kiếm. Điểm tĩnh MB hoặc không tĩnh MB chiếm tỷ lệ lớn, vì vậy chúng ta có thể thiết lập một ngưỡng T để đánh giá điểm tĩnh MB để chấm dứt sớm.

Kiểm tra vector không  $(0, 0)$  trước khi kiểm tra MV và sau đó so sánh  $SAD(0, 0)$  với T. Nếu  $SAD(0, 0) < T$  có nghĩa là khối tìm kiếm rất giống với khối tương ứng trong khung tham chiếu, sau đó chúng ta có thể coi như một khối tĩnh, thiết lập  $(0, 0)$  như MV của nó và chấm dứt quá trình tìm kiếm trực tiếp. Nếu các khối nhỏ đã chuyển động tương đối nó cần tìm kiếm thêm để xác định MV. Thử nghiệm thống kê cho thấy rằng nhiều hơn 98 phần trăm khối tĩnh SAD giá trị nhỏ hơn 512 [5], vì vậy chúng ta lấy 512 là ngưỡng T. tiếp tục nghiên cứu cho thấy rằng có  $T = 512$  và có  $T = 0$  để xác định khối tĩnh, giá trị tìm kiếm từ cuối cùng hình ảnh bất thường gần như giống nhau. So với thuật toán tìm kiếm truyền thống, chấm dứt sớm có thể làm giảm phần dư thừa trong quá trình tìm kiếm kết hợp và tăng đáng kể tốc độ ước lượng chuyển động.

## 4.3. phân loại chuyển động

Có tương quan không gian mạnh mẽ theo trình tự video. Dựa trên tài nguyên này thuật toán rất dễ thực hiện tìm kiếm nhanh và chính xác sau khi dự đoán MV của khối hiện tại. Thuật toán đề xuất thông qua giá trị lớn nhất của thành phần nằm ngang hoặc thành phần dọc từ khối trái và khối hàng đầu xung quanh khối hiện tại là chiều dài vector chuyển động (MVL) được thể hiện trong công thức sau:

$$MVL = \max(|MV_1(x), MV_1(y)|, |MV_t(x), MV_t(y)|) \quad (3)$$

$MV_1$  là vector chuyển động của khối trái và  $MV_t$  là vector chuyển động của khối trên. Theo MVL của khối hiện tại sau đó phân loại các kiểu chuyển động cho các chuỗi hình ảnh và chọn các phương pháp khác nhau cho phù hợp với phân loại được thể hiện như sau:

1) Nếu  $MVL < 2$  khối này là hình ảnh loại chuyển động nhỏ, có thể được đánh giá là một khối tĩnh.

2) Nếu  $2 < MVL < 4$  khối hiện tại là hình ảnh loại chuyển động trung bình sau đó cải tiến ARPS được thông qua.

3) Nếu  $MVL > 4$  nó cho thấy khối hiện tại là hình ảnh loại chuyển động lớn ta cần phải dự đoán điểm tìm kiếm bắt đầu.

Các khối bên trái và các khối trên cùng không có khối trái hoặc hàng đầu cùng một lúc, vì vậy chúng không cần phải được phân loại là các loại chuyển động. Tuy nhiên chúng được xử lý đặc biệt với METRIC.

