



EPS

Escola Politècnica

Superior

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Química

Títol: Millora de les aportacions d'aigües residuals d'origen industrial a depuradora.

Document: Resum

Alumne: Marc Cunill Cols

Director/Tutor: Marta Verdaguer Planas / Manel Poch Espallargas

Departament: EQATA

Àrea: Enginyeria Química

Convocatòria (mes/any): Setembre / 2014

RESUM

L'objecte del present treball és estudiar diferents criteris de prioritació per a veure quin és el que permet aprofitar al màxim la capacitat de les Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (EDAR) sense sobrepassar-ne els límits prèviament establerts.

Les aigües residuals són aquelles que han experimentat una alteració en la seva composició natural degut a la influència de l'activitat humana, tant d'activitats industrials, agrícoles com urbanes. Degut a la seva complexa composició i a la presència d'agents causants de malalties, aquestes es recullen i es tracten, mitjançant tractaments físics, químics i biològics, en EDAR o depuradores abans de ser retornades al medi natural.

En una Estació Depuradora d'Aigües Residuals l'influent (corrent d'entrada a la depuradora) segueix el següent recorregut: Pretractament, Tractament Primari, Tractament Secundari i Tractament Terciari, obtenint-se així un efluent (corrent de sortida de la depuradora) apte per a abocar al medi receptor.

La directiva europea 91/271/CEE estableix les limitacions d'abocament d'aigües residuals d'origen industrial a EDAR. La mateixa directiva també estableix les concentracions màximes d'abocament de diferents paràmetres dels efluents depurats a la llera pública. Assenyala com a contaminants específics de les aigües residuals els següents: MES (Matèries en Suspensió); DQO (Demanda Química d'Oxigen) per a la matèria orgànica; DBO (Demanda Biològica d'Oxigen); NT (Nitrogen Total), en forma d'amoni (NH_4^+), TKN (Nitrogen Total Kjeldhal), nitrats (NO_2^-) i nitrats (NO_3^-); i PT (Fòsfor Total) en forma de fosfats i ortofosfats (PO_4^{3-}). Aquests paràmetres juntament amb el Volum, són els que s'han utilitzat en el present estudi per caracteritzar les aigües residuals industrials.

El present estudi s'ha centrat en la consideració d'una estació depuradora a la que pot arribar més aigua residual d'origen industrial de la que es capaç de tractar, per la qual cosa cal prioritzar els diferents abocaments. Aquest problema constitueix un problema d'optimització combinatòria. Es tenen un conjunt d'aigües residuals cadascuna de les quals es pot caracteritzar per la seva composició. Es pretén realitzar la optimització de la combinació de les seves descàrregues, la qual cosa presenta característiques similars a l'anomenat problema de la motxilla. Per aquest problema, es disposa d'una sèrie d'objectes de diferent pes i preu. Cadascun d'ells s'ha d'introduir a l'interior d'una motxilla, la qual és incapaç de suportar més d'un pes determinat, fixat inicialment. Els objectes col·locats en la motxilla han de maximitzar el valor total sense excedir el pes màxim. Pel cas objecte d'aquest estudi la motxilla seria

l'equivalent a la depuradora, mentre que els objectes que cal introduir-hi serien les diferents aigües residuals industrials.

Pels problemes d'optimització combinatòria existeixen diferents metodologies de resolució, on se'n destaquen mètodes exactes, mètodes heurístics i mètodes metaheurístics, emprant en cada un d'ells algorismes per a trobar la solució al problema plantejat. Tenint en compte les característiques del problema plantejat (Problema NP-Dur, és a dir de molt difícil resolució en un temps computacional no excessivament llarg) es va optar per la seva resolució mitjançant mètodes metaheurístics.

Aquests mètodes permeten resoldre problemes complexos en un temps raonable. Per contra, no obtenen exactament la millor de les solucions possibles, sinó una solució aproximada a l'òptima, i que satisfà totes les condicions del problema. El problema plantejat en aquest treball utilitza mètodes probabilístics, essent el procediment escollit: Ant Colony Optimization (ACO). Els algorismes ACO van ser proposats per primera vegada per Dorigo com un mètode per resoldre problemes d'optimització combinatòria durs (de resolució molt difícil). ACO està inspirat en la observació del comportament de les formigues reals.

Les formigues són insectes reals que viuen en colònies i el seu comportament està dirigit més cap a la supervivència de la colònia que no pas a la supervivència d'una individual i un dels primers científics en investigar el comportament social dels insectes va ser l'entomòleg francès Pierre – Paul Grassé. Descobrí que aquests insectes són capaços de reaccionar a al què s'anomena “estímuls significants”, els quals són senyals que activen una reacció codificada genèticament. Grassé utilitzà el terme estigmergia, per a descriure aquest tipus particular de comunicació indirecta.

Els algorismes d'Optimització basats en Colònies de Formigues (ACO) construeixen la solució treballant amb un procés iteratiu, al igual que es mou una colònia de formigues en la seva cerca de menjar.

