ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ

NGUYỄN THỌ THÔNG

PHÁT TRIỂN MÔ HÌNH RA QUYẾT ĐỊNH TRONG MÔI TRƯỜNG ĐỘNG SỬ DỤNG TẬP NEUTROSOPHIC

Chuyên ngành: Hệ thống Thông tin
Mã số: 9480104.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

Hà Nội, 2020

Công trình được hoàn thành tại:
Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS. TS. Nguyễn Đình Hóa
2. TS. Đỗ Đức Đông

Phản biện 1:
Phản biện 2:

Luận án sẽ được bảo vệ tại Hội đồng chấm luận án cấp Đại học Quốc gia họp tại: Trường Đại học Công nghệ – Đại học Quốc gia Hà Nội vào hồi......giờ......., ngày.......tháng.......năm 20...

Có thể tìm hiểu luận án tại:
- Thư viện Quốc gia Việt Nam,
- Trung tâm thông tin - Thư viện, Đại học Quốc gia Hà Nội.

Mở đầu

1. Tính cấp thiết của luận án

Đưa ra quyết định là một phần quan trọng trong đời sống của chúng ta. Trong tất cả các hoạt động của cuộc sống, chúng ta đều cần phải đưa ra quyết định dựa trên dữ liệu bao gồm các điều kiện ràng buộc và tình hình thực tế khách quan cũng như nhận thức chủ quan để tìm ra những hành động hay phương án phù hợp nhất. Mục tiêu cuối cùng của bất kỳ người ra quyết định nào là đưa ra những quyết định đúng đắn. Quyết định đúng góp phần vào sự thành công của mọi lĩnh vực trong cuộc sống. Ví dụ, trong bài toán lựa chọn và phân nhóm nhà cung cấp xanh, quyết định đúng góp phần vào sự thành công của các tổ chức sản xuất - kinh doanh hay trong y tế, ra quyết định đúng góp phần vào sự thành công trong quá trình điều trị cho bệnh nhân, v.v. Từ những năm 1950 bài ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) đã được nghiên cứu cả về mặt lý thuyết và ứng dụng thực tiễn. Vai trò chính của MCDM là để hỗ trợ người ra quyết định (DMs) trong việc miêu tả một bức tranh tổng thể (mạch lạc, rõ ràng và đầy đủ) về các vấn đề ra quyết định trong môi trường phức tạp (các vấn đề quyết định kết hợp tiêu chí tiền tệ và phi tiền tệ. Hơn nữa, MCDM đơn giản hóa việc phân tích một vấn đề quyết định bằng cách phân tách vấn đề ban đầu thành các yếu tố dễ quản lý hơn. Nhiều cách tiếp cận của MCDM đã được đề xuất. Tuy nhiên, nhiều lý do khác nhau đã lý giải cho sự tồn tại các phương pháp khác nhau trong việc ra quyết định. (a) Sự khác biệt giữa những quyết định trong tự nhiên (b) Thời gian sẵn có để đưa ra quyết định (c) Bản chất của dữ liệu và tính khả dụng của dữ liệu (d) Các kỹ năng phân tích của người ra quyết định (e) Các loại hình văn hóa, hành chính. Theo Greco và cộng sự, một bài toán ra quyết định có thể được phân loại dựa trên bản chất vấn đề như sau, (i) Bài toán lựa chọn: Tìm kiếm lựa chọn tốt nhất (ii) Bài toán sắp xếp: Sắp xếp các lựa chọn tới các danh mục đã được định nghĩa (iii) Bài toán phân hạng: Phân hạng lựa chọn từ tốt nhất tới tồi nhất

Ngày nay, với nhu cầu thực tiễn của cuộc sống và sự phát triển nhanh chóng của công nghệ dẫn đến việc gia tăng về dung lượng cũng như độ phức tạp của dữ liệu. Điều này đã làm cho quá trình ra quyết định đúng trở thành một nhiệm vụ đầy khó khăn và thách thức. Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã được giành riêng để giải quyết những vấn đề dữ liệu phức tạp và biến động. Trong nước, Trần Đình Khang và cộng sự đã đưa ra một tiếp cận để xử lý các giá trị và khoảng giá trị ngôn ngữ dựa trên tập nền đại số gia tử đơn điệu hữu hạn. Các phép toán trên tập giá trị ngôn ngữ cho phép so sánh, tính khoảng cách giữa các giá trị, để áp dụng vào các phương pháp giải bài toán ra quyết định. Lưu Quốc Đạt và công sự đã xây dựng mô hình MCDM tích hợp để lựa chọn và phân nhóm nhà cung cấp xanh. Trong mô hình đề xuất, phương pháp AHP mờ được sử dụng để xác định trọng số của các tiêu chí và phương pháp TOPSIS mờ được sử dụng để xếp hạng và phân nhóm các nhà cung cấp xanh. Trần Thị Thắm và cộng sự đề xuất sử dụng mô hình tích hợp TOPSIS mờ để đánh giá và xếp hạng các nhà cung ứng. Mô hình cho phép sử dụng đồng thời nhiều tiêu chí để đánh giá các nhà cung ứng trong môi trường bất định một cách khách quan. Ngoài nước, Garg trình bày một khái niệm mới của tập mờ Pythagorean do dự. Một số phép toán cơ bản và tính chất của tập này cũng được đề cập. Sau đó, Garg đã đề xuất phép toán trung bình có trọng số và phép toán trung bình nhân. Những lý thuyết đề xuất được áp dụng trong việc ra quyết định đa tiêu chí trong môi trường dữ liệu mờ Pythagorean do dự. Liu và cộng sự phát triển một mô hình ra quyết định đa tiêu chí nhãn ngôn ngữ động để giải quyết vấn đề dữ liệu khoảng chừng nhãn ngôn ngữ lưỡng cực cho những lựa chọn và tiêu chí được thể hiện theo thời gian. Trong cuốn sách về tập neutrosophic và hệ thống (2020) đã tập hợp nhiều cách tiếp cận MCDM trong môi trường neutrosophic. Saqlain và cộng sự đề xuất thuật toán ra quyết định đa tiêu chí TOPSIS mờ tổng quát dựa trên tập mềm neutrosophic để lựa chọn điện thoại thông minh. Ajay và cộng sự giới thiệu một phép toán trung bình trên tập mờ khối neutrosophic dựa trên phép toán trung bình Bonferroni và trung bình nhân. Một phương pháp ra quyết định trên lý thuyết đề xuất cũng đã được giới thiệu hay Leyva-Vázquez và cộng sự đề xuất một mô hình kết hợp giữa phương pháp phân tích thứ bậc AHP và phương pháp quy hoạch tuyến tính để lựa chọn danh mục đầu tư tốt nhất của các dự án về công nghệ thông tin trong môi trường neutrosophic.

Tham gia dòng nghiên cứu về bài toán ra quyết định đa tiêu chí, luận án này tập trung giải quyết một số vấn đề của bài toán ra quyết định đa tiêu chí trong môi trường dữ liệu phức tạp và biến động. Cụ thể luận án sẽ tập trung vào giải quyết những vấn dề sau trong mô hình ra quyết định đa tiêu chí: dữ liệu không chắc chắn, không xác định, không nhất quán, quan tâm đến vấn đề về về thời gian, thông tin trọng số không biết, tương quan giữa những tiêu chí hay sự thay đổi của bộ tiêu chí, người ra quyết định và dữ liệu lịch sử.

2. Một số vấn đề trong MCDM

Trong mục này, trình bày một số khảo sát sơ bộ cho các vấn đề còn tồn tại trong bài toán ra quyết định đa tiêu chí. Đây như là bước khảo sát và tạo động lực cho những nghiên cứu tiếp theo của MCDM. Các vấn đề khảo sát bao gồm: tính không chắc chắn, không biết thông tin trọng số và ra quyết định trong môi trường biến động.

3. Các tiếp cận chính đối với MCDM

Trong mục này trình bày một số cách tiếp cận phổ biến cho một số vấn đề trong bài toán ra quyết định đa tiêu chí. Từ đây, trong luận án có thể đề xuất những nghiên cứu và phương pháp phù hợp để giải quyết một số vấn đề còn tồn tại trong bài toán ra quyết định đa tiêu chí.

4. Động lực nghiên cứu

Từ những khảo sát về bài toán ra quyết định đa tiêu chí trong môi trường dữ liệu phức tạp và biến động. Trong mục này trình bày động lực nghiên cứu của luận án là tập trung phát triển lý thuyết và mô hình ra quyết định mở rộng để giải quyết một số vấn đề của bài toán ra quyết định trong môi trường dữ liệu không chắc chắn, không xác định, không nhất quán và biến động.

5. Mục tiêu và đối tượng nghiên cứu

Với kết quả tổng quan những vấn đề nghiên cứu liên quan và động lực nghiên cứu, những mục tiêu của luận án được đề xuất như sau:

– Mục tiêu 1: Nghiên cứu, tổng hợp, phân tích và đề xuất lý thuyết mở rộng của tập neutrosophic để xử lý dữ liệu không chắc chắn, không xác định, không nhất quán và thể hiện yếu tố thời gian, biến động của dữ liệu theo thời gian.

– Mục tiêu 2: Nghiên cứu, phát triển phương pháp mở rộng cho mô hình ra quyết định dựa trên lý thuyết đã đề xuất như phương pháp TOPSIS.

– Mục tiêu 3: Phát triển phương pháp ra quyết định trong môi trường động xử lý một số vấn đề về: không biết thông tin trọng số, sự tương quan giữa những tiêu chí, v.v.

– Mục tiêu 4: Nghiên cứu và phát triển ứng dụng của lý thuyết mở rộng tập neutrosophic và mô hình ra quyết định vào bài toán đánh giá năng lực của sinh viên.

Đối tượng nghiên cứu: các phương pháp ra quyết định đa tiêu chí, ra ra quyết định đa tiêu chí không biết thông tin trọng số và những lý thuyết giải quyết vấn đề dữ liệu không chắc chắn.

7. Nội dung nghiên cứu

Dựa vào mục tiêu nghiên cứu của luận án, các nội dung nghiên cứu của đề tài được trình bày như sau:

- Nội dung 1: Nghiên cứu phát triển tập neutrosophic giá trị khoảng để thể hiện yếu tố thời gian trong môi trường động.
- Nội dung 2: Nghiên cứu và xử lý vấn đề không biết thông trọng số của mô hình ra quyết định trong môi trường động.
- Nội dung 3: Nghiên cứu và xử lý vấn đề tương quan giữa các tiêu chí của mô hình ra quyết định trong môi trường động.
- Nội dung 4: Nghiên cứu phát triển mô hình ra quyết định để xử lý vấn đề thay đổi bộ tiêu chí, người ra quyết định, lựa chọn và dữ liệu lịch sử.
- Nội dung 5: Ứng dụng phương pháp đề xuất để đánh giá năng lực của sinh viên.

8. Phương pháp nghiên cứu

- Khảo cứu: Khảo cứu những phương pháp liên quan về tập neutrosophic, mô hình ra quyết định.
- Nghiên cứu gia tăng: Cải tiến, mở rộng thuật tập neutrosophic và mô hình ra quyết định trên môi trường neutrosophic
- Nghiên cứu lý thuyết: Phân tích và chứng minh một số tính chất của lý thuyết đã đề xuất
- Nghiên cứu mở rộng: Mở rộng tập neutrosophic thể hiện vấn đề về thời gian và dữ liệu biến động theo thời gian
- Nghiên cứu ứng dụng: Ứng dụng mô hình đề xuất trong việc đánh giá năng lực của sinh viên.

9. Phạm vi và giới hạn của đề tài nghiên cứu

- Lý thuyết: Mở rộng tập neutrosophic giá trị khoảng để thể hiện yếu tố thời gian, biến động của dữ liệu và dữ liệu lịch sử cho bài toán ra quyết định. Phát triển mô hình ra quyết định trong môi trường neutrosophic động. Thuật ngữ "động" ở đây có thể được hiểu (i) chuỗi quyết định theo thười gian (ii) trạng thái của quyết định (iii) quyết định dựa vào lịch sử.
- Ứng dụng: Áp dụng lý thuyết và mô hình đã đề xuất cho bài toán đánh giá năng lực của sinh viên.

10. Cấu trúc luận án

Luận án *"Phát triển mô hình ra quyết định trong môi trường động sử dụng tập neutrosophic"* bao gồm 5 chương. Trong đó phần *Mở đầu* trình bày về tính cấp thiết của đề tài, lý do chọn đề tài, đối tượng và nội dung nghiên cứu của luận án.

Chương 1, *Kiến thức cơ sở*. Chương này trình bày về các kiến thức nền được sử dụng trong các chương tiếp theo của luận án.

Chương 2, *Tập neutrosophic giá trị khoảng động và mô hình ra quyết định trong môi trường động* [NTThong1]. Trình bày về tập neutrosophic giá trị khoảng động, một số định nghĩa và phép toán của DIVNS, mô hình TOPSIS dựa trên lý thuyết đã đề xuất và ứng dụng thực nghiệm trong việc đánh giá năng lực của sinh viên.

Chương 3, *Thông tin trọng số của MCDM trong môi trường động.* Phần đầu, trình bày một số định nghĩa và phép toán để tính toán trọng số của bộ tiêu chí, người ra quyết định và thời gian. Sau đó, mô hình ra quyết định TOPSIS với thông tin trọng số không biết cũng được đề xuất và ứng dụng để đánh giá năng lực sinh viên [NTThong2]. Phần tiếp theo, trình bày một số phép toán tích hợp tích phân chouquet và DIVNS để biểu thị sự tương quan giữa những tiêu chí. Tiếp theo chiến lược ra quyết định dựa trên phép toán đề xuất đã được trình bày và ứng dụng để đánh giá năng lực của sinh viên [NTThong].

