

Raisonnement approximatif en absence d'information

Mots clés :

- **Directeur de thèse** : Marcin Detyniecki
- **Co-encadrant(s)** :
- **Unité de recherche** : Laboratoire d'informatique de Paris 6
- **Ecole doctorale** : École Doctorale Informatique, Télécommunications, Électronique de Paris
- **Domaine scientifique principal**: Divers

Résumé du projet de recherche (Langue 1)

Le raisonnement approximatif [1] est une règle d'inférence logique qui généralise le modus ponens classique et permet la prise en compte d'observations imprécises et de prémisses vagues. Il peut être illustré par l'exemple suivant : x est {petit}, x et y sont {à peu près égaux}, par conséquent y est {plus ou moins petit}, où les mots en italiques sont des étiquettes d'ensembles flous. Il peut être considéré comme un processus approximatif proposant une solution à un système d'équations relationnelles. Une des caractéristiques du raisonnement approximatif est la prise en compte de l'imprécision. Le raisonnement approximatif tel qu'il est modélisé aujourd'hui est capable de réaliser des inférences en présence de connaissances et d'observations qui peuvent être plus ou moins vraies. Cette thèse propose de considérer le raisonnement approximatif dans le cadre d'informations manquantes, par exemple dans le cas où les observations se situent en dehors des supports des prémisses et ne déclenchent aucune règle. Ce cas peut être interprété comme un problème de règle manquante. Avec la modélisation actuelle, la seule conclusion qui peut être fournie dans ce cas est l'ignorance totale, représentant le fait que l'on ne sait rien, modélisée par "tout est possible" ou "rien n'est possible". Dernièrement, comme détaillé ci-dessous, un certain nombre de travaux sur des raisonnements particuliers (interpolatif, analogique, intuitionniste) apportent des solutions dans des contextes proches mais spécifiques. Dans cette thèse, nous souhaitons à la fois trouver un cadre général pour aborder cette problématique de l'absence d'information dans le raisonnement approximatif, et de plus proposer un modèle compatible avec une formulation en logique formelle. Cette modélisation générale permettra non seulement d'ouvrir, grâce à sa transversalité, un grand nombre de perspectives théoriques, mais aussi d'améliorer de manière conséquente les applications qui s'appuient sur le raisonnement approximatif, tels que les systèmes de contrôle et les systèmes à base de règles [voir enjeu]. Parmi les approches existantes permettant le raisonnement dans le cas où les prémisses ne couvrent pas entièrement l'espace des valeurs observables, le {raisonnement interpolatif} [3] définit une nouvelle règle d'inférence basée sur l'utilisation des règles dont les prémisses sont proches des observations non couvertes. Cette méthode permet de prendre en compte plusieurs prémisses, et offre un degré de liberté pour répondre à différents besoins. La méthode KH [2] a été critiquée par plusieurs auteurs, car elle ne donne pas toujours des conclusions interprétables. Pour pallier ce problème, différentes approches ont été proposées, comme une méthode à base d'interpolation par alpha-coups [4], ou une méthode qui vise à préserver le flou relatif de la conclusion [5]. L'interprétabilité de l'inférence étant ainsi assurée, reste la question de la compatibilité entre la méthode de construction proposée et une formulation logique dans un contexte de raisonnement approximatif [6]. Elle constitue l'un des objectifs de ce travail de thèse. D'un autre côté, sous l'appellation {raisonnement analogique} [7], des extensions du raisonnement à partir de cas pour le traitement dans des environnements vagues ont été développées. Le raisonnement par analogie permet d'utiliser des connaissances acquises au cours d'une situation déjà rencontrée pour résoudre une nouvelle situation similaire. Même si les approches analogiques n'ont pas été spécifiquement développées pour résoudre le problème de l'absence d'information, elles apportent un nouveau point de vue basé sur une notion de similarité. Elles permettent en effet d'étendre des règles à des événements proches mais non connus. L'analogie et le modus ponens généralisé sont ainsi tous deux des systèmes d'équations relationnelles, basés néanmoins sur des relations différentes, respectivement la relation de similarité et la relation d'implication. Aussi, le travail de thèse inclura une comparaison entre ces deux types de relations. En particulier, on notera que les mesures de similarité, dans le cadre du raisonnement, proposent un traitement global : elles comparent les {ensembles} d'hypothèses, qui peuvent être plus ou moins vraies, alors que les relations d'implication sont des mesures entre les {éléments} des ensembles. Ceci ouvre comme perspective immédiate le développement d'un raisonnement de type global compatible avec le raisonnement local tel que défini en logique formelle. Le grand avantage d'une telle approche est qu'elle permettrait d'inférer de manière robuste, par exemple même si quelques rares éléments de l'ensemble des hypothèses sont incohérents, et de plus d'obtenir un raisonnement plus naturel, cohérent et robuste. Un troisième pan du travail sur le raisonnement en absence d'information portera plus spécifiquement sur le traitement de ces incohérences, interprétées comme dues à un manque de connaissances. Il s'appuiera en particulier sur les logiques qui tolèrent des valeurs contradictoires par la prise en compte à la fois d'une valeur de croyance positive et d'une valeur de croyance négative. Une de ces logiques, qui connaît un grand succès ces dernières années et qui semble être une piste prometteuse à explorer, est celle de la {logique intuitionniste} [8]. Dans ce cadre formel qui permet en effet de modéliser explicitement une croyance négative, les règles d'inférences et leurs définitions sont sujettes à de nombreuses discussions [9, 10] et il n'existe pas encore de définitions valides des opérateurs permettant d'appliquer le modus ponens [11].

