



INSTITUTIONEN FÖR FYSIK

DEEP LEARNING APPLICATIONS
FROM IMAGE ANALYSIS TO MEDICAL DIAGNOSIS

Saga Helgadottir
Institutionen för Fysik
Göteborgs Universitet

Akademisk avhandling för filosofie doktorsexamen i fysik, som med tillstånd från Naturvetenskapliga fakulteten kommer att offentligt försvaras onsdagen den 16.06.2021 kl. 9 i PJ-salen, institutionen för fysik, Fysikgården 2b, Göteborg.

ISBN: 978-91-8009-366-8 (tryckt version)
ISBN: 978-91-8009-367-5 (elektronisk version)
Tillgänglig via <http://hdl.handle.net/2077/67506>

DEEP LEARNING APPLICATIONS

FROM IMAGE ANALYSIS TO MEDICAL DIAGNOSIS

Saga Helgadottir
Institutionen för Fysik
Göteborgs Universitet

Sammanfattning

Djupinlärning är ett område inom maskininlärning och artificiell intelligens. Istället för att utgå ifrån förutbestämda regler för att utföra en önskad uppgift som i konventionella metoder, lär maskininlärningsalgoritmer sig att hitta regler för önskad funktion genom att hitta mönster i data. Idén med djupinlärning har funnits sedan 1950-talet men var länge begränsad av tillgänglig beräkningskraft och mängd träningsdata. Efter att ha övervunnit dessa problem, har djupinlärning senaste åren gjort stora framsteg när det gäller att lösa olika problem.

I denna avhandling visar jag hur djupinlärning kan användas i bildanalys och medicinsk diagnos, och samtidigt överträffa vanliga algoritmiska metoder och enklare maskininlärningsmetoder. Jag börjar med att visa att ett neuralt nätverk tränad på simulerade partikelbilder kan spåra mikroskopiska partiklar, även i dåliga belysningsförhållanden. Sedan visar jag hur detta inspirerade utvecklingen av en allt-i-ett-mjukvaruprogram för att designa, träna och validera djupinlärningslösningar för digital mikroskopi, från partikelspårning och deras karakterisering i två och tre dimensioner till segmentering, karakterisering och räkning av biologiska celler samt bildomvandling. Jag visar att detta mjukvaruprogram kan vidare användas för att utveckla ett neuralt nätverk för att virtuell färga in ljusmikroskopibilder av celler och på så sätt ersätta traditionell kemisk infärgning för analys av biologiskt relevanta egenskaper. Sedan går jag vidare från applikationer inom mikroskopi och bildanalys till att visa djupinlärnings potential inom medicinsk diagnos. Jag visar att neurala nätverk fungerar bättre än både enklare maskininlärningsalgoritmer och den kliniska standarden för att diagnostisera en genetisk sjukdom samt i förutsägelsen av kortsiktig och långsiktig morbiditet hos patienter med medfödd hjärtsjukdom. Slutligen visar jag hur en neural-nätverksdriven strategi för testning och isolering av individer anpassar sig till parametrarna för ett sjukdomsutbrott och uppnår en epidemisk inneslutning.

Den tvärvetenskapliga karaktären av arbetet i denna avhandling har möjliggjort tillämpning av nya tekniker som utvecklats inom fysik för att lösa problem inom andra områden, såsom biologi och biomedicin, samt att överkomma barriärer för fortsatt revolutionering av djupinlärning för mikroskopi.

Nyckelord: djupinlärning, neurala nätverk, bildanalys, mikroskopi, medicinsk diagnos