Chương 4, *Mô hình ra quyết định động trong môi trường neutrosophic động* [NTThong4]. Trình bày một số định nghĩa và phép toán của tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát. Tiếp theo, đề xuất mô hình ra quyết định dựa trên lý thuyết đã đề xuất. Cuối cùng, ứng dụng mô hình đã đề xuất để đánh giá năng lực của sinh viên.

Cuối cùng, Chương , *Kết luận.* Chương này sẽ phân tích về tất cả các phương pháp kiểm chứng đã đề xuất cũng như ưu nhược điểm của các phương pháp này. Luận án cũng thảo luận về các nghiên cứu trong tương lai từ các kết quả ban đầu đã đạt được.

Chương 1: Cơ sở lý thuyết

1.1 Mô hình ra quyết định

1.1.1 Bài toán ra quyết định đa tiêu chí

Bài toán ra quyết định đa tiêu chí được phát biểu như sau

Đầu vào: Bài toán ra quyết định đa tiêu chí bao gồm

- $\ddot{A} = \{A_1, A_2, A_3, \ldots, A_m\}$ là tập những lựa chọn.
- $\ddot{C} = \{C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n\}$ là tập những tiêu chí.
- $\ddot{D} = \{D_1, D_2, D_3, \ldots, D_h\}$ là tập những người ra quyết định.

Cho một người ra quyết định D_q; $q = 1, 2, 3, \ldots, h$ đánh giá lựa chọn A_i; $i = 1, 2, 3, \ldots, m$ trên tiêu chí C_j; $j = 1, 2, 3, \ldots, n$. Những đánh giá được thể hiện bởi ma trận $R = (r_{ij}^q)$. Ở đây r_{ij}^q có thể là giá trị thực, giá trị mờ, giá trị neutrosophic v.v.

Đầu ra: Phân hạng những lựa chọn $\ddot{A} = \{A_1, A_2, A_3, \ldots, A_m\}$ dựa trên bộ tiêu chí $\ddot{C} = \{C_1, C_2, C_3, \ldots, C_n\}$ qua những ước lượng của $\ddot{D} = \{D_1, D_2, D_3, \ldots, D_h\}$

1.1.2 Phương pháp ra quyết định TOPSIS

Phương pháp TOPSIS là một phương pháp ra quyết định đa tiêu chí, nó được giới thiệu bởi Ching-Lai Hwang và Yoon (1981). Ý tưởng chính của TOPSIS là đánh giá những lựa chọn bằng việc đo lường đồng thời khoảng cách từ các lựa chọn tới giải pháp tối ưu tích cực (PIS) và giải pháp tối ưu tiêu cực (NIS). Phương án được lựa chọn phải có khoảng cách ngắn nhất từ PIS và khoảng cách xa nhất từ NIS của bài toán đa tiêu chí.

1.2 Một số lý thuyết

Trong mục này trình bày một số lý thuyết cơ sở được sử dụng để phát triển trong những chương tiếp theo của luận án bao gồm: tập neutrosophic, tập mờ do dự và tích phân Choquet.

1.2.1 Tập Neutrosophic

Trong phần này trình bày cơ sở lý thuyết về tập neutrosophic. Tập neutrosophic được định nghĩa lần đầu bởi Florentin Smarandache vào năm 1998.

1.2.2 Tập mờ do dự

Trong mục này trình bày một số lý thuyết về tập mờ do dự (HFS) được giới thiệu đầu tiên bởi Torra.

1.2.3 Tích phân Choquet

Tích phân Choquet đã được giới thiệu như một phép toán hữu ích để khắc phục giới hạn của các độ đo cho thông tin mờ trong MCDM

1.3 Bộ dữ liệu thực nghiệm

1.3.1 Mô hình ASK

Trong phần này trình bày mô hình ASK (Thái độ, kỹ năng, kiến thức).

1.3.2 Bộ dữ liệu thực nghiệm

Để minh họa cho những phương pháp được đề xuất, luận án sử dụng bộ dữ liệu đánh giá năng lực sinh viên của Đại học Thương mại, Hà nội, Việt nam.

1.4 Kết luận chương

Trong chương này luận án đã trình bày tóm tắt các kiến thức cơ sở được sử dụng kế thừa trong các chương tiếp theo của luận án. Mục 1.1 dành sự quan tâm đặc biệt đến bài toán ra quyết định đa tiêu chí và phương pháp ra quyết định TOPSIS được mở rộng trong các Chương 2, 3 và 4. Mục 1.2 trình bày về lý thuyết tập neutrosophic, tập neutrosophic giá trị khoảng, tập mờ do dự và tích phân Choquet. Cuối cùng, Mục 1.3 trình bày về mô hình ASK, đây là mô hình được sử dụng để thu thập sử liệu sinh viên và bộ dữ liệu này được sử dụng để kiểm chứng các phương pháp được đề xuất qua các Chương 2, 3 và 4.

Chương 2: Tập neutrosophic giá trị khoảng động và mô hình ra quyết định

2.1 Giới thiệu

Tập Neutrosophic (NS) có khả năng xử lý thông tin không xác định. NS và những mở rộng của nó đã được ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các lĩnh vực, như trong bài toán ra quyết định, phân cụm, xử lý ảnh. Tuy nhiên, một vài bài toán phức tạp trong cuộc sống dữ liệu có thể được tập hợp từ những khoảng thời gian khác nhau, khiến các mô hình truyền thống không có khả năng giải quyết hay chỉ giải quyết một phần trong vấn đề này. Ví dụ, trong kinh doanh, khi một công ty nào đó điều tra mức độ tăng trưởng kinh tế, loạt sản phẩm của công ty nên được điều tra thay đổi lợi nhuận qua các thời kỳ khác nhau. Một ví dụ khác có thể được tìm thấy trong chẩn đoán y tế, ở đây các bác sĩ phải kiểm tra triệu chứng lâm sàng của bệnh nhân theo các khoảng thời gian khác nhau. Do vậy việc phát triển một mô hình ra quyết định trong môi trường động là cần thiết. Thuật ngữ "động" trong phạm vi luận án có thể hiểu theo các tiêu chí sau (a) chuỗi quyết định theo thời gian (b) quyết định phụ thuộc vào lịch sử (c) trạng thái của quyết định.

Phần này của luận án đề xuất một lý thuyết mở rộng của tập neutrosophic giá trị khoảng tên là tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS) để thể hiện yếu tố thời gian và mô hình TOPSIS mở rộng dựa trên lý thuyết mở rộng đã được đề xuất cho bài toán ra quyết định trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động. Chi tiết những đóng góp chính trong phần này là.

(i) Định nghĩa tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS) để thể hiện yếu tố thời gian và phát biểu một số định nghĩa mở rộng, các phép toán, tính chất và tương quan của tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS)

(ii) Phát triển mô hình TOPSIS dựa trên lý thuyết DIVNS trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động.

(iii) Ứng dụng phương pháp ra quyết định đề xuất để đánh giá năng lực của sinh viên.

2.2 Tập neutrosophic giá trị khoảng động

Định nghĩa tập neutrosophic giá trị khoảng động

Định nghĩa 2.1 *Cho X là một không gian không rỗng, $\ddot{\tau} = \{\tau_1, ..., \tau_k\}$ là một tập những thời điểm và $x \in X$. Một tập $A(\ddot{\tau})$ là tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS) nếu có xác định một bộ ba hàm giá trị khoảng $T^A(x, \ddot{\tau})$, $I^A(x, \ddot{\tau})$ và $F^A(x, \ddot{\tau})$ nhận giá trị trong* $[0, 1]$.

Ở đây $\ddot{\tau} = \{\tau_1, ..., \tau_k\}$ với

$$T^A(x, \ddot{\tau}) = [T_A^L(x, \ddot{\tau}), T_A^U(x, \ddot{\tau})]; I^A(x, \ddot{\tau}) = [I_A^L(x, \ddot{\tau}), I_A^U(x, \ddot{\tau})]; F^A(x, \ddot{\tau}) = [F_A^L(x, \ddot{\tau}), F_A^U(x, \ddot{\tau})];$$

$T_A^L(x, \ddot{\tau}) \le T_A^U(x, \ddot{\tau}), I_A^L(x, \ddot{\tau}) \le I_A^U(x, \ddot{\tau}), F_x^L(\ddot{\tau}) \le F_A^U(x, \ddot{\tau})$, dấu "$\le$" (với dãy $\ddot{\tau}$) nghĩa là nhỏ hơn hoặc bằng $\forall \tau_l \in \ddot{\tau}, l = 1, 2, ..., k$.
và $[T_A^L(x, \tau_l), T_A^U(x, \tau_l)], [I_A^L(x, \tau_l), I_A^U(x, \tau_l)], [F_A^L(x, \tau_l), F_A^U(x, \tau_l)] \subseteq [0, 1]$; $\forall \tau_l \in \ddot{\tau}, l = 1, 2, ..., k$.

Định nghĩa 2.2 *Cho $(x, \tau_l), x \in A, \tau_l \in \ddot{\tau}$ tương ứng với một bộ ba giá trị khoảng $[T_x^L(\tau_l), T_x^U(\tau_l)]$, $[I_x^L(\tau_l), I_x^U(\tau_l)]$, $[F_x^L(\tau_l), F_x^U(\tau_l)]$. Khi đó, $x(\ddot{\tau})$ được gọi là một sự kiện neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNE)*

Có thể thấy, khi $k = 1$ thì DIVNS sẽ quay trở lại tập neutrosophic giá trị khoảng (IVNS).

Nói cách khác, DIVNS là một tập neutrosophic mà các thành phần neutrosophic của sự kiện (độ thuộc, độ không xác định và độ không thuộc) là giá trị dạng khoảng thay đổi theo thời gian.

Để đơn giản, trong luận án kí hiệu:

$$T_x(\ddot{\tau}) = [T_x^L(\ddot{\tau}), T_x^U(\ddot{\tau})], I_x(\ddot{\tau}) = [I_x^L(\ddot{\tau}), I_x^U(\ddot{\tau})], F_x(\ddot{\tau}) = [F_x^L(\ddot{\tau}), F_x^U(\ddot{\tau})],$$

Ở đây $T_x(\ddot{\tau}), I_x(\ddot{\tau}), F_x(\ddot{\tau}) : [0, \infty) \to P([0, 1])$ với $P([0, 1])$ là tập các đoạn con của $[0, 1]$.

Một số phép toán của tập DIVNS

Cho $A(\ddot{\tau})$ và $B(\ddot{\tau})$ là hai tập DIVNS trong X;

$$A(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T_x^A(\tau_l), I_x^A(\tau_l), F_x^A(\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}; B(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T_x^B(\tau_l), I_x^B(\tau_l), F_x^B(\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}$$

Định nghĩa 2.3 *Phép giao*

$$A(\ddot{\tau}) \cap B(\ddot{\tau}) = \left\{ \left(x(\ddot{\tau}), \left\langle \begin{matrix} [min(T_A^L(x,\tau_l), T_B^L(x,\tau_l)), min(T_A^U(x,\tau_l), T_B^U(x,\tau_l))], \\ [max(I_A^L(x,\tau_l), I_B^L(x,\tau_l)), max(I_A^U(x,\tau_l), I_B^U(x,\tau_l))], \\ [max(F_A^L(x,\tau_l), F_B^L(x,\tau_l)), max(F_A^U(x,t_l), F_B^U(x,\tau_l))] \end{matrix} \right\rangle \right), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in U \right\} \tag{2.1}$$

Định nghĩa 2.4 *Phép hợp*

$$A(\ddot{\tau}) \cup B(\ddot{\tau}) = \left\{ \left(x(\ddot{\tau}), \left\langle \begin{matrix} [max(T_A^L(x,\tau_l), T_B^L(x,\tau_l)), max(T_A^U(x,\tau_l), T_B^U(x,\tau_l))], \\ [min(I_A^L(x,\tau_l), I_B^L(x,\tau_l)), min(I_A^U(x,\tau_l), I_B^U(x,\tau_l))], \\ [min(F_A^L(x,\tau_l), F_B^L(x,\tau_l)), min(F_A^U(x,t_l), F_B^U(x,\tau_l))] \end{matrix} \right\rangle \right), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X \right\} \tag{2.2}$$

Định nghĩa 2.5 *Phần bù*

$$A(\ddot{\tau})^C = \left\{ \left(x(\ddot{\tau}), \left\langle \begin{matrix} [F_A^L(x,\tau_l), F_A^U(x,\tau_l)], [1 - I_A^U(x,\tau_l), 1 - I_A^L(x,\tau_l)], \\ [T_A^L(x,\tau_l), T_A^U(x,\tau_l)] \end{matrix} \right\rangle \right), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X \right\} \tag{2.3}$$

Định nghĩa 2.6 *Bao hàm*

$$A(\ddot{\tau}) \subseteq B(\ddot{\tau}) \sim T_x^A(\tau_l) \leq T_x^B(\tau_l), I_x^A(\tau_l) \geq I_x^B(\tau_l), F_x^A(\tau_l) \geq F_x^B(\tau_l); \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X \tag{2.4}$$

Tương ứng

$$T_A^L(x,\tau_l) \leq T_B^L(x,\tau_l), T_A^U(x,\tau_l) \leq T_B^U(x,\tau_l); I_A^L(x,\tau_l) \geq I_B^L(x,\tau_l), I_A^U(x,\tau_l) \geq I_B^U(x,\tau_l);$$
$$F_A^L(x,\tau_l) \geq F_B^L(x,\tau_l), F_A^U(x,\tau_l) \geq F_B^U(x,\tau_l); \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X$$

Định nghĩa 2.7 *Ngang bằng*

$$A(\ddot{\tau}) = B(\ddot{\tau}) \iff A(\ddot{\tau}) \subseteq B(\ddot{\tau}) \quad \textit{và} \quad A(\ddot{\tau}) \supseteq B(\ddot{\tau}); \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in U \tag{2.5}$$

Một số phép toán của số DIVNS

Cho hai số DIVNS

$$a(\ddot{\tau}) = \left\{ \langle T_x^A(\tau_1), I_x^A(\tau_1), F_x^A(\tau_1)\rangle, ..., \langle T_x^A(\tau_k), I_x^A(\tau_k), F_x^A(\tau_k)\rangle \right\},$$
$$b(\ddot{\tau}) = \left\{ \langle T_x^B(\tau_1), I_x^B(\tau_1), F_x^B(\tau_1)\rangle, ..., \langle T_x^B(\tau_k), I_x^B(\tau_k), F_x^B(\tau_k)\rangle \right\}$$

Ở đây $T_x^A(\tau_l) = [T_A^L(x,\tau_l), T_A^U(x,\tau_l)], I_x^A(\tau_l) = [I_A^L(x,\tau_l), I_A^U(x,\tau_l)], F_x^A(\tau_l) = [F_A^L(x,\tau_l), F_A^U(x,\tau_l)]$ và $T_x^B(\tau_l) = [T_B^L(x,\tau_l), T_B^U(x,\tau_l)]$, $I_x^B(\tau_l) = [I_B^L(x,\tau_l), I_B^U(x,\tau_l)]$, $F_x^B(\tau_l) = [F_B^L(x,\tau_l), F_B^U(x,\tau_l)]$; $l = 1, 2, ..., k$ là các đoạn giá trị.

