

ỨNG DỤNG AHP ĐỂ XÂY DỰNG MÔ HÌNH LỰA CHỌN CHỦ NHIỆM DỰ ÁN

ThS. Nguyễn Thanh Phong¹

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu một mô hình hỗ trợ ra quyết định (RQĐ) giúp cho Ban quản lý dự án (QLDA) cũng như các doanh nghiệp xây dựng trong việc đánh giá và lựa chọn ứng viên có năng lực nhất cho chức danh chủ nhiệm dự án (CNDA) bằng cách tích hợp phương pháp AHP và hệ hỗ trợ RQĐ Expert Choice. Đề tài nghiên cứu khởi đầu bằng việc tìm hiểu tổng quan các lĩnh vực kiến thức cốt lõi về QLDA xây dựng và vai trò của người CNDA trong quá trình QLDA. Tiếp theo, nó khảo sát và nhận dạng các yếu tố cũng như các tiêu chuẩn cần phải được xem xét trong quá trình đánh giá và lựa chọn người CNDA. Sau cùng, một mô hình hỗ trợ RQĐ mẫu mang tên CPMS sẽ được xây dựng, thử nghiệm và phát triển dựa trên ứng dụng của phương pháp định lượng AHP. Ngoài ra, phân tích độ nhạy của mô hình được thực hiện để kiểm tra “mức độ nhạy cảm” trong những ý kiến đánh giá đối với quyết định lựa chọn cuối cùng. Mô hình này được kỳ vọng sẽ cung cấp một hướng dẫn có cấu trúc, giúp tiết kiệm thời gian, nguồn lực và giảm thiểu những thiếu sót chủ quan của người RQĐ trong quá trình đánh giá và lựa chọn người CNDA.

Từ khóa: AHP, Chủ nhiệm dự án, Quản lý dự án, Hệ hỗ trợ ra quyết định, Expert Choice

ABSTRACT

This paper deals with developing a decision support model for Project Management Unit (PMU) as well as construction's companies in evaluating and selecting the most qualified candidate for position of Project Manager by integration in Analytic Hierarchy Process (AHP) method and Decision Support System (Expert Choice software). The first objective of this research is to study an overview construction's project management body of knowledge and characteristics and responsibilities of Project Manager in project management process. In the next stage, the identification of the factors and criteria that should be considered in selection process will be carried out. Finally, a new prototype decision support model called CPMS (Construction's Project Manager Selection) will be developed, tested and expanded based on the application of AHP. Furthermore, a sensitivity analysis can be performed to check the sensitivity of the final decisions to minor changes in judgments. It is strongly believed that the proposed prototype model-CPMS will provide more structured approach, save the time, reduce manpower resources, and supply formulating guidelines in evaluation and selection process of a Project Manager.

Key words: Analytic Hierarchy Process (AHP), Project Manager, Project Management, Decision Support System (Expert Choice software)

Đặt vấn đề

Xây dựng là một trong những ngành công nghiệp mũi nhọn của nền kinh tế quốc dân và đóng vai trò vô cùng quan trọng trong việc xây dựng cơ sở hạ tầng của xã

hội. Trong những năm gần đây, cùng với đà phát triển kinh tế của đất nước, ngành công nghiệp xây dựng Việt Nam cũng có tốc độ tăng trưởng rất cao đòi hỏi phải có những cải tiến mới về công nghệ, kỹ

¹Giảng viên Khoa Xây dựng và Điện, Trường Đại học Mở TP.HCM.

thuật và quản lý theo hướng công nghiệp hóa và hiện đại hóa. Các dự án xây dựng với mức vốn đầu tư đáng kể cần phải hoàn thành đúng hạn và đạt yêu cầu chất lượng trong ngân sách cho phép. Hơn thế nữa, năng lực quản trị dự án, khả năng tổ chức, điều hành cũng như tố chất kiến thức, kinh nghiệm và nghệ thuật lãnh đạo của cá nhân chủ nhiệm dự án đều có ảnh hưởng nhất định đến việc đạt được mục tiêu của dự án [1]. Để đáp ứng các yêu cầu này, việc đánh giá và lựa chọn được người CNDA có năng lực là một bài toán vô cùng cấp thiết.

