

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **2 954 540**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **09 06294**

⑤① Int Cl⁸ : **G 06 F 17/30** (2017.01), G 06 F 17/40, G 06 T 7/00, 17/
50, G 06 N 5/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PROCÉDE DE CLASSIFICATION D'OBJETS DANS UN SYSTEME DE VEILLE PAR IMAGE-
RIE.

②② Date de dépôt : 23.12.09.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 24.06.11 Bulletin 11/25.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 16.11.18 Bulletin 18/46.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *THALES Société anonyme* — FR.

⑦② Inventeur(s) : FOURNIER JEROME, SIMON ALAIN,
PAYOT ETIENNE et HENAFF GILLES.

⑦③ Titulaire(s) : *THALES Société anonyme*.

⑦④ Mandataire(s) : *MARKS & CLERK FRANCE Société*
en nom collectif.

FR 2 954 540 - B1



PROCEDE DE CLASSIFICATION D'OBJETS DANS UN SYSTEME DE VEILLE PAR IMAGERIE

Le domaine de l'invention est celui de la classification d'objets dans les systèmes de veille par imagerie.

Le problème posé dans cette application est celui de la discrimination entre différents objets. La variété des objets et des fonds présents dans les scènes naturelles traitées est très importante et il est complexe de discerner les objets, d'autant plus que leur distance et éventuellement leur vitesse radiale lorsque ces objets sont mobiles, ne sont pas connues avec des acquisitions réalisées en imagerie passive. Par exemple, à longue distance, les bateaux peuvent être très ressemblants (vitesses radiales proches, mouvement quasi-rectiligne uniforme, niveaux d'intensité proches, etc.) à des avions. Par ailleurs, les objets d'intérêt doivent potentiellement être traités à grande distance ce qui augure de faibles résolutions et donc d'une information qui n'est pas nécessairement très riche en vue de prendre une décision de classification. En outre, les conditions de prise de vue (conditions météo, conditions jour/nuit, reflets, éblouissement, ...) modifient le signal sur ces objets, compliquant davantage la tâche de discrimination.

Les techniques de classification fonctionnent en représentant les objets par un ensemble de caractéristiques (vitesse, SNR, intensité, signatures de forme ...). Celles-ci définissent un ou plusieurs espaces de caractéristiques multidimensionnels dans lesquels se projettent les caractéristiques extraites des objets, formant ainsi des « nuages de points » ou classes dont il s'agit de trouver les frontières. Ces frontières sont « apprises » en se basant sur un ensemble d'objets de référence aussi appelé ensemble d'apprentissage, dont nous connaissons le type réel (c'est-à-dire que la nature des classes est connue a priori et sans ambiguïté). Meilleures sont les caractéristiques et plus les nuages de points formés par les différentes classes d'intérêt sont séparés et plus discriminantes sont les frontières trouvées. De même, plus la variété des objets est grande et plus le nombre de classes est important et plus il est complexe de bien les caractériser et donc de les discriminer. Les règles permettant de décider de

l'appartenance ou non d'un objet à une classe, sont issues de l'apprentissage.

On appelle classifieur (ou expert), un programme informatique dont le rôle est de décider à quelle classe appartient un nouvel objet fourni en entrée, en fonction des informations apprises. La classe d'appartenance est déterminée par application des règles de décision (autrement appelées base de connaissances) qui ont elles mêmes été préalablement apprises sur les données d'apprentissage.

La classification d'un nouvel objet suppose donc que les règles de décision ont préalablement été élaborées.

On considère tout d'abord l'élaboration de cette base de connaissances. Elle est basée sur un ensemble d'exemples connus appelés prototypes. Les prototypes sont souvent représentés par des vecteurs de caractéristiques où chaque composante est une mesure faite sur les objets réels ou sur un de leurs attributs qualitatifs. Chaque caractéristique devient donc un axe dans un espace dont la dimension est égale à la cardinalité de l'ensemble des caractéristiques. Un prototype est un point projeté dans cet espace et cette série de mesures, ou l'ensemble des caractéristiques d'un prototype, forme une représentation de l'objet réel et en constitue sa signature. La difficulté ici est de trouver de "bonnes" caractéristiques qui permettent par la suite au classifieur de reconnaître facilement les différentes classes d'objets : on dit alors qu'elles sont discriminantes.

La phase d'apprentissage consiste à scinder (ou séparer) l'espace de représentation grâce à des frontières et à assigner des étiquettes de classe aux régions ainsi formées. L'élaboration de la base de connaissances (ou l'apprentissage des classifieurs) consiste donc à rechercher ces frontières de décision. La région où se trouve un vecteur de caractéristiques détermine sa classe d'appartenance.

Il existe plusieurs méthodes pour définir un certain nombre de règles indiquant l'appartenance ou non à une classe. On peut décomposer ces méthodes en deux grandes familles, l'une utilisant une approche dite structurelle et l'autre une approche statistique.

L'approche structurelle exploite la topologie des structures élémentaires des objets (la forme est décrite sous forme de structures

élémentaires et de relations entre ces structures) pour définir ces règles ; par exemple, en reconnaissance syntaxique, un mot est représenté par des lettres rangées dans un ordre précis. Font ainsi partie de cette catégorie de méthodes les arbres de décision, les systèmes experts et les programmes

5 d'analyse syntaxique.

Généralement, il n'est pas possible de bâtir une partition parfaite de l'espace comme illustré dans l'exemple de la figure 1. Les trois classes d'objets respectivement étiquetées « et1 », « et2 » et « et3 », qui sont représentées à l'aide de deux caractéristiques, vitesse et intensité de l'objet,

10 sont clairement délimitées par les trois frontières « frontière1 », « frontière2 » et « frontière3 ». Selon une approche statistique, les frontières de décision sont apprises à partir de l'ensemble (ou base) d'apprentissage censé être statistiquement représentatif de la distribution réelle des classes ; d'où le rôle majeur joué par les objets de référence de cette base. Cette approche est

15 basée sur des caractéristiques ayant la forme d'un vecteur de valeurs numériques (généralement réelles).

