

**INFORMATIQUE
ET SYSTÈMES
D'INFORMATION**

Information - Commande - Communication

Traitement de données complexes et commande en logique floue

sous la direction de
Bernadette Bouchon-Meunier
Christophe Marsala

hermes

Lavoisier

Table des matières

Avant-propos	15
Chapitre 1. Bases de données	17
Patrick BOSC, Ludovic LIÉTARD, Olivier PIVERT	
1.1. Introduction	17
1.2. Requêtes graduelles et données usuelles	19
1.2.1. Introduction	19
1.2.2. Expression de préférences dans les SGBD	20
1.2.3. Requêtes flexibles et ensembles flous	22
1.2.3.1. Les différents types de prédicats flous	22
1.2.3.2. Situation des ensembles flous par rapport aux approches précédentes	23
1.2.4. Algèbre relationnelle étendue	24
1.2.4.1. Introduction	24
1.2.4.2. Extension des opérations usuelles	25
1.2.4.3. La division de relations floues	26
1.2.5. Quelques caractéristiques du langage de requêtes SQLf	28
1.2.5.1. Le bloc de base	28
1.2.5.2. Les sous-requêtes	29
1.2.5.3. Le partitionnement de relations et la division	30
1.2.6. Mise en œuvre et évaluation de requêtes SQLf	32
1.2.6.1. Introduction	32
1.2.6.2. Développement d'un noyau spécifique et indexation	33
1.2.6.3. Dérivation de requêtes booléennes SQL et fonctions externes	33
1.2.6.4. Dérivation de programmes utilisant des requêtes booléennes SQL	35
1.2.7. Conclusion	37

1.3. Représentation et interrogation de données imparfaites	38
1.3.1. Relations et données possibilistes	38
1.3.1.1. Données imparfaites	38
1.3.1.2. Valeurs d'attribut mal connues	39
1.3.2. Limites des requêtes usuelles avec des données mal connues . . .	41
1.3.2.1. Notions élémentaires	42
1.3.2.2. Systèmes de représentation faibles	43
1.3.2.3. Tables conditionnelles	43
1.3.2.4. Requêtes basées sur la possibilité/certitude	43
1.3.3. Requêtes restreintes	43
1.3.3.1. Requêtes du type sélection-projection	44
1.3.3.2. Jointures et requêtes fondées sur des opérateurs ensemblistes	45
1.3.4. Nouvelles requêtes sur les valeurs	45
1.3.5. Nouvelles requêtes relatives aux représentations	46
1.3.6. Conclusion	48
1.4. Propriétés des données et dépendances fonctionnelles floues	49
1.4.1. Rappels sur les dépendances fonctionnelles	49
1.4.2. Diverses approches de dépendances fonctionnelles floues	51
1.4.2.1. Relations floues et dépendances fonctionnelles	51
1.4.2.2. Relaxation de l'égalité dans les dépendances fonctionnelles	52
1.4.2.3. Dépendances fonctionnelles en présence de valeurs imprécises	53
1.4.3. Vers deux objectifs d'extension des dépendances fonctionnelles .	55
1.4.3.1. Fouille de données et découverte de dépendances étendues .	55
1.4.3.2. Extension de la notion de fonction	57
1.5. Conclusion	58
1.6. Bibliographie	59
Chapitre 2. Utilisation des techniques floues pour la mesure et la commande	65
Laurent FOULLOY, Sylvie GALICHET, Gilles MAURIS	
2.1. Introduction	65
2.2. Signification, description	66
2.2.1. Signification floue	67
2.2.2. Description floue	67
2.3. Blocs fonctionnels flous	69
2.4. Capteurs flous	70
2.4.1. Capteurs flous numériques	70
2.4.2. Capteurs flous linguistiques	74
2.4.2.1. Utilisation de bases de règles	74
2.4.2.2. Utilisation d'une interpolation	77

