

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI**

Trịnh Bảo Ngọc

**ÁP DỤNG LÝ THUYẾT TRÒ CHƠI VÀ CÂN BẰNG NASH
XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HÓA XUNG ĐỘT TRONG
QUẢN LÝ DỰ ÁN ĐẦU TƯ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
VÀ THỬ NGHIỆM TRONG MỘT SỐ BÀI TOÁN ĐIỂN HÌNH**

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT PHẦN MỀM

Hà Nội – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI

Trịnh Bảo Ngọc

**ÁP DỤNG LÝ THUYẾT TRÒ CHƠI VÀ CÂN BẰNG NASH
XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP MÔ HÌNH HÓA XUNG ĐỘT TRONG
QUẢN LÝ DỰ ÁN ĐẦU TƯ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN
VÀ THỬ NGHIỆM TRONG MỘT SỐ BÀI TOÁN ĐIỂN HÌNH**

Ngành: Kỹ thuật phần mềm
Mã số: 9480103

LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT PHẦN MỀM

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
PGS. TS. Huỳnh Quyết Thắng

Hà Nội – 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi cam đoan đề tài: “*Áp dụng Lý thuyết trò chơi và Cân bằng Nash xây dựng phương pháp mô hình hóa xung đột trong quản lý dự án đầu tư Công nghệ thông tin và thử nghiệm trong một số bài toán điển hình*” là công trình nghiên cứu của bản thân tôi, các kết quả nghiên cứu trong luận án là trung thực và chưa từng được tác giả khác công bố.

Hà Nội, ngày 20 tháng 08 năm 2020
Tác giả

Trịnh Bảo Ngọc

LỜI CẢM ƠN

Tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc nhất tới PGS.TS. Huỳnh Quyết Thắng là người định hướng và hướng dẫn khoa học, đã tận tình giúp đỡ tôi trưởng thành trong công tác nghiên cứu và hoàn thành luận án.

Trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu tại trường, tôi đã nhận được sự hướng dẫn và giúp đỡ tận tình của tập thể các thầy, cô giáo tại Viện Công nghệ thông tin và truyền thông, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, các thầy cô tại Phòng đào tạo, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội. Tôi xin ghi nhận và biết ơn sự đóng góp quý báu của các thầy, cô.

Tôi xin trân trọng cảm ơn Ban giám hiệu Trường Đại học Hà Nội cùng các thầy cô tại trường đã tạo điều kiện về thời gian, chuyên môn và nhiều hỗ trợ khác giúp đỡ tôi thực hiện luận án.

Hà Nội, ngày 20 tháng 08 năm 2020
Tác giả

Trịnh Bảo Ngọc

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	1
LỜI CẢM ƠN.....	2
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT.....	5
DANH MỤC CÁC BẢNG.....	6
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ.....	7
MỞ ĐẦU	8
Lý do chọn đề tài	8
Mục đích nghiên cứu.....	9
Nhiệm vụ nghiên cứu	10
Đối tượng và phạm vi nghiên cứu	10
Phương pháp nghiên cứu.....	10
Phương pháp lý thuyết.....	10
Phương pháp thực nghiệm	11
Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	11
Ý nghĩa khoa học	11
Ý nghĩa thực tiễn	11
Các kết quả mới đạt được.....	11
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	12
1.1 Xung đột trong quản lý dự án và một số bài toán điển hình.....	12
1.1.1 Giới thiệu về quản lý dự án	12
1.1.2 Xung đột trong quản lý dự án.....	14
1.1.3 Các bài toán điển hình	16
1.1.4 Phân loại xung đột trong quản lý dự án	18
1.2 Lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash.....	20
1.2.1 Giới thiệu về Lý thuyết trò chơi.....	20
1.2.2 Các loại trò chơi.....	22
1.2.3 Mô hình cân bằng Nash.....	25
1.3 Tổng quan về các thuật toán tối ưu đa mục tiêu.....	27
1.3.1 Giới thiệu bài toán tối ưu đa mục tiêu	27
1.3.2 Các giải thuật tiến hóa đa mục tiêu tiêu biểu.....	28
1.3.3 Đánh giá một số giải thuật MOEA tiêu biểu	29
1.3.4 MOEA framework và các giải thuật.....	29
1.4 Tổng hợp và đánh giá các nghiên cứu ứng dụng lý thuyết trò chơi trong quản lý dự án ...	34
1.4.1 Tình hình nghiên cứu ngoài nước.....	34
1.4.2 Tình hình nghiên cứu trong nước.....	39
1.5 Tiểu kết chương	39

CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH HÓA XUNG ĐỘT TRONG QUẢN LÝ DỰ ÁN VÀ GIẢI PHÁP ÁP DỤNG LÝ THUYẾT TRÒ CHƠI VÀ CÂN BẰNG NASH.....	40
2.1 Phân tích đặc điểm xung đột và vai trò của chủ đầu tư	40
2.1.1 Các đặc điểm của xung đột.....	40
2.1.2 Lựa chọn kỹ thuật giải quyết xung đột	42
2.1.3 Vai trò của chủ đầu tư trong xung đột	43
2.1.4 Phân loại xung đột có và không có chủ đầu tư	44
2.2 Phân tích mô hình biểu diễn theo lý thuyết trò chơi.....	46
2.2.1 Các mô hình biểu diễn lý thuyết trò chơi	46
2.2.2 Phân loại vấn đề theo dạng bài toán lý thuyết trò chơi	48
2.3 Xây dựng Unified Game-Based Model mô hình hóa xung đột	49
2.3.1 Đề xuất cấu trúc của xung đột trong mô hình.....	49
2.3.2 Đề xuất mô hình Unified Game-Based model	50
2.3.3 Mô tả một số bài toán điển hình về xung đột sử dụng Unified Game-Based model.....	52
2.3.4 Cân bằng Nash của xung đột.....	54
2.4 Tiểu kết chương	55
CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH UNIFIED GAME-BASED MODEL TRONG MỘT SỐ LỚP BÀI TOÁN ĐIỂN HÌNH	56
3.1 Ứng dụng mô hình trên các giải thuật.....	56
3.1.1 Các giải thuật lựa chọn	56
3.1.2 Phương thức thử nghiệm.....	57
3.2 Lớp bài toán mô hình có chủ đầu tư.....	57
3.2.1 Bài toán đàm phán giá trong đấu thầu nhiều vòng.....	57
3.2.2 Bài toán xếp lịch thanh toán dự án	68
3.3 Lớp bài toán mô hình không có chủ đầu tư.....	80
3.3.1 Bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro	80
3.3.2 Bài toán cân bằng nguồn lực	92
3.4 Tiểu kết chương	99
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN MỞ RỘNG CỦA LUẬN ÁN	100
Kết luận	100
Hướng phát triển của luận án	102
DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN.....	103
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	105
PHỤ LỤC	111
Phụ lục A - Thông tin đấu thầu.....	111
Phụ lục B - Danh sách rủi ro	135

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU VÀ CHỮ VIẾT TẮT

Từ viết tắt	Nghĩa tiếng Anh	Nghĩa tiếng Việt
CSDL		Cơ sở dữ liệu
DMOEA	Dynamic Multi-Objective Evolutionary Algorithm	Giải thuật tiến hóa đa mục tiêu động
DSS	Decision Support System	Hệ trợ giúp quyết định
EMO	Evolutionary Multi-objective Optimization	Tối ưu tiến hóa đa mục tiêu
GA	Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền
GT	Game Theory	Lý thuyết trò chơi
MOEA	Multiobjective Evolutionary Algorithm	Giải thuật tiến hóa đa mục tiêu
MOGA	Multi-objective Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền đa mục tiêu
NE	Nash Equilibrium	Cân bằng Nash
NPGA	Niched Pareto Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền Lỗ hổng Pareto
NPV	Net Present Value	Giá trị hiện tại dòng tiền thuần
NSGA	Nondominated Sorting Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền sắp xếp không trội
NSGA-II	Fast Non-dominated Sorting Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền sắp xếp không trội cải tiến
PAES	Pareto-Archived Evolution Strategy	Chiến lược tiến hóa Lưu trữ Pareto
PESA	Pareto Enveloped-based Selection Algorithm	Giải thuật lựa chọn dựa trên Pareto Bao phủ
PM	Project Manager	Người quản lý dự án
PSP	Payment Schedule Problem	Vấn đề xếp lịch thanh toán dự án
RDGA	Rank-Density Based Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền dựa trên phân bố thứ hạng
RWGA	Random Weight Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền theo trọng số ngẫu nhiên
SPEA	Strength Pareto Evolutionary Algorithm	Giải thuật tiến hóa Pareto mạnh
VEGA	Vector Evaluated Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền dựa trên đánh giá vector
WBGA	Weight-Based Genetic Algorithm	Giải thuật di truyền theo trọng số

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 1.1: Phân tích loại bài toán xung đột [3].....	17
Bảng 1.2: Nguồn của xung đột và xếp hạng theo mức độ ảnh hưởng [33]	19
Bảng 1.3: Nguồn gốc và các xung đột [33].....	19
Bảng 1.4: Biểu diễn trò chơi dạng chiến lược [1]	21
Bảng 1.5: Đánh giá một số giải thuật MOEA	29
Bảng 2.1: Phân loại xung đột theo sự liên quan trực tiếp tới chủ đầu tư [33]	44
Bảng 2.2: Phân loại bài toán Xung đột theo loại bài toán Lý thuyết trò chơi.....	48
Bảng 3.1: Thông tin về gói thầu.....	65
Bảng 3.2: Kết quả thử nghiệm các thuật toán	67
Bảng 3.3: Lịch trình thực hiện	73
Bảng 3.4: Thông tin dự án của hai dự án phần mềm	74
Bảng 3.5: Các tham số của các nhiệm vụ trong dự án 1	74
Bảng 3.6: Các tham số quan hệ giữa các nhiệm vụ trong dự án 1	75
Bảng 3.7: Các tham số của các nhiệm vụ trong dự án 2	76
Bảng 3.8: Các tham số quan hệ giữa các nhiệm vụ trong dự án 2	76
Bảng 3.9: Kết quả thử nghiệm từ bộ dữ liệu của dự án 1 sau 10 lần chạy	78
Bảng 3.10: Kết quả thử nghiệm từ bộ dữ liệu của dự án 2 sau 10 lần chạy	79
Bảng 3.11: Các phương án xử lý rủi ro [1]	82
Bảng 3.12: Điểm cân bằng Nash hợp lý	87
Bảng 3.13: Thông tin về rủi ro	88
Bảng 3.14: Thông tin về phương pháp đối phó rủi ro.....	88
Bảng 3.15: Kết quả chạy các thuật toán 10 lần.....	90
Bảng 3.16: Dữ liệu nhân sự của dự án	96
Bảng 3.17: Yêu cầu kỹ năng của từng dự án.	97
Bảng 3.18: Kết quả chạy thực nghiệm trên Fictitious play, CFR, CFR+	98

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ, ĐỒ THỊ

Hình 1.1: Các ràng buộc của quản lý dự án [1]	12
Hình 1.2: 10 lĩnh vực kiến thức của quản lý dự án [1]	13
Hình 1.3: Biểu diễn trò chơi dạng mở rộng [1]	22
Hình 1.4: Trò chơi thông tin hoàn hảo [5]	24
Hình 1.5: Trò chơi thông tin không hoàn hảo [5]	25
Hình 1.6: Biểu diễn các lời giải trên không gian mục tiêu	31
Hình 1.7: Biểu diễn quá trình chọn lọc trong thuật toán ϵ -MOEA	31
Hình 1.8: Mô tả phương pháp chọn lọc trong các thuật toán MOEA hiện đại [56] ..	33
Hình 1.9: Mô phỏng các vectơ vị trí của một cá thể trong quần thể	34
Hình 2.1: Chiến lược quản lý xung đột (mô hình Thomas-Kilmann) [34]	42
Hình 2.2: Giải pháp thông minh trợ giúp việc ra quyết định cho người quản lý	43
Hình 2.3: Cân bằng Nash trong Unified Game-based model	52
Hình 3.1: Triển khai mô hình trên MOEA framework	56
Hình 3.2: Quy trình đấu thầu [20][38]	59
Hình 3.3: Mô hình đấu thầu nhiều vòng	59
Hình 3.4: Quan hệ giữa các nhiệm vụ [20]	69
Hình 3.5: Chiến lược của nhà đầu tư	70
Hình 3.6: Chiến lược của đội ngũ phát triển	71
Hình 3.7: So sánh thời gian chạy các thuật toán của dự án 1	79
Hình 3.8: So sánh thời gian chạy các thuật toán của dự án 2	80
Hình 3.9: Xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro	81
Hình 3.10: Mạng dự án biểu diễn xung đột giữa các phương án đối phó rủi ro	83
Hình 3.11: So sánh thời gian chạy giữa các thuật toán	91
Hình 3.12: So sánh giá trị thích nghi của điểm cân bằng Nash tìm được	91

MỞ ĐẦU

Lý do chọn đề tài

Theo PMBOK [1], các hoạt động kinh doanh lớn chia tách thành nhiều mảng việc, trong đó mỗi dự án thực thi một nhiệm vụ riêng biệt, được thực hiện trong một khoảng thời gian và có vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy trạng thái của tổ chức sang một trạng thái khác với các mục tiêu đặc biệt. Trong đó, các kiến thức, kỹ năng về quản lý dự án đóng vai trò sống còn tới hoạt động dự án. Quản lý dự án là một vấn đề cốt yếu của nền kinh tế nhân loại, hầu như các hoạt động tại các tổ chức, doanh nghiệp hiện nay được tổ chức theo mô hình các dự án. Các khía cạnh trong quản lý dự án được nghiên cứu và công bố trong nhiều công trình khác nhau, nổi bật trong đó là tài liệu PMBOK được Viện Quản lý dự án công bố, tuy nhiên vấn đề xung đột xảy ra trong dự án là một khía cạnh quan trọng nhưng lại chưa được đề cập và xử lý thích đáng.

Xung đột trong định nghĩa của PMBOK [1] là sự khác nhau về mục tiêu và hành vi giữa hai hoặc nhiều đối tượng, sự khác nhau về mục tiêu và hành vi dẫn tới sự khác nhau về kết quả hoặc lợi ích đạt được của đối tượng. Cũng theo PMBOK, trong quản lý dự án, vấn đề xung đột xảy ra trong quá trình quản lý là đa dạng, xung đột xảy ra tại từng quá trình của quản lý dự án, những hậu quả của xung đột gây ra trong quản lý dự án là to lớn và chưa được kiểm soát thậm chí trong quá trình quản lý rủi ro. Trong một vài nghiên cứu khác nhau, có một số thống kê thú vị như: 60% thời gian của quản lý nhân sự chỉ để dành ra xử lý các xung đột, người lao động dành ra mỗi tuần 2,8 giờ để đối phó với xung đột. Con số này tương đương với thiệt hại quy đổi xấp xỉ 359 tỉ USD tiền lương (theo thống kê năm 2008 với tiền lương trung bình là 17,95 USD một giờ tại Mỹ), hoặc tương đương 385 triệu ngày làm việc [2].

Về góc độ lý thuyết, các vấn đề xung đột đã được nhắc tới trong PMBOK 6 nhiều hơn so với các phiên bản khác, cụ thể là ngoài các định nghĩa, PMBOK đã đề xuất kế hoạch quản lý xung đột, tuy nhiên các giải pháp cụ thể là không rõ ràng. Việc tìm kiếm một giải pháp kỹ thuật để mô hình hóa và giải các vấn đề xung đột một cách tổng quan là một yêu cầu cần thiết và chưa được giải quyết. Trong việc tìm hiểu các phương thức giải quyết triệt để các loại xung đột trong quản lý dự án, lý thuyết trò chơi cho thấy sự phù hợp về ý nghĩa lý thuyết và tính khả thi bằng các nghiên cứu, công bố của luận án.

Lý thuyết trò chơi là một nhánh của toán học ứng dụng, nghiên cứu các tình huống chiến thuật trong đó các đối thủ lựa chọn các hành động khác nhau để cố gắng làm tối đa kết quả nhận được. Lý thuyết trò chơi được đưa ra trong những năm 50 của thế kỷ 20 bởi nhiều học giả, lý thuyết đã được áp dụng vào rất nhiều lĩnh vực khác nhau của xã hội như: sinh học, kinh tế, chính trị, công nghệ thông tin, và đóng góp nhiều vai trò quan trọng. Những năm gần đây, việc ứng dụng công nghệ thông tin đã được thúc đẩy rất nhanh, đặc biệt trong việc xây dựng các ứng dụng hỗ trợ các nghiệp vụ xã hội, kinh doanh. Có nhiều loại ứng dụng công nghệ thông tin khác nhau, trong đó ở mức độ khó và phức tạp về hỗ trợ tác nghiệp là các hệ thống thông minh trợ giúp việc ra quyết định cho các vấn đề kinh tế, xã hội. Lý thuyết trò chơi, trong các nghiên cứu hiện nay, đã đóng góp không nhỏ trong việc xây dựng mô hình lý thuyết và sản phẩm ứng dụng cho các hệ thống thông minh đó.

Có rất nhiều trường đại học hoặc viện nghiên cứu hợp tác với các công ty, tổ chức có các nhóm nghiên cứu về lý thuyết trò chơi. Có thể kể tới: Game theory & computation seminar series tại Đại học Harvard, Optimization and network Game theory group tại Đại học MIT, CS Theory Research group tại Đại học Pennsylvania, Stony Brook center

for Game theory tại Đại học Stony Brook. Hoặc có các tổ chức riêng biệt nghiên cứu về Lý thuyết trò chơi như RAND Coporation, National Bureau of Economic Research, Mỹ, SSRN – Social Science Research network, Mỹ. Các nghiên cứu về lý thuyết trò chơi được chia thành các hướng chủ yếu như sau:

- Nghiên cứu về thuật toán giải quyết một bài toán con của lý thuyết trò chơi: trò chơi thông tin không hoàn hảo, hoặc trò chơi tổng khác không [3, 4, 5];
- Nghiên cứu cách áp dụng mô hình lý thuyết trò chơi vào các mục đích xã hội, kinh tế: chính trị, chống khủng bố, thiên tai bão lụt, xã hội [4, 6, 7, 8, 9, 10];
- Nghiên cứu cách áp dụng mô hình lý thuyết trò chơi vào quản lý dự án: phân tích rủi ro, phân công nhiệm vụ việc, hợp tác, phân phối tài nguyên, lựa chọn dự án [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19];
- Áp dụng lý thuyết trò chơi vào một số lĩnh vực công nghệ thông tin khác như: bảo mật, an ninh mạng, truyền dẫn dữ liệu, mạng xã hội [15, 20].

Lý thuyết trò chơi đã được nhiều tổ chức, doanh nghiệp trên thế giới vận dụng vào thực tiễn quản lý, làm thay đổi về bản chất suy nghĩ của mọi người về quản lý từ trước tới nay. Thay vì suy nghĩ về chiến thắng của riêng cá nhân mình và đánh bại đối thủ cạnh tranh, lý thuyết trò chơi chỉ ra rằng mô hình quản lý tốt là sự kết hợp giữa cạnh tranh và hợp tác, các vấn đề quản lý, xử lý các xung đột về lợi ích trong việc thực hiện nghiệp vụ kinh doanh được thực hiện theo mô hình hai bên đều thắng.

Trong đó các hướng nghiên cứu về sự liên quan giữa Lý thuyết trò chơi và Quản lý dự án mới dừng lại ở góc độ một số bài báo chuyên sâu phân tích một vài giải pháp dùng lý thuyết trò chơi hoặc cân bằng Nash ở trong một số bài toán nhỏ và cụ thể. Ví dụ như: mô hình lý thuyết trò chơi cho việc phân công nhiệm vụ [11], giới thiệu vài thuật toán mô hình Lý thuyết trò chơi liên quan đến vấn đề lập lịch [12, 13], rủi ro cho bảo mật [15] và rủi ro trong vấn đề khủng bố [10]. Từ việc tìm hiểu các công bố quốc tế cho thấy về lĩnh vực nghiên cứu này đang tồn tại hai vấn đề chính: (i) chưa có một nghiên cứu tổng quan về đặc điểm của tất cả các bài toán xung đột trong Quản lý dự án, (ii) còn tồn tại nhiều vấn đề xung đột khác có thể chuyển đổi sang mô hình của Lý thuyết trò chơi mà vẫn chưa được khám phá nghiên cứu. Vì vậy luận án sẽ tập trung khai phá giải pháp áp dụng Lý thuyết trò chơi vào trong một số vấn đề của Quản lý dự án liên quan tới các dự án thuộc lĩnh vực đầu tư về Công nghệ thông tin.

Mục đích nghiên cứu

Mục tiêu chung của đề tài đó là nghiên cứu ứng dụng Lý thuyết trò chơi trong việc trợ giúp ra quyết định để giải quyết các một số các xung đột trong Quản lý dự án chưa được khai phá. Các xung đột này thường nằm trong các khía cạnh quản lý dự án khác nhau và cần có các mô hình khác nhau để đưa về thuật toán phù hợp khi giải quyết.

Mục tiêu cụ thể của đề tài như sau:

- Đánh giá thực trạng nghiên cứu hiện nay về xung đột trong quản lý dự án, phân tích các đặc điểm cần có cho các bài toán xung đột;
- Đề xuất mô hình hóa các xung đột trong quản lý dự án, phù hợp để đưa về giải quyết bằng các thuật toán tối ưu đa mục tiêu;
- Thực hiện việc thử nghiệm và đánh giá đối với mô hình.

Vì vậy trên cơ sở có nhiều năm hoạt động trong lĩnh vực Công nghệ phần mềm cũng như Quản lý dự án, người thực hiện đề tài mong muốn góp phần làm phong phú thêm các nghiên cứu về lĩnh vực này, cũng như mong muốn có thể thiết kế một phương pháp luận rõ ràng hơn, cụ thể bằng một giải pháp phần mềm để giúp ích cho quá trình trợ giúp

việc ra quyết định về xung đột trong quản lý dự án, nhằm giảm giá thành sản phẩm và chi phí, tăng chất lượng dự án.

Nhiệm vụ nghiên cứu

Với mục tiêu đặt ra ở trên, nhiệm vụ nghiên cứu của đề tài bao gồm:

- Tìm hiểu và đánh giá các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan đến đề tài luận án;
- Phân tích các đặc điểm, phân loại của xung đột, các trường hợp cụ thể xảy ra xung đột trong quản lý dự án;
- Phân tích và đề xuất mô hình biểu diễn chung cho toàn bộ các xung đột trong quản lý dự án dưới dạng lý thuyết trò chơi;
- Áp dụng mô hình biểu diễn chung cho các bài toán cụ thể và thử nghiệm;
- Phân tích và đánh giá việc áp dụng các thuật toán vào mô hình bài toán.

Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài là vấn đề xung đột xảy ra trong các dự án đầu tư Công nghệ thông tin. Cụ thể các nội dung nghiên cứu của đề tài được tìm hiểu, phân tích trên các dự án có quy mô trung bình trở lên. Trên cơ sở đó, đề tài nghiên cứu các kiến thức thuộc về lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash, cách áp dụng trong việc mô hình hóa các bài toán thực tế. Đề tài nghiên cứu các đặc điểm chung của xung đột nhằm xây dựng mô hình toán học theo lý thuyết trò chơi. Cuối cùng là, nghiên cứu việc giải quyết bài toán lý thuyết trò chơi sử dụng các giải thuật tối ưu đa mục tiêu.

Các xung đột trong dự án rất đa dạng, xuất hiện trong mọi khía cạnh của dự án. Các xung đột có thể xuất hiện trong các vấn đề về công nghệ thực hiện dự án, quản lý tài chính, quản lý các nguồn lực dự án... Việc xây dựng một giải thuật chung để tìm ra phương án tối ưu trong việc giải quyết các xung đột trong dự án dựa trên lý thuyết trò chơi là một hướng đi chưa được khám phá. Vì vậy, đề tài nghiên cứu mô hình chung của toàn bộ các vấn đề xung đột trong quản lý dự án của các dự án liên quan tới đầu tư Công nghệ thông tin, tiếp theo đó là lựa chọn ra bốn bài toán khác nhau thuộc các chuyên môn khác nhau đó là: (i) xếp lịch thanh toán dự án, một lĩnh vực nằm trong vấn đề quản lý tài chính của quản lý dự án, (ii) đấu thầu nhiều vòng thuộc về lĩnh vực mua sắm đầu thầu, (iii) cân bằng nguồn lực trong lĩnh vực quản lý nguồn lực và (iv) vấn đề phương pháp xử lý rủi ro trong quản lý rủi ro. Bốn vấn đề này sẽ mở đường cho các nghiên cứu tương tự khác trong quản lý dự án.

Mô hình chung cho các xung đột sẽ được áp dụng vào từng bài toán cụ thể, mô hình sẽ được thử nghiệm trên các thuật toán tối ưu tiến hóa đa mục tiêu bao gồm: NSGA-II, ϵ -MOEA, GDE3, PESA2, ϵ -NSGA-II, SMPSO. Tiếp theo, đề tài sẽ phân tích kết quả thực hiện được cho mỗi vấn đề dựa trên một số bộ dữ liệu thu thập được từ các dự án do các công ty trong phạm vi lãnh thổ Việt Nam thực hiện.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp lý thuyết

Luận án sử dụng phương pháp này vào trong các nghiên cứu về:

- Nghiên cứu lý luận về thực trạng của các xung đột trong quản lý dự án;
- Nghiên cứu lý luận về các mô hình biểu diễn lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash
- Phân tích, so sánh điểm yếu điểm mạnh của các nghiên cứu hiện tại gắn với hướng nghiên cứu của luận án bao gồm các nội dung: xung đột trong quản lý dự

án, áp dụng lý thuyết trò chơi, sử dụng cân bằng Nash, giải quyết bài toán bằng các giải thuật tối ưu đa mục tiêu;

- Phân tích, khái quát hóa và xác định từng thành phần mô hình mới;
- Chứng minh khả năng giải được của mô hình bằng các thuật toán tối ưu tiến hóa đa mục tiêu.

Các phương pháp trên cho phép tổng quan các kết quả nghiên cứu, hệ thống hóa lý thuyết có liên quan đến xây dựng cơ sở lý luận của đề tài.

Phương pháp thực nghiệm

Tiến hành kiểm chứng tính khả thi của mô hình đề xuất trong luận án bằng việc áp dụng vào các dự án thực tế về lĩnh vực đầu tư công nghệ thông tin trong một số đơn vị, doanh nghiệp khác nhau, với các loại dự án khác nhau. Sử dụng một số công cụ và thuật toán tiêu biểu để kiểm chứng, đánh giá và so sánh tính hiệu quả giữa chúng.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Ý nghĩa khoa học

Đề tài phân tích và hệ thống hóa các xung đột trong quản lý dự án. Đồng thời, luận án đã góp phần bổ sung, làm phong phú cơ sở lý luận khoa học trong việc đưa ra giải pháp cho các xung đột trong quản lý dự án. Giải pháp này bao gồm: (i) mô hình lý thuyết chung theo Lý thuyết trò chơi nhằm khái quát hóa toàn bộ yếu tố, tính chất mà mỗi bài toán xung đột cần xác định, (ii) giải pháp giải quyết xung đột thông qua xác định điểm cân bằng Nash để giúp các bên đều đạt được sự cân bằng về lợi ích.

Ý nghĩa thực tiễn

Kết quả nghiên cứu là tài liệu có giá trị tham khảo trong hoạt động nghiên cứu và phát triển (R&D) của các doanh nghiệp liên quan tới việc quản lý dự án nhằm cung cấp một giải pháp thông minh hỗ trợ việc ra quyết định. Kết quả nghiên cứu cũng đồng thời đề xuất một giải pháp cho mô hình lý thuyết, cung cấp công cụ hỗ trợ ra quyết định dành cho các vấn đề xung đột xảy ra, giúp nâng cao chất lượng của quản lý dự án.

Các kết quả mới đạt được

Những đóng góp mới của nghiên cứu bao gồm:

- (i) Đề xuất mô hình hợp nhất (Unified Game-based model) trên cơ sở lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash để mô hình hoá xung đột trong quản lý dự án, theo mô hình có/không có chủ đầu tư:
 - Phân tích tổng quan vấn đề xung đột trong quản lý dự án và vai trò của nó, giới thiệu các loại và trường hợp cụ thể của xung đột;
 - Đề xuất một mô hình thống nhất cho các loại xung đột khác nhau xảy ra trong dự án. Mô hình dựa trên lý thuyết trò chơi, và khả dụng khi áp dụng các thuật toán tối ưu đa mục tiêu để tìm ra đáp án.
- (ii) Thử nghiệm đánh giá hiệu quả của các giải thuật di truyền trong tìm kiếm cân bằng Nash cho bốn bài toán điển hình bao gồm: xung đột trong thanh toán dự án, xung đột trong đấu thầu nhiều vòng, hai bài toán này đại diện cho các bài toán có chủ đầu tư và xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro, xung đột trong cân bằng nguồn lực, là hai bài toán đại diện cho các bài toán không có chủ đầu tư:
 - Áp dụng mô hình vào 4 bài toán trên;
 - Thử nghiệm mô hình của từng bài toán trên nhiều giải thuật tối ưu đa mục tiêu khác nhau, trong đó có sử dụng MOEA framework là một thư viện mở gồm các tính năng hỗ trợ cho việc lập trình ứng dụng theo các giải thuật.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

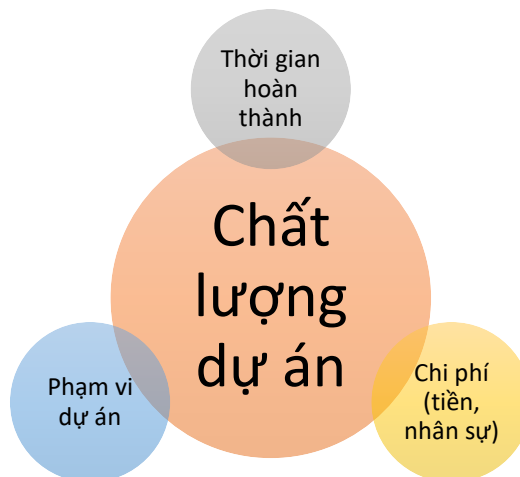
1.1 Xung đột trong quản lý dự án và một số bài toán điển hình

1.1.1 Giới thiệu về quản lý dự án

Dự án là một nỗ lực phức tạp, không thường xuyên, mang tính chất đơn nhất được thực hiện trong điều kiện ràng buộc nhất định về thời gian, ngân sách, nguồn lực và các tiêu chuẩn chất lượng để đáp ứng yêu cầu của khách hàng. Quản lý dự án là sự áp dụng một cách phù hợp các kiến thức, kỹ năng, công cụ và kỹ thuật vào trong quá trình đề xuất dự án, lập kế hoạch dự án, thực hiện dự án, theo dõi giám sát dự án và kết thúc dự án để đạt được các yêu cầu của dự án. Mục tiêu cơ bản của việc quản lý dự án thể hiện ở chỗ các công việc phải được hoàn thành theo yêu cầu và bảo đảm chất lượng, trong phạm vi chi phí được duyệt, đúng thời gian và giữ cho phạm vi dự án không thay đổi [1].

Quản lý dự án thường bao gồm:

1. Xác định các yêu cầu (của công ty hoặc của khách hàng)
2. Xác định và đáp ứng các nhu cầu, các mối quan tâm, và mong đợi của các chủ thể dự án trong quá trình lập kế hoạch và thực hiện dự án
3. Cân đối hài hoà giữa các yêu cầu, ràng buộc khác nhau của dự án bao gồm, trong đó 3 ràng buộc chính là: phạm vi, thời gian, chi phí



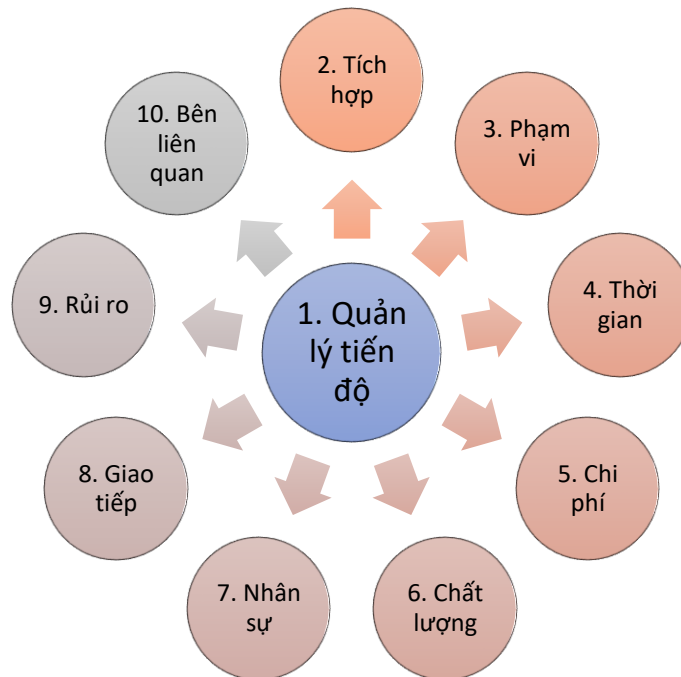
Hình 1.1: Các ràng buộc của quản lý dự án [1]

Mỗi dự án cụ thể sẽ có những yêu cầu và ràng buộc nhất định đòi hỏi nhà quản lý dự án cần phải xác định thứ tự ưu tiên giữa các yêu cầu. Giữa các ràng buộc có mối quan hệ với nhau, tức là một ràng buộc thay đổi có thể kéo theo một hoặc nhiều ràng buộc khác thay đổi theo. Ví dụ thời hạn hoàn thành dự án được yêu cầu rút ngắn lại thường kéo theo kinh phí thực hiện dự án phải tăng lên bởi vì cần phải bổ sung thêm nguồn lực để thực hiện cùng khối lượng công việc trong khoảng thời gian ngắn hơn. Nếu không thể bổ sung thêm kinh phí cho dự án thì hoặc là phải chấp nhận thu hẹp phạm vi dự án bằng cách cắt giảm một số hạng mục công việc hoặc chấp nhận giảm chất lượng đầu ra (sử dụng nguyên vật liệu có chất lượng thấp hơn hoặc thay đổi phương án thi công đòi hỏi chi phí ít hơn và chất lượng thấp hơn). Các chủ thể dự án cũng có các ý kiến khác nhau về nhân tố nào là quan trọng nhất cho nên cũng tạo ra sự thách thức lớn cho dự án. Thay đổi các yêu cầu đối với dự án cũng có thể làm gia tăng mức độ rủi ro đối với dự

án. Như vậy đội dự án phải có khả năng đánh giá được tình hình và có thể hài hoà được các yêu cầu khác nhau để thực hiện và chuyển giao dự án một cách thành công [1].

Nhà quản lý dự án (PM – Project manager) là người được công ty thực hiện dự án bổ nhiệm nhằm đạt được các mục tiêu dự án. Đây là một vị trí quản lý có nhiều thách thức với trách nhiệm nặng nề và mức độ ưu tiên luôn thay đổi. Vị trí quản lý dự án đòi hỏi là con người rất linh hoạt, nhạy bén sắc sảo, có các kỹ năng lãnh đạo và đàm phán tốt, và có kiến thức sâu rộng về quản lý dự án. Nhà quản lý dự án cần phải am hiểu mọi vấn đề chi tiết của dự án nhưng đồng thời phải quản lý trên tầm nhìn bao quát toàn bộ dự án. Nhà quản lý dự án phải chịu trách nhiệm về thành công của dự án và chịu trách nhiệm toàn diện về mọi mặt của dự án bao gồm:

1. Phát triển kế hoạch quản lý dự án và các kế hoạch bộ phận khác
2. Đảm bảo tình hình thực hiện dự án luôn trong khuôn khổ tiến độ và ngân sách cho phép
3. Phát hiện, theo dõi và xử lý kịp thời các rủi ro và các vấn đề phát sinh trong quá trình thực hiện - quản lý rủi ro
4. Định kỳ lập các báo cáo một cách chính xác và cập nhật về tình hình thực hiện dự án.



Hình 1.2: 10 lĩnh vực kiến thức của quản lý dự án [1]

Theo PMBOK, năng lực, kiến thức của quản lý dự án được mô tả trong 10 lĩnh vực kiến thức có thể chia làm 2 nhóm: nhóm kỹ năng cứng và nhóm kỹ năng mềm. Các lĩnh vực kiến thức quản lý dự án thuộc nhóm kỹ năng cứng tập trung vào các quy trình và công cụ để khởi tạo, lập kế hoạch, thực thi, kiểm tra và giám sát, và đóng dự án trong suốt vòng đời dự án [1]:

- Quản lý tích hợp dự án (Project Integration Management): phát triển điều lệ dự án, tích hợp các kế hoạch quản lý dự của các lĩnh vực kiến thức khác thành kế hoạch quản lý dự án hoàn chỉnh, và quản lý các yêu cầu thay đổi trong suốt vòng đời dự án;

- Quản lý phạm vi dự án (Project Scope Management): xác định và quản lý yêu cầu, xác định đường cơ sở phạm vi, và theo dõi việc hoàn thành phạm vi dự án;
- Quản lý thời gian dự án (Project Time Management): chia nhỏ đường cơ sở phạm vi thành những thành phần để quản lý hơn gọi là hoạt động, phát triển lịch trình dự án cũng được gọi là đường cơ sở lịch trình, và kiểm soát lịch trình;
- Quản lý chi phí dự án (Project Cost Management): ước lượng chi phí, xác định đường cơ sở chi phí bao gồm dự phòng rủi ro và dự phòng quản lý, và kiểm soát chi phí;
- Quản lý chất lượng dự án (Project Quality Management): lập kế hoạch quản lý chất lượng bao gồm tiêu chuẩn chất lượng, chỉ số chất lượng, và kế hoạch liên tục cải tiến; các hoạt động đảm bảo chất lượng nhằm đảm bảo kế hoạch quản lý dự án và tiêu chuẩn chất lượng được tuân thủ; và kiểm soát chất lượng tất cả các sản phẩm bàn giao và kiểm tra tất cả các thay đổi đã được phê duyệt;
- Quản lý rủi ro dự án (Project Risk Management): xác định rủi ro, phân tích định tính và phân tích định lượng rủi ro nhằm phân loại thành nhóm rủi ro được quản lý và nhóm rủi ro vào danh sách chờ, phát triển kế hoạch phản ứng khi rủi ro xảy ra, và kiểm soát rủi ro trong suốt quá trình thực thi dự án;
- Quản lý mua sắm đầu thầu dự án (Project Procurement Management): chọn loại hợp đồng trong 3 loại hợp đồng phổ biến (giá cố định, hoàn phí, thời gian và vật liệu), đánh giá nhà cung cấp, trao hợp đồng và quản lý các thay đổi, phát sinh và tranh cãi trong suốt quá trình thực thi dự án.

Các lĩnh vực kiến thức của nhóm kỹ năng mềm gồm [1]:

- Quản lý giao tiếp dự án (Project Communications Management): cung cấp thông tin dự án cho các bên liên quan và kiểm soát hiệu quả tất cả các kênh giao tiếp trong dự án. Quản lý giao tiếp là một thách thức với tất cả nhà quản lý dự án bởi vì số kênh giao tiếp trong dự án tăng theo hệ số mũ khi số bên liên quan trong dự án tăng lên (số kênh giao tiếp được tính bằng $n*(n-1)/2$ với n và số bên liên quan trong dự án) và thời gian dành cho giao tiếp trong dự án chiếm đến 90% tổng thời gian của nhà quản lý dự án;
- Quản lý nhân sự dự án (Project HR Management): thành lập đội dự án, xây dựng đội dự án thông qua 5 giai đoạn phát triển đội dự án theo mô hình Tuckman (thành lập, bão tố, bình thường, thực thi, và giải tán) và quản lý các xung đột trong đội dự án. Các nhà quản lý dự án cần chọn lựa kỹ thuật tốt nhất trong 5 kỹ thuật quản lý xung đột phổ biến (tránh né, giảm bớt, thỏa hiệp, ép buộc và đương đầu) để quản lý hiệu quả xung đột từng trường hợp cụ thể;
- Quản lý các bên liên quan (Project Stakeholder Management): xác định và xếp thứ tự ưu tiên tất cả các bên liên quan có thể ảnh hưởng hoặc bị ảnh hưởng bởi dự án, quản lý mong đợi của các bên liên quan và đảm bảo sự can dự của các bên liên quan trong suốt quá trình thực thi dự án.

1.1.2 Xung đột trong quản lý dự án

Định nghĩa về xung đột theo PMBOK là sự khác nhau về mục tiêu và hành vi giữa hai hoặc nhiều đối tượng. Khi hai hoặc nhiều đối tượng đó có sự tương tác lẫn nhau thì sự khác nhau trên sẽ gây ra sự xung đột, ảnh hưởng tới đối tượng. Vấn đề xung đột trong quản lý dự án được đề cập xuyên suốt trong PMBOK với từng thành phần của quản lý dự án bao gồm [1]:

- Xung đột giữa các quá trình dự án, chương trình, danh mục và hoạt động vận hành (projects, programs, portfolios và operation)
- Xung đột trong từng quá trình dự án theo PMBOK [1]:

- Dự án (project)
- Chương trình (program)
- Danh mục (portfolio)
- Chương trình vận hành (operations)
- o Xung đột trong từng nghiệp vụ dự án bao gồm:
 - Quản lý tích hợp dự án (integration management)
 - Quản lý phạm vi dự án (scope management)
 - Quản lý lịch dự án (schedule management)
 - Quản lý tài nguyên dự án (resource management)
 - Quản lý giao tiếp trong dự án (communications management)
 - Quản lý rủi ro (risk management)
 - Quản lý các bên liên quan (stakeholders management)

Một trong các ví dụ minh chứng cho việc tồn tại xung đột trong quản lý dự án là xung đột trong nghiệp vụ quản lý lịch dự án, có nhiều loại xếp lịch về nhiều lĩnh vực dự án khác nhau, một trong số đó là xếp lịch thanh toán dự án. Trong xung đột của việc xếp lịch thanh toán dự án, chủ đầu tư dự án hoặc khách hàng là người trả tiền cho dự án muốn thanh toán tại các mốc (milestones) càng chậm càng tốt để tối ưu hóa lợi nhuận, và ngược lại nhóm dự án muốn được thanh toán càng sớm càng tốt, việc xếp lịch bao gồm lựa chọn thứ tự thực hiện dự án, xác định các mốc, lựa chọn tài nguyên thực hiện dự án là một chuỗi các công việc phức tạp và không thể đơn giản giải quyết bằng quản lý rủi ro. Do vậy có thể khẳng định rằng những xung đột trong dự án này là vấn đề chưa được giải quyết theo một phương pháp tổng thể.

Theo PMBOK, trong nguyên tắc giải quyết xung đột quản lý dự án cần chú ý [1]:

- o Đầu tiên, các thành viên, đối tượng của dự án nên tự giải quyết xung đột trước;
- o Nếu giải quyết giữa các thành viên, đối tượng không triệt để, lúc này mới đệ trình lên người quản lý dự án để hỗ trợ;
- o Cách hỗ trợ trực tiếp (direct approach) thường được đánh giá cao hơn;
- o Nếu vẫn không thể giải quyết dưới sự hỗ trợ của người quản lý dự án, có thể việc giải quyết xung đột này cần một số thủ tục chính thức (formal procedure) để xử lý.

PMBOK đưa ra 5 kỹ thuật chung trong việc giải quyết các xung đột [1]:

- o Avoiding / Withdrawing: né tránh hay chấp nhận một quyết định hay quan điểm về vấn đề xung đột thường được sử dụng khi vấn đề này thường là không quan trọng lắm. Nhược điểm là vấn đề chưa được giải quyết và xung đột rất dễ xảy ra lại vì nguyên nhân xung đột vẫn còn;
- o Smoothing / Accommodating: nhấn mạnh vào những điểm đồng thuận hơn là những điểm không đồng thuận. Thường được áp dụng cho các vấn đề chưa nghiêm trọng hay chỉ cần một giải pháp tạm thời. Nhược điểm là vấn đề có thể vẫn có thể trở lại (reemerge) vì vấn đề bản chất chưa được giải quyết có thể trở lại bất cứ lúc nào. Smoothing khác với Avoiding là Smoothing có bàn về vấn đề nhấn mạnh vào sự đồng thuận với thành viên nhóm, còn Avoiding là né tránh không giải quyết;
- o Compromising / Reconcile (lose – lose): đây là kỹ thuật giải quyết xung đột khiến hai bên đều phải thua, PM cần tìm một giải pháp giải quyết tất cả xung đột bằng việc xác định một mức độ thỏa mãn giữa các thành viên dự án. Ở kỹ thuật này PM có sự tiến triển hơn là có giải pháp cụ thể và duy trì mối quan hệ trong nhóm. Compromising / Reconciling sử dụng sự mặc cả giữa các bên để tìm 1 giải pháp dựa trên thái độ cho và nhận (give and take), hay nói 1 cách khác bên A mất cái này thì sẽ được cái kia, bên B sẽ ngược lại. Đây là phương thức rất hay gặp trong

quản lý dự án nhưng nó lại có yếu điểm không xây dựng 1 mối quan hệ mở (open partnership) và hoàn hảo (do nó là kỹ thuật lose - lose);

- Forcing / Directing (win - lose): thông thường dùng quyền lực vị trí của PM để ép làm việc trong một số tình huống gấp rút, điều này ngược với Avoiding / Withdrawing hay Smoothing / Accommodating chỉ dùng cho các tình huống không nguy cấp. PM đưa ra giải pháp cụ thể ép phải làm, nhưng có thể còn gây xung đột nặng nề hơn sau đó và thường là sẽ phá vỡ mối quan hệ, trong khi kỹ thuật lose - lose Compromising/Reconciling vẫn duy trì mối quan hệ;
- Confrontation / Collaborating / Problem Solving (win - win): trong tất cả các kỹ thuật giải quyết xung đột đây là kỹ thuật tốt nhất, hoàn hảo nhất nhưng lại là khó làm nhất. Project Manager cần có một cái nhìn tổng thể từ nhiều khía cạnh của vấn đề, thực hiện cuộc trao đổi mở giữa các thành viên và yêu cầu họ có thái độ hợp tác. Kỹ thuật này có thể không tốt trong 1 số tình huống như thời gian không còn nhiều (time-critical decision) nhưng có thể dẫn đến kết quả win-win giữa tất cả các thành viên.

1.1.3 Các bài toán điển hình

Trong việc xác định tính chất của bài toán xung đột trong quản lý dự án để đưa ra các phương án giải quyết, việc phân loại các bài toán xung đột giúp cho việc thực hiện định nghĩa và lượng hóa các đặc điểm của bài toán xung đột được rõ ràng hơn. Trong nghiên cứu của Bernard Oladosu Omisore và Ashimi Rashidat Abiodun (2014) có chỉ ra rằng, một số lớp bài toán xung đột điển hình bao gồm [21]:

- Xung đột từ nội tại (internal sources): giữa các nhân tố xảy ra xung đột với nhau, các nhân tố này đều nằm trong dự án, nghiên cứu này chỉ tập trung phân tích xung đột trực tiếp xảy ra giữa hai thực thể trong dự án;
- Xung đột từ các nguồn bên ngoài (external sources): xung đột có sự có mặt của các thực thể không nằm trong dự án như các tác nhân bên ngoài như những khía cạnh về luật pháp, chính trị, ràng buộc tài chính. Tuy nhiên nghiên cứu không làm rõ các bài toán xung đột này là liên quan tới hai hay nhiều thực thể.

Có thể liệt kê một số bài toán về xung đột trong quản lý dự án điển hình đã được công bố bao gồm:

- a. Trong [11], tác giả Brent Lagesse (2006) đề cập về vấn đề xung đột giữa các đối tượng được phân công nhiệm vụ, và xung đột giữa đối tượng đó với đặc thù của nhiệm vụ trong trường hợp các kỹ năng và chuyên môn không phù hợp nhau. Đây là bài toán thuộc loại xung đột trong nghiệp vụ xếp lịch dự án, sử dụng lý thuyết ghép đôi Gale-Shapely trong việc diễn tả bài toán và giới thiệu giải pháp dùng thuật toán Gale-Shapely Courtship.
- b. Trong [12], các tác giả Birgit Heydenreich, Rudolf Muller, Marc Uetz nghiên cứu xung đột giữa các tác nhân (agents) trong mô hình chung của bài toán xếp lịch, trong đó có nêu tới ứng dụng của xếp lịch trong quản lý dự án. Nghiên cứu tập trung phân tích, lựa chọn mô hình toán học của việc xếp lịch, mô hình toán học của cơ chế thiết kế lịch, mô hình toán học sự hoạt động của agent liên quan tới lý thuyết trò chơi để từ đó gợi ý một vài ứng dụng thực tế.
- c. Trong [13], các tác giả Piotr Skowron, Krzysztof Rzdca (2014) nghiên cứu mô hình lý thuyết trò chơi của bài toán xếp lịch trong việc xem xét các xung đột qua lại giữa các yếu tố ảnh hưởng tới việc xếp lịch như: dòng thời gian, phân bổ nguồn lực, tốc độ thực hiện nhiệm vụ. Bài toán xếp lịch xét trong một trường hợp cụ thể là bài toán kết nối đa người dùng, đa nhà cung cấp trong việc xếp lịch sử dụng tài

nguyên như trong ứng dụng BitTorrent, đây cũng là một bài toán thuộc nhóm xếp lịch đã nêu ở trên.

- d. Trong [14], các tác giả [DENG Ze-min, GAO Chun-ping, LI Zhong-xue (2007)] phân tích và lập mô hình cân bằng Nash cho bài toán xếp lịch thanh toán dự án trong việc xem xét xung đột giữa chủ đầu tư và đội phát triển. Việc xếp lịch dựa trên các yếu tố như thứ tự của mạng lưới công việc, tài nguyên sử dụng, và thời gian thanh toán, từ đó đề xuất ra giải pháp cân bằng cho các bên.
- e. Trong [15], các tác giả Walid Saad, Tansu Alpcan, Tamer Basar và Are Hjørungnes (2010) đề cập tới bài toán xử lý xung đột và hợp tác về các ảnh hưởng trong việc quản lý các rủi ro về bảo mật của các bộ phận độc lập trong một dự án, từ đó đề xuất một cấu trúc hợp tác bằng mô hình toán học giữa các bộ phận để có kết quả hoạt động an toàn hơn và tốt hơn.
- f. Trong [28], tác giả Azin Shakiba Barough (2015) đề cập tới việc ứng dụng lý thuyết trò chơi trong việc giải quyết xung đột trong dự án xây dựng giữa các nhóm, tổ chức tham gia dự án. Không có một giải pháp cụ thể cho việc tìm ra phương án cuối cùng cho xung đột, nhóm tác giả tập trung vào việc phân tích đặc điểm và tính khả thi khi áp dụng lý thuyết trò chơi.
- g. Trong [29], tác giả Mojtaba Moradi và cộng sự (2018) đề xuất việc xử lý xung đột của các ràng buộc về tài nguyên trong xếp lịch dự án, với ví dụ về xây dựng đường cao tốc. Nhóm tác giả đề xuất mô hình đánh giá phân cấp tài nguyên, từ đó chứng minh rằng việc hợp tác sẽ mang lại nhiều lợi ích hơn việc thực hiện độc lập.
- h. Trong [30], tác giả Guangdong Wu (2018), đánh giá mô hình ra quyết định cho xung đột giữa chủ đầu tư và nhà thầu trong dự án xây dựng dựa trên các yếu tố của hợp đồng có xung đột lẫn nhau
- i. Trong [31], tác giả Marian W. Kębłowski và các cộng sự (2019) đã phân tích bài toán đấu thầu trong xây dựng giữa 2 công ty về giá thành, các điều kiện về môi trường chính trị sử dụng lý thuyết trò chơi xung đột
- j. Trong [32], tác giả Mahendra Piraveenan (2019) đã có những nghiên cứu kỹ về mặt lý thuyết khi trích dẫn và phân tích tới rất nhiều các bài báo liên quan tới chủ đề ứng dụng lý thuyết trò chơi trong quản lý dự án

Trong các bài toán điển hình trên, có thể thấy liên quan tới đặc điểm xung đột và cách phân loại, ta có phân tích như sau:

Bảng 1.1: Phân tích loại bài toán xung đột [1]

Nghiên cứu	Xung đột từ nội tại / bên ngoài	Số lượng tác nhân của xung đột	Tác nhân xảy ra xung đột
a	Nội tại	Nhiều	Các thành viên của dự án được phân công nhiệm vụ
b	Nội tại	Nhiều	Các tác nhân được xếp lịch
c	Nội tại	Nhiều	Các tiêu chí xếp lịch
d	Nội tại	2	Chủ đầu tư và nhà thầu
e	Nội tại	Nhiều	Các bộ phận của dự án
f	Nội tại	Nhiều	Các bộ phận của dự án
g	Nội tại	Nhiều	Các ràng buộc về xếp lịch
h	Nội tại	2	Chủ đầu tư và nhà thầu
i	Nội tại và bên ngoài	2	Chủ đầu tư và nhà thầu

Các bài toán trên phần lớn đều dựa vào lý thuyết trò chơi trong việc đưa ra một mô hình, giải pháp để giải quyết các bài toán xung đột trong quản lý dự án đã nêu trên. Các xung đột trên cũng thuộc vào một trong các dạng xung đột nêu trong mục 1.1.2 như là: xung đột về tài nguyên thực hiện dự án, lập lịch, xung đột giữa các bên liên quan. Dựa trên việc xác định các phân loại khác nhau các bài toán xung đột, ta có thể: (i) lựa chọn phân loại phù hợp để tiến hành các nghiên cứu tiếp theo về xung đột (ii) dễ dàng hơn trong việc xác định các dữ liệu về xung đột.

1.1.4 Phân loại xung đột trong quản lý dự án

Theo PMBOK, xung đột có thể được phân loại theo một số tiêu chí như đề cập tại mục 1.1.3. Theo một cách phân chia khác, theo PMBOK, nguồn gốc (causes) gây xung đột được sắp xếp theo mức độ ảnh hưởng hay hậu quả theo thứ tự từ cao xuống thấp [1]:

- Sắp xếp kế hoạch: là loại nguồn gốc gây ra ảnh hưởng lớn nhất vì phạm vi kế hoạch bao phủ nhiều mảng của dự án, nguồn gốc của xung đột này đến từ sự khác nhau về mục tiêu, hành vi của các đối tượng của việc sắp xếp kế hoạch, ví dụ như xung đột trong xếp lịch thanh toán dự án, chủ đầu tư và nhóm dự án thực hiện có các kỳ vọng trái ngược nhau về hành vi để đạt được lợi nhuận;
- Xác định mức độ ưu tiên thực hiện tác vụ dự án: loại nguồn gốc này cũng ảnh hưởng nhiều đến các công đoạn thực hiện dự án, một ví dụ điển hình của nguồn gốc này là việc xét độ ưu tiên trong việc thực hiện các tác vụ dự án, với khoảng thời gian xác định và kinh phí xác định, việc ưu tiên tác vụ này sẽ làm ảnh hưởng tới mục tiêu, hành vi của tác vụ khác;
- Các nguồn lực: trong việc phân bổ nguồn lực cho các đơn vị thành viên dự án, các bên đều có các kỳ vọng riêng của bản thân về giá trị đạt được, các đối tượng đều có yêu cầu về nguồn lực nhất định và nguồn lực là có hạn, vì vậy việc tranh giành nguồn lực tốt cũng là một bài toán quan trọng cần xem xét;
- Các vấn đề kỹ thuật: các xung đột có liên quan tới vấn đề kỹ thuật của dự án xảy ra không nhiều nhưng cũng có mức ảnh hưởng lớn tới chất lượng dự án, chẳng hạn việc quyết định dùng các công nghệ, phiên bản khác nhau sẽ gây ra xung đột giữa các đối tượng sử dụng kỹ thuật đó;
- Thủ tục hành chính: ví dụ về xung đột có nguồn gốc từ thủ tục hành chính là sự khác biệt về các quy định, luật, quy chế liên quan tới việc thực hiện dự án, có nhiều ví dụ thực tế về việc khác biệt trong các quy định hành chính sẽ dẫn tới xung đột giữa các cá nhân, xung đột giữa công việc thực hiện;
- Vấn đề cá nhân: một trong các ví dụ dễ thấy nhất của nguồn gốc Vấn đề cá nhân cho xung đột là việc các thành viên dự án có xung đột về các lý do cá nhân với nhau, như trong sinh hoạt, trao đổi, tính cách. Sự khác biệt này sẽ ảnh hưởng ngược lại vào chất lượng dự án;
- Chi phí: chi phí dự án thường là cố định, do vậy việc tăng chi phí cho mảng việc này sẽ làm giảm chi phí cho mảng việc khác, xung đột liên quan tới chi phí thường có ảnh hưởng ngay lập tức và cũng yêu cầu các phản ứng, giải pháp sớm.

Trong nghiên cứu của Thamhain, Wslemon và Posner, các nguồn gốc gây xung đột trong quản lý dự án được chia thành 3 nhóm chính bao gồm [33]:

- Xung đột giữa mục tiêu và kết quả, các tiêu chí về hiệu năng, độ ưu tiên;
- Các xung đột thuộc về vấn đề hành chính, thuộc về các lĩnh vực quản lý tổ chức, cấu trúc dự án; xác định nhiệm vụ, vai trò khi thực hiện dự án; trách nhiệm và tính sở hữu khi thực hiện nhiệm vụ dự án hoặc ra quyết định;

- Các xung đột liên quan tới yếu tố con người, xảy ra trong các vấn đề về đạo đức nghề nghiệp; tính cách, phong cách cá nhân.

Các nhóm chính trên được phân chia thành các nguồn xảy ra cụ thể tương tự như đề cập trong PMBOK bao gồm: sắp xếp kế hoạch, xác định mức độ ưu tiên thực hiện tác vụ dự án, các nguồn lực, các vấn đề kỹ thuật, thủ tục hành chính, vấn đề cá nhân, chi phí. Vì vậy các phân tích cụ thể về xung đột trong nghiên cứu này sẽ dựa theo các phân loại như trên.

