



GÖTEBORGS UNIVERSITET

# **Deep learning enhanced optical methods for single-plankton studies**

**Harshith Bachimanchi**

Institutionen för fysik  
Fakulteten för naturvetenskap och teknik

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i fysik, som med tillstånd från Fakulteten för naturvetenskap och teknik kommer att offentligt försvaras onsdag den 26/03/2025 kl. 13 i PJ-rummet, Institutionen för fysik, Kemigården 1, Göteborg.

ISBN: 978-91-8115-140-4 (TRYCKT)

ISBN: 978-91-8115-141-1 (PDF)



## GÖTEBORGS UNIVERSITET

### Svensk summering

Jordens första livsformer, cyanobakterier, omdanade planeten genom att syresätta atmosfären för 2.4 miljarder år sedan. Syresättningen gav upphov till det UV-skyddande ozonskiktet och banade väg för mer komplexa växtplankton, de eukaryota ättlingarna till cyanobakterierna. Växtplanktonsamhället driver det marina ekosystemet och producerar 50% av jordens syre. Encelliga djurplankton konsumerar nästan två tredjedelar av växtplanktonens produktion, men trots deras ekologiska betydelse är vår förmåga att undersöka födovävsinteraktioner på mikroskopisk skala fortfarande begränsad.

I den här avhandlingen presenteras nya metoder som integrerar avancerade optiska tekniker, djupinlärning och simulerade data för att analysera plankton med oöverträffad upplösning.

Ett viktigt bidrag är utvecklingen av en holografisk mikroskopimetod som med hjälp av djupinlärningsdriven bildanalys följer enskilda cellers position och kontinuerligt mäter deras biomassa. Metoden kommer runt de beräkningstunga flaskhalsarna som begränsat traditionell bildbehandling och jag visar också hur den kan används för att detaljstudera födointeraktioner mellan växtplankton och mikroskopiska djurplankton.

Jag utnyttjar också syntetiska data för att träna neurala nätverk att upptäcka, segmentera och klassificera plankton, och rekonstruera deras rörelsedynamik. Tillvägagångssättet är mångsidigt och tillämpas både på levande celler och artificiella mikromotorer i komplexa miljöer. Jag utforskar rörelsemönster genom att introducera syntetiska mikroskopifilmer som modellerar beteenden med olika diffusionsmönster. Ramverket kan används för att karaktärisera rörelsemönster och har tillämpningar också utanför planktonekologin.

Slutligen visar jag hur djurplanktons rörelsemönster påverkas av hur ljusmiljön under ytan förändras vid olika vågförhållanden. Resultaten tyder på att djurplankton använder det inkommande ljusets dynamik för att navigera till grundare vatten när förhållandena är fördelaktigt lågturbulenta.

Sammantaget öppnar denna avhandling nya möjligheter för att studera mikroskopiskt liv i vattenmiljö. En kombination av mikroskopi, artificiell intelligens och biofysik tillhandahåller nya verktyg för att utforska den osynliga dynamik som formar vår planet.

**Keywords:** djupinlärning, holografisk mikroskopi, simulerade dataset, fytoplankton, djurplankton, mikrop plankton, biomassa