

SYSTÈME D'AIDE À LA DÉCISION EN ENVIRONNEMENT FLOU

Philippe QUARREY

Laboratoire d'Automatique, URA 1785 du CNRS
Université de Franche-Comté
Besançon

Caroline BERRY

Association Française pour la Formation Professionnelle des Adultes
Besançon

Nand AGGARWAL

Laboratoire M.I.S.
Université de Franche-Comté
Besançon

Résumé

Dans le domaine social et plus précisément dans celui de l'orientation professionnelle, les prises de décision sont fréquemment sollicitées dans un contexte où les informations apparaissent imprécises et incertaines. Dans de telles conditions, des moyens de représenter et de manipuler des connaissances imparfaitement décrites doivent être utilisés afin de traduire la souplesse de raisonnement de l'esprit humain. Les techniques d'aide à la décision sont alors adaptées pour une application en environnement incertain et flou.

Cette étude est réalisée pour l'Association pour la Formation Professionnelle des Adultes (A.F.P.A.).

Mots-clés

Décision multicritère - ensemble flou - quantificateur flou - orientation professionnelle

1. Introduction

Dans notre vie quotidienne, nous sommes régulièrement confrontés à la problématique de la prise de décision, que ce soit à titre individuel ou dans le cadre d'une entreprise. La majeure partie de ces décisions sont prises dans des conditions incertaines : information disponible réduite ou seulement probable, conséquences mal maîtrisées. C'est précisément en raison de cette incertitude inévitable que sont apparues les diverses techniques d'aide à la décision. Pour une première approche de l'aide à la décision multicritère, on peut consulter les ouvrages classiques de P. Vincke [11], J.C. Pomerol [7] ou la thèse de P. Perny [6].

En situation d'orientation, nous sommes amenés à utiliser des connaissances diverses se rapportant aux sciences de l'éducation, à la connaissance des métiers et des formations [5]. On se trouve donc ici en présence d'un corps de connaissances éparées, insuffisamment structurées pour pouvoir être représentées sous la forme d'un algorithme. Mais il est possible de formuler des règles, plus ou moins spécifiques, capables d'amener un sujet à réfléchir sur la question de son choix professionnel.

À l'origine de toute décision, il y a un objectif déterminé à atteindre. La décision proprement dite consiste à exercer un choix parmi les différentes actions possibles en les évaluant au moyen d'un certain nombre de critères. C'est la fonction d'évaluation de ces actions que nous représentons en utilisant les techniques d'aide à la décision multicritère.

En matière d'orientation professionnelle, la problématique est relativement simple. Elle consiste à tenter d'associer des formations et des personnes.

Soit $P = \{p_1, \dots, p_i, \dots, p_m\}$ un ensemble de personnes et
 $A = \{a_1, \dots, a_j, \dots, a_n\}$ un ensemble de formations.

Il s'agit de faire correspondre à chaque élément p_i de P un ou plusieurs éléments a_j de A .

La définition d'une forme de passage, de transition de l'ensemble des éléments de P à l'ensemble des éléments de A représente la sémantique même du choix d'orientation, c'est-à-dire de la prise de décision.

Généralement, l'objectif assigné à l'orientation est d'attribuer une ou plusieurs formation(s) à chaque individu suivant les aptitudes requises à l'entrée, les souhaits et capacités du candidat. La fonction d'orientation, c'est-à-dire la recherche de formation, se modélise donc comme une prise de décision multicritère.

Dans ces conditions, le contexte dans lequel est effectué le choix d'une formation repose sur des critères flous ou évalués de manière imprécise, parfois même empreinte d'une certaine subjectivité.

L'esprit humain sait parfaitement tirer parti de ce type de contexte en adaptant son raisonnement de manière à lui donner la flexibilité nécessaire. En informatique, les outils traditionnels s'avérant insuffisants pour traiter de telles informations, les techniques d'aide à la décision doivent alors être manipulées en environnement flou ; les conditions d'aptitudes sont considérées comme des contraintes souples sur lesquelles des compromis sont admissibles.

La recherche de l'ensemble des formations répondant au mieux aux caractéristiques du candidat-consultant se fait par rapprochement des profils-types d'entrée et du profil du candidat. Ce rapprochement est réalisé en introduisant une certaine souplesse sur les conditions d'entrée.