Bảng 1.2: Nguồn của xung đột và xếp hạng theo mức độ ảnh hưởng [33]

Nguồn xảy ra xung đột	Xếp hạng theo mức độ ảnh hưởng	
	Thamhain, Wilemon	Posner
Mức độ ưu tiên thực hiện tác vụ dự án	2	3
Thủ tục hành chính	5	7
Các vấn đề kỹ thuật	4	5
Các nguồn lực	3	4
Chi phí	7	2
Sắp xếp kế hoạch	1	1
Vấn đề cá nhân	6	6

Môi trường dự án không thể tránh khỏi việc xảy ra xung đột, không chỉ trong các nghiên cứu của PMBOK và Vijay K. Verma [1, 34] xác định ra 7 nguồn chính của xung đột, các nghiên cứu riêng rẽ của Thamhain, Wilemon và Posner [33] cũng xác định 7 nguồn chính của xung đột, và hoàn toàn đồng nhất với các nghiên cứu trên. Trong *Bảng 1.2* chỉ ra đánh giá giữa 7 nguồn này xét theo mức độ ảnh hưởng lên dự án. Dựa trên các thông tin này, trong trường hợp dự án có nhiều xung đột đồng thời, ta sẽ có các mức độ ưu tiên khác nhau để xử lý.

Mỗi khi xung đột không được quản lý hoặc quản lý kém sẽ tạo ra sự mất niềm tin và từ đó làm mất năng suất lao động. Đối với một tổ chức bất kỳ nào, nơi mà thành công thường xoay quanh bởi sự gắn kết của con người với con người, sự mất lòng tin vào nhau sẽ làm giảm dần hiệu quả công việc. Người đứng đầu một tổ chức cần phải đối phó ngay với các cuộc xung đột trước khi để nó tăng lên tới mức không thể sửa chữa được. Vì vậy xác định cụ thể các xung đột hiện có, và lên kế hoạch đối phó với chúng sẽ đem lại sự chặt chẽ và chất lượng cho dự án. Trong hệ thống các phân loại về xung đột, chúng ta lựa chọn xác định, liệt kê danh sách các xung đột theo nguồn gốc, được chỉ ra trong *Bảng 1.3*.

Bảng 1.3: Nguồn gốc và các xung đột [33]

Nguồn gốc	Mô tả xung đột
Sắp xếp kế hoạch	Xung đột giữa các điều kiện xếp lịch thực hiện dự án Xung đột trong lịch thanh toán dự án Xung đột giữa kế hoạch và các hoạt động quản lý dự án khác, ví dụ: chi phí, thời gian, nhân sự, các nguồn lực... Xung đột giữa các thay đổi
Xác định mức độ ưu tiên thực	Xung đột trong việc phân công thực hiện tác vụ Xung đột giữa các yếu tố ràng buộc của tác vụ dự án Mức độ ưu tiên của từng loại nhiệm vụ không được xác định rõ

hiện tác vụ dự án	Xung đột giữa mức độ ưu tiên khi triển khai các phương pháp xử lý rủi ro
Các nguồn lực	Xung đột trong phân công vai trò thực hiện dự án và năng lực Xung đột trong phân bổ nguồn lực dự án Xung đột trong đấu thầu nhiều vòng Xung đột trong đấu thầu
Các vấn đề kỹ thuật	Xung đột giữa các kênh liên lạc Xung đột giữa độ phức tạp công nghệ và thời hạn hoàn thành dự án Xung đột giữa năng lực nhân viên và công nghệ dự án Xung đột giữa công nghệ và quá trình đào tạo
Thủ tục hành chính	Xung đột giữa các phương thức quản lý dự án Xung đột giữa các nhiệm vụ của bộ phận thực hiện dự án Xung đột về quy trình thực hiện dự án và tốc độ thực hiện dự án Xung đột giữa các chuẩn áp dụng dự án
Vấn đề cá nhân	Xung đột giữa mục tiêu của nhà đầu tư Xung đột giữa ban quản lý và các thành viên thực hiện dự án Xung đột giữa các thành viên dự án Xung đột giữa kinh nghiệm dự án và chi phí trả lương thành viên
Chi phí	Xung đột trong phân bổ chi phí dự án Xung đột trong quản lý tài chính và các thay đổi của dự án Xung đột về quản lý tài chính và chất lượng dự án Xung đột về quản lý tài chính và đào tạo nguồn lực nhân sự dự án

Các bài toán về xung đột tiêu biểu trên được tổ chức và biểu diễn theo nguồn hoặc nguyên nhân của xung đột, ngoài ra theo như *mục 1.1.3*, các bài toán về xung đột còn có thể phân loại theo tiêu chí khác như:

- Do tác nhân bên trong hoặc bên ngoài gây nên
- Theo số lượng các tác nhân liên quan tới xung đột (2 hoặc nhiều)
- Theo vai trò của tác nhân trong dự án (chủ đầu tư, 1 hoặc nhiều nhóm/tổ chức nằm trong dự án)

Trong các phần dưới đây, luận án sẽ tiếp tục phân tích để làm rõ hơn việc phân loại phù hợp với mô hình đề ra trong luận án.

1.2 Lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash

1.2.1 Giới thiệu về Lý thuyết trò chơi

Lý thuyết trò chơi (Game Theory - GT) là một nhánh của toán học ứng dụng được sử dụng để phân tích các tình huống cạnh tranh mà kết quả không phụ thuộc vào sự lựa chọn của một bên hay còn là cơ hội lựa chọn của các người chơi khác. Bởi vậy, kết quả sẽ phụ thuộc vào quyết định của tất cả người chơi, trong đó mỗi người chơi sẽ cố gắng dự đoán sự lựa chọn của những người chơi còn lại để có thể đưa ra lựa chọn tốt nhất cho mình. Một số ý tưởng về lý thuyết trò chơi được khởi nguồn từ thế kỷ thứ 18, nhưng cho đến những năm 1920 thì lý thuyết trò chơi mới có sự phát triển lớn qua nhà toán học Emile Borel (1871-1956) và John Von Neumann (1903-1957). Một sự kiện quyết định trong sự phát triển của học thuyết này là việc xuất bản cuốn sách “*Lý thuyết trò chơi và hành vi kinh tế*” của Von Neumann và Oskar Morgenstern năm 1944. Trong những năm 1950, mô hình lý thuyết trò chơi bắt đầu được sử dụng trong lý thuyết kinh tế, khoa học

chính trị và tâm lý học đã bắt đầu nghiên cứu về cách cư xử của con người trong các trò chơi thử nghiệm. Những năm 1970, lần đầu tiên lý thuyết trò chơi được sử dụng như một công cụ trong sinh học tiến hóa. Sau đó, lý thuyết trò chơi dần thống trị lý thuyết kinh tế vi mô, khoa học xã hội và hành vi khác [1].

Có nhiều định nghĩa về lý thuyết trò chơi, trong đó có thể kể đến Maschler, Solan và Zamir định nghĩa rằng: *lý thuyết trò chơi là một phương pháp sử dụng các công cụ toán học để mô hình hóa và phân tích các trạng thái liên quan tới nhiều người ra quyết định – người chơi*. Theo Osborne và Rubinstein, *lý thuyết trò chơi là một gói các công cụ phân tích được thiết kế để giúp chúng ta hiểu về hiện tượng mà chúng ta quan sát thấy khi các người ra quyết định có tương tác với nhau* [35].

Lý thuyết trò chơi được áp dụng sử dụng vào nhiều ngành, lĩnh vực như chính trị học, đạo đức học, kinh tế... và đặc biệt là khoa học máy tính ứng dụng trong trí tuệ nhân tạo và điều khiển học. Lý thuyết trò chơi dần đóng vai trò quan trọng trong logic và khoa học máy tính. Một số lý thuyết logic có cơ sở trong ngữ nghĩa trò chơi, mô phỏng các tính toán tương tác với nhau [36, 37, 38].

Các trò chơi được nghiên cứu, xem xét trong lý thuyết trò chơi là các đối tượng toán học được xác định rõ. Một trò chơi trong lý thuyết trò chơi cần được xác định đầy đủ các yếu tố như: người tham gia trò chơi; những thông tin và hành động có sẵn cho mỗi người chơi tại mỗi thời điểm quyết định (hay còn gọi là tập các chiến lược) và cơ chế thưởng phạt (payoff) tương ứng với mỗi tổ hợp các chiến lược. Tất cả các yếu tố này thường được sử dụng với một khái niệm giải pháp lựa chọn để có thể suy ra một tập hợp các chiến lược cân bằng cho mỗi người chơi. Những chiến lược cân bằng xác định một trạng thái cân bằng của các trò chơi hay là một trạng thái ổn định, trong đó một trong hai kết quả xảy ra hoặc một loạt các kết quả xảy ra với xác suất đã biết.

Thường có 2 cách phổ biến để biểu diễn trò chơi: Biểu diễn trò chơi dạng chiến lược và Biểu diễn trò chơi dạng mở rộng [3].

Biểu diễn trò chơi dạng chiến lược (hay còn được gọi là dạng chuẩn tắc): là hình thức biểu diễn ma trận thưởng phạt cho các tình huống của người chơi. Dạng biểu diễn này là một dạng biểu diễn thông thường của trò chơi trong đó những người chơi sẽ đồng thời đưa ra lựa chọn cho chiến lược của họ. Mức kết quả thưởng phạt được trình bày trong một bảng với mỗi một ô tương ứng là mỗi cặp chiến lược. Dạng biểu diễn này thích hợp trong trường hợp các người chơi đồng thời thực hiện quyết định mà không biết về hành động của người kia. Trong 1 trò chơi ở dạng chiến lược, mô hình trò chơi được biểu diễn bằng một bộ dữ liệu gồm 3 thành phần $(N, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N})$, trong đó N là tập người chơi, A_i là tập chiến lược của người chơi i , u_i là hàm payoff cho người chơi i [35].

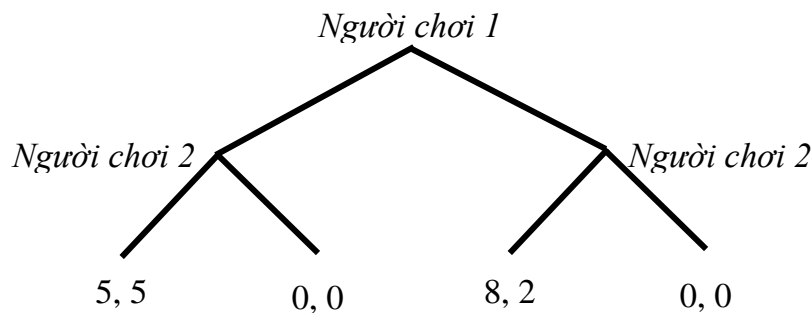
Bảng 1.4: Biểu diễn trò chơi dạng chiến lược [1]

Tù nhân A	Tù nhân B	
	Im lặng	Đổ tội
Im lặng	2, 2	0, 3
Đổ tội	3, 0	1, 1

Bảng 1.4 là một minh họa biểu diễn trò chơi dưới dạng chuẩn tắc cho bài toán nổi tiếng “Song đề tù nhân” trong đó mỗi tù nhân sẽ có 2 chiến lược hoặc là “Im lặng” hoặc là “Đổ tội” cho đối phương. Đây là hai tù nhân trong một vụ án được đặt trong một ô riêng và ở đây không có đủ bằng chứng để buộc tội ai trong số họ. Trong trò chơi này

thường phạt là những giá trị tiêu cực bởi nó đại diện cho số năm tù. Nếu cả hai tù nhân cùng im lặng thì họ sẽ phải nhận 2 năm tù, còn nếu cả hai cùng đổ tội cho đối phương thì họ chỉ phải ngồi 1 năm tù. Tuy nhiên, nếu một trong số họ thú nhận trong khi người kia không, họ sẽ nhận được kết quả khác nhau là một người sẽ được trả tự do trong khi người còn lại sẽ phải ngồi 3 năm tù [1].

Biểu diễn trò chơi dạng mở rộng: là một dạng trò chơi sử dụng một cây trò chơi, là dạng biểu đồ cho biết lựa chọn này được thực hiện tại thời điểm khác nhau tương ứng với một nút. Các trò chơi dạng mở rộng được sử dụng để hợp thức hóa các trò chơi với một trình tự thời gian của các lượt đi. Các đoạn thẳng đi ra từ đỉnh đó biểu diễn các hành động của người chơi đó. Mức thưởng phạt được ghi rõ tại lá cây. Các dạng mở rộng thường là các hình thức biểu diễn tổng quát nhiều người chơi cho một cây quyết định.



Hình 1.3: Biểu diễn trò chơi dạng mở rộng [1]

Trò chơi trong hình vẽ trên gồm có 2 người chơi, người chơi 1 sẽ là người đầu tiên đưa quyết định còn người chơi 2 sẽ quyết định sau khi quan sát những gì mà người chơi 1 đã quyết định. Mức thưởng phạt ở phần cuối đại diện cho tất cả các kết quả có thể có với các lựa chọn khác nhau của hai người chơi.

Biểu diễn hình thức trò chơi:

Dạng chiến lược của một trò chơi là một bộ dữ liệu $\langle N, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N} \rangle$, trong đó [35]:

- N là tập người chơi
- A_i là tập chiến lược của người chơi i
- $A := \{(a | a = a_i \in A_i, \forall i \in N)\}$ là tập các chiến lược
- $u_i: A \rightarrow R$ là hàm payoff cho người chơi i tham chiếu sang tập số thực, trong đó $(a_1, \dots, a_N) \rightarrow u_i(a_1, \dots, a_N)$ có nghĩa rằng với chiến lược đã chọn của người chơi i sẽ có một bộ $N-1$ chiến lược của các người chơi khác đối phó lại, chất lượng của bộ chiến lược sẽ được đánh giá bằng hàm u_i

Trong đó hàm payoff có thể là lợi nhuận (để tối đa hóa) hoặc là chi phí (để tối thiểu hóa). Ngoài ra cách khác để biểu diễn tập chiến lược là:

$(a_j)_{j \in N} = (a_1, \dots, a_N) = (a_i, a_{-i})$, trong đó, $a_{-i} = (a_j)_{j \in N, j \neq i}$ là chiến lược của các người chơi khác i .

1.2.2 Các loại trò chơi

Trò chơi đồng thời và trò chơi tuần tự:

Trò chơi đồng thời là dạng trò chơi mà các người chơi sẽ đồng thời thực hiện nước đi mà không biết nước đi cùng thời điểm của các đối thủ kia. Họ đồng thời đưa ra quyết định cùng lúc và thường được mô tả qua hình thức chơi chiến lược. Trạng thái cân bằng

của trò chơi đạt khi cả hai cùng đưa ra quyết định hợp lý và không có lý do để họ có thể thay đổi quyết định đó. Một ví dụ điển hình cho loại trò chơi này chính là bài toán “Song đề tù nhân”. Trò chơi tuần tự là trò chơi mà những người chơi lần lượt thực hiện các nước đi sau khi đã biết được nước đi của các người chơi phía trước. Trong trò chơi tuần tự thì người chơi sau có một số thông tin về hành động của người chơi trước đó nhưng thông tin này không phải là thông tin đầy đủ về mọi hành động của người chơi trước đó [4]. Chẳng hạn, người chơi 1 có thể biết rằng người chơi 2 đã thực hiện những hành động cụ thể nào trước đó nhưng người chơi đó lại không biết được những hành động có sẵn khác của người chơi 2. Trò chơi tuần tự thường được biểu diễn dưới dạng cây trò chơi, có trục thời gian và còn được gọi là trò chơi mở rộng. Trong khi đó, trò chơi đồng thời lại được biểu diễn như một ma trận thưởng phạt, không có trục thời gian diễn ra và là một dạng của kiểu trò chơi chiến lược. Một ví dụ của trò chơi tuần tự là bài toán “Fair cake cutting” trong đó bánh có các lớp phủ khác nhau (topping), việc cắt bánh được coi là hợp lý nếu không làm ảnh hưởng đến các trang trí của lớp phủ như các hình khối, hoa quả, ngoài ra lát cắt cần phải phân chia đúng với người nhận có sở thích về lớp phủ [68].

Trò chơi đối xứng và bất đối xứng:

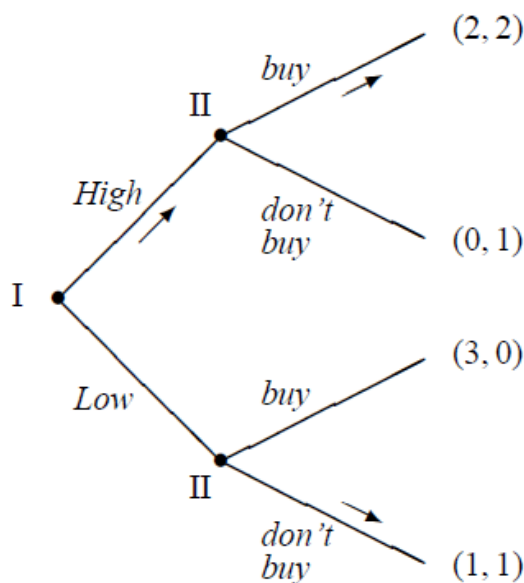
Trò chơi đối xứng là trò chơi mà phần lợi ích cho việc chơi một chiến thuật nào đó chỉ phụ thuộc vào chiến thuật được sử dụng chứ không phụ thuộc vào người nào đang chơi. Cơ chế thưởng phạt ứng với một chiến lược cụ thể nào đó thì chỉ phụ thuộc vào chiến thuật sử dụng. Nếu như tính danh của những người chơi có thể thay đổi mà không làm thay đổi phần lợi ích đối với chiến thuật chơi thì một trò chơi là đối xứng. Các bài toán tương tự như song đề tù nhân đều là các trò chơi đối xứng [4]. Trò chơi bất đối xứng là trò chơi mà chiến thuật sử dụng cho mỗi người chơi là khác nhau. Đa số những trò chơi bất đối xứng được nghiên cứu là những trò chơi mà tập các chiến thuật khác nhau được sử dụng bởi hai người chơi. Tuy nhiên, trong một số trường hợp trò chơi vẫn có chiến lược giống nhau cho cả hai người chơi nhưng vẫn là trò chơi bất đối xứng. Ví dụ của trò chơi đối xứng là bài toán “Song đề tù nhân” đã được giới thiệu tại mục 1.2.1, ví dụ của trò chơi bất đối xứng là bài toán “Tối hậu thư” (Ultimatum game) trong đó từ khoản tiền ban đầu được cho, người chơi phải san sẻ với người chơi khác, người chơi đó có thể lựa chọn đồng ý hoặc từ chối, khi lựa chọn từ chối tập chiến lược hai bên sẽ trở thành bất đối xứng.

Trò chơi có tổng bằng không và trò chơi có tổng khác không:

Trò chơi có tổng bằng không là trò chơi mà tổng điểm của các người chơi bằng không, số lợi ích của người này thu được bằng thiệt hại từ người chơi khác. Trò chơi tổng bằng không là một trường hợp đặc biệt của trò chơi tổng khác không, trong đó sự lựa chọn của người chơi không làm thay đổi các nguồn lực có sẵn. Trong trò chơi này, mọi tổ hợp các chiến lược chơi, tổng điểm của tất cả các người chơi trong ván chơi luôn bằng không. Các loại trò chơi cổ điển như cờ tướng, cờ vua là một ví dụ của dạng trò chơi tổng bằng không. Trò chơi có tổng khác không là loại trò chơi mà khi lợi ích của người chơi không nhất thiết thu được từ thiệt hại của người chơi khác hay lợi ích của người chơi này không nhất thiết phải tương ứng với thiệt hại của người chơi kia. Có thể biến đổi một trò chơi bất kỳ thành một trò chơi tổng bằng không bằng cách bổ sung một người chơi bù nhìn sao cho thiệt hại của người chơi bù nhìn này bù lại tổng thu hoạch của các người chơi khác [4]. Bài toán song đề tù nhân là minh họa cho trò chơi tổng khác không do có một số kết cục có tổng kết quả lớn hơn hoặc nhỏ hơn không, còn cờ vua là một ví dụ của trò chơi có tổng bằng không.

Trò chơi thông tin hoàn hảo và trò chơi thông tin không hoàn hảo:

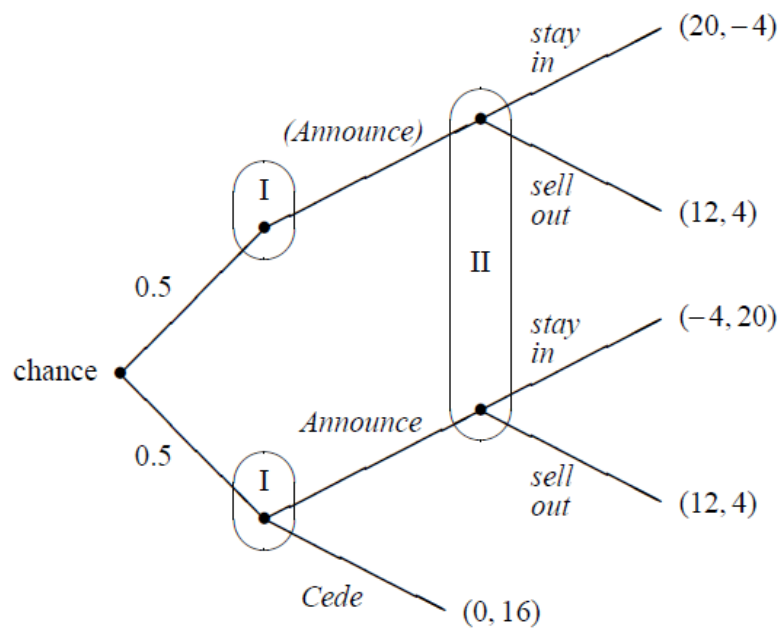
Trò chơi thông tin hoàn hảo là trò chơi mà người chơi biết được tất cả các nước đi của đối thủ đã thực hiện và là bài toán con của trò chơi tuần tự. Do vậy chỉ có các trò chơi tuần tự mới có thể là các trò chơi thông tin hoàn hảo. Đa số các trò chơi được nghiên cứu trong lý thuyết trò chơi là các trò chơi có thông tin không hoàn hảo trừ một số trò chơi như cờ vây, cờ vua lại là trò chơi thông tin hoàn hảo. Tính chất thông tin hoàn hảo thường bị nhầm lẫn với khái niệm về thông tin đầy đủ. Tính chất thông tin đầy đủ đòi hỏi rằng mỗi người chơi biết hết về các chiến lược và thành quả thu được của các người chơi khác, nhưng không nhất thiết biết về các hành động của họ.



Hình 1.4: Trò chơi thông tin hoàn hảo [5]

Hình 1.4 trên minh họa cho kiểu cho chơi thông tin hoàn hảo. Trò chơi được bắt đầu tại nút ban đầu và kết thúc tại điểm nút cuối thiết lập kết quả và quyết định thưởng phạt của người chơi. Đây là bài toán mô tả sự lựa chọn giữa người cung cấp dịch vụ và nhà đầu tư. Người chơi I tức người cung cấp sẽ đưa ra quyết định đầu tiên là chọn “High” hoặc “Low” tức giá trị dịch vụ. Sau đó người chơi II đã biết thông tin về chiến lược của người chơi I trước đây và có thể đưa ra quyết định tốt nhất cho bản thân là “Buy” hoặc “Don’t buy”. Ví dụ nếu người chơi I đã chọn “High” và người chơi II quyết định “Buy” thì kết quả thưởng phạt của người chơi II là 2 sẽ lớn hơn 1 khi chọn “Don’t buy”. Nếu người chơi 1 chọn “Low” thì người chơi II chọn “Don’t buy” [5] và nhận được kết quả tương ứng.

Trò chơi thông tin không hoàn hảo là trò chơi mà khi người chơi không biết đầy đủ thông tin về các nước đi của người chơi khác. Trò chơi phong phú hơn với những thông tin không hoàn hảo một cách chính xác đối với người chơi khi đưa ra lựa chọn. Mô hình hóa và đánh giá thông tin chiến lược là một thế mạnh của lý thuyết trò chơi.



Hình 1.5: Trò chơi thông tin không hoàn hảo [5]

Hình 1.5 biểu diễn trò chơi ở trên là một ví dụ cho trò chơi với thông tin không hoàn hảo. Trò chơi bắt đầu với một bước đi ngẫu nhiên với xác suất 0,5 là cơ hội để đưa ra quyết định của một công ty phần mềm đưa ra lựa chọn I sẽ là đương đầu với thách thức thị trường hay chấp nhận đầu hàng khó khăn và sẽ có lợi thế nếu tiến lên trên hoặc bất lợi khi chọn theo hướng đi xuống khi chọn lựa chọn lần đi thứ II. Khi công ty rơi vào vị trí bất lợi thì có thể chọn từ bỏ thị trường với kết quả thưởng phạt (0, 16). Hoặc có thể đưa ra sản phẩm cạnh tranh nhằm bán ra thị trường với kết quả thưởng phạt là 12 và 4 đối với lựa chọn quyết định thứ I và II. Tuy nhiên nếu quyết định lựa chọn thứ II quyết định giữ lại thì lợi nhuận của công ty sẽ tăng và đạt kết quả là 20 [5].

Trò chơi hợp tác và trò chơi không hợp tác:

Trò chơi hợp tác là trò chơi mà giữa các người chơi có hình thành các cam kết ràng buộc. Còn trong *Trò chơi không hợp tác* thì điều này không xảy ra. Thông thường thì sự trao đổi, giao tiếp giữa các người chơi sẽ được cho phép trong trò chơi hợp tác. Trong hai loại trò chơi này, trò chơi không hợp tác có thể mô hình hóa tình huống đến các chi tiết nhỏ nhất và cho các kết quả chính xác. Trò chơi hợp tác tập trung vào các trò chơi có độ phức tạp lớn. Một nỗ lực đáng kể được thực hiện nhằm liên kết giữa hai cách tiếp cận vì trong thực tế nhiều vấn đề là kết hợp giữa không và có hợp tác. Cách tiếp cận đó được gọi là *Trò chơi lai*, là loại trò chơi mà có chứa cả các thành phần hợp tác và không hợp tác [5]. Một trong các ví dụ của dạng trò chơi hợp tác là bài toán quản lý nghề cá được nêu trong [71] trong đó xung đột giữa hai bên cùng chung vùng tài nguyên nước, hai bên bắt buộc phải hợp tác phối hợp trong khi vẫn có những tính toán riêng của mình. Trong loại trò chơi không hợp tác, là loại phổ biến hơn, bài toán “Song đề tù nhân” là một ví dụ điển hình vì trong khi tính toán chiến lược, hai người chơi chủ yếu là lựa chọn phương pháp không hợp tác với nhau.

1.2.3 Mô hình cân bằng Nash

Cân bằng Nash là một khái niệm cơ bản trong lý thuyết trò chơi được đưa ra bởi J.F. Nash (năm 1951) và được sử dụng rộng rãi trong việc dự đoán kết quả của sự tương tác chiến lược trong các ngành khoa học xã hội. Một trò chơi bao gồm ba yếu tố như:

một tập hợp các người chơi; một tập hợp các hành động (hay chiến lược) có sẵn cho mỗi người chơi và một tập các kết quả thưởng phạt tương ứng. Các kết quả thưởng phạt này tương ứng với mỗi hành động chiến lược của người chơi đã lựa chọn. Một mô hình cân bằng Nash cơ bản là một tập các hành động với các kết quả thưởng phạt nhằm đảm bảo không có bất cứ người chơi nào có thể có kết quả thưởng phạt cao hơn bằng việc làm sai lệch các lựa chọn có sẵn [39].

Cân bằng Nash xác định một chiến lược tối ưu cho các trò chơi khi chưa có điều kiện tối ưu nào được xác định trước đó. Định nghĩa cơ bản của cân bằng Nash là: Nếu tồn tại một tập hợp các chiến lược cho một trò chơi với đặc tính là không có một đối thủ nào có thể hưởng lợi bằng cách thay đổi chiến lược hiện tại của mình khi các đối thủ khác không thay đổi, tập hợp các chiến lược đó cùng kết quả tương ứng nhận được tạo nên cân bằng Nash. Nói cách khác, cân bằng Nash đạt được nếu như thay đổi một cách đơn phương của bất cứ ai trong số các đối thủ sẽ làm cho chính người đó thu lợi ích ít hơn mức có được với chiến lược hiện tại. Khái niệm này áp dụng cho những trò chơi gồm từ hai đối thủ trở lên và Nash đã chỉ ra rằng tất cả các khái niệm khác nhau về giải pháp trong các trò chơi được đưa ra trước đó đều có cân bằng Nash.

Nhà khoa học John Nash năm 1950 đã định nghĩa: *tập chiến lược được lựa chọn* $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*)$ là cân bằng Nash nếu không người chơi nào hưởng lợi từ việc thay đổi chiến lược trong khi những người chơi khác giữ nguyên chiến lược họ đang chọn [35].

$$\forall i, a_i \in A_i: u_i(a_i^*, a_{-i}^*) \geq u_i(a_i, a_{-i}^*) \quad (1.1)$$

Tương ứng với đó, phương án lựa chọn tốt nhất là:

$$B_i(a_{-i}) := \left\{ a_i^* \in A_i \mid u_i(a_i^*, a_{-i}^*) = \max_{a_i \in A_i} u_i(a_i, a_{-i}^*) \right\} \quad (1.2)$$

Và đồng thời, trong điểm cân bằng Nash, mọi người chơi sẽ chọn phương án tốt nhất:

$$a_i \in B_i(a_{-i}^*), \forall i \in N \quad (1.3)$$

Trong đó, nếu gọi a_i^*, a_i là chiến lược khác nhau của người chơi i , thì a_{-i}^* là chiến lược của các người chơi khác i đối phó lại chiến lược của người chơi i , $u_i(a_i^*, a_{-i}^*)$ là hàm payoff của chiến lược a_i^* của người chơi i trong trường hợp các người chơi khác chọn chiến lược a_{-i}^* .

Trong game cộng tác với 2 người chơi với 2 chiến lược khác nhau và người này biết hành động của người kia, ở trạng thái cả 2 đều tối ưu được lợi ích của mình với trạng thái tương ứng của đối thủ thì khi đó ta được trạng thái cân bằng Nash. Như vậy bằng việc luân phiên thay đổi kế hoạch của mình dựa trên kế hoạch của đối thủ để đến khi cả hai không thể tối ưu được nữa, khi đó cả 2 đều đạt được lợi ích.

Chẳng hạn ta xét trong một ví dụ đơn giản như trong trò chơi gồm hai đối thủ cùng chọn song song một số bất kỳ từ 0 đến 10. Người nào chọn số lớn hơn sẽ thua và phải trả tiền cho người kia. Trò chơi này chỉ có một cân bằng Nash duy nhất là cả hai đối thủ đều chọn 0. Bất kỳ sự lựa chọn nào khác khi không biết sự lựa chọn của đối thủ kia cũng có thể làm đối thủ thua cuộc. Khi thay đổi luật chơi là mỗi đối thủ sẽ được hưởng số tiền bằng con số mà cả hai cùng chọn, nếu không chọn trùng nhau thì không ai có tiền, ta sẽ có 11 cân bằng Nash.

Một ví dụ minh họa nữa cho khái niệm cân bằng Nash như trong trò chơi có hai người chơi, mỗi người trong số họ có hai hành động có sẵn mà ta gọi là A và B. Nếu người chơi chọn hành động khác nhau thì họ nhận được kết quả là 0. Nếu cả hai chọn A họ sẽ nhận được kết quả là 2 còn nếu họ cùng chọn B thì kết quả là 1.

Một trò chơi có thể có nhiều hoặc không có cân bằng Nash. Nhà toán học người Mỹ John Nash cũng chứng minh rằng nếu cho phép các chiến lược hỗn hợp tức là các đối

thủ chọn ngẫu nhiên các chiến lược dựa vào khả năng đã được ấn định trước, thì bất cứ một trò chơi với n đối thủ nào trong đó mỗi đối thủ có thể chọn trong giới hạn cho trước nhiều chiến lược sẽ có ít nhất một cân bằng Nash của các chiến lược hỗn hợp. Chẳng hạn như trong trò chơi phối hợp ở ví dụ được biểu diễn qua hình 1.6 ở trên có một trạng thái cân bằng thứ ba trong mỗi lựa chọn của người chơi khi chọn A với xác suất là $1/3$, chọn B với xác suất $2/3$. cân bằng Nash có thể đa dạng hơn trong các trò chơi về kinh tế, nó đã cải tiến khái niệm cân bằng Nash với mục đích xác định các tiêu chí để đưa ra một trạng thái cân bằng duy nhất cho các lựa chọn [39].

Đối với trò chơi có các thông tin không hoàn hảo có thể ảnh hưởng lớn đến việc đưa ra các dự đoán liên quan tới khái niệm cân bằng Nash. Minh họa điển hình là tính hữu hạn lặp đi lặp lại trong bài toán “Song đề tù nhân”. Giả sử mỗi người chơi đều tin rằng có một số khả năng cho dù rất nhỏ, mà đối thủ của mình sẽ hợp tác trong các lần lựa chọn mà không trốn tránh. Nếu n các bước đi được thể hiện thì các đối thủ sẽ đưa ra các phương án ngược nhau và sẽ không đạt trạng thái cân bằng. Do đó, trong việc áp dụng các khái niệm về cân bằng Nash với các tình huống thực tế thì điều quan trọng cần quan tâm đến tập các thông tin cá nhân và tính hợp lý của những người mà họ đang có chiến lược tương tác [39].

Cân bằng Nash giúp làm rõ sự phân biệt giữa các trò chơi hợp tác và không hợp tác. Trong các trò chơi không hợp tác không tồn tại cơ chế thỏa thuận, vì thế chỉ có thỏa thuận thì cân bằng mới được duy trì. Một hướng lý thuyết trò chơi mới được mở đường bằng cân bằng Nash đã xóa bỏ sự phân biệt này bằng cách xóa bỏ các cơ chế áp đặt có liên quan trong mô hình trò chơi, từ đó các trò chơi được mô hình hóa với tính chất không hợp tác [39].

1.3 Tổng quan về các thuật toán tối ưu đa mục tiêu

1.3.1 Giới thiệu bài toán tối ưu đa mục tiêu

Giả thiết rằng tất cả các mục tiêu của bài toán cần được tối thiểu hóa – trong đó một mục tiêu loại tối thiểu hóa có thể được chuyển thành loại tối đa hóa bằng cách nhân cho -1. Bài toán tối ưu hóa K mục tiêu được định nghĩa như sau [40]:

Cho 1 vector biến quyết định n chiều $x = \{x_1, \dots, x_n\}$ trong không gian giải pháp X , tìm vector x^ mà nó tối thiểu tập K hàm mục tiêu đã cho $z(x^*) = \{z_1(x^*), \dots, z_K(x^*)\}$. Không gian lời giải X nói chung bị hạn chế bởi một loạt các ràng buộc có dạng $g_j(x^*) = b_j$ ($j=1, \dots, m$).*

Một lời giải khả thi (feasible solution) x được gọi là *vượt trội* (dominate) lời giải y ($x \gg y$), nếu và chỉ nếu, $z_i(x) \leq z_i(y)$ ($i=1, \dots, K$) và $z_j(x) < z_j(y)$ ở ít nhất một mục tiêu j . Một lời giải khả thi x được gọi là *không bị vượt trội* (non-dominated) khi nó không bị vượt trội bởi bất kỳ lời giải y nào trong không gian lời giải, ta có thể gọi lời giải đó là *tối ưu Pareto* (Pareto optimal). Tập tất cả các lời giải khả thi không bị vượt trội trong X được gọi là *tập tối ưu Pareto* (Pareto optimal set). Với tập tối ưu Pareto đã cho, các giá trị hàm mục tiêu tương ứng trong không gian mục tiêu được gọi là *Pareto Front* [40].

Mục tiêu của các giải thuật tối ưu đa mục tiêu là xác định các lời giải trong tập tối ưu Pareto. Thực tế, việc chứng minh một lời giải là tối ưu thường không khả thi về mặt tính toán. Vì vậy, một tiếp cận thực tế với bài toán tối ưu đa mục tiêu là tìm kiếm tập các lời giải là thể hiện tốt nhất có thể của tập tối ưu Pareto, một tập các lời giải như vậy được gọi là *tập Pareto được biết tốt nhất* (Best-known Pareto set). Với các định nghĩa nêu

trên, cách tiếp cận tối ưu hóa đa mục tiêu cần thực hiện tốt ba tiêu chí mâu thuẫn nhau sau đây:

- *Tập Pareto được biết tốt nhất* nên là một tập con của tập Pareto tối ưu
- Những lời giải trong tập *Pareto được biết tốt nhất* nên phân bố đều và đa dạng trên Pareto front để cung cấp cho người ra quyết định một hình ảnh về sự đánh đổi qua lại giữa các mục tiêu
- *Pareto front được biết tốt nhất* phải biểu thị toàn cảnh của Pareto front.

Với thời gian tính toán có giới hạn cho trước, tiêu chí thứ nhất được thực hiện tốt nhất bằng cách tập trung (tăng cường) sự tìm kiếm trên một vùng đặc biệt của Pareto front. Trái lại, tiêu chí thứ hai đòi hỏi quá trình tìm kiếm phải phân bố đều trên Pareto front. Tiêu chí thứ ba nhằm vào việc mở rộng Pareto front tại hai đầu nhằm thăm dò những lời giải cực trị.

1.3.2 Các giải thuật tiến hóa đa mục tiêu tiêu biểu

Giải thuật di truyền hay giải thuật tiến hóa là họ giải thuật tìm kiếm dựa trên quần thể lời giải, các quần thể được tiến hóa qua mỗi vòng đời để tạo ra một tập quần thể tốt hơn. Giải thuật tiến hóa với các mở rộng gần đây đặc biệt phù hợp để giải quyết các bài toán tối ưu đa mục tiêu. Các giải thuật tiến hóa được mở rộng (như NSGA-II, NSGA-III) có thể được nâng cấp để tìm kiếm tập Pareto-được-biết-tốt-nhất trong bài toán tối ưu đa mục tiêu chỉ trong số ít lượt chạy hơn nhiều so với các giải thuật tiến hóa truyền thống như giải thuật di truyền (GA). Do đó, giải thuật tiến hóa là cách tiếp cận meta-heuristic được ưa chuộng để giải bài toán tối ưu hóa đa mục tiêu, do đó cũng có thể gọi với một tên gọi phù hợp hơn và đang được sử dụng rộng rãi là *giải thuật tiến hóa đa mục tiêu* (MOEA). Trong số các phương pháp tối ưu hóa đa mục tiêu dựa vào meta-heuristic, 70% các phương pháp là dựa vào giải thuật di truyền [41].

Giải thuật tiến hóa đa mục tiêu (MOEA) đầu tiên được biết là Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA) được đề nghị bởi Schaffer, 1985 [42]. Sau đó, nhiều MOEA khác đã được phát triển bao gồm Multi-objective Genetic Algorithm (MOGA) bởi Fonseca và Fleming, năm 1993 [43], Niched Pareto Genetic Algorithm (NPGA) bởi Horn và các cộng sự, năm 1994 [44], Weight-Based Genetic Algorithm (WPGA) bởi Hajela và Lin, năm 1992 [45], Random Weight Genetic Algorithm (RWGA) bởi Murata và Ishibuchi, năm 1995 [46], Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA) bởi Srinivas và Deb, năm 1994 [47], Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA) bởi Zitzler và Thiele năm 1999 [48], SPEA cải tiến (SPEA2) bởi Zitzler và các cộng sự năm 2001 [49], Pareto-Archived Evolution Strategy (PAES) bởi Knowles và Corne năm 2000 [50], Pareto Enveloped-based Selection Algorithm (PESA) bởi Corne và các cộng sự năm 2000 [51], Region-based Selection in Evolutionary Multiobjective Optimization (PESA-II) bởi Corne và các cộng sự năm 2001 [52], Fast Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA-II) bởi Deb và các cộng sự năm 2002 [53], Rank-Density Based Genetic Algorithm (RDGA) bởi Lu và Yen năm 2003 **Error! Reference source not found.** và Dynamic Multi-Objective Evolutionary Algorithm (DMOEA) Yen và Lu năm 2003 [54].

Điểm khác biệt giữa các giải thuật MOEA nằm ở cách gán độ thích nghi (fitness assignment), cách duy trì quần thể ưu tú (elitism) và các tiếp cận nhằm đa dạng hóa quần thể [41]. Phương pháp hay dùng để gán độ thích nghi là *Xếp hạng Pareto* (Pareto ranking) được mô tả sau đây: Xếp hạng Pareto bao gồm việc gán thứ hạng 1 cho các cá thể không bị vượt trội trong quần thể và đưa chúng ra ngoài vòng xem xét; rồi tìm tập cá thể không bị vượt trội mới để gán thứ hạng 2 và tiếp tục như vậy. Kỹ thuật hay dùng để đa dạng hóa quần thể là *chia sẻ độ thích nghi* (fitness sharing). Phương pháp chia sẻ

độ thích nghi khuyến khích tìm kiếm trên những vùng chưa được thăm dò của Pareto front bằng cách giảm bớt độ thích nghi của các lời giải ở những vùng cá thể mật độ cao.

1.3.3 Đánh giá một số giải thuật MOEA tiêu biểu

Đặc điểm của một số giải thuật MOEA tiêu biểu nhất được mô tả sơ lược như sau:

Bảng 1.5: Đánh giá một số giải thuật MOEA

Thuật toán	Gán độ thích nghi	Cơ chế đa dạng hóa	Duy trì quần thể ưu tú
VEGA	Quần thể được phân thành K tiểu quần thể (K là số mục tiêu). Các cá thể trong mỗi tiểu quần thể được đánh giá theo một mục tiêu riêng.	Không có	Không có
MOGA	Dùng cách xếp hạng Pareto (Pareto ranking)	Chia sẻ độ thích nghi dùng số đếm vùng lân cận	Không có
NSGA	Xếp hạng dựa vào sắp thứ tự mức độ không vượt trội (non-domination sorting)	Chia sẻ độ thích nghi dùng số đếm vùng lân cận	Không có
NSGA-II	Xếp hạng dựa vào sắp thứ tự mức độ không vượt trội	Phương pháp dùng khoảng cách mật độ	Có
SPEA	Xếp hạng dựa vào kho lưu ngoài (external archive) của những lời giải không bị vượt trội	Gom cụm (clustering) để tỉa bớt quần thể ngoài	Có
SPEA-2	Dựa vào sức mạnh của các cá thể vượt trội (dominator)	Dùng mật độ dựa vào láng giềng gần nhất thứ k	Có
ϵ-MOEA	Lựa chọn dựa vào khái niệm ϵ -dominate		Có
GDE3	Không có lai ghép mà chỉ có đột biến và chọn lọc. Đánh giá độ thích nghi theo sự vượt trội	Chỉ dùng đột biến cá thể và thay thế	Có

1.3.4 MOEA framework và các giải thuật

Để giải quyết các bài toán tối ưu thì ta có thể tự xây dựng thuật toán từ đầu, tuy nhiên cũng có 1 cách tiếp cận khác nhanh hơn là sử dụng các công cụ, phần mềm hỗ trợ khác (bao gồm các thuật toán đã được xây dựng sẵn) để chạy ra kết quả. Không có nhiều các hệ thống như vậy trợ giúp trong việc cài đặt các giải thuật tối ưu mà đã được kiểm chứng và công nhận. Trong đề tài nghiên cứu, một số công trình công bố (CT1, CT2, CT3, CT4) đã viết một số giải thuật theo một số cách khác nhau như: tự code các giải thuật theo Giải thuật di truyền, sử dụng MATLAB trợ giúp tính toán các giải thuật liên quan tới tối ưu Pareto, sử dụng công cụ GAMBIT. Đó đều là các công cụ tốt và đã được kiểm chứng, tuy nhiên nhiều quá trình thử nghiệm đó cũng chưa tìm ra cách ứng dụng phù hợp cho lớp bài toán của luận án.

Qua quá trình tìm kiếm và sàng lọc, không có nhiều công cụ hỗ trợ chính thức việc triển khai các thuật toán ngoài các công cụ trên. Công cụ phổ biến và được biết tới rộng

rãi nhất là công cụ MOEA framework được sử dụng trong việc hỗ trợ xây dựng các giải thuật MOEA trong nhiều loại bài toán. Kể từ khi được giới thiệu vào năm 2011, mỗi tháng MOEA framework đều có hơn 900 lượt tải về mới theo thống kê của Github (<https://github.com/MOEAFramework/MOEAFramework>). MOEA framework là một thư viện mã nguồn mở viết bằng Java dành cho việc phát triển và thí nghiệm những thuật toán đa mục tiêu. MOEA framework cung cấp một bộ khung cho việc lập trình các thuật toán chứ không phải là giải pháp có sẵn, dựa trên công cụ này, người sử dụng sẽ tùy biến các khung thuật toán có sẵn, lập trình các module để đưa bài toán vào và tự định dạng hiển thị kết quả đầu ra. MOEA framework hỗ trợ giải thuật di truyền, tiến hóa khác biệt, phương pháp tối ưu bầy đàn, lập trình di truyền, tiến hóa ngữ pháp và nhiều cái khác. Rất nhiều thuật toán được framework cung cấp sẵn ví dụ như NSAG-II, NSGA-III, ϵ -MOEA, ϵ -NSGA-II, GDE3, PAES, PESA2, SPEA2, IBEA, SMS-EMOA, SMPSO, OMOPSO, CMA-ES, and MOEA/D [55]

Qua quá trình nghiên cứu và thử nghiệm ở tại các công bố sau đó (CT5, CT6, CT7, CT8) cho thấy rằng công cụ hỗ trợ là MOEA framework đã thỏa mãn được các tiêu chí nêu ra và rất phù hợp trong việc trợ giúp giải quyết các bài toán tối ưu đa mục tiêu của đề tài. Người dùng chỉ cần lập trình phân đầu vào bài toán bao gồm:

- Xử lý dữ liệu đầu vào theo đúng định dạng framework;
- Xử lý các vấn đề ràng buộc của đáp án;
- Kiểm tra tính đúng đắn và cung cấp định dạng kết quả đầu ra;
- Lựa chọn thuật toán chạy.

Các công việc sau đó framework sẽ xử lý và đưa ra kết quả. Ngoài ra, MOEA framework còn cung cấp những công cụ cần thiết cho việc thiết kế, phát triển, triển khai và kiểm thử thống kê tối ưu thuật toán [55]. Trong luận án, việc thử nghiệm mô hình và lập trình sẽ sử dụng 6 thuật toán là: **NSGA-II, ϵ -MOEA, GDE3, PESA2, ϵ -NSGA-II, SMPSO**. Lý do là vì 6 thuật toán này có cách tiếp cận khác nhau với bài toán, đảm bảo độ đa dạng để có thể so sánh được.

Thuật toán NSGA-II

Thuật toán NSGA-II được phát triển trên cơ sở của thuật toán GA gốc và NSGA. NSGA là thuật toán di truyền sử dụng *chiến lược trội* (*dominate*) trong quá trình đánh giá hàm thích nghi của các cá thể trong quần thể. Có thể hiểu rằng NSGA dùng khái niệm vừa nêu trên để xếp hạng các cá thể, sau đó tìm ra tập Pareto Front. Ngoài tiêu chí ở trên thì thật ra NSGA còn dùng 1 tiêu chí nữa là độ bao phủ, lời giải nào có độ bao phủ càng lớn (càng cách xa những lời giải khác) thì ưu tiên càng cao. Điều này là tiêu chí phụ đảm bảo cho tập lời giải đa dạng chứ không bị co cụm.

Tổng quan các bước của NSGA:

- Sinh tập cá thể ngẫu nhiên.
- Lai ghép và đột biến.
- Xếp hạng rồi chọn lọc.
- Nếu thỏa mãn thì dừng lại, chưa thì lại bắt đầu quay lại bước 2.

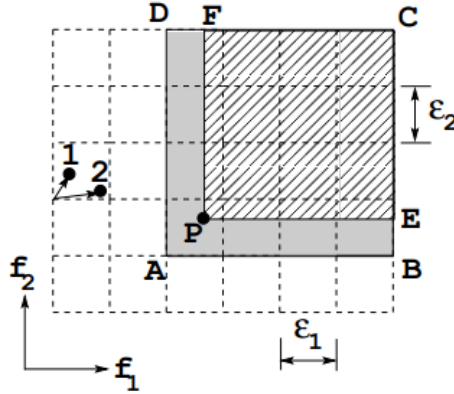
NSGA-II thì cải thiện hơn NSGA ở bước phân lớp Pareto Front.

Thuật toán ϵ -MOEA

ϵ -dominate là một khái niệm tổng quát của *dominate*. Gán cho mỗi lời giải một vector đặc trưng $B = (B_1, B_2, \dots, B_m)$ với m là số mục tiêu cần tối ưu, trong đó:

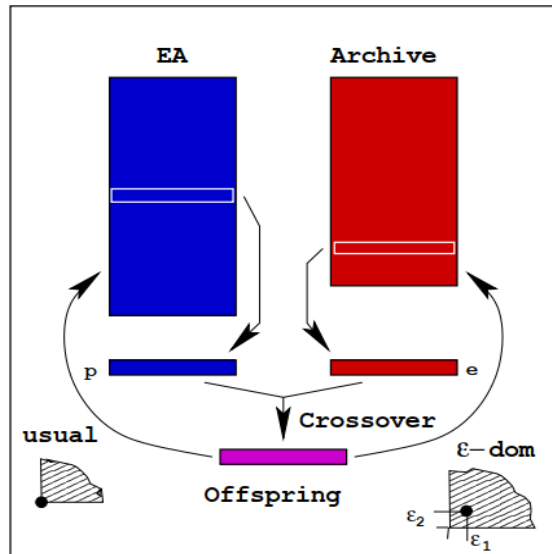
$$B_j(f) = \begin{cases} \lfloor (f_j - f_j^{min})/\epsilon_j \rfloor, & \text{cho việc tối thiểu hóa } f_j \\ \lceil (f_j - f_j^{min})/\epsilon_j \rceil, & \text{cho việc tối đa hóa } f_j \end{cases} \quad (1.4)$$

Ở đây, có thể coi như chia khoảng giá trị của các hàm mục tiêu f_j thành các đoạn liên tiếp có độ dài ϵ_j , kết quả ta thu được một *siêu khối* (*hyperbox*). Trong trường hợp $m=2$, ta thu được một lưới trên mặt phẳng tọa độ (hai chiều ứng với hai hàm mục tiêu) như hình dưới đây [57]:



Hình 1.6: Biểu diễn các lời giải trên không gian mục tiêu

Các điểm A, B, C, D, E, F, P biểu diễn biên quyết định có giá trị hàm mục tiêu là tọa độ tương ứng. Trong trường hợp tối ưu hóa min cả f_1 và f_2 , theo định nghĩa *dominate* thông thường, có thể thấy rằng điểm P *dominate* các điểm trong hình chữ nhật PECE. Tuy nhiên, trong khái niệm ϵ -*dominate*, điểm A sẽ được dùng để đánh giá ϵ -*dominate* cho điểm P, tức là với trường hợp này điểm P ϵ -*dominate* các điểm trong hình chữ nhật ABCD. Với định nghĩa như trên, ta thấy, hai điểm có thể ϵ -*dominate* lẫn nhau khi cùng nằm trong một ô vuông của lưới (có cùng vector đặc trưng). Đồng thời, khi các giá trị ϵ_j càng tiến đến 0 thì ϵ -*dominate* càng hiệu quả.



Hình 1.7: Biểu diễn quá trình chọn lọc trong thuật toán ϵ -MOEA

Về bản chất, thuật toán ϵ -MOEA là một giải thuật mở rộng của giải thuật di truyền, trong đó, mỗi lời giải được coi như một cá thể, tập lời giải là quần thể, hai lời giải (cha,

mẹ) có thể kết hợp (lai ghép) với nhau để tạo thành lời giải mới (cá thể con). Thuật toán ϵ -MOEA gồm các bước [57][58]:

- Khởi tạo ngẫu nhiên quần thể ban đầu $P(0)$;
- Chọn các cá thể tốt nhất trong $P(0)$ đưa vào quần thể $E(0)$ (quần thể lưu trữ/bảo tồn);
- Chọn ngẫu nhiên một cá thể trong mỗi quần thể $P(0)$, $E(0)$, lai ghép với nhau tạo thành cá thể con c (trong trường hợp tổng quát có thể tạo ra nhiều cá thể con c_i);
- với mỗi cá thể con được tạo ra, quyết định giữ lại hay không dựa vào khái niệm ϵ -dominate;
- Dừng lại nếu thỏa mãn điều kiện dừng (số vòng lặp tối đa, quần thể đủ tốt, không thay đổi) hoặc quay lại bước 3 nếu không thỏa mãn.

Thuật toán GDE3

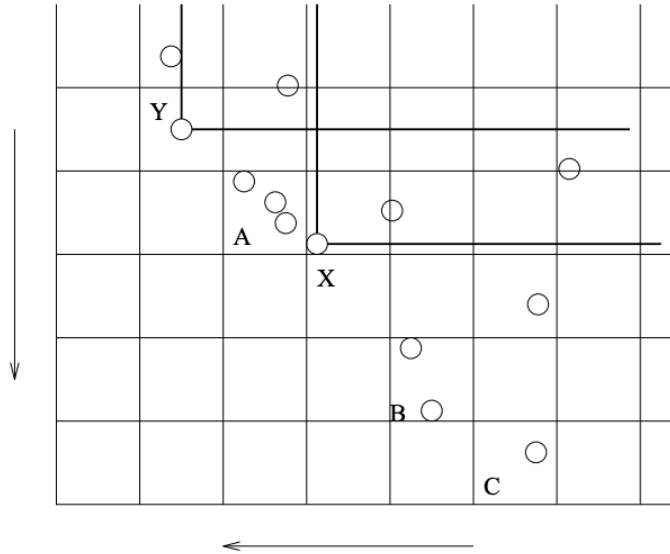
Thuật toán GDE3 cũng dựa trên giải thuật di truyền, tuy nhiên trong GDE3 lại không có lai ghép mà chỉ có đột biến và chọn lọc. Tư tưởng của GDE thuật toán là đột biến cá thể x thành cá thể x' theo 1 quy tắc nhất định. Sau đó so sánh x với x' xem cá thể nào tốt hơn thì sẽ lựa chọn. GDE2, GDE3 sau đó đã được phát triển dựa trên nền tảng của GDE. GDE3 mở rộng phương thức đột biến với M-Objectives và K-Constraints. Quy tắc lựa chọn của GDE3 như sau:

- Cả 2 không khả thi: cái mới được chọn nếu vi phạm ràng buộc ít hơn cái cũ;
- Khi có 1 cá thể khả thi và 1 không khả thi thì cá thể khả thi được chọn;
- Cả 2 khả thi: cá thể mới được chọn nếu *dominate* yếu hơn cá thể cũ ở hàm mục tiêu, cá thể cũ được chọn nếu *dominate* cá thể mới. Chọn cả hai nếu không cá thể nào *dominate* cá thể nào;
- Sau 1 thế hệ, số lượng cá thể có thể tăng lên. Nếu vào trường hợp này thì sẽ giảm size quần thể giống NSGA-II.

Thuật toán PESA2

Trong các thuật toán như PAES hay PESA, không gian mục tiêu chia thành các *siêu khối* (*hyperbox*), mỗi *hyperbox* bị chiếm bởi các cá thể được sử dụng để chọn lọc. Mô tả phân chia *hyperbox* như trong Hình 1.8. Một tập lưu trữ được duy trì chỉ chứa các giải pháp không bị trội và việc chọn lọc cá thể chỉ được thực hiện từ tập này. Hàm thích nghi của một cá thể được tính bằng số lượng giải pháp khác cùng *hyperbox* với cá thể đó. Thuật toán PESA2 dựa trên nguyên lý chuẩn của một thuật toán tiến hoá, duy trì 2 quần thể: một quần thể nội bộ (internal population) kích thước cố định và một quần thể ngoài (external population), ví dụ như một tập lưu trữ, không cố định số cá thể nhưng giới hạn kích thước quần thể [56].

Quần thể nội bộ lưu trữ các lời giải được tạo ra từ tập lưu trữ bằng các phép biến đổi khác nhau, và tập lưu trữ chỉ chứa các lời giải vượt trội được phát hiện trong suốt quá trình tìm kiếm. Một lưới quyết định được tạo ra trên không gian mục tiêu để duy trì đa dạng quần thể. Lưới quyết định được chia thành nhiều *hyperbox*. Số lượng giải pháp trong một *hyperbox* được gọi là mật độ của *hyperbox* và được sử dụng để phân biệt các giải pháp trong 2 quá trình quan trọng của một giải thuật tiến hoá đa mục tiêu (MOEA): chọn lọc dựa vào lai ghép và chọn lọc từ môi trường. Không giống như những thuật toán MOEA khác, việc lai ghép trong PESA-II được thực hiện theo khu vực hơn là theo cá nhân. Một *hyperbox* được chọn đầu tiên và sau đó cá thể được chọn để tiến hoá sẽ được chọn ngẫu nhiên từ *hyperbox* đã chọn, do đó các *hyperbox* đông hơn sẽ không đóng góp nhiều cá thể hơn so với các *hyperbox* thưa hơn [58].



Hình 1.8: Mô tả phương pháp chọn lọc trong các thuật toán MOEA hiện đại [56]

Trong quá trình chọn lọc từ môi trường, các cá thể ứng cử viên trong quần thể nội bộ lần lượt được thêm vào tập lưu trữ (archive set) nếu nó không bị trội bởi bất kỳ cá thể nào trong quần thể, và không bị trội bởi bất cứ cá thể nào trong tập lưu trữ. Khi một cá thể được thêm vào tập lưu trữ, sẽ có sự thay đổi của tập lưu trữ và lưới các *hyperbox*. Đầu tiên, các cá thể trong tập lưu trữ bị trội bởi cá thể ứng cử viên sẽ bị loại bỏ để chắc chắn rằng chỉ có các cá thể không bị trội mới có trong tập lưu trữ. Sau đó, lưới được kiểm tra xem biên của nó có bị thay đổi bởi việc thêm và bớt các cá thể. Cuối cùng, nếu việc thêm phần tử làm tập lưu trữ bị đầy, một phần tử ngẫu nhiên trong *hyperbox* đông nhất sẽ bị loại bỏ [58].

