

1 Praktischer Teil

Da ich im Zwischenbericht schon die meisten Themen besprochen habe, möchte ich hier nur noch ein paar Dinge zur Verwaltung des computer science departments am UCL anmerken. Es herrscht die Bürokratie an jeder Ecke und es gibt kein Vertrauen zu den Studenten.

Ich bin ja mittlerweile schon 25, aber dort wird man von den Sekretariatsbewohnern immer noch als potentieller Störenfried behandelt, der mit 18 gerade erst aus der Schule gekommen ist. Ich verstehe bis heute nicht warum ich für jede Hausaufgabe zwei Unterschriften leisten musste, wenn ich doch am Anfang des akademischen Jahres schon eine Erklärung zur Täuschung/zum Abschreiben unterschrieben hatte.

Angeblich ist das UCL computer science department wunderbar modern und hat sogar auch ein tolles, neues Gebäude. Das mit dem Gebäude stimmt auch, aber es war trotzdem nicht möglich, bzw. nicht vorgesehen, dass man seine Arbeiten elektronisch über das Internet abgibt. An der Universität Edinburgh war das schon gang und gebe als ich dort vor drei Jahren war. Dazu kommt, dass die Computer im computer science department schlechter administriert waren als die zentralen Computer der Universität. Außerdem mussten aus "versicherungstechnischen Gründen" alle Studenten jeweils um 19:00 Uhr das Gebäude verlassen.

Die schwerwiegendste Kritik richtet sich allerdings gegen die Benotung. Der Master kommt mit drei Benotungsstufen aus: "fail", "pass" und "distinction". Die sehr grobe Differenzierung muss ja kein Nachteil sein, aber dort wird sie offenbar benutzt um die Benotung generell zu verschleiern. Ich habe zum Teil widersprüchliche Auskünfte darüber bekommen, wie sich die Endnote zusammen setzt. Zum Teil werden einfach keine Auskünfte gegeben. Für den Studenten ist es absolut nicht nachvollziehbar wie sich die Endnote ergibt und was nötig ist, damit eine Auszeichnung (distinction) verliehen wird ("usually you need to have 70% in all courses", bzw. "you need to have 70% in the compulsory courses"). Doch selbst wenn man die korrekte Aufschlüsselung der erreichten Prozente wüsste, könnte man sich seinen Stand nicht ausrechnen, da eben diese Resultate nicht mitgeteilt werden. Nach den Klausuren gab es nur ein vages Gespräch mit dem Kursleiter, in dem dieser nur einen groben Prozentbereich für jede Klausur angab und einem dann mitteilte, dass man noch eine distinction erhalten könne, wenn man sich im Projekt richtig anstrengt.

Wenn ich nach meinem ersten Abschluss und einem Jahr Forschungstätigkeit einen Master beginne und dafür mehr als 3000 Pfund Studiengebühren

zahle¹, dann erwarte ich, dass ich mit Respekt und auch ein bisschen Vertrauen behandelt werde. Obwohl das bei den Dozenten durchaus der Fall war, trifft es nicht auf die Verwaltung zu. Als wir unsere Abschlussarbeiten eingereicht hatten und uns noch etwas in der Rezeption unterhielten wurde uns mitgeteilt: "You are finished. We liked to have you here, but could you please go now!?" Ja, sehr gerne.

2 Studienbeschreibung

Der DAAD führt mein Fachgebiet als "Mathematik". Das hat mich anfangs sehr überrascht, aber irgendwo hat er auch recht. Ich habe am UCL einen Master in Intelligent Systems gemacht, der eigentlich auch maschinelles Lernen geheißen haben könnte. Ich glaube der Name wurde gewählt, weil er allgemeiner ist und zum Beispiel genetische Algorithmen umfasst, die nicht viel mit Lernen zu tun haben. Nun würde ich maschinelles Lernen zur Informatik zählen, aber da die vermittelten Konzepte und Algorithmen sehr abstrakt gehalten werden, kann man es auch genau so gut als angewandte Mathematik bezeichnen.

