



Vol. XVI &amp; Issue No. 04 April - 2023

INDUSTRIAL ENGINEERING JOURNAL

## ANALYTICS DRIVEN APPROACH TO SOLVING THE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

Rahul Sahai

### ABOUT THE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

- The travelling salesman problem (also called the travelling salesperson problem or TSP) asks the following question: "Given a list of cities and the distances between each pair of cities, what is the shortest possible route that visits each city exactly once and returns to the origin city?" It is an NP-hard problem in combinatorial optimization, important in theoretical computer science and operations research.
- The travelling purchaser problem and the vehicle routing problem are both generalizations of TSP.
- In the theory of computational complexity, the decision version of the TSP (where given a length  $L$ , the task is to decide whether the graph has a tour of at most  $L$ ) belongs to the class of NP-complete problems. Thus, it is possible that the worst-case running time for any algorithm for the TSP increases superpolynomially (but no more than exponentially) with the number of cities.
- The problem was first formulated in 1930 and is one of the most intensively studied problems in optimization. It is used as a benchmark for many optimization methods. Even though the problem is computationally difficult, many heuristics and exact algorithms are known, so that some instances with tens of thousands of cities can be solved completely and even problems with millions of cities can be approximated within a small fraction of 1%.

### ABOUT THE TRAVELLING SALESMAN PROBLEM

The TSP has several applications even in its purest formulation, such as planning, logistics, and the manufacture of microchips. Slightly modified, it appears as a sub-problem in many areas, such as DNA sequencing. In these applications, the concept city represents, for example, customers, soldering points, or DNA fragments, and the concept distance represents travelling times or cost, or a similarity measure between DNA fragments.

The TSP also appears in astronomy, as astronomers observing many sources will want to minimize the time spent moving the telescope between the sources; in such problems, the TSP can be embedded inside an optimal control problem. In many applications, additional constraints such as limited resources or time windows may be imposed.

### INTRODUCTION TO OPEN STREET MAPS

- Open Street Map (OSM) is a free, open geographic database updated and maintained by a community of volunteers via open collaboration. Contributors collect data

from surveys, trace from aerial imagery and also import from other freely licensed geodata sources.

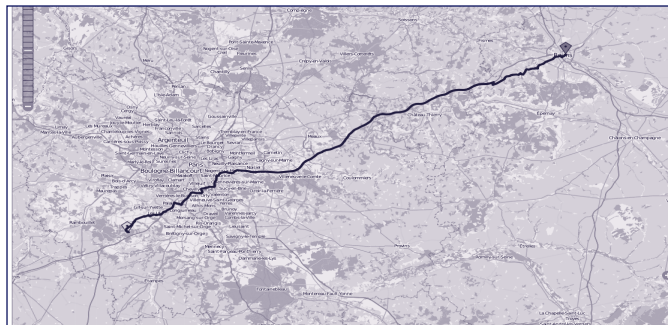
- Open Street Map is freely licensed under the Open Database License and as a result commonly used to make electronic maps, inform turn-by-turn navigation, assist in humanitarian aid and data visualisation. OpenStreetMap uses its own topology to store geographical features which can then be exported into other GIS file formats.
- The Open Street Map website itself is an online map, geodata search engine and editor.

### LEVERAGING ROUTING MACHINES

In contrast to most routing servers, OSRM does not use an "A" variant to compute the shortest path, but instead uses contraction hierarchies or multilevel Dijkstra's. This results in very fast query times, usually below 1 millisecond for data sets like Europe, making OSRM a good candidate for responsive, web-based routing applications and websites.

- Very fast routing
- Highly portable
- Simple data format makes it easy to import custom data sets instead of OpenStreetMap data or import traffic data
- Flexible routing profiles (e.g., for different modes of transportation)
- Respects turn restrictions, including time-based conditional restrictions
- Respects turn lanes
- Localized turn-by-turn instructions powered by OSRM Text Instructions

Besides chronological routing, OSRM also provides additional functionality, such as map matching, traveling salesman problem solving, and generating vector tiles that contain routing metadata.



Open Street Map

**OSRM PACKAGE FOR R MAKES IT CONVENIENT TO SEND ROUTE REQUESTS TO OSRM SERVER**

The public server is fine for testing but not for sending too many requests in a short time. It will give errors and not work. Therefore it is suggested to get your own OSRM instance.

The easiest solution is to run it with Docker. This requires 2 preparatory steps:

Install Docker CE <https://docs.docker.com/install/>  
 Get the osrm-backend running <https://hub.docker.com/r/osrm/osrm-backend/>

The first step of installing Docker might take 30 minutes if you follow the steps in the installation tutorial. The second step, to run the Docker container on your machine, is also pretty straightforward if you follow the Quick Start section in the Docker Hub link provided above.

