

แบบจำลองแบบตัดแปรของชั้นบรรยากาศและมหาสมุทร  
สำหรับการจำลองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ

นางสาว รติกร เจริญพานิช



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-096-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MODIFIED ATMOSPHERIC-OCEANIC MODEL  
FOR SIMULATION OF CLIMATIC TEMPERATURE CHANGE



Miss Ratikorn Chareonpanich

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Chemical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

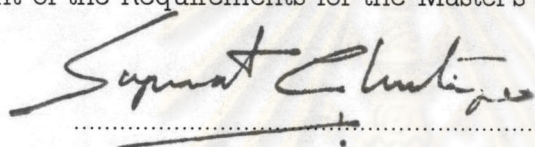
Academic year 1996

ISBN 974-636-096-5

Thesis Title            Modified Atmospheric-Oceanic Model for Simulation of  
                                 Climatic Temperature Change  
By                            Miss Ratikorn Chareonpanich  
Department            Chemical Engineering  
Thesis Advisor        Tawatchai Charinpanitkul, Ass. Prof. Dr. Eng.  
Thesis Co-Advisor    Deacha Chatsiriwech, Ph. D.

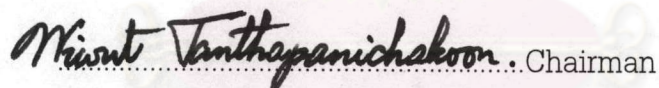
---

Accepted by Graduate School, Chulalongkorn University, in Partial  
Fulfillment of the Requirements for the Master's degree.



.....Acting Dean of Graduate School  
(Professor Supawat Chutivongse, M. D.)

Thesis Committee



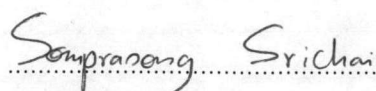
.....Chairman  
(Professor Wiwut Tanthapanichakoon, Dr. Eng.)



.....Thesis Advisor  
(Assistant Professor Tawatchai Charinpanitkul, Dr. Eng.)



.....Thesis Co-Advisor  
(Deacha Chatsiriwech, Ph. D.)



.....Member  
(Somprasong Srichai, Ph. D.)

## พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



รติกร เจริญพานิช : แบบจำลองแบบดัดแปรของชั้นบรรยากาศและมหาสมุทรสำหรับการจำลองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภูมิอากาศ (MODIFIED ATMOSPHERIC-OCEANIC MODEL FOR SIMULATION OF CLIMATIC TEMPERATURE CHANGE) อ. ที่ปรึกษา : ผ.ศ. ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล, 176 หน้า.  
ISBN 974-636-096-5

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปรากฏการณ์การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลก ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สอื่นๆซึ่งมีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์เรือนกระจก ผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้ทำนายการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิอากาศ โดยอาศัยแบบจำลองแบบดัดแปรของชั้นบรรยากาศและมหาสมุทร ในที่นี้จะทำการคำนวณ และทำนายผลค่าอุณหภูมิของโลกที่เพิ่มขึ้นที่เวลาหรือปริมาณของแก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศมีค่าต่างๆกัน เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาก่อนที่จะมีการปฏิบัติอุตสาหกรรม แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับอุณหภูมิของโลกที่มีการตรวจวัดได้จริง

การพัฒนาโปรแกรมการทำนายนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนการคำนวณ และส่วนทฤษฎี ในส่วนการคำนวณใช้ตัวแปรภาษาชื่อ Visual Basic ในขณะที่ส่วนทฤษฎีใช้โปรแกรม ForeHelp การแสดงผลของโปรแกรมมีทั้งในรูปแบบของตัวเลขและกราฟ จากการทดสอบโปรแกรมพบว่าผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมนี้นับกับค่าที่ตรวจวัดได้จริงไม่มีความแตกต่างในระดับนัยสำคัญเป็นต้นว่าโลกจะร้อนขึ้น 2.2-2.6 °C ในคริสต์ศักราช 2025 นอกจากนั้นในส่วนของทฤษฎียังมีการแสดงทฤษฎี และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ใช้สนใจ พร้อมทั้งมีรูปภาพ สี และคำสำคัญ ช่วยในการค้นหาข้อมูลที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....วิศวกรรมเคมี.....  
สาขาวิชา .....วิศวกรรมเคมี.....  
ปีการศึกษา ..2539.....