## 4.4. Dự đoán điểm tìm kiếm ban đầu

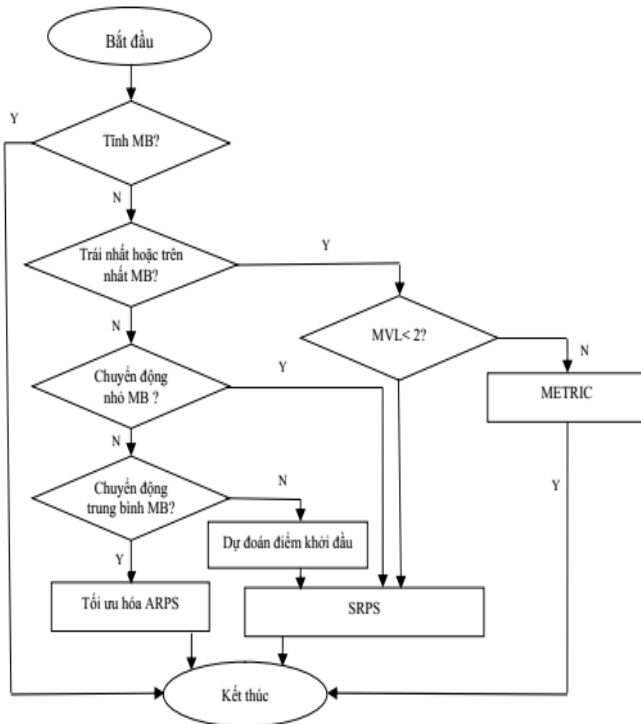
Hầu hết các thuật toán truyền thống bắt đầu tìm kiếm từ điểm  $(0, 0)$  nhưng đối với các kiểu chuyển động lớn các MV thực của chúng lệch đi so với vector không. Vì vậy ta cần tìm kiếm lặp đi lặp lại để tìm MV tốt nhất. Các phương pháp xác nhận điểm tìm kiếm bắt đầu chủ yếu bao gồm phương pháp trung vị, phương pháp bình phương trung bình và phương pháp so sánh (SAD) của MB. Phương pháp so sánh SAD so sánh tất cả các giá trị SAD của các MB dự đoán, lấy điểm SAD tối thiểu là điểm tìm kiếm ban đầu. So với các phương pháp khác, độ chính xác dự đoán của thuật toán là cao nhất và điểm ban đầu của dự đoán phải là MV của các MB lân cận. Vì vậy nó được áp dụng trong thuật toán đề xuất này. Thông qua thống kê bằng thực nghiệm cho thấy khối hiện tại có mối tương quan mạnh nhất với khối liên kết kề trái, trên cùng và bên phải. Các khối bên trái và trên cùng được thông qua. Đối với trình tự chuyển động lớn, lấy điểm tương ứng với SAD tối thiểu từ bên trái và khối ban đầu làm điểm tìm kiếm đầu tiên đạt hiệu quả và có thể tránh được tìm kiếm dư thừa.

## 4.5. Mô tả thuật toán METRIC đề xuất

Thuật toán tìm kiếm nhanh thích nghi METRIC đề xuất sử dụng chủ yếu 2 cấu trúc của mẫu tìm kiếm gốc và mẫu tìm kiếm nhanh Root Patten đối với các khối bên trái và khối trên cùng METRIC hoặc SRPS được chấp nhận. Khối bên trái được sử dụng tham chiếu ở trên cùng nếu  $MVL < 2$  sau đó sử dụng SRPS trực tiếp, còn cách khác sử dụng METRIC. Đứng đầu khối của khối hiện tại bên trái điều này không chỉ tận dụng lợi thế của việc tìm kiếm độ chính xác cao trong thuật toán METRIC mà còn tránh được tìm kiếm dư thừa cho các chuyển động khác.

Đối với các khối khác tối ưu hóa thuật toán ARPS được thông qua. ARPS truyền thống sử dụng một bước tương tự thông qua theo phương ngang và dọc. Thuật toán tìm kiếm nhanh thích nghi METRIC được đề xuất chú ý nhiều

hơn đến việc phân phối MV và lấy khối bên trái và phía trên để dự đoán. Nó xem xét chuyển động thực tế theo hướng ngang dọc. Vậy xét theo chiều ngang.



Hình 1. Lưu đồ thuật toán tìm kiếm nhanh thích nghi METRIC để xuất

$$\text{StepSize}(x) = \max(|MV_1(x), MV_t(x)|) \text{ MVL} \quad (4)$$

Xét theo chiều dọc.

$$\text{StepSize}(y) = \max(|MV_1(y), MV_t(y)|) \text{ MVL} \quad (5)$$

Điều này rất có lợi cho quá trình tìm kiếm điểm kết hợp tốt nhất và nhanh nhất. Theo sơ đồ của thuật toán được thể hiện các bước chi tiết được thực hiện như sau:

**Bước 1:** Dừng thực hiện ngay đối với khối tĩnh. Tính giá trị SAD(0,0) của vector không(0,0). Nếu SAD(0,0) < T, thì MV hiện tại là (0, 0) chuyển sang bước 7 hoặc chuyển đến bước 2.

