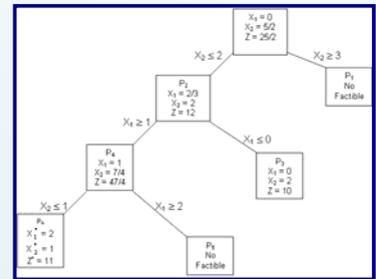
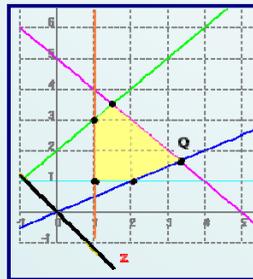
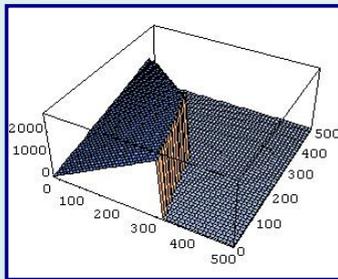


Investigación Operativa

Tema1. Introducción



M^a Luisa Carpena

¿Qué es la Investigación Operativa?

- Un método científico para dotar a los departamentos ejecutivos de una base cuantitativa para las decisiones que tengan que ver con las operaciones bajo su control (Morse y Kimball, 1951).
- El uso de la lógica y de la matemática de forma que no interfieran con el sentido común (Woolsey, 1980).
- La ciencia que estudia el modelado de sistemas probabilísticos y determinísticos que se originan en la vida real desde un punto de vista de toma de decisiones óptimas (Hillier and Lieberman, 1991)
- El estudio de cómo formular modelos matemáticos para problemas complejos de administración e ingeniería y cómo analizarlos para tener una visión de las posibles soluciones (Rardin, 1997).

¿Qué es la Investigación Operativa?

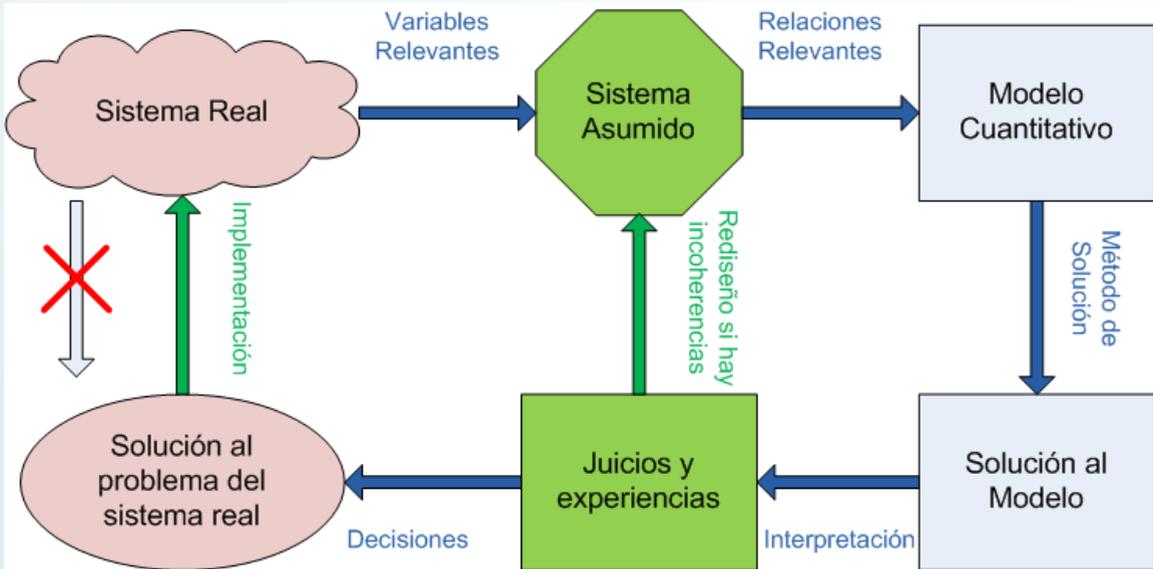
- Definición debida a Lawrence y Pasternak, 1998:
 - Un enfoque científico para la toma de decisiones ejecutivas, que consiste en:
 - a) el arte de modelar situaciones complejas;
 - b) la ciencia de desarrollar técnicas de solución para resolver dichos modelos y
 - c) la capacidad de comunicar efectivamente los resultados.

