PREDICTION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FROM SEISMIC ATTRIBUTES AND WELL LOGS DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN F3-BLOCK OF THE NORTH SEA BASIN, OFFSHORE NETHERLANDS

By

Hajir Oguz Hassan Almula

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering / Cairo University
In Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Petroleum Engineering

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2018

PREDICTION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FROM SEISMIC ATTRIBUTES AND WELL LOGS DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN F3-BLOCK OF THE NORTH SEA BASIN, OFFSHORE NETHERLANDS

By

Hajir Oguz Hassan Almula

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering / Cairo University
In Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Petroleum Engineering

Under the Supervision of

Prof. Dr. Abdel Sattar A. Dahab

…….

Professor of Petroleum Engineering
Department of Mining, Petroleum,
and Metallurgical Engineering
Faculty of Engineering,
Cairo University

Dr. Abdulaziz M. Abdulaziz

…….

Associate Prof. of Petroleum Engineering
Department of Mining, Petroleum,
and Metallurgical Engineering
Faculty of Engineering,
Cairo University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2018

PREDICTION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FROM SEISMIC ATTRIBUTES AND WELL LOGS DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN F3-BLOCK OF THE NORTH SEA BASIN, OFFSHORE NETHERLANDS

By

Hajir Oguz Hassan Almula

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering / Cairo University
In Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Petroleum Engineering

Approved by the
Examining Committee

_____

Prof. Dr. Abdel Sattar A. Dahab, Thesis Main Advisor
Professor of petroleum engineering, Cairo University

_____

Ass. Prof. Dr. Abdulaziz M. Abdulaziz, Advisor
Associate Professor of petroleum engineering, Cairo University

_____

Prof. Dr. Abdel-Alim Hashem El-Sayed, Internal Examiner
Professor of petroleum engineering, Cairo University

_____

Prof. Dr. Gamal Seliem Hassan Seliem, External Examiner
Professor and Head of petroleum engineering department, Minia University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2018

Engineer's Name: Hajir Oguz Hassan Almula
Date of Birth: 7/02/1990
Nationality: Iraq
E-mail: Hajiroguz@gmail.com
Phone: +9647728360699
Address: Group M, Hay Arafa, Kirkuk, Iraq

Registration Date: 1 / 10 / 2015
Awarding Date: / / 2018
Degree: Master of Science
Department: Petroleum Engineering

Supervisors:
Prof. Dr. Abdel Sattar A. Dahab
Dr. Abdulaziz Mohamed Abdulaziz

Examiners:
Prof. Dr. Abdel Sattar A. Dahab (Thesis Main Advisor)
Dr. Abdulaziz M. Abdulaziz (Advisor)
Prof. Dr. Abdel-Alim Hashem El-Sayed, (Internal examiner)
Prof. Dr. Gamal Seliem Hassan Seliem, (External examiner)
Professor and Head of petroleum engineering department, Minia University

Title of Thesis:

PREDICTION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FROM SEISMIC ATTRIBUTES AND WELL LOGS DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK IN F3-BLOCK OF THE NORTH SEA BASIN, OFFSHORE NETHERLANDS

Key Words:

Geomechanical Properties; Seismic Attributes; F3-Block; North Sea basin, Netherlands

Summary:

This research aims to integrating seismic attributes and well data using supervised Artificial Neural Networks to identify Geomechanical Properties throughout F3-Block of the North Sea basin, Netherlands. This typically helps wellbore stability, drilling, and hydraulics fracturing. During the development, the engineers struggle to optimize drilling periods, reduce uncertainties and production costs, and make the best optimization of the use of available data. The verification analysis showed that property prediction achieved good results in Young's modulus and Vp/Vs ratio but was marginal in Poisson's ratio. Accordingly, results indicated a good potential of the proposed methodology in identifying geomechanical properties with accurate mapping and distribution throughout the pay zones and overlying sedimentary succession.