The OpenStreetMap data required to compute paths can be downloaded from <http://download.geofabrik.de>. For this project we want the latest data (\*.osm.pbf) of Switzerland, which can be downloaded here.

```
install.packages("osrm")

library(osrm)

## Data: (c) OpenStreetMap contributors, ODbL 1.0 - http://www.openstreetmap.org/copyright

## Routing: OSRM - http://project-osrm.org/

By default the OSRM package uses a public demo server.

getOption("osrm.server")

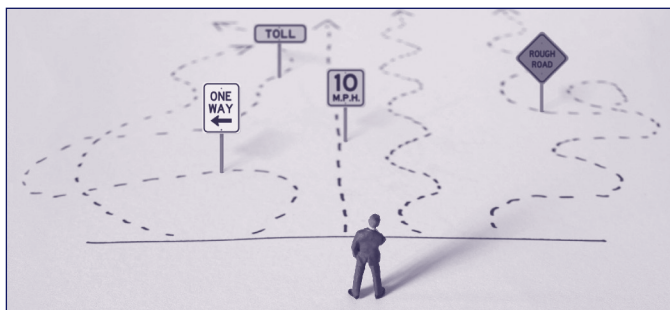
## [1] "http://router.project-osrm.org/"
```



Start by installing the OSRM package

**CALCULATING HOW FAR ARE YOU FROM YOUR CUSTOMERS?**

- Optimizing your physical touch points is an important aspect of customer support (depending on the type of support we are talking about)
- Areas to ponder over:
  - Enhance response times
  - Reduce costs of touch points that are redundant
  - Better manage warranty support
  - ... and more...

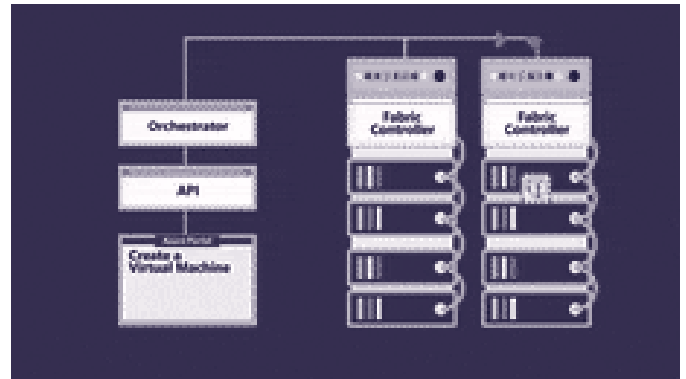


**LET'S COVER SOMETHING DIFFERENT TODAY...**

- Virtual Machines & Containers
- Enable Hyper-V
- Docker Installation
- Running the OSRM Backend
- The Code
- Output

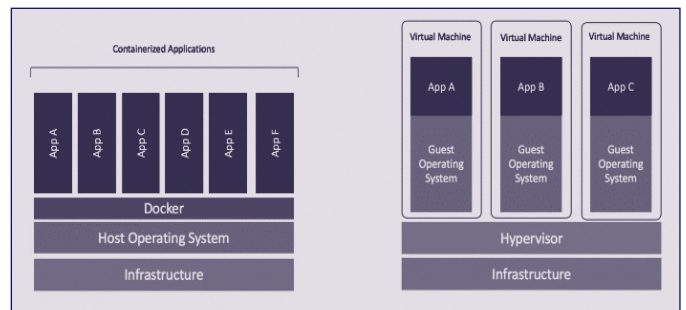


**VIRTUAL MACHINES**



Virtual Machine (VM) is an emulation of a computer system. Virtual machines are based on computer architectures and provide functionality of a physical computer. Their implementations may involve specialized hardware, software, or a combination.

**Containers Are More Agile than VMs**

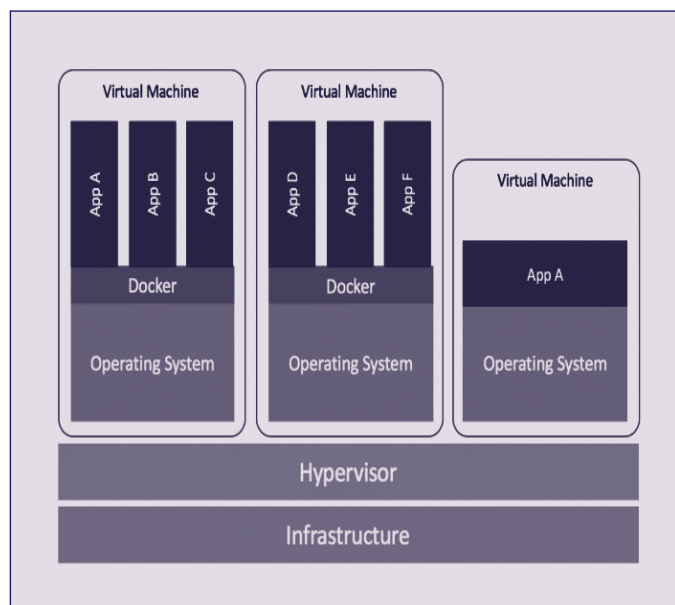


Containers give both developers and operators more agility. Containers deploy quickly, deliver immutable infrastructure and solve the age-old “works on my machine” problem. They also replace the traditional patching process, allowing organizations to respond to issues faster and making applications easier to maintain.

