(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
31 août 2023 (31.08.2023)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2023/161531 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G06T 7/10 (2017.01) *G06V 10/82* (2022.01)
G06V 10/22 (2022.01) *G06V 10/94* (2022.01)
G06V 10/26 (2022.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2023/055035

(22) Date de dépôt international :
28 février 2023 (28.02.2023)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2201763 28 février 2022 (28.02.2022) FR

(71) Déposants : **SURGAR** [FR/FR] ; 22 Allée Alan Turing, 63000 Clermont-Ferrand (FR). **UNIVERSITÉ CLERMONT-AUVERGNE** [FR/FR] ; 49 boulevard François Mitterrand, CS 60032, 63000 Clermont-Ferrand (FR). **CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR] ; 3 rue Michel Ange, 75016 Paris (FR). **CLERMONT AUVERGNE INP** [FR/FR] ; Les Cézeaux, 63170 Aubière (FR).

(72) Inventeurs : **BARTOLI, Adrien** ; 9 Rue du Creux de la Chaux, 63000 Clermont-Ferrand (FR). **MIKHAILOV, Ivan** ; 11 rue de Médicis – Appt 112, 63000 Clermont-Ferrand (FR).

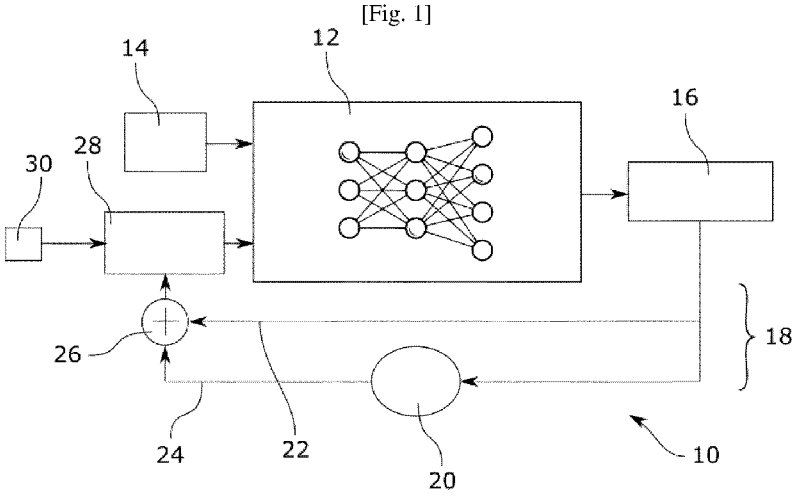
(74) Mandataire : **BRINGER IP** ; 1 Place du Président Thomas Wilson, 31000 Toulouse (FR).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA,

(54) Title: SYSTEM AND METHOD FOR SEMI-AUTOMATIC IMAGE SEGMENTATION BY USER INTERACTION LOOP LEARNING AND TRAINING METHOD THEREOF

(54) Titre : SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE SEGMENTATION D'IMAGE SEMI-AUTOMATIQUE PAR APPRENTISSAGE À BOUCLE D'INTERACTION UTILISATEUR ET PROCÉDÉ D'ENTRAÎNEMENT ASSOCIÉ

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates to a semi-automatic image segmentation system comprising a neural network (12) configured, for each iteration, to receive input data comprising at least one image (14) to be segmented and to provide output data comprising at least one mask (16) for segmenting each image, characterised in that it further comprises a user interaction loop (18) comprising a user interaction module (20) configured to provide at least one user mask representative of an interaction with a real user and/or a simulated user on each segmentation mask, the user interaction loop (18) being configured to provide, as input data for the neural network (12), each segmentation mask provided by the neural network from a past iteration of the neural network (12), referred to as the past segmentation mask, and the user mask associated with each past segmentation mask.

(57) Abrégé : L'invention concerne un système de segmentation d'image semi-automatique comprenant un réseau (12) neuronal configuré pour, à chaque itération, recevoir des données d'entrée comprenant au moins une image (14) à segmenter et pour fournir des don-

WO 2023/161531 A1

[Suite sur la page suivante]

CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, 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, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

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

nées de sortie comprenant au moins un masque (16) de segmentation de chaque image, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une boucle (18) d'interaction d'utilisateur comprenant un module (20) d'interaction utilisateur configuré pour fournir au moins un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé sur chaque masque de segmentation, ladite boucle (18) d'interaction d'utilisateur étant configuré pour fournir, en tant que données d'entrée du réseau (12) neuronal chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau neuronal provenant d'une itération précédente du réseau (12) neuronal, dit masque de segmentation passée, et le masque utilisateur associé à chaque masque de segmentation passée.

DESCRIPTION
TITRE DE L'INVENTION : SYSTÈME ET PROCÉDÉ DE SEGMENTATION D'IMAGE SEMI-AUTOMATIQUE PAR APPRENTISSAGE À BOUCLE D'INTERACTION UTILISATEUR ET PROCÉDÉ D'ENTRAÎNEMENT ASSOCIÉ

Domaine technique de l'invention

L'invention concerne un système de segmentation d'image 2D ou 3D comprenant un réseau neuronal, un procédé de segmentation d'image utilisant ce système et un procédé d'entraînement du système de segmentation, en particulier de son réseau neuronal. L'invention est notamment destinée à la segmentation d'images médicales, par exemple provenant d'imagerie par résonance magnétique (IRM) ou d'une tomodensitométrie (TDM) pour l'identification d'organes sur chacune des images de coupe obtenues par l'IRM ou la TDM afin de recréer une modélisation 3D de l'organe à partir de ces segmentations.

Arrière-plan technologique

La segmentation d'images est une technique permettant d'associer à chaque pixel ou voxel d'une image 2D ou 3D un label représentatif de l'objet, de la texture ou de l'état, etc. correspondant audit pixel ou voxel.

La segmentation d'image est notamment utilisée dans un contexte médical pour déterminer les organes, les tissus, les fluides, etc. visibles sur une image 2D ou 3D. Une telle image est par exemple obtenue par IRM et permet de former un modèle 3D de l'organe visé et par exemple de son environnement et de la tumeur à opérer. Cette création d'un modèle 3D nécessite la segmentation des images obtenues par l'IRM.

Les techniques de segmentation actuelles se répartissent en plusieurs catégories : les segmentations manuelles, semi-automatiques (aussi appelées interactives) ou entièrement automatiques.

L'approche manuelle est longue à mettre en œuvre, chaque pixel ou voxel devant être catégorisé un par un par un utilisateur et peut ainsi nécessiter plusieurs heures pour une seule coupe.

