



(43) Date de la publication internationale
13 décembre 2012 (13.12.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/168572 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06T 7/00 (2006.01) *G06T 17/05* (2011.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/000224

(22) Date de dépôt international :
5 juin 2012 (05.06.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1101771 9 juin 2011 (09.06.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **MBDA FRANCE** [FR/FR]; 37 Bld de Montmorency, F-75016 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **LECUELLE, Jérémy** [FR/FR]; 82, rue Jean Longuet, F-92290 Chate-nay-Malabry (FR).

(74) Mandataire : **GEVERS FRANCE**; 23bis rue de Turin, F-75008 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD AND DEVICE FOR AUTOMATICALLY DETERMINING THE CONTOURS OF HEIGHTS OF THE RELIEF OF A GEOGRAPHICAL AREA

(54) Titre : PROCÉDÉ ET DISPOSITIF POUR DÉTERMINER AUTOMATIQUEMENT LES CONTOURS DE HAUTEURS DU RELIEF D'UNE ZONE GÉOGRAPHIQUE

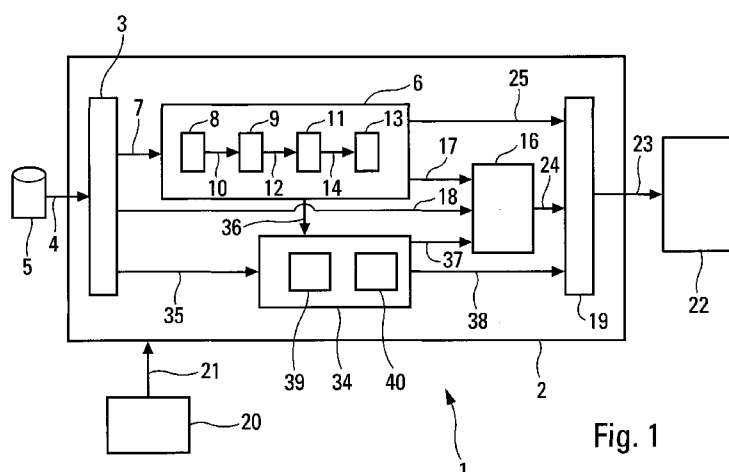


Fig. 1

(57) Abstract : The device (1) comprises: means (3) for receiving an image of a pre-determined geographical area; means (8) for removing from the image the bottom surface of the relief that illustrates the small variations in the altitudes of the geographical area; means (9) for performing a thresholding in order to form a binary image which only contains those reliefs having heights above a threshold value; means (11) for extracting from the binary image the rough contours of the heights of the relief; means (13) for simplifying the rough contours, such as to obtain a set of polygons illustrating the contours of the heights of the relief of the geographical area; and means (19) for transmitting the set of polygons to user means (22).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Le dispositif (1) comporte des moyens (3) pour recevoir une image de la zone géographique considérée, des moyens (8) pour supprimer, à partir de cette image, la surface de fond du relief qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique, des moyens (9) pour réaliser un seuillage afin de former une image binaire, contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil, des moyens (11) pour extraire de cette image binaire des contours bruts des hauteurs du relief, des moyens (13) pour simplifier lesdits contours bruts de manière à obtenir un ensemble de polygones illustrant lesdits contours des hauteurs du relief de ladite zone géographique, et des moyens (19) pour transmettre cet ensemble de polygones à des moyens utilisateurs (22).

Procédé et dispositif pour déterminer automatiquement les contours de hauteurs du relief d'une zone géographique.

La présente invention concerne un procédé et un dispositif pour
5 déterminer automatiquement les contours de hauteurs du relief d'une zone géographique, en particulier terrestre ou sous-marine.

Dans le cas d'une application militaire, on sait que la connaissance des hauteurs du relief d'une zone terrestre particulière est, notamment, très utile pour aider au déploiement d'éléments de systèmes d'armes de
10 défense sol-air. Ces éléments nécessitent, en effet, d'être placés à des positions leur permettant de bénéficier de la visibilité la plus étendue possible, tout en s'affranchissant de masquages créés par le relief, afin de permettre à des capteurs de réaliser des détections de cibles le plus tôt possible et pour des distances les plus grandes possibles, et à des
15 éléments d'interception et de neutralisation de profiter au mieux de leur portée.

De telles hauteurs du relief peuvent notamment être utilisées lors de la préparation de missions de défense sol-air autour d'un site sensible, en permettant d'exploiter les hauteurs locales tout en s'affranchissant des
20 variations lentes de l'altitude du relief.

On notera que, pour obtenir une mise en œuvre satisfaisante d'un tel procédé de détermination des contours des hauteurs du relief d'une zone géographique particulière, ce dernier doit pouvoir être en mesure d'éliminer les variations lentes de pente dans toutes les directions à la
25 fois, et doit, de plus, pouvoir être utilisé par tout type d'élément du système d'arme de défense sol-air sans nécessiter de modification trop importante.

Des solutions usuelles pour remédier à ce problème prévoient :

a) un filtrage basse fréquence appliqué à l'image des altitudes (utilisation de la transformée de Fourier de l'image) ; ou

b) une classification appliquée aux images.

5 Toutefois, ces solutions usuelles présentent notamment les inconvénients respectifs suivants :

- une difficulté à obtenir les hauteurs pertinentes en raison d'une difficulté de réglage des paramètres (fréquence de coupure du filtre, seuillage des altitudes,...), pour la solution a) ; et

10 - pas de suppression des variations lentes d'altitudes, pour la solution b). Les procédés de classification sont très utiles pour délimiter des zones de natures différentes, comme des forêts, des villes, des routes, mais ne sont a priori pas adaptés à l'extraction d'objets du relief.

Ces solutions usuelles ne sont donc pas satisfaisantes, notamment pour les applications envisagées.

15 Par ailleurs, on connaît, par le document EP-O 863 487, un procédé et un dispositif pour déterminer automatiquement le contour de vallées d'une zone géographique.

20 La présente invention a pour objet de remédier aux inconvénients précités. Elle concerne un procédé pour déterminer automatiquement de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit, les contours des hauteurs d'une zone géographique particulière, et ceci quelles que soient les variations lentes d'altitudes du relief dans toutes les directions.