La définition de ces règles d'appartenance résulte, comme on va le voir, d'un certain compromis.

20 Un objet ou une observation à classer (lors d'une étape ultérieure, lorsque la base de connaissances aura préalablement été établie), devient donc un point dans l'espace des caractéristiques. La connaissance de la distribution spatiale des classes permet théoriquement de catégoriser et donc de reconnaître instantanément les objets ainsi représentés. Les

25 frontières séparant les classes dans l'espace des caractéristiques, appelées frontières de décision et qui découlent de ces règles d'appartenance, doivent donc être le résultat d'un certain compromis entre le pouvoir de généralisation et celui de mémorisation. Par généralisation, on entend la capacité d'un classifieur à reconnaître correctement des nouvelles

30 observations, alors que la mémorisation est sa capacité à bien classer les exemples qui lui ont servi à l'apprentissage. L'apprentissage des classifieurs statistiques est donc une recherche de ces frontières de décision.

Il existe plusieurs types de caractéristiques relatifs à une

35 description :

- locale : de nombreux algorithmes ont été proposés pour développer des descripteurs invariants aux changements d'échelle et aux transformations affines ;
- 5 - de forme : si l'information radiométrique est significative, beaucoup d'objets ou de classes d'objets se caractérisent par leur forme. Si on prend, par exemple, la classe des humains, il est impossible de se contenter des informations de niveaux de gris et il faut décrire la forme des silhouettes. Par exemple, on peut décrire cette forme à partir des dérivées spatiales 2D, des contours 2D ou même de la forme 3D.
- 10 - de texture : la description de la texture est combinée avec des algorithmes de classification non-supervisée ou de façon plus générale avec des algorithmes qui décrivent les distributions de données. Il est alors possible d'obtenir une description de texture appropriée qui est discriminante et invariante aux transformations image. L'utilisation d'une grande quantité d'images d'apprentissage permet de modéliser des textures réelles comme par exemple l'herbe et le feuillage et donc de modéliser certains types d'images, comme par exemple les scènes naturelles d'extérieur.

15 Les caractéristiques se basent généralement sur des mesures locales faites sur l'objet à reconnaître. Les descripteurs de texture ou les méthodes de types « bag of words » (J. Ponce, M. Hebert, C. Schmid, and A. Zisserman (eds.), Toward Category-Level Object Recognition, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 4170. In press) permettent une certaine prise en compte du contexte, cependant ces approches sont
20 souvent coûteuses.

Les classes, leurs étiquettes et les règles d'appartenance à ces classes ayant été établies, on considère à présent l'étape de classification d'un nouvel objet dans une de ces classes ; il s'agit d'un problème de
30 classification multi-classes. Un nombre élevé de classes rend ces problèmes difficiles à résoudre et engendre une complexité de calcul élevée.

Il existe des approches statistiques pour résoudre les problèmes multi-classes. Deux familles de méthodes se distinguent :

- les méthodes classiques comme les K plus proches voisins ou les réseaux de neurones qui considèrent toutes les classes à la fois ; il s'agit de méthodes multi-classes,
- les autres méthodes combinent des classifieurs binaires, avec des stratégies « un contre tous » ou « un contre un » dont des exemples sont respectivement décrits dans les publications « Duda, R., Hart, P., & Stork, D. (2000). Pattern Classification. New York, NY: Wiley-interscience » et « Hastie, T. & Tibshirani, R. (1998). "Classification by pairwise coupling," 1997 Conf. on Advances in neural information processing systems, The MIT Press, Vol. 10, 507-513".

Dans la stratégie « un contre tous », la similarité entre les différentes classes n'est pas prise en compte. Il n'y a donc pas de garantie quant à l'existence d'une discrimination entre les classes. Ceci pose un réel problème de performance du module de classification. La stratégie « un contre un » décompose exhaustivement un problème à Q classes en un problème à C_Q^2 classes. Une telle stratégie augmente de manière importante le nombre de classes ainsi que les temps de calcul.

Afin d'améliorer la séparation des classes et la lisibilité du problème de classification, l'approche structurale à base d'arbre de décision peut être pertinente. Toutefois, la construction de ces arbres est difficile tant au niveau du choix des attributs à utiliser pour chaque nœud de l'arbre, qu'au niveau de la profondeur de l'arbre. De plus, même si une telle structure est compréhensible pour un humain, elle ne garantit pas une bonne discrimination.

Des approches mixtes, combinant des arbres de décision et des approches statistiques, sont récemment apparues dans l'état de l'art et proposent une cascade de classifieurs boostés ; on peut citer « Viola & Jones (2001) Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition ». L'avantage de telles méthodes est principalement de minimiser le temps de calcul passé sur les cas simples et de consacrer l'essentiel du traitement aux cas difficiles. Ces approches sont utilisées pour des applications de classification binaires (détection de visage ou de piétons). Cependant, des travaux ont été réalisés pour étendre ces algorithmes à des

problèmes de classification multi-classes. L'inconvénient majeur de ces techniques est la difficulté à comprendre et interpréter le fonctionnement de ces algorithmes.

5 Dans le domaine de la télédétection où l'on cherche à reconnaître la nature de la couverture naturelle de la scène observée, il existe des applications utilisant un Modèle Numérique de Terrain (ou MNT) couplé à une classification (supervisée ou non-supervisée). On cherche dans ce cas à reconnaître le type de la couverture naturelle de la scène (glacier, lac, forêt,
10 champ,...) et non des objets d'intérêt dans la scène.

 Dans le domaine de la veille par imagerie, les méthodes de classification de cibles sont peu décrites. La majorité des approches présentées se base sur des modèles d'évolution de pistage et des fonctions de croyance. Lorsque la tâche de discrimination est difficile, le compromis
15 temps de calcul / performances est difficile à obtenir.

