

CrowdParking: Aplicació mòbil col·laborativa per gestionar places d'aparcament

Marc Núñez Ubach

Resum— Actualment en les grans ciutats és prou evident un problema relacionat amb la quantitat de vehicles existents i la disponibilitat de places d'aparcament públiques. La escassetat d'aquestes suposa una pèrdua de temps pel conductor i, per tal de facilitar aquesta tasca, plantejem una aplicació mòbil en la qual els usuaris comparteixin informació sobre la disponibilitat de places lliures, contribuint a la recopilació d'aquesta en temps real. La informació relacionada amb les places d'aparcament s'emmagatzema en una base de dades; la nostra aplicació envia imatges a un servidor que analitza mitjançant visió per computador la disponibilitat de places d'aparcament lliures. Aquesta detecció automàtica es realitza en dos fases: primer es troba les línies de carril que delimiten l'àrea transitable; a partir d'aquesta àrea s'extreu un model per determinar la quantitat d'espai disponible per aparcar. Els nostres estudis preliminars mostren el potencial d'aquesta aplicació al estar testejada sota condicions sintètiques i reals.

Paraules clau— Aplicació mòbil, visió per computador, aparcament intel·ligent, detecció carrils, clustering

Abstract— Currently in large cities is obvious the problem with the number of existing vehicles and the availability of public parking spaces. The shortage of these is a waste of time for the driver, to facilitate this task, we propose a mobile application in which users share information on the availability of parkings, contributing to the collection of those images in real time. The information related to the parking spot are stored in a database; our application sends images to a server, which making use of the computer vision check the availability of parkings. This automatic detection is carried out in two phases: First it locates the lanes that delimits the area passable; from this area, you get a model to determine the amount of space available for parking. Our preliminary studies show the potential of this application being tested under real conditions and synthetic.

Index Terms— Mobile application, computer vision, smart parking, lane detection, clustering



1. INTRODUCCIÓ

L'estacionament de vehicles privats en les àrees públiques de les grans ciutats, més concretament en les zones metropolitanes suposa una gran molèstia per a tots els individus amb vehicles sense pàrquing privat. Aquest problema ha crescut degut a l'increment de la població en aquestes ciutats; a la vegada que el poder adquisitiu d'aquests ciutadans ha augmentat també ha anat en creixença el nombre d'automòbils privats que circulen. Aquest fet fa més difícil trobar places d'aparcament lliures i la solució per augmentar aquest número ha estat en la construcció de pàrquings privats subterranis, però aquests són costosos i escassos. La nostra proposta consisteix en un sistema intel·ligent per facilitar la cerca de places d'aparcament públiques; en aquest cas són els usuaris de l'aplicació els que s'encarreguen de recollir la informació per omplir una base de dades amb un llistat de places lliures.

L'aplicació plantejada indicarà als usuaris la plaça d'aparcament lliure més propera a la seva posició actual,

comprovant la disponibilitat d'aquestes en temps real. D'aquesta manera l'usuari haurà de destinar molt menys temps en la fatigosa tasca de buscar estacionament per el seu automòbil mentre s'estalvia el tenir que pagar per a pàrquings privats.

1.1 OBJECTIUS

L'objectiu principal del projecte consisteix en desenvolupar una aplicació mòbil funcional que sigui capaç d'informar als usuaris de places lliures d'aparcament pròximes a la seva posició actual.

Aquesta aplicació ha de ser capaç tant com d'oferir places d'aparcament com de recopilar-les de manera dinàmica, oferint una base de dades de localitzacions GPS d'una ciutat que s'anirà actualitzant en temps real.

Per poder actualitzar les places lliures i aquelles que s'han anat ocupant, l'aplicació ha de ser capaç de fer la recopilació d'imatges reals dels vehicles que estan circulant. El sistema analitzarà les imatges mitjançant la visió per computador per determinar la disponibilitat de places dins d'aquestes. Per tal d'oferir al usuari una experiència satisfactòria, el processament d'imatges el dura a terme un servidor de càlcul. Per tant, una part important d'aquest projecte consisteix en la interacció entre l'aplicació mòbil i el

- E-mail de contacte: marc.nunezu@e-campus.uab.cat
- Menció realitzada: Computació
- Treball tutoritzat per: Jorge Bernal i Coen Antens (Ciències de la Computació)
- Curs 2016/17

servidor amb la finalitat de intercanviar àgilment informació que permeti tant l'actualització i la consulta simultània del llistat de places lliures.

La Fig. 1 mostra la interacció entre les diverses parts en que s'ha dividit el projecte: 1) disseny de l'aplicació mòbil, 2) desenvolupament de l'eina de processament d'imatge i 3) interacció entre l'aplicació i el servidor de processament i emmagatzematge de dades.

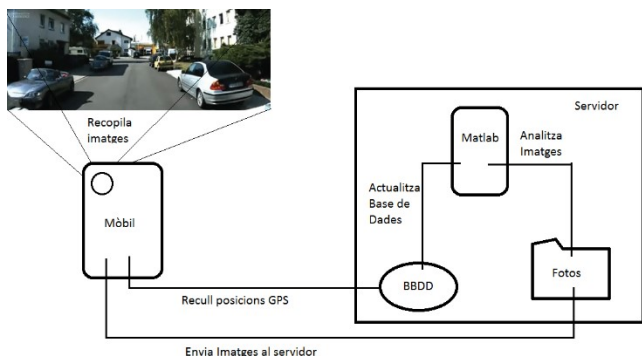


Figura 1 Estructura funcionament aplicació

1.2 PLANIFICACIÓ

A continuació es detallen les fases en que s'ha dividit el projecte.

Fase: Planificació

En aquesta fase s'han definit totes les etapes del projecte, agrupant d'aquesta manera aquelles tasques amb finalitats similars i s'ha realitzat una planificació temporal que es mostra en la il·lustracions 2 i 3 situades en l'Annex.

S'ha decidit també quines seran les eines a utilitzar i els entorns de desenvolupament, analitzant els pros i contres de cada una de les alternatives i com i quan utilitzar alguna alternativa.

Fase: Estat de l'art

Per poder facilitar el desenvolupament de la solució plantejada, és important fer una cerca exhaustiva de projectes similars que ens puguin plantejar alternatives més eficients. A partir dels articles candidats a generar alternatives a les idees inicials s'analitza quin podria ser el seu impacte potencial si s'arribés a utilitzar en el nostre projecte dins del seu àmbit. En cas satisfactori, es prenen les referències i s'utilitza allò que sigui necessari.

Fase: Desenvolupament de l'aplicació.