Có thể nói mức độ thành công của bất kỳ dự án xây dựng nào đều phụ thuộc vào triết lý căn bản: “đúng người đúng việc”. Việc lựa chọn CNDA là việc xem xét, đánh giá và lựa chọn được người có năng lực điều hành, QLDA và chịu trách nhiệm trực tiếp, điều động tất cả công việc để thực hiện dự án bao gồm từ khâu hoạch định, tổ chức, lãnh đạo đến kiểm soát dự án. Đề tài nghiên cứu nhằm mục đích xây dựng một mô hình hỗ trợ RQĐ cho Ban QLDA cũng như các doanh nghiệp xây dựng trong việc đánh giá và lựa chọn ứng viên có năng lực cho chức danh CNDA bằng cách ứng dụng phương pháp AHP dựa trên lý thuyết phân tích ra quyết định đa tiêu chuẩn. Để đạt được điều này, đề tài tập trung vào những mục tiêu cụ thể sau: (i) Tìm hiểu vai trò, đặc điểm, trách nhiệm cũng như thách thức của người CNDA trong các dự án xây dựng; (ii) Nghiên cứu tổng quan về phương pháp định lượng và các lý thuyết ra quyết định trong quản lý; (iii) Khảo sát và nhận dạng những tiêu chuẩn hiệu quả và tiềm năng được sử dụng cho quá trình đánh giá và lựa chọn CNDA xây dựng; (iv) Xây dựng, thử nghiệm và đánh giá mô hình hỗ trợ ra quyết định mẫu giúp cho các chuyên gia trong việc lựa chọn ứng viên có năng lực thích hợp nhất cho chức danh CNDA.

Phương pháp luận AHP

Vào những năm đầu thập niên 1980, nhà toán học người Mỹ Thomas L. Saaty đã phát minh ra một phương pháp RQĐ đa tiêu chuẩn mang tên AHP (Analytic Hierarchy Process) [7]. Mục tiêu của nó là nhằm lượng hóa mối quan hệ những độ ưu tiên của một tập hợp các phương án cho sẵn trên một thang đo tỷ lệ dựa vào những ý kiến đánh giá và nhấn mạnh tầm quan trọng của những phán đoán trực giác của người RQĐ cũng như tính nhất quán trong việc so sánh các phương án thông qua quá trình so sánh từng cặp (Saaty, 1980). Ngoài ra, AHP còn kết hợp được cả hai mặt tư duy của con người, cả về định tính lẫn định lượng. Định tính được thể hiện qua sự sắp xếp có thứ bậc, còn định lượng thể hiện qua sự mô tả các đánh giá, sự ưa thích thông qua các con số có thể dùng để mô tả nhận định của con người về tất cả các vấn đề vô hình lẫn vật lý hữu hình, mô tả cảm xúc, trực giác đánh giá của con người [2].

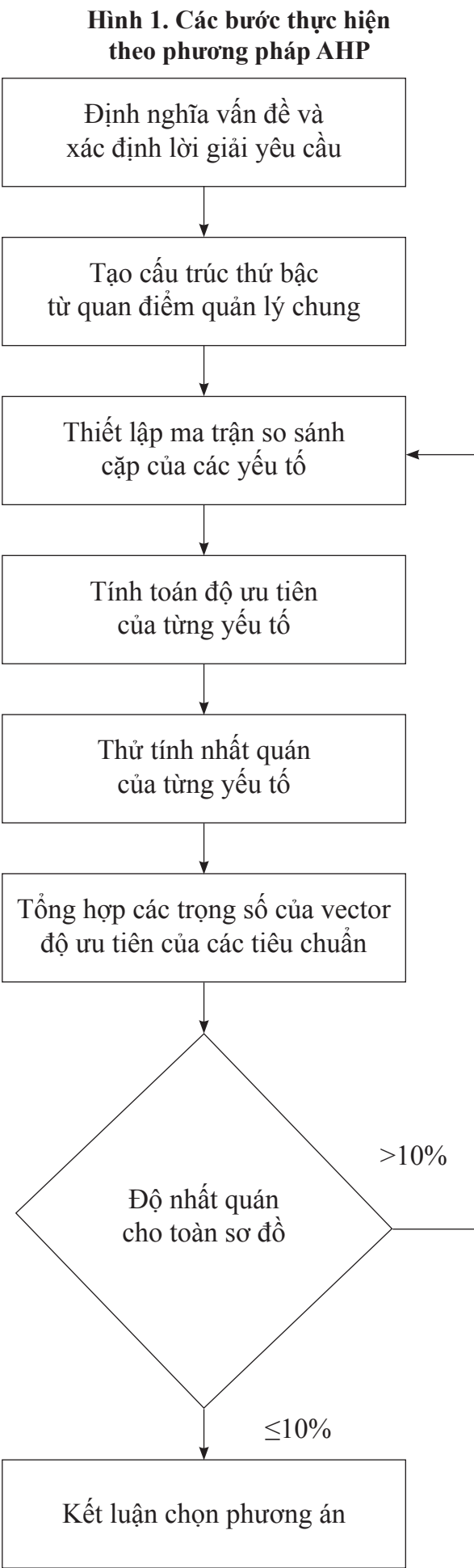
AHP đã được nghiên cứu và áp dụng từ rất lâu ở các nước trên thế giới vào các lĩnh vực khác nhau như: Vấn đề tiết kiệm năng lượng và cuộc xung đột ở Trung Đông năm 1972; Kế hoạch giao thông ở Sudan 1973-1975; Sự khám phá khoáng sản ở Maurutania năm 1976; Hoạch định cho nền giáo dục Đại học ở Mỹ năm 1976; Cuộc bầu cử tổng thống năm 1976 và năm 1980; Cuộc xung đột ở miền Bắc Ireland năm 1977; Chính sách khủng bố năm 1978; Việc dự đoán kết quả của một trận vô địch cờ thế giới 1978; Việc lựa chọn vốn đầu tư cho sản phẩm năm 1979; Thị trường chứng khoán năm 1980; Giá dầu trong thập niên 1980; Xung đột ở Nam Á năm 1981; Xây dựng mô hình lựa chọn danh mục đầu tư (Mohammed.I.A, Khalil 2000); Quản lý dự án (Kamal M. Al-Subhi Al-Harbi 2001); Các bài toán kỹ thuật (Saaty, Vargas, 2001)...và còn rất nhiều ứng dụng khác nữa [2].

