

Treball Final de Màster

Estudi: Màster en Enginyeria Industrial

Títol: Optimització del transport de treballadors des de la seva residència al seu lloc de treball

Document: Resum

Alumne: Nicolas Masset Fabian

Tutors: : Remei Calm Puig i Pepus Daunis i Estadella

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Àrea: Matemàtica aplicada / Estadística i investigació operativa

Convocatòria: Juny 2022

1 RESUM

El 22 d'abril del 2016 Espanya firma l'Acord de París comproment-se a limitar l'augment de la temperatura global per sota de 2°C l'any 2100 respecte als nivells preindustrials. Per tal de complir amb aquest objectiu, la Unió Europea ha posat com a fites per l'any 2030 reduir un 55% les emissions de CO₂ respecte a l'any 1990 i, per l'any 2050, haver reduït aquestes un 80%.

A Espanya, el transport és el sector més emissor de CO₂ (27% de les emissions totals). Per complir amb el 55% de reducció és imprescindible buscar solucions per reduir les emissions d'aquest sector. Les que més força estan agafant són l'ús del vehicle híbrid, elèctric i d'hidrogen. No obstant existeixen solucions alternatives com compartir cotxe, l'ús del transport públic i els VMP (vehicles de mobilitat personal).

Aquest Treball Final de Màster té com a finalitat desenvolupar una eina de modelització matemàtica que, a partir d'un qüestionari de mobilitat personal, proporcioni una planificació de com han de compartir cotxe els treballadors d'una empresa per tal de disminuir les despeses en combustible i emissions quan fan el desplaçament del domicili al lloc de treball. També té com a objectiu aplicar l'eina dissenyada a una empresa real per quantificar quines reduccions de despesa i d'emissions es poden assolir amb aquesta solució

El primer pas és la recollida de totes les dades necessàries dels treballadors, per a fer-ho s'utilitza un formulari Google, aquestes dades necessiten una revisió i un tractament per poder ser emprades per la resolució, sobretot per unificar les respostes de text.

A partir d'aquest punt tots els processos es fan mitjançant codis de MATLAB.

Les dades recollides i pretractades han de ser transformades per poder ser usades en algorismes. Les que precisen més transformació són les dades d'ubicacions que s'han de transformar de noms de carrers i ciutat a coordenades geogràfiques. També les dades de consums que s'han de transformar en emissions de CO₂ i costos per kilòmetre. L'obtenció de coordenades es fa mitjançant una crida que pot fer MATLAB a un Nominatim, un API d'Open Street Map.

Per poder quantificar quines reduccions suposa el procés d'optimització, s'ha calculat numèricament els costos i emissions que suposen les rutes que s'usen actualment. Les distàncies fetes servir per fer els càlculs s'han obtingut mitjançant un altre API d'Open Street Map OSRM. Project, que retorna la distància mínima entre dos llocs definits per les seves coordenades.

Per reduir el temps de càlcul dels algorismes s'ha decidit fer un clustering de les dades abans de la resolució.

Per poder clusteritzar es necessita un graf que contingui les ciutats únicament una vegada. Aquest ha de ser complet, ja que ha de tenir arestes entre tots els vèrtexs i ponderat perquè és imprescindible tenir les distàncies entre tots els vèrtexs. El graf s'aconsegueix mitjançant l'API OSRM.Project però iterant la crida tantes vegades com nombre de ciutats al quadrat.

Per fer el clustering s'ha decidit fer una la clusterització jeràrquica amb el mètode de Ward.

Un cop tenim les dades clusteritzades es crea un graf complet i ponderat per cada clúster. La metodologia és la mateixa que la comentada anteriorment però no únicament amb el nom de la ciutat sinó amb l'adreça precisa de tots els treballadors.

Amb totes les dades clusteritzades es procedeix a la resolució amb l'algorisme principal. Aquest algorisme per cada clúster té un iterador per emplenar els vehicles fins que no queda cap treballador per portar a la feina. Quan comença a emplenar un cotxe sempre escull el treballador més llunyà a la feina i a l'hora de definir el destí que farà aquest, es busca el treballador més proper, sempre que recollir-lo no el faci desviar més del 20% de distància recorreguda en el seu trajecte actual. El codi també inclou solució pels treballadors que porten els nens a l'escola i pels treballadors que no tenen vehicle i en la solució actualment ja comparteixen vehicle. També condiciona al fet que sempre s'utilitzi el vehicle que té menor consum.

L'empresa que s'ha escollit per aplicar l'eina dissenyada és Tavid, una empresa especialitzada en la construcció de maquinària i línies automàtiques d'encaixat, paletitzat i manipulació. L'empresa es crea l'any 1925 i l'any 2000 es converteix en líder mundial de la tecnologia multiformat per l'encaixat automàtic. Avui dia té uns 80 treballadors. S'ha escollit demanar dades a Tavid per tres motius: la quantitat de treballadors (no és una empresa massa petita), l'afinitat que té amb l'EPS, que ha facilitat l'acceptació de l'adquisició d'aquestes dades, i, principalment, la situació geogràfica de l'empresa. Està ubicada en un polígon industrial, on la immensa majoria de treballadors no tenen més opció que fer ús del cotxe, situat entre Figueres i Olot, únicament a 50 km de la capital de la província, Girona. Per tant, és una empresa on convergeixen treballadors de diferents orígens.

Amb la solució actual els treballadors de Tavid tenen una despesa de 79.731 € i unes emissions de 157,8 tCO₂ per any.

Un cop aplicada l'eina a les dades dels treballadors de Tavid, aquests tindrien una despesa de 25.503 € i unes emissions de 50,8 tCO₂ per any, que equival a una reducció de 68% tant per la despesa com per les emissions, valor superior al 55% objectius de l'any 2030 pels acords de París.

Si es volgués arribar a aquestes reduccions substituint els vehicles de combustió interna per vehicles elèctrics escollint el Renault Zoe, per exemple, s'hauria de fer una inversió de 2.350.000 € que no optimitzaria el cost actual a curt termini. El pressupost d'aquest projecte és de 6.283,33 €.

Veient la magnitud de l'increment dels preus dels combustibles i la urgència climàtica, la solució oferta resulta molt atractiva, ja que no requereix inversió i les reduccions que ofereix són instantànies.