

Treball final de grau

Estudi: Grau en Tecnologies Industrials

Títol: Estudi i optimització d'una cruïlla semafòrica a Girona aplicant la teoria de Grafs

Document: Resum

Alumne: Alexandre Marco Valls

Tutor: Remei Calm Puig i Pepus Daunis i Estadella

Departament: Informàtica, matemàtica aplicada i estadística

Àrea: Matemàtica aplicada/Estadística

Convocatòria (mes/any): Juny 2017

1. Introducció

En l'actualitat, a totes les ciutats on hi ha un trànsit diari de vehicles es requereix una programació i modelització de cruïlles semafòriques per tal de garantir una bona circulació entre vehicles i vianants. El que s'intenta és aconseguir una fluïdesa entre tots els usuaris prou satisfactòria per arribar a la destinació pertinent de la forma més ràpida, senzilla i segura possible.

L'objectiu d'aquest projecte ha estat estudiar la situació actual de la intersecció que es forma amb el carrer Joan Maragall i la Gran Via de Jaume I, comprovar si la distribució dels temps dels semàfors és òptima i a partir de la teoria dels Grafs, proposar alternatives per millorar la situació existent.

S'ha hagut de realitzar un treball de camp de comptatge per saber el número d'usuaris que circulen en la intersecció –vehicles i vianants- durant les hores pic, com també s'han cronometrat els temps de les fases dels semàfors que hi ha a la intersecció. Aquestes dades recopilades s'han estudiat i després s'han efectuat els càlculs necessaris per obtenir resultats verídics i treballar a partir d'aquests.

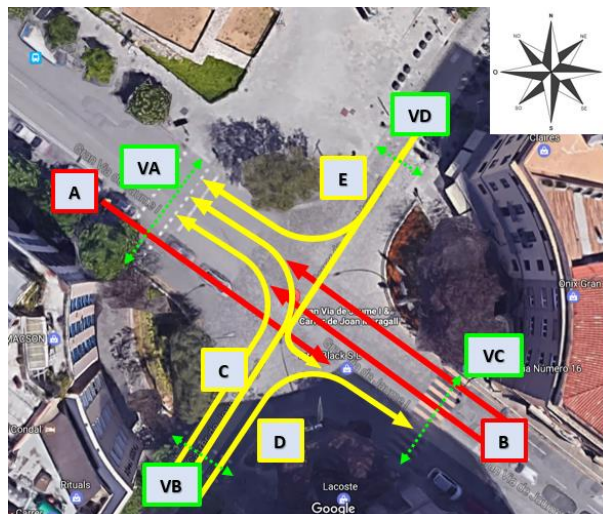


Figura 1. Intersecció de l'estudi amb els fluxos dels diferents usuaris.

Els fluxos (moviments d'usuaris) de color vermell i groc corresponen als vehicles motoritzats i els verds són els vianants.

Actualment aquesta intersecció està dirigida per dues fases de moviments simultanis. Quan els vehicles del flux vermell se'ls permet la circulació, els vianants VD i VB també poden creuar, i els altres usuaris tenen el semàfor en vermell. Altrament, quan els vehicles del flux groc poden circular, a la vegada, els vianants VA i VB també poden i és aquí on hi ha el conflicte entre usuaris i és el que es vol solucionar.

2. Elaboració i càlculs realitzats

Els passos que s'han seguit per a realitzar tots els càlculs han estat:

- Recopilació de les dades dels usuaris que circulen per la intersecció (fluxos) i dels semàfors (temps) mitjançant un treball de camp durant les hores pic.
- Estimar les mitjanes i valorar si són resultats factibles.
- Calcular els fluxos equivalents. Aquests fluxos són els fluxos que s'han comptat i se'ls ha aplicat un factor d'ajustament a causa dels vehicles pesants que circulen per la intersecció.
- Calcular i decidir quins temps són necessaris per passar de la fase verda a la vermella de manera que no hi hagi conflictes entre usuaris.
- Calcular el flux de saturació que permet cada carril per saber quin és el número màxim d'usuaris que poden circular en cada carril. Aquesta equació inclou molts factors d'ajustament com ara el tipus de moviment permès, tipus de vehicles, inclinacions, si es pot estacionar, girs permesos...
- Calcular la duració del cicle –temps de tots els moviments de la intersecció- i el repartiment dels temps de fase verda.
- Estimar el temps necessari que necessiten els vianants per poder creuar la via.

