

TRAITEMENT
DU SIGNAL
ET DE L'IMAGE

Information - Commande - Communication

Filtrage adaptatif

théorie et algorithmes

sous la direction de

François Michaut
Maurice Bellanger

 **hermes**

Lavoisier

Filtrage adaptatif

théorie et algorithmes



sous la direction de

François Michaut

Maurice Bellanger

Table des matières

Avant-propos	5
Chapitre 1. Filtrage adaptatif : le problème de base	13
Jean-Marc BROSSIER, François MICHAUT	
1.1. Traitement du signal et optimisation	13
1.1.1. Pourquoi du filtrage adaptatif ?	13
1.1.2. Soustraction de bruit, égalisation et identification	14
1.2. Estimation optimale	16
1.2.1. Estimation non linéaire	16
1.2.2. Estimation en moyenne quadratique (m.q.)	18
1.2.3. Deux approches de l'ELMQ : Wiener et Kalman	19
1.3. Le filtrage de Wiener RIF	22
1.3.1. La solution RIF : équations normales	22
1.3.2. Le point de vue déterministe : moindres carrés	23
1.4. Optimisation déterministe : les algorithmes	25
1.4.1. Gradient déterministe	25
1.4.2. Newton et quasi-Newton	27
1.4.3. Autres méthodes : gradient conjugué...	29
1.5. Passage aux algorithmes adaptatifs et rôle de l'ergodisme	29
1.5.1. Choix du critère à optimiser	30
1.5.2. Choix d'un algorithme déterministe d'optimisation	31
1.5.3. Algorithme stochastique et estimation statistique	32
1.5.4. Le lien entre point de vue déterministe et probabiliste : l'ergodisme	33
1.6. Bibliographie	36
Chapitre 2. Filtrage adaptatif RIF	39
François MICHAUT, André GILLOIRE, Pascal SCALART	
2.1. Gradient stochastique	39

2.1.1. Le gradient stochastique : LMS	40
2.1.2. Convergence du LMS	41
2.1.3. Variantes du LMS : NLMS, formes par blocs	50
2.2. Moindres carrés récursifs : RLS	55
2.2.1. L'algorithme récursif : RLS	56
2.2.2. Algorithme adaptatif : facteur d'oubli	57
2.2.3. Convergence et propriétés statistiques	59
2.2.4. Simulations et comparaisons RLS-LMS	65
2.3. Algorithmes de projection affine	69
2.3.1. Introduction	69
2.3.2. Liens avec les autres familles d'algorithmes	72
2.3.3. Régularisation directe de la matrice de covariance des données	73
2.3.4. Convergence de l'algorithme APA	74
2.3.5. Complexité algorithmique et algorithmes rapides	76
2.4. Structures en treillis	77
2.4.1. Introduction	77
2.4.2. Le treillis gradient et variantes	79
2.4.3. Le treillis Moindres carrés	81
2.5. Performances comparées des algorithmes adaptatifs	83
2.5.1. Performances de APA et NLMS	83
2.5.2. Performances des algorithmes en treillis	86
2.6. Bibliographie	90

Chapitre 3. Algorithmes adaptatifs : méthodes générales 93

Jean-Pierre DELMAS, Jean-Marc BROSSIER, François MICHAUT

3.1. Nécessité de traitements adaptatifs plus généraux	94
3.1.1. Filtrage RII, modélisation ARMA	94
3.1.2. Egalisation linéaire aveugle	95
3.1.3. Estimation de retards	97
3.1.4. Approximation de sous-espaces, réseau de neurones	97
3.1.5. Conception des algorithmes	99
3.2. Forme générale d'algorithmes, méthodes pour la convergence (ODE)	101
3.2.1. Forme générale, vecteur d'état	101
3.2.2. Algorithme déterministe et méthode de l'ODE	103
3.2.3. Stabilité de l'ODE et fonction de Liapounoff	107
3.2.4. Exemples : ODE, convergence, condition SPR	109
3.3. Algorithmes à pas constant : fluctuation stationnaire	112
3.3.1. Fluctuation : approximation-diffusion gaussienne et EDS	114
3.3.2. Exemples	115
3.4. Poursuite de non-stationnarités	117
3.4.1. Problématique de la poursuite	118
3.4.2. Exemple de l'estimateur de moyenne	119
3.4.3. Méthode générale : diffusions gaussiennes et ODE	122

3.4.4. Le cas standard : LMS et RLS, exemples	125
3.5. Application : méthodes d'approximation de sous-espaces	127
3.5.1. Construction des algorithmes	128
3.5.2. Etude de convergence	134
3.6. Conclusion	137
3.7. Bibliographie	138

Chapitre 4. Algorithmes rapides, vitesse et stabilité numérique 141

Maurice BELLANGER

4.1. Introduction et notations	141
4.2. Filtrés transverses rapides	142
4.2.1. Equations de récurrence du filtre d'ordre M	142
4.2.2. Relations entre les variables des Moindres carrés	144
4.2.3. Algorithme MCR basé sur les erreurs <i>a priori</i>	149
4.2.4. Algorithme MCR basé sur l'ensemble des erreurs de prédiction	153
4.2.5. Conditions de stabilité et initialisation	155
4.2.6. Contrôle de l'accumulation des erreurs d'arrondi	160
4.2.7. Moindres carrés avec décimation	162
4.3. Algorithmes en treillis	163
4.3.1. Récurrences sur l'ordre pour les coefficients de prédiction	163
4.3.2. Relations de récurrence sur l'ordre pour les coefficients du filtre	167
4.3.3. Relations de récurrence temporelle	169
4.3.4. Algorithmes MCR pour les structures en treillis	170
4.3.5. Algorithmes pour treillis avec normalisation	172
4.3.6. Calcul des coefficients des filtres transversaux	177
4.4. Algorithmes de décomposition QR	178
4.4.1. L'opération de rotation	179
4.4.2. La décomposition QR	179
4.4.3. Rotations en prédiction linéaire arrière	181
4.4.4. Rotation en prédiction linéaire avant	185
4.4.5. L'algorithme QR rapide	187
4.4.6. Equivalence avec le treillis	189
4.5. Conclusion	190
4.6. Bibliographie	191

Chapitre 5. Filtrage adaptatif RII 193

Phillip REGALIA

5.1. Introduction	193
5.2. Principes d'identification du système	194
5.3. Méthode d'erreur d'équation	194
5.3.1. Développement algorithmique	198
5.3.2. Propriétés de modélisation	200
5.4. Méthode de minimisation de l'erreur de sortie	203

5.5. Méthode de Steiglitz et McBride	207
5.5.1. Développement algorithmique	208
5.6. Algorithmes à base d'hyperstabilité	211
5.7. Algorithme hyperstable simplifié	216
5.8. Convergence des algorithmes en erreur de sortie	217
5.8.1. Méthode de gradient	219
5.8.2. Algorithme de Steiglitz-McBride	220
5.8.3. SHARF	223
5.9. Approximation dans le cas sous-modélisé	225
5.10. Conclusion	229
5.11. Bibliographie	229
Index	233

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 et productique
- Management et gestion des STICS
- Cognition et traitement de l'information.

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.