

学 位 論 文 題 名

Project Performance Evaluation and Prediction Using Neural Networks

(ニューラルネットワークを用いたプロジェクトパフォーマンスの実績評価
と予測に関する研究)

学位論文内容の要旨

Organizations all over the world are increasingly using projects to meet their short to medium term goals as well as their high-level strategic business goals. A project is a strategic weapon whose performance directly impacts on the overall performance and excellence of the organization. It is a widely held notion in industry that how a project performs is influenced by the quality of management mechanisms and tools adopted in managing the project. It is for this reason that organizations either establish their own Project Management Offices (PMO's) or hire the services of outside PMO's to evaluate and quantify the quality of project management on their projects. Recently a Project Assessment Indicator (PAI) Model (Yamato, Nakamura and Honma, 2006) has been devised to evaluate and quantify the quality of project management and provide an indication of how the project is performing. However, the PAI Model faces some limitations. The aim of this thesis is to demonstrate that Artificial Neural Networks (NN's) and Deep Belief Networks (DBN's) could be applied to overcome some of the limitations of the PAI Model in terms of objective evaluation and prediction of project performance.

Chapter 1

This chapter introduces the thesis background. We describe the thesis research problems, thesis aim and objectives, and thesis organization.

Chapter 2

This chapter consists of three sections.

In Section 2.1 we review three widely used classical project evaluation methods namely Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT), and Earned Value Management System (EVMS). These methods mainly focus on evaluating the scope, cost, and schedule performance of a project. Recently project evaluation method called Project Assessment Indicator (PAI) has been devised. The PAI Model focuses the entire health of a project by evaluating 15 project elements derived from on the 8 PM knowledge areas of scope, cost, schedule, quality, risk, procurement, and communication. We briefly describe how the PAI Model computes overall project performance based on the 15 project elements. This is followed by a highlight of the merits and demerits of the PAI Model. In addition we show some recent improvement made to the PAI Model through the application of the Analytical Hierarchy Process (AHP) method. Some weaknesses of the PAI Model form the research problems of this thesis.

In Section 2.2 we give an overview of the basic principles of NN's where we describe the processing unit or neuron and the commonly used neuron transfer functions. We then give an overview of the cost functions, backpropagation gradient descent learning algorithm and NN parameter setting.

In Section 2.3 we briefly describe a Restricted Boltzmann Machine (RBM) which is a proba-

bilistic model with a two-layer architecture that provides joint probability distributions over input data and reference (target) data. This is followed by an overview of the contrastive divergence learning algorithm used in training the DBN used in this thesis.

Chapter 3

This chapter focuses on applying NN's to predict weekly project performance based on past monthly data. The monthly project performance data are computed using the PAI Model. Although the PAI Model facilitates a comprehensive evaluate of the entire project, it does not explicitly compute future project performance. The current trend in the Project Management Field is to quantitatively compute project performance up to the present as well as predict future performance. This is essential for the Project Management Office (PMO) and project managers to make wise adjustments to ensure project success. Forecasting project performance at weekly intervals is particularly helpful for project managers to track their projects at close intervals of time. Since the PAI Model is currently designed to compute monthly data only, we introduce a simplified 2nd Newton Interpolation Function to generate virtual weekly data from actual monthly project performance data. We split the generated virtual data into training data and test data. The training data is used to train the NN using the gradient descent algorithm with momentum and the cross-entropy error as the cost function. thereafter, we use the test data to test the NN generalization or predictive performance.

Chapter 4

This chapter focuses on applying DBN's to quantitatively evaluate monthly project performance based on 15 project elements. The DBN uses the same 15 input variables used in the PAI Model and outputs an indicator of overall monthly project performance comparable to PAI. In principle, we can comprehensively evaluate the performance of a given project using both the PAI Model and the DBN. However, the PAI Model is a highly subjective model due to the overdependency on experts to allocate model weights and project element category scores based on the empirical rule. Allocation of category scores is done by the experts based on their PM skills and experience without taking into account the correlations between the project elements. We show in this study that the DBN overcomes this limitation by facilitating the computation of overall project performance base on the interaction of the input variables. In addition, we show that the DBN weights could be used to explain and correlate the interaction between the 15 input variables. The merit of elucidating the correlations between the project elements could help the PMO and project managers to have advance knowledge about the outcome of adjusting certain project processes.

Chapter 5

This chapter gives the general concluding remarks and findings from the application of shallow and deep architecture NN's in project management evaluation and prediction.