Thuật toán ϵ -NSGA-II

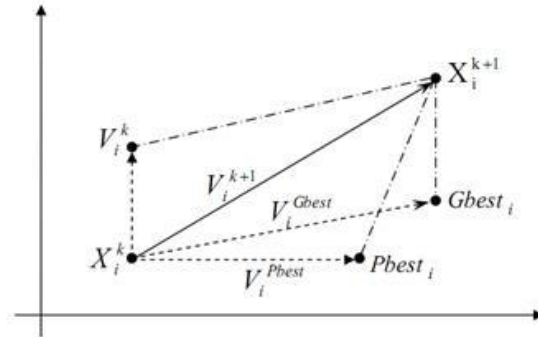
ϵ -NSGA-II có 4 phiên bản và chúng được xây dựng dựa trên NSGA II. Thuật toán này mở rộng NSGA II bằng cách áp dụng thêm các khái niệm ϵ -dominance, *adaptive population sizing* và *self termination* [59]. Người dùng có thể xác định trước độ chính xác họ muốn với các lời giải tối ưu Pareto thu được. Về cơ bản thì ý tưởng là áp dụng 1 lưới (kích thước dựa vào giá trị ϵ do user đặt ra) vào không gian tìm kiếm. Giá trị ϵ càng lớn thì thuật toán chạy càng nhanh nhưng lại được ít lời giải hơn và ngược lại ϵ nhỏ thì thuật toán chạy sẽ mất thời gian hơn nhưng cho ta nhiều lời giải hơn.

Các giải pháp sẽ có 1 giá trị thích nghi riêng của nó, từ giá trị thích nghi này thì ta có thể tham chiếu lời giải vào 1 khu vực riêng. Những lời giải ở trong cùng 1 khu vực với nhau thì sẽ được so sánh với nhau bằng NSGA II, lời giải nào bị *dominate* thì sẽ bị loại trừ. Điều này dẫn tới mỗi khu vực chỉ còn lại ít hơn một lời giải không bị *dominate*, chống lại sự phân cụm và dẫn tới những lời giải đa dạng hơn [59]. Quần thể tiếp tục được nhân đôi cá thể lên thành $4N$ cá thể để sử dụng trong lần chạy tiếp theo của ϵ -NSGA-II. Thuật toán dừng lại để cho phép người dùng đánh giá nếu như tập ϵ -dominate đã đạt đến một độ chính xác nhất định.

Thuật toán SMPSO

SMPSO được khởi tạo bằng một nhóm cá thể (lời giải) ngẫu nhiên và sau đó tìm lời giải tối ưu bằng cách cập nhật các thế hệ. Trong mỗi thế hệ, mỗi cá thể được cập nhật

theo hai giá trị tốt nhất. Giá trị thứ nhất là lời giải tốt nhất đạt được cho tới thời điểm hiện tại, gọi là P_{best} . Một lời giải tối ưu khác mà cá thể này bám theo là lời giải tối ưu toàn cục G_{best} , đó là lời giải tốt nhất mà cá thể lân cận cá thể này đạt được cho tới thời điểm hiện tại. Nói cách khác, mỗi cá thể trong quần thể cập nhật vị trí của nó theo vị trí tốt nhất của nó và của cá thể trong quần thể tính tới thời điểm hiện tại [19].



Hình 1.9: Mô phỏng các vector vị trí của một cá thể trong quần thể

Trong đó :

X_i^k : Vị trí cá thể thứ i tại thế hệ thứ k

V_i^k : Vận tốc cá thể i tại thế hệ thứ k

P_{best_i} : Vị trí tốt nhất của cá thể thứ i

G_{best_i} : Vị trí tốt nhất của cá thể trong quần thể

Vận tốc và vị trí của mỗi cá thể được tính như sau:

$$\begin{aligned} v_i^{k+1} &= w.v_i^k + c_1.r_1().(p_{best_i} - x_i^k) + c_2.r_2().(g_{best} - x_i^k) \\ x_i^{k+1} &= x_i^k + v_i^{k+1} \end{aligned} \quad (1.5)$$

Trong đó:

w : trọng số quán tính

c_1, c_2 : các hệ số gia tốc

r_1, r_2 : số ngẫu nhiên giữa 0 và 1

Các nhà nghiên cứu đã tìm ra giá trị của w lớn cho phép các cá thể thực hiện mở rộng phạm vi tìm kiếm, giá trị của w nhỏ làm tăng sự thay đổi để nhận được giá trị tối ưu địa phương. Bởi vậy, người ta đã nhận thấy rằng hiệu năng tốt nhất có thể đạt được khi sử dụng giá trị w lớn (chẳng hạn 0.9) ở thời điểm bắt đầu và sau đó giảm dần dần cho đến khi đưa ra được giá trị khác nhỏ của w [60].

1.4 Tổng hợp và đánh giá các nghiên cứu ứng dụng lý thuyết trò chơi trong quản lý dự án

1.4.1 Tình hình nghiên cứu ngoài nước

Các nghiên cứu áp dụng lý thuyết trò chơi hoặc cân bằng Nash vào trong thực tế thường xuất hiện nhiều tại các nghiên cứu về kinh tế, và ngày càng nhiều trong những năm gần đây. Ngoài ra, các nghiên cứu có đề xuất tới một giải pháp cụ thể để có thể tự động tính toán và giải pháp, tìm kiếm ra điểm cân bằng cũng không có nhiều, các nghiên cứu tập trung vào việc phân tích sự phù hợp về lý thuyết, xây dựng mô hình toán học, các định lý chứng minh tính khả thi của bài toán, sự tồn tại của điểm cân bằng Nash. Do đó, trong phần này sẽ chỉ tập trung trình bày các tìm hiểu, nghiên cứu các công bố quốc tế liên quan tới: (i) khái niệm về lý thuyết trò chơi, (ii) cân bằng Nash, (iii) các vấn đề

cụ thể trong quản lý dự án có thể áp dụng và (iv) các phương pháp giải quyết cụ thể bằng thuật toán sẽ có tác dụng trực tiếp trong việc định hướng nội dung của luận án.

Từ việc tìm hiểu các công bố quốc tế cho thấy về lĩnh vực nghiên cứu này đang tồn tại hai vấn đề chính, đầu tiên đó là chưa có một nghiên cứu tổng quan về tất cả các bài toán xung đột trong quản lý dự án, thứ hai đó là vẫn còn nhiều vấn đề xung đột có thể chuyển đổi sang mô hình của lý thuyết trò chơi mà vẫn chưa được khám phá nghiên cứu. Cụ thể về các nghiên cứu quan trọng liên quan tới đề tài sẽ được trình bày trong các phần sau đây:

Tác giả Brent Lagesse trong [11], nghiên cứu về mô hình hóa việc phân công nhiệm vụ là một nghiên cứu có phạm vi nhỏ, nghiên cứu giới thiệu về vấn đề khi giao việc đó là các nhiệm vụ không phù hợp với người được giao, gây nên nhiều xung đột và làm giảm chất lượng dự án. Nghiên cứu tiếp theo đã xác định các đặc điểm của nhiệm vụ (task) và các người chơi (người quản lý và nhân viên), từ đó đề xuất các bước thực hiện theo thuật toán Gale-Shapely.

Ưu điểm: nghiên cứu về một vấn đề mới, đưa ra được mô hình hóa toán học bài toán theo lý thuyết trò chơi

Nhược điểm: mô hình của bài toán theo Lý thuyết trò chơi đã có nhưng chưa đủ rõ ràng, nghiên cứu có ít kết quả, tổng số trang của nghiên cứu là 3, nghiên cứu không chỉ rõ về thuật toán, các diễn giải thuật toán chỉ được mô tả bằng ngôn ngữ tự nhiên, không có xây dựng phần mềm, không có kết quả minh họa.

Các tác giả Birgit Heydenreich, Rudolf Muller, Marc Uetz, 2007, trong [12], nghiên cứu về thiết kế nguyên lý và thiết kế mô hình cho việc xếp lịch thực hiện các thao tác trong máy tính, nhằm xử lý các vấn đề trong hai khâu quản lý hiệu năng (production management) quản lý và thao tác (operation management). Nghiên cứu không chỉ ra thao tác trên một phần mềm cụ thể nào, chủ yếu xây dựng mô hình chung cho các vấn đề xếp lịch thực hiện thao tác chung dựa trên nguyên lý của Lý thuyết trò chơi. Nghiên cứu định nghĩa các người chơi ở đây là các agent, là các đối tượng liên quan tới từng vấn đề xếp lịch khác nhau, và có tên khác nhau, ví dụ như người quản lý dự án, nhân viên dự án... Các agent có sở thích riêng và cách hành xử riêng, vì vậy để xử lý các xung đột thì cần phải định nghĩa một cách tổng quan các thuộc tính của agent. Ngoài ra, nghiên cứu cũng đề xuất ra một mô hình điểm cân bằng cho các lợi ích của agent dựa trên các thuộc tính đó [12].

Ưu điểm: đã đưa ra một mô hình tốt về xếp lịch nói chung, chuyển tải mô hình đó sang mô hình bài toán Lý thuyết trò chơi có thông tin đầy đủ, phân biệt đầy đủ các loại hình xếp lịch và có được mô tả tổng quan theo Lý thuyết trò chơi

Nhược điểm: nghiên cứu dừng lại ở bước xây dựng mô hình, chưa giới thiệu một phương thức mô hình hóa cụ thể mà có thể triển khai thành thuật toán và phần mềm.

Tác giả Eric Maskin, 2008, trong [22], đã tập trung nghiên cứu khai phá các khía cạnh lý thuyết lẫn ứng dụng của giải thuật di truyền cho cân bằng Nash. Trong đó, giải thuật di truyền là một trong những phương pháp xử lý các lớp bài toán tối ưu đa mục tiêu, đặc biệt phù hợp với mô hình bài toán theo Lý thuyết trò chơi với các trò chơi bất hợp tác [23]. Nghiên cứu đưa ra một bộ dữ liệu và đánh giá sự triển khai cân bằng Nash theo giải thuật di truyền trên cơ sở so sánh với thuật toán khác.

Ưu điểm: mô hình được diễn giải đầy đủ, có sự so sánh giữa giải thuật di truyền và phương pháp đường cong Pareto, có sự phân tích kết quả đạt được từ thuật toán.

Nhược điểm: không có chỉ dẫn rõ về các bước áp dụng việc thực hành, cách thức chuyển từ mô hình lý thuyết sang thực hành còn mơ hồ.

Các tác giả Piotr Skowron, Krzysztof Rzdca, 2014, trong [13], nghiên cứu các nội dung liên quan tới xử lý các vấn đề của một hệ thống đa tổ chức (multi organizational system) khi từng tổ chức đó có khả năng cung cấp bộ xử lý cho kho dữ liệu chung, ngoài ra nghiên cứu cũng xem xét các nhiệm vụ cần phải thực hiện liên quan tới kho dữ liệu. Nhiệm vụ không thể bị ngắt quãng, dừng hoặc chuyển sang bộ xử lý khác. Nghiên cứu cũng mô hình hóa vấn đề xếp lịch theo mô hình trò chơi hợp tác, sử dụng giá trị Shapley để quyết định lịch lý tưởng. Trong vấn đề xếp lịch này, nghiên cứu không đề cập tới các yếu tố liên quan tới tiền, các yếu tố ảnh hưởng bao gồm: sự ảnh hưởng của tổ chức này lên tổ chức khác, tính thống nhất giữa các nhiệm vụ: luồng và thời gian thực hiện, sự liên quan giữa các tài nguyên trong việc thực hiện lịch.

Ưu điểm: đưa ra được mô hình toán học hoàn chỉnh trong việc mô tả một lịch trình tốt để thực hiện trong hệ thống đa tổ chức, đề xuất được thuật toán cụ thể để xử lý, có kết quả thực nghiệm

Nhược điểm: mô hình không phù hợp với mô hình đang được nghiên cứu của đề tài.

Các tác giả DENG Ze-min, GAO Chun-ping, LI Zhong-xue, năm 2007, trong [14] tập trung vào một vấn đề nhỏ trong dự án là vấn đề xếp lịch thanh toán giữa chủ đầu tư và đội ngũ phát triển trong một dự án công nghệ thông tin về sản xuất phần mềm. Một dự án phần mềm bao gồm nhiều công đoạn với các nhiệm vụ được chia nhỏ khác nhau, căn cứ vào quá trình hoàn thành dự án, hợp đồng ký kết giữa chủ đầu tư và đội ngũ phát triển sẽ được chia thành nhiều đợt thanh toán khác nhau. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng tới quá trình thanh toán này như:

- Thứ tự thực hiện các hoạt động dự án
- Các mốc thanh toán dự án
- Lãi suất được hưởng của chủ đầu tư hoặc lãi suất thiệt hại của đội ngũ phát triển khi chi phí cho các công việc chậm thanh toán

Dựa trên đặc thù bài toán như vậy, nghiên cứu sử dụng mạng các hoạt động trong dự án để mô hình hóa các hoạt động của bài toán về một cấu trúc dữ liệu có thể xử lý được, sau đó áp dụng giải thuật di truyền, sử dụng lý thuyết trò chơi trong việc giải quyết bài toán.

Ưu điểm: đưa ra hướng mô hình hóa bài toán về dạng lý thuyết trò chơi, trong khi đó có phân tích tới việc thể hiện mô hình đó bằng hệ thống gene, đưa ra các giải pháp về đột biến, lai ghép và có thực nghiệm với dữ liệu giả lập.

Nhược điểm: dữ liệu dự án là tự tạo, không có các trích dẫn, phân tích về dữ liệu dự án, ngoài ra kết quả thu được không khớp với chính các ràng buộc về thứ tự thực hiện của đầu vào, đã có email trao đổi với tác giả về vấn đề này, tuy nhiên không có phản hồi.

Các tác giả Walid Saad, Tansu Alpcan, Tamer Bas và Are Hjørungnes đã nghiên cứu đề xuất một mô hình định lượng cho việc quản lý các rủi ro về bảo mật trong một tổ chức [15]. Nghiên cứu khai phá khả năng hợp tác giữa các bộ phận độc lập của tổ chức trong việc xử lý, đánh giá rủi ro nhằm mục đích giảm thiểu các rủi ro về bảo mật. Trò chơi hợp tác, đại diện cho sự liên kết giữa các bộ phận được cấu trúc thành một mô hình hợp tác dựa trên sự phân tích các phụ thuộc tích cực và phụ thuộc tiêu cực. Các thuộc

tính của các rủi ro về bảo mật đó, trong nghiên cứu này, được mô hình hóa theo cân bằng Nash, sử dụng các giải thuật Linear programming trong việc tính toán đã được đề xuất.

Ưu điểm: đưa ra được mô hình toán học để mô hình hóa các phụ thuộc, tương tác giữa các bộ phận của tổ chức, cho cả hai mô hình: mô hình tương tác và mô hình bất tương tác. Có dữ liệu giả lập và kết quả phân tích.

Nhược điểm: chỉ mang ý nghĩa tham khảo đối với đề tài, về một hướng thực thi bài toán Lý thuyết trò chơi khác. Không có phần mềm trợ giúp và kết quả thực nghiệm.

Các công ty sản xuất đang ngày càng đối phó với các yêu cầu cao hơn về việc triển khai các hoạt động trong chuỗi cung ứng (supply chain) một cách linh hoạt, nhanh chóng. Trong các yêu cầu đó, đấu thầu là một hoạt động quan trọng trong việc thu mua nói chung, chuỗi cung ứng nói riêng. Việc xử lý các vấn đề mang tính mở rộng, linh hoạt theo thời gian rất phù hợp được quy thành một bài toán dạng lý thuyết trò chơi. Nghiên cứu đi vào khai phá cách thức mô hình hóa bài toán thu mua, đấu thầu theo hình thức này. Các nội dung nghiên cứu của Günther Schuh, Simone Runge, 2014 trong [16] bao gồm: phân tích mô hình, xác định vấn đề và đưa ra một hàm mục tiêu K+ bao gồm các giá trị về chi phí thu mua, khả năng lưu trữ, với giả thiết, chúng ta quan tâm về việc mua bán, đấu thầu và lưu trữ nó cho tới khi nó triển khai tới khách hàng hoặc đơn vị sản xuất. Việc xử lý kết quả đấu thầu sao cho tiết kiệm chi phí nhất cho nhà đầu tư. Một số vấn đề đã giải quyết trong nghiên cứu này bao gồm:

- Định nghĩa các tham số liên quan tới việc đấu thầu, mua sắm
- Xác định hàm mục tiêu K+ của bài toán muốn hướng tới
- Định nghĩa ra các tình huống xảy ra, các điều kiện kèm theo cho việc tính toán tối ưu kết quả đấu thầu
- Trình bày một mô hình xử lý các thông tin từ bài toán Lý thuyết trò chơi
- Phân tích mô hình

Ưu điểm: có liên quan chặt chẽ tới một hướng nghiên cứu của đề tài, định nghĩa được các tham số và trường hợp của bài toán một cách logic, có khả năng áp dụng, cải tiến cao trong đề tài mà NCS đang thực hiện.

Nhược điểm: mô hình và trình tự các bước thực hiện còn chung chung, mới chỉ là mô hình đề xuất, khi triển khai thành giải thuật còn rất nhiều vấn đề. Nghiên cứu cũng không chỉ ra phương thức lập trình cụ thể, do vậy khi mô hình hóa vào một thuật toán nào đó còn cần thêm công sức nghiên cứu nữa.

Mục tiêu của nghiên cứu của Guoming Lai, 2009 trong [36] là đưa ra một framework cho các vấn đề liên quan tới: đàm phán nhiều vòng một cách tự động, ứng dụng giải thuật di truyền. Các vấn đề đàm phán liên quan tới nhiều tham số của nhiều vấn đề cần đàm phán khác nhau, được thực hiện trong một thời điểm đồng nhất, trong khi cần phải thỏa mãn tính win - win của hai bên, các nội dung nghiên cứu chuyên sâu bao gồm các thành phần sau:

- Mô hình lý thuyết trò chơi và bài toán trò chơi bất hợp tác, phân tích về mô hình và đề cập tới tối ưu Pareto;
- Mô hình trí tuệ nhân tạo, đề xuất và phân tích các framework như agenda-based, case-based, non-biased và so sánh với mô hình lý thuyết trò chơi;
- Đề xuất mô hình cho việc đàm phán nhiều tham số với 3 trọng tâm chính: bài toán thông tin không hoàn hảo từ lý thuyết trò chơi, tối ưu Pareto, xây dựng

cầu nối giải quyết các khó khăn giữa mô hình lý thuyết và các biến động thực tế.

Ưu điểm: phân tích kỹ về framework đề xuất, đề xuất giải thuật thực thi để hoạt động theo framework. Có các ví dụ và kết quả triển khai từ thuật toán, phân tích các kết quả trên. Là tham khảo tốt để có thể so sánh với các thuật toán từ giải thuật di truyền và lý thuyết trò chơi trong các vấn đề của đề tài – những việc có liên quan tới đàm phán, có nhiều tham số và biến động theo thời gian.

Nhược điểm: mang tính chất tham khảo và đối chiếu với đề tài đang thực hiện vì một số nguyên do: sử dụng tối ưu Pareto, phân tích cụ thể mô hình lý thuyết trò chơi không nhiều.

Nghiên cứu của Y. B. Reddy¹, N. Gajendar¹, S.K.Gupta, 2001, trong [17] ứng dụng giải thuật di truyền vào mô hình lý thuyết trò chơi cho bài toán xác định các phân bố dải âm thanh của song radio. Nghiên cứu phân tích sự phù hợp của việc áp dụng giải thuật di truyền vào trong mô hình lý thuyết trò chơi, sau đó nghiên cứu chỉ ra mô hình của lý thuyết trò chơi với bài toán ứng dụng. Đề xuất phương thức giải quyết bài toán bằng cách sử dụng công cụ “gatoool” trong MATLAB để giải quyết vấn đề tối ưu dựa trên giải thuật di truyền.

Ưu điểm: có các phân tích phù hợp liên quan tới đề tài trong việc áp dụng giải thuật di truyền vào trong lý thuyết trò chơi. Đề xuất sử dụng một công cụ trong MATLAB để xử lý, thực thi mô hình

Nhược điểm: các phân tích còn quá chung chung, không có một mô hình toán học, hoặc chi tiết các tham số khi triển khai theo giải thuật di truyền. Nghiên cứu chỉ mở ra ý tưởng về áp dụng và phương hướng thực hiện, chứ chưa thể ứng dụng vào nghiên cứu hiện tại.

Các tác giả Franklin Y. Cheng, Dan Li, 1996, trong [37] đã nghiên cứu phân tích các phương thức tối ưu đa mục tiêu, tập trung vào sử dụng giải thuật di truyền và lý thuyết trò chơi. Đề xuất phương thức xử lý Giải thuật di truyền dựa vào đường cong Pareto. Đưa ra các phân tích về tham số, giúp cho việc xử lý Giải thuật di truyền dựa trên Pareto được linh hoạt hơn. Các nội dung chủ yếu của nghiên cứu bao gồm [37]:

- Phân tích về tối ưu đa mục tiêu;
- Đánh giá việc áp dụng tối ưu sử dụng Pareto;
- Mô hình giải thuật di truyền đơn giản;
- Phân tích các thuật toán có thể tích hợp với Lý thuyết trò chơi;
- Việc tích hợp giải thuật di truyền và tối ưu đa mục tiêu vào bài toán cụ thể về điều khiển các cấu trúc địa chất, một vấn đề cũng có nhiều biến động và nhiều tham số.

Ưu điểm: Có mục tiêu và phương thức thực hiện có liên quan nhiều tới đề tài đang nghiên cứu, có phân tích nhiều về ứng dụng kết hợp cả Pareto và giải thuật di truyền, vốn là hai phương thức khác nhau giải quyết bài toán tối ưu.

Nhược điểm: Nghiên cứu còn tản mạn, đề xuất tới nhiều phương thức và thuật toán khác nhau, tuy nhiên không đi sâu cụ thể vào mô hình nào. Đặc biệt đề cập tới nhiều giải thuật di truyền, tuy nhiên không có các phân tích về cấu hình cụ thể của giải thuật, phù hợp với bài toán của nghiên cứu, cũng như mô hình của lý thuyết trò chơi.

1.4.2 Tình hình nghiên cứu trong nước

Không xét đến các tác giả Việt Nam công bố quốc tế, với các nghiên cứu trong nước, không tìm thấy được các nghiên cứu khoa học liên quan tới nội dung về Lý thuyết trò chơi, các nghiên cứu chủ yếu ở mức độ một vài cuốn sách nói về ứng dụng của Lý thuyết trò chơi trong kinh tế học, hoặc là khóa luận sinh viên Đại học được tổng hợp và dịch bài từ các nghiên cứu nước ngoài và hầu hết nằm trong nghiên cứu của lĩnh vực kinh tế. Một số công bố liên quan có thể kể tên là Nghiên cứu một số công cụ của lý thuyết trò chơi ứng dụng trong việc ra quyết định kinh doanh, 2014 [7], hoặc Ứng dụng lý thuyết trò chơi hợp tác trong tiết kiệm chi phí khắc phục ô nhiễm, 2015 [8] đều là những nghiên cứu mang tính lý thuyết. Một số ít các cuốn sách tìm thấy có thể kể đến Lý thuyết trò chơi và ứng dụng trong quản lý - kinh doanh [6] hoặc Trí tuệ kinh doanh và lý thuyết trò chơi [9] mang nhiều tính chất giới thiệu và phân tích, định hướng.

Trong quá trình làm luận án, qua quá trình tìm hiểu cho thấy hiện tại không có các nghiên cứu việc áp dụng lý thuyết trò chơi vào trong giải quyết các vấn đề cụ thể của quản lý dự án. Vì vậy việc khai phá các vấn đề này là cần thiết.

1.5 Tiểu kết chương

Trong chương 1, luận án đã giới thiệu tổng quan về các nội dung kiến thức chung liên quan tới đề tài, cũng như trình bày các tìm hiểu, phân tích về những nghiên cứu hiện nay liên quan tới một hoặc nhiều nội dung của đề tài bao gồm lý thuyết trò chơi, cân bằng Nash, các giải thuật tối ưu đa mục tiêu, quản lý dự án và các vấn đề xung đột xảy ra trong quản lý dự án mà thường không được kiểm soát và quản lý bởi các quá trình thông thường trong quản lý dự án.

Cụ thể, phần 1.1 giới thiệu về kiến thức chung của lĩnh vực quản lý dự án, các giai đoạn trong quản lý dự án. Tiếp theo phần 1.1 giới thiệu định nghĩa và các ví dụ về xung đột trong quản lý dự án, các bài toán điển hình về nghiên cứu, phân tích, giải quyết các xung đột đã được công bố. Cuối cùng trong phần này sẽ trình bày một số cách phân loại về xung đột để làm tiền đề cho việc phân tích sâu hơn việc mô hình hóa xung đột trong chương 2.

Phần 1.2 giới thiệu các kiến thức chung về lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash, trong số nhiều định nghĩa khác nhau về các khái niệm này, luận án trình bày một số định nghĩa sát và phù hợp với nghiên cứu trong luận án, làm căn cứ để xây dựng mô hình trong chương 2.

Phần 1.3, luận án trình bày tổng quan về các giải thuật tối ưu đa mục tiêu và bộ công cụ hỗ trợ MOEA framework được dùng trong một số các công bố sau này của luận án, hỗ trợ hiệu quả cho việc thử nghiệm tính khả dụng của mô hình qua các giải thuật.

Phần 1.4, luận án trình bày tình hình các nghiên cứu liên quan, phân tích cụ thể điểm mạnh và điểm cần cải tiến của các nghiên cứu và dẫn tới lý do của đề tài luận án. Các nghiên cứu được phân loại theo góc độ trong nước và ngoài nước. Trong đó có thể thấy rằng các nghiên cứu trong nước về lĩnh vực đề tài còn rất hạn chế và đề tài là khả thi và có đóng góp trong khai phá một vấn đề mới của quản lý dự án không những ở Việt Nam và còn trong phạm vi quốc tế.

CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH HÓA XUNG ĐỘT TRONG QUẢN LÝ DỰ ÁN VÀ GIẢI PHÁP ÁP DỤNG LÝ THUYẾT TRÒ CHƠI VÀ CÂN BẰNG NASH

2.1 Phân tích đặc điểm xung đột và vai trò của chủ đầu tư

Theo như giới thiệu tại *phần 1.2.1*, lý thuyết trò chơi là công cụ phổ biến và hữu hiệu để phân tích những xung đột lợi ích như vậy giữa các thành viên tham gia trong việc giải quyết những mâu thuẫn giữa lợi ích tập thể và tính toán của từng cá nhân [9]. Lợi ích của tập thể trong một dự án có thể hiểu được là lợi ích của toàn bộ dự án, cũng chính là lợi ích của chủ đầu tư – là người thụ hưởng kết quả của dự án. Vì vậy việc áp dụng mô hình lý thuyết trò chơi vào trong bài toán xung đột là một hướng đi tiềm năng. Để tìm ra phương hướng áp dụng lý thuyết trò chơi vào trong các bài toán xung đột, trước hết luận án sẽ làm rõ những đặc điểm của xung đột trong quản lý dự án, tập trung vào các xung đột và loại xung đột đã nêu trong *phần 1.1.4*. Ngoài ra luận án cũng đi phân tích cụ thể vào yếu tố lợi ích tập thể - hoặc sự liên quan của chủ đầu tư tới bài toán xung đột, trong đó những yếu tố này sẽ cần phải được thể hiện trong mô hình bài toán lý thuyết trò chơi.

2.1.1 Các đặc điểm của xung đột

Theo PMBOK [1], các loại xung đột xảy ra trong dự án là đa dạng và không chỉ là tại một sự việc đơn lẻ mà xảy ra giữa hai quá trình khác nhau. Để xem xét và phân tích đặc điểm của xung đột, dựa trên khái niệm có thể dùng nhiều tiêu chí khác nhau của xung đột để xem xét, ví dụ về mức độ ảnh hưởng của xung đột sẽ có các loại và đặc điểm khác nhau, dựa trên lĩnh vực xảy ra xung đột cũng có các đặc điểm khác nhau. Tuy nhiên, để phù hợp với đặc điểm nghiên cứu của luận án là đề ra mô hình xử lý xung đột bằng lý thuyết trò chơi và các giải thuật, đặc điểm của xung đột sẽ được xem xét trên góc độ dữ liệu dùng để mô tả bài toán theo lý thuyết trò chơi mà phù hợp để mang vào trong mô hình thuật toán để xử lý tính toán. Mô hình mô tả đặc điểm của xung đột như vậy đã được mô tả trong mô hình biểu diễn hình thức của lý thuyết trò chơi trong *phần 1.2.1*. Kết hợp với việc tìm hiểu các bài toán thực tế, phân tích nội dung các bài toán thực tế trong các công bố của luận án, các đặc điểm của xung đột cần phân tích sẽ liên quan tới các yếu tố sau:

- Liên quan tới người chơi: (i) xung đột xảy ra giữa những ai hay là người chơi nào và (ii) dữ liệu mô tả quan trọng liên quan đến tính toán về những người chơi đó
- Liên quan tới yếu tố chiến lược: (iii) những người chơi này có những hành động; gì không xảy ra xung đột và những hành động gì xảy ra xung đột, (iv) các hành động này có **ràng buộc** nào liên quan tới việc xảy ra xung đột về lợi ích giữa những người chơi trên, đây là **phần liên quan trực tiếp nhất** với vấn đề xung đột trong các bài toán. Các ràng buộc là các yếu tố không liên quan tới dữ liệu của bài toán, nó liên quan tới các yếu tố về luật lệ, sự hợp lý khi xem xét việc kết hợp các yếu tố lại với nhau;
- Liên quan tới hàm thưởng phạt (payoff): (v) với các lựa chọn của người chơi như vậy, việc đánh giá lời giải chung về tổng thể lựa chọn toàn bộ người chơi sẽ có giá trị như thế nào, tùy vào tình huống cân tối thiểu hóa chi phí, hàm payoff cho giá trị bé nhất sẽ cho lời giải tốt nhất hoặc tối đa hóa lợi ích, hàm payoff cho giá trị lớn nhất sẽ cho lời giải tốt nhất.

Với các nghiên cứu trong và ngoài nước trong phần tổng quan, có thể thấy rằng các yếu tố (i) (ii) (iii) (v) đều thường được mô tả qua các thành phần của mô hình biểu diễn hình thức trong *phần 1.2.1*, tuy nhiên phần (iv) không được mô tả cụ thể, trong khi dữ liệu liên quan tới ràng buộc của xung đột trong các bài toán đã nghiên cứu (CT1, CT2, CT3, CT4, CT5, CT6, CT7, CT8) đều chỉ ra rằng dữ liệu về nội dung xung đột là phức tạp và ảnh hưởng nhiều tới chất lượng của kết quả của lời giải. Nếu không xác định cụ thể, nhiều lời giải sai vẫn được công nhận khi vi phạm các ràng buộc về xung đột. Cụ thể các dữ liệu từ các bài toán liên quan tới các công bố như sau:

- Bài toán xung đột trong xếp lịch thanh toán dự án: cần xem xét tới sự xung đột của hai chiến lược đề xuất của chủ đầu tư và nhóm dự án khi các hoạt động dự án có ràng buộc tới nhau, ví dụ có 4 loại quan hệ giữa các hoạt động như FS, FF, SS, SF, việc vi phạm ràng buộc khi thay đổi thứ tự hành động, thay đổi các mốc (milestones) sẽ dẫn tới chiến lược lựa chọn là sai (CT1, CT5, CT6);
- Bài toán xung đột trong đấu thầu nhiều vòng: ngoài các tiêu chí tối ưu, bài toán này có nhiều ràng buộc xảy ra giữa các chiến lược của các bên liên quan như ràng buộc về mối quan hệ giữa chủ đầu tư và nhà thầu, ràng buộc về khung thời gian triển khai gói thầu, ràng buộc về sự hợp tác lâu dài giữa chủ đầu và các nhà thầu (CT2, CT7, CT8);
- Bài toán xung đột trong phương thức xử lý rủi ro: có các ràng buộc về xung đột như việc lựa chọn giải pháp xử lý của nhóm các rủi ro không được nằm trong nhóm các giải pháp có xung đột nếu không phương thức lựa chọn sẽ không thể thực hiện được, các rủi ro không có xung đột nào sẽ bị loại bỏ trong thuật toán (CT4, CT5);
- Bài toán xung đột trong cân bằng nguồn lực: có các ràng buộc về việc đáp ứng về thời gian làm việc của nhân sự đồng thời nhiều đơn vị, việc thực hiện nhiều kỹ năng khác nhau đồng thời cho nhiều chuyên môn, nhiều nhân sự được chọn nhưng nhiều nhân sự khác không làm gì mặc dù kết quả chất lượng tổng thể phương án là cao nhất (CT3).

Từ các phân tích trên, luận án đề xuất đặc điểm các bài toán xung đột đã được giải quyết gồm hai đặc điểm chính về dữ liệu bắt buộc phải có trong mô tả bao gồm:

- Những đặc điểm dữ liệu chung cần có của xung đột: là những dữ liệu mô tả đầy đủ các thông tin về đối tượng của bài toán xung đột, chiến lược của các bên tham gia xung đột, và dữ liệu đầu riêng biệt theo từng bài toán liên quan tới tính toán ra giá trị payoff cho từng đối tượng, từ đó làm cơ sở để tính toán ra giá trị thích nghi của điểm cân bằng Nash. Đặc điểm chính này liên quan tới các mục dữ liệu cần có phân tích ở trên bao gồm các mục (i), (ii), (iii), (v);
- Ràng buộc về xung đột: bao gồm các điều kiện để xác định phương án lựa chọn cho bài toán là đúng hay sai, nếu điểm cân bằng Nash tìm được vi phạm các ràng buộc này, vậy điểm cân bằng Nash hay chính là lời giải cần tìm là sai. Các ràng buộc xung đột thường không dùng để đánh giá độ tốt của lời giải, hay còn gọi là giá trị thích nghi của đáp án (fitness) mà chỉ để quyết định đáp án là đúng hay sai, đặc điểm này liên quan tới dữ liệu cần có đã phân tích ở trên là (iv).

Ví dụ đối với xung đột trong Bài toán Xếp lịch thanh toán dự án, thông tin và các đặc điểm của xung đột được biểu diễn như sau:

- Các ràng buộc về xung đột bao gồm: Ràng buộc về thứ tự giữa các nhiệm vụ dự án, khi xếp lịch phải đảm bảo không vi phạm những thứ tự mang tính bắt buộc

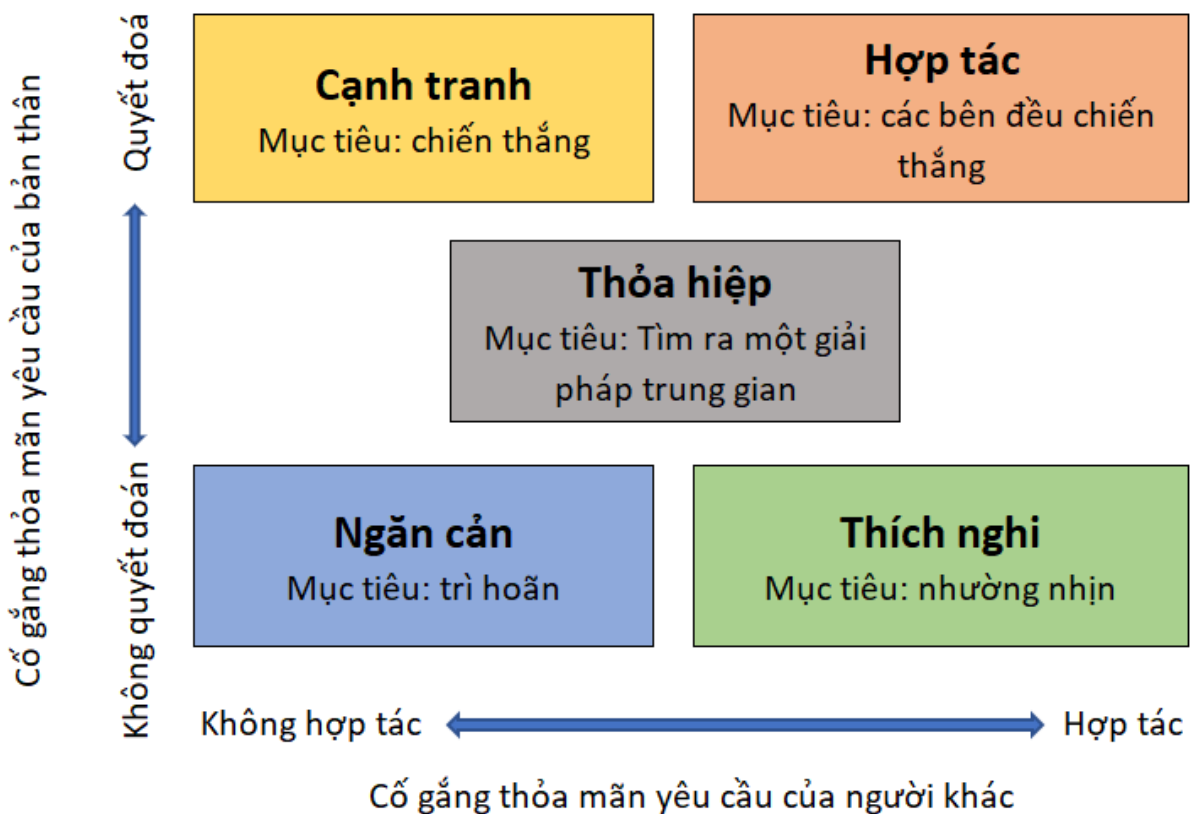
- Dữ liệu về xung đột bao gồm:
 - Số lượng các nhiệm vụ
 - Thời gian, nhân sự thực hiện nhiệm vụ
 - Tỷ suất ngân hàng, tiền lương của nhân sự

2.1.2 Lựa chọn kỹ thuật giải quyết xung đột

Theo như *phần 1.1.2*, trong PMBOK [1] có 5 kỹ thuật để giải quyết xung đột và mô hình Thomas-Kilmann [33] cũng đưa ra 5 vị trí của một người trong cuộc bàn luận hoặc xung đột. Những vị trí này đại diện cho các hành động thay thế các cá nhân thực hiện trong các tình huống như vậy. Một số chuyên gia quản lý dự án đã nêu ra rằng chỉ có 2 hướng tiếp cận khi tranh luận hoặc xung đột:

- Tiếp cận mềm (soft approach), khi bạn không thể thắng;
- Tiếp cận cứng (hard approach) khi bạn thỏa hiệp rất ít.

Mô hình Thomas-Kilmann đặt ra 3 vị trí nữa và giúp khuyến khích sự tham gia để xem xét các giải pháp từ các bên để đưa ra được sự thống nhất. Các vị trí tránh né, hợp tác và thỏa hiệp đã đưa ra sự thay thế cho 2 vị trí cực đoan và có thể tạo nên xuất phát điểm khả quan cho cuộc tranh luận. Trong một vài trường hợp mô hình Thomas-Kilmann [34] sử dụng để đánh giá mức độ quan trọng của vấn đề đang thảo luận và quyết định xem có thể đạt được nhiều hơn nếu đồng ý với một giải pháp được đề xuất hay bỏ thời gian tìm một cách giải quyết tán đồng bởi tất cả mọi người. Nếu vấn đề nhỏ, nó có thể tự giải quyết theo thời gian và cách tiếp cận tránh né có thể là tốt nhất. Nếu có một chủ đầu tư cương quyết với các quan điểm của mình và ít quan tâm tới quan điểm của người khác, sẽ dễ hơn nếu để cho chủ đầu tư đó thắng. Nếu để một người thắng trong một tình huống thì nó có thể mang lại nhiều lợi ích hơn trong tương lai.

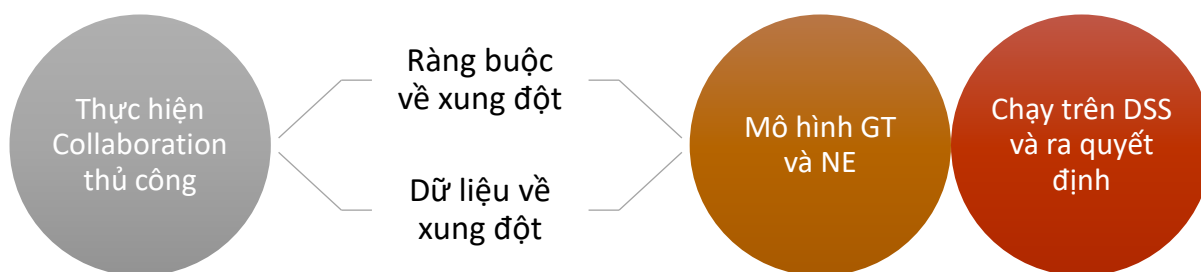


Hình 2.1: Chiến lược quản lý xung đột (mô hình Thomas-Kilmann) [34]

Một khi chúng ta làm chủ được những vị trí và cách tiếp cận khác nhau này, chúng ta có thể nghĩ đến những cách tiếp cận thích đáng hơn (hoặc áp dụng đồng thời nhiều cách tiếp cận) trong từng trường hợp của dự án. Ngoài ra, chúng ta cũng có thể nghĩ ra những cách kỹ thuật của riêng mình và làm sao thay đổi nó nếu cần.

Theo Thomas-Kilmann, kỹ thuật khó nhất nhưng tốt nhất cho xung đột về tổng thể chính là kỹ thuật Hợp tác (*Collaborating*) nhằm mục tiêu các bên đều chiến thắng (win-win). Đây cũng chính là ý tưởng của lý thuyết trò chơi, trong việc xem xét các giải pháp để các tranh chấp xung đột thành việc hợp tác. Ngoài ra việc thỏa mãn điều kiện các bên đều chiến thắng tương đương với việc tìm ra điểm cân bằng là điểm mà tại đó các bên đều chiến thắng. Có thể đi tới các phân tích chính rằng:

- Phương án phù hợp để giải quyết xung đột trong quản lý dự án là Hợp tác;
- Có thể dùng Lý thuyết trò chơi để mô tả các giải quyết vấn đề hợp tác của xung đột, phương án lựa chọn cuối cùng cho vấn đề chính là điểm cân bằng Nash.



Hình 2.2: Giải pháp thông minh trợ giúp việc ra quyết định cho người quản lý

Trong Hình 2.2 là mô hình luận án đề xuất về việc xử lý xung đột, trong mô hình này các xung đột hiện tại được xử lý theo kinh nghiệm của chuyên gia, người quản lý nay được phân tích và áp dụng để chuyển sang mô hình lý thuyết trò chơi để tìm ra điểm cân bằng Nash – điểm cân bằng mà các đối tượng chơi đều hài lòng và đồng ý hợp tác thay vì tranh chấp. Từ đó, áp dụng vào các giải thuật tối ưu để tìm ra giải pháp, trợ giúp cho việc ra quyết định.

Lựa chọn phương pháp Hợp tác cho xung đột là phương án tốt nhất theo Thomas-Kilmann và thông thường khó tìm ra giải pháp để làm điều này, tuy nhiên sự ứng dụng Lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash vào là một phương án hiệu quả. Với hệ trợ giúp quyết định xây dựng được theo mô hình luận án đề xuất, sẽ giúp ích cho việc ra quyết định cho xung đột hiệu quả hơn, thông minh hơn, mang lại lợi ích cho người quản lý dự án, chủ đầu tư dự án cũng như chất lượng toàn dự án.

2.1.3 Vai trò của chủ đầu tư trong xung đột

Một dự án trong bất kỳ lĩnh vực nào cũng đều thuộc và nằm trong một tổ chức xác định, trong đó vai trò của chủ đầu tư dự án có thể hiểu như là cá nhân, hoặc tổ chức trả tiền để thực hiện dự án, hoặc là một tập thể được giao trách nhiệm cao nhất về dự án với người hoặc tổ chức đầu tư, trả tiền. Với vai trò chịu trách nhiệm cao nhất về tổng thể dự án như vậy, chủ đầu tư là tên gọi chung, có thể dịch theo các nghĩa khác nhau theo thuật ngữ tiếng Anh bao gồm: *investor, sponsor, owner, project owner*. Theo PMBOK [1], chủ đầu tư dự án thường là khác với người quản lý dự án trong thực tế khi mà có phân công trách nhiệm rõ ràng và chuyên biệt hóa chuyên môn. Chủ đầu tư trả tiền để thuê hoặc giao trách nhiệm cho người quản lý dự án có nhiệm vụ quản lý toàn bộ nguồn lực

và hoạt động dự án để đạt được mục tiêu dự án đã đề ra [1]. Với góc độ như vậy có thể thấy là quyền lợi và trách nhiệm của chủ đầu tư nằm ở thứ hạng cao nhất nếu xét theo cấp bậc trách nhiệm trong một dự án, cũng có thể coi quyền lợi và trách nhiệm của chủ đầu tư thay mặt cho toàn bộ dự án. Do đó, nó cũng có nhiều khác biệt so với quyền lợi và trách nhiệm của từng đối tượng hoặc thậm chí một nhóm đối tượng thuộc dự án.

Theo các nhận dạng về lợi ích trong dự án của Houston Jr. [24], khái niệm lợi ích (benefit) trong quản lý dự án không chỉ hiểu theo nghĩa là tiền, ngoài ra còn nhiều yếu tố khác liên quan tới khái niệm lợi ích mà cần phải xem xét tới một cách tổng thể như: sự hiệu quả của dự án, rủi ro hay ảnh hưởng của dự án gây ra, danh tiếng, trải nghiệm người dùng, chất lượng sản phẩm, thị phần thị trường, quan hệ với các đối tác, kinh nghiệm.

Theo PMBOK [1], một trong những hoạt động quản lý xuyên suốt của dự án đó là lập và theo dõi kế hoạch về lợi ích chung của dự án (project benefit management), trong đó người thụ hưởng về lợi ích, là người có quyền lợi trách nhiệm liên quan tới tổng thể toàn bộ hoạt động dự án, cũng chính là chủ đầu tư dự án. Vì vậy có thể nói rằng, tất cả các hoạt động diễn ra trong dự án đều phải cân nhắc tới không chỉ lợi ích tại thời điểm đó, và cho những đối tượng liên quan mà cần phải cân nhắc tới lợi ích toàn cục, tổng thể của dự án để đảm bảo dự án được diễn ra thành công.

Theo cách khác, nếu khi xem xét một vấn đề trong dự án mà không xem xét tới lợi ích tổng thể của dự án sẽ không thỏa mãn được các tiêu chí nằm trong kế hoạch về lợi ích chung của dự án. Tác giả Agnar Johansen, 2013, trong nghiên cứu về đánh giá lợi ích của chủ đầu tư cũng đã chỉ ra sự quan trọng không thể thay thế của nhân tố chủ đầu tư [25]. Trong phân tích ảnh hưởng và lợi ích chủ đầu tư từ kinh nghiệm hơn 15 năm trong lĩnh vực đánh giá các vấn đề bất ổn của dự án và rủi ro, tác giả đã chỉ ra rằng:

- Vai trò của chủ đầu tư về định hướng mục tiêu và xử lý các vấn đề bất ổn của dự án là không thể thay thế, và còn quan trọng hơn mọi người nghĩ về nó;
- Lợi ích và cơ hội của dự án được đảm bảo nếu có sự xuất hiện và tham gia của chủ đầu tư trong các hoạt động quản lý.

Xung đột trong quản lý dự án cũng thuộc về vấn đề gây bất ổn trong dự án, và hoàn toàn cần thiết phải xem xét đến yếu tố chủ đầu tư dù xung đột trong dự án đó có liên quan trực tiếp tới chủ đầu tư hay không. Từ việc tìm hiểu các nghiên cứu liên quan tới lĩnh vực này và các phân tích trong *phần 1.4* cho thấy rằng:

- Các xung đột có liên quan tới chủ đầu tư (nghiên cứu về bài toán xếp lịch thanh toán dự án) có xem xét tới vai trò của chủ đầu tư, tuy nhiên theo đánh giá thì nguyên nhân là do chính chủ đầu tư là tác nhân liên quan trực tiếp tới xung đột;
- Các nghiên cứu trong và ngoài nước khác cho tới thời điểm hiện nay đều chưa đề cập tới vai trò khách quan của chủ đầu tư trong mối liên hệ với xung đột để đảm bảo được lợi ích chung của dự án.

Vì vậy cần thiết cần có các phương pháp tổng quan mô hình lớp bài toán về xung đột có thể khắc phục được các vấn đề trên.

2.1.4 Phân loại xung đột có và không có chủ đầu tư

Dựa theo nghiên cứu của Thamhain, Wslemon và Posner về xác định các xung đột điển hình trong vấn đề quản lý dự án, các xung đột được phân loại theo nguyên nhân xảy ra xung đột [33]. Dựa trên danh sách các xung đột điển hình này sử dụng phân loại dựa theo mối liên hệ trực tiếp của chủ đầu tư ta có *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1: Phân loại xung đột theo sự liên quan trực tiếp tới chủ đầu tư [33]

Mô tả xung đột	Có chủ đầu tư	Không có chủ đầu tư
Xung đột giữa các điều kiện xếp lịch thực hiện dự án Xung đột trong lịch thanh toán dự án Xung đột giữa kế hoạch và các hoạt động quản lý dự án khác, ví dụ: chi phí, thời gian, nhân sự, các nguồn lực... Xung đột giữa các thay đổi	X	X X X
Xung đột trong việc phân công thực hiện tác vụ Xung đột giữa các yếu tố ràng buộc của tác vụ dự án Mức độ ưu tiên của từng loại nhiệm vụ không được xác định rõ Xung đột giữa mức độ ưu tiên khi triển khai các phương pháp xử lý rủi ro	X	X X X
Xung đột trong phân công vai trò thực hiện dự án và năng lực Xung đột trong phân bổ nguồn lực dự án Xung đột trong đấu thầu nhiều vòng	X X	X
Xung đột giữa các kênh liên lạc Xung đột giữa độ phức tạp công nghệ và thời hạn hoàn thành dự án Xung đột giữa năng lực nhân viên và công nghệ dự án Xung đột giữa công nghệ và quá trình đào tạo		X X X X
Xung đột giữa các phương thức quản lý dự án Xung đột giữa các nhiệm vụ của bộ phận thực hiện dự án Xung đột về quy trình thực hiện dự án và tốc độ thực hiện dự án Xung đột giữa các chuẩn áp dụng dự án		X X X X
Xung đột giữa mục tiêu của nhà đầu tư Xung đột giữa ban quản lý và các thành viên thực hiện dự án Xung đột giữa các thành viên dự án Xung đột giữa kinh nghiệm dự án và chi phí trả lương thành viên	X X	X X
Xung đột trong phân bổ chi phí dự án Xung đột trong quản lý tài chính và các thay đổi của dự án Xung đột về quản lý tài chính và chất lượng dự án Xung đột về quản lý tài chính và đào tạo nguồn lực nhân sự dự án	X X X	X

Nguyên nhân của việc phân loại đã được trình bày trong *phần 2.1.3* về vai trò của chủ đầu tư trong các vấn đề xung đột của dự án, vì vậy việc trình bày về các minh chứng cho tính khả dụng của mô hình trong luận án cũng sẽ căn cứ theo cách phân loại này. Cụ thể, luận án sẽ lựa chọn hai bài toán trong phân loại thứ nhất là bài toán có sự có mặt trực tiếp của chủ đầu tư, và hai bài toán thuộc về phân loại thứ hai, đồng thời bốn bài toán này thuộc về 4 nguyên nhân khác nhau theo phân loại của Thamhain, Wslemon và Posner [33] để đảm bảo tính đa dạng của mô hình.

Bên cạnh đó, từ việc phân loại lại như trên có thể thấy rằng đa phần các xung đột xảy ra trong dự án thuộc về loại không có sự liên quan tới chủ dự án, tuy nhiên như đã phân tích tại *phần 2.1.3*, vai trò của chủ đầu tư trong bất cứ vấn đề xung đột nào là rất cần thiết. Vì những lý do trên, cho thấy rằng cần phải có một giải pháp chung cho các bài toán xung đột để tránh bỏ sót việc tính toán lợi ích chung của dự án (hay được coi là lợi

ích của chủ dự án) trong việc tính toán lợi ích của các tác nhân thành phần của dự án. Điều đó cũng khẳng định được tầm quan trọng của mô hình biểu diễn được trình bày trong các phần sau

2.2 Phân tích mô hình biểu diễn theo lý thuyết trò chơi

2.2.1 Các mô hình biểu diễn lý thuyết trò chơi

Trong *Phần 1.4* đề cập tới các nghiên cứu tiêu biểu về lý thuyết trò chơi và các ứng dụng, đặc biệt là nghiên cứu về áp dụng nghiên cứu trò chơi trong các vấn đề liên quan tới quản lý dự án. Để nghiên cứu về các mô hình biểu diễn mà các tác giả đã sử dụng, phần này sẽ trình bày đánh giá về mô hình biểu diễn vấn đề của các nghiên cứu đó, có thể tổng kết lại một số nội dung sau:

- Trong [11], các tác giả không đề cập tới một mô hình toán học nào và hoàn toàn chỉ diễn giải vấn đề bằng lời;
- Trong [12], không có mô hình trò chơi được giới thiệu như một khối thống nhất, thay vào đó, từng bộ phận riêng rẽ được giới thiệu ở nhiều phần khác nhau của nghiên cứu như là: tập $J = \{1, \dots, n\}$ các công việc, tập M các máy, lịch thực hiện gồm 2 thời gian là S_j, C_j ;
- Trong [23] không diễn giải mô hình trò chơi mà giới thiệu luôn mô hình của cân bằng Nash gồm G điều kiện và G người chơi, và đề xuất mô hình Cân bằng Nash: $(\bar{x}, \bar{y}) \in E \times F$ với E, F là các không gian tìm kiếm;
- Trong [13], các tác giả sử dụng giá trị Shapley, và cũng không có mô hình nào diễn giải cụ thể, trong từng phần của nghiên cứu đề cập tới các yếu tố của bài toán, tuy không nói rõ cụ thể nhưng bản chất là thành phần của trò chơi, bao gồm: tập hợp O về nhiệm vụ, công việc, lịch trình thực hiện (có thể hiểu là chiến lược) C , hàm lợi ích p ;
- Trong [14], các tác giả có giới thiệu mô hình trò chơi cho bài toán xếp lịch dưới dạng như sau: $G = \{S_0, S_0 \rightarrow S_c; u_0(S_0, S_c), u_c(S_0, S_c)\}$, trong đó S_0, u_0 là chiến lược và hàm payoff liên quan tới chủ đầu tư, S_c, u_c là chiến lược và hàm payoff liên quan tới đội dự án. Tuy nghiên cứu có đề cập tới cân bằng Nash tuy nhiên không chỉ ra mô hình kết quả của vấn đề là cân bằng Nash được biểu diễn ra sao;
- Trong [15], các tác giả đề xuất 2 loại mô hình cho 2 trò chơi hợp tác và trò chơi không hợp tác. Giống như hầu hết các nghiên cứu ở trên, nghiên cứu có đề cập về mô hình nhưng đều không có một mô hình toán học cụ thể, nghiên cứu sử dụng một đồ thị $G_p(N, \varepsilon_p)$ để mô tả vấn đề bài toán;
- Trong [16], các tác giả không đề cập về mô hình, ngoài việc giải thích về bài toán, nghiên cứu đi cụ thể vào việc phân tích đặc điểm của bài toán để chọn ra loại bài toán lý thuyết trò chơi để áp dụng vào. Về mặt kỹ thuật, nghiên cứu có nhắc tới cách tính toán hàm mục tiêu của bài toán (objective function);
- Trong [37], các tác giả định nghĩa bài toán này thuộc dạng trò chơi hợp tác, tuy nhiên nghiên cứu đi vào thẳng việc áp dụng các giải thuật tối ưu vào bài toán. Thành phần của trò chơi được nhắc đến duy nhất đó là cách tính hàm lợi ích;
- Trong [30], các tác giả đề xuất mô hình trò chơi cho xung đột về hợp đồng được biểu diễn dưới dạng: $G = \langle M, A, U \rangle$ gồm 3 thành phần là: tập người chơi M , tập hành động A , và tập các hàm lợi ích U . Tuy không đề cập tới cân bằng Nash nhưng các tác giả đưa ra hàm P_{max} sử dụng cho việc tìm kiếm kết quả tối ưu của trò chơi.

So với một số nghiên cứu trên, cùng với nghiên cứu [14], nghiên cứu này đã đưa ra mô hình trò chơi đầy đủ hơn.

Ngoài ra, phân tích các nghiên cứu tiêu biểu khác có mô tả và ứng dụng mô hình lý thuyết trò chơi, có thể tổng kết một số nội dung như sau:

- Trong [38], tuy rằng có đề cập tới khái niệm mô hình trong tiêu đề, tuy nhiên nội dung cụ thể của nghiên cứu đi vào phân tích các nghiên cứu khác liên quan tới lý thuyết trò chơi, nghiên cứu cũng chỉ ra một số nghiên cứu khác có áp dụng 2 loại mô hình chủ yếu là: normal-form và extensive-form, cùng với đó mô tả các nghiên cứu ứng dụng các loại bài toán trò chơi khác nhau. Trong nghiên cứu không đề xuất một mô hình nào cụ thể của trò chơi để áp dụng cụ thể vào chính bài toán;
- Tương tự như bài báo [17], trong [35] tác giả giới thiệu mô hình trò chơi dưới dạng như sau: Mô hình lý thuyết trò chơi cho bài toán là một bộ dữ liệu gồm 3 thành phần $\langle N, (A_i)_{i \in N}, (u_i)_{i \in N} \rangle$, trong đó N là tập người chơi, A_i là tập chiến lược của người chơi i , u_i là hàm payoff cho người chơi i . Ngoài ra nghiên cứu chỉ ra mô hình của điểm cân bằng Nash dưới dạng $(a_1^*, a_2^*, \dots, a_1^*)$, ngoài ra định nghĩa các ràng buộc của cân bằng Nash dựa trên hàm lợi ích u_i ;
- Trong [18], có tên gọi giống với các nghiên cứu trong luận án. Nghiên cứu chỉ đưa ra mô tả lý thuyết của vấn đề, giống như các nghiên cứu trước đó, chủ yếu tập trung vào thuật toán mô tả áp dụng vào mô hình bài toán và phân tích loại bài toán sử dụng. Các tác giả đề xuất công thức tính hàm lợi ích: $u_i = (PS_1 \times PS_2)$. Tuy nhiên nghiên cứu cũng có đề cập tới mô hình của cân bằng Nash.

