



Doctoral Thesis

Harnessing computational resources for efficient exhaustive search

Author(s):

Gasser, Ralph Udo

Publication Date:

1995

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001419966> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 10927

Harnessing Computational Resources for Efficient Exhaustive Search

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZÜRICH
for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by

RALPH UDO GASSER
Dipl. Informatik Ing. ETH

born October 3, 1966
citizen of Diepoldsau (SG)

Accepted on the recommendation of

Prof. Dr. J. Nievergelt, examiner
Prof. Dr. J. Schaeffer, co-examiner
Prof. Dr. J. Waldvogel, co-examiner

1995

Abstract

Searching is a central paradigm of computer science. In the past, search problems were often solved heuristically because of limited computational resources. Now that faster machines with larger memories are available, it is increasingly becoming possible to solve these problems optimally using exhaustive search.

In this thesis, we examine how forward and backward search techniques can be combined to efficient exhaustive search algorithms. To this end, we developed the SearchBench, a tool for exhaustive search. It allows the programmer to concentrate on the problem-specific aspects of her task, by pre-implementing the essential problem-independent algorithms. In addition to being suited for rapid prototyping, the SearchBench offers a simple interface, making it a useful teaching tool.

Two examples demonstrate the strength of our combined approach. Nine Men's Morris was proven a draw, making it the first non-trivial game to be solved with exhaustive search. Other games solved to date rely on knowledge-based methods to reduce the search space. For the 15-Puzzle, our approach reduces the size of the search tree needed to optimally solve a position. Progress was also made in finding the hardest 15-Puzzle position. We found positions requiring 80 moves to solve optimally and proved that any position can be solved in at most 87 moves.

Kurzfassung

Suchen ist ein zentrales Paradigma der Informatik. Bisher wurden Suchprobleme oft heuristisch gelöst, da nur beschränkte Rechenressourcen vorhanden waren. Durch die vermehrte Verfügbarkeit von schnelleren Prozessoren mit grossem Speicher, wird es zusehends möglich, diese Probleme optimal zu lösen.

Diese Dissertation untersucht Methoden um Vorwärts- und Rückwärtssuche effizient zu kombinieren. Zu diesem Zweck haben wir die SearchBench entwickelt. Dieses Werkzeug erlaubt es dem Programmierer, sich auf die problemspezifischen Aspekte seiner Arbeit zu konzentrieren. Dies wird erreicht, indem die problemunabhängigen Algorithmen bereits von der SearchBench zur Verfügung gestellt werden. Neben ihrer Eignung, schnell Prototypen zu erstellen, ist die SearchBench auch im Unterricht nützlich, da sie auf einer einfachen Schnittstelle basiert.

Zwei Anwendungen zeigen die Stärke von kombinierten Suchverfahren. Einerseits wurde bewiesen, dass das Mühlespiel unentschieden endet. Andere Spiele die bisher gelöst wurden, beruhen auf wissensbasierten Methoden, die den Suchraum einschränken. Andererseits hat unser Verfahren für das 15-Puzzle die Grösse der benötigten Suchbäume wesentlich reduziert. Ebenso haben wir Fortschritte bezüglich des Auffindens der schwierigsten Stellung gemacht. Insbesondere fanden wir Stellungen, die 80 Züge benötigen um optimal gelöst zu werden, und wir haben bewiesen, dass jede Stellung in höchstens 87 Zügen gelöst werden kann.