$\otimes$ và $\oplus$ tương ứng là T-norm và T-conorm.

Định nghĩa 2.8 *Phép cộng*

$$a(\ddot{\tau}) \oplus b(\ddot{\tau}) = \begin{Bmatrix} \left\langle \begin{array}{l} \left[T_A^L(x,\tau_1) + T_B^L(x,\tau_1) - T_A^L(x,\tau_1) \times T_B^L(x,\tau_1), T_A^U(x,\tau_1) + T_B^U(x,\tau_1) - T_A^U(x,\tau_1) \times T_B^U(x,\tau_1)\right], \\ [I_A^L(x,\tau_1) \times I_B^L(x,\tau_1), I_A^U(x,\tau_1) \times I_B^U(x,\tau_1)], [F_A^L(x,\tau_1) \times F_B^L(x,\tau_1), F_A^U(x,\tau_1) \times F_B^U(x,\tau_1)] \end{array} \right\rangle, \\ ..., \\ \left\langle \begin{array}{l} \left[T_A^L(x,\tau_k) + T_B^L(x,\tau_k) - T_A^L(x,\tau_k) \times T_B^L(x,\tau_k), T_A^U(x,\tau_k) + T_B^U(x,\tau_k) - T_A^U(x,\tau_k) \times T_B^U(x,\tau_k)\right], \\ [I_A^L(x,\tau_k) \times I_B^L(x,\tau_k), I_A^U(x,\tau_k) \times I_B^U(x,\tau_k)], [F_A^L(x,\tau_k) \times F_B^L(x,\tau_k), F_A^U(x,\tau_k) \times F_B^U(x,\tau_k)] \end{array} \right\rangle \end{Bmatrix}$$

Định nghĩa 2.9 *Phép nhân vô hướng*

Cho α là một hằng số thực. Phép nhân vô hướng của số DIVNS được tính bởi

$$\alpha \times a(\ddot{\tau}) = \begin{Bmatrix} \left\langle [1-(1-T_A^L(x,\tau_1))^\alpha, 1-(1-T_A^U(x,\tau_1))^\alpha], [I_A^L(x,\tau_1)^\alpha, I_A^U(x,\tau_1)^\alpha], [F_A^L(x,\tau_1)^\alpha, F_A^U(x,\tau_1)^\alpha] \right\rangle, \\ ..., \\ \left\langle [1-(1-T_A^L(x,\tau_k))^\alpha, 1-(1-T_A^U(x,\tau_k))^\alpha], [I_A^L(x,\tau_k)^\alpha, I_A^U(x,\tau_k)^\alpha], [F_A^L(x,\tau_k)^\alpha, F_A^U(x,\tau_k)^\alpha] \right\rangle \end{Bmatrix}$$

Định nghĩa 2.10 *Phép nhân*

$$a(\ddot{\tau}) \otimes b(\ddot{\tau}) = \begin{Bmatrix} \left\langle \begin{array}{l} [T_A^L(x,\tau_1) \times T_B^L(x,\tau_1), T_A^U(x,\tau_1) \times T_B^U(x,\tau_1)], \\ \left[I_A^L(x,\tau_1) + I_B^L(x,\tau_1) - I_A^L(x,\tau_1) \times I_B^L(x,\tau_1), I_A^U(x,\tau_1) + I_B^U(x,\tau_1) - I_A^U(x,\tau_1) \times I_B^U(x,\tau_1)\right], \\ \left[F_A^L(x,\tau_1) + F_B^L(x,\tau_1) - F_A^L(x,\tau_1) \times F_B^L(x,\tau_1), F_A^U(x,\tau_1) + F_B^U(x,\tau_1) - F_A^U(x,\tau_1) \times F_B^U(x,\tau_1)\right] \end{array} \right\rangle, \\ ..., \\ \left\langle \begin{array}{l} [T_A^L(x,\tau_k) \times T_B^L(x,\tau_k), T_A^U(x,\tau_k) \times T_B^U(x,\tau_k)], \\ \left[I_A^L(x,\tau_k) + I_B^L(x,\tau_k) - I_A^L(x,\tau_k) \times I_B^L(x,\tau_k), I_A^U(x,\tau_k) + I_B^U(x,\tau_k) - I_A^U(x,\tau_k) \times I_B^U(x,\tau_k)\right], \\ \left[F_A^L(x,\tau_k) + F_B^L(x,\tau_k) - F_A^L(x,\tau_k) \times F_B^L(x,\tau_k), F_A^U(x,\tau_k) + F_B^U(x,\tau_k) - F_A^U(x,\tau_k) \times F_B^U(x,\tau_k)\right] \end{array} \right\rangle \end{Bmatrix}$$

Định nghĩa 2.11 *Lũy thừa của số DIVNS*

Cho α là một hằng số thực. Lũy thừa của số DIVNS được tính bởi

$$a(\ddot{\tau})^\alpha = \begin{Bmatrix} \left\langle \begin{array}{l} [T_A^L(x,\tau_1)^\alpha, T_A^U(x,\tau_1)^\alpha], \\ [1-(1-I_A^L(x,\tau_1))^\alpha, 1-(1-I_A^U(x,\tau_1))^\alpha], \\ [1-(1-F_A^L(x,\tau_1))^\alpha, 1-(1-F_A^U(x,\tau_1))^\alpha] \end{array} \right\rangle, ..., \left\langle \begin{array}{l} [T_A^L(x,\tau_k)^\alpha, T_A^U(x,\tau_k)^\alpha], \\ [1-(1-I_A^L(x,\tau_k))^\alpha, 1-(1-I_A^U(x,\tau_k))^\alpha], \\ [1-(1-F_A^L(x,\tau_k))^\alpha, 1-(1-F_A^U(x,\tau_k))^\alpha] \end{array} \right\rangle \end{Bmatrix}$$

Hệ số tương quan của tập neutrosophic giá trị khoảng động

Định nghĩa 2.12 *Hệ số tương quan của DIVNS*

Cho

$$A(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T_x^A(\tau_l), I_x^A(\tau_l), F_x^A(\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}; B(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T_x^B(\tau_l), I_x^B(\tau_l), F_x^B(\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}$$

$A(\ddot{\tau})$ và $B(\ddot{\tau})$ là hai DIVNS trong $U = \{x_1, x_2, ..., x_n\}, \ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_k\}$;

$T_x^A(\tau_l) = [T_A^L(x,\tau_l), T_A^U(x,\tau_l)], I_x^A(\tau_l) = [I_A^L(x,\tau_l), I_A^U(x,\tau_l)]$,

$F_x^A(\tau_l) = [F_A^L(x,\tau_l), F_A^U(x,\tau_l)]$ và $T_x^B(\tau_l) = [T_B^L(x,\tau_l), T_B^U(x,\tau_l)]$, $I_x^B(\tau_l) = [I_B^L(x,\tau_l), I_B^U(x,\tau_l)]$, $F_x^B(\tau_l) =$

$[F_B^L(x,\tau_l), F_B^U(x,\tau_l)]$; $l = 1,2,...,k$ *là các đoạn giá trị. Hệ số tương gian giữa A và B được tính bởi công thức 2.6:*

$$\rho(A(\ddot{\tau}), B(\ddot{\tau})) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\frac{\sum_{i=1}^{n}\begin{pmatrix} T_A^L(x_i,\tau_l)\times T_B^L(x_i,\tau_l)+T_A^U(x_i,\tau_l)\times T_B^U(x_i,\tau_l)+I_A^L(x_i,\tau_l)\times I_B^L(x_i,\tau_l)+I_A^U(x_i,\tau_l)\times I_B^U(x_i,\tau_l)\\ +F_A^L(x_i,\tau_l)\times F_B^L(x_i,\tau_l)+F_A^U(x_i,\tau_l)\times F_B^U(x_i,\tau_l)\end{pmatrix}}{\left(\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\begin{bmatrix}(T_A^L(x_i,\tau_l))^2+(T_A^U(x_i,\tau_l))^2+(I_A^L(x_i,\tau_l))^2\\ +(I_A^U(x_i,\tau_l))^2+(F_A^L(x_i,\tau_l))^2+(F_A^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}}\times\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\begin{bmatrix}(T_B^L(x_i,\tau_l))^2+(T_B^U(x_i,\tau_l))^2+(I_B^L(x_i,\tau_l))^2\\ +(I_B^U(x_i,\tau_l))^2+(F_B^L(x_i,\tau_l))^2+(F_B^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}}\right)} \tag{2.6}$$

Định lý 2.1 *Hệ số tương quan giữa hai DIVNS A và B thỏa mãn*

(1) $0 \le \rho(A(\ddot{\tau}), B(\ddot{\tau})) \le 1$

(2) $\rho(A(\ddot{\tau}), B(\ddot{\tau})) = 1$ *nếu và chỉ nếu* $A(\ddot{\tau}) = B(\ddot{\tau})$

(3) $\rho(A(\ddot{\tau}), B(\ddot{\tau})) = \rho(B(\ddot{\tau}), A(\ddot{\tau}))$

Định nghĩa 2.13 *Cho* $x_i(i = 1,...,n)$ *và* $\tau_l(l = 1,...,k)$*, hệ số tương quan trọng số của DIVNS là được tính bởi công thức 2.7:*

$$\rho_w(A(\ddot{\tau}), B(\ddot{\tau})) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\omega_l \times \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \times \begin{pmatrix} T_A^L(x_i,\tau_l)\times T_B^L(x_i,\tau_l)+T_A^U(x_i,\tau_l)\times T_B^U(x_i,\tau_l)\\ +I_A^L(x_i,\tau_l)\times I_B^L(x_i,\tau_l)+I_A^U(x_i,\tau_l)\times I_B^U(x_i,\tau_l)\\ +F_A^L(x_i,\tau_l)\times F_B^L(x_i,\tau_l)+F_A^U(x_i,\tau_l)\times F_B^U(x_i,\tau_l)\end{pmatrix}}{\left(\begin{array}{c}\sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i\times\begin{bmatrix}(T_A^L(x_i,\tau_l))^2+(T_A^U(x_i,\tau_l))^2+(I_A^L(x_i,\tau_l))^2\\ +(I_A^U(x_i,\tau_l))^2+(F_A^L(x_i,\tau_l))^2+(F_A^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}}\\ \times\sqrt{\sum_{i=1}^{n} w_i\times\begin{bmatrix}(T_B^L(x_i,\tau_l))^2+(T_B^U(x_i,\tau_l))^2+(I_B^L(x_i,\tau_l))^2\\ +(I_B^U(x_i,\tau_l))^2+(F_B^L(x_i,\tau_l))^2+(F_B^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}}\end{array}\right)} \tag{2.7}$$

Ở đây $w = (w_1, w_2, ..., w_n)^T$ *và* $\omega = (\omega_1, \omega_2, ..., \omega_k)^T$ *là vector trọng số của* $x_i(i = 1,...,n)$ *và* $\tau_l(l = 1,...,k)$ *với* $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$ *và* $\sum_{l=1}^{k} \omega_l = 1$

Khi $w_i = \frac{1}{n}; (i = 1,...,n)$ và $\omega_l = \frac{1}{k}; (l = 1,...,k)$, Công thức (2.7) sẽ là công thức (2.6)

Hệ số tương quan trọng số giữa $A(\ddot{\tau})$ và $B(\ddot{\tau})$ cũng thỏa mãn các thuộc tính trong Định lý 2.1

Định nghĩa 2.14 *Cho* $Y(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T^Y(x,\tau_l), I^Y(x,\tau_l), F^Y(x,\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}$ *và* $Z(\ddot{\tau}) = \{(x(\ddot{\tau}), \langle T^Z(x,\tau_l), I^Z(x,\tau_l), F^Z(x,\tau_l)\rangle), \forall \tau_l \in \ddot{\tau}, x \in X\}$ *là hai DIVNS trong* $\ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_k\}$ *và* $X = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$*. Độ đo tương quan giữa Y và Z là:*

$$K(Y,Z) = \frac{C(Y,Z)}{max(T(Y),T(Z))} = \frac{\sum_{i=1}^{n} C(Y(x_i), Z(x_i))}{max(\sum_{i=1}^{n} T(Y(x_i)), \sum_{i=1}^{n} T(Z(x_i)))} \tag{2.8}$$

Ở đây $C(Y,Z)$ là tương quan giữa Y và Z. $T(Y)$ và $T(Z)$ lượng thông tin của hai DIVNS.