التنبؤ بالخصائص الجيوميكانيكية من تحليل السمات الزلزالية وبيانات تسجيلات الأبار بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية في القطعة "ف3" بحوض بحر الشمال-هولندا

اعداد

هاجر أوغوز حسن الملا

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كجزء من متطلبات الحصول على درجة **ماجستير العلوم**

في

هندسة البترول

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة

الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

2018

التنبؤ بالخصائص الجيوميكانيكية من تحليل السمات الزلزالية وبيانات تسجيلات الأبار بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية في القطعة "ف3" بحوض بحر الشمال-هولندا

اعداد

هاجر أوغوز حسن الملا

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة **ماجستير العلوم**
في
هندسة البترول

يعتمد من لجنة الممتحنين:

الاستاذ الدكتور: عبد الستار عبدالحميد دهب أستاذ بقسم هندسة البترول- كلية الهندسة – جامعة القاهرة	المشرف الرئيسى
استاذ م. دكتور: عبدالعزيز محمد عبدالعزيز أستاذ مساعد بقسم هندسة البترول- كلية الهندسة – جامعة القاهرة	المشرف
الاستاذ الدكتور: عبد العليم هاشم السيد أستاذ متفرغ بقسم هندسة البترول- كلية الهندسة - جامعة القاهرة	الممتحن الداخلي
الاستاذ الدكتور: جمال سليم حسن سليم أستاذ قسم هندسة البترول- كلية الهندسة - جامعة المنيا	الممتحن الخارجي

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة
2018

التنبؤ بالخصائص الجيوميكانيكية من تحليل السمات الزلزالية وبيانات تسجيلات الأبار بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية في القطعة "ف" بحوض بحر الشمال-هولندا

اعداد

هاجر أوغوز حسن الملا

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة – جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة **ماجستير العلوم**
في
هندسة البترول

تحت اشراف

أ.د. عبد الستار عبد الحميد دهب
أستاذ بقسم هندسة البترول
كلية الهندسة - جامعة القاهرة

أ.م.د. عبدالعزيز محمد عبدالعزيز
استاذ مساعد بقسم هندسة البترول
كلية الهندسة - جامعة القاهرة

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة
2018

مهندس: هاجر أوغوز حسن الملا

تاريخ الميلاد: 7 / 2 / 1990

الجنسية: عراقية

تاريخ التسجيل: 1/ 10 / 2015

تاريخ المنح: / / 2018

القسم: هندسة البترول

الدرجة: ماجستير العلوم

المشرفون:

أ.د. عبد الستار عبدالحميد دهب

أ. م. د.عبدالعزيز محمد عبدالعزيز

الممتحنون:

أ.د. عبد الستار عبدالحميد دهب (المشرف الرئيسي)
أستاذ متفرغ بقسم هندسة البترول- كلية الهندسة- جامعة القاهرة

أ.م. د. عبدالعزيز محمد عبدالعزيز (المشرف)
أستاذ مساعد بقسم هندسة البترول- كلية الهندسة- جامعة القاهرة

أ.د عبد العليم هاشم السيد (الممتحن الداخلي)
أستاذ متفرغ بقسم هندسة البترول - كلية الهندسة - جامعة القاهرة

أ.د. الاستاذ الدكتور: جمال سليم حسن سليم (الممتحن الخارجي)
أستاذ قسم هندسة البترول- كلية الهندسة - جامعة المنيا

عنوان الرسالة:

التنبؤ بالخصائص الجيوميكانيكية من تحليل السمات الزلزالية وبيانات تسجيلات الآبار بواسطة الشبكات العصبية الاصطناعية في القطعة "ف3" بحوض بحر الشمال-هولندا

الكلمات الدالة:

الخصائص الجيوميكانيكية للصخور، السمات الزلزالية، القطعة "ف3" ، حوض بحر الشمال، هولندا

ملخص الرسالة:

يهدف هذا البحث إلى دمج السمات الزلزالية وسجلات الآبار باستخدام الشبكات العصبية الاصطناعية الخاضعة للإشراف Supervised ANN لتحديد الخصائص الجيوميكانيكية للصخور في جميع أنحاء القطعة "ف" بحوض بحر الشمال وانتاج مجسم ثلاثي الابعاد الذي يساعد على إستقرار البئر أثناء عمليات الحفر، والتكسير الهيدروليكى الأمثل للصخور خلال عملية تطوير الآبار. ويحاول المهندسين جاهدين لجعل فترات الحفر اقل ما يمكن ، وكذلك التقليل من عدم اليقين وتكاليف الإنتاج، وتحقيق أفضل استفادة ممكنة من استخدام البيانات المتاحة. وأشارت النتائج إلى إمكانيات جيدة للمنهجية المقترحة في تحديد الخصائص الجيوميكانيكية مع رسم خرائط وتوزيع دقيقة.

