23 JUL 2002

THE DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPLEX-VALUED BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK (QCBPN)

ANANTA SRISUPHAB

อภินันทนาการ
จาก
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(COMPUTER SCIENCE)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2002

TH
A533d
2002
C.2

ISBN 974-04-1846-5

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY
Copyright by Mahidol University

4237674 SCCS/M :MAJOR : COMPUTER SCIENCE; M.Sc.(COMPUTER SCIENCE)
KEY WORDS : QUANTUM NEURAL NETWORK / COMPLEX-VALUED BACKPROPAGATION / QUANTUM COMPUTATION / CLASSIFICATION

ANANTA SRISUPHAB : THE DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPLEX-VALUED BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK (QCBPN). THESIS ADVISORS: JARERNSRI L. MITRPANONT Ph.D., SUPACHAI TANGWONGSAN, Ph.D., UDOM ROBKOB, Ph.D., 105 p. ISBN 974-04-1846-5

This research presents the development of a new neural network architecture called the *Quantum Complex-valued Backpropagation Neural Network* or *QCBPN*. By providing the Backpropagation Neural Network with the Quantum Computing capability and using the Complex-valued Backpropagation Algorithm, we design and develop the QCBPN system.

The proposed architecture is the modification of the conventional Backpropagation Neural Network. The conventional neuron is extended to handle the complex number that is the representation of the quantum state. It is interesting that the complex number and the quantum states share some natural representation suitable for the parallel computation. Therefore, we propose the quantum state mapping scheme, using sigmoid function to map the real world data into the quantum state representation via the complex number system. Then, the quantum state inputs are fed into the QCBPN system as a complex number to be used with the complex-valued backpropagation algorithm. The real-valued activation function is modified to be a complex-valued activation function as well. The learning behavior of the QCBPN occurred during the training, when the complex-valued backpropagation performed the complex-valued weights updating. Finally, the square error and the quantum state obtained from the output layer are interpreted and used to evaluate the learning behavior. The interpretation process maps the quantum state output to real value, based on its amplitude probability.

Three problems of XOR, TC and CANCER are used to validate and evaluate the performance of the QCBPN. The results obtained from 300 experiments show better performance in learning speed and classification, when compared to standard backpropagation and the existing quantum circuit neural network. In TC problem, QCBPN outperformed the standard backpropagation, while in XOR problem, it also outperformed the quantum circuit neural network. This means that the learning capability is improved with the faster convergence of the system. Finally, in CANCER problem, the results indicate not only the excellent performance, but also how well the QCBPN can solve the real world problem. These results confirm that our quantum state mapping scheme is effective. In addition, the overall results demonstrate that our new architecture is well established and effective.

Copyright by Mahidol University

4237674 SCCS/M : สาขาวิชา : วิทยาการคอมพิวเตอร์; วท.ม. (วิทยาการคอมพิวเตอร์)

อนันต์ ศรีสุภาพ : การพัฒนาโครงข่ายประสาทเทียมควอนตัมแบคพรอพพาเกชั่นแบบค่าเชิงซ้อน (THE DEVELOPMENT OF QUANTUM COMPLEX-VALUED BACKPROPAGATION NEURAL NETWORK (QCBPN)). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : เจริญศรี มิตรภานนท์, Ph.D., ศุภชัย ตั้งวงศ์ศานต์, Ph.D., อุดม รอบคอบ, Ph.D., 105 หน้า. ISBN 974-04-1846-5

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบและพัฒนาสถาปัตยกรรมใหม่สำหรับโครงข่ายประสาทเทียม มีชื่อว่า *โครงข่ายประสาทเทียมควอนตัมแบคพรอพพาเกชั่นแบบค่าเชิงซ้อน หรือ QCBPN* โดยการนำโครงข่ายประสาทเทียมแบคพรอพพาเกชั่น (Backpropagation Neural Network) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายมาปรับปรุงด้วยการเพิ่มความสามารถในด้านการประมวลผลแบบควอนตัม (Quantum Computing) และการใช้อัลกอริทึมแบคพรอพพาเกชั่นแบบค่าเชิงซ้อน (Complex-valued Backpropagation Algorithm) เป็นอัลกอริทึมสำหรับการฝึกสอนเพื่อออกแบบและพัฒนา QCBPN

สถาปัตยกรรมใหม่สำหรับโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นการนำสถาปัตยกรรมเดิมของโครงข่ายประสาทเทียมแบคพรอพพาเกชั่นมาปรับปรุงโดยให้หน่วยประสาทเทียม (Neuron) ให้สามารถรองรับการจัดเก็บจำนวนเชิงซ้อนซึ่งเก็บค่าสถานะควอนตัม (Quantum State) ได้ จำนวนเชิงซ้อนและสถานะควอนตัมนั้นมีความเหมาะสมโดยธรรมชาติในการประมวลผลแบบคู่ขนาน (Parallel Computation) ดังนั้น เราจึงเสนอวิธีการเปลี่ยนค่าจำนวนจริงไปสู่สถานะควอนตัม ซึ่งจัดเก็บในรูปแบบของค่าเชิงซ้อน (Quantum State Mapping) โดยการประยุกต์ใช้ฟังก์ชั่นซิกมอยด์แบบค่าเชิงซ้อน (Complex-valued Sigmoid Function) ซึ่งวิธีการที่นำเสนอจะสามารถใช้งานกับข้อมูลที่มีค่าเป็นแบบจำนวนจริงและข้อมูลแบบไบนารีได้ และอัลกอริทึมแบคพรอพพาเกชั่นแบบค่าเชิงซ้อนได้ถูกนำมาใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมใหม่ที่ได้พัฒนาขึ้น

จากผลการทดลองกับ 3 ปัญหาคือ XOR, TC และ CANCER จำนวนทั้งสิ้น 300 การทดลอง พบว่าสถาปัตยกรรมใหม่ที่นำเสนอให้ผลที่น่าพอใจอย่างยิ่งในประสิทธิภาพด้านความเร็วในการเรียนรู้ (Learning Speed) และการจำแนก (Classification) เมื่อเปรียบเทียบกับโครงข่ายประสาทเทียมแบคพรอพพาเกชั่นแบบมาตรฐานและโครงข่ายประสาทเทียมควอนตัมที่พัฒนาจากวงจรควอนตัม (Quantum Circuit Neural Network) ในการทดสอบกับปัญหา TC ระบบที่นำเสนอสามารถเรียนรู้ได้รวดเร็วกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบคพรอพพาเกชั่นแบบมาตรฐาน ในขณะที่การทดสอบกับปัญหา XOR ระบบที่นำเสนอเรียนรู้ได้เร็วกว่าโครงข่ายประสาทเทียมควอนตัมที่พัฒนาจากวงจรควอนตัม แสดงให้เห็นว่าระบบที่นำเสนอมีการเพิ่มประสิทธิภาพของการเรียนรู้ โดยเรียนรู้ได้รวดเร็วขึ้น และจากผลการทดสอบกับปัญหา CANCER นอกจากระบบที่นำเสนอสามารถเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วแล้ว ยังแสดงให้เห็นว่าระบบ QCBPN ที่นำเสนอสามารถแก้ปัญหาจริงได้ แสดงให้เห็นว่า สถาปัตยกรรมใหม่ที่นำเสนอนี้มีประสิทธิภาพสูงและสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้เป็นอย่างดี

Copyright by Mahidol University