Một trong những ưu điểm của phương pháp AHP là nó cung cấp một công cụ kiểm tra tính nhất quán của các ý kiến đánh giá gọi là chỉ số nhất quán. Saaty (1995) đã định nghĩa sự nhất quán như sau: “Những cường độ giữa những ý tưởng hay đối tượng có liên quan nhau dựa trên một tiêu chuẩn cụ thể để hiệu chỉnh lẫn nhau trong cùng một phương pháp so sánh hợp lý” [6]. Trong thực tế, người RQĐ chỉ ước lượng duy nhất giá trị đúng của các phần tử trong ma trận so sánh cặp bằng cách gán cho nó một giá trị từ thang đo 9 mức so sánh (bảng 1).

Bảng 1. Thang đánh giá 9 mức so sánh của phương pháp AHP [4]

Mức độ quan trọng	So sánh
1	Quan trọng như nhau
2	Mức giữa 1 và 3
3	Tương đối quan trọng hơn
4	Mức giữa 3 và 5
5	Quan trọng hơn nhiều
6	Mức giữa 5 và 7
7	Rất quan trọng hơn
8	Mức giữa 7 và 9
9	Tuyệt đối quan trọng hơn

Hình 1 sau trình bày lưu đồ tóm tắt các bước tiến hành theo phương pháp AHP.



Sau khi gán, việc sắp xếp giá trị các phần tử của ma trận so sánh được xác định theo công thức sau: $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} + e_{ij}$ (1), với

e_{ij} là sai số diễn tả tính không nhất quán khi RQĐ so sánh nhân tố i đối với nhân tố j . Theo Saaty (1994), điều này sẽ dẫn đến việc xác định một chỉ số nhất quán CI được dùng để đánh giá chất lượng của ma trận so sánh cặp: $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ (2), với $\lambda_{\max}$ là

giá trị đặc trưng max và n là kích thước của ma trận so sánh cặp. Sự sai khác thể hiện qua hiệu $(\lambda_{\max} - n)$ có thể được sử dụng để đo lường tính không nhất quán. Sự nhất quán hoàn toàn xảy ra khi $\lambda_{\max} - n = 0$, tuy nhiên trong nhiều trường hợp $\lambda_{\max} - n \geq n$. Giá trị CI càng gần 0 thì những ý kiến đánh giá của người RQĐ càng nhất quán. Hơn thế nữa, để làm rõ thêm sự đo lường tính không nhất quán này, chỉ số nhất quán CI vừa tính ở bước trên có thể thay đổi bằng thuật ngữ tỷ số nhất quán CR hay tỷ số không nhất quán IR. Thông qua mô phỏng một số lượng rất lớn sự so sánh cặp được phát ra một cách ngẫu nhiên cho các kích cỡ ma trận khác nhau, Saaty đã đưa ra công thức sau:

$$IR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Trong đó n là kích thước của ma trận và RI là chỉ số ngẫu nhiên nhất quán trung bình.

Như vậy, phương pháp AHP đo được sự nhất quán thông qua tỷ số nhất quán CR. Tuy nhiên, kinh nghiệm thực tế đề nghị rằng giá trị của tỷ số không nhất quán IR nên nằm giữa (0; 0,1), khi đó kết quả của những sự đánh giá ngẫu nhiên là chấp nhận được, nếu lớn hơn thì sự nhận định là hơi ngẫu nhiên hay sự đánh giá thiếu tính nhất quán, ta nên thực hiện lại việc đánh giá (Saaty và Vargas, 2001).

Hệ hỗ trợ ra quyết định Expert Choice

Trong nghiên cứu này, phần mềm Expert Choice được sử dụng cho việc xây dựng mô hình mẫu cho việc đánh giá và lựa chọn CNDA theo phương pháp luận AHP.

Phương pháp nghiên cứu

A - Phỏng vấn sâu

Trước khi tiến hành xây dựng bảng câu hỏi khảo sát, tác giả đã có cuộc phỏng vấn sâu với 4 chuyên gia quản lý dự án xây dựng và 2 chuyên gia về quản lý nhân sự. Mục tiêu của các phỏng vấn sâu là nhằm xác định các yêu cầu cơ bản nhất cũng như các tiêu chuẩn chung cần xem xét cho quá trình đánh giá và lựa chọn ứng viên thích hợp nhất cho chức danh CNDA. Để đạt được mục tiêu này, kỹ thuật phỏng vấn sâu bán cấu trúc được lựa chọn nhằm khuyến khích sự thảo luận chi tiết và sự tương tác nhiều hơn để dễ dàng so sánh ý kiến giữa các chuyên gia được phỏng vấn.