$$C(Y,Z) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n} C(Y(x_i,\tau_l), Z(x_i,\tau_l)) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}\begin{bmatrix} T_Y^L(x_i,\tau_l)\times T_Z^L(x_i,\tau_l)+T_Y^U(x_i,\tau_l)\times T_Z^U(x_i,\tau_l)\\ +I_Y^L(x_i,\tau_l)\times I_Z^L(x_i,\tau_l)+I_Y^U(x_i,\tau_l)\times I_Z^U(x_i,\tau_l)\\ F_Y^L(x_i,\tau_l)\times F_Z^L(x_i,\tau_l)+F_Y^U(x_i,\tau_l)\times F_Z^U(x_i,\tau_l)\end{bmatrix}$$

$$T(Y)=\frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}T(Y(x_i,\tau_l))=\frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}\begin{bmatrix}(T_Y^L(x_i,\tau_l))^2+(T_Y^U(x_i,\tau_l))^2+(I_Y^L(x_i,\tau_l))^2\\+(I_Y^U(x_i,\tau_l))^2+(F_Y^L(x_i,\tau_l))^2+(F_Y^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}$$

$$T(Z)=\frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}T(Z(x_i,\tau_l))=\frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{2}\begin{bmatrix}(T_Z^L(x_i,\tau_l))^2+(T_Z^U(x_i,\tau_l))^2+(I_Z^L(x_i,\tau_l))^2\\+(I_Z^U(x_i,\tau_l))^2+(F_Z^L(x_i,\tau_l))^2+(F_Z^U(x_i,\tau_l))^2\end{bmatrix}$$

Định lý 2.2 *Hệ số tương quan K của Y và Z thỏa mãn các tính chất sau:*

(i) $0 \leq K(Y,Z) \leq 1$

(ii) $K(Y,Z) = K(Z,Y)$

(iii) $K(Y,Z) = 1 \iff Y = Z$

Độ đo khoảng cách của DIVNE

Định nghĩa 2.15 *Cho n_1 và n_2 là hai DIVNE, khoảng cách neutrosophic giá trị khoảng động giữa n_1 và n_2 là được xác định:*

(i) Khoảng cách Hamming

$$d_1(n_1,n_2)=\frac{1}{6\times k}\sum_{l=1}^{k}\left(\begin{array}{l}\left|T_{n_1}^L(\tau_l)-T_{n_2}^L(\tau_l)\right|+\left|T_{n_1}^U(\tau_l)-T_{n_2}^U(\tau_l)\right|+\left|I_{n_1}^L(\tau_l)-I_{n_2}^L(\tau_l)\right|+\left|I_{n_1}^U(\tau_l)-I_{n_2}^U(\tau_l)\right|\\+\left|F_{n_1}^L(\tau_l)-F_{n_2}^L(\tau_l)\right|+\left|F_{n_1}^U(\tau_l)-F_{n_2}^U(\tau_l)\right|\end{array}\right) \tag{2.9}$$

(ii) Khoảng cách Euclidean

$$d_2(n_1,n_2)=\sqrt{\frac{1}{6\times k}\sum_{l=1}^{k}\left(\begin{array}{l}\left(T_{n_1}^L(\tau_l)-T_{n_2}^L(\tau_l)\right)^2+\left(T_{n_1}^U(\tau_l)-T_{n_2}^U(\tau_l)\right)^2+\left(I_{n_1}^L(\tau_l)-I_{n_2}^L(\tau_l)\right)^2+\left(I_{n_1}^U(\tau_l)-I_{n_2}^U(\tau_l)\right)^2\\+\left(F_{n_1}^L(\tau_l)-F_{n_2}^L(\tau_l)\right)^2+\left(F_{n_1}^U(\tau_l)-F_{n_2}^U(\tau_l)\right)^2\end{array}\right)} \tag{2.10}$$

(iii) Khoảng cách hình học

$$d_3(n_1,n_2)=\left(\frac{1}{6\times k}\sum_{l=1}^{k}\left(\begin{array}{l}\left(T_{n_1}^L(\tau_l)-T_{n_2}^L(\tau_l)\right)^\alpha+\left(T_{n_1}^U(\tau_l)-T_{n_2}^U(\tau_l)\right)^\alpha+\left(I_{n_1}^L(\tau_l)-I_{n_2}^L(\tau_l)\right)^\alpha+\left(I_{n_1}^U(\tau_l)-I_{n_2}^U(\tau_l)\right)^\alpha\\+\left(F_{n_1}^L(\tau_l)-F_{n_2}^L(\tau_l)\right)^\alpha+\left(F_{n_1}^U(\tau_l)-F_{n_2}^U(\tau_l)\right)^\alpha\end{array}\right)\right)^{\frac{1}{\alpha}} \tag{2.11}$$

Hàm điểm số của tập neutrosophic giá trị khoảng động

Định nghĩa 2.16 *Cho $\widetilde{n}$ là một DIVNE. Hàm điểm số của $\widetilde{n}$ là được định nghĩa:*

$$score(\widetilde{n}) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}\left(\left(\frac{T^L(\tau_l)+T^U(\tau_l)}{2}+\left(1-\frac{I^L(\tau_l)+I^U(\tau_l)}{2}\right)+\left(1-\frac{F^L(\tau_l)+F^U(\tau_l)}{2}\right)\right)\Big/3\right) \tag{2.12}$$

ở đây $\ddot{\tau}=\tau_1,\tau_2,\ldots,\tau_k$;

Cho $\widetilde{n}_1,\widetilde{n}_2$ là hai DIVNE. Nếu $score(\widetilde{n}_1)\leq score(\widetilde{n}_2)$ thì $\widetilde{n}_1\leq\widetilde{n}_2$.

Định nghĩa 2.17 *Cho $\widetilde{n}$ là một DIVNE. Hàm điểm số có trọng số của $\widetilde{n}$ được định nghĩa:*

$$score(\widetilde{n}) = \frac{1}{k}\sum_{l=1}^{k}w_l\times\left(\left(\frac{T^L(\tau_l)+T^U(\tau_l)}{2}+\left(1-\frac{I^L(\tau_l)+I^U(\tau_l)}{2}\right)+\left(1-\frac{F^L(\tau_l)+F^U(\tau_l)}{2}\right)\right)\Big/3\right) \tag{2.13}$$

ở đây $\ddot{\tau}=\{\tau_1,\tau_2,\ldots,\tau_k\}$; *$w_l$ là trọng số thời gian và* $\sum_{l=1}^{k}w_l=1$

Ma trận neutrosophic giá trị khoảng động

Định nghĩa 2.18 *Ma trận neutrosophic giá trị khoảng động được định nghĩa bởi:*

$$A = [a_{ij}]_{m\times n} = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & \cdots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & \cdots & a_{2,n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \cdots & a_{m,n} \end{pmatrix} \tag{2.14}$$

Ở đây, mỗi sự kiện a_{ij} được thể hiện bởi DIVNE. Khi đó, ma trận A được gọi là ma trận neutrosophic giá trị khoảng động.

Định nghĩa 2.19 *Cho hai ma trận neutrosophic giá trị khoảng động $A_1 = [\alpha]_{h\times n}$ và $A_2 = [\beta]_{h\times n}$. Khoảng cách giữa A_1 và A_2 là được định nghĩa bởi:*

$$d(A_1, A_2) = \frac{1}{h\times n}\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{h} d(\alpha_{qp}, \beta_{qp}) \tag{2.15}$$

Ở đây $d(\alpha_{qp}, \beta_{qp})$ là khoảng cách giữa hai DIVNE.

2.3 Phương pháp TOPSIS dựa trên DIVNS

Giả sử $\ddot{A} = \{A_1, A_2, ..., A_m\}$ và $\ddot{C} = \{C_1, C_2, ..., C_n\}$ và $\ddot{D} = \{D_1, D_2, ..., D_h\}$ là tập các lựa chọn, thuộc tính và người ra quyết định. Cho một người ra quyết định $D_q; q = 1, ..., h$, ước lượng các đặc trưng cho các lựa chọn $A_i; i = 1, ..., m$, trên một thuộc tính $C_j; j = 1, ..., n$ trong thời gian $\ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_k\}$ là được thể hiện bởi ma trận $R^q(\tau_l) = \left(r^q_{ij}(\ddot{\tau})\right)_{m\times n}; l = 1, 2, ..., k$. Ở đây

$$r^q_{ij}(\ddot{\tau}) = \langle x^q_{r_{ij}}, (T^q(r_{ij}, \ddot{\tau}), I^q(r_{ij}, \ddot{\tau}), F^q(r_{ij}, \ddot{\tau}))\rangle; \ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, ..., \tau_k\}$$

là các số DIVNS được ước lượng bởi người ra quyết định D_q

Mô hình ra quyết định TOPSIS dựa trên DIVNS (TOPSIS - DIVNS) được cấu thành qua các bước:

Bước 1: Tính trung bình đánh giá của những lựa chọn

Cho $x_{ijq}(\tau_l) = \left\{\left[T^L_{ijq}(x_{\tau_l}), T^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right], \left[I^L_{ijq}(x_{\tau_l}), I^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right], \left[F^L_{ijq}(x_{\tau_l}), F^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right]\right\}$ là đánh giá của các lựa chọn A_m cho các tiêu chí C_p bởi người ra ra quyết định D_q tại τ_l, ở đây: $i = 1, ..., m; j = 1, ..., n; q = 1, ..., h; l = 1, ...k$. Đánh giá trung bình
$\overline{x_{ij}} = \left\{\left[\overline{T^L_{ij}(x)}, \overline{T^U_{ij}(x)}\right], \left[\overline{I^L_{ij}(x)}, \overline{I^U_{ij}(x)}\right], \left[\overline{F^L_{ij}(x)}, \overline{F^U_{ij}(x)}\right]\right\}$ có thể được ước lượng như

$$\overline{x_{ij}} = \frac{1}{h\times k} \times \left\langle \begin{array}{c} \left\{\left[T^L_{ijq}(x_{\tau_1}), T^U_{ijq}(x_{\tau_1})\right], \left[I^L_{ijq}(x_{\tau_1}), I^U_{ijq}(x_{\tau_1})\right], \left[F^L_{ijq}(x_{\tau_1}), F^U_{ijq}(x_{\tau_1})\right]\right\} \\ + ... + \\ \left\{\left[T^L_{ijq}(x_{\tau_k}), T^U_{ijq}(x_{\tau_k})\right], \left[I^L_{ijq}(x_{\tau_k}), I^U_{ijq}(x_{\tau_k})\right], \left[F^L_{ijq}(x_{\tau_k}), F^U_{ijq}(x_{\tau_k})\right]\right\} \end{array} \right\rangle \tag{2.16}$$

ở đây

$$\overline{T_{ij}(x)} = \left[\left\langle 1 - \left\{1 - \left(1 - \sum_{q=1}^{h} T^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle, \left\langle 1 - \left\{1 - \left(1 - \sum_{q=1}^{h} T^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle\right]$$

$$\overline{I_{ij}(x)} = \left[\left(\sum_{q=1}^{h} I^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{q=1}^{h} I^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right]; \overline{F_{ij}(x)} = \left[\left(\sum_{q=1}^{h} F^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{q=1}^{h} F^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right]$$

Bước 2: Tính trung bình trọng số quan trọng

Cho $y_{jq}(\tau_l) = \left\{ \left[T_{jq}^L(y_{\tau_l}), T_{jq}^U(y_{\tau_l}) \right], \left[I_{jq}^L(y_{\tau_l}), I_{jq}^U(y_{\tau_l}) \right], \left[F_{jq}^L(y_{\tau_l}), F_{jq}^U(y_{\tau_l}) \right] \right\}$ là trọng số của D_q đánh giá cho C_j trong thời gian τ_l, ở đây $j = 1, ..., n; q = 1, ..., h; l = 1, ..., k$. Trung bình trọng số
$\overline{w_j} = \left\{ \left[\overline{T_j^L(y)}, \overline{T_j^U(y)} \right], \left[\overline{I_j^L(y)}, \overline{I_j^U(y)} \right], \left[\overline{F_j^L(y)}, \overline{F_j^U(y)} \right] \right\}$ có thể ước lượng như:

$$\overline{w_j} = \frac{1}{h \times k} \times \left\langle \begin{array}{l} \left\{ \left[T_{j1}^L(y_{\tau_1}), T_{j1}^U(y_{\tau_1}) \right], \left[I_{j1}^L(y_{\tau_1}), I_{j1}^U(y_{\tau_1}) \right], \left[F_{j1}^L(y_{\tau_1}), F_{j1}^U(y_{\tau_1}) \right] \right\} \\ + ... + \\ \left\{ \left[T_{jh}^L(y_{\tau_h}), T_{jh}^U(y_{\tau_h}) \right], \left[I_{jh}^L(y_{\tau_h}), I_{jh}^U(y_{\tau_h}) \right], \left[F_{jh}^L(y_{\tau_h}), F_{jh}^U(y_{\tau_h}) \right] \right\} \end{array} \right\rangle \tag{2.17}$$

Ở đây

$$\overline{T_j(y)} = \left[\left\langle 1 - \left\{ 1 - \sum_{l=1}^{k} \left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{jq}^L(y_{\tau_l}) \right)^{\frac{1}{h}} \right\}^{\frac{1}{k}} \right\rangle, \left\langle 1 - \left\{ 1 - \sum_{l=1}^{k} \left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{jq}^U(y_{\tau_l}) \right)^{\frac{1}{h}} \right\}^{\frac{1}{k}} \right\rangle \right]$$

$$\overline{I_j(y)} = \left[\left(\sum_{l=1}^{k} \sum_{q=1}^{h} I_{jq}^L(y_{\tau_l}) \right)^{\frac{1}{h \times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k} \sum_{q=1}^{h} I_{jq}^U(y_{\tau_l}) \right)^{\frac{1}{h \times k}} \right]; \overline{F_j(y)} = \left[\left(\sum_{l=1}^{k} \sum_{q=1}^{h} F_{jq}^L(y_{t_l}) \right)^{\frac{1}{h \times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k} \sum_{q=1}^{h} F_{jq}^U(y_{t_l}) \right)^{\frac{1}{h \times k}} \right]$$

Bước 3: Tính đánh giá trung bình có trọng số của những lựa chọn tại τ_l

$$\overline{G_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \overline{x_{ij}} * \overline{w_j}; i = 1, ..., m; j = 1, ..., n; \tag{2.18}$$

Bước 4: Xác định A^+, A^- và khoảng cách d^+, d^-

Giải pháp lý tưởng tích cực (PIS, A^+) và tiêu cực (NIS, A^-) neutrosophic khoảng được xác định

$$A^+ = \{x, [1,1], [0,0], [0,0]\}; A^- = \{x, [0,0], [1,1], [1,1]\} \tag{2.19}$$

Khoảng cách của mỗi lựa chọn $A_i, i = 1, ..., n$ từ A^+ và A^- tại τ_l được tính toán bởi

$$d_i^+ = \sqrt{\left(\overline{G_i} - A^+ \right)^2}; d_i^- = \sqrt{\left(\overline{G_i} - A^- \right)^2} \tag{2.20}$$

ở đây d^+ và d^- thể hiện khoảng cách ngắn nhất và dài nhất của A_i

Bước 5: Tính hệ số tốt nhất. Hệ số tương quan tốt nhất trong thời điểm τ_l được tính toán bởi công thức

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{2.21}$$

Bước 6: Xếp hạng những lựa chọn

2.4 Ví dụ thực nghiệm

Phương pháp đã được đề xuất được ứng dụng để đánh giá năng lực sinh viên Đại học Thương mại (Mục 1.3).

