

Reconstruction of Mastectomy Cases in Texture Space



Gnkgo

Bachelor Thesis
September 2024

M. Sc. Davide Ferraro
Dr. Oliver Beren Kaul
Dr. Endri Dibra
Prof. Dr. Markus Gross

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

 **ARBREA**
LABS


computer graphics laboratory

Abstract

One in eight women will develop breast cancer in their lifetime [?]. Treatment options include a mastectomy, which involves the removal of one or both breasts depending on the severity of the cancer. Scarring and skin folds may result from the procedure. Reconstructive surgery is an option, but predicting the outcome can be difficult. This thesis aims to create a pipeline to show women a possible outcome.

The research began with a literature review to build a foundational understanding. A comprehensive overview of the medical aspects was obtained, including an analysis of the various types of mastectomies and an overview of the potential applications of machine learning in the medical field. Segmentation of medical images is a common problem, yet no prior work has been identified that detects mastectomy scars or skin folds. Inpainting is a prevalent challenge in the domain of visual computing. While numerous models have demonstrated the capability to inpaint images of faces or locations, the same is not yet true for skin parts in the torso region.

The first stage of the implementation focused on segmenting skin folds and scars in mastectomy cases, involving research into suitable architectures, image collection, and manual annotation for model training. Machine-learning models were then trained to segment these features accurately. Next, a skin inpainting technique was implemented to replace the previously segmented skin folds and scars with normal skin. Furthermore, the implementation of inpainting techniques to restore missing nipple textures was explored.

The realism of inpainting was evaluated qualitatively using a test set with various scenarios, including different scar sizes and different amounts of skin folds. The primary goal was to create a pipeline capable of automatically detecting and removing scars and skin folds, providing patients with visual representations of possible reconstructive outcomes, including nipple reconstruction or tattoos. A survey was conducted to evaluate the effectiveness of the generated images. It assessed satisfaction levels, the ability to distinguish between edited and original images, and the aesthetic quality of the generated versus real nipples. Results showed that 71.96% of participants found the generated nipples more aesthetically pleasing than the original.

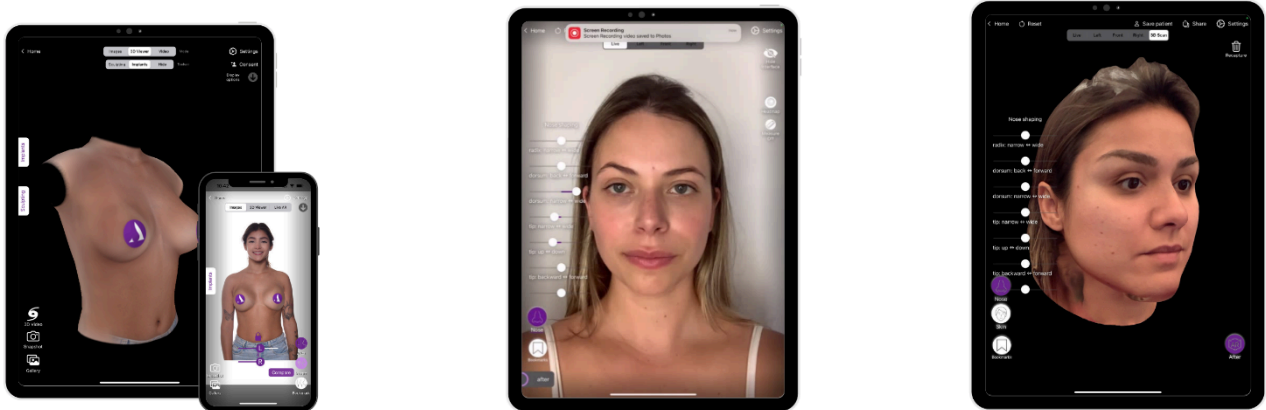
Zusammenfassung

Eine von acht Frauen erkrankt im Laufe ihres Lebens an Brustkrebs [?]. Zu den Behandlungsmöglichkeiten gehört die Mastektomie, bei der je nach Schweregrad des Krebses eine oder beide Brüste entfernt werden. Der Eingriff kann zu Narbenbildung und Hautfalten führen. Die rekonstruktive Chirurgie ist eine Option, aber die Vorhersage des Ergebnisses kann schwierig sein. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Pipeline zu erstellen, die den Frauen ein mögliches Ergebnis aufzeigen kann.