Kết quả sau các cuộc phỏng vấn, tất cả các chuyên gia được phỏng vấn đều đưa ra cùng một ý kiến đó là tiêu chuẩn “*Kinh nghiệm quản lý dự án*” phải được xem xét là một trong những tiêu chuẩn chính quan trọng nhất trong các tiêu chuẩn đánh giá và lựa chọn người CNDA. Ngoài ra, các chuyên gia cũng đã chia sẻ rằng những ứng viên có kinh nghiệm quản lý những dự án xây dựng trước đây có quy mô và yêu cầu tương tự với dự án mà doanh nghiệp hay ban QLDA đang thực hiện thì sẽ được xem xét đánh giá ưu tiên hơn các ứng viên khác. Các chuyên gia đã khẳng định rằng chức danh CNDA chỉ nên dành cho những ai đã có ít nhất 5 năm kinh nghiệm công tác QLDA bởi vì theo các chuyên gia kinh nghiệm của ứng viên đóng một vai trò vô cùng quan trọng trong quá trình điều hành QLDA, đặc biệt là khi cần phải đưa ra những quyết định quan trọng trong những tình huống bất ngờ không lường trước được.

Tổng hợp từ các ý kiến của các chuyên gia được phỏng vấn, tác giả đã sắp xếp và phân loại các tiêu chuẩn cần phải xem xét và đánh giá trong quá trình lựa chọn người CNDA như trong bảng 2.

B- Khảo sát bằng bảng câu hỏi

Dùng phương pháp lấy mẫu thuận tiện, với 100 bảng câu hỏi được phát ra thì số lượng bảng câu hỏi được nhận trở lại là 77 bảng, chiếm tỷ lệ 77%. Trong đó, chỉ có 72 bảng câu hỏi là hợp lệ và có thể sử dụng được, như vậy tỷ lệ hồi đáp là 77% và tỷ lệ bảng câu hỏi hợp lệ là 72%.

Thông qua khảo sát bảng câu hỏi, kết quả cho thấy phần lớn những người tham gia trả lời bảng câu hỏi đều có kinh nghiệm, kiến thức cũng như bằng cấp chuyên môn nhất định liên quan đến QLDA. Đây là nguồn cung cấp thông tin đáng tin cậy để tham khảo cho việc xây dựng các tiêu chuẩn chung của quá trình đánh giá và lựa chọn người CNDA.

Ngoài ra, trong các nhóm tiêu chuẩn các yêu cầu cơ bản trong bảng câu hỏi khảo sát, những người hồi đáp đều trả lời rằng tiêu chuẩn quan trọng nhất để xem xét trong quá trình lựa chọn người CNDA là tiêu chuẩn “*Kinh nghiệm quản lý dự án*”. Như vậy, kết quả của nghiên cứu bằng khảo sát bảng câu hỏi này hoàn toàn phù hợp với các nhận định của các chuyên gia quản lý trong các cuộc phỏng vấn sâu được tiến hành trước đây. Sau tiêu chuẩn “*Kinh nghiệm quản lý dự án*” thì “*Quan hệ - giao tiếp*” và “*Bằng cấp chuyên môn/chứng chỉ quản lý dự án*” là những tiêu chuẩn quan trọng tiếp theo có một vị trí tương đối nhất định trong quá trình đánh giá và lựa chọn ứng viên.

Bảng 2. Các tiêu chuẩn đánh giá và lựa chọn CNDA

Tiêu chuẩn đánh giá và lựa chọn CNDA
I - Yêu cầu cơ bản
1. Kinh nghiệm quản lý dự án

2. Bằng cấp, chứng chỉ QLDA
3. Khả năng quan hệ - giao tiếp
4. Biết sử dụng thành thạo phần mềm QLDA (Microsoft Project, Primavera...)
5. Tình trạng Sức khỏe
6. Thông thạo ngoại ngữ
7. Có kiến thức, hiểu biết về pháp luật và an toàn lao động

II- Kỹ năng quản lý
A. Kỹ năng quản lý dự án
1. Hoạch định
2. Tổ chức
3. Lãnh đạo
4. Kiểm soát
B. Kỹ năng quản lý khác
1. Tổ chức và điều hành cuộc họp
2. Quản lý thời gian
3. Quản lý nguồn nhân lực
4. Viết thư giao dịch & làm báo cáo
5. Thương lượng và đàm phán

III - Kỹ năng cá nhân
1. Kỹ năng ra quyết định
2. Kỹ năng giải quyết vấn đề
3. Kỹ năng trình bày
4. Khả năng huấn luyện và đào tạo
5. Chịu áp lực công việc cao

