

Google Map API service for VRP Solving Application

Darmawan Satyananda¹

¹Jurusan Matematika, Universitas Negeri Malang

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 15 Mei 2017

Direvisi: 1 Juni 2017

Diterbitkan: 31 Juli 2017

Kata Kunci:

CVRP

Google Map

Google Map API

ABSTRAK

Computer program application was widely used to solve VRP (Vehicle Routing Problem) cases. In general, the graph used was mainly to model the problem, instead of depicted actual geographic condition. This modeling was inadequate to give comprehensive information to the users, particularly information related to real distance and real route. Google Map provided geographic data in the form of API (Application Programming Interface) that could be accessed by a computer program. Some of services provided were to display map, to access geographical data, distance of some places in distance matrix form, route from selected source to selected destination, and some more.

This article studied developing web-based application for solving VRP using Google Map service. VRP variant implemented in the application is CVRP, and routing strategy used was Sequential Insertion method. Distance among customers was obtained from Google Map service, based on user input on the displayed map, as well as route drawing that used Google Map service.

The application provided better visualization to the users, and route produced was more appropriate to the real circumstances. Test showed that length of the route is slightly longer than calculation from CVRP in general, which considered that route between two nodes is symmetrical.

Copyright © 2017 SIMANIS.
All rights reserved.

Korespondensi:

-

1. INTRODUCTION

Latar Belakang

Salah satu aplikasi dari teori graf adalah *Vehicle Routing Problem* (VRP) untuk memodelkan bagaimana menentukan rute untuk mendistribusikan barang dari depot ke sejumlah pelanggan (*customer*) dengan biaya/jarak/waktu/jumlah kendaraan yang seminimal mungkin. VRP banyak digunakan dalam permasalahan nyata yang berkaitan dengan pengantaran dan transportasi logistik [1]. VRP merupakan generalisasi dari TSP dan terkait dengan *Bin Packing Problem* (BPP) [2]. Seperti diketahui, BPP berkaitan dengan bagaimana memasukkan barang dengan ukuran tertentu ke dalam sejumlah wadah (*bin*) dengan kapasitas tertentu sedemikian rupa sehingga jumlah *bin* yang diperlukan adalah minimal.

Dalam VRP, titik melambangkan depot atau pelanggan, sisi melambangkan adanya keterhubungan antara dua titik, dan bobot sisi melambangkan jarak atau biaya (*cost*) antar dua titik. Terdapat satu atau lebih depot, satu atau lebih pelanggan yang memiliki permintaan (*demand*) tertentu, satu atau lebih kendaraan dengan kapasitas tertentu, waktu layanan (*service time*) pada setiap pelanggan, batasan waktu layanan pada setiap pelanggan (*time window*), dan batasan waktu layanan keseluruhan (*time horizon*) [3]. Perjalanan dalam VRP diawali dari depot menuju ke semua pelanggan yang dilayani oleh depot itu, dan kembali ke depot semula.

Batasan (*constraints*) memunculkan berbagai varian VRP. Beberapa di antaranya adalah CVRP (adanya kapasitas tertentu dari kendaraan yang digunakan), VRPTW (adanya *time window* pada setiap

customer), MFVRP (penggunaan lebih dari 1 jenis kendaraan yang memiliki kapasitas berbeda), MDVRP (ada lebih dari 1 depot dan customer dilayani depot tertentu), dan sejumlah varian lainnya [4].

Implementasi VRP dalam bentuk program komputer diperlukan agar permasalahan distribusi bisa diselesaikan dengan mudah dan cepat. Publikasi sebelumnya mengkaji mengenai karakteristik pemecahan permasalahan VRP [5], dan implementasi sejumlah varian TSP dan VRP pada komputer dengan bahasa pemrograman Delphi [6]. Bentuk aplikasi yang dikembangkan adalah dalam bentuk aplikasi *desktop* yang harus di-*install* di suatu komputer sehingga penggunaannya terbatas, data yang digunakan masih dalam bentuk tekstual, grafis yang terbatas hanya untuk memodelkan titik (pelanggan) dan sisi (bukan menunjukkan lokasi sebenarnya), serta jarak antar dua titik diasumsikan simetris. Varian VRP yang diterapkan adalah CVRP, MDVRP, VRPTW, MTVRP, MFVRP, VRPB, VRPDP, SLVRPDP dengan menggunakan strategi *Sequential Insertion* untuk penyusunan rutenya.