Die Arbeit begann mit einer Literaturübersicht zum ein grundlegendes Verständniss zu erlangen. Eine Übersicht über die medizinischen Aspekte wurde erstellt, einschließlich einer Analyse der verschiedenen Arten von Mastektomien und einer Übersicht über die potenziellen Anwendungen von "Machine Learning" im medizinischen Bereich. Die Segmentierung medizinischer Bilder ist weit verbreitet, aber es gibt bisher keine Arbeit, die Mastektomienarben oder Hautfalten erkennt. Einfärben ist ebenfalls eine weit verbreitete Aufgabe. Während zahlreiche Modelle gezeigt haben, dass sie in der Lage sind, Bilder von Gesichtern oder Orten zu übermalen, gilt dies noch nicht für Hautteile im Torsobereich.

Der erste Schritt der Implementierung konzentrierte sich auf die Segmentierung von Hautfalten und Narben, einschließlich der Erforschung geeigneter Architekturen und der Bildersammlung für das Modelltraining. Danach wurden Modelle trainiert, um diese Merkmale genau zu segmentieren. Eine Technik zur Einfärbung der Haut wurde implementiert, um segmentierte Hautfalten und Narben durch normale Haut zu ersetzen. Auch die Implementierung von Inpainting-Techniken zur Wiederherstellung fehlender Brustwarzen-Texturen wurde erforscht.

Die Ergebnisse des Einfärbens wurden qualitativ anhand eines Testsatzes mit verschiedenen Szenarien bewertet. Eine Umfrage wurde durchgeführt, um die Effektivität der erzeugten Bilder zu bewerten. Bewertet wurde die Fähigkeit, zwischen bearbeiteten und Originalbildern zu unterscheiden, sowie die ästhetische Qualität der generierten im Vergleich zu echten Brustwarzen. Die Ergebnisse zeigen, dass 71.96% der Teilnehmer die generierten Brustwarzen ästhetisch ansprechender fanden als die Originalbilder.

Bachelor Thesis**Reconstruction of Mastectomy Cases in
Texture Space****Introduction**

Arbrea Labs builds **AR&3D** surgery simulators that have revolutionized patient-surgeon visual communication during consultations and are a game-changer in aesthetic medicine and plastic surgery. Integral technologies to such tools vary from 3D Reconstruction and AR/VR to Neural Rendering and Physic Simulations. In this thesis we look into the texture component of simulating reconstruction cases after mastectomy.

Task Description

The bachelor thesis consists of the following steps:

- Get acquainted with the relevant literature
- Segmentation of skin folds and scars of mastectomy cases
 - Research suitable architectures
 - Scrape and manually annotate mastectomy cases for training/finetuning
 - Train and/or finetune a model to segment skin folds and scars
- Implement skin inpainting to replace segmented parts with normal skin or scars
- Evaluate qualitatively the realism of the outcome on a test set with different use cases (e.g. with/without scar movement, with/without many skin folds)
- (Bonus) Implement inpainting of missing nipple texture to the reconstructed breast

Remarks

A written report and an oral presentation conclude the thesis. The thesis will be overseen by Prof. Markus Gross and supervised by Dr Endri Dibra and Dr Beren Kaul.

Contact

For further information, please contact (endri.dibra@arbrea-labs.com) or the CGL thesis coordinator (cgl-thesis@inf.ethz.ch)



Acknowledgements

I would like to express my sincere gratitude to my supervisors, M. Sc. Davide Ferraro, Dr. Oliver Beren Kaul, and Dr. Endri Dibra. Their support, encouragement and constructive feedback have been of great value throughout my research and writing.

I am grateful to Arbrea Labs for providing me with the opportunity to conduct my thesis within an inspiring research environment. I am also thankful to the entire Arbrea team and my fellow Bachelor's and Master's students for their insights, which were greatly beneficial in completing this project successfully.

I am grateful to Prof. Dr. Markus Gross for his project supervision. I would also like to thank the Computer Graphics Laboratory for hosting the thesis at the Computer Graphics Lab.

I would also like to express my gratitude to my family, friends, and boyfriend for their enormous support and encouragement. Their patience and understanding have been a constant source of strength throughout this journey.

A huge thank you goes to Liina Luomajoki, who designed this beautiful pink ribbon on the front page.

Lastly, and most importantly, I dedicate this work to Bruno, who inspired me to pursue research in the field of cancer. Thank you for always being there for me and for being such an important part of my life.