Xây dựng và áp dụng mô hình CPMS

Mô hình lựa chọn CNDA mang tên CPMS (Construction’s Project Manager Selection) sẽ hỗ trợ người RQĐ bằng cách tính toán tự động và cho ra kết quả trọng số toàn bộ các tiêu chuẩn RQĐ, từ đó nhận biết được những tiêu chuẩn nào là quan

trọng nhất. Tiêu chuẩn được ưu tiên xếp hạng cao nhất trong giai đoạn này sẽ được sử dụng để xem xét đánh giá những ứng cử viên đủ năng lực và phù hợp nhất cho chức danh CNDA. Ngoài ra, mô hình mẫu cũng tổng hợp độ ưu tiên của các ứng viên được so sánh và đưa ra danh sách xếp hạng các phương án để từ đó cho phép người RQĐ đưa ra sự lựa chọn cuối cùng.

Các bước xây dựng mô hình mẫu CPMS được thể hiện trong hình 2 và cấu trúc thứ bậc của mô hình mẫu được biểu diễn ở hình 3. Mô hình này đã được tác giả thử nghiệm ở công ty cổ phần đầu tư và xây dựng công nghiệp tại Tp.HCM, thông qua đánh giá tổ chuyên gia gồm 3 thành viên: Giám đốc, Phó giám đốc và Trưởng Phòng kỹ thuật và quản lý dự án. Sau khi xem xét hồ sơ công tác và danh sách các cán bộ kỹ thuật và quản lý trong công ty, tổ chuyên gia đã xét duyệt danh sách gồm ứng viên để tiến hành cuộc đánh giá và lựa chọn CNDA dựa trên mô hình hỗ trợ RQĐ mẫu CPMS. Kết quả tính toán độ ưu tiên tổng thể của các ứng viên được thể hiện bằng đồ thị cũng như bằng số trong hình 4 cho thấy ứng viên 1 có điểm số cao nhất chính là ứng viên nên được lựa chọn (0,403).

Sau khi tổng hợp độ ưu tiên của những ứng cử viên, các chuyên gia có thể khảo sát và phân tích độ nhạy từ những tiêu chuẩn chính hoặc tiêu chuẩn phụ nằm bên dưới mục tiêu để đánh giá mức độ “nhạy cảm” của các ứng viên đối với các tiêu chuẩn chính và các tiêu chuẩn phụ (xem minh họa ở hình 5 và hình 6).