Aquesta és la fase principal del projecte i ha estat dividida en diverses parts per tal de tenir un control més visual del punt en que es troba la solució plantejada:

- Desenvolupament de l'algorisme de detecció de carrils
- Desenvolupament de l'algorisme de detecció d'àrees d'aparcament lliures.
- Generació d'una base de dades amb la que fer les proves de Ground Truth amb imatges reals i imatges sintètiques per validar els nostres mètodes.

- Implementació de l'aplicació mòbil.
- Connexió de l'aplicació mòbil amb el servidor.

Fase: Test i Anàlisis dels resultats.

La validació de la usabilitat de la aplicació és casi tant important com el desenvolupament d'aquesta. Aquí es tenen en compte ens quins casos l'aplicació podria tenir problemàtiques de funcionament, i es podria provar de solucionar-les.

1.3 REQUISITS

Requisits Funcionals

Pel que fa a l'aplicació mòbil, hem definit dos models de funcionament de l'aplicació:

Model Cerca Personal: Aquest model ha de ser capaç de connectar-se al servidor de la nostra base de dades amb l'única informació de la posició actual, i a partir d'aquesta ha d'obtenir les coordenades GPS més properes emmagatzemades a la base de dades. A més es mostra un mapa GPS amb destí la plaça d'aparcament lliure més pròxima a la nostra posició i el recorregut més eficient fins aquesta.

Model Observació Col·laboraria: Aquest model treballa en segon pla, enviant una imatge del carrer cada cert temps, o cada cop que detecta un canvi en les coordenades GPS. Aquesta imatge contindrà com a nom les coordenades GPS en las quals s'ha efectuat aquesta fotografia.

El servidor per una banda serà capaç d'oferir un servei obert de peticions de consultes en el GPS, es a dir, cada cop que un client inicialitza el model cerca, el servidor haurà de permetre una consulta a la base de dades de posicions GPS. Per altre banda cada cop que algú esta en mode Observació, anirà guardant les fotos en una carpeta ordenada per la data d'entrada.

El nostre sistema de processament d'imatges recollirà captures d'aquesta carpeta i les processarà de la següent manera: primer trobarà les línies de carril i, a partir d'aquestes, definirà el àrea transitable. Aquesta informació s'utilitza per la generació d'un model d'àrea d'estacionament; aquesta àrea s'analitza per trobar quin percentatge està lliure i, a partir d'aquest valor, es determinarà si hi ha una plaça lliure.

Requisits de Software i Hardware

Per poder emprendre el projecte és requisit disposar d'un ordinador de sobre taula, o ordinador portàtil amb uns mínims de hardware i software per tal de poder tenir instal·lat el programari basic necessari de l'Android Studio, i el Matlab. També és requisit una connexió a internet de alta velocitat, per la eficient comunicació entre el servidor

WAMPP [1], i els clients.

Llistem a continuació els requisits mínims necessaris:

- CPU: Intel Core i7 de cinquena generació o Intel Core i5/i7 de sisena generació.
- RAM: un mínim de 4,00 GB
- HDD: Espai mínim en el disc dur de 50GB (preferiblement de SSD)
- Sistema Operatiu: Windows 7/8/8.1/10.
- Connexió a internet de fibra òptica d'alta velocitat de 50mb o superior.

Per últim com a requisit obligatori és necessari, un Smartphone amb les següents prestacions mínimes; una API de 4.1 Jelly Bean o superior i una càmera amb una resolució de 5 Mgpix.

1.4 RISCOS DEL PROJECTE

S'han de tenir en compte una sèrie de possibles incidències que provocarien que el projecte no funcionés adequadament. Una vegada considerades totes aquets riscos, s'ha de dissenyar un pla de contingència per a cada una de les incidències. Aquestes incidències i el pla de contingència es pot veure en la Taula 1 situada en l'Annex.

2. ESTAT DE L'ART

Quant a l'estat de l'art, hem fet una distinció entre les aplicacions globals semblants a la nostra i els mètodes de visió per computador per analitzar imatges en circulació vial.

2.1 APLICACIONS GLOBALES

- **WazyPark:** [2] Es tracta d'una aplicació "d'intel·ligència" col·lectiva en la qual mitjançant la geolocalització del mòbil en un mapa, es pot saber on hi ha una plaça lliure en els carrers d'una ciutat. Cada usuari avisa des de el seu mòbil quan deixa un lloc lliure en una plaça d'aparcament, de manera que un altre usuari proper la pugui detectar i aparcar en la plaça. Es mostra un petit exemple de la funcionalitat d'aquesta aplicació en la Fig. 2



Figura 2 Mock-up WazyPark

- **ParkoPedia:** [3] La seva diferència amb WazyPark és que els usuaris també donen informació de aparcaments públic i privats, amb els preus per hora o dia de cada pàrquing. El menú principal es mostra en la Fig. 3



Figura 3 Menú Principal ParkoPedia

- **WeSmartPark:** [4] Aquesta aplicació es basa en la utilització d'un adhesiu intel·ligent que va col·locada al parabrisa del cotxe. Els aparcaments afiliats a aquesta aplicació estaran dotats de sensors que detectaran l'adhesiu i per tant donaran accés al pàrquing. Els pagaments es realitzen a través de l'aplicació per lo que hi ha que deixar les dades de una targeta de crèdit. Només funciona a Madrid i Barcelona. Un exemple del funcionament es mostra en la Fig. 4



Figura 4 Exemple funcionament WeSmartPark

- **ApparkB:** [5] Es tracta d'una aplicació mòbil que agilitza el pagament de les zones mitjançant l'aplicació, de manera que només pagues el temps exacte que estaciones. En la Fig.5 s'aprecia un Mockup de l'aplicació.



Figura 5 Mockup de l'aplicació ApparkB

També cal esmentar que recentment Google ha informat [6] del desenvolupament d'una ampliació de Google Maps per avisar als usuaris de la possibilitat de trobar plaça d'aparcament a la destinació introduïda.

2.2 DETECCIÓ DE CARRILS MITJANÇANT LA VISIÓ PER COMPUTADOR

Es podria considerar la transformada de Hough [7] com el mètode més utilitzat en els alboros de la detecció automàtica de carrils. A partir d'aquí han sorgit diferents mètodes, alguns proposant eines completament noves. En aquesta secció es fa un petit resum d'alguns mètodes que hem estudiat per el desenvolupament del nostre mètode.

El sistema implementat en [8] es basa en la transformada de Hough. El sistema porta una càmera CCD [9] muntada al vehicle per veure una escena de la carretera davant d'aquest per donar sortida a les dades de la imatge de l'escena de la carretera incloent el carril per el que circula. Aquest sistema permet la detecció d'obstacles com el vehicle precedent i es determina una regió per el processament de dades de la imatge basat en els resultats processats. Aquesta regió es defineix a partir de les posicions del límit del carril estimades en cada cicle precedent (que es van guardant com informació històrica) y en la regió de la transformada de Hough que delimita les àrees determinades en la informació històrica y el horitzó mostrat en la escena de la carretera.