L'approche automatique permet la segmentation sans intervention d'un utilisateur mais l'absence de contrôle peut affecter négativement le résultat et donc l'application en pratique. En outre, le résultat n'est jamais parfait et pour obtenir un meilleur résultat, l'opérateur humain doit pouvoir garder un contrôle pour des raisons de validation, et donc pouvoir corriger les erreurs.

La méthode semi-automatique permet une interactivité dans laquelle la segmentation est à la fois majoritairement automatique mais avec un degré de contrôle par un utilisateur, qui peut notamment agir sur l'initialisation et sur une modification au cours de certaines étapes.

Les différents procédés de segmentation peuvent mettre en œuvre des méthodes basées sur l'apprentissage profond, en particulier en utilisant des réseaux neuronaux artificiels. L'apprentissage profond est particulièrement utilisé pour les procédés complétement automatiques, mais les solutions de segmentation semi-automatiques mettant en œuvre un apprentissage profond ont reçu une attention limitée par rapport au nombre de solutions automatiques. Les réseaux neuronaux ont permis d'améliorer grandement les performances des solutions de segmentation automatique, mais les segmentations semi-automatiques n'ont pas bénéficié d'autant améliorations du fait de difficultés pour réussir l'intégration de réseau neuronal.

En particulier, l'utilisation de réseaux neuronaux dans une segmentation semi-automatique pose des problèmes de prise en compte des interactions de l'utilisateur pendant l'entraînement du réseau neuronal. Cette prise en compte des interactions de l'utilisateur engendre des problèmes d'entraînement du système, car les données d'entraînement qui prennent en compte les interactions utilisateurs doivent s'adapter à la sortie du réseau neuronal à laquelle est appliquée les interactions, le réseau neuronal n'étant pas entraîné en début de processus. Cela entraine une dépendance problématique, les données d'entrée nécessaires à l'entrainement étant elles-mêmes dépendantes des données de sortie auxquelles ont été appliquées les interactions utilisateurs.

Les solutions proposées pour répondre à ces problématiques ne fournissent pas les performances souhaitées, notamment car les interactions de l'utilisateur ne

sont généralement pas prises en compte de façon dynamique et ont peu d'impact sur la qualité de l'entraînement, car elles se focalisent sur les données d'entrée. Les solutions proposées approchent généralement l'entraînement d'un réseau neuronal pour des tâches de segmentation semi-automatique de la même façon que pour une segmentation automatique. Elles génèrent des masques d'interaction utilisateur à partir des données annotées, de façon statique avant l'entrainement ou de façon dynamique pendant l'entrainement. Les méthodes de génération statiques forment des structures d'entrées au réseau neuronal les plus proches d'une segmentation automatique, et ne prennent pas en compte la nature dynamique des interactions utilisateurs. Les méthodes de générations dynamiques existantes permettent de diversifier les données d'entrainement et d'augmenter les performances mais n'adressent pas directement la dépendance problématique entre les sorties et les entrées du système prenant en compte les interactions. En particulier, les interactions d'utilisateurs utilisées dans les traitements dynamiques ne reproduisent pas une séquence typique d'interaction utilisateur car elles ne prennent pas en compte l'ordre de ces interactions.

Les inventeurs ont ainsi cherché à améliorer les solutions de segmentation semi-automatique pour permettre une meilleure prise en compte des interactions de l'utilisateur, notamment de prendre en compte lors de l'entraînement l'impact des interactions de l'utilisateur lors du déploiement de la solution.

Objectifs de l'invention

L'invention vise à fournir un système et un procédé de segmentation semi-automatique d'images, en particulier pour des images de type médicales, par exemple des coupes obtenues par IRM.

L'invention vise également à fournir un procédé d'entraînement d'un tel système de segmentation.

L'invention vise à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un système de segmentation semi-automatique pouvant être entraîné facilement en simulant des interactions utilisateurs.

L'invention vise à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un système de segmentation dont le fonctionnement et l'entraînement permettent la prise en

compte de résultats de segmentation antérieurs.

L'invention vise à fournir, dans au moins un mode de réalisation, un système de segmentation dont le fonctionnement et l'entraînement permettent la prise en compte des interactions utilisateur antérieures.

Exposé de l'invention

Pour ce faire, l'invention concerne un système de segmentation d'image semi-automatique comprenant un réseau neuronal configuré pour, à chaque itération, recevoir des données d'entrée comprenant au moins une image à segmenter et pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque de segmentation de chaque image,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre une boucle d'interaction d'utilisateur comprenant un module d'interaction utilisateur configuré pour fournir au moins un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé sur chaque masque de segmentation, ladite boucle d'interaction d'utilisateur étant configuré pour fournir, en tant que données d'entrée du réseau neuronal :

- chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau neuronal provenant d'une itération précédente du réseau neuronal, dit masque de segmentation passée, et
- le masque utilisateur associé à chaque masque de segmentation passée.

Un système de segmentation d'image selon l'invention permet donc de prendre en compte les interactions d'utilisateur à la fois lors de l'entraînement et de l'utilisation pour la segmentation d'image, et d'associer ces interactions d'utilisateur à un masque de segmentation obtenu en sortie de réseau neuronal comme nouvelle entrée du réseau neuronal.

En particulier, les données d'entraînement ne sont pas obtenues uniquement par la récupération d'un grand jeu de données mais sont générées par le système de segmentation lui-même grâce à la boucle d'interaction utilisateur. Le masque utilisateur s'adapte en fonction des données de sortie du réseau et ne peut donc pas être préparé à l'avance. Sans cette boucle, comme dans les systèmes de

segmentation automatique, le système serait uniquement entraîné à partir des images à segmenter et donc ne pourrait pas, à l'utilisation, prendre en compte les interactions utilisateurs. Utiliser uniquement un jeu de données d'entrée sans la boucle ne permettrait donc pas d'obtenir un résultat satisfaisant, quel que soit le volume de ce jeu de données d'entrée. En particulier, utiliser uniquement un jeu de données d'entrée sans la boucle permettrait d'obtenir un système qui ne permet pas la modification du résultat obtenu, une telle modification étant nécessaire dans beaucoup de domaines, en particulier dans le domaine médical où un utilisateur doit valider ou éditer le résultat avant son utilisation dans un acte thérapeutique.

En outre, l'utilisation du masque de segmentation de sortie en tant qu'entrée permet d'introduire une séquentialité du traitement des données en prenant en compte les masques de segmentation passés dans la définition d'une meilleure segmentation future. L'utilisation du masque de segmentation de sortie et de l'interaction utilisateur en tant que données d'entrée permet de constituer une mémoire interne séquentielle qui permet de garder une trace des segmentations et interactions utilisateur passées pour maintenir la séquentialité du système. En particulier, la mémoire interne séquentielle garde toutes les interactions utilisateur et les masques de segmentation précédents obtenus en sortie du réseau neuronal, pour les fournir comme nouvelle entrée du réseau neuronal. La segmentation est par ailleurs accélérée car les interactions utilisateur séquentielles ont davantage d'impact sur le résultat.