Sejumlah aplikasi komputer lain yang dikembangkan untuk penyelesaian permasalahan VRP di antaranya adalah VRP Solver (<http://coral.ie.lehigh.edu/~larry/software/vrp-solver/>) yang berbasis *desktop*, dan VRP Spreadsheet Solver (<http://verolog.deis.unibo.it/vrp-spreadsheet-solver>) yang dibangun dari Excel dan telah memanfaatkan layanan GIS (*Geographical Information System*).

Selama ini data yang digunakan untuk uji coba kinerja aplikasi atau algoritma diambil dari dataset yang sudah terpublikasi (antara lain dari <http://neo.lcc.uma.es/vrp>). Hampir semua dataset menyederhanakan permasalahan dengan menggunakan jarak antara 2 titik yang simetris, artinya jarak dari A ke B dianggap sama dengan jarak dari B ke A. Padahal dalam kenyataannya belum tentu demikian, misalnya karena adanya jalan searah sehingga rute sebaliknya harus melewati jalan yang berbeda sehingga panjang rute juga berbeda. Agar VRP bisa digunakan dalam permasalahan nyata sehari-hari diperlukan data yang diambil dari keadaan sebenarnya.

Salah satu sumber yang menyediakan akses data geografis yang relatif realistis dan kredibel adalah Google Map. Google Map menyediakan layanan API (*Application Programming Interface*) dalam bentuk *web service* yang memungkinkan suatu program komputer bisa mengakses sejumlah data dalam database Google Map. Data tersebut di antaranya adalah koordinat geografis suatu tempat (*geocode*), jarak antara n tempat yang saling berhubungan dalam bentuk matriks jarak (*distance matrix*), serta petunjuk rute dari satu tempat ke tempat lainnya (*directions*). Google Map memungkinkan pengguna membangun aplikasi interaktif dalam platform iOS, Android, Web (dengan Javascript), dan Web Service [11].

Selain menyediakan API untuk mengakses data geografis, Google Map juga memungkinkan pengguna membuat aplikasi yang bisa menampilkan suatu lokasi dalam bentuk map dan melakukan interaksi dengan aplikasi melalui peta itu. Hal ini menjadikan pengguna aplikasi bisa mendapatkan pengalaman yang lebih realistis karena map bisa ditampilkan sampai level yang detail. Database yang bisa diakses juga dinamis karena selalu diperbarui oleh Google, sehingga pengguna bisa mendapatkan data yang relatif baru sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Aplikasi komputer yang bisa mengakses API dari Google Map adalah aplikasi yang bisa mengakses protokol HTTP yaitu aplikasi berbasis web. Hal ini sesuai dengan bentuk API yang disediakan yaitu dalam bentuk *web service*. Keuntungan aplikasi berbasis web dibandingkan aplikasi dalam *platform* Android adalah visualisasi tampilan yang lebih luas dan kemudahan dalam interaksinya. Keuntungan lain bila dibandingkan dengan aplikasi *desktop* adalah apabila diletakkan dalam suatu *website* yang bisa diakses publik, maka pengguna dari berbagai lokasi bisa menggunakannya pada saat yang sama.

Artikel ini menyajikan hasil pengembangan aplikasi VRP dengan memanfaatkan layanan Google Map. Varian yang dikembangkan adalah CVRP, dengan menggunakan strategi *Sequential Insertion*.

Layanan mapping dari Google Map

Berbagai macam teknologi komputer yang mengacu ke pemanfaatan data geografis dikenal dengan *Geographic Information Systems* (GIS). Ini mencakup database, program aplikasi, serta perangkat keras lain semisal GPS (*Global Positioning System*) untuk penentuan posisi geografis suatu obyek secara akurat dengan bantuan satelit. Isi dari *database* bisa mencakup koordinat geografis, jalan yang menghubungkan satu tempat dengan yang lain (mencakup panjangnya, jenis jalan: tol atau bukan, arah arus lalu lintas: searah atau dua arah, dan jenis kendaraan yang bisa melaluinya), obyek apa saja yang terdapat di area itu, gambar atau video yang relevan dengan jalan dan obyek, tingkat kepadatan jalan, kecepatan kendaraan bergerak, kejadian yang terjadi di jalan, serta data lainnya.

