Département d'informatique et de recherche opérationnelle (IRO)

Automne 2014

IFT-6561
SIMULATION: ASPECTS STOCHASTIQUES

http://www.iro.umontreal.ca/~lecuyer/ift6561.html

Prof. Pierre L'Ecuyer, bureau AA-3361

Objectifs généraux

L'objectif de ce cours est d'étudier les principales techniques permettant de simuler efficacement des systèmes stochastiques par ordinateur. Les exemples sont tirés de différents domaines, incluant la gestion, la finance, les communications, et l'informatique. La majeure partie du temps est consacrée à étudier les principes fondamentaux bien établis dans le domaine. Ces principes sont illustrés par des exemples académiques simples dont le but est d'aider à mieux comprendre les idées les plus importantes. Les probabilités et les outils statistiques sont à l'honneur, mais les techniques statistiques utilisées sont souvent adaptées ou particulières au domaine de la simulation.

Prérequis

Des connaissances de base en probabilités et statistique sont essentielles. De plus, il y aura de la programmation à faire pour la partie expérimentale. Elle se fera en langage Java, en utilisant la librairie SSJ. On peut se débrouiller même si on ne connait pas bien Java (on devra l'apprendre par soi-même durant la session, ce qui demandera bien sûr quelques efforts additionnels pour ceux qui ne le connaissent pas) mais il faut au moins savoir programmer.

Références de base

- P. L'Ecuyer, *Stochastic Discrete-Event Simulation*, en cours de rédaction, sera accessible via la page web du cours (voir ci-haut), un chapitre à la fois.
- P. L'Ecuyer, *SSJ: A Java Library for Stochastic Simulation*, DIRO, Université de Montréal, disponible sur internet à `http://www.iro.umontreal.ca/~simardr/ssj/indexf.html`.

Autres références utiles

- P. Glasserman, *Monte Carlo Methods in Financial Engineering*, Springer-Verlag, 2004.
- S. Asmussen and P. W. Glynn, *Stochastic Simulation*, Springer-Verlag, 2007.
- A. M. Law, *Simulation Modeling and Analysis*, cinquième édition, McGraw-Hill, 2014.

CONTENU

1. Introduction et principes de base. Modèles stochastiques et simulation. Simulation discrète et continue. Valeurs pseudoaléatoires et inversion. Intégration Monte Carlo. Notions de variance, biais, et efficacité. Changement des lois de probabilité. Méthodes quasi-Monte Carlo. Organisation d'un simulateur à événements discrets. Exemples de modèles et de programmes. Idée des valeurs aléatoires communes et exemples simples de réduction de variance. Analyse de sensibilité (estimation de dérivées). Optimisation par simulation.

2. Modélisation. Modèles stochastiques. Niveaux de détail. Réalisme et validation. Choix des lois de probabilité. Approches paramétriques et approches utilisant des lois empiriques. Processus de Poisson. Mouvement Brownien ordinaire et géométrique. Processus de Lévy. Autres types de processus souvent utilisés. Indépendence et problèmes de corrélation. Horizons finis et infinis, accumulation des coûts (ou mesures de performance), actualisation, état stationnaire. Processus regénératifs.

3. Génération de valeurs aléatoires uniformes. Notion de générateur pseudo-aléatoire. Suites et sous suites multiples. Principales classes de générateurs utilisés en pratique: congruence linéaire simple et multiple modulo m et modulo 2. Générateurs combinés. Générateurs non-linéaires. Analyse théorique et tests statistiques empiriques. Implantations portables et efficaces.

4. Génération de valeurs aléatoires non uniformes. Inversion, rejet, composition. Transformation par changement de variable. Algorithmes pour quelques lois usuelles. Lois semi-empiriques. Processus de Poisson stationnaires et non-stationnaires. Simulation de mouvements Browniens et de processus de Lévy.

5. Analyse statistique des résultats. Estimation et intervalles de confiance pour différentes classes de mesures de performance. Méthodes de rééchantillonnage (bootstrap). Observations multivariées. Intervalles de confiance pour le coût moyen à l'état stationnaire. Détection et diminution du biais initial. Performance relative: comparaison de plusieurs systèmes par simulation.

6. Amélioration de l'efficacité. Variance vs effort de calcul. Réduction de la variance. Valeurs aléatoires communes. Valeurs antithétiques. Méthodes quasi-Monte Carlo randomisées. Variables de contrôle. Stratification. Estimation indirecte. Technique de l'espérance conditionnelle ("conditional Monte Carlo"). Événements rares et échantillonnage stratégique par changement de mesure ("importance sampling"). "Splitting." Notions de robustesse des estimateurs dans les contextes d'événements rares.

7. Analyse de sensibilité et optimisation (survol rapide, si le temps le permet). Estimation de gradient. Différences finies avec et sans valeurs aléatoires communes. Analyse de perturbation infinitésimale. Technique du rapport de vraisemblance. Estimation fonctionnelle. Optimisation par approximation stochastique et par la méthode de la moyenne échantillonnale. Optimisation dans le cas de paramètres discrets.

Évaluation

Examen partiel:	30%
Examen ou travail final:	30%
Devoirs individuels:	40%

Horaire

Mardi, 9:30–11:30, salle Z-305, pavillon McNicoll.
Mercredi, 13:30–15:30, salle Z-337, pavillon McNicoll.

Débute le mardi 2 septembre.