

การใช้อัลกอริทึมเส้นโค้งวงรี เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลการวัดรัศมีของท่อกรู

นายโสภณ ลีหิรัญญพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเลียม ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4641-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

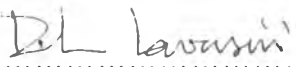
IMPLEMENTATION OF THE ELLIPSE ALGORITHM
TO PROCESS CALIPER LOG DATA

Mr.Sopon Leehiranyapong


A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Petroleum Engineering
Department of Mining and Petroleum Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2003
ISBN 974-17-4641-5
Copyright of Chulalongkorn University


Thesis Title IMPLEMENTATION OF THE ELLIPSE ALGORITHM TO
PROCESS CALIPER LOG DATA
By Sapon Leehiranyapong
Field of Study Petroleum Engineering
Thesis Advisor Suwat Athichanagorn, Ph.D.


Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in
Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree

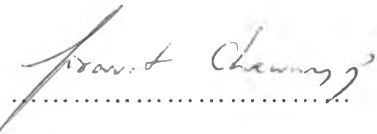
 Dean of the Faculty of Engineering
(Professor Direk Lavansiri, Ph.D.)

THESIS COMMITTEE

 Chairman
(Associate Professor Yingyos Khemayodhin)

 Thesis Advisor
(Suwat Athichanagorn, Ph.D.)

 Member
(Associate Professor Sarithdej Pathanasetpong)

 Member
(Jirawat Chewaroungroj, Ph.D.)

โสมณ ลีหิรัญญพงศ์ : การใช้อัลกอริทึมเส้นโค้งวงรี เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลการวัดรัศมีของท่อกร
(IMPLEMENTATION OF THE ELLIPSE ALGORITHM TO PROCESS CALIPER LOG
DATA) อาจารย์ที่ปรึกษา : อ.ดร. สุวัฒน์ อธิษณากร, จำนวนหน้า 114 หน้า, ISBN 974-17-4641-5

บทความนี้เสนอวิธีการแบบใหม่เพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการวัดรัศมีของท่อกรในหลุม
น้ำมัน เพื่อหาตำแหน่งที่ท่อกรเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากการขูดเจาะ การหย่อนอุปกรณ์ลงหลุม การถอน
อุปกรณ์ออกจากหลุม หรือการสึกกร่อนเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมี และตำแหน่งที่เกิดการจับตัวของตะกอนภายใน
ในท่อกร

เพื่อที่จะทำการหาตำแหน่งที่เกิดความเสียหายภายในท่อกร เครื่องมือวัดรัศมี (caliper tool) จะถูก
หย่อนลงไปภายในท่อกร และจะทำการวัดรัศมี ณ ตำแหน่งต่างของท่อกร ภายหลังจากที่ทำการวัดรัศมีแล้วจะ
ทำการประมวลผล โดยวิธีที่ใช้อยู่ในปัจจุบันคือการรวมผลลัพท์ของเวกเตอร์ (vector sum) จะสมมติว่าท่อกรนั้น
เป็นวงกลม เนื่องจากเครื่องมือวัดรัศมีอาจจะไม่ได้อยู่ที่จุดศูนย์กลางของวงกลม จึงจำเป็นต้องทำการย้ายค่า
ตำแหน่งของเครื่องมือวัดรัศมีมาอยู่ที่จุดศูนย์กลางของท่อกร ด้วยวิธีนี้จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้เมื่อท่อกรมี
รูปทรงเป็นวงรี โดยเฉพาะเมื่ออยู่ภายใต้ความเค้นความเครียดที่มีค่าต่างกัน จึงได้มีการค้นหาวิธีการประมวลผล
แบบใหม่เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดขึ้น วิธีการประมวลผลแบบใหม่ซึ่งเรียกว่า "อัลกอริทึมเส้นโค้งวงรี" ท่อกรจะ
ไม่ถูกสมมติให้เป็นรูปวงกลมแต่จะเป็นรูปวงรีแทน แล้วใช้วิธีกำลังสองน้อยสุดเพื่อหาวงรีที่เหมาะสมที่สุด (least
squares fitting of ellipse) เพื่อหาวงรีที่เหมาะสมสำหรับท่อกร หลังจากนั้นเราสามารถหาตำแหน่งที่เกิดความ
เสียหายหรือตำแหน่งที่เกิดตะกอนได้จากการเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเครื่องมือวัดรัศมีกับค่าที่ได้จากเส้นโค้งวงรี