Google Map merupakan salah satu layanan API yang disediakan oleh Google, untuk keperluan akses data geografis yang dimiliki oleh Google. Layanan ini bisa dimanfaatkan berbagai pihak untuk membuat aplikasi yang memberikan solusi mapping dalam aplikasinya. Pemberian solusi ini bisa dimanfaatkan untuk melihat lokasi tertentu, mencari posisi suatu alamat, mencari jarak dari suatu posisi ke posisi lain, mencari

direction (petunjuk rute) dari suatu posisi ke posisi lainnya, dan hal lainnya yang berkaitan dengan aspek pemetaan [7]. Layanan ini disediakan dalam versi gratis dan berbayar.



Gambar 1. Contoh petunjuk arah perjalanan yang disediakan Google Map

Untuk keperluan pembuatan aplikasi berbasis web dengan Google Map, ada dua versi layanan yang bisa digunakan: Google Web API (memanfaatkan Javascript dan *client-side script*) dan Google Web Service API (diakses dengan *server-side script*). Layanan dalam bentuk Web API dikhususkan untuk interaktifitas dan akses secara real time, misalnya menampilkan *map*, membuat *marker*, menampilkan rute dan *direction* di dalam map. Kelemahannya, *script* terletak di client sehingga bisa dilihat isinya termasuk API key (kunci untuk mengakses layanan Google) yang digunakan sehingga rawan disalahgunakan pihak lain. *Script* untuk mengakses web service API terletak di *server* sehingga yang tampak hanya hasil eksekusi *script*. Diperlukan kombinasi antara API dalam bentuk Javascript dan web service, serta pengaturan konfigurasi *project* agar kode tidak disalahgunakan.

Penelitian yang terkait

[8] melakukan penelitian tentang VRP untuk melaksanakan distribusi sepeda pada layanan peminjaman sepeda untuk umum (*Public Bicycle System*) dengan bantuan Google Map. Jarak antar titik pada VRP umumnya dihitung menggunakan rumus Euclidean sehingga tidak reliabel dan tidak realistis untuk menghitung waktu dan biaya. Hasil akhir keseluruhan (bila dikaitkan dengan permasalahan efisiensi) bisa tidak sesuai dengan tujuan awalnya. Google Map digunakan untuk mendapatkan jarak aktual antar dua lokasi sehingga biaya transpor bisa dihitung lebih tepat dan menghasilkan tour yang lebih baik dalam hal distribusi sepeda. Integrasi Google Map dan aplikasi juga memungkinkan konsumen mengetahui lokasi PBS terdekat, rute menuju ke tempat itu, ketersediaan sepeda, serta dimana lokasi parkir yang tersedia. Perusahaan juga bisa memantau ketersediaan sepeda dan mendistribusikannya secara lebih efisien.

Kajian tentang pemanfaatan GIS untuk VRP, telah dilakukan oleh [9]. Dalam kajiannya, digunakan software TransCAD untuk membantu mengembangkan berbagai skenario prosedur antar-jemput karyawan. Hasilnya adalah prosedur yang dikembangkan bisa memenuhi keseluruhan demand karyawan dengan tingkat utilisasi kendaraan 99.7%, dan tidak ada yang melebihi batas waktu tempuh yang ditentukan perusahaan. Penggunaan perangkat lunak ini memberikan keuntungan kuantitatif lain yaitu visualisasi berbagai atribut spasial dan fleksibilitas dalam perubahan parameter sehingga hasil simulasinya sangat mendekati kenyataan sebenarnya.

Kesimpulan yang kurang lebih serupa disajikan oleh [10] yang menyebutkan bahwa pemanfaatan GIS berbasis Google Map dan Open Street Map bisa memberikan hasil yang lebih realistis dan membantu dalam melakukan efisiensi biaya, jarak, dan meminimalkan polusi CO₂.

