

Sistema de Gestión de Órdenes de Preparación de Pedidos

E-commerce

Grupo:

Alvarez José

Balduccio Matteo

Seoane Andre

Tesis presentada a la Facultad de Ingeniería para optar al grado académico
de Ingeniería de Producción

Junio 2022

Montevideo, Uruguay

Tutor: Ing. Ferrari Adrian

© 2022, Alvarez, Balduccio, Seoane.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Agradecimientos

Queremos aprovechar la oportunidad que nos brinda esta entrega de proyecto de grado, para agradecer a todas aquellas personas que fueron parte de este camino.

En primer lugar, queremos agradecer a nuestro tutor Adrián Ferrari, quien nos apoyó y guió durante todo el proceso del proyecto de fin de carrera, motivándonos a dar lo mejor, a superar los escollos y aprender en cada paso.

En segundo lugar, queremos darle las gracias al equipo de e-commerce de Ta-Ta por brindarnos la oportunidad de trabajar con ellos, particularmente a Valeria Manzzi, que siempre estuvo dispuesta a ayudarnos. Gracias a su apertura, se pudo visitar las instalaciones, tener entrevistas con los actores que nos parecían más relevantes para el enfoque de nuestro proyecto.

Les damos gracias también a todos aquellos colaboradores que nos enriquecieron con sus experiencias, sugerencias, contribuciones específicas.

Finalmente, este logro no pudo haber sido posible sin el apoyo constante de nuestra familia y amigos, que nos acompañaron durante la carrera y en todo el proceso del desarrollo del proyecto de grado.

Resumen Ejecutivo

El trabajo presentado corresponde al proyecto de grado de la carrera de Ingeniería en Producción de la UDELAR, consiste en la aplicación de optimización matemática para lograr una mejora en la operativa del e-commerce de una empresa uruguaya dedicada al retail. El objetivo es aumentar el nivel de satisfacción del cliente y bajar costos operativos.

Esta empresa inauguró a fines de 2019 el servicio de e-commerce. A comienzos del 2020, mientras la nueva operativa se encontraba en una etapa de estabilización, se experimentó una fuerte demanda del servicio impulsada por el surgimiento de la emergencia sanitaria debido a la pandemia Covid-19. Esto derivó en la necesidad de adaptar la operativa del e-commerce en pos de un mejor servicio y un costo más bajo.

Para resolver las necesidades, se desarrolló un programa informático en el que se realiza la ejecución de un modelo de optimización matemática. El objetivo del modelo es que a partir de un conjunto de pedidos realizados por los clientes, presentar una lista ordenada de los mismos de tal manera que la operativa realice el armado de pedidos según el orden sugerido; consiguiendo así lograr el cumplimiento del horario escogido por el cliente y también disminuir las distancias recorridas en la distribución.

El programa desarrollado se lo puede integrar como un módulo externo al Order Managment System (OMS) de la empresa, generando un valor agregado al aumentar el nivel de satisfacción del cliente y la disminución de los costos de distribución. La solución lograda se puede visualizar como un caso de aplicación práctico de la optimización matemática a un problema real, comprendido en un área en cuál la investigación y la oferta en soluciones tecnológicas está en constante crecimiento.

En este informe, se puede apreciar el recorrido por las diferentes etapas de avance de un proyecto. Desde los primeros acercamientos al tema y la definición del problema, hasta la investigación enfocada en posibles soluciones y el desarrollo de la solución elegida.

Palabras clave – sorting problem, pickup, delivery, logistics, optimization problem, darkstore, Python, Pulp

Índice general

Agradecimientos	I
Resumen Ejecutivo	II
1. Introducción	1
2. Marco Teórico	3
2.1. Order managment system	3
2.1.1. Definicion	4
2.1.2. Evolución	4
2.2. Ecommerce	6
2.2.1. Gestión de la cadena de abastecimiento	6
2.2.2. Omnicanalidad	7
2.3. Herramientas matemáticas	7
2.3.1. Investigación	7
2.3.2. Heurísticas	7
2.3.3. Complejidad de un algoritmo	9
2.4. Estado del Arte	10
3. Caso de estudio	20
3.1. Introducción	20
3.1.1. Contexto	20
3.1.2. Pandemia de Covid-19	21
3.1.3. Definiciones	22
3.1.4. Implementación Darkstore	23
3.1.5. Visita y entrevista Jefe de Operaciones E-commerce	23
3.2. Problema y formulación	25
3.2.1. Proceso de definición del problema	25
3.2.2. Descripción del caso	28
3.2.3. Algunas consideraciones tomadas para el modelo	30
3.3. Desarrollo del modelo	31
3.3.1. Definiciones para uso en el modelo	32
3.3.1.1. Conjuntos	32
3.3.2. Metodología	32