การวัดรัศมีของท่อกรในเวลาที่แตกต่างกันจะทำให้ทราบว่ามี การเปลี่ยนแปลงของความเสียหายหรือการ
สะสมของตะกอนภายในท่อมากน้อยเพียงใด แต่การวัดรัศมีแต่ละครั้งนั้นอาจไม่ได้เริ่มวัดจากตำแหน่งเดียวกัน
ดังนั้นเราจึงต้องทำการหาตำแหน่งที่ตรงกันของชุดข้อมูลเหล่านี้โดยการนำข้อมูลแต่ละชุดมาเปรียบเทียบกัน
ก่อนที่เราจะระบุว่ามีความเสียหายหรือการสะสมของตะกอนภายในท่อกรเพิ่มขึ้นหรือไม่ ประโยชน์ที่ได้จากการ
ประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการวัดรัศมีของท่อกรของหลุมน้ำมันทำให้เราสามารถบอกถึงตำแหน่งที่เกิดความเสียหาย
หรือตำแหน่งที่เกิดการจับตัวของตะกอนขึ้นได้ ทำให้เราสามารถทำการวางแผนในการซ่อมแซมท่อกรของ
หลุมน้ำมัน

ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
สาขาวิชาวิศวกรรมปิโตรเลียม
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
สมวัฒน์ อธิษณากร

4471616821 : MAJOR PETROLEUM ENGINEERING

KEY WORD : /VECTOR SUM/ ELLIPSE FIT/ CASING DAMAGE

SOPON LEEHIRANYAPONG. THESIS TITLE: IMPLEMENTATION OF THE ELLIPSE ALGORITHM TO PROCESS CALIPER LOG DATA.

THESIS ADVISOR : DR. SUWAT ATHICHANAGORN. 114 pp.

ISBN 974-17-4641-5

A new procedure to process caliper measurements of wellbore radii to indicate the locations of damage(s) in the casing which may occur as a result of drilling, tripping equipment in and out of the wellbore, corrosion, etc and locations of scale precipitation is proposed.

In general, to identify the location of the damage in the casing, a caliper survey tool is lowered into the wellbore to measure radii of the casing. The current algorithm used to process, called the vector sum, assumes the casing to be round. Since the tool may not be perfectly centered in the wellbore, the measurements are corrected for eccentricity. However, this process introduces errors since the casing may be elliptic rather than circular, especially when the casing is under stress and strain of different magnitudes. The new method proposed in this paper, called the ellipse fit, uses an elliptic equation to fit the data via least squares fitting. The location of casing damage or scale precipitation can be found by comparing the measurements with the ellipse fit.

Caliper measurements at different times help us identify development of casing damage or scale precipitation. By comparing measurements of radii at different times, the location of casing damage or scale precipitation can be pinpointed. Synchronization between different measurements must be performed since each measurement may start at a different position. This can be done by rotating the positions of the radii until there is a match between radii of the two runs. Being able to identify the location of casing damage or scale precipitation enables us to make necessary plans for well repair.

Department of Mining and Petroleum Engineering

Field of study: Petroleum Engineering

Academic year: 2003

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Acknowledgments

Dr. Suwat Athichanagorn, my thesis advisor is gratefully acknowledged for his support and invaluable advice for this work. I also am grateful to Mr. Barry Nicholson, Senior Reservoir Engineer (Schlumberger Oversea S.A.) for providing the data used in this work and important recommendations.

I wish to thank the thesis committee members for their comments and my parents who give me their sympathy and encouragement.

Contents

	Page
Abstract (in Thai)	iv
Abstract (in English)	v
Acknowledgements	vi
Table of Contents	vii
List of Tables	ix
List of Figures	x
Nomenclature	xii
1 Introduction	1
1.1 Problem Statement.....	4
1.2 Previous Work.....	4
1.3 Thesis Outline.....	5
2 Theory	6
2.1 Vector Sum.....	6
2.2 Ellipse Fit.....	12
2.2.1 Coefficients a , b , c , d , e and f of ellipse.....	17
2.2.2 Ellipticity.....	19
3 Application	26
3.1 Damage and scale identification.....	26
3.2 Synchronization of measurements obtained in two runs.....	28
4 Results and Discussion	32
4.1 Vector Sum.....	37
4.1.1 The corrected radii.....	37

Contents (continued)

4.1.2	Damage and scale identification	41
(a)	Circular casing	41
(b)	Oval casing.....	43
4.2	Ellipse Fit.....	45
4.2.1	The coefficients of ellipse	46
4.2.2	Ellipticity.....	49
4.2.3	Damage and scale identification	54
(a)	Circular casing	57
(b)	Oval casing.....	59
4.3	Dealing with Missing Data	61
4.4	Synchronization of measurements obtained in two runs	66
5	Conclusions and Recommendations.....	72
	References.....	74
	Appendices.....	75
	Vitae.....	114