25 A cet effet, selon l'invention, ledit procédé est remarquable en ce que l'on réalise, de façon automatique, les opérations successives suivantes :

a) à partir d'une image de ladite zone géographique, qui contient des données altimétriques de points de cette dernière, on supprime la surface de fond du relief qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique ;

b) à partir des résultats de l'étape a), on réalise un seuillage pour former une image binaire du relief vu de dessus, contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil ;

c) on extrait de cette image binaire qui comprend deux types
5 différents de zones, des contours bruts des hauteurs du relief, illustrant les frontières entre ces deux types différents de zones ; et

d) on simplifie lesdits contours bruts de manière à obtenir un ensemble de polygones illustrant lesdits contours des hauteurs du relief de ladite zone géographique.

10 Ainsi, grâce à l'invention, on est en mesure de déterminer automatiquement de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit, les contours des hauteurs d'une zone géographique déterminée. De plus, cette détermination peut être réalisée quelles que soient les variations lentes d'altitudes du relief dans toutes les directions, notamment grâce à
15 la suppression de la surface de fond du relief.

Le procédé conforme à l'invention permet donc d'extraire d'une image numérisée de ladite zone géographique, cette image étant issue de préférence d'un fichier usuel de type DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais), des contours des hauteurs, et de présenter ces
20 contours sous forme d'un ensemble de polygones, un polygone représentant une figure géométrique fermée formée d'une suite de segments de droite. Une telle représentation sous forme d'un ensemble de polygones peut être utilisée avantageusement dans le cadre d'une exploitation militaire, en particulier pour placer des éléments d'un système
25 d'armes de défense sol-air, ou dans le cadre d'une exploitation civile.

Comme précisé ci-dessous, ledit procédé de traitement automatique utilise des paramètres dits de réglage qui sont susceptibles d'être réglés, c'est-à-dire modifiés, par un opérateur. Ces paramètres de réglage permettent notamment de faire varier les caractéristiques

dimensionnelles des hauteurs du relief, extraites de la zone géographique considérée, ce qui permet d'appliquer l'invention à tout type de relief terrestre, et en particulier pour tout type d'éléments terrestres à déployer. Le procédé conforme à l'invention est également applicable à tout type de relief sous-marin (exploitation sous-marine), ainsi qu'à tout type de relief planétaire autre que terrestre (exploration spatiale).

Dans un mode de réalisation préféré, à l'étape d), on superpose ledit ensemble de polygones de façon conforme sur une image de ladite zone géographique de manière à obtenir une image composée, que l'on peut notamment afficher ou imprimer.

Par ailleurs, de façon avantageuse :

- à l'étape a), pour supprimer la surface de fond du relief, on utilise un algorithme dit du « chapeau haut de forme », comprenant un élément structurant qui est réglable ; et/ou

- la valeur de seuil utilisée à l'étape b) est réglable ; et/ou
- à l'étape d), on met en œuvre un algorithme de simplification qui utilise un paramètre de tolérance indiquant le degré de simplification, qui est également réglable.

Dans un mode de réalisation préféré, on analyse, dans une étape supplémentaire, ledit ensemble de polygones pour définir au moins un, mais de préférence une pluralité d'attributs permettant de caractériser lesdits polygones. De façon préférentielle, on met en évidence chaque attribut ainsi déterminé sur ladite image composée, par exemple à l'aide d'un code de couleur particulier, d'un signe ou symbole caractéristique et/ou d'une valeur alphanumérique.

Avantageusement, dans ladite étape supplémentaire, on détermine au moins certains des attributs suivants, qui sont indépendants des altitudes du relief :

- l'éloignement par rapport à un objectif ;

- au moins la superficie d'un polygone ;
- au moins un rectangle majorant simple qui est associé à un polygone ; et
- au moins un polygone convexe majorant.

5 En outre, en variante ou en complément, on détermine également, dans ladite étape supplémentaire, au moins certains des attributs suivants, qui dépendent, quant à eux, des altitudes du relief :

- l'altitude moyenne ;
- l'écart-type des altitudes ;
- 10 - l'altitude maximale ; et
- des points hauts.

 Avantageusement, pour déterminer lesdits points hauts, on recherche des points présentant des hauteurs maximales locales, à l'aide d'un seuil qui est réglable, et on exclut tous les points trouvés qui sont
15 externes auxdits contours bruts, comme précisé ci-dessous.

 La présente invention concerne également un dispositif pour déterminer automatiquement (de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit) le contour des hauteurs d'une zone géographique particulière.

 A cet effet, selon l'invention, ledit dispositif est remarquable en ce
20 qu'il comporte :

- des moyens pour recevoir une image de ladite zone géographique, qui contient des données altimétriques de points de cette dernière ;
- des moyens pour supprimer, à partir de ladite image, la surface
25 de fond du relief qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique ;
- des moyens pour réaliser un seuillage afin de former une image binaire du relief vu de dessus, contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil ;

- des moyens pour extraire de cette image binaire qui comprend deux types différents de zones, des contours bruts des hauteurs du relief, illustrant les frontières entre les deux types différents de zones ;

5 - des moyens pour simplifier lesdits contours bruts de manière à obtenir un ensemble de polygones illustrant les contours des hauteurs du relief de ladite zone géographique ; et

- des moyens pour transmettre ledit ensemble de polygones à des moyens utilisateurs, par exemple des moyens d'affichage ou d'impression.

10 Ledit dispositif s'applique à tout type de relief, aussi bien terrestre que sous marin. Il prévoit donc de supprimer la surface de fond du relief qui contient les variations lentes des altitudes. Le seuillage des altitudes ainsi modifiées permet alors de générer une image binaire des hauteurs qui sera ensuite utilisée pour extraire les contours.

15 Dans un mode de réalisation particulier, ledit dispositif comporte également :

- des moyens pour analyser ledit ensemble de polygones dans le but de définir au moins un attribut permettant de caractériser lesdits polygones ;

20 - des moyens permettant à un opérateur d'entrer des données, et notamment lesdits paramètres de réglage ; et/ou

- lesdits moyens utilisateurs.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

25 La figure 1 est le schéma synoptique d'un dispositif conforme à l'invention.

Les figures 2A et 2B montrent schématiquement des profils verticaux permettant d'illustrer la suppression d'une surface de fond.

La figure 3 montre schématiquement une image binaire obtenue

après une étape de seuillage.

Les figures 4 et 5 montrent schématiquement deux graphiques permettant d'expliquer les caractéristiques d'un paramètre qui est utilisé pour déterminer des points hauts.