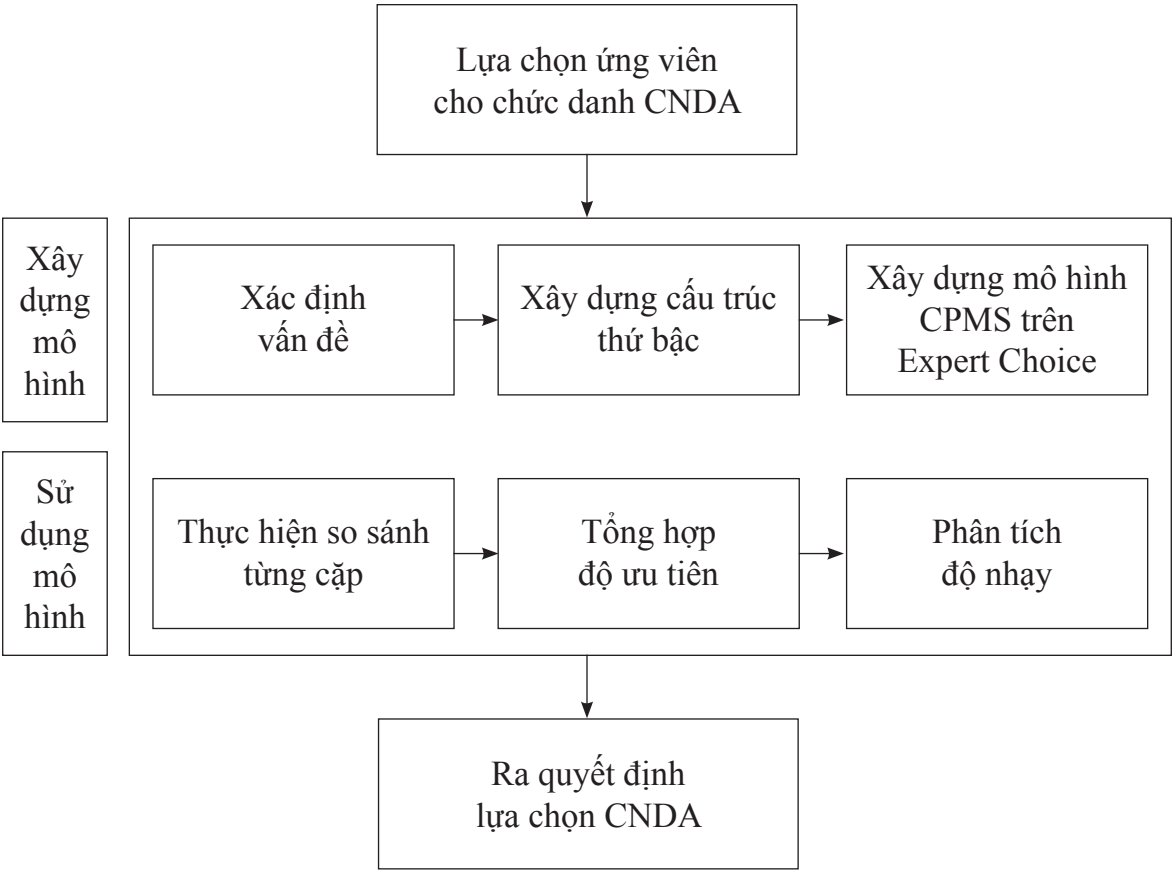
Kết luận và kiến nghị

Thông qua khảo sát bằng bảng câu hỏi, kết quả có tới 77,8% số người trả lời rằng việc đánh giá và lựa chọn CNDA chủ yếu dựa vào kinh nghiệm của người đánh giá và 22,2% trả lời có sử dụng phương pháp liệt kê và chấm điểm. Ngoài ra, 100% số người trả lời đều không hề

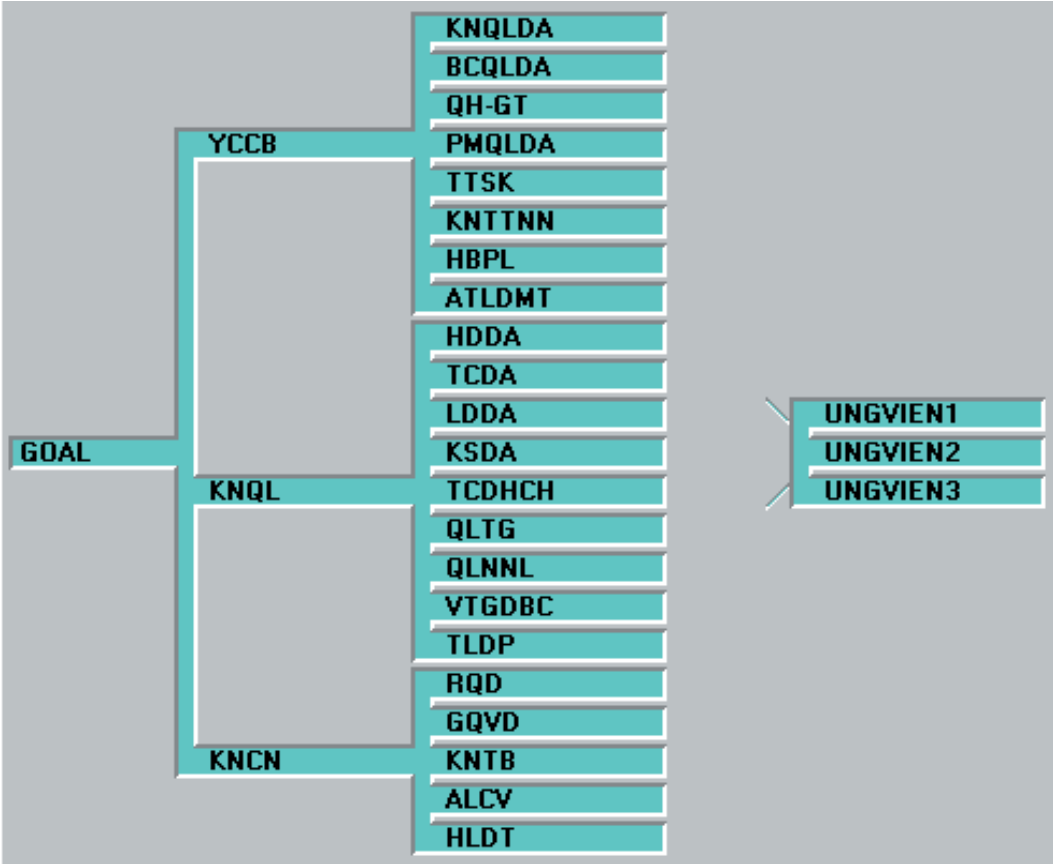
biết về các ứng dụng của hệ hỗ trợ RQĐ trong quá trình đánh giá và lựa chọn; trong khi đó, có tới 90,4% số người được khảo sát đều đồng tình trả lời rằng việc sử dụng một hệ hỗ trợ RQĐ là vô cùng cần thiết trong quá trình đánh giá và lựa chọn CNDA bởi vì sự đánh giá và lựa chọn các ứng viên thường dựa vào kinh nghiệm, kiến thức, tầm nhìn, thậm chí cảm xúc và sự ưa thích của các chuyên gia. Thực tế cho thấy, các chuyên gia có thể đưa ra lựa chọn sai lầm, không nhất quán, thậm chí mâu thuẫn nhau và mang đầy tính chủ quan trong việc đánh giá các ứng viên nếu như họ không tuân thủ theo một quy trình đánh giá có tính hệ thống. Hơn thế nữa, phương pháp liệt kê và chấm điểm hiện đang được sử dụng phổ biến trong các quá trình so sánh và đánh giá hiện nay thường kém chính xác, thiếu tính thuyết phục và có thể gặp không ít khó khăn như sau: (i) Xác định trọng số của các tiêu chuẩn đánh giá (ví dụ cho mỗi tiêu chuẩn bao nhiêu điểm là vừa: 15 hay 20 trên thang đo 100, tại sao là 15 hay 20 mà không phải là 25?); (ii) Chưa tích hợp việc cách làm việc theo nhóm và thể hiện vai trò của từng thành viên trong nhóm cũng như việc tích hợp các kiến thức và kinh nghiệm của các chuyên gia trong quá trình đánh giá; (iii) Chưa có công thức tính toán cụ thể tính nhất quán về các ý kiến đánh giá của các chuyên gia với nhau; (iv) Chưa phân tích được sự đánh đổi giữa các phương án so sánh cũng như phương án được chọn với các phương án khác...

