

Algunas aplicaciones del álgebra computacional en ingeniería del transporte

Eugenio Roanes Lozano

Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI) & Depto. de Álgebra

Universidad Complutense de Madrid

`eroanes@mat.ucm.es`

Abstract

He estado desde siempre interesado en la ingeniería del transporte, en particular en la de ferrocarriles. Comenzando la carrera de matemáticas (1981), obtuve el 3^{er} premio en el “Premio Holanda” (patrocinado por la empresa electrónica Philips) con un trabajo titulado “Sistema bloqueo por cantones-entorno móviles”. Se trataba de un modelo teórico, escrito con mentalidad matemática, sobre lo que podría ser un sistema bloqueo sin señalización lateral, con cantones de tamaño variable (en función de la velocidad y las características del convoy), basado en la comunicación vía radio con un centro de control. Una idea que tiene mucho en común con el actual “European Train Control System” (ETCS) “Nivel 3” o “Regional” (parte del ERTMS). Posibilita, uno, el aumentar el número de circulaciones en una línea de tráfico intenso y, el otro, disminuir los gastos en una de débil tráfico. No se llegó a patentar por la inexistencia de un prototipo “real”.

Centrándonos en la aplicación de los sistemas de cómputo algebraico (CAS) he realizado diversos trabajos en varios ámbitos. Por orden cronológico desarrollamos entre 1996 y 2013 aproximaciones a la toma de decisiones en un enclavamiento ferroviario (modelos independientes de la topología de la estación):

- i) Modelo matricial (usando matrices booleanas) (Maple)
- ii) Modelo basado en el uso de bases de Groebner (representando la situación por un sistema algebraico –no lineal–) (Maple) **(1)**
- iii) Modelo lógico-algebraico (Maple)
- iv) Modelo con técnicas de answer set programming (no con un CAS, con Smodels).

El modelo ii) se adaptó a la supervisión de A-SMGCS (Advanced Surface Movement, Guidance and Control Systems) para aeropuertos.

Como son todos ellos “critical safety issues”, con una homologación muy compleja y costosa, no se han llegado a implementar en el mundo real.

Sí fueron la semilla para la realización de un Proyecto Universidad–Empresa con AERTEC Ingeniería y Desarrollo para AENA–Aeropuerto de Málaga (Terminal Picasso) en 2002, con el objetivo de mejorar la utilización de los mostradores de facturación, titulado: "Simulación microscópica de movimiento de pasajeros en una terminal aeroportuaria".

Se trata de un estudio en tiempo acelerado, que modeliza individualmente minuto a minuto durante 24 horas los procesos que tienen que seguir cada pasajero, desde que arriba a la terminal hasta que accede a su avión. La llegada viene dada por unas curvas de afluencia que dependen del tipo de vuelo y la cantidad de pasajeros depende del tipo de avión. La elección de mostrador, los tiempos de paso por mostradores, tiempos a puertas de embarque, etc., dependen de cada pasajero (al tenerse en cuenta vuelo, clase, destino –nacional/Schengen/no Schengen/otros–). La asignación de mostradores es libre (por compañía, vuelo, clase, agrupados, etc.). Se realizó sobre el CAS Maple y utiliza sus posibilidades de manejo de distintas estructuras, funciones, plots, etc. Se testó con datos reales (> 20.000 pasajeros/día y > 150 vuelos/día) **(2)**.

También sirvieron para comenzar una colaboración con la Fundación de los FFCC Españoles y ADIF sobre diversos temas usando CAS o implementaciones realizadas ad hoc, como:

- Estudio de la evolución de la conectividad de una red ferroviaria (Renfe y CP) (Maple).
- Previsión del impacto de mejoras en tiempo de una línea ferroviario dentro de una red radial usando mapas de anamorfosis (Maple).
- Simulación microscópica de movimiento de trenes más largos que las vías de sobrepaso en una línea dedicada de doble vía (ad hoc).
- Paquete RutasOptiRed (Proyectos Universidad–Empresa: UCM-FFE , 2010 y UPM-FFE, 2011): calcula tiempos, gasto energético (gasoil y kwh), emisiones de CO2 y costes en una red ferroviaria con dos anchos, cambiadores de ancho, dos sistemas de electrificación y varios de señalización (ad hoc).

Comentaremos brevemente en esta exposición los desarrollos **(1)** y **(2)**.