
Algorithmes d'apprentissage pour systèmes d'inférence floue

Pierre Yves Glorennec

600-15-1

hermes

Table des matières

Principaux sigles utilisés	11
Avant-propos	13
1 Présentation générale	15
1.1. Objectifs	15
1.2. Prérequis	17
1.2.1. Variable linguistique	17
1.2.2. Sous-ensemble flou	18
1.2.3. Partition floue	18
1.2.4. Valeur de vérité d'une règle	19
1.3. Organisation du livre	19
2 Traitement numérique de la connaissance	21
2.1. Spécificité des systèmes d'inférence floue	21
2.2. Exemple introductif : un problème de robinet	22
2.3. Optimisation d'un SIF	26
2.4. Le «neuro-flou»	27
2.5. Les SIF utilisés	30
2.5.1. Méthode de Mamdani	30
2.5.2. Méthode de Takagi-Sugeno	31
2.5.3. Méthode de Mamdani ou de Takagi-Sugeno ?	33
2.6. Structure d'un SIF	34
3 Optimisation sous contraintes	37
3.1. Limites de l'expertise humaine	37
3.2. Interprétation de la connaissance acquise	39
3.3. Optimisation avec ou sans contraintes ?	41
3.4. Les contraintes minima	42
3.5. Les partitions floues fortes	44
3.5.1. Présentation	44

3.5.2.	Propriété des partitions floues fortes	45
3.5.3.	Cas où la conjonction est le produit	46
3.5.4.	Interprétation géométrique	48
3.5.5.	Transmission de connaissances	49
3.6.	Comparaison entre modèles DED et DEL	50
3.6.1.	Répartition des paramètres	50
3.6.2.	Respect de la sémantique	51
4	Principales méthodes d'optimisation	55
4.1.	Le problème général de l'optimisation	55
4.1.1.	Nature des informations disponibles	55
4.1.2.	Quelle(s) partie(s) du SIF optimiser ?	56
4.1.3.	Les méthodes	57
4.2.	Le gradient stochastique	58
4.3.	Les méthodes évolutionnistes	59
4.3.1.	Les opérateurs génétiques	61
4.3.2.	Méthode de Price et Storn	62
4.3.3.	Méthode de Solis et Wetts	62
4.4.	Les méthodes de classification	63
4.4.1.	Les cartes auto-organisatrices de Kohonen	64
4.4.2.	Les C-moyennes floues	65
4.4.3.	Choix du nombre de classes	67
4.5.	Commentaire	67
5	Apprentissage supervisé pour un SIF de structure donnée	69
5.1.	Optimisation paramétrique supervisée : cas général	69
5.2.	Initialisation : algorithme de prototypage rapide (APR)	70
5.3.	Initialisation avec peu d'exemples	72
5.4.	Optimisation des conclusions	75
5.4.1.	Avec un vocabulaire de sortie quelconque	75
5.4.2.	Avec un vocabulaire de sortie réduit	76
5.4.3.	Méthode mixte	77
5.5.	Exemple	77
5.5.1.	Initialisation avec peu d'exemples	78
5.5.2.	Optimisation des conclusions	80
5.6.	Optimisation d'un SIF de type TS d'ordre 1	81
5.6.1.	Les moindres carrés récursifs	83
5.6.2.	Exemple	84
5.7.	Optimisation des fonctions d'appartenance	84
5.7.1.	Cas d'un SIF dérivable	85
5.7.2.	Les méthodes évolutionnistes	88
5.7.3.	Mise en œuvre avec un algorithme génétique (AG)	89
5.7.4.	Mise en œuvre de la méthode de Solis et Wetts	90

5.7.5.	Exemple	90
5.8.	Commentaire	92
6	Optimisation structurelle supervisée (modèle DEL)	95
6.1.	Utilisation de méthodes de classification	96
6.1.1.	Classification supervisée dans R^n	96
6.1.2.	Classification non supervisée dans R^n	96
6.1.3.	Classification non supervisée dans R^{n+1}	97
6.2.	Choix des fonctions d'appartenance	97
6.2.1.	Construction directe d'un SIF	97
6.2.2.	Projection sur les axes	98
6.2.3.	Ajout de règles	100
6.2.4.	Exemple	102
6.3.	Utilisation de méthodes évolutionnistes	104
6.4.	Commentaire	106
7	Optimisation structurelle supervisée (modèle DED)	107
7.1.	Recherche arborescente	108
7.1.1.	Heuristique	109
7.1.2.	Exemple	109
7.2.	Utilisation d'un algorithme génétique	110
7.2.1.	Codage d'un SIF	110
7.2.2.	Les opérateurs génétiques	111
7.2.3.	Génération de la population initiale	113
7.2.4.	Renouvellement de la population	113
7.2.5.	Exemple	113
7.3.	Comparaison	114
8	Apprentissage indirect	115
8.1.	Méthodes analytiques	116
8.1.1.	Optimisation de l'action correctrice	117
8.1.2.	Optimisation de l'action anticipatrice	118
8.1.3.	Application	119
8.2.	Méthodes évolutionnistes	120
8.2.1.	Codage d'un SIF	121
8.2.2.	Opérateurs génétiques.	122
8.2.3.	Fonction d'évaluation.	122
8.2.4.	Application	123
8.3.	Conclusion	125
9	Association du neuronal et du flou	127
9.1.	Introduction	127

9.1.1.	Limites de la représentation des connaissances	127
9.1.2.	Limites de l'approximation universelle	128
9.1.3.	Trois critères	129
9.2.	Un système hybride neuronal et flou	129
9.2.1.	Architecture	130
9.2.2.	Exemple	130
9.2.3.	Commentaires	131
9.3.	Optimisation du RN	132
9.4.	Transfert de connaissance	132
9.4.1.	Amélioration du SIF	133
9.4.2.	Amélioration du système hybride complet	134
9.5.	Exemple : modèle flou d'un bâtiment	135
9.6.	Une autre architecture modulaire	136
10	Apprentissage par renforcement	139
10.1.	Le Q-Learning	140
10.1.1.	Exploration/exploitation	141
10.1.2.	Algorithme	142
10.1.3.	Exemple	143
10.1.4.	Représentation de la fonction Q	145
10.2.	Du Q-Learning au Q-Learning flou	146
10.3.	Le Q-Learning flou	147
10.3.1.	Extraction de connaissance	148
10.3.2.	Fusion des connaissances	149
10.3.3.	Extraction ou fusion des connaissances	150
10.3.4.	Mise à jour des qualités	151
10.4.	Exemple	152
10.4.1.	Extraction de connaissance	154
10.4.2.	Fusion de connaissances	155
10.4.3.	Comparaison entre les AG et le QLF	156
11	Applications	157
11.1.	Navigation réactive d'un robot mobile	157
11.1.1.	Choix d'un SIF	157
11.1.2.	Simulation	160
11.1.3.	Apprentissage par renforcement	161
11.1.4.	Perspectives	161
11.2.	Modélisation de la glycémie	163
11.2.1.	Pourquoi un SIF ?	164
11.2.2.	Les SIF proposés	165
11.2.3.	Apprentissage	166
11.2.4.	Perspectives	168

A Réduction d'un vocabulaire	171
B Méthode de Price et Storn	173
C Optimisation d'un SIF de structure donnée	175
C.1. Spécification du SIF	176
C.2. Extraction des règles par l'APR	177
C.3. Placement des fonctions d'appartenance	178
C.4. Apprentissage supervisé des conclusions	178
C.5. Visualisation des résultats	179
D Algorithme des moindres carrés récursifs	181
E Potentiel d'un point	183
Bibliographie	185
Index	191