

MÉTHODES MATHÉMATIQUES POUR L'INGÉNIEUR 9

Introduction à la statistique

STEPHAN MORGENTHALER



PRESSES POLYTECHNIQUES ET UNIVERSITAIRES ROMANDES

Table des matières

Avant-propos v

Table des matières x

Première partie : Statistique exploratoire

| | |
|--|-----------|
| 1 Représentations graphiques | 3 |
| 1.1 Distribution d'une variable | 3 |
| 1.2 Diagramme en boîte (boxplot) | 7 |
| 1.3 Diagramme en barres et diagramme en points | 10 |
| 1.4 Diagramme sous forme de fromage | 11 |
| 1.5 Deux variables continues | 13 |
| 1.6 Deux variables continues en parallèle | 14 |
| 1.7 Séries temporelles | 16 |
| 1.8 Exercices | 17 |
| 2 Moyenne, écart-type et loi normale | 23 |
| 2.1 Moyenne et écart-type | 23 |
| 2.2 Distribution gaussienne | 25 |
| 2.3 Calculer des probabilités | 26 |
| 2.4 Variabilité d'une moyenne | 30 |
| 2.5 Moyenne ou médiane | 32 |
| 2.6 Exercices | 33 |

Deuxième partie : Calcul des probabilités

| | |
|---|-----------|
| 3 Probabilités d'événements | 39 |
| 3.1 Généralités | 39 |
| 3.2 Additionner des probabilités | 40 |
| 3.3 Multiplier des probabilités | 42 |
| 3.4 Probabilités conditionnelles | 44 |
| 3.5 Combinatoire | 47 |
| 3.6 Ruine du joueur | 50 |
| 3.7 Exercices | 51 |
| 4 Variables aléatoires | 57 |
| 4.1 Distribution d'une variable aléatoire | 57 |
| 4.2 Espérance mathématique d'une variable | 63 |
| 4.3 Variance d'une variable aléatoire | 68 |
| 4.4 Transformer des variables aléatoires | 71 |
| 4.5 Indépendance et distribution conjointe | 74 |
| 4.6 Additionner deux variables aléatoires | 79 |
| 4.7 Espérance et variance | 83 |
| 4.8 Corrélation entre deux variables aléatoires | 84 |
| 4.9 Vecteurs aléatoires | 85 |
| 4.10 Les distributions les plus importantes | 87 |
| 4.11 Exercices | 90 |
| 5 Théorèmes fondamentaux | 97 |

Troisième partie : Idées fondamentales de la statistique

| | |
|------------------------------------|------------|
| 6 Modèles et estimation | 101 |
| 6.1 Modèles statistiques | 102 |
| 6.2 Estimer des paramètres | 103 |
| 6.3 Distribution d'échantillonnage | 104 |
| 6.4 Propriétés simples | 105 |
| 6.5 Exercices | 107 |
| 7 Méthodes d'estimation | 111 |
| 7.1 Moindres carrés | 112 |
| 7.2 Régression linéaire simple | 114 |
| 7.3 Un plan d'expérience | 119 |

| | |
|------------------------------|-----|
| 7.4 Maximum de vraisemblance | 122 |
| 7.5 Exercices | 124 |

| | |
|-----------------------------------|------------|
| 8 Tests statistiques | 129 |
| 8.1 Tests de signification | 129 |
| 8.2 Tests d'hypothèse | 135 |
| 8.3 Test de Student | 138 |
| 8.4 Exercices | 141 |
| 9 Intervalles de confiance | 145 |
| 9.1 Intervalle de Student | 145 |
| 9.2 Interprétation | 147 |
| 9.3 Tester la pente | 148 |
| 9.4 Exercices | 150 |