 Le but de l'invention est de pallier à ces inconvénients.

 Le principe de l'invention consiste à subdiviser le problème global
20 de classification en différents sous problèmes correspondant aux différents types de fonds auxquels appartiennent les objets.

 Pour cela, on utilise comme nouvelle caractéristique de l'objet, le type de fond auquel il appartient, par exemple fond de mer, fond de terre, fond de ciel, ligne de crête ou ligne d'horizon. Cette information est calculée
25 grâce à l'utilisation d'un Modèle Numérique du Terrain (MNT), de la connaissance des informations de navigation (positions géographique et attitude du capteur du système imageur) et de la direction spatiale sous lequel l'objet est vu.

 Pour une zone d'intérêt centrée sur le système, on détermine dans
30 un premier temps les élévations du terrain et on projette dans le champ de vision les lignes de côte et lignes de crête, ce qui permet de segmenter le champ de vision comme spécifié ci-dessus. On note que lorsque la plateforme se déplace et/ou le capteur est soumis à des variations d'attitude, le champ de vision du capteur est, dans le temps, plus large que son champ de

vision instantané. Le champ dans lequel le calcul est réalisé, en particulier en élévation, tient compte de ce fait.

Par le biais de cette nouvelle caractéristique, on peut positionner un objet sur un type de fond particulier et lui appliquer des règles de décision adaptées en se basant sur une connaissance spécifique de ce fond. Autrement dit, pour un type de fond particulier, la variété des objets est réduite par rapport au problème global, la caractérisation des données devient moins complexe et la discrimination devient meilleure, les ambiguïtés entre objets se réduisant aux objets appartenant à des fonds communs.

Plus précisément, l'invention a pour objet un procédé d'élaboration d'une base de connaissances d'images d'objets obtenues par un dispositif d'imagerie muni d'un capteur, qui comprend une étape de définition de N classes comportant chacune un ensemble d'objets représentés par une étiquette et un ensemble de caractéristiques, et une étape d'apprentissage de règles de décision associées à ces classes. Il est principalement caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :

- définition de K informations contextuelles de fond d'image f_k , avec k variant de 1 à K et $K > 1$,
- association d'une de ces informations de fond d'image f_k à chaque objet,
- répartition des objets dans M nouvelles classes, avec $N < M \leq K \times N$, comportant chacune un ensemble d'objets représentés par une nouvelle étiquette incluant une ancienne étiquette et une desdites informations de fond d'image f_k et l'ensemble des caractéristiques de ces objets,
- définition pour chaque fond f_k d'un sous-ensemble Q_k de ces M classes associées à ce fond d'image,
- apprentissage de règles de décision pour chacun de ces sous-ensembles Q_k .

Selon une caractéristique de l'invention, les fonds d'image étant des fonds déterminés sans ambiguïté, les informations de fond d'image f_k concernent en outre des informations de zones frontières entre deux desdits fonds déterminés sans ambiguïté, la largeur de ces zones frontières étant

déterminée en fonction d'erreurs prédéterminées sur le MNT et/ou la position du capteur et/ou son attitude.

Un opérateur va décider de segmenter le problème en plusieurs sous-problèmes se rapportant à différents fonds (par ex : terre/mer).
5 Néanmoins le calcul de l'information d'appartenance à tel ou tel type de fond (appartenance binaire ou probabiliste) est soit fixé par un opérateur soit encore calculé automatiquement en utilisant le MNT.

L'invention a aussi pour objet un procédé de classification d'un objet présent dans une image obtenue par un système de veille par imagerie, qui
10 comprend une étape d'extraction de l'objet à classifier dans l'image, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de classification de l'objet à partir d'une base de connaissances telle que décrite précédemment, qui comprend les sous-étapes suivantes :

- 15 - acquisition par des moyens de positionnement du système, de la position géographique du capteur du dispositif d'imagerie lors de l'acquisition de l'image,
- alimentation du système de veille par un Modèle Numérique de Terrain et extraction dans le MNT d'une région d'intérêt associée cette position,
- 20 - estimation de l'attitude du capteur du dispositif d'imagerie lors de l'acquisition de l'image, par des moyens de mesure d'attitude, ces mesures étant avantageusement filtrées,
- détermination des élévations du terrain sur un domaine compatible du champ de vision du dispositif d'imagerie, en
25 fonction de ladite attitude et de ladite région d'intérêt,
- projection dans le champ de vision du capteur des informations contextuelles de fond pour segmenter le champ de vision,
- détermination du fond f_k associé à l'objet à classifier,
- 30 - application de règles de décision du sous-ensemble associé à ce fond, ces règles étant issues du procédé d'élaboration d'une base de connaissances tel que décrit précédemment.

Lorsque le MNT ne fournit pas d'informations d'élévation de terrain pour certaines positions du capteur (dans des zones couvertes d'eau par
35 exemple), l'étape d'extraction dans le MNT d'une région d'intérêt comprend

une étape préalable pour compléter ledit MNT par des informations d'élévation de terrain associées à ces positions (altitudes nulles ou valeurs minimales ou moyennes des zones adjacentes).

5 Enfin l'invention concerne un système de veille par imagerie qui comprend un dispositif d'imagerie muni d'un capteur, des moyens de positionnement du dispositif d'imagerie, des moyens de stockage sur lesquels sont stockés des fichiers d'un Modèle Numérique du Terrain et une
10 unité de traitement qui comporte des moyens de mise en œuvre du procédé de classification tel que décrit précédemment.

 La solution proposée permet d'améliorer les performances du système en réduisant la complexité de la tâche de discrimination des différents types de cibles et en permettant une adaptation du processus de classification à
15 l'environnement géographique courant du système.

 De plus, l'interprétation d'éventuels problèmes ou erreurs de classification, et en conséquence la recherche de solutions à ces problèmes, est facilitée par la réduction de périmètre du problème : l'analyse se fait pour un type de fond uniquement.