3.3.3.	Construcción del modelo matemático	33
3.3.3.1.	Variables de decisión	33
3.3.3.2.	Origen de parámetros	33
3.3.3.3.	Parámetros implícitos	34
3.3.3.4.	Parámetros explícitos	36
3.3.3.5.	Restricciones	40
3.3.3.6.	Función Objetivo	41
3.3.3.7.	Modelo Matemático	43
3.3.4.	Determinar el tipo de problema	43
3.3.5.	Seleccionar el software	44
3.3.5.1.	Modelador	44
3.3.5.2.	Solver	44
3.3.6.	Evolución del programa desarrollado	45
3.3.6.1.	Piloto en Excel	45
3.3.6.2.	Versión 1.0	46
3.3.6.3.	Versión 2.0	48
3.3.6.4.	Versión 3.0	49
3.3.6.5.	Versión 4.0	51
3.3.6.6.	Versión 5.0	51
3.3.7.	Validación	53
3.3.8.	Resultado	57
3.3.8.1.	Introducción	57
3.3.8.2.	Configuración del modelo	57
3.3.8.3.	Input: Listado de pedidos	60
3.3.8.4.	Ejecución	61
3.3.8.5.	Análisis de los resultados	62
3.3.8.6.	Conclusiones	65
4.	Análisis de sensibilidad	67
4.1.	Perturbaciones al caso base	68
4.1.0.1.	Parámetro P	68
4.1.0.2.	Peso1 y Peso2	70
4.1.0.3.	Validación de la fórmula utilizada para la asignación de puntaje en el cubo BE	72
4.1.0.4.	Variación de la cantidad de pedidos	73
4.1.0.5.	Variación del porcentaje de delivery	75
4.1.0.6.	Variación de la cantidad de bloques a elegir por el cliente (tipo de pedido delivery)	76
4.1.0.7.	Varía la cantidad de bloques del día	77
4.1.0.8.	Varía la cantidad de códigos postales	79
4.2.	Escenarios críticos	79
4.2.1.	Demanda alta debido a zafra 23/12	80
4.2.2.	Alta demanda de delivery después de las 18hs	80
4.2.3.	Demanda % alta en pickup y delivery	81

4.2.4.	Pedidos distribuidos por bloque horario de manera equilibrado y no equilibrado	82
4.2.5.	Falta de personal (baja de capacidad de armado de pedidos) . . .	83
4.2.6.	Bloques horarios con capacidades diferentes	83
4.2.7.	Solvers	84
5.	Conclusiones y trabajos futuros	86
5.1.	Trabajos futuros	88
Referencias		91
A. Apéndice		93
A.1.	Script Python: modulo principal	93
A.2.	Script Python: modulo de optimizacion	98
A.3.	Script Python: obtencion de distancias entre codigos postales.	100
A.4.	Validacion en Excel	102
A.5.	Tormenta de ideas	104

Bibliografía

- [1] Baofeng Sun, Yue Yang, Junyan Shi, Lili Zheng. Dynamic pick-up and delivery optimization with multiple dynamic events in real-world environment. *National Natural Science Foundation of China*, 2019.
- [2] Baofeng Sun, Yue Yang, Junyan Shi, Lili Zheng. Dynamic pick-up and delivery optimization with multiple dynamic events in real-world environment. *National Natural Science Foundation of China*, 2019.
- [3] V. Huertas. Historia de la programación matemática. <http://reduccionalabsurdo.es>, 2017.
- [4] G. James, D. Witten, T. Hastie, and R. Tibshirani. *An introduction to statistical learning*, volume 112. Springer, 2013.
- [5] K. H. Jun Zhang, Xuping Wang. Integrated on-line scheduling of order batching and delivery under b2c e-commerce. *Computers Industrial Engineering*, 2016.
- [6] S. M. Katrien Ramaekers, An Caris and T. van Gils. Using an integrated order picking-vehicle routing problem to study the impact of delivery time windows in e-commerce. *European Transport Research Review*, 2018.
- [7] Kurt M. Bretthauer, Stephen Mahar, M.A. Venakataramanan. Inventory and distribution strategies for retail/e-tail organizations. *Computers Industrial Engineering*, 2009.
- [8] A. P. Noelia Lázaro, Rubén Vázquez. Observatorio ecommerce de foro de economía digital. *National Natural Science Foundation of China*, 2015.
- [9] Pablo Rodríguez-Bocca. *Metaheurísticas y Optimización sobre Redes*. Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay, 2019.
- [10] E. S. Pearson. The test of significance for the correlation coefficient. *Journal of the American Statistical Association*, 26(174):128–134, 1931.
- [11] O. Shaleva. Ensuring socio-economic efficiency of retail in the conditions of crisis on the basis of the dark store format. *Theoretical and empirical scientific research: concept and trends*, 2020.

-
- [12] G. L. Snezana Mitrovic-Minic, Ramesh Krishnamurti. Theory and applications of correspondence analysis double-horizon based heuristics for the dynamic pickup and delivery problem with time windows. *www.elsevier.com/locate/trb*, 2003.
 - [13] Stanley E. Griffis¹, John E. Bell², and David J. Closs. Metaheuristics in logistics and supply chain management. *Journal of business logistics*, 1(all):17, 2012.
 - [14] P. A. S. Stephen Mahar, Daniel Wright. Using online pickup site inclusion policies to manage demand in retail/e-tail organizations. *Computers Operations research*, 2012.
 - [15] T.C. Poon, K.L. Choy, Harry K.H. Chow, Henry C.W. Lau, Felix T.S. Chan, K.C. Ho. A rfid case-based logistics resource management system for managing order-picking operations in warehouses. *Expert Systems with Applications*, 2008.
 - [16] O. D. C. G. Vanesa Ramírez Valencia, Santiago Ruiz Herrera. Algoritmos aplicados en la programación de las cadenas de suministros para minimizar costos. revisión de literatura*. *INGENIARE*, 2016.