Objetivos principales de la IO

Estudiar la asignación óptima de recursos **escasos** a determinada actividad y tomar **decisiones** en consecuencia.

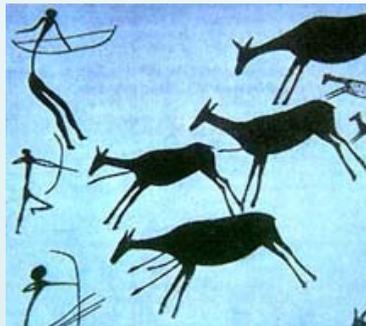


Metodología de la IO



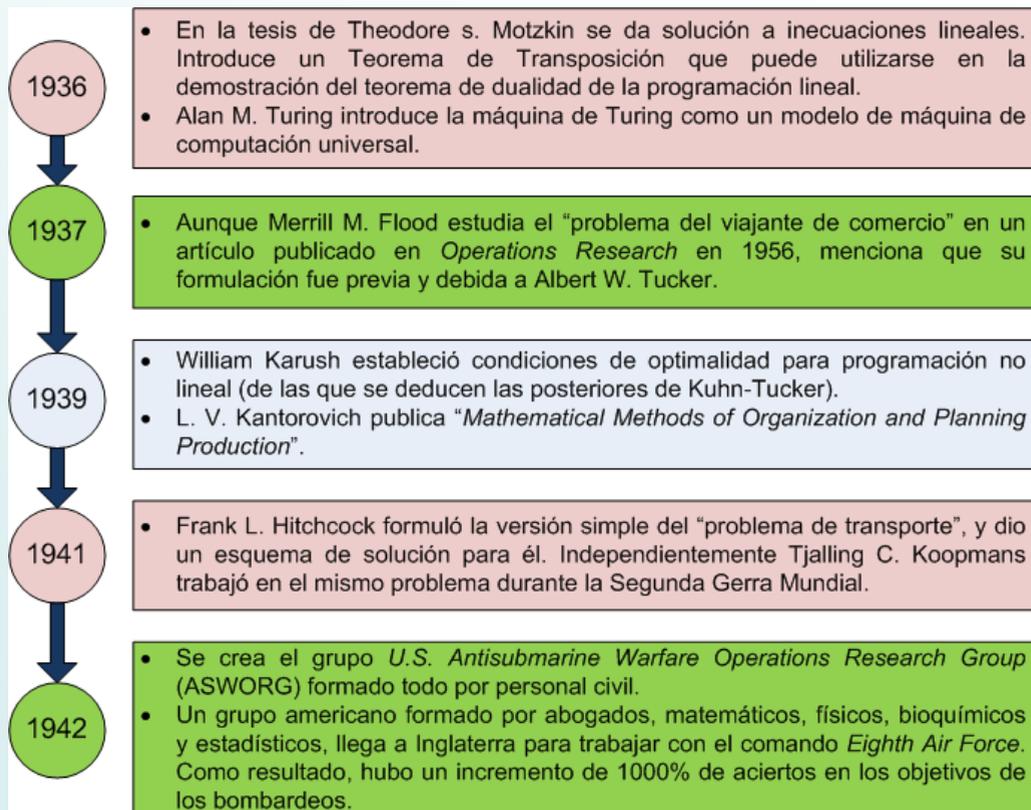
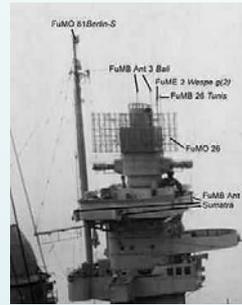
Historia