**Bước 2:** Phân loại chuyển động với các khối bên trái và khối trên cùng. MVL của mỗi khối là:

$$\text{MVL} = \max(|MV_1(x), MV_1(y)|) \text{ hoặc } \text{MVL} = \max(|MV_t(x), MV_t(y)|) \quad (6)$$

Nếu  $\text{MVL} < 2$  chuyển đến bước 6, đối với các khối khác chuyển đến bước 3.

$$\text{MVL} = \max(|MV_1(x), MV_1(y)|, |MV_t(x), MV_t(y)|) \quad (7)$$

Nếu  $\text{MVL} < 2$  chuyển đến bước 6, nếu  $2 < \text{MVL} < 4$  chuyển đến bước 5, trường hợp còn lại  $\text{MVL} > 4$  thì chuyển sang bước 4.

**Bước 3:** Thuật toán tìm ra điểm MB sau đó chuyển sang bước 7.

**Bước 4:** Dự đoán điểm tìm kiếm ban đầu so sánh giá trị SAD của khối bên trái và khối trên cùng của các khối hiện tại với đặc điểm của giá trị SAD tối thiểu là điểm tìm kiếm ban đầu sau đó chuyển đến bước 6.

**Bước 5:** Tối ưu hóa thuật toán bắt đầu tìm kiếm từ điểm ban đầu tại khối tương ứng trong khung tham chiếu xét theo chiều ngang.

$$\text{StepSize}(x) = \max(|MV_1(x), MV_t(x)|) \quad (8)$$

Xét theo chiều dọc.

$$\text{StepSize}(y) = \max(|MV_1(y), MV_t(y)|) \quad (9)$$

Sau đó chuyển đến bước 7.

**Bước 6:** Thuật toán SRPS có đặc điểm giá SAD tối thiểu tìm thấy trong bước cuối cùng để kiểm tra giá trị SAD của mỗi điểm nhỏ hơn T hay không khi tìm kiếm. Nếu  $\text{SAD} < T$  chuyển sang bước 7 trực tiếp nếu không tiếp tục tại bước 6.

**Bước 7:** Dừng thuật toán.

## 5. PHÂN TÍCH KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ MÔ PHỎNG

Để chứng minh tính sẵn sàng của thuật toán được đề xuất, tác giả sử dụng các khối là chuỗi thông thường có đầy đủ các chi tiết về không gian với việc phát video ở vị trí trung gian. Vị trí đứng đầu được chọn làm hình ảnh video chuyển động chung bình. Sử dụng 50 khung đầu tiên được dùng trong thực nghiệm. Thuật toán đề xuất được minh họa bằng thực nghiệm và sử dụng kích thước khối sử dụng là 16\*16 pixel và 7 làm tham số tìm kiếm. Trong đó hai chỉ số được sử dụng để so sánh hiệu suất của thuật toán. Một là các điểm tìm kiếm. Trung bình trên mỗi MB, còn lại là MV trung bình của hình ảnh được bù. Các điểm tìm kiếm trung bình được sử dụng để so sánh độ phức tạp tính toán và MV trung bình được dùng để so sánh độ chính xác trong quá trình tìm kiếm. Các dữ liệu thử nghiệm chi tiết được trình bày trong bảng 2 và 3.

Bảng 2. Tìm kiếm trung với các thuật toán khác nhau

Seq	FS	TSS	DS
	Điểm tìm kiếm trung bình trên mỗi MB		
Akiyo	184,56	21,48	11,43
News	184,56	21,48	11,45
Foreman	184,56	21,54	13,08
Flower	204,28	23,32	15,76
Stefan	204,28	23,39	16,03

Bảng 2 cho thấy rằng trong trình tự với chuyển động chậm, MV tối ưu có thể được tìm thấy để sử dụng trung bình 11,43 điểm với thuật toán DS, 4,93 điểm với thuật toán ARPS, nhưng chỉ có 1,24 điểm với đề xuất thuật toán.