ลายมือชื่อนิติต .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

## C717106 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD:

MODELING / GLOBAL WARMING

RATIKORN CHAREONPANICH : MODIFIED ATMOSPHERIC-OCEANIC MODEL FOR SIMULATION OF CLIMATIC TEMPERATURE CHANGE. THESIS ADVISOR : ASS. PROF.

TAWATCHAI CHARINPANICHKUL, Ph. D. 176 pp. ISBN 974-636-096-5

The objective of this research is to study the increase in global temperature caused by the change of concentration of carbon dioxide and other greenhouse gases. A computer program is developed for predicting the climatic temperature change using the modified atmospheric-oceanic model. The predicted global temperatures increasing with time or the concentration of greenhouse gases are compared with the measurement data published in many references.

This program developed in this work is composed of two main sections, namely, calculation and theoretical sections. Visual Basic for Windows compiler was employed to develop the calculation section. Meanwhile, the theoretical section was developed using ForeHelp software. The results of simulation are presented both numerically and graphically. From investigation, it was found that there are no significant difference between the calculation results and the actually measured data. The simulation program predict a 2.2-2.6 °C rise in the global temperature in 2025.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา..... วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต..... *Tom 6 Pany*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Changpanich*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... *Charinpanichkul*

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank and express her gratitude to Assistant Professor Tawatchai CHARINPANITKUL, Ph.D. for his supervision, encouraging guidance, advice, discussion and helpful suggestions throughout the course of this Master Degree study. Special thanks are owed to Deacha CHATSIRIWECH, Ph.D. as members responsible of the co-ordinator advisor whose criticisms and comments have been especially helpful. At the same time, the author greatly indebted to Professor Wiwat TANTHAPANICHAKUL, Ph.D., Somprasong SRICHAI, Ph.D. for serving as chairman and member of the thesis committee, respectively, for their continual encouragement and technical assistance. In addition, the author would like to thank all the graduates of this laboratory for their help on laboratory work and daily life.

The author grateful to Department of Meteorology, Department of Hydrography for supplying of temperature data, and to the Global Change System for Analysis, Research and Training (START) for supplying concentration of greenhouse gases data. Finally, the author wish to convey her most sincere gratitude to her parents, brother, sisters, and her best friend, Chanasiri VANIT for their moral supports.

## CONTENTS

	PAGE
ABSTRACT (IN THAI).....	i
ABSTRACT (IN ENGLISH).....	ii
ACKNOWLEDGEMENTS.....	iii
CONTENTS.....	iv
LIST OF TABLES.....	v
LIST OF FIGURES.....	vi
NOMENCLATURE.....	x
CHAPTER	
I. INTRODUCTION.....	1
II. GLOBAL WARMING IN CHEMICAL ENGINEERING ASPECT.....	8
III. CLIMATIC TEMPERATURE CHANGE THEORIES AND CALCULATION .....	35
IV. CLIMATIC TEMPERATURE CHANGE SIMULATION AND EXAMPLE.....	62
V. MODEL AND REFERENCE VERIFICATION.....	86
VI. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	101
REFERENCES.....	103
APPENDIX :	
A. CREATING SIMPLE WINDOWS APPLICATION WITH VISUAL BASIC FOR WINDOWS.....	106
B. HELP FILE DEVELOPMENT.....	149
C. ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS CONCENTRATION.....	163
VITA.....	176

## LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
2.1	Description of the Control Volume of this Work.....	10
2.2	Energy Emission for various Input Sources.....	16
3.1	Atmospheric Concentrations of Greenhouse Gases.....	36
3.2	Atmospheric Growth of Greenhouse Gases.....	39
3.3	Greenhouse Effects of various Greenhouse Gases.....	42
3.4	Global Warming Potential and Concentration of Greenhouse Gases.....	59
3.5	Heat Flux of the Surface-Troposphere System of Greenhouse Gases compared with CO <sub>2</sub> .....	59
5.1	Sea-Surface Temperature Change with respect to Time.....	89
5.2	Sea-Surface Temperature Change with respect to Concentration of Greenhouse Gases.....	90
C-1	Atmospheric Concentration of Carbon Dioxide.....	164
C-2	Atmospheric Concentration of Methane.....	169
C-3	Atmospheric Concentration of Nitrous Oxide.....	171
C-4	Atmospheric Concentration of Chlorofluorocarbon.....	173