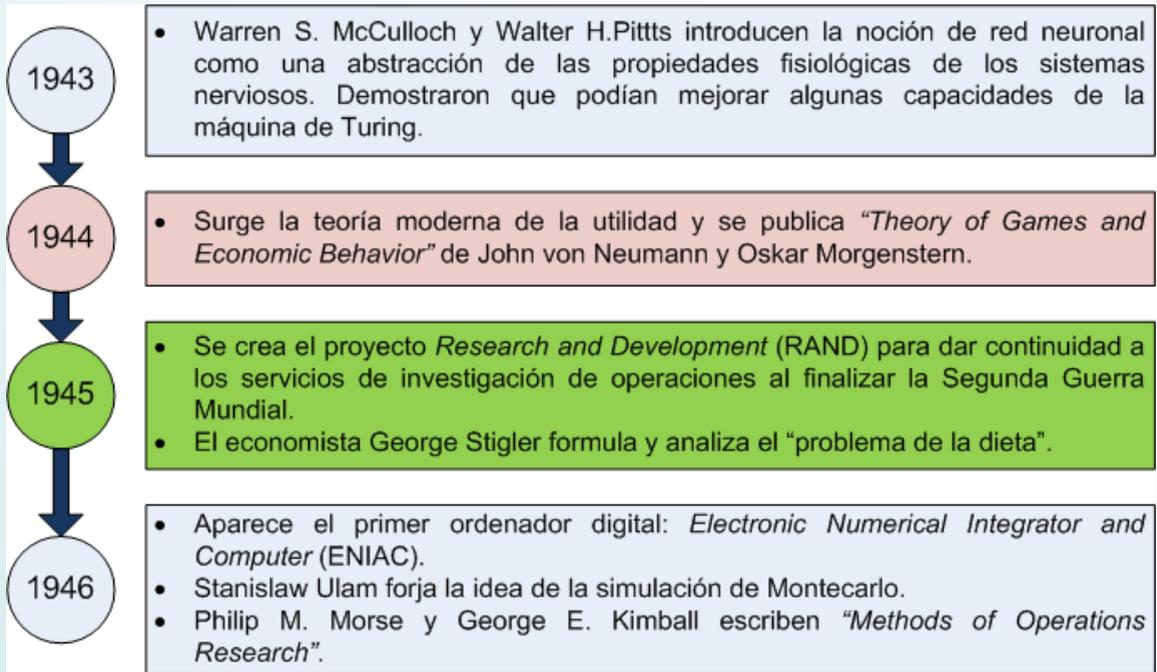
- La optimización de recursos es tan antigua como la historia de la humanidad



Historia

- El nombre de investigación operativa viene de **investigación de operaciones** ... referido a operaciones militares. Surge como disciplina durante la Segunda Guerra mundial.
- Colocación de minas, despliegue de radares, construcción de misiles, etc.





Historia

- Los equipos de investigación eran multidisciplinares: matemáticos, biólogos, químicos, ingenieros ...



Historia

George Dantzig

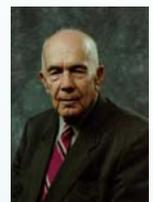
- Nacido en Oregón en 1914, hijo de inmigrantes de origen ruso, estudia matemáticas en la Universidad de Maryland. Poco después de doctorarse por la Universidad de Berkeley, en 1947, formula el enunciado estándar de un problema general de Programación Lineal y desarrolla el método del simplex. De hecho, estos estudios son una consecuencia de su trabajo como experto en métodos de planificación para las Fuerzas Aéreas estadounidenses, que resolvía utilizando calculadoras de mesa.
- Una de las primeras aplicaciones de sus estudios fue la resolución del llamado "puente aéreo de Berlín". A mediados de 1948, en plena guerra fría, la URSS bloqueó las comunicaciones terrestres con Berlín. Utilizando la Programación Lineal, se diseñó un plan de abastecimiento aéreo que en pocos meses consiguió igualar a los anteriores suministros realizados por carretera y ferrocarril.
- La aplicación del método del simplex ha estado siempre ligada al desarrollo de los ordenadores. En 1951 el ordenador SEAC (Standards Eastern Automatic Computer) resolvía problemas con 48 restricciones y 72 variables, si bien con cierta lentitud (William Orchard-Hays, refiriéndose a esa época, comentaba: "Una vez empezada una iteración, nos íbamos a comer y volvíamos antes de que acabara")
- En 1963 el IBM 7090 resolvía problemas con 1024 restricciones y 10 años más tarde otro IBM, el modelo 360, era ya capaz de utilizar 32000 restricciones.
- La contribución de Dantzig ha sido reconocida con numerosos premios, entre los que destaca el premio Von Neumann de la Sociedad Americana de Investigación Operativa del año 1975.