2.5 Phân tích so sánh

Trong phần này so sánh phương pháp TOPSIS-DIVNS với phương pháp ra quyết định sử dụng giá trị hàm điểm số, hàm chính xác và hàm chắc chắn trên tập neutrosophic giá trị khoảng được đề xuất bởi Ye, độ đo tương tự đề xuất bởi Peng, mô hình TOPSIS dựa trên tập neutrosophic khoảng được đề xuất bởi Chi và Liu và phương pháp ra quyết định sử dụng hệ số tương quan trên đa tập neutrosophic giá trị đơn động (DSVNM) để minh họa những lợi thế và khả năng ứng dụng của phương pháp đã đề xuất.

2.6 Kết luận chương

Trong chương này, tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS) đã được đề xuất nhằm thể hiện dữ liệu không chắc chắn, không xác định và không nhất quán theo thời gian. Tập DIVNS là khái quát hóa của tập neutrosophic giá trị khoảng. Một số lý thuyết mở rộng, tính chất và phép toán của DIVNS cũng được trình bày. Mô hình ra quyết định TOPSIS dựa trên những lý thuyết đã đề xuất đã được trình bày và mô hình này đã được ứng dụng trong việc đánh giá năng lực của sinh viên để minh họa cho những lợi thế của phương pháp đề xuất so với những phương pháp ra quyết định khác. Các kết quả của chương này đã được công bố trong công trình [NTThong1]

Chương 3: Thông tin trọng số của MCDM trong môi trường động

3.1 Thông tin trọng số không biết

3.1.1 Giới thiệu

Bài toán ra quyết định đa tiêu chí (MCDM) đã thu hút sự chú ý nhiều hơn từ các nhà nghiên cứu trong những năm gần đây. Mục đích của MCDM là đưa ra quyết định tốt nhất. Những nghiên cứu hiện tại về MCDM đang cố gắng xử lý các vấn đề còn tồn tại của bài toán ra quyết định như vấn đề dữ liệu không chắc chắn, vấn đề không biết thông tin trọng số hay vấn đề về thể dữ liệu theo thời gian. Một trong số đó là vấn đề không biết thông tin trọng số trong MCDM. Trọng số của người ra quyết định, bộ tiêu chí và thời gian có tác động trực tiếp đến kết quả của mô hình ra quyết định. Tuy nhiên, trong một số tình huống thực tế trọng số là không biết do một số lý do khác nhau như áp lực về thời gian, kiến thức, thông tin thuộc tính không đầy đủ hay thiếu thông tin từ những người ra quyết định. Để giải quyết vấn đề như vậy, một số nghiên cứu đã cố gắng phát triển những phương pháp để xử lý các vấn đề MCDM bằng nhiều loại thông tin khác nhau, như tập mờ, tập mờ giá trị khoảng, tập mờ trực cảm, tập neutrosophic, tập neutrosophic giá trị khoảng hay tập neutrosophic đơn, v.v. và các phương pháp khác nhau (ví dụ, phương pháp cực đại sai lệch, entropy, phương pháp tối ưu) trong đó thông tin về tiêu chí, người ra quyết định và thời gian là hoàn toàn không biết.

Do đó trong phần này của luận án tập trung vào giải quyết vấn đề ra quyết định đa tiêu chí trong môi trường neutrosophic động và thông tin trọng số của người ra quyết định, bộ tiêu chí, thời gian là hoàn toàn không biết hoặc không biết một phần.

3.1.2 Xác định thông tin trọng số

Xác định trọng số thời gian

Định nghĩa 3.1 *Cho một hàm đơn điệu cơ sở (BUM) $g : [0, 1] \to [0, 1]$ trọng số thời gian có thể được xác định như bên dưới*

$$\lambda(\tau_l) = g(\frac{R_l}{TV}) - g(\frac{R_{l-1}}{TV}) \tag{3.1}$$

Ở đây $R_l = \sum_{j=1}^{l} V_j$;$TV = \sum_{i=1}^{k} V_i$;$V_i = 1 + T(MD_i)$; $T(MD_i)$ biểu thị tham số lớn nhất thứ i^{th} so với tất cả các tham số khác và được tính bởi:

$$T(MD_i) = \sum_{j=1;j\neq i}^{k} Sup(MD_i, MD_j)$$

$$\begin{aligned} Sup(MD_i, MD_j) &= 1 - d(MD_i, MD_j) \\ &= 1 - \frac{1}{h \times n}\sum_{q=1}^{h}\sum_{p=1}^{n}\sqrt{\frac{1}{6}\begin{pmatrix} \left(T^L(x_{pq}^i) - T^L(x_{pq}^j)\right)^2 + \left(T^U(x_{pq}^i) - T^U(x_{pq}^j)\right)^2 \\ + \left(I^L(x_{pq}^i) - I^L(x_{pq}^j)\right)^2 + \left(I^U(x_{pq}^i) - I^U(x_{pq}^j)\right)^2 \\ + \left(F^L(x_{pq}^i) - F^L(x_{pq}^j)\right)^2 + \left(F^U(x_{pq}^i) - F^U(x_{pq}^j)\right)^2 \end{pmatrix}} \end{aligned}$$

Xác định trọng số người ra quyết định

Định nghĩa 3.2 *Cho $D_1 = [\alpha]_{m\times n}$ và $D_2 = [\beta]_{m\times n}$ là hai ma trận neutrosophic giá trị khoảng động, các sự kiện của cả hai D_1 và D_2 được thể hiện bởi DIVNS. Hệ số tương quan giữa D_1 và D_2 được định nghĩa bởi:*

$$C(D_1, D_2) = \frac{1}{m \times n}\sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m} K(\alpha_{ij}, \beta_{ij}) \tag{3.2}$$

Ở đây $K(\alpha_{ij}, \beta_{ij})$ là độ đo hệ số tương quan giữa hai DIVNS.

Định lý 3.1 *Cho hai ma trận neutrososphic giá trị khoảng động $D_1 = [\alpha]_{m\times n}$ và $D_2 = [\beta]_{m\times n}$, khi đó $C(D_1, D_2)$ thỏa mãn ba tính chất*

(i) $0 \leq C(D_1, D_2) \leq 1$

(ii) $C(D_1, D_2) = C(D_2, D_1)$

(iii) $C(D_1, D_2) = 1 \iff D_1 = D_2$

Định nghĩa 3.3 *Cho người ra quyết định D_q, trọng số của những người ra quyết định các thể được định nghĩa:*

$$\omega_q = \frac{\delta_q}{\sum_{q=1}^{h} \delta_q} \tag{3.3}$$

Ở đây δ_q có thể được tính bởi

$$\delta_q = \sum_{q'=1;q'\neq q}^{h} C(D_q, D_{q'}) \tag{3.4}$$

$C(D_q, D_{q'})$ là hệ số tương quan giữa hai người ra quyết định D_q và $D_{q'}$

Xác định trọng số tiêu chí

Định nghĩa 3.4 *Cho A_i là lựa chọn thứ i^{th} và C_j là tiêu chí thứ j^{th}, giá trị sai lệch giữa A_i và tất cả các lựa chọn khác trong môi trường neutrosophic động có thể được tính toán:*

$$O_{ij} = \sum_{k=1;k\neq i}^{m} d(n_{ij}, n_{kj})w_j \tag{3.5}$$

Ở đây, w_j là trọng số của tiêu chí thứ j^{th}. $d(n_{ij}, n_{kj})$ là khoảng cách giữa hai DIVNE

Định nghĩa 3.5 *Độ lệch giữa tất cả các lựa chọn tới những lựa chọn khác có thể được tính bởi hàm độ lệch mục tiêu như*

$$O_j(w) = \sum_{i=1}^{m} O_{ij}(w) = \sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1;k\neq i}^{m} d(n_{ij}, n_{kj})w_j \tag{3.6}$$

$$s.t. \sum_{j=1}^{n} (w_j)^2 = 1; w_j \geq 0$$

Bằng việc sử dụng độ sai lệch giữa các ước lượng, trọng số các tiêu chí có thể được tính toán và mô hình ra quyết định tối ưu được cấu thành với đề xuất việc cực đại của không gian quyết định như:

$$maxO(w) = \sum_{j=1}^{n} O_j(w) = \sum_{j=1}^{n}\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1;k\neq i}^{m} d(n_{ij}, n_{kj})w_j^* \to max \tag{3.7}$$

Ở đây $d(n_{ij}, n_{kj})$ là khoảng cách giữa hai sự kiện.

Mô hình tối ưu có thể được giải dựa trên phương pháp Lagrange. Từ các công thức ở trên, ta có trọng của các tiêu chí có thể được tính bởi:

$$w_j^* = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1;k\neq i}^{m} d(n_{ij}, n_{kj})}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n}\left[\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1;k\neq i}^{m} d(n_{ij}, n_{kj})\right]^2}} \tag{3.8}$$

3.1.3 Phương pháp TOPSIS với thông tin trọng số không biết

Bước 1: Xây dựng ma trận neutrosophic giá trị khoảng động như một vấn đề MCDM được thể hiện trong mục 1.1.1

Bước 2: Sử dụng công thức 3.1 để xác định trọng số thời gian $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_k\}$ của k khoảng thời gian với

$$g(x) = \frac{e^{\alpha x} - 1}{e^{\alpha} - 1} \tag{3.9}$$

Bước 3: Sử dụng các công thức (3.2) - (3.4) để xác định trọng số của người ra quyết định,$\omega = \{\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_n\}$.

Bước 4: Nếu thông tin trọng số là hoàn toàn không biết, chúng ta xác định trọng số các tiêu chí $w = \{w_1, w_2, \ldots, w_n\}$ của n tiêu chí bởi công thức 3.8, trường hợp ngược lại chuyển qua bước 5.

Bước 5: Giả sử $W = [\psi]_{j\times q}; j = \{1, 2, \ldots, n\}; q = 1, 2, \ldots, h; l = 1, 2, \ldots, k$ là ma trận neutrosophic giá trị khoảng động của trọng số của các tiêu chí. $\psi_{jq}(\tau_l)$ là trọng số của người ra quyết định thứ q^{th} tới tiêu chí thứ j^{th} trong thời gian τ_l. Trọng số của các tiêu chí $w = (w_1, w_2, \ldots, w_n)^T$ có thể được tính bởi công thức:

$$w_j = \left\langle \begin{array}{c} \left[\left\langle 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k}\left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{jq}^L(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle, \left\langle 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k}\left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{pq}^U(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} I_{pq}^L(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} I_{pq}^U(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right], \left[\left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} F_{pq}^L(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} F_{pq}^U(\psi_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right] \end{array} \right\rangle \tag{3.10}$$

Bước 6: Trung bình đánh giá của lựa chọn i^{th} và tiêu chí j^{th} có thể được ước lượng như sau:

$$x_{ij} = \frac{1}{h\times k} \times \left\langle \begin{array}{c} \left[\left\langle 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k}\left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{ijq}^L(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle, \left\langle 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k}\left(1 - \sum_{q=1}^{h} T_{ijq}^U(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h}}\right\}^{\frac{1}{k}}\right\rangle\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} I_{ijq}^L(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} I_{ijq}^U(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right], \left[\left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} F_{ijq}^L(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}, \left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{q=1}^{h} F_{ijq}^U(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h\times k}}\right] \end{array} \right\rangle \tag{3.11}$$

Bước 7: Ước lượng trung bình đánh giá có trọng số của những lựa chọn

Trường hợp 1: Nếu biết thông tin trọng số của các tiêu chí thì đánh giá trung bình trọng số của những lựa chọn tại τ_l, có thể được tính bởi:

$$G_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\left\langle \begin{array}{l} \left[T_{ij}^L(x)\times T_j^L(w), T_{ij}^U(x)\times T_j^U(w)\right], \\ \left[I_{ij}^L(x)+I_j^L(w)-I_{ij}^L(x)\times I_j^L(w), I_{ij}^U(x)+I_j^U(w)-I_{ij}^U(x)\times I_j^U(w)\right], \\ \left[F_{ij}^L(x)+F_j^L(w)-F_{ij}^L(x)\times F_j^L(w), F_{ij}^U(x)+F_j^U(w)-F_{ij}^U(x)\times F_j^U(w)\right] \end{array}\right\rangle\right) \tag{3.12}$$

$i = 1, 2, \ldots, m$; $j = 1, 2, \ldots, n$

Trường hợp 2: Nếu thông tin trọng số là không biết thì đánh giá trung bình trọng số của những lựa chọn tại τ_l, có thể được tính toán bởi:

$$G_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}\left(\left\langle \begin{array}{l} \left[1-\left(1-T_{ij}^L(x)\right)^{w_j}, 1-\left(1-T_{ij}^U(x)\right)^{w_j}\right], \\ \left[\left(I_{ij}^L(x)\right)^{w_j}, \left(I_{ij}^U(x)\right)^{w_j}\right], \left[\left(F_{ij}^L(x)\right)^{w_j}, \left(F_{ij}^U(x)\right)^{w_j}\right] \end{array}\right\rangle\right) \tag{3.13}$$

$i = 1, 2, \ldots, m$; $j = 1, 2, \ldots, n$

Bước 8: Xác định giải pháp lý trưởng tích cực neutrosophic (PIS, A^+) và giải pháp lý tưởng tiêu cực neutrosophic (NIS, A^-)

$$A^+ = \{x, ([1, 1], [0, 0], [0, 0])\}\,; A^- = \{x, ([0, 0], [1, 1], [1, 1])\} \tag{3.14}$$

Bước 9: Tính toán khoảng cách của các lựa chọn tại t_l tới (PIS, A^+) và (NIS, A^-)

$$d_i^+ = \sqrt{(G_i - A^+)^2}; d_i^- = \sqrt{(G_i - A^-)^2} \tag{3.15}$$

Bước 10: Xác định giá hệ số tương quan của những lựa chọn

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{3.16}$$

Bước 11: Xếp hạng những lựa chọn dựa trên các giá trị của hệ số tương quan.