La boucle d'interaction utilisateur est utilisée à la fois lors de l'entraînement du réseau neuronal, lors du test du système de segmentation à partir de données de tests et lors de l'utilisation du système de segmentation pour des nouvelles données.

On entend par interaction par un utilisateur réel une interaction par un utilisateur humain qui interagit directement avec le masque de segmentation proposé en sortie. On entend par interaction par un utilisateur simulé la simulation d'une interaction comme pourrait le faire un utilisateur humain, défini par un algorithme de simulation d'interaction utilisateur. L'interaction utilisateur est par exemple l'affectation, à un point précis de l'image segmentée, d'un label particulier.

L'interaction utilisateur permet notamment d'apporter une correction au masque de segmentation obtenu en sortie du réseau neuronal, par exemple en indiquant des zones de l'image 2D ou 3D qui n'ont pas été correctement labellisées. La prise en compte de l'utilisateur dès l'entraînement du système permet d'améliorer l'impact des corrections utilisateur lors de l'utilisation du système. Avantageusement et grâce à sa méthode d'entrainement, le système de segmentation d'image peut réaliser lui-même la segmentation initiale lorsqu'il est entraîné et prend en compte les corrections utilisateur pour une amélioration de la segmentation. La segmentation initiale peut être triviale, en particulier peu ou non informative, ou calculée par une autre méthode de segmentation, typiquement une méthode entièrement automatique.

Le système peut avantageusement être utilisé pour la segmentation d'images IRM mais peut être appliquées à d'autres types d'images 2D ou 3D, de type médicales ou non. Le système peut être intégré dans un système plus large utilisant les résultats de la segmentation pour une application particulière, par exemple pour une création d'un modèle 3D à partir des données segmentées et un affichage du modèle 3D en réalité augmentée sur une vidéo.

Le réseau neuronal peut être de différent type, le système de segmentation ne dépendant pas d'un réseau neuronal particulier pour son utilisation. En effet, le système de segmentation d'image se caractérise particulièrement par la boucle d'interaction utilisateur qui est extérieure au réseau neuronal. Le réseau neuronal peut intégrer des modules de type réseau neuronal récurrent ou RNN pour *recurrent neural network* en anglais.

Un module peut par exemple consister en un dispositif informatique tel qu'un ordinateur, d'un ensemble de dispositifs informatiques, d'un composant électronique ou d'un ensemble de composants électroniques, ou par exemple d'un programme informatique, d'un ensemble de programmes informatiques, d'une librairie d'un programme informatique ou d'une fonction d'un programme informatique exécuté par un dispositif informatique tel qu'un ordinateur, un ensemble de dispositifs informatiques, un composant électronique ou un ensemble de composants électroniques.

Avantageusement et selon l'invention, chaque masque utilisateur représentatif d'un utilisateur simulé comprend une simulation d'au moins une interaction opérée par l'opérateur simulé sur le masque de segmentation associé au masque utilisateur, la position de ladite interaction sur l'image étant déterminée en fonction de la différence entre ledit masque de segmentation en sortie avec une vérité terrain.

Selon cet aspect de l'invention, la position de l'interaction simulée est déterminée pour s'approcher de ce que ferait un utilisateur réel, c'est-à-dire de positionner son interaction dans une zone qui a été mal segmentée ou labellisée, ou dans une zone qui ne présente pas de label.

Avantageusement et selon l'invention, la position de l'interaction est déterminée en fonction du centre d'une région choisie comme étant à corriger par l'interaction utilisateur.

Avantageusement et selon l'invention, le système comprend un module de coupe de graphe configuré pour appliquer une coupe de graphe aux données de sortie du réseau neuronal pour obtenir chaque masque de segmentation.

Selon cet aspect de l'invention, cette étape permet le lissage des données de sortie par utilisation d'un algorithme de coupe de graphe (*graph cut* en anglais) pour améliorer la pertinence des labels intégrés au masque de segmentation. L'algorithme de coupe de graphe est applicable pour une segmentation binaire et des algorithmes dérivés sont utilisés pour des segmentations multi-classes.

Avantageusement et selon l'invention, la boucle d'interaction utilisateur comprend une mémoire interne séquentielle dans laquelle est stockée séquentiellement chaque masque de segmentation passée et chaque masque utilisateur obtenu à chaque itération.

Avantageusement et selon ce dernier aspect de l'invention, la mémoire interne séquentielle comprend une file de type « premier entré-premier sorti » ou FIFO (pour *First In-First Out* en anglais), la file stockant à chaque itération le

masque de segmentation et le masque utilisateur correspondant à l'itération.

L'invention concerne également un procédé d'entraînement d'un système de segmentation d'image selon l'invention, via au moins un jeu de données comprenant des images à segmenter, caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque image du jeu de données :

- au moins deux itérations dans lesquelles le réseau neuronal traite les données d'entrées pour fournir des données de sortie, une première itération dans laquelle les données d'entrées comprennent au moins une image à segmenter et un masque d'initialisation prédéfini, et des itérations suivantes dans laquelle les données d'entrées comprennent chaque image à segmenter, chaque masque de segmentation passée obtenu à l'itération précédente, et un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé,
- une étape de mise à jour des poids du réseau neuronal à partir des données de sortie après chaque itération ou lorsqu'un nombre prédéterminé d'itérations ont été effectuées par le réseau neuronal.

Un procédé d'entraînement selon l'invention permet de simuler les interactions utilisateurs pour maximiser l'efficacité de l'entraînement et la pertinence du réseau neuronal à l'issu de l'entraînement. Contrairement aux modèles classiques de l'art antérieur dans lequel une mise à jour des poids est réalisée après chaque itération, le procédé d'entraînement selon l'invention utilise avantageusement la boucle d'interaction utilisateur du système pour permettre l'utilisation d'une simulation d'interaction utilisateur et des données de sortie, c'est-à-dire le masque de segmentation d'une itération précédente, comme données d'entrée du système. Ainsi, le système de segmentation d'image permet d'améliorer la simulation d'interaction d'utilisateur en se basant sur des contrôles de qualité de la segmentation obtenu, et de prendre en compte les masques de segmentation et interactions d'utilisateur passées. L'entraînement permet ainsi la réduction du nombre de faux positifs et de faux négatifs en simulant ce qu'un utilisateur ferait lors du contrôle de la qualité de la segmentation.