2.5. Contrôleurs flous	81
2.5.1. Contrôleurs de type Mamdani	85
2.5.2. Utilisation de capteurs flous	88
2.6. Conclusion	91
2.7. Bibliographie	92
Chapitre 3. Traitement d'images	95
Isabelle BLOCH	
3.1. Introduction	95
3.2. Représentation de l'information spatiale	96
3.2.1. Objets flous spatiaux	96
3.2.2. Opérations ensemblistes	98
3.2.3. Ensembles flous géométriques	99
3.2.4. Mesures géométriques d'objets flous	101
3.2.5. Mesures géométriques floues d'objets flous	102
3.2.6. Transformations géométriques	102
3.2.6.1. Transformations nettes	103
3.2.6.2. Transformations floues	104
3.3. Morphologie mathématique floue	104
3.3.1. Définitions	106
3.3.1.1. Morphologie floue à partir des α -coupes	106
3.3.1.2. Morphologie floue par traduction formelle à partir de t-normes et t-conormes	107
3.3.1.3. Utilisation de t-normes et t-conormes faibles	108
3.3.1.4. Morphologie floue à partir d'implications résiduelles	108
3.3.2. Propriétés	109
3.3.3. Exemples	110
3.3.4. Conclusion et extensions	113
3.4. Topologie floue	113
3.4.1. Connexité floue et voisinage	113
3.4.2. Frontière d'un objet flou	115
3.4.3. Adjacence entre deux objets flous	116
3.4.3.1. Utilisation de la seule contrainte de connexité	117
3.4.3.2. Introduction des contraintes sur la frontière	118
3.4.3.3. Expression morphologique	118
3.5. Distances	118
3.5.1. Représentations	119
3.5.2. Distance d'un point à un objet flou	120
3.5.3. Distance entre deux objets flous	121
3.5.3.1. Comparaison de fonctions d'appartenance	122
3.5.3.2. Combinaison de comparaisons des fonctions d'appartenance et d'informations spatiales	124
3.5.3.3. Discussion	128

3.5.4. Distance géodésique dans un ensemble flou	128
3.6. Position relative directionnelle entre deux objets	129
3.6.1. Les principales approches floues	129
3.6.2. Un exemple simple	131
3.7. Opérations locales d'amélioration ou de détection	133
3.7.1. Approches fonctionnelles	134
3.7.2. Techniques à base de règles	134
3.8. Fusion d'images	135
3.8.1. Spécificités de la fusion en traitement d'images	135
3.8.2. Schéma général	136
3.8.3. Modélisation	138
3.8.4. Choix des opérateurs	139
3.8.5. Décision	140
3.8.6. Quelques exemples d'application	140
3.9. Conclusion	143
3.10. Bibliographie	144
Chapitre 4. Apprentissage et extraction de connaissances	153
Christophe MARSALA et Bernadette BOUCHON-MEUNIER	
4.1. Introduction	153
4.2. Apprendre	154
4.2.1. Apprentissage inductif	155
4.2.2. Apprentissage et sous-ensembles flous	159
4.2.3. Construction de systèmes flous	160
4.3. Construction de systèmes flous par apprentissage	161
4.3.1. Règles de décision floues	161
4.3.2. Les arbres de décision flous	162
4.3.2.1. Méthodes utilisant l'entropie étoile	168
4.3.2.2. Méthodes utilisant une autre mesure de discrimination	169
4.3.2.3. Conclusion sur les arbres de décision flous	171
4.3.3. Les prototypes flous	172
4.3.4. Détermination de valeurs floues	173
4.3.5. Autres méthodes inductives de construction de règles	175
4.4. Mise au point de systèmes flous	175
4.4.1. L'auto-apprentissage	175
4.4.2. Utilisation d'un modèle flou du processus	176
4.5. Applications de l'apprentissage inductif flou	177
4.6. Extraction de connaissances	178
4.6.1. Les données	181
4.6.2. Les connaissances	182
4.6.2.1. Formes des connaissances	182
4.6.2.2. Intérêt des connaissances	184
4.6.2.3. Visualisation des connaissances	184
4.6.2.4. Utilisation des connaissances	185

