

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

Avant-propos

1. Objectifs du livre	15
2. Public et prérequis	15
3. Structure du livre	16
4. Code en téléchargement	18

Introduction

1. Présentation du chapitre	19
2. Définir l'intelligence	19
3. L'intelligence du vivant	22
4. L'intelligence artificielle	23
5. Domaines d'application	25
6. Synthèse	28

Systemes experts

1. Présentation du chapitre	29
2. Exemple : un système expert en polygones	30
2.1 Triangles	30
2.2 Quadrilatères	32
2.3 Autres polygones	34
3. Contenu d'un système expert	34
3.1 Base de règles	35
3.2 Base de faits	36
3.3 Moteur d'inférences	37
3.4 Interface utilisateur	39
4. Types d'inférences	39
4.1 Chaînage avant	40
4.1.1 Principe	40
4.1.2 Application à un exemple	40
4.2 Chaînage arrière	41
4.2.1 Principe	41
4.2.2 Application à un exemple	42
4.3 Chaînage mixte	

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

	43
5. Étapes de construction d'un système	44
5.1 Extraction des connaissances	45
5.2 Création du moteur d'inférences	45
5.3 Écriture des règles	46
5.4 Création de l'interface utilisateur	46
6. Performance et améliorations	47
6.1 Critères de performance	47
6.2 Amélioration des performances par l'écriture des règles	48
6.3 Importance de la représentation du problème	49
7. Ajout d'incertitudes et de probabilités	51
7.1 Apport des incertitudes	51
7.2 Faits incertains	52
7.3 Règles incertaines	52
8. Domaines d'application	53
8.1 Aide au diagnostic	54
8.2 Estimation de risques	55
8.3 Planification et logistique	55
8.4 Transfert de compétences et connaissances	55

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

8.5 Autres applications	56
	56
9. Création d'un système expert en Java	57
9.1 Détermination des besoins	58
9.2 Implémentation des faits	59
9.3 Base de faits	63
9.4 Règles et base de règles	64
9.5 Interface	67
9.6 Moteur d'inférences	69
9.7 Saisie des règles et utilisation	76
	76
10. Utilisation de Prolog	78
10.1 Présentation du langage	78
10.2 Syntaxe du langage	79
10.2.1 Généralités	79
10.2.2 Prédicats	80
10.2.3 Poser des questions	80
10.2.4 Écriture des règles	81
10.2.5 Autres prédicats utiles	82
10.3 Codage du problème des formes géométriques	83
10.4 Codage du problème des huit reines	87

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

10.4.1 Intérêt du chaînage arrière	87
10.4.2 Étude du problème	88
10.4.3 Règles à appliquer	88
10.4.4 Règles de conflits entre reines	89
10.4.5 But du programme	91
10.4.6 Exemples d'utilisation	91
11. Synthèse	92
Logique floue	
1. Présentation du chapitre	95
2. Incertitude et imprécision	96
2.1 Incertitude et probabilités	96
2.2 Imprécision et subjectivité	96
2.3 Nécessité de traiter l'imprécision	97
3. Ensembles flous et degrés d'appartenance	98
3.1 Logique booléenne et logique floue	98
3.2 Fonctions d'appartenance	99
3.3 Caractéristiques d'une fonction d'appartenance	102

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

3.4 Valeurs et variables linguistiques	103
4. Opérateurs sur les ensembles flous	104
4.1 Opérateurs booléens	104
4.2 Opérateurs flous	106
4.2.1 Négation	106
4.2.2 Union et intersection	108
5. Création de règles	110
5.1 Règles en logique booléenne	110
5.2 Règles floues	110
6. Fuzzification et défuzzification	113
6.1 Valeur de vérité	113
6.2 Fuzzification et application des règles	115
6.3 Défuzzification	119
7. Domaines d'application	121
7.1 Premières utilisations	121
7.2 Dans les produits électroniques	122
7.3 En automobile	122
7.4 Autres domaines	123

8. Implémentation d'un moteur de logique floue	123
8.1 Le cœur du code : les ensembles flous	124
8.1.1 Point2D : un point d'une fonction d'appartenance	124
8.1.2 EnsembleFlou : un ensemble flou	125
8.1.3 Opérateurs de comparaison et de multiplication	126
8.1.4 Opérateurs ensemblistes	127
8.1.5 Calcul du barycentre	136
8.2 Ensembles flous particuliers	138
8.3 Variables et valeurs linguistiques	141
8.3.1 Valeur linguistique	141
8.3.2 Variable linguistique	142
8.4 Règles floues	143
8.4.1 Expression floue	144
8.4.2 Valeur numérique	144
8.4.3 Règle floue	145
8.5 Système de contrôle flou	146
8.6 Synthèse du code créé	150
9. Implémentation d'un cas pratique	151
10. Synthèse	157