Teknologi yang bisa dilihat di beberapa kota besar di Indonesia yang memadukan aplikasi dengan GIS adalah pada layanan transportasi berbasis aplikasi seperti Uber Taxi dan GoJek. Seorang pengguna akan tahu berapa jarak tempuh dan biaya yang harus dibayarkan dengan menentukan lokasi berangkat dan tujuannya, tahu dimana posisi dan data pengemudi yang mengantarkannya. Teknologi serupa juga bisa ditemui pada perangkat GPS tracker yang dipasang di mobil. Pada mobil dipasang GPS yang secara rutin mengirimkan posisi saat itu ke suatu server. Pengguna bisa memanfaatkan aplikasi yang ada di server ini untuk memantau dimana posisi kendaraannya saat itu, sehingga bisa diketahui apakah kendaraannya masih berada di tempat seharusnya, atau apakah tidak menempuh rute yang ditetapkan (kasus pada kendaraan umum).

2. RESEARCH METHOD

Penelitian yang dilakukan adalah pengembangan perangkat lunak VRP berbasis web yang memanfaatkan layanan API dari Google Map. Layanan digunakan untuk menampilkan *map*, mendapatkan data jarak, data rute, dan penggambaran rute. Aplikasi dibangun dengan platform web, disusun dari HTML,

Javascript, PHP, dan beberapa library lainnya. Varian VRP yang diterapkan adalah CVRP dengan menggunakan strategi pencarian rute adalah *Sequential Insertion*. Semua data didapatkan dari basis data Google dengan memanfaatkan layanan yang disediakan yaitu *Distance Matrix Service*, *Directions Service*, dan *Directions Renderer*.

Selama dalam masa pengembangan, aplikasi diletakkan dalam *web server* yang diakses secara lokal dan intranet (jaringan lokal) di laboratorium komputer Jurusan Matematika Universitas Negeri Malang. Diperlukan koneksi internet yang cukup stabil karena aplikasi akan terus berhubungan dengan server Google Map.

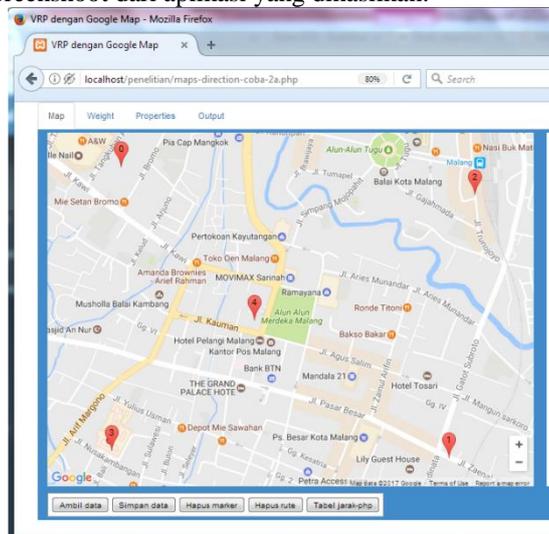
Setelah pengkodean aplikasi, dilakukan ujicoba untuk melihat apakah semua fungsi yang dirancang telah berjalan dengan benar, dan dilakukan perbaikan bila ditemui adanya kesalahan. Hasil aplikasi ini akan dibandingkan dengan aplikasi sejenis yang telah dikembangkan sebelumnya dengan menggunakan bahasa Delphi ([4] dan [6]), dan untuk uji kinerja akan diambil beberapa instance untuk CVRP dari <http://neo.lcc.uma.es/vrp>.

3. RESULTS AND ANALYSIS

Aplikasi yang dikembangkan menggunakan Google Web API yang berbasis Javascript untuk keperluan interaktifitas dengan pengguna, dan menggunakan script PHP untuk pengkodean implementasi VRP. Tahapan penggunaan aplikasi oleh pengguna:

1. Menentukan *marker* yang menunjukkan lokasi depot dan *customer* di atas *map*
2. Melakukan *request* ke *Distance Matrix Service* untuk mendapatkan matriks jarak antar lokasi
3. Menentukan sejumlah parameter yang diperlukan (dalam kasus CVRP, maka menentukan permintaan masing-masing *customer*, serta menentukan jumlah dan kapasitas kendaraan)
4. Melakukan proses penentuan rute distribusi sesuai varian VRP yang digunakan
5. Melakukan penggambaran rute di atas *map* (dengan memanfaatkan layanan *Direction Service* dan *Direction Renderer*)