5 La figure 6 montre schématiquement une image composée susceptible d'être obtenue à l'aide d'un dispositif conforme à l'invention.

 Le dispositif 1 conforme à l'invention et représenté schématiquement sur la figure 1 est destiné à déterminer les contours des hauteurs d'une zone géographique particulière, et ceci quelles que soient
10 les variations lentes d'altitudes du relief dans toutes les directions.

 Pour ce faire, ledit dispositif 1 comporte, selon l'invention, une unité de traitement 2 qui comprend :

 - des moyens 3 d'acquisition de données, pour recevoir une image de la zone géographique ZO à analyser. Cette image qui est de type
15 numérisé et qui contient des données altimétriques de points de ladite zone géographique ZO, est reçue (via une liaison 4 de transmission de données) d'un fichier, de préférence d'un fichier DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais), qui est stocké dans une base de données 5 usuelle ; et

20 - des moyens 6 de traitement d'image, qui sont reliés par une liaison 7 auxdits moyens 3.

 Selon l'invention, lesdits moyens 6 comprennent :

 - des moyens 8 pour supprimer, à partir de ladite image reçue des
25 moyens 3, la surface de fond du relief qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique ;

 - des moyens 9 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 10
auxdits moyens 8 et qui sont formés de manière à réaliser un seuillage afin de former une image binaire IB du relief vu de dessus (figure 3),

contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil ;

- des moyens 11 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 12 auxdits moyens 9 et qui sont formés de manière à extraire de cette image binaire IB (comprenant deux types Z1 et Z2 différents de zones), des contours bruts des hauteurs du relief. Ces contours bruts illustrent les frontières entre les deux types Z1 et Z2 différents de zones ; et

- des moyens 13 qui sont reliés par l'intermédiaire d'une liaison 14 auxdits moyens 11 et qui sont formés de manière à simplifier lesdits contours bruts afin d'obtenir un ensemble de polygones qui illustrent les contours (recherchés) des hauteurs du relief de ladite zone géographique.

En outre, ladite unité de traitement 2 comporte, de plus, des moyens 16 qui sont, par exemple, reliés par l'intermédiaire de liaisons 17 et 18 respectivement auxdits moyens 6 et 3 et qui sont formés de manière à superposer ledit ensemble de polygones (reçu des moyens 6) sur une image de ladite zone géographique (reçue des moyens 3) par exemple une photo réalisée par un satellite. Cette superposition est réalisée de façon conforme, c'est-à-dire que l'on superpose à chaque fois les informations relatives aux mêmes coordonnées dans le plan de l'image. On obtient alors une image dite composée (ou hybride) IF, telle que celle représentée par exemple sur la figure 6, qui peut être transmise par l'intermédiaire de moyens 19 de transmission d'informations.

En outre, ledit dispositif 1 comporte, de plus :

- des moyens 20, par exemple un clavier ou tout autre moyen de saisie de données, qui sont par exemple reliés par l'intermédiaire d'une liaison 21 à ladite unité de traitement 2 et qui permettent à un opérateur d'entrer des données dans ladite unité de traitement 2, et en particulier des paramètres de réglage, comme précisé ci-dessous ; et

- des moyens utilisateurs 22, en particulier des moyens (d'affichage ou d'impression) qui permettent de présenter à un opérateur les résultats des traitements mis en œuvre par l'unité de traitement 2 (et reçus via une liaison 23 desdits moyens 19). Lesdits moyens 19 de l'unité 2 sont reliés par l'intermédiaire de liaisons 24 et 25 respectivement auxdits moyens 16 et 6.

Ainsi, le dispositif 1 conforme à l'invention est en mesure de déterminer automatiquement de façon rapide, simple, fiable et à coût réduit, les contours Ci des hauteurs d'une zone géographique ZO déterminée. De plus, cette détermination peut être réalisée quelles que soient les variations lentes d'altitudes du relief dans toutes les directions, notamment grâce à la suppression de la surface de fond du relief, mise en œuvre par les moyens 8.

Ledit dispositif 1 permet donc d'extraire d'une image numérisée de ladite zone géographique, cette image étant issue de préférence d'un fichier usuel de type DTED (« Digital Terrain Elevation Data » en anglais), des contours Ci des hauteurs, et de présenter ces contours Ci sous forme d'un ensemble de polygones Pi. De façon usuelle, un polygone Pi représente une figure géométrique fermée, formée d'une suite de segments de droite. Une telle représentation sous forme d'un ensemble de polygones peut être utilisée dans le cadre d'une exploitation militaire, en particulier pour placer des éléments d'un système d'armes de défense sol-air, ou dans le cadre d'une exploitation civile.

Comme précisé ci-dessous, ledit dispositif 1 utilise des paramètres de réglage qui sont susceptibles d'être réglés, c'est-à-dire modifiés, par un opérateur à l'aide des moyens 20, et qui permettent de faire varier les caractéristiques dimensionnelles des hauteurs du relief extraites de la zone géographique considérée, ce qui permet d'appliquer l'invention à tout type de relief terrestre, et notamment pour tout type d'élément terrestre à

déployer. Le dispositif 1 conforme à l'invention est également applicable à tout type de relief sous-marin (exploitation sous-marine), ainsi qu'à tout type de relief planétaire autre que terrestre (exploration spatiale).

Lesdits moyens 8 ont donc pour objet de supprimer la surface de fond du relief, c'est-à-dire les variations d'altitudes très progressives sur de grandes distances (tel que pour un glacis ou un faux-plat) par rapport aux variations d'altitudes significatives correspondant aux reliefs dont on souhaite extraire les contours, à savoir des reliefs (tels que des buttes et des collines) qui peuvent notamment être exploités pour le déploiement d'éléments d'un système d'armes de défense.

Pour ce faire, lesdits moyens 8 emploient un algorithme approprié du type usuel dit « chapeau haut de forme » (ou « Top Hat » en anglais), utilisant un élément structurant qui est réglable (à l'aide des moyens 20).

De façon usuelle, cet algorithme utilise une sphère (ou boule) comme élément structurant, et son expression mathématique est la suivante :

$f - O(f,g)$, f étant l'image du relief brut, g l'élément structurant et O l'opérateur d'ouverture morphologique.

Le rayon de la sphère, typiquement de l'ordre de 2500m, est un paramètre de réglage qui permet d'ajuster le résultat.

