Computer Science Applications in Renewable Energy

Thesis · September 2016

DOI: 10.13140/RG.2.2.10907.36640/1

1 author:

Mohamed A. Ali
Informatics Research Institute (IRI)
14 PUBLICATIONS **249** CITATIONS

SEE PROFILE

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

COMPUTER SCIENCE APPLICATIONS IN RENEWABLE ENERGY

BY

MOHAMMED ABDELFATTAH ALI AHMED

(B. Sc. in Computer Science 2008)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment

of

The requirements for the Degree of

Master

in

Computer Science

Department of Mathematics
Faculty of Science
Zagazig University

2016

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

COMPUTER SCIENCE APPLICATIONS IN RENEWABLE ENERGY

BY

MOHAMMED ABDELFATTAH ALI AHMED

(B. Sc. in Computer Science 2008)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment
of
The requirements for the Degree of
Master
in
Computer Science

Prof. Dr. Fawzan Ismail Sidky
Professor of Mathematics
Faculty of Science, Zagazig University

Prof. Dr. Mohamed ElSayed Aly
Department of Computer Based Engineering Applications
Informatics Research Institute- City for Scientific Research and Technological Applications

Dr. Zahraa El Slayed Mohammed
Lecturer of Computer Science
Faculty of Science, Zagazig University

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

Approval Sheet

Thesis Title:

Computer Science Applications in Renewable Energy

By

Mohamed Abd El-Fattah Ali Ahmed

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirements for the Degree of Master

in Mathematics (Computer Science)

To

Faculty of Science, Zagazig University

It Has Been Approved by:

NO.	Name	Profession	Signature
1	Prof. Dr. Lotfy Hassan Rabia	Professor of Powers Mechanics, Faculty of Engineering, Mansoura University.	
2	Prof. Dr. El-Sayed Abd El-Maksoud Atlam	Professor of computer Science, Department of Mathematics, Faculty of Science, Tanta University.	
3	Prof. Dr. Fawzan Ismail Sedky	Professor of Mathematics, Department of Mathematics, Faculty of Science, Zagazig University.	F.Sidky
4	Prof. Dr. Mohamed El-Sayed Ali	Assistant Professor, Department of Computer Based Engineering Applications, Informatics Research Institute, City for Scientific Research and Technological Applications.	

Date of discussion
24 /8 / 2016

Head of the Department of Mathematics
Prof. Dr. E. M . Nigm
Nigm E.M

ACKNOWLEDGEMENT

First, I would like to thank ***ALLAH***, the most merciful for guiding me to do this work. I hope he with his majesty accepts it and makes it a reason to enter paradise.

I would like to express my appreciation to ***Prof. Dr. Mohamed El-Sayed Aly Youssef*** and ***Dr. Gasser El-Hussein Gad El-Rab Hassan***, for their continuing guidance, help, advice and support throughout the progress of this work, and for their keeping patient on me during this work.

I wish to express my thanks for ***Prof. Dr. Walaa Seha***, ***Prof. Dr. Fawzan Ismail Sidky*** and ***Dr. Zahraa El Slayed Mohammed***, for their supportive help, and guidance.

I would like to express my deep gratitude and great thanks from my heart and mind for ***MY PARENTS*** and ***MY WIFE***, for their encouraging me not only in this work, but in all my life with their endless support and kindly help.

I would like to thank my brother, my sisters and all my relatives for their kindness and supportive help during this work.

I would like to thank my friends at City for Scientific Research and Technology for helping and supporting me, with special appreciate to ***Prof. Dr. Bayumi*** and ***Eng. Alaa Hassan Hassan***.

Thanks to all who helped me in achieving this work.

To ***MY WIFE*** and ***MY*** children ***ROAA*** and ***AHMED***

Mohammed AbdelFattah Ali Ahmed

ABSTRACT

Nowadays, computer science plays an important role in all fields of knowledge. Many problems in different areas can be solved effectively using computer science. Computer science has the ability to model and analyze problems as well as design solutions and verify that they are correct, also comparing different techniques until identify the best one.