La construcció de la solució es fa a través d'una regla anomenada de transició d'estat que calcula probabilitats.

$$p_{ij}^m(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l=0}^{l_i} [\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta} \quad (\text{eq. 1})$$

essent τ el valor del rastre de feromona i η la funció heurística sobre la que s'ha desenvolupat el present treball.

La bibliografia presenta diversos algorismes que segueixen la metaheurística ACO. Tots ells basats en la construcció d'una solució mitjançant l'equació 1, però amb especificitats de càlcul de feromona. La informació heurística específica, depèn en tots els casos, del problema concret que es vol resoldre. Entre els algorismes ACO més utilitzats destaquen: Ant System i Max – Min Ant System, que és el que s'ha utilitzat per a resoldre el problema.

L'algorisme del present treball maximitza una funció objectiu Z del cost dels abocaments, que està restringida pels valors de volum i càrregues de contaminants admissibles a la depuradora. D'aquesta forma, només considerarà vàlida una solució si satisfà totes les restriccions imposades per la capacitat de la depuradora.

Amb aquest algorisme Max – Min es van executar simulacions sobre un cas d'estudi. El cas d'estudi es va compondre de vint-i-dues activitats industrials, cadascuna de les quals disposava del seu propi tanc de retenció, els quals descarreguen l'aigua residual retinguda com a influent cap a una única EDAR. L'objectiu va ésser assolir una combinació d'aigües residuals que s'apropés al màxim possible, sense sobrepassar els límits admissibles per la depuradora. El cas d'estudi es va compondre de dos escenaris. L'escenari 1 va estar constituït per les vint-i-dues d'activitats industrials, cadascuna de les quals genera un volum diferent d'aigua residual, amb característiques de composició diferents. Les dades utilitzades per definir aquest escenari van ser el fruit d'una cerca bibliogràfica exhaustiva. L'escenari 2 va estar format per les mateixes vint-i-dues activitats industrials, però en aquest cas, totes presentaven el mateix volum retingut als tancs de retenció (800 m³), mantenint les mateixes composicions de l'escenari 1. D'aquesta forma, aquest escenari 2 permetia determinar la influència dels contaminants (sense el volum d'abocament) sobre els resultats obtinguts.

Les simulacions es van executar, tal i com recomana la bibliografia amb 10 repeticions de l'algorisme, per tal d'obtenir valors mitjans. Cada repetició de l'algorisme es va realitzar amb 500 iteracions i cada iteració amb 100 formigues.

Es van provar tres funcions matemàtiques que correspondrien a la funció heurística η_{ij} de l'equació 1. Totes elles pretenien afavorir la tendència a l'abocament dels tancs de retenció amb majors volums i majors càrregues contaminants emmagatzemades.

Les funcions són:

$$\eta_{ij} = (N_i^j)^a \sum_{r=1}^5 C_i^r \tag{eq. 2}$$

$$\eta_{ij} = (N_i^j)^a \sum_{r=1}^5 C_i^r w^r \tag{eq. 3}$$

$$\eta_{ij} = \frac{QL_{\max}}{1 + bc^{-N_{ij}}} \tag{eq. 4}$$

La primera i la segona funció són potencials, mentre que la tercera s’anomena logística.

Per a les funcions heurístiques 1 i 2, i per a valors del paràmetre $a \geq 1$, es van provar els valors següents:

Taula 1. Valors del paràmetre a en funció del valor que pren n per a les funcions heurístiques 1 i 2.

Valors de n	Valors de $a \geq 1^*$	Valors de $a < 1^*$
1	1.000	-
2	1.091	0.908
3	1.145	0.855
4	1.182	0.817
5	1.212	0.788
6	1.235	0.764
7	1.256	0.746
8	1.273	0.726
9	1.289	0.711

(*) Els valors de n procedeixen de l’equació 5:

$$a = \pm \frac{\ln(n)}{\ln(L_{\max})} \tag{eq. 5}$$

Per a la funció heurística 3 es va variar el paràmetre Q des de $Q = 2$ fins a $Q = 10$.

Les funcions que obtenen millors resultats (de cost i de descàrregues) d’entre els provats són les que estan basades en el terme potencial (funcions 1 i 2), essent la funció 2, que inclou els

pesos dels diferents contaminants, la que obté el millor resultat amb el valor del paràmetre α igual a 1.

Es va observar que amb aquests heurístics s'afavoria la descàrrega de les activitats industrials amb majors volums retinguts i majors càrregues dels contaminants DQO, MES i DBO. Així mateix es va observar que amb l'heurístic de la funció 3 es presentava un decreixement de la qualitat de les solucions.

Es pot concloure que els resultats assolits en les execucions demostren la influència, per aquests tipus d'escenaris, de l'equació heurística inclosa en la regla de transició d'estat (equació probabilística) dels algorismes ACO, ja que els valors obtinguts per a les diferents funcions heurístiques han estat diferents.

L'estudi també permet confirmar que treballant amb els algorismes ACO es poden optimitzar les condicions d'entrada d'aigües residuals industrials a l'EDAR, per tal que aquesta sigui capaç de funcionar en les millors condicions possibles (respecte a l'influent).

Marc Cunill Cols

01/09/2014

4º Grau en Enginyeria Química

Universitat de Girona