Recherche de chemins

1. Présentation du chapitre	159
2. Chemins et graphes	160
2.1 Définition et concepts	160
2.2 Représentations	161
2.2.1 Représentation graphique	161
2.2.2 Matrice d'adjacence	161
2.3 Coût d'un chemin et matrice des longueurs	164
3. Exemple en cartographie	166
4. Algorithmes naïfs de recherche de chemins	168
4.1 Parcours en profondeur	168
4.1.1 Principe et pseudo-code	168
4.1.2 Application à la carte	170
4.2 Parcours en largeur	172
4.2.1 Principe et pseudo-code	173
4.2.2 Application à la carte	174
5. Algorithmes "intelligents"	177

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

5.1 Algorithme de Bellman-Ford	178
5.1.1 Principe et pseudo-code	178
5.1.2 Application à la carte	180
5.2 Algorithme de Dijkstra	183
5.2.1 Principe et pseudo-code	184
5.2.2 Application à la carte	185
5.3 Algorithme A*	188
5.3.1 Principe et pseudo-code	188
5.3.2 Application à la carte	189
6. Domaines d'application	196
7. Implémentation	198
7.1 Nœuds, arcs et graphes	198
7.1.1 Implémentation des nœuds	198
7.1.2 Classe représentant les arcs	199
7.1.3 Graphes	199
7.2 Fin du programme générique	200
7.2.1 IHM	200
7.2.2 Algorithme générique	201
7.3 Implémentation des différents algorithmes	202
7.3.1 Recherche en profondeur	202

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

7.3.2 Recherche en largeur	202
7.3.3 Algorithme de Bellman-Ford	204
7.3.4 Algorithme de Dijkstra	205
7.3.5 Algorithme A*	206
7.4 Application à la carte	208
7.4.1 Gestion des tuiles	209
7.4.2 Implémentation de la carte	209
7.4.3 Programme principal	211
7.5 Comparaison des performances	218
8. Synthèse	221
	223
Algorithmes génétiques	
1. Présentation du chapitre	225
2. Évolution biologique	226
2.1 Le concept d'évolution	226
2.2 Les causes des mutations	227
2.3 Le support de cette information : les facteurs	228
2.4 Des facteurs au code génétique	230

2.5 Le « cycle de la vie »	232
3. Évolution artificielle	233
3.1 Principes	233
3.2 Convergence	234
3.3 Exemple	235
3.3.1 Jeu du Mastermind	235
3.3.2 Création de la population initiale	236
3.3.3 Fonction d'évaluation	237
3.3.4 Phase de reproduction	237
3.3.5 Survie et enchaînement des générations	239
3.3.6 Terminaison de l'algorithme	239
4. Premières phases de l'algorithme	240
4.1 Choix des représentations	240
4.1.1 Population et individus	240
4.1.2 Gènes	241
4.1.3 Cas complexes	241
4.2 Initialisation de la population initiale	243
4.3 Évaluation des individus	244
5. Création des générations suivantes	245

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

5.1 Sélection des parents	245
5.2 Reproduction	247
5.2.1 Crossover	247
5.2.2 Mutation	249
5.3 Survie	251
5.4 Terminaison	251
6. Coévolution	252
7. Domaines d'application	253
8. Implémentation	255
8.1 Implémentation générique d'un algorithme	255
8.1.1 Spécifications	255
8.1.2 Paramètres	256
8.1.3 Individus et gènes	258
8.1.4 IHM	260
8.1.5 Processus évolutif	260
8.2 Utilisation pour le voyageur de commerce	264
8.2.1 Présentation du problème	264
8.2.2 Environnement	265
8.2.3 Gènes	267

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

8.2.4 Individus	268
8.2.5 Programme principal	271
8.2.6 Résultats	273
8.3 Utilisation pour la résolution d'un labyrinthe	274
8.3.1 Présentation du problème	274
8.3.2 Environnement	275
8.3.3 Gènes	280
8.3.4 Individus	281
8.3.5 Modification de la fabrique	284
8.3.6 Programme principal	286
8.3.7 Résultats	287
9. Synthèse	289
Métaheuristiques d'optimisation	
1. Présentation du chapitre	291
2. Optimisation et minimums	292
2.1 Exemples	292
2.2 Le problème du sac à dos	292
2.3 Formulation des problèmes	292

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

2.4 Résolution mathématique	293
2.5 Recherche exhaustive	294
2.6 Métaheuristiques	296
3. Algorithmes gloutons	297
4. Descente de gradient	300
5. Recherche tabou	302
6. Recuit simulé	305
7. Optimisation par essais particulières	307
8. Méta-optimisation	308
9. Domaines d'application	309
10. Implémentation	310
10.1 Classes génériques	311
10.2 Implémentation des différents algorithmes	312
10.2.1 Algorithme glouton	312
10.2.2 Descente de gradient	313
10.2.3 Recherche tabou	314

