



Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica  
e delle Tecnologie Aeronautiche  
CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INFORMATICA

Prova finale di laurea

**Analisi comparativa di immagini SNOM e  
AFM di batteri tramite image processing per  
l'estrazione di informazioni morfologiche**

**Relatore**

Prof.ssa Gabriella Cincotti

**Laureando**

Davide Pierotti

562733

Roma, Luglio 2025

Anno Accademico 2024/2025

# Indice

<b>Introduzione</b>	<b>1</b>
<b>1 GigaScience</b>	<b>2</b>
1.1 La rivista . . . . .	2
1.1.1 Origine . . . . .	2
1.1.2 Portata . . . . .	3
1.1.3 Modello di revisione . . . . .	3
1.2 L'articolo . . . . .	3
<b>2 AFM - SNOM</b>	<b>4</b>
2.1 Struttura e funzionamento . . . . .	4
2.2 Morfologia batterica . . . . .	4
<b>3 Analisi con MATLAB / ImageJ</b>	<b>5</b>
<b>4 Risultati</b>	<b>6</b>
<b>5 Conclusioni</b>	<b>7</b>
<b>Glossario</b>	<b>8</b>

# Elenco delle tabelle

# Elenco delle figure

# Introduzione

Sin dal 17° secolo, in cui Antonie van Leeuwenhoek pose le basi della Microbiologia<sup>[2,3,5]</sup>, i microscopi ottici sono stati di vitale importanza nello sviluppo della nostra comprensione degli organismi microscopici. In tempi recenti, il raggiungimento del limite teorico della risoluzione spaziale dei microscopi ottici convenzionali, proporzionale alla lunghezza d'onda della luce, ha favorito lo sviluppo di nuovi dispositivi ottici che operano nel campo prossimo, come i microscopi Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM)<sup>[8]</sup>.

Nel 2020 è stato pubblicato sulla rivista GigaScience un set di oltre 4000 immagini di 15 specie di batteri diverse acquisite con un microscopio NeaSNOM<sup>[6]</sup>. I batteri rimangono tuttora un grave problema per la salute pubblica, anche nei paesi sviluppati, per questo tra le specie esaminate in questo articolo ci sono anche batteri del gruppo ESKAPE, che sono resistenti agli antibiotici o sono stati identificati come patogeni opportunisti.<sup>[7]</sup>

In questa tesi vengono analizzate varie tecniche di elaborazione per estrarre informazioni utili, anche in modo automatico, da queste immagini, partendo dalle diverse modalità di acquisizione e quali proprietà del campione possono essere registrate. Dopo aver discusso le procedure di elaborazione utilizzate, e come variano in base al tipo di immagine presa in considerazione, vengono tratte le conclusioni su quali caratteristiche possono essere estratte e quali tipi di immagini acquisite sono più utili al lavoro.

# Capitolo 1

## GigaScience

### 1.1 La rivista

L'articolo di interesse in questa tesi è stato pubblicato su **GigaScience**<sup>1</sup>, una rivista accademica a revisione paritaria attualmente pubblicata dalla Oxford University Press.<sup>[1]</sup> Questa rivista è stata fondata nel 2012 dal Beijing Genomics Institute (BGI) per raccogliere insieme di dati e lavori di ricerca nelle scienze biomediche e permettere accesso libero agli articoli pubblicati sul suo sito.<sup>[4]</sup>

La rivista è estratta e indicizzata nei principali database bibliografici, come PubMed, Scopus, Web of Science e Google Scholar.

#### 1.1.1 Origine

Poiché la comunità scientifica è sempre più impegnata in ricerche su larga scala e ad alta intensità di dati, i modelli tradizionali di pubblicazione accademica faticano a soddisfare il volume, la complessità e le esigenze di accessibilità di tali lavori. Per questo motivo è stata fondata GigaScience, una nuova piattaforma editoriale progettata specificamente per supportare la produzione, la condivisione e il riutilizzo di grandi insiemi di dati biologici.

Fondata con l'obiettivo di promuovere una maggiore collaborazione scientifica internazionale, GigaScience integra la tradizionale pubblicazione di articoli con un'infrastruttura completa di hosting dei dati, GigaDB.<sup>[9]</sup> A ogni set di dati associato a una pubblicazione viene assegnato un Digital Object Identifier (DOI), che consente una citazione indipendente dei dati e ne garantisce la permanenza e la visibilità.

---

<sup>1</sup>URL: <https://academic.oup.com/gigascience>

Questo modello non solo accelera la diffusione della ricerca, ma riconosce anche formalmente il valore della generazione dei dati come contributo scientifico a sé stante.

### 1.1.2 Portata

Oltre alla genomica e alla bioinformatica, GigaScience accoglie contributi da tutte le scienze della vita che si basano su grandi insiemi di dati condivisibili, dalla neuroimagine agli studi di popolazione. Il suo team editoriale lavora direttamente con gli autori per affrontare le sfide logistiche dell'hosting dei dati, in particolare nei campi in cui gli archivi standard sono carenti o inesistenti.