Với việc tìm hiểu các nghiên cứu hiện có, và với các phân tích ở trên, có thể đi tới kết luận là các mô hình trên chưa phù hợp với đặc điểm của bài toán xung đột trong quản lý dự án ở các yếu tố sau:

- Nhiều nghiên cứu chỉ mô tả về việc áp dụng lý thuyết trò chơi, cần thiết phải có một mô hình cụ thể biểu diễn trò chơi và các thông tin về bài toán;
- Với các nghiên cứu có đề xuất mô hình thì biểu diễn với các ký pháp khác nhau;
- Các mô hình đó thường chỉ đề cập trò chơi với 3 thành phần: người chơi, chiến lược, hàm lợi ích và như vậy nếu áp dụng vào thì thiếu đi thông tin về ràng buộc hoặc dữ liệu về xung đột;
- Khi xét vấn đề xung đột của dự án thì yếu tố quan trọng cần phải tính đến rõ ràng là xung đột sẽ ảnh hưởng ra sao tới dự án. Trong các loại xung đột được liệt kê, có thể chia thành: (i) xung đột có liên quan trực tiếp tới dự án và (ii) xung đột chỉ giữa các đối tượng thuộc dự án. Các nghiên cứu thuộc loại (ii) đều chưa xét tới đặc điểm lợi ích của dự án (như trong phân tích mục 2.1.3).

Và do các vấn đề như vậy, khi áp dụng vào lớp bài toán xung đột trong quản lý dự án sẽ dẫn tới các vấn đề sau:

- Việc mô tả các vấn đề không đồng nhất và khó có thể phán định tính chính xác và đầy đủ của mô hình
- Khi xác định thiếu các dữ liệu cần thiết để tính toán thì dẫn tới:
 - Việc chuyển đổi từ mô hình và kiến trúc phần mềm không hợp lý
 - Nhiều khả năng việc tính toán kết quả sẽ bị sai lệch vì phân lập trình tính toán sẽ thiếu dữ liệu dẫn tới không thể tìm được giải pháp cho xung đột – là điểm cân bằng Nash mà tất cả người chơi đều chiến thắng
 - Khi các tác giả khác muốn phát triển hoặc chỉnh tác giả sau một thời gian dài quay lại nghiên cứu này sẽ gặp khó khăn khi tìm hiểu và phát triển nghiên cứu

2.2.2 Phân loại vấn đề theo dạng bài toán lý thuyết trò chơi

Từ đặc điểm của bài toán xung đột nêu ra trong *mục 2.1.1* và *mục 2.1.3*, và đặc điểm của các lớp bài toán lý thuyết trò chơi giới thiệu tại *phần 1.2*, có thể đi tới phân tích về sự phù hợp của lớp các bài toán xung đột trong quản lý dự án với lớp bài toán của lý thuyết trò chơi như trong Bảng 2.2.

Bảng 2.2: Phân loại bài toán Xung đột theo loại bài toán Lý thuyết trò chơi

Loại bài toán Lý thuyết trò chơi	Phân tích đặc điểm
Trò chơi đồng thời và trò chơi tuần tự	Lớp bài toán xung đột có nhiều dạng và nhiều cách thức thực hiện chiến lược khác nhau, trong đó thường là kết hợp cả đồng thời và tuần tự. Vì vậy để chia thuộc về 1 trong 2 loại này là không phù hợp.
Trò chơi đối xứng và bất đối xứng	Lớp bài toán xung đột thường có nhiều hơn hai người chơi, có nhiều ràng buộc và tham số, vì vậy để xếp lớp bài toán xung đột vào loại này là không phù hợp.
Trò chơi có tổng bằng không và trò chơi có tổng khác không	Vì có nhiều tham số và ràng buộc, hệ thống chiến lược phức tạp vì các vấn đề của quản lý dự án liên quan tới nhiều yếu tố khác nhau. Vậy nên có thể xếp lớp bài toán xung đột thuộc về loại tổng khác không.
Trò chơi thông tin hoàn hảo và trò chơi thông tin không hoàn hảo	Hầu hết các bài toán của lý thuyết trò chơi là loại thông tin không hoàn hảo, và lớp các bài toán xung đột cũng thuộc loại này khi mà các đối tượng của xung đột không thể biết toàn bộ lựa chọn của đối tượng khác trước
Trò chơi hợp tác và trò chơi không hợp tác	Vì các đối tượng trong trò chơi có sự xung đột lẫn nhau, các ràng buộc về xung đột này chính là kết nối để quyết định chiến lược. Vậy nên lớp các bài toán xung đột chính là loại trò chơi hợp tác

Như vậy có thể kết luận rằng, về phân loại mô hình lý thuyết trò chơi cho lớp các bài toán xung đột của quản lý dự án sẽ thuộc về các phân loại sau:

- Loại trò chơi có tổng khác không;
- Loại trò chơi thông tin không hoàn hảo;
- Loại trò chơi hợp tác.

Mô hình lý thuyết trò chơi thỏa mãn được các phân loại trên thường là một tập gồm 3 dữ liệu chính: người chơi, chiến lược và hàm payoff cho chiến lược dùng trong việc đánh giá việc lựa chọn chiến lược. Mô hình này tương đồng với nhiều nghiên cứu hiện nay. Cụ thể mô hình lý thuyết trò chơi được lựa chọn để mở rộng đã được trình bày trong *mục 1.2.1* và mô hình cân bằng Nash sử dụng trong việc tìm giải pháp cho mô hình lý thuyết trò chơi được mô tả tại *Công thức 1.1*.

Cùng với đó, trước khi thực hiện việc chuyển đổi trong *Hình 2.2*, việc chuẩn bị và tổ chức dữ liệu cần phải đảm bảo các tiêu chí sau để đảm bảo rằng Hệ thống thông tin ra quyết định có đủ thông tin cần thiết từ mô hình để giải bài toán, nếu không như vậy, dù mô hình có đảm bảo được chất lượng và yêu cầu thì bài toán xung đột cũng không thể giải được. Các tiêu chí của mô hình lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash chuyển đổi sang cần có:

- Phản ánh được lợi ích trong khái niệm win-win của các đối tượng xảy ra xung đột

- Phản ánh được lợi ích của chủ đầu tư như phân tích ở trên, vì dù các đối tượng của xung đột không bao gồm dự án, tuy nhiên các đối tượng này cũng là thành phần của dự án, và mục tiêu win - win cuối cùng vẫn là đảm bảo các ràng buộc của dự án như trong *mục 2.1.1* đã nêu
- Mô hình lý thuyết trò chơi cần mang đầy đủ thông tin để làm đầu vào cho các giải pháp thuật toán để đảm bảo được tính kế thừa của các nghiên cứu khác khi sử dụng mô hình này, đảm bảo rằng dữ liệu cho thuật toán là đầy đủ và giải được

Vì vậy trong phần tiếp theo của nghiên cứu này, luận án sẽ đề xuất mô hình lý thuyết trò chơi cho lớp các bài toán xung đột, giải quyết được các vấn đề đã nêu trên.

2.3 Xây dựng Unified Game-Based Model mô hình hóa xung đột

2.3.1 Đề xuất cấu trúc của xung đột trong mô hình

Để xây dựng nên cấu trúc thông tin của các thành phần trong xung đột và được biểu diễn trong mô hình, cấu trúc dựa vào các phân tích trong các phần trên. Từ đó, luận án xác định các thông tin liên quan tới xung đột cần có để có thể trên đó áp dụng các giải thuật để tính toán. Cấu trúc của xung đột bao gồm thông tin về phân loại của xung đột trong quản lý dự án, mô hình lý thuyết trò chơi và các thông tin cần truyền tải của xung đột bao gồm lợi ích của chủ đầu tư.

Trong quá trình tìm hiểu để có thể đi tới đề xuất giới thiệu trong các phần sau, luận án đã thực hiện nhiều đề xuất về mô hình bài toán xung đột cho từng bài toán khác nhau với các cấu trúc khác nhau.

Các thử nghiệm được mô tả trong công bố như sau:

Công bố CT1

Nghiên cứu về xung đột trong thanh toán dự án, công bố trong CT1 về bài toán xếp lịch thanh toán dự án, có sử dụng giải thuật di truyền cơ bản (không áp dụng các cải tiến hoặc các phiên bản khác). Cấu trúc của xung đột được mô tả với các thành phần S_o là tập chiến lược của chủ đầu tư, F_o là sự khác nhau về lợi nhuận giữa thực tế và dự kiến, S_c là tập chiến lược của nhà thầu dự án, F_c là lợi nhuận ròng (*net benefit*) của nhà thầu.

Công bố CT2

Nghiên cứu về xung đột trong đấu thầu nhiều vòng, công bố này đề xuất dữ liệu của bài toán bao gồm các thông tin: S_o là tập chiến lược của chủ đầu tư, F_o là hàm lợi ích của chủ đầu tư, S_c là tập chiến lược của nhà thầu dự án, F_c là hàm lợi ích của nhà thầu.

Công bố CT3

Nghiên cứu về bài toán cân bằng nguồn lực có sử dụng mô tả dữ liệu của bài toán gồm: tập người chơi b_1, b_2, \dots, b_m , chiến thuật người chơi $P_i = (P_{i1}, \dots, P_{ik})$, và ma trận payoff M , các giới hạn tài nguyên a_1, a_2, \dots, a_n là nơi có thể xảy ra xung đột.

Công bố CT4

Nghiên cứu về bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro, trong nghiên cứu này đề xuất dữ liệu của bài toán bao gồm: tập các rủi ro $R_o \rightarrow R_n$, tập các chiến lược của từng người chơi (rủi ro) là $S_{ij}(t_{ij}, p_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ bao gồm các dữ liệu về thời gian xử lý, mức độ ưu tiên, chi phí thực hiện, độ khó thực hiện. Tập $C_o \rightarrow C_m$ mô tả tập các xung đột xảy ra trong dự án, và giá trị $p_i(C_x \rightarrow C_y)$ mô tả hàm lợi ích của chiến lược lựa chọn.

Phân tích các công bố

Có thể thấy rằng mô hình dữ liệu trong mô tả trò chơi từ CT1, CT2 có chung định dạng về ký hiệu nhưng ý nghĩa có khác nhau tại mô tả về hàm lợi ích. Tuy nhiên với mô hình này, khi tiến hành áp dụng trong các nghiên cứu tiếp theo về xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro (khi không có sự xuất hiện của chủ đầu tư) thì đã gặp vấn đề do không thể áp dụng được. Thậm chí rằng, các phương tùy biến mô hình trên cũng không thể thực hiện được. Điều đó cho thấy sự không tổng quát và phù hợp của mô tả dữ liệu này.

Tại các nghiên cứu tiếp theo nhằm cải tiến mô hình dữ liệu cần biểu diễn và mô hình toán học mô tả, các công bố CT3, CT4 đã có thêm những cải tiến về việc bổ sung 3 thành phần quan trọng theo đúng định nghĩa chung về trò chơi trong lý thuyết trò chơi đó là: người chơi, chiến lược và hàm payoff [35]. Tuy nhiên cách biểu diễn và mô tả chưa được khái quát. Từ các phân tích trên tại các công bố CT5 đề xuất mô hình dữ liệu và mô hình toán học của xung đột trong quản lý dự án, và được áp dụng vào trong các nghiên cứu tiếp theo thành công.

Các công bố đã cho thấy những phân tích về thông tin xung đột của luận án là chính xác và khả năng áp dụng cao. Việc tính toán để tìm ra đáp án của các bài toán xung đột đều được thực hiện thành công. Cụ thể, thông tin của xung đột trong mô hình lý thuyết trò chơi cần có như sau:

- Thông tin về người chơi đặc biệt là dự án trong bài toán xung đột, trong trường hợp bài toán có chủ đầu tư, là các thông tin về chủ đầu tư, còn với các bài toán không có chủ đầu tư, người chơi đặc biệt là một người chơi ảo đại diện lợi ích của toàn bộ dự án. Thông tin mô tả về người chơi đặc biệt là một tập hợp P_0 gồm các phần tử $p \in P_0$ là thông tin liên quan tới việc tính toán lợi ích của toàn bộ dự án trong hàm thưởng phạt (*payoff*);
- Chiến lược của dự án khi xung đột xảy ra, thông tin về chiến lược của dự án là một tập S_0 bao gồm các chiến lược $s_{0i} \in S_0$ trong đối phó / tương tác với các chiến lược của người chơi i ;
- Hàm thưởng phạt (*payoff*) tính toán lợi ích chung của dự án khi lựa chọn một chiến lược s_{0i} nào đó;
- Thông tin về các người chơi (khác người chơi đặc biệt) trong bài toán xung đột. Thông tin mô tả về người chơi là một tập hợp P_i gồm các phần tử $p \in P_i$ là thông tin liên quan tới việc tính toán lợi ích của người chơi này;
- Chiến lược của từng người chơi (khác người chơi đặc biệt) sử dụng khi xung đột xảy ra, thông tin về chiến lược của người chơi i là một tập S_i bao gồm các chiến lược $s_{ik} \in S_i$ trong đối phó / tương tác với các chiến lược của người chơi k ;
- Hàm payoff của người chơi i khi tham gia phương án;
- Thông tin về các ràng buộc của xung đột là một không gian vector các cặp xung đột giữa các chiến lược của các người chơi.

2.3.2 Đề xuất mô hình Unified Game-Based model

Qua phân tích trên về nội dung cần thể hiện trong mô hình lý thuyết trò chơi, dựa vào cấu trúc chung cho các dạng trò chơi thông tin không hoàn hảo, trò chơi hợp tác, trò chơi tổng khác không, luận án đề xuất một mô hình thống nhất cho lớp các xung đột trong quản lý dự án, mô hình được có tên gọi **Unified Game-based model** được biểu diễn dưới dạng như sau:

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (2.1)$$

Trong đó:

G : biểu diễn mô hình của trò chơi

P_0 : là người chơi đặc biệt, người chơi này sẽ đại diện cho dự án, hoặc là chủ dự án, quản lý dự án hoặc là nhà đầu tư, nếu trong trò chơi không xuất hiện những người chơi trên, người chơi đặc biệt mang ý nghĩa trừu tượng, sẽ đại biểu cho lợi ích của toàn bộ dự án khi so sánh với các người chơi bình thường khác

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chơi đặc biệt, trong đó M_0 là số lượng chiến lược của người chơi đặc biệt

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm thưởng phạt (payoff function) của người chơi đặc biệt tham chiếu chiến lược của người chơi đặc biệt sang dạng số thực

N : Số lượng người chơi bình thường

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập các người chơi bình thường, thường là các đối tượng có xảy ra xung đột trong quản lý dự án

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng chiến lược của người chơi i

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm thưởng phạt của người chơi i , tham chiếu chiến lược người chơi i sang 1 giá trị số thực

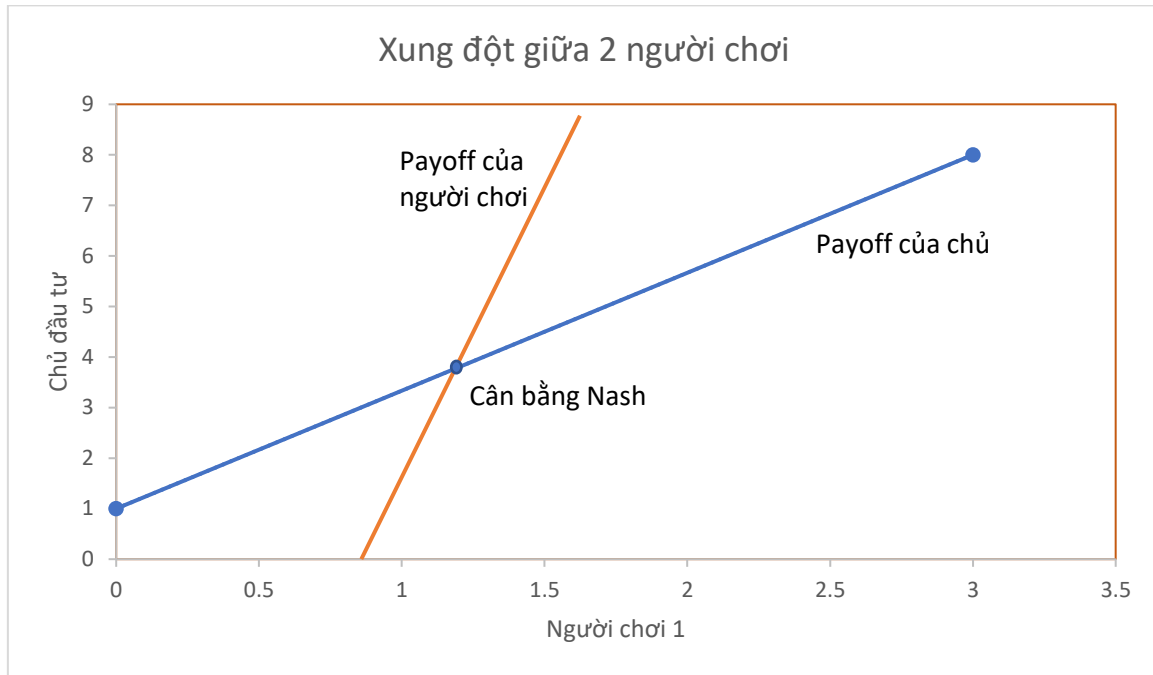
R^c : là không gian vector biểu diễn tập C các xung đột của bài toán, mà một *non-empty vector* $\vec{v} \in R^c$ biểu diễn xung đột giữa K người chơi ($1 \leq K \leq N$), ở dạng chuẩn tắc của trò chơi (strategic form hoặc normal form), $\vec{v} \in R^c$ có thể được mô tả như sau: $\{s_{0k}, s_{pq}, \dots, s_{xy}\}$, trong đó $s_{0k} \in S_0$ đại diện cho người chơi đặc biệt (quyền lợi của dự án) và $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$, trong đó ($1 \leq p, x \leq N$), ($1 \leq q \leq M_p$) và ($1 \leq y \leq M_x$)

Điểm cân bằng Nash của mô hình được xác định như sau:

Khi người chơi i ($1 \leq i \leq N$) chọn chiến lược $s_i \in S_i$, ta gọi $s_{-i} \in S_i$ là chiến lược của những người chơi khác. Hàm payoff của người chơi i có thể được diễn giải như sau: $u_i(s_i, s_{-i})$. Tập các chiến lược $S^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_N^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi $\forall (s_i^*, s_j^*) \in S^*, (s_i^*, s_j^*) \notin R^c, (1 \leq i, j \leq N)$, và:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (2.2)$$

Điểm cân bằng Nash chính là giải pháp cho xung đột chúng ta cần tìm. Việc xử lý xung đột theo cách thức win - win đã đề cập cũng tương đương với việc giải mô hình lý thuyết trò chơi và tìm ra điểm cân bằng Nash cho bài toán.



Hình 2.3: Cân bằng Nash trong Unified Game-based model

2.3.3 Mô tả một số bài toán điển hình về xung đột sử dụng Unified Game-Based model

Các bài toán điển hình về xung đột trong quản lý dự án dựa trên các công trình đã công bố của luận án đã được mô hình hóa theo Unified Game-based model. Các bài toán này thuộc về một số phân loại khác nhau về xung đột, đồng thời thuộc về các lĩnh vực quản lý dự án của các dự án đầu tư Công nghệ thông tin khác nhau như:

- Quản lý tích hợp: bài toán xếp lịch thanh toán dự án (*PSP – Payment Schedule Problem*), thuộc về loại trò chơi có hai người chơi và có mặt chủ đầu tư;
- Quản lý mua sắm, đấu thầu: bài toán đấu thầu nhiều vòng (*Multiround Procurement*), thuộc về loại trò chơi có nhiều người chơi là các nhà thầu và có mặt chủ đầu tư cũng là một người chơi;
- Quản lý rủi ro: bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro (*Risk Response Conflict*), thuộc về loại trò chơi có nhiều người chơi và không có mặt chủ đầu tư;
- Quản lý nhân sự, tài nguyên: bài toán cân bằng nguồn lực (*Resource Balancing*), thuộc về loại trò chơi có nhiều người chơi và không có mặt chủ đầu tư.

Cụ thể trong từng bài toán, mô hình đã áp dụng và đã được chứng minh tính khả thi và có thể giải quyết được như sau:

Bài toán xếp lịch thanh toán dự án

$$G = \{\{P_0, P_1\}, \{S_0, S_1\}, \{u_0, u_1\}, R^c\} \quad (2.3)$$

Trong đó,

P_0 : người chơi là chủ đầu tư đại diện cho lợi ích của dự án

$S_0 = \{S_{01}, \dots, S_{0j}, \dots, S_{0K}\}$: tập các chiến lược của chủ dự án

u_0 : hàm payoff của chủ dự án

P_1 : nhà thầu là đơn vị thực hiện dự án

$S_1 = \{S_{11}, \dots, S_{1j}, \dots, S_{1M}\}$: tập chiến lược của nhà thầu

u_1 : hàm payoff của nhà thầu

R^c : xung đột thứ tự thanh toán

Bài toán đấu thầu nhiều vòng

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (2.4)$$

Trong đó:

P_0 : là chủ đầu tư của gói thầu

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của chủ đầu tư, trong bài toán này chính là nội dung M_0 gói thầu trong vòng đấu thầu

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm payoff của chủ đầu tư

N : Số lượng nhà thầu tham gia đấu thầu 1 hoặc nhiều gói thầu

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập các nhà thầu tham gia đấu thầu

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng gói thầu người chơi i tham gia, chiến lược ở bài toán này có thể hiểu là chiến lược tham gia mỗi một gói thầu

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm payoff của người chơi i ,

R^c : là không gian vector biểu diễn tập các xung đột của bài toán

Bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (2.5)$$

Trong đó:

P_0 : là người chơi đặc biệt đại biểu cho lợi ích của toàn bộ dự án

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chơi đặc biệt, trong đó M_0 là số lượng chiến lược của người chơi đặc biệt

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm payoff của người chơi đặc biệt

N : Số lượng rủi ro có xảy ra xung đột

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập các rủi ro có xảy ra xung đột

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các phương pháp đối phó của rủi ro i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng các phương pháp xử lý của rủi ro i

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm payoff của rủi ro i

R^c : là không gian vector biểu diễn tập các xung đột

Bài toán cân bằng nguồn lực

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (2.6)$$

Trong đó:

P_0 : là người chơi đặc biệt đại diện cho quyền lợi của chủ đầu tư của dự án

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chơi đặc biệt

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm payoff của chủ đầu tư

N : Số lượng các nhóm/phòng/ban có yêu cầu về nguồn lực

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập người chơi - các đơn vị tham gia

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng tài nguyên người chơi i tham gia, chiến lược ở bài toán này có thể hiểu là chiến lược đăng ký sử dụng 1 loại tài nguyên nào đó.

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm payoff của người chơi i

R^c : là không gian vector biểu diễn tập các xung đột của bài toán

Từ đó có thể thấy rằng Unified Game-based model có khả năng áp dụng rộng rãi, phù hợp với nhiều phân loại và hình thái khác nhau của các xung đột trong quản lý dự án,

là tiền đề quan trọng để thực hiện bước tiếp theo là áp dụng các giải thuật tối ưu đa mục tiêu trong việc tìm ra điểm cân bằng Nash.

2.3.4 Cân bằng Nash của xung đột

Bài toán cân bằng lần đầu tiên được giới thiệu bởi H. Nikaido, K. Isoda vào năm 1955 nhằm mục đích tổng quát hoá bài toán cân bằng Nash trong trò chơi không hợp tác [26]. Bài toán cân bằng các yếu tố của vấn đề nói chung là bài toán: tìm $x^* \in K$ sao cho $f(x^*, y) \geq 0, \forall y \in K$ [27]. Trong đó K là một tập cho trước và $f: K \times K \rightarrow \mathbb{R}$ là một hàm cho trước thỏa mãn $f(x, x) = 0$.

Bất đẳng thức trên được H. Nikaido và K. Isoda đưa ra lần đầu tiên năm 1955 khi tổng quát hóa bài toán cân bằng Nash trong trò chơi không hợp tác [26]. Cụ thể, hàm Nikaido-Isoda định nghĩa điểm cân bằng Nash của bài toán xung đột trong quản lý dự án được mô tả theo Unified Game-based model có dạng như sau:

$$f(x^*, x) = \sum_{i=1}^n (f_i(x) - f_i(x[y_i])) \quad (2.7)$$

Trong đó vector $x[y_i]$ là vector nhận được bằng cách từ vector x thay thành phần x_i bởi y_i . Ký hiệu $K_i \subset \mathbb{R}$ là tập chiến lược của người chơi thứ i . Khi đó tập chiến lược của trò chơi là: $K := K_1 \times \dots \times K_n$. Một điểm $x^* \in K$ được gọi là điểm cân bằng Nash của trò chơi nếu:

$$f_i(x^*) = \max_{y_i \in K_i} f_i(x^*[y_i]), \forall y_i \in K_i, \forall i \quad (2.8)$$

Việc tìm ra điểm cân bằng Nash sử dụng song hàm Nikaido-Isoda tương đương với việc tìm ra các $f_i(x^*)$ sao cho thỏa mãn *Công thức 2.7*.

Trong mô hình Unified Game-based model, việc xác định lợi ích qua các hàm lợi $f_i(x^*)$ tương đương với các ký pháp về hàm payoff u_i . Hàm lợi $f_i(x^*[y_i])$ cho điểm cân bằng Nash x^* tìm được tương đương với định nghĩa về $u_i(s_i^*, s_{-i}^*)$ trong *Phần 2.3.2* và mô hình của Dario Bauso [35], trong đó tập các chiến lược $x^* = S^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_N^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi:

$$\forall (s_i^*, s_j^*) \in S^*, (s_i^*, s_j^*) \notin R^c, (1 \leq i, j \leq N), \text{ và:} \quad (2.9)$$

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i$$

Vì vậy theo song hàm Nikaido-Isoda trong cân bằng Nash [61], áp dụng vào mô hình Unified Game-based model, khi tìm kiếm được giá trị:

$$f(x^*, x) = f(S^*, S) = \sum_{i=1}^n (u_i(s_i^*, s_{-i}^*) - u_i(s_i, s_{-i}^*)) \geq 0, \forall s_i \in S_i \quad (2.10)$$

Trong thực tế, các điểm cân bằng Nash cần phải thỏa mãn thêm các ràng buộc khác và việc tính $f_i(x^*)$ hay $u_i(s_i^*, s_{-i}^*)$ dựa vào nhiều yếu tố, dữ liệu của bài toán, lúc này bài toán tìm cân bằng Nash theo song hàm Nikaido-Isoda có dạng của một bài toán tối ưu đa mục tiêu và có thể giải quyết bằng các giải thuật tối ưu tiến hóa đa mục tiêu (MOEA) [61, 62].

Do đó, ta có các điều phải chứng minh về việc tồn tại của điểm cân bằng Nash trong các bài toán xung đột trong quản lý dự án như sau:

- (i) Có thể khẳng định rằng nếu các giải thuật tối ưu tiến hóa đa mục tiêu hội tụ trong trường hợp khi giá trị thích nghi (*fitness*) của giải thuật sau một hữu hạn bước lặp chỉ thay đổi trong phạm vi nhỏ hơn một giá trị ϵ xác định trước, khi đó sẽ tìm được điểm cân bằng Nash thỏa mãn *công thức 2.9* và *công thức 2.10*.
- (ii) Theo phân tích trong *phần 2.1.1*, các bài toán xung đột trong quản lý dự án phù hợp với dạng bài toán quy hoạch tuyến tính với nhiều hàm mục tiêu (đa mục tiêu).

Từ tối ưu đa mục đa mục tiêu quy về tìm phương án tốt nhất để đạt được cực tiểu hoặc cực đại giá trị thích nghi dựa trên các hàm thưởng phạt của từng đối tượng:
 $f(x) \rightarrow \min(\max)$.

Từ (i) (ii) cho thấy rằng các bài toán xung đột trong quản lý dự án là có thể hội tụ và đều tồn tại điểm cân bằng Nash. Các bài toán con về xung đột trong quản lý dự án được giới thiệu tại *phần 1.1.2, phần 1.1.3* và có chung đặc điểm được giới thiệu như trong phần 2.1.1 cũng tồn tại điểm cân bằng Nash và có thể tìm được thông qua các giải thuật tối ưu đa mục tiêu.

2.4 Tiểu kết chương

Trong chương 2, luận án đã thực hiện nghiên cứu những nội dung sau:

Trong phần 2.1, luận án đã phân tích vai trò, đặc điểm của xung đột trên cơ sở các tính chất liên quan tới mô hình lý thuyết trò chơi và có thể mô tả thông qua lý thuyết trò chơi, từ đó kết luận ra những đặc điểm cần thiết cần truyền tải trong mô hình ở phần dưới. Từ các kỹ thuật giải quyết xung đột từ mô hình của Thomas-Kilmann, luận án đề xuất sử dụng phương án tốt nhất là Hợp tác. Phương án này luôn được biết tới là một phương án khó giải. Tuy nhiên luận án cũng đã phân tích và đề xuất phương án này là giải được nhờ vào việc áp dụng lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash. Cũng trong phần 2.1, luận án phân tích vai trò của chủ đầu tư, sự ảnh hưởng của chủ đầu tư trong các bài toán xung đột và đi tới kết luận là trong bất cứ phân loại xung đột nào đều cần thiết phải tính tới lợi ích của chủ đầu tư. Cuối cùng, tại mục 2.1.4 tiến hành phân loại các xung đột điển hình theo sự có mặt của chủ đầu tư.

Trong phần 2.2, luận án đã phân tích các mô hình biểu diễn lý thuyết trò chơi hiện tại, từ đó đề xuất mô hình biểu diễn xung đột phù hợp trong phần 2.2.2 và đề xuất mô hình cụ thể biểu diễn toàn bộ các xung đột trong quản lý dự án tại phần 2.3. Khắc phục những vấn đề chung liên quan tới biểu diễn và giải quyết các bài toán xung đột khác nhau đã được phân tích trước đó, trong phần 2.3, luận án đề xuất mô hình Unified Game-Based chung cho các lớp các bài toán Xung đột trong Quản lý dự án với các đặc điểm chủ yếu sau: (i) thống nhất về ký pháp (ii) có sự xuất hiện của người chơi đặc biệt – đại diện cho quyền lợi của toàn dự án (iii) phân tách các mô tả về người chơi đặc biệt và người chơi bình thường (iv) có sự xuất hiện của mô tả về xung đột. Trong phần 2.4, luận án sử dụng song hàm Nikaido-Isoda là các chứng minh về toán học, được sử dụng nhiều trong việc áp dụng để giải quyết vấn đề cân bằng nói chung cũng như cân bằng Nash, trong đó chỉ ra rằng nếu giải thuật tối ưu đa mục tiêu hội tụ, sẽ tìm ra được điểm cân bằng Nash.

Liên quan trực tiếp đến nội dung của chương 2, có 01 bài báo đã được công bố trên tạp chí Tin học và Điều khiển học – CT5, và trước đó là 02 bài báo khám phá mô hình, có tính dẫn dắt đi để tới mô hình là CT1, CT2.

Trong chương tiếp theo, luận án sẽ ứng dụng Unified Game-based model trong một số ví dụ thuộc hai loại bài toán xung đột khác nhau là các bài toán xung đột có mặt chủ đầu tư và các bài toán không có mặt chủ đầu tư để đánh giá thêm về tính hiệu quả của mô hình.

CHƯƠNG 3: ỨNG DỤNG MÔ HÌNH UNIFIED GAME-BASED MODEL TRONG MỘT SỐ LỚP BÀI TOÁN ĐIỀN HÌNH

3.1 Ứng dụng mô hình trên các giải thuật

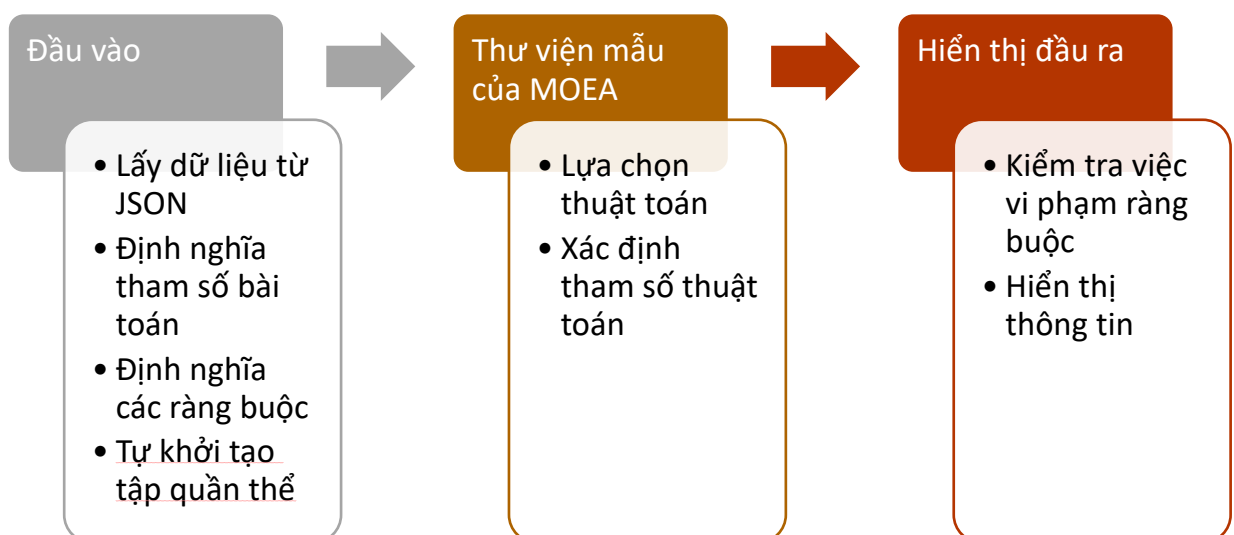
3.1.1 Các giải thuật lựa chọn

Trong quá trình ứng dụng mô hình vào bài toán, luận án đã sử dụng nhiều cách thức khác nhau để tìm hướng giải quyết hiệu quả, bao gồm các giải thuật tối ưu đa mục tiêu khác nhau, các công cụ khác nhau để tìm ra điểm cân bằng Nash cho xung đột, trong đó có bao gồm:

- Công cụ MATLAB tích hợp trong phần mềm viết trên JAVA, công cụ GAMBIT tích hợp trong phần mềm viết trên JAVA;
- Giải thuật di truyền (trong bài báo CT01, CT02) viết thử nghiệm trên JAVA, PHP
- Giải thuật Fictitious play và hai thuật toán mở rộng gồm CFR, CFR+ (trong bài báo CT3);
- Giải thuật ϵ -Origin, WSM, ϵ -Enhanced, SPEA là các thuật toán mở rộng dựa trên giải thuật ϵ -Constraint;
- Công cụ MOEA framework với các giải thuật NSGA-II, ϵ -MOEA, GDE3, PESA2, ϵ -NSGA-II, SMPSO.

Như đã phân tích trong mục 1.3.5, các giải thuật được hỗ trợ trong công cụ MOEA framework thông qua kết quả chạy thể hiện được tính hiệu quả vượt trội trong thời gian thực thi xác định trước để có thể hội tụ được. Các giải thuật của MOEA framework có các kết quả so sánh đã được lựa chọn dựa trên các tiêu chí:

- Là tiêu biểu cho các thuật toán khác nhau được hỗ trợ bởi MOEA framework;
- Hỗ trợ việc định nghĩa các ràng buộc cho xung đột để đánh giá lời giải đưa ra có vi phạm các tập xung đột R^c .



Hình 3.1: Triển khai mô hình trên MOEA framework

Các giải thuật tiến hóa tối ưu đa mục tiêu như đã kể trên thường bao gồm các bước lặp chủ yếu như sau [41, 42, 43, 44]:

- a. Khởi tạo tập quần thể
- b. Lựa chọn các cá thể cho vòng đời
- c. Tiến hành lai ghép / đột biến

d. Đánh giá cá thể dựa trên xếp hạng, phân loại

Các bước *b*, *c* ở trên được hỗ trợ bởi MOEA framework ứng dụng các giải thuật tốt và được cập nhật thường xuyên, bởi vì MOEA framework là ứng dụng mã nguồn mở, có cộng đồng sử dụng và hỗ trợ đông đảo. Các bước *a*, *d* được xử lý riêng theo từng bài toán cụ thể của luận án dựa trên Unified Game-based model để đảm bảo có thể truyền tải đầy đủ thông tin về mô hình bao gồm:

- Thông tin về người chơi;
- Thông tin về chiến lược người chơi;
- Cách tính hàm payoff riêng cho từng bài toán và người chơi;
- Thông tin về tập xung đột R^c mà điểm cân bằng Nash không được vi phạm.

3.1.2 Phương thức thử nghiệm

Trong chương 3, luận án trình bày 4 bài toán cụ thể và cách áp dụng như sau:

- Bài toán cân bằng nguồn lực sử dụng thuật toán Fictitious Play trên ứng dụng tự xây dựng theo thuật toán
- Các bài toán toán xung đột trong đấu thầu nhiều vòng, xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro, xung đột trong cân bằng nguồn lực được cài đặt dựa theo MOEA framework

Các thuật toán trong cùng 1 thuật toán được chạy lần lượt trên cùng cấu hình máy tính, mỗi thuật toán sẽ thử nghiệm chạy liên tục 10 lần để so sánh sự hội tụ của kết quả dựa trên giá trị payoff của chiến lược lựa chọn, ngoài giá trị payoff, các thuật toán còn so sánh thời gian chạy giữa các lần chạy của thuật toán.

Với các giải thuật tối ưu đa mục tiêu sử dụng trong luận án, trong cái điều kiện đặc biệt về: tập dữ liệu, chất lượng tập cá thể khởi tạo, sự hạn chế của việc xuất hiện các cá thể vượt trội (dominated), ngoài ra, kể cả khi trong trường hợp xấu nhất, với điều kiện lý tưởng về cấu hình máy tính thử nghiệm và thời gian chạy thuật toán đủ dài, đáp án của giải thuật sẽ tiệm cận được với giá trị hội tụ của tối ưu Pareto trong một khoảng ϵ chấp nhận được [63].

3.2 Lớp bài toán mô hình có chủ đầu tư

3.2.1 Bài toán đàm phán giá trong đấu thầu nhiều vòng

3.2.1.1 Giới thiệu bài toán

Đấu thầu là quá trình lựa chọn nhà thầu để ký kết và thực hiện hợp đồng cung cấp dịch vụ tư vấn, dịch vụ phi tư vấn, mua sắm hàng hóa, xây lắp; lựa chọn nhà đầu tư để ký kết và thực hiện hợp đồng dự án đầu tư theo hình thức đối tác công tư, dự án đầu tư có sử dụng đất trên cơ sở bảo đảm cạnh tranh, công bằng, minh bạch và hiệu quả kinh tế [64]. Trong nền kinh tế thị trường, người mua (chủ đầu tư) tổ chức đấu thầu để người bán (các nhà thầu) cạnh tranh nhau. Mục tiêu đối với người mua là mua được loại hàng hóa cần với chất lượng và dịch vụ tốt nhất cùng mức giá thấp nhất. Mục tiêu đối với người bán là giành được quyền cung cấp hàng hóa, dịch vụ đó với giá đủ bù đắp các chi phí đầu vào và đảm bảo mức lợi nhuận cao nhất có thể. Trong thực tế, cả hai đối tượng trên còn có một mục tiêu chung đó là không làm mất lòng đối phương, giữ mối quan hệ làm ăn, hợp tác lâu dài.

Về khía cạnh pháp luật tại Việt Nam [38], không có khái niệm đấu thầu nhiều vòng (*Multiround Procurement*) trong quy định cũng như các văn bản chính quy. Tuy nhiên,

trên thực tế các dự án lớn nói chung không chỉ ở Việt Nam đều cần mua sắm nhiều hàng hóa, tổ chức thành nhiều đợt và không chỉ thực hiện trong một lần duy nhất. Đối với các dự án lớn, thời gian đấu thầu kéo dài thành nhiều lần đấu thầu khác nhau trong các khoản thời gian khác nhau (mỗi lần đấu thầu đó chúng ta gọi là một vòng đấu thầu của tổng thể một kế hoạch lớn). Và cũng theo thực tế, đặc biệt tại các công ty tư nhân, việc thực hiện mua sắm hàng hóa theo quy chế đấu thầu là bắt buộc, **tuy nhiên việc thỏa thuận trước và lựa chọn nhà thầu một cách linh hoạt** là việc thường thấy. Việc này cũng đã diễn ra tại các dự án liên quan tới ngân sách nhà nước trong cả hai trường hợp đấu thầu chỉ định và công khai trong cả hai trường hợp đúng luật và trái luật, những ví dụ cụ thể có thể thấy nhiều trên các kênh báo chí và truyền thông. Có thể thấy rằng, **nhu cầu thỏa thuận trước là đương nhiên của cả hai bên** (chủ đầu tư và các nhà thầu). Cho dù chủ đầu tư có mối quan hệ khác nhau với các đối tác, các đối tác này sẽ trở thành nhà thầu nộp hồ sơ và nhiều thời điểm khác nhau, nhưng cuối cùng mục đích chung của chủ đầu tư là đạt được hiệu quả thực hiện việc mua sắm hàng hóa hiệu quả, đồng thời cân nhắc tới những ảnh hưởng có lợi các lần hợp tác khác trong tương lai.

Theo [67] **đấu thầu nhiều vòng** là phương thức cải tiến hình thức đấu thầu thông thường (như ở Việt Nam, còn gọi là *reserve prices*) bằng cách đẩy mạnh việc thỏa thuận, đàm phán (*negotiation*) để dẫn tới kết quả có lợi hơn trong tương lai. Tại mỗi vòng, một gói thầu gồm nhiều nội dung mua sắm, các nhà thầu có thể tham gia dự thầu mua 1 hoặc nhiều nội dung mua sắm, theo thực tế thì một nội dung mua sắm sẽ có nhiều nhà thầu tham gia cạnh tranh. Việc mua sắm này có thể thực hiện theo nhiều cách, tuy nhiên các mô hình gần đây đưa ra 3 hình thức thỏa thuận, đàm phán giữa bên mua và bên bán bao gồm: *face to face*, *e-Sourcing*, *reserve auction* [72]. Việc này dẫn tới các nghiên cứu về áp dụng lý thuyết trò chơi vào trong quá trình đàm phán để giải quyết các xung đột.

Khó khăn khi tổ chức đấu thầu nhiều vòng

Trong khi việc quyết định chọn nhà thầu cho một lần đấu thầu, một quyết định dựa trên phân tích chủ quan của một hay một nhóm người thuộc bên chủ thầu, đã là việc rất khó khăn và rủi ro cao thì các quyết định trong dự án đấu thầu nhiều vòng còn khó khăn và rủi ro hơn rất nhiều. Trong các nghiên cứu về đấu thầu nhiều vòng trong một công bố của Di Wu [65] và luận án tiến sĩ của Lu Ji [67] có nêu ra một số khó khăn cần giải quyết của đấu thầu nhiều vòng so với đấu thầu thông thường như sau:

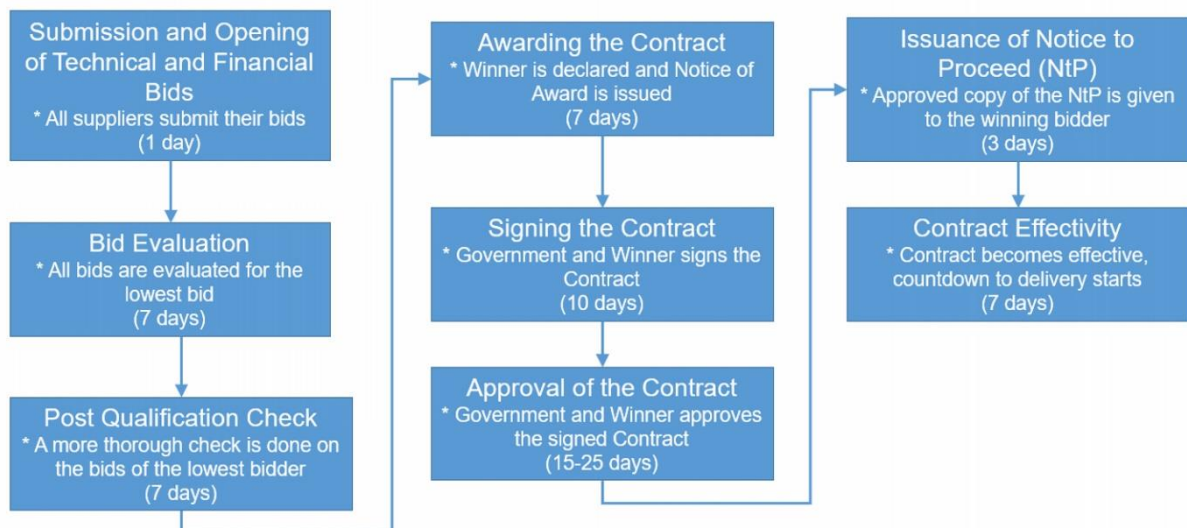
Khó khăn đầu tiên trong dự án đấu thầu nhiều vòng là lựa chọn các thời điểm đấu thầu. Việc lựa chọn thời điểm đấu thầu là vô cùng quan trọng vì thời điểm đấu thầu ảnh hưởng trực tiếp tới kinh phí của dự án. Mức giá của các loại nguyên vật liệu luôn biến động theo thời gian, kèm theo giá trị lãi suất chiết khấu. Nếu may mắn chọn đúng thời điểm mức giá cả đạt mức nhỏ nhất thì số tiền phải bỏ ra của chủ đầu tư sẽ ở mức thấp nhất; nhưng ngược lại, nếu chọn không đúng thời điểm, số tiền thực tế phải bỏ ra so với dự kiến ban đầu sẽ lên tới mức vượt qua tầm kiểm soát kiến dự án đi gặp phải nhiều rủi ro về tài chính.

Khó khăn thứ hai đó là tại thời điểm lựa chọn, cần lựa chọn nhà thầu không chỉ dựa trên mức giá đưa ra tại gói thầu này, mà cần căn cứ vào các thỏa thuận khác, hoặc là các thông tin trao đổi, cam kết về giá cả trong các gói thầu tiếp theo. Có thể tại gói thầu này, đối tác (nhà thầu) không phải là phương án tốt nhất, nhưng đối tác có cam kết về các lợi ích lớn hơn dành cho chủ đầu tư (về giá cả, chất lượng) trong các gói thầu tiếp theo, nên về tổng thể lợi ích thu được của chủ đầu tư khi lựa chọn nhà thầu này là lớn nhất.

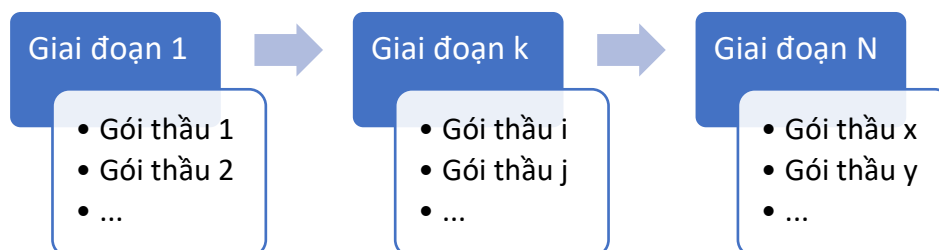
Khó khăn thứ ba đó là việc lựa chọn nhà thầu không chỉ dựa vào một số tiêu chí cứng như trong hồ sơ thầu, bởi vì các tiêu chí về mặt giấy tờ không thể hiện được đúng năng

lực của nhà thầu như thực tế đã chứng minh (đấu thầu đường ống nước sông Đà, tuyến đường sắt trên cao Yên Nghĩa – Cát Linh ...). Vì vậy khó khăn trong việc kết hợp mức giá hợp lý nhưng tìm ra được nhà thầu tin cậy là một thách thức. Cần phải xét tới trong đấu thầu nhiều vòng về phương án là khi giá bỏ thầu cao hơn, nhà thầu vẫn có thể được lựa chọn bởi năng lực chuyên môn đã biết, các cam kết về năng lực và sự hợp tác lâu dài.

Vấn đề khó khăn cuối cùng là để giải quyết bài toán này theo lý thuyết trò chơi, các thông tin về người chơi (chủ dự án hay chủ đầu tư và các bên dự thầu) cũng như chiến lược của người chơi (thông tin mời thầu, hồ sơ thầu nộp lên chủ đầu tư) cần được rõ ràng trong việc tính toán. Trên thực tế ở Việt Nam, ta không thể có một cơ chế đấu thầu linh hoạt như trong mô tả về đấu thầu nhiều vòng, với các dữ liệu như trên. Vì vậy, **bài toán này đặt trong giả sử là** bài toán sẽ trợ giúp chủ đầu tư ra quyết định trong một trường hợp lý tưởng khi chủ đầu tư có các thỏa thuận với các nhà thầu về phương án dự thầu tại từng gói thầu tham gia, thông tin này có thể là bí mật chỉ chủ đầu tư biết, hoặc có thể là công khai dưới dạng một công cụ hỗ trợ được chủ đầu tư công khai, giúp các nhà thầu dự đoán một số thông tin chiến thắng nào đó (tỷ lệ chiến thắng gói thầu dưới dạng số hoặc định tính) để biết được khả năng chiến thắng của mình với các phương án dự thầu này.



Hình 3.2: Quy trình đấu thầu [1][64]



Hình 3.3: Mô hình đấu thầu nhiều vòng

Vấn đề xung đột của bài toán

Có thể thấy rằng, xung đột xảy ra giữa việc cạnh tranh về nhiều mục tiêu cần cân nhắc: giá đề xuất hàng hóa đấu thầu, năng lực của nhà thầu, mối quan hệ và các cam kết

giữa chủ đầu tư và các nhà thầu, các đề nghị về miễn giảm giá tại từng thời điểm đấu thầu. Xung đột xảy ra trực tiếp giữa chủ đầu tư và nhà thầu, và giữa các nhà thầu với nhau trong việc thu lấy lợi ích cao nhất về phía mình.

Từ những vấn đề nêu trên, bài toán đặt ra ở đây là phương thức, mô hình để xây dựng nên trợ giúp ra quyết định đối với chủ đầu tư trong việc quyết định lựa chọn nhà thầu trong bài toán đấu thầu nhiều vòng trong trường hợp giả định như trên. Việc xây dựng giải pháp xuất phát từ việc xác định dữ liệu của bài toán, mô hình để giải quyết bài toán và các thuật toán cụ thể tìm ra lời giải.

Dữ liệu của bài toán

- Dự án có một danh sách các hàng hóa cần mua sắm, đấu thầu và được phân chia thành các gói thầu, mỗi gói thầu sẽ bao gồm thông tin bài thầu gồm các vật tư, thiết bị cần mua, với số lượng khác nhau, với các yêu cầu kỹ thuật khác nhau, có thể là về chủng loại, nhãn hiệu, chất lượng, tiêu chuẩn kỹ thuật khác nhau;
- Mỗi gói thầu sẽ bao gồm các thông tin về khoảng thời gian thực thi, tên, số lượng từng sản phẩm mua trong gói, tổng kinh phí nhà thầu dự kiến chi cho gói đó;
- Chủ đầu tư có các chỉ số quan hệ *nhà thầu - chủ đầu tư* và chỉ số năng lực (uy tín) của từng nhà thầu;
- Một danh sách các nhà thầu được cho trước, trong đó mỗi nhà thầu cung cấp số lượng và danh sách các gói thầu tham gia, mỗi gói thầu được đặc trưng bởi đơn giá dự thầu, cam kết về tỷ lệ giảm giá (chiết khấu) sản phẩm trong khoảng thời gian xác định nếu gói thầu diễn ra tại thời điểm đó.

Bài toán đấu thầu nhiều vòng có một đặc điểm quan trọng khác đó là:

- Giá trị tiền tính toán trong bài toán đấu thầu thường là rất lớn;
- Thời gian thực hiện đủ các gói thầu trong nhiều vòng đấu thầu cũng không ngắn;
- Giá trị tiền bị ảnh hưởng theo thời gian dự án do đó cũng không hề nhỏ.

Vì vậy trong bài toán này, cần phải quan tâm tới giá trị biến thiên của đồng tiền theo thời gian. Ngoài ra, trong bài toán đấu thầu nhiều vòng, trên thực tế có rất nhiều trường hợp, khả năng có thể xảy ra về việc lựa chọn nhà thầu. Do đó, cũng có rất nhiều ràng buộc do điều kiện của các nhà thầu hoặc chủ dự án đưa ra để đảm bảo quyền lợi cho mỗi bên. Trong bài toán này chỉ xét đến các ràng buộc sau:

- Tổng thời gian các giai đoạn / lần mời thầu phải bằng thời gian dự án;
- Khoảng cách giữa hai lần đấu thầu lớn hơn hoặc bằng khoảng cách nhỏ nhất;
- Thời gian tổ chức đấu thầu lần cuối phải sớm hơn điều kiện thời gian muộn nhất;
- Mỗi nhà thầu có quyền tham gia dự án ở một số gói khác nhau (trong khả năng của mình);
- Nhà thầu được chọn phải thỏa mãn điều kiện cung cấp được cho gói thầu;
- Mỗi gói thầu phải được bán đúng 1 lần;
- Mỗi lần /giai đoạn thầu phải bán ít nhất 1 gói thầu.

Với các dữ liệu trên đã mô tả đầy đủ các vấn đề đã nêu ra trong đấu thầu nhiều vòng cần phải giải quyết. Tìm ra câu trả lời các câu hỏi: làm sao để lựa chọn được nhà thầu dựa trên lợi ích tổng hòa các yếu tố giá cả, năng lực, mối quan hệ và các cam kết giữa chủ đầu tư và nhà thầu không chỉ trong một vòng mà trong tổng thể tất cả các vòng của đấu thầu, sẽ cho ta những điểm cân bằng Nash của bài toán này.

3.2.1.2 Ứng dụng mô hình Unified Game-Based model cho bài toán

Với các đặc điểm của bài toán xung đột trong đấu thầu nhiều vòng được mô tả trong chương 2, áp dụng mô hình Unified Game-Based được giới thiệu trong *Phần 2.3.2*, ta có mô hình chuẩn tắc cho bài toán này như sau:

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (3.1)$$

Trong đó:

P_0 : là chủ đầu tư của gói thầu

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của chủ đầu tư

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm thưởng phạt (payoff function) của chủ đầu tư tham chiếu chiến lược của chủ đầu tư sang dạng số thực

N : Số lượng nhà thầu tham gia đấu thầu 1 hoặc nhiều gói thầu

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập các nhà thầu tham gia đấu thầu

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng gói thầu người chơi i tham gia

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm thưởng phạt của người chơi i , tham chiếu chiến lược người chơi i sang 1 giá trị số thực

R^c : là không gian vector biểu diễn tập C xung đột trong đó mỗi xung đột thể hiện bằng một *vector* không rỗng $\vec{v} \in R^c$ biểu diễn xung đột giữa K người chơi tham gia cùng một gói thầu. Trong $\vec{v} \in R^c$ có tồn tại $s_{0k} \in S_0$ bởi vì ngoài việc các người chơi cạnh tranh với nhau về gói thầu, giữa chủ đầu tư P_0 cũng có sự xung đột với chiến lược của các người chơi còn lại, bởi vì lợi ích của người chơi trúng thầu sẽ đối ngược lại lợi ích của chủ đầu tư nếu xét về khía cạnh tài chính.

Điểm cân bằng Nash của mô hình được xác định như sau:

Khi người chơi i ($1 \leq i \leq N$) chọn chiến lược $s_i \in S_i$, ta gọi $s_{-i} \in S_i$ là chiến lược của những người chơi khác. Hàm payoff của người chơi i có thể được diễn giải như sau: $u_i(s_i, s_{-i})$. Tập các chiến lược $S^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_N^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi $\forall (s_i^*, s_j^*) \in S^*, (s_i^*, s_j^*) \notin R^c, (1 \leq i, j \leq N)$, và:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (3.2)$$

Điểm cân bằng Nash chính là giải pháp cho xung đột chúng ta cần tìm. Tại điểm cân bằng Nash, tất cả những người tham gia bài thầu, cùng với cả chủ đầu tư được lựa chọn theo cách cân bằng nhất theo nhiều tiêu chí và ràng buộc, bao gồm: giá thành, năng lực, khả năng tham gia các gói thầu, thời gian tham gia gói thầu. Đương nhiên rằng, không phải với điểm Cân bằng thì mỗi người chơi đều phải trúng ít nhất 1 gói thầu nào đó, vì như đã phân tích, tài chính chỉ là một khía cạnh trong những tiêu chí tối ưu của bài toán Đấu thầu nhiều vòng.

3.2.1.3 Các tham số của mô hình

Chiến lược của chủ đầu tư

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chủ đầu tư, trong đó:

- M_0 là số lượng các gói thầu cần đấu thầu
- s_{0j} là cấu trúc thông tin chứa bộ thông tin về gói thầu bao gồm: tên sản phẩm, số lượng đấu thầu, giá dự kiến cho sản phẩm

Chiến lược của nhà thầu

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$), trong đó:

- M_i là số lượng gói thầu người chơi i tham gia
- s_{ij} là chiến lược của người chơi i với chiến lược (gói thầu) của chủ đầu tư, bao gồm thông tin dự thầu: sản phẩm gói thầu, đơn giá đề nghị, thông tin về giảm giá theo thời gian

Công thức tính hàm payoff của chủ đầu tư

Như chúng ta đều biết, tiền có giá trị theo thời gian, một đồng hiện tại có giá trị hơn một đồng trong tương lai. Giá trị của tiền mặt sẽ thay đổi sau một khoảng thời gian nhất định nào đó do lạm phát, biến động tỷ giá ngân hàng. Với r là lãi suất ngân hàng, trị giá thực của số lượng tiền X tại thời điểm t_j sẽ là $X \cdot e^{-r \cdot t_j}$.