La séquence d'entraînement formée par la suite d'itération permet d'améliorer la précision des corrections et ainsi d'augmenter la qualité de la segmentation à chaque itération.

La mise à jour des poids est par exemple mise en œuvre par un algorithme de minimisation de la fonction de perte, dont le gradient est par exemple calculé par rétropropagation. La mise à jour des poids peut être mise en œuvre à chaque itération, notamment à chaque fois que des données de sorties sont produites par le réseau neuronal, ou seulement à la fin de toutes les itérations pour que la mise à jour des poids ne s'effectue qu'à partir de la meilleure segmentation obtenue.

Le masque d'initialisation est par exemple un masque trivial, un masque vide, un masque obtenu par une pré-segmentation automatique ou un masque dérivé de la vérité terrain, par exemple en simulant des interactions utilisateurs à partir de cette vérité terrain.

Lors des itérations suivantes, le masque d'initialisation est ajouté au masque utilisateur qui indique les erreurs entre le masque de segmentation obtenu en sortie du réseau neuronal et le résultat souhaité par l'utilisateur.

Chaque jeu de données peut comprendre une ou plusieurs images, différentes ou non. Même si deux jeux de données comprennent les mêmes images, le procédé d'entraînement traitera deux images identiques de façon différente grâce aux interactions utilisateur simulées qui permettent des modifications dans l'entraînement.

Les interactions utilisateurs simulées sont obtenues à partir d'une vérité terrain. La vérité terrain est formée par des données labellisées prédéfinies et à partir desquelles est déterminée l'erreur entre le masque de segmentation obtenu en sortie du réseau neuronal avec le résultat souhaité. L'entraînement est ainsi supervisé grâce à des données préalablement segmentées, pour lesquelles les régions de l'image ont des labels qui leurs sont attribués. La vérité terrain est plus communément appelée « *ground truth* » en anglais.

Dans les procédés de segmentation de l'art antérieur, l'entraînement est généralement effectué uniquement à partir de ces données labellisées qui ne suffisent pas puisque l'utilisateur et les masques de segmentation de l'itération

précédente ne sont pas pris en compte dans l'entraînement. En outre, le procédé d'entraînement selon l'invention permet de fournir des interactions d'utilisateur simulées différentes pour la même image, comme ce serait le cas avec un utilisateur réel qui ne fournira jamais les mêmes interactions pour une même image.

Avantageusement et selon l'invention le nombre prédéterminé d'itérations est déterminé pour chaque image à segmenter et pour chaque jeu de donnée indépendamment du nombre prédéterminé d'itérations déterminé pour les autres images à segmenter et les autres jeux de données.

Selon cet aspect de l'invention, le nombre d'itérations est prédéterminé lors du traitement d'un jeu de données ou d'une image à segmenter mais peut être modifié au cours du temps afin de reproduire le comportement d'un utilisateur réel qui n'effectuera pas systématiquement le même nombre de corrections. Un nombre maximal d'itérations peut être fixé pour éviter que l'entraînement soit trop long. Fixer le nombre maximal d'itérations permet également d'éviter de rendre le réseau dépendant des interactions lors de la phase de test. Puisque les interactions sont basées sur la vérité terrain, il est préférable de cibler qu'un minimum d'interactions soient fournies lors de la phase d'entrainement tout en maximisant les performances, pour qu'un minimum d'interactions soient nécessaires lors de la phase de test par la suite.

L'invention concerne également un procédé de segmentation d'image semi-automatique comprenant à chaque itération une étape de traitement de données d'entrées comprenant chaque image à segmenter par un réseau neuronal pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque de segmentation de chaque image,

caractérisé en ce que chaque itération comprend en outre :

- une étape de réception d'un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel sur chaque masque de segmentation,
- une étape de transmission, en tant que données d'entrée du réseau neuronal à l'itération suivante, de chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau neuronal, et du masque utilisateur

Selon cet aspect de l'invention, le procédé de segmentation d'image permet la prise en compte des interactions de l'utilisateur autant de fois que nécessaire jusqu'à ce que l'utilisateur considère que la qualité de la segmentation de l'image est conforme à ses attentes. Si la qualité n'est pas suffisante, les interactions de l'utilisateur et le masque de segmentation sont transmises en tant que données d'entrée pour fournir un nouveau masque de segmentation.

Avantageusement, le système de segmentation d'image selon l'invention est configuré pour mettre en œuvre le procédé de segmentation d'image selon l'invention.

Avantageusement, le procédé de segmentation d'image selon l'invention est mis en œuvre par un système de segmentation d'image selon l'invention.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur d'entraînement d'un système de segmentation d'image selon l'invention ledit produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution, lorsque ledit produit programme d'ordinateur est exécuté sur un ordinateur, des étapes du procédé d'entraînement selon l'invention.

L'invention concerne également un produit programme d'ordinateur de segmentation d'image semi-automatique ledit produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution, lorsque ledit produit programme d'ordinateur est exécuté sur un ordinateur, des étapes du procédé de segmentation d'image selon l'invention.

L'invention concerne également un système de segmentation automatique, un procédé de segmentation automatique, un produit programme d'ordinateur de segmentation automatique, un procédé d'entraînement et un produit programme d'ordinateur d'entraînement caractérisés en combinaison par tout ou partie des caractéristiques mentionnées ci-dessus ou ci-après.

Liste des figures

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante donnée à titre uniquement non limitatif et qui se

réfère aux figures annexées dans lesquelles :

[Fig. 1] est une vue schématique d'un système de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 2] est une vue schématique d'un procédé de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 3] est une représentation schématique des étapes d'un procédé d'entraînement d'un système de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

Sur les figures, les échelles et les proportions ne sont pas strictement respectées et ce, à des fins d'illustration et de clarté.

En outre, les éléments identiques, similaires ou analogues sont désignés par les mêmes références dans toutes les figures.

La figure 1 représente schématiquement un système 10 de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention.

Le système 10 de segmentation comprend un réseau 12 neuronal configuré pour, à chaque itération, recevoir des données d'entrée comprenant au moins une image 14 à segmenter et pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque 16 de segmentation de chaque image. Le masque de segmentation définit pour chaque partie de l'image un label permettant d'identifier des régions de l'image, correspondant à une classe particulière. La segmentation peut être binaire mais la segmentation peut être également une segmentation multi-classes et permet d'identifier plus de deux classes de régions. En sortie de réseau neuronal, une coupe de graphe peut permettre de lisser les données de sorties pour obtenir le masque de segmentation.