2.1 Vergleich zu anderen Studiengängen

Es gibt in Großbritannien mehrere Masterstudiengänge, die ähnlichen Inhalt haben. Davon sind mir bekannt der MSc in Informatics in Edinburgh [1], der MSc in Evolutionary and Adaptive Systems in Brighton/Sussex [2] und der MSc in Intelligent Systems in Sunderland [3]. Der Master in Informatics in Edinburgh kann mit verschiedenen Schwerpunkten studiert werden. Einer davon ist maschinelles Lernen/künstliche Intelligenz. Die vergleichbaren Kurse sind inhaltlich sehr ähnlich zu denen am UCL, das Kursangebot ist aber größer. Das EASy-Programm in Brighton hat einen etwas anderen Schwerpunkt, in dem evolutionäre und dynamische Systeme in den Mittelpunkt rücken. Intelligent Systems in Sunderland scheint anwendungsorientierter zu sein, darüber kann ich allerdings nicht viel sagen.

Insgesamt ist das Angebot an derartigen Mastern in Großbritannien wesentlich besser als in Deutschland. Obwohl es in Deutschland durchaus einige Lehrveranstaltungen zum maschinellen Lernen gibt [4, 5, 6], fehlt ein Programm, das sich ganz diesem Thema widmet. Insbesondere wird in Deutschland auch noch nicht so konsequent das maschinelle Lernen vom Standpunkt der probabilistischen, bayesischen Modellierung unterrichtet.

¹bzw. der DAAD das netterweise übernimmt

2.2 Lehrveranstaltungen

Die Lehrveranstaltungen in meinem Master fanden von September bis Februar statt. Vor der Jahreswende belegte ich supervised learning, unsupervised learning, pattern recognition and machine vision, information theory, advanced mathematical methods, intelligent systems in business und programming and research methods. Die letzten beiden liefen nicht über die gesamte Dauer des Terms und wurden dafür dann im neuen Jahr fortgesetzt. Advanced mathematical methods wurde nicht bewertet, war aber eine gute Wiederholung bzw. Übersicht über die mathematischen Methoden, die im Master hilfreich waren.

Der erste Term (10 Wochen) war dadurch extrem arbeitsintensiv, weil zu den Vorlesungen noch reichlich zeitaufwendige courseworks hinzu kamen. Allerdings hätte ich weder unsupervised learning noch pattern recognition and machine vision, die beiden anspruchsvollsten Kurse, belegen müssen. Da diese aber für mich die interessantesten Wahlfächer waren und sie sich auch als die besten der angebotenen Kurse herausstellten, war es der Aufwand unbedingt wert.

Daraus ergab sich außerdem, dass der Arbeitsaufwand im zweiten Term (5 Wochen) wesentlich geringer war. Ich besuchte nur ein paar Vorlesungen der anderen Wahlfächer (bioinformatics, advanced topics in machine learning) und konzentrierte mich ansonsten auf die für mich relevanten Kurse intelligent systems in business, programming and research methods (die beiden fortgesetzten Kurse vom ersten Term) und evolutionary systems.

Zusätzlich zu den Vorlesungen gab es ein Tutorium, das in kleiner Runde mit einem der Dozenten abgehalten wurde und in dem generelle Fragen zum Studium oder den Kursen gestellt werden konnten. Angepeilt war ein wöchentliches Treffen, aber besonders im zweiten Term wurden die Tutorien seltener. Häufig kamen auch nicht viele Fragen oder Anmerkungen auf. Dann wiederholte der Dozent Stoff aus seinem Interessengebiet oder führte diesen fort.

Wie überall hing die Qualität der Vorlesungen stark von den einzelnen Dozenten ab. Dabei unterscheide ich zwischen der Qualität des Vorlesungsstoffes und der Fähigkeit diesen zu vermitteln. In Tabelle 2.2 bewerte ich einige Kurse kurz in diesen Kategorien. Die Beschreibungen der Kurse, die im Lehrplan auf der department-Webseite [7] gegeben werden, treffen größtenteils zu², aber die Dozenten nehmen sich natürlich die Freiheit die Vorlesungen im Verlauf gegebenenfalls zu ändern.