Giả sử chi phí dự kiến cho toàn bộ các gói thầu tính toán dựa trên là A ; chi phí trúng thầu của 1 nhà thầu nào đó thực tế là B (thông thường $B < A$); khi đó phần chênh lệch $u_0 = A - B$ ta gọi là hàm payoff của chủ đầu tư trong dự án đó. Chi phí thực tế phải thanh toán cho toàn bộ dự án được tính:

$$\begin{aligned} B &= \sum_{i=1}^{M_0} \text{gói thầu}_i = \sum_{i=1}^{M_0} \sum_{j=1}^M (s_{ij} * \text{gói thầu}_{ij}) e^{-r \cdot t_j} \\ &= \sum_{i=1}^{M_0} \sum_{j=1}^M (s_{ij} * (\sum_{k=1}^p x_k P_{kj})) e^{-r \cdot t_j} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Trong đó:

gói thầu_{ij} : là tổng số tiền phải trả cho gói thầu i và nội dung mua sắm j

s_{ij} : trạng thái mua sắm hay không của gói thầu i tại nội dung mua sắm j

x_k : số lượng vật liệu k của nội dung mua sắm j

P_{kj} : là giá bán của vật liệu k trong gói thầu i tại nội dung mua sắm j

M_0 : số gói thầu trong toàn bộ dự án

M : là số nội dung mua sắm trong gói thầu

p_j : là số vật liệu của nội dung mua sắm j

Như vậy, payoff của chủ dự án so với tính toán ban đầu sẽ là

$$u_0 = A \cdot e^{-r \cdot t_{\text{Finish}}} - \sum_{i=1}^{M_0} \sum_{j=1}^M (s_{ij} * (\sum_{k=1}^{p_j} x_k P_{kj})) e^{-r \cdot t_j} \quad (3.4)$$

Xét theo lợi ích của chủ đầu tư thì giá trị cuối cùng cần phải thanh toán cho dự án phải là nhỏ nhất. Tức là, tỉ lệ lợi nhuận của dự án phải là lớn nhất (hay F_0 càng lớn thì chủ dự án càng có lợi).

Công thức tính hàm payoff đối với từng nhà thầu được lựa chọn

Mỗi loại vật liệu, tại mỗi thời điểm khác nhau đem lại giá trị payoff khác nhau cho từng nhà thầu phụ thuộc vào giá bán - giá gốc - chiết khấu của nhà thầu đó cho khách hàng. Vì vậy hàm payoff của từng nhà thầu được tính toán theo công thức:

$$u_i = \sum_{j=1}^{M_0} \sum_{k=1}^M (s_{ij} * (\sum_{k=1}^{p_j} x_k (P_{kj} - I_{kj} - C_{kj}))) e^{-r \cdot t_j} \quad (3.5)$$

Trong đó:

I_{kj} : là giá gốc của vật liệu k trong gói thầu i tại nội dung mua sắm j

C_{kj} : là chiết khấu % (giảm giá, khuyến mại) của vật liệu k trong gói thầu i tại nội dung mua sắm j

Công thức tính hàm fitness đối với tất cả nhà thầu nhà thầu được chọn

Giá trị fitness bài toán trong việc cân nhắc yếu tố về mối quan hệ với chủ đầu tư và năng lực bản thân, được xác định bằng công thức:

$$u_{all} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N (u_i + q_i + nl_i)} \left(\sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u}_i) \right) \quad (3.6)$$

Trong đó:

N : là số nhà thầu tham gia dự án

\bar{u}_i : là bình quân số học của lợi nhuận từng thành viên

q_i : chỉ số quan hệ của nhà thầu i với chủ đầu tư

nl_i : chỉ số đánh giá năng lực của nhà thầu i

Như vậy, u_{all} càng bé thì chất lượng phương án lựa chọn càng tốt

Không gian vector biểu diễn tập xung đột

R^c : là không gian vector biểu diễn tập C xung đột của bài toán, mà một *non-empty vector* $\vec{v} \in R^c$ biểu diễn xung đột giữa K người chơi tham gia cùng một gói thầu và cạnh tranh với nhau ($1 \leq K \leq N$), ở dạng chuẩn tắc của trò chơi (strategic form hoặc normal form), $\vec{v} \in R^c$ có thể được mô tả như sau: $\{s_{0k}, s_{pq}, \dots, s_{xy}\}$, trong đó $s_{0k} \in S_0$ đại diện cho người chơi đặc biệt (quyền lợi của dự án) và $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$, trong đó ($1 \leq p, x \leq N$), ($1 \leq q \leq M_p$) và ($1 \leq y \leq M_x$), trong đó các chiến lược trong $\vec{v} \in R^c$ đều thuộc về một gói thầu mà có s_{0k} là bài thầu do P_0 tổ chức và các $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$ là hồ sơ thầu tham gia.

3.2.1.4 Cài đặt giải thuật và thử nghiệm

Xác định điểm cân bằng Nash

Để xác định phương án lựa chọn trong sự tương quan, xung đột lợi ích giữa chủ đầu tư và các nhà thầu, xem xét tới yếu tố quan hệ với chủ đầu tư, năng lực của nhà thầu, hàm payoff toàn bộ của bài toán xung đột này được thể hiện theo công thức sau:

$$u_{problem} = A.u_0 + B.u_{all} \quad (3.7)$$

Trong đó:

A, B : là các hằng số chuyên gia để điều chỉnh sự ảnh hưởng và giá trị tương quan hàm payoff giữa chủ đầu tư và các nhà thầu

Cân bằng lợi ích - quan hệ là một yếu tố quan trọng trong tìm kiếm cân bằng Nash, bởi lẽ rõ ràng chiến lược về giá là chưa đủ để lựa chọn ra nhà thầu tốt. Ý tưởng của cân bằng lợi ích - quan hệ xuất phát từ ý tưởng của cân bằng Nash, tại thời mọi nhà thầu thỏa mãn với số tiền thu được và giữ được quan hệ nhất định để có thể hợp tác có lợi trong các gói thầu sau, cũng như đảm bảo chủ đầu tư chọn được nhà thầu có năng lực. Căn cứ vào chứng minh trong phần 2.3.4, giải pháp có $u_{problem}$ đạt giá trị lớn nhất từ các giải thuật tiến hóa tối ưu đa mục tiêu chính là giải pháp cần tìm cho xung đột.

Xét trong một bài toán cụ thể: Một dự án diễn ra trong 15 tháng, có 15 gói thầu, chia đều thành 3 giai đoạn đấu thầu, 2 nhà cung cấp đánh số 1,2. Chuỗi gen cũng chính là ứng cử viên cho điểm cân bằng Nash có dạng:

3	5	7	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	2	2	0	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Trong đó:

- Phần đầu tiên là đoạn gen mô tả thời gian tổ chức đấu thầu, giá trị số biểu diễn cho thứ tự thời gian ghi trong hồ sơ thầu;
- 3 phần tiếp theo lần lượt là kết quả của từng lần đấu thầu, mỗi lần chọn gói thầu nào và chọn nhà thầu nào cho gói thầu đó (0 là không chọn, 1 chọn mua gói thầu của nhà thầu 1; 2 là chọn mua gói thầu của nhà thầu 2).

Như vậy, tổng quát lại: nếu 1 dự án có N gói thầu và M giai đoạn đấu thầu ($N \geq M$), nhiễm sắc thể sẽ gồm có $M+N$ gen. Chuỗi gen phải đảm bảo nguyên tắc: Nhiễm sắc thể hay cá thể sinh ra thỏa mãn các ràng buộc của bài toán nêu ở trên.

Các ràng buộc của bài toán

Bài toán đấu thầu nhiều vòng, trong thực tế có rất nhiều trường hợp, khả năng có thể xảy ra, có rất nhiều ràng buộc do điều kiện của các nhà thầu hoặc chủ dự án đưa ra để đảm bảo quyền lợi cho mỗi bên. Tuy nhiên, trong bài toán này chỉ xét đến các ràng buộc sau:

- Tổng thời gian các giai đoạn / lần mời thầu phải bằng thời gian dự án;
- Khoảng cách giữa hai lần đấu thầu lớn hơn hoặc bằng khoảng cách min;
- Thời gian tổ chức đấu thầu lần cuối phải sớm hơn điều kiện thời gian muộn nhất;
- Mỗi nhà thầu có quyền tham gia dự án ở một số gói khác nhau (trong khả năng của mình);
- Nhà thầu được chọn phải thỏa mãn điều kiện cung cấp được cho gói thầu;
- Mỗi gói thầu phải được bán đúng 1 lần;
- Mỗi lần /giai đoạn thầu phải bán ít nhất 1 gói thầu.

Cài đặt MOEA framework

Chương trình thử nghiệm được viết bằng ngôn ngữ Java, sử dụng trên các thư viện có sẵn của MOEA Framework. Các lớp models là các lớp (trong lập trình hướng đối tượng) để biểu diễn các đối tượng trong bài toán đấu thầu nhiều vòng, bao gồm:

- Lớp Package: biểu diễn gói thầu;
- Lớp Constructor: biểu diễn nhà thầu;
- Lớp Product: biểu diễn sản phẩm.

Một bài toán được định nghĩa bằng cách thừa kế các lớp trừu tượng AbstractProblem trong MOEA Framework, trong đó chấp nhận các biến quyết định thuộc một số kiểu dữ liệu: số nguyên, số thực, chuỗi bit, ... Vì vậy, để đơn giản, ta quy một lời giải của bài toán đấu thầu nhiều vòng về một vector số nguyên (có số chiều bằng số biến quyết định). Do có N gói thầu, mỗi gói thầu cần xác định 2 yếu tố là thời gian tổ chức và nhà thầu trúng gói thầu đó, mỗi lời giải sẽ được quy về một vector $2N$ chiều, với thời gian tổ chức xác định bởi số ngày tính từ thời điểm bắt đầu dự án, nhà thầu được xác định bởi mã số (số thứ tự) nhà thầu. Như trình bày ở trên, ta có 4 hàm mục tiêu cần tối ưu:

- Lợi nhuận của chủ đầu tư;
- Tổng lợi nhuận của các nhà thầu;
- Cân bằng lợi ích giữa các nhà thầu (tốt hơn khi lợi nhuận các nhà thầu ít chênh lệch hơn);
- Chất lượng dự án (dựa trên uy tín sẵn có của nhà thầu).

Đồng thời, theo thực tế, các ràng buộc sau cần được thỏa mãn:

- Lợi nhuận của chủ đầu tư không âm;
- Lợi nhuận của mỗi nhà thầu không âm.

Bài toán đấu thầu nhiều vòng được cài đặt trong lớp MultiRoundBidProblem.

Mô tả dữ liệu

Vì tính nhạy cảm của dữ liệu dự án nên việc thu thập dữ liệu thực tế là tương đối khó khăn. Một bộ dữ liệu dự án đầy đủ là bộ dữ liệu bao gồm các thông tin gói thầu, kế hoạch thực hiện dự án, thông tin giá cả của các nhà thầu,... và việc thu thập các thông tin đầy đủ này quả là một thách thức lớn.

Thứ nhất, về thông tin dự án và gói thầu: ở Việt Nam, các dự án lớn được đưa ra đấu thầu nhiều vòng thường là các dự án Nhà nước, chỉ một số thông tin được phép thông báo hay lan truyền rộng rãi, những thông tin khác lại được bảo mật theo quy định.

Thứ hai, đối với các nhà thầu: về thông tin cơ bản có thể sử dụng phương pháp bảng hỏi và phỏng vấn để thu thập. Tuy nhiên, có tham số giá gốc của sản phẩm thì các nhà thầu hầu như không muốn để lộ thông tin này.

Sau quá trình tìm hiểu và thu thập thông tin, tác giả đã thu được thông tin về gói thầu Dự án sử dụng nguồn vốn đầu tư phát triển từ ngân sách tỉnh Nghệ An, với hạn mức đầu tư là 39,8 tỷ đồng thực hiện trong 5 năm từ 2016-2020. Tuy nhiên, thông tin dự án thu thập được không bao gồm thông tin các nhà thầu. Vì vậy, để có đủ các thông tin để thử nghiệm thuật toán, tác giả đã giả lập các nhà thầu cũng như các tham số về giá cả.

Thông tin cụ thể về thông tin đấu thầu được mô tả trong Phụ lục A, trong *Bảng 3.1* sau đây là một số dữ liệu rút gọn, trích ra từ bộ dữ liệu về gói thầu của chủ đầu tư:

- Tổng số vòng đấu thầu: 5 vòng trong các năm 2016, 2017, 2018, 2019, 2020;
- Tổng số gói thầu: 18, tổng số danh mục hàng hóa là: 46;
- Nhà thầu tham dự (giả lập): Công ty CP Thế giới số Trần Anh, Công ty CP Máy Tính Hà Nội, Công ty TNHH Kỹ nghệ Phúc Anh, Tập đoàn FPT.

Bảng 3.1: Thông tin về gói thầu

Mã gói thầu	Mã hàng hóa	Tên hàng hóa	Đơn vị	Số lượng
GT01	H01	Máy trạm (PC)	Bộ	200
	H02	Máy tính xách tay	Chiếc	25
GT02	H06	Lưu điện máy chủ	Chiếc	5
	H07	Máy chiếu	Chiếc	35
	H08	Chống sét	Điểm	1
GT03	H31	Thiết bị đầu cuối mã hóa video	Bộ	1
	H32	Hệ thống camera tự động	Chiếc	1
	H33	Thiết bị bút vẽ điện tử	Bộ	1
	H34	Thiết bị ghi hình	Bộ	1
	H35	Micro đa hướng đặt bàn	Chiếc	2
	H36	Màn hình lớn hiển thị chuyên nghiệp 65"	Chiếc	4
	H37	Màn hình lớn hiển thị 48"	Chiếc	1
	H38	Màn hình hiển thị dữ liệu trình chiếu 24"	Chiếc	1
	H39	Thiết bị phân phối tín hiệu hình ảnh	Bộ	1
	H40	Bộ khuếch đại âm thanh	Bộ	1
GT04	H41	Loa cột treo tường	Chiếc	6
	H03	Máy in	Chiếc	250
	H04	Máy in màu	Chiếc	20
	H05	Máy Scanner	Chiếc	200

GT05	H09	Modem ADSL	Chiếc	200
	H10	Router	Bộ	10
	H11	Switch	Bộ	250
GT06	H01	Máy trạm (PC):	Bộ	200
	H02	Máy tính xách tay	Chiếc	25
GT07	H42	Vật tư, phụ kiện	Gói	1
	H43	Đào tạo hướng dẫn sử dụng, vận chuyển	Gói	1
GT08	H03	Máy in	Chiếc	260
	H04	Máy in màu	Chiếc	10
	H05	Máy Scanner	Chiếc	310
GT09	H09	Modem ADSL	Chiếc	280
	H11	Switch	Bộ	260
GT10	H01	Máy trạm (PC):	Bộ	220
GT11	H19	Tủ Rack	Bộ	1
	H20	Hệ thống UPS	Bộ	1
	H21	Hệ thống chống sét	Hệ thống	1
	H22	Hệ thống báo cháy	Hệ thống	1
	H23	Hệ thống sàn nâng kỹ thuật	m2	20
	H24	Hệ thống camera quan sát	Hệ thống	1
	H25	Hệ thống giám sát	Hệ thống	1
	H26	Hệ thống chiếu sáng, ổ cắm	Hệ thống	1
	H27	Thi công hệ thống + cáp kết nối	Hệ thống	1
GT12	H12	Thiết bị định tuyến	Bộ	1
	H13	Chuyển mạch Switch	Bộ	2
GT13	H14	Máy chủ (Ảo hóa thành các máy chủ ứng dụng CSDL)	Bộ	3
	H15	Máy chủ ATK	Bộ	1
	H16	Máy chủ Virus + Kiểm soát kết nối internet	Bộ	2
	H17	Tủ đĩa lưu trữ SAN	Bộ	2
	H18	SAN Switch	Bộ	2
GT14	H44	Xây dựng phần mềm Trang thông tin điện tử	Gói	1
GT15	H01	Máy trạm (PC):	Bộ	226
GT16	H28	HDH cho máy chủ	Bộ	1
	H29	Phần mềm backup	Bộ	1
	H30	Phần mềm Antivirus cho máy chủ	Bộ	1
GT17	H45	Xây dựng phần mềm Quản lý đơn thư khiếu tố	Gói	1
GT18	H46	Xây dựng phần mềm Quản lý hồ sơ lưu trữ	Gói	1

Phân tích kết quả

Với một bộ dữ liệu, mỗi thuật toán được chạy 10 lần để tìm ra lời giải tốt nhất trong tất cả các lần, thời gian chạy của thuật toán được tính bằng thời gian trung bình của 10 lần chạy. Quần thể được khởi tạo ngẫu nhiên gồm 100 cá thể, số cá thể tối đa được tạo ra trong một lần chạy là 10000 (MOEA framework yêu cầu đặt một giới hạn cho số cá thể tối đa được tạo ra).

Môi trường thử nghiệm :

Windows 10, Intel Core i5 6200U (Skylake), 2.7GHz, RAM 8GB.

Java 11, CSDL MySQL

Kết quả thử nghiệm cụ thể được lưu trong file đính kèm. Dưới đây là bảng so sánh thời gian tính (giây) và giá trị thích nghi của lời giải tốt nhất mà các thuật toán tìm được sau mỗi lần chạy:

Bảng 3.2: Kết quả thử nghiệm các thuật toán

Lần chạy	NSGA-III	ε -MOEA	GDE3	PESA2	ε -NSGAI	SMPSO
1	4.197s	6.602s	5.981s	3.630s	8.954s	4.300s
	0.2961	0.2755	0.2805	0.2741	0.2744	0.2805
2	4.178s	6.633s	5.992s	3.051s	8.921s	4.369s
	0.3322	0.2714	0.2799	0.2743	0.2765	0.2811
3	4.209s	6.590s	5.974s	3.555s	8.933s	4.321s
	0.2911	0.2711	0.2799	0.2747	0.2801	0.2816
4	4.166s	6.602s	6.000s	3.525s	9.102s	4.256s
	0.2966	0.2706	0.2811	0.2751	0.2809	0.2796
5	4.178s	6.613s	5.981s	3.617s	8.990s	4.273s
	0.2979	0.2754	0.2821	0.2714	0.2712	0.2801
6	4.184s	6.595s	6.112s	3.504s	9.051s	4.291s
	0.3025	0.2755	0.2797	0.2777	0.2708	0.2823
7	4.189s	6.621s	5.969s	3.550s	8.915s	4.315s
	0.3105	0.2723	0.2797	0.2750	0.2714	0.2841
8	4.171s	6.608s	5.980s	3.544s	8.956s	4.324s
	0.2923	0.2746	0.2810	0.2707	0.2721	0.2800
9	4.190s	6.615s	5.987s	3.601s	8.937s	4.210s
	0.2940	0.2704	0.2807	0.2721	0.2725	0.2799
10	4.178s	6.601s	5.994s	3.539s	8.929s	4.356s
	0.3025	0.2705	0.2805	0.2733	0.2708	0.2796

Nhận xét và đánh giá

Điểm cân bằng Nash của lần chạy đầu tiên từ thuật toán PESA2 có giá trị thích nghi tìm được tốt nhất (0.2741), điểm cân bằng Nash khuyến nghị thứ tự tổ chức các vòng đấu thầu theo như 5 giá trị đầu dưới đây, 18 giá trị sau là khuyến nghị về phương án lựa chọn nhà thầu:

1	3	2	4	5	2	3	1	4	2	3	3	2	4	4	1	4	2	3	1	2	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Có thể đánh giá điểm cân bằng Nash tìm được như sau:

- Thỏa mãn các ràng buộc của bài toán đã được nêu trong phần trên;
- Không vi phạm không gian vector biểu diễn tập xung đột của bài toán;
- Giá trị hội tụ trong khoảng thời gian ngắn cho thấy điểm cân bằng Nash đã được tìm kiếm thành công;
- Điểm cân bằng Nash tìm được với giá trị thích nghi xác định theo công thức 3.6 có giá trị hội tụ và nhỏ nhất trong lượt chạy tương đương với phương án tốt nhất tìm thấy.

Ngoài ra, từ kết quả thử nghiệm trên, ε -NSGA-II là thuật toán cho ra kết quả tốt nhất đối với 2 bộ dữ liệu, mặt khác PESA2, NSGA-III, SMPSO là các thuật toán có thời gian chạy nhanh nhất. Ngoài ra, ta có một số nhận xét, đánh giá như sau:

- Thứ tự thời gian tính toán khá tương đồng nhau với 2 bộ dữ liệu;

- ϵ -MOEA và ϵ -NSGA-II là các thuật toán có thời gian tính toán tối thiểu do việc tính toán ϵ -dominate tốn thời gian hơn nhiều so với dominate thông thường;
- Trong cả 2 bộ dữ liệu, NSGA-III đều là thuật toán có kết quả tối thiểu do dựa trên cơ sở đơn giản (non-dominate sorting) tuy nhiên rất dễ bị hội tụ vào cực trị địa phương (dù có một số cải tiến so với NSGA);
- Mặt khác, ϵ -NSGA-II là thuật toán có kết quả tốt ở cả 2 bộ dữ liệu, như vậy, việc sử dụng ϵ -dominate thay thế cho dominate thông thường tuy tốn kém về mặt thời gian nhưng đem lại hiệu quả đáng kể.
- ϵ -MOEA và PESA2 đều có điểm chung là chia không gian mục tiêu thành các hyperbox, hiệu quả thuật toán phụ thuộc vào độ rộng của không gian mục tiêu nên có sự khác nhau về thứ tự kết quả so với các thuật toán khác trên 2 bộ dữ liệu.
- Tương tự, SMPSO và GDE3 có điểm chung là chọn lọc không qua giao phối, mà dựa trên việc biến đổi từng cá thể đơn lẻ (gây đột biến, hoặc biến đổi có quy tắc) nên thứ tự kết quả có sự tương đồng trên 2 bộ dữ liệu.

Liên quan trực tiếp đến nội dung của mục này, có 01 bài báo đã được công bố trên trong Hội nghị quốc tế (CT2 – 2017) và 01 bài báo đang nộp chờ phản biện tại Tạp chí ISI (CT07-2019).

3.2.2 Bài toán xếp lịch thanh toán dự án

3.2.2.1 Giới thiệu bài toán

Vấn đề lập lịch thanh toán dự án (*PSP – Payment Schedule Problem*) là một bài toán điển hình trong quản lý dự án, liên quan tới việc tối ưu hóa chi phí và nguồn lực sử dụng với mục tiêu nhằm giảm thiểu khoảng cách giữa các lần thanh toán với một công việc tương ứng. Việc tối ưu hóa tiến độ và chi phí thanh toán dự án ngày càng được quan tâm có liên quan chặt chẽ tới các khía cạnh tài chính trong quản lý dự án bằng việc tối đa hóa các giá trị hiện tại thuần NPV (Net Present Value - giá trị hiện tại dòng tiền thuần) là giá trị hiện tại của tổng các dòng tiền trong tương lai. Các vấn đề liên quan đến việc lập lịch thanh toán chính là mở rộng việc điều phối tiến độ thanh toán. Tức là các khoản tiền và thời gian của các khoản thanh toán được coi như một biến quyết định có thể ảnh hưởng tới lợi nhuận tài chính của chủ đầu tư và nhà thầu. Số lượng và thời gian thanh toán là vấn đề quan trọng trong các cuộc đàm phán giữa chủ đầu tư và nhà thầu. Mô hình bài toán lập lịch được nghiên cứu trong đề tài này là các khoản thanh toán xảy ra tại các nút sự kiện của mạng dự án.

Trong việc thanh toán các khoản tiền của dự án thì cả nhà thầu và chủ đầu tư đều muốn tối đa lợi nhuận hoạt động tài chính và giá trị NPV của họ. Ngân sách bao gồm tỉ suất lợi nhuận được thỏa mãn bởi hai bên. Các nhà thầu đáp ứng các chi phí cho công việc và bằng việc sử dụng các khoản thanh toán của ngân sách của chủ đầu tư. Tiền tích lũy của các nhà thầu mang giá trị âm nếu giả sử nhà thầu được vay vốn với một lãi suất vay vốn lớn hơn lãi suất chiết khấu thường được sử dụng để tính toán NPV. Tiến độ thanh toán tối ưu nhất với nhà thầu là có được tổng số thanh toán một lần khi bắt đầu dự án. Sau khi nhận được tổng số tiền trả ban đầu, các nhà thầu sẽ cố gắng giảm thiểu chi phí của mình bằng cách lập lịch trình công việc theo cách thức sao cho dòng chảy tiền mặt cao hơn. Để tính toán NPV của chủ đầu tư, ta giả định rằng ngân sách ban đầu là có sẵn và NPV của tất cả các khoản giải ngân bởi chủ đầu tư phải được trừ vào khoản tiền này. Tiến độ thanh toán tối ưu nhất của chủ đầu tư là việc thanh toán một lần duy nhất khi dự án đã được hoàn thành. Sau đó, chủ đầu tư sẽ không phải lo lắng về lịch trình công việc mà chỉ quan tâm đến thời hạn dự án. Tiến độ thanh toán dự án tối ưu cho cả

nhà thầu và nhà đầu tư được gọi là giải pháp lý tưởng cho cả hai tức là có một lịch trình thanh toán tương ứng với các công việc đã hoàn thành của dự án.

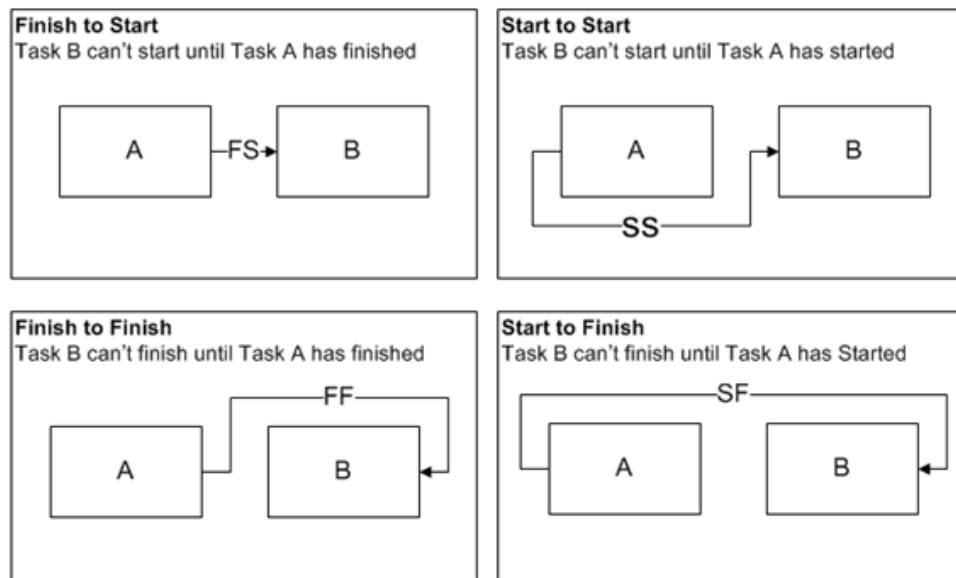
Xung đột của bài toán

Trong thực tế, cả chủ đầu tư và nhà thầu đều có liên quan và cần phải đáp ứng các yêu cầu về thời gian, số lượng các khoản thanh toán mà chủ đầu tư phải trả cho nhà thầu để phát triển dự án. Nhà thầu cần phải xác định một lịch trình hoạt động tương ứng của dự án cần thực hiện. Cả hai lịch trình thanh toán và lịch trình hoạt động có ảnh hưởng đáng kể tới NPV của chủ đầu tư và nhà thầu. Cả chủ đầu tư và nhà thầu đều có ý định muốn tối đa hóa NPV của riêng mình nhưng gia tăng NPV của người này lại thường gây ra sự sụt giảm NPV của người khác và đây chính là những điều cần giải quyết trong bài toán lập lịch thanh toán dự án đảm bảo cả lợi ích của nhà đầu tư và nhà thầu trong suốt quá trình thực hiện dự án.

Dữ liệu của bài toán

Giả sử trong dự án sắp được thực hiện có tập R^* gồm N^* hoạt động cần được sắp xếp thứ tự. Trong tập R^* , tồn tại $R \in R^*$ chứa N ràng buộc theo thứ tự của các cặp hoạt động riêng biệt. Có 4 loại ràng buộc: Finish to Start (FS), Finish to Finish (FF), Start to Start (SS), Start to Finish (SF).

Các ràng buộc trong R được chia thành 2 nhóm ràng buộc, mỗi nhóm ràng buộc là một tập hợp các hoạt động được liên kết với một hoặc nhiều hoạt động nhóm khác. Nhóm xung đột R' , R'' là hai tập hợp có các hoạt động riêng biệt, trong đó xung đột trong $R' \in R$ và $R'' \in R$ có thể liên quan với nhau. $\forall R' \in R \text{ \& } \forall R'' \in R, R' \cap R'' = \emptyset$.



Hình 3.4: Quan hệ giữa các nhiệm vụ [1]

Mỗi hoạt động được đặc trưng bởi các thuộc tính sau:

- Thời gian cần hoàn thành (t);
- Số lượng người và máy tính cần thiết để tính phí hoạt động (*resource*).

Giả sử một dự án nhỏ với 5 hoạt động $R^* = R = r_1, r_2, r_3, r_4, r_5$ trong đó có xung đột như sau: $r_1 \text{ FS } r_2, r_2 \text{ FS } r_3, r_1 \text{ SS } r_5$

Trong đó,

$$t_1 = t_2 = t_3 = t_4 = 2 \text{ ngày}$$

$$t_5 = 3 \text{ ngày}$$

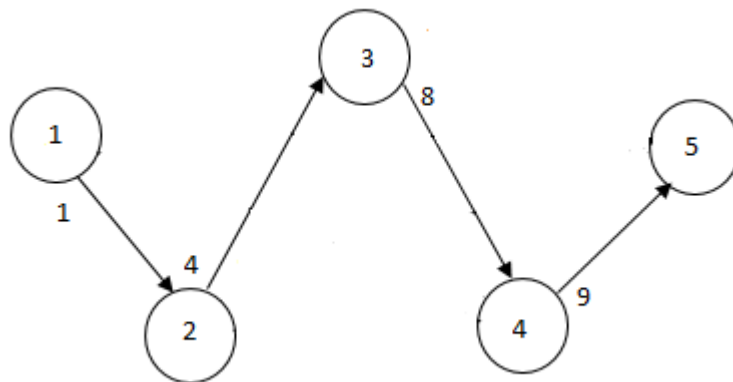
$$\text{resource}_1 = \text{resource}_2 = \text{resource}_3 = \text{resource}_4 = \text{resource}_5 \\ = 1 \text{ người} \& \text{ 1 máy tính}$$

Tài nguyên của dự án bao gồm 1 người và 1 máy tính, chi phí cho một người và một máy trị giá 10.000 đô la mỗi tháng. Nhà đầu tư yêu cầu nhóm phát triển tuân theo thứ tự hoạt động ban đầu từ 1 đến 5. Việc tính toán giải pháp cho vấn đề hoặc có thể hiểu rằng thuật toán MOEAs sẽ được áp dụng trên biểu đồ có hướng dưới dạng mạng dự án (project network), trong đó:

- Mỗi node của biểu đồ đại diện cho một hoạt động;
- Các node trong cùng một cột là các hoạt động được thực hiện đồng thời;
- Kết quả được chọn phải được đảm bảo để chứa tất cả các hoạt động và tránh xung đột hoặc trùng lặp các hoạt động.

Giả sử rằng lãi suất ngân hàng 1% mỗi tháng. Khi thanh toán cho 5 hoạt động, số tiền sẽ là \$110000. Theo yêu cầu của nhà đầu tư, các hoạt động theo thứ tự 1-2-3-4-5, vì vậy mốc thanh toán sẽ vào tháng tháng: 2-4-6-8-11 khi chỉ sử dụng một người và một máy trong 11 tháng. Do lãi suất tiền nhận hàng tháng của nhóm phát triển đến tháng 11 cuối cùng sau khi hoàn thành dự án và nhận đủ tiền sẽ là:

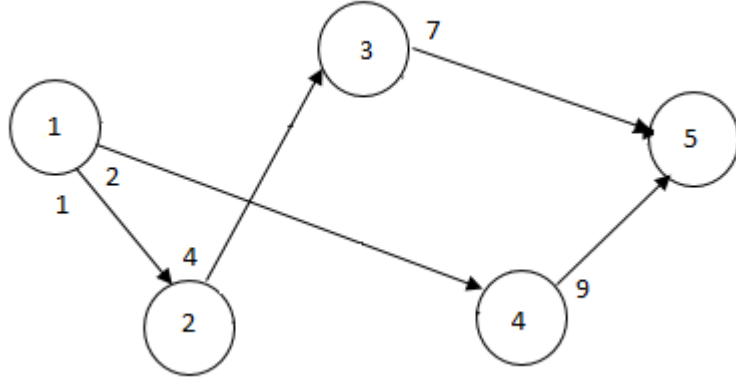
$$\begin{aligned} & \$20000(1 + 1\%)^9 + \$20000(1 + 1\%)^7 + \$20000(1 + 1\%)^5 + \$20000(1 + 1\%)^3 \\ & + \$30000 = \$114,942 \end{aligned}$$



Hình 3.5: Chiến lược của nhà đầu tư

Vì vậy, nhóm phát triển đã sắp xếp lại chuỗi hoạt động theo thứ tự khác nhau để thực hiện hoạt động 5 trước để tránh tác động của sự mất giá. Tuy nhiên, hoạt động 5 vẫn phải đứng sau hoạt động 1 do tác động của xung đột giữa hoạt động 1 và 5. Do đó, nhóm phát triển khuyến nghị giải pháp lần lượt 1 – 4 – 5 – 2 – 3.

Nếu dự án được thực hiện như giải pháp nêu trên, \$110000 trong kế hoạch ban đầu sẽ là $\$20000(1 + 1\%)^9 + \$20000(1 + 1\%)^7 + \$30000(1 + 1\%)^5 + \$20000(1 + 1\%)^2 + \$20000 = \$115,452$. Do đó, giá trị tiền mà nhóm phát triển nhận được sẽ nhiều hơn so với kế hoạch của nhà đầu tư đưa ra \$501.



Hình 3.6: Chiến lược của đội ngũ phát triển

3.2.2.2 Ứng dụng mô hình Unified Game-based model cho bài toán

Áp dụng mô hình Unified Game-based được đề xuất ở trên, mô hình Lý thuyết trò chơi cho vấn đề xung đột trong xếp lịch thanh toán dự án sẽ được mô tả như sau:

$$G = \{\{P_0, P_1\}, \{S_0, S_1\}, \{u_0, u_1\}, R^c\} \quad (3.8)$$

Trong đó,

P_0 : người chơi là chủ đầu tư đại diện cho lợi ích của dự án

$S_0 = \{S_{01}, \dots, S_{0j}, \dots, S_{0K}\}$: tập các chiến lược của chủ dự án

u_0 : hàm payoff của chủ dự án

P_1 : người chơi là nhà thầu

$S_1 = \{S_{11}, \dots, S_{1j}, \dots, S_{1M}\}$: tập chiến lược của nhà thầu

u_1 : hàm payoff của người chơi nhà thầu

R^c : là không gian vector biểu diễn tập C xung đột trong đó mỗi xung đột thể hiện bằng một *vector* không rỗng $\vec{v} \in R^c$ biểu thị xung đột giữa thứ tự thanh toán mong muốn của 2 người chơi trong chiến lược (S_{0K}, S_{1h}) , trong đó $S_{0K} \in S_0$ và $S_{1h} \in S_1$, $K \in \{1, 2, \dots, K\}$ và $h \in \{1, 2, \dots, M\}$.

Lời giải của Unified Game-based model áp dụng trong bài toán xung đột này chính là giải pháp hợp tác win-win như đã chứng minh trong phần 2.3.4, thể hiện bằng điểm cân bằng Nash và được xác định như sau:

Khi người chơi i ($0 \leq i \leq 1$) (chủ đầu tư hoặc nhà thầu) chọn chiến lược $s_i \in S_i$, ta gọi $s_{-i} \in S_i$ là chiến lược của người chơi còn lại. Hàm payoff của người chơi i có thể được diễn giải như sau: $u_i(s_i, s_{-i})$. Tập các chiến lược $S^* = (s_i^*, \dots, s_j^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi $\forall (s_i^*, s_{-i}^*) \in S^*, (s_i^*, s_{-i}^*) \notin R^c, (0 \leq i \leq 1)$ và:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (3.9)$$

Tại điểm cân bằng Nash, tất cả những người tham gia dự án bao gồm: chủ đầu tư và nhà thầu có lợi ích về giá trị NPV cân bằng nhau trong các tiêu chí ràng buộc cho phép mà không vi phạm tập xung đột.

3.2.2.3 Các tham số của mô hình

Chiến lược của chủ đầu tư

Tại mỗi lần điều chỉnh chiến lược sau quá trình đàm phán, chiến lược chủ đầu tư sẽ có dạng: $S_0 = \{S_{00}, S_{01}, \dots, S_{0j}, \dots, S_{0K}\}$ là danh sách thiết lập các khoản thanh toán, trong

đó: $S_{0j} = (\{x_{0j1}, pay_{0j1}\}, \dots, \{x_{0ji}, pay_{0ji}\}, \dots, \{x_{0jN}, pay_{0jN}\})$. Trong biểu thức trên, pay_{0ji} là tỷ lệ phần trăm ngân sách mà chủ đầu tư dự định trả cho nhà thầu tại sự kiện i , N là tổng số lần thanh toán cho dự án, x_{0ji} là hoạt động lựa chọn. Ngoài ra, S_{00} là chiến lược định ra ban đầu, có thể từ thỏa thuận hoặc xác định trong hợp đồng. Tại từng quá trình đàm phán trong K lần đàm phán và đưa ra thỏa thuận trong khi thực hiện dự án, sẽ có các chiến lược $S_{01} \dots S_{0N}$. Tỷ lệ thanh toán của từng chiến lược trong tổng số tiền A cần đáp ứng các ràng buộc sau:

$$\sum_{i=1}^N pay_i = 1 \quad (3.10)$$

Chiến lược của nhà thầu

Chiến lược của nhà thầu có hình thức tương tự như chiến lược của chủ đầu tư, tuy nhiên số phần tử trong chiến lược có thể khác nhau do mối quan hệ giữa các nhiệm vụ khác nhau nên nhiều nhiệm vụ có thể thực hiện song song hoặc không, do đó số mốc thanh toán có thể tăng hoặc giảm. Chiến lược của nhà thầu có dạng như sau: $S_{1j} = (\{x_{1j1}, pay_{1j1}\}, \dots, \{x_{1ji}, pay_{1ji}\}, \dots, \{x_{1jM}, pay_{1jM}\})$ với M là số lượng mốc thanh toán cho tổng số tiền A theo đề nghị của nhà thầu.

Công thức tính hàm payoff của chủ đầu tư

Là sự chênh lệch về giá trị tiền của phương án đang đề xuất lần thứ i của chủ đầu tư so với phương án định ra ban đầu S_{00} :

$$u_0 = (A \cdot pay_{001})(1+r)^{y_{01}} + (A \cdot pay_{002})(1+r)^{y_{01}+y_{02}} + \dots + (A \cdot pay_{00K})(1+r)^{y_{01}+y_{02}+\dots+y_{0K}} - (A \cdot pay_{0i1})(1+r)^{y_{i1}} + (A \cdot pay_{0i2})(1+r)^{y_{i1}+y_{i2}} + \dots + (A \cdot pay_{0iN})(1+r)^{y_{i1}+y_{i2}+\dots+y_{iN}} \quad (3.11)$$

Trong đó:

N : số lượng các mốc thanh toán của chủ đầu tư

A : tổng số tiền của dự án

y_i : thời gian cần thiết để hoàn thành hoạt động i

r : lãi suất ngân hàng

Công thức tính hàm payoff của nhà thầu

Là sự chênh lệch về giá trị tiền của phương án đang đề xuất lần thứ i của nhà thầu so với phương án định ra ban đầu S_{00} :

$$u_1 = (A \cdot pay_{001})(1+r)^{y_{01}} + (A \cdot pay_{002})(1+r)^{y_{01}+y_{02}} + \dots + (A \cdot pay_{00K})(1+r)^{y_{01}+y_{02}+\dots+y_{0K}} - (A \cdot pay_{1i1})(1+r)^{y_{i1}} + (A \cdot pay_{1i2})(1+r)^{y_{i1}+y_{i2}} + \dots + (A \cdot pay_{1iM})(1+r)^{y_{i1}+y_{i2}+\dots+y_{iM}} \quad (3.12)$$

Công thức tính hàm fitness chung của cả dự án

Hàm thích nghi của dự án được tính theo hàm payoff của từng người chơi, sự chênh lệch giữa 2 giá trị payoff càng nhỏ thì lời giải càng tốt.

$$u_{fitness} = |Bu_0 - Cu_1| \quad (3.13)$$

Trong đó:

B, C : là các hằng số chuyên gia điều chỉnh chất lượng của giá trị fitness

Không gian vector biểu diễn tập xung đột

Trong không gian vector R^c , mỗi $\vec{v} \in R^c$ biểu thị C xung đột trong việc định nghĩa thứ tự thanh toán, mỗi vector được biểu diễn bằng một bộ cặp giá trị các hoạt động dự án cần thanh toán (r_i, r_j) có xung đột về các tài nguyên yêu cầu và thời gian sử dụng tài nguyên trong trường hợp cả hai hoạt động trong cùng thời điểm.

3.2.2.4 Cài đặt giải thuật và thử nghiệm

Xác định điểm cân bằng Nash

Trong MOEA framework, để xác định dữ liệu đầu vào cho tất cả các thuật toán MOEA, chúng ta cần chuyển đổi tất cả các thông tin, đặc điểm của người chơi (chủ đầu tư và đội phát triển) trong trò chơi thành các giá trị mà nhiệm sắc thể mang theo. Thuật toán trong MOEA framework sẽ hội tụ hoặc là kết quả chạy trong các điều kiện dừng của thuật toán về số vòng đời và thời gian cho phép sẽ tiệm cận giá trị hội tụ, theo như chứng minh trong 2.3.4, giá trị nhiệm sắc thể tốt nhất sẽ là điểm cân bằng Nash hoặc tiệm cận điểm cân bằng Nash tìm được. Từ mô tả về vấn đề, có thể xác định được biểu diễn của nhiệm sắc thể bao gồm thông tin về số lượng hoạt động, số lượng giải pháp cho từng hoạt động. Ví dụ về một nhiệm sắc thể hợp lệ như sau (Bảng 3.3):

Bảng 3.3: Lịch trình thực hiện

Ngày	1	2	3	4	5	6
Hoạt động	1	1	2	2	3	3
Hoạt động	4	4	5	5	5	

Kết quả này được chuyển đổi thành nhiệm sắc thể với số lượng gen bằng số lượng hoạt động trong dự án, các gen lấy các giá trị là thứ tự hoạt động trong tập hợp tất cả các hoạt động được thực hiện mỗi ngày:

$$(1 - 4) - (1 - 4) - (2 - 5) - (2 - 5) - (3 - 5) - 3$$

Các ràng buộc của bài toán

Trên thực tế, để chọn ra được các đề xuất phù hợp giải quyết xung đột trong lịch thanh toán dự án, cần phải đảm bảo được các ràng buộc chủ yếu của bài toán được tuân thủ, không những thế cần phù hợp với MOEA framework. Dưới đây là một số ràng buộc chính của xung đột và cấu hình thuật toán khi áp dụng trên MOEA framework:

- Các tham số a_i, b_i của MOEA framework là hằng số và chúng được xác định trước trong thuật toán;
- Mọi thuộc tính, giá trị tính ra phải là số dương;
- Tất cả các hoạt động phải xuất hiện trong nhiệm sắc thể và mỗi hoạt động chỉ xuất hiện một lần;
- Xung đột xảy ra giữa 2 hoạt động;
- Hai hoạt động có xung đột không được tồn tại đồng thời trong nhiệm sắc thể.

Cài đặt MOEA framework

Trong thử nghiệm về bài toán này, MOEA framework sẽ được thay đổi theo như mô tả trong phần 3.1. Không chỉ yêu cầu các dữ liệu đầu vào về thông tin các hoạt động và thông tin dự án, các ràng buộc của dự án về xung đột sẽ là căn cứ để xác định các ứng

viên của điểm cân bằng Nash tìm được có hợp lý không. Phần cốt lõi giữ cho hệ thống chạy các thuật toán cũng như hoạt động không thay đổi.

Mô tả dữ liệu

Dữ liệu được sử dụng trong thử nghiệm bao gồm 2 loại:

- Dữ liệu từ bài báo [14];
- Dữ liệu từ hai dự án phần mềm gia công từ một công ty phần mềm của Việt Nam.

Trong đó các dữ liệu so sánh liên quan tới bài báo [14] đã được trình bày trong bài báo của luận án (CT6). Dữ liệu của 2 dự án được trình bày trong *Bảng 3.4* được nhập vào hệ quản lý MySQL. Cấu hình máy tính để thử nghiệm thuật toán là: Windows 10 Pro 64-bit trong CPU 2.80 GHz Intel (R) Core i5. Đối với mỗi thuật toán cụ thể, phần thử nghiệm này sẽ chạy liên tục 10 lần, mỗi lần phần mềm có ghi lại kết quả cân bằng Nash được tìm thấy. Kết quả chạy từng thuật toán chứa 3 thông tin chính sau:

- Cách phân phối lịch thanh toán dự án đã sắp xếp lại;
- Giá trị payoff của tổng thể đáp án;
- Thời gian chạy.

Trong đó thời gian chạy càng ngắn, mức độ liên quan của thuật toán càng tốt và mô hình càng cao. Giá trị hàm hoàn trả cho biết chất lượng của câu trả lời được tìm thấy. Giá trị này càng nhỏ thì kết quả càng tốt. Dữ liệu từ dự án phần mềm của thử nghiệm gồm 2 dữ liệu trung bình với 74 nhiệm vụ và 48 nhiệm vụ được mô tả tổng quan trong *Bảng 3.4*, giới thiệu cụ thể trong *Bảng 3.5* và *Bảng 3.7*. Mỗi tác vụ cần một lượng thời gian cụ thể để hoàn thành và nó yêu cầu hai đơn vị tài nguyên đang xử lý. Mỗi tài nguyên được xác định bởi nhận dạng (ID) của nó. Mỗi quan hệ giữa 2 hoạt động khác nhau được minh họa trong *Bảng 3.6* và *Bảng 3.8*.

Bảng 3.4: Thông tin dự án của hai dự án phần mềm

No	Project name	ID	Start date	Expected budget
1	E-commerce website	JP_EC 2015	Jan 2015	1.547.500.000 VND
2	Integrated IS management	VN_BT 2014	Jan 2014	1.147.500.000 VND

Bảng 3.5: Các tham số của các nhiệm vụ trong dự án 1

No	Resource 1	Resource 2	Time	No	Resource 1	Resource 2	Time
1	10	7	6	38	7	7	7
2	3	8	1	39	3	2	18
3	4	10	1	40	2	6	7
4	2	6	2	41	9	5	20
5	6	8	2	42	10	6	9
6	3	2	4	43	3	4	9
7	6	5	6	44	4	2	9
8	1	9	12	45	1	9	9
9	6	8	7	46	4	8	9
10	7	3	8	47	5	2	9
11	6	1	7	48	4	6	11
12	10	5	6	49	1	1	13

13	2	1	5	50	6	9	13
14	9	8	5	51	7	10	15
15	10	8	1	52	6	5	15
16	9	6	1	53	7	3	15
17	7	4	1	54	9	8	20
18	7	2	1	55	1	2	49
19	2	9	1	56	7	7	60
20	8	7	6	57	4	8	1
21	6	9	7	58	8	10	1
22	4	3	3	59	6	4	1
23	2	7	4	60	8	10	1
24	7	6	3	61	9	9	1
25	8	10	12	62	3	4	1
26	9	10	11	63	5	3	12
27	2	1	12	64	9	10	1
28	10	5	21	65	6	1	1
29	5	10	3	66	3	3	1
30	4	6	3	67	8	4	3
31	3	7	10	68	8	10	1
32	3	9	10	69	8	7	1
33	6	5	14	70	5	4	27
34	9	4	28	71	10	9	15
35	9	6	35	72	5	2	15
36	6	7	6	73	6	2	17
37	1	8	34	74	4	4	10

Bảng 3.6: Các tham số quan hệ giữa các nhiệm vụ trong dự án 1

No	Activity 1	Activity 2	Relation
2	16	27	FS
3	56	58	FS
4	13	62	FS
5	45	61	FS
6	37	43	FF
7	50	34	FF
8	65	41	FF
9	26	29	FF
10	8	20	FF
11	34	15	FF
18	32	33	SF
19	63	74	SF
21	19	7	SS
22	27	45	SS
23	4	56	SS
24	12	70	SS
25	1	2	FS
26	1	3	FS

27	1	4	FS
28	1	5	FS

Bảng 3.7: Các tham số của các nhiệm vụ trong dự án 2

No	Resource 1	Resource 2	Time	No	Resource 1	Resource 2	Time
1	1	5	2	25	2	6	14
2	1	5	2	26	3	7	30
3	3	7	6	27	3	7	29
4	2	6	19	28	1	5	16
5	2	6	14	29	1	5	9
6	2	6	14	30	2	6	28
7	3	7	17	31	2	6	15
8	3	7	16	32	2	6	6
9	1	5	13	33	3	7	14
10	1	5	5	34	3	7	22
11	3	7	8	35	1	5	10
12	2	6	22	36	4	8	10
13	2	6	9	37	4	8	28
14	2	6	16	38	4	8	13
15	3	7	21	39	4	8	14
16	2	6	16	40	4	8	31
17	1	5	10	41	4	8	26
18	1	5	4	42	4	8	9
19	1	5	9	43	2	6	87
20	1	5	7	44	1	5	4
21	1	5	7	45	3	7	4
22	3	7	7	46	1	5	33
23	2	6	43	47	3	7	61
24	2	6	10	48	3	7	31

Bảng 3.8: Các tham số quan hệ giữa các nhiệm vụ trong dự án 2

No	Activity 1	Activity 2	Relation
1	1	2	FS
2	2	3	FS
3	2	4	FS
4	2	5	FS
5	3	11	FS
6	4	12	FS
7	5	6	SS
8	5	7	SS
9	5	13	FS
10	6	8	SS
11	6	14	FS
12	7	9	SS
13	7	15	FS

14	8	16	FS
15	9	10	FS
16	9	17	FS
17	10	17	FF
18	11	12	SF
19	11	22	FS
20	11	29	FS
21	12	23	FS
22	13	14	SF
23	13	24	FS
24	14	15	SF
25	14	25	FS
26	15	16	SF
27	15	26	FS
28	16	27	FS
29	16	34	FS
30	17	18	SS
31	17	19	SS
32	17	20	SS
33	18	28	FS
34	19	28	FS
35	20	21	FF
36	21	28	FS
37	22	29	SS
38	23	30	SS
39	24	31	SS
40	25	32	SS
41	26	33	SS
42	27	34	SS
43	28	35	SS
44	29	36	FS
45	30	37	FS
46	31	38	FS
47	32	39	FS
48	33	40	FS
49	34	41	FS
50	35	42	FS

Phân tích kết quả chạy

Kết quả điểm cân bằng Nash tìm được trong lần chạy đầu tiên với bộ dữ liệu dự án 2 với thuật toán ε -MOEA (có kết quả giá trị thích nghi tốt nhất: 259276750) được trích một phần có thông tin như sau:

1-2-(3-4)-(5-11)-(12-6)-(7-13)-(8-14)-(9-15)-(16-10)-(17-12)-(22-29)-(23-14)...

Có thể đánh giá điểm cân bằng Nash tìm được như sau:

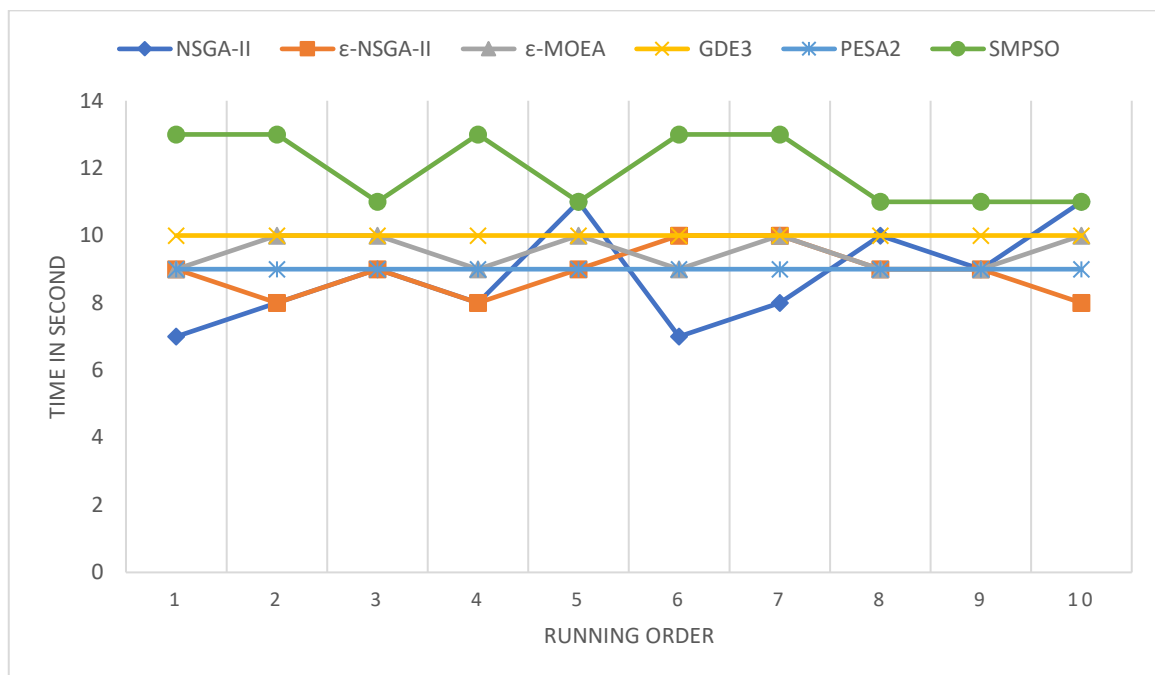
- Thỏa mãn các ràng buộc của bài toán đã được nêu trong phần trên;

- Không vi phạm không gian vector biểu diễn tập xung đột của bài toán về mối quan hệ giữa các nhiệm vụ, giữa thời gian hoạt động của 2 tài nguyên chính;
- Giá trị hội tụ trong khoảng thời gian ngắn cho thấy điểm cân bằng Nash đã được tìm kiếm thành công;
- Điểm cân bằng Nash tìm được với giá trị thích nghi xác định theo *công thức 3.13* có giá trị hội tụ và nhỏ nhất trong lượt chạy tương đương với phương án tốt nhất tìm thấy.

Ngoài ra, qua 10 lần chạy lần lượt các thuật toán theo kịch bản áp dụng đã mô tả trong *Phần 3.1*, dữ liệu thử nghiệm của dự án 1 được mô tả trong *Bảng 3.9* và *Hình 3.7*. Chúng ta có thể thấy NSGA-II là MOEA nhanh nhất để giải quyết vấn đề tìm điểm cân bằng Nash cho Unified Game-based model trong dữ liệu Dự án 1. NSGA-II có thời gian chạy nhanh hơn 10,09% so với thời gian chạy trung bình của năm thuật toán còn lại. Cụ thể, thời gian hoạt động của NSGA-II cao hơn 26,67% so với SMPSO, cao hơn 12,00% so với GDE3 và cao hơn khoảng 7,37% so với ε -MOEA. NSGA-II cho thấy thời gian chạy lần lượt chỉ cao hơn 1,12% và 2,22% so với ε -NSGA-II và PESA2. Điều này có nghĩa là cả NSGA-II và PESA2 cũng là hai thuật toán hiệu quả về tốc độ với bài toán này.