Historia: hitos importantes para esta asignatura

- **1947** Dantzig crea el método del Simplex para la resolución de problemas de programación lineal.
- **1954** Charnes y Cooper idearon el algoritmo de Stepping Stone para problemas de transporte.
- **1955** Kuhn ideó el método Húngaro para problemas de asignación.



Abraham Charnes
7th President of TIMS



William W. Cooper
First President of TIMS

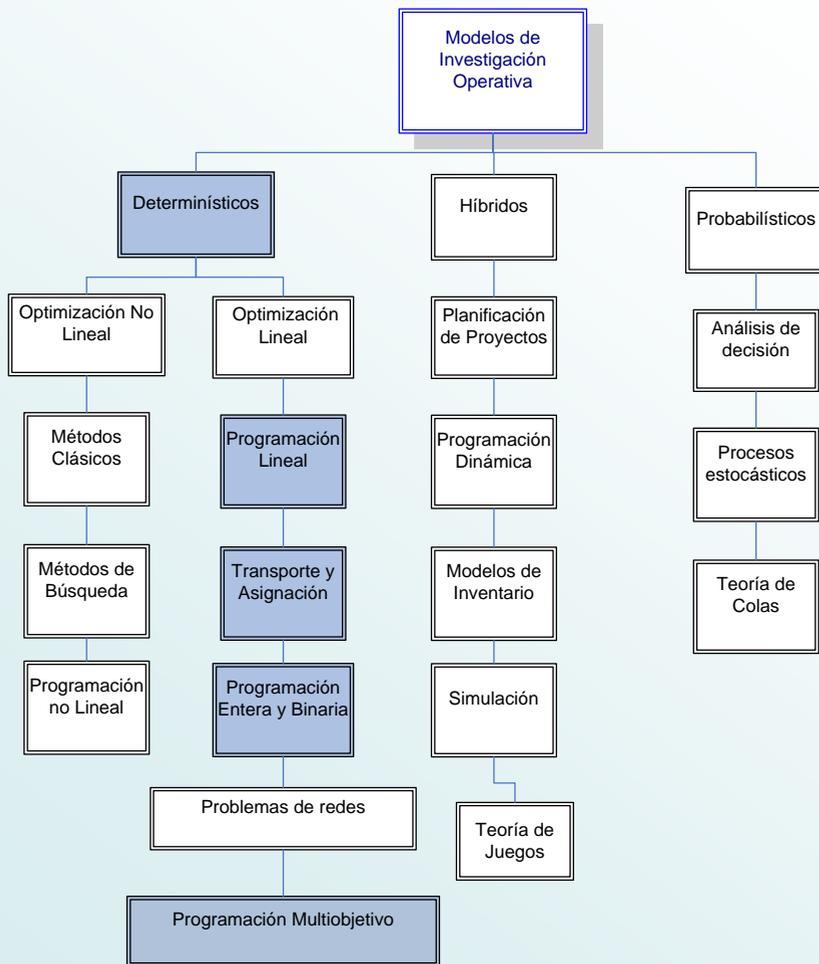


Auge

- Con el desarrollo de los ordenadores y la informática la IO se aplica hoy en día en muy diversos campos: biología, ingeniería, administración...

Sociedades profesionales





Programa resumido

Tema 1. Introducción

Bloque I. Programación Lineal Básica

- Tema 2. Modelos de programación lineal y aplicaciones.
- Tema 3. El método del Simplex.
- Tema 4. Algunos problemas especiales de programación lineal: Transporte y asignación.