²es ist auch hilfreich sich zu den eigentlichen Webseiten der Kurse mit Vorlesungsslides durchzuklicken

	Qualität Lehrstoff	Didaktik
SL	gut fundiert, konsistent, Fehler im Skript schnell korrigiert, manchmal haben trotzdem Zusammenhänge gefehlt	weiß nicht wie er Mathe anders als mit Mathe erklären soll ("What does σ mean there?" – "It's a symbol!"), zuerst sehr viel Stoff und schnell, dann eher langsam
UL	sehr viel Stoff, anspruchsvoll, nützlich, junger Forschungsbereich, interessante Sichtweise, die viele statistische Methoden unter sich vereint	hervorragend präsentiert, häufige Beispiele, sehr offen für Fragen, die gut beantwortet werden, man hat das Gefühl verstanden zu haben, beim Lösen der Übungsaufgaben muss man aber feststellen, dass man noch viel nachlesen muss
PRMV	physikalisch-statistische Sichtweise auf pattern recognition, sehr gut hergeleitete Regressions- und Klassifizierungsverfahren, mathematisch sehr anspruchsvoll, in machine vision fundierte, geometrische Grundlagen, dann guter Auschnitt aus aktueller Forschung	Buxton sehr schnell, aber Stoff gut aufbereitet und verdaulich (wenn nötige Konzentration vorhanden), Prince hat hervorragendes Begleitmaterial, aber zu schnell, zu viel Stoff für kurze Zeit, oft recht oberflächlich in Vorlesung, doch verständlich
IT	Stoff aus MacKay's Buch [8], das Buch ist gut, er hat aber versucht wenig mathematisch vorzugehen, eigene Forschung als Beispiele, manchmal Zusammenhang mit information theory schwer zu finden	sehr informell, hat meistens nur 2 von 3 Stunden genutzt, Unsicherheiten im eigenen Verstehen, hat sich keine große Mühe gegeben
ES	genetische Algorithmen anhand Mitchell's Buch [9], einige andere evolutionäre Sachen, große Abschweifung zu seiner eigenen Forschung, die nichts mit evolutionary systems zu tun hat	extrem langweilig, versucht das durch Einbeziehen der Hörer auszugleichen, was nicht funktioniert, außer bei seiner eigenen Arbeit sehr wenig Stoff in Vorlesung vermittelt, erwartet dass Rest selbst aufgearbeitet wird, bis aufs Buch schlechtes Begleitmaterial

Tabelle 1: Bewertung einiger Kurse, SL – supervised learning (Massi Pontil), UL – unsupervised Learning (Zoubin Ghahramani, Maneesh Sahani), PRMV – pattern recognition and machine vision (Bernard Buxton, Simon Prince), IT – information theory (Robert E. Smith), ES – evolutionary systems (Mark Herbster)

Die Klausuren fanden dann im März statt und folgten sehr dicht aufeinander. Ich hatte 5 von 6 Klausuren innerhalb von 8 Tagen. Wir hatten ca. 3 Wochen vorlesungsfreie Zeit um uns darauf vorzubereiten. Klausuren aus vorigen Jahren können eingesehen werden, was aber nicht immer hilfreich ist, da sie sich in manchen Kursen stark änderten. Die Schwierigkeit der Klausuren ist so unterschiedlich wie die Qualität der Kurse, aber beides hängt nicht voneinander ab.

2.3 Projekt

Der zweite Teil des Masterstudiums umfasst eine Projektarbeit, der mit mehr als fünf Monaten Dauer viel Gewicht gegeben wird. Es war mir von vornherein klar, dass ich mein Projekt an der Gatsby Computational Neuroscience Unit [10] machen wollte, da mich deren Forschung am meisten interessierte und das Institut einen hervorragenden Ruf hat. Die Gatsby Unit ist ein unabhängiges, zum größten Teil privat finanziertes Forschungsinstitut, das dem UCL angeschlossen ist. In der Lehre kooperiert es mit dem computer science department indem es den unsupervised learning Kurs auch für Masterstudenten anbietet. Abgesehen davon ist es vom computer science department vollkommen losgelöst und das ist auch gut so, denn es stellte sich heraus, dass die Atmosphäre in der Unit viel freundlicher und unkomplizierter ist. Zum Beispiel bekam ich dort sofort einen eigenen Arbeitsplatz während meine Kommilitonen entweder von zu Hause, oder in den öffentlichen Computerräumen des computer science departments arbeiten mussten.

Schon vor den Klausuren trat ich mit der Unit in Kontakt und hatte Gespräche mit verschiedenen Mitarbeitern, in denen sie mir mögliche Projektthemen vorschlugen. Ich entschied mich für ein Projekt mit Maneesh Sahani, der Methoden aus dem unsupervised learning Kurs auf spike sorting anwenden wollte. Ab April arbeitete ich dann daran.