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

10.2.4 Recuit simulé	315
10.2.5 Optimisation par essais particuliers	316
10.3 Résolution du problème du sac à dos	317
10.3.1 Implémentation du problème	318
10.3.2 Algorithme glouton	324
10.3.3 Descente de gradient	326
10.3.4 Recherche Tabou	327
10.3.5 Recuit simulé	329
10.3.6 Optimisation par essais particuliers	331
10.3.7 Programme principal	335
10.4 Résultats obtenus	336
11. Synthèse	340
Systèmes multi-agents	
1. Présentation du chapitre	343
2. Origine biologique	344
2.1 Les abeilles et la danse	344
2.2 Les termites et le génie civil	346
2.3 Les fourmis et l'optimisation de chemins	

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

2.4 Intelligence sociale	347
	348
3. Systèmes multi-agents	348
3.1 L'environnement	348
3.2 Les objets	349
3.3 Les agents	349
	349
4. Classification des agents	350
4.1 Perception du monde	350
4.2 Prise des décisions	350
4.3 Coopération et communication	351
4.4 Capacités de l'agent	352
	352
5. Principaux algorithmes	353
5.1 Algorithmes de meutes	353
5.2 Optimisation par colonie de fourmis	354
5.3 Systèmes immunitaires artificiels	356
5.4 Automates cellulaires	357
	357
6. Domaines d'application	359
6.1 Simulation de foules	359
6.2 Planification	

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

6.3 Phénomènes complexes	360
6.4 Autres domaines	360
	361
7. Implémentation	361
7.1 Banc de poissons 2D	362
7.1.1 Les objets du monde et les zones à éviter	362
7.1.2 Les agents-poissons	364
7.1.3 L'océan	372
7.1.4 L'application graphique	375
7.1.5 Résultats obtenus	379
7.2 Tri sélectif	381
7.2.1 Les déchets	381
7.2.2 Les agents nettoyeurs	383
7.2.3 L'environnement	388
7.2.4 L'application graphique	391
7.2.5 Résultats obtenus	396
7.3 Le jeu de la vie	397
7.3.1 La grille	398
7.3.2 L'application graphique	401
7.3.3 Résultats obtenus	404

8. Synthèse	406
Réseau de neurones	
1. Présentation du chapitre	407
2. Origine biologique	408
3. Machine Learning	410
3.1 Formes d'apprentissage et exemples	410
3.1.1 Apprentissage non supervisé	411
3.1.2 Apprentissage supervisé	412
3.1.3 Apprentissage par renforcement	414
3.2 Régression et algorithme de régression linéaire	415
3.3 Classification et algorithme de séparation	418
4. Neurone formel et perceptron	420
4.1 Principe	420
4.2 Réseaux de type "perceptron"	421
4.3 Fonctions d'agrégation et d'activation	423
4.3.1 Fonction d'agrégation	423
4.3.2 Fonction d'activation	424

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

4.4 Exemple de réseau	428
4.5 Apprentissage	429
5. Réseaux feed-forward	431
5.1 Réseaux avec couche cachée	431
5.2 Apprentissage par rétropropagation du gradient	433
5.3 Surapprentissage	435
5.4 Améliorations de l'algorithme	438
5.4.1 Batch, mini-batch et gradient stochastique	438
5.4.2 Régularisation	439
5.4.3 Dropout	439
5.4.4 Variation de l'algorithme de descente de gradient	440
5.4.5 Création de nouvelles données : data augmentation	440
6. Autres architectures	441
6.1 Réseaux de neurones à convolution	441
6.2 Cartes de Kohonen	442
6.3 Réseaux de neurones récurrents	442
6.4 Réseaux de Hopfield	443
7. Domaines d'application	443
7.1 Reconnaissance de patterns	444

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

7.2 Estimation de fonctions	444
7.3 Création de comportements	444
7.4 Applications actuelles	445
8. Implémentation	446
8.1 Points et ensembles de points	446
8.2 Neurone	449
8.3 Réseau de neurones	451
8.4 Interface homme-machine	455
8.5 Système complet	455
8.6 Programme principal	459
8.7 Applications	460
8.7.1 Application au XOR	460
8.7.2 Application à Abalone	462
8.7.3 Améliorations possibles	464
9. Synthèse	465
Sitographie	
1. Pourquoi une sitographie ?	471

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

2. Systèmes experts	471
3. Logique floue	474
4. Recherche de chemins	477
5. Algorithmes génétiques	478
6. Métaheuristiques	480
7. Systèmes multi-agents	481
8. Réseaux de neurones	483
Annexe	
1. Installation de SWI-Prolog	487
2. Utilisation de SWI-Prolog sous Windows	488

L'Intelligence Artificielle pour les développeurs

Concepts et implémentations en Java (2e édition)

Index

491