Per la metodologia aplicant la teoria dels Grafs s'han seguit els passos següents:

- Cada flux se li ha adjudicat una lletra –a la Figura 1 es poden veure-. Les lletres individuals representen els moviments que realitzen els vehicles i les lletres que van acompanyades d'una V corresponen als vianants.
- A partir dels fluxos, s'ha generat un Graf on les unions de cada lletra del flux (vèrtex) són aquells moviments que no entren en conflicte, es a dir, moviments permesos els quals no hi ha cap possible col·lisió o interrupció de la marxa. En el Graf de la situació real, hi ha línies d'unió (arestes) que si que són conflictives.
- Un cop definit el graf, s'han extret de forma manual els subgrafs complets anomenats clics. Aquests clics contenen totes les combinacions que suporta la intersecció.
- Aplicant l'algorisme voraç s'han extret els clics que necessiten menys temps per circular tenint en compte tots els usuaris. El número de clics que surten són el número de fases verdes diferents que hi haurà en tota la duració del cicle semafòric.
- A partir dels clics escollits, s'han calculat la duració dels temps de fase verda respectant els 110 segons que dura el cicle semafòric actual.

- Amb els resultats obtinguts s'han elaborat diferents alternatives, en total se n'han proposat 5.

3. Explicació de l'algorisme voraç

A partir del graf, es treuen els clics necessaris de forma manual i se'ls aplica l'algorisme voraç.

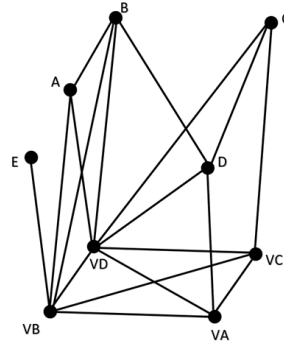


Figura 2. Graf de l'alternativa 2

Inicialment no s'ha escollit cap clic –conjunts de la cobertura C nul- i tampoc hi ha elements de la cobertura C.

Per trobar els valors dels pesos relatius s'ha dividit el pes total de cada conjunt S (clic potencial) per el pes total de tots els fluxos que intervenen en la intersecció. Un càlcul d'exemple seria:

$$S_{21} = \{E, VB\} = 13.18 + 17.48 = 30.66 \text{ segons}$$

$$\text{Pes relatiu} = \frac{S_{21}}{\text{total pes dels fluxos}} = \frac{30.66}{134.11} = 0.2286 \approx 0.23 \text{ s.}$$

Quan es tenen tots els pesos relatius, s'ha d'agafar el valor més petit i el seu clic corresponent serà l'escollit per tenir en compte a l'hora de buscar la millor solució.

Taula 1. Taula inicial de l'algorisme.

Franja de la tarda		s	
Elements en S	Conjunt	Pes	Pes relatiu
{A, B, C, D, E, VA, VB, VC, VD}	S21 = {E, VB}	30,66	0,23
Elements en C	S26 = {B, D, VD}	78,43	0,58
0	S27 = {C, D, VD}	76,33	0,57
Conjunts en C	S28 = {C, VC, VD}	41,59	0,31
0	S29 = {D, VA, VD}	78,57	0,59
Conjunts en S	S34 = {A, B, VB, VD}	63,92	0,48
{s21, s26, s27, s28, s29, s34, s35}	S35 = {VA, VB, VC, VD}	61,30	0,46
		Mínim	0,23

En la Taula 2 es pot veure com els elements en C són E i VB i el conjunt en C és el clic S₂₁.

Els clics que continguin algun dels elements en C que ja han estat separats, estan marcats en verd per saber que aquell clic té un element ja extret. Els pesos de cada clic no varien però si que ho fa el pes total dels fluxos que intervenen a la intersecció.