Apart de la transformada de Hough també s'ha explorat el ús d'*active contour* models: el mètode publicat en [10] proposa una implementació basada en B-Snake i un algoritme de rastreig sense fer servir cap paràmetre de càmeres. A comparació d'altres models, B-Snake és capaç de afrontar un rang més ampli de estructures de carrils, donat que és capaç de generar qualsevol estructura arbitrària a partir d'un set de punts de controls. El problema de la detecció dels dos carrils que delimitant la carretera s'ha enfocat de manera que es detecti una representació central, utilitzant el coneixement de la perspectiva de les línies paral·leles.

Es centre en la construcció de un model en 2D de carrils, assumint que els dos costats de la carretera son paral·lels en el pla com es mostra en la Fig. 6

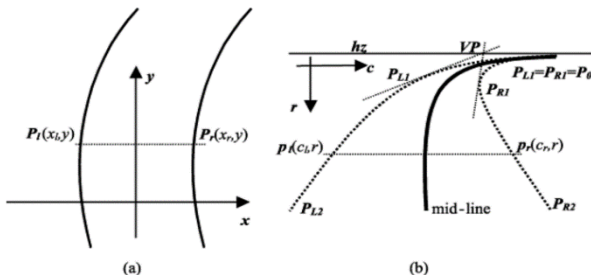


Figura 6 Extracció punts de control en un pla 2D de B-Snake

Finalment, el algorismes de LOIS (Likelihood of Image Shape) [11] per la detecció de carrils utilitza una aproximació deformable del model per manegar aquelles situacions on els contorns del carril en una imatge tenen un contrast poc notarial en comparació amb les seves àrees veïnes. Aquest model és útil quan existeix soroll provocat per els contorns de les ombres, el paviment etc. La seva proposta formula el problema de la detecció de carrils buscant el grup de paràmetres de contorns de carrils més adequats a formar una escena d'una imatge d'una carretera. Es basa en els següents components per la implementació de l'algorisme de LOIS:

- Les formes dels models que descriu els contorns dels carrils, els quals defineixen un grup de paràmetres.
- La funció de Likelihood [12], que ofereix una mesura relativa del grau de coincidència de la forma proposada amb la imatge particular de una escena de carretera.
- La optimització del algorismes utilitzat per determinar

el millor grup de paràmetres de formes de carrils donada una imatge maximitzant la funció de Likelihood.

Les grafiques extretes de la funcion de likelihood es poden apreciar al exemple de la Fig.7

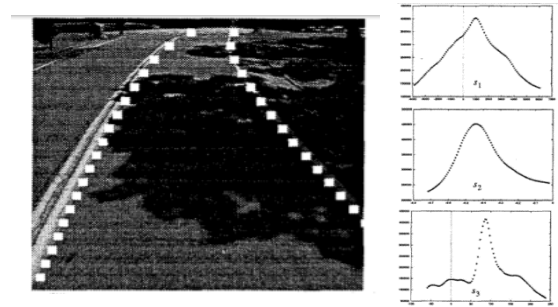


Figura 7 Gràfiques de la funció de Likelihood variant el paràmetre seguint la forma del carril indicat

3. METODOLOGIA

3.1. PIPELINE DEL PROCESSAT

En aquest apartat s'explicarà pas a pas quins han estat els procediments utilitzats per al processat de les imatges per la anàlisi de places lliures. En la Il·lustració 1 situada en l'Annex es mostra el diagrama de blocs del Pipeline del processat.

Fase 1: Preparació Imatges per el Processat

Abans de començar amb la cerca de les línies de carril proposem una sèrie de operacions prèvies per obtenir la informació que les següents fases necessiten. Aquestes operacions inclouen:

1. S'han extret els contorns de les figures dins de la imatge amb la funció Edge(). Aquesta funció utilitza el algorisme Canny [13] de detecció de contorns. S'ha aplicat un dilatat de les línies de contorns obtingudes amb Canny mitjançant una mascara quadrada per millorar la detecció de línies mitjançant la transformada de Hough.
2. Per tal de limitar els angles d'aproximació de les línies candidates de Hough, es divideix la imatge original en dos imatges corresponents a la part dreta i esquerra. Això és degut a que la transformada de Hough únicament accepte un rang d'angles consecutius cada vegada que extreu la matriu acumuladora, i se sap que les línies indicadores de carrils que es recopilaran de les imatges, normalment formen un rang d'angles que van des dels 50° fins a 70° en el cas dels carrils de la dreta i de 140° a 160° en el cas de l'esquerra.

Fase 2: Detecció línies amb Hough

S'extreuen les matrius acumuladores de la transformada de Hough a partir de les imatges retallades la funció Hough() de Matlab. A partir de les línies paramètriques de l'espai Hough es busquen els punts amb més interseccions,

de manera que indiquen una major concentració de punts col lineals amb un angle de direcció determinat. Aquests punts s'obtenen amb la funció de Matlab de `Houghpeaks()`, i els paràmetre permeten ajustar el marge d'acceptació de les possibles línies, a partir de la comptabilització del mínim de línies paramètriques que s'intersequen, es pot apreciar aquest últim pas en la Fig. 8.

Finalment la funció que retorna les línies candidates a partir dels "Peaks" és la `Houghlines()` aquesta permet ajustar encara més el marge d'acceptació de les línies candidates a partir de les longituds d'aquestes essent consecutives.

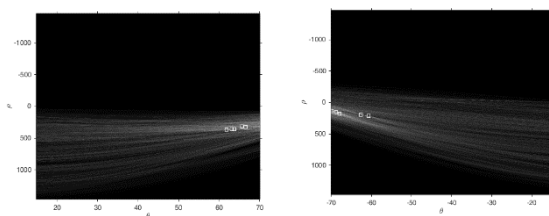


Figura 8 Matriu acumuladora de Hough amb els punts d'intersecció més notorials

Fase 3: Extracció línies candidates

Per cada segment de línia trobada, s'extrau l'equació de la recta pertinent; aquestes equacions permeten estendre les línies considerades en el pla cartesià de la imatge. Per aquest apartat s'utilitza els punts inicials i finals (X_0, Y_0) , (X_1, Y_1) que retorna `Houghlines()`.

S'afegeixen una sèrie de línies potencials paral·leles per donar-li grossor, i s'estenen aquestes fins el punt de la els marges de la imatge. D'aquesta manera es pretén agrupar segments de línies pertinents a equacions de les rectes similars de manera que s'aplica una clusterització senzilla per la comptabilització de resultats.

