

ÁP DỤNG GIẢI THUẬT DI TRUYỀN ĐỂ SẮP XẾP VÀ ĐÁNH GIÁ THỜI KHÓA BIỂU TRONG CÁC TRƯỜNG ĐẠI HỌC THEO HỌC CHẾ TÍN CHỈ Ở VIỆT NAM

Bùi Xuân Huy*, Phạm Thị Thanh Tâm**,
Trần Lê Phúc Thịnh***, Nguyễn Mạnh Tuấn****

Ngày nhận: 27/01/2016
Ngày nhận bản sửa: 20/4/2016
Ngày duyệt đăng: 25/4/2016

Tóm tắt:

Bài toán lập lịch từ lâu đã thu hút được sự quan tâm của nhiều tổ chức và các nhà nghiên cứu bởi tính ứng dụng cao và độ phức tạp. Bài toán lập lịch rất phong phú và đa dạng bởi các ràng buộc hiện thực ở nhiều mức/bậc khác nhau và yêu cầu của từng tổ chức. Trong bài viết này, nhóm tác giả sẽ ứng dụng giải thuật di truyền (GA) để giải quyết bài toán tối ưu hóa sắp xếp thời khóa biểu trong các trường đại học theo học chế tín chỉ ở Việt Nam và xây dựng một bộ tiêu chí nhằm đánh giá thời khóa biểu để chọn ra thời khóa biểu tốt nhất cho bài toán.

Từ khóa: GA, học chế tín chỉ, thời khóa biểu, tối ưu hóa.

Applying genetic algorithm to arrange and evaluate timetable in credit system at universities in Vietnam

Abstract

The scheduling problem has attracted much attention from many organizations and scholars because of this topic's high applicability and complexity. It varies a lot depending upon the constraints and the requirements of each organization. The problem is characterized by a large number of constraints deployed at many different levels. In this paper, the authors apply the genetic algorithm (GA) to solve optimization problem for timetable in the universities under the credit system in Vietnam and develop a set of criteria to assess in order to choose the best timetable.

Keyword: Genetic algorithm, credit system, timetable, optimization.

1. Giới thiệu

Cũng như các thuật toán tiến hóa, giải thuật di truyền hình thành dựa trên quan niệm quá trình tiến hóa tự nhiên là quá trình hoàn hảo nhất, hợp lý nhất, và tự nó đã mang tính tối ưu (Nguyễn Đình Thúc, 2009). Quá trình tiến hóa thể hiện tính tối ưu ở chỗ, thế hệ sau bao giờ cũng tốt hơn (phát triển hơn, hoàn thiện hơn) thế hệ trước. Tiến hóa tự nhiên được duy trì nhờ hai quá trình cơ bản: sinh sản và chọn lọc tự nhiên. Các cá thể mới sinh ra trong quá trình tiến hóa là nhờ sự lai ghép ở thế hệ cha - mẹ. Một cá thể mới có thể mang những tính trạng của cha - mẹ (di truyền), cũng có thể mang những tính trạng hoàn toàn mới (đột biến). Mặc dù các thuật toán tiến hóa

có những điểm khác biệt, nhưng đều mô phỏng bốn quá trình cơ bản: lai ghép, đột biến, sinh sản và chọn lọc tự nhiên.

Một giải thuật di truyền (hay một chương trình tiến hóa bất kỳ) giải một bài toán cụ thể phải gồm năm thành phần sau đây: Cách biểu diễn di truyền cho lời giải của bài toán; Các khởi tạo quần thể ban đầu; Một hàm lượng giá đóng vai trò môi trường, đánh giá các lời giải theo mức độ "thích nghi" của chúng; Các phép toán di truyền; Các tham số khác (kích thước quần thể, xác suất áp dụng các phép toán di truyền).

Có rất nhiều nghiên cứu của các tác giả đã đưa ra những cách tiếp cận khác nhau để giải quyết bài

toán tối ưu hóa việc sắp xếp thời khóa biểu. Các giải thuật chính được sử dụng có thể kể đến gồm: tô màu đồ thị (*Graph Coloring*) (Selim, 1988; Trần Quốc Chiến & Phan Thị Ngà, 2009), tìm kiếm Tabu (*Tabu Search*) (Aladag & Hocaoglu, 2007; Andrea, 1996), thỏa mãn ràng buộc (*Constraint Satisfaction*) (Dương Tuấn Anh & cộng sự, 2006; Zhan & Lau, 2005; Feldman & Golubic, 1989), mô phỏng luyện kim (*Simulated Annealing*) (Abramson, 1991; Abramson & cộng sự, 1997); giải thuật di truyền (Alexander & Brownlee, 2005; Alberto & cộng sự, 1992; Abramson & Abela, 1992). Trong bài viết này, nhóm tác giả đề xuất ứng dụng giải thuật di truyền vào bài toán sắp xếp thời khóa biểu trong các trường đại học theo học chế tín chỉ ở Việt Nam bởi các lý do sau:

Thứ nhất, GA cũng thuộc lớp những thuật giải tìm kiếm ngẫu nhiên, nhưng điểm khác biệt quan trọng giữa tìm kiếm của GA và các phương pháp tìm kiếm khác là GA duy trì và xử lý một tập các lời giải (ta gọi là một quần thể). Trong khi đó, những phương pháp khác chỉ xử lý một điểm trong không gian tìm kiếm. Chính vì vậy, GA mạnh hơn các phương pháp tìm kiếm hiện có rất nhiều.

Thứ hai, điểm khác biệt là GA có thể xử lý các ràng buộc (của thuật giải di truyền) trong bài toán xếp thời khóa biểu bằng cách đưa ra khái niệm về hàm thưởng - phạt (penalty) để giám sát những lời giải không khả thi của bài toán.

Thứ ba, người học là yếu tố trung tâm của hình thức đào tạo theo học chế tín chỉ. Mỗi sinh viên có thể chọn lựa môn học, thời gian học và giảng viên tùy theo nhu cầu của mình. Số lượng sinh viên thường rất lớn và nhu cầu của mỗi cá nhân sẽ khác nhau. Mặt khác, tài nguyên như cơ sở vật chất, giảng viên, thời gian... lại là những yếu tố hữu hạn. Với những đặc thù như vậy, không thể xây dựng được một thời khóa biểu đáp ứng được tất cả các nhu cầu, mà chỉ có thể tìm được một thời khóa biểu thỏa mãn tối đa các ràng buộc. Đây chính là bài toán tối ưu và nằm trong phạm vi giải quyết của giải thuật di truyền.