20 Enfin, l'avantage de la méthode est de permettre un gain en temps de calcul. En effet, par rapport à une approche globale (c'est-à-dire une approche utilisant une base d'apprentissage regroupant tous les types d'objets et une caractérisation par un nombre important d'attributs), la taille de la base d'apprentissage et le nombre de caractéristiques nécessaires à la
25 prise de décision sont réduits.

 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, faite à titre d'exemple non limitatif et en référence aux dessins annexés dans lesquels :

30 la figure 1 représente schématiquement un exemple de trois classes parfaitement réparties dans un espace à deux dimensions,

 la figure 2 illustre schématiquement un exemple selon l'invention de répartition de trois classes d'origine ($N=3$) en six nouvelles classes ($M=6$) obtenues en répartissant les objets de chacune des trois classes d'origine
35 selon un fond de ciel et un fond de mer,

les figures 3a et 3b représentent schématiquement des exemples d'élévation de terrain (fig 3a) et de carte d'intervisibilité (fig 3b),

la figure 4 représente schématiquement un exemple de système de veille par imagerie équipé de moyens de classification selon l'invention.

5 D'une figure à l'autre, les mêmes éléments sont repérés par les mêmes références.

On va décrire le procédé selon l'invention en relation avec l'exemple de la figure 2.

10 On définit N classes (dans l'exemple N=3) comportant chacune un ensemble d'objets de référence représentés par une étiquette (classe1, classe2 et classe3). Ces classes présentent typiquement une faible séparabilité. A ces classes sont associées un ensemble de caractéristiques (dans l'exemple caract1, caract2), et de règles de décision associées à ces
15 caractéristiques.

L'étape suivante consiste à définir K ($K > 1$) caractéristiques contextuelles, en l'occurrence des caractéristiques de fond d'image f_k , avec k variant de 1 à K ; dans l'exemple de la figure il s'agit d'un fond de mer f_1 , et d'un fond de ciel f_2 ($K=2$).

20 Une caractéristique de contexte f_k est alors associée à chaque objet de chacune des N classes ; ceci est effectué soit par un opérateur, soit calculé automatiquement en utilisant le MNT. Un objet bateau est par exemple associé au fond de mer mais n'est pas associé au fond de ciel et réciproquement un avion est associé au fond de ciel mais n'est pas associé
25 au fond de mer. Plusieurs caractéristiques de contexte f_k peuvent être associées à un même objet. De par son mouvement erratique, un oiseau est susceptible de passer successivement sur un court laps de temps d'un type de fond de mer à un type de fond de ciel, ce qui n'est pas le cas d'un avion.

30 On peut aussi définir comme informations de fond f_k , des informations de zones frontières entre deux fonds déterminés sans ambiguïté, la largeur de ces zones frontières étant déterminée en fonction d'erreurs prédéterminées sur le MNT et/ou la position du capteur et/ou son attitude.

A partir de ces caractéristiques f_k et des N classes d'origine, M nouvelles classes sont alors définies avec $N < M \leq K \times N$. Chaque classe d'origine est ainsi scindée en sous-classes sur la base de l'information contextuelle de fond f_k . Il y a au plus K sous-classes pour chaque classe d'origine. On peut avoir $M=K \times N$ comme sur la figure où les objets des trois classes d'origine sont répartis en 6 (on a $M = K \times N = 2 \times 3$) nouvelles classes : trois nouvelles classes pour le fond de ciel et trois nouvelles classes pour le fond de mer. Mais on peut aussi avoir $M < K \times N$ lorsqu'aucun des objets d'une des N classes d'origine n'est associé à une ou plusieurs des caractéristiques de contexte.

Cette répartition peut être réalisée par un opérateur ou par apprentissage automatique ou éventuellement les deux.

Sont ainsi définies M (dans notre exemple $M=6$ avec $K=2$ et $N=3$) nouvelles classes dans lesquelles les objets des trois classes d'origine sont répartis en fonction des anciennes caractéristiques et des nouvelles caractéristiques de contexte. Chaque nouvelle classe est représentée par une nouvelle étiquette incluant une ancienne étiquette et une desdites informations de fond d'image et l'ensemble des caractéristiques de ces objets.

Pour chaque fond f_k est défini un sous-ensemble Q_k de ces M classes associées à ce fond d'image. Dans notre exemple, deux sous-ensembles Q_1 et Q_2 de 3 classes sont définis, l'un pour le fond de mer f_1 , l'autre pour le fond de ciel f_2 . Un sous-ensemble Q_k peut être vide lorsque par exemple, aucun objet d'une classe d'origine n'est associé au fond d'image f_k : aucun objet bateau n'est associé au fond de ciel par exemple.

Des règles de décision sont établies de manière classique pour chacun de ces sous-ensembles Q_k .

Une nouvelle base de connaissances est ainsi définie.

Cette solution permet d'améliorer les performances du système de classification en réduisant la complexité de la tâche de discrimination des différents types de cibles et en permettant une adaptation du processus de classification à l'environnement géographique courant du système.

De plus, l'interprétation d'éventuels problèmes ou erreurs de classification, et en conséquence la recherche de solutions à ces problèmes,

est facilitée par la réduction de périmètre du problème : l'analyse se fait pour un type de fond uniquement.

Enfin, l'avantage du procédé est de permettre un gain en temps de calcul. En effet, par rapport à une approche globale (c'est-à-dire une
5 approche utilisant une base d'apprentissage regroupant tous les types d'objets et une caractérisation par un nombre important d'attributs), la taille de la base d'apprentissage et le nombre de caractéristiques nécessaires à la prise de décision sont réduits.

10 A cette nouvelle base d'apprentissage de M classes, correspond un nouveau procédé de classification d'un nouvel objet.