S'adjuntaran totes aquelles línies que coincideixin en el procés de l'extensió de la equació de la recta, assignant-li un valor per a cada clúster de segments de línies en una matriu de línies potencials.

Fase 4: Filtratge i Post-Processat

S'han introduït dos filtres per tal de reduir el nombre de línies incorrectes obtingudes a partir del pas anterior. Això es degut a la tendència de la transformada de Hough en donar totes les línies que troba sense distingir entre aquestes produïdes per soroll de la imatge (en aquest cas definim com soroll les línies produïdes pels cotxes o elements del terreny com els arbres). Els filtres implementats són:

- Filtro de coincidència amb detector d'edges: Aquest té la finalitat de eliminar totes aquelles línies que contenen una menor proporció de punts coincidents de les línies esteses amb la sortida del detector d'edges. La quantitat mínima de punts coincidents que espera en cada cas, depèn del percentatge de longitud de la línia respecte la mida de la imatge. S'espera més percentatge de punts coincidents amb el detector d'edges quan més curta es la línia detectada.
- Filtro de colors: Aquest filtre s'enfoca en eliminar

aquestes línies que es desvien molt dels colors típics de les línies de carril. Es basa en extreure els colors dels punts de la imatge original per els quals les línies detectades passen per damunt. En aquest cas totes les línies consideren el mateix llindar de color més pròxim al blanc (en RGB més pròxim al [255 255 255]). S'ha extret aquest llindar analitzant la mitja de brillantor que contenen les línies de carrils de les nostres imatges.

Es mostren les línies que s'han obtingut després de tot el processat sobre la imatge original en la Fig.9



Figura 9 A l'esquerra Imatge original amb totes les línies que proporciona la transformada de Hough. A la dreta Imatge editada mostrant les línies candidates després d'aplicar els filtres.

Fase 5: Extracció Àrea Transitible

Per a la cerca de l'àrea transitible a partir de les línies extretes dels apartats anteriors, es busquen tots els punts d'intersecció de cada línia amb totes les altres, i es genera un matriu de punts cartesianes. A partir d'aquests punts s'utilitza el clusteritzador K-Means [14] que permet buscar quin és el centroide on s'intercepten totes les línies paral·leles en el horitzó. Aquest punt de fuga [15] dona informació del punt de divisió de l'àrea transitible.

Per els altres dos punts necessaris per generar una area transitible, s'utilitzen els dos punts inferiors de les línies candidates extretes amb la transformada de Hough.

Es mostra un exemple de l'àrea transitible resultant en la Fig.10.

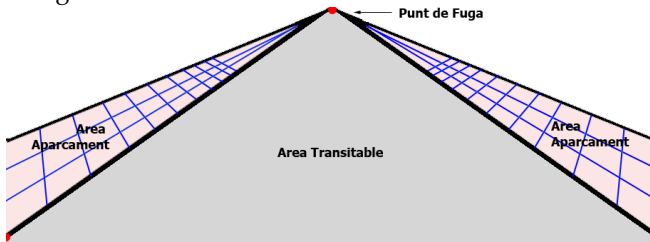


Figura 10 Exemple Àrea Transitible i Model Àrees Aparcament

Fase 6: Extracció Areas Aparcament

Un cop determinat quina serà l'àrea transitible, s'ha generat un model que ens permeti determinar si es possible que la imatge processada disposi d'una plaça d'aparcament o no. Aquest model recull les equacions de les rectes de les línies que delimiten el carril transitible fins el punt de fuga i genera una sèrie de línies paral·leles en el pla, però que en perspectiva intercepten en el punt de fuga seguint el següent procediment; s'incrementa els angles de les línies obtingudes en 5° , 10° i fins a 15° proporcionant així una seria de seccions paral·leles a l'àrea transitible que

ajudarà a determinar la disponibilitat de places d'aparcament. Cada una d'aquestes seccions s'ha dividit també en varis segments perpendiculars per poder determinar així si la possible plaça d'aparcament es tracta de la posició més pròxima al vehicle o més pròxima al punt de fuga.

D'aquesta manera s'obté una quadricula de seccions a determinar la possibilitat de plaça lliure.

Es mostra un exemple de les àrees d'aparcament en la Fig.10.

Fase 7: Validació Places d'Aparcament Lliures

Les dos fases anteriors donen com a resultat una àrea, la qual se sap segur que un gran percentatge d'aquesta estarà coberta per l'asfalt. A partir d'aquesta àrea es defineixen unes àrees confrontants dividides amb seccions les quals es probable que alguna d'aquestes disposi d'una plaça d'aparcament. Es mostren les àrees d'aparcament dividides per seccions en la Fig.10

Per a la comprovació de la plaça d'aparcament s'ha efectuat un clusteritzador de colors [16] de l'àrea transitable, d'aquesta manera s'han obtingut uns centroides que ens donen informació de quins són els valors en RGB que tenen més rellevància en l'asfalt en aquest instant.

A partir d'aquests valors RGB es comprova punt per punt de les àrees d'aparcament, si algun d'aquests té un percentatge de coincidència RGB amb els clústers proporcionats. Si és igual o superior al 90%, es considera que aquest punt és candidat a contenir una plaça d'aparcament, doncs s'està buscant que coincideixi amb el color de l'asfalt.

Es comptabilitza la quantitat de punts coincidents d'aquestes seccions amb la quantitat de punts que conte cada secció i s'obté un percentatge d'encerts. Aquests percentatges d'encerts de cada secció serviran com a punt de referència per determinar si una àrea es possible que contingui una plaça d'aparcament o si no.

Per determinar si existeix una plaça d'aparcament es fa la mitja de les 3 seccions perpendiculars al carril transitable i es comprova si el percentatge és superior al 70% de coincidències. També es comprova que cap de les seccions contingui únicament menys de un 20% de coincidències, doncs podria ser el cas que aquesta plaça estigues aparcant per un vehicle petit que no ocupa tot l'espai com una motocicleta.

3.3 DISENY APLICACIÓ MÒBIL

L'aplicació mòbil és el punt de sortida i d'arribada de totes les interaccions del projecte. Aquesta aplicació mòbil és l'encarregada tant d'enviar les imatges a temps real dels carrers de les ciutats, com de sol·licitar les places lliures pròximes a la seva posició.

Una vegada l'usuari sol·licita una plaça d'aparcament lliure entrant en el model cerca, l'aplicació consultarà quines són les coordenades GPS actuals del dispositiu i generarà una vista de la API de Google Maps, mostrant així amb un marcador a on ens trobem actualment en un mapa aeri. Una vegada obtingudes les coordenades GPS actuals del dispositiu, executarà en segon pla una consulta a la

base de dades del servidor local Apache mitjançant una connexió de `URLConnection()` [17] de tipus POST [18], enviant-li les coordenades GPS recopilades. Aquesta consulta, que s'explicarà més endavant, donarà com a resultat unes noves coordenades pròximes a les enviades. Aquestes coordenades s'utilitzaran per generar un nou marcador al mapa ja mostrat.