Mặc dù có nhiều nghiên cứu trước ứng dụng giải thuật di truyền để tối ưu hóa bài toán sắp xếp thời khóa biểu. Tuy nhiên, mỗi nghiên cứu lại có những cách tiếp cận thuật giải khác nhau để giải quyết bài toán, tức là cách biểu diễn cá thể (là một lời giải của bài toán), cách biểu diễn quần thể (là không gian lời giải của bài toán) và cách thực hiện các phép toán di

truyền,... là khác nhau. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả có cách tiếp cận riêng so với các nghiên cứu trước đó. Đồng thời, nhóm tác giả đã xác định được hàm lượng giá theo cách riêng, để đánh giá từng cá thể trong quần thể, tức là đánh giá từng lời giải trong một không gian lời giải để tìm ra được lời giải tối ưu nhất cho bài toán.

2. Ứng dụng giải thuật di truyền vào bài toán tối ưu hóa sắp xếp thời khóa biểu trong các trường đại học theo học chế tín chỉ ở Việt Nam

Để ứng dụng GA vào bài toán sắp xếp thời khóa biểu, ta coi mỗi cá thể sẽ là một thời khóa biểu. Giải thuật di truyền bắt đầu bằng việc phát sinh ra một quần thể gồm các cá thể là các thời khóa biểu. Các cá thể này được lượng giá theo một số tiêu chí nhất định để loại bỏ những cá thể xấu và chọn ra những cá thể tốt đưa vào thế hệ sau. Những cá thể trong thế hệ sau được lai, tái sinh và đột biến để chọn ra được cá thể tốt nhất và đó chính là lời giải cuối cùng của bài toán.

2.1. Các thông tin của bài toán

Các tham số đầu vào của bài toán: danh sách các phòng, danh sách các cán bộ giảng dạy, danh sách các môn học cùng với thông tin chi tiết của từng môn học, danh sách các lớp, danh sách các môn học được mở trong học kỳ (kế hoạch giảng dạy), danh sách các lớp - môn học, bảng phân công cán bộ giảng dạy cho các môn học.

Các tham số chung: số tiết buổi sáng (6 tiết), số tiết buổi chiều (6 tiết), số ngày trong tuần, biểu đồ học tập.

2.2. Các ràng buộc của bài toán

Như đã nói ở trên, đối tượng nghiên cứu chính của bài viết này là các trường đại học đào tạo theo học chế tín chỉ ở Việt Nam. Dựa vào Quy chế đào tạo đại học và cao đẳng hệ chính quy theo hệ thống tín chỉ (Bộ Giáo dục và Đào tạo, 2014) và Quy chế đào tạo và học vụ bậc đại học - cao đẳng theo học chế tín chỉ của trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh (Trường Đại học Bách Khoa Hồ Chí Minh, 2016), nhóm tác giả đã tổng hợp và phân loại ra thành các loại ràng buộc dưới đây.

2.2.1. Các ràng buộc cứng

Các ràng buộc cứng về thời gian

HT1. Các lớp - môn học phải được dạy trọn vẹn trong một buổi của một ngày trong tuần (một Lớp-Môn học không được cắt ra thành các tiết cuối buổi sáng và đầu buổi chiều hay cuối ngày này và đầu

Bảng 1. Các tham số động ảnh hưởng đến ràng buộc cứng

	HT1	HT2	HP1	HP2	HP3
Danh sách phòng			x	x	x
Danh sách các lớp - môn học			x	x	
Số tiết/buổi	x				

Bảng 2. Các tham số động ảnh hưởng đến ràng buộc mềm

	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	SP1	SP2	SP3	SP4
Danh sách phòng							x	x	
Danh sách các lớp - môn học			x	x	x	x	x		x
Bảng phân công giảng dạy					x				
Số tiết/buổi	x	x							
Số ngày trong tuần			x						

ngày kia);

HT2. Số lớp - môn học được quy định tránh không được xếp vào một số tiết học cụ thể nào đó.

Các ràng buộc cứng về không gian

HT1. Các lớp - môn học có thuộc tính “phòng học” riêng phải được xếp vào phòng có tính chất phòng phù hợp;

HT2. Tại mỗi thời điểm, một phòng phải được gán cho một lớp - môn học duy nhất nào đó;

HT3. Số sinh viên trong lớp của lớp - môn học phải phù hợp với sức chứa của phòng.

2.2.2. Các ràng buộc mềm (là cơ chế chính để tối ưu)

Các ràng buộc mềm về thời gian

ST1. Thời khóa biểu của một sinh viên (hay một lớp cứng) nên hạn chế các ngày học cả 2 buổi sáng và chiều;

ST2. Trong thời khóa biểu của một sinh viên (hay một lớp cứng), các tiết học của một buổi học nào đó phải liên tục, không có những tiết trống xen giữa;

ST3. Các lớp - môn học có thứ tự không ưu tiên được xếp vào các ngày cuối tuần (Thứ bảy, Chủ nhật);

ST4. Các lớp - môn học của một lớp sinh viên (cùng Chương trình đào tạo - cùng ngành) không nên được xếp đơn lẻ - quá rải rác trong tuần, khiến sinh viên (theo đúng tiến độ) phải lên lớp quá nhiều buổi, mỗi buổi chỉ học có một môn làm ảnh hưởng đến thời gian tự học của sinh viên;

ST5. Nhiều nhóm lớp của cùng một môn học nên được xếp thành nhiều khối trong tuần để tiện cho việc xếp giảng viên.