List of Tables

Table		Page
4.1	Radii measurements obtained in Run 1 and Run 2 in case of circular casing	33
4.2	Radii measurements obtained in Run 1 and Run 2 in case of oval casing	35
4.3	Finding the corrected radii and the damage	38
4.4	The A/B ratio of two runs	54
4.5	The distance between ellipse and radii at the depth 2010.0 ft of Run 2.	55
4.6	The sum of the absolute of the differences between the coefficients.....	67
4.7	The sum of the absolute of the differences between the coefficients for all depths	69

List of Figures

Figure	Page
1.1 The schematic of Ultrasonic Borehole Imager.....	2
2.1 The original measurements of radii.....	7
2.2 The corrected center after applying the vector sum method.....	8
2.3 The three vectors, V_{B1} , V_{A1} and V_{C1} at position 1.....	9
2.4 The three vectors, V_{Bi} , V_{Ai} and V_{Ci} at each position.....	9
2.5 An ellipse of which orientation is not aligned with horizontal and vertical axes.....	20
2.6 Simplification of equation by rotation of axes.....	20
2.7 Simplification of equation by translation of axes.....	21
2.8 A right triangle of 2θ	22
2.9 The semimajor axis (A) and the semiminor axis (B) of the ellipse.....	24
3.1 Damage identification by vector sum.....	27
3.2 Damage identification by ellipse fit.....	27
3.3 The data measured in the first run.....	28
3.4 The data measured in the second year.....	29
3.5 Comparison of data obtained from the first and second year.....	29
3.6 Synchronization of measurements between Run 1 and Run 2.....	30
3.7 Error in phase shift.....	30
4.1 The center of the circle.....	40
4.2 Damage identification of Run 1 processed by the vector sum algorithm (circular casing).....	41
4.3 Damage identification of Run 2 processed by the vector sum algorithm (circular casing).....	42
4.4 Damage identification of Run 1 processed by the vector sum algorithm (oval casing).....	43

List of Figures (continued)

Figure	Page	
4.5	Damage identification of Run 2 processed by the vector sum algorithm (oval casing).....	44
4.6	The vector sum shows the error	45
4.7	Simplification of equation by rotating axes.....	51
4.8	Simplification of equation by translating axes.....	53
4.9	The distance between radii and ellipse curve.....	54
4.10	Damage identification of Run 1 processed by the ellipse fit algorithm (circular casing).....	57
4.11	Damage identification of Run 2 processed by the ellipse fit algorithm (circular casing).....	58
4.12	Damage identification of Run 1 processed by the ellipse fit algorithm (oval casing).....	59
4.13	Damage identification of Run 2 processed by the ellipse fit algorithm (oval casing).....	60
4.14	The data value is not valid at forth position.....	61
4.15	Tool center after applying the vector sum algorithm.....	62
4.16	Damage and scale identification using the vector sum algorithm when some data are missing.....	63
4.17	Damage and scale identification using the vector sum algorithm when the missing data are replaced with the average radius of the casing.....	64
4.18	Damage and scale identification using the ellipse fit algorithm when some data are missing.....	65
4.19	Radii measurements from two runs are compared before synchronization	71
4.20	Radii measurements from two runs are compared after synchronization	71

Nomenclature

- A* semimajor axes of ellipse.
- B* semiminor axes of ellipse.
- a, b, c, d, e, f* coefficients of ellipse in coordinate (x, y).
- a', b', c', d', e', f'* coefficients of ellipse in coordinate (x', y').
- a'', b'', c'', d'', e'', f''* coefficients of ellipse in coordinate (x'', y'').
- a₁, b₁, c₁, d₁, e₁, f₁* coefficients of ellipse fitted to data from Run 1.
- a₂, b₂, c₂, d₂, e₂, f₂* coefficients of ellipse fitted to data from Run 2.
- C* constraint matrix of the size 6 x 6 matrix.
- D* design matrix of the size *n* x 6 matrix.
- E* error sum of squares where error is different between data point (*x_i, y_i*) and ellipse
- F(x,y)* algebraic distance of the point(*x,y*)to the specified conic.
- h* horizontal shift of x' axes, unit.
- k* vertical shift of y' axes, unit.
- L* lower triangular matrix.
- L^T* transpose of the lower triangular matrix.
- V_{B1}* vector of coordinate x-y from the original center to position 1.
- V_{A1}* vector of coordinate x-y from the corrected center to position 1.
- V_{C1}* correcting vector.
- V_{CX}* x component of the correcting vector.
- V_{CY}* y component of the correcting vector.
- R* radius of the casing.

S scatter matrix of the size 6 x 6 matrix.

GREEK LETTER

θ angle of radius.

β angle of the correcting vector.

λ eigenvalue.

Σ summation.