

## **Análisis de Sistemas y Simulación**

*Por Martín E. Pereda S.*

*PTC FMVZ-UJED*

### **Objetivo de la Unidad:**

Presentar el uso del análisis de sistemas y simulación a estudiantes de postgrado interesados en la solución de diferentes problemas. El análisis de sistemas es tanto una filosofía como un conjunto de técnicas cuantitativas, entre ellas la simulación, que se usan al resolver determinados problemas relacionados con el funcionamiento de sistemas complejos. El análisis de sistemas debería formar parte integral de la educación superior de todo profesional académico a cargo de tomar decisiones relacionadas con la ecología y manejo de recursos naturales.

## **PARTE I: LA PERSPECTIVA DE SISTEMAS**

### **Conceptos básicos del análisis de sistemas y simulación**

Introducción

Conceptos básicos

Sistema

Análisis de sistemas

Modelo

Simulación

Etapas Teóricas en el análisis de sistemas

Etapa I: Desarrollo del modelo conceptual

Etapa II: Desarrollo del modelo cuantitativo

Etapa III: Evaluación del modelo

Etapa IV: Uso del modelo

Iteración de las etapas

## **PARTE II: TEORÍA. ETAPAS EN EL ANÁLISIS DE SISTEMAS**

### **Desarrollo del modelo conceptual**

Introducción

Definir los objetivos del modelo

Definir los límites del sistema de interés

Clasificar los componentes del sistema de interés

VARIABLES DE ESTADO

VARIABLES EXTERNAS

- Constantes
- Variables auxiliares
- Transferencias de material e información
- Fuentes y sumideros

Identificar las relaciones entre los componentes del sistema

Submodelos

Representación formal del modelo conceptual

Diagrama del modelo conceptual

Describir los patrones esperados del comportamiento del modelo

### **Desarrollo del modelo cuantitativo**

Introducción

Selección de la forma matemática general para el modelo

Elección del intervalo de tiempo para las simulaciones

Identificar la forma de las relaciones entre las variables del modelo

Estimar los parámetros de las ecuaciones del modelo

Codificar las ecuaciones del modelo en la computadora

Ejecutar las simulaciones de referencia

Presentar las ecuaciones del modelo

### **Evaluación del modelo**

Introducción

Evaluar la estructura del modelo y las relaciones representadas en el modelo

Evaluar la concordancia entre el comportamiento del modelo y los patrones esperados

- Ajuste del modelo

- Elección de los parámetros o ecuaciones a ajustar

- Finalización de las actividades del ajuste

- Determinar el número de parámetros y/o ecuaciones a ajustar

Evaluar la concordancia entre las predicciones de los modelos y los datos del sistema real

- Datos puntuales

- Series de tiempo

- Significancia práctica versus significancia estadística

- Evaluación cuantitativa versus evaluación cualitativa

Determinar la sensibilidad del modelo a cambios en parámetros importantes

Interpretación del análisis de sensibilidad en el contexto de la evaluación del modelo

### **Uso del modelo**

Introducción

Desarrollo y ejecución del diseño experimental para simulaciones

Análisis e interpretación de los resultados del modelo

Examinar políticas de manejo o condiciones ambientales alternativas

Comunicación de los resultados de las simulaciones

## **PARTE III: GUIA PARA EL DESARROLLO Y USO DE MODELOS DE SIMULACIÓN**

### **Módulos para representar la estructura y la dinámica de sistemas**

Introducción

Crecimiento y decrecimiento lineal

    Crecimiento lineal

    Decrecimiento lineal

    Crecimiento/decrecimiento lineal

Crecimiento y decrecimiento exponencial

    Crecimiento exponencial

    Decrecimiento exponencial

    Crecimiento/decrecimiento exponencial

Crecimiento sigmoideo

Desborde y colapso

Oscilaciones

Retardos temporales

## **PARTE IV: APLICACIÓN DE MODELOS DE SIMULACIÓN EN LA ECOLOGIA Y EL MANEJO DE RECURSOS NATURALES**

### **Sistema depredador-presa: Efecto del depredador sobre la presa y de la presa sobre el depredador**

Introducción

Objetivos del modelo

Información referente al sistema de interés

Descripción del modelo

Uso del modelo

### **Balance energético de animales homeotermos: Efectos de la alimentación y la termorregulación**

Introducción

Objetivos del modelo

Información referente al sistema de interés

Descripción del modelo

Uso del modelo

**Manejo de fauna silvestre: Efecto de la fragmentación del hábitat sobre el manejo de especies amenazadas.**

Introducción

Objetivos del modelo

Información referente al sistema de interés

Descripción del modelo

Uso del modelo

**BIBLIOGRAFIA**

Arnold, R.N. and G.L. Bennett. 1991. Evaluation of four simulation models of cattle growth and body composition: Part II. Simulation and comparison with experimental growth data. *Agricultural Systems* 36:17-41.