La suppression de la surface de fond est réalisée, de préférence, grâce à un algorithme particulier, dit de « la boule roulante » (« Rolling Ball » en anglais), qui est un algorithme de traitement d'images du domaine de la morphologie mathématique.

Cette étape est mise en œuvre en faisant rouler, sous le relief brut 27, une boule 28 de rayon immédiatement plus grand que le rayon de courbure des reliefs que l'on souhaite extraire, comme représenté sur la figure 2A (qui est simplifié à un profil vertical). On construit ainsi le domaine 29 (représenté par des traits interrompus sur la figure 2A) formé

des points parcourus par le centre C de la boule 28 lors de son déplacement (illustré par une flèche 30). On soustrait aux altitudes du relief brut les altitudes de ce domaine 29 préalablement rehaussé du rayon de la boule, de manière à obtenir le relief 31 représenté sur la figure 2B.

5 La suppression du fond permet de redéfinir les altitudes par rapport à la surface de fond. L'extraction des hauteurs peut alors être réalisée par un seuillage de l'image. Les moyens 9 ont pour objet de réaliser le seuillage des altitudes du relief 31 obtenu, de manière à ne conserver que les reliefs suffisamment hauts pour être exploités, en particulier pour le
10 déploiement d'éléments d'un système de défense. La valeur de seuil utilisée (par exemple de l'ordre de 50m) est réglable (ou paramétrable) par un opérateur à l'aide des moyens 20. Grâce au traitement mis en œuvre par lesdits moyens 9, on obtient une image binaire IB (noir et blanc) du relief vu de dessus, comme représenté sur la figure 3.

15 A partir de cette image binaire IB, lesdits moyens 11 extraient les contours des hauteurs du relief mis en évidence lors de l'étape précédente (frontières entre les parties blanches Z1 et les parties noires Z2 (représentant les reliefs extraits) de l'image binaire IB), qui sont ensuite simplifiés par lesdits moyens 13 afin d'obtenir une représentation des
20 contours de ces hauteurs sous forme d'un ensemble de polygones.

Les contours bruts obtenus suite à l'extraction mise en œuvre par les moyens 11 sont en quatre-connexité.

 Afin d'obtenir des contours faciles à exploiter et à afficher, les
25 moyens 13 les simplifier pour diminuer le nombre de points qui les composent. L'algorithme de simplification utilisé est, de préférence, l'algorithme connu de Douglas-Peucker, qui prend en compte un paramètre de tolérance. Ce paramètre de tolérance, qui peut être ajusté par un opérateur (à l'aide des moyens 20), permet de régler le degré de

simplification, puisqu'il indique l'écart maximum toléré entre le contour d'origine et le contour simplifié.

Par ailleurs, dans un mode de réalisation préféré, ladite unité de traitement 2 comporte, de plus, des moyens 34 (qui sont reliés par l'intermédiaire de liaisons 35, 36, 37, et 38 respectivement auxdits moyens 3, 6, 16 et 19) pour analyser ledit ensemble de polygones dans le but de définir au moins un attribut permettant de caractériser lesdits polygones.

En effet, à l'issue de l'extraction (réalisée par les moyens 6), la seule information dont on dispose sur les hauteurs est leur contour. La caractérisation mise en œuvre par les moyens 34 est destinée à définir des attributs (autres que le contour) qui peuvent intervenir pour décrire les hauteurs et les contours obtenus. On peut les classer en deux catégories :

- les attributs indépendants des altitudes, qui décrivent la forme de la hauteur : enveloppe convexe, rectangle majorant,...; et

- les attributs destinés à décrire les altitudes de la hauteur : altitude moyenne, variance des altitudes, points hauts,... Dans ce cas, les contours des hauteurs (déterminés à partir de l'image des altitudes modifiées) doivent être reportés sur l'image des altitudes réelles, afin d'effectuer les différentes mesures.

De préférence, on met en évidence chaque attribut ainsi déterminé sur ladite image composée IF, par exemple à l'aide d'un code de couleur particulier, d'un signe ou symbole caractéristique et/ou d'une valeur alphanumérique.

A titre d'illustration, lesdits moyens 34 comprennent des moyens 39 qui peuvent prendre en compte, comme attributs indépendants des altitudes :

A/ l'éloignement qui permet de distinguer les hauteurs en fonction de leur éloignement par rapport à un objectif (ou cible) particulier. Dans une problématique de déploiement, cela permet de distinguer les hauteurs qui pourront recevoir des systèmes d'armes, celles qui ne recevront pas de systèmes d'armes mais sont à prendre en compte puisqu'elles peuvent gêner la défense, et celles qui ne sont pas à prendre en compte. Ces trois catégories peuvent être caractérisées de la manière suivante : proche (jusqu'à 8km par exemple), lointaine (jusqu'à 20km par exemple) et très lointaine (au-delà de 20km) ;

B/ l'aire, c'est-à-dire la superficie de la hauteur calculée à partir du contour brut (avant simplification) ;

C/ le type de hauteurs. Les hauteurs peuvent être classées en différentes catégories, par exemple en quatre catégories, en fonction de leur superficie. A titre d'illustration, les catégories, de la moins étendue à la plus étendue, peuvent être : les buttes (jusqu'à 1km²), les collines (jusqu'à 9km²), les massifs (jusqu'à 400km²) et les chaînes de montagne ;

D/ un rectangle majorant simple qui désigne le rectangle le plus petit, dont les côtés sont parallèles à l'axe des abscisses ou à l'axe des ordonnées, et qui englobe un polygone ; et

E/ un polygone convexe majorant qui désigne l'enveloppe convexe du contour de la hauteur.

En outre, lesdits moyens 34 comprennent également des moyens 40 qui peuvent prendre en compte, comme attributs dépendant des altitudes :

- l'altitude moyenne ;
- l'écart-type des altitudes ;
- l'altitude maximale ; et
- des points hauts.

Pour déterminer des points hauts, lesdits moyens 40 recherchent des points présentant des hauteurs maximales locales, à l'aide d'un seuil qui est réglable, puis ils excluent les points qui sont externes aux contours bruts.

5 On notera que, pour permettre à un système d'armes d'avoir la meilleure visibilité, il doit être placé sur un point culminant au sein d'une hauteur. Aussi, afin d'obtenir une information complète, on suppose qu'une hauteur peut contenir plusieurs points hauts (ou culminants) qui correspondent alors aux maximums locaux d'altitudes.