Le système 10 de segmentation s'intègre autour d'un modèle d'apprentissage automatique existant. Par exemple, le système utilise une architecture de réseau neuronal encodeur-décodeur existante comprenant des modules de réseau de neurone récurrent (RNN pour *Recurrent Neural Network* en anglais). Un mode de réalisation utilise par exemple un encodeur ResNet34 décrit dans la publication « He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J., 2016. Deep residual

learning for image recognition. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 770–778. » et un décodeur équipé d'une paire de couches convolutionnelles standard et d'une couche récurrente à mémoire court et long terme (LSTM pour *Long short-term memory* en anglais) correspondante à chaque étape du chemin de suréchantillonnage.

Pour contrer le déséquilibre du jeu de données, le système utilise la perte focale (Focal loss en anglais) tel que décrite dans « Lin, T.Y., Goyal, P., Girshick, R.B., He, K., Dollàr, P., 2017. Focal loss for dense object detection. 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2999–3007. » et des poids par classe précalculés à l'échelle du jeu de données.

Le réseau neuronal est par exemple pré-entrainé sur le jeu de données ImageNet puis affiné sur un jeu de donnée dédié à la tâche souhaitée. Un jeu de donnée peut par exemple être un jeu de donnée comprenant des images médicales de type IRM de bassin féminin segmentés manuellement via des logiciels de segmentation manuelle tels que 3DSlicer et MITK.

Un jeu de données d'IRM de bassin féminin créé par le demandeur comprend quatre-vingt-dix-sept séries d'IRM représentant trois mille soixante-six coupes au total. Ce jeu de donnée d'IRM de bassin féminin est utilisé pour l'entraînement du réseau neuronal, à raison de :

- soixante-dix-sept séries d'IRM représentant deux mille quatre cent quarante-neuf coupes pour le jeu d'entrainement,
- dix séries d'IRM représentant trois cent huit coupes pour le jeu de validation, et
- dix séries d'IRM représentant trois cent neuf coupes pour le jeu de test.

Les coupes du jeu de données d'IRM de bassin féminin peuvent être prétraitées via la normalisation, la standardisation et correction de biais, et une augmentation aléatoire des données peut être prévue, par exemple : retournement vertical et horizontal, décalage de l'intensité pour la luminosité, correction gamma pour le contraste, ainsi que flou et masque flou pour le réglage de la netteté, etc.

Dans le cadre d'images médicales de type IRM pour une application gynécologique, des exemples de labels peuvent être l'utérus, la vessie, une

éventuelle tumeur, une cavité, l'arrière-plan, etc, formant des classes de segmentation.

Le système 10 de segmentation d'image se différencie de l'art antérieur en ce qu'il comprend en outre une boucle 18 d'interaction d'utilisateur comprenant un module 20 d'interaction utilisateur configuré pour fournir au moins un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé sur chaque masque de segmentation.

La boucle 18 d'interaction d'utilisateur est configuré pour fournir, en tant que données d'entrée du réseau neuronal :

- chaque masque 16 de segmentation fourni par ledit réseau neuronal provenant d'une itération précédente du réseau 12 neuronal, dit masque de segmentation passée, comme représenté par la flèche 22,
- le masque utilisateur associé à chaque masque 16 de segmentation passée obtenu par le module 20 d'interaction utilisateur, comme représenté par la flèche 24.

Le masque 16 de segmentation et le masque utilisateur sont associés via un module 26 d'état pour former un état 28 formé de la réunion du masque de segmentation et du masque utilisateur pour former de nouvelles données d'entrée. Lors de la première itération, l'état 28 est alimenté par une structure 30 vide équivalente, un masque obtenu par une pré-segmentation obtenue automatiquement ou un masque dérivé de la vérité terrain lorsque le système est entraîné. L'état 28 réunit ainsi l'ensemble des masques de segmentations et masques d'utilisateurs passés, formant ainsi une mémoire séquentielle interne pour le système de segmentation.

La boucle 18 d'interaction d'utilisateur est externe au réseau neuronal et ne dépend pas d'une architecture spécifique de réseau neuronal, bien que des exemples de réseaux neuronaux pouvant être utilisés sont décrits précédemment.

Une boucle d'interaction classique de l'art antérieur sans mémoire prend en compte les interactions de l'utilisateur en fournissant au réseau neuronal comme entrée l'image à segmenter et les interactions utilisateurs. Les interactions utilisateurs sont représentées grâce à N masques binaires, avec N le nombre de

classe de segmentation. L'entrée du réseau neuronal est ainsi concaténée dans un tenseur de taille HxLxC, avec H la hauteur de l'image, L la largeur de l'image et C_{base} le nombre de canaux, qui est égal à 1+N dans une boucle d'interaction sans mémoire, correspondant à un canal pour l'image et N canaux pour les N classes de segmentation.

Des solutions de l'art antérieur ont proposé d'ajouter une mémoire interne, caractérisée par un ensemble de N masques binaires pour chaque classe de segmentation dans laquelle les interactions utilisateurs sont cumulées. Le tenseur d'entrée comprend donc C_{CIM} = 1+N canaux puisque l'ensemble des interactions utilisateurs sont fusionnées. Ce type de méthode peut être appelée « mémoire d'interaction cumulative » au vu de son principe de fonctionnement et est implémentée selon différentes variantes notamment dans les publications suivantes :

- Amrehn, M., Gaube, S., Unberath, M., Schebesch, F., Horz, T., Strumia, M., Steidl, S., Kowarschik, M., Maier, A., 2017. UI-Net: Interactive Artificial Neural Networks for Iterative Image Segmentation Based on a User Model, in: Eurographics Workshop on Visual Computing for Biology and Medicine, The Eurographics Association ;
- Zhou, B., Chen, L., Wang, Z., 2019. Interactive deep editing framework for medical image segmentation, in: Shen, D., Liu, T., Peters, T.M., Staib, L.H., Essert, C., Zhou, S., Yap, P.T., Khan, A. (Eds.), Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2019, Springer International Publishing, Cham. pp. 329–337 ;
- Liao, X., Li, W., Xu, Q., Wang, X., Jin, B., Zhang, X., Zhang, Y., Wang, Y., 2020. Iteratively-refined interactive 3d medical image segmentation with multi-agent reinforcement learning. 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 9391–9399.

Le système 10 de segmentation d'image selon l'invention comprend donc, grâce à la préservation de l'état des interactions précédentes, une séquentialité stockée dans un tenseur d'entrée comprenant C_{SIM} = 1 + 2DN canaux, avec D le nombre d'état stocké, c'est-à-dire le nombre d'interaction mises en œuvre. Le

facteur 2 correspond à la présence de N masques d'interaction et de N cartes de probabilité correspondant aux résultats de segmentation intermédiaire.

