

Integración de visión computarizada, optimización lineal entera y mixta y notificaciones por email para la optimización del problema de empaque de contenedores: Un Enfoque Bottom-up utilizando Python

En este artículo, se presenta un enfoque de diseño que integra cuatro desarrollos principales para abordar un caso de aplicación clásico de la programación lineal entera y mixta: Bin Packing Problem (BPP). El enfoque bottom-up combina un modelo de visión computarizada desarrollado por Google, métodos automatizados de tratamiento de datos no estructurados, un modelo de optimización lineal entera y mixta, y notificaciones por correo electrónico, todo implementado en el lenguaje de programación Python. En primer lugar, se integra un modelo de visión computarizada de Google que emplea técnicas de Inteligencia Artificial como el Reconocimiento Óptico de Caracteres y la Detección de Propiedades de Imagen, para capturar datos relevantes de imágenes y vídeos de los elementos o cargas a ser asignados a contenedores. A través de este modelo externo accesible mediante una Interfaz de Programación de Aplicaciones, se obtienen datos no estructurados que requieren tratamiento para su posterior análisis. Por lo tanto, se aplican métodos automatizados de procesamiento de datos no estructurados para limpiar, filtrar y organizar los datos, convirtiéndolos en una forma estructurada y adecuada para la integración con un modelo de optimización lineal. Posteriormente, se formula, programa e integra un modelo de programación lineal entera y mixta utilizando Google OR Tools como software de optimización y SCIP como solucionador, que aborda el BPP como caso de aplicación.

Este modelo permite asignar óptimamente los elementos a los contenedores disponibles de acuerdo con un criterio condicional y parametrizable, entre minimizar la cantidad de contenedores empleados en la operación, o su costo total asociado, considerando costos heterogéneos; sujeto a un conjunto de restricciones de capacidad de acuerdo con múltiples dimensiones asociadas a los contenedores: peso y volumen; y a restricciones asociadas a las cargas: categoría y destino. Como resultado del modelo de optimización se tiene la óptima asignación que permite conocer qué carga se debe asignar a cada contenedor satisfaciendo el conjunto de restricciones de acuerdo con el criterio de optimización establecido. Además, se ha implementado un método que permite enviar notificaciones por correo electrónico a los transportistas asociados a los contenedores. Para ello se utilizó el protocolo para transferencia simple de correo mediante la librería SMTPLIB de Python. Utilizando los resultados obtenidos del modelo de optimización, se generan automáticamente notificaciones personalizadas que informan a los transportistas sobre el estado de las cargas relacionadas con los contenedores. En conclusión, el enfoque presentado en este artículo demuestra cómo la integración de datos no estructurados en la optimización matemática supera las limitaciones del modelamiento tradicional en términos de aplicación práctica del modelamiento, precisión y velocidad en la obtención de datos en entornos reales. El uso de lenguajes de programación en la formulación y optimización lineal demuestran la posibilidad de abordar problemas complejos sujetos a criterios de optimización condicionales. Por otro lado, las notificaciones por correo electrónico posibilitan la automatización en la comunicación de los resultados, lo que agiliza el flujo de trabajo y facilita la interacción persona-máquina, entre los usuarios del sistema y el modelo matemático.