



DESCRIPCIÓN DE PROYECTO Y ETAPAS

TÍTULO DEL PROYECTO:		
BICOARU: Un Programa de <u>bifurcación</u> y <u>corte</u> (branch-and-cut) para el problema del <u>Cartero Rural</u>		
NO. DEL PROYECTO (Coord.):	CÓDIGO DE ÁREA:	FECHA:
		17-04-2001
1. RESULTADOS ESPECÍFICOS A LOS QUE SE QUIERE LLEGAR (EL PRODUCTO QUE SE DESEA OBTENER) Y SU POSIBILIDAD DE APLICACIÓN:		
El problema del Cartero Rural es un problema bien conocido en teoría de grafos y consiste en, dado un grafo con costos en las aristas, hallar un trayecto cerrado de costo mínimo que pase obligatoriamente por cada arista de un conjunto dado de antemano.		
Este problema es NP-hard. En [1] se plantea el problema como un programa lineal entero y se da un algoritmo que determina cotas inferiores y superiores para el problema. Sin embargo, se necesita un algoritmo exacto que permita, por una parte, medir la bondad de las cotas obtenidas y por otra parte, determinar el esfuerzo computacional adicional que significa obtener una solución exacta a partir de una buena cota inferior suministrada por un algoritmo de planos de corte.		
El objetivo de este proyecto es desarrollar e implementar en C++, utilizando diseño OO, un buen algoritmo exacto para el problema del Cartero Rural utilizando el esquema enumerativo conocido como “bifurcación y corte” (branch and cut) para programación matemática.		
El problema del Cartero Rural posee muchas aplicaciones, entre las cuales se encuentran: problemas de transporte como recolección de basura, transporte escolar, distribución de bienes; también tiene aplicación en optimización de movimientos de plotters.		
REFERENCIAS:		
[1] Fernández, E.; O. Meza; R. Garfinkel and M. Ortega: On the Rural Postman Problem: Tight Bounds and Efficient Heuristics Based on a New Formulation. Research Report DR/2000/01, Dpt. EIO, Universitat Politècnica de Catalunya. 2000.		
[2] Grötschel, M. and O. Holland: Solving Matching Problems with Linear Programming. Mathematical Programming 33, 1985, 243-259.		
[3] Fernández, E.; O. Meza. Solving Perfect Matching Problems with Side Constraints. Enviado a CLEI'2001.		
2. ACTIVIDADES QUE INVOLUCRA EL PROYECTO:		
El algoritmo que se diseñe e implemente debe tomar en cuenta factores de eficiencia tanto de espacio, como de tiempo, y ser lo suficientemente genérico para que gran parte de sus componentes puedan ser reutilizadas en nuevas implementaciones de algoritmos branch and cut.		
Para el nuevo modelo del problema del Cartero Rural propuesto en [1] se deberá hacer un estudio de las desigualdades válidas y desigualdades dominantes que serán incorporadas, en particular se deberá:		
- diseñar algoritmos de separación de soluciones que violen desigualdades válidas tipo “ciclo par” (dadas en [3])		
- establecer un diseño que involucre buenas estrategias de incorporación de estas, y otras, desigualdades en cada nodo del árbol del branch and cut. Estas estrategias serán buenas en la medida que el árbol que se genere sea de tamaño razonable, esto permitirá tanto reducir tiempo como espacio.		

Se deberá además determinar estructuras de datos adecuadas para representar los nodos del árbol del branch-and-cut.
Por otro lado, dado que las dimensiones de los problemas a resolver son considerables (mas de 10.000 variables), se estudiará la inclusión de un esquema de generación de columnas como el propuesto en [2].
El proyecto comprende un estudio completo de los modelos presentados en [1], así como de algoritmos de separación, las técnicas branch and cut y generación de columnas, y del software CPLEX 7.0 el cual permite resolver problemas de programación lineal.
CPLEX 7.0 es una biblioteca de programas junto con un ambiente interactivo para resolver problemas de programación lineal (incluso entera). CPLEX 7.0 es una marca registrada de ILOG y es uno de los mejores paquetes de software en su género que existen actualmente.
3. PUNTOS DE INTERÉS QUE HAN DE SER TRATADOS:
- Estudio y Desarrollo de algoritmos exactos tipo branch and cut para el problema del Cartero Rural.
- Estudio y Desarrollo de algoritmos de separación (detección de desigualdades violadas).
- Estudio y Utilización del paquete CPLEX 7.0 para programación matemática.
- Estudio y utilización de esquemas de generación de columnas para programación lineal.
- Desarrollo de programas eficientes en espacio y tiempo.
4. ÁREAS O CAMPOS DE LA TÉCNICA QUE SE ABORDAN EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO:
- Programación Matemática
- Optimización Combinatoria.
- Diseño y Análisis de Algoritmos y Estructuras de Datos Eficientes.
- Algoritmos en Grafos.
5. ESTIMACIÓN DE LA DURACIÓN DEL PROYECTO Y LOS RECURSOS REQUERIDOS:
El proyecto durará 1 año. Los recursos que se requieren son: compilador del lenguaje C++, estación de trabajo UNIX, software CPLEX 7.0, manuales y bibliografía sobre el tema.