In this regard, this work employed the computer science to solve one of the important issues in energy field; in solar systems, accurate knowledge of solar radiation data is considered the first step in resources assessment in a certain location. The unavailability of the solar radiation measurements for different locations around the world leads to developing various models to estimate the solar radiation.

The Artificial Neural Network (ANN) models have been employed in this study to estimate global solar radiation on a horizontal surface. Furthermore, the performances of ANN models are compared with the performances of different empirical models that have been used from literature or presented in this study.

Moreover, different software engineering activities (system specification, design, validation, and evolution) are utilized in this work to implement a new in-house software program for validating and verifying which model is suitable to evaluate global solar radiation over Egypt. In addition, this software program can be used to analyze weather data and to support essential information for designing energy systems. This software has been developed using C# programing language.

The performances of ANN models which have been designed in this study showed very good estimation for global solar radiation on a horizontal surface. In addition, the most accurate empirical models in estimating global solar radiation from models that used in this study are recognized.

As well, the performance of accepted models that derived from new presented empirical models in this study are more accurate than the selected models from the literature. Also, the local formula for the most accurate new model provides good estimation at different locations especially at coastal sites where inaccurate estimations are commonly predicted by different models. Also, the local and general formulas of the best model also perform better than the most accurate two sunshine-based models from the literature.

In addition, the performance of the best ANN model and best empirical model in this study are compared. The results illustrate that two models have a very good performance and their performances are very closer to each other and the best performance is donated by ANN model.

The presented results in this study are significant for quick and accurate estimation of global solar radiation. The models and the computer code which are developed in this work form the backbone of any computer-aided in design of different energy systems.

LIST OF PUBLICATIONS

Publisher	Journal	State	Paper
Elsevier	Applied Energy	Published	New Temperature-based Models for Predicting Global Solar Radiation
AENSI	Advances in Natural and Applied Sciences	Published	Investigating the performance of different models in estimating global solar radiation
Elsevier	Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	Accepted with Revision	Performance Assessment of Different Day-of-the-Year-based Models for Estimating Global Solar Radiation - Case Study: Egypt
Taylor & Francis	International Journal of Green Energy	Under Review	Performance Assessment of Different Global Solar Radiation Models – Case Study: New Borg El- Arab city, Egypt

TABLE OF CONTENTS

LIST OF NOMENCLATURE AND ACRONYMS

ANN	Artificial Neural Network
AST	Apparent Solar Time
a	Empirical coefficient
b	Empirical coefficients
c	Empirical coefficients
C	The monthly average daily total cloud cover during daytime observation (Octal)
CS	Computer Science
CBSE	Component-Based Software Engineering
d	Empirical coefficients
e	Empirical coefficients
E	Relative percentage error
Ele	The elevation above sea level (m)
ET	Equation of Time
f	Empirical coefficients
g	Empirical coefficients
G	the monthly average daily global solar radiation on a horizontal surface (MJ/m^2 d $^{-1}$)
G_{on}	Extraterrestrial radiation on normal plane (W/m^2 Watt per square meter)
G_{sc}	Solar Constant (W/m^2 equal to 1367 W/m^2)
G_{oH}	Extraterrestrial radiation on Horizontal plane on a given time of year (W/m^2)
G_G	Global solar radiation
G_{dir}	Direct solar radiation
G_{dif}	Diffuse solar radiation
G_t	Total solar radiation on tilted surface
G_{Bt}	Beam radiation on tilted surface
G_{Dt}	Diffuse solar radiation on tilted surface
G_{Gt}	Ground reflected solar radiation on tilted surface
G_B	Beam radiation on horizontal surface
G_{Bn}	Beam radiation from the sun
G_0	the monthly average daily extraterrestrial global solar radiation on a horizontal surface (MJ/m^2 d $^{-1}$)
$G_{i,m}$	The values of ith measured global solar radiation
$G_{i,c}$	The values of ith calculated global solar radiation