Aquest model de funcionament té l'opció de seleccionar el punt destí i sol·licitar que et guï fins allà, utilitzant així, les eines que ens proporciona la API de Google Maps.

Recopilació d'imatges

Per a la recopilació d'imatges a processar del servidor, l'aplicació va efectuant fotografies cada segon de la càmera principal del dispositiu. A la vegada comprova la disponibilitat del GPS i comprova si hi ha hagut un canvi de coordenades GPS. En cas afirmatiu, l'aplicació recopila la informació actual de la Latitud i la Longitud, i les adjunta com a nom de la fotografia efectuada, separat cada valor per un guio. Aquest guio ens servirà per distingir quin valor pertany a cada atribut.

L'aplicació té un procés en segon pla que intenta una connexió al servidor local Apache una vegada comprova que hi ha hagut un canvi en coordenades GPS vàlides. Aquesta connexió s'ha implementat amb el protocol `URLConnection()` de tipus POST, tot seguit, adjunta la data de la imatge en el protocol, amb les coordenades GPS. Un cop enviat tot el paquet, tanca l'enllaç al servidor a l'espera que s'efectuïn noves fotografies amb recopilació de coordenades GPS.

3.4 INTEGRACIÓ FUNCIONALITATS

Per el funcionament de l'aplicació mòbil amb el servidor s'ha hagut de generar una sèrie de protocols de comunicació entre aquests serveis.

Servidor Apache

S'ha configurat un servei anomenat WAMP el qual ens proporciona totes les eines per a la fàcil creació d'un servidor local Apache amb una BBDD local.

D'aquesta manera s'ha creat una sèrie de scripts PHP per atendre totes les classes de crides que puguin efectuar tan els clients que sol·liciten places d'aparcament, com l'enviament d'imatges que aquests mateixos clients poden proporcionar.

BBDD MySql: Places d'aparcament lliures

S'ha hagut de crear una petita base de dades amb tota la informació corresponent en les places d'aparcament lliures a temps real. Aquesta BBDD consta únicament d'una taula anomenada *Pàrquings* la qual conte tres atributs:

- L'identificador de la plaça d'aparcament lliure el qual funciona com a un enter que s'autoincrementa per no tenir places d'aparcament repetides.
- La latitud y longitud de la plaça d'aparcament lliure obtinguda mitjançant les coordenades GPS dels dispositiu mòbil. Aquests dos valors es guardant com a informació de Float de fins a 10 valors amb 6 decimals (

10,6).

Aquesta BBDD és al mateix servidor Apache que és el encarregat de modificar la BBDD una vegada el processat de les imatges hagi donat com a resultat una possible plaça d'aparcament lliure. Les consultes de la BBDD les efectua directament l'aplicació mòbil mitjançant una crida mètode POST a un script PHP del servidor. Aquesta crida conte les coordenades actuals del automòbil, i l'script PHP és l'encarregat d'efectuar la consulta MySql buscant la Latitud i Longitud més pròxim a les coordenades enviades.

4 DATASET I MÈTRIQUES DE RENDIMENT

4.1 DATASET

Per a la validació del programari implementat, s'ha fet us d'una sèrie d'imatges que s'han utilitzat per fer les proves de rendiment. S'ha dividit aquest grup d'imatges en dos DataSets; El grup d'imatges reals, i el grup d'imatges sintètiques:

- DataSet imatges reals: han estat recopilades com si es tractes el funcionament real de l'aplicació, es a dir, preses des d'un dispositiu mòbil acoplat a un automòbil mentre es circulava per els carrers d'una ciutat. Les especificacions del DataSet d'imatges reals es mostren en la Taula.2. Es mostren exemples de imatges reals amb les mascarees de Ground Truth assignades en la Fig.11

DataSet	Quantitat	Format	Dimensions	Mida
Reals	14	.BMP (32 Bits)	930x720px	2,55 Mb

Taula 2 Especificacions DataSet Imatges Reals.

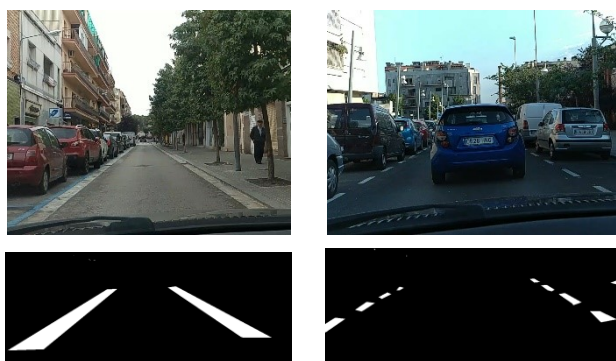


Figura 11 A la fila de dalt; Imatges d'exemple Reals. A la fila de sota màscarees de Ground Truth corresponents.

- DataSet imatges sintètiques: Aquestes han estat generades manualment fent us del programari d'editor d'imatges Photoshop. Aquest grup d'imatges pretén simular la distribució de les línies indicadores de carrils en imatges. Dintre aquest grup d'imatges en forma part un grup dissenyat a validar únicament la fase de detecció de carrils, i un altre grup d'imatges que es capaç de validar la fase de detecció d'àrees també. Les

especificacions del DataSet d'imatges sintètiques es mostren en la Taula.3. Es mostren exemples de imatges sintètiques amb les mascarees de Ground Truth assignades en la Fig.12

4.2 EXPERIMENTS I METRIQUES ASSOCIADES

DataSet	Quantitat	Format	Dimensions	Mida
Sintètiques	13	.BMP (24 Bits)	1540x 820px	3,6 Mb

Taula 3 Especificacions DataSet Imatges Sintètiques.

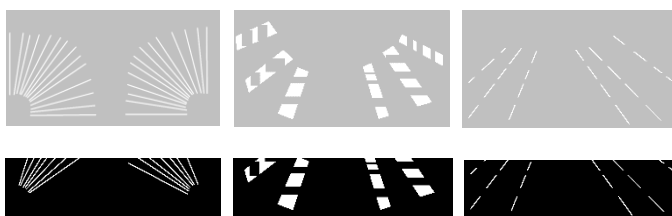


Figura 12 A la fila de dalt; Imatges d'exemple Sintètiques. A la fila de sota màscarees de Ground Truth corresponents.