Résumé du projet de recherche (Langue 2)

L'une des grandes applications du raisonnement approximatif est la commande [12]. Le passage des contrôleurs basés sur des valeurs numériques à une approche sémantique a été un grand succès [6]. En effet, ces contrôleurs sémantiques en s'appuyant sur une modélisation du raisonnement humain, permettent d'introduire facilement des connaissances expertes. Grâce à ce succès, aujourd'hui les contrôleurs ont besoin de plus en plus de valeurs et de paramètres dans des dimensions élevées, ce qui augmente les risques d'avoir des informations manquantes. La question de la conception d'un contrôleur stable et plus précisément de la garantie d'une couverture totale de l'espace de possibilités est un domaine de recherche encore très actif. Toutefois une telle approche impose une forte charge aux experts sollicités pour définir l'intégralité de ces règles couvrantes. L'avantage de l'approche considérée dans cette thèse, définissant des méta-règles d'inférence pertinentes pour combler les espaces entre règles définies, est d'éviter cette exhaustivité. Outre cette définition conduisant à des contrôleurs, ou des systèmes à base de règles, plus robustes en l'absence d'information, les travaux de thèse permettront également de proposer des solutions même en présence de contradictions ponctuelles. D'un point de vue théorique, la conciliation des approches analogique, intuitionniste et interpolative basées sur des heuristiques avec une formulation logique unique permettra en particulier d'avoir un comportement stable quand on passe d'un contexte d'application (de chacune des logiques évoquées) à un autre. En particulier, il permettra un passage du cas où aucune prémisse ne peut s'appliquer, traité par exemple par le cadre interpolatif, au cas où il existe des prémisses applicables, mais avec des degrés de véracité presque nuls, traité dans le contexte du modus ponens généralisé, alors qu'aujourd'hui les deux approches ont des comportements limites très différents [2].

Informations complémentaires (Langue 2)

{{Références : }} [1] L. A. Zadeh, Fuzzy logic and approximate reasoning, *Synthese Journal*, Volume 30, Issue 3-4, pp 407-428, 1975 [2] M. Detyniecki, B. Moubêche, B. Bouchon-Meunier, On the Paradoxical Success of Mamdani's Minimum-Based Inference. Combining Experimentation and Theory, *Studies in Fuzziness and Soft Computing* Vol. 271, Springer, pp. 259-270, 2012 [3] L.T. Koczy, K. Hirota, Approximate reasoning by linear rule interpolation and general approximation, *Internat. J. of Approx. Reason.* vol. 9, pp. 197–225, 1993 [4] D. Tikk, P. Baranyi, Comprehensive analysis of a new fuzzy rule interpolation method, *IEEE Trans. Fuzzy Systems*, vol. 8 (3), 281–296, 2000 [5] T.D. Gedeon, L.T. Koczy, Conservation of fuzziness in rule interpolation, in: *Proc. Symp. on New Trends in Control of Large Scale Systems*, vol. 1, pp. 13–19, 1996 [6] M. Detyniecki, C. Marsala, M. Rifqi: Double-linear fuzzy interpolation method. *IEEE International Conference on Fuzzy Systems FUZZ-IEEE*, pp. 455-462, Brisbane, Australia, 2011 [7] T. Iwatani, S. Tano, Shunichi, A. Inoue, W Okamoto, Fuzzy analogy based reasoning and classification of fuzzy analogies, in *Algorithmic Learning Theory, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 872, pp. 137-148, 1994 [8] Atanassov K., *Intuitionistic Fuzzy Sets*, Springer Physica-Verlag, Berlin, 1999. [9] Didier Dubois, Siegfried Gottwald, Petr Hajek, Janusz Kacprzyk, Henri Prade, Discussion Terminological difficulties in fuzzy set theory—The case of “Intuitionistic Fuzzy Sets”, *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 156 (3), pp. 485–491, 2005 [10] Atanassov, K. Second Zadeh's intuitionistic fuzzy implication. *Notes on Intuitionistic Fuzzy Sets*, 17 (3), 11-14, 2011 [11] Cornelis, C., & Deschrijver, G. The compositional rule of inference in an intuitionistic fuzzy logic setting. *Proceedings of the European Summer School in Logic, Language and Information (ESSLLI) 2001*. [12] A. Mamdani and S. Assilian: An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, *Int. J. of Man Machine Studies*, vol. 7, 1-13, 1975 [13] C. C. Lee, Fuzzy logic in control systems: fuzzy logic controller. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 20 (2), 404-418, 1990.