$\overline{G_m}$	The average value of measured global solar radiation
$\overline{G_c}$	The average value of calculated global solar radiation
GSR	Global solar radiation
GUI	Graphical User Interface
h	Solar hour angle
h_{sr}	Hour angle at sunrise
h_{ss}	Hour angle at sunset
H_o	Total extraterrestrial radiation on Horizontal plane during a day (J/m^2 Joules per square meter)
$\overline{H}_o$	Monthly average daily total irradiation on an extraterrestrial horizontal surface ($MJ/m^2\ d^{-1}$)
$\overline{H}$	Monthly average daily total irradiation on a terrestrial horizontal surface ($MJ/m^2\ d^{-1}$)
H_{sr}	Sunrise time from local solar noon
H_{ss}	Sunset time from local solar noon
IDE	Integrated Development Environment
I_o	Extraterrestrial radiation on horizontal plane by an hour period (J/m^2)
k	Empirical coefficients
$\overline{K}_T$	Monthly average clearness index
L	Latitude angle
LM	Levenberg–Marquardt (ANN training algorithm)
LST	Local Standard Time
m	Air mass definition
$MAPE$	Mean Absolute Percentage Error
$MABE$	Mean Absolute Bias Error
MBE	Mean Bias Error
MLP	Multi-layer perceptron
MPE	Mean Percentage Error
p	The number of observation that taken into account
r	Correlation coefficient
R^2	Coefficient of determination
R_B	Beam radiation tilted factor
RH	The monthly average daily relative humidity (%)
$RMSE$	Root Mean Square Error
RP	Resilient propagation
s	The monthly average daily bright sunshine hour (hour)
s_0	Day length (hour)

S	Relative sunshine, $S = \frac{s}{s_0}$
SCG	Scale conjugate gradient (ANN training algorithm)
SDK	Software Development Kit
SDLC	Software Development Life Cycle
SRTA-city	City for Scientific Research and Technology Applications
t	The t-Test statistic
T	The monthly average daily ambient air temperature (˚C)
ΔT	The monthly average daily difference temperature $T_{Max} - T_{Min}$ (˚C)
T_{Max}	The monthly average maximum daily temperature (˚C)
T_{Min}	The monthly average minimum daily temperature (˚C)
VS	Microsoft Visual Studio
x	Empirical coefficients
y	Empirical coefficients
z	Empirical coefficients
Z	Solar azimuth angle
Z_s	Surface azimuth angle
α	Solar altitude angle
β	Surface tilt angle from horizontal
δ	Solar declination angle
$\emptyset$	Solar zenith angle
θ	Solar incident angle

LIST OF FIGURES

LIST OF TABLES

Chapter 1

INTRODUCTION

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 Research Motivation

Today, computer science (CS) plays an important role in all fields of knowledge. Also, computer science has strong association with different disciplines; many problems in science, engineering, energy, health care, business, and other areas can be solved effectively using computer science. Computer science has the ability to model and analyze problems as well as design solutions and verify that they are correct, also comparing different techniques to identify the best one.

In this work the computer science is used for solving one of the important issues in energy field. In solar systems, accurate knowledge of solar radiation is considered as the first step in solar energy availability assessment. Also it is the primary input for different solar energy applications [1–4]. Since the solar radiation measurement are not available due to the high cost as well as equipment's calibration and maintenance [5,6], different solar radiation models are developed to estimate solar radiation. These models are proposed to predict solar radiation using different techniques such as using meteorological data and geographical data, as well as geostationary satellite images, artificial neural network (ANN), time series methods and stochastic weather methods [7]. Therefore, the best solar radiation models should be recognized to know solar energy potential before setting up any solar energy system.