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS		
6.1. NOMBRE DE LA PRIMERA ETAPA (EP-1308):	PERÍODO	
Diseño Preliminar de BICOCARU	TRIMESTRE:	Abril-julio
	AÑO:	2001
6.2. RESULTADOS ESPECÍFICOS MÍNIMOS A ALCANZAR EN ESTA ETAPA:		
1) Haber:		
- estudiado y analizado los modelos en programación matemática del Cartero Rural, los algoritmos que determinan cotas inferiores y superiores, los algoritmos de separación existentes y esquemas de brach and cut.		
- estudiado y diseñado los algoritmos de separación (detección de desigualdades válidas) a incorporar. En particular, las desigualdades tipo “ciclo par”.		
- hecho un estudio de factibilidad de implementación eficiente de un algoritmo exacto enumerativo tipo branch-and-cut para el problema del Cartero Rural.		
2) Diseño de un algoritmo branch-and-cut para el Cartero Rural lo suficientemente general para que pueda ser fácilmente reutilizado con otros modelos del problema del cartero rural.		
6.3. ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LOGRAR ESTOS RESULTADOS:		
Se deberá:		
- estudiar el problema del Cartero Rural, entenderlo completamente, las soluciones dadas al problema hasta el momento		
- estudiar algoritmos de detección de desigualdades violadas		
- estudiar en qué consiste la técnica de branch and cut y familiarizarse con ésta		
- estudio de buenas implementaciones		
- estudiar y utilizar diseño y programación OO.		
6.4. DESCRIPCIÓN DE TÓPICOS EN INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN I (CI-5855):		
- Modelos en programación matemática para el problema del Cartero Rural.		
- Nuevas desigualdades válidas (tipo “ciclo par”) y algoritmos de separación.		
- Diseño y programación orientado a objetos.		
- Algoritmos de generación de cotas para el cartero Rural		
- Algoritmos de Programación Lineal: primal, dual.		
- Esquemas de enumeración para resolver problemas de programación matemática		
- Estructuras de datos eficientes para esquemas de enumeración en programación lineal entera		

7.1 NOMBRE DE LA SEGUNDA ETAPA (EP-2306):	CUSARÁ EP-2306 Y EP-3306 JUNTAS		PERÍODO	
Factibilidad de Generación de Columnas y uso de				
CPLEX 7.0	SI		TRIMESTRE:	Sep.-dic.
	NO	X	AÑO:	2001
7.2 RESULTADOS ESPECÍFICOS MÍNIMOS A ALCANZAR EN ESTA ETAPA:				
Haber estudiado y aprendido:				
- sobre esquemas de generación de columnas en programación lineal.				
- Interacción entre la biblioteca de programas CPLEX 7.0 y C++.				
Estudiar la factibilidad de incorporación de un esquema de generación de columnas al algoritmo branch-and-cut diseñado en la primera etapa.				
Diseño detallado del algoritmo BICOARU tomando en cuenta la interacción con CPLEX 7.0				
Implementación y prueba de todas las estructuras de datos requeridas y de los algoritmos de generación de desigualdades válidas y generación de columnas.				
7.3. ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LOGRAR ESTOS RESULTADOS:				
- Las concernientes a programación y diseño OO.				
- Estudio de CPLEX 7.0, C++.				
- Aprender a manejar un buen debugger para C++				
- Estudio sobre algoritmos de generación de columnas.				
7.4 DESCRIPCIÓN DE TÓPICOS EN INGENIERÍA DE COMPUTACIÓN II (CI-5856):				
- Algoritmos de separación para diferentes tipos de desigualdades válidas para el Cartero Rural.				
- Algoritmos de generación de columnas en programación lineal.				
- Uso de la biblioteca CPLEX 7.0 para aplicaciones en C++.				

8.1 NOMBRE DE LA TERCERA ETAPA (EP-3308):	PERÍODO	
Implementación y pruebas del algoritmo branch-and-cut para	TRIMESTRE:	Enero-marzo
el Cartero Rural: Programa BICO CARU		AÑO:
8.2 RESULTADOS MÍNIMOS A ALCANZAR EN ESTA ETAPA:		
Un Programa en C++, razonablemente eficiente en espacio y tiempo, para resolver en forma exacta el problema del cartero rural mediante un algoritmo enumerativo tipo branch-and-cut que incorpore, se ser posible, generación de columnas.		
8.3. ACTIVIDADES A REALIZAR PARA LOGRAR ESTOS RESULTADOS:		
- Programación en C++ utilizando CPLEX 7.0		
- Documentación completa del programa.		
- Pruebas con conjuntos de datos estandar y comparación con resultados obtenidos por otros autores.		
- Pruebas de la generalidad y facilidad en la reutilización del código, mediante la modificación del programa para resolver el mismo problema utilizando otro modelo para el cartero rural.		
9. SI LAS ACTIVIDADES DE ESTAS ETAPAS DEPENDEN DE RECURSOS MATERIALES, INDIQUE LAS PREVISIONES QUE SE HAN TOMADO PARA LOGRAR LA DISPONIBILIDAD:		
Se han tomado todas las previsiones en cuanto a recursos: se cuenta con C++, CPLEX 7.0, debuggers, y una máquina SUN ULTRA 10 para llevar a cabo la programación. Igualmente se cuenta con el material bibliográfico básico.		

TUTOR ACADÉMICO:	OSCAR MEZA	PROFESOR GUÍA:	MARUJA ORTEGA
GRUPO DE TRABAJO:		CARNET:	
1) NERIO RODRÍGUEZ		91-23481	
2) FABIO BADUY		95-27158	
FIRMA DEL TUTOR ACADÉMICO:		FIRMA DEL COORDINADOR:	