

Modelos de optimización para el diseño estratégico-táctico de una red de transporte intermodal

Autora

Anny del Mar Agámez Arias

Directores

José Pedro García Sabater

José Moyano Fuentes

Resumen

En esta tesis doctoral se desarrollan modelos de programación matemática para el diseño estratégico-táctico de una red de transporte intermodal que combina dos tipos de problemas de decisiones: la localización de instalaciones y el diseño de la red de transporte. Esta combinación se reconoce en la literatura como problemas combinados LI-DR. El problema combinado se estudia para una situación real y se analizan el comportamiento de la solución óptima, a partir de distintos aspectos como: la disponibilidad del presupuesto de inversión, capacidad de las instalaciones intermodales, múltiples periodos de decisiones, interdependencia en la priorización de las decisiones, múltiples fuentes de financiación y criterios de optimización para las tres dimensiones de sostenibilidad. Para la situación real se referencian las condiciones de acceso y conectividad de la Zona de Desarrollo Económico y Social (ZODES) Magdalena Medio del departamento de Bolívar en Colombia, y el potencial de la industria agroalimentaria para esta subregión.

Con el propósito de identificar factores clave que perfilan la formulación respecto a la composición y funcionamiento de los sistemas intermodales y en los problemas combinados LI-DR se analiza la literatura desde estas dos perspectivas. El análisis de la literatura ha permitido aportar dos clasificaciones novedosas e identificar retos para la investigación futura.

Para la formulación de los modelos se lleva a cabo la sistemática de pasos definidos para la aplicación de las técnicas de programación matemática. Con estos pasos se logra transformar el problema del mundo real a un problema manejable con estas técnicas. La transformación favorece la interpretación matemática del problema combinado LI-DR intermodal, la modelación de los datos y la definición de una estructura de red de entrada para indexar las decisiones estratégicas y tácticas. Los modelos de programación matemática se construyen de manera gradual. En concreto, se proponen 2 versiones que se representan en 5 variantes.

Se comienza formulando un modelo de programación lineal entero-mixto (MPLEM) mono-periodo para analizar, desde un enfoque económico, la sensibilidad de las capacidades del sistema intermodal, la capacidad financiera de los tomadores de decisiones y la variación de la demanda. A continuación, sobre la base de este modelo se propone un MPLEM multi-periodo y dos variantes para validar las condiciones de interdependencia en la toma de decisiones estratégica y la participación de múltiples actores en la financiación de los proyectos de inversión. Finalmente, se formula un MPLEM multi-objetivo para optimizar simultáneamente las tres dimensiones de sostenibilidad. Para resolver y validar

los modelos se implementaron dos esquemas de resolución. En los esquemas se utilizan los lenguajes de programación R y Python con el software de optimización matemática Gurobi Optimizer. Se realizan experimentos numéricos para distintos escenarios y se analiza el comportamiento de las soluciones considerando distintos valores a los parámetros. Los resultados obtenidos permiten comprobar la utilidad de los modelos matemáticos e identificar las principales limitaciones y futuras líneas de trabajo.

Palabras clave:

Problema combinado LI-DR intermodal; Diseño de redes; Intermodalidad; Modelos de optimización; Modelo de programación lineal entero-mixto; Presupuesto de inversión; Interdependencia entre proyectos, Múltiples actores; Fuentes de financiación; Sostenibilidad; Sostenibilidad social, Sostenibilidad medioambiental; ZODES Magdalena Medio.