La mémoire séquentielle interne est ainsi formée d'une pile de type FIFO où sont enregistrés les états successifs correspondant aux interactions. Cette mémoire est externe au réseau neuronal et n'a pas d'interaction avec la mémoire interne du réseau neuronal, en particulier avec les poids attribués à chaque nœud du réseau neuronal qui sont spécifiques à ce réseau neuronal et au type de données.

La figure 2 représente schématiquement un procédé 40 de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention.

Le procédé de segmentation comprend une étape 42 de réception des images à segmenter pour les fournir au réseau neuronal tel que décrit dans le système de segmentation.

Le procédé comprend à chaque itération une étape 44 de traitement de données d'entrées comprenant chaque image à segmenter par le réseau neuronal pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque de segmentation de chaque image.

Si la qualité de la segmentation est considérée comme correcte à une étape 46 de contrôle de qualité, le procédé de segmentation est terminé et une étape 52 finale fourni le masque de segmentation associé à la dernière segmentation.

Si la qualité de la segmentation n'est pas correcte, chaque itération suivante comprend en outre une étape 48 de réception d'un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel sur chaque masque de segmentation, et une étape 50 de transmission, en tant que données d'entrée du réseau neuronal à l'itération suivante, de chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau neuronal, et du masque utilisateur.

La figure 3 représente schématiquement des étapes d'un procédé d'entraînement d'un système de segmentation d'image semi-automatique selon un mode de réalisation de l'invention,

Le procédé 100 d'entraînement comprend pour chaque image d'un jeu de données, un nombre prédéterminé d'itérations, chaque itération étant notée de I_1 à

I_n.

Chaque itération comprend une étape 112 de traitement de données 114 d'entrées par le réseau neuronal pour fournir des données 116 de sortie. Dans la première itération I_1, les données d'entrées comprennent au moins une image à segmenter et un masque 110 d'initialisation prédéfini. Le masque 110 d'initialisation prédéfini est ici par exemple un masque vide, un masque trivial, un masque obtenu par une pré-segmentation automatique ou un masque dérivé de la vérité terrain.

Dans les itérations suivantes, de I_2 à I_n, les données d'entrées comprennent chaque image à segmenter, chaque masque de segmentation passée obtenu à l'itération précédente, et un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé, comme symbolisé par les flèches en pointillés qui lient les données 116 de sortie d'une itération aux données d'entrée 114 de l'itération suivante.

Le masque utilisateur est par exemple obtenu par comparaison du masque de segmentation avec la vérité terrain, c'est-à-dire des images préalablement labélisées, permettant un apprentissage supervisé. Le masque utilisateur simule ainsi l'interaction d'un utilisateur qui connaît le résultat souhaité de la segmentation.

Le masque utilisateur est par exemple un masque binaire par classe de segmentation, symbolisant un clic de l'utilisateur en premier plan. La position du clic est choisie aléatoirement dans la région la plus grande de la classe, suivant une carte de probabilité dans laquelle le maximum est au centre de la région, décroissante en s'éloignant du centre et très réduite en dehors de la région.

En utilisant la mémoire séquentielle interne telle que décrite précédemment, l'entraînement permet donc de remplir la mémoire de D états avec des valeurs réalistes produite par un utilisateur virtuel. Les D états sont formés par D itérations pour remplir la mémoire séquentielle interne avant la mise à jour des poids. Les états sont de préférence formés par inférence via le réseau neuronal, c'est-à-dire sans mise à jour des poids du réseau neuronal.

Le procédé comprend également, après chaque itération ou lorsque le

nombre prédéterminé d'itérations ont été effectuées par le réseau neuronal, une étape 120 de mise à jour des poids du réseau neuronal à partir des données de sortie. En l'occurrence, dans le mode de réalisation représenté sur la figure 3, l'étape 120 de mise à jour des poids du réseau neuronal est réalisée à la dernière itération, sur la base des dernières données 116 de sortie.

Le nombre d'interaction prédéterminé est déterminé indépendamment pour chaque classe et pour chaque jeu d'image. Le nombre maximal d'interaction est typiquement trois interactions pour simuler un utilisateur classique, le minimum étant de zéro.

La probabilité d'ajouter une interaction supplémentaire décroit linéairement après chaque interaction pour atteindre zéro lorsque le nombre maximal d'interaction est atteint.

Dans un mode de réalisation de l'invention, une classe est choisie aléatoirement à chaque époque (*epoch* en anglais) du procédé d'entrainement avec un jeu de données, pour laquelle aucune interaction d'utilisateur est générée.

Dans un mode de réalisation de l'invention, un pourcentage des interactions générées est retenu, typiquement 20%.

REVENDICATIONS

1. Système de segmentation d'image semi-automatique comprenant un réseau (12) neuronal configuré pour, à chaque itération, recevoir des données d'entrée comprenant au moins une image (14) à segmenter et pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque (16) de segmentation de chaque image,

caractérisé en ce qu'il comprend en outre une boucle (18) d'interaction d'utilisateur comprenant un module (20) d'interaction utilisateur configuré pour fournir au moins un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé sur chaque masque de segmentation, ladite boucle (18) d'interaction d'utilisateur étant configurée pour fournir, en tant que données d'entrée du réseau neuronal :

- chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau (12) neuronal provenant d'une itération précédente du réseau (12) neuronal, dit masque de segmentation passée, et
- le masque utilisateur associé à chaque masque de segmentation passée.

2. Système de segmentation selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque masque utilisateur représentatif d'un utilisateur simulé comprend une simulation d'au moins une interaction opérée par l'opérateur simulé sur le masque (16) de segmentation associé au masque utilisateur, la position de ladite interaction sur l'image étant déterminée en fonction de la différence entre ledit masque (16) de segmentation en sortie avec une vérité terrain.

3. Système de segmentation selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend un module de coupe de graphe configuré pour appliquer une coupe de graphe aux données de sortie du réseau (12) neuronal pour obtenir chaque masque (16) de segmentation.

4. Système de segmentation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en

ce que la boucle (18) d'interaction utilisateur comprend une mémoire interne séquentielle dans laquelle est stockée séquentiellement chaque masque de segmentation passée et chaque masque utilisateur obtenu à chaque itération.