1.2 Research Importance to Egypt

Egypt considers one of countries that is located in the most favorable solar belt which enjoys with abundant solar radiation (between 3,500 and 4,500 hours of sunshine per year) and solar energy magnitude between 12 and 30 MJm^{-2} day^{-1} [8]. Consequently, knowing the solar energy potential at any Egypt's location is important before setting up any solar energy system which can be considered one of the available solutions for supplying Egypt's energy demand [9,10].

1.3 Objectives

This work studied the following:

- Utilize Artificial Neural Network (ANN) models for estimating global solar radiation on a horizontal surface.
- Compare the performances of ANN models with the performances of different empirical models in predicting global solar radiation on a horizontal surface.
- Investigate the performances of different empirical models in estimating global solar radiation on a horizontal surface:
  - Evaluation the performances of the existing Egypt's models and recognizing the best model.
  - Assessment the performances of new international solar models over Egypt and identifying on the best models.
  - Introducing a new simple solar models for computing global solar radiation over Egypt with a higher accuracy.
- Moreover, employ different software engineering activities to implement a new in-house software to estimate global solar radiation over the whole Egypt and supporting essential information to design energy systems.

1.4 Thesis outlines

The rest of the thesis is organized as the following:-

- Chapter 2 contains an introduction about various software engineering activates, system models and system testing. As well, it discuss different artificial neural network (ANN) models. Furthermore, a literature survey of related studies which are carried out for estimating solar radiation using ANN models and empirical models.
- In Chapter 3 we describe and explain the data and methodology that used to model solar radiation. Besides, it shows the mathematical formulas of different models which used in this study. Also, it explores the design for our ANN models and discusses how the performances of the models is evaluated.
- In Chapter 4 we focuse on establishing and validating the performances of the used models in this study (Empirical models and ANN models). As well, it shows the results of comparison between the performance of the ANN models and empirical models. Also, it explores the calculated values of different statistical errors which have used for testing the applicability of models in estimating global solar radiation.
- In Chapter 5 we present the implementation of our software application and its features. As well as showing the programing code for some implemented classes and functions.
- In Chapter 6 we conclude the thesis work and suggest some related research aspects to be investigated for future work.
- Appendix (A) gives more information about solar energy basics; such as solar radiations, time calculation, solar angles and extraterrestrial solar radiation calculations.

- Appendix (B) contains more details about various software engineering activates, system models, system testing and artificial neural network models.
- Appendix (C) contains a programing code for some implemented functions which have been developed in this study.

NOTICE

THE OBTAINED RESULTS FROM THIS THESIS CAN BE FOUND IN THE PUBLISHED PAPERS AS MENTIONED ABOVE.

ARABIC THESIS

SUMMARY

ملخص الرسالة

فى الحقيقة، لِعُلوم الحاسب دوراً هاماً فى جميع مجالات المعرفة، حيث لم يعد هناك حقل من حقول المعرفة إلا ولِعُلوم الحاسب دور كبيراً فيه. العديد من المشاكل فى المجالات المختلفة يمكن حلها على نحو فُعال بإستخدام علوم الحاسب. فعلوم الحاسب لدية القدرة على نمذجة وتحليل المشاكل، كذلك وضع الحلول والتأكد من صحتها. أيضاً، مقارنة الأساليب والنماذج المختلفة وصولاً للحل الأمثل.

وفى هذا الصدد، تم توظيف علوم الحاسب فى هذه الدراسة من أجل حل واحدة من أهم المشاكل فى مجال الطاقة الشمسية؛ ففى أنظمة الطاقة الشمسية؛ حيث يُعد توافر معلومات دقيقة لبيانات الإشعاع الشمسى المفتاح الرئيس لتقييم الطاقة الشمسية المتوفرة فى مكان ما على سطح الكرة الأرضية ، كما تعد المدخل الرئيس للتطبيقات المتنوعة للطاقة الشمسية. ونظراً لنقص قياسات الإشعاع الشمسى ، تم اقتراح نماذج عديدة فى دول كثيرة حول العالم للتنبؤ بالإشعاع الشمسى.