Mètriques Associades:

Per la detecció de carrils i la detecció de places d'aparcament s'ha utilitzat la següent mètrica; comparant la sortida obtinguda mitjançant el processat d'imatges del DataSet amb el seu Ground Truth associat, es pot obtenir quatre tipus de resultats diferents [19]:

- TP (True Positive): Troba les línies de carrils, o detecta les places d'aparcament allà on el Ground Truth ho especifica.
- TN (True Negative): No troba les línies de carrils o cap plaça d'aparcament, a la vegada que el Ground Truth confirma que no existien tals línies de carril o places d'aparcament.
- FP (False Positive): Troba les línies de carril o les places d'aparcament allà on no hauria, es a dir, el Ground Truth no esperava tals resultats.
- FN (False Negative): No troba les línies de carril o places d'aparcament, però el Ground Truth indica que hauria d'haver-ne trobat.

Aquest procediment es aplicable tant per a la validació del mètode de detecció de línies de carril com de places d'aparcament, però aquestes ultimes, només han estat validades mitjançant les imatges del DataSet reals. A partir del resultats obtinguts amb els experiments, es poden extreure les següents mètriques [20]:

$$\begin{aligned} \text{Precision} &= TP / (TP + FP) \\ \text{Recall} &= TP / (TP + FN) \\ \text{Specificity} &= TN / (FP + TN) \\ \text{Accuracy} &= (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN) \end{aligned}$$

Experiments implementats:

En els dos casos de validacions dels mètodes tant de línies de carril, com de places d'aparcament detectades s'utilitza el següent experiment:

1. S'implementen una sèrie de Ground Truth manualment per a cada imatge les quals s'indica amb 0 les

àrees on no s'espera detectar ni línies de carril, ni places d'aparcament. Aquestes imatges van amb sintonia amb les del DataSet.

2. S'especifica en cada imatge del Ground Truth si haurà de detectar places d'aparcament o no. Per el cas de detectar línies de carril, també s'especifica quantes hauria de detectar.
3. Es processa cada imatge, marcant aquelles àrees que ha detectat línies de carril o places d'aparcament en una nova imatge resultant amb aquesta informació.
4. Solapa aquestes imatges resultants sobre el Ground Truth i comptabilitza coincidències.
5. A partir d'aquestes coincidències s'extrau els valor de les mètriques especificats.



Figura 13 Detecció de carrils en imatges reals amb resultat de quatre True Positives.

5 RESULTATS

Els resultats de els experiments implementats amb les mètriques especificades es divideixen en els dos casos validats:

Resultats Detecció de Líneas de Carrils:

DataSet	Preci-sion	Recall	Specifi-city	Accu-racy
Reals	86,53%	84,90%	53,33%	77,94%
Sintèti-ques	84,21%	85,33%	76,92%	81,88%

Taula 4 Resultats de les obtinguts aplicant les mètriques de la detecció de línies en imatges de DataSet Reals i Sintètiques.

Tal i com es mostra en la Taula.4, en la majoria de casos, hi ha hagut una detecció mínima de línies detectades correctament que mitjançant la selecció de les candidates vàlides, ha permès un correcte funcionament de la fase de Detecció de Places d'aparcament. Tot i així, cal esmentar els casos en els quals a mes d'obtenir les línies correctes, també s'han detectat línies en posicions incorrectes degut al soroll provocat per els automòbils o les ombres de l'asfalt que els filtres implementat han estat incapaços de corregir.

En la Fig.13 es mostra un exemple on les línies indicadores de carril (color verd) han estat detectades correctament.

Resultats Detecció de Places d'Aparcament:

DataSet	Preci-sion	Recall	Specifi-city	Accu-racy
Reals	85,71%	75,00%	80,00%	76,92%

Taula 5 Resultats de les obtinguts aplicant les mètriques de la detecció de places d'aparcament en imatges del DataSet Reals

La validació del resultat de les places d'aparcament depenia de la correcta detecció en la majoria dels casos de les línies del carril, el fet que els resultats mostrats en la Taula.5 hagin estat tant bons, son també deguts al fet que nomes que trobes una línia per cada banda del carril potencials a ser línies de carrils, ja eren suficient per el pro-

cessat de les àrees d'aparcament. Es per això que els resultats son tan similars en els dos casos.

Un dels motius per els quals aquest model funciona correctament quan es processen, es degut a la consistència que ens retornaria una imatge de l'escena frontal del vehicle ben centrada, per tant s'espera un petit calibratge de la càmera per a la recopilació de les imatges a processar en el servidor, o la implementació de un pre-processat que permeti la detecció de places d'aparcament que pertanyen únicament a una Region of Interest [21].

Es pot determinar també que un dels motius per els quals es detecten falsos positius es degut a la similitud de colors de l'asfalt i la vorera, la qual pot esser determinada com una àrea aparcable quan evidentment no ho hauria de ser. Una manera de solucionar-ho podria ser un filtre de colors amb K-Means mes exigent, però que a la vegada s'afegeixi mes centroides que donin un rang de colors mes ampli per el soroll, però a la vegada mes convenient per a cada color determinat.

Un exemple dels resultats obtinguts es pot apreciar en la Fig.14 On el color verd indica aquelles àrees que poden ser candidates a formar part de de places d'aparcament.

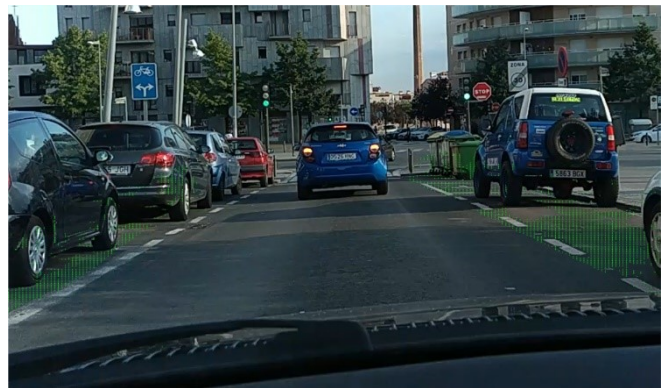


Figura 14 Detecció de places d'aparcament amb resultat True Positive obtingut.

7 RESUM I CONCLUSIONS

En aquest informe s'ha detallat els procediments i les metodologies seguides per a la implementació d'una aplicació col·laborativa per a la detecció de places d'aparcament seguint tècniques de visió per computador. El processat

d'imatges implementat, esta dividit en dos apartats: Per una part tenim la detecció de línies mitjançant la transformada de Hough i un pre i post processat de la imatge per a una reducció de les línies errònies mitjançant filtres i altres tècniques. D'altre banda s'ha construït un model a partir de les línies candidates extrems de l'apartat anterior, el qual aquest model mitjançant la clusterització de colors de la zona transitable, es compara per seccions les àrees aparcables, comprovant així, la coincidència de valors RGB respecte els centroides extrems. Aquesta comparació, dona com a resultat uns percentatges de valors, de fins a quin punt, una àrea es capaç de contenir una plaça d'aparcament.