Tất cả các khuyết điểm nêu trên đều có thể giải quyết dễ dàng bằng cách sử dụng CPMS. Đề tài nghiên cứu cũng đưa ra kết luận rằng mô hình mẫu CPMS chỉ nên được sử dụng như một công cụ hỗ trợ các chuyên gia trong việc RQĐ và nó không hoàn toàn thay thế người RQĐ trong lựa chọn cuối cùng.

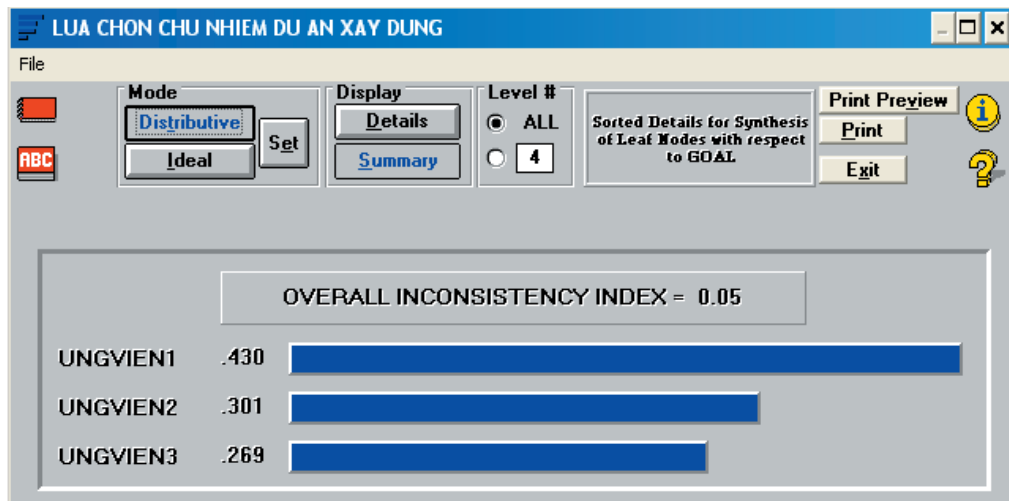
Hình 2. Các bước xây dựng mô hình mẫu



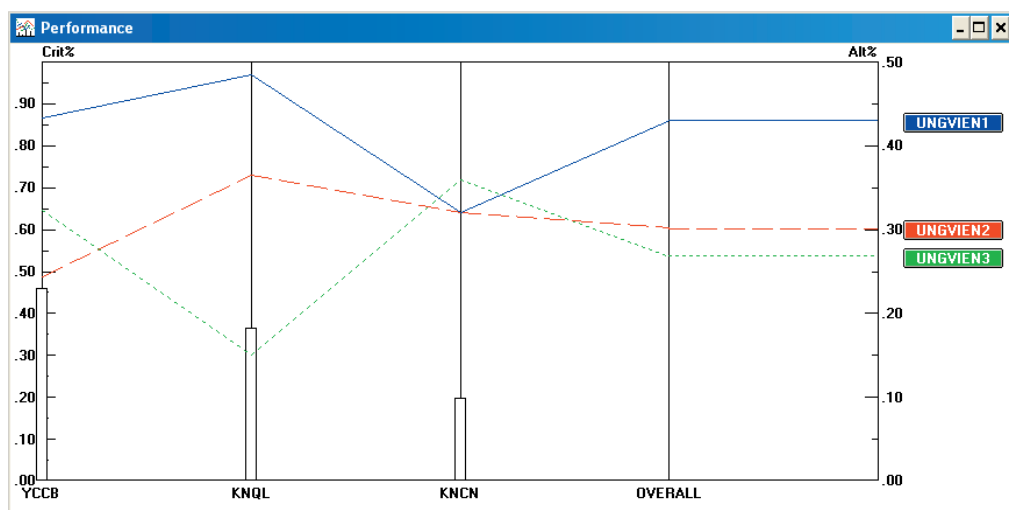
Hình 3. Cấu trúc thứ bậc của bài toán lựa chọn CNDA