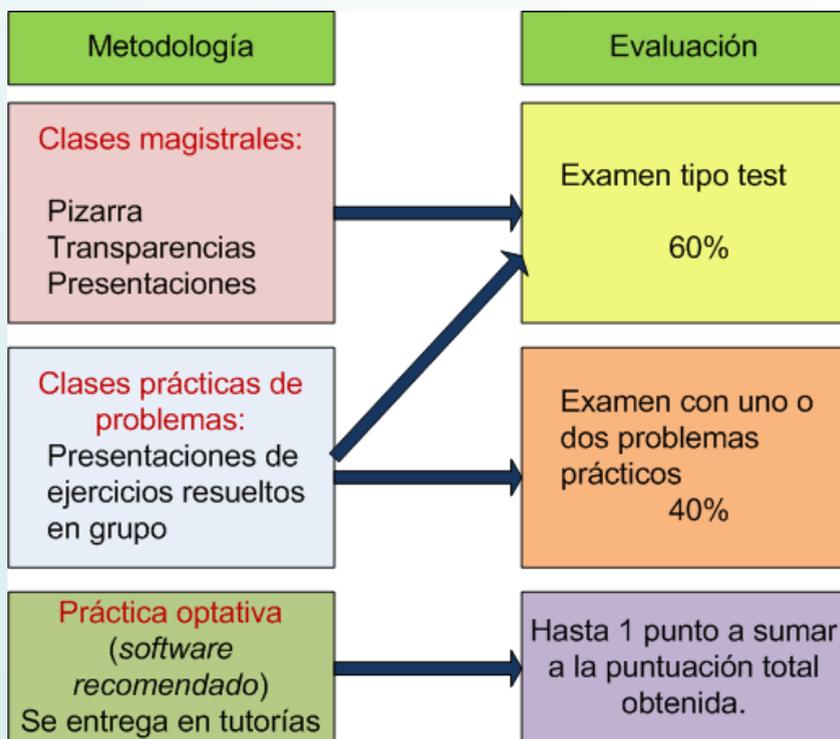
Bloque II. Programación Lineal Avanzada

- Tema 5. El Método Revisado del Simplex.
- Tema 6. Teoría de la dualidad.
- Tema 7. El Método Dual del Simplex.
- Tema 8. Análisis de sensibilidad y programación paramétrica.
- Tema 9. Programación lineal entera.
- Tema 10. Programación lineal multiobjetivo.

Cronograma

	Semanas														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tema 1	T														
	P														
Tema 2	T														
	P														
Tema 3	T														
	P														
Tema 4	T														
	P														
Tema 5	T														
	P														
Tema 6	T														
	P														
Tema 7	T														
	P														
Tema 8	T														
	P														
Tema 9	T														
	P														
Tema 10	T														
	P														

Metodología a seguir



Objetivos

- Conocer la estructura de un problema de programación lineal.
- Saber modelar como un problema de programación lineal una amplia clase de problemas.
- Aplicar las técnicas de solución gráfica a los problemas de dos variables.
- Conocer el funcionamiento de los algoritmos diseñados para cada tipo de problema: Simplex, Simplex Revisado, Simplex Dual,
- Conocer y manejar correctamente algún tipo de software para resolver este tipo de problemas.
- Interpretar correctamente las soluciones y entender bajo qué condiciones esas soluciones son estables. Identificar estos resultados en las correspondientes aplicaciones informáticas.
- Conocer algunos problemas especiales de programación lineal (por ejemplo, transporte y asignación) y algunas de las técnicas especiales de resolución.

Ejemplos: El problema de la dieta

George J. Stigler

Nacido en Seattle (Washington) en 1911, recibió el Nobel de Economía en 1982. Atraído por distintos temas económicos, son conocidos sus estudios sobre la teoría de los precios "Readings in Price Theory". En 1946 publica su trabajo de programación lineal, denominado "El coste de la subsistencia", en el que desarrolla el llamado "[problema de la dieta](#)" y encuentra una solución aproximada al mismo.



Ejemplos: El problema de la dieta

En un hospital se quiere elaborar una dieta alimenticia para un determinado grupo de enfermos con dos alimentos A y B. Estos alimentos contienen tres principios nutritivos: N1, N2 y N3. Una unidad de A vale 1 euro y contiene 2 unidades de N1, 1 de N2 y 1 de N3. Una unidad de B vale 2.40 euros y contiene 1, 3, y 2 unidades de N1, N2 y N3 respectivamente. Un enfermo de este grupo necesita diariamente al menos 4, 6 y 5 unidades de N1, N2 y N3 respectivamente. Se quiere determinar cantidades de alimentos A y B que dan lugar a la dieta de coste mínimo.

$$\min f(x,y)=x+2.40y$$

$$2x+y \geq 4$$

$$x+3y \geq 6$$

$$x+2y \geq 5$$

$$x \geq 0$$

$$y \geq 0$$

Ejemplos: El problema del transporte

Tjalling C. Koopmans

Nacido en 1910 en Graveland (Holanda) recibió junto a Kantorovich el premio Nobel de Economía en 1975. En 1942, de forma paralela, pero independiente, ambos formulan el llamado problema del transporte consistente en planificar el transporte de cierto producto entre varios centros de producción y varios centros de consumo.