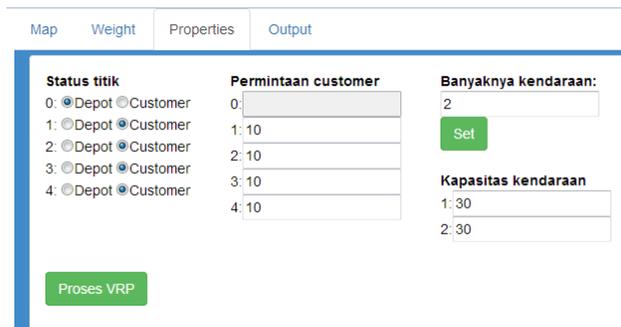
Berikut beberapa screenshot dari aplikasi yang dihasilkan:



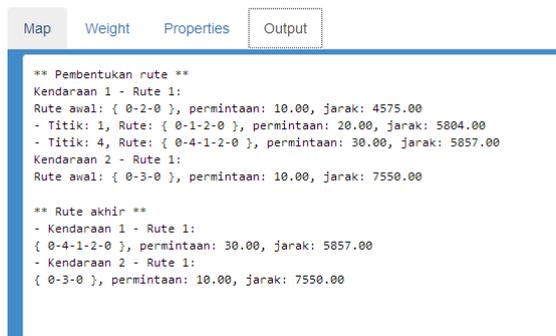
Gambar 2. Marker di map untuk menentukan lokasi depot dan customer

	0	1	2	3	4
0	0	1569	1956	1923	1089
1	1557	0	2269	1091	1392
2	1754	2773	0	1776	1914
3	2507	1091	1672	0	1405
4	1198	1429	1196	834	0

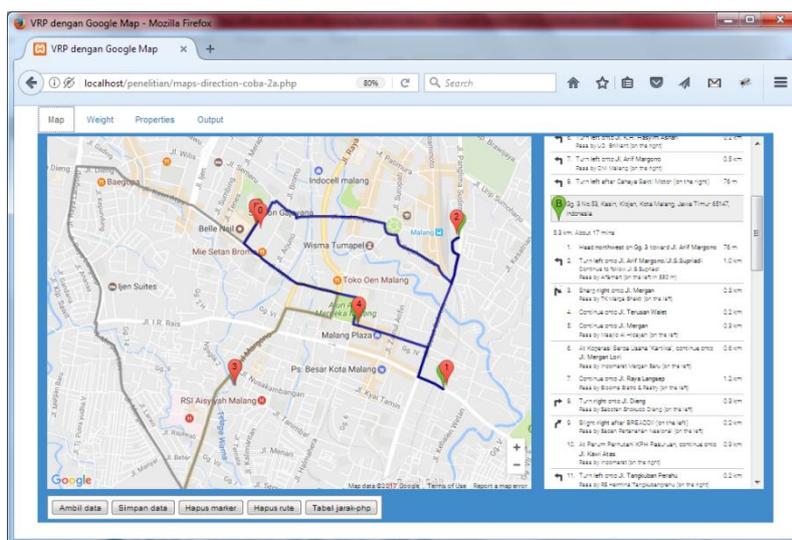
Gambar 3. Tabel jarak yang dihasilkan dari Distance Matrix Service



Gambar 4. Penentuan permintaan customer



Gambar 5. Rute yang dihasilkan dalam bentuk tekstual



Gambar 6. Rute yang dihasilkan dalam bentuk grafis di map

Tabel 1 menunjukkan hasil kinerja strategi Sequential Insertion dalam penyusunan rute. Data uji diambil dari <http://neo.lcc.uma.es/vrp>.

Tabel 1. Kinerja strategi Sequential Insertion

Nama data uji	Hasil terbaik		Hasil aplikasi	
	Rute	Jarak	Rute	Jarak
eil13	4	290	4	307
E-n30-k3	3	534	3	736,11
att48	4	40002	4	55769,71
E-n76-k7	7	683	7	1155,8

Secara operasional, aplikasi bisa memberikan visualisasi seperti yang direncanakan. Hanya saja efisiensi algoritma masih harus diperbaiki dengan penerapan beberapa strategi perbaikan (*improvement*) berupa *local search* untuk *intra-route* dan *inter-route*. Salah satu yang akan digunakan adalah algoritma ILS-RVND

yang telah dikaji di [12], [13] dan [14], dimana dari kajian disebutkan bahwa algoritma ILS-RVND bisa menghasilkan solusi yang bersaing dengan hasil terbaik yang ada pada sejumlah VRP *instance*.