Cette flexibilité introduite sur les conditions d'entrée permet d'échapper à la double difficulté que représente l'*application de contraintes trop strictes* conduisant à un ensemble de solutions vide ou l'*application de contraintes trop relâchées* amenant à un ensemble de solutions trop grand et perdant toute signification.

Notre contribution consiste à proposer un outil d'aide à la décision dans lequel nous avons cherché à représenter, grâce aux modèles théoriques de la logique floue, une certaine incertitude attachée d'une part aux connaissances liées à l'orientation professionnelle et d'autre part, au processus de prise de décision [12]. Ce choix nous a implicitement conduits à la nécessité du développement d'un système nouveau utilisant un langage simple de représentation des connaissances [1].

2. Formalisation du problème : modélisation

Considérons maintenant une formalisation générale du problème.

Soient un ensemble de n formations $A = \{a_1, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ et un ensemble de p critères associés $C = \{c_1, \dots, c_j, \dots, c_p\}$. Chacune des formations est décrite en fonction des p critères à l'aide de coefficients.

L'individu consultant se définit également par rapport aux p critères. Notre objectif est alors de déterminer, pour la personne consultante telle qu'elle s'est définie, la (ou les) formations(s) à laquelle (auxquelles) son profil correspond le mieux.

Chacune des formations est décrite en fonction des p critères à l'aide de coefficients de la manière suivante :

$$a_i : \mu_{a_i}(c_1)/c_1 + \dots + \mu_{a_i}(c_j)/c_j + \dots + \mu_{a_i}(c_p)/c_p$$

où $\mu_{a_i}(c_j)$ est le degré d'importance du critère c_j dans la formation a_i .

De même, l'individu O est décrit par :

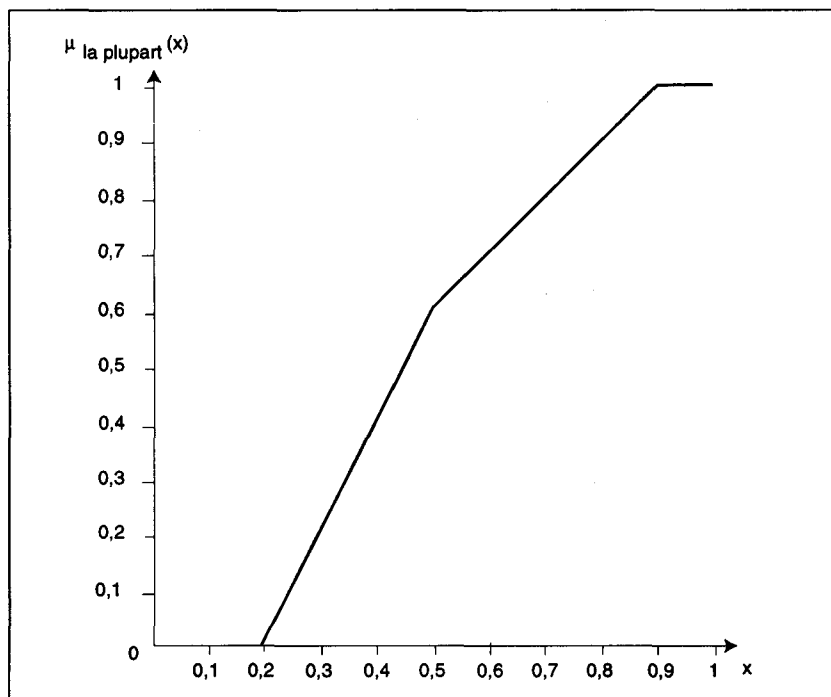
$$O : \mu_O(c_1)/c_1 + \dots + \mu_O(c_j)/c_j + \dots + \mu_O(c_p)/c_p$$

où $\mu_O(c_j)$ est le degré correspondant au choix de l'individu au regard du critère c_j lors de l'établissement de son profil.