Bảng 3.9: Kết quả thử nghiệm từ bộ dữ liệu của dự án 1 sau 10 lần chạy

No	NSGA-II	ε -NSGA-II	ε -MOEA
1	301343880, 7s	301343880, 9s	301343880, 9s
2	301343880, 8s	301343880, 8s	301343880, 10s
3	301343880, 9s	301343880, 9s	301343880, 10s
4	301343880, 8s	301343880, 8s	301343880, 9s
5	301343880, 11s	301343880, 9s	301343880, 10s
6	301343880, 7s	301343880, 10s	301343880, 9s
7	301343880, 8s	301343880, 10s	301343880, 10s
8	301343880, 10s	301343880, 9s	301343880, 9s
9	301343880, 9s	301343880, 9s	301343880, 9s
10	301343880, 11s	301343880, 8s	301343880, 10s
	GDE3	PESA2	SMPSO
1	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 13s
2	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 13s
3	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 11s
4	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 13s
5	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 11s
6	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 13s
7	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 13s
8	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 11s
9	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 11s
10	301343880,10s	301343880, 9s	301343880, 11s



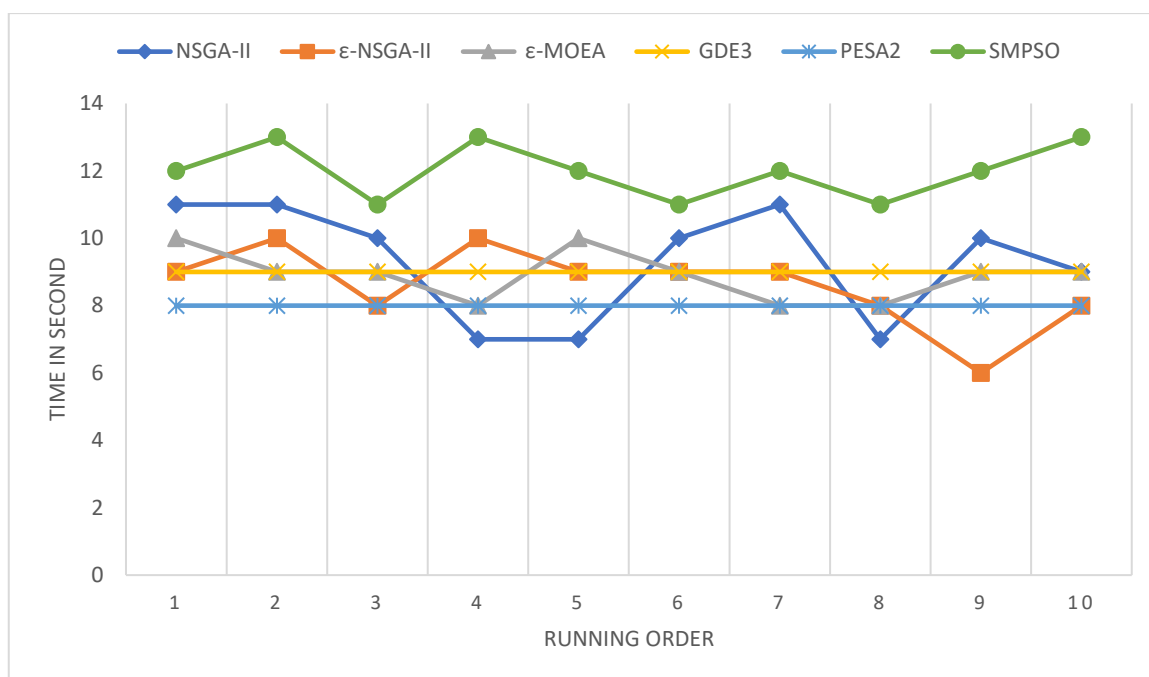
Hình 3.7: So sánh thời gian chạy các thuật toán của dự án 1

Như trong phân tích kết quả chạy dữ liệu dự án 2 từ Bảng 3.10 và Hình 3.8, PESA2 là MOEA nhanh nhất trong thử nghiệm giải quyết vấn đề và tìm điểm cân bằng Nash cho mô hình Hợp nhất sau 10 lần chạy trong nhóm dữ liệu 2 Dự án. Thời gian hoạt động của PESA2 cao hơn 8,75% so với-NSGA-II, cao hơn 7,5% so với-MOEA, cao hơn 12,5% so với GDE3, cao hơn 15% so với NSGA-II và 50% so với SMPSO. Ngoài ra, PESA2 có thời gian chạy nhanh hơn 18,75% so với thời gian chạy trung bình của năm thuật toán còn lại.

Bảng 3.10: Kết quả thử nghiệm từ bộ dữ liệu của dự án 2 sau 10 lần chạy

No	NSGA-II	ϵ -NSGA-II	ϵ -MOEA
1	280675880, 11s	280675880, 9s	259276750, 10s
2	280675880, 11s	280675880, 10s	280675880, 9s
3	259276750, 10s	280675880, 8s	280675880, 9s
4	280675880, 7s	280675880, 10s	280675880, 8s
5	280675880, 7s	280675880, 9s	259276750, 10s
6	280675880, 10s	280675880, 9s	219878880, 9s
7	280675880, 11s	219878880, 9s	280675880, 8s
8	280675880, 7s	280675880, 8s	280675880, 8s
9	259276750, 10s	280675880, 6s	219878880, 9s
10	280675880, 9s	280675880, 8s	219878880, 9s
	GDE3	PESA2	SMPSO
1	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 12s
2	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 13s
3	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 11s
4	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 13s
5	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 12s
6	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 11s
7	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 12s

8	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 13s
9	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 12s
10	280675880, 9s	280675880, 8s	280675880, 11s



Hình 3.8: So sánh thời gian chạy các thuật toán của dự án 2

Liên quan trực tiếp đến nội dung của mục này, có 02 công trình đã được công bố, 01 trong Tạp chí trong nước (CT1- 2016) và 01 trong Hội nghị quốc tế (CT6 - 2019).

3.3 Lớp bài toán mô hình không có chủ đầu tư

3.3.1 Bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro

3.3.1.1 Giới thiệu bài toán

Với mỗi một doanh nghiệp thì rủi ro là một yếu tố có tính chất tất yếu. Mọi doanh nghiệp đều phải đối mặt với những rủi ro. Bản thân rủi ro cũng là một yếu tố đa diện về nội tại. Rủi ro có những tác động tiêu cực và những tác động tích cực tới toàn bộ doanh nghiệp. Và như một nhu cầu có tính tất yếu một quy trình quản lý rủi ro là một yếu tố tối thiết cho thành công của một doanh nghiệp. Quy trình quản lý rủi ro sẽ giúp doanh nghiệp gia tăng những tác động tích cực và giảm nhẹ những hậu quả tiêu cực từ những rủi ro. Với vai trò như vậy rõ ràng quản lý rủi ro là một trong những nhiệm vụ hàng đầu của quản lý công nghệ thông tin trong doanh nghiệp.

Việc quản lý rủi ro trong các dự án, đặc biệt là dự án công nghệ thông tin cũng là một ứng dụng quan trọng của lý thuyết trò chơi. Dựa trên lý thuyết trò chơi, người quản lý dự án có thể phân tích được các chiến lược cạnh tranh, nghiên cứu các chiến thuật sao cho sự lựa chọn là tối ưu nhất. Từ đó tìm được điểm cân bằng chiến lược, hạn chế các rủi ro phát sinh trước, trong và sau khi thực hiện dự án. Các rủi ro sẽ được nhận diện, phân tích, kiểm soát và giám sát một cách tốt nhất. Hạn chế được các thiệt hại không đáng có, đem lại kết quả tốt nhất trong các dự án, đặc biệt là dự án công nghệ thông tin nơi mà xác suất xuất hiện rủi ro là rất lớn và khó kiểm soát. Để giải quyết, chúng ta có

nhiều phương pháp đối phó với rủi ro (*Risk Response*) khác nhau, mỗi phương pháp đều có ưu nhược điểm và khả năng áp dụng trong từng tình huống cụ thể [1].



Hình 3.9: Xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro

Xung đột của bài toán

Tuy nhiên 1 yếu tố chưa được xét tới là bản thân giữa các rủi ro lại xung đột với nhau khi lên kế hoạch giải quyết. Việc giải quyết xử lý rủi ro này bằng phương pháp này lại xung đột với việc xử lý rủi ro kia bằng phương pháp khác, hậu quả có thể từ nhỏ tới không kiểm soát được. Ví dụ như khi có rủi ro là “nhân sự bỏ việc” vì lương thấp, trả không đúng định kì, trả muộn. Bên quản lý dự án sẽ khắc phục, xử lý rủi ro này bằng cách: tăng tiền lương, trả đúng định kì, đúng hạn. Khi đó rủi ro trên tạm thời được xử lý. Tuy nhiên, với rủi ro tiền đầu tư dự án tăng, có thể giải quyết bằng việc giảm lương nhân viên hay sa thải nhân viên, kêu gọi nhà đầu tư.... Khi giải quyết rủi ro này bằng phương pháp giảm lương hay sa thải nhân viên thì nó đã vô tình xung đột với việc giải quyết rủi ro nhân sự bỏ việc nêu bên trên. Đây là thực trạng của bài toán xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro (*Risk Response Conflict*).

Với đặc điểm cùng xung đột đã được nêu trong *phần 2.1.1*, việc giải quyết có thể xử lý bằng cách mô hình hóa các rủi ro này về Unified Game-based model, từ đó tìm ra điểm Cân bằng Nash, tại đó ta có giải pháp trung hòa cho xung đột giữa các phương pháp đối phó rủi ro. Với điểm cân bằng Nash tìm được, giải pháp sẽ là trạng thái win-win giữa các N người chơi có số lượng chiến lược khác nhau, trong bài toán này là giữa N rủi ro. Có như vậy thì vấn đề rủi ro mới được giải quyết một cách triệt để và hạn chế phát sinh những rủi ro không đáng xảy ra. Dem lại hiệu quả tối ưu cho việc quản lý dự án

Dữ liệu của bài toán

Giả thiết rằng trong dự án đang thực hiện có tập R^* gồm tổng cộng N^* rủi ro cần quản lý, trong tập R^* có tập $R \in R^*$ gồm N rủi ro có sự xung đột giữa các phương pháp xử lý ($1 < N \leq N^*$). Do bài toán chỉ quan tâm tới các rủi ro có xung đột nên ta đánh chỉ số các rủi ro có xung đột từ 1.. N và $R = (r_1, \dots, r_i, \dots, r_N)$ và r_i là các rủi ro có xung đột trong dự án. Các rủi ro trong R được chia thành từng nhóm xung đột, mỗi nhóm xung đột là một tập các rủi ro có xung đột trực tiếp với nhau. Nhóm xung đột R', R'' đều là một tập các rủi ro riêng biệt, trong đó các xung đột trong $R' \in R$ và $R'' \in R$ không có sự liên quan nào tới nhau, $\forall R' \in R$ và $\forall R'' \in R, R' \cap R'' = \emptyset$.

Ngoài ra, trong tập $R' = \{r_i: r_i \in R\}$, r_i là rủi ro dự án và có thể xử lý, đối phó bằng M_i phương pháp khác nhau, $\forall r_i \neq r_j \in R', r_i$ có ít nhất 1 phương pháp xử lý s_{ik} nào

đó xung đột với phương pháp xử lý s_{jh} của r_j . Theo PMBOK [1], trong chương 11 về Project risk management, với mỗi r_i , thông tin biểu diễn bao gồm:

- Xác suất xảy ra rủi ro: *probability*;
- Mức độ tác động của rủi ro trong dự án là yếu tố được tổng hợp từ 2 yếu tố: hậu quả của rủi ro khi xảy ra và khả năng xảy ra rủi ro, trong nghiên cứu của luận án và các tính toán biểu diễn ở dưới, yếu tố này được gọi là: *level*;
- Đánh giá mức độ tác động, hậu quả về khía cạnh tài chính khi rủi ro lên ngân quỹ dự án, yếu tố này được gọi là: *impact*;
- Trong rủi ro r_i , mỗi phương thức đối phó với rủi ro s_{ik} được xác định bởi tổng hợp 5 yếu tố sau [66]:
 - Số lượng tiền đề thực thi phương pháp đối phó với rủi ro: *cost*;
 - Độ khó khi áp dụng phương pháp này vào rủi ro (được đánh số từ 0 đến 9) được gọi là: *diff*;
 - Độ ưu tiên của phương pháp xử lý so với các phương pháp khác (đánh số từ 0 đến 10): *priority*;
 - Thời gian cần thiết để thực hiện (giờ): *time*;
 - Mức độ hiệu quả của phương án đối phó với rủi ro (đơn vị tính là phần trăm), yếu tố này được gọi là: *efficiency*.

Vấn đề của bài toán Xung đột trong các phương pháp đối phó rủi ro là cần tìm được phương án đối phó s_{ik} phù hợp cho r_i . Trong phần này, luận án sẽ áp dụng mô hình Unified Game-based model trong phần 2.3.2 để có một mô hình Lý thuyết trò chơi cho riêng mình, nhưng vẫn đảm bảo được tính đầy đủ và khả thi cho bài toán, ngoài ra luận án cũng sẽ hiện thực hóa mô hình bằng Phần mềm để trợ giúp cho việc ra quyết định khi quản lý rủi ro trong dự án. Theo PMBOK [1], có tổng cộng 8 phương án đối phó với rủi ro:

Bảng 3.11: Các phương án xử lý rủi ro [1]

Các phương án xử lý rủi ro	
Ngăn chặn	Tìm cách loại bỏ trước và sử dụng cách thức khác để thực hiện để tránh rủi ro
Giảm nhẹ	Giảm bớt ảnh hưởng của rủi ro thông qua điều khiển và xử lý các vấn đề nội tại dự án
Chuyển giao	Chuyển trách nhiệm xử lý rủi ro sang cho bên thứ 3, ví dụ như mua bảo hiểm
Chấp nhận	Các tác động của rủi ro lên dự án là đủ nhỏ để có thể chấp nhận cho rủi ro tự xảy ra và không cần thiết phải có giải pháp để xử lý
Các phương án đối phó tích cực	
Tận dụng	Loại bỏ các yếu tố không chắc chắn để đảm bảo rằng chỉ có các yếu tố tích cực xảy ra
Mở rộng	Tập trung vào nguyên nhân chủ yếu và phát triển các yếu tố tích cực của rủi ro
Chia sẻ	Cần các đối tác tham gia để chia sẻ rủi ro
Chấp nhận	Các tác động được kiểm soát chủ động hoặc bị động khi rủi ro xảy ra

Giả thiết một dự án nhỏ có 4 rủi ro $R^* = R = (r_1, r_2, r_3, r_4)$, các phương pháp xử lý rủi ro tương ứng sẽ là:

$$r_1: s_{11}, s_{12}, s_{13}$$

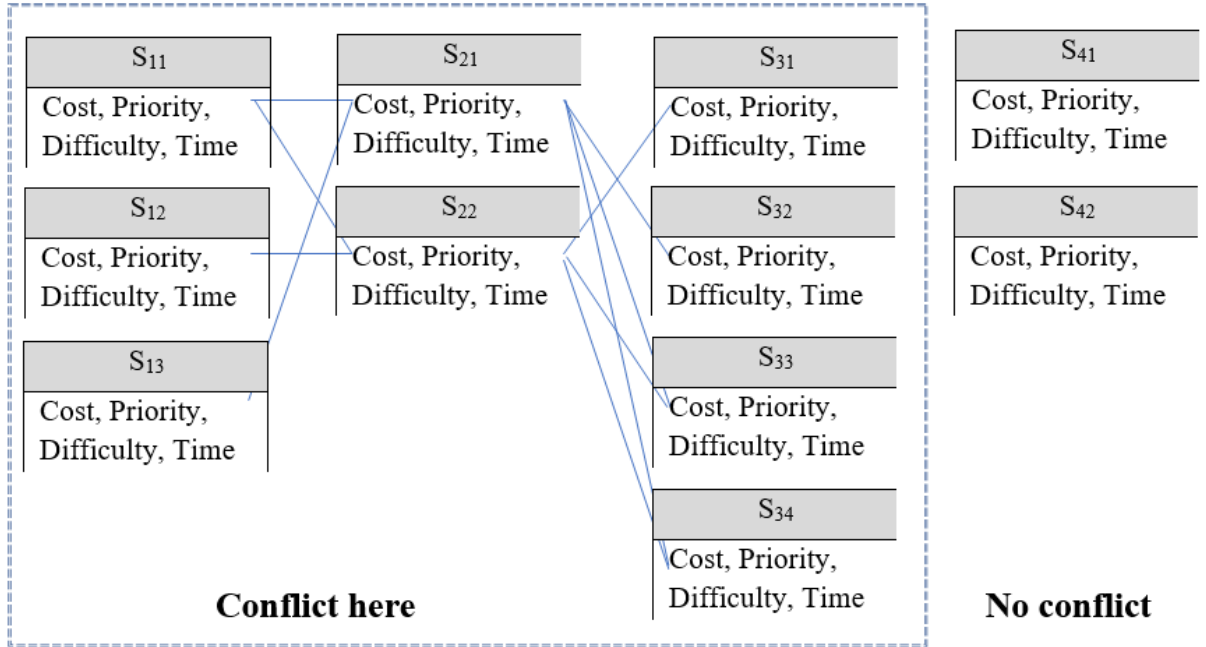
$$r_2: s_{21}, s_{22}$$

$$r_3: s_{31}, s_{32}, s_{33}, s_{34}$$

$$r_4: s_{41}, s_{42}$$

Trong tập R^* tồn tại duy nhất tập $R = R' = (r_1, r_2, r_3)$ có tồn tại xung đột, trong bài toán này chúng ta sẽ chỉ quan tâm và làm việc trên tập R , bao gồm thiết lập mô hình hóa cho tập R , và đề xuất giải pháp lập trình. Và giả sử rằng trong R tồn tại các cặp xung đột giữa các chiến lược xử lý rủi ro như sau: $s_{12} - s_{21}$, $s_{13} - s_{22}$, $s_{21} - s_{31}$, $s_{22} - s_{32}$. Việc tính toán giải pháp cho bài toán hoặc có thể hiểu là các giải thuật MOEAs sẽ được áp dụng trên một đồ thị vô hướng dưới dạng Project Network trong đó:

- Mỗi node của đồ thị biểu diễn phương thức xử lý của rủi ro, mang theo các đặc tính của phương thức trong node
- Các node nằm trong cùng cột là các phương thức xử lý thuộc về cùng một rủi ro
- Phương án xử lý được chọn phải đảm bảo nằm trong đường đi qua tất cả các node của N' .



Hình 3.10: Mạng dự án biểu diễn xung đột giữa các phương án đối phó rủi ro

Trong đó với cặp xung đột $s_{12} - s_{21}$ có nghĩa là xung đột phương pháp xử lý thứ 2nd của rủi ro r_1 , với phương pháp xử lý thứ 1st của rủi ro r_2 , và trong biểu diễn dưới dạng Project Network trên, không có đường đi giữa hai nodes $s_{12} - s_{21}$. Như vậy thực chất bài toán xử lý xung đột giữa các phương pháp đối phó rủi ro có thể quy về bài toán là tìm đường đi qua tất cả các r_i mà không có xung đột với nhau (chỉ đi qua 1 lần). Tuy nhiên đây không phải là bài toán tìm đường đi nhỏ nhất, bởi vì mỗi điểm của mạng dự án mang theo nhiều giá trị thông tin về điểm. ngoài ra còn nhiều ràng buộc khác lên bài toán.

3.3.1.2 Ứng dụng mô hình Unified Game-Based model cho bài toán

Với các đặc điểm của bài toán xung đột trong các phương pháp đối phó rủi ro như trên, áp dụng Unified Game-Base model vào bài toán, ta có mô hình toán học cho bài toán này như sau:

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (3.14)$$

Trong đó:

P_0 : là người chơi đặc biệt đại diện cho lợi ích của toàn bộ dự án khi so sánh với các người chơi bình thường khác

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chơi đặc biệt, trong đó M_0 là số lượng chiến lược của người chơi đặc biệt

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm thưởng phạt (payoff function) của người chơi đặc biệt tham chiếu chiến lược của người chơi đặc biệt sang dạng số thực

N : Số lượng rủi ro có xảy ra xung đột

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập các rủi ro có xảy ra xung đột

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các phương pháp đối phó của rủi ro i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng các phương pháp xử lý của rủi ro i

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm thưởng phạt của rủi ro i , tham chiếu chiến lược của rủi ro i sang 1 giá trị số thực

R^c : là không gian vector biểu diễn tập các xung đột của các phương pháp đối phó rủi ro, mà một *non-empty vector* $\vec{v} \in R^c$ biểu diễn xung đột giữa K rủi ro ($1 \leq K \leq N$), ở dạng chuẩn tắc của trò chơi (strategic form hoặc normal form), $\vec{v} \in R^c$ có thể được mô tả như sau: $\{s_{0k}, s_{pq}, \dots, s_{xy}\}$, trong đó $s_{0k} \in S_0$ đại diện cho quyền lợi của dự án khi các rủi ro xảy ra, và khi có đụng độ về phương pháp xử lý, các giá trị $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$ là các phương pháp, trong đó ($1 \leq p, x \leq N$), ($1 \leq q \leq M_p$) và ($1 \leq y \leq M_x$)

Điểm cân bằng Nash của mô hình được xác định như sau:

Khi rủi ro i ($1 \leq i \leq N$) chọn chiến lược xử lý là $s_i \in S_i$, ta gọi $s_{-i} \in S_i$ là chiến lược của những rủi ro khác. Hàm payoff của rủi ro i có thể được diễn giải như sau: $u_i(s_i, s_{-i})$. Tập các chiến lược $S^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_N^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi $\forall (s_i^*, s_j^*) \in S^*, (s_i^*, s_j^*) \notin R^c, (1 \leq i, j \leq N)$, và:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (3.15)$$

Điểm cân bằng Nash chính là giải pháp cho xung đột chúng ta cần tìm. Việc xử lý xung đột theo cách thức win-win đã đề cập cũng tương đương với việc giải mô hình Lý thuyết trò chơi và tìm ra điểm cân bằng Nash cho bài toán.

3.3.1.3 Các tham số của mô hình

Chiến lược của chủ đầu tư

Chiến lược j cho rủi ro của người chơi đặc biệt (đại diện cho chủ đầu tư) là bộ dữ liệu gồm 4 thành phần: thời gian tối thiểu để xử lý rủi ro, thời gian tối đa xử lý rủi ro, chi phí tối thiểu, chi phí tối đa:

$$s_{0j} = \{cost_{jmin}, cost_{jmax}, time_{jmin}, time_{jmax}\} \quad (3.16)$$

Chiến lược của các người chơi

Tập chiến lược $S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$ là chiến lược chơi của người chơi i có thể hiểu cách khác là rủi ro i , trong quản lý dự án được coi là tập các phương pháp đối phó của rủi ro i , mỗi s_{ij} mang theo các thông tin được mô tả trong Phần 3.3.1.1, gồm các thông tin như sau: *cost, diff, priority, time, efficiency*.

Công thức tính hàm payoff của chủ đầu tư

Tập các rủi ro $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$ với từng rủi ro p_i được mô tả bởi vector hiệu năng có chứa các thông tin về: (i) số lượng tiền tổn thất khi xung đột xảy ra (ii) và giá trị *level* của rủi ro, (iii) xác suất xảy ra (*probability*). Cụ thể là:

$$\vec{w}_i = (w_{impact_i}, w_{level_i}, w_{probability_i}) \quad (3.17)$$

Giá trị payoff của chủ dự án:

$$\begin{aligned} u_0 &= \sum_{i=1}^N \vec{w}_i \\ &= \sum_{i=1}^N (a_1 w_{impact_i} + a_2 w_{level_i}) * w_{probability_i} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Với a_1, a_2 là các hằng số chuyên gia dùng để điều chỉnh mức độ ảnh hưởng của các yếu tố trong vector hiệu năng: *impact*, *level*.

Tập các chiến lược của rủi ro p_i là $S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$ với mỗi s_{ij} được biểu diễn bởi 1 vector hiệu năng $\vec{u}_{ij} = (u_{cost_{ij}}, u_{priority_{ij}}, u_{diff_{ij}}, u_{time_{ij}}, u_{efficiency_{ij}})$ có chứa 5 thông tin quan trọng nhất của phương pháp đối phó với rủi ro i , ($1 \leq i \leq N$). Các thông tin này bao gồm: (i) *cost*, (ii) *priority*, (iii) *difficult* (*diff*), (iv) *time* and (v) *efficiency*.

Công thức tính hàm payoff của từng người chơi

Giá trị payoff của rủi ro i trong trường hợp lựa chọn phương án đối phó j là tổng hợp của cả 5 yếu tố trên. Cụ thể, hàm payoff sẽ được mô tả như sau:

$$u_{ij} = b_1 u_{cost_{ij}} + b_2 u_{priority_{ij}} + b_3 u_{diff_{ij}} + b_4 u_{time_{ij}} \quad (3.19)$$

Giá trị của hàm payoff u_{ij} càng nhỏ có nghĩa rằng lựa chọn phương án đối phó rủi ro càng phù hợp.

Công thức tính hàm fitness chung của dự án

Để đảm bảo dự án được diễn ra thuận lợi, các ràng buộc về tài chính được đảm bảo theo đúng kế hoạch thì việc tối thiểu hóa các chi phí phát sinh như các chi phí cho rủi ro là rất quan trọng. Rõ ràng là chi phí của rủi ro xảy ra phụ thuộc vào 3 yếu tố: hậu quả khi xảy ra rủi ro, xác suất xảy ra rủi ro và chi phí cho phương án xử lý nó. Để tìm ra cân bằng Nash cho trò chơi G , một trong các ràng buộc quan trọng của bài toán tối ưu đa mục tiêu là tối thiểu hóa chi phí rủi ro. Chi phí này được xác định bằng:

$$F_{cost} = u_0 + \sum_{i=1}^N u_{cost_{ij}} \quad (3.20)$$

Trong đó $u_{cost_{ij}}$ là chi phí khi rủi ro i sử dụng phương thức đối phó j nào đó. Tuy nhiên sẽ là thiếu sót nếu chỉ tính đến vấn đề tài chính xảy ra, mức độ hiệu quả của phương án giải quyết rủi ro được chọn cũng ảnh hưởng không nhỏ tới chất lượng dự án. Để hiện thực hóa yếu tố này, hàm F_{cost} được điều chỉnh như sau:

$$F_{cost} = \sum_{i=1}^N (a_1 w_{impact_i} + a_2 w_{level_i}) * w_{probability_i} * (1 - u_{efficiency_{ij}}) + \sum_{i=1}^N u_{cost_{ij}} \quad (3.21)$$

Trong đó giả sử rằng rủi ro i đã lựa chọn phương án đối phó j . Và ý nghĩa của giá trị hàm F_{cost} là giá trị càng nhỏ thì sẽ đảm bảo cho trạng thái tài chính của toàn bộ dự án nằm trong phạm vi kiểm soát được.

Ràng buộc thứ 2 của cân bằng Nash cho game G đó là tính hiệu quả của phương pháp xử lý rủi ro, việc định lượng ràng buộc này sẽ phụ thuộc chủ yếu vào các đặc điểm của phương pháp xử lý. Để mô hình có thể tùy biến, ta đưa thêm các tham số b_1, b_2, b_3, b_4 vào các đặc tính của phương pháp xử lý rủi ro theo thứ tự là *cost*, *priority*, *difficulty*, *time*. Các tham số này (và bao gồm cả a_1, a_2 trong Công thức 3.18) sẽ được điều chỉnh

bởi các chuyên gia quản lý dự án thông qua việc cấu hình ứng dụng phần mềm. Và do đó, hàm định lượng cho ràng buộc thứ 2 của cân bằng Nash sẽ được xác định như sau:

$$F_{response} = \sum_{i=1}^N (b_1 u_{cost_{ij}} + b_2 u_{diff_{ij}} + b_3 u_{priority_{ij}} + b_4 u_{diff_{ij}}) \quad (3.22)$$

Hàm $F_{response}$ là thước đo cho tính hiệu quả của việc lựa chọn phương án xử lý j cho rủi ro i . Giá trị $F_{response}$ càng nhỏ thì việc lựa chọn càng chính xác. Với mô hình trò chơi hiện tại, bao gồm nhiều tập $R' \in R$ có xuất hiện xung đột trực tiếp giữa các phương pháp xử lý của $r_i, r_j \in R'$, việc tính toán hàm đánh giá $F_{response}$ sẽ được thực hiện chung tuy nhiên ràng buộc thứ 3 của mô hình sẽ là lựa chọn các phương pháp xử lý cho r_i, r_j mà không vi phạm các xung đột: $\forall r_i \neq r_j \in R', (s_{ik}, s_{jh}) \notin R^c$

Trong mô hình trò chơi có hữu hạn số người chơi và có hữu hạn chiến lược, John Nash, 1951 đã chỉ ra rằng luôn có 1 giải pháp cho vấn đề mà đảm bảo được quyền lợi của các bên, và thỏa mãn các ràng buộc, đó chính là điểm cân bằng Nash [68]. Nash Equilibrium trong bài toán này áp dụng cho $N+1$ người chơi bao gồm: người chơi đặc biệt (dự án) và N người chơi thường (là các rủi ro $r_i \in R$.) và mỗi người chơi có chiến lược khác nhau.

Để đánh giá chất lượng của Nash Equilibrium, việc định nghĩa ra hàm thích nghi là cần thiết, và dựa trên các công thức 3.21, công thức 3.22, ta có:

$$\begin{aligned} F_{adaptive} &= c_1 * F_{cost} + c_2 * F_{response} \\ &= c_1 \sum_{i=1}^N (a_1 w_{impact_i} + a_2 w_{level_i}) * w_{probability_i} * (1 - \\ &\quad u_{efficiency_{ij}}) + c_2 \sum_{i=1}^N \left(b_1 u_{cost_{ij}} + b_2 u_{diff_{ij}} + b_3 u_{priority_{ij}} + b_4 u_{diff_{ij}} \right) \end{aligned} \quad (3.23)$$

Không gian vector biểu diễn tập xung đột

Trong không gian vector R^c , mỗi $\vec{v} \in R^c$ biểu thị C xung đột giữa 2 phương thức đối phó của 2 rủi ro khác nhau. Mỗi vector được biểu diễn bằng một bộ cặp giá trị các phương pháp đối phó rủi ro (r_{ij}, r_{kh}) có xung đột trực tiếp và không thể lựa chọn đồng thời trong giải pháp xử lý rủi ro. Trong đó, r_{ij} là phương án đối phó thứ j của rủi ro i , và r_{kh} là phương án đối phó thứ h của rủi ro k .

3.3.1.4 Cài đặt giải thuật và thử nghiệm

Xác định điểm cân bằng Nash

Để tìm điểm cân bằng Nash sử dụng MOEA framework, tương tự như các bài toán ở trên và phân tích trong Phần 2.3.4, chúng ta cần phải chuyển đổi hết các thuộc tính của rủi ro và phương án xử lý sang nội dung chứa trong từng gen của nhiễm sắc thể. Từ mô tả của bài toán, các cài đặt thuật toán sẽ sử dụng các giá trị và cách thức lưu trữ, xử lý như trong ví dụ sau đây:

Giả sử rằng một dự án có 5 rủi ro và các phương pháp đối phó (Risk response - RR) với rủi ro theo như danh sách dưới đây:

Rủi ro 1: RR 11, RR 12

Rủi ro 2: RR 21, RR 22, RR 23

Rủi ro 3: RR 31, RR 32

Rủi ro 4: RR 41, RR 42, RR 43, RR 44

Rủi ro 5: RR 51, RR 52

Trong đó, tập các xung đột là giữa các bộ phương pháp đối phó với rủi ro sau: RR 11 - RR 22, RR 23 - RR 52, RR 32 - RR 41

Bảng 3.12: Điểm cân bằng Nash hợp lý

Risk	1	2	3	4	5
Phương pháp xử lý được lựa chọn	12	21	32	42	52

Đáp án này được chuyển đổi sang dạng của nhiễm sắc thể với định dạng sau:

2	1	2	2	2
---	---	---	---	---

Mỗi gen của nhiễm sắc thể chỉ chứa thứ tự của phương án lựa chọn, và đương nhiên các phương án này không có xung đột nào trực tiếp. Như đã chứng minh trong phần 2.3.4 khi giải thuật hội tụ hoặc thỏa mãn điều kiện dừng là chênh lệch giá trị thích nghi trong phạm vi ϵ xác định, ta sẽ tìm được điểm cân bằng Nash của bài toán.

Các ràng buộc của bài toán

Trên thực tế, các xung đột trong các quá trình quản lý dự án thường phức tạp, có liên quan tới nhiều đối tượng khác nhau và có nhiều ràng buộc. Vì vậy việc xác định chính xác các ràng buộc cần có là điều bắt buộc khi triển khai bất cứ giải thuật nào. Căn cứ vào mô tả bài toán, các ràng buộc của bài toán này áp dụng vào MOEA framework sẽ được xác định như sau:

- Mỗi rủi ro có tối thiểu 2 phương án đối phó trở lên;
- Các hằng số a_i , b_j là hằng số chuyên gia, được định nghĩa trước trong thuật toán và cần được phân tích, cải tiến để tăng tốc độ chạy thuật toán cũng như cải tiến chất lượng của đáp án;
- Các giá trị chi phí F và giá trị thích nghi luôn dương;
- Trong điểm cân bằng Nash, mỗi gen của cá thể chứa lựa chọn cho phương án xử lý, và rủi ro đó duy nhất;
- Không thể xuất hiện đồng thời 2 giá trị phương án xử lý của 2 rủi ro mà có xung đột trực tiếp với nhau.

Cài đặt MOEA framework

Việc cài đặt của MOEA framework được thực hiện tương tự như các bài toán ở trên, phần mềm chạy sử dụng JAVA dựa trên các thư viện tính toán có sẵn của MOEA framework và được cập nhật thường xuyên.

Mô tả dữ liệu

Dữ liệu dùng trong thử nghiệm được thu thập từ công ty gia công phần mềm liên doanh với Nhật Bản tại Việt Nam (nơi tác giả luận án làm việc từ 2004 - 2007). Dữ liệu được chuyển thể từ các file dữ liệu khác nhau vào Cơ sở dữ liệu (CSDL) MYSQL để chạy MOEA framework, nguyên bản với các dữ liệu thử nghiệm nhỏ MOEA framework thường dùng JSON để mô tả dữ liệu. Tuy nhiên dữ liệu thử nghiệm từ dự án lớn nên cần phải được đưa vào một hệ quản lý CSDL để chạy. Một vài thông tin về dự án được diễn giải như sau:

Tên dự án: Rentar – hệ thống eCommerce bán và cho thuê Nhà đất cho công ty Bất động sản số 1 của Nhật Bản (www.mec.co.jp)

Thời gian bắt đầu: 1.6.2006, thời gian kết thúc: 30.5.2008

Quy mô dự án: 850 man/months

Thường các dự án có quy mô 20-30 rủi ro cần quản lý, tuy nhiên trong dự án lớn này, quy mô dữ liệu bao gồm 152 rủi ro, 1066 các phương thức xử lý được mô tả trong các bảng dưới đây. Vì là dữ liệu lớn và giới hạn bởi khuôn khổ trình bày luận án nên trong các bảng sau, luận án chỉ giới thiệu một tập con trong bộ dữ liệu để giới thiệu cấu trúc của dữ liệu bài toán. Trong *Bảng 3.13* mô tả 1 tập con dữ liệu về thông tin rủi ro của dự án. Trong *Bảng 3.14* mô tả các thông tin về phương pháp đối phó rủi ro.

Bảng 3.13: Thông tin về rủi ro

Loại	Tên rủi ro	Mô tả rủi ro	Impact	Level	Prob
Executive Support	Executives fail to support project	The project team may lack the authority to achieve project objectives. In such cases, executive management support is fundamental to project success. When this doesn't materialize, the project fails.	20000 USD	Extreme	53%
Executive Support	Executives become disengaged with project	Executive management disregards project communications and meetings	15000 USD	Extreme	95%
Executive Support	Conflict between executive stakeholders disrupts p	Members of executive management are combative to the project or there is a disagreement over project issues at the executive level	30000 USD	Extreme	17%
Executive Support	Executive turnover disrupts the project	A key executive leaves the company, so the resulting disruption becomes a project issue	35000 USD	Extreme	84%
Scope	Scope is ill-defined	The general risk of an error or omission in scope definition	50000 USD	Extreme	11%
Scope	Scope creep inflates scope	Uncontrolled changes and continuous growth of scope	50000 USD	High	47%
Scope	Gold plating inflates scope	The project team adds its own product features that aren't in requirements or change requests.	30000 USD	High	72%
Scope	Estimates are inaccurate	Inaccurate estimates are a common project risk	400000 USD	Extreme	71%

Bảng 3.14: Thông tin về phương pháp đối phó rủi ro

Rủi ro	Loại	Cost	Diff	Time	Priority	Mô tả	Efficiency
--------	------	------	------	------	----------	-------	------------

Risks 1	Accept	0 USD	0	0 hour	0	Adopt a wait-and-see attitude and take action when triggers are met. Budget and schedule must be held in reserve in case the risk is selected.	0%
Risks 1	Ignore	0 USD	0	0 hour	0	Ignore adopt a wait-and-see attitude and take action when triggers are met. Budget and schedule must be held in reserve in case the opportunity is selected.	0%
Risks 1	Avoid	11000 USD	8	42 hours	7	Eliminate risk by accepting another alternative, changing the design, or changing a requirement. Can affect the probability and/or impact.	78%
Risks 1	Exploit	16000 USD	3	35 hours	1	This is when you do everything you can to make sure that you take advantage of an opportunity.	95%
Risks 1	Mitigate	10000 USD	0	8 hours	8	Reduce probability and/or impact through active measures.	40%
Risks 1	Enhance	4000 USD	9	38 hours	0	This is when you try to make the opportunity more probable by influencing its triggers. Increase the probability and/or impact of opportunity.	61%
Risks 2	Accept	0 USD	0	0 hour	0	Adopt a wait-and-see attitude and take action when triggers are met. Budget and schedule must be held in reserve in case the risk is selected.	0%

Trong *Bảng 3.15* mô tả kết quả chạy của 10 lần chạy liên tục. Lưu ý rằng lần đầu tiên chạy, cho đặc điểm về kỹ thuật và môi trường nên bao giờ kết quả chạy cũng chậm hơn một chút so với các lần sau. Mỗi ô trong *Bảng 3.15* thể hiện 2 giá trị:

- Giá trị thích nghi của điểm cân bằng Nash tìm được của toàn dự án;
- Thời gian chạy tính theo giây.

Lưu ý rằng các giá trị của từng đặc điểm về rủi ro và phương pháp xử lý rất khác nhau. Khoảng cách giữa các giá trị là rất lớn, ví dụ như giá trị impact, cost thường là 1.000.000 tới 1.000.000.000. Trong khi các giá trị level lại rất bé: 1-10. Vì vậy để đánh giá đúng

giá trị thích nghi, việc chọn lựa các hằng số sẽ luôn đảm bảo được tính cân đối giữa các giá trị này.

Bảng 3.15: Kết quả chạy các thuật toán 10 lần

STT	NSGA-II	ϵ -MOEA	GDE3
1	7,906,528 - 2,934s	11,416,500 - 4,716s	8,511,612 - 3,493s
2	8,103,832 - 1,503s	10,051,527 - 3,394s	7,600,288 - 1,415s
3	7,908,199 - 1,440s	12,549,423 - 3,521s	7,491,761 - 1,330s
4	9,350,590 - 1,662s	10,679,523 - 3,356s	7,665,245 - 1,458s
5	8,668,416 - 1,585s	9,364,679 - 3,241s	7,876,559 - 1,388s
6	7,901,941 - 1,436s	8,445,130 - 3,356s	7,927,693 - 1,458s
7	7,857,364 - 1,441s	8,971,856 - 3,380s	7,513,919 - 1,374s
8	7,802,405 - 1,508s	10,377,024 - 3,282s	7,995,918 - 1,174s
9	8,004,845 - 1,577s	9,034,573 - 3,254s	7,853,276 - 1,230s
10	7,625,568 - 1,502s	8,792,743 - 3,285s	7,560,075 - 1,344s
	PESA2	ϵ -NSGA-II	SMPSO
1	9,320,717 - 2,726s	7,965,000 - 4,292s	13,318,634 - 1,313s
2	10,636,058 - 1,591s	7,724,390 - 2,360s	12,953,245 - 729s
3	8,409,361 - 1,502s	7,778,545 - 2,328s	14,283,138 - 622s
4	8,997,942 - 1,501s	8,234,220 - 2,322s	12,331,910 - 696s
5	8,645,457 - 1,446s	8,130,270 - 2,446s	13,027,559 - 626s
6	9,702,319 - 1,520s	8,073,367 - 2,242s	11,849,872 - 617s
7	9,684,004 - 1,412s	7,907,211 - 2,143s	14,327,763 - 555s
8	9,435,869 - 1,414s	7,742,396 - 2,099s	15,375,186 - 563s
9	8,796,411 - 1,404s	7,936,860 - 2,353s	15,591,372 - 580s
10	10,056,318 - 1,426s	7,821,593 - 2,090s	14,998,820 - 565s

Phân tích kết quả thuật toán

Điểm cân bằng Nash của lần chạy đầu tiên từ thuật toán NSGA II có giá trị thích nghi tìm được tốt nhất (7,906,528), điểm cân bằng Nash khuyến nghị thứ tự về việc lựa chọn các phương pháp xử lý như sau (trích dẫn 20 gen đầu):

2	7	3	2	1	4	5	6	7	4	3	1	6	5	4	3	7	3	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Có thể đánh giá điểm cân bằng Nash tìm được như sau:

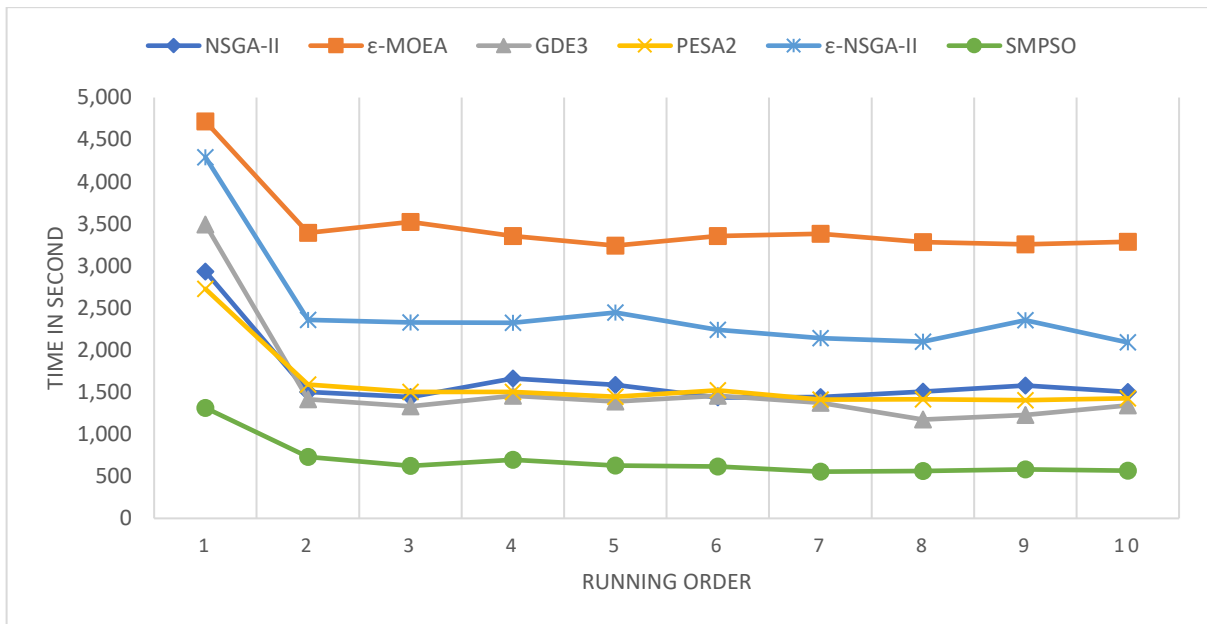
- Thỏa mãn các ràng buộc của bài toán đã được xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro;
- Các lựa chọn không vi phạm không gian vector biểu diễn tập xung đột của bài toán;
- Giá trị hội tụ trong khoảng thời gian ngắn cho thấy điểm cân bằng Nash đã được tìm kiếm thành công;
- Điểm cân bằng Nash tìm được với giá trị thích nghi hội tụ và nhỏ nhất trong lượt chạy tương đương với phương án tốt nhất tìm thấy.

Máy tính dùng để thử nghiệm các giải thuật có cấu hình như sau: MacOS High Sierra 10.13.6 in CPU 2.5 GHz Quad-Core Intel Core i7 (Turbo Boost 3.4 GHz) Crystalwell, 16 GB 1600MHz DDR3L.

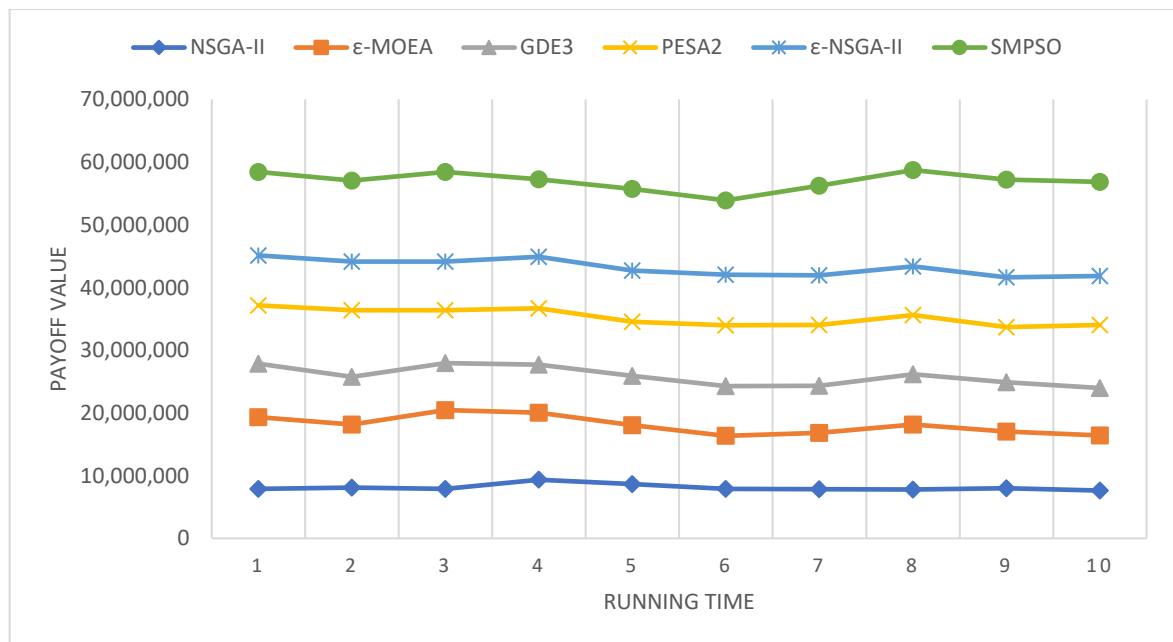
Với mỗi thuật toán, nghiên cứu sẽ thực hiện chạy thử nghiệm 10 lần liên tục, mỗi lần ghi lại kết quả cân bằng Nash tìm được. Kết quả chạy mỗi thuật toán trong mỗi lần bao gồm 3 thông tin chính sau:

- Giá trị lựa chọn phương pháp xử lý duy nhất cho từng rủi ro dưới dạng mảng;
- Payoff function của đáp án;
- Thời gian chạy.

Trong đó thời gian chạy càng ngắn mang ý nghĩa độ phù hợp của thuật toán và mô hình càng cao. Giá trị hàm payoff chỉ ra chất lượng của đáp án tìm được. Giá trị này càng bé thì kết quả tìm được càng tốt.



Hình 3.11: So sánh thời gian chạy giữa các thuật toán



Hình 3.12: So sánh giá trị thích nghi của điểm cân bằng Nash tìm được

Từ kết quả thu được trình bày trong Bảng 3.15, có thể đi tới một số đánh giá về việc giải quyết mô hình Unified Game-based bằng thử nghiệm trên MOEA framework như sau:

- Unified Game-based model áp dụng vào bài toán mang đầy đủ các thông tin cần thiết cho việc lập trình bằng các giải thuật tiến hóa tối ưu đa mục tiêu (MOEA) phổ biến hiện nay;
- Mô hình là khả thi và giải quyết được để tìm ra điểm Cân bằng Nash.

Ngoài ra, đánh giá riêng về mức độ hiệu quả của các thuật toán của MOEA framework được chọn lựa trong thử nghiệm trong việc giải quyết mô hình như sau:

- SMPSO là thuật toán nhanh nhất trong thử nghiệm trong việc tìm ra điểm Cân bằng Nash, thời gian chạy của SMPSO nhanh hơn 141.6% so với NSGA-II, và nhanh hơn 406.6% so với ϵ -MOEA, 128.1% nhanh hơn GDE3, 132.2% nhanh hơn PESA2 và 259.4% nhanh hơn ϵ -NSGA-II. SMPSO về trung bình thậm chí rằng có thời gian chạy thuật toán nhanh hơn 213.6% thời gian chạy trung bình của 5 thuật toán còn lại. Tuy nhiên, chất lượng của điểm cân bằng Nash tìm được, được đo bằng giá trị của hàm thích nghi cũng không được cao so với các thuật toán khác;
- GDE3 đưa lại các kết quả có chất lượng tốt nhất, đồng nghĩa với giá trị thích nghi của điểm cân bằng Nash là thấp nhất. Sau 10 lần chạy và kết quả ổn định, có thể kết luận rằng với bài toán xung đột giữa các phương pháp đối phó với rủi ro, GDE3 mang lại đáp án tốt nhất. GDE3 đưa ra đáp án với giá trị thích nghi thấp hơn 4.0% so với NSGA-II, 1.7% thấp hơn so với ϵ -NSGA-II. Kết quả đó cũng nói lên là NSGA-II và ϵ -NSGA-II cũng đều là MOEA tốt và phù hợp với bài toán này. Bên cạnh đó GDE3 (và NSGA-II, ϵ -NSGA-II) tốt hơn nhiều so với ϵ -MOEA với giá trị thích nghi tốt hơn 27.8%, và tốt hơn 20.1% so với PESA2, 77.0% tốt hơn so với thuật toán nhanh nhất là SMPSO.

Cuối cùng, có thể thấy rằng các thuật toán tiến hóa tối ưu đa mục tiêu biệt hiện nay, được cung cấp bởi MOEA framework đều có khả năng giải được bài toán này, các thuật toán bao gồm: NSGA-II, PESA-II, ϵ -MOEA, GDE3, ϵ -NSGA-II, and SMPSO. Trong đó khi dữ liệu lớn hơn nữa và cần tới tốc độ chạy nhanh để tìm ra kết quả, có thể cân nhắc tới SMPSO. Để tìm ra đáp án có chất lượng tốt nhất, có thể cân nhắc tới 3 thuật toán là GDE3, NSGA-II và ϵ -NSGA-II vì sự chênh lệch về thời gian chạy cũng như chất lượng của 3 thuật toán này là rất nhỏ.

Liên quan trực tiếp đến nội dung của mục này, có 01 công trình đã được công bố trong Tạp chí trong nước (CT4- 2018). Một số nội dung thử nghiệm trình bày trong luận án đã được bổ sung thêm, kết quả mở rộng hơn so với nội dung trong bài báo CT4.

3.3.2 Bài toán cân bằng nguồn lực

3.3.2.1 Giới thiệu bài toán

Cân bằng nguồn nhân lực (*Resource Balancing*) là bài toán về phân phối, chia sẻ các nguồn lực cho các cá nhân hoặc tập thể trong dự án để thực hiện các công việc trong dự án. Bài toán là một trong các nội dung quan trọng của tiến trình quản lý dự án và là điều kiện cần thiết để đảm bảo tính cân đối giữa các tác nhân dự án trong quá trình hoạt động. Đồng thời cân bằng nguồn lực cũng là nội dung quan trọng trong quản lý chiến lược. Việc phân bổ nguồn lực hợp lý nhằm cân bằng nhu cầu lợi ích các thành viên dự án là cơ sở để thực hiện các mục tiêu chiến lược một cách có hiệu quả. Đồng thời với đó, việc cân bằng nguồn lực cần được thực hiện một cách công bằng trước nhu cầu của các bên.

Phân phối nguồn lực một cách ngẫu hứng, thiếu căn cứ khoa học sẽ dẫn đến tình trạng lãng phí, kém hiệu quả trong việc sử dụng các nguồn lực, và điều này sẽ dẫn đến việc thực hiện thất bại các mục tiêu đã đề ra. Chính vì tầm quan trọng như vậy, bài toán tối ưu hóa cân bằng nguồn lực thường xuyên được đặt ra, và việc giải quyết nó một cách tốt nhất đóng một vai trò quyết định trong hoạt động của tổ chức. Lấy ví dụ, các nguồn lực trong một công ty có thể được kể đến như: thông tin, tài chính, nhân sự, cơ sở vật chất, khách hàng, nhà cung cấp, công nghệ sử dụng, năng lực quản lý, năng lực kinh doanh, thương hiệu, uy tín.

Xung đột của bài toán

Với các mô tả trên, có thể thấy rằng xung đột ở đây là xung đột giữa hai hoặc nhiều tác nhân dự án có sử dụng nguồn lực, xung đột này có thể giao thoa với nhau với khía cạnh rằng một tác nhân có thể tham gia vào xung đột với nhiều nhóm tác nhân khác nhau của dự án. Ngoài ra vấn đề xung đột còn liên quan tới nhiều yếu tố cạnh tranh như cơ sở vật chất, kinh phí, nhân sự, chất lượng nhân sự, năng lực chuyên môn.

Với đặc điểm xung đột như vậy, bài toán cân bằng nguồn lực hoàn toàn có thể được giải quyết bằng cách sử dụng các mô hình trong lý thuyết trò chơi. Trong đó, các thành phần của tổ chức đóng vai trò như người chơi, còn nguồn lực mà họ được phân bổ thể hiện giá trị lợi ích mà họ thu được. Mỗi thành phần đều cố gắng giành được nhiều lợi ích nhất có thể, và vì thế có thể xảy ra cạnh tranh lẫn nhau. Trong phần nội dung này, luận án sẽ áp dụng mô hình Unified Game-based vào trong việc phân tích và giải quyết vấn đề của bài toán.

Dữ liệu bài toán

Trong quản lý dự án, các nguồn lực có thể là: tiền, nhân sự, máy móc thiết bị, cơ sở vật chất cần được phân phối cho các nhóm, bộ phận khác nhau để thực hiện công việc dự án. Trong việc cân bằng, tiêu chí phụ thuộc vào đề xuất từ các bộ phận, sự cân nhắc của quản lý dự án, tình hình dự án hoặc nhiều nhân tố khác. Vậy nên có những tranh cãi, xung đột trong việc đòi hỏi nhiều tài nguyên hơn từ nhiều bộ phận.

Việc xác định các tiêu chí và đưa ra 1 phương án tốt để phân chia nguồn lực là một công việc cần thiết cho quản lý dự án hỗ trợ trong việc ra quyết định. Với đặc thù các xung đột trong dự án, nơi mà từng bộ phận vẫn có thể sống sót và tiếp tục thực hiện nghĩa vụ của mình với nhiều mức độ tài nguyên cung cấp, nhưng rõ ràng là với các kết quả chất lượng khác nhau, có nghĩa là từng bộ phận – người chơi trong trò chơi – có những chiến lược riêng trong thực hiện trò chơi.

Để giải quyết bài toán, chúng ta phải định nghĩa đặc thù của từng bộ phận, các tiêu chí để đánh giá trong việc giúp người chơi lựa chọn chiến lược của mình – cách tài nguyên được phân phối. Khi đó, sẽ dễ hơn xác định 1 điểm cân bằng Nash bằng 1 thuật toán tối ưu đa mục tiêu là Fictitious Play. Đây là một thuật toán dựa trên nền tảng toán học, trong đó tại mỗi vòng của thuật toán, các người chơi sẽ quyết định chiến lược của mình dựa theo các dữ liệu về các bước đi trước của các người chơi khác, với điều kiện tiên quyết là các chiến lược của người chơi được xác định trước và không thay đổi trong quá trình chơi. Điều này là phù hợp với bài toán được giao và có khả năng thực thi được.

Đầu vào của bài toán là các nguồn lực cần được cân bằng trong dự án như : tiền, nhân sự, máy móc thiết bị, cơ sở vật chất. Thông qua các chiến lược của các nhóm, sự cạnh tranh và các yếu tố liên qua, chúng ta có thể thiết lập được các hàm mang tính tương đối để thể hiện sự tương quan giữa chiến thuật của các nhóm. Từ đó, chúng ta sẽ đưa ra

được ma trận payoff. Với trường hợp tổng quát, với mỗi người chơi, ma trận payoffs sẽ có n chiều ở đó mỗi chiều là một trong số các chiến thuật khả thi của từng nhóm.

3.3.2.2 Ứng dụng mô hình Unified Game-Based model cho bài toán

Với các đặc điểm của bài toán cân bằng nguồn lực không có sự hiện diện của chủ đầu tư, theo như mô hình Unified Game-Based, ta cần thêm vào người chơi ảo – chủ đầu tư để vẫn có thể đảm bảo nguyên tắc là luôn xét tới quyền lợi của toàn bộ dự án. Từ đó ta có mô hình cho bài toán này như sau:

$$G = \langle \{P_0, P\}, \{S_0, S_i\}, \{u_0, u_i\}, R^c \rangle \quad (3.24)$$

Trong đó:

P_0 : là chủ đầu tư của dự án

$S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$: tập chiến lược của người chơi đặc biệt, trong đó M_0 là số lượng các tài nguyên chưa được phân phối

$u_0: S_0 \rightarrow \mathbb{R}$ là hàm thưởng phạt (payoff function) của chủ đầu tư tham chiếu chiến lược của người chơi đặc biệt sang dạng số thực

N : Số lượng các nhóm/phòng/ban có yêu cầu về nguồn lực

$P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_N\}$: là tập người chơi - các đơn vị tham gia

$S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng tài nguyên người chơi i tham gia

$u_i: S_i \rightarrow \mathbb{R}$: là hàm thưởng phạt của người chơi i , tham chiếu chiến lược người chơi i sang 1 giá trị số thực

R^c : là không gian vector biểu diễn C các xung đột của bài toán, mà một vector không rỗng $\vec{v} \in R^c$ biểu diễn xung đột giữa K bộ phận của dự án, có yêu cầu về nguồn lực có cùng đặc điểm về kỹ năng, mức lương, hoặc có trùng thời gian yêu cầu tham gia ($1 \leq K \leq N$).

Điểm cân bằng Nash của mô hình được xác định như sau:

Khi người chơi i ($1 \leq i \leq N$) chọn chiến lược $s_i \in S_i$, ta gọi $s_{-i} \in S_{-i}$ là chiến lược của những người chơi khác. Hàm payoff của người chơi i có thể được diễn giải như sau: $u_i(s_i, s_{-i})$. Tập các chiến lược $S^* = (s_1^*, \dots, s_i^*, \dots, s_N^*)$ được gọi là điểm cân bằng Nash khi $\forall (s_i^*, s_j^*) \in S^*, (s_i^*, s_j^*) \notin R^c, (1 \leq i, j \leq N)$, và:

$$u_i(s_i^*, s_{-i}^*) \geq u_i(s_i, s_{-i}^*), \forall s_i \in S_i \quad (3.25)$$

Điểm cân bằng Nash chính là giải pháp cho xung đột chúng ta cần tìm. Tại điểm cân bằng Nash, tất cả những người tham gia đăng ký sử dụng tài nguyên dự án, cùng với cả chủ đầu tư sẽ được lựa chọn theo cách cân bằng nhất theo nhiều tiêu chí và ràng buộc, bao gồm: công nghệ thực hiện, thời gian người chơi tham gia được, yêu cầu cụ thể của người chơi.