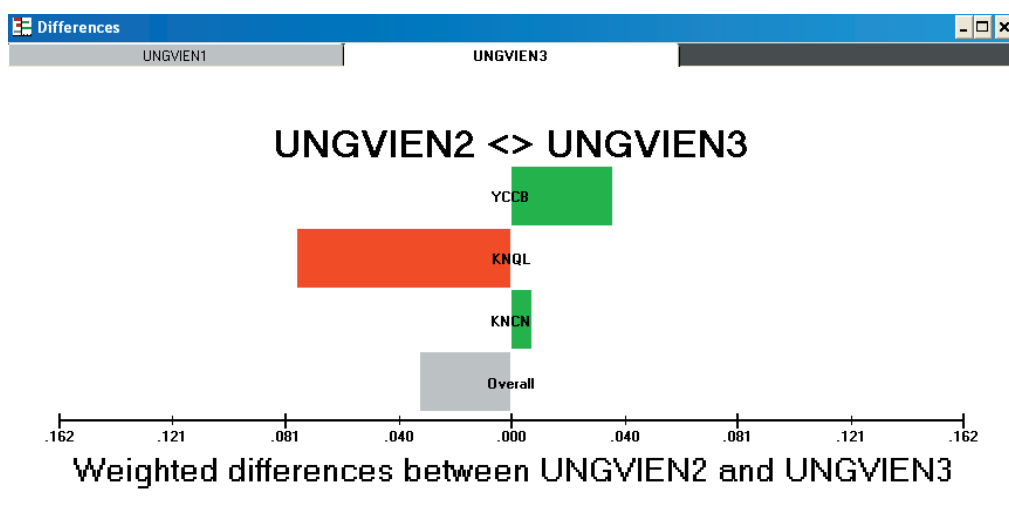
Hình 4. Độ ưu tiên tổng thể của các ứng viên



Hình 5. Đồ thị phân tích độ nhạy tổng quan của 3 nhóm tiêu chuẩn chính



Hình 6. Đồ thị phân tích độ nhạy sự khác biệt giữa ứng viên 2 và ứng viên 3



Các kết quả tính toán của mô hình chỉ nên được sử dụng như là một sự tham khảo cho các chuyên gia trong việc nhận biết ứng viên nào là đạt kết quả tối ưu tốt nhất trong các ứng viên dự tuyển chức danh CNDA. Thông qua đề tài nghiên cứu này, tác giả kiến nghị một số hướng nghiên cứu tiếp theo như sau:

(i) Cải tiến mô hình mẫu bằng cách tìm hiểu và thu thập thêm nhiều thông tin về các tiêu chuẩn, các tình huống RQĐ lựa chọn ứng viên cho chức danh CNDA trong các tổ chức thuộc các lĩnh vực dự án xây dựng khác nhau như dự án xây dựng công trình dân dụng và công nghiệp, xây dựng cầu, đường, thủy lợi, thủy điện, cảng và công trình biển... Từ đó, tổng hợp các thông tin thu thập và tiến hành nghiên cứu, điều tra khảo sát trên diện rộng nhằm chuẩn hóa các thông tin thành một “Tài liệu thông tin hướng dẫn lựa chọn CNDA đa ngành” để phục vụ trong các quá trình đánh giá và lựa chọn.

(ii) Cần có nhiều sự kiểm tra và thử nghiệm mô hình mẫu này trong thực tế nhiều hơn nữa để cải tiến mô hình ngày càng chính xác và hiệu quả hơn.

Lời cảm tạ

Tác giả xin trân trọng gửi lời cảm ơn đến PGS.TS. Hồ Thanh Phong (Hiệu trưởng trường Đại học Quốc Tế, Đại học Quốc Gia Tp.HCM) đã cung cấp phần mềm Expert Choice và tài liệu về AHP để tác giả hoàn thành tốt bài viết này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trịnh Thùy Anh (2009). *Quản trị dự án*, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh.
- [2] Nguyễn Thanh Phong (2007). *Tin học trong quản lý xây dựng*, Trường Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh.
- [3] PMI (2008), *PMBOK Guide* (4th Edition), an American National Standard ANSI/PMI.
- [4] Barry Render, Ralph M. Stair Jr., Michael E. Hanna (2011). *Quantitative Analysis for Management*, 11th Edition, Prentice Hall International, Inc.
- [5] Sung-Hoon An, Gwang-Hee Kim, Kyung-In Kang (2006). *A case-based reasoning cost estimating model using experience by analytic hierarchy process*, Building and Environment, 06.007.
- [6] Ernest Forman (1999). *Determining the Best Building Construction Alteration Projects to Fund*, The George Washington University.
- [7] Kamal M. Al-Subhi Al-Harb (2001). *Application of the AHP in project management*, International Journal of Project Management 19: 19-27.