3.1.4 Thực nghiệm

Trong phần này ứng dụng phương pháp đã đề xuất với bộ dữ liệu được miêu tả trong mục 1.3 để đánh giá năng lực của sinh viên.

3.1.5 Phân tích so sánh

Trong phần này trình bày việc phân tích so sánh phương pháp ra quyết định đa tiêu chí với thông tin trọng số không biết và phương pháp ra quyết định biết thông tin trọng số trong chương 2.

3.2 Tương quan giữa các tiêu chí

3.2.1 Giới thiệu

Hạn chế của những phép toán trung bình dựa trên độ đo cho một bộ tiêu chí là không xử lý tác động của những thuộc tính độc lập trong bộ tiêu chí. Thực tế này dẫn đến các phép toán trung bình gần đúng sử dụng phép đo mờ để xử lý sự phụ thuộc giữa những tiêu chí. Phép toán trung bình dựa trên tích phân Choquet đã được ứng dụng trong nhiều mô hình ra quyết định đa tiêu chí và nó đã cải thiện điểm yếu của phương pháp tổng trọng số đơn giản. Cho ví dụ, nếu chúng ta cân nhắc một tập bốn lựa chọn $\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$, mỗi lựa chọn x_i được ước lượng qua ba tiêu chí:

$x_1 = (18, 10, 10)$, $x_2 = (10, 18, 10)$, $x_3 = (10, 10, 18)$, $x_4 = (14, 11, 12)$. Lựa chọn x_4 là không được lựa chọn với phép toán trung bình trọng số, tuy nhiên lựa chọn này là lựa chọn cân bằng nhất và nó có thể là lựa chọn tốt nhất. Thiếu sót này đã được khắc phục bằng cách định nghĩa một phép toán trung bình mở rộng sử dụng tích phân Choquet qua độ đo mờ.

Trong phần này của luận án trình bàyp phép toán trung bình mở rộng với tên phép toán trung bình có sắp thứ tự Choquet Neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNCOA) và phép toán trung bình nhân có sắp thứ tự Choquet Neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNCOG) được đề xuất như một giải pháp của vấn đề thể hiện quan hệ nội tại của những tiêu chí trong môi trường neutrosophic động. Một chiến lược ra quyết định dựa trên phép toán đề xuất cũng cũng được phát triển và ứng dụng để đánh giá năng lực của sinh viên.

3.2.2 Phép toán trung bình Choquet giá trị khoảng động

Định nghĩa 3.6 *Cho $\widetilde{n}_i (i = 1, 2, \ldots, v)$ là tập hợp của DIVNE, $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_v\}$ là một tập các thuộc tính và μ là một độ đo mờ trên X, phép toán DIVNCOA và DIVNCOG là được định nghĩa như:*

$$DIVNCOA_{\mu,\lambda} = \{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} = \left(\oplus_{i=1}^{v} \left(\mu\Big(G_{\xi(i)}\Big) - \mu\Big(G_{\xi(i-1)}\Big) \right) \widetilde{n}_{\xi(i)}^{\lambda} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \tag{3.17}$$

$$DIVNCOG_{\mu,\lambda} = \{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} = \left(\otimes_{i=1}^{v} \left(\mu\Big(G_{\xi(i)}\Big) - \mu\Big(G_{\xi(i-1)}\Big) \right) \widetilde{n}_{\xi(i)}^{\lambda} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \tag{3.18}$$

Ở đây $\lambda > 0$, $\mu_{\xi(i)} = \mu\Big(G_{\xi(i)}\Big) - \mu\Big(G_{\xi(i-1)}\Big)$ và $\xi(1), \xi(2), \ldots, \xi(i), \ldots, \xi(v)$ là một hoán vị của $i = 1, 2, \ldots, v$ sao cho $g(x_{\xi(1)}) \leq g(x_{\xi(2)}) \leq, \ldots, \leq g(x_{\xi(i)} \leq, \ldots, \leq g(x_{\xi(v)}$, $G_{\xi(0)} = \varnothing$ và $G_{\xi(i)} = \{x_{\xi(1)}, x_{\xi(2)}, \ldots, x_{\xi(i)}\}$.

$\otimes$, $\oplus$ tương ứng là T-norm và T-conorm.

$\oplus_{i=1}^{v}$, $\otimes_{i=1}^{v}$ tương ứng là tổng theo T-norm và T-conorm với $i = \{1, 2, \ldots, v\}$.

Định lý 3.2 *Cho $\widetilde{n}_i (i = 1, 2, \ldots, v)$ là một tập hợp của các DIVNE, giá trị trung bình có được bởi phép toán DIVNCOA, DIVNCOG cũng là một DIVNE và*

$$\begin{aligned} DIVNCOA_{\mu,\lambda} &= \left(\oplus_{1}^{v} \left(\mu\Big(G_{\xi(i)}\Big) - \mu\Big(G_{\xi(i-1)}\Big) \right) \widetilde{n}_{\xi(i)}^{\lambda} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \left[\left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (T_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (T_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \right], \\ \left[\begin{array}{l} 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - I_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, \\ 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - I_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \end{array} \right], \left[\begin{array}{l} 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - F_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, \\ 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - F_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \end{array} \right] \end{array} \right\} \end{aligned} \tag{3.19}$$

$$\begin{aligned} DIVNCOG_{\mu,\lambda} &= \left(\otimes_{1}^{v} \left(\mu\Big(G_{\xi(i)}\Big) - \mu\Big(G_{\xi(i-1)}\Big) \right) \widetilde{n}_{\xi(i)}^{\lambda} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \left[1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - T_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, 1 - \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (1 - T_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \right], \\ \left[\left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (I_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (I_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \right], \\ \left[\left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (F_{\xi(i)}^{L}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}}, \left(1 - \prod_{i=1}^{v} \Big(1 - (F_{\xi(i)}^{U}(\ddot{\tau}))^{\lambda} \Big)^{\mu_{\xi(i)}} \right)^{\frac{1}{\lambda}} \right] \end{array} \right\} \end{aligned} \tag{3.20}$$

Định lý 3.3 *Phép toán DIVNCOA và DIVNCOG thỏa mãn các tính chất sau, sử dụng phép DIVNCOA như ví dụ đại diện cho cả hai phép toán DIVNCOA và DIVNCOG:*

1. (Tính lũy đẳng) Cho $\widetilde{n}_i = \widetilde{n}(\forall i = 1, 2, \ldots, v)$ và
$\widetilde{n} = \left\{ \left[T^L(\ddot{\tau}), T^U(\ddot{\tau}) \right], \left[I^L(\ddot{\tau}), I^U(\ddot{\tau}) \right], \left[F^L(\ddot{\tau}), F^U(\ddot{\tau}) \right] \right\}$ thì

$$DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} = \left\{ \left[T^L(\ddot{\tau}), T^U(\ddot{\tau}) \right], \left[I^L(\ddot{\tau}), I^U(\ddot{\tau}) \right], \left[F^L(\ddot{\tau}), F^U(\ddot{\tau}) \right] \right\}$$

2. (Tính bị chặn) Cho
$\widetilde{n}^- = \left\{ \left[T^{L^-}(\ddot{\tau}), T^{U^-}(\ddot{\tau}) \right], \left[I^{L^+}(\ddot{\tau}), I^{U^+}(\ddot{\tau}) \right], \left[F^{L^+}(\ddot{\tau}), F^{U^+}(\ddot{\tau}) \right] \right\}$;
$\widetilde{n}^+ = \left\{ \left[T^{L^+}(\ddot{\tau}), T^{U^+}(\ddot{\tau}) \right], \left[I^{L^-}(\ddot{\tau}), I^{U^-}(\ddot{\tau}) \right], \left[F^{L^-}(\ddot{\tau}), F^{U^-}(\ddot{\tau}) \right] \right\}$ thì

$$\widetilde{n}^- \leq DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} \leq \widetilde{n}^+$$

3. (Tính giao hoán) Nếu $\{\widetilde{\widetilde{n}}_1, \widetilde{\widetilde{n}}_2, \ldots, \widetilde{\widetilde{n}}_v\}$ là hoán vị của $\{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\}$ thì

$$DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} = DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{\widetilde{n}}_1, \widetilde{\widetilde{n}}_2, \ldots, \widetilde{\widetilde{n}}_v\}$$

4. (Tính đơn điệu) Nếu $\widetilde{n}_i \leq \widetilde{\widetilde{n}}_i$ for $\forall i \in \{1, 2, \ldots, v\}$, thì

$$DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{n}_1, \widetilde{n}_2, \ldots, \widetilde{n}_v\} \leq DIVNCOA_{\mu,\lambda}\{\widetilde{\widetilde{n}}_1, \widetilde{\widetilde{n}}_2, \ldots, \widetilde{\widetilde{n}}_v\}$$

3.2.3 Mô hình ra quyết định

Giả sử $\ddot{A} = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\}$, $\ddot{C} = \{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$ và $\ddot{D} = \{D_1, D_2, \ldots, D_h\}$ là tập các lựa chọn, thuộc tính, và người ra quyết định.Cho một người ra quyết định $D_q; q = 1, 2, \ldots, h$ ước lượng các đặc điểm của một lựa chọn $A_i; i = 1, 2, \ldots, v$, trên một thuộc tính $C_j; j = 1, 2, \ldots, n$, trong thời gian $\ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_k\}$ là được thể hiện bởi ma trận quyết định $R^q(\tau_l) = \left(r_{ij}^q(\ddot{\tau}) \right)_{m \times n}$; $l = 1, 2, \ldots, k$. Ở đây,

$$r_{ij}^q(\ddot{\tau}) = \left\langle x_{r_{ij}}^q(\ddot{\tau}), \Big(T^q(r_{ij}, \ddot{\tau}), I^q(r_{ij}, \ddot{\tau}), F^q(r_{ij}, \ddot{\tau}) \Big) \right\rangle; \ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_k\}$$

được tạo bởi DIVNS và ước lượng bởi người ra quyết định D_q. Chiến lược ra quyết định trong môi trường động được trình bày qua các bước dưới đây.

Bước 1. Sắp xếp lại ma trận quyết định. Đối với các thuộc tính $\ddot{C} = \{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$, sắp xếp lại DIVNE r_{ij}^q của $\ddot{A} = \{A_1, A_2, \ldots, A_m\}$ được đánh giá bởi người ra quyết định $\ddot{D} = \{D_1, D_2, \ldots, D_h\}$ từ nhỏ nhất đến lớn nhất, theo giá trị hàm điểm số của chúng được tính toán bởi công thức 3.21

$$score(\widetilde{n}) = \frac{1}{h} \times \frac{1}{k} \sum_{r}^{h} \omega_r \times \sum_{l=1}^{k} w_l \times \left(\left(\frac{T^L(\tau_l) + T^U(\tau_l)}{2} + \left(1 - \frac{I^L(\tau_l) + I^U(\tau_l)}{2}\right) + \left(1 - \frac{F^L(\tau_l) + F^U(\tau_l)}{2}\right) \right) \Big/ 3 \right) \quad (3.21)$$

Sắp xếp lại cho $A_i; i = 1, \ldots, m$, là $\big(\xi(1), \xi(2), \ldots, \xi(m)\big)$;

Bước 2. Tính toán độ đo mờ của n thuộc tính. Sử dụng công thức độ đo mờ được định nghĩa trong chương 1, mục 1.2.3 để tính toán độ đo mờ của $\ddot{C}$, ở đây tương tác giữa tất cả các thuộc tính là được xem xét.

Bước 3. Tính toán thông tin quyết định tổng hợp bởi phép toán DIVNCOA hoặc DIVNCOG và giá trị điểm số của những lựa chọn

Giá trị tổng hợp DIVNE của $A_i; i = 1, \ldots, m$, được tính toán theo công thức 3.19 hoặc 3.20 với việc cân nhắc tất cả những tiêu chí $\ddot{C} = \{C_1, C_2, \ldots, C_n\}$ như đã được chứng minh trong định lý 3.2. Giá trị trung bình có được bởi phép toán DIVNCOA, DIVNCOG cũng là DIVNE và giá trị điểm số cho các lựa chọn được tính bởi 3.21

Bước 4. Xếp hạng tất cả các lựa chọn theo thứ tự

Xếp hạng tất cả các lựa chọn dựa trên giá trị hàm điểm số của $A_i; i = 1, \ldots, m$, được miêu tả trong công thức 3.21.

3.2.4 Ví dụ thực nghiệm

Trong phần sẽ ứng dụng phương pháp đề xuất để đánh giá năng lực sinh viên. Bộ dữ liệu thực nghiệm được miêu tả trong Mục 1.3.

