

# Towards perfect play of Scrabble

## Citation for published version (APA):

Sheppard, B. (2002). *Towards perfect play of Scrabble*. Datawyse / Universitaire Pers Maastricht. <https://doi.org/10.26481/dis.20020705bs>

## Document status and date:

Published: 01/01/2002

## DOI:

[10.26481/dis.20020705bs](https://doi.org/10.26481/dis.20020705bs)

## Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

## Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

## General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.umlib.nl/taverne-license](http://www.umlib.nl/taverne-license)

## Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[repository@maastrichtuniversity.nl](mailto:repository@maastrichtuniversity.nl)

providing details and we will investigate your claim.

## Summary

In this thesis, we describe the history, techniques, and results of the MAVEN Scrabble engine. MAVEN started out as a research project to explore the limits of computer Scrabble playing ability. It developed into an exceptionally robust engine that dominated the human champions of the game and contributed to our understanding of the game.

Chapter 2 describes the game of Scrabble, concentrating on the nature of the game and the skills needed to perform at a high level.

Chapter 3 sketches the history of computer Scrabble from the author's point of view. The literature contains few papers about computer Scrabble; this thesis presents much of this material for the first time.

Chapter 4 covers the purely algorithmic task of move generation. If you want to play Scrabble at a high level, then move generation must be exhaustive and fast. Ingenious algorithms and data structures solve these problems.

Chapters 5 and 6 describe how to evaluate moves. MAVEN was programmed to develop a positional theory through self-play. Chapter 5 shows how to evaluate changes to the rack. Chapter 6 discusses how to evaluate changes to the board.

Chapters 7, 8, and 9 show how the game evolves in stages. Chapter 7 characterizes the first stage, the Early Game. The final stage of the game the Endgame, which Chapter 8 covers in detail. Chapter 9 deals with the Pre-Endgame, which is the phase between the two. We will tackle the Pre-Endgame last because it has aspects of both the Early Game and Endgame.

Chapter 10 describes Simulation, a technique that revolutionized computer Scrabble. The technique is an implementation of Monte Carlo search of the state space. The application of Monte Carlo search to Scrabble is successful, so it is worth careful study.

Chapter 11 describes opportunities for improvements in simulation. Opportunities arise because simulation involves many policy choices for how to draw racks, play out variations, evaluate endpoints, and control the search. The implementation in MAVEN is but one example. Though that implementation has demonstrated practical success, there are still open questions.

Chapter 12 presents MAVEN's competitive results. MAVEN has played in three tournaments and three arranged matches. These results validate the quality of MAVEN's implementation.

Chapter 13 describes opportunities for further investigation. While research on MAVEN has been a resounding success, there remain areas where further investigations may be fruitful.

Chapter 14 summarizes research results.

Appendix A gives the rules of the game.

Appendix B presents three annotated games. MAVEN software validated the annotations. Appendix C gives the historical timeline of MAVEN's development.

## Samenvatting

In dit proefschrift worden de geschiedenis, de technieken en de resultaten van het Scrabble-programma MAVEN beschreven. MAVEN is begonnen als een onderzoeksproject naar de mogelijkheden en beperkingen van computers om Scrabble te spelen. Het heeft zich ontwikkeld tot een zeer sterk en robuust programma dat de menselijke Scrabble-kampioenen heeft verslagen. Tevens heeft het bijgedragen aan een beter begrip van het spel.

In hoofdstuk 2 wordt de aard van het Scrabble-spel beschreven en de vaardigheden die nodig zijn om op een hoog niveau te presteren.

Hoofdstuk 3 geeft een beeld van de geschiedenis van computer Scrabble vanuit de auteur gezien. Er zijn in de literatuur weinig artikelen over computer Scrabble te vinden en in dit proefschrift wordt veel van het materiaal voor de eerste keer gepubliceerd.

Hoofdstuk 4 behandelt het zuiver algoritmische probleem van het genereren van zetten. Wanneer men Scrabble op een hoog niveau wil spelen dan moet het genereren van zetten niet alleen uitputtend maar ook snel zijn. Er bestaan ingenieuze algoritmen en data-structuren om deze problemen op te lossen.

De hoofdstukken 5 en 6 geven een methode aan om zetten te evalueren. Er is een programma ontwikkeld waarmee MAVEN tegen zichzelf kan spelen; dit heeft geleid tot een positionele theorie. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven hoe men veranderingen op het rek evalueert. Hoofdstuk 6 gaat in op de evaluatie van de veranderingen op het bord.

De hoofdstukken 7, 8, en 9 beschrijven hoe het spel zich in fasen ontwikkelt. Hoofdstuk 7 gaat in op de eerste fase, de opening en het beginnende middenspel. De laatste fase van het spel, het eindspel, wordt gedetailleerd behandeld in hoofdstuk 8. Hoofdstuk 9 gaat in op het "pre-eindspel", dat is de fase is tussen opening en eindspel. We behandelen het pre-eindspel als laatste omdat het aspecten van beide fasen behelst.

Hoofdstuk 10 geeft een beschrijving van de simulaties. Deze techniek heeft voor een doorbraak in het computer Scrabble gezorgd. De techniek is een toepassing van het Monte Carlo zoeken in de toestandsruimte. Deze toepassing is voor Scrabble zeer succesvol, hetgeen een zorgvuldig onderzoek rechtvaardigt.

Hoofdstuk 11 bespreekt diverse mogelijkheden voor verbetering van de simulatie. Deze mogelijke verbeteringen betreffen veelal strategische keuzen over het trekken van letters, het uitspelen van varianten, het evalueren van eindtoestanden, en het besturen van het zoekproces. De verwezenlijking hiervan in MAVEN is slechts een voorbeeld. Hoewel de daadwerkelijke implementatie kan bogen op een groot aantal successen, zijn er toch ook nog open vragen.

Hoofdstuk 12 toont de wedstrijdresultaten van MAVEN. Het programma heeft deelgenomen aan diverse toernooien en officieel georganiseerde matches. De resultaten bevestigen de kwaliteit van het programma MAVEN.

In hoofdstuk 13 worden de mogelijkheden voor verder onderzoek besproken. Hoewel het MAVEN-onderzoek klinkende successen heeft opgeleverd, blijven er gebieden over waarin verder onderzoek tot vruchtbare resultaten kan leiden.

Hoofdstuk 14 geeft een samenvatting van de onderzoeksresultaten.

Appendix A beschrijft de regels van het spel.

Appendix B vermeldt drie geannoteerde wedstrijden. MAVEN-software heeft deze annotaties gevalideerd.

Appendix C geeft de historische tijdlijn van de ontwikkeling van MAVEN.