

Treball de Fi de Grau

Estudi: Grau en Enginyeria Informàtica

Títol: Ús de tècniques d'Intelligència Artificial per a l'anàlisi de xarxes d'infraestructura urbana

Document: Resum

Alumne: Joan Saló Grau, Roser Brugués i Pujolràs

Tutor: Eusebi Calle Ortega

Departament: Arquitectura i Tecnologia de Computadors (ATC)

Àrea: ATC (Grup de recerca: BCDS)

Convocatòria (mes/any): Juny 2021

Resum

1 Introducció

El contingut d'aquest TFG s'engloba dins del projectes **CLEaN-TOUR** i **VIRWASTE**, realitzats conjuntament per membres de l'ICRA (Institut Català de Recerca de l'Aigua) i del grup de recerca BCDS (*Broadband Communications and Distributed Systems*) de la Universitat de Girona. Les línies de recerca d'aquests dos projectes se centren en estudiar com utilitzar la infraestructura urbana de la xarxa de transport d'aigües per tenir un impacte positiu en la societat.

En concret, **CLEaN-TOUR** busca estudiar l'ús d'aigua regenerada en una ciutat turística. Nosaltres ens centrem en el disseny i la planificació del recorregut d'aquesta xarxa de manera que tingui el mínim cost possible. Aquest disseny es pot enfocar des d'una manera centralitzada (enviar l'aigua des de la depuradora a uns destins) o descentralitzada (es divideix tot el territori en clusters, i a cada cluster hi ha un dipòsit. Aleshores, l'aigua s'envia de la depuradora als dipòsits, els quals l'envien als destins corresponents.)

Pel que fa a **VIRWASTE**, aquest és un dels projectes seleccionats dins la convocatòria PANDÈMIES 2020 de la Generalitat de Catalunya. Dins d'aquest projecte, des de l'ICRA i el BCDS portem treballant des de l'estiu passat en el posicionament de sensors per detectar rastres de SARS-CoV-2 en aigües residuals, recerca que s'emmarca dins el context d'aquest projecte.

2 Objectius

El primer objectiu, que engloba tot el contingut del treball, ens permet integrar tant el projecte de CLEaN-TOUR com el de VIRWASTE en una eina comuna. Aquest es basa en integrar diferents bases de dades i repositoris externs (dades del cadastre, estadístiques de consum d'aigua, model d'elevacions del terreny...) de forma automatitzada perquè el procés sigui el més transparent possible per l'usuari. Aquesta integració permet aplicar els algorismes i mètodes descrits posteriorment.

Pel que fa al projecte CLEaN-TOUR, els seus objectius són els d'estudiar, implementar i comparar algorismes d'encaminament pel disseny de xarxes d'aigua regenerada, algorismes de clusterització per fer xarxes descentralitzades, i d'optimització per maximitzar la distribució d'aigua a partir d'un pressupost fixat.

Quant als objectius del projecte VIRWASTE, aquests són els d'estudiar, implementar i comparar algorismes per la selecció de punts de mostreig en aigües residuals per la detecció de

SARS-CoV-2.

3 Desenvolupament i implementació

Respecte la part d'encaminament, aquesta es redueix a resoldre el problema de l'arbre d'Steiner. Tot i que ja hi havien dos algorismes desenvolupats per resoldre el problema (algorismes de Kou i Takahashi), s'havia fet poc procés de recerca. Nosaltres hem implementat dos algorismes més: l'algorisme de Mehlhorn, basat en tècniques de teoria de grafs, el qual disminueix de forma molt clara el temps de còmput requerit, i un altre que resol el problema a partir d'aplicar *Ant Colony Optimization*, una tècnica d'Intel·ligència Artificial

En relació al problema d'optimització s'han aplicat tres algorismes per resoldre el problema: el primer consisteix en una cerca per força bruta, el segon es basa a aplicar la minimització de Goemans i Williamson, mentre que el tercer consisteix en aplicar una cerca voraç.

Pel que fa a la clusterització, s'han implementat 4 algorismes, seleccionats d'entre els molts que hi ha en base a un criteri recollits a la memòria, com ara que facin un agrupament estricte i no hi hagi solapament (*hard clustering* en anglès). Aquests algorismes són:

- Espectral - algorisme de connectivitat basat en teoria de grafs
- Agrupament jeràrquic aglomeratiu - algorisme d'aprenentatge automàtic, basat en la connectivitat dels nodes.
- Self Organizing Maps (SOMs) - algorisme d'aprenentatge profund no supervisat.
- Graph Neural Network (GNN) - algorisme d'aprenentatge profund

Quant a la part de posicionament de sensors per detecció de contaminants, s'han implementat dos algorismes per determinar, de forma dinàmica, els punts de mostreig en la xarxa de clavegueram quan es vol localitzar el pacient zero o una àrea de contagi. En aquest sentit, partíem d'un primer algorisme ja implementat per membres d'ICRA i del BCDS, el qual posiciona un determinat nombre de sensors estàtics a la xarxa, i d'una definició dels algorismes dinàmics publicada en un article de recerca de la revista PLOS ONE.

4 Conclusions

De la part de CLEaN-TOUR, es conclou que l'opció centralitzada sempre és més econòmica que la descentralitzada, ja que no calen dipòsits per emmagatzemar l'aigua. Però aquesta opció no sempre és viable en ciutats grans, on les distàncies són molt llargues i les pressions de bombeig són massa elevades. Pel que fa als algorismes de clusterització, no n'hi ha clarament un que ofereixi millors resultats, quant a costos, que la resta, i caldria provar amb més ciutats de topologies diferents per veure si es pot arribar a una conclusió en aquest sentit.

Del projecte VIRWASTE, en comparació a altres aproximacions de l'algorisme dinàmic existents, la nostra minimitza lleugerament el nombre de punts de mostreig necessaris pel fet d'utilitzar dades poblacionals i d'utilitzar el resultat d'un algorisme per posicionar sensors estàtics com a punt de partida.