**CONTAINERIZED APPLICATIONS GREATLY REDUCE THE NUMBER OF VMS NEEDED**

Most enterprise organizations have a mature virtualization environment which includes tooling around backups, monitoring, and automation, and people and processes that have been built around it. By running Docker Enterprise on virtualized infrastructure, organizations can easily integrate containers into their existing practices and get the benefits of points 1 and 2 above.

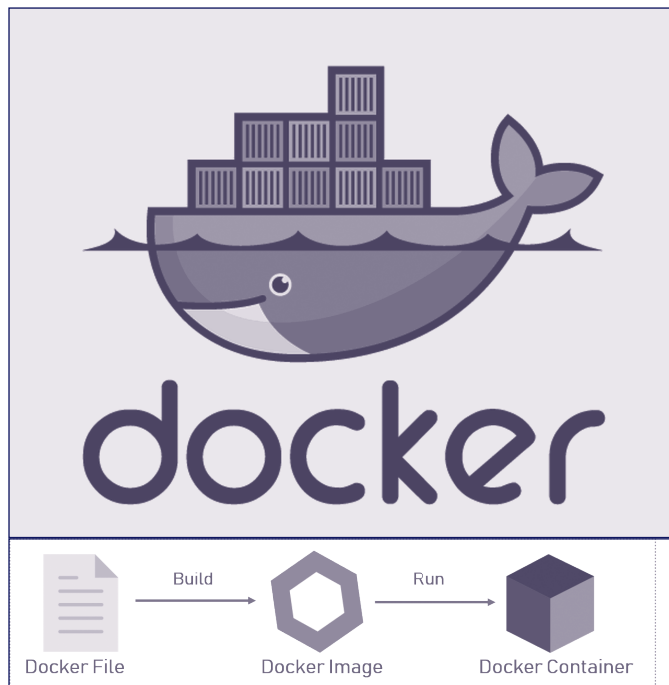
Containerized applications share common operating system and software libraries which greatly improves CPU utilization within a VM. This means an organization can reduce the overall number of virtual machines needed to operate their environment and increase the number of applications that can run on a server.



**... AND THE WINNER IS DOCKER**

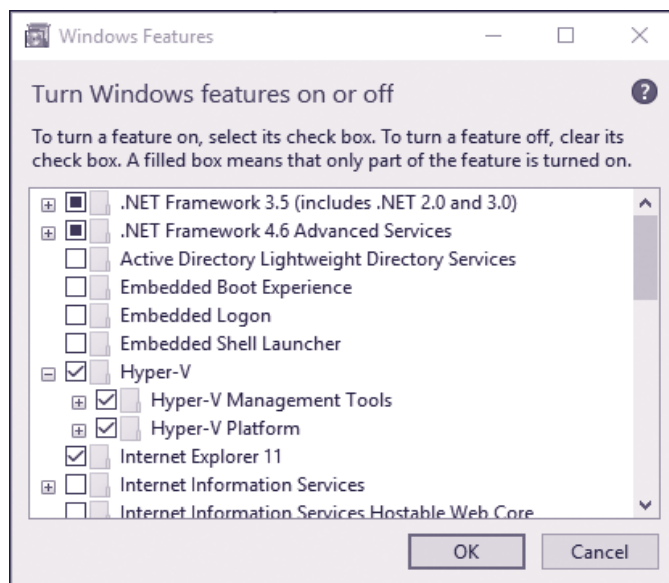
In the end, Docker containers can run inside a virtual machine or on bare metal – the choice is up to you. Just like every other decision in the data center, the path you want to go down should align to your business priorities. Containers work well with virtual machines, but they can also run without them.

- Docker can help facilitate savings by dramatically reducing infrastructure resources.
- Docker containers ensure consistency across multiple development and release cycles, standardizing your environment
- Docker enables you to build a container image and use that same image across every step of the deployment process. A huge benefit of this is the ability to separate non-dependent steps and run them in parallel.
- Eliminate the “it works on my machine” problem once and for all. One of the benefits that the entire team will appreciate is parity.