3.2.5 Phân tích so sánh

Trong phần này phân tích so sánh phương pháp đề xuất cho MCDM với sự tương quan nội tại giữa các tiêu chí và phương pháp ra quyết định không biết thông tin trọng số và biết thông tin trọng số trong chương 2 và chương 3, mục 3.1.

3.3 Kết luận chương

Trong chương này, luận án đã trình bày cách tiếp cận giải quyết hai vấn đề trong MCDM.

Thứ nhất, đề xuất các tiếp cận mới để giải quyết vấn đề MCDM trong môi trường neutrosophic động trong đó tất cả những thông tin được cung cấp bởi người ra quyết định là được thể hiển bởi DIVNS và thông tin về trọng số của tiêu chí, người ra quyết định và thời gian có thể là không biết. Một số khái niệm mở rộng của tập DIVNS được định nghĩ để giải quyết vấn đề không biết thông tin trọng số. Tiếp theo, phương pháp TOPSIS mở rộng cũng được phát triển dựa trên những lý thuyết đề xuất để giải quyết vấn đề không biết thông tin trọng số trong môi trường neutrosophic động. Tính hiệu quả của phương pháp đã đề xuất đã được chứng minh bởi việc áp dụng mô hình đã đề xuất để đánh giá năng lực của sinh viên.

Thứ hai, trình bày hai phép toán mở rộng trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động. Hai phép toán đó là phép toán trung bình có sắp thứ tự Choquet neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNCOA) và phép toán trung bình nhân có sắp thứ tự Choquet neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNCOG). Trong đó, hai phép toán được đề xuất đã quan tâm đến sự phụ thuộc lẫn nhau giữa các tiêu chí. Hơn nữa, một chiến lực ra quyết định dựa trên những lý thuyết đã được đề xuất và được kiểm chứng qua ứng dụng đánh giá năng lực của sinh viên.

Chương 4: Mô hình ra quyết định động trong môi trường neutrosophic động

4.1 Giới thiệu

Trong một vài trường hợp, bộ tiêu chí, lựa chọn và người ra quyết định thay đổi theo thời gian. Thực tế này đòi hỏi một phương pháp mở rộng cho DMCDM sử dụng phương pháp TOPSIS trong tập neutrosophic giá trị khoảng với dữ liệu lịch sử. Phương pháp ra quyết định trong chương 2, chương 3 vẫn chưa quan tâm đến vấn đề thay đổi bộ tiêu chí, tập lựa chọn, người ra quyết định và dữ liệu lịch sử. Liu và cộng sự đã kết hợp lý thuyết của tập neutrosophic giá trị khoảng và tập mờ do dự để giải quyết vấn đề MCDM. Tuy nhiên, nghiên cứu này không sử dụng phương pháp TOPSIS và cũng không cân nhắc thay đổi của tiêu chí. Để đưa dữ liệu lịch sử vào mô hình ra quyết định, Je đã đề xuất hai phép toán trọng số nhãn ngôn ngữ neutrosophic khoảng do dự để phân hạng những lựa chọn trong môi trường động. Tóm lại, mô hình DMCDM sử dụng DINVS dựa trên phương pháp TOPSIS đã chưa được quan tâm trước đây.

Mục đích trong chương này là để giải quyết sự thay đổi của bộ tiêu chí, tập lựa chọn, người ra quyết định theo thời gian và dữ liệu lịch sử. Trong chương này đề xuất tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNS) và một số phép toán. Dựa trên các phép toán số học của GDIVNS (khoảng cách và các phép toán trung bình có trọng số), một mở rộng của phương pháp TOPSIS tên là phương pháp TOPSIS động được đề xuất. Phương pháp đề xuất được ứng dụng cho phân hạng sinh viên của Đại học Thương mại, Việt Nam trên các tiêu chí của mô hình ASK.

4.2 Tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát

Định nghĩa 4.1 *Cho U là không gian không rỗng. Một tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNS) trong U có thể được thể hiện bởi:*

$$\widetilde{E} = \left\{ \langle x, \widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r)) \rangle | x \in U; \forall t_r \in t \right\} \tag{4.1}$$

Ở đây $\widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r))$ là thể hiện việc tích hợp HFS tới DIVNS. $\widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r))$ là một tập của DIVNS tại thời điểm t_r và $\ddot{t} = \{t_1, t_2, \ldots, t_s\}$, trong đó biểu thị các tập DIVNS có thể của các sự kiện $x \in X$ tới tập $\widetilde{E}$, $\widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r))$ có thể được thể hiện bởi một sự kiện neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát. Khi $s = 1$ và $\left| \widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r)) \right| = 1$, GDIVNS trở thành DIVNS. Để đơn giản hóa, trong luận án ký hiệu $\widetilde{h} = \widetilde{h}_{\widetilde{E}}(x(t_r)) = \left\{ \gamma | \gamma \in \widetilde{h} \right\}$, ở đây

$$\gamma = \left(\left[T^L(x(\ddot{\tau})), T^U(x(\ddot{\tau})) \right], \left[I^L(x(\ddot{\tau})), I^U(x(\ddot{\tau})) \right], \left[F^L(x(\ddot{\tau})), F^U(x(\ddot{\tau})) \right] \right)$$

Định nghĩa 4.2 *Cho $\widetilde{h}$, $\widetilde{h_1}$ và $\widetilde{h_2}$ là ba GDIVNE. Khi $\lambda > 0$, các phép toán của GDIVNE có thể được định nghĩa*

(i) Phép cộng

$$\widetilde{h_1} \oplus \widetilde{h_2} = \bigcup_{\forall \gamma_1 \in \widetilde{h_1}; \forall \gamma_2 \in \widetilde{h_2}} \{\gamma_1 \oplus \gamma_2\} = \left\{ \left\langle \begin{array}{l} \left[\begin{array}{l} T^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + T^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - T^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times T^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), \\ T^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + T^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - T^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times T^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \end{array} \right], \\ \left[I^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times I^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), I^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times I^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \right], \\ \left[F^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times F^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), F^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times F^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \right] \end{array} \right\rangle \right\}$$

(ii) Phép nhân

$$\widetilde{h_1} \otimes \widetilde{h_2} = \bigcup_{\forall \gamma_1 \in \widetilde{h_1}; \forall \gamma_2 \in \widetilde{h_2}} \{\gamma_1 \otimes \gamma_2\} = \left\{ \left\langle \begin{array}{l} \left[T^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times T^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), T^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times T^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \right], \\ \left[\begin{array}{l} I^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + I^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - I^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times I^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), \\ I^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + I^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - I^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times I^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \end{array} \right], \\ \left[\begin{array}{l} F^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + F^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - F^L_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times F^L_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})), \\ F^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) + F^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) - F^U_{\gamma_1}(x(\ddot{\tau})) \times F^U_{\gamma_2}(x(\ddot{\tau})) \end{array} \right] \end{array} \right\rangle \right\}$$

(iii) Nhân vô hướng

$$\lambda \widetilde{h} = \bigcup_{\forall \gamma \in \widetilde{h}} \{\lambda \widetilde{\gamma}\} = \bigcup_{\forall \gamma \in \widetilde{h}} \left\{ \left\langle \begin{array}{l} \left[1 - \left(1 - T^L(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda, 1 - \left(1 - T^U(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda \right] \\ \left[\left(I^L(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda, \left(I^U(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda \right], \left[\left(F^L(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda, \left(F^U(x(\ddot{\tau}))\right)^\lambda \right] \end{array} \right\rangle \right\}$$

(iv) Lũy thừa

$$\widetilde{h}^{\lambda} = \bigcup_{\forall\gamma\in\widetilde{h}} \{\widetilde{\gamma}^{\lambda}\} = \bigcup_{\forall\gamma\in\widetilde{h}} \left\{ \left\langle \begin{array}{l} \left[\left(T^{L}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}, \left(T^{U}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}\right], \left[1-\left(1-I^{L}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}, 1-\left(1-I^{U}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}\right], \\ \left[1-\left(1-F^{L}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}, 1-\left(1-F^{U}(x(\ddot{\tau}))\right)^{\lambda}\right] \end{array} \right\rangle \right\}$$

Định nghĩa 4.3 *Cho $\widetilde{h}$ là một GDIVNE. Hơn nữa, hàm điểm số của của GDIVNE $\widetilde{h}$ là được định nghĩa bởi*

$$S(\widetilde{h}) = \frac{1}{3} \times \frac{1}{\#\widetilde{h}} \times \frac{1}{k} \sum_{\forall\gamma\in\widetilde{h}} \sum_{l=1}^{k} \left(\frac{T^{L}(\tau_l) + T^{U}(\tau_l)}{2} + \left(1 - \frac{I^{L}(\tau_l) + I^{U}(\tau_l)}{2}\right) + \left(1 - \frac{F^{L}(\tau_l) + F^{U}(\tau_l)}{2}\right)\right) \tag{4.2}$$

Ở đây $\ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_k\}$, và $\#\widetilde{h}$ là số lượng các sự kiện trong $\widetilde{h}$ và $S(\widetilde{h}) \in [0,1]$. Nếu $S(\widetilde{h}_1) \geq S(\widetilde{h}_2)$ thì $\widetilde{h}_1 \geq \widetilde{h}_2$

Định nghĩa 4.4 *Cho $\widetilde{h}_j (j = 1, 2, \ldots, n)$ là tập hợp của GDIVNE. phép toán trung bình trọng số neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNWA) được định nghĩa,*

$$GDIVNWA(\widetilde{h}_1, \widetilde{h}_2, \ldots, \widetilde{h}_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j \widetilde{h}_j$$

$$= \bigcup_{\gamma_1\in\widetilde{h}_1, \gamma_2\in\widetilde{h}_2, \ldots, \gamma_n\in\widetilde{h}_n} \left\{ \left(\begin{array}{l} \left[1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - T^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - T^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right], \\ \left[\prod_{j=1}^{n} \left(I^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, \prod_{j=1}^{n} \left(I^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right], \left[\prod_{j=1}^{n} \left(F^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, \prod_{j=1}^{n} \left(F^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right] \end{array} \right) \right\} \tag{4.3}$$

Định nghĩa 4.5 *Cho $\widetilde{h}_j (j = 1, 2, \ldots, n)$ là một tập hợp GDIVNE. Phép toán trung bình nhân có trọng số neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNWG) được định nghĩa*

$$GDIVNWG(\widetilde{h}_1, \widetilde{h}_2, \ldots, \widetilde{h}_n) = \prod_{j=1}^{n} \widetilde{h}_j^{\,w_j}$$

$$= \bigcup_{\gamma_1\in\widetilde{h}_1; \ldots; \gamma_n\in\widetilde{h}_n} \left\{ \left(\begin{array}{l} \left[\prod_{j=1}^{n} \left(T^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, \prod_{j=1}^{n} \left(T^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right], \left[1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - I^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - I^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right], \\ \left[1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - F^{L}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}, 1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - F^{U}_{\gamma_j}(\ddot{\tau})\right)^{w_j}\right] \end{array} \right) \right\} \tag{4.4}$$

Định nghĩa 4.6 *Cho $\lambda > 0$ và $\widetilde{h}_j (j = 1, 2, \ldots, n)$ là tập hợp GDIVNE. phép toán trung bình trọng số lai ghép neustrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNHWA) được định nghĩa:*

$$GDIVNHWA(\widetilde{h}_1, \widetilde{h}_2, \ldots, \widetilde{h}_n) = \left(\sum_{j=1}^{n} w_j \widetilde{h}_j^{\lambda}\right)^{\frac{1}{\lambda}}$$

$$= \bigcup_{\gamma_1\in\widetilde{h}_1; \gamma_2\in\widetilde{h}_2; \ldots \gamma_n\in\widetilde{h}_n} \left\{ \left(\begin{array}{l} \left[\left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(T^{L}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}, \left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(T^{U}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}\right], \\ \left[1 - \left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(1 - I^{L}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}, 1 - \left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(1 - I^{U}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}\right], \\ \left[1 - \left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(1 - F^{L}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}, 1 - \left(1 - \prod_{j=1}^{n} \left(1 - \left(1 - F^{U}_{\gamma_j}(\tau)\right)^{\lambda}\right)^{w_j}\right)^{\frac{1}{\lambda}}\right] \end{array} \right) \right\} \tag{4.5}$$

Định lý 4.1 *Cho $\widetilde{h}_j (j = 1, 2, \ldots, n)$ là tập hợp GDIVNE. kết quả trung bình của phép toán GDIVNWA, GDIVNWG, GDIVNHWA cũng là GDIVNE.*

4.3 Phương pháp ra quyết định TOPSIS động

Cho các thời điểm $\ddot{t} = \{t_1, t_2, \ldots, t_s\}$, giả sử $\widetilde{A}(t_r) = \{A_1, A_2, \ldots, A_{m_r}\}$ và $\widetilde{C}(t_r) = \{C_1, C_2, \ldots, C_{n_r}\}$ và $\widetilde{D}(t_r) = \{D_1, D_2, \ldots, D_{h_r}\}$. Cho một người ra quyết định $D_q; q = 1, 2, \ldots, h_r$, đánh giá cho một lựa chọn $A_i; i = 1, 2, \ldots, m_r$, trên một tiêu chí $C_j; j = 1, 2, \ldots, n_r$, trong khoảng thời gian $\ddot{\tau} = \{\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_{k_r}\}$ là được thể hiện bởi ma trận neutrosophic $\Re(t_r) = \left(\xi^q_{mp}(\tau)\right)_{v_r \times n_r}$. Ở đây,

$$\xi^q_{ij}(\ddot{\tau}) = \left\{x^q_{\xi_{ij}(\ddot{\tau})}, \langle T^q(d_{ij}, \ddot{\tau}), I^q(d_{ij}, \ddot{\tau}), F^q(d_{ij}, \ddot{\tau})\rangle\right\}$$

được ước lượng bởi người ta quyết định D_q bằng những GDIVNS.

