

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



E46961



**A STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN RAINFALL OVER THAILAND  
AND INDIAN OCEAN DIPOLE**

**MISS KOSUM CHANSAENGRACHANG**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENTS FOR  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (APPLIED MATHEMATICS)  
DEPARTMENT OF MATHEMATICS  
FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI**

**2010**

600246625



E46961

A Study of the Relationship between Rainfall over Thailand  
and Indian Ocean Dipole

Ms. Kosum Chansaengkrachang B.Sc. (Mathematics)

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment  
of the Requirement for the Degree of Master of Science (Applied Mathematics)  
Department of Mathematics  
Faculty of Science  
King Mongkut's University of Technology Thonburi  
2010

Thesis Committee

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| .....<br>(Asst. Prof. Thaned Rojsiraphisal, Ph.D.) | Chairman of Thesis Committee |
| .....<br>(Lect. Nitima Aschariyaphotha, Ph.D.)     | Member and Thesis Advisor    |
| .....<br>(Assoc. Prof. Usa Humphries, Ph.D.)       | Member and Thesis Co-Advisor |
| .....<br>(Lect. Waraporn Chatanin, Ph.D.)          | Member                       |
| .....<br>(Lect. Oranit Panprasitwech, Ph.D.)       | Member                       |



Copyright reserved

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนในประเทศไทยและปรากฏการณ์ ไคโพลในมหาสมุทรอินเดีย
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวโกสุมภ์ จันทร์แสงกระจ่าง
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.นิติมา อัจฉริยะโพธา รศ.ดร.อุษา ฮัมพรี
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
สาขาวิชา	คณิตศาสตร์ประยุกต์
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
คณะ	วิทยาศาสตร์
พ.ศ.	2553

บทคัดย่อ

**E46961**

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนในประเทศไทยและปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดีย โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 80 สถานีทั่วประเทศไทย ในช่วง 30 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2522 ถึง พ.ศ. 2551 และดัชนีโหมคไคโพลที่บ่งชี้สภาวะปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดีย ซึ่งเป็นค่าผลต่างของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลระหว่างฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดีย จากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนในประเทศไทยและปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดีย พบว่าปริมาณฝนในประเทศไทยและปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดียมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมากโดยมีค่าสหสัมพันธ์ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 ทั่วทั้งประเทศไทยในปีที่ปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดียมีค่าบวกอย่างรุนแรง นั่นคือปริมาณดัชนีโหมคไคโพลสูง และปริมาณฝนก็สูงด้วย ส่วนในปีที่ปรากฏการณ์ไคโพลในมหาสมุทรอินเดียมีค่าลบอย่างรุนแรง แสดงปริมาณดัชนีโหมคไคโพลต่ำ แต่ปริมาณฝนสูง ความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนในประเทศไทย เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนในประเทศไทยมาวิเคราะห์โดยอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบ พบว่าสามารถดึงรายละเอียดค่าความแปรปรวนของปริมาณฝนออกมาได้ 4 รูปแบบหลัก ๆ โดยแสดงรูปแบบของฝนที่ตกที่เกิดขึ้นรวมได้ถึง 79.77% ของรูปแบบทั้งหมด แต่ละรูปแบบแสดงรูปแบบของฝนที่ตกได้ 57.64%, 12.94%, 6.31% และ 2.88% ตามลำดับ เมื่อนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงในเชิงเวลากับดัชนีโหมคไคโพล พบว่าตัวประกอบหลักของความแปรปรวนของปริมาณฝนรายเดือนสอดคล้องอย่าง

เด่นชัดกับดัชนี โหมคไดโพล แสดงให้เห็นว่าปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดียมีผลกระทบต่อปริมาณฝนในประเทศไทย นอกจากนี้การวิเคราะห์การแปลงเวฟเลขแบบครอสของดัชนี โหมคไดโพลและปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนในประเทศไทยมีคาบเวลาการเกิดซ้ำของปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดียในคาบ 11 เดือน ของปีที่ปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดียรุนแรง และเมื่อเกิดปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดียไปแล้ว 2 เดือน ฝนจึงจะตกในประเทศไทย สรุปได้ว่าปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดียมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนในประเทศไทย

คำสำคัญ : ปรากฏการณ์ไดโพลในมหาสมุทรอินเดีย / ดัชนี โหมคไดโพล / การวิเคราะห์องค์ประกอบ / การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ / ปริมาณฝนในประเทศไทย / การวิเคราะห์การแปลงเวฟเลขแบบครอส

Thesis Title	A Study of the Relationship between Rainfall over Thailand and Indian Ocean Dipole
Thesis Credits	12
Candidate	Ms. Kosum Chansaengkrachang
Thesis Advisors	Dr. Nitima Ascharyaphotha Assoc. Prof. Dr. Usa Humphries
Program	Master of Science
Field of Study	Applied Mathematics
Department	Mathematics
Faculty	Science
B.E.	2553

## Abstract

**E46961**

The aim of this research is to study the relationship between rainfall over Thailand and Indian Ocean Dipole (IOD). The rainfall data sets during the period 1979-2008 were taken from 80 stations of the Meteorological Department. The Dipole Mode Index (DMI) is an indicator of the east-west temperature gradient across the tropical Indian Ocean, linked to the Indian Ocean Dipole. It is calculated as the difference of the Western Equatorial Indian Ocean (WTIO) and the South Eastern Equatorial Indian Ocean (SETIO) indices. The correlation analysis is used to investigate the correlation between monthly mean rainfall in Thailand and IOD. The years of strong positive IOD have strong positive correlation in the range from 0.5 to 1.0 over the total regions of Thailand, such that as high DMI, high rainfall. But the years of strong negative IOD represent low DMI, high rainfall. These correlations associate an increasing trend of monthly mean rainfall in Thailand. Next, the Empirical Orthogonal Function (EOF) analysis is applied to monthly mean rainfall in Thailand. The rainfall variability is extracted into a quite significant measured by the first four modes, which explains 79.77% of the total variance, with each mode contains 57.64%, 12.94%, 6.31% and 2.88% of the total variance. The principal components of the first four modes of monthly mean rainfall anomalies are associated with the DMI. It shows that the event of a strong IOD affects the rainfall of Thailand. Beside, the Cross Wavelet Transform (XWT) of the DMI and monthly mean rainfall over Thailand represents significant peaks in the years of strong IOD at a scale around 11 months. This implies that the DMI leads rainfall around 2 months. It can be concluded that rainfall over Thailand is influenced by the IOD.

Keywords : Indian Ocean Dipole (IOD) / Dipole Mode Index (DMI) / Empirical Orthogonal Function (EOF) Analysis / Correlation Analysis / Rainfall over Thailand / Cross Wavelet Transform (XWT)

## ACKNOWLEDGEMENTS

I would like to express my gratitude to all people who gave me the possibility to complete this thesis. I want to thank Dr. Nitima Ascharyaphotha, my thesis advisor and Assoc. Prof. Usa Humphries, my co-thesis advisor, for their helpful guidance, valuable suggestion and friendly encouragement during my graduate years. I am also grateful to the member of the examination committee, Asst. Prof. Thaned Rojsiraphisal from the Department of Mathematics, Burapha University, Dr. Waraporn Chatanin and Dr. Oranit Panprasitwech from the Department of Mathematics, King Mongkut's University of Technology Thonburi, for their valuable comments and suggestions. The authors would like to thank Ms. Aisawan Chankan and Dr. Angkool Wangwongchai for the helpful discussion during the course in this work, the Meteorological Department for the rainfall data and Prof. Aslak Grinsted for the MatLab wavelet coherence package. This research is supported by the Centre of Excellence in Mathematics, the Commission on Higher Education, Thailand and National Research Council of Thailand.

Also, I am deeply indebted to all the lectures who taught me in the graduate course at the Mathematics Department of King Mongkut's University of Technology Thonburi. Thank also to the Department of Mathematics, King Mongkut's University of Technology Thonburi for giving partial financial support during the preparation of the thesis. Finally, my thanks are extended to my family who has always been my inspiration and my guiding light.