Các ràng buộc mềm về phòng học - không gian

SP1. Những lớp - môn học trong cùng một buổi học của một lớp (của sinh viên) nên được xếp học ở những phòng học gần nhau. Hạn chế việc sắp xếp học xen kẽ ở các cơ sở khác nhau;

SP2. Các phòng học được sử dụng tối ưu về sức chứa, tránh trường hợp phòng có sức chứa lớn được xếp cho lớp - môn học có số sinh viên quá ít;

SP3. Các phòng học được sử dụng tối ưu về thời gian - có dự trữ cho từng khu vực, tránh trường hợp quá tập trung vào một khu, một cơ sở (không có dự trữ) trong khi nơi khác không được sử dụng. Cũng có thể có các ưu tiên dành một số loại phòng dự trữ đặc biệt tại một số khu vực cho sinh hoạt học thuật - hướng dẫn sinh viên (đồ án, bài tập,...) dành cho các hoạt động đột xuất (có thể) khác;

SP4. Các lớp - môn học nên được xếp vào các tòa nhà phân bố theo khoa quản lý môn học hay khoa quản lý sinh viên.

Với các ràng buộc như trên, những tham số nếu bị thay đổi sẽ ảnh hưởng đến ràng buộc và có thể dẫn đến việc thay đổi kết quả bài toán là:

2.3. Mục tiêu của bài toán

Mục tiêu của bài toán là tìm một thời khóa biểu thỏa mãn tất cả các ràng buộc cứng và “thỏa mãn tối đa” các ràng buộc mềm.

2.4. Mô hình hóa bài toán và cơ chế thực hiện giải thuật

“Lớp - môn học” là đơn vị được xếp và được định nghĩa như: Một giảng viên giảng một môn học cho một nhóm sinh viên vào một khoảng thời gian xác định (ngày - buổi - tiết) và tại địa điểm xác định (phòng).

Bài viết sử dụng giải thuật GA như một kỹ thuật để nêu lên những khía cạnh chính để giải quyết một

cách thực tế bài toán. Các bước thực hiện gồm:

2.4.1. Biểu diễn cá thể

Để biểu diễn nhiệm sắc thể (hay cá thể) cho một lời giải của bài toán là biểu diễn ma trận: một ma trận $(R)_{ij}$ ($1 \leq i \leq m$ và $1 \leq j \leq n$) [Hình 1]. Trong đó:

Mỗi dòng tương ứng với phòng

Mỗi cột tương ứng với thứ_tiết bắt đầu

Các phần tử của ma trận R là các lớp - môn học ($r_{ij} \in \{C1...Ck\}$)

2.4.2. Khởi tạo quần thể

Giai đoạn tiếp theo của giải thuật là khởi tạo một quần thể các cá thể, với mỗi cá thể là một lời giải của bài toán. Khi đó, không gian lời giải của bài toán sẽ là một quần thể các cá thể và được biểu diễn như hình 2.

Kích thước của quần thể được chọn ngẫu nhiên, phụ thuộc vào công nghệ của máy tính hiện tại hay các yêu cầu khác nhau về mức độ tối ưu của bài toán. Khi chọn kích thước của quần thể, nếu như kích thước của quần thể quá nhỏ thì không khám phá được hết không gian tìm kiếm toàn cục mặc dù sự hội tụ của bài toán sẽ nhanh hơn. Ngược lại, nếu như kích thước của quần thể quá lớn thì sẽ dẫn đến lãng phí về tài nguyên và thời gian đạt được sự hội

tụ sẽ chậm hơn. Việc lựa chọn số lượng cá thể trong quần thể không có một công thức chuẩn nào, mà tùy thuộc vào yêu cầu tối ưu của bài toán và điều kiện của môi trường hiện tại mà chọn cho phù hợp. Với bài toán này, giả sử nhóm tác giả chọn số lượng cá thể có trong quần thể là 50 (với mục tiêu xây dựng bộ tiêu chí đánh giá mức độ phù hợp của thời khóa biểu, điều này không bị ảnh hưởng bởi kích thước quần thể). Ta khởi tạo một quần thể gồm có 50 cá thể bằng cách xếp ngẫu nhiên các lớp - môn học có trong danh sách các lớp - môn học của học kỳ vào ma trận $(R)_{ij}$. Sau đó, ta hoán đổi vị trí các lớp - môn học với nhau (tức là hoán vị các phần tử trong ma trận) để tạo ra được 50 thời khóa biểu khác nhau. Và đây chính là quần thể ở thế hệ thứ nhất.

2.4.3. Hàm lượng giá

Ở mỗi thế hệ, ta lượng giá từng cá thể để xác định được độ thích nghi của mỗi cá thể trong quần thể. Đối với bài toán sắp xếp thời khóa biểu trong bài viết này, nhóm tác giả đã đưa ra cách xây dựng hàm lượng giá cho mỗi cá thể là cách xây dựng bộ tiêu chí để đánh giá thời khóa biểu (xem tại mục [3]). Hàm lượng giá của mỗi cá thể là hàm giá trị (tổng giá trị) của mỗi thời khóa biểu. Thời khóa biểu có hàm giá trị càng nhỏ, tức là mức độ vi phạm các ràng buộc càng ít thì càng càng thỏa mãn các yêu cầu của người dùng và đó cũng là các cá thể có độ

Hình 1. Biểu diễn cá thể là một lời giải của bài toán

	Thứ hai			Thứ ba			...	
	Tiết 1	...	Tiết 12	Tiết 1	...	Tiết 12	...	...
Phòng 1
Phòng 2	...	TINV101_L1	...	HT220_L5	...	...	...	...
Phòng 3	HT120_L2	...	...	...	...	...
...
...

Hình 2. Biểu diễn quần thể là không gian lời giải của bài toán

	Thứ hai			Thứ ba			...		
	Tiết 1	...	Tiết 12	Tiết 1	...	Tiết 12	...	...
Phòng 1	Thứ hai			Thứ ba			...		
Phòng 2	Tiết 1	...	Tiết 12	Tiết 1	...	Tiết 12	...	...
Phòng 3	Phòng 1	Thứ hai			Thứ ba			...	
...	Phòng 2	Thứ hai			Thứ ba			...	
...	Phòng 3	Tiết 1	...	Tiết 12	Tiết 1	...	Tiết 12	...	
...	...	Phòng 1	...	...	...	...	...	...
...	...	Phòng 2	Phòng 1	...	...	...	...	...
...	...	Phòng 3	Phòng 2	...	TINV101_L1	...	HT220_L5	...	
...	...	...	Phòng 3	...	...	HT120_L2	...	...
...	
...	