### 1.1.3 Modello di revisione

I lavori che comprendono grandi quantità di dati tipicamente hanno molti autori con diverse aree di competenza, il che rende difficile trovare revisori esperti in tutti gli aspetti del lavoro. Per questo motivo, GigaScience ha sviluppato un modello di revisione paritaria che consente una revisione più rapida e mirata dell'articolo e dei dati associati.

La revisione paritaria è suddivisa in base alle aree di competenza dei revisori (ad esempio produzione di dati, analisi computazionale, interpretazione biologica, etc), consentendo una valutazione più mirata e tempi più rapidi. Per rendere il processo di revisione più trasparente, su GigaScience i nomi dei revisori e i commenti sono pubblicati per impostazione predefinita, a meno che non si scelga di escluderli, aggiungendo un livello di responsabilità e apertura al processo di revisione.

## 1.2 L'articolo

Il modello innovativo di questa rivista, che combina i principi dell'open access con un'infrastruttura pensata per la gestione dei big data, la rende una fonte rilevante e affidabile per la ricerca in discipline ad alta intensità di dati. La presente tesi fa riferimento ad un articolo pubblicato su GigaScience, nell'ambito di un più ampio lavoro di analisi tramite sistemi a spettroscopia nanometrica.

## Capitolo 2

# AFM - SNOM

### 2.1 Struttura e funzionamento

### 2.2 Morfologia batterica



## **Capitolo 3**

# **Analisi con MATLAB / ImageJ**

## Capitolo 4

## Risultati

## Capitolo 5

## Conclusioni

# Glossario

**AFM** Atomic force microscopy. 1

**s-SNOM** Scattering-type Scanning Near-field Optical Microscopy. 1

**SNOM** Scanning Near-field Optical Microscopy. 1

# Bibliografia

- [1] GigaScience joins the Oxford University Press journals program. In: *NewsRx Health* (2016), Nov, S. 49. – URL <https://link.gale.com/apps/doc/A469927422/AONE>. – 49. – ISSN 19442572
- [2] CORLISS, John O.: Three Centuries of Protozoology: A Brief Tribute to its Founding Father, A. van Leeuwenhoek of Delft. In: *The Journal of Protozoology* 22 (1975), Nr. 1, S. 3–7. – URL <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1550-7408.1975.tb00934.x>
- [3] DOBELL, Clifford: A Protozoological Bicentenary: Antony van Leeuwenhoek (1632–1723) and Louis Joblot (1645–1723). In: *Parasitology* 15 (1923), Nr. 3, S. 308–319
- [4] GOODMAN, Laurie ; EDMUNDS, Scott C. ; BASFORD, Alexandra T.: Large and linked in scientific publishing. In: *GigaScience* 1 (2012), 07, Nr. 1, S. 2047–217X–1–1. – URL <https://doi.org/10.1186/2047-217X-1-1>. – ISSN 2047-217X
- [5] LANE, Nick: The unseen world: reflections on Leeuwenhoek (1677) ‘Concerning little animals’. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 370 (2015), Nr. 1666, S. 20140344. – URL <https://royalsocietypublishing.org/doi/abs/10.1098/rstb.2014.0344>
- [6] LUCIDI, Massimiliano ; TRANCA, Denis E. ; NICHELE, Lorenzo ; ÜNAY, Devrim ; STANCIU, George A. ; VISCA, Paolo ; HOLBAN, Alina M. ; HRISTU, Radu ; CINCOTTI, Gabriella ; STANCIU, Stefan G.: SSNOMBACTER: A collection of scattering-type scanning near-field optical microscopy and atomic force microscopy images of bacterial cells. In: *GigaScience* 9 (2020), 11, Nr. 11, S. g1aa129. – URL <https://doi.org/10.1093/gigascience/g1aa129>. – ISSN 2047-217X

- [7] MULANI, Mansura S. ; KAMBLE, Ekta E. ; KUMKAR, Shital N. ; TAWRE, Madhumita S. ; PARDESI, Karishma R.: Emerging Strategies to Combat ESKA-PE Pathogens in the Era of Antimicrobial Resistance: A Review. In: *Frontiers in Microbiology* 10 (2019), April. – URL <https://www.frontiersin.org/journals/microbiology/articles/10.3389/fmicb.2019.00539/full>. – ISSN 1664-302X
- [8] OHTSU, Motoichi: History, current developments, and future directions of near-field optical science. In: *Opto-Electron Adv* 3 (2020), Nr. 3, S. 190046. – URL <https://www.ojournal.org/article/id/5fa4dc96f4d7917194c90a73>. – ISSN 2096-4579
- [9] SNEDDON, Tam P. ; LI, Peter ; EDMUNDS, Scott C.: GigaDB: announcing the GigaScience database. In: *GigaScience* 1 (2012), 07, Nr. 1, S. 2047–217X–1–11. – URL <https://doi.org/10.1186/2047-217X-1-11>. – ISSN 2047-217X