Il comprend notamment une étape consistant à associer une information de fond f_k au nouvel objet. Un objet peut appartenir de manière sûre à un seul type de fond ou bien peut se situer dans une zone frontière
15 ambiguë. Pour prendre en considération ces zones ambiguës, on peut soit choisir de définir les zones frontières tels que « ligne de crête » et « ligne d'horizon » comme nouvelles informations de fond f_k et associer l'objet à une seule information de fond. Selon une alternative, on peut ne pas compléter ces informations de fond par ces zones frontières et associer l'objet
20 simultanément à deux informations de fond f_k .

Ainsi par exemple la cinématique des deux objets :

- avion, bateau peut être très proche de même que leurs intensités d'où un risque de confusion ; mais si l'objet à classer n'est pas trop proche de l'horizon, il sera associé à une caractéristique de fond « ciel » ou « mer »,
25 et aiguillé vers des classes dans lesquelles il n'y a pas d'ambiguïté avion/bateau : dans les classes « ciel », les avions ne peuvent être confondus avec des bateaux et inversement dans les classes « mer », les bateaux ne peuvent être confondus avec des avions ;

- avion, crête de vague peut être très proche de même que leurs intensités d'où un risque de confusion ; dans les classes « ciel », les avions
30 ne peuvent être confondus avec des crêtes de vague et inversement dans les classes « mer », les vagues ne peuvent être confondues avec des avions ;

- bateau, bord de nuages peut être très proche de même que leurs intensités d'où un risque de confusion ; dans les classes « ciel », les bords
35

de nuage ne peuvent être confondus avec des bateaux et inversement dans les classes « mer », les bateaux ne peuvent être confondus avec des bords de nuage.

5 L'information de fond f_k associée au nouvel objet est calculée à partir de la position géographique et de l'attitude du dispositif d'imagerie du système de veille et grâce à l'utilisation d'un Modèle Numérique du Terrain (MNT). Pour une zone d'intérêt centrée sur la position et la direction de la
10 ligne de visée du dispositif d'imagerie, on détermine dans un premier temps les élévations du terrain comme illustré figure 3a. Les élévations du terrain peuvent sortir du champ de vision du capteur et même du champ dans lequel l'information est calculée – elle même supérieure (du moins en site) à l'extension du capteur. Puis on projette dans le champ de vision du dispositif
15 d'imagerie, les informations contextuelles de fond préalablement assemblées dans des cartes d'intervisibilité 31 sur lesquelles sont représentées les lignes de côte et lignes de crête comme illustré figure 3b, ce qui permet de segmenter le champ de vision comme spécifié ci-dessus, c'est-à-dire en fonction des informations contextuelles de fond.

Par le biais de cette nouvelle caractéristique f_k , l'objectif est de
20 positionner un objet sur un type de fond particulier et de lui appliquer les règles de décision adaptées définies lors de l'élaboration de la nouvelle base de connaissances.

La classification d'un nouvel objet est généralement différée de
25 l'élaboration de la base de connaissances. Dans le cas par exemple d'un système de veille embarqué à bord d'un aéronef, la base de connaissances est élaborée à terre, le procédé de classification étant mis en œuvre en vol. La base de connaissances est produite à terre avant la mission et la prise de décision est mise en œuvre au cours de la mission.

30 Le système de veille par imagerie 100 décrit en relation avec la figure 4, qui est équipé d'un dispositif de classification (ou classifieur), comprend :

- Des moyens de positionnement 10 tels qu'une centrale de navigation
35 inertielle (CNI) et un GPS, solidaires du dispositif d'imagerie 1

(éventuellement d'imagerie passive) servant à la détermination des orientations angulaires des objets extraits des images et au positionnement du capteur d'après ses coordonnées géodésiques. Il convient avantagement de connaître les erreurs sur ces informations afin de pouvoir pondérer la confiance sur les résultats d'appartenance à produire.

- Un Modèle Numérique du Terrain 2 incluant la zone géographique couverte par le système de veille. Si le système est appelé à être embarqué sur un porteur en mouvement, il convient de disposer sur disque dur de MNT de toutes les zones dans lequel le système doit fonctionner.
- Une unité de traitement 3 intégrant un micro-processeur et embarquant un logiciel chargé de traiter les données du MNT et de la centrale inertielle pour positionner les différents objets à classer sur les différents types de fonds et ainsi mettre en œuvre le procédé de classification d'un nouvel objet qui va être décrit plus loin. Certaines parties du traitement peuvent éventuellement être implantées sur FPGA.

La méthode est adaptable à la précision de mesure des capteurs inertiels et du niveau de précision du Modèle Numérique de Terrain. Le principe n'est pas remis en cause par une évolution de ces derniers, une augmentation de précision de ces éléments permet, après simple re-paramétrage, de gagner en précision de segmentation du champ de vision.

Le fonctionnement du procédé de classification d'un nouvel objet est le suivant :

1. La centrale inertielle 10 mesure les données inertielles suivantes C au niveau du dispositif d'imagerie 1 et les transfère à l'unité de traitement 3 : longitude, latitude, altitude, tangage, roulis et lacet. Si elles ne sont pas connues a priori et fixées dans l'unité de traitement, la centrale inertielle peut également fournir les valeurs des incertitudes sur les précédentes mesures.

2. L'unité de traitement 3 reçoit les données inertielles C, extrait la longitude et la latitude A ; selon une variante, l'unité de traitement reçoit directement une position géographique A des moyens de positionnement 10 tels qu'un GPS. A partir de cette position A, une zone d'intérêt B (zone géographique centrée sur le système) est déterminée et les données d'altitude correspondant à la zone d'intérêt B sont alors
5 extraites des fichiers du Module Numérique de Terrain 2, stockés dans les moyens de stockage (disque dur typiquement). De préférence, lorsqu'il n'y a pas de données d'altitude pour certaines zones d'intérêt B, telles que des zones couvertes d'eau, l'unité de traitement 3 détermine artificiellement pour ces zones, des données d'altitude par des 0 ou par les valeurs minimales ou moyennes des zones adjacentes.
10
3. L'unité de traitement 3 extrait la donnée d'altitude du capteur des données inertielles C et l'utilise conjointement à la zone d'intérêt B pour construire, par projection, une carte d'intervisibilité 31 (pour chaque direction observée, cette carte fournit le type de fond visible) pour tout le champ de vision. Cette carte d'intervisibilité 31 est illustrée figure 3b.
15
4. L'unité de traitement 3 extrait les données roulis, tangage et lacet des données inertielles C et les utilise conjointement à l'altitude du capteur pour référencer les objets dans le même repère angulaire que la carte d'intervisibilité 31.
20
5. L'unité de traitement 3 en déduit le type de fond f_k auquel appartient l'objet en cours de classification et, en fonction de cette dernière information, lui applique les règles de décision du classifieur 32 s'appliquant sur ce type de fond et définies
25 lors de l'élaboration de la nouvelle base de connaissances.
30

