

# Построение сценариев принятия решений на основе будстреп-моделирования

Лилия Ю.Уразаева  
Доцент кафедры математики  
Санкт-Петербургский Архитектурно-строительный  
университет  
Санкт-Петербург, Россия  
Delovoi2004@mail.com

Наталья Н. Дацун  
Доцент кафедры математического обеспечения  
Пермский государственный национальный  
исследовательский университет  
Пермь, Россия  
nndatsun@inbox.ru

**Аннотация.** Работа посвящена обоснованию возможности использования будстреп-методов при компьютерном моделировании сценариев развития динамических процессов в сложных системах.

Обсуждается анализ границ применимости будстреп-анализа, предлагается процедура адаптивной генерации выборок с учетом развития динамических процессов, приведены примеры использования будстреп-моделирования для принятия решений.

**Ключевые слова**— *принятие решений, будстреп-моделирование, анализ рисков, построение сценариев развития процессов, сложные системы.*

## I. ВВЕДЕНИЕ

Проектирование сложных систем, работающих в условиях неопределенности требует управления, основанного на многоступенчатых процедурах принятия решений.

Характерной особенностью таких систем управления является необходимость приспособления к изменяющимся условиям и возможность оценки и учета влияния неопределенностей.

Для выбора оптимального управления можно разработать сценариев принятия решений на основе будстреп-моделирования

В системном анализе принято выделять два вида адаптивного управления: прямое (непосредственное) и косвенное (опосредованное).

В случае прямого адаптивного управления внешняя информация непосредственно используются в процессе принятия решений для изменения траектории управления.

Опосредованные методы позволяют провести оценку диапазона изменения входных и выходных параметров с целью использования полученных результатов для настройки системы принятия решений при управлении сложной системой.

В настоящее время имеется большое число публикаций посвящено рассмотрению применению классических методов адаптивного управления в теоретических исследованиях и в практических приложениях.

Особое внимание привлекают задачи разработки процедур управления, в условиях наличия изменяющихся во времени неопределенностей, имеющих нелинейные эффекты воздействия на результат.

Ввиду неполноты информации при решении подобных задач авторами было предложено использование будстреп-анализа для получения необходимых оценок в условиях малочисленных выборок при построении сценариев развития системы.

Для получения полной картины о возможностях применения будстреп-методов при принятии решений и оценке рисков был выполнен обзор научных работ, посвященных различным аспектам приложения методов размножения выборки и аппроксимации данных.

На основе рассмотренных публикаций можно отметить, что управление сложными системами с большим числом нелинейных взаимосвязей и неопределенностью может также проводиться с помощью оценки рисков состояния устойчивости системы при различных сценариях.

Таким образом, адаптивное управление находит применение в различных реальных приложениях. Проблема недостатка данных для оценки рисков принятия обоснованных решений решается методами будстреп-анализа и аппроксимации зависимостей.

## II. ОПИСАНИЕ МЕТОДА И АНАЛИЗ РАБОТ

### A. Описание будстреп-метода

Будстреп-метод был разработан в 1979 году Б. Эфроном как продолжение метода складного ножа. Будстреп-метод используется в случае малочисленности выборочных совокупностей для получения оценок параметров генеральной совокупности.

В качестве искоемых оценок параметров закона распределения случайной величины в генеральной совокупности могут выступать выборочная средняя, выборочный коэффициент корреляции и т.д.

Очевидно, выборочные оценки являются случайными величинами и могут меняться от выборки к выборке. В реальных задачах объем выборки может быть небольшим по

## IV. ВЫВОДЫ

Ресамплирование можно применять для прогнозирования, но при этом необходимо учитывать конкретные особенности исследуемых временных рядов.

Полученные при ресамплировании сценарии можно использовать как альтернативные пути развития исследуемого процесса.