Spike sorting ist eine (Software-)Technik, die man benutzt um Zeitpunkte festzustellen an denen unterschiedliche Zellen in einer extrazellulären Aufnahme im Nervensystem aktiv waren. Neurone, die informationsverarbeitenden Zellen im Nervensystem, zeigen einen kurzen, charakteristischen spike (Aktionspotenzial) in solchen Aufnahmen, wenn sie aktiv sind. Man geht davon aus, dass die spikes verschiedener Neurone verschieden sind. Dann kann man spikes, die sehr ähnlich sind, gruppieren wobei jede Gruppe einer Zelle entspricht. Die Zeitpunkte der spikes in einer Gruppe entsprechen dann den Zeitpunkten an denen ein bestimmtes Neuron aktiv war. Anfänglich hat man so nur eine einzige Zelle pro Aufnahme isoliert, aber nun kann man die Aktivitäten mehrerer Zellen verfolgen. Lewicki hat einen einigermaßen

aktuellen Review zum Thema geschrieben [11].

Das Problem mit den vorhandenen spike sorting Methoden ist, dass sie alle mehr oder weniger davon abhängen, dass genügend spikes isoliert, das heißt in ausreichend zeitlichem Abstand zu einem anderen spike, aufgenommen werden. In bestimmten Regionen des Nervensystems ist diese Voraussetzung allerdings nicht gegeben, weil dort meistens mehrere Neurone gleichzeitig aktiv sind. Um diesem Problem zu begegnen nahm ich einen Ansatz, der von Maneesh schon in seiner Doktorarbeit [12] beschrieben wurde und erweiterte ihn so dass er potentiell das Problem löst. Ich benutzte simulierte Daten, definierte ein Maß für Performanz und verglich damit unseren Algorithmus mit anderen. Außerdem untersuchte ich in der Theorie das Verhältnis zwischen dem vorgestellten und bekannten, ähnlichen Algorithmen.

Es stellte sich heraus, dass unser Algorithmus eine Variante eines bekannten Algorithmus ist, der Unterschied zwischen beiden aber zu groß ist um die Ergebnisse der beiden ins Verhältnis zueinander zu stellen. Die Analyse der Problemstellung zeigte weiterhin, dass sie besonders schwer zu lösen ist. Im Vergleich mit anderen spike sorting Methoden ist unser Algorithmus insgesamt nur Mittelmaß, kann dafür aber auch mit spikes umgehen, die nicht zeitlich isoliert sind. Damit sind die Ergebnisse nicht so gut wie erhofft, allerdings konnte ich zumindest zeigen, dass unser Ansatz auch mit zeitlich überlappenden spikes funktioniert.

Literatur

- [1] *MSc Informatics, Edinburgh*,
www.inf.ed.ac.uk/postgraduate/msc.html
- [2] *MSc Evolutionary and Adaptive Systems, Brighton*,
www.cogs.susx.ac.uk/easy/MSc/
- [3] *MSc Intelligent Systems, Sunderland*,
www.his.sunderland.ac.uk/intelligent
- [4] *MSc Cognitive Science, Osnabrück*,
www.cogsci.uos.de
- [5] *MSc Informatik, Freiburg*,
www.informatik.uni-freiburg.de/studienberatung/master/index.htm
- [6] *MSc Computational Neuroscience, Berlin*,
www.bccn-berlin.de/Teaching/program/msc
- [7] *Lehrplan für die einzelnen Kurse im MSc Intelligent Systems, UCL*,
www.cs.ucl.ac.uk/teaching/syllabus/mscis/
- [8] D.J.C. MacKay, *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*, Cambridge University Press, 2003
www.inference.phy.cam.ac.uk/itprnn/book.html
- [9] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*, MIT Press, 1998
- [10] *Gatsby Computational Neuroscience Unit*,
www.gatsby.ucl.ac.uk
- [11] M. S. Lewicki, *A review of methods for spike sorting: the detection and classification of neural action potentials*, *Network*, 9(4):R53–R78, Nov 1998
- [12] M. Sahani, *Latent Variable Models for Neural Data Analysis*, PhD thesis, California Institute of Technology, Pasadena, California, 1999