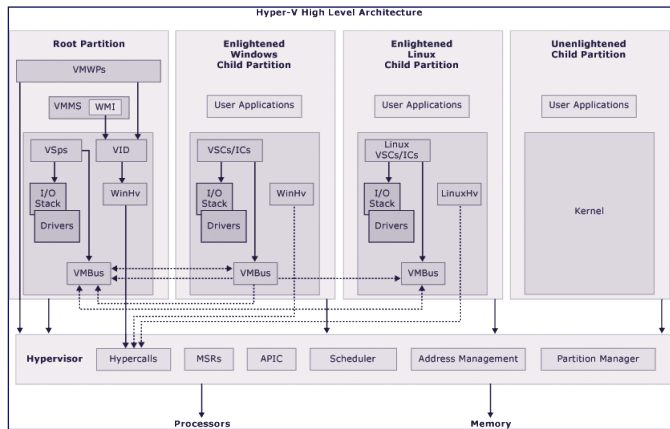


**GETTING STARTED- ENABLE HYPER-V**

- Hyper-V lets you run multiple operating systems as virtual machines on Windows
- Hyper-V specifically provides hardware virtualization. That means each virtual machine runs on virtual hardware. Hyper-V lets you create virtual hard drives, virtual switches, and several other virtual devices all of which can be added to virtual machines.
- Experiment with other operating systems. Hyper-V makes it very easy to create and remove different operating systems
- Hyper-V is available on 64-bit versions of Windows 10 Pro, Enterprise, and Education. It is not available on the Home edition
- Most computers run Hyper-V, however each virtual machine runs a separate operating system. You can generally run one or more virtual machines on a computer with 4GB of RAM



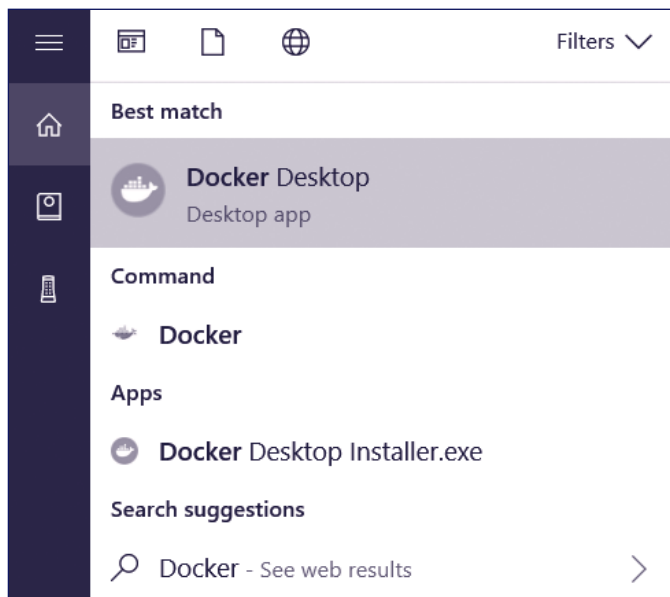
## Hyper V- Architecture



## DOCKER INSTALLATION

<https://docs.docker.com/docker-for-windows/install/>

- Double-click Docker Desktop Installer.exe to run the installer.
- If you haven't already downloaded the installer (Docker Desktop Installer.exe), you can get it from Docker Hub. It typically downloads to your Downloads folder, or you can run it from the recent downloads bar at the bottom of your web browser.
- When prompted, ensure the Enable Hyper-V Windows Features option is selected on the Configuration page.
- Follow the instructions on the installation wizard to authorize the installer and proceed with the install. When the installation is successful, click Close to complete the installation process.
- If your admin account is different to your user account, you must add the user to the docker-users group. Run Computer Management as an administrator and navigate to Local Users and Groups > Groups > docker-users. Right-click to add the user to the group. Log out and log back in for the changes to take effect.



## Download OpenStreetMap data for region

Sub Region	Quick Links		
	.osm.pbf	.shp.zip	.osm.bz2
Afghanistan	[.osm.pbf] (40.6 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Armenia	[.osm.pbf] (28.2 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Azerbaijan	[.osm.pbf] (23.9 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Bangladesh	[.osm.pbf] (226 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Bhutan	[.osm.pbf] (7.4 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Cambodia	[.osm.pbf] (25.2 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
China	[.osm.pbf] (640 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
GCC States	[.osm.pbf] (108 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
India	[.osm.pbf] (826 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Indonesia	[.osm.pbf] (1.1 GB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Iran	[.osm.pbf] (148 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Iraq	[.osm.pbf] (47.3 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Israel and Palestine	[.osm.pbf] (79 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Japan	[.osm.pbf] (1.5 GB)	✘	[.osm.bz2]
Jordan	[.osm.pbf] (26.2 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Kazakhstan	[.osm.pbf] (110 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Kyrgyzstan	[.osm.pbf] (27.6 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Laos	[.osm.pbf] (32.6 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Lebanon	[.osm.pbf] (25.3 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Malaysia, Singapore, and Brunei	[.osm.pbf] (157 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Maldives	[.osm.pbf] (3.1 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Mongolia	[.osm.pbf] (31.3 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]
Myanmar (a.k.a. Burma)	[.osm.pbf] (123 MB)	[.shp.zip]	[.osm.bz2]