4.6.3. Les algorithmes de <i>data mining</i>	185
4.6.3.1. Adaptation des données à traiter	186
4.6.3.2. Adaptation de l'algorithme	188
4.6.4. Quelques autres domaines d'applications	190
4.7. Bibliographie	190

Chapitre 5. Association des systèmes d'inférence floue avec les méthodes connexionnistes et évolutionnistes 199
 Florence D'ALCHÉ-BUC

5.1. Introduction	199
5.2. Les systèmes d'inférence floue	200
5.2.1. Bref rappel des systèmes d'inférence floue	200
5.2.2. Inférence et obtention d'un résultat précis par un système d'inférence flou	202
5.2.3. Propriétés des systèmes d'inférence floue	203
5.2.3.1. Approximation universelle	203
5.2.3.2. Propriétés d'un système d'inférence floue	203
5.2.4. Problématique de la caractérisation d'un système flou	204
5.2.4.1. Acquisition auprès d'un expert ou d'un groupe d'experts	204
5.2.4.2. Apprentissage supervisé à partir d'exemples hors ligne	204
5.2.4.3. Apprentissage supervisé indirect en ligne	204
5.3. Apprentissage automatique à partir d'exemples	205
5.3.1. Une première définition	205
5.3.2. Cadre méthodologique	205
5.3.3. Le rôle des statistiques en apprentissage automatique	207
5.3.4. Place des réseaux de neurones artificiels et des méthodes évolutionnistes	207
5.4. Réseaux de neurones artificiels	208
5.4.1. Architectures de réseaux de neurones artificiels	208
5.4.1.1. Neurones	208
5.4.1.2. Réseaux	209
5.4.2. Algorithmes d'apprentissage	210
5.4.2.1. Fonctions de coût	210
5.4.2.2. Algorithmes d'apprentissage	210
5.5. Systèmes d'inférence floue et réseaux de neurones artificiels : les systèmes neuro-flous	211
5.5.1. Architectures de réseaux neuro-flous	212
5.5.1.1. Architecture connexionniste codant J prémisses et J conclusions	212
5.5.1.2. Architecture neuro-floue de type « J prémisses-K conclusions »	214
5.5.2. Définition d'une fonction de coût et d'un algorithme d'optimisation	216
5.5.3. Algorithmes d'apprentissage	217

14 Données complexes en logique floue

5.6. Systèmes d'inférence floue et méthodes évolutionnistes	218
5.6.1. Les méthodes évolutionnistes	218
5.6.2. Détermination d'une base de règles floues	220
5.6.2.1. Codage	220
5.6.2.2. Croisement et mutations	221
5.6.2.3. Fonction de performance	221
5.7. Conclusion	222
5.8. Bibliographie	222

Conclusion	227
----------------------	-----

Bernadette BOUCHON-MEUNIER et Christophe MARSALA

Index	231
-----------------	-----

Le traité Information, Commande, Communication répond au besoin de disposer d'un ensemble complet des connaissances et méthodes nécessaires à la maîtrise des systèmes technologiques.

Conçu volontairement dans un esprit d'échange disciplinaire, le traité IC2 est l'état de l'art dans les domaines suivants retenus par le comité scientifique :

- Réseaux et télécoms
- Traitement du signal et de l'image
- Informatique et systèmes d'information
- Systèmes automatisés
- Productique

Chaque ouvrage présente aussi bien les aspects fondamentaux qu'expérimentaux. Une classification des différents articles contenus dans chacun, une bibliographie et un index détaillé orientent le lecteur vers ses points d'intérêt immédiats : celui-ci dispose ainsi d'un guide pour ses réflexions ou pour ses choix.

Les savoirs, théories et méthodes rassemblés dans chaque ouvrage ont été choisis pour leur pertinence dans l'avancée des connaissances ou pour la qualité des résultats obtenus dans le cas d'expérimentations réelles.