لذا، فإن هذه الدراسة تقوم بتوظيف نماذج الشبكة العصبية الإصطناعية (ANN) لتقدير الإشعاع الشمسى الكلى الساقط على الأسطح الأفقية. أيضاً، تم مقارنة أداء نماذج الشبكة العصبية (ANN models) بأداء النماذج التجربية المختلفة (Empirical models) (السابق تقديمها فى الدراسات السابقة، النماذج التى تم تطبيقها فى هذه الدراسة, النماذج التى تم إقتراحها فى هذه الدراسة).

بالإضافة الى ذلك، تم توظيف الأنشطة المختلفة لهندسة البرمجيات (Software Engineering Activities) (توصيف، التصميم، التطوير، التحقق والإختبار) لتطوير برنامج كمبيوتر لتقدير الإشعاع الشمسى الكلى الساقط على الأسطح الأفقية لأى مكان فى مصر، إعتماداً على إستخدام أدق النماذج الشمسية فى هذه الدراسة. أيضاَ، تم إستخدم هذا البرنامج فى تحليل وإمداد البيانات المناخية الأساسية لتصميم أنظمة الطاقة الشمسية المختلفة. تم تطوير هذا البرنامج الحاسوبى بإستخدام لغة البرمجة #C.

ووفقاً للنتائج التى تم الحصول عليها، فإن أداء الشبكات العصبية الإصطناعية (ANN models) التى تم بنائها فى هذه الدراسة لديها تقدير جيد جداً للإشعاع الشمسى

الكلى. وعلى الجانب الآخر، وفقاً للنتائج المُتَحصل عليها لأداء للنماذج التجريبية المختلفة (Empirical models) التى تم إستخدامها فى هذه الدراسة تم التعرف على النماذج الأكثر دقة فى حساب الإشعاع الشمسى الكلى على الأسطح الأفقية.

علاوة على ذلك، أداء النماذج الشمسية المقبولة من النماذج المقترحة فى هذه الدراسة والمعتمدة فقط على معرفة درجة الحرارة لحساب المتوسط الشهري للإشعاع الشمسي الكلى اليومي على الأسطح الأفقية أكثر دقة بالمقارنة بالأداء النماذج الشمسية الأخرى. وتمتاز هذه النماذج كونها تعتمد على بيانات درجة الحرارة والتى تعتبر أكثر البيانات المناخية توفراً ويتم قياسها في كل المواقع في جميع أنحاء العالم، كما يمكن اعتبارها بديلاً للنماذج الشمسية المعتمدة على مدة سطوع الشمس كونها الأكثراً إنتشاراً لدقتها والتى لا يمكن تطبيقها فى الكثير من المواقع لعدم توفر بيانات مدة سطوع الشمس. كذلك، النموذج المحلي والعام للنموذج الشمسى الأكثر دقة من بين هذه النماذج المقترحة التى تم دراستها لديهم أداء أفضل من النماذج الشمسية الحالية المعتمدة على مدة سطوع الشمس (المنشورة فى مجلات علمية) ولا سيما فى المواقع الساحلية حيث التقديرات الغير دقيقة من النماذج الأخرى.

أيضاً، تم مقارنة الأداء لأفضل نموذج شمسى من النماذج التجريبية في هذه الدراسة مع أداء افضل نموذج شبكة عصبية اصطناعية (ANN model) من النماذج التى تم بنائها فى هذه الدراسة. وأظهرت النتائج أن كل من النموذجين الأدق لديهم تقدير ممتاز للإشعاع الشمسى الكلى على الأسطح الأفقية وأنهم متقاربين جداً فى الأداء، وأن ANN model لديه الأداء الأفضل.