Phương pháp ra quyết định TOPSIS động được cấu thành qua các bước sau:

Bước 1: Tính toán đánh giá trung bình tại thời điểm r^{th}

Cho $x_{ijq}(\tau_l) = \left\langle \left[T^L_{ijq}(x_{\tau_l}), T^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right], \left[I^L_{ijq}(x_{\tau_l}), I^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right], \left[F^L_{ijq}(x_{\tau_l}), F^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right]\right\rangle$ là đánh giá của lựa chọn A_i cho tiêu chí C_j bởi người ra quyết định D_q trong thời gian τ_l. Ở đây $i = 1, 2, \ldots, m_r$; $j = 1, 2, \ldots, n_r$; $q = 1, 2, \ldots, h_r$; $l = 1, 2, \ldots, k_r$. Trung bình đánh giá có thể được ước lượng như:

$$\overline{x_{ij}} = \frac{1}{h_r \times k_r} \times \left\langle \begin{array}{l} \left[1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k_r}\left(1 - \sum_{q=1}^{h_r} T^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r}}\right\}^{\frac{1}{k_r}}, 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k_r}\left(1 - \sum_{q=1}^{h_r} T^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r}}\right\}^{\frac{1}{k_r}}\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} I^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}, \left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} I^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} F^L_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}, \left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} F^U_{ijq}(x_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}\right] \end{array} \right\rangle \tag{4.6}$$

Bước 2: Tính toán trung bình trọng số quan trọng tại r^{th}

Cho $y_{jq}(\tau_l) = \left\langle \left[T^L_{jq}(y_{\tau_l}), T^U_{jq}(y_{\tau_l})\right], \left[I^L_{jq}(y_{\tau_l}), I^U_{jq}(y_{\tau_l})\right], \left[F^L_{jq}(y_{\tau_l}), F^U_{jq}(y_{\tau_l})\right]\right\rangle$ là trọng số của D_q cho tiêu chí C_j trong thời gian τ_l. Ở đây $j = 1, 2, \ldots, n_r$; $q = 1, 2, \ldots, h_r$; $l = 1, 2, \ldots, k_r$. Trung bình trọng số có thể được ước lượng

$$\overline{w_j} = \frac{1}{h_r \times k_r} \times \left\langle \begin{array}{l} \left[1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k_r}\left(1 - \sum_{q=1}^{h_r} T^L_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r}}\right\}^{\frac{1}{k_r}}, 1 - \left\{1 - \sum_{l=1}^{k_r}\left(1 - \sum_{q=1}^{h_r} T^U_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r}}\right\}^{\frac{1}{k_r}}\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} I^L_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}, \left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} I^U_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}\right], \\ \left[\left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} F^L_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}, \left(\sum_{l=1}^{k_r}\sum_{q=1}^{h_r} F^U_{jq}(y_{\tau_l})\right)^{\frac{1}{h_r \times k_r}}\right] \end{array} \right\rangle \tag{4.7}$$

Bước 3: Ước lượng đánh giá trung bình của những lựa chọn với dữ liệu lịch sử

Sử dụng công thức 4.8 để ước lượng đánh giá trung bình. $\widetilde{A}(t^*_r) = \{A_1, A_2, \ldots, A_{m_r}\} \cup \widetilde{A}(t_{r-1})$

$$\overline{x^*_{ij}} = \begin{cases} \overline{x^r_{ij}} \quad \textit{nếu} & \left[\begin{array}{l} A_i \in \widetilde{A}(t_r)\backslash\widetilde{A}(t_{r-1}); C_j \in \widetilde{C}(t_r)\backslash\widetilde{C}(t_{r-1}) \\ A_i \in \widetilde{A}(t_{r-1})\backslash\widetilde{A}(t_r); C_j \in \widetilde{C}(t_r)\backslash\widetilde{C}(t_{r-1}) \\ A_i \in \widetilde{A}(t_r)\backslash\widetilde{A}(t_{r-1}); C_j \in \widetilde{C}(t_{r-1})\backslash\widetilde{C}(t_r) \end{array}\right. \\ \overline{x^r_{ij}} \oplus \overline{x^{r-1}_{ij}} \quad \textit{nếu} \quad A_i \in \widetilde{A}(t_r) \cap \widetilde{A}(t_{r-1}); C_j \in \widetilde{C}(t_r) \cap \widetilde{C}(t_{r-1}) \\ \overline{x^{r-1}_{ij}} \quad \textit{nếu} \quad A_i \in \widetilde{A}(t_{r-1})\backslash\widetilde{A}(t_r); C_j \in \widetilde{C}(t_{r-1})\backslash(\widetilde{t_r}) \end{cases} \tag{4.8}$$

Bước 4: Ước lượng trung bình trọng số quan trọng của tiêu chí với dữ liệu lịch sử

$$\overline{w_j^*} = \begin{cases} \overline{w_j^r} \quad \textit{nếu} \quad C_j \in \widetilde{C}(t_r) \backslash \widetilde{C}(t_{r-1}) \\ \overline{w_j^r} \oplus \overline{w_j^{r-1}} \quad \textit{nếu} \quad C_j \in \widetilde{C}(t_r) \cap \widetilde{C}(t_{r-1}) \\ \overline{w_j^{r-1}} \quad \textit{nếu} \quad C_j \in \widetilde{C}(t_{r-1}) \backslash \widetilde{C}(t_r) \end{cases} \tag{4.9}$$

Bước 5: Tính toán trung bình đánh giá có trọng số tại r^{th}.

$$\Theta_i = \frac{1}{n_r^*} \sum_{j=1}^{n_r^*} \overline{x_{ij}^*} * \overline{w_j^*}; i = 1, 2, \ldots, m_r^*; j = 1, 2, \ldots, n_r^* \tag{4.10}$$

Bước 6: Xác định A_r^+, A_r^- và d_r^+, d_r^- tại r^{th}. Giải pháp lý tưởng tích cực neutrosophic giá trị khoảng (PIS, A_r^+) và giải pháp lý tưởng tiêu cực neutrosophic gá trị khoảng (NIS, A_r^-):

$$A_r^+ = \left\{ x, \left(\langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle_1, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle_2, \ldots, \langle [1,1], [0,0], [0,0] \rangle_{n_r^*} \right) \right\} \tag{4.11}$$

$$A_r^- = \left\{ x, \left(\langle [0,0], [1,1], [1,1] \rangle_1, \langle [0,0], [1,1], [1,1] \rangle_2, \ldots, \langle [0,0], [1,1], [1,1] \rangle_{n_r^*} \right) \right\} \tag{4.12}$$

Khoảng cách của mỗi lựa chọn A_m,$m = 1, 2, \ldots, n_r^*$ từ A_r^+ và A_r^- tại t_r, được tính toán như

$$d_i^+ = \sqrt{\left(\Theta_i - A_r^+\right)^2}; d_i^- = \sqrt{\left(\Theta_i - A_r^-\right)^2} \tag{4.13}$$

ở đây d_m^+ và d_m^- thể hiện khoảng cách ngăn nhất và dài nhất của A_m

Bước 7: Xác định hệ số tương quan. Hệ số tương quan tại t_r, được tính toán trong công thức 4.14,

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \tag{4.14}$$

Bước 8: Xếp hạng những lựa chọn dựa trên giá trị hệ số tương quan.

4.4 Ví dụ thực nghiệm

Trong phần này ứng dụng phương pháp đã đực đề xuất để đánh giá năng lực sinh viên. Bộ dữ liệu thực nghiệm được miêu tả trong mục 1.3.

4.5 Phân tích so sánh

Ví dụ thực tế về đánh giá năng sinh viên ở trên đã minh họa rõ ràng tác động của yếu tố thời gian trong mô hình ra quyết định bao gồm: bộ tiêu chí, người ra quyết định, bộ lựa chọn thay đổi theo thời gian và dữ liệu lịch sử.

4.6 Kết luận chương

Trong chương này, luận án đã trình bày một số lý thuyết mở rộng tập neutrosophic giá trị khoảng động nhằm giải quyết sự thay đổi của bộ tiêu chí, lựa chọn và người ra quyết định theo thời gian. Cụ thể, trong chương này đã trình bày một lý thuyết mở rộng tập neutrosophic giá trị khoảng động tên là tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNS) và các phép toán của nó. Tiếp theo mô hình ra quyết định TOPSIS động dựa trên những lý thuyết đã đề xuất cũng đã được phát triển. Cuối cùng, mô hình đề xuất đã được ứng dụng trong việc đánh giá năng lực của sinh viên để minh họa cho những lợi thế và khả năng ứng dụng thực tiễn của lý thuyết và mô hình ra quyết định được đề xuất.

Kết luận

Luận án đã đạt được một số đóng góp sau đây về bài toán ra quyết định đa tiêu chí trong môi trường dữ liệu neutrosophic giá trị khoảng động:

Thứ nhất, luận án đề xuất một lý thuyết mở rộng với tên gọi tập neutrosophic giá trị khoảng động (DIVNS) để thể hiện tính động của dữ liệu không chắc chắn, không xác định và không nhất quán theo khoảng thời gian. Ngoài ra các định nghĩa, tính chất, phép toán liên quan của DIVNS cũng được giới thiệu. Một mô hình ra quyết định mở rộng TOPSIS-DIVNS dựa trên lý thuyết DIVNS cũng đã được phát triển và ứng dụng trong đánh giá năng lực sinh viên để cho thấy lợi thế của mô hình đã đề xuất cũng như khả năng ứng dụng của mô hình trong thực tiễn (Chương 2).

Thứ hai, luận án trình bày các cách xử lý vấn đề thông tin trọng số không biết của mô hình ra quyết định trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động bao gồm trọng số thời gian, trọng số người ra quyết định và trọng số của bộ tiêu chí. Mô hình TOPSIS-DIVNS cũng được mở rộng để giải quyết vấn về không biết thông tin trọng số. Tiếp theo, mô hình đề xuất được ứng dụng trong đánh giá năng lực của sinh viên để chứng minh những lợi thế của mô hình với không biết thông tin trọng số trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động (Chương 2, mục 3.1).

Thứ ba, luận án đề xuất một số phép toán tích hợp tích phân Choquet và DIVNS để xử lý vấn đề tương quan giữa những tiêu chí của những lựa chọn. Sau đó, chiến lược ra quyết định dựa trên các phép toán đề xuất cũng được phát triển. Chiến lược ra quyết định đã được ứng dụng trong đánh giá năng lực của sinh viên để minh chứng cho những lợi thế của phương pháp đã đề xuất so với những mô hình ra quyết định khác, cũng như khả năng ứng dụng thực tiễn của chiến lược ra quyết định trong cuộc sống (Chương 2, mục 3.2).

Thứ tư, đề xuất một mở rộng của DIVNS tên là tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát (GDIVNS) để thể hiện tính động của bộ tiêu chí, người ra quyết định, tập lựa chọn thay đổi theo thời gian và dữ liệu lịch sử. Một số tính chất, phép toán của GDIVNS cũng được trình bày. Mô hình ra quyết định động DTOPSIS cũng được phát triển dựa trên lý thuyết của tập neutrosophic giá trị khoảng động tổng quát. Sau đó, mô hình DTOPSIS đã được ứng dụng trong đánh giá năng lực sinh viên để chứng minh những lợi thế của mô hình ra quyết định động DTOPSIS trong môi trường neutrosophic giá trị khoảng động và khả năng ứng dụng thực tế của mô hình trong cuộc sống (Chương 4).

Bên cạnh các kết quả nghiên cứu đã đạt được, những nghiên cứu trong luận án vẫn còn tồn tại một số điểm hạn chế như: chưa cân nhắc đến tính liên tục của dữ liệu phức tạp thể hiện theo thời gian, chỉ mô hình TOPSIS được phát triển trên những lý thuyết đã được đề xuất, lý thuyết được đề xuất mới chỉ được ứng dụng trong đánh giá năng lực sinh viên.

Hướng phát triển tiếp theo của những nghiên cứu trong luận án này có thể được thực hiện là:

(1) Nghiên cứu và phát triển lý thuyết để biểu thị tính liên tục của dữ liệu phức tạp theo thời gian.

(2) Nghiên cứu và phát triển những kiểu mô hình ra quyết định khác nhau trên môi trường neutrosophic động.

(3) Ứng dụng lý thuyết đã đề xuất trên bài toán ra quyết định của những lĩnh vực khác nhau trong cuộc sống như: y tế, kinh tế, địa lý, v.v.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH KHOA HỌC CỦA TÁC GIẢ ĐÃ CÔNG BỐ

1. [NTThong1]. **Thong, N. T.**, Dat, L. Q., Son, L.H., Hoa, N. D., Ali, M., & Smarandache, F. (2019). Dynamic interval valued neutrosophic set: Modeling decision making in dynamic environments. Computers in Industry, 108, 45-52. **(SCIE, 2019, IF = 3.954)**.

2. [NTThong2] **Thong, N. T.**, Giap, C. N., Tuan, T. M., Chuan, P. M., Hoang, P. M., & Dong, D. D. (2020). Modeling multi-criteria decision-making in dynamic neutrosophic environments bases on Choquet integral. Journal of Computer Science and Cybernetics, 36(1), 33-47.

3. [NTThong3] **Thong, N. T.**, Lan, L. T. H., Chou, S. Y., Son, L. H., Dong, D. D., & Ngan, T. T. (2020). An Extended TOPSIS Method with Unknown Weight Information in Dynamic Neutrosophic Environment. Mathematics, 8(3), 401. **(SCIE, 2019, IF = 1.747)**.

4. [NTThong4] **Thong, N.T.**, Smarandache, F., Hoa, N.D., Son, L.H., Lan, L.T.H., Giap, C.N., Son, D.T., Long, H.V. A Novel Dynamic Multi-Criteria Decision Making Method Based on Generalized Dynamic Interval-Valued Neutrosophic Set. Symmetry 2020, 12, 618. **(SCIE, 2019, IF = 2.645)**.