<http://download.geofabrik.de/asia.html>

## KICKSTART THE CONTAINER FROM DOCKER

```
PS C:\Users\Path> docker run -t -v "${PWD}:/data" osrm/osrm-backend osrm-extract -p /opt/car.lua /data/india-latest.osm.pbf
```

```
PS C:\Users\Path > docker run -t -v "${PWD}:/data" osrm/osrm-backend osrm-partition /data/india-latest.osrm
```

```
PS C:\Users\Path > docker run -t -v "${PWD}:/data" osrm/osrm-backend osrm-customize /data/india-latest.osrm
```

```
PS C:\Users\Path > docker run -t -i -p 5000:5000 -v "${PWD}:/data" osrm/osrm-backend osrm-routed --algorithm mld --max-table-size 65535 /data/india-latest.osrm
```



Don't forget to increase table size

```

Windows PowerShell
Windows PowerShell
Copyright (C) Microsoft Corporation. All rights reserved.

PS C:\Users\cipri>
    
```

Load your files: Customers locations and your touch points

```

library(osrm)
getOption("osrm.server")
options(osrm.server = "http://localhost:5000/")
getOption("osrm.server")
library(tidyverse)
library(readxl)

dealer <- read_excel("201101 dealerTP.xlsx")
view(dealer)
customers <- read_excel("201101 customers.xlsx")
    
```