10 La fonctionnalité de recherche d'extremums locaux permet d'extraire la position des maximums locaux d'une image à niveaux de gris. Cette fonction dispose du paramètre usuel, dit « Noise Tolerance », qui permet de filtrer les extremums locaux pour retenir uniquement ceux qui sont significatifs. Il permet de définir le seuil qui sera appliqué aux
15 altitudes, à l'aide de la formule suivante :

$$S = z_{\max} - T$$

dans laquelle:

- $z_{\max}$ représente l'altitude du maximum local considéré ; et
- T représente ledit paramètre « Noise Tolerance ».

20 On considère alors la zone continue autour du maximum local dont les altitudes sont au-dessus de ce seuil. Le maximum est alors retenu s'il représente un maximum global sur cette zone continue. Ainsi, à titre d'illustration :

25 - dans l'exemple de la figure 4, en présence d'une valeur T1 faible pour T, les deux maxima M1 et M2 sont retenus ; tandis que

 - dans l'exemple de la figure 5, le paramètre T présente une valeur T2 plus grande. La zone continue définie sous le second maximum M2 contient le premier extremum M1 dont l'altitude est plus grande. Le second maximum M2 ne sera donc pas retenu.

Pour régler ce paramètre T, on utilise l'écart-type des altitudes qui rend compte de la plage des altitudes présentes sur la hauteur, tout en étant peu sensible aux valeurs extrêmes. Sur les hauteurs de petites surfaces qui présentent une variation faible des altitudes, on retient les maximums locaux de faible importance, alors que sur une hauteur très étendue et qui contient des altitudes très différentes (par exemple un massif montagneux), on retient uniquement les maximums locaux très significatifs. La définition du paramètre T retenue est la suivante :

$$T = k \cdot \sigma$$

dans laquelle:

- k représente le coefficient écart-type défini par un opérateur (proche de 1) ; et
- σ représente l'écart-type des altitudes (en m).

Le réglage dudit coefficient k permet d'ajuster la condition de prise en compte des points hauts. Une valeur faible conduira à accepter de nombreux points hauts. Au contraire, une valeur élevée durcira la condition de prise en compte des points hauts, ce qui entraînera un nombre de points hauts plus faible.

Par ailleurs, la dernière étape mise en œuvre par lesdits moyens consiste à garder uniquement les points hauts (ainsi trouvés) qui sont intérieurs aux contours simplifiés. La recherche des points hauts est, en effet, effectuée à partir du contour brut (avant simplification). Aussi, dans certaines situations, des points hauts deviennent extérieurs au contour après simplification. Il convient donc de les exclure.

Les points hauts peuvent être mis en évidence sur une image IF par l'intermédiaire de triangles indiquant leur emplacement géographique, auxquels sont adjointes des valeurs indiquant les altitudes correspondantes.

Sur la figure 6, on a représenté une image composée IF comprenant un fond F illustrant une image (par exemple satellitaire), à laquelle on a superposé les contours, c'est-à-dire l'ensemble des polygones P_i obtenus grâce à l'invention.

5 Sur la figure 6, on a mis en évidence certains attributs permettant d'apporter des informations sur les contours. Ainsi, à titre d'illustration, on a représenté :

- sous forme de polygones P_1 en trait continu moyen, des contours C_1 qui sont éloignés ; et

10 - sous formes respectives de polygones P_2 et P_3 en trait continu épais et en trait mixtes, des contours C_2 et C_3 présentant des catégories différentes (relativement à leur surface).

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déterminer automatiquement les contours de hauteurs du relief, tel que des buttes et des collines, d'une zone géographique (ZO), en particulier terrestre ou sous-marine, procédé selon lequel on réalise, de façon automatique, les opérations successives suivantes :

a) à partir d'une image de ladite zone géographique (ZO), qui contient des données altimétriques de points de cette dernière, on supprime la surface de fond du relief, qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique (ZO), en mettant en oeuvre un algorithme dit du chapeau haut de forme, qui utilise un élément structurant (28) qui est réglable ;

b) à partir des résultats de l'étape a), on réalise un seuillage pour former une image binaire (IB) du relief vu de dessus, contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil qui est réglable ;

c) on extrait de cette image binaire (IB) qui comprend deux types (Z1, Z2) différents de zones, des contours bruts des hauteurs du relief, illustrant les frontières entre ces deux types (Z1, Z2) différents de zones ;
et

d) on simplifie lesdits contours bruts de manière à obtenir un ensemble de polygones (P1, P2, P3) illustrant les contours (C1, C2, C3) des hauteurs du relief de ladite zone géographique (ZO).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à l'étape d), on superpose ledit ensemble de polygones (P1, P2, P3) de façon conforme sur une image (F) de ladite zone géographique (ZO) de manière à obtenir une image composée (IF).

3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2,

caractérisé en ce qu'à l'étape a), on utilise une sphère comme élément structurant.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape b), on réalise le seuillage de manière à ne
5 conserver que les reliefs suffisamment hauts pour être exploités.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'à l'étape d), on met en œuvre un algorithme de simplification qui utilise un paramètre de tolérance indiquant le degré de simplification, qui est réglable.

10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que, dans une étape supplémentaire, on analyse ledit ensemble de polygones (P1, P2, P3) pour définir au moins un attribut permettant de caractériser lesdits polygones (P1, P2, P3).

7. Procédé selon les revendications 2 et 6,
15 caractérisé en ce que l'on met en évidence sur ladite image composée (IF), ledit attribut.

8. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que l'on détermine au moins certains des attributs suivants, qui sont indépendants des altitudes du relief :

- 20
- l'éloignement par rapport à un objectif ;
 - au moins la superficie d'un polygone ;
 - au moins un rectangle majorant simple qui est associé à un polygone ; et
 - au moins un polygone convexe majorant.

25 9. Procédé selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que l'on détermine au moins certains des attributs suivants, qui dépendent des altitudes du relief :

- l'altitude moyenne ;
- l'écart-type des altitudes ;

- l'altitude maximale ; et
- des points hauts.

10. Procédé selon la revendication 9,

caractérisé en ce que, pour déterminer des points hauts, on recherche des points présentant des hauteurs maximales locales (M1, et M2), à l'aide
5 d'un seuil qui est réglable, et on exclut tous les points trouvés qui sont externes auxdits contours bruts.