La fréquence des opérations 1,2,3, d'une part, et des opérations 4,5, d'autre part, peut différer suivant les besoins de l'application (porteurs en mouvement, fréquences des demandes de classification, etc.). Un besoin
35 typique est une faible fréquence temporelle pour les opérations 1,2,3

(suffisant lorsque le mouvement porteur est lent) et une haute fréquence temporelle pour les opérations 4,5 (le nombre d'objets à classer est généralement grand et les temps de prise de décision doivent être courts).

REVENDEICATIONS

1. Procédé de classification d'un objet présent dans une image obtenue
5 par un système de veille (100) par imagerie comportant un capteur,
qui comprend une étape d'extraction de l'objet à classifier dans
l'image, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de classification de
l'objet à partir d'une base de connaissances
- à plusieurs classes comportant chacune un ensemble
10 d'objets représentés par une étiquette et un ensemble de
caractéristiques dont des informations contextuelles de fond
d'images, issues d'un traitement alimenté par un Modèle
Numérique du Terrain (2), dit MNT, et
 - comprenant des règles de décision associées à ces fonds
15 d'images,
- cette étape de classification comprenant les sous-étapes suivantes :
- acquisition par des moyens de positionnement (10) du
système, de la position géographique du capteur du
dispositif d'imagerie (1) lors de l'acquisition de l'image,
 - 20 - alimentation du système de veille par le MNT, extraction
dans le MNT d'une région d'intérêt associée cette position,
 - estimation de l'attitude du capteur du dispositif d'imagerie
lors de l'acquisition de l'image, par des moyens de mesure
d'attitude,
 - 25 - détermination des élévations du terrain sur un domaine
compatible du champ de vision du dispositif d'imagerie, en
fonction de ladite attitude et de ladite région d'intérêt,
 - projection dans le champ de vision d'une segmentation du
champ de vision à partir des élévations du terrain,
 - 30 - à partir de cette segmentation du champ de vision et de la
position de l'objet dans ce champ de vision, détermination du
fond d'images associé à l'objet à classifier,
 - application des règles de décision (32) associées à ce fond.

2. Procédé de classification d'un objet selon la revendication précédente, caractérisé en ce que les mesures d'attitude sont filtrées.
- 5 3. Procédé de classification d'un objet selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le MNT ne fournissant pas d'informations pour certaines positions du capteur, l'étape d'extraction dans le MNT d'une région d'intérêt comprend une étape préalable pour compléter ledit MNT par des altitudes nulles ou des
10 valeurs minimales ou moyennes de zones adjacentes associées à ces positions.
4. Procédé de classification d'un objet selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que des informations de fonds
15 correspondent à des zones frontières déterminées en fonction d'erreurs prédéterminées sur le MNT et/ou la position du capteur et/ou son attitude.
5. Système de veille (100) par imagerie qui comprend un dispositif
20 d'imagerie (1) muni d'un capteur, des moyens de positionnement (10) du dispositif d'imagerie, des moyens de stockage dans lesquels sont stockés des fichiers d'un Modèle Numérique du Terrain (2) et une unité de traitement (3) qui comporte des moyens (31, 32) de mise en œuvre du procédé de classification selon les revendications
25 précédentes.