学位論文審査の要旨

主査	特任教授	本間利久
副査	教授	五十嵐一
副査	教授	小野里雅彦

学位論文題名

Project Performance Evaluation and Prediction Using Neural Networks

(ニューラルネットワークを用いたプロジェクトパフォーマンスの実績評価
と予測に関する研究)

世界中の組織では、組織の上位の戦略ビジネス目標と同じく短期から中期目標に沿ってプロジェクトが益々推進されている。プロジェクトは戦略的な活動であるため、その効果は組織の全体評価および組織の卓越さに直接影響をおよぼし、プロジェクト評価がマネジメントメカニズムの質にどのように影響されるかを、多くの企業はよく認識している。これらの理由から、組織は組織内にプロジェクトマネジメント・オフィス (PMO) を確立するかまたは PMO 外部からそのサービスを受け入れ、組織のプロジェクトについてプロジェクトマネジメントの質を定量的に評価している。最近提案された Project Assessment Indicator (PAI) モデルでは、プロジェクトマネジメントの質を定量的に評価するためのプロジェクト評価指標を提供しているが、PAI モデルは、いくつかの問題点を有している。本論文の目的は、PAI モデルのこれらの問題をニューラルネットワーク (NN) とディープ・ビリーフ・ネット (DBN) を用いて、プロジェクト実績評価から評価予測および評価カテゴリ間の相互依存性を通して客観的に解決している。

本論文は全 5 章から構成されており、各章の内容は以下の通りである。

第 1 章では、研究の背景及びこれまでの研究成果をまとめ、本論文の目的を明確にするとともに、各章の構成について述べている。

第 2 章では、3 節から成っている。2-1 では広く用いられている古典的な 3 つのプロジェクト評価法 (クリティカル・パス法、プログラム評価レビュー手法、アーン・バリューによるマネジメント・システム) についてまとめている。これらの手法は主にプロジェクトのスコープ、タイム、コストの評価に焦点を当てている。最近提案された PAI モデルから、15 のプロジェクト評価カテゴリを用いたプロジェクト全体の評価が注目されてきた。この 15 の評価カテゴリは、プロジェクトマネジメント知識体系ガイドの 9 つの知識エリア (統合、スコープ、タイム、コスト、品質、コミュニケーション、リスク、調達) から構成されたものであり、この PAI モデルを用いてどのようにしてプロジェクトの全体の定量評価を行うかを記述している。さらに最近では、階層的意思決定法 (AHP) を PAI モデルに適用してモデルの改善がなされたが、それに伴い発生した問題を本論文の課題としている。2-2 節ではニューラルネットワーク (NN) の基本原理、特にニューロン/ユニット処理、共通に使用されるニューロン伝達関数について概説している。さらに、コスト関数、逆伝播勾配降下焼きなましアルゴリズムおよび NN パラメータ設定について記述している。2-3 節では入力データと教師データとの結合確率分布を作り出す 2 層アーキテクチャ確率モデルの Restricted Boltzmann Machines (RBM) が記述されている。

第3章では、NNモデルを用いて月毎のプロジェクト実績評価データから週毎のプロジェクト評価予測を行っている。これまで、PAIモデルは月毎のプロジェクト実績を評価しており、プロジェクト全体のその月での包括的な定量的評価に適しているが、プロジェクトの予測評価に使用できない。しかし、プロジェクトマネジメント分野における最近の傾向は、プロジェクトの定量的評価と同様に予測評価にあり、PMOおよびプロジェクトマネージャ (PM) が、賢明なマネジメントでプロジェクトを成功させるために本質的なことである。そこで、PMIモデルの月毎のプロジェクト実績評価データから、2次ニュートン内挿関数を用いて仮想的週毎の時系列評価データをつくり、教師データセットとテストデータセットに分けた。さらに、クロス・エントロピー誤差をコスト関数とし、モーメンタム勾配降下アルゴリズムを用いて、教師データセットからNNモデルのパラメータを設定し、プロジェクトの予測評価をテストデータセットにより行い、NNモデルによるプロジェクト予測評価の相対誤差が、約2パーセント程度以内であることを示した。その結果、NNモデルを用いてPMのプロジェクトの予測評価が有効であるためには、週毎のプロジェクト実績評価データが必要であることを明らかにしている。

第4章では、15のプロジェクト評価カテゴリを基に定量的に月毎にプロジェクトを評価するためにDBNの応用に焦点を当てている。DBNでは、PAIモデルで用いた同じ15のプロジェクト評価カテゴリを入力変数にし、出力としてPAIモデルに因むプロジェクトの月毎の全体評価指標のみを使う。原理的には、PAIモデルでもDBNモデルでも、与えられたプロジェクトの包括的な実績評価を行うことができる。しかし、PAIモデルは、経験則を基にしたモデルの重みおよび評価カテゴリの割当が専門家によりなされるため、かなり主観的方法である。すなわち、プロジェクト評価カテゴリ間の相互依存性を考慮することなくPMのスキルと経験のみで評価カテゴリ配点の割当がなされている。本論文では、入力変数の相互作用を基にしたDBNにより全体プロジェクトの定量的評価を容易し、これらの問題を解決している。さらに、15入力変数間の相互作用の相関関係とその説明において、DBNの重みが見えることを示した。プロジェクト評価カテゴリ間の相互依存性を説明できる利点は、PMOおよびPMがプロジェクトのプロセスをマネジメントすることで生まれる新たな知識を得ることにある。

第5章では、各章で明らかにした内容をまとめ、本論文を総括している。

これを要するに、著者はニューラルネットワークを用いて、プロジェクトの評価予測を確立するとともに、プロジェクト評価カテゴリ間の相互依存性について明らかにしたものであり、プロジェクトマネジメント、ソフトコンピューティング、情報科学に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。