## CONTENTS

	PAGE
THAI ABSTRACT	iii
ENGLISH ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGEMENTS	v
CONTENTS	vi
LIST OF TABLES	viii
LIST OF FIGURES	ix
LIST OF SYMBOLS	xi
LIST OF TECHNICAL TERMS AND ABBREVIATIONS	xiii

### CHAPTER

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>1</b>
1.1 Introduction . . . . .	1
1.2 Literature Review . . . . .	3
1.3 Objectives . . . . .	5
1.4 Scopes . . . . .	5
<b>2. THEORIES</b>	<b>6</b>
2.1 Regression Analysis . . . . .	6
2.1.1 Simple Linear Regression . . . . .	6
2.1.2 Assumptions of Linear Regression . . . . .	7
2.2 Correlation Analysis . . . . .	7
2.2.1 Assumptions of Correlation Analysis . . . . .	7
2.3 The Empirical Orthogonal Function Analysis . . . . .	8
2.4 Cross Wavelet Analysis . . . . .	10
2.4.1 Continuous Wavelet Transform (CWT) . . . . .	10
2.4.2 Normalization . . . . .	10
2.4.3 Wavelet Power Spectrum . . . . .	10
2.4.4 Cross Wavelet Transform . . . . .	11
2.4.5 Cross Wavelet Phase Angle . . . . .	12

<b>3. METHODOLOGY</b>	<b>14</b>
3.1 Data Source . . . . .	14
3.2 Simple Linear Regression Method . . . . .	17
3.3 Correlation Method . . . . .	17
3.4 Empirical Orthogonal Function Method . . . . .	17
3.5 Cross Wavelet Method . . . . .	18
<b>4. RESULTS</b>	<b>20</b>
4.1 Simple Linear Regression and Correlation Analysis Results . . . . .	20
4.2 Empirical Orthogonal Function Analysis Results . . . . .	31
4.3 Cross Wavelet Results . . . . .	38
<b>5. CONCLUSION</b>	<b>46</b>
5.1 CONCLUSIONS . . . . .	46
<b>REFERENCES</b>	<b>47</b>
<b>APPENDIX A</b>	<b>49</b>
<b>BIOGRAPHY</b>	<b>50</b>

**LIST OF TABLES**

<b>TABLE</b>	<b>PAGE</b>
3.1 Positive and negative IOD during 1958 to 2008. . . . .	17
A.1 Dipole Mode Index (DMI) for a 30–year period from 1979 to 2008. .	49

## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
1.1 Map of Thailand. . . . .	1
1.2 The Indian Ocean Dipole (IOD). . . . .	2
2.1 A circular scatter diagram . . . . .	13
3.1 The locations of 80 stations of the monthly mean rainfall over Thailand. 15	
3.2 The monthly mean rainfall in Thailand during the period 1979 to 2008. 16	
3.3 The DMI with the years of strong positive and strong negative in the Indian Ocean. . . . .	16
4.1 The monthly mean rainfall trend over 30-year during the period 1979 to 2008. . . . .	23
4.2 The DMI in the Indian Ocean covering a 30-year period from January 1979 to December 2008. . . . .	23
4.3 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1979, (b) 1980, (c) 1981 and (d) 1982. . . . .	24
4.4 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1983, (b) 1984, (c) 1985 and (d) 1986. . . . .	25
4.5 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1987, (b) 1988, (c) 1989 and (d) 1990. . . . .	26
4.6 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1991, (b) 1992, (c) 1993 and (d) 1994. . . . .	27
4.7 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1995, (b) 1996, (c) 1997 and (d) 1998. . . . .	28
4.8 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 1999, (b) 2000, (c) 2001 and (d) 2002. . . . .	29
4.9 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 2003, (b) 2004, (c) 2005 and (d) 2006. . . . .	30
4.10 The correlations between monthly mean rainfall in Thailand and the DMI in (a) 2007 and (b) 2008. . . . .	31
4.11 The total variance percentages of rainfall variability over Thailand. . . . .	32
4.12 EOF1 distributions of rainfall over Thailand. . . . .	33
4.13 Time series of PC1. . . . .	33
4.14 EOF2 distributions of rainfall over Thailand. . . . .	34
4.15 Time series of PC2. . . . .	34
4.16 EOF3 distributions of rainfall over Thailand. . . . .	35
4.17 Time series of PC3. . . . .	35
4.18 EOF4 distributions of rainfall over Thailand. . . . .	36
4.19 Time series of PC4. . . . .	36
4.20 Comparison between the first four modes of monthly mean rainfall anomalies over Thailand and DMI from 1979 to 1988. . . . .	37