3.3.2.3 Các tham số của mô hình

Chiến lược của người chơi đặc biệt

Tập chiến lược của người chơi đặc biệt, đại diện cho lợi ích của chủ đầu tư được ký hiệu dưới dạng $S_0 = \{s_{01}, \dots, s_{0j}, \dots, s_{0M_0}\}$, trong bài toán Cân bằng nguồn lực, mỗi s_{0j} đại diện cho thông tin về nguồn lực mà chủ dự án cung cấp cho các bộ phận dự án (các người chơi khác) bao gồm các thông tin về: loại nguồn lực, các loại kỹ năng, đặc tả riêng của nguồn lực, chi phí sử dụng nguồn lực.

Chiến lược của các người chơi khác

Với các chiến lược của người chơi i , là các bộ phận trong dự án có yêu cầu về nguồn lực, mô tả về chiến lược của người chơi i có dạng: $S_i = \{s_{i1}, \dots, s_{ij}, \dots, s_{iM_i}\}$: là tập các chiến lược của người chơi i ($1 \leq i \leq N$) và M_i là số lượng tài nguyên người chơi i tham gia, chiến lược ở bài toán này có thể hiểu là chiến lược đăng ký sử dụng 1 loại tài nguyên nào đó. Trong một tài nguyên có thêm các yêu cầu khác nhau khác nhau, ví dụ như về khoảng thời gian sử dụng, loại kỹ năng, công nghệ..., những thông tin này sẽ được chứa trong các s_{ij} .

Hàm payoff của người chơi

Hàm payoff của người chơi i là bộ phận thứ i trong tổng số N bộ phận trong dự án được tính như sau:

$$u_i = \sum_{j=1}^{M_i} \left(A \cdot (t_{ij} - t'_{ij}) + B \cdot (q_{ij} - q'_{ij}) + C \cdot (c_{ij} - c'_{ij}) \right) \quad (3.26)$$

Trong đó:

t_{ij}, t'_{ij} : lần lượt là thời gian cần nhân sự của dự án và thời gian đáp ứng của nhân sự

q_{ij}, q'_{ij} : lần lượt là yêu cầu chất lượng hoặc độ phù hợp về công nghệ của dự án và khả năng phù hợp công nghệ của tài nguyên

c_{ij}, c'_{ij} : lần lượt là chi phí mà bộ phận i có thể đáp ứng và đòi hỏi chi phí của

A, B, C : là các hằng số chuyên gia điều chỉnh các yếu tố ảnh hưởng

M_i : số lượng công việc cần tài nguyên trong nhóm i

Hàm payoff của chủ đầu tư

Hàm payoff của người chơi ảo thêm vào đại diện cho quyền lợi dự án hoặc là chủ đầu tư được xác định như sau:

$$u_0 = \sum_{i=1}^N \left(T_i \cdot C_i - \sum_j^M t_{ij} \cdot c_{ij} \right) \quad (3.27)$$

Trong đó:

t_{ij} : là thời gian cần nhân sự tham gia vào bộ phận i

c_{ij} : lần lượt là chi phí lương mà bộ phận i có thể đáp ứng cho nhân sự cho công việc j

T_i : là thời gian hiện có của toàn bộ nhân sự dự án

C_i : lần lượt là chi phí lương mà toàn bộ dự án trả cho nhân sự i

N : là số lượng các người chơi khác – bộ phận

M : số lượng các công việc trong một nhiệm vụ của nhóm

Hàm fitness của lời giải bài toán

Giá trị hàm fitness của bài toán được tính dựa trên hai giá trị payoff của người chơi, giá trị fitness càng cao thì lời giải các tốt.

$$u_{all} = u_0 - \sum u_i \quad (3.28)$$

Không gian vector biểu diễn tập xung đột

Trong không gian vector biểu diễn tập xung đột R^c gồm có các vector $\vec{v} \in R^c$ có thể được mô tả như sau: $\{s_{0k}, s_{pq}, \dots, s_{xy}\}$, trong đó $s_{0k} \in S_0$ đại diện cho người chơi đặc biệt (quyền lợi của dự án) và $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$, trong đó $(1 \leq p, x \leq N)$, $(1 \leq q \leq M_p)$ và $(1 \leq y \leq M_x)$, trong đó các chiến lược trong $\vec{v} \in R^c$ đều thuộc về một người chơi mà có s_{0k} là thông tin phân phối do P_0 cho phép và các $s_{pq}, s_{xy} \in S_i$ là kết quả chọn lựa việc phân phối tài nguyên này. Trong $\vec{v} \in R^c$ có tồn tại $s_{0k} \in S_0$ bởi vì ngoài việc các người chơi cạnh tranh với nhau về một loại tài nguyên, giữa chủ đầu tư P_0 cũng có sự xung đột với chiến lược của các người chơi còn lại, bởi vì lợi ích của người chơi được sử dụng tài nguyên sẽ đối không giống lợi ích của chủ đầu tư nếu xét về khía cạnh tài chính.

3.3.2.4 Cài đặt giải thuật và thử nghiệm

Dữ liệu thử nghiệm

Trong phần thực nghiệm này, luận án sử dụng dữ liệu thông tin của một dự án phần mềm tại Việt Nam, là một module thuộc giải pháp ERP mà doanh nghiệp phần mềm đó sử dụng, thông tin về dự án phần mềm như sau:

Tên dự án: module HRM, trong giải pháp cBIZ – hệ thống ERP cho doanh nghiệp nhỏ của công ty NEW CREATION, trụ sở tại Hà Nội.

Thời gian bắt đầu: 1.8.2012, thời gian kết thúc: 30.1.2013.

Quy mô dự án: 54 man/months

Dữ liệu thực nghiệm được mô tả bao gồm bộ dữ liệu ở Bảng 3.16, 3.17 và các tham số đầu vào trong thuật toán ở Bảng 3.18.

Bảng 3.16. Dữ liệu nhân sự của dự án

STT	Tên	Năng lực	Lương(triệu)	Kỹ năng
1	Hà Quang Minh	1	17.0	PHP, JavaScript ,Python
2	Bùi Tuấn Anh	1	15.0	MySQL, C++, C#
3	Vũ Minh Tuấn	2	15.0	Python, Java, C++
4	Trần Quang Đức	2	9.5	Java, C#
5	Nguyễn Thị Tuyết Nhung	3	9.5	PHP, JavaScript
6	Nguyễn Thị Hải Yến	4	9.5	MySQL, C#
7	Kiều Thanh Hải	5	9	MySQL, C++
8	Hà Vĩnh Lãng	6	9	Java, C++

9	Kiều Xuân Việt	7	9	JavaScript, Python
---	----------------	---	---	--------------------

Bảng 3.17: Yêu cầu kỹ năng của từng dự án.

Dự án	Yêu cầu kỹ năng (cần một trong số các kỹ năng)
1	PHP, MySQL, JavaScript
2	JavaScript, Python, Java
3	Java, C++, C#

Phân tích kết quả

Điểm cân bằng Nash tìm được tại vòng lặp thứ 100.000 của thuật toán Fictitious Play có giá trị thích nghi tìm hội tụ tại giá trị $\epsilon = 0.00010$, điểm cân bằng Nash đưa ra khuyến nghị thứ tự về việc sắp xếp nhân sự vào các bộ phận dự án (theo các màu khác nhau) như sau:

3	5	7	8	9	1	3	4	6	8	2	4	7	10	11
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----

Ba bộ phận của dự án theo như dữ liệu đã chọn được các nhân sự và hoạt động tuần tự theo thứ tự thời gian (milestone) của dự án như trên, việc lựa chọn căn cứ vào thời gian rảnh rỗi, kỹ năng nhân viên, kỹ năng công việc yêu cầu, tổng kinh phí dự án chi trả cho nhóm công việc của đơn vị này.

Có thể đánh giá điểm cân bằng Nash tìm được như sau:

- Điểm cân bằng Nash với cấu trúc như trên có sự tương đồng lớn với mô hình điểm cân bằng Nash trong các bài toán khác, có thể thấy rằng
- Về sự chính xác thì điểm cân bằng Nash tìm được thỏa mãn các ràng buộc của bài toán đã được xung đột giữa các phương pháp xử lý rủi ro và không vi phạm Không gian vector biểu diễn tập xung đột của bài toán
- Giá trị hội tụ trong khoảng thời gian ngắn cho thấy điểm cân bằng Nash đã được tìm kiếm thành công

Bên cạnh đó, đánh giá về tốc độ của kết quả thực nghiệm được thực hiện ở trong *Bảng 3.18*, các giá trị trong bảng biểu diễn kết quả thu được từ 3 thuật toán kết được ghi nhận khi giá trị ϵ đạt ngưỡng 0.0001 và số lượng chiến thuật được giới hạn bằng 5. Kết quả cho thấy thuật toán CFR+ có tốc độ hội tụ nhanh vượt trội, trong khi thuật toán Fictitious Play là tồi nhất. Điều này là hệ quả của sự khác biệt trong quá trình cập nhật dãy chiến thuật từ các dữ liệu sau mỗi vòng lặp. CFR+ tận dụng tối đa thông tin thu được dựa vào ảnh hưởng của từng chiến thuật lên từng người chơi cho và cho tốc độ hội tụ nhanh nhất.

Trong kết quả thực nghiệm ghi nhận kết quả tại thời điểm 0.40 s, đánh giá giá trị epsilon giữa các thuật toán và giữa hai mức giới hạn số lượng chiến thuật là 5 và 20. Việc tăng số lượng chiến thuật khả dĩ cho người chơi dẫn đến dữ liệu cần tính toán lớn hơn. Do đó, thời gian để hoàn thành vòng lặp cũng tăng theo và kết quả là tốc độ hội tụ của thuật toán vì như vậy mà giảm đi đáng kể.

Bảng 3.18: Kết quả chạy thực nghiệm trên Fictitious play, CFR, CFR+

Số vòng lặp	Fictitious Play		CFR		CFR +	
	t(s)	epsilon	t(s)	epsilon	t(s)	epsilon
1	0.00	0.70685	0.00	0.27692	0.00	0.27692
100	0.01	0.03049	0.01	0.01579	0.01	0.01802
200	0.02	0.01516	0.02	0.00775	0.02	0.00913
300	0.02	0.01010	0.02	0.00513	0.02	0.00579
400	0.02	0.00977	0.02	0.00384	0.02	0.00443
500	0.03	0.00764	0.03	0.00306	0.03	0.00385
1000	0.04	0.00364	0.04	0.00233	0.04	0.00192
5000	0.06	0.00085	0.06	0.00074	0.09	0.00049
10000	0.08	0.00053	0.08	0.00047	0.11	0.00026
20000	0.11	0.00035	0.13	0.00027	0.14	0.0005
30000	0.14	0.00025	0.17	0.00021	0.19	0.00011
32814	x	x	x	x	0.20	0.00010
40000	0.17	0.00020	0.21	0.00019	x	x
50000	0.19	0.00018	0.26	0.00019	x	x
79453	x	x	0.36	0.00010	x	x
100000	0.32	0.00010	x	x	x	x
100995	0.32	0.00010	x	x	x	x

Từ bảng kết quả thực nghiệm, chúng ta thấy với cả ba thuật toán tốc độ hội tụ khá nhanh với trường hợp các chiến thuật được đánh giá và thu gọn lại về 5. Trong đó, thuật toán CFR + có tốc độ hội tụ nhanh nhất sau đó đến Fictitious Play và CFR. Đối với trường hợp số lượng chiến thuật được giữ nguyên (lấy toàn bộ các bộ chiến thuật có thể có) thuật toán cho thấy sự hội tụ tương đối chậm khi trả ra kết quả không được tốt.

Liên quan trực tiếp đến nội dung của mục này, có 01 công trình đã được công bố trong Hội nghị trong nước CT3 - 2018.

3.4 Tiểu kết chương

Trong nội dung chương 3, nghiên cứu áp dụng mô hình Unified Game-based được đề xuất trong chương 2 vào một số bài toán tiêu biểu thuộc về 2 lớp xung đột đó là: các bài toán có liên quan trực tiếp với chủ đầu tư và các bài toán không có sự liên quan trực tiếp tới chủ đầu tư. Cụ thể, gồm các xung đột trong đấu thầu nhiều vòng, xung đột trong xếp lịch thanh toán dự án, các xung đột giữa các phương pháp đối phó với rủi ro trong quản lý dự án, các xung đột trong cân bằng nguồn lực.

Tiếp theo, với các tham số trong mô hình, nghiên cứu chuyển thể và áp dụng vào trong MOEA framework để kiểm tra tính khả thi của mô hình. Các phân tích kết quả trong chương này cho thấy rằng mô hình là khả thi với bài toán này. Các kết luận về tính hiệu quả của từng thuật toán áp dụng cho thấy sự tương đồng đối với các đánh giá trong Chương 3. Điều đó là những bằng chứng cho thấy các nghiên cứu khác về mô hình tương tự có thể lưu ý khi lựa chọn, sử dụng các thuật toán như SMPSO về tốc độ chạy, GDE3, NSGA-II và ϵ -NSGA-II cho chất lượng đáp án.

Kết thúc Chương 3 sẽ dừng lại việc thử nghiệm các thuật toán và trong phần tiếp theo luận án sẽ kết luận lại các công việc, nội dung mà luận án đã hoàn thành, cũng như đề xuất kiến nghị các hướng phát triển tiếp theo.

Liên quan đến nội dung của chương có 04 công trình khoa học được công bố CT3, CT4, CT6, CT7 và 01 công trình đang trong quá trình phản biện CT8.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN MỞ RỘNG CỦA LUẬN ÁN

Kết luận

Theo PMBOK, vấn đề xung đột trong quản lý dự án được nhắc tới như là một công việc nhỏ trong một số lĩnh vực kiến thức chính của quản lý dự án, việc quản lý xung đột như vậy chưa tương xứng với hậu quả mà xung đột gây ra, như đã phân tích tại phần mở đầu [2]. Những thiệt hại về xung đột xảy ra cho quản lý dự án là đáng kể, cùng với đó ảnh hưởng của hoạt động dự án và quản lý dự án với đời sống xã hội cũng vô cùng lớn. Vì vậy hiện trạng về việc không có nhiều nghiên cứu liên quan tới vấn đề xử lý các xung đột trong quản lý dự án một cách tổng quan là cần được khắc phục. Đồng thời, một vấn đề nữa là việc có rất ít các nghiên cứu cụ thể đề xuất tới các khía cạnh kỹ thuật như mô hình hóa xung đột, hoặc đưa ra một phương án giải quyết cụ thể cho các vấn đề này, với PMBOK thì chỉ cung cấp các kế hoạch và các hướng dẫn chung chung.

Vì vậy, việc đưa ra phương thức giải quyết cụ thể như trong luận án đã trình bày là cần thiết cho việc giải quyết một vấn đề quan trọng của quản lý dự án. Cụ thể, phương thức giải quyết trên đã áp dụng trong một số bài toán hợp xung đột điển hình của các dự án đầu tư về Công nghệ thông tin như: đấu thầu, quản lý rủi ro, thanh toán dự án, cân bằng nguồn lực. Việc ứng dụng và thử nghiệm cho thấy các vấn đề trên đã được giải quyết và tìm ra giải pháp mà các bên tham gia đều hài lòng.

Qua nghiên cứu, luận án đã khẳng định được một số đóng góp cơ bản đối với lĩnh vực nghiên cứu đó là: nghiên cứu thành công một mô hình dựa trên lý thuyết trò chơi, mang tên gọi là Unified Game-based model, có khả năng mô hình các lớp bài toán xung đột trong quản lý dự án. Không những thế, mô hình mang đầy đủ các thông tin cụ thể, và truyền tải hiệu quả vào các thuật toán tối ưu để giải quyết bằng cách sử dụng khái niệm cân bằng Nash. Với giải pháp cân bằng Nash tìm được, sẽ đem lại một công cụ hữu ích cho người quản lý dự án và các thành viên trong việc ra quyết định liên quan tới các xung đột. Giải pháp được đưa ra có khả năng cân bằng yêu cầu của các bên liên quan trong xung đột, và có thể nói là luận án đã đưa ra được giải pháp win - win, là một trong những mong muốn tốt nhất nhưng cũng khó thực hiện nhất đối với lý thuyết giải quyết xung đột.

Cụ thể hơn, luận án được thực hiện những mục tiêu:

- Phân tích tổng quan các vấn đề xung đột tồn tại trong một dự án và các đặc điểm cần có trong mô hình hóa. Trong phần đầu của nghiên cứu đã chỉ ra rằng, các mô hình hiện tại có nhiều vấn đề ở một vài đặc điểm sau như: riêng đối với bài toán trong Quản lý dự án, dù là không liên quan tới những người đại diện dự án hoặc chủ đầu tư dự án thì cũng cần phải xem xét tới lợi ích này, vì rõ ràng rằng các vấn đề riêng lẻ của dự án được giải quyết thì mục tiêu cũng là tốt cho toàn bộ dự án. Thêm nữa, các mô hình trò chơi, nơi cần sự cân bằng giữa lợi ích của người chơi, cũng là nơi sẽ xảy ra tranh chấp về lợi ích thì các mô tả, ràng buộc về tranh chấp (hoặc là xung đột) này chưa được mô tả. Vì vậy, đây là điều kiện bắt buộc của mô hình diễn giải xung đột;
- Xây dựng mô hình chung về mô hình hóa dựa trên lý thuyết trò chơi cho tất cả các loại xung đột trong quản lý dự án, đồng thời đảm bảo rằng mô hình có thể giải quyết bằng các thuật toán tối ưu đa mục tiêu phù hợp, về việc chứng minh đảm bảo việc có thể giải quyết được mô hình, không chỉ từ các nghiên cứu, phân tích, các bài báo được công bố trong quá trình thực hiện luận án cũng cho thấy rằng kết

luận trên là có cơ sở. Các dữ liệu diễn tả trong phần giới thiệu các bài toán: thanh toán dự án, quản lý rủi ro, cân bằng nguồn lực và đấu thầu nhiều vòng được chuyển trọn vẹn sang dữ liệu của thuật toán;

- Nghiên cứu cụ thể chính về các vấn đề xung đột như: đấu thầu nhiều vòng và phương pháp đối phó rủi ro. Ngoài ra có 1 số vấn đề khác như: thanh toán dự án, cân bằng nguồn lực. Các vấn đề trên được chia đồng đều thành 2 loại xung đột như đã phân tích, bài toán đấu thầu nhiều vòng và thanh toán dự án có sự xuất hiện của chủ đầu tư trong xung đột. Hai bài toán còn lại là: quản lý rủi ro và cân bằng nguồn lực là các xung đột giữa các đối tượng nằm trong dự án, và theo như mô hình, cần sự xuất hiện của người chơi đặc biệt. Như vậy, các loại của xung đột được thử nghiệm đồng đều, nằm trên nhiều mảng dự án khác nhau: tài chính, đấu thầu, rủi ro và nhân sự. Có thể kết luận rằng việc thử nghiệm thuật toán do hạn chế về thời gian, tuy nhiên đã được xem xét kỹ càng;
- Áp dụng thử nghiệm trên một hệ thống phần mềm hỗ trợ tin cậy và đánh giá.

Qua kết quả chạy thử nghiệm cho thấy rằng:

- Với các giải thuật tự viết trong các bài báo CT1 “*Modeling and Developing Project Payment Schedule Algorithm Using Genetic Algorithm and Nash Equilibrium*“, 2016 và CT2 “*Research on Genetic Algorithm and Nash Equilibrium in Multi-round procurement*“, 2017 đều thực hiện áp dụng mô hình Lý thuyết trò chơi thành công và đã giải quyết được vấn đề xung đột bằng cách tìm ra cân bằng Nash. Tuy nhiên có thể thấy rằng tốc độ chạy của giải thuật di truyền gốc không thể nhanh được bằng các giải thuật khác khi so sánh một cách tương đối về độ lớn dữ liệu (số lượng người chơi, số lượng chiến lược) với tốc độ chạy;
- Trong một số các công bố khác sử dụng MOEA framework là một công cụ được biết tới rộng rãi và sử dụng một số các giải thuật tiêu biểu phù hợp (áp dụng được) cho thấy rằng đây là một hướng đi hiệu quả. Công cụ MOEA framework được phổ biến rộng rãi và khẳng định chất lượng, hiệu năng của các thuật toán trong MOEA framework là tốt hơn các giải thuật di truyền tự viết. Tính đúng đắn và chính xác của giải thuật đã được kiểm chứng với lượng người sử dụng qua thời gian dài.

Từ các kết quả nghiên cứu luận án và tổng hợp từ các nghiên cứu ngoài nước, có thể đi tới kết luận là lớp các bài toán xung đột trong quản lý dự án đã được phân tích rõ ràng để đưa ra một mô hình lý thuyết trò chơi phù hợp. Mô hình Unified Game-based dựa trên các nghiên cứu về lý thuyết trò chơi và cân bằng Nash là một công cụ hữu ích trong việc tìm kiếm ra giải pháp win - win của xung đột với các đặc điểm riêng biệt sau:

- Mô hình bài toán thống nhất và rõ ràng;
- Mô hình có tính bao quát với nhiều dạng xung đột trong Quản lý dự án;
- Mô hình mang đầy đủ đặc điểm và dữ liệu về xung đột;
- Mô hình có thể ứng dụng vào các giải thuật để tìm ra đáp án;
- Việc giải quyết mô hình bằng thuật toán đều được thực hiện trong thời gian khả thi ngay kể cả với dữ liệu của những dự án lớn.

Lý thuyết trò chơi cùng các ứng dụng của nó đang được chú ý và ngày càng phát triển trong một thời gian dài, và gần đây cũng có nhiều thành tựu khoa học liên quan tới lĩnh vực này. Trong số 8 giải Nobel liên quan tới lý thuyết trò chơi, những năm gần đây

(Thomas Schelling và Robert Aumann năm 2005, Leonid Hurwicz, Eric Maskin cùng với Roger Myerson trong năm 2007, Alvin E. Roth, Lloyd S. Shapley trong năm 2012, Jean Tirole trong năm 2014) đều có những giải Nobel liên quan tới lý thuyết trò chơi. Tuy nhiên toàn bộ các nghiên cứu này thuộc về ngành kinh tế học. Vì vậy việc ứng dụng lý thuyết trò chơi hoặc các lý thuyết liên quan vào trong công nghệ thông tin là rất cần thiết, mở ra nhiều hướng nghiên cứu mới. Và điều này dẫn tới các kiến nghị được trình bày trong phần sau.

Hướng phát triển của luận án

Với sự phát triển liên tục và mạnh mẽ về ứng dụng của lý thuyết trò chơi, cũng như những mô hình kinh tế mới kế thừa từ lý thuyết, luận án có mong muốn được phát triển nghiên cứu trong luận án để đạt được những kết quả tốt hơn. Các hướng nghiên cứu có thể phát triển là rất rộng, đặc biệt ngay trong lĩnh vực quản lý dự án cũng có rất nhiều tiềm năng, bởi vì quản lý dự án là một trong những hoạt động kinh tế quan trọng nhất. Các hướng phát triển mở rộng tiếp theo của luận án bao gồm:

- Nghiên cứu cần được phát triển lên với các ứng dụng trong nhiều loại xung đột khác để có thể cải tiến Unified Game-based model hoàn thiện hơn;
- Ngoài ra, để tìm hiểu thêm sự phù hợp của mô hình Unified Game-based model đối với các thuật toán, nghiên cứu trong tương lai có thể sử dụng thêm các thuật toán tối ưu đa mục tiêu, đặc biệt các thuật toán tiến hóa tối ưu đa mục tiêu;
- Không chỉ sử dụng công cụ hỗ trợ là MOEA framework, nghiên cứu có thể hướng tới sử dụng các công cụ toán học khác như MATLAB trong đó có cung cấp các thư viện tính toán về tối ưu liên quan tới Pareto, hoặc các công cụ hỗ trợ tự động giải bài toán lý thuyết trò chơi như GAMBIT;
- Không chỉ vậy, nghiên cứu cũng có thể đóng góp thêm các thuật toán phù hợp với bài toán Xung đột trong quản lý dự án nói riêng hoặc bài toán lý thuyết trò chơi nói chung vào trong thư viện của phần mềm mã nguồn mở MOEA framework để giúp ích cho các nghiên cứu khác;
- Khi mô hình lý thuyết trò chơi cho các bài toán xung đột được hoàn thiện, cần đầu tư công sức để tổng hợp lại các phần mềm riêng rẽ trợ giúp ra quyết định cho các xung đột hiện tại thành một hệ thống phần mềm Trợ giúp ra quyết định cho dự án một cách hoàn chỉnh. Phần mềm này có thể tích hợp với các phần mềm quản lý đã có của dự án, tích hợp với các công cụ khác như MOEA framework, GAMBIT hoặc MATLAB;
- Các phần mềm trợ giúp quyết định riêng rẽ có thể tích hợp vào các công cụ sử dụng trong quản lý dự án, tạo ra một phần mềm quản lý dự án thông minh có chức năng trợ giúp quyết định với các vấn đề có thể giải quyết bằng lý thuyết trò chơi.

Ngoài ra, những kết quả nghiên cứu và thử nghiệm cũng cần được truyền tải, công bố lên một hoặc nhiều hệ thống website về lĩnh vực lý thuyết trò chơi. Việc chia sẻ sẽ giúp cho nghiên cứu và Unified Game-based model có thêm các nhận xét, phản biện từ những nhà nghiên cứu khác để góp phần hoàn thiện hơn.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ CỦA LUẬN ÁN

CT1. Trinh Bao Ngoc, Huynh Quyet Thang, Bui Duc Hung, Le Tuan Dung (2016). Modeling and Developing Project Payment Schedule Algorithm Using Genetic Algorithm and Nash Equilibrium. Tạp chí Khoa học và Công nghệ các Trường đại học kỹ thuật số 113 – Năm 2016, trang 137-143, ISSN 2354-1083 (số xuất bản bằng tiếng Anh)

CT2. Bao Ngoc Trinh, Quyet Thang Huynh, Thuy Linh Nguyen (2017). Research on Genetic Algorithm and Nash Equilibrium in Multi-Round Procurement. In New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques, H. Fujita et al. (Eds.), IOS Press, 2017. Doi:10.3233/978-1-61499-800-6-51, pp. 51-64 Scopus and Web of Science Indexed.

CT3. Trịnh Bảo Ngọc, Huỳnh Quyết Thắng, Lê Công Thành, Lê Bá Trường Giang, Trần Quang Huy. Một hướng tiếp cận của thuật toán FICTITIOUS PLAY đối với bài toán phân bổ nguồn lực. Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ XI về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công nghệ thông tin (FAIR) – Hà Nội, Ngày 9-10/8/2018, Trang 297-303, ISBN: 978-604-913-749-5

CT4. Bao-Ngoc Trinh, Quyet-Thang Huynh, Xuan-Thang Nguyen, Van-Quyen Ngo, Thanh-Trung Vu (2018). Application of Nash Equilibrium based Approach in Solving the Risk Responses Conflicts. Journal of Science and Technology (JST) - Le Quy Don Technical University - No. 193 (10-2018), Section on Information and Communication Technology – Number 12 (10-2018), Pages 17-31, ISSN 1859-0209.

CT5. Bao Ngoc Trinh, Quyet Thang Huynh, Xuan Thang Nguyen (2019). Nash Equilibrium model for conflicts in project management. Journal of Computer Science and Cybernetics, ISSN: 1813-9663, V.35, N.2 (2019), 167–184; DOI 10.15625/1813-9663/35/2/13095

CT6. Bao Ngoc Trinh, Quyet Thang Huynh, Xuan Thang Nguyen, Phuong Chi Luong and Nguyen Khanh Ho (2019). Applying a Unified Game-Based Model in a Payment Scheduling Problem and Design of Experiments using MOEA Framework. In New Trends in Intelligent Software Methodologies, Tools and Techniques, H. Fujita et al. (Eds.), IOS Press, 2019. DOI:10.3233/FAIA190038, pp. 55-68 Scopus and Web of Science Indexed.

CT7. Dac-Nhuong Le, Gia Nhu Nguyen, Trinh Ngoc Bao, Nguyen Ngoc Tuan, Huynh Quyet Thang, Suresh Chandra Satapathy (2020). MMAS Algorithm and Nash Equilibrium to Solve Multi-Round Procurement Problem. International Conference on Emerging Trends and Advances in Electrical Engineering and Renewable Energy (ETAEEERE-2020). ISBN-13: 978-9811575037. DOI: 10.1007/978-981-15-7504-4

CT8. Bao Ngoc Trinh, Quyet-Thang Huynh, Xuan-Thang Nguyen, Gia Nhu Nguyen, Suresh Chandra Satapathy, Shui-Hua Wang and Dac-Nhuong Le (*in press*). Solving Multi-Round Procurement Problem with PSO Algorithm and Nash Equilibrium Theory,

International Journal of Computational Intelligence Systems, ISSN: 1875-6883. ISI, Q2 journal, IF=1.838.

CT9. Dac-Nhuong Le, Gia Nhu Nguyen, Harish Garg, Quyet-Thang Huynh, Trinh Ngoc Bao, Nguyen Ngoc Tuan (*in press*), Optimizing Bidders Selection of Multi-Round Procurement Problem in Software Project Management Using Parallel Max-Min Ant System Algorithm, Journal of Computers, Materials & Continua. ISSN: 1546-2218. DOI:10.32604/cmc.2020. ISI, Q1, IF=4.89.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Project Management Institute, Inc. (2017), *“A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)”*, 6th Edition. Project Management Institute, ISBN-13: 978-1628251845, 756 pages.
- [2] Project Management Hacks (2014), *“Conflict Management For Project Managers: 10 Sources of Project Conflict”*. Truy xuất từ: <http://projectmanagementhacks.com/conflict-management-for-project-managers/>
- [3] Osborne, Martin J (2004), *“An Introduction to Game Theory”*, Oxford University Press
- [4] Joseph E. Harrington, Jr (2009), *“Games, Strategies, and Decision Making”*, Worth Publishers, ISBN-13: 978-0-7167-6630-8, ISBN-10: 0-7167-6630-2
- [5] Theodore L. Turocy, Bernhard von Stengel (2003), *“Game Theory”*, CDAM Research Report LSE-CDAM-2001-09, DOI: 10.1016/B0-12-227240-4/00076-9
- [6] Lê Hồng Nhật (2016), *“Lý thuyết trò chơi và Ứng dụng trong Quản lý - Kinh doanh”*, NXB Thanh Niên
- [7] Phạm Thị Huế (2014), *“Nghiên cứu một số công cụ của Lý thuyết trò chơi Ứng dụng trong việc ra quyết định Kinh doanh”*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, Số 2, 2014
- [8] Nguyễn Ngọc Quỳnh Như, Bùi Tá Long, Nguyễn Đình Huy (2015), *“Ứng dụng lý thuyết trò chơi hợp tác trong tiết kiệm chi phí khắc phục ô nhiễm”*, SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT, Vol 18, No.K8- 2015, ISSN: 1859-0128
- [9] Hình Quân Lân, Túc Xuân Lễ (2014), *“Trí tuệ kinh doanh và lý thuyết trò chơi”*, NXB Hồng Đức
- [10] National Research Council (2008), *“Department of Homeland Security Bioterrorism Risk Assessment: A Call for Change”*, Washington, DC: The National Academies, ISBN 978-0-309-38440-7 DOI 10.17226/12206
- [11] Brent Lagesse (2006), *“A Game-Theoretical Model for Task Assignment in Project Management”*, IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology
- [12] Birgit Heydenreich, Rudolf Muller, Marc Uetz (2007), *“Games and Mechanism Design in Machine Scheduling - An Introduction”*, Forthcoming in Prod Oper Manag.
- [13] Piotr Skowron, Krzysztof Rzdca (2014), *“Non-monetary fair scheduling - cooperative game theory approach”*, Evolutionary Computation, SPAA '13 Proceedings of the twenty-fifth annual ACM symposium on Parallelism in algorithms and architectures. Pages 288-297
- [14] DENG Ze-min, GAO Chun-ping, LI Zhong-xue (2007), *“Optimization of project payment schedules with Nash Equilibrium model”*, Journal of Chongqing University (English Edition, ISSN 1671-8224).
- [15] Walid Saad, Tansu Alpcan, Tamer Basar, and Are Hjørungnes (2010), *“Coalitional Game Theory for Security Risk Management”*, Internet Monitoring

and Protection, 2010 Fifth International Conference on (ISBN: 978-1-4244-6726-6), pp.35-40

- [16] Gunther Schuh, Simone Runge (2014), “*Applying game theory in procurement. An approach for coping with dynamic conditions in supply chains*”, Contributions to Game Theory and Management, Volume 7, 326–340
- [17] Y. B. Reddy¹, N. Gajendar¹, S.K.Gupta (2008), “*Application of Genetic Algorithms to Game Theory Model for Efficient Spectrum Allocation*”, Conference: Proceedings of the 2008 International Conference on Wireless Networks, July 14-17, 2008, Las Vegas, Nevada, USA
- [18] Stefan Rass (2017), “*On Game-Theoretic Risk Management*”, EU Project HyRiM, arXiv:1711.00708v1
- [19] Phan Thanh Toàn, Nguyễn Thế Lộc, Nguyễn Doãn Cường (2016), “*Thuật toán LPSO lập lịch cho các ứng dụng khoa học trong môi trường Điện toán đám mây*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ 54 (3) (2016) 287-299, DOI: 10.15625/0866-708X/54/3/6483
- [20] Usama Mehboob, Junaid Qadir, Salman Ali, Athanasios Vasilakos (2014), “*Genetic Algorithms in Wireless Networking: Techniques, Applications, and Issues*”, Soft Computing 20(6), DOI: 10.1007/s00500-016-2070-9
- [21] Bernard Oladosu Omisore, Ashimi Rashidat Abiodun, (2014), “*Organizational Conflicts: Causes, Effects and Remedies*”, International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences, Nov 2014, Vol. 3, No. 6, ISSN: 2226-3624
- [22] Eric Maskin (2008), “*Nash Equilibrium and Mechanism Design*”, Institute for Advanced Study and Princeton University.
- [23] M. Sefrioui, J. Periaux (2000), “*Nash Genetic Algorithms : examples and applications*”, Evolutionary Computation, Proceedings of the 2000 Congress on (Volume:1)
- [24] Houston Jr., C. J. (2014), “*Beyond project success: Benefits realization opportunities and challenges*”, Paper presented at PMI® Global Congress 2014, North America, Phoenix, AZ. Newtown Square, PA: Project Management Institute
- [25] Agnar Johansena, Petter Eik-Andresenb, Anandasivakumar Ekambarama (2013), “*Stakeholder benefit assessment – Project success through management of stakeholders*”, in Procedia - Social and Behavioral Sciences 119(119), September 2013, DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.03.065
- [26] Hukukane Nikaido, Kazuo Isoda (1955), “*Note on non-cooperative convex game, Pacific Journal of Mathematics*”, Vol 5. No. 5; tr 907-815
- [27] Tran D. Quoc, Pham N. Anh, Le D. Muu (2012), “*Dual extragradient algorithms extended to equilibrium problems*”, J Glob Optim (2012) 52:139–159 DOI 10.1007/s10898-011-9693-2
- [28] Azin Shakiba Barough, Mojtaba Valinejadshoubi, Mohammad J. Emami Skardi (2015), “*Application of Game Theory Approach in Solving the Construction Project Conflicts*”, in Procedia - Social and Behavioral Sciences 58:1586-1593, DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.09.1145

- [29] M. Moradi, Ashkan Hafezalkotob, Vahid Reza Ghezavati (2018), "*The Resource-Constraint PSP of the project subcontractors in a cooperative environment*", Journal of Industrial and Systems Engineering, Vol. 11, No. 3, pp. 214-228, Summer (July) 2018
- [30] Guangdong Wu, Huanming Wang, Ruidong Chang (2018), "*A Decision Model Assessing the Owner and Contractor's Conflict Behaviors in Construction Projects*", Advances in Civil Engineering, Volume 2018, Article ID 1347914, 11 pages <https://doi.org/10.1155/2018/1347914>
- [31] Marian W. Kemblowski, Beata Grzyl, Agata Siemaszko (2019), "*Game Theory Analysis of Bidding for A Construction Contract*", IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 245 062047
- [32] Mahendra Piraveenan (2019), "*Applications of Game Theory in Project Management: A Structured Review and Analysis*", Mathematics, DOI:10.3390/math7090858
- [33] Vijay K. Verma (1998), "*Conflict Management*", The Project Management Institute, Project Management Handbook, ISBN: 0-7879-4013-5
- [34] Vijay K. Verma (1996), "*The Human Aspects of Project Management: Human Resource skills for the Project Manager*", The Project Management Institute, Volumn 2, ISBN: 1-8804-1041-9
- [35] Dario Bauso (2014), "*Game Theory: Models, Numerical Methods and Applications*", Foundations and Trends in Systems and Control, Vol 1, Issue 4
- [36] Guoming Lai, Katia Sycara (2009), "*A Generic Framework for Automated Multiattribute Negotiation*", Group Decision and Negotiation, Volume 18, Issue 2, pp.169-187
- [37] Franklin Y. Cheng, Dan Li (1996), "*Genetic algorithm and Game Theory for multiobjective optimization of seismic structures with - without control*", Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, paper no: 1503.
- [38] Aisha D. Farooqui and Muaz A. Niazi (2016), "*Game theory models for communication between agents: a review*", Complex Adapt Syst Model 4:13, DOI 10.1186/s40294-016-0026-7
- [39] William A. Darity, Jr (2007), "*International Encyclopedia of the Social Sciences*", Macmillan Reference USA, Vol 5: pp. 169-170
- [40] Hoàng Ngọc Thanh, Dương Tuấn Anh (2014), "*Ứng dụng thuật toán tiến hóa đa mục tiêu trong thiết kế tối ưu kiến trúc mạng viễn thông*", Tập san Khoa học và Đào tạo, Trường Đại học Bà Rịa - Vũng Tàu, Số 1, 4/2014;tr 91-98
- [41] A. Konak, D. W. Coit, A. E. Smith (2006), "*Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial*", J. Reliability Engineering and System Safety, No. 91, pp. 992-1007.
- [42] J. D. Schaffer (1985), "*Multiple objective optimization with vector evaluated genetic algorithms*", Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithm and their Applications.

- [43] C. M. Fonseca and P.J. Fleming (1993), “*Multiobjective genetic algorithms*”, IEE Colloquium on Genetic Algorithms for Control Systems Engineering (Digest No. 1993/130), London, UK: IEE.
- [44] J. Horn, N. Nafpliotis, D. E. Goldberg (1994), “*A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective optimization*”, Proceedings of the first IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence, Orlando, FL, USA.
- [45] P. Hajela P, C. Y. Lin (1992), “*Genetic search strategies in multicriterion optimal design*”, Struct Optimization , 4(2), pp. 99–107.
- [46] T. Murata, H. Ishibuchi (1995), “*MOGA: multi-objective genetic algorithms*”, Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Evolutionary Computation, Perth, WA, Australia.
- [47] N. Srinivas, K. Deb (1994), “*Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms*”, J. Evol Comput 2(3), pp. 221–48.
- [48] E. Zitzler, L. Thiele (1999), “*Multiobjective evolutionary algorithms: a comparative case study and the strength Pareto approach*”, IEEE Trans Evol Comput, 3(4), pp. 257–71.
- [49] E. Zitzler, M. Laumanns, L. Thiele (2001), “*SPEA2: improving the strength Pareto evolutionary algorithm*”, Swiss Federal Institute Technology: Zurich, Switzerland.
- [50] J. D. Knowles, D. W. Corne (2000), “*Approximating the nondominated front using the Pareto archived evolution strategy*”, Evol Comput, 8(2), pp.149–72.
- [51] D. W. Corne, J. D. Knowles, M. J. Oates (2000), “*The Pareto envelope-based selection algorithm for multiobjective optimization*”, Proceedings of sixth International Conference on Parallel Problem Solving from Nature, Paris, France.
- [52] D. W. Corne, N. R. Jerram, J. D. Knowles, M. J. Oates (2001), “*PESA-II: region-based selection in evolutionary multiobjective optimization*”, Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2001), San Francisco, CA.
- [53] K. Deb, A. Pratap, S. Agarwal, T. Meyarivan (2002), “*A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II*”, IEEE Trans Evol Comput, 6(2), pp.182–97.
- [54] G. G. Yen, H. Lu (2003), “*Dynamic multiobjective evolutionary algorithm: adaptive cell-based rank and density estimation*”, IEEE Trans Evol Comput, 7(3), pp.253–74.
- [55] David Hadka (2017), “*MOEA framework Quick Start Guide*”, URL: www.moeaframework.org
- [56] David W. Corne, Nick R. Jerram, Joshua D.Knowles, Martin J. Oates (2001), “*PESA-II: Region-based Selection in Evolutionary Multiobjective Optimization*”, Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO 2001)

- [57] Miqing Li, Shengxiang Yang, Xiaohui Liu (2014), “*ETEA: A Euclidean Minimum Spanning Tree-Based Evolutionary Algorithm for Multi-Objective Optimization*”, Evolutionary Computation, DOI: 10.1162/EVCO_a_00106
- [58] M. Tydrichova (2017), “*Analysis of Various Multi-Objective Optimization Evolutionary Algorithms for Monte Carlo Treatment Planning System*”, EUROPEAN ORGANIZATION FOR NUCLEAR RESEARCH EN-STI-FDA, Summer Report
- [59] Oluwole Adekanmbi, Josiah Adeyemo (2014), “*A Comparative Study of State-of-the-Art Evolutionary Multi-objective Algorithms for Optimal Crop-mix planning*”, International Journal of Agricultural Science and Technology (IJAST) Volume 2 Issue 1, February 2014, DOI: 10.14355/ijast.2014.0301.02
- [60] Arash Atashpendar, Bernabe Dorronsoro, Gregoire Danoy, Pascal Bouvry (2016), “*A Parallel Cooperative Coevolutionary SMPSO Algorithm for Multi-objective Optimization*”, International Conference on High Performance Computing & Simulation (HPCS), DOI: 10.1109/HPCSim.2016.7568405
- [61] Feng He, Wei Zhang, Guoqiang Zhang (2016), “*A Differential Evolution Algorithm Based on Nikaido-Isoda Function for Solving Nash Equilibrium in Nonlinear Continuous Games*”, PLoS ONE 11(9): e0161634. doi:10.1371/journal.pone.0161634
- [62] Anna von Heusinger, Christian Kanzow (2009), “*Optimization reformulations of the generalized Nash equilibrium problem using Nikaido-Isoda type functions*”, C. Comput Optim Appl (2009) 43: 353. <https://doi.org/10.1007/s10589-007-9145-6>
- [63] Tushar Goel, Nielen Stander (2009), “*A Study on the Convergence of Multiobjective Evolutionary Algorithms*”, Conference: 13th AIAA/ISSMO Multidisciplinary Analysis Optimization Conference, DOI: 10.2514/6.2010-9233
- [64] Luật đấu thầu 2013, *Luật số 43/2013/QH13*, Luật đấu thầu nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (được Quốc hội thông qua ngày 26/11/2013)
- [65] Di Wu (2015), “*Estimation of Procurement Auctions with Secret Reserve Prices*”, All Dissertations, 1529
- [66] Vasile Dumbravă, Titu Maiorescu, Severian Iacob, Vlăduț, Severian Iacob, “*Using Probability – Impact Matrix in Analysis and Risk Assessment Projects*”, Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technology, Special Issue December 2013, pp. 76-96, ISSN 2069-5934
- [67] Lu Ji (2006), “*Three essays on multi-round procurement auctions*”, Dissertation for the degree of Doctor of philosophy in Economics, Nashville, Tennessee
- [68] Nash, John (1950), “*Equilibrium points in n-person games*”, Proceedings of the National Academy of Sciences 36(1):48-49.
- [69] Ariel Procaccia (2016), “*Cake Cutting Algorithms*”, Chapter 13. Handbook of Computational Social Choice. Cambridge University Press. ISBN: 9781107060432. (free online version)

- [70] Güth, Werner; Schmittberger, Rolf; Schwarze, Bernd (1982). "*An experimental analysis of ultimatum bargaining*". *Journal of Economic Behavior & Organization*. 3 (4): 367–388. doi:10.1016/0167-2681(82)90011-7
- [71] Stefano Zara, Ariel Dinar, Fioravante Patrone (2006), "*Cooperative Game Theory and its Application to Natural, Environmental, and Water Resource Issues: 2. Application to Natural and Environmental Resources*", Policy Research Working Paper;No. 4073. World Bank, Washington, DC. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/8850> License: CC BY 3.0 IGO.
- [72] Patrick Murzyn, Patrick Murzyn, Laurie Manderbach, Stewart Beall (2002), "*The Games Companies Play: The Use of Reverse Auctions and Strategic Sourcing in the Context of Game Theory*" presented at the 2002 Sourcing Leadership Conference in Orlando

PHỤ LỤC

Phụ lục A - Thông tin đấu thầu

Mô tả dự án

Tên dự án: Dự án đầu tư ứng dụng CNTT trong hoạt động các cơ quan Đảng tỉnh Nghệ An giai đoạn 2015-2020

Nguồn vốn: Dự án sử dụng nguồn vốn đầu tư phát triển từ ngân sách tỉnh, với hạn mức đầu tư là 39,8 tỷ đồng.

Tổng hợp danh mục thiết bị, phần mềm của dự án

Hạng mục bổ sung, thay thế thiết bị

STT	Hạng mục thiết bị	Số lượng	Đơn vị
1	Máy trạm (PC) <ul style="list-style-type: none">▪ Processor: Intel Core i3 hoặc tương đương▪ Mainboard : Intel H81 Express chipset▪ Ram : 4GB, Hard Drive : 500GB▪ Graphics : Integrated Intel(R) HD Graphics,▪ Màn hình: 18.5", OS: Ubuntu 12.04▪ Nic: Realtek Ethernet▪ Optical Mouse & Keyboard	846	Bộ
2	Máy tính xách tay <ul style="list-style-type: none">▪ Bộ VXL: Core i5 4210U hoặc tương đương▪ Bộ nhớ: 4Gb, Ổ cứng: 500Gb, Màn hình: 14.0"▪ Ổ đĩa quang: DVDRW▪ Cạc đồ họa: VGA onboard, Intel HD Graphics▪ Kết nối: LAN, Wifi, Bluetooth▪ Cổng giao tiếp: USB 2.0, 3.0 và đầu đọc thẻ nhớ (Card Reader)▪ Webcam: Có, Hệ điều hành: Dos▪ Túi xách, Mouse (Wireless)	50	Chiếc
3	Máy in <ul style="list-style-type: none">▪ Laser mono đen trắng▪ Kết nối máy tính: USB 2.0	510	Chiếc
4	Máy in màu <ul style="list-style-type: none">▪ Loại máy in: Máy in laze màu▪ Kết nối: USB 2.0; 10Base-T/100Base-TX	30	Chiếc
5	Máy Scanner	510	Chiếc

6	<p>Lưu điện máy chủ</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Công suất: 1750VA/1600W ▪ Công nghệ: Line Interactive, có chức năng ổn định điện áp (AVR) ▪ Cấu trúc lắp đặt: lắp trong tủ rack (rack-mount) hoặc cây đứng (tower) ▪ Điện áp vào: 220V/230/240V AC (160 ~ 294V AC) ▪ Điện áp ra: 220V/230V/240V AC ▪ Tần số nguồn vào: 50Hz/60Hz, tự động nhận biết (47-70Hz) ▪ Phần mềm quản lý: CD kèm theo ▪ Thời gian lưu điện: 9 phút ở 75% tải và 14 phút ở 50% tải (theo hệ số công suất 0.7), có thể mở rộng thời gian lưu điện với ắc quy ngoài 	5	Chiếc
7	<p>Máy chiếu</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Công nghệ: 3LCD ▪ Độ phân giải: 1024 x 768 ▪ Khoảng cách chiếu: 1,08-10,8 m ▪ Cổng kết nối: VGA, HDMI, S-Video, USB, Wifi option ▪ Loa: 5W; Độ ồn: 37dB ▪ Điện năng: 100 - 240 V AC \pm 10%, 50/60 Hz 	35	Chiếc
8	<p>Chống sét</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Cọc tiếp địa dài 2,4m thép mạ đồng (6 cái) ▪ Cáp tiếp địa 40m ▪ Hóa chất giảm điện trở (4 bao) ▪ Bản đồng tiếp địa 	1	Điểm
9	<p>Modem ADSL</p> <p>4 Ports LAN RJ45 10/100Mbps, 1 cổng WAN</p>	480	Chiếc
10	<p>Router</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ WAN: 1-port GE, 1-port FE ▪ Ethernet: 8-port 10-/100-Mbps managed switch (4-ports PoE capable with 80W power supply adapter) ▪ 802.11a/g/n (Option): Yes ▪ Integrated USB 2.0/AUX/Console: Yes ▪ Integrated Dial : V.92 analog modem 	10	Bộ
11	<p>Switch</p> <p>Switch 24 Port 10/100/1000 Mbps with MDI and MDI crossover (MDI-X); auto negotiated port. Bandwidth : 48Gbps</p>	510	Bộ

Hạng mục xây dựng Trung tâm dữ liệu

Stt	Tên, chủng loại thiết bị	Model và thông số kỹ thuật	SL	Đơn vị
I	Hệ thống thiết bị mạng			
1	Thiết bị định tuyến	Cisco Router ISR4331-AX/K9 (hoặc tương đương)	1	Bộ
	General	4 GE, 3 NIM, 8 GB FLASH, 2 GB DRAM (data plane), 4 GB DRAM (control plane)		
	AC Input Voltage	100 to 240 VAC auto ranging		
2	Chuyển mạch Switch	Switch Cisco Catalyst WS-C2960X-24TS-L (hoặc tương đương)	2	Bộ
	Type	Switch Layer 2 (Rackmount)		
	General	24 x GigE, 4 x 1G SFP, LAN Base		
	Architecture	Switch (19") rackmountable		
	Multi-service support	Data, Voice and Video Traffic		
	Interfaces	24 Ethernet 10/100/1000 ports (RJ45) & 4 x 1G SFP		
	Memory	DRAM: 512MB ; 128 MB Flash		
	CPU	600MHz dual core		
	Power Supply	AC power supply		
	Performance			
	Switching Bandwidth	216Gbps		
	Forwarding Bandwidth	108 Gbps		
	Forwarding Rate: 64-Byte L3 Packets	71.4 Mpps		
	VLANs	Max VLANs 1023, VLAN IDs 4096, Support Jumbo frames 9216 bytes		
	OS	LAN Base image		
II	Hệ thống máy chủ và tủ đĩa lưu trữ			
1	Máy chủ (Áo hóa thành các máy chủ ứng dụng CSDL)	Dell PowerEdge R730 (hoặc tương đương)	3	Bộ
	Form factor/height	2U Rack		
	Processor	2 x Intel Xeon E5		
	Memory (std)	16 x 16GB		
	HDD	3 x 600GB		
	Optical Drive	DVD RW		
	RAID support	PERC H730P Integrated RAID Controller, 2GB Cache		
	Network controller	1Gb		
	Power supply	>= 700W, Hot-plug, Redundant PS (1+1)		
	HBA Card	QLogic 2562		

2	Máy chủ ATK	Dell PowerEdge R630 (hoặc tương đương)	1	Bộ
	Form factor/height	1U Rackmount		
	Processor	2 x Intel Xeon E5		
	Memory (std)	2 x 8GB RDIMM, 2133 MT/s, Dual Rank, x 4 Data Width		
	HDD	3 x 600GB		
	RAID support	2GB Cache		
	Network controller	Broadcom 5720 QP 1Gb Network Daughter Card		
	Power supply	>= 700W, Hot-plug, Redundant PS (1+1)		
3	Máy chủ Virus + Kiểm soát kết nối internet	Dell PowerEdge R630 (hoặc tương đương)	2	Bộ
	Form factor/height	1U Rackmount		
	Processor			
	Memory (std)	1 x 8GB		
	HDD	3 x 600GB 10K RPM, 6Gbps SAS 2.5" Hot Plug Hard Drive		
	RAID support	PERC H730P Integrated RAID Controller, 2GB Cache		
	Network controller	Broadcom 5720 QP 1Gb Network Daughter Card		
	Power supply	>= 495W, Hot-plug, Redundant PS (1+1)		
3	Tủ đĩa lưu trữ SAN	Dell PowerVault MD3820f, 16G Fibre Channel, 2U-24 drive (hoặc tương đương)	2	Bộ
	Type	Storage Area Network		
	Hard Drive	8 x 900GB		
	Connection	4 x 2X SFP, FC16, 16GB		
	Controller	2 x 16G FC, 2U MD38xxF, 4G Cache		
	Power Supply	AC >= 600W		
4	SAN Switch	Brocade 300 Ports-On-Demand 8Gb FC Switch (8 x 8G SFP + 16 Empty Ports) (hoặc tương đương)	2	Bộ
	Fibre Channel ports	24 ports with 8 Ports Active, 16 port empty		
	Management Access:	10/100 Ethernet (RJ-45), USB		
III	Hạ tầng			
1	Tủ Rack	Viet Rack 42U 19" (hoặc tương đương)	1	Bộ
		4 x Rack 42U 600mm Wide x 1100mm		

		8 x Rack PDU, Basic, Zero U, 32A, 230V, (20)C13 & (4)C19		
		10 x 1U 19" Blanking Panel, Light Grey		
		8 x Power Cord, C13 to C14, 2.0m		
		6 x Power Cord, C19 to C20, 5.5m		
2	Hệ thống UPS	Eaton 9PX11KiRT 11kVa/10kW (hoặc tương đương)	1	Bộ
		Công suất: 11kVA/10kW		
		Công nghệ chuyển đổi kép trực tuyến, công nghệ IGBT		
		Cấu trúc lắp đặt: tower hoặc rack-mount		
		Dải điện áp và tần số đầu vào rộng: 176-276VAC, 40-70Hz		
		Điện áp đầu ra: 220VAC±1%		
		Thời gian backup: 20 phút ở 50% tải, 15 phút ở 75% tải, PF=0.7 (có ắc quy ngoài)		
3	Hệ thống chống sét	Emerson + APC (hoặc tương đương)	1	Hệ thống
	Phản tiếp đất chống sét			Gói
	EROD D16	Cọc Tiếp địa thép mạ đồng D16x2,4m		Cái
	M70	Dây cáp đồng trần M70 liên kết các giếng/cọc Tiếp địa		m
	EXOWELD	Hàn hóa nhiệt liên kết dây/cọc Tiếp địa		Tub
	GEM-25	Hóa chất giảm điện trở đất (11,34kg/bao)		Bao
	EPIT	Hộp đo kiểm tra điện trở đất bằng composite		Cái
	Cu/PVC/M50	Dây cáp đồng bọc PVC/50mm ² dẫn lên phòng máy (2 đường)		m
		Bảng đồng Tiếp địa trung gian 300 x 60 x 6mm		Cái
	M10	Dây Tiếp địa đến các Thiết bị chống sét lan truyền		m
	M6	Dây Tiếp địa đến các tủ rack		m
	Phần thiết bị chống sét lan truyền			Gói
	420YC05AWAJ1S	Emerson Network Power 420YC05AWAJ1S		Bộ
		Thiết bị chống sét trên đường nguồn : 3 Phase		

	PNET1GB	Thiết bị chống sét cho đường dây mạng tốc độ gigabit		Chiếc
	PNETR6	PNETR6 : Thiết bị cắt lọc sét trên mạng LAN, tốc độ gigabit (bắt vào giá đỡ và lắp trên tủ rack)		Chiếc
	PRM24	APC PRM24 : Giá đỡ thiết bị bắt vào tủ rack (lắp được tối đa 24 thiết bị) APC 24 position chassis		Chiếc
	PDIGTR	APC PDIGTR : Thiết bị chống sét cho đường dây tín hiệu , điện thoại , modem, fax lines		Chiếc
4	Hệ thống báo cháy			
		Tủ báo cháy TT 5 kênh		Bộ
		Đầu báo khói quang		Bộ
		Đầu báo nhiệt gia tăng		Bộ
		Chuông báo cháy		Bộ
		Đèn báo cháy quả nhót		
		Nút ấn báo cháy		
		Vỏ tủ thép sơn tĩnh điện		
		Vật tư phụ: dây tín hiệu, trở cuối đường, gen nhựa, ...		Gói
		Bình bột chữa cháy CO2 xách tay, 3kg		Bộ
		Bình bột chữa cháy hỗn hợp xách tay, 4kg		Bộ
5	Hệ thống sàn nâng kỹ thuật			
		Hệ thống sàn nâng kỹ thuật		Bộ
6	Hệ thống camera quan sát	Avtech (hoặc tương đương)		
	Camera IP - gắn trần	Camera Avtech		Bộ
	Camera IP - gắn tường	Camera Avtech		Bộ
	Đầu ghi hình	Đầu ghi hình AVTech + Phần mềm đi kèm		Bộ
	Vật tư và phụ kiện hoàn thiện hệ thống Camera	Cáp mạng CAT5, đầu bấm Rj45, dây điện, gen, băng dính ... đủ để hoàn thiện hệ thống		Gói
7	Hệ thống giám sát:	APC - ISX management and EMS system (hoặc tương đương)		
		NetBotz Room Monitor 355 (with 120/240V PoE Injector)		
		APC Temperature & Humidity Sensor		
		NetBotz Spot Fluid Sensor - 15 ft.		