5. Procédé d'entraînement d'un système de segmentation d'image selon l'une des revendications 1 à 4 via au moins un jeu de données comprenant des images à segmenter, caractérisé en ce qu'il comprend, pour chaque image du jeu de données :

- au moins deux itérations (I_1, I_2, I_n) dans lesquelles le réseau (12) neuronal traite les données d'entrées pour fournir des données de sortie, une première itération (I_1) dans laquelle les données d'entrées comprennent au moins une image à segmenter et un masque (110) d'initialisation prédéfini, et des itérations suivantes dans laquelle les données d'entrées comprennent chaque image à segmenter, chaque masque de segmentation passée obtenu à l'itération précédente, et un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel et/ou d'un utilisateur simulé,
- une étape (120) de mise à jour des poids du réseau neuronal à partir des données de sortie après chaque itération ou lorsqu'un nombre prédéterminé d'itérations ont été effectuées par le réseau neuronal.

6. Procédé d'entraînement selon la revendication 5, caractérisé en ce que le nombre prédéterminé d'itérations est déterminé pour chaque image à segmenter et pour chaque jeu de donnée indépendamment du nombre prédéterminé d'itérations déterminé pour les autres images à segmenter et les autres jeux de données.

7. Procédé de segmentation d'image semi-automatique comprenant à chaque itération une étape de traitement de données d'entrées comprenant chaque image à segmenter par un réseau neuronal pour fournir des données de sortie comprenant au moins un masque de segmentation de chaque image,

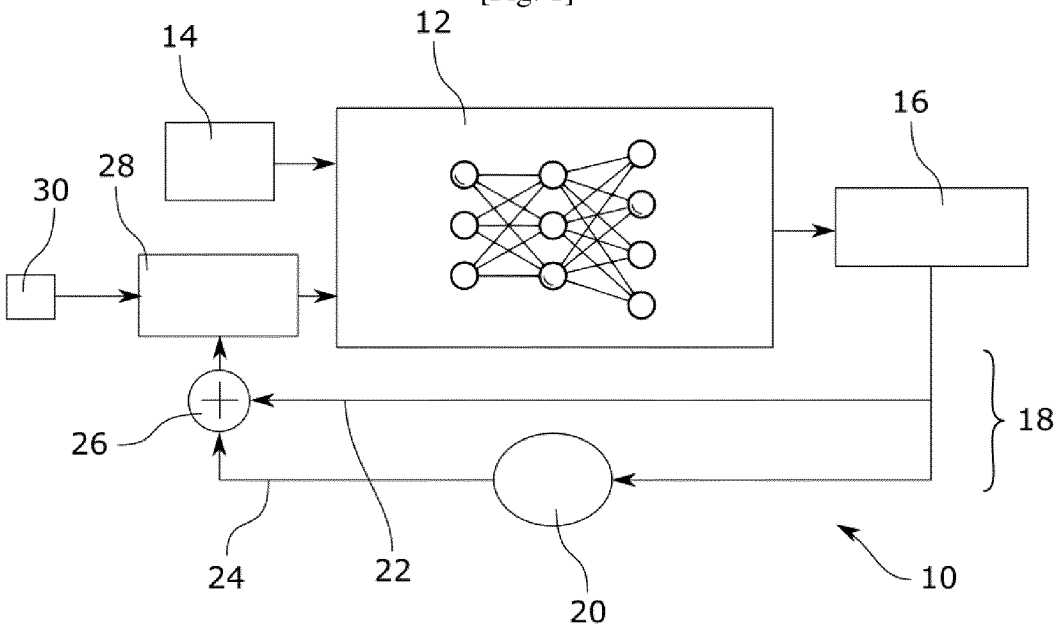
caractérisé en ce que chaque itération comprend en outre :

- une étape de réception d'un masque utilisateur représentatif d'une interaction d'un utilisateur réel sur chaque masque de segmentation,
- une étape de transmission, en tant que données d'entrée du réseau neuronal à l'itération suivante, de chaque masque de segmentation fourni par ledit réseau neuronal, et du masque utilisateur.

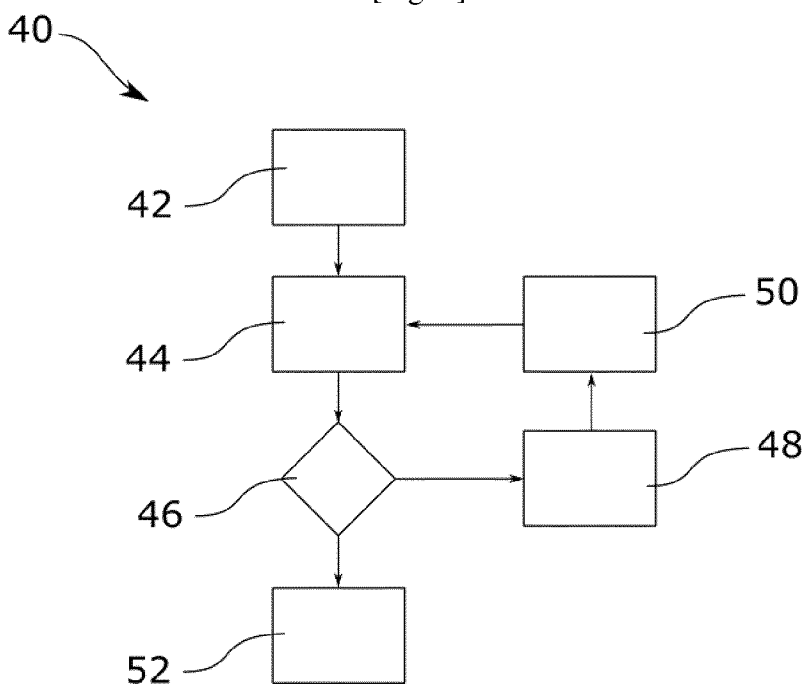
8. Produit programme d'ordinateur d'entraînement d'un système de segmentation d'image selon l'une des revendications 1 à 4, ledit produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution, lorsque ledit produit programme d'ordinateur est exécuté sur un ordinateur, des étapes du procédé d'entraînement selon l'une des revendications 5 ou 6.

9. Produit programme d'ordinateur de segmentation d'image semi-automatique ledit produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution, lorsque ledit produit programme d'ordinateur est exécuté sur un ordinateur, des étapes du procédé de segmentation d'image selon la revendication 7.