Hình 3. Ví dụ một cá thể

TINV205_L8	0	0	TINV205_L2	0	0
TINV203_L9	0	0	TINV202_L10	0	0
0	0	0	TINV204_L2	0	0
TINV202_L11	0	0	0	0	0
0	0	HT221_L1_TH1	0	HT221_L1_TH2	0
0	0	HT221_L2_TH1	0	HT221_L2_TH2	0
0	0	HT221_L14_TH1	0	HT221_L4_TH2	0
0	0	0	0	MT130_L1	0
HT221_L2	0	0	0	0	0
HT221_L4	0	0	0	0	0
HT221_L1	0	HT221_L3	0	0	0

Biểu diễn một thời khóa biểu

Hình 4. Biểu diễn thời khóa biểu của một cá thể

	Tiết 1	Tiết 2	Tiết 3	Tiết 4	Tiết 5	Tiết 6
CS2_A109	TINV205_L8			TINV205_L2		
CS2_A110	TINV203_L9			TINV202_L10		
CS2_A111				TINV204_L2		
CS2_A112	TINV202_L11					
CS2_A209			HT221_L1_TH1		HT221_L1_TH2	
CS2_A210			HT221_L2_TH1		HT221_L2_TH2	
CS2_A211			HT221_L14_TH1		HT221_L4_TH2	
CS2_E201					MT130_L1	
CS2_F102	HT221_L2					
CS2_F103	HT221_L4					
CS2_F103	HT221_L1		HT221_L3			

Hình 5. Ví dụ cá thể cha

$R_f =$	TINV205DV01_L8	0	0	TINV205DV01_L2	0	0
	TINV203DV01_L9	0	0	TINV202DV01_L10	0	0
	0	0	0	TINV204DV01_L2	0	0
	TINV202DV01_L11	0	0	0	0	0
	0	0	HT221DV01_L1_TH1	0	HT221DV01_L1_TH2	0
	0	0	HT221DV01_L2_TH1	0	HT221DV01_L2_TH2	0
	0	0	HT221DV01_L4_TH1	0	HT221DV01_L4_TH2	0
	0	0	0	0	MT130DV01_L1	0
	HT221DV01_L2	0	0	0	0	0
	HT221DV01_L4	0	0	0	0	0
	HT221DV01_L1	0	HT221DV01_L3	0	0	0

thích nghi tốt nhất trong quần thể.

2.4.4. Các phép di truyền

Giai đoạn tiếp theo của giải thuật là thực hiện các phép toán di truyền.

Trong phần này, để minh họa cho các phép toán di truyền, nhóm tác giả biểu diễn các cá thể cha, mẹ cũng như các cá thể con một cách ngắn gọn bằng cách: các phần tử của ma trận R là các lớp - môn học

Hình 6. Ví dụ cá thể mẹ

$$R_m = \begin{bmatrix} \text{TINV202DV01_L8} & 0 & 0 & \text{TINV203DV01_L10} & 0 & 0 \\ \text{TINV203DV01_L7} & 0 & 0 & \text{TINV202DV01_L15} & 0 & 0 \\ \text{TINV204DV01_L4} & 0 & 0 & \text{TINV202DV01_L12} & 0 & 0 \\ \text{TINV205DV01_L1} & 0 & 0 & \text{TINV203DV01_L5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{TINV205DV01_L10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{TIN131DV01_L1_TH1} & 0 & \text{TIN131DV01_L1_TH2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \text{MT391DV01_L1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Các cá thể con sau khi thực hiện lai ghép theo cột (giả sử điểm lai ghép là điểm 3) là:

Hình 7. Cá thể con 1 sau khi lai ghép theo cột (điểm lai ghép là điểm 3)

$$R_{C1} = \begin{bmatrix} \text{TINV205DV01_L8} & 0 & 0 & \text{TINV203DV01_L10} & 0 & 0 \\ \text{TINV203DV01_L9} & 0 & 0 & \text{TINV202DV01_L15} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{TINV202DV01_L12} & 0 & 0 \\ \text{TINV202DV01_L11} & 0 & 0 & \text{TINV203DV01_L5} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{HT221DV01_L1_TH1} & \text{TINV205DV01_L10} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{HT221DV01_L2_TH1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \text{HT221DV01_L4_TH1} & 0 & \text{TIN131DV01_L1_TH2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{HT221DV01_L2} & 0 & 0 & 0 & \text{MT391DV01_L1} & 0 \\ \text{HT221DV01_L4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \text{HT221DV01_L1} & 0 & \text{HT221DV01_L3} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Hình 8. Cá thể con 2 sau khi lai ghép theo cột (điểm lai ghép là điểm 3)

$$R_{C2} = \begin{bmatrix} \text{TINV202DV01_L8} & 0 & 0 & \text{TINV205DV01_L2} & 0 & 0 \\ \text{TINV203DV01_L7} & 0 & 0 & \text{TINV202DV01_L10} & 0 & 0 \\ \text{TINV204DV01_L4} & 0 & 0 & \text{TINV204DV01_L2} & 0 & 0 \\ \text{TINV205DV01_L1} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \text{HT221DV01_L1_TH2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \text{HT221DV01_L2_TH2} & 0 \\ 0 & 0 & \text{TIN131DV01_L1_TH1} & 0 & \text{HT221DV01_L4_TH2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \text{MT130DV01_L1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

được xếp vào các phòng (ví dụ là 11 phòng tương ứng với 11 dòng) trong các tiết bắt đầu của một ngày nào đó (ví dụ là 6 tiết đầu trong ngày tương ứng với 6 cột). Ví dụ, ta có cá thể như hình 3.