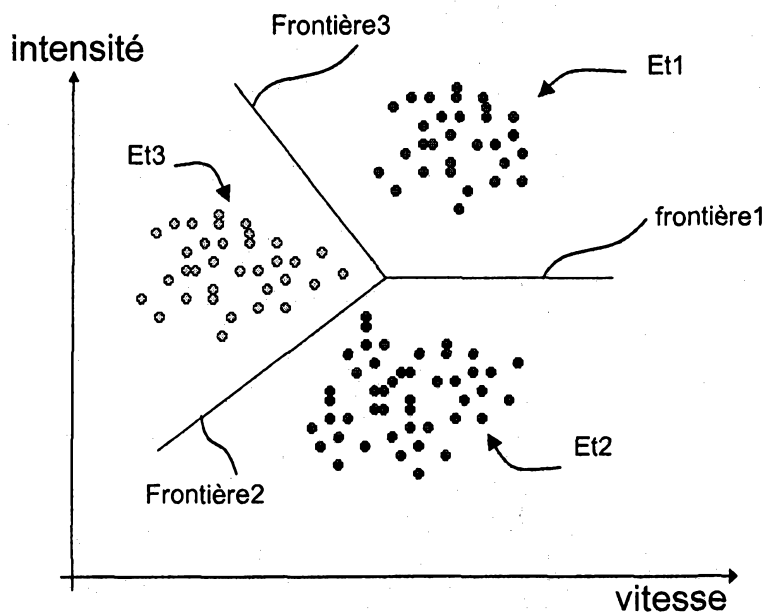
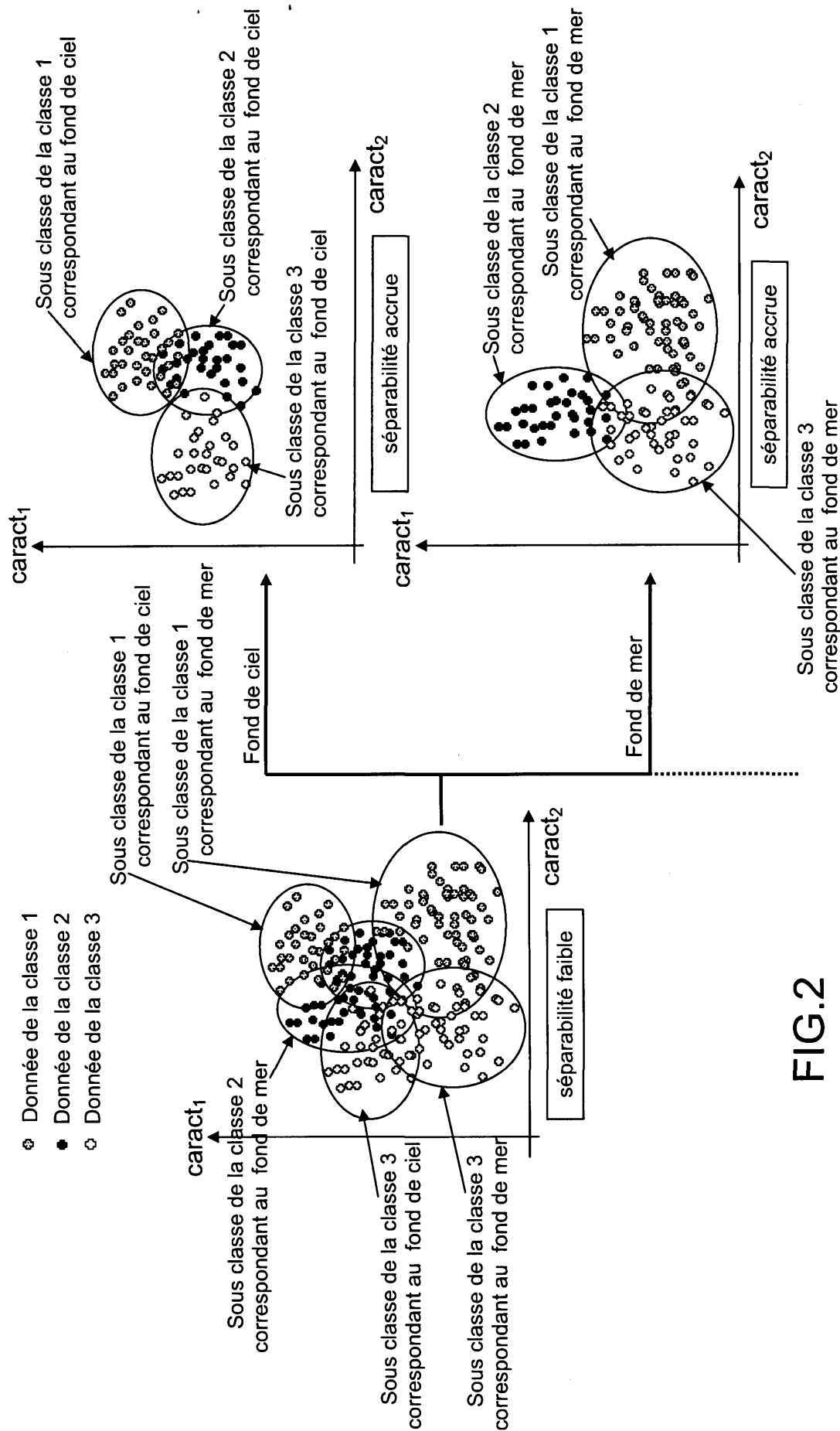