Se le considera una de las figuras claves de la economía moderna, ya que sus trabajos fueron de gran trascendencia en los desarrollos posteriores de la teoría de la asignación de recursos escasos y en el desarrollo de métodos estadísticos aplicados a la economía.

El problema de la determinación del plan de embarques que minimice el coste total, conociendo de antemano las disponibilidades y las demandas de cada puerto se conoce como el "[problema del transporte](#)". Hoy en día es un problema sencillo de Programación Lineal, pero en 1942 Koopmans no podía saber que el suyo era un caso particular de un problema más general.



Ejemplos: El problema del transporte

Existen tres minas de carbón cuya producción diaria es:

La mina "a" produce 40 toneladas de carbón por día;

La mina "b" otras 40 t/día; y,

La Mina "c" produce 20 t/día.

En la zona hay dos centrales termoeléctricas que consumen:

La central "d" consume 40 t/día de carbon; y,

La central "e" consume 60 t/día

Los costes, de mercado, de transporte por tonelada son:

De "a" a "d" = 2 u.m.

De "a" a "e" = 11u.m.

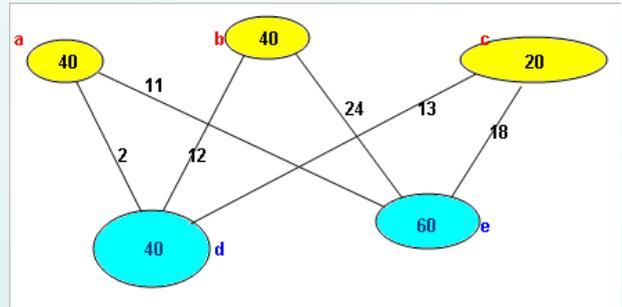
De "b" a "d" = 12 u.m.

De "b" a "e" = 24 u.m.

De "c" a "d" = 13 u.m.

De "c" a "e" = 18 u.m.

Planificar el transporte a tiempo mínimo.



Ejemplos: el problema de asignación

- El ejemplo original de Dantzig de la búsqueda de la mejor asignación de 70 personas a 70 puestos de trabajo
- Tres hermanos, Juan, Pepe y Lucía, quieren ganar algún dinero para cubrir sus gastos de telefonía móvil. El padre ha elegido tres tareas para sus hijos: podar el césped, pintar el garaje y lavar los tres coches de la familia. Para evitar las peleas entre hermanos les pidió que entregaran una nota secreta indicando el pago (en euros) que ellos considerarían justo por cada una de las tareas. Los hijos se pusieron de acuerdo en aceptar la asignación de tareas que finalmente hiciese su padre. A la vista de las notas entregadas (tabla siguiente) ¿qué asignación debería hacer para tener que pagar lo mínimo posible?

Ejemplos: el problema de asignación

	Podar	Pintar	Lavar
Juan	15	10	9
Pepe	9	15	10
Lucía	10	12	8

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } i \text{ se asigna a } j \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{sa: } \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad \forall (i, j)$$

Más ejemplos...

La Programación Lineal permite resolver problemas de mezclas, nutrición de animales, distribución de factorías, asignación de personal a distintos puestos de trabajo, almacenaje, planes de producción, escalonamiento de la fabricación, problemas de circulación, planes de optimización de semáforos, estudios de comunicaciones internas, etc.

Referencias

- Morse, P. and Kimball, G. (1951) *Methods of Operations Research*. MIT Press
- Woolsey, R. (1980) *Operations research for immediate application a quick & dirty manual* . Harper & Row Publishers
- Hillier, F.y Lieberman, G. (1991) *Introducción a la investigación de operaciones*. Mcgraw-Hill.
- Rardin, R .L. (1997) *Optimization in Operations Research*. Prentice-Hall, Publishing.
- Lawrence, J.A. and Pasternak, B.A. (1998) *Applied Management Science. A Computer-Integrated Approach for Decision Making*. John Wiley & Sons.