La recherche de l'ensemble des formations correspondant au mieux aux choix de l'individu se fait par rapprochement des profils-types d'entrée et du profil du candidat. Ce rapprochement est réalisé en introduisant une certaine souplesse sur les conditions d'entrée, exprimée par la définition d'un quantificateur flou Q (par exemple «la plupart») défini par une fonction caractéristique μ_Q (fig. 1).

$$\mu_{\text{la plupart}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{pour } x \geq 0,9 \\ x + 0,1 & \text{pour } 0,5 < x < 0,9 \\ 2x - 0,4 & \text{pour } 0,2 < x \leq 0,5 \\ 0 & \text{pour } x \leq 0,2 \end{cases}$$

Figure 1 : Exemple de fonction caractéristique μ_Q



Afin de déterminer le degré $\mu_D(O/a)$ de satisfaction de tous les critères compte tenu des choix faits par le candidat (a étant un élément quelconque de A), nous évaluons d'abord la cardinalité relative floue traduisant la proportion des critères satisfaits, compte tenu de O :

$$\mu_D(O/a) = \frac{\sum_{j=1}^p \mu_a(c_j) \wedge \mu_O(c_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_a(c_j)} \quad \text{où } x \wedge y = \min(x, y)$$

Puis, pour introduire une flexibilité au niveau de l'agrégation des critères, nous appliquons le quantificateur flou Q sur la proportion précédente ; ainsi, le degré $\mu_D(O/Q, a)$ de satisfaction de Q critères compte tenu de O est :

$$\mu_D(O/Q, a) = \mu_Q \left(\frac{\sum_{j=1}^p \mu_a(c_j) \wedge \mu_O(c_j)}{\sum_{j=1}^p \mu_a(c_j)} \right)$$

Pour déterminer la formation optimale a^* , nous utilisons un résultat montré dans [4] :

$$a^* = \arg_a \max_A \mu_D(O/Q, a)$$

3. Application

L'application repose sur le développement d'un système à base de connaissances. Il est composé d'une base de faits permettant de rassembler les connaissances relatives au consultant et aux formations, et d'une base de règles représentant le raisonnement appliqué à ces faits.

Nous donnons ici un exemple ne contenant que quatre formations et quatre critères.

Formations observées

- A06 Agent de maintenance matériel de bureau
- A18 Agent de traitement administratif (option comptabilité)
- A47 Analyste Programmeur en télétraitement et conversationnel
- T20 Technicien atelier transformation matières plastiques

Critères flous retenus

- tp04 Prendre des responsabilités
- tp06 Exercer une influence
- tp07 Travail stressant
- tp10 Exprimer ses idées et sa personnalité

On a alors $A = \{A06, A18, A47, T20\}$
 $C = \{tp10, tp07, tp04, tp06\}$

Les degrés sont exprimés ainsi :

$$a_1 : 0,6 / c_1 + 0,3 / c_2 + 0,8 / c_3 + 0,4 / c_4$$

$$a_2 : 0,2 / c_1 + 0,4 / c_2 + 0,4 / c_3 + 0,2 / c_4$$

$$a_3 : 0,4 / c_1 + 1 / c_2 + 0,6 / c_3 + 1 / c_4$$

$$a_4 : 0 / c_1 + 0,6 / c_2 + 0,8 / c_3 + 0,4 / c_4$$

Les choix de l'individu consultant sont :

$$I : 0,6 / c_1 + 0,2 / c_2 + 0,9 / c_3 + 0,3 / c_4$$

En utilisant Q, le quantificateur linguistique "la plupart" défini précédemment, on obtient les degrés de satisfaction suivants pour chacune des formations :

$$\begin{aligned} \mu_D(a_1 / Q, I) &= \mu_Q(0,6 + 0,2 + 0,8 + 0,3) / (0,6 + 0,3 + 0,8 + 0,4) = \mu_Q(1,9 / 2,1) \\ &= \mu_Q(0,90) = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_D(a_2 / Q, I) &= \mu_Q(0,2 + 0,2 + 0,4 + 0,2) / (0,2 + 0,4 + 0,4 + 0,2) = \mu_Q(1 / 1,2) \\ &= \mu_Q(0,83) = 0,93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_D(a_3 / Q, I) &= \mu_Q(0,4 + 0,2 + 0,6 + 0,3) / (0,4 + 1 + 0,6 + 1) = \mu_Q(1,5 / 3) \\ &= \mu_Q(0,50) = 0,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_D(a_4 / Q, I) &= \mu_Q(0 + 0,2 + 0,8 + 0,3) / (0 + 0,6 + 0,8 + 0,4) = \mu_Q(1,3 / 1,8) \\ &= \mu_Q(0,72) = 0,82 \end{aligned}$$

Par conséquent, la solution optimale a^* cherchée est donnée par :

$$a^* = \arg_a \max_A \mu_D(a / Q, I) = a_1$$

La formation A06, «Agent de maintenance matériel de bureau» correspondant à a_1 , sera proposée à l'individu I. En effet, l'application de la méthode démontre que les qualités et caractéristiques de I satisfont (coefficient = 1) la plupart des conditions d'entrée définies pour a_1 .