So với thuật toán FS, thuật toán này tăng 148,8 lần trong tốc độ tìm kiếm. tăng tốc độ trong chuyển động trung bình và trình tự chuyển động lớn. Thuật toán không chỉ tìm ra MV tối ưu hóa rất nhanh, mà còn giữ độ chính xác tìm kiếm cao cùng một lúc. Giá trị MB trung bình của hình ảnh bù được giảm nhẹ so với FS được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. So sánh PSRN trung bình

Seq	Akiyo	News	Foreman	Flower	Stefan
FS	44,54	38,51	33,06	26,34	25,91
TSS	44,54	38,49	32,83	26,81	25,34
DS	44,54	38,49	32,84	26,32	25,13
METRIC	44,54	38,49	32,96	26,33	24,88
ARSP	44,54	38,49	32,67	26,3	25,56
Proposed	44,54	38,49	32,67	26,3	25,45

## 6. KẾT LUẬN

Thuật toán METRIC mà tác giả đã đề xuất đã cải thiện đáng kể tốc độ và độ chính xác quá trình tìm kiếm nhanh thích nghi trên mạng thông tin di động sử dụng phương pháp ước lượng chuyển động và trình tự ảnh, dựa theo đặc điểm phân bố của vector chuyển động và mối tương quan không gian được phân tích đầu tiên. Thuật toán METRIC tìm kiếm nhanh thích nghi cho ta chất lượng tốt và độ chính xác cao. Áp dụng cách tìm kiếm nhanh thích nghi dựa trên mã nguồn mở với đặc tính tốc độ tìm kiếm nhanh thích nghi trong thuật toán đề xuất là nhanh nhất so với các thuật toán khác. Kết quả thử nghiệm cho thấy thuật toán này đã đáp ứng nhu cầu thời gian thực và rất nhanh chóng, hiệu quả và dễ thực hiện.

[5]. G. Liu, Y. Huang, N. Li, J. Dong, J. Jin, Q. Wang, "Vision, requirements and network architecture of 6G mobile network beyond 2030 China Commun", *China Communications*, 17, 9, 92-104, 2020.

[6]. He X., Deng K., Wang X., Li Y., Zhang Y., Wang M, "Lightgcn: Simplifying and powering graph convolution network for recommendation", in *Proceedings of the 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, 2020.

[7]. SciPy 1.0 Contributors, at el., "SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python," *Nat Methods.*, 17, 2020.

[8]. I. Shayea, M. Ergen, M.H. Azmi, S.A. Çolak, R. Nordin, Y.I. Daradkeh, "Key challenges, drivers and solutions for mobility management in networks survey," *IEEE Access*, 172534-17255, 2020.

[9]. L. Engstrom, A. Ilyas, S. Santurkar, et al., "Implementation matters in deep rl: A case study on ppo and trpo," in *International Conference on Learning Representations*, 2020.

[10]. M. S. Mostafa Zaman Chowdhury, S. Ahmed, Y. M. Jang, "6G Wireless communication systems: applications, requirements, technologies, challenges, and research directions," *IEEE Open J. Commun. Soc.*, 957-975, 2020.

[11]. P. Porambage, G. Gür, D. P. M. Osorio, M. Liyanage, M. Ylianttila, "6G security challenges and potential solutions," in *Proc. IEEE Joint Eur. Conf. Netw. Commun. (EuCNC) 6G Summit*, 1-6, 2021.

[12]. J. R. Bhat, S. A. Alqahtani, "6G Ecosystem: current status and future perspective," *IEEE Access*, 43134-43167, 2021.

## AUTHOR INFORMATION

**Ninh Van Tho**

University of Economics - Technology for Industries, Vietnam

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. A. Anpalagan, W. Ejaz, S. K. Sharma, D. B. Da Costa, M. Jo, J. Kim, "Guest Editorial Special Issue on Green communication and computing technologies for 6G networks," *IEEE Trans. Green Commun. Netw.*, 1653-1656, 2021.

[2]. B. J. Hamza, W. K. Saad, I. Shayea, N. Ahmad, N. Mohamed, D. Nandi, "Performance enhancement of SCM/WDM-RoF-XGPON system for bidirectional transmission with square root module," *IEEE Access*, 49487-49503, 2021.

[3]. B. Zong, X. Duan, C. Fan, K. Guan, "6G Technologies-Opportunities and Challenges," in *IEEE International Conference on Integrated Circuits, Technologies and Applications (ICTA)*, 171-173, 2020.

[4]. G. Gui, M. Liu, F. Tang, N. Kato, F. Adachi, "6G: Opening new horizons for integration of comfort, security, and intelligence," *IEEE Wirel. Commun.*, 126-132, 2020.