Així doncs, el següent càlcul dels pesos relatius en aquesta iteració per exemple seria:

$$S_{34} = \{A, B, VB, VD\} = 7.31 + 7.56 + 17.48 + 31.58 = 63.92 \text{ segons}$$

$$\text{Pes relatiu} = \frac{S_{34}}{\text{total pes dels fluxos}} = \frac{63.92}{134.11 - 17.48} = 0.548 \approx 0.55 \text{ s.}$$

Com es pot comprovar, al denominador se li ha restat el pes de VB perquè el clic S_{34} el conté. No s'ha restat el pes de l'element E perquè al no aparèixer en cap més clic no influeix en el mínim pes relatiu a esbrinar.

Taula 2. Taula de la 1ra iteració

Franja de la tarda		s	
Elements en S	Conjunt	Pes	Pes relatiu
{A, B, C, D, VA, VC, VD}	S21 = {E, VB}	30,66	
Elements en C	S26 = {B, D, VD}	78,43	0,58
{E, VB}	S27 = {C, D, VD}	76,33	0,57
Conjunts en C	S28 = {C, VC, VD}	41,59	0,31
{s21}	S29 = {D, VA, VD}	78,57	0,59
Conjunts en S	S34 = {A, B, VB, VD}	63,92	0,55
{s26, s27, s28, s29, s34, s35}	S35 = {VA, VB, VC, VD}	61,30	0,53
		Mínim	0,31

L'algorisme finalitza quan tots els elements en S han passat a ser elements de la cobertura en C com es veu en la Taula 3 a continuació.

Taula 3. Taula de la 4ra iteració

Franja de la tarda		s	
Elements en S	Conjunt	Pes	Pes relatiu
0	S21 = {E, VB}	30,66	
Elements en C	S26 = {B, D, VD}	78,43	infinit
{A, B, C, D, E, VA, VB, VC, VD}	S27 = {C, D, VD}	76,33	infinit
Conjunts en C	S28 = {C, VC, VD}	41,59	
{s21, s28, s29, s34}	S29 = {D, VA, VD}	78,57	
Conjunts en S	S34 = {A, B, VB, VD}	63,92	
{s26, s27, s35}	S35 = {VA, VB, VC, VD}	61,30	infinit
		Mínim	0,00

Els clics escollits a partir de l'algorisme són:

$$S_{34} = \{A, B, VB, VD\},$$

$$S_{28} = \{C, VC, VD\},$$

$$S_{29} = \{D, VA, VD\},$$

$$S_{21} = \{E, VB\}$$

4. Conclusions

Analitzant els resultats obtinguts a partir dels dos mètodes aplicats –fórmules i teoria de grafs-, es poden treure les següents conclusions:

- A partir de les fórmules s'ha vist que la proporció entre les dues fases verdes és molt similar però que la duració del cicle semafòric és inferior. Com que és una intersecció molt transitada, és molt factible augmentar el temps fins als 110 segons que hi ha actualment perquè això implica una durada més llarga dels temps de verd efectius per a cada fase i així permetre un flux amb menys parades de curta durada.

Aplicant la teoria dels grafs s'han estudiat dues alternatives i d'aquestes n'han sorgit dues més que són les que es podrien considerar com a factibles per estudiar i provar.

Taula 4. Duració de les fases en segons per a cada flux i alternativa.

Flux \ Alternativa Graf	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2
Verd	37	41	44	43	49
Groc	13			15	
Vermell	23	26	29	27	31
Blau	37	43	25	25	30
Temps ambre	2	2	3	2	2
Temps tot vermell	1	1	1	1	1

- Les dues alternatives inicials no són factibles perquè requereixen quatre temps de fase i això provocaria retencions i uns temps de cua massa elevats.
- Les dues alternatives basades en les seves primàries semblen bastant plausibles. Són cicles de tres fases que generen poca interacció entre usuaris i en conseqüència, poques aturades per cedir el pas –actualment els vianants tenen preferència i provoca embussos dins la intersecció-.
- A més a més, s'ha valorat l'opció d'una tercera alternativa que ve d'una de les anteriors proposades però modificant el temps necessari que necessiten per creuar els vianants. Amb els resultats obtinguts s'ha comprovat que necessiten menys temps del que havia sortit inicialment i això ha permès repartir el temps d'una manera que sembla més viable per a la realitat.