

## **Programa Oficial de Postgrado en Estadística e Investigación Operativa**

Planificación de la materia: **Técnicas de remuestreo**

Número de créditos ECTS: 5

Profesorado:

Ricardo Cao Abad  
José Manuel Prada Sánchez  
Manuel Febrero Bande

Objetivos específicos de aprendizaje y descriptores de la materia:

1.- Obxectivos da materia.

Se pretende que el alumno adquiera destreza en la identificación de situaciones en las que los métodos de remuestreo son herramientas inferenciales adecuadas para resolver problemas reales. Para ello se tratará de que el alumno conozca el funcionamiento de las principales técnicas de remuestreo, entre las que se destaca el método bootstrap, así como sus aplicaciones en los principales ámbitos de la estadística. Asimismo se persigue que el alumno sea capaz de diseñar e implementar en ordenador planes de remuestreo adecuados para un amplio abanico de situaciones.

2.- Contidos da materia

1. Preliminares: Órdenes de convergencia. Limitaciones de la inferencia estadística clásica. Simulación y métodos de Monte Carlo. Estimación no paramétrica de la densidad.
2. Motivación del principio Bootstrap. El Bootstrap uniforme. Cálculo de la distribución Bootstrap: distribución exacta y distribución aproximada por Monte Carlo. Ejemplos.
3. Aplicación del Bootstrap a la estimación de la precisión y el sesgo de un estimador. Ejemplos.
4. Motivación del método Jackknife. Estimación Jackknife de la precisión y el sesgo de un estimador. Relación Bootstrap/Jackknife en dicha estimación. Ejemplos. Estudios de simulación.
5. Modificaciones del Bootstrap uniforme: Bootstrap paramétrico, simetrizado, suavizado, ponderado y sesgado. Discusión y ejemplos. Validez de la aproximación Bootstrap. Ejemplos.

6. Aplicación del Bootstrap a la construcción de intervalos de confianza: Métodos percentil, percentil-t, percentil-t simetrizado. Ejemplos. Estudios de simulación.
7. Otras aplicaciones del Bootstrap: El Bootstrap de un modelo de regresión. Wild Bootstrap. El Bootstrap en la estimación del error de predicción. El Bootstrap en poblaciones finitas. Ejemplos. Estudios de simulación.
8. Iteración del principio Bootstrap. Motivación y principales resultados. Aplicaciones del Bootstrap iterado: Corrección del sesgo de un estimador. Corrección del error de cobertura de un intervalo de confianza. Estudios de simulación.
9. El Bootstrap y la estimación no paramétrica de curvas. Introducción a la estimación no paramétrica de curvas. Bootstrap y estimación de la densidad. Aproximación Bootstrap de la distribución del estimador de Parzen-Rosenblatt. El Bootstrap en la selección del parámetro de suavizado.
10. Bootstrap y estimación de la función de regresión. Aproximación Bootstrap de la distribución del estimador de Nadaraya-Watson. Distintos métodos de remuestreo y resultados para ellos.
11. El Bootstrap con datos censurados. Introducción a los datos censurados. Remuestreos Bootstrap en presencia de censura. Relaciones entre ellos.
12. El Bootstrap en la estimación con datos dependientes. Introducción a las condiciones de dependencia y modelos habituales de datos dependientes. Modelos paramétricos de dependencia. Situaciones de dependencia general: el Bootstrap por bloques, el Bootstrap estacionario y el método del submuestreo.
13. El Bootstrap para la predicción con datos dependientes. Modelos de dependencia paramétrica. Situaciones de dependencia general.

### 3.- Bibliografía básica e complementaria

#### Bibliografía básica:

Davison, A.C. and Hinkley, D.V. (1997). *Bootstrap Methods and their Application*. Cambridge University Press.

Efron, B. (1979). *Bootstrap Methods: Another look at the Jackknife*. *Ann. Statist.*, 7, 1-26.

Efron, B. and Tibshirani, R.J. (1993). *An Introduction to the Bootstrap*. Chapman and Hall.