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## LIST OF FIGURES

FIGURE	PAGE
2.1 Control Volume of Conservation of Energy.....	9
2.2 Spectral Emissive Power of a Blackbody.....	13
2.3 Intensity of the Solar Radiation.....	14
2.4 Intensity of the Terrestrial Radiation.....	15
2.5 Simple Global Temperature Model.....	17
2.6 More Realistic Model that includes the Earth's Reflectivity.....	21
2.7 (a) Normalised Radiation Curves of the Sun and the Earth (b) Characteristic Absorption Curve of Greenhouse Gases.....	23
2.8 The Greenhouse Effect.....	25
2.9 Global Average Energy Flows between the Space, the Atmosphere, and the Earth's Surface ( $W/m^2$ ).....	28
3.1 Schematic Illustration of the Global Oceanic Model.....	50
3.2 Atmospheric CO <sub>2</sub> Concentration from 1860 to 2025.....	57
3.3 The CO <sub>2</sub> Radiative Heating Function from 1860 to 2025.....	58
4.1 Flow Diagram for Time Simulation Factor.....	64
4.2 Flow Diagram for Greenhouse Gases Simulation Factor.....	65
4.3 Main Menu.....	66
4.4 Simulation Variables and Parameters Data Menu for Time Simulation Factor.....	67
4.5 Greenhouse Gas Growth Rate Data Menu for Time Simulation Factor.....	68
4.6 Simulation Variables and Parameters Data Menu for Greenhouse Gas Simulation Factor.....	69
4.7 Greenhouse Gas Concentration Data Menu for Greenhouse Gas Simulation Factor.....	70

FIGURE	PAGE
4.8 Simulation Result Form and Display Menu.....	71
4.9 Climatic Temperature Change Result Menu for Time Simulation Factor.....	73
4.10 Climatic Temperature Change Result Menu for Greenhouse Gas Simulation Factor.....	74
4.11 Climatic Temperature Change Numerical Results Menu (using Time Factor).....	75
4.12 Climatic Temperature Change Numerical Results Menu compared with Reference (using Time Factor).....	76
4.13 Climatic Temperature Change Graphical Results Menu (using Time Factor).....	77
4.14 Climatic Temperature Change Graphical Results Menu compared with Reference (using Time Factor).....	78
4.15 Climatic Temperature Change Numerical Results Menu (using GHG Factor).....	79
4.16 Climatic Temperature Change Numerical Results Menu compared with Reference (using GHG Factor).....	80
4.17 Climatic Temperature Change Graphical Results Menu (using GHG Factor).....	81
4.18 Climatic Temperature Change Graphical Results Menu compared with Reference (using GHG Factor).....	82
4.19 Content of the Climatic Temperature Change Simulation Program Help.....	83
4.20 Search Dialog Box in Theoretical Section.....	84
4.21 Popup Window shown after Click on Hot Spot.....	85
5.1 Sea-Surface Temperature Change with respect to Time from the Developed Program and the Program based on the Original Model.....	93

FIGURE	PAGE
5.2 Sea-Surface Temperature Change with respect to Concentration of Greenhouse Gas from the Developed Program.....	95
5.3 Sea-Surface Temperature with respect to Time compared with the Observed Temperature Data.....	97
5.4 Sea-Surface Temperature Change with respect to Concentration of Greenhouse Gas compared with the Observed Temperature Data.....	99
A-1 Interface of Visual Basic.....	107
A-2 Toolbar Window.....	107
A-3 Project Window.....	108
A-4 Form Window.....	109
A-5 Toolbox Window.....	110
A-6 Properties Window.....	111
A-7 Code Window.....	112
A-8 Simulation Factor Menu Interface.....	114
A-9 Simulation Variables and Parameters Data Menu Interface.....	115
A-10 Simulation Greenhouse Gas Concentration Data Menu Interface.....	116
A-11 Simulation Result Form and Display Menu Interface.....	117
A-12 Simulation Result Menu Interface.....	118
B-1 Topic Properties Dialog Box.....	152
B-2 Insert File Dialog Box.....	154
B-3 Topic Keywords.....	155
B-4 Popup Example.....	156
B-5 Make Popup Dialog Box.....	157
B-6 Make Jump Dialog Box.....	158
B-7 Insert Picture Dialog Box.....	159
B-8 Build Dialog Box.....	161