الملخص

يعتبر الاستقرار أثناء عمليات الحفر وتحقيق احسن العوامل التي تؤدي الى نتائج جيدة في عملية التكسير الهيدروليكية هي ذات أهمية كبيرة بين العديد من تحديات المهندسين والجيوفيزيقين التي يواجهونها لتطوير خزانات النفط. ونستعرض في هذه الدراسة استخدام بيانات الآبار والبيانات الزلزالية في وضع منهجية لرسم خرائط توزيع ثلاثية الأبعاد للخصائص الجيوميكانيكية في خزان نفطي في حوض بحر الشمال. يتم في هذه المنهجية تطبيق تقنية الانقلاب الزلزالي ثم دمج نتائجها مع كل من الخصائص الزلزالية وبيانات سجلات الآبار للحصول على مجسمات للبيانات الجيوميكانيكية باستخدام الشبكات العصبية الإصطناعية بحيث يتوافق كل مجسم من البيانات مع خاصية جيوميكانيكيه معينة. وقد استخدمت بيانات سجلات اربعة آبار ومجسم بيانات زلزالية من حوض بحر الشمال الموجود في القطاع الهولندي البحري لتطبيق المنهجية المقترحة.

ولتحقيق ذلك تم إقتراح طريقة عمل للاستفادة من بيانات سجلات الابار والبيانات الزلزالية المتاحة والتي تشمل استخدام أربع مجموعات من بيانات سجلات الأبار التي تتضمن الكثافة، أشعة جاما وسرعة الموجات الإنضغاطية. وقد تم تنقسم هذه البيانات إلى فئتين؛ منها ثلاثة آبار أدرجت في تحليل الانعكاسات والتحليل الزلزالي وبيانات بئر واحد للتحقق من النتائج. وقد تم تطبيق سير العمل النموذجي من الأنقلاب الزلزالي على مكعب ثلاثي الابعاد يتكون من 740 خط طولي و 949 خط عرضي من البيانات. وقد تم استخدام العديد من السمات الزلزالية (مغلف السعة، المرحلة الحظية، والتحلل الطيفي) جنبا إلى جنب مع نتائج الانقلاب لبناء نموذج تنبؤ (سواء فردياً او في مجموعات) لكل المعاملات باستخدام الشبكة العصبية الاصطناعية. تم تطبيق النماذج الناتجة على المكعبات الزلزالية وتم التحقق من النتائج من اجل دقتها وإتساقها باستخدام بيانات تسجيل الابار في بئر واحد. وأظهرت النتائج التي تم التحقق منها أن المنهجية المقترحة حققت دقة تنبؤية عالية لمعامل يونغ و Vp/Vs مع معامل ارتباط أكبر من 0.79 ولكن نتائج معامل Poisson's ratio كانت هامشية بمعامل أرتباط 0.56 .وبناءً عليه فان النتائج تساعد على تطوير توصيف دقيق للخصائص الجيوميكانيكية الرئيسية التي تعتبر ضرورية لفهم سلوك الخزان نحو إستقرار البئر أثناء الحفر وتصميم التكسر الهيدروليكي.واظهرت النتائج إن المنهجية المقترحة تتسم بالكفاءة في التنبؤ بالخصائص الجيوميكانيكية السائدة في جميع أنحاء الخزانات. وتمثل هذه النتائج بيانات هامة جدا لعمليات الحفر والتكسير الهيدروليكي وبخاصة عمليات التصميم والتحسين.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to express my first gratitude to my advisor Prof. Dr. Abdel Sattar A. Dahab and Prof. Dr. Abdulaziz Mohamed Abdulaziz. They always have their door open to me for inspiring new ideas, discussions with kindness, and always their precious advices kept me encouraged and motivated for research.

I give special thanks and appreciations to my father, my mother and all my family for all support and encouragement. Without their help and support, I would not have defeated the difficulties of this period. All respect to my mother's care and concern.

My colleagues with their incredible support, throughout this challenge, are highly appreciated. I extend much and special gratitude to my colleague Eng. Hameda Abdelmwla and Eng. Mohamed Ibrahim Shihata for their valued guidance. I am very grateful to my three brothers for their love, moral support and persistent encouragement. I have been blessed with professors and friends during my stay in Egypt. I would like to thank all the persons in and out of the collage who made my stay in Egypt so gorgeous.