11. Dispositif pour déterminer automatiquement les contours des hauteurs du relief, tel que des buttes et des collines, d'une zone géographique (ZO), en particulier terrestre ou sous-marine, ledit dispositif
10 (1) comportant :

- des moyens (3) pour recevoir une image de ladite zone géographique (ZO), qui contient des données altimétriques de points de cette dernière (ZO) ;
- 15 - des moyens (8) pour supprimer, à partir de ladite image, la surface de fond du relief qui illustre les variations lentes des altitudes de ladite zone géographique (ZO), en mettant en oeuvre un algorithme dit du chapeau haut de forme, qui utilise un élément structurant (28) qui est réglable ;
- 20 - des moyens (9) pour réaliser un seuillage afin de former une image binaire (IB) du relief vu de dessus, contenant uniquement des reliefs dont les hauteurs sont supérieures à une valeur de seuil qui est réglable ;
- des moyens (11) pour extraire de cette image binaire (IB) qui comprend deux types (Z1, Z2) différents de zones, des contours bruts des hauteurs du relief, illustrant les frontières entre ces deux types (Z1, Z2)
25 différents de zones ;
- des moyens (13) pour simplifier lesdits contours bruts de manière à obtenir un ensemble de polygones (P1, P2, P3) illustrant lesdits contours (C1, C2, C3) des hauteurs du relief de ladite zone géographique (ZO) ; et

- des moyens (19) pour transmettre ledit ensemble de polygones (P1, P2, P3) à des moyens utilisateurs (22).

12. Dispositif selon la revendication 11,
caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, des moyens (16) pour
5 superposer ledit ensemble de polygones (P1, P2, P3) de façon conforme
sur une image (F) de ladite zone géographique de manière à obtenir une
image composée (IF).

13. Dispositif selon l'une des revendications 11 et 12,
caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, des moyens (34) pour analyser
10 ledit ensemble de polygones (P1, P2, P3) dans le but de définir au moins
un attribut permettant de caractériser lesdits polygones (P1, P2, P3).

14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13,
caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, des moyens (20) permettant à
un opérateur d'entrer des données dans ledit dispositif (1).

15 15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14,
caractérisé en ce qu'il comporte, de plus, lesdits moyens utilisateurs (22).