Quatrième partie : Méthodes statistiques

| | |
|---|------------|
| 10 Régression multiple | 159 |
| 10.1 Estimateur des moindres carrés | 159 |
| 10.2 Propriétés de l'estimateur des moindres carrés | 161 |
| 10.3 Tableau de l'analyse de variance | 162 |
| 10.4 Test F de Fisher | 163 |
| 10.5 Exercices | 166 |
| 11 Plans d'expériences | 173 |
| 11.1 Analyse de variance (ANOVA) à deux voies | 174 |
| 11.2 ANOVA à deux voies | 180 |
| 11.3 Plans d'expériences à plusieurs facteurs | 184 |
| 11.4 Un plan d'expériences réduit | 190 |
| 11.5 Exercices | 192 |
| 12 Tests khi-deux | 197 |
| 12.1 Le test khi-deux | 197 |
| 12.2 Analyser des questionnaires | 199 |
| 12.3 Exercices | 202 |
| 13 Composantes principales | 205 |
| 13.1 Données multivariées | 205 |
| 13.2 Covariance et corrélation | 207 |
| 13.3 La première composante principale | 209 |
| 13.4 Analyse en composantes principales (ACP) | 213 |
| 13.5 Biplot | 216 |

| | | |
|-----------|---|------------|
| 13.6 | Un exemple | 222 |
| 13.7 | Exercices | 224 |
| 14 | Modèles linéaires | 229 |
| 14.1 | Analyse des résidus | 230 |
| 14.2 | Transformer la variable-réponse | 231 |
| 14.3 | Régression pondérée | 241 |
| 14.4 | Valeurs aberrantes | 244 |
| 14.5 | Estimateurs robustes | 246 |
| 14.6 | Modèles linéaires avec contraintes | 251 |
| 14.7 | Ajuster un modèle | 254 |
| 14.8 | Exercices | 257 |
| 15 | Inférence non paramétrique | 261 |
| 15.1 | Le cas de deux échantillons | 261 |
| 15.2 | Test de Wilcoxon | 267 |
| 15.3 | Tester l'ajustement de données | 270 |
| 15.4 | Tests de rangs pour l'analyse de variance | 273 |
| 15.5 | Intervalle de confiance non paramétriques | 274 |
| 15.6 | Exercices | 277 |
| 16 | Séries temporelles | 281 |
| 16.1 | Généralités | 281 |
| 16.2 | Effets périodiques | 285 |
| 16.3 | Tendance croissante ou décroissante | 290 |
| 16.4 | Analyser une série stationnaire | 292 |
| 16.5 | Analyse harmonique | 298 |
| 16.6 | Exercices | 303 |
| 17 | Fiabilité : temps de survie | 307 |
| 17.1 | Notions fondamentales | 307 |
| 17.2 | Modèles paramétriques | 310 |
| 17.3 | Données censurées | 311 |
| 17.4 | Estimateur de Kaplan-Meier | 313 |
| | Bibliographie | 316 |
| | Tables de quantiles | 321 |
| | Index | 329 |

Introduction à la statistique

STEPHAN MORGENTHALER

Première introduction en statistique et en probabilités, cet ouvrage traite les méthodes les plus courantes et donne une base théorique. Le contenu étant structuré en quatre parties, l'introduction (statistique exploratoire) consiste en une discussion sur les données susceptibles d'être soumises à une analyse statistique. La deuxième partie (calcul des probabilités) est une initiation concise au calcul des probabilités, d'abord pour des événements, ensuite pour des variables aléatoires. La troisième partie (idées fondamentales de la statistique) présente brièvement les approches majeures de la statistique, c'est-à-dire l'estimation et les méthodes inférentielles. Enfin, la dernière partie (méthodes statistiques) aborde différents outils statistiques.

Ouvrage de référence pour les étudiants ingénieurs (premier cours de statistique) et les chercheurs, complété par des exercices, il est conçu comme support pour un cours de deux semestres. Il peut également servir d'outil aux autodidactes intéressés par les bases et applications des méthodes statistiques.

Né en 1955, Stephan Morgenthaler est mathématicien diplômé de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich en 1979 et il obtient le titre de docteur (Ph. D) du Département de statistique de l'Université de Princeton (New Jersey) en 1983. De 1983 à 1984, il enseigne au Département de mathématiques du Massachusetts Institute of Technology à Boston. En 1984, il entre en tant que professeur assistant au Département de statistique de l'Université de Yale (New Haven, Connecticut), où il est nommé professeur associé en 1987. Dès 1988 il est nommé professeur extraordinaire à l'EPFL, puis professeur ordinaire en 1991.

Son enseignement et ses recherches portent sur les probabilités et la statistique, la théorie de la statistique, l'analyse des données et la robustesse statistique. Il s'intéresse également aux applications des méthodes statistiques dans les administrations, dans l'industrie et dans les sciences.

ISBN 2-88074-372-9



9 782880 743727