Shao, J. and Tu, D. (1995). *The Jackknife and Bootstrap*. Springer Verlag.

#### Bibliografía complementaria:

Akritas, M. G. (1986). *Bootstrapping the Kaplan--Meier estimator*. *J. Amer. Statist. Assoc.* 81, 1032-1038.

- Bickel, P.J. and Freedman, D.A. (1981). Some asymptotic theory for the bootstrap. *Ann. Statist.* 12, 470-482.
- Bühlmann, P. (1997). Sieve bootstrap for time series. *Bernoulli* 3, 123-148.
- Cao, R. (1990). Órdenes de convergencia para las aproximaciones normal y bootstrap en la estimación no paramétrica de la función de densidad. *Trabajos de Estadística*, vol. 5, 2, 23-32.
- Cao, R. (1991). Rate of convergence for the wild bootstrap in nonparametric regression. *Ann. Statist.* 19, 2226-2231.
- Cao, R. and Prada-Sánchez, J.M. (1993). Bootstrapping the mean of a symmetric population. *Statistics & Probability Letters* 17, 43-48.
- Cao, R. (1993). Bootstrapping the mean integrated squared error. *Jr. Mult. Anal.* 45, 137-160.
- Cao, R. (1999). An overview of bootstrap methods for estimating and predicting in time series. *Test*, 8, 95-116.
- Cao, R. and González-Manteiga, W. (1993). Bootstrap methods in regression smoothing. *J. Nonparam. Statist.* 2, 379-388.
- Efron, B. (1981). Censored data and the bootstrap. *J. Amer. Statist. Assoc.* 76, 312-319.
- Efron, B. (1982). The Jackknife, the Bootstrap and other Resampling Plans. CBMS-NSF. Regional Conference series in applied mathematics.
- Efron, B. (1983). Estimating the error rate of a prediction rule: improvements on cross-validation. *J. Amer. Stat. Assoc.* 78, 316-331.
- Efron, B. and Tibshirani, R. (1986). Bootstrap methods for standard errors, confidence intervals, and other measures of statistical accuracy. *Statistical Science* 1, 54-77.
- Efron, B. (1987). Better Bootstrap confidence intervals (with discussion), *J. Amer. Stat. Assoc.* 82, 171-200.
- Efron, B. (1990). More Efficient Bootstrap Computations. *J. Amer. Stat. Assoc.* 85, 79-89.
- Freedman, D.A. (1981). Bootstrapping regression models. *Ann. Statist.* 9, 6, 1218-1228.
- González-Manteiga, W. y Prada-Sánchez, J.M. (1985). Una aplicación de los métodos de suavización no paramétricos en la técnica Bootstrap. *Proceedings Jornadas Hispano-Lusas de Matemáticas*. Murcia.
- García-Jurado, I. González-Manteiga, W., Prada-Sánchez, J.M., Febrero-Bande, M. and Cao, R. (1995). Predicting using Box-Jenkins, nonparametric and bootstrap techniques. *Technometrics* 37, 303-310.
- González-Manteiga, W., Prada-Sánchez, J.M. and Romo, J. (1994). The Bootstrap-A Review. *Computational Statistics*, 9, 165-205.