1/3

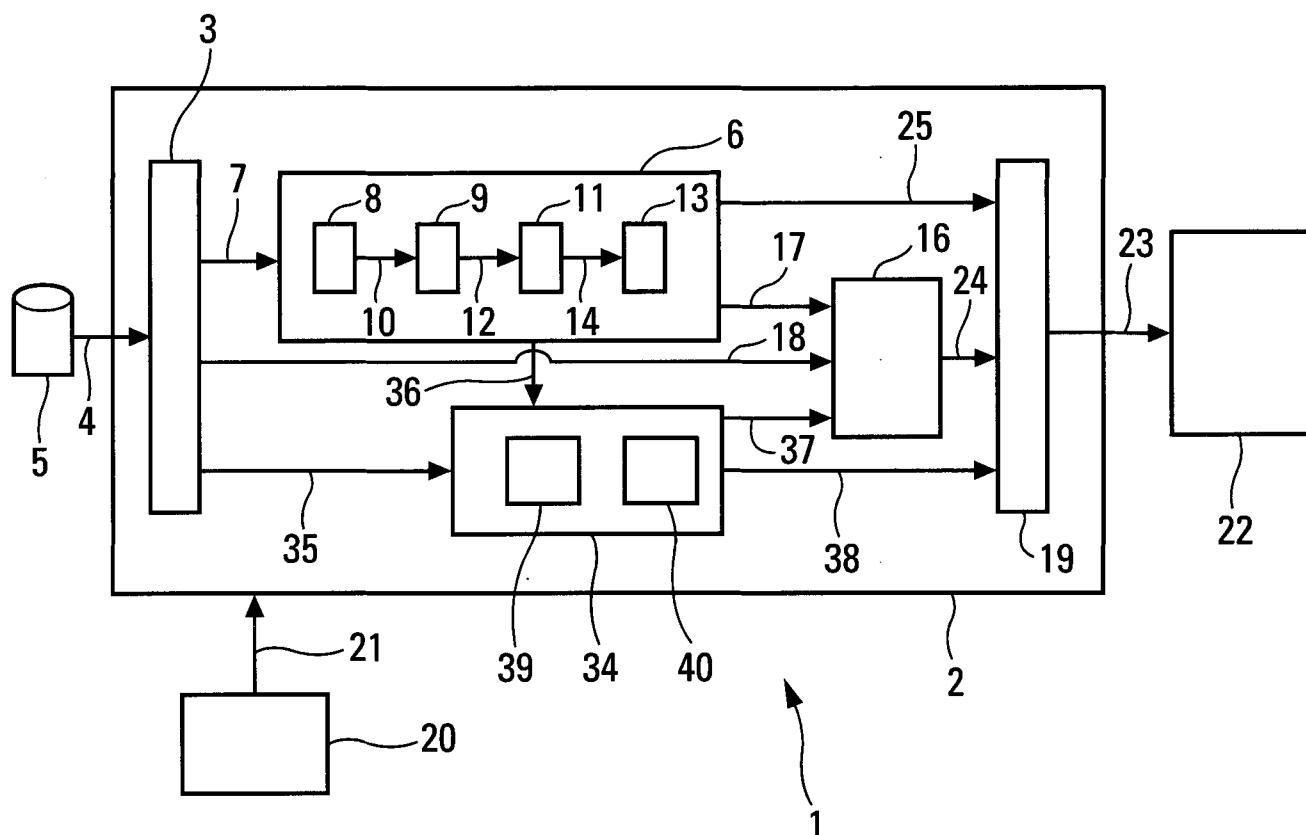


Fig. 1

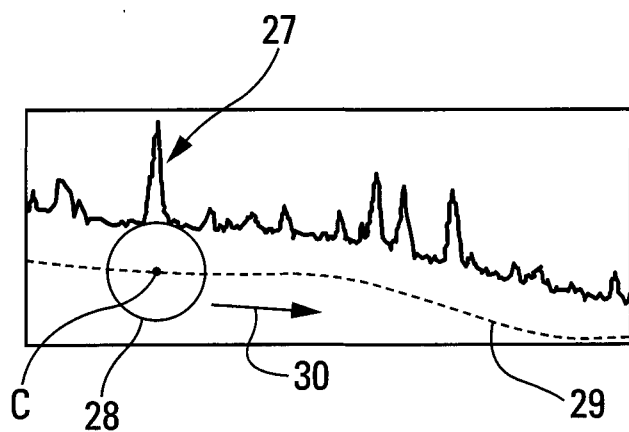


Fig. 2A

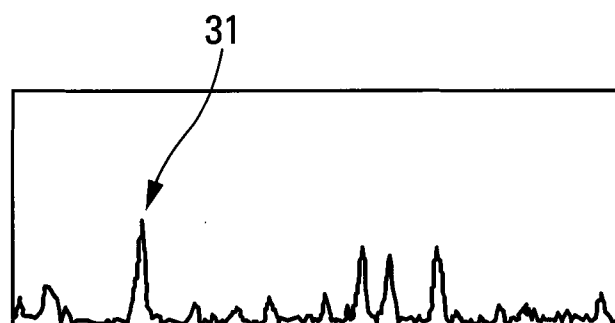


Fig. 2B

2/3

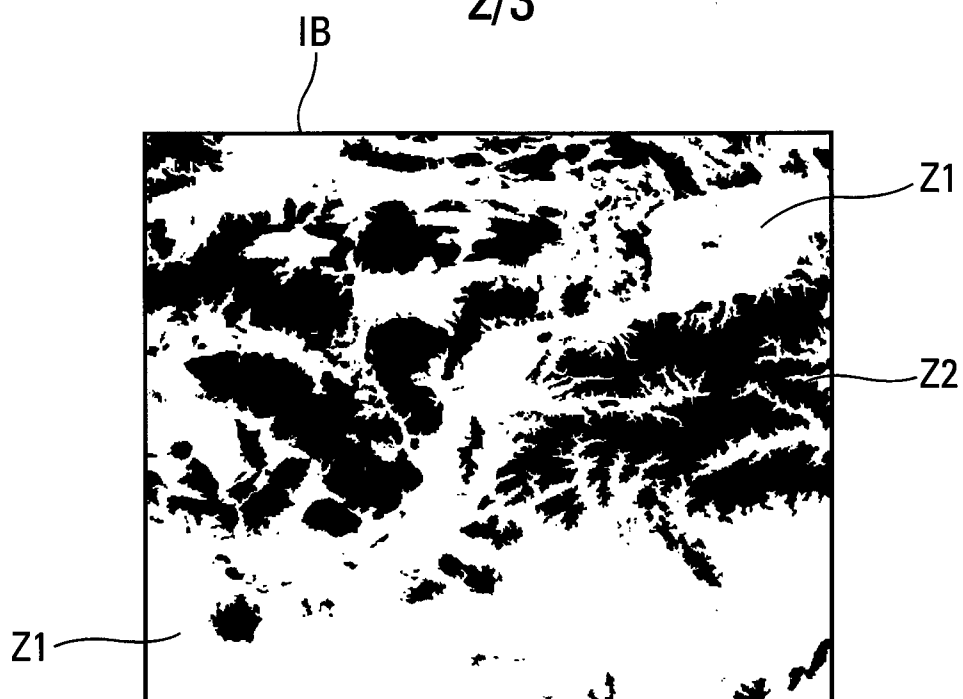


Fig. 3

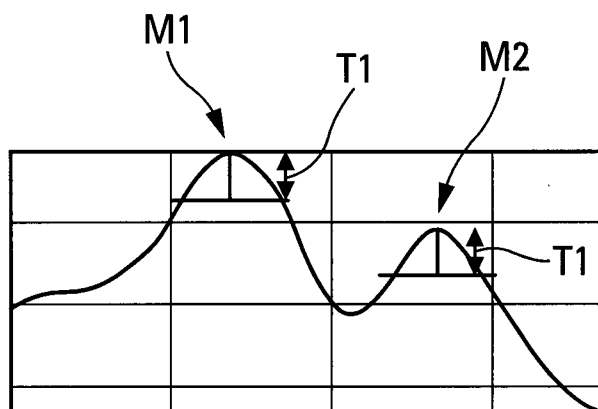


Fig. 4

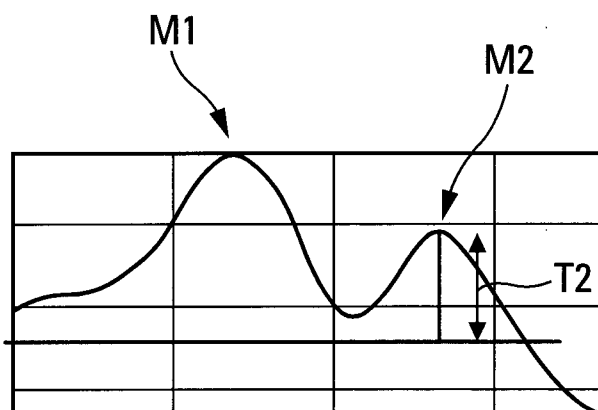


Fig. 5

3/3

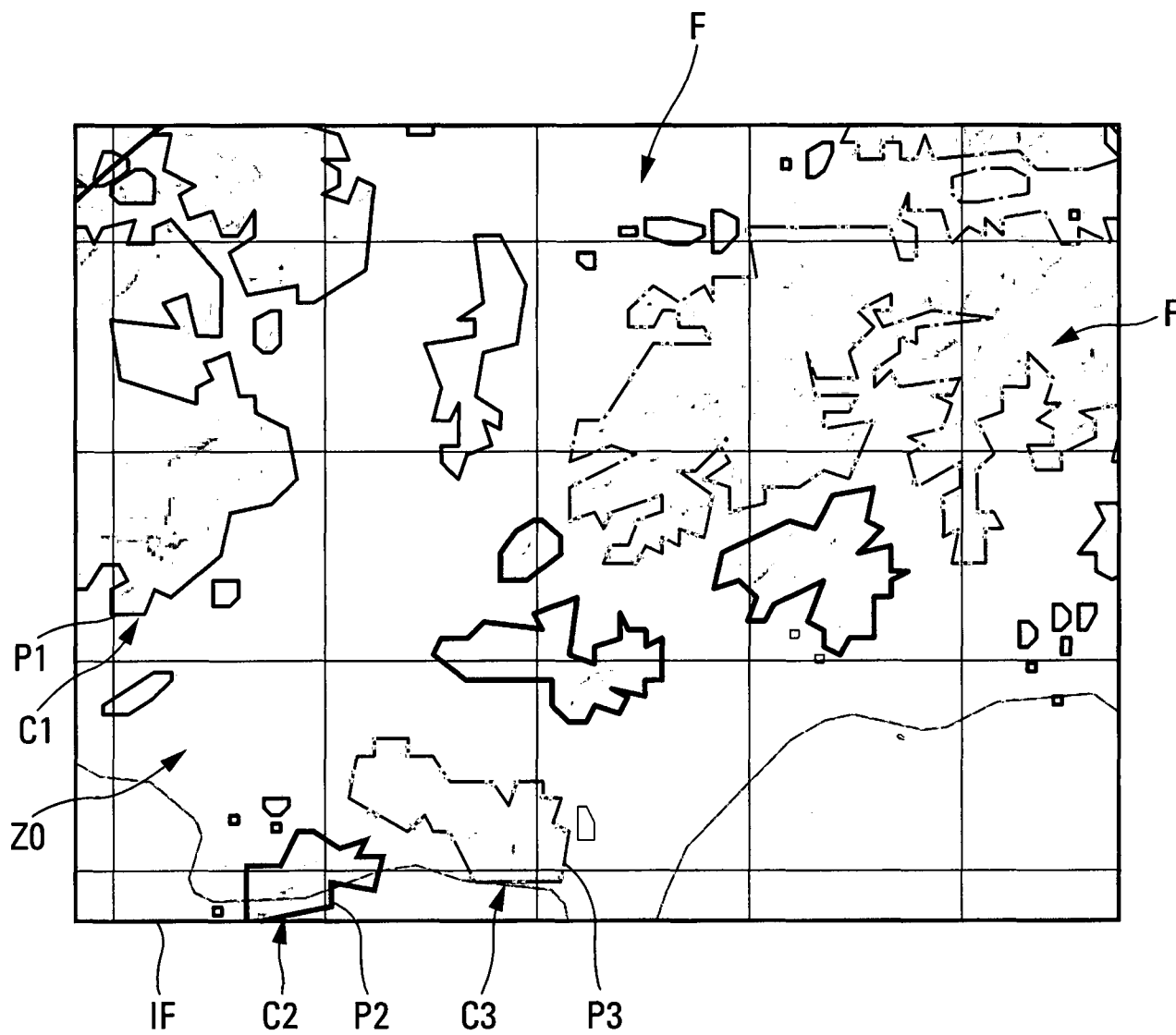


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/000224A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G06T7/00 G06T17/05
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WEIDNER: "Towards automatic building extraction from high-resolution digital elevation models", ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, vol. 50, no. 4, 1 January 1995 (1995-01-01), page 38, XP055015765, ISSN: 0924-2716	1-9, 11-15
Y	abstract section 2 pages 42-46 figures 1-4,7-9, ----- -/--	10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 August 2012

Date of mailing of the international search report

12/09/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eveno, Nicolas

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/000224

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BAILLARD C ET AL: "Segmentation of urban scenes from aerial stereo imagery", PATTERN RECOGNITION, 1998. PROCEEDINGS. FOURTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BRISBANE, QLD., AUSTRALIA 16-20 AUG. 1998, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, vol. 2, 16 August 1998 (1998-08-16), pages 1405-1407, XP010297785, DOI: 10.1109/ICPR.1998.711965 ISBN: 978-0-8186-8512-5 figure 3 -----	1-15
A	US 2002/147567 A1 (RAHMES MARK DONALD [US] ET AL) 10 October 2002 (2002-10-10) claims 1,9-12 -----	1-15
Y	NEUBECK A ET AL: "Efficient non-maximum suppression", 2006 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION IEEE COMPUT. SOC. LOS ALAMITOS, CA, USA, 2006, page 6 PP., XP002666873, ISBN: 0-7695-2521-0 section 1 -----	10
A	NADJIA BENBLIDIA ET AL: "UTILISATION DE LA MORPHOLOGIE MATEMATIQUE POUR L'ANALYSE DE L'OCCUPATION DE L'ESPACE EN ZONES URBAINES ET PÉRIURBAINES PRÉSAHARIENNES : CAS DE LAGHOUAT (ALGÉRIE)", TELEDETECTION, vol. 6, no. 2, 2006, pages 177-190, XP002682491, sections 3.2, 3.3 figure 7 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/000224

