Effiziente Adaptive Algorithmen – Neuronale Netze und Evolutionsstrategien

Einige Gedanken für die Diskussion

30. Juni 1996

1 Zur Vorgeschichte

Durch diverse Kontakte mit der DFG besteht der Eindruck, dass es möglich wäre, ein Schwerpunktprogramm (SPP) ins Leben zu rufen, das sich speziell mit Anwendungen von neuronalen Netzen und Evolutionsstrategien beschäftigt. Schwerpunktprogramme bündeln Einzelprojekte, die eine gemeinsame Stoßrichtung haben, in einem Gesamtpaket. Normalerweise werden mehr als 15 und etwa maximal 25 Einzelprojekte gefördert. Die Entscheidung über die Einrichtung eines Informatik-SPPs wird nicht allein von den Informatik-Senatoren der DFG gefällt – auch die andere Fachbereiche wirken und entscheiden mit. Es ist deswegen wichtig, auf die Verbindung mit den anderen Fächer zu achten und frühzeitig auf Interdisziplinarität und Kooperation mit Wissenschaftlern aus anderen Gebieten zu setzen.

Die ursprüngliche Idee war exemplarische Anwendungen von neuronalen Netzen aus den verschiedenen Gebieten zu sammeln und mit den entsprechenden Arbeitsgruppen einen SPP-Antrag zu stellen. Es ist jedoch für einen solchen Antrag wichtig, klar anzugeben, worin das Neue der erwarteten Ergebnisse besteht und welche Beiträge zu dem "state of the art" zu erwarten sind.

Ein SPP kann durch eine Expertenrunde in Bonn (bei der DFG) vorbereitet werden. Eine Kurzfassung des Antrags sollte am 1.12.96 bei der DFG abgegeben werden und die Langfassung im März 1997. Im Fall einer Genehmigung könnte das SPP am 1.1.98 gestartet werden. Nach der Expertenrunde übernimmt eine kleine Kommission die Federführung und bereitet die Kurz- und Langfassung des Antrags vor. Nach der Genehmigung wird eine Ausschreibung veröffentlicht, und die Einzelprojekte werden begutachtet, ähnlich zum Standardverfahren. Normalerweise wird jeder dritte SPP-Antrag genehmigt. Die Veranstaltung einer Expertenrunde ist nicht unbedingt notwendig, aber sicherlich hilfreich.

2 Motivation für ein Schwerpunktprogramm

Künstliche neuronale Netze und Evolutionsstrategien werden heute in verschiedenen Anwendungen eingesetzt. Diese reichen von Aufgaben der Bildverarbeitung oder der Robotik, bis hin zu der Lösung von kombinatorischen Problemen oder zur Vorhersage von Zeitreihen. Dieses explosive Wachstum unseres Arbeitsgebietes könnte dazu führen, in Selbstzufriedenheit zu verfallen. Jedoch gibt es immer noch ein grundsätzliches Problem: haben sich unsere Methoden und Algorithmen durchgesetzt, weil sie effizient sind (d.h. weil sie vom Computer ein Minimum an Rechenzeit erfordern) oder nur weil sie einfach zu implementieren sind und wenige Voraussetzungen brauchen (d.h. weil sie vom Programmierer weniger Bedenkzeit erfordern)? Werden Evolutionsstrategien und KNN nur deswegen eingesetzt, weil Rechenzeit so preiswert geworden ist, daß es sich eher lohnt, diese zu verschleudern anstatt die direkten Algorithmen so weit wie möglich zu verfeinern?

Das anvisierte Schwerpunktprogramm der DFG sollte ein Meilenstein auf dem Weg zu der Klärung dieser wichtigen Frage darstellen. Es gibt bereits *zu viele* adaptive Verfahren für die Lösung der verschiedenartigen Probleme. Fast jede Ausgabe der Fachzeitschriften enthält immer neue Varianten von adaptiven Verfahren, die aber meistens nur anhand einer unzureichenden Testmenge (in der Regel nur anhand eines einzigen Problems) auf Effizienz und Korrektheit überprüft werden. Wir müssen zugeben, daß es einen Mangel an Verständnis der realen Effizienz der adaptiven Verfahren im Vergleich zu den klassischen Algorithmen gibt. Die theoretische Informatik hat in den letzten Jahren große Fortschritte erzielt, verfeinert immer weiter die Komplexitätsklassen und erfindet immer neue Methoden, um die Effizienz von Algorithmen zu garantieren. Auf unserem eigenen Gebiet besteht in dieser Hinsicht immer noch ein grosser Nachholbedarf: die Effizienz und die statistischen Eigenschaften von neuronalen Algorithmen werden selten abgeschätzt und nur unzureichend empirisch überprüft. Unsere Aufgabe in einem SPP wäre, zur Klärung dieser Fragen beizutragen.

