

Master's Thesis

To obtain the diploma of Master's Degree

Field of Study: **Computer Science**

Specialization: **Artificial Intelligence and Data Science**

Theme

Weakly Supervised Learning for Brain Tumor Segmentation: A State-of-the-Art Review

Presented by
GHANDOUZ Amina
Defended on
29/06/2026

Dr. KLOUCHE Badia
Dr. BOUSMAHA Rabab
Dr. DIF Nassima
Mr. BENARIBA Ahmed
Pr. BENSLIMANE Sidi Mohammed
Dr. KECHAR Mohamed
Dr. ABDELHAK Soumia

Présidente
Examinatrice
Encadreur
Co-encadreur
Co-encadreur
Représentant de l'incubateur
Invitée

Academic Year: 2025/2026

Brain tumor segmentation is a fundamental task in medical image analysis, enabling accurate diagnosis, treatment planning and disease monitoring. Despite recent advances in deep learning, most high performing segmentation models rely heavily on dense pixel level annotations which remain costly and difficult to obtain in clinical practice. This limitation has driven increasing interest in weakly supervised learning approaches that aim to reduce annotation requirements while maintaining reliable localization performance.

This master thesis presents a comprehensive literature review of weakly supervised methods applied to brain tumor segmentation. The study systematically analyzes recent advances in learning strategies designed to operate under limited supervision and examines how these approaches address key challenges such as tumor localization, spatial consistency and feature representation. Particular attention is given to the ability of existing methods to generalize across different MRI (Magnetic Resonance Imaging) modalities and tumor variations.

Furthermore, this work compares the main methodological trends in annotation efficient segmentation frameworks and highlights their strengths and limitations. The review also synthesizes the principal challenges that remain unresolved in weakly supervised medical image segmentation.

Overall, this thesis provides a structured overview of the current state of the field, identifies open research problems and outlines potential directions for future investigation in weakly supervised brain tumor segmentation.

Keywords: Brain Tumor Segmentation, Weakly Supervised Learning, Vision-Language Models, Medical Image Segmentation, Multi-modal MRI, Medical Foundation Models, Comparative Study.

La segmentation des tumeurs cérébrales constitue une tâche centrale en imagerie médicale, jouant un rôle essentiel dans le diagnostic, la planification thérapeutique et le suivi des patients. Malgré les progrès récents de l'apprentissage profond, les performances des méthodes de segmentation reposent encore largement sur des annotations denses au niveau pixel dont la production est coûteuse et difficile à obtenir en pratique clinique. Cette contrainte a favorisé l'émergence des approches d'apprentissage faiblement supervisé, visant à réduire la dépendance aux annotations détaillées tout en maintenant une localisation fiable des structures tumorales.

Ce mémoire de master présente une revue de littérature approfondie des méthodes faiblement supervisées appliquées à la segmentation des tumeurs cérébrales. L'étude analyse de manière structurée les approches récentes développées pour apprendre à partir d'une supervision limitée en mettant l'accent sur la localisation des lésions, la cohérence spatiale et les stratégies de représentation des caractéristiques. Une attention particulière est portée à la capacité de généralisation de ces méthodes face à la variabilité des modalités IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) et des apparences tumorales.

Ce travail compare également les principales tendances méthodologiques dans les cadres de segmentation à annotation réduite, tout en mettant en évidence leurs forces et leurs limites. Enfin, il synthétise les principaux défis ouverts et les perspectives de recherche dans ce domaine.

Mots-clés: Segmentation des tumeurs cérébrales, Apprentissage faiblement supervisé, Modèles vision-langage, Segmentation d'images médicales, IRM multi-modale, Modèles fondamentaux en imagerie médicale, Étude comparative.

تُعدّ عملية تقسيم أورام الدماغ من المهام الأساسية في تحليل الصور الطبية، حيث تلعب دوراً محورياً في دعم التشخيص الطبي وتخطيط العلاج ومتابعة تطور الحالة المرضية. وعلى الرغم من التقدم الكبير في تقنيات التعلم العميق، فإن أغلب نماذج التقسيم الحديثة تعتمد بشكل كبير على بيانات معنونة بدقة على مستوى البكسل، وهو ما يتطلب وقتاً وجهداً كبيرين ويصعب توفيره في البيئات السريرية. وقد أدى هذا التحدي إلى ظهور أساليب التعلم شبه أو ضعيف الإشراف، التي تهدف إلى تقليل الاعتماد على البيانات المعلّمة بشكل دقيق مع الحفاظ على قدرة جيدة على تحديد مناطق الأورام.

يقدم هذا البحث مراجعة شاملة للأدبيات العلمية المتعلقة بأساليب التعلم ضعيف الإشراف في مجال تقسيم أورام الدماغ. حيث يقوم بتحليل منهجي لأحدث المقاربات التي تتعلم من إشراف محدود، مع التركيز على دقة تحديد المناطق المصابة، الاتساق المكاني وطرق تمثيل الخصائص. كما يولي اهتماماً خاصاً لقدرة هذه النماذج على التعميم عبر مختلف أنماط التصوير بالرنين المغناطيسي وتنوع أشكال الأورام. يقارن هذا العمل بين أبرز الاتجاهات المنهجية في نماذج التقسيم ذات الاعتماد المنخفض على البيانات المعلّمة، مع إبراز نقاط القوة والضعف لكل منها. ويختتم البحث بتلخيص أهم التحديات المفتوحة واقتراح آفاق مستقبلية للبحث في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: تقسيم أورام الدماغ، التعلم ضعيف الإشراف، نماذج الرؤية-اللغة، تقسيم الصور الطبية، التصوير بالرنين المغناطيسي متعدد الوسائط، النماذج الأساسية في التصوير الطبي، دراسة مقارنة.