إن النتائج المعروضة فى هذا الدراسة من الأهمية بمكان لإستخدامها فى الحصول على تقديرات سريعة ودقيقة للإشعاعات الشمسية لإستخدامها فى التطبيقات المختلفة للطاقة الشمسية. أيضاً، النماذج الحسابية وبرنامج الحاسوب الذى تم تطويرهم فى هذا العمل يمكن إستخدامها كأساس لأى برنامج حاسوبى خاص بأنظمة الطاقة الشمسية المختلفة.

تحتوى هذه الرسالة على ستة (٦) فصول وثلاث ملاحق متضمنة مراجع عددها ١٠٠ مرجعاً، وهى كتالى :

الفصل الأول : بعنوان "مقدمة" ويقدم لموضوع الدراسة والهدف منها وكذلك أهميتها، كما يعرض مخطط الرسالة.

الفصل الثاني : بعنوان "معلومات أساسية والدراسات السابقة" ويتضمن المعلومات الأساسية لموضوع الدراسة. مشتملاً أيضاً الدراسات السابقة المرتبطة بموضوع الدراسة.

الفصل الثالث : بعنوان "البيانات والنماذج الرياضية" ويشتمل هذا الباب كل من البيانات والنماذج الرياضة للنماذج الشمسية المختلفة التى تم إستخدامها فى الدراسة. أيضاَ يعرض بناء نموذج الشبكة العصبية الإصطناعية التى تم إستخدامها فى الدراسة. بالإضافة الى ذلك طريقة تقيم الأداء للنماذج الشمسية المختلفة.

الفصل الرابع : بعنوان "النتائج والمناقشة" وفيه تم عرض كافة النتائج المستخلصة من الدراسة؛ متضمنة نتائج الأداء للنماذج الشمسية التجربية ونتائج الأداء لنماذج الشبكات العصبية الإصطناعية (ANN). أيضاً التعرف على أفضل نموذج شمسى خاص بموقع الدراسة من بين النماذج التى تم دراستها. أيضاَ، عرض نتائج مقارنة الاداء لكل من النماذج الشمسية التجربية ونماذج الشبكة العصبونية (ANN).

الفصل الخامس : بعنوان "تطوير البرنامج الحاسوبى" وفيه تم إستعراض تحليل وتصميم النظام الحاسوبى الذى تم برمجته وتطويره فى هذه الدراسة، أيضاً الأدوات ولغة البرمجة المستخدمة في تطوير النظام. الى جانب ذلك، يعرض الخصائص والمميزات لهذا البرنامج الحاسوبى الذى تم برمجته وتطويره للتقدير الإشعاع الشمسى الكلى على الأسطح الأفقية، أيضاً تحليل وإمداد البيانات المناخية المختلفة الأساسية لتصميم أنظمة الطاقة الشمسية.

الفصل السادس: بعنوان "الخلاصات والدراسات المستقبلية" ويستعرض أهم النتائج والتوصيات التى توصلت لها الدراسة. كذلك وضع خطة للعمل المستقبلى لأهم النقاط التى رأتها الدراسة لِتُستَكمل فيما بعد.

الملحق (A) : بعنوان "معلومات أساسية عن الطاقة الشمسية" ويتضمن المعلومات الأساسية الخاصة بالطاقة الشمسية؛ كالإشعاع الشمسى و كيفية إحتساب الزوايا الشمسية المختلفة و حساب الوقت (المحلى/الشمسى) ، بالإضافة الى كيفية إحتساب الشمسى الكلى الخارجى.

الملحق (B) : بعنوان "معلومات أساسية عن هندسة البرمجيات والشبكات العصبية الإصطناعية" ويقدم تفاصيل أكثر للشبكات العصبية الإصطناعية وبرمجة وتطوير الأنظمة. وفيه تم مناقشة الانشطة المختلفة لهندسة البرمجيات والنماذج المختلفة للأنظمة وإختبار الأنظمة، إيضاً عرض نماذج المختلفة للشبكات العصبية المختلفة.