S'ha validat el mètode mitjançant una base de dades tan sintètica, com real, per tal de experimentar amb el menor numero possible de imatges un rang mes gran de rendiment. Això ha estat possible efectuant a mà la implementació del Ground Truth de totes aquelles àrees o línies on s'espera un resultat positiu de totes les imatges proposades.

La metodologia implementada, ha estat testejada satisfactoriament, obtenint com a resultat, uns rendiments superiors al 75% en Accuracy tan en la detecció de línies com en al posterior detecció de places d'aparcament.

Línies futures

Tot i estar satisfet amb els resultats obtinguts, es podria augmentar la robustesa de la metodologia implementada, incrementant les bases de dades de testeig, obtenint així, la combinació de paràmetres de les funcions mes adient per a la majoria de casos.

També es podria millorar el disseny de l'aplicació mòbil, enormement, donat que la actual esta destinada únicament per el us dels desenvolupadors d'aquesta, els quals coneixen perfectament el funcionament.

AGRAIMENTS

Voldria agrair amb entusiasme el suport incondicional que m'han donat al llarg de tot el projecte, els meus dos tutors Jorge Bernal i Coen Antens, els quals no han desistit mai en respondre tots els meus correus plens de dubtes. I per el seguiment que es va planificar des del principi de les tutories setmanals.

També voldria agrair a amics com en Marc Salat per permetrem esser mes constant en el treball amb totes aquelles quedades a la biblioteca, i per suggerir-me alternatives que donades per un company no informàtic, generava punts de vista alternatius per una aplicació enfocada mes a l'usuari final.

Finalment, voldria agrair tot el suport que m'ha donat la família en tots aquells moments que es veia tot de color negre.

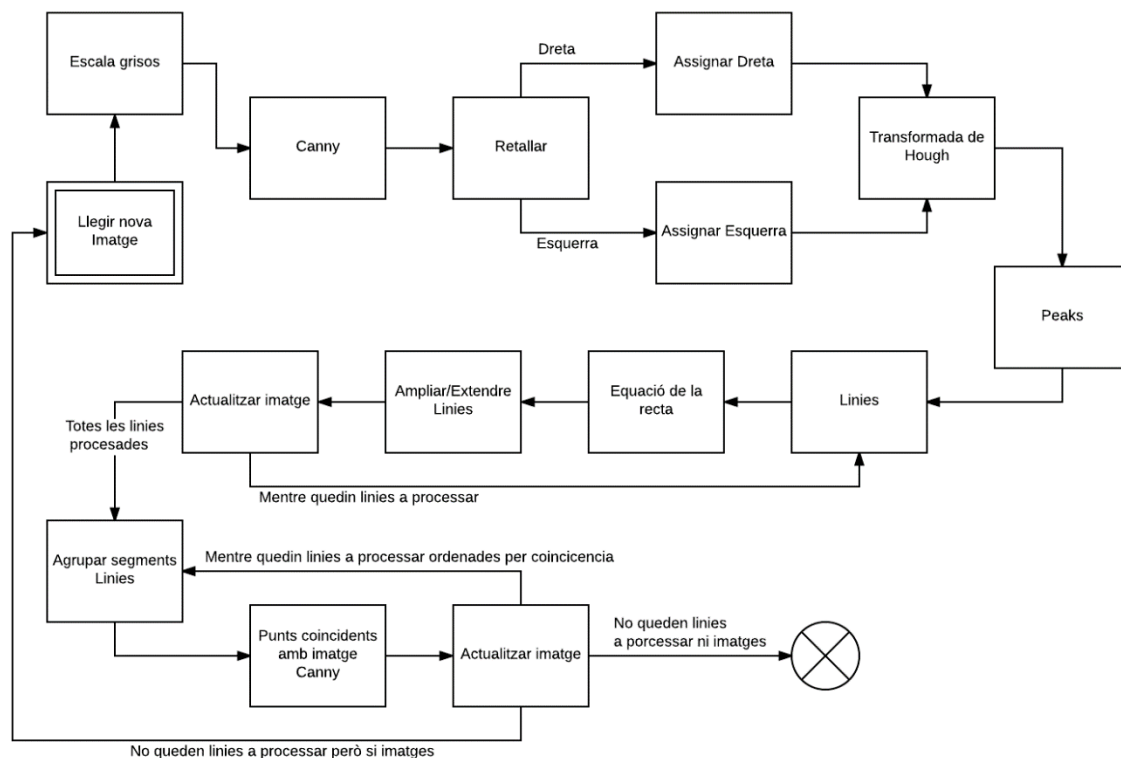
BIBLIOGRAFIA

- [1] Unni, Meena, and K. Baskaran. "Semantic Information Retrieval Using WAMP Server." *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* 2.11 (2012).
- [2] Silva, María Gómez. "Wazypark: aparcar en la calle es más fácil con esta APP." *Inversión & finanzas: el primer semanario de bolsa, economía y gestión de patrimonio* 998 (2015): 66.
- [3] Kopecký, Jacek, and John Domingue. "ParkJam]AM: Crowdsourcing Parking Availability Information with Linked Data." *Extended Semantic Web Conference*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
- [4] Guijosa Aranda, Marc, and José López Vicario. "Sistema de control de parking basado en RFID." (2014).
- [5] Urbà, Àrea d'Hàbitat. "Barcelona a la butxaca: iniciatives." (2013).
- [6] <http://www.androidpolice.com/2017/01/18/google-maps-starts-showing-parking-availability-users/>
- [7] Gonzalez, R. C., Richard E. Woods, and Steven L. Eddins. "Digital Image Processing." (1992): 400-440
- [8] Nakayama, Shigeto. "Lane image processing system for vehicle." U.S. Patent No. 5,790,403. 4 Aug. 1998.
- [9] Christian, C. A., et al. "Video camera/CCD standard stars (KPNO video camera/CCD standards consortium)." *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 97.590 (1985): 363.
- [10] Wang, Yue, Eam Khwang Teoh, and Dinggang Shen. "Lane detection and tracking using B-Snake." *Image and Vision computing* 22.4 (2004): 269-280.
- [11] Karl Kluge and Sridhar Lakshmanan, *A Deformable-Template Approach to Lane Detection in Intelligent Vehicles '95 Symposium*, 1995
- [12] Dickey, David A., and Wayne A. Fuller. "Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root." *Econometrica: Journal of the Econometric Society* (1981): 1057-1072.
- [13] Canny, John. "A computational approach to edge detection." *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence* 6 (1986): 679-698.
- [14] Kanungo, Tapas, et al. "An efficient k-means clustering algorithm: Analysis and implementation." *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence* 24.7 (2002): 881-892.
- [15] Shufelt, Jefferey A. "Performance evaluation and analysis of vanishing point detection techniques." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 21.3 (1999): 282-288.
- [16] Celenk, Mehmet. "A color clustering technique for image segmentation." *Computer Vision, Graphics, and image processing* 52.2 (1990): 145-170.
- [17] Berners-Lee, Tim, Larry Masinter, and Mark McCahill. *Uniform resource locators (URL)*. No. RFC 1738. 1994.
- [18] Aho, Alfred V., Ravi Sethi, and Jeffrey D. Ullman. *Compilers, Principles, Techniques*. Boston: Addison wesley, 1986.
- [19] Altman, Douglas G., and J. Martin Bland. "Diagnostic tests. 1: Sensitivity and specificity." *BMJ: British Medical Journal* 308.6943 (1994): 1552.
- [20] Davis, Jesse, and Mark Goadrich. "The relationship between Precision-Recall and ROC curves." *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*. ACM, 2006.
- [21] Brett, Matthew, et al. "Region of interest analysis using the MarsBar toolbox for SPM 99." *Neuroimage* 16.2 (2002): S497.