* **Phép toán lai:** Với mục đích là làm tăng tính đa dạng của quần thể để tạo ra được nhiều cá thể tốt hơn. Khi cá thể được biểu diễn là một ma trận, ta có 02 cách lai ghép như sau:

Hình 9. Cá thể con 3 sau khi lai ghép theo dòng (điểm lai ghép là điểm 4)

$$R_{C3} =$$

TINV205DV01_L8	0	0	TINV205DV01_L2	0	0
TINV203DV01_L9	0	0	TINV202DV01_L10	0	0
0	0	0	TINV204DV01_L2	0	0
TINV202DV01_L11	0	0	0	0	0
0	0	0	TINV205DV01_L10	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	TIN131DV01_L1_TH1	0	TIN131DV01_L1_TH2	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	MT391DV01_L1	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0

Hình 10. Cá thể con 4 sau khi lai ghép theo dòng (điểm lai ghép là điểm 4)

$$R_{C4} =$$

TINV202DV01_L8	0	0	TINV203DV01_L10	0	0
TINV203DV01_L7	0	0	TINV202DV01_L15	0	0
TINV204DV01_L4	0	0	TINV202DV01_L12	0	0
TINV205DV01_L1	0	0	TINV203DV01_L5	0	0
0	0	HT221DV01_L1_TH1	0	HT221DV01_L1_TH2	0
0	0	HT221DV01_L2_TH1	0	HT221DV01_L2_TH2	0
0	0	HT221DV01_L4_TH1	0	HT221DV01_L4_TH2	0
0	0	0	0	MT130DV01_L1	0
HT221DV01_L2	0	0	0	0	0
HT221DV01_L4	0	0	0	0	0
HT221DV01_L1	0	HT221DV01_L3	0	0	0

Hình 11. Cá thể con sau khi được cá thể cha đột biến

$$R_C =$$

TINV205DV01_L8	0	0	TINV205DV01_L2	0	0
TINV203DV01_L9	0	0	TINV202DV01_L10	0	0
0	0	0	TINV204DV01_L2	0	0
TINV202DV01_L11	0	0	0	0	0
0	0	HT221DV01_L1_TH1	0	HT221DV01_L1_TH2	0
0	0	HT221DV01_L2_TH1	0	HT221DV01_L2_TH2	0
0	0	HT221DV01_L4_TH1	0	HT221DV01_L4_TH2	0
0	0	0	0	MT130DV01_L1	0
HT221DV01_L2	0	0	0	0	0
HT221DV01_L4	0	0	0	0	0
HT221DV01_L1	0	HT221DV01_L3	TINV205DV01_L15	0	0

Lai ghép theo cột (thứ tiết bắt đầu): ta thực hiện lai ghép bằng cách hoán vị các lớp - môn học theo thứ và tiết bắt đầu.

Lai ghép theo dòng (phòng): ta thực hiện lai ghép bằng cách hoán vị các lớp - môn học theo phòng.

Ví dụ:

Xét 2 cá thể cha và mẹ (Hình 5).

Các cá thể con sau khi thực hiện lai ghép theo dòng (giả sử điểm lai ghép là điểm 4) (Hình 9).

*** Phép đột biến:**

Ví dụ:

Cá thể con sau khi được cá thể cha đột biến (Hình 11).

*** Phép chọn lọc:**

Ta tiến hành loại bỏ các cá thể xấu, chỉ giữ lại trong quần thể các cá thể tốt. Quá trình này được thực hiện bằng cách:

Sắp xếp quần thể theo thứ tự độ thích nghi tăng dần

Loại bỏ các cá thể cuối dãy và chỉ giữ lại 50 cá thể tốt nhất

Thuật giải di truyền thông thường được lặp lại đến khoảng 20 lần và dừng lại để đánh giá kết quả cuối cùng. Hai mươi lần là không nhiều nhưng cũng đủ cho thuật toán thực hiện các phép lai, đột biến để đem lại kết quả tối ưu (Alexander & Brownlee, 2005).

Sau khi thuật toán dừng, quần thể chỉ còn những cá thể tốt nhất. Ta chọn cá thể có độ thích nghi cao nhất, tức là thời khóa biểu có hàm giá trị nhỏ nhất và đó chính là lời giải của bài toán.

3. Xây dựng bộ tiêu chí đánh giá thời khóa biểu

Mục tiêu của bài toán sắp xếp thời khóa biểu là tìm một thời khóa biểu thỏa mãn tất cả các ràng buộc cứng và “thỏa mãn tối đa” các ràng buộc mềm. Chính vì vậy, việc đánh giá một thời khóa biểu quy về đánh giá các mức độ thỏa mãn của các ràng buộc mềm.

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đưa ra các tiêu chí đánh giá một thời khóa biểu bằng cách:

Gán mỗi ràng buộc bằng một hệ số ưu tiên. Ràng buộc có hệ số ưu tiên càng lớn thì độ ưu tiên thỏa mãn càng cao (hệ số ưu tiên có các giá trị là: 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000, 1.000.000.000).

Đối với các ràng buộc cứng: hệ số ưu tiên có giá trị lớn nhất ví dụ là 1.000.000.000, tức là không được phép vi phạm - nếu vi phạm thì sẽ bị loại ra khỏi tập kết quả

Đối với các ràng buộc mềm: mỗi ràng buộc mềm

sẽ có hệ số ưu tiên được gán các giá trị là 10, 100, 1.000, 10.000, 100.000

Mỗi ràng buộc (mềm) cũng có thể có các mức độ vi phạm khác nhau, thể hiện qua hệ số mức độ vi phạm (gọi tắt là hệ số vi phạm). Ta hình dung các hệ số vi phạm như bảng 3.

Tổng hợp các hệ số và số lượng các vi phạm từng loại trên tổng số các trường hợp cho ta một giá trị để có thể hình dung về chất lượng của thời khóa biểu. Giá trị càng thấp, tức là vi phạm các ràng buộc càng ít thì càng gần với việc thỏa mãn được yêu cầu của người dùng - khi giá trị cao tới mức của một ràng buộc cứng thì thời khóa biểu bị loại bỏ.

3.1. Giai đoạn 1 - Thiết lập hệ số cho các mức độ vi phạm của các ràng buộc

3.1.1. Đối với ràng buộc cứng

Một thời khóa biểu phải thỏa mãn được tất cả các ràng buộc cứng. Một khi ràng buộc cứng bị vi phạm thì thời khóa biểu đó không được chấp nhận.

Vậy hệ số ưu tiên của các ràng buộc cứng có giá trị lớn nhất, tức là:

$$UT_{HT1} = UT_{HT2} = UT_{HP1} = UT_{HP2} = UT_{HP3} = 1.000.000.000$$

(Xem Bảng 4).

3.1.2. Đối với ràng buộc mềm

*** Ràng buộc mềm về thời gian**

ST1. Thời khóa biểu của một sinh viên (hay một lớp cứng) nên hạn chế các ngày học cả 2 buổi sáng và chiều.