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002147567	A1	10-10-2002	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/000224

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G06T7/00 G06T17/05
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
G06T

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WEIDNER: "Towards automatic building extraction from high-resolution digital elevation models", ISPRS JOURNAL OF PHOTOGRAMMETRY AND REMOTE SENSING, vol. 50, no. 4, 1 janvier 1995 (1995-01-01), page 38, XP055015765, ISSN: 0924-2716	1-9, 11-15
Y	abrégé section 2 pages 42-46 figures 1-4,7-9, ----- -/--	10



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

29 août 2012

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/09/2012

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Eveno, Nicolas

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	BAILLARD C ET AL: "Segmentation of urban scenes from aerial stereo imagery", PATTERN RECOGNITION, 1998. PROCEEDINGS. FOURTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BRISBANE, QLD., AUSTRALIA 16-20 AUG. 1998, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, vol. 2, 16 août 1998 (1998-08-16), pages 1405-1407, XP010297785, DOI: 10.1109/ICPR.1998.711965 ISBN: 978-0-8186-8512-5 figure 3 -----	1-15
A	US 2002/147567 A1 (RAHMES MARK DONALD [US] ET AL) 10 octobre 2002 (2002-10-10) revendications 1,9-12 -----	1-15
Y	NEUBECK A ET AL: "Efficient non-maximum suppression", 2006 18TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION IEEE COMPUT. SOC. LOS ALAMITOS, CA, USA, 2006, page 6 PP., XP002666873, ISBN: 0-7695-2521-0 section 1 -----	10
A	NADJIA BENBLIDIA ET AL: "UTILISATION DE LA MORPHOLOGIE MATHÉMATIQUE POUR L'ANALYSE DE L'OCCUPATION DE L'ESPACE EN ZONES URBAINES ET PÉRIURBAINES PRÉSAHARIENNES : CAS DE LAGHOUAT (ALGÉRIE)", TELEDETECTION, vol. 6, no. 2, 2006, pages 177-190, XP002682491, sections 3.2, 3.3 figure 7 -----	1-15

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/000224

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002147567	A1	10-10-2002	AUCUN