		NetBotz Smoke Sensor - 10 ft.		
		APC Alarm Beacon		
		APC 24 Port 10/100 Ethernet Switch		
		NetBotz Device Monitoring (Five Nodes) Pack		
		ISX management system installation and config		
8	Hệ thống chiếu sáng, ổ cắm	Sino (hoặc tương đương)		
IV	Thi công hệ thống + cáp kết nối			
	Thi công hệ thống + cáp kết nối	AMP (hoặc tương đương)		
	Cáp UTP Cat6	AMP UTP CAT6 4 đôi - 305 mét/thùng		
	Đầu RJ45 Cat6	RJ45 Connector AMP CAT6 - 100 chiếc/hộp		
	Đầu bịt RJ45	AMP Modular Plug Boot 100 chiếc/hộp		
		Sợi cáp nhảy Cat6 (UTP patchcord Cat6 kết nối patch panel với máy chủ)		
		Sợi cáp nhảy Cat6 (UTP patchcord Cat6 kết nối patch panel với switch)		
	Patchpanel cat6 24 port	AMPTRAC Category 6 Shielded Full Patch Panel, 24 ports, 1U, Black		
	Hệ thống máng dẫn cáp đồng	Máng cáp lưới (wire mesh tray) 300 x 100 kèm ti treo sử dụng chạy cáp cho phòng máy chủ		
	Phụ kiện lắp đặt khác	Phụ kiện cần thiết để hoàn thành việc lắp đặt (vít, nở, đinh, băng dính, dây thít, vòng số...)		
V	Phần mềm hệ thống			
1	HHĐH cho máy chủ	Microsoft (hoặc tương đương)	1	Bộ
		WinSvrDataCtr 2012 SNGL OLP NL 2Proc Qlfd for 3 Servers		
		SysCtrDatactr SNGL LicSAPk OLP NL 2Proc Qlfd for 3 Servers		
		WinSvrCAL SNGL LicSAPk OLP NL UsrCAL for 5 users		
2	Phần mềm backup	Symatec Backup Exec 2014 (hoặc tương đương)	1	Bộ
		1 x SYMC Backup Exec 2014 SERVER WIN PER SERVER BNDL STD LIC EXPRESS BAND S ESSENTIAL 12 MONTHS		

		2 x SYMC Backup Exec 2014 Agent for application and Database win per server BNDL STD LIC EXPRESS BAND S ESSENTIAL 12 MONTHS		
		1 x SYMC Backup Exec 2014 OPTION NDMP WIN PER SERVER BNDL STD LIC EXPRESS BAND S ESSENTIAL 12 MONTHS		
3	Phần mềm Antivirus cho máy chủ	Kaspersky Anti-Virus for Windows File Server EE (hoặc tương đương)	1	Bộ

Các hạng mục khác

Stt	Hạng mục thiết bị	Số lượng	Đơn vị
1	Xây dựng Cổng thông tin điện tử	1	Gói
2	Xây dựng HTTT tổng hợp	1	Gói
3	Xây dựng phần mềm Quản lý đơn thư khiếu tố	1	Gói
4	Xây dựng phần mềm Quản lý hồ sơ lưu trữ	1	Gói

Tổng hợp kinh phí dự án

Stt	Tên vật liệu/ phần việc	SL	Đơn vị	Đơn giá dự tính	Thành tiền
1	Máy trạm (PC):	846	Bộ	16,000,000	13,536,000,000
2	Máy tính xách tay	50	Chiếc	20,000,000	1,000,000,000
3	Máy in	510	Chiếc	5,000,000	2,550,000,000
4	Máy in màu	30	Chiếc	15,000,000	450,000,000
5	Máy Scanner	510	Chiếc	4,000,000	2,040,000,000
6	Lưu điện máy chủ	5	Chiếc	22,000,000	110,000,000
7	Máy chiếu	35	Chiếc	25,000,000	875,000,000
8	Chống sét	1	Điểm	35,000,000	35,000,000
9	Modem ADSL	480	Chiếc	3,000,000	1,440,000,000
10	Router	10	Bộ	18,700,000	187,000,000
11	Switch	510	Bộ	5,170,000	2,636,700,000
12	Thiết bị định tuyến	1	Bộ	187,300,000	187,300,000
13	Chuyển mạch Switch	2	Bộ	49,900,000	99,800,000
14	Máy chủ (Ảo hóa thành các máy chủ ứng dụng CSDL)	3	Bộ	625,800,000	1,877,400,000
15	Máy chủ ATK	1	Bộ	433,700,000	433,700,000
16	Máy chủ Virus + Kiểm soát kết nối internet	2	Bộ	162,400,000	324,800,000
17	Tủ đĩa lưu trữ SAN	2	Bộ	479,200,000	958,400,000
18	SAN Switch	2	Bộ	111,400,000	222,800,000
19	Tủ Rack	1	Bộ	100,000,000	100,000,000
20	Hệ thống UPS	1	Bộ	145,000,000	145,000,000
21	Hệ thống chống sét	1	Hệ thống	105,000,000	105,000,000
22	Hệ thống báo cháy	1	Hệ thống	90,000,000	90,000,000
23	Hệ thống sàn nâng kỹ thuật	20	m2	3,000,000	60,000,000
24	Hệ thống camera quan sát	1	Hệ thống	25,000,000	25,000,000
25	Hệ thống giám sát	1	Hệ thống	99,500,000	99,500,000
26	Hệ thống chiếu sáng, ổ cắm	1	Hệ thống	15,000,000	15,000,000
27	Thi công hệ thống + cáp kết nối	1	Hệ thống	100,000,000	100,000,000
28	HDH cho máy chủ	1	Bộ	610,000,000	610,000,000
29	Phần mềm backup	1	Bộ	125,000,000	125,000,000
30	Phần mềm Antivirus cho máy chủ	1	Bộ	9,500,000	9,500,000

31	Thiết bị đầu cuối mã hóa video	1	Bộ	227,040,000	227,040,000
32	Hệ thống camera tự động	1	Chiếc	313,500,000	313,500,000
33	Thiết bị bút vẽ điện tử	1	Bộ	41,800,000	41,800,000
34	Thiết bị ghi hình	1	Bộ	705,320,000	705,320,000
35	Micro đa hướng đặt bàn	2	Chiếc	17,600,000	35,200,000
36	Màn hình lớn hiển thị chuyên nghiệp 65"	4	Chiếc	83,600,000	334,400,000
37	Màn hình lớn hiển thị 48"	1	Chiếc	18,744,000	18,744,000
38	Màn hình hiển thị dữ liệu trình chiếu 24"	1	Chiếc	5,720,000	5,720,000
39	Thiết bị phân phối tín hiệu hình ảnh	1	Bộ	33,000,000	33,000,000
40	Bộ khuếch đại âm thanh	1	Bộ	11,880,000	11,880,000
41	Loa cột treo tường	6	Chiếc	1,760,000	10,560,000
42	Vật tư, phụ kiện	1	Gói	31,460,000	31,460,000
43	Đào tạo hướng dẫn sử dụng, vận chuyển	1	Gói	20,900,000	20,900,000
44	Xây dựng phần mềm Trang thông tin điện tử	1	Gói	800,000,000	800,000,000
45	Xây dựng phần mềm Quản lý đơn thư khiếu tố	1	Gói	500,000,000	500,000,000
46	Xây dựng phần mềm Quản lý hồ sơ lưu trữ	1	Gói	700,000,000	700,000,000

TỔNG 34,237,424,000

VAT 10% 3,423,742,400

Chi phí khác 2,138,833,600

TỔNG CỘNG 39,800,000,000

Thông tin dự thầu của Tập đoàn FPT:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/6/2016	31/5/2017	10,880	12,960	10
H01	1/6/2017	31/5/2018	11,040	13,120	9
H01	1/6/2018	31/5/2019	11,120	13,200	8
H01	1/6/2019	31/12/2020	11,120	13,200	5
H02	1/6/2016	31/5/2017	13,800	16,400	10
H02	1/6/2017	31/5/2018	14,000	16,600	9
H02	1/6/2018	31/5/2019	14,100	16,700	8
H02	1/6/2019	31/12/2020	14,100	16,700	5
H03	1/6/2016	31/5/2017	3,500	4,150	10
H03	1/6/2017	31/5/2018	3,550	4,200	9
H03	1/6/2018	31/5/2019	3,575	4,225	8
H03	1/6/2019	31/12/2020	3,575	4,225	5
H04	1/6/2016	31/5/2017	10,650	12,600	10
H04	1/6/2017	31/5/2018	10,800	12,750	9
H04	1/6/2018	31/5/2019	10,875	12,825	8
H04	1/6/2019	31/12/2020	10,875	12,825	5
H05	1/6/2016	31/5/2017	2,880	3,400	10
H05	1/6/2017	31/5/2018	2,920	3,440	9
H05	1/6/2018	31/5/2019	2,940	3,460	8
H05	1/6/2019	31/12/2020	2,940	3,460	5
H06	1/6/2016	31/5/2017	16,060	18,920	10
H06	1/6/2017	31/5/2018	16,280	19,140	9
H06	1/6/2018	31/5/2019	16,390	19,250	8
H06	1/6/2019	31/12/2020	16,390	19,250	5
H07	1/6/2016	31/5/2017	18,500	21,750	10
H07	1/6/2017	31/5/2018	18,750	22,000	9
H07	1/6/2018	31/5/2019	18,875	22,125	8
H07	1/6/2019	31/12/2020	18,875	22,125	5
H08	1/6/2016	31/5/2017	26,250	30,800	10
H08	1/6/2017	31/5/2018	26,600	31,150	9
H08	1/6/2018	31/5/2019	26,775	31,325	8
H08	1/6/2019	31/12/2020	26,775	31,325	5
H09	1/6/2016	31/5/2017	2,280	2,670	10
H09	1/6/2017	31/5/2018	2,310	2,700	9
H09	1/6/2018	31/5/2019	2,325	2,715	8
H09	1/6/2019	31/12/2020	2,325	2,715	5
H10	1/6/2016	31/5/2017	14,399	16,830	10
H10	1/6/2017	31/5/2018	14,586	17,017	9
H10	1/6/2018	31/5/2019	14,680	17,111	8
H10	1/6/2019	31/12/2020	14,680	17,111	5
H11	1/6/2016	31/5/2017	4,033	4,705	10
H11	1/6/2017	31/5/2018	4,084	4,756	9
H11	1/6/2018	31/5/2019	4,110	4,782	8
H11	1/6/2019	31/12/2020	4,110	4,782	5
H12	1/6/2016	31/5/2017	147,967	172,316	10
H12	1/6/2017	31/5/2018	149,840	174,189	9

H12	1/6/2018	31/5/2019	150,777	175,126	8
H12	1/6/2019	31/12/2020	150,777	175,126	5
H13	1/6/2016	31/5/2017	39,920	46,407	10
H13	1/6/2017	31/5/2018	40,419	46,906	9
H13	1/6/2018	31/5/2019	40,669	47,156	8
H13	1/6/2019	31/12/2020	40,669	47,156	5
H14	1/6/2016	31/5/2017	506,898	588,252	10
H14	1/6/2017	31/5/2018	513,156	594,510	9
H14	1/6/2018	31/5/2019	516,285	597,639	8
H14	1/6/2019	31/12/2020	516,285	597,639	5
H15	1/6/2016	31/5/2017	355,634	412,015	10
H15	1/6/2017	31/5/2018	359,971	416,352	9
H15	1/6/2018	31/5/2019	362,140	418,521	8
H15	1/6/2019	31/12/2020	362,140	418,521	5
H16	1/6/2016	31/5/2017	134,792	155,904	10
H16	1/6/2017	31/5/2018	136,416	157,528	9
H16	1/6/2018	31/5/2019	137,228	158,340	8
H16	1/6/2019	31/12/2020	137,228	158,340	5
H17	1/6/2016	31/5/2017	402,528	464,824	10
H17	1/6/2017	31/5/2018	407,320	469,616	9
H17	1/6/2018	31/5/2019	409,716	472,012	8
H17	1/6/2019	31/12/2020	409,716	472,012	5
H18	1/6/2016	31/5/2017	94,690	109,172	10
H18	1/6/2017	31/5/2018	95,804	110,286	9
H18	1/6/2018	31/5/2019	96,361	110,843	8
H18	1/6/2019	31/12/2020	96,361	110,843	5
H19	1/6/2016	31/5/2017	86,000	99,000	10
H19	1/6/2017	31/5/2018	87,000	100,000	9
H19	1/6/2018	31/5/2019	87,500	100,500	8
H19	1/6/2019	31/12/2020	87,500	100,500	5
H20	1/6/2016	31/5/2017	126,150	145,000	10
H20	1/6/2017	31/5/2018	127,600	146,450	9
H20	1/6/2018	31/5/2019	128,325	147,175	8
H20	1/6/2019	31/12/2020	128,325	147,175	5
H21	1/6/2016	31/5/2017	71,400	85,050	10
H21	1/6/2017	31/5/2018	72,450	86,100	9
H21	1/6/2018	31/5/2019	72,975	86,625	8
H21	1/6/2019	31/12/2020	72,975	86,625	5
H22	1/6/2016	31/5/2017	62,100	73,800	10
H22	1/6/2017	31/5/2018	63,000	74,700	9
H22	1/6/2018	31/5/2019	63,450	75,150	8
H22	1/6/2019	31/12/2020	63,450	75,150	5
H23	1/6/2016	31/5/2017	2,100	2,490	10
H23	1/6/2017	31/5/2018	2,130	2,520	9
H23	1/6/2018	31/5/2019	2,145	2,535	8
H23	1/6/2019	31/12/2020	2,145	2,535	5
H24	1/6/2016	31/5/2017	17,750	21,000	10
H24	1/6/2017	31/5/2018	18,000	21,250	9
H24	1/6/2018	31/5/2019	18,125	21,375	8
H24	1/6/2019	31/12/2020	18,125	21,375	5

H25	1/6/2016	31/5/2017	71,640	84,575	10
H25	1/6/2017	31/5/2018	72,635	85,570	9
H25	1/6/2018	31/5/2019	73,133	86,068	8
H25	1/6/2019	31/12/2020	73,133	86,068	5
H26	1/6/2016	31/5/2017	10,950	12,900	10
H26	1/6/2017	31/5/2018	11,100	13,050	9
H26	1/6/2018	31/5/2019	11,175	13,125	8
H26	1/6/2019	31/12/2020	11,175	13,125	5
H27	1/6/2016	31/5/2017	74,000	87,000	10
H27	1/6/2017	31/5/2018	75,000	88,000	9
H27	1/6/2018	31/5/2019	75,500	88,500	8
H27	1/6/2019	31/12/2020	75,500	88,500	5
H28	1/6/2016	31/5/2017	457,500	536,800	10
H28	1/6/2017	31/5/2018	463,600	542,900	9
H28	1/6/2018	31/5/2019	466,650	545,950	8
H28	1/6/2019	31/12/2020	466,650	545,950	5
H29	1/6/2016	31/5/2017	95,000	111,250	10
H29	1/6/2017	31/5/2018	96,250	112,500	9
H29	1/6/2018	31/5/2019	96,875	113,125	8
H29	1/6/2019	31/12/2020	96,875	113,125	5
H30	1/6/2016	31/5/2017	7,315	8,550	10
H30	1/6/2017	31/5/2018	7,410	8,645	9
H30	1/6/2018	31/5/2019	7,457	8,692	8
H30	1/6/2019	31/12/2020	7,457	8,692	5
H42	1/6/2016	31/5/2017	21,707	25,797	10
H42	1/6/2017	31/5/2018	22,022	26,112	9
H42	1/6/2018	31/5/2019	22,179	26,269	8
H42	1/6/2019	31/12/2020	22,179	26,269	5
H43	1/6/2016	31/5/2017	14,630	17,347	10
H43	1/6/2017	31/5/2018	14,839	17,556	9
H43	1/6/2018	31/5/2019	14,944	17,661	8
H43	1/6/2019	31/12/2020	14,944	17,661	5
H44	1/6/2016	31/5/2017	568,000	672,000	10
H44	1/6/2017	31/5/2018	576,000	680,000	9
H44	1/6/2018	31/5/2019	580,000	684,000	8
H44	1/6/2019	31/12/2020	580,000	684,000	5
H45	1/6/2016	31/5/2017	360,000	425,000	10
H45	1/6/2017	31/5/2018	365,000	430,000	9
H45	1/6/2018	31/5/2019	367,500	432,500	8
H45	1/6/2019	31/12/2020	367,500	432,500	5
H46	1/6/2016	31/5/2017	511,000	602,000	10
H46	1/6/2017	31/5/2018	518,000	609,000	9
H46	1/6/2018	31/5/2019	521,500	612,500	8
H46	1/6/2019	31/12/2020	521,500	612,500	5

Thông tin dự thầu của Công ty Hồng Phúc:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/12/2016	31/11/2017	11,200	13,280	10
H01	1/12/2017	31/1/2018	11,360	13,440	7
H01	1/2/2018	1/2/2021	11,360	13,440	6
H02	1/12/2016	31/11/2017	14,200	16,800	10
H02	1/12/2017	31/1/2018	14,400	17,000	7
H02	1/2/2018	1/2/2021	14,400	17,000	6
H03	1/12/2016	31/11/2017	3,600	4,250	10
H03	1/12/2017	31/1/2018	3,650	4,300	7
H03	1/2/2018	1/2/2021	3,650	4,300	6
H04	1/12/2016	31/11/2017	10,950	12,900	10
H04	1/12/2017	31/1/2018	11,100	13,050	7
H04	1/2/2018	1/2/2021	11,100	13,050	6
H05	1/12/2016	31/11/2017	2,960	3,480	10
H05	1/12/2017	31/1/2018	3,000	3,520	7
H05	1/2/2018	1/2/2021	3,000	3,520	6
H06	1/12/2016	31/11/2017	16,500	19,360	10
H06	1/12/2017	31/1/2018	16,720	19,580	7
H06	1/2/2018	1/2/2021	16,720	19,580	6
H07	1/12/2016	31/11/2017	19,000	22,250	10
H07	1/12/2017	31/1/2018	19,250	22,500	7
H07	1/2/2018	1/2/2021	19,250	22,500	6
H08	1/12/2016	31/11/2017	26,950	31,500	10
H08	1/12/2017	31/1/2018	27,300	31,850	7
H08	1/2/2018	1/2/2021	27,300	31,850	6
H09	1/12/2016	31/11/2017	2,340	2,730	10
H09	1/12/2017	31/1/2018	2,370	2,760	7
H09	1/2/2018	1/2/2021	2,370	2,760	6
H10	1/12/2016	31/11/2017	14,773	17,204	10
H10	1/12/2017	31/1/2018	14,960	17,391	7
H10	1/2/2018	1/2/2021	14,960	17,391	6
H11	1/12/2016	31/11/2017	4,136	4,808	10
H11	1/12/2017	31/1/2018	4,188	4,860	7
H11	1/2/2018	1/2/2021	4,188	4,860	6
H12	1/12/2016	31/11/2017	151,713	176,062	10
H12	1/12/2017	31/1/2018	153,586	177,935	7
H12	1/2/2018	1/2/2021	153,586	177,935	6
H13	1/12/2016	31/11/2017	40,918	47,405	10
H13	1/12/2017	31/1/2018	41,417	47,904	7
H13	1/2/2018	1/2/2021	41,417	47,904	6
H14	1/12/2016	31/11/2017	519,414	600,768	10
H14	1/12/2017	31/1/2018	525,672	607,026	7
H14	1/2/2018	1/2/2021	525,672	607,026	6
H15	1/12/2016	31/11/2017	364,308	420,689	10
H15	1/12/2017	31/1/2018	368,645	425,026	7
H15	1/2/2018	1/2/2021	368,645	425,026	6
H16	1/12/2016	31/11/2017	138,040	159,152	10
H16	1/12/2017	31/1/2018	139,664	160,776	7

H16	1/2/2018	1/2/2021	139,664	160,776	6
H17	1/12/2016	31/11/2017	412,112	474,408	10
H17	1/12/2017	31/1/2018	416,904	479,200	7
H17	1/2/2018	1/2/2021	416,904	479,200	6
H18	1/12/2016	31/11/2017	96,918	111,400	10
H18	1/12/2017	31/1/2018	98,032	109,172	7
H18	1/2/2018	1/2/2021	98,032	109,172	6
H19	1/12/2016	31/11/2017	68,000	81,000	10
H19	1/12/2017	31/1/2018	69,000	82,000	7
H19	1/2/2018	1/2/2021	69,000	82,000	6
H20	1/12/2016	31/11/2017	100,050	118,900	10
H20	1/12/2017	31/1/2018	101,500	120,350	7
H20	1/2/2018	1/2/2021	101,500	120,350	6
H21	1/12/2016	31/11/2017	73,500	87,150	10
H21	1/12/2017	31/1/2018	74,550	88,200	7
H21	1/2/2018	1/2/2021	74,550	88,200	6
H22	1/12/2016	31/11/2017	63,900	75,600	10
H22	1/12/2017	31/1/2018	64,800	76,500	7
H22	1/2/2018	1/2/2021	64,800	76,500	6
H23	1/12/2016	31/11/2017	2,160	2,550	10
H23	1/12/2017	31/1/2018	2,190	2,580	7
H23	1/2/2018	1/2/2021	2,190	2,580	6
H24	1/12/2016	31/11/2017	18,250	21,500	10
H24	1/12/2017	31/1/2018	18,500	21,750	7
H24	1/2/2018	1/2/2021	18,500	21,750	6
H25	1/12/2016	31/11/2017	73,630	86,565	10
H25	1/12/2017	31/1/2018	74,625	87,560	7
H25	1/2/2018	1/2/2021	74,625	87,560	6
H26	1/12/2016	31/11/2017	11,250	13,200	10
H26	1/12/2017	31/1/2018	11,400	13,350	7
H26	1/2/2018	1/2/2021	11,400	13,350	6
H27	1/12/2016	31/11/2017	76,000	89,000	10
H27	1/12/2017	31/1/2018	77,000	90,000	7
H27	1/2/2018	1/2/2021	77,000	90,000	6
H28	1/12/2016	31/11/2017	469,700	549,000	10
H28	1/12/2017	31/1/2018	475,800	555,100	7
H28	1/2/2018	1/2/2021	475,800	555,100	6
H29	1/12/2016	31/11/2017	97,500	113,750	10
H29	1/12/2017	31/1/2018	98,750	115,000	7
H29	1/2/2018	1/2/2021	98,750	115,000	6
H30	1/12/2016	31/11/2017	7,505	8,740	10
H30	1/12/2017	31/1/2018	7,600	8,835	7
H30	1/2/2018	1/2/2021	7,600	8,835	6
H31	1/12/2016	31/11/2017	181,632	211,147	10
H31	1/12/2017	31/1/2018	183,902	213,418	7
H31	1/2/2018	1/2/2021	183,902	213,418	6
H32	1/12/2016	31/11/2017	253,935	294,690	10
H32	1/12/2017	31/1/2018	257,070	297,825	7
H32	1/2/2018	1/2/2021	257,070	297,825	6
H33	1/12/2016	31/11/2017	34,276	39,710	10

H33	1/12/2017	31/1/2018	34,694	40,128	7
H33	1/2/2018	1/2/2021	34,694	40,128	6
H34	1/12/2016	31/11/2017	585,416	677,107	10
H34	1/12/2017	31/1/2018	592,469	684,160	7
H34	1/2/2018	1/2/2021	592,469	684,160	6
H35	1/12/2016	31/11/2017	14,784	17,072	10
H35	1/12/2017	31/1/2018	14,960	17,248	7
H35	1/2/2018	1/2/2021	14,960	17,248	6
H36	1/12/2016	31/11/2017	71,060	81,928	10
H36	1/12/2017	31/1/2018	71,896	82,764	7
H36	1/2/2018	1/2/2021	71,896	82,764	6
H37	1/12/2016	31/11/2017	16,120	18,557	10
H37	1/12/2017	31/1/2018	16,307	18,744	7
H37	1/2/2018	1/2/2021	16,307	18,744	6
H38	1/12/2016	31/11/2017	4,976	5,720	10
H38	1/12/2017	31/1/2018	5,034	5,548	7
H38	1/2/2018	1/2/2021	5,034	5,548	6
H39	1/12/2016	31/11/2017	22,440	26,730	10
H39	1/12/2017	31/1/2018	22,770	27,060	7
H39	1/2/2018	1/2/2021	22,770	27,060	6
H40	1/12/2016	31/11/2017	8,197	9,742	10
H40	1/12/2017	31/1/2018	8,316	9,860	7
H40	1/2/2018	1/2/2021	8,316	9,860	6
H41	1/12/2016	31/11/2017	1,232	1,461	10
H41	1/12/2017	31/1/2018	1,250	1,478	7
H41	1/2/2018	1/2/2021	1,250	1,478	6
H42	1/12/2016	31/11/2017	22,337	26,426	10
H42	1/12/2017	31/1/2018	22,651	26,741	7
H42	1/2/2018	1/2/2021	22,651	26,741	6
H43	1/12/2016	31/11/2017	15,048	17,765	10
H43	1/12/2017	31/1/2018	15,257	17,974	7
H43	1/2/2018	1/2/2021	15,257	17,974	6
H44	1/12/2016	31/11/2017	584,000	688,000	10
H44	1/12/2017	31/1/2018	592,000	696,000	7
H44	1/2/2018	1/2/2021	592,000	696,000	6
H45	1/12/2016	31/11/2017	370,000	435,000	10
H45	1/12/2017	31/1/2018	375,000	440,000	7
H45	1/2/2018	1/2/2021	375,000	440,000	6
H46	1/12/2016	31/11/2017	525,000	616,000	10
H46	1/12/2017	31/1/2018	532,000	623,000	7
H46	1/2/2018	1/2/2021	532,000	623,000	6

Thông tin dự thầu của công ty Trần Anh:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/6/2016	31/5/2017	10,880	12,960	10
H01	1/6/2017	31/12/2018	11,040	13,120	8
H01	1/1/2019	31/12/2020	11,040	13,120	9

H02	1/6/2016	31/5/2017	13,800	16,400	10
H02	1/6/2017	31/12/2018	14,000	16,600	8
H02	1/1/2019	31/12/2020	14,000	16,600	9
H03	1/6/2016	31/5/2017	3,500	4,150	10
H03	1/6/2017	31/12/2018	3,550	4,200	8
H03	1/1/2019	31/12/2020	3,550	4,200	9
H04	1/6/2016	31/5/2017	10,650	12,600	10
H04	1/6/2017	31/12/2018	10,800	12,750	8
H04	1/1/2019	31/12/2020	10,800	12,750	9
H05	1/6/2016	31/5/2017	2,880	3,400	10
H05	1/6/2017	31/12/2018	2,920	3,440	8
H05	1/1/2019	31/12/2020	2,920	3,440	9
H06	1/6/2016	31/5/2017	16,060	18,920	10
H06	1/6/2017	31/12/2018	16,280	19,140	8
H06	1/1/2019	31/12/2020	16,280	19,140	9
H07	1/6/2016	31/5/2017	18,500	21,750	10
H07	1/6/2017	31/12/2018	18,750	22,000	8
H07	1/1/2019	31/12/2020	18,750	22,000	9
H08	1/6/2016	31/5/2017	26,250	30,800	10
H08	1/6/2017	31/12/2018	26,600	31,150	8
H08	1/1/2019	31/12/2020	26,600	31,150	9
H09	1/6/2016	31/5/2017	2,280	2,670	10
H09	1/6/2017	31/12/2018	2,310	2,700	8
H09	1/1/2019	31/12/2020	2,310	2,700	9
H10	1/6/2016	31/5/2017	14,399	16,830	10
H10	1/6/2017	31/12/2018	14,586	17,017	8
H10	1/1/2019	31/12/2020	14,586	17,017	9
H11	1/6/2016	31/5/2017	4,033	4,705	10
H11	1/6/2017	31/12/2018	4,084	4,756	8
H11	1/1/2019	31/12/2020	4,084	4,756	9
H12	1/6/2016	31/5/2017	147,967	172,316	10
H12	1/6/2017	31/12/2018	149,840	174,189	8
H12	1/1/2019	31/12/2020	149,840	174,189	9
H13	1/6/2016	31/5/2017	39,920	46,407	10
H13	1/6/2017	31/12/2018	40,419	46,906	8
H13	1/1/2019	31/12/2020	40,419	46,906	9
H14	1/6/2016	31/5/2017	506,898	588,252	10
H14	1/6/2017	31/12/2018	513,156	594,510	8
H14	1/1/2019	31/12/2020	513,156	594,510	9
H15	1/6/2016	31/5/2017	355,634	412,015	10
H15	1/6/2017	31/12/2018	359,971	416,352	8
H15	1/1/2019	31/12/2020	359,971	416,352	9
H16	1/6/2016	31/5/2017	134,792	155,904	10
H16	1/6/2017	31/12/2018	136,416	157,528	8
H16	1/1/2019	31/12/2020	136,416	157,528	9
H17	1/6/2016	31/5/2017	402,528	464,824	10
H17	1/6/2017	31/12/2018	407,320	469,616	8
H17	1/1/2019	31/12/2020	407,320	469,616	9
H18	1/6/2016	31/5/2017	94,690	109,172	10
H18	1/6/2017	31/12/2018	95,804	110,286	8

H18	1/1/2019	31/12/2020	95,804	110,286	9
H19	1/6/2016	31/5/2017	86,000	99,000	10
H19	1/6/2017	31/12/2018	87,000	100,000	8
H19	1/1/2019	31/12/2020	87,000	100,000	9
H20	1/6/2016	31/5/2017	126,150	145,000	10
H20	1/6/2017	31/12/2018	127,600	146,450	8
H20	1/1/2019	31/12/2020	127,600	146,450	9
H21	1/6/2016	31/5/2017	71,400	85,050	10
H21	1/6/2017	31/12/2018	72,450	86,100	8
H21	1/1/2019	31/12/2020	72,450	86,100	9
H22	1/6/2016	31/5/2017	62,100	73,800	10
H22	1/6/2017	31/12/2018	63,000	74,700	8
H22	1/1/2019	31/12/2020	63,000	74,700	9
H23	1/6/2016	31/5/2017	2,100	2,490	10
H23	1/6/2017	31/12/2018	2,130	2,520	8
H23	1/1/2019	31/12/2020	2,130	2,520	9
H24	1/6/2016	31/5/2017	17,750	21,000	10
H24	1/6/2017	31/12/2018	18,000	21,250	8
H24	1/1/2019	31/12/2020	18,000	21,250	9
H25	1/6/2016	31/5/2017	71,640	84,575	10
H25	1/6/2017	31/12/2018	72,635	85,570	8
H25	1/1/2019	31/12/2020	72,635	85,570	9
H26	1/6/2016	31/5/2017	10,950	12,900	10
H26	1/6/2017	31/12/2018	11,100	13,050	8
H26	1/1/2019	31/12/2020	11,100	13,050	9
H27	1/6/2016	31/5/2017	74,000	87,000	10
H27	1/6/2017	31/12/2018	75,000	88,000	8
H27	1/1/2019	31/12/2020	75,000	88,000	9
H28	1/6/2016	31/5/2017	457,500	536,800	10
H28	1/6/2017	31/12/2018	463,600	542,900	8
H28	1/1/2019	31/12/2020	463,600	542,900	9
H29	1/6/2016	31/5/2017	95,000	111,250	10
H29	1/6/2017	31/12/2018	96,250	112,500	8
H29	1/1/2019	31/12/2020	96,250	112,500	9
H30	1/6/2016	31/5/2017	7,315	8,550	10
H30	1/6/2017	31/12/2018	7,410	8,645	8
H30	1/1/2019	31/12/2020	7,410	8,645	9
H44	1/6/2016	31/5/2017	568,000	672,000	10
H44	1/6/2017	31/12/2018	576,000	680,000	8
H44	1/1/2019	31/12/2020	576,000	680,000	9
H45	1/6/2016	31/5/2017	360,000	425,000	10
H45	1/6/2017	31/12/2018	365,000	430,000	8
H45	1/1/2019	31/12/2020	365,000	430,000	9
H46	1/6/2016	31/5/2017	511,000	602,000	10
H46	1/6/2017	31/12/2018	518,000	609,000	8
H46	1/1/2019	31/12/2020	518,000	609,000	9

Thông tin dự thầu của công ty CP Máy tính Hà Nội:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/1/2017	31/5/2018	10,880	12,960	8
H01	1/6/2018	31/5/2021	11,040	13,120	9
H02	1/1/2017	31/5/2018	13,800	16,400	8
H02	1/6/2018	31/5/2021	14,000	16,800	9
H03	1/1/2017	31/5/2018	3,500	4,150	8
H03	1/6/2018	31/5/2021	3,550	4,250	9
H04	1/1/2017	31/5/2018	10,650	12,600	8
H04	1/6/2018	31/5/2021	10,800	12,900	9
H05	1/1/2017	31/5/2018	2,880	3,400	8
H05	1/6/2018	31/5/2021	2,920	3,480	9
H06	1/1/2017	31/5/2018	16,060	18,920	8
H06	1/6/2018	31/5/2021	16,280	19,360	9
H07	1/1/2017	31/5/2018	18,500	21,750	8
H07	1/6/2018	31/5/2021	18,750	22,250	9
H08	1/1/2017	31/5/2018	26,250	30,800	8
H08	1/6/2018	31/5/2021	26,600	30,450	9
H09	1/1/2017	31/5/2018	2,280	2,670	8
H09	1/6/2018	31/5/2021	2,310	2,730	9
H10	1/1/2017	31/5/2018	14,399	16,830	8
H10	1/6/2018	31/5/2021	14,586	17,204	9
H11	1/1/2017	31/5/2018	4,033	4,705	8
H11	1/6/2018	31/5/2021	4,084	4,808	9
H12	1/1/2017	31/5/2018	147,967	172,316	8
H12	1/6/2018	31/5/2021	149,840	176,062	9
H13	1/1/2017	31/5/2018	39,920	46,407	8
H13	1/6/2018	31/5/2021	40,419	47,405	9
H14	1/1/2017	31/5/2018	506,898	588,252	8
H14	1/6/2018	31/5/2021	513,156	600,768	9
H15	1/1/2017	31/5/2018	355,634	412,015	8
H15	1/6/2018	31/5/2021	359,971	420,689	9
H16	1/1/2017	31/5/2018	134,792	155,904	8
H16	1/6/2018	31/5/2021	136,416	159,152	9
H17	1/1/2017	31/5/2018	402,528	464,824	8
H17	1/6/2018	31/5/2021	407,320	474,408	9
H18	1/1/2017	31/5/2018	94,690	109,172	8
H18	1/6/2018	31/5/2021	95,804	105,830	9
H19	1/1/2017	31/5/2018	86,000	99,000	8
H19	1/6/2018	31/5/2021	87,000	95,000	9
H20	1/1/2017	31/5/2018	126,150	145,000	8
H20	1/6/2018	31/5/2021	127,600	137,750	9
H21	1/1/2017	31/5/2018	71,400	85,050	8
H21	1/6/2018	31/5/2021	72,450	87,150	9
H22	1/1/2017	31/5/2018	62,100	73,800	8
H22	1/6/2018	31/5/2021	63,000	75,600	9

H23	1/1/2017	31/5/2018	2,100	2,490	8
H23	1/6/2018	31/5/2021	2,130	2,550	9
H24	1/1/2017	31/5/2018	17,750	21,000	8
H24	1/6/2018	31/5/2021	18,000	21,500	9
H25	1/1/2017	31/5/2018	71,640	84,575	8
H25	1/6/2018	31/5/2021	72,635	86,565	9
H26	1/1/2017	31/5/2018	10,950	12,900	8
H26	1/6/2018	31/5/2021	11,100	13,200	9
H27	1/1/2017	31/5/2018	74,000	87,000	8
H27	1/6/2018	31/5/2021	75,000	89,000	9
H28	1/1/2017	31/5/2018	457,500	536,800	8
H28	1/6/2018	31/5/2021	463,600	549,000	9
H29	1/1/2017	31/5/2018	95,000	111,250	8
H29	1/6/2018	31/5/2021	96,250	113,750	9
H30	1/1/2017	31/5/2018	7,315	8,550	8
H30	1/6/2018	31/5/2021	7,410	8,740	9
H31	1/1/2017	31/5/2018	177,091	206,606	8
H31	1/6/2018	31/5/2021	179,362	211,147	9
H32	1/1/2017	31/5/2018	247,665	288,420	8
H32	1/6/2018	31/5/2021	250,800	294,690	9
H33	1/1/2017	31/5/2018	33,440	38,874	8
H33	1/6/2018	31/5/2021	33,858	39,710	9
H34	1/1/2017	31/5/2018	571,309	663,001	8
H34	1/6/2018	31/5/2021	578,362	677,107	9
H35	1/1/2017	31/5/2018	14,432	16,720	8
H35	1/6/2018	31/5/2021	14,608	17,072	9
H36	1/1/2017	31/5/2018	69,388	80,256	8
H36	1/6/2018	31/5/2021	70,224	81,928	9
H37	1/1/2017	31/5/2018	15,745	18,182	8
H37	1/6/2018	31/5/2021	15,932	18,557	9
H38	1/1/2017	31/5/2018	4,862	5,606	8
H38	1/6/2018	31/5/2021	4,919	5,548	9
H39	1/1/2017	31/5/2018	28,380	32,670	8
H39	1/6/2018	31/5/2021	28,710	32,010	9
H40	1/1/2017	31/5/2018	10,336	11,880	8
H40	1/6/2018	31/5/2021	10,454	11,524	9
H41	1/1/2017	31/5/2018	1,197	1,426	8
H41	1/6/2018	31/5/2021	1,214	1,461	9
H42	1/1/2017	31/5/2018	21,707	25,797	8
H42	1/6/2018	31/5/2021	22,022	26,426	9
H43	1/1/2017	31/5/2018	14,630	17,347	8
H43	1/6/2018	31/5/2021	14,839	17,765	9
H44	1/1/2017	31/5/2018	568,000	672,000	8
H44	1/6/2018	31/5/2021	576,000	688,000	9
H45	1/1/2017	31/5/2018	360,000	425,000	8
H45	1/6/2018	31/5/2021	365,000	435,000	9
H46	1/1/2017	31/5/2018	511,000	602,000	8
H46	1/6/2018	31/5/2021	518,000	616,000	9

Thông tin dự thầu của công ty Setec:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/6/2016	31/5/2018	10,771	12,830	10
H01	1/6/2018	31/5/2020	11,261	13,382	12
H01	1/6/2020	31/5/2021	11,342	13,464	8
H02	1/6/2016	31/5/2018	13,662	16,236	10
H02	1/6/2018	31/5/2020	14,280	16,932	12
H02	1/6/2020	31/5/2021	14,382	17,034	8
H03	1/6/2016	31/5/2018	3,465	4,109	10
H03	1/6/2018	31/5/2020	3,621	4,284	12
H03	1/6/2020	31/5/2021	3,647	4,310	8
H04	1/6/2016	31/5/2018	10,544	12,474	10
H04	1/6/2018	31/5/2020	11,016	13,005	12
H04	1/6/2020	31/5/2021	11,093	13,082	8
H05	1/6/2016	31/5/2018	2,851	3,366	10
H05	1/6/2018	31/5/2020	2,978	3,509	12
H05	1/6/2020	31/5/2021	2,999	3,529	8
H06	1/6/2016	31/5/2018	15,899	18,731	10
H06	1/6/2018	31/5/2020	16,606	19,523	12
H06	1/6/2020	31/5/2021	16,718	19,635	8
H07	1/6/2016	31/5/2018	18,315	21,533	10
H07	1/6/2018	31/5/2020	19,125	22,440	12
H07	1/6/2020	31/5/2021	19,253	22,568	8
H08	1/6/2016	31/5/2018	25,988	30,492	10
H08	1/6/2018	31/5/2020	27,132	31,773	12
H08	1/6/2020	31/5/2021	27,311	31,952	8
H10	1/6/2016	31/5/2018	14,255	16,662	10
H10	1/6/2018	31/5/2020	14,878	17,357	12
H10	1/6/2020	31/5/2021	14,974	17,453	8
H14	1/6/2016	31/5/2018	501,829	582,369	10
H14	1/6/2018	31/5/2020	523,419	606,400	12
H14	1/6/2020	31/5/2021	526,611	609,592	8
H15	1/6/2016	31/5/2018	352,078	407,895	10
H15	1/6/2018	31/5/2020	367,170	424,679	12
H15	1/6/2020	31/5/2021	369,383	426,891	8
H16	1/6/2016	31/5/2018	133,444	154,345	10
H16	1/6/2018	31/5/2020	139,144	160,679	12
H16	1/6/2020	31/5/2021	139,973	161,507	8
H17	1/6/2016	31/5/2018	398,503	460,176	10
H17	1/6/2018	31/5/2020	415,466	479,008	12
H17	1/6/2020	31/5/2021	417,910	481,452	8
H18	1/6/2016	31/5/2018	93,743	108,080	10
H18	1/6/2018	31/5/2020	97,720	112,492	12
H18	1/6/2020	31/5/2021	98,288	113,060	8
H19	1/6/2016	31/5/2018	85,140	98,010	10
H19	1/6/2018	31/5/2020	88,740	102,000	12
H19	1/6/2020	31/5/2021	89,250	102,510	8
H20	1/6/2016	31/5/2018	124,889	143,550	10
H20	1/6/2018	31/5/2020	130,152	149,379	12

H20	1/6/2020	31/5/2021	130,892	150,119	8
H21	1/6/2016	31/5/2018	70,686	84,200	10
H21	1/6/2018	31/5/2020	73,899	87,822	12
H21	1/6/2020	31/5/2021	74,435	88,358	8
H22	1/6/2016	31/5/2018	61,479	73,062	10
H22	1/6/2018	31/5/2020	64,260	76,194	12
H22	1/6/2020	31/5/2021	64,719	76,653	8
H23	1/6/2016	31/5/2018	2,079	2,465	10
H23	1/6/2018	31/5/2020	2,173	2,570	12
H23	1/6/2020	31/5/2021	2,188	2,586	8
H24	1/6/2016	31/5/2018	17,573	20,790	10
H24	1/6/2018	31/5/2020	18,360	21,675	12
H24	1/6/2020	31/5/2021	18,488	21,803	8
H25	1/6/2016	31/5/2018	70,924	83,729	10
H25	1/6/2018	31/5/2020	74,088	87,281	12
H25	1/6/2020	31/5/2021	74,596	87,789	8
H26	1/6/2016	31/5/2018	10,841	12,771	10
H26	1/6/2018	31/5/2020	11,322	13,311	12
H26	1/6/2020	31/5/2021	11,399	13,388	8
H27	1/6/2016	31/5/2018	73,260	86,130	10
H27	1/6/2018	31/5/2020	76,500	89,760	12
H27	1/6/2020	31/5/2021	77,010	90,270	8
H28	1/6/2016	31/5/2018	452,925	531,432	10
H28	1/6/2018	31/5/2020	472,872	553,758	12
H28	1/6/2020	31/5/2021	475,983	556,869	8
H29	1/6/2016	31/5/2018	94,050	110,138	10
H29	1/6/2018	31/5/2020	98,175	114,750	12
H29	1/6/2020	31/5/2021	98,813	115,388	8
H30	1/6/2016	31/5/2018	7,242	8,465	10
H30	1/6/2018	31/5/2020	7,558	8,818	12
H30	1/6/2020	31/5/2021	7,606	8,866	8
H44	1/6/2016	31/5/2018	562,320	665,280	10
H44	1/6/2018	31/5/2020	587,520	693,600	12
H44	1/6/2020	31/5/2021	591,600	697,680	8
H45	1/6/2016	31/5/2018	356,400	420,750	10
H45	1/6/2018	31/5/2020	372,300	438,600	12
H45	1/6/2020	31/5/2021	374,850	441,150	8
H46	1/6/2016	31/5/2018	505,890	595,980	10
H46	1/6/2018	31/5/2020	528,360	621,180	12
H46	1/6/2020	31/5/2021	531,930	624,750	8

Thông tin dự thầu của công ty Phúc Anh:

Mã hàng hóa	Thời điểm đầu	Thời điểm kết thúc	Giá gốc	Giá bán	Chiết khấu
H01	1/1/2017	31/12/2018	10,771	12,830	11
H01	1/1/2019	31/12/2020	11,261	13,382	9
H02	1/1/2017	31/12/2018	14,076	16,728	11
H02	1/1/2019	31/12/2020	13,860	16,632	9

H03	1/1/2017	31/12/2018	3,570	4,233	11
H03	1/1/2019	31/12/2020	3,621	4,335	9
H04	1/1/2017	31/12/2018	10,544	12,474	11
H04	1/1/2019	31/12/2020	11,016	13,158	9
H05	1/1/2017	31/12/2018	2,938	3,468	11
H05	1/1/2019	31/12/2020	2,891	3,445	9
H06	1/1/2017	31/12/2018	16,381	19,298	11
H06	1/1/2019	31/12/2020	16,606	19,747	9
H07	1/1/2017	31/12/2018	18,315	21,533	11
H07	1/1/2019	31/12/2020	19,125	22,695	9
H08	1/1/2017	31/12/2018	26,775	31,416	11
H08	1/1/2019	31/12/2020	26,334	30,146	9
H09	1/1/2017	31/12/2018	2,326	2,723	11
H09	1/1/2019	31/12/2020	2,356	2,785	9
H10	1/1/2017	31/12/2018	14,255	16,662	11
H10	1/1/2019	31/12/2020	14,878	17,548	9
H11	1/1/2017	31/12/2018	4,114	4,799	11
H11	1/1/2019	31/12/2020	4,043	4,760	9
H12	1/1/2017	31/12/2018	150,926	175,762	11
H12	1/1/2019	31/12/2020	152,837	179,583	9
H13	1/1/2017	31/12/2018	39,521	45,943	11
H13	1/1/2019	31/12/2020	41,227	48,353	9
H14	1/1/2017	31/12/2018	517,036	600,017	11
H14	1/1/2019	31/12/2020	508,024	594,760	9
H15	1/1/2017	31/12/2018	362,747	420,255	11
H15	1/1/2019	31/12/2020	367,170	429,103	9
H16	1/1/2017	31/12/2018	133,444	154,345	11
H16	1/1/2019	31/12/2020	139,144	162,335	9
H17	1/1/2017	31/12/2018	410,579	474,120	11
H17	1/1/2019	31/12/2020	403,247	469,664	9
H18	1/1/2017	31/12/2018	96,584	111,355	11
H18	1/1/2019	31/12/2020	97,720	107,947	9
H19	1/1/2017	31/12/2018	85,140	98,010	11
H19	1/1/2019	31/12/2020	88,740	96,900	9
H20	1/1/2017	31/12/2018	128,673	147,900	11
H20	1/1/2019	31/12/2020	126,324	136,373	9
H21	1/1/2017	31/12/2018	72,828	86,751	11
H21	1/1/2019	31/12/2020	73,899	88,893	9
H22	1/1/2017	31/12/2018	61,479	73,062	11
H22	1/1/2019	31/12/2020	64,260	77,112	9
H23	1/1/2017	31/12/2018	2,142	2,540	11
H23	1/1/2019	31/12/2020	2,109	2,525	9
H24	1/1/2017	31/12/2018	18,105	21,420	11
H24	1/1/2019	31/12/2020	18,360	21,930	9
H25	1/1/2017	31/12/2018	70,924	83,729	11
H25	1/1/2019	31/12/2020	74,088	88,296	9
H26	1/1/2017	31/12/2018	11,169	13,158	11
H26	1/1/2019	31/12/2020	10,989	13,068	9

H27	1/1/2017	31/12/2018	75,480	88,740	11
H27	1/1/2019	31/12/2020	76,500	90,780	9
H28	1/1/2017	31/12/2018	452,925	531,432	11
H28	1/1/2019	31/12/2020	472,872	559,980	9
H29	1/1/2017	31/12/2018	96,900	113,475	11
H29	1/1/2019	31/12/2020	95,288	112,613	9
H30	1/1/2017	31/12/2018	7,461	8,721	11
H30	1/1/2019	31/12/2020	7,558	8,915	9
H42	1/1/2017	31/12/2018	21,490	25,539	11
H42	1/1/2019	31/12/2020	22,462	26,955	9
H43	1/1/2017	31/12/2018	14,923	17,694	11
H43	1/1/2019	31/12/2020	14,691	17,587	9
H44	1/1/2017	31/12/2018	579,360	685,440	11
H44	1/1/2019	31/12/2020	587,520	701,760	9
H45	1/1/2017	31/12/2018	356,400	420,750	11
H45	1/1/2019	31/12/2020	372,300	443,700	9
H46	1/1/2017	31/12/2018	521,220	614,040	11
H46	1/1/2019	31/12/2020	512,820	609,840	9

Phụ lục B - Danh sách rủi ro

Category	Risk	Financial impact	Risk level	Probability
Executive Support	Executives fail to support project	\$20,000	Extreme	1.55%
	Executives become disengaged with project	\$15,000	Extreme	0.22%
	Conflict between executive stakeholders disrupts project	\$30,000	Extreme	0.40%
	Executive turnover disrupts project	\$35,000	Extreme	0.72%
Scope	Scope is ill defined	\$50,000	Extreme	15.00%
	Scope creep inflates scope	\$50,000	High	0.70%
	Gold plating inflates scope	\$30,000	High	0.09%
	Estimates are inaccurate	\$400,000	Extreme	30.00%
	Dependencies are inaccurate	\$10,000	Extreme	12.00%
	Activities are missing from scope	\$20,000	Extreme	95.00%
Cost Management	Cost forecasts are inaccurate	\$500,000	Extreme	95.00%
	Exchange rate variability	\$50,000	Medium	11.00%
	Increase costs of salary budget	\$80,000	High	26.00%
	Compensation for slow deployment	\$400,000	High	70.00%
	Compensation for low quality of project	\$500,000	High	20.00%
	Compensation for missing operational procedures	\$100,000	High	20.00%
Change Management	Change management overload	\$6,000	Medium	0.44%
	Stakeholder conflict over proposed changes	\$16,000	Medium	0.81%
	Perceptions that a project failed because of changes	\$24,000	Medium	0.91%
	Lack of a change management system	\$12,000	Medium	0.86%
	Lack of a change management process	\$12,000	Medium	0.59%
	Lack of a change control board	\$3,000	Medium	0.60%
	Inaccurate change priorities	\$4,000	Medium	14.00 %
	Low quality of change requests	\$18,000	High	16.00%
	Change request conflicts with requirements	\$23,000	Medium	24.00%
Stakeholders	Stakeholders become disengaged	\$40,000	Medium	0.37%
	Stakeholders have inaccurate expectations	\$145,000	High	0.50%
	Stakeholder turnover	\$233,000	High	0.15%

	Stakeholders fail to support project	\$300,000	High	0.00%
	Stakeholder conflict	\$245,000	High	0.99%
	Process inputs are low quality	\$67,000	High	0.40%
Communication	Project team misunderstand requirements	\$460,000	Low	95.00%
	Communication overhead	\$20,000	Low	0.54%
	Under communication	\$5,500	Low	90.00%
	Users have inaccurate expectations	\$250,000	High	90.00%
	Impacted individuals aren't kept informed	\$34,000	Low	0.25%
Resources & Team	Resource shortfalls	\$25,000	Low	0.89%
	Learning curves lead to delays and cost overrun	\$50,000	Low	0.59%
	Training isn't available	\$3,500	Low	0.35%
	Training is inadequate	\$4,200	Low	0.96%
	Resources are inexperienced	\$47,000	Low	60.00%
	Resource performance issues	\$75,000	Low	0.44%
	Team members with negative attitudes towards the project	\$25,000	Medium	0.08%
	Resource turnover	\$12,000	Medium	0.55%
	Low team motivation	\$56,000	Medium	0.88%
	Lack of commitment from functional managers	\$24,000	Medium	0.98%
	Lack of experienced workforce	\$80,000	High	0.70%
	Declining interest to work in project	\$33,000	High	0.78%
	Required better wages	\$45,000	High	0.83%
	Managers lack of skills in recruiting and selection	\$15,000	Low	0.38%
	Teaming "difficult" employees	\$40,000	High	0.65%
	Managers lack of skills dealing with conflicts	\$15,000	High	0.50%
	Employees quit after training	\$6,000	Low	0.83%
	Managers not involved in training	\$2,000	Low	0.56%
	Lack of evaluation procedures	\$8,000	High	0.20%
	Lack of discipline process	\$22,000	High	0.87%
	Employees disregard sanitation, safety regulation	\$3,000	Low	0.18%
	Employees inept with procedures	\$4,000	Low	0.81%
	Employees require incentives to follow operating procedures	\$42,000	High	0.83%
	Costs of benefits to retain employees	\$27,000	High	0.41%
	Language barrier for communication	\$9,000	Medium	0.79%
	Leave job without notification	\$38,000	High	0.62%

	Achievement remain unrecognized	\$4,000	Low	0.05%
	Employees have to do a lot of overtime task	\$285,000	High	0.13%
Architecture	Architecture fails to pass governance processes	\$1,000	Low	0.61%
	Architecture lacks flexibility	\$27,000	Medium	0.32%
	Architecture is not fit for purpose	\$250,000	High	0.95%
	Architecture is infeasible	\$90,000	High	1.00%
Design	Design is infeasible	\$169,000	Extreme	0.08%
	Design lacks flexibility	\$131,000	High	0.55%
	Design is not fit for purpose	\$267,000	Extreme	0.75%
	Design fails peer review	\$35,000	Extreme	0.70%
Technical	Technology components aren't fit for purpose	\$80,000	High	0.85%
	Technology components aren't scalable	\$20,000	High	0.59%
	Technology components aren't interoperable	\$13,000	High	0.61%
	Technology components aren't compliant with standards and best practices	\$15,000	High	0.31%
	Technology components have security vulnerabilities	\$14,000	High	0.45%
	Technology components are over-engineered	\$9,000	High	0.34%
	Technology components lack stability	\$22,000	High	0.40%
	Technology components aren't extensible	\$4,000	High	0.12%
	Technology components aren't reliable	\$4,000	High	0.14%
	Information security incidents	\$19,000	High	0.18%
	System outages	\$2,000	High	0.03%
	Legacy components lack documentation	\$2,000	High	0.67%
	Legacy components are out of support	\$2,000	High	0.93%
	Components or products aren't maintainable	\$65,000	High	0.50%
	Components or products can't be operationalized	\$187,000	High	0.75%
	Project management tool problems & issues	\$2,000	High	0.48%
Integration	Delays to required infrastructure	\$9,000	Medium	0.33%
	Failure to integrate with business processes	\$33,000	Medium	0.95%
	Failure to integrate with systems	\$39,000	Medium	0.05%
	Integration testing environments aren't available	\$28,000	Medium	0.47%

	Failure to integration with the organization	\$34,000	Medium	0.12%
	Failure to integrate components	\$21,000	Medium	0.09%
	Project disrupts operations	\$38,000	Medium	0.87%
	Project disrupts sales	\$23,000	Medium	0.10%
	Project disrupts compliance	\$22,000	Medium	0.81%
Requirements	Requirements fail to align with strategy	\$33,000	High	0.28%
	Requirements fail to align with business processes	\$98,000	High	0.37%
	Requirements fail to align with systems	\$101,000	High	0.90%
	Requirements have compliance issues	\$32,000	High	0.27%
	Requirements are ambiguous	\$34,000	High	0.33%
	Requirements are low quality	\$54,000	High	0.79%
	Requirements are incomplete	\$65,000	High	0.29%
Decisions & Issue Resolution	Decision delays impact project	\$23,000	Low	0.09%
	Decisions are ambiguous	\$11,000	Low	0.16%
	Decisions are low quality	\$43,000	Low	0.75%
	Decisions are incomplete	\$21,000	Low	0.01%
Procurement	No response to RFP	\$3,000	Low	0.86%
	Low quality responses to RFP	\$2,000	Low	0.92%
	Failure to negotiation a reasonable price for contracts	\$4,000	Low	0.78%
	Unacceptable contract terms	\$5,000	Low	0.93%
	Conflict with vendor leads to project issues	\$2,000	Low	0.74%
	Conflict between vendors leads to project issues	\$1,400	Low	0.78%
	Vendors start late	\$6,000	Low	0.45%
	Vendor components fail to meet requirements	\$5,000	Low	0.14%
	Vendor components are low quality	\$4,000	Low	0.94%
	Infrastructure is low quality	\$9,000	Low	0.27%
	Service quality is low	\$8,000	Low	0.85%
	Vendor components introduce third party liability	\$3,000	Low	0.89%
	Loss of intellectual property	\$4,000	Low	0.47%
	Project team lack authority to complete work	\$34,000	Low	0.45%
	Authority is unclear	\$3,000	Low	0.76%
Approvals & Red Tape	Delays to stakeholder approvals impact the project	\$15,000	Low	0.01%
	Delays to financial approvals impact the project	\$67,000	Low	0.91%

	Delays to procurement processes impact the project	\$3,500	Low	0.25%
	Delays to recruiting processes impact the project	\$23,000	Low	0.33%
	Delays to training impact the project	\$3,000	Low	0.29%
Organizational	The project fails to match the organization's culture	\$2,000	Low	0.55%
	An organizational restructuring throws the project into chaos	\$3,000	Low	0.42%
	A merger or acquisition disrupts the project	\$1,000	Low	0.08%
External	Legal & regulatory change impacts project	\$2,000	Low	0.14%
	Force Majeure (e.g. act of nature) impacts project	\$5,000	Low	0.67%
	Market forces impact project	\$10,000	Low	0.70%
	Technical change impacts project	\$150,000	Low	0.76%
	Business change impacts project	\$210,000	High	0.63%
Project Management	Failure to follow methodology	\$34,000	High	0.93%
	Lack of management or control	\$32,000	High	0.37%
	Errors in key project management processes	\$29,000	High	0.62%
Secondary Risks	Counterparty risk	\$137,000	High	0.50%
User Acceptance	Users reject the prototype	\$68,000	Extreme	0.40%
	User interface doesn't allow users to complete tasks	\$42,000	Extreme	0.59%
	User interface is low quality	\$49,000	Extreme	0.66%
	User interface isn't accessible	\$8,000	Extreme	0.75%
	Project reduces business productivity	\$20,000	High	0.91%
	Project reduces innovation	\$20,000	Low	0.13%
	Product disrupts business metrics (measurements of objectives)	\$30,000	Medium	0.16%
	Users reject the product	\$99,000	Extreme	0.42%
Commercial	Product doesn't sell	\$120,000	Low	0.30%
	Product incurs legal liability	\$23,000	Low	0.60%
	Product negatively affects brand	\$21,000	Low	0.87%
	Product negatively affects reputation	\$50,000	Low	0.49%