Containerized server instance from your own machine

REQUESTING TRAVEL TIMES

```

basicmap %>%
  addCircleMarkers(data = customers, lng = customers$Longitude, lat = customers$Latitude, color = "orange", radius = 3,
                  group = "customers") %>%
  addLayersControl(overlayGroups = c("Touch", "customers"))

#requesting for travel times using osrm table- input data frames with the columns id/lon/lat
n_customers(customers)
customers_df <- customers %>%
  dplyr::select(4, 3) %>%
  mutate(id=id_in_customer, %>%
         as.data.frame()
  )
customers_df <- customers_df %>%
  select(id, everything())

n_touches(dealer)
dealer_df <- dealer %>%
  dplyr::select(6, 7) %>%
  mutate(id=id_in_touch, %>%
         as.data.frame()
  )
dealer_df <- dealer_df %>%
  select(id, everything())

to <- Sys.time()
distanceTable <- osrmTable(src = dealer_df, dst = customers_df)
Sys.time() - to
distanceTable %>% summary()

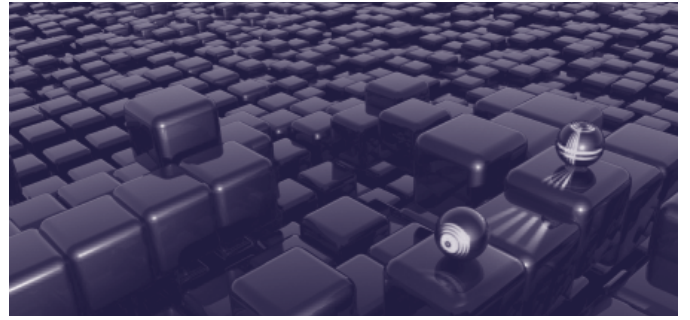
#next, we extract the minimal driving times and add it to a map
mindistances <- bind_cols(distanceTable$sources, mintime = apply(distanceTable$durations, 1, min)) %>%
  as_tibble() %>%
  mutate(mintime_str = as.character(mintime))

bmap <- colorBin("Blacks", domain = 0:max(mindistances["mintime"]))
basicmap %>%
  addCircleMarkers(data = mindistances, lng = customers$Longitude, lat = customers$Latitude, radius = 4,
                  color = ~bmap(mintime), popup = ~mintime_str,
                  group = "Driving times",
                  addLayersControl(overlayGroups = c("Touch", "Driving times")))
    
```

```

Windows PowerShell
412745;12746;12747;12748;12749;12750;12751;12752;12753;12754;12755;12756;12757;12758;12759;12760;12761;12762;12763;12764;12765;12766;12767;12768;12769;12770;12771;12772;12773;12774;12775;12776;12777;12778;12779;12780;12781;12782;12783;12784;12785;12786;12787;12788;12789;12790;12791;12792;12793;12794;12795;12796;12797;12798;12799;12800;12801;12802;12803;12804;12805;12806;12807;12808;12809;12810;12811;12812;12813;12814;12815;12816;12817;12818;12819;12820;12821;12822;12823;12824;12825;12826;12827;12828;12829;12830;12831;12832;12833;12834;12835;12836;12837;12838;12839;12840;12841;12842;12843;12844;12845;12846;12847;12848;12849;12850;12851;12852;12853;12854;12855;12856;12857;12858;12859;12860;12861;12862;12863;12864;12865;12866;12867;12868;12869;12870;12871;12872;12873;12874;12875;12876;12877;12878;12879;12880;12881;12882;12883;12884;12885;12886;12887;12888;12889;12890;12891;12892;12893;12894;12895;12896;12897;12898;12899;12900;12901;12902;12903;12904;12905;12906;12907;12908;12909;12910;12911;12912;12913;12914;12915;12916;12917;12918;12919;12920;12921;12922;12923;12924;12925;12926;12927;12928;12929;12930;12931;12932;12933;12934;12935;12936;12937;12938;12939;12940;12941;12942;12943;12944;12945;12946;12947;12948;12949;12950;12951;12952;12953;12954;12955;12956;12957;12958;12959;12960;12961;12962;12963;12964;12965;12966;12967;12968;12969;12970;12971;12972;12973;12974;12975;12976;12977;12978;12979;12980;12981;12982;12983;12984;12985;12986;12987;12988;12989;12990;12991;12992;12993;12994;12995;12996;12997;12998;12999;13000;13001;13002;13003;13004;13005;13006;13007;13008;13009;13010;13011;13012;13013;13014;13015;13016;13017;13018;13019;13020;13021;13022;13023;13024;13025;13026;13027;13028;13029;13030;13031;13032;13033;13034;13035;13036;13037;13038;13039;13040;13041;13042;13043;13044;13045;13046;13047;13048;13049;13050;13051;13052;13053;13054;13055;13056;13057;13058;13059;13060;13061;13062;13063;13064;13065;13066;13067;13068;13069;13070;13071;13072;13073;13074;13075;13076;13077;13078;13079;13080;13081;13082;13083;13084;13085;13086;13087;13088;13089;13090;13091;13092;13093;13094;13095;13096;13097;13098;13099;13100;13101;13102;13103;13104;13105;13106;13107;13108;13109;13110;13111;13112;13113;13114;13115;13116;13117;13118;13119;13120;13121;13122;13123;13124;13125;13126;13127;13128;13129;13130;13131;13132;13133;13134;13135;13136;13137;13138;13139;13140;13141;13142;13143;13144;13145;13146;13147;13148;13149;13150;13151;13152;13153;13154;13155;13156;13157;13158;13159;13160;13161;13162;13163;13164;13165;13166;13167;13168;13169;13170;13171;13172;13173;13174;13175;13176;13177;13178;13179;13180;13181;13182;13183;13184;13185;13186;13187;13188;13189;13190;13191;13192;13193;13194;13195;13196;13197;13198;13199;13200;13201;13202;13203;13204;13205;13206;13207;13208;13209;13210;13211;13212;13213;13214;13215;13216;13217;13218;13219;13