Fig 1



314

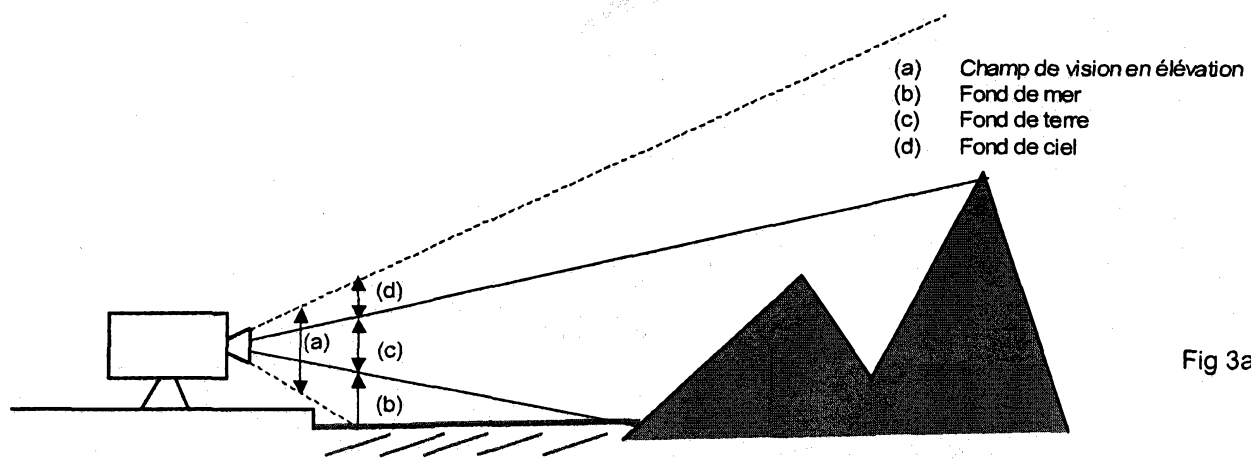


Fig 3a

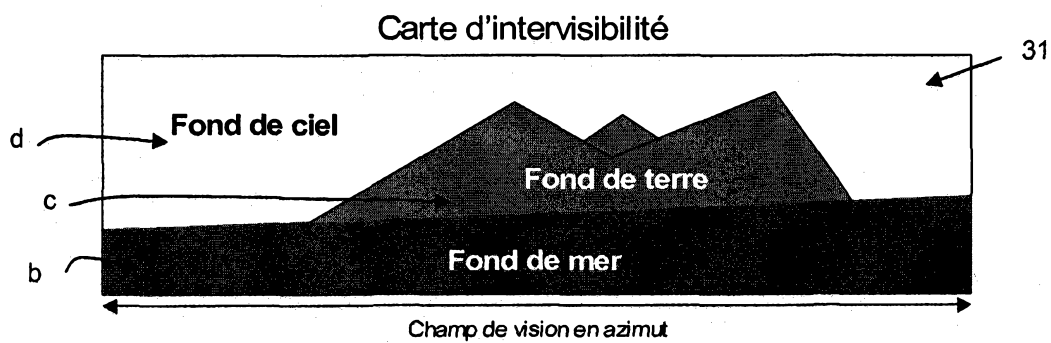


Fig 3b

4/4

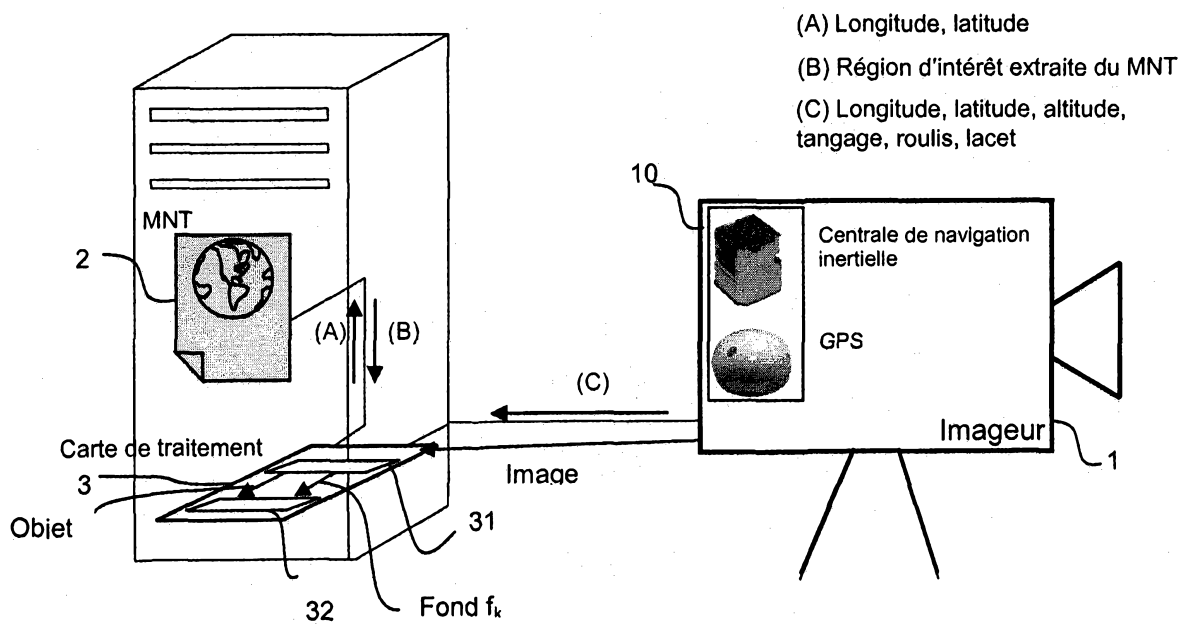


Fig 4

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

TORRALBA A.: "Contextual Priming for Object Detection" INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER VISION, vol. 53, no. 2, 2003, pages 169-191, XP002597601

DURIEUX L., BARALDI A., SIMONETTI D., CONCHEDDA G.: "Object-based land cover classification using a preliminary stratified semantic pixel labeling obtained from a fuzzy spectral prior knowledge classifier" ANAIS XIV SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 23 avril 2009 (2009-04-23), - 25 avril 2009 (2009-04-25) pages 137-143, XP002597602 Natal, Brasil

HEITZ G. AND KOLLER D.: "Learning Spatial Context: Using stuff to find things" PROCEEDINGS OF THE 10TH ECCV, PART I - FORSYTH D., TORR P. AND ZISSERMAN A. (EDS) - LCNS 5320 (SPRINGER) - PAGES 30-43, 2008 , XP002597603

BACHMANN A. AND BALTHASAR M.: "Context-Aware Object Priors" INTERNATIONAL CONFERENCE ON INTELLIGENT ROBOTIC SYSTEMS - IROS 2008 - 2CD WORKSHO: PLANNING, PERCEPTION AND NAVIGATION FOR INTELLIGENT VEHICLES, 22 septembre 2008 (2008-09-22), - 26 septembre 2008 (2008-09-26) XP002597604 Nice, France

JITAO SANG ET AL: "Adaptive object classification in surveillance system by exploiting scene context" 20 juin 2009 (2009-06-20), COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION WORKSHOPS, 2009. CVPR WORKSHOPS 2009. IEEE COMPUTER SOCIETY CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA LNKD- DOI:10.1109/CVPR.2009.5204272, PAGE(S) 1 - 7 , XP031512320 ISBN: 978-1-4244-3994-2

BATLLE J., CASALS A., FREIXENET J. AND MARTI J.: "A review on strategies for recognizing natural objects in colour images of outdoor scenes" IMAGE AND VISION COMPUTING, vol. 18, 2000, pages 515-530, XP002597605

UIJLINGS J R R ET AL: "What is the spatial extent of an object?" COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION, 2009. CVPR 2009. IEEE CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 20 juin 2009 (2009-06-20), pages 770-777, XP031607190 ISBN: 978-1-4244-3992-8

FORMAN A V ET AL: "Contextual analysis of tactical scenes" PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR OPTICAL ENGINEERING (SPIE), SPIE, USA, vol. 845, 1 janvier 1984 (1984-01-01), pages 189-197, XP008125810 ISSN: 0277-786X

US 2008/095435 A1 (LIPTON ALAN J [US] ET AL)
24 avril 2008 (2008-04-24)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL
3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES
NEANT