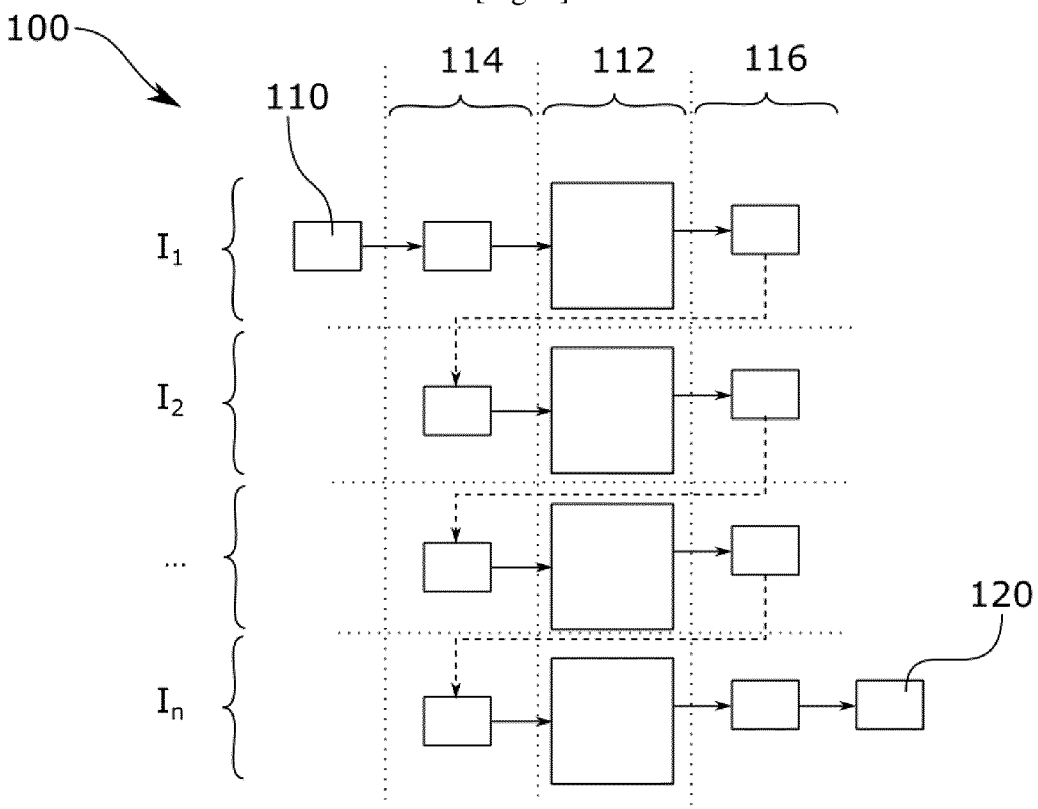
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2023/055035

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/10(2017.01)i; ***G06V 10/22***(2022.01)i; ***G06V 10/26***(2022.01)i; ***G06V 10/82***(2022.01)i; ***G06V 10/94***(2022.01)i

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; G06V

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	XUAN LIAO ET AL. "Iteratively-Refined Interactive 3D Medical Image Segmentation with Multi-Agent Reinforcement Learning" *ARXIV.ORG,* 23 November 2019 (2019-11-23), XP081538481 page 3, left-hand column, last paragraph - right-hand column, paragraph 2; figure 2 page 4, left-hand column, last paragraph - right-hand column, last paragraph page 6, left-hand column, last paragraph - right-hand column, paragraph 1 page 6, right-hand column, paragraph 3 figures 4-6; tables 2-4	1-9
X	MARCO FORTE ET AL. "Getting to 99% Accuracy in Interactive Segmentation" *ARXIV.ORG,* 17 March 2020 (2020-03-17), XP081623755 figure 2 page 12, paragraph 1 page 12, paragraph 2 page 13, last paragraph; figures 3-6; tables 7-8 page 22, paragraph 3 page 12, last paragraph page 13, paragraph 1; figures 7-24	1-9

☑ 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	Date of mailing of the international search report
21 April 2023	**03 May 2023**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Granger, Bruno** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SABARINATH MAHADEVAN ET AL. "Iteratively Trained Interactive Segmentation" *ARXIV.ORG,* 11 May 2018 (2018-05-11), XP080877235 page 3, last paragraph - page 4, paragraph 1; figure 1 page 4, paragraph 4 - page 5, paragraph 4; figure 2 page 6, paragraph 6 - paragraph 7; figures 3-6; tables 1-2 page 13, paragraph 4 - paragraph 5; figure 7	1-9
X,P	Mikhailov Ivan ET AL. "A Deep Learning-Based Interactive Medical Image Segmentation Framework" *Applications of Medical Artificial Intelligence, 1st Int Workshop AMAI 2022,* 18 September 2022 (2022-09-18), pages 1-10, Retrieved from the Internet: http://encov.ip.uca.fr/publications/pubfiles/2022_ Mikhailov_etal_AMAI_interactive.pdf [retrieved on 2023-04-21] XP093041076 the whole document	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2023/055035

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G06T7/10 G06V10/22 G06V10/26 G06V10/82 G06V10/94
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 G06V

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	XUAN LIAO ET AL: "Iteratively-Refined Interactive 3D Medical Image Segmentation with Multi-Agent Reinforcement Learning", ARXIV.ORG, 23 novembre 2019 (2019-11-23), XP081538481, page 3, colonne de gauche, dernier alinéa - colonne de droite, alinéa 2; figure 2 page 4, colonne de gauche, dernier alinéa - colonne de droite, dernier alinéa page 6, colonne de gauche, dernier alinéa - colonne de droite, alinéa 1 page 6, colonne de droite, alinéa 3 figures 4-6; tableaux 2-4 ----- -/--	1-9

[x] 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	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
21 avril 2023	03/05/2023

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Granger, Bruno

1

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	MARCO FORTE ET AL: "Getting to 99% Accuracy in Interactive Segmentation", ARXIV.ORG, 17 mars 2020 (2020-03-17), XP081623755, figure 2 page 12, alinéa 1 page 12, alinéa 2 page 13, dernier alinéa; figures 3-6; tableaux 7-8 page 22, alinéa 3 page 12, dernier alinéa page 13, alinéa 1; figures 7-24	1-9
X	SABARINATH MAHADEVAN ET AL: "Iteratively Trained Interactive Segmentation", ARXIV.ORG, 11 mai 2018 (2018-05-11), XP080877235, page 3, dernier alinéa - page 4, alinéa 1; figure 1 page 4, alinéa 4 - page 5, alinéa 4; figure 2 page 6, alinéa 6 - alinéa 7; figures 3-6; tableaux 1-2 page 13, alinéa 4 - alinéa 5; figure 7	1-9
X,P	Mikhailov Ivan ET AL: "A Deep Learning-Based Interactive Medical Image Segmentation Framework", Applications of Medical Artificial Intelligence, 1st Int Workshop AMAI 2022, 18 septembre 2022 (2022-09-18), pages 1-10, XP093041076, Extrait de l'Internet: URL:http://encov.ip.uca.fr/publications/pubfiles/2022_Mikhailov_etal_AMAI_interactive.pdf [extrait le 2023-04-21] le document en entier	1-9

1