Đặt UT_{ST1} là hệ số ưu tiên của ràng buộc ST1:
 $UT_{ST1} = 1.000$

Đặt VP_{ST1} là hệ số vi phạm của ràng buộc ST1
 Nếu ràng buộc ST1 bị vi phạm, tức là nếu thời khóa biểu của một sinh viên hay một lớp cứng:

Học cả 2 buổi sáng, chiều nhiều hơn 3 ngày trong tuần: $VP_{ST1_ST1} = 4$

Học cả 2 buổi sáng và chiều 3 ngày trong tuần: $VP_{ST1_ST1} = 3$

Bảng 3. Các mức độ vi phạm và hệ số vi phạm tương ứng

Mức độ vi phạm	Nặng	Khá nặng	Bình thường	Nhẹ	Không vi phạm
Hệ số vi phạm	4	3	2	1	0

Bảng 4. Các ràng buộc và các hệ số ưu tiên tương ứng

Ràng buộc	HT1	HT2	HP1	HP2	HP3
Hệ số ưu tiên	UT_HT1	UT_HT2	UT_HP1	UT_HP2	UT_HP3

Học cả 2 buổi sáng và chiều 2 ngày trong tuần:
VP_ST1_ST1 = 2

Học cả 2 buổi sáng và chiều 1 ngày trong tuần:
VP_ST1_ST1 = 1

Nếu ràng buộc ST1 không bị vi phạm:
VP_ST1_ST1 = 0

Trong thời khóa biểu của một sinh viên (hay một lớp cứng), các tiết học của một buổi học nào đó phải liên tục, không có những tiết trống xen giữa.

Đặt UT_ST2 là hệ số ưu tiên của ràng buộc ST2:
UT_ST2 = 100.000

Đặt VP_ST2 là hệ số vi phạm của ràng buộc ST2

Nếu ràng buộc ST2 bị vi phạm, tức là trong thời khóa biểu của một sinh viên hay một lớp cứng, các tiết học của một buổi học có những tiết trống xen giữa:

Xen giữa nhiều hơn 3 tiết: VP_ST2 = 14

Xen giữa 3 tiết: VP_ST2 = 3

Xen giữa 2 tiết: VP_ST2 = 2

Xen giữa 1 tiết: VP_ST2 = 1

Nếu ràng buộc ST2 không bị vi phạm: VP_ST2 = 0

Các lớp - môn học có thứ tự không ưu tiên được xếp vào các ngày cuối tuần (Thứ bảy, Chủ nhật).

Đặt UT_ST3 là hệ số ưu tiên của ràng buộc ST3:
UT_ST3 = 1.000

Đặt VP_ST3 là hệ số vi phạm của ràng buộc ST3

Nếu RB_ST3 bị vi phạm, tức là các lớp - môn học có thứ tự không ưu tiên không được xếp vào các ngày cuối tuần: VP_ST3 = 4

Nếu ràng buộc ST3 không bị vi phạm: VP_ST3 = 0

ST4. Các lớp - môn học của một lớp sinh viên (cùng Chương trình đào tạo - cùng ngành) không nên được xếp đơn lẻ - quá rải rác trong tuần, khiến sinh viên (theo đúng tiến độ) phải lên lớp quá nhiều buổi, mỗi buổi chỉ học có một môn làm ảnh hưởng đến thời gian tự học của sinh viên.

Đặt UT_ST4 là hệ số ưu tiên của ràng buộc ST4:
UT_ST4 = 100.000

Đặt VP_ST4 là hệ số vi phạm của ràng buộc ST4

Nếu ràng buộc ST4 bị vi phạm, tức là thời khóa biểu của một lớp sinh viên bị xếp rải rác vào các buổi học trong tuần:

Nếu trong một buổi học ít hơn 3 tiết: VP_ST4 = 4

Nếu trong một buổi học 3-4 tiết: VP_ST4 = 2

Nếu trong một buổi học 5 tiết: VP_ST4 = 1

Nếu ràng buộc ST4 không bị vi phạm (tức là thời khóa biểu của một lớp sinh viên học 6 tiết trong một buổi học): VP_ST4 = 0

ST5. Nhiều nhóm lớp của cùng một môn học nên được xếp thành nhiều khối trong tuần để tiện cho việc xếp giảng viên.

Đặt UT_ST5 là hệ số ưu tiên của ràng buộc ST5:
UT_ST5 = 10.000

Đặt VP_ST5 là hệ số vi phạm của ràng buộc ST5

Nếu ràng buộc ST5 bị vi phạm, tức là các nhóm lớp của cùng một môn học không được xếp thành nhiều khối trong tuần:

Nếu các nhóm lớp của cùng một môn học được xếp thành 01 khối trong tuần: VP_ST5 = 4

Nếu các nhóm lớp của cùng một môn học được xếp thành 02 khối trong tuần: VP_ST5 = 3

Nếu các nhóm lớp của cùng một môn học được xếp thành 03 khối trong tuần: VP_ST5 = 2

Nếu các nhóm lớp của cùng một môn học được xếp thành 04 khối trong tuần: VP_ST5 = 1

Nếu ràng buộc ST5 không bị vi phạm (tức là các nhóm lớp của cùng một môn học được xếp thành trên 04 khối trong tuần): VP_ST5 = 0

* Ràng buộc mềm về phòng học - không gian

SP1. Những lớp - môn học trong cùng một buổi học của một lớp (của sinh viên) nên được xếp học ở những phòng học gần nhau. Hạn chế việc sắp xếp học xen kẽ ở các cơ sở khác nhau.