4. CONCLUSION

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa Google Map API bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan aplikasi komputer untuk penyelesaian VRP yang bisa memberikan data geografis yang sesuai dengan keadaan sebenarnya, dan menyajikan visualisasi rute distribusi secara lebih realistis. Penerapan strategi Sequential Insertion untuk penyusunan rute masih memerlukan kajian lebih lanjut dalam bentuk perbaikan dengan menggunakan algoritma tertentu.

ACKNOWLEDGEMENTS

Artikel ini merupakan bagian dari Penelitian Produk Terapan tahun 2017 dengan dana dari Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat Kemristekdikti (tahun pertama dari dua tahun yang direncanakan), yang berjudul “Pemanfaatan Layanan Google Map untuk Aplikasi Penyelesaian Permasalahan VRP”, dengan tim peneliti Darmawan Satyananda (Ketua) dan Sapti Wahyuningsih (Anggota).

REFERENCES

- [1] Laporte G. The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European Journal of Operational Research* [Internet]. 1992 [cited 10 May 2017]; 59(3):345-358. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037722179290192C>
- [2] Sandhya VK. Issues in Solving Vehicle Routing Problem with Time Window and its Variants using Meta heuristics-A Survey. *International Journal of Engineering and Technology*. 2013 Jun;3(6):668-72
- [3] Rosen KH, editor. *Handbook of discrete and combinatorial mathematics*. CRC press; 1999 Sep 28.
- [4] Satyananda D. Developing MST, TSP, and VRP Application. In *Proceeding of International Seminar on Mathematics Education and Graph Theory*. Malang: Universitas Islam Malang; 2014; pp. 499-508
- [5] Wahyuningsih S, Satyananda D. The Characteristics Study of Solving Variants of Vehicle Routing Problem and Its Application on Distribution Problem. *International Conference on Research, Implementation and Education of Mathematics and Science* [Internet]. Yogyakarta: Faculty of Mathematics and Sciences Yogyakarta State University; 2015 [cited 18 May 2017]. p. 101-108. Available from: <http://eprints.uny.ac.id/23319/>
- [6] Wahyuningsih S, Satyananda D. Implementations of TSP-VRP Variants for Distribution Problem. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics* [Internet]. 2016 [cited 18 May 2017];12(1):723-732. Available from: https://www.ripublication.com/gjpam16/gjpamv12n1_64.pdf
- [7] Svennerberg G. *Beginning Google Maps API 3*. 1st ed. [New York]: Apress; 2010.
- [8] Lin J, Chou T. A Geo-Aware and VRP-Based Public Bicycle Redistribution System. *International Journal of Vehicular Technology* [Internet]. 2012 [cited 1 May 2017];2012:1-14. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/ijvt/2012/963427/abs/>
- [9] Salles R, Neto G, Cruz M. An Application of Vehicle Routing Problem in Chartered Buses to Transport Employees Using Geographic Information System. *13th World Conference on Transport Research* [Internet]. Rio De Janeiro: WCTR; 2013 [cited 1 May 2017]. Available from: <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/3507.pdf>
- [10] Urquhart N, Scott C, Hart E. Using Graphical Information Systems to improve vehicle routing problem instances. *15th annual conference companion on Genetic and evolutionary computation* [Internet]. Amsterdam: Gecco; 2013 [cited 18 May 2017]. p. 1097-1101. Available from: http://dl.acm.org/ft_gateway.cfm?id=2466802&ftid=1384399&dwn=1&CFID=764439493&CFTOKEN=27175352
- [11] Google Maps APIs [Internet]. Google Developers. 2017 [cited 19 May 2017]. Available from: <https://developers.google.com/maps/documentation/>
- [12] Subramanian A, Drummond L, Bentes C, Ochi L, Farias R. A parallel heuristic for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery. *Computers & Operations Research*. 2010;37(11):1899-1911.
- [13] Penna P, Subramanian A, Ochi L. An Iterated Local Search heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem. *Journal of Heuristics*. 2011;19(2):201-232.
- [14] Silva M, Subramanian A, Ochi L. An iterated local search heuristic for the split delivery vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*. 2015;53:234-249.