4.21	Comparison between the first four modes of monthly mean rainfall anomalies over Thailand and DMI from 1989 to 1998. . . . .	37
4.22	Comparison between the first four modes of monthly mean rainfall anomalies over Thailand and DMI from 1999 to 2008. . . . .	38
4.23	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of 80 stations over Thailand. . . . .	40
4.24	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of dry season over northern part. . . . .	41
4.25	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of wet season over northern part. . . . .	41
4.26	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of dry season over central part. . . . .	42
4.27	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of wet season over central part. . . . .	42
4.28	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of dry season over northeastern part. . . . .	43
4.29	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of wet season over northeastern part. . . . .	43
4.30	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of dry season over eastern part. . . . .	44
4.31	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of wet season over eastern part. . . . .	44
4.32	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of dry season over southern part. . . . .	45
4.33	XWT of the DMI and the monthly mean rainfall of wet season over southern part. . . . .	45

## LIST OF SYMBOLS

### SYMBOLS

$\beta_0$	intercept
$\beta_1$	slope
$\varepsilon$	error
$r$	linear correlation coefficient
$F(t, s)$	space-time field
$t$	time
$s$	spatial position
$\mathbf{R}_{zz'}$	spatial covariance matrix
$\mathbf{L}$	$p \times p$ diagonal matrix containing eigenvalues $\lambda_k$
$\lambda_k$	eigenvalues ( $k = 1, 2, \dots, p$ )
$\mathbf{E}$	$p \times p$ matrix containing column vectors $e_k$
$e_k$	eigenvectors ( $k = 1, 2, \dots, p$ )
$a_k(t)$	time-dependent amplitude
$\delta_{ij}$	Kronecker delta
$\Delta t$	time space or step (in wavelet)
$\Delta \omega$	frequency time space or step (in wavelet)
$\psi_0(\eta)$	Morlet Function
$\omega_0$	dimensionless frequency ( $\omega_0 = 6$ )
$\eta$	dimensionless time

## SYMBOLS

$s$	scale
$\lambda_{wt}$	Fourier period ( $\lambda_{wt} = 1.03s$ )
$\delta t$	uniform time steps
$\alpha$	lag-1 autocorrelation
$\nu$	degree of freedom
$W_n^X(s)$	Continuous Wavelet Transform (CWT) of a time series ( $x_n, n = 1, 2, \dots, N$ )
$W^{XY}$	Cross Wavelet Transform (XWT) of two time series $x_n$ and $y_n$
$Z_\nu(p)$	confidence level
$\chi^2$	chi square distributions
R	length of the mean vector
S	circular standard deviation
$\bar{X}$	mean time corresponding to the mean angle

## LISTS OF TECHNICAL TERMS AND ABBREVIATIONS

ENSO	El Niño Southern Oscillation
IOD	Indian Ocean Dipole
DMI	Dipole Mode Index
SST	Sea Surface Temperature
AGCM	Atmospheric General Circulation Model
PC1	First Principal Component
PCA	Principal Component Analysis
EOF	Empirical Orthogonal Function
CWT	Continuous Wavelet Transform
COI	Cone of Influence
AR1	First Order Autoregressive
XWT	Cross Wavelet Transform
pdf	probability density function
WTIO	Western Equatorial Indian Ocean
SETIO	South Eastern Equatorial Indian Ocean
NAO	North Atlantic Oscillation