220;13221;13222;13223;13224;13225;13226;13227;13228;13229;13230;13231;13232;13233;13234;13235;13236;13237;13238;13239;13240;13241;13242;13243;13244;13245;13246;13247;13248;13249;13250;13251;13252;13253;13254;13255;13256;13257;13258;13259;13260;13261;13262;13263;13264;13265;13266;13267;13268;13269;13270;13271;13272;13273;13274;13275;13276;13277;13278;13279;13280;13281;13282;13283;13284;13285;13286;13287;13288;13289;13290;13291;13292;13293;13294;13295;13296;13297;13298;13299;13300;13301;13302;13303;13304;13305;13306;13307;13308;13309;13310;13311;13312;13313;13314;13315;13316;13317;13318;13319;13320;13321;13322;13323;13324;13325;13326;13327;13328;13329;13330;13331;13332;13333;13334;13335;13336;13337;13338;13339;13340;13341;13342;13343;13344;13345;13346;13347;13348;13349;13350;13351;13352;13353;13354;13355;13356;13357;13358;13359;13360;13361;13362;13363;13364;13365;13366;13367;13368;13369;13370;13371;13372;13373;13374;13375;13376;13377;13378;13379;13380;13381;13382;13383;13384;13385;13386;13387;13388;13389;13390;13391;13392;13393;13394;13395;13396;13397;13398;13399;13400;13401;13402;13403;13404;13405;13406;13407;13408;13409;13410;13411;13412;13413;13414;13415;13416;13417;13418;13419;13420;13421;13422;13423;13424;13425;13426;13427;13428;13429;13430;13431;13432;13433;13434;13435;13436;13437;13438;13439;13440;13441;13442;13443;13444;13445;13446;13447;13448;13449;13450;13451;13452;13453;13454;13455;13456;13457;13458;13459;13460;13461;13462;13463;13464;13465;13466;13467;13468;13469;13470;13471;13472;13473;13474;13475;13476;13477;13478;13479;13480;13481;13482;13483;13484;13485;13486;13487;13488;13489;13490;13491;13492;13493;13494;13495;13496;13497;13498;13499;13500;13501;13502;13503;13504;13505;13506;13507;13508;13509;13510;13511;13512;13513;13514;13515;13516;13517;13518;13519;13520;13521;13522;13523;13524;13525;13526;13527;13528;13529;13530;13531;13532;13533;13534;13535;13536;13537;13538;13539;13540;13541;13542;13543;13544;13545;13546;13547;13548;13549;13550;13551;13552;13553;13554;13555;13556;13557;13558;13559;13560;13561;13562;13563;13564;13565;13566;13567;13568;13569;13570;13571;13572;13573;13574;13575;13576;13577;13578;13579;13580;13581;13582;13583;13584;13585;13586;13587;13588;13589;13590;13591;13592;13593;13594;13595;13596;13597;13598;13599;13600;13601;13602;13603;13604;13605;13606;13607;13608;13609;13610;13611;13612;13613;13614;13615;13616;13617;13618;13619;13620;13621;13622;13623;13624;13625;13626;13627;13628;13629;13630;13631;13632;13633;13634;13635;13636;13637;13638;13639;13640;13641;13642;13643;13644;13645;13646;13647;13648;13649;13650;13651;13652;13653;13654;13655;13656;13657;13658;13659;13660;13661;13662;13663;13664;13665;13666;13667;13668;13669;13670;13671;13672;13673;13674;13675;13676;13677;13678;13679;13680;13681;13682;13683;13684;13685;13686;13687;13688;13689;13690;13691;13692;13693;13694;13695;13696;13697;13698;13699;13700;13701;13702;13703;13704;13705;13706;13707;13708;13709;13710;13711;13712;13713;13714;13715;13716;13717;13718;13719;13720;13721;13722;13723;13724;13725;13726;13727;13728;13729;13730;13731;13732;13733;13734;13735;13736;13737;13738;13739;13740;13741;13742;13743;13744;13745;13746;13747;13748;13749;13750;13751;13752;13753;13754;13755;13756;13757;13758;13759;13760;13761;13762;13763;13764;13765;13766;13767;13768;13769;13770;13771;13772;13773;13774;13775;13776;13777;13778;13779;13780;13781;13782;13783;13784;13785;13786;13787;13788;13789;13790;13791;13792;13793;13794;13795;13796;13797;13798;13799;13800;13801;13802;13803;13804;13805;13806;13807;13808;13809;13810;13811;13812;13813;13814;13815;13816;13817;13818;13819;13820;13821;13822;13823;13824;13825;13826;13827;13828;13829;13830;13831;13832;13833;13834;13835;13836;13837;13838;13839;13840;13841;13842;13843;13844;13845;13846;13847;13848;13849;13850;13851;13852;13853;13854;13855;13856;13857;13858;13859;13860;13861;13862;13863;13864;13865;13866;13867;13868;13869;13870;13871;13872;13873;13874;13875;13876;13877;13878;13879;13880;13881;13882;13883;13884;13885;13886;13887;13888;13889;13890;13891;13892;13893;13894;13895;13896;13897;13898;13899;13900;13901;13902;13903;13904;13905;13906;13907;13908;13909;13910;13911;13912;13913;13914;13915;13916;13917;13918;13919;13920;13921;13922;13923;13924;13925;13926;13927;13928;13929;13930;13931;13932;13933;13934;13935;13936;13937;13938;13939;13940;13941;13942;13943;13944;13945;13946;13947;13948;13949;13950;13951;13952;13953;13954;13955;13956;13957;13958;13959;13960;13961;13962