Barry, D.. 1995. A Bayesian model for growth curve analysis. *Biometrics* 51:639-655

Batt, Roy A.L. 1980. *Influences on Animal Growth and Development*, Camelot Press Ltd., Great Britain. 60p

Bertalanffy, L.V. 1957, Quantitative laws in metabolism and growth, *The quarterly review of Biology*, Vol 32 No. 3, 217-231.

Bridges, T.C., L.W. Turner, E.M. Smith, T.S. Stahly, O.J. Loewer. 1986. A mathematical model for animal growth and body composition. *Transactions of the ASAE* 29(5):1342-1347.

Brody, Samuel. 1945. *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Publishing Corp., New York, USA.1023p.

Daniel, Cuthbert and Fred S. Wood. 1971. *Fitting Equations to Data*. John Wiley & Sons, USA. 342p.

Diaz-Solis, H., M.M. Kothmann, W.T. Hamilton & W.E. Grant, 2001, A Simple Ecological Sustainability Simulator (SESS) for Stocking Rate Management on Semi-arid Grazinglands. In print

- Draper, N.R. and H. Smith. 1966. Applied Regression Analysis. John Wiley & Sons, USA. 407p.
- Fabens, A.J. 1965. Properties and fitting of the von Bertalanffy growth curve. Growth 29:265-289
- Fitzhugh, H.A., 1974. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. J.Anim. Sci. 42.4. 1036-1051
- Forbes, J. M. and J. France, 1993, Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism, Cab International, New York. 515 p.
- France, J. and Thornley J.H.M. 1984, Mathematical Models in Agriculture. Butterworths, London. 334 p.
- George, Leroy Conrad, 1985, Design and Implementation of an Ecological Simulation Development Environment, PhD Dissertation, Texas A & M University, 176p.
- Grant William E., 2001. Ecología y Manejo de Recursos Naturales: Análisis de Sistemas y Simulación: Agroamerica, IICA, San José Costa Rica. 340p.
- Hafez, E.S.E. and I.A. Dyer. 1969. Animal Growth and Nutrition. Lea & Febiger. Philadelphia, USA. 402p.
- Lambert, Philippe. 1996. Modeling of nonlinear growth curve on series of correlated count data measured at unequally spaced times: A full likelihood based approach. Biometrics 52, 50-55
- Laird, A.K. et al, 1965. Dynamics of normal growth. 29:233-248
- Laird, A.K., 1965. Dynamics of relative growth. 29:249-263
- Lodge, G.A. and G.E. Lamming. 1968, Growth and Development of Mammals. Plenum Press. New York, USA. 429p.
- Loewer, Otto J. Jr, Edward M. Smith, Gerald Benock, Nelson Gay, Thomas Bridges, Larry Wells, 1980. Dynamic simulation of animal growth and reproduction, Transactions of the ASAE: 131-137.

López S., *et al*, 2000, A generalized Michaelis-Menten equation for the analysis of growth. *J. Anim. Sci.* 78:1816-1828

NELDER, J.A., 1961. The Fitting of a Generalization of the Logistic Curve. *Biometrics* 17,89-110

Nelder, J.A., 1962. An Alternative Form of a Generalized Logistic Equation. *Biometrics* 18,614-616

Neter, John, Michael H. Kutner, Christopher J. Nachtsheim, William Wasserman, 1996. *Applied Linear Regression Models*, Irwin, USA. 720 p.

Parks, R. John, 1982. *A Theory of Feeding and Growth of Animals*. Springer-Verlag Berlin. 322 p.

Potthoff, Richard F. and S. N. Roy. 1964. A Generalized Multivariate Analysis of Variance Model useful especially for Growth Curve Problems. *Biometrika* 51, 313-326

Press, William H., Brian P. Flannery, Saul A. Teukolsky & William T. Vetterling. 1986. *Numerical Recipes the Art of Scientific Computing*. Cambridge University Press, New York, USA. 818p.

Rao, C. Radhakrishna. 1958. Some Statistical Methods for Comparison of Growth Curves. *Biometrics* 14, 1-17

Richards, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. *J. Exp. Bot.* 10:290-300

Simon, William. 1986. *Mathematical Techniques for Biology and Medicine*. Dover, New York, USA. 295 p.

Sokal, Robert R. and F. James Rohlf. 1969. *Biometry The principles and practice of statistics in biological research*. Freeman and Company, San Francisco, Ca., USA. 776p.

Sussman, Maurice. 1964. *Growth and Development* 2ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 116p.

Vetterling, W.T., H. Press, Brian P. Flannery and Saul A. Teukolsky. 1985. *Numerical Recipes. Example Book (Pascal)*. Cambridge University Press, New York, USA. 236p.