- Hall, P. (1986). On the bootstrap and confidence intervals. *Ann. Statist.* 14, 1431-1452.
- Hall, P. (1988-a). Theoretical comparison of bootstrap confidence intervals. *Ann. Statist.* 16, 927-953.
- Hall, P. (1988-b). Rate of convergence in bootstrap approximations. *Ann. Probab.* 16, 4, 1665-1684.
- Hall, P. (1992). *The Bootstrap and Edgeworth Expansion*. Springer Verlag.
- Hall, P. and Martin, M.A. (1988). On bootstrap resampling and iteration. *Biometrika* 75, 661-671.
- Härdle, W. and Marron, J. S. (1991). Bootstrap simultaneous error bars for nonparametric regression. *Ann. Statist.* 19, 778-796.
- Künsch, H.R. (1989). The jackknife and the bootstrap for general stationary observations. *Ann. Statist.* 17, 1217-1241.
- Lombardía, M.J., González-Manteiga, W. and Prada-Sánchez, J.M. (2003). Bootstrapping the Chambers-Dunstan Estimate of a finite population Distribution Function. *J. Stat. Plan. Infer.*, 116, 367-388.
- Mammen, E. (1992). *When does Bootstrap Work?*. Springer Verlag.
- Navidi, W. (1989). Edgeworth expansions for bootstrapping regression models. *Ann. Statist.* 17, 4, 1472-1478.
- Politis, D.N. and Romano, J.R. (1994). The stationary bootstrap. *J. Amer. Statist. Assoc.* 89, 1303-1313.
- Politis, D.N. and Romano, J.R. (1994). Limit theorems for weakly dependent Hilbert space valued random variables with application to the stationary bootstrap. *Statist. Sin.* 4, 461-476.
- Politis, D.N., Romano, J.P. and Wolf, M. (1999). *Subsampling*. Springer Verlag.
- Prada-Sánchez, J.M. and Otero-Cepeda, X.L. (1989). The use of smooth bootstrap techniques for estimating the error rate of a prediction rule. *Comm. Statist. -Simula.*, 18(3), 1169-1186.
- Prada-Sánchez, J.M. and Cotos-Yáñez, T. (1997). A Simulation Study of Iterated and Non-iterated Bootstrap Methods for Bias Reduction and Confidence Interval Estimation. *Comm. Statist. -Simula.*, 26(3), 927-946.
- Reid, N. (1981). Estimating the median survival time. *Biometrika* 68, 601-608.
- Shao, J. and Tu, D. (1995). *The Jackknife and Bootstrap*. Springer Verlag.
- Stine, R.A. (1987). Estimating properties of autoregressive forecasts. *J. Amer. Statist. Assoc.* 82, 1072-1078.
- Thombs, L.A. and Schucany, W.R. (1990). Bootstrap prediction intervals for autoregression. *J. Amer. Statist. Assoc.* 85, 486-492.
- Wu, C.-F. J. (1986). Jackknife, bootstrap and other resampling methods in regression analysis. *Ann. Statist.* 14, 1261-1350.

#### 4.- Competencias xerais e específicas

El alumno adquirirá soltura en el análisis de problemas inferenciales que pueden ser abordados mediante técnicas de remuestreo, así como en el diseño de planes de remuestreo y su implementación en ordenador. Asimismo será capaz de manejar diverso software comercial (fundamentalmente paquetes estadísticos) para utilizar métodos de remuestreo ya incorporados.

Metodología docente: actividades de aprendizaje y su valoración en créditos ECTS.

Tres quintas partes de la docencia presencial se impartirán mediante exposiciones orales del profesor mientras que el resto corresponderá a prácticas, propuestas por el profesor, realizadas en el laboratorio de informática, en su mayoría durante sesiones de dos horas. El total de ambas actividades tendrá una valoración de 2 créditos ECTS. Los 3 créditos ECTS restantes corresponderán a estudio personal (2 créditos) y realización de prácticas personales individuales (1 crédito).

Criterios y métodos de evaluación:

La evaluación se realizará por medio de prácticas propuestas por el profesor así como un examen escrito. La nota del examen escrito representará el 60% de la calificación global, mientras que el 40% restante corresponderá a las prácticas.

Tiempo de estudio y trabajo personal que debe dedicar un estudiante para superarla

Docencia presencial: 50 h (30 h de lección magistral y 20 h de prácticas con ordenador).

Estudio y trabajo personal: 75 h

Recomendaciones para el estudio de la materia

Un prerrequisito necesario es haber cursado al menos una de las materias *Estadística Aplicada* o *Estadística Matemática* del presente master. Es recomendable (aunque no necesario) que el alumno haya cursado la materia optativa de *Simulación Estadística*.