4. Conclusion

Dans cet article, nous avons proposé un modèle de représentation et de manipulation des connaissances adapté à un processus décisionnel multicritère. Celui-ci repose sur l'emploi de coefficients et d'une méthode d'agrégation utilisant les cardinalités relatives des ensembles flous. Le système offre alors un faisceau de solutions possibles parmi lesquelles une solution qualifiée d'optimale est extraite.

Ces travaux ont été prolongés et un nouveau modèle de manipulation des connaissances a été élaboré [2]. Dans ce second modèle, les concepts de la logique floue sont utilisés pour permettre à l'utilisateur du système d'exprimer ses choix de manière naturelle à l'aide de termes prédéfinis d'une variable linguistique. La méthode de résolution repose sur l'emploi des intervalles flous et des opérateurs associés. Le système élabore un classement des alternatives en présence et détermine ainsi la meilleure [3].

Cette modélisation a été implémentée en PROLOG ; le système expert manipule une base de connaissances factuelles relativement importante. Nous envisageons de poursuivre ce travail par la construction d'un module d'apprentissage utilisant le raisonnement par cas [8], [9], [10].

Bibliographie

- [1] AGGARWAL N., QUARREY P., BERRY C. : «Application des ensembles flous et de l'aide à la décision au domaine de l'orientation professionnelle», in *Troisièmes Journées Nationales - Les applications des ensembles flous*, Nîmes, 1993, pp. 41-50
- [2] AGGARWAL N., BERRY C., QUARREY P. : «Une approche linguistique de l'aide à la décision multicritère en environnement incertain», *Proc. of Colloquium Information Processing and Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems*, 4-8 juillet 1994, Paris, pp. 650-655
- [3] AGGARWAL N., BERRY C., QUARREY P. : «A knowledge-based system for multicriteria decision-aid in fuzzy environment», *Proceeding of IASTED International Conference on Artificial Intelligence - Expert System and Neural Networks*, 4-6 juillet 1994, Zürich, Acta Press, pp. 137-140
- [4] KACPRZYCK J. : «Fuzzy linguistic quantifiers in decision making and control», in *Fuzzy Engineering toward Human Friendly Systems*, edited by Terano T., Sugeno M., Mukaidono M., Shigemasu K., IOS Press, 1992, pp. 800-811
- [5] MULLET E. : *La prise de conscience des déterminants des préférences professionnelles : Théorie et méthode*, Université René Descartes, Paris, 1988
- [6] PERNY P. : *Modélisation, agrégation et exploitation de préférences floues dans la problématique de rangement*, Thèse d'Université, Paris 1993
- [7] POMEROL J.C., BARBA-ROMERO CASILLAS S. : *Choix multicritère dans l'entreprise - principes et pratique*, Paris, Hermes, 1993
- [8] SANDOZ F., QUARREY P., AGGARWAL N. : «Learning by synthetisation and case-based reasoning using fuzzy logic», *3rd IFIP WWG 7.6 Working Conference on Optimization-Based Computer-Aided Modelling and Design*, Prague, 24-26 Mai 1994, pp. 143
- [9] SANDOZ F., QUARREY P., AGGARWAL N. : «Synthetic reasoning, case-based reasoning and analogy in fuzzy environment», *Proceedings of IASTED International Conference on Artificial Intelligence - Expert System and Neural Networks*, 4-6 juillet 1994, Zürich, Acta Press, pp. 141-144
- [10] SANDOZ F., QUARREY P., AGGARWAL N. : «Proposition of a problem solving method allowing learning by synthetisation and case-based reasoning», *Proceedings of AIENG'94 - Application of Artificial Intelligence in Engineering*, 19-21 Juillet 1994, Pennsylvania State University, USA, Computational Mechanics Publications, pp. 551-558
- [11] VINCKE P. : *Multicriteria decision-aid*, Wiley, 1992
- [12] ZADEH L.A. : «The role of fuzzy logic in the management of uncertainty in expert systems», in *Approximate Reasoning in Expert Systems*, edited by Gupta M.M., Kandel A., Bandler W., Kiszka J.B., Elsevier Science Publishers B.V., 1985