

Méthodes statistiques spatiales

Xavier Guyon

SAMOS - Université Paris 1

La *statistique spatiale* étudie des phénomènes aléatoires $X = \{X_s, s \in S\}$ indexés par un ensemble spatial $S \subset \mathbb{R}^2$. Parmi les domaines d'application, citons l'épidémiologie, l'économétrie, les sciences de l'environnement et de la terre, la foresterie et l'agronomie, l'imagerie etc. L'objectif du cours est de présenter des problèmes spatiaux et les données associées, de proposer des modèles et les outils statistiques associés et d'appliquer ces méthodes en les illustrant sur des exemples avec des sorties du logiciel R ⁽¹⁾. On distingue trois types de données spatiales :

les *données géostatistiques* : $S \subset \mathbb{R}^2$ est un sous-ensemble continu, X est réel observé sur un sous-ensemble fini;

les *données sur réseau* : S est discret fini, X_s intégrant la variable d'intérêt sur l'unité géographique s ;

les *données ponctuelles* : on observe $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ les positions d'occurrence d'un phénomène ponctuel spatial.

Mots clés : *géostatistique ; covariance ; variogramme ; régression spatiale ; krigage ; graphe de voisinage ; auto-corrélation spatiale ; indice de Moran ; Auto-régression spatiale ; SAR ; CAR ; champ de Markov ; auto-modèle de Besag ; pseudo-vraisemblance ; codage ; processus ponctuel (PP) ; PP de Poisson ; intensité ; modèle à noyau dur ; processus de Cox ; moment réduit d'ordre deux ; MLG.*

Plan de cours

1 - Données géostatistiques : Modèle au second ordre, covariance. Processus intrinsèque : variogramme, isotropie. Exemples. Estimation : nuées variographiques ; estimation d'un modèle paramétrique ; validation de modèle. La régression spatiale ; estimations. Cartes de prédiction : krigage simple et universel. Exemples.

2 - Données sur réseau : Graphe de voisinage \mathcal{G} sur un réseau fini S . Auto-corrélation spatiale : indice de Moran et indépendance spatiale ; test de permutation de Monte Carlo. Auto-régression simultanée (SAR), conditionnelle (CAR). Régression spatiale à résidus AR. Champ de Markov ; auto-modèles de Besag. Estimation par pseudo-vraisemblance ; codage. Exemples.

3 - Données ponctuelles spatiales : Processus Ponctuel de Poisson (PPP), indépendance spatiale, simulation ; MLG d'intensité d'un PP ; estimation. Plus de régularité : modèles à noyau dur ; moins de régularité : processus de Cox. Moment

¹R est un logiciel libre, cf. <http://cran.r-project.org/> et pour la statistique spatiale, <http://cran.r-project.org/Rgeo>

réduit d'ordre deux de Ripley. Estimation ; test d'indépendance et validation de modèle par méthode de Monte Carlo. Exemples.

Bibliographie :

Ripley B. (1981), *Spatial statistics*, Wiley.

Cressie N. (1993) : *Statistics for spatial data*, Wiley.

Wackernagel H. (1995), *Multivariate Geostatistics - An introduction with applications*, Springer.

Diggle P.J. (2003), *Statistical analysis of spatial point patterns*, Oxford Univ. Press.

Schabenberger O. et Gotway C.A. (2005), *Statistical methods for spatial data analysis*, Chapman & Hall.

Diggle P.J. et Ribeiro P.J. (2006), *Model-based Geostatistics*, Springer.