Đặt UT_SP1 là hệ số ưu tiên của ràng buộc SP1:
UT_SP1 = 10.000

Đặt VP_SP1 là hệ số vi phạm của ràng buộc SP1

Nếu ràng buộc SP1 bị vi phạm, tức là các lớp - môn học trong cùng một buổi học của một lớp (của sinh viên) không được xếp học ở những phòng học gần nhau:

Nếu các phòng học thuộc cơ sở khác: VP_SP1 = 4

Nếu các phòng học trong cùng 1 cơ sở và cách nhau từ 2 tòa nhà trở lên: VP_SP1 = 3

Nếu các phòng học trong cùng 1 cơ sở và cách nhau 1 tòa nhà: VP_SP1 = 2

Nếu các phòng học trong cùng 1 cơ sở và trong cùng 1 tòa nhà hoặc cùng tòa nhà nhưng khác tầng: VP_SP1 = 1

Nếu ràng buộc SP1 không bị vi phạm: VP_SP1 = 0

SP2. Các phòng học được sử dụng tối ưu về sức chứa, tránh trường hợp phòng có sức chứa lớn hơn

Bảng 5. Bảng tổng hợp các hệ số ưu tiên và hệ số vi phạm của các ràng buộc

	Hệ số ưu tiên	Hệ số vi phạm ràng buộc				
		Vi phạm NẶNG	KHẢ NẶNG	Vi phạm VỪA	Vi phạm NHẸ	KHÔNG vi phạm
HT1	1,000,000,000					
HT2	1,000,000,000					
HP1	1,000,000,000					
HP2	1,000,000,000					
HP3	1,000,000,000					
ST1	1,000	4	3	2	1	0
ST2	100,000	4	3	2	1	0
ST3	1,000	4				0
ST4	100,000	4		2	1	0
ST5	100,000	4	3	2	1	0
SP1	10,000	4	3	2	1	0
SP2	1,000	4				0
SP3	100	4				0
SP4	10	4				0

được xếp cho lớp - môn học có số sinh viên quá ít.

Đặt UT_SP2 là hệ số ưu tiên của ràng buộc $SP2$:
 $UT_SP2 = 1.000$

Đặt VP_SP2 là hệ số vi phạm của ràng buộc $SP2$.

Nếu ràng buộc $SP2$ bị vi phạm, tức là các phòng học không được sử dụng tối ưu về sức chứa:
 $VP_SP2 = 4$

Nếu ràng buộc $SP2$ không bị vi phạm: $VP_SP2 = 0$

$SP3$. Các phòng học được sử dụng tối ưu về thời gian - có dự trữ cho từng khu vực, tránh trường hợp quá tập trung vào một khu, một cơ sở (không có dự trữ) trong khi nơi khác không được sử dụng. Cũng có thể có các ưu tiên dành một số loại phòng dự trữ đặc biệt tại một số khu vực cho sinh hoạt học thuật - hướng dẫn sinh viên (đồ án, bài tập,...) dành cho các hoạt động đột xuất (có thể) khác.

Đặt UT_SP3 là hệ số ưu tiên của ràng buộc $SP3$:
 $UT_SP3 = 100$

Đặt VP_SP3 là hệ số vi phạm cho ràng buộc $SP3$

Nếu ràng buộc $SP3$ bị vi phạm, tức là các phòng học không được sử dụng tối ưu về thời gian:
 $VP_SP3 = 4$

Nếu ràng buộc $SP3$ không bị vi phạm: $VP_SP3 = 0$

$SP4$. Các lớp môn học nên được xếp vào các tòa nhà phân bố theo khoa quản lý môn học đó.

Đặt UT_SP3 là hệ số ưu tiên của ràng buộc $SP3$:
 $UT_SP3 = 10$

Đặt VP_SP4 là hệ số vi phạm cho ràng buộc $SP4$

Nếu RB_SP2 bị vi phạm, tức là các lớp - môn học không được xếp vào các tòa nhà phân bố theo khoa quản lý: $SP3 = 4$

Nếu RB_SP3 không bị vi phạm: $SP3 = 0$

Sau đây là bảng tổng hợp các hệ số ưu tiên và hệ số vi phạm của các ràng buộc

Giai đoạn 2 - Đánh giá thời khóa biểu

Sau khi đã thiết lập được hệ số ưu tiên và hệ số vi phạm của các ràng buộc, ta tiến hành đánh giá thời khóa biểu như sau:

Số trường hợp bị vi phạm theo từng mức độ vi phạm của mỗi ràng buộc trong thời khóa biểu.

Tính tổng giá trị vi phạm tương ứng cho mỗi ràng buộc bằng công thức:

$$\Sigma_{i=1}^k = (\text{Số trường hợp vi phạm ràng buộc ở mức độ } i) \times (\text{hệ số vi phạm của mức độ } i)$$

(với k là số mức độ vi phạm của mỗi ràng buộc)

Tính **tổng giá trị** của mỗi ràng buộc bằng công thức:

$$\Sigma_{j=1}^n = (\text{Tổng giá trị vi phạm của ràng buộc } j) \times (\text{hệ số ưu tiên của ràng buộc } j)$$

Bảng 6. MẪU thống kê đánh giá thời khóa biểu

	Hệ số ưu tiên	Hệ số vi phạm ràng buộc				Tổng giá trị vi phạm của mỗi ràng buộc	Tổng giá trị của mỗi ràng buộc
		Vi phạm NẶNG	KHÁ NẶNG	Vi phạm VỪA	Vi phạm NHẸ			KHÔNG vi phạm
HT1	1,000,000,000						
HT2	1,000,000,000						
HP1	1,000,000,000						
HP2	1,000,000,000						
HP3	1,000,000,000						
ST1	1,000						
ST2	100,000						
ST3	1,000						
ST4	100,000						
ST5	100,000						
SP1	10,000						
SP2	1,000						
SP3	100						
SP4	10						
						Tổng cộng	

Số trường hợp vi phạm theo từng mức độ của mỗi ràng buộc

Tổng giá trị của các ràng buộc chính là giá trị của TKB

(với n là số ràng buộc của bài toán)

Tính tổng giá trị của tất cả các ràng buộc và đó chính là giá trị của một thời khóa biểu.

Ta có mẫu thống kê như bảng 6.

Một số nhận xét về kết quả đánh giá:

Thứ nhất, thời khóa biểu nào có tổng giá trị lớn hơn hay bằng 1.000.000 đó là những thời khóa biểu bị vi phạm ràng buộc cứng, khi đó, ta loại bỏ thời khóa biểu này ra khỏi không gian lời giải của bài toán.

Thứ hai, thời khóa biểu nào có giá trị càng thấp, tức là số trường hợp vi phạm và mức độ vi phạm càng thấp nhưng độ ưu tiên vi phạm ràng buộc càng cao thì càng thỏa mãn được yêu cầu của người dùng - ta sẽ chọn lời giải có giá trị này là thấp nhất (tối ưu).