DEDICATION

I would like to dedicate this work to my father, the root of my strength who encouraged me to work hard to complete my goals.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGMENTS ..... **i**

DEDICATION ..... **ii**

TABLE OF CONTENTS ..... **iii**

LIST OF TABLES ..... **vi**

LIST OF FIGURES ..... **vii**

NOMENCLATURE ..... **x**

ABSTRACT ..... **xi**

CHAPTER 1 : INTRODUCTION **1**

CHAPTER 2 : LITERATURE REVIEW **3**

2.1. THEORETICAL BACKGROUND 4
2.1.1. Seismic inversion 4
2.1.2. Scope of seismic attributes 6
2.1.2.1. Evolution of seismic attribute 7
2.1.2.2. Envelope and instantaneous Aattributes 8
2.1.2.3. Gradual improvements 10
2.2. SEISMIC ATTRIBUTES TYPES 11
2.2.1 Complex Trace Analysis: Amplitude, Frequency, Phase. 11
2.2.2. Spectral Decomposition Attributes 12
2.2.3. Geometric Attributes 13
2.2.4. Dip and Azimuth Attributes 13
2.2.5. Curvature Attributes 13
2.2.6. Coherence Attributes 13
2.3. ARTIFICIAL NEURAL NETWORK 14
2.3.1. History of ANN 14
2.3.2. Characteristics of Artificial Neural Network 14
2.3.3. Disadvantages of Artificial Neural Network 14
2.4. ELEMENTS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK 15
2.4.1. Summation Function 16
2.4.2. Transfer Function 16
2.4.3. Layers 17
2.5. FEED-FORWARD BACK-PROPAGATION NETWORK 17
2.6. LEARNING PROCESS 17
2.6.1. Training Process 17
2.6.1.1. Supervised Training…. 18
2.6.2. Validation Process 18
2.6.3. Testing Process 18

CHAPTER 3 : STATEMENT OF THE PROBLEM 19

3.1. PROBLEM DESCRIPTION 19
3.2. RESEARCH OBJECTIVES 20
3.3. THE ROLE OF GEOMECHANICS IN INTEGRATED RESERVOIR MODELING 20
3.3.1 Applications of reservoir geomechanics 21
3.3.2 Completion quality 22

CHAPTER 4: GEOLOGICAL SETTING 25

4.1. STRATIGRAPHY OF NORTH SEA BASIN 25
4.1.1 Paleozoic 25
4.1.2. Mesozoic 26
4.1.3. Cenozoic 26
4.2. PETROLEUM SYSTEM 27
4.3. STRUCTURAL SETTING 29
4.4. TECTONIC HISTORY 32

CHAPTER 5: METHODOLGY 35

5.1. DATA SET 35
5.1.1. Wells' Data 35
5.2. THE WORKFLOW 38
5.2.1. Quality Control 40
5.2.2. Preparing seismic data 41
5.2.3. Seismic-well tie 42
5.2.4. Wavelet Extraction 43
5.3. LOG DATA ANALYSIS 44
5.3.1. Acoustic impedance initial calculation from well logs. 44
5.3.2. Shear wave velocity (Vs) estimation. 46
5.3.3. Vp/Vs ..... .47
5.3.4. Poisson's Ratio 47
5.3.5. Young's Modulus (E). 47
5.4. SEISMIC INVERSION 49
5.4.1. Building the initial Model 49
5.4.2. Running Inversion 51
5.5. PREDICTION OF GEOMECHANICAL PROPERTIES FROM SEISMIC DATA 54
5.6. VALIDATION OF CONVERSION RESULTS 55

CHAPTER 6: RESULTS AND DISCUSSION 57

6.1. LOG DATA INTERPRETATION 57
6.2. INVESTIGATING PRE-INVERSION RELATIONSHIP BETWEEN P-IMPEDANCE COMPUTED FROM LOG DATA AND ROCK PROPERTIES…. 61
6.2.1. P-impedance versus Poisson's ratio 61
6.2.2. P-impedance Versus Vp/Vs 62
6.2.3. P-impedance with young's modulus 63
6.3. PREDICTION OF THE GEOMECHANICAL PROPERTIES 63
6.3.1. Prediction of Young's modulus 64

6.3.2. Predicting Vp/Vs 67
6.3.3. Prediction of Poisson's Ratio 72

CHAPTER 7:CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS 77

REFERENCES 79

LIST OF TABLES

Table 5.1: Formation names and tops of the four wells... 37

Table 5.2: Relationships of the important geomechanical properties [82]..... 45

Table 5.3: Apparent Young's modulus from laboratory tests (GPa) [82].... 48

Table 5.4: Representative values of E (Young's modulus) and υ (Poisson's ratio) for some rocks, minerals and familiar media [82]..……..... 48

Table 6.1: Simple statistics for calculated geomechanical properties through the whole well data 58

Table 6.2: Simple statistics for calculated geomechanical properties through the upper pay zone.... 60

Table 6.3: Simple statistics for calculated geomechanical properties through the lower pay zone..... 60