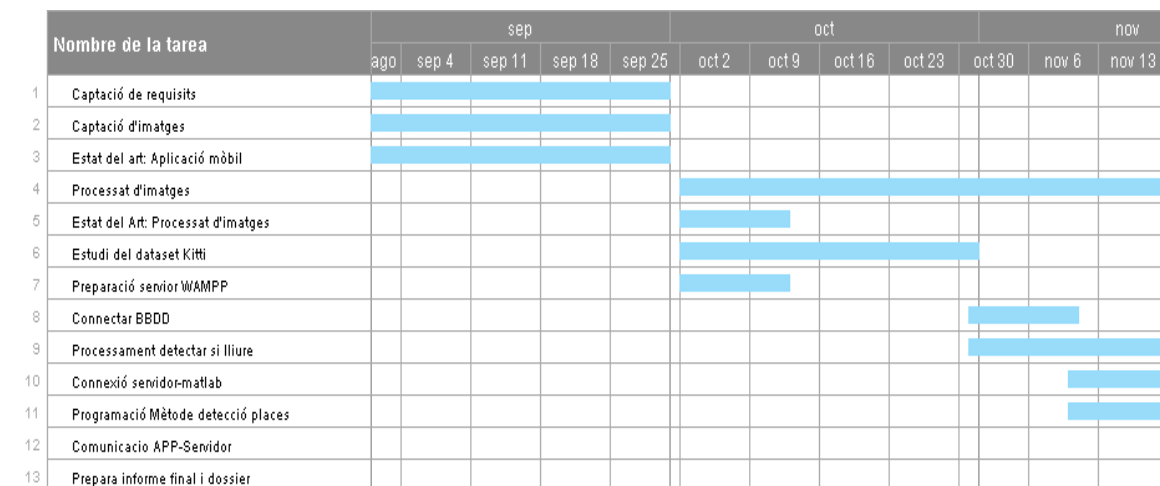
ANNEX

Descripció				Catalogació	
ID	Títol	Descripció	Solució	Risc	Impacte
R1	Mala planificació temporal	A mitjans del projecte, hi ha la possibilitat d'anar per sota els temps establerts.	Durant la planificació inicial s'han d'establir uns temps coherents amb les cargues de treball de cada fita. S'ha de provar de seguir els temps establerts, no dedicar més temps del necessari en un apartat. Si no es el cas, es provaria d'ometre els apartats de menys rellevància.	Mitja	Alt
R2	Objectius massa ambiciosos	Es podria donar el cas que no s'arribés a assolir tots els objectius.	Els objectius i fites han de ser raonables, tan amb temps de treball, com en coneixements necessaris per el desenvolupament d'aquests.	Alta	Alt
R4	Falta d'informació	Hi ha la possibilitat que durant el desenvolupament dels algorismes, no disposem de material relacionat en internet	Abans de començar el projecte s'ha de realitzar un estudi de l'estat de l'art per tal de fer-se una idea de fins a quin punt es pot contar amb el material d'internet.	Mitja	Baix
R5	Hàbit de treball inadequat	Hi ha la possibilitat que no s'anés portant la documentació al dia, ni s'anessin guardant els materials utilitzats durant el projecte de manera que el dossier fos incomplet al final del projecte.	Ordenar el contingut que es va extraient del projecte cada cop que s'utilitzi.	Mitja	Mitja

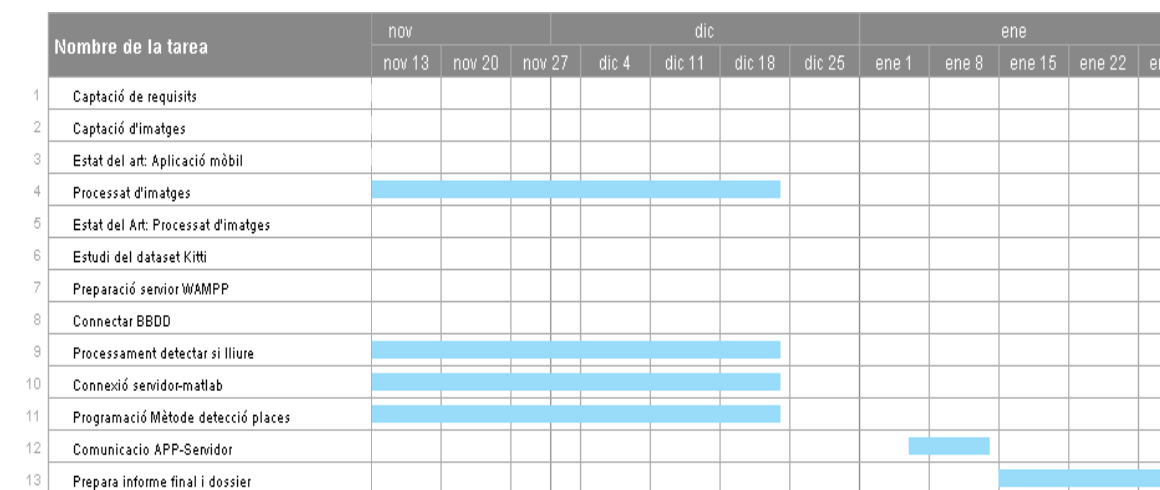
Taula 1 Riscos del projecte i plans de contingència.



Il·lustració 1 Diagrama de blocs, Pipeline del processat



Il·lustració 2 Diagrama de Gantt. Planificació primers mesos.



Il·lustració 3 Diagrama de Gantt. Planificació etapa final.