;13963;13964;13965;13966;13967;13968;13969;13970;13971;13972;13973;13974;13975;13976;13977;13978;13979;13980;13981;13982;13983;13984;13985;13986;13987;13988;13989;13990;13991;13992;13993;13994;13995;13996;13997;13998;13999;14000;14001;14002;14003;14004;14005;14006;14007;14008;14009;14010;14011;14012;14013;14014;14015;14016;14017;14018;14019;14020;14021;14022;14023;14024;14025;14026;14027;14028;14029;14030;14031;14032;14033;14034;14035;14036;14037;14038;14039;14040;14041;14042;14043;14044;14045;14046;14047;14048;14049;14050;14051;14052;14053;14054;14055;14056;14057;14058;14059;14060;14061;14062;14063;14064;14065;14066;14067;14068;14069;14070;14071;14072;14073;14074;14075;14076;14077;14078;14079;14080;14081;14082;14083;14084;14085;14086;14087;14088;14089;14090;14091;14092;14093;14094;14095;14096;14097;14098;14099;14100;14101;14102;14103;14104;14105;14106;14107;14108;14109;14110;14111;14112;14113;14114;14115;14116;14117;14118;14119;14120;14121;14122;14123;14124;14125;14126;14127;14128;14129;14130;14131;14132;14133;14134;14135;14136;14137;14138;14139;14140;14141;14142;14143;14144;14145;14146;14147;14148;14149;14150;14151;14152;14153;14154;14155;14156;14157;14158;14159;14160;14161;14162;14163;14164;14165;14166;14167;14168;14169;14170;14171;14172;14173;14174;14175;14176;14177;14178;14179;14180;14181;14182;14183;14184;14185;14186;14187;14188;14189;14190;14191;14192;14193;14194;14195;14196;14197;14198;14199;14200;14201;14202;14203;14204;14205;14206;14207;14208;14209;14210;14211;14212;14213;14214;14215;14216;14217;14218;14219;14220;14221;14222;14223;14224;14225;14226;14227;14228;14229;14230;14231;14232;14233;14234;14235;14236;14237;14238;14239;14240;14241;14242;14243;14244;14245;14246;14247;14248;14249;14250;14251;14252;14253;14254;14255;14256;14257;14258;14259;14260;14261;14262;14263;14264;14265;14266;14267;14268;14269;14270;14271;14272;14273;14274;14275;14276;14277;14278;14279;14280;14281;14282;14283;14284;14285;14286;14287;14288;14289;14290;14291;14292;14293;14294;14295;14296;14297;14298;14299;14300;14301;14302;14303;14304;14305;14306;14307;14308;14309;14310;14311;14312;14313;14314;14315;14316;14317;14318;14319;14320;14321;14322;14323;14324;14325;14326;14327;14328;14329;14330;14331;14332;14333;14334;14335;14336;14337;14338;14339;14340;14341;14342;14343;14344;14345;14346;14347;14348;14349;14350;14351;14352;14353;14354;14355;14356;14357;14358;14359;14360;14361;14362;14363;14364;14365;14366;14367;14368;14369;14370;14371;14372;14373;14374;14375;14376;14377;14378;14379;14380;14381;14382;14383;14384;14385;14386;14387;14388;14389;14390;14391;14392;14393;14394;14395;14396;14397;14398;14399;14400;14401;14402;14403;14404;14405;14406;14407;14408;14409;14410;14411;14412;14413;14414;14415;14416;14417;14418;14419;14420;14421;14422;14423;14424;14425;14426;14427;14428;14429;14430;14431;14432;14433;14434;14435;14436;14437;14438;14439;14440;14441;14442;14443;14444;14445;14446;14447;14448;14449;14450;14451;14452;14453;14454;14455;14456;14457;14458;14459;14460;14461;14462;14463;14464;14465;14466;14467;14468;14469;14470;14471;14472;14473;14474;14475;14476;14477;14478;14479;14480;14481;14482;14483;14484;14485;14486;14487;14488;14489;14490;14491;14492;14493;14494;14495;14496;14497;14498;14499;14500;14501;14502;14503;14504;14505;14506;14507;14508;14509;14510;14511;14512;14513;14514;14515;14516;14517;14518;14519;14520;14521;14522;14523;14524;14525;14526;14527;14528;14529;14530;14531;14532;14533;14534;14535;14536;14537;14538;14539;14540;14541;14542;14543;14544;14545;14546;14547;14548;14549;14550;14551;14552;14553;14554;14555;14556;14557;14558;14559;14560;14561;14562;14563;14564;14565;14566;14567;14568;14569;14570;14571;14572;14573;14574;14575;14576;14577;14578;14579;14580;14581;14582;14583;14584;14585;14586;14587;14588;14589;14590;14591;14592;14593;14594;14595;14596;14597;14598;14599;14600;14601;14602;14603;14604;14605;14606;14607;14608;14609;14610;14611;14612;14613;14614;14615;14616;14617;14618;14619;14620;14621;14622;14623;14624;14625;14626;14627;14628;14629;14630;14631;14632;14633;14634;14635;14636;14637;14638;14639;14640;14641;14642;14643;1
```

**THIS WORKS GREAT FOR LARGE SCALE  
ROUTING OPTIMIZATIONS!**



<http://project-osrm.org/docs/v5.23.0/api/#>

**AUTHOR**

**Shri Rahul Sahai**, President IIIE NC, Chief Executive Officer,  
Kirloskar Oil Engines Limited, Laxmanrao Kirloskar Road, Khadki,  
Pune – 411 003 (MS) India  
Website: [www.kirloskaroilengines.com](http://www.kirloskaroilengines.com)