4. Kết luận và hạn chế

Như vậy, có nhiều cách tiếp cận khác nhau để giải quyết bài toán tối ưu hóa sắp xếp thời khóa biểu. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tiếp cận giải thuật di truyền theo cách riêng để tối ưu hóa sắp xếp

thời khóa biểu trong các trường đại học theo học chế tín chỉ ở Việt Nam; bên cạnh đó, cũng xây dựng được bộ tiêu chí để đánh giá thời khóa biểu bằng việc xác định tổng giá trị của một thời khóa biểu. Giá trị này dựa vào hệ số ưu tiên và hệ số vi phạm của các ràng buộc. Trong đó, hệ số ưu tiên thể hiện mức độ thỏa mãn của các ràng buộc và hệ số vi phạm thể hiện mức độ vi phạm của các ràng buộc. Thời khóa biểu nào có tổng giá trị càng thấp, tức là số trường hợp vi phạm và mức độ vi phạm càng thấp nhưng độ ưu tiên ràng buộc càng cao thì càng thỏa mãn được yêu cầu của người dùng, và đó chính là lời giải tối ưu của bài toán.

Nghiên cứu đạt được mục tiêu là xây dựng bộ tiêu chí đánh giá. Tuy nhiên, để triển khai thành chương trình ứng dụng thì cần xem xét thêm vấn đề lựa chọn số cá thể của quần thể ban đầu sao cho không gian tìm kiếm là tối ưu và tốc độ hội tụ của thuật toán là tốt nhất. Đây là một vấn đề quan trọng vẫn đang tiếp tục được nghiên cứu trong giải thuật di truyền. □

Tài liệu tham khảo

- Abramson D. (1991), 'Constructing School Timetables Using Simulated Annealing: Sequential and Parallel Algorithms', *Management Science Journal*, 37(1).
- Abramson D. & Abela J. (1992), 'A Parallel Genetic Algorithm for solving the School Timetable Problem', *15th Australian Computer Science Conference*, Hobart, 1-11.

- Abramson D., Krishnamorthy M. & Dang H. (1997), 'Simulated Annealing cooling schedules for the school timetable problem', *Asia-Pacific Journal of Operational Research* 16, 1-22.
- Aladag C. H. & Hocaoglu G. (2007), 'A tabu search algorithm to solve a course timetabling problem', *Haceteppe Journal Of Mathematics And Statistics*, 36(1), 53-64.
- Alberto, Colorni, Dorigo M. & Maniezzo V. (1992), 'A genetic algorithm to solve the timetable problem', *Politecnico di Milano, Milan, Italy TR*, 90-060.
- Alexander & Brownlee (2005), 'An Application of Genetic Algorithms to University Timetabling', *Northeast Parallel Architectures Center of Syracuse University*.
- Bộ Giáo Dục và Đào tạo (2014), 'Quy chế đào tạo đại học và cao đẳng hệ chính quy theo hệ thống tín chỉ', ban hành ngày 15 tháng 5 năm 2014.
- Dương Tuấn Anh, Nguyễn Quốc Việt Hùng & Võ Hoàng Tam (2006), 'Ứng dụng lập trình ràng buộc và tìm kiếm cục bộ vào bài toán xếp thời khóa biểu ở trường đại học', Đề tài nghiên cứu khoa học cấp bộ (Đại học Quốc gia).
- Feldman, R. & Golubic, M. C. (1989), 'Constraint Satisfiability Algorithms for Interactive Student Scheduling', In *IJCAI*, 1010-1016.
- Nguyễn Đình Thúc (2009), 'Lập trình tiến hóa', Nhà xuất bản Giáo dục, Thành phố Hồ Chí Minh.
- Selim S. M. (1988), 'Split vertices in vertex colouring and their application in developing a solution to the faculty timetable problem', *The Computer Journal*, 1(31), 76-82.
- Trần Quốc Chiến & Phan Thị Nga (2009), 'Bài toán tô màu đồ thị và ứng dụng xây dựng phần mềm xếp lịch thi cho học chế tín chỉ', *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, Đại học Đà Nẵng, 6(35).
- Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh (2016), 'Quy chế đào tạo và học vụ bậc đại học – cao đẳng', ban hành ngày 23 tháng 2 năm 2016.
- Zhan L. & Lau S. (2005), 'Constructing university timetable using constraint satisfaction programming approach', *Faculty of Informatics – Papers*, University of Wollongong.

Thông tin tác giả:

***Bùi Xuân Huy**, Thạc sỹ

- Tổ chức tác giả công tác: Khoa Hệ thống thông tin kinh doanh - Trường Đại học Kinh tế TP.HCM

- Lĩnh vực nghiên cứu chính: ERP, Cơ sở dữ liệu, Hệ thống thông tin quản lý.

- Một số Tạp chí tác giả đã đăng tải công trình nghiên cứu: *Tạp chí Kinh Tế và Phát Triển*, *Tập san Tin học Quản lý*.

- Địa chỉ Email: huybx@ueh.edu.vn

****Phạm Thị Thanh Tâm**, Thạc sỹ

- Tổ chức tác giả công tác: Khoa Khoa học & Công nghệ - Trường Đại học Hoa Sen

- Lĩnh vực nghiên cứu chính: Business Intelligence, Data Mining

- Một số Tạp chí tác giả đã đăng tải công trình nghiên cứu: *Tập san Tin học Quản lý*.

- Địa chỉ Email: tam.phamthithanh@hoasen.edu.vn

*****Trần Lê Phúc Thịnh**, Thạc sỹ

- Tổ chức tác giả công tác: Tạp chí Phát triển Kinh tế - Trường Đại học Kinh tế TP.HCM

- Lĩnh vực nghiên cứu chính: Kinh tế phát triển

- Một số Tạp chí tác giả đã đăng tải công trình nghiên cứu: *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*.

- Địa chỉ Email: thanh.tlp@ueh.edu.vn

******Nguyễn Mạnh Tuấn**, Thạc sỹ

- Tổ chức tác giả công tác: Khoa Hệ thống thông tin kinh doanh - Trường Đại học Kinh tế TP.HCM

- Lĩnh vực nghiên cứu chính: Business Intelligence, Big Data

- Một số tạp chí tác giả đã đăng tải công trình nghiên cứu: *Tạp chí Kinh tế và Phát triển*, *Tập san Tin học Quản lý*.

- Địa chỉ Email: tuan.nm@ueh.edu.vn