## Список литературы

- Athreya, K.B. (1986). Bootstrap of the mean in the infinite variance case. *Ann. Stat.* 14, 724-731.
- Azzalini, A. and Hall, P. (2000). Reducing variability using bootstrap methods with quantitative constraints. *Biometrika*, 87, 895-906.
- Babu, G.J. (1984). Bootstrapping statistics with linear combination of Chi-square as weak limit. *Sankhya A*, 46, 85-93.
- Babu, G.J. and Singh, K. (1983). Inference on means using the bootstrap. *Ann. Stat.* 11, 999- 1003.
- Beran, R. (1984). Prepivotting to reduce level errors of confidence sets. *Biometrika*, 74, 151-173. Beran, R. (1990) Refining bootstrap simultaneous confidence sets. *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 85, 417-428.
- Bickel, P.J. (2003). Unorthodox bootstraps (invited papers). *J. of Korean Stat. Soc.* 32, 213-224. Bickel, P.J. and Freedman, D. (1981). Some asymptotic theory for the bootstrap. *Ann. Stat.* 9, 1196- 1217.
- Bickel, P.J. and Freedman, D (1984). Asymptotic normality and the bootstrap in stratified sampling. *Ann. Stat.* 12, 470-482.
- Boos, D.D. and Brownie, C. (1989). Bootstrap methods for testing homogeneity of variances. *Technometrics*, 31, 69-82.
- Boos, D.D. and Munahan, J.F. (1986). Bootstrap methods using prior information. *Biometrika*, 73, 77-83.
- Bose, A. (1988). Edgeworth correction by bootstrap in autoregressions. *Ann. Stat.* 16, 1709- 1722. Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning*, 26, 123-140.
- Buhlmann, P. (1994). Bootstrap empirical process for stationary sequences. *Ann. Stat.* 22, 995- 1012.
- Buhlmann, P. (2002). Sieve bootstrap with variable length – Markov chains for stationary categorical Time series (with discussions) *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 97, 443-455.
- Burr, D. (1994). A comparison of certain bootstrap confidence intervals in Cox model. *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 89, 1290-1302.
- Collins, M.A., Millard-Stafford, M.L., Sparling, P.B., Snow, T.K., Roskopf, L.B., Webb, S.A., Omer, J. (1999). Evaluating BOD POD(R) for assessing body fat in collegiate football players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31,1350-56.
- Davison, A.C. and Hinkley, D. V. (1988). Saddle point approximations in resampling method. *Biometrika*, 75, 417-431. DiCiccio, T.J. and Romano, J.P. (1988). A review of bootstrap confidence intervals (with discussions). *J. R. Stat. Soc. B*, 50, 538-554.
- Eaton, M.L. and Tyler, D.E. (1991). On Wielandt's inequality and its application to the asymptotic distribution of the eigenvalues of a random symmetric matrix. *Ann. Stat.* 19, 260–271.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at jackknife. *Ann. Stat.* 7, 1-26. Efron, B. (1987). Better bootstrap confidence intervals (with discussions). *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 82, 171-200.
- Efron, B. (1992). Jackknife-after-bootstrap standard errors and influences functions (with discussions). *J.R. Stat. Soc. B*, 54, 83-127.
- Efron, B. (1994). Missing data, imputation and the bootstrap (with discussions). *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 89, 463-479.
- Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). *An introduction to the bootstrap*, Chapman and Hall New York.
- Freedman, D.A. (1981) Bootstrapping Regression models. *Ann. Stat.* 9, 1281- 1228.
- Hall, P. (1989). On efficient bootstrap simulation. *Boimetrika*, 76, 613-617. Hall, P. (1992). Bootstrap confidence intervals in nonparametric regression. *Ann. Stat.* 20, 695- 711.
- Hinkley, D.V. (1988). Bootstrap methods (with discussions). *J. Roy. Stat. Soc. B*, 50, 321-337.
- , Kunch, H.R. (1989). The jackknife and bootstrap for general stationary observations. *Ann. Stat.* 17, 1217-1241.
- Lahiri, S.N. (1993). Bootstrapping the studentized sample mean of Lattice variables. *J. Mult. Analy.* 45, 247-256.
- Lahiri, S.N. (1993). On the moving block bootstrap under long range dependence. *Stat. Prob. Letters*, 18, 405-413.
- Liu, R.Y. and Singh, K. (1992). Efficiency and Robustness in re sampling. *Ann. Stat.* 20, 370- 384. Liu, R.Y. and Singh, K. (1992). Moving block jackknife and bootstrap capture weak dependence. *EXPLORING THE LIMITS OF BOOTSTRAP*, R. Lepage and L. Billard edited. Wiley, N.Y.
- Lunneborg, EE. (2000). *Data analysis by resampling: concepts and applications*. Duxbury press. Mamman, e. (1992). When does bootstrap work. *Asymptotoc results and simulations*. Springer Verlag, N.Y. Politis, D.N. and Romano, J.P. (1994). The stationary bootstrap. *Jour. Amer. Stat. Assoc.* 89, 1303 – 1313.
- Rubin, D.B. (1981). The Bayesian bootstrap. *Ann. Stat.* 9, 130-134. Shao, J. and Tu, D. (1995). *THE JACKKNIFE AND BOOTSTRAP*, Springer, Verlag, N.Y. Singh, K. (1981). On Asymptotic accuracy of Efron's bootstrap. *Ann. Stat.* 9, 1187-1195.
- Singh, K (1998). Breakdown theory for bootstrap quantiles. *Ann. Stat.* 26, 1719-1732. Singh, K. and Xie M. (2003). Bootlier-plot-Bootstrap based outlier detection plot. *Sankhya*, 65, 532-559.