الملحق (C) : بعنوان "الأكواد البرمجية" ويتضمن الأكواد البرمجية لبعض الدوال التى تم بنائها وتطويرها فى الدراسة.

من الجدير بالذكر انه تم استخراج عدد أربعة (٤) أبحاث من هذه الدراسة حيث تم نشر بحثين منها والإثنين الأخرين تحت المراجعة فى مجلات عالمية.

قائمة النشر

الناشر	المجلة	الحالة	البحث
Elsevier	Applied Energy	Published	New Temperature-based Models for Predicting Global Solar Radiation
AENSI	Advances in Natural and Applied Sciences	Published	Investigating the performance of different models in estimating global solar radiation
Elsevier	Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics	Accepted with Revision	Performance Assessment of Different Day-of-the-Year-based Models for Estimating Global Solar Radiation - Case Study: Egypt
Taylor & Francis	International Journal of Green Energy	Under Review	Performance Assessment of Different Global Solar Radiation Models – Case Study: New Borg El- Arab city, Egypt

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

" تطبيقات علوم الحاسب فى مجال الطاقة المتجددة "

رسالة مقدمة من

محمد عبد الفتاح على أحمد

(بكالوريوس العلوم فى الرياضيات وعلوم الحاسب ـ ٢٠٠٨م)

للحصول علي درجة الماجستير فى

(علوم الحاسب) قسم الرياضيات

إلى

قسم الرياضيات

كليـــة العلـــوم

جامعـــة الزقازيـــق

٢٠١٦

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

" تطبيقات علوم الحاسب فى مجال الطاقة المتجددة "

رسالة مقدمة من

محمد عبد الفتاح على أحمد

(بكالوريوس العلوم فى الرياضيات وعلوم الحاسب ـ ٢٠٠٨م)

للحصول علي درجة الماجستير فى

(علوم الحاسب) قسم الرياضيات

تحت اشراف

ا. د / فوزان إسماعيل صدقى
أستاذ الرياضيات ـ قسم الرياضيات
جامعة الزقازيق

ا.م.د/ محمد السيد على
استاذ ورئيس قسم التطبيقات الهندسية للحاسب
مدينة الأبحاث العلمية والتطبيقات التكنولوجية

د / زهراء السيد محمد
مدرس علوم الحاسب ـ قسم الرياضيات
جامعة الزقازيق

جامعة الزقازيق
كلية العلوم
قسم الرياضيات

Zagazig University
Faculty of Science
Department of Mathematics

عنوان الرسالة

تطبيقات علوم الحاسب فى مجال الطاقة المتجددة

رسالة مقدمة من

محمد عبد الفتاح على أحمد

الى

قسم الرياضيات - كلية العلوم - جامعة الزقازيق

للحصول على درجة الماجستير فى الرياضيات (علوم الحاسب)

وقد تمت المناقشة العلنية والموافقة العلنية عليها

اللجنة

م	الإسم	الوظيفة	التوقيع
١	أ.د / لطفى حسن ربيع	أستاذ ميكانيكا القوى كلية الهندسة - جامعة المنصورة	
٢	أ.د / السيد عبدالمقصود عتلم	أستاذ علوم الحاسب - قسم الرياضيات كلية العلوم - جامعة طنطا	
٣	أ.د / فوزان إسماعيل صدقى	أستاذ الرياضيات - قسم الرياضيات كلية العلوم - جامعة الزقازيق	
٤	أ.م.د / محمد السيد على	أستاذ مساعد - قسم التطبيقات الهندسية للحاسب معهد البحوث المعلوماتية - مدينة الأبحاث العلمية	

تاريخ المناقشة
٢٤ / ٨ / ٢٠١٦

رئيس قسم الرياضيات
أ.د / السيد محسوب أحمد نجم