Wie könnte dies geschehen? Folgendes Arbeitsmodell wäre denkbar: aus den verschiedenen Disziplinen können wir eine Reihe von Anwendungen identifizieren, in denen neuronale Modelle Verbreitung gefunden haben (z.B. in der Bildverarbeitung). Meistens ist es jedoch so, daß es Standardverfahren gibt, die zur Lösung derselben Aufgaben entwickelt worden sind. Im Fall der Zeitreihenvorhersage z.B. können KNN oder lineare Methoden verwendet werden. Unsere Aufgabe wäre es, das ausgewählte Problem zu lösen, aber gleichzeitig den gewählten Ansatz mit den klassischen Verfahren zu vergleichen. Wir sollten in der Lage sein anzugeben wie viel effizienter unsere Methoden sind und warum Standardverfahren bei gewissen Aufgaben scheitern (z.B. bei nicht-linearen Problemen). Wir sollten aber auch die Möglichkeit in Betracht ziehen, daß es sich herausstellen könnte, daß bei bestimmten Aufgaben unsere Methoden nicht unbedingt viel besser als die klassischen Verfahren sind.

Bei neuronalen Netzen sollte die Effizienz eines Verfahrens anhand von zwei unterschiedlichen Indikatoren gemessen werden: die verwendete Rechenzeit sollte gemessen werden, aber auch die Qualität der statistischen Aussagen ist sehr wichtig. Wir sollten mit den Methoden der "computational statistics" die Qualität unserer Systeme messen und mit anderen Verfahren vergleichen.

3 Mögliche Arbeitsfelder und Anwendungsgebiete

Folgende Liste berücksichtigt einige der Arbeitsgebiete, die bei dem SPP vertreten sein könnten. Es handelt sich um Anwendungen, bei denen eine breite "klassische" Literatur existiert und bei denen ein Vergleich adaptiver vs. klassischer Verfahren möglich wäre. Die Liste kann im Laufe der Diskussion natürlich gekürzt oder erweitert werden.

- Lernverfahren für künstliche neuronale Netze.
  Wie gut sind die direkten Lernverfahren (Gradientenabstieg)? Wie schneiden sie ab im Vergleich zu klassischen numerischen Methoden? Wie gut sind adaptive Verfahren, die Netze graduell wachsen lassen?

- Bildverarbeitung – Mustererkennung und Datenkompression.
  Vergleich der KNN-Methoden mit üblichen Verfahren.

- Zeitreihenanalyse und -vorhersage.
  Lineare Methoden (ARMA usw.) gegenüber KNNs. Wann sind nichtlineare Methoden von Vorteil?

- Statistik und neuronale Netze.
  Wie kann man die statistische Qualität der Lösungen garantieren? Wie berechnet man Konfidenzintervalle?

- Topologieerhaltende Abbildungen - Effiziente Varianten.
  Kohonen-Karten mit wenigen Stützpunkten können sehr schnell trainiert werden (Spline-Netze). Wie gut sind ihre Approximationseigenschaften?

- Adaptive Gitter.
  Es gibt viele klassische Algorithmen für die Definition von adaptiven Gittern (z.B. auf dem Gebiet der Differentialgleichungen). Welche Verbindung besteht zu den adaptiven Verfahren der KNN-Community?

- Parallele Lösungen für kombinatorische Probleme.
  Sind Netze des Hopfield-Typs für die Lösung kombinatorischer Probleme wirklich angebracht? Worin besteht der Vorteil gegenüber anderen Verfahren?

- Evolutionsstrategien für die Strukturierung von neuronalen Netzen.
  Wie kann man die Struktur von KNN optimieren? Nach dem Training, vor dem Training, während des Trainings?

- Evolutionsstrategien und kombinatorische Probleme.
  Klassische Evolutionsstrategien arbeiten in dem Kontinuum. Gibt es eine allgemeine Methode, um kombinatorische diskrete Probleme so zu behandeln?

- Softwarewerkzeuge für neuronale Netze.
  In der Numerik und in der algorithmischen Geometrie sind im Laufe der Jahre Bibliotheken von effizienten Algorithmen entstanden. Es ging nicht darum einen neuen Simulator zu entwerfen, sondern eher darum, die identifizierten effizienten Algorithmen (und nur diese) in einer Bibliothek zusammenzufassen.

- Effiziente adaptive Clusteringverfahren.
  Wie gut sind die KNN-Clusteringalgorithmen in Vergleich zu den klassischen Verfahren der Statistik?

- Effiziente statistische Mustererkennung.
  Können wir effiziente Mustererkennung mit anderen einfacheren Mitteln implementieren? Polynomial-Approximatoren z.B.?

4 Fahrplan

Wir sollten uns in einer ersten Runde über E-mail austauschen und die Ziele und mögliche Konformation eines SPPs definieren. Wahrscheinlich können wir diese Phase der "Selbstfindung" im August abschließen. Dann sollten wir eine eintägige Expertenrunde in Bonn organisieren (möglichst im Oktober-November) und die Kurzfassung des Antrags vorbereiten. Im Frühjahr 1997 sollten wir über E-mail den Antrag vorbereiten und bis März fertig haben.

Raul Rojas
Universität Halle
FB Mathematik und Informatik
Kurt-Mothes-Str. 1
06120 Halle
rojas@informatik.uni-halle.de