FIGURE	PAGE
B-9 Help File Example.....	162
C-1 Regression of Carbon Dioxide Concentration.....	166
C-2 Regression of Methane Concentration.....	170
C-3 Regression of Nitrous Oxide Concentration.....	172
C-4 Regression of Chlorofluorocarbon Concentration.....	175



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### Nomenclature

A	=	Surface area ( $m^2$ )
B	=	Feedback parameter of the climate system ( $1.26 W/m^2 K$ )
$c_o$	=	Atmospheric concentration of carbon dioxide (ppm)
$c_i$	=	Atmospheric concentration of gas i (ppm)
C	=	Specific heat (J/kgK)
$C_p$	=	Heat capacity (J/K)
E	=	Total blackbody emission rate (W)
$E_a$	=	Energy absorbed rate by the Earth (W)
$E_r$	=	Energy radiated rate from the Earth (W)
$f_L$	=	Global land fraction (0.3)
$f_o$	=	Global ocean fraction (0.7)
F(t)	=	Heat flux of the surface-troposphere system due to increasing atmospheric greenhouse gas ( $W/m^2$ )
$F_{LW}$	=	Outgoing infrared flux ( $W/m^2$ )
$F_o(t)$	=	Heat flux transferring to the lower ocean layer ( $W/m^2$ )
$GWP_i$	=	Global warming potential of gas i
i	=	Gas i
k	=	Thermal conductivity (W/mK)
m	=	Mass (kg)
N	=	Integrating period (y)
P	=	Pressure ( $N/m^2$ )
$P_0$	=	Initial emission rate at time $t=0$
$q_z$	=	Heat flux along z-axis ( $W/m^2$ )
Q	=	Heat (J)
$Q_c$	=	Total carbon added between up until time t (Gt.)
$Q_s$	=	Global insolation ( $W/m^2$ )

$r$	=	Rate of growth of emissions (percent/yr.)
$r_c$	=	Radiative forcing of carbon dioxide (percent/yr.)
$r_{\text{emissions/energy}}$	=	Emission per unit of energy consumed growth rate (percent/yr.)
$r_{\text{energy/GNP}}$	=	Growth rate in energy per unit of GNP (percent/yr.)
$r_{\text{GNP/cap}}$	=	Per capita GNP growth rate (percent/yr.)
$r_i$	=	Radiative forcing of gas $i$
$r_{\text{pop}}$	=	Population growth rate (percent/yr.)
$R$	=	Radius of the Earth (m)
$R_m$	=	Heat capacity of the mixed layer ( $3 \times 10^8 \text{ Ws/m}^2 \text{ K}$ )
$S_s$	=	Solar constant ( $1372 \text{ W/m}^2$ )
$S$	=	Entropy (J/K)
$t$	=	Time (s)
$T$	=	Absolute temperature (K)
$T_e$	=	Effective temperature (K)
$U$	=	Internal energy (J)
$\hat{U}$	=	Internal energy per unit mass (J/kg)
$V$	=	Volume ( $\text{m}^3$ )
$w$	=	Fluid velocity along $z$ -axis (m/s)
$W$	=	Work (J)
$z$	=	Depth of the ocean from the mixed layer (m)

### Greek letters

$\alpha$	=	Albedo (Reflectivity)
$\Delta$	=	Change of
$\epsilon$	=	Emittance
$K$	=	Thermal diffusivity ( $=k/\rho C_p$ ) of sea water ( $0.00013 \text{ m}^2/\text{s}$ )

$\lambda_{\max}$	=	Maximum wavelength ( $\mu\text{m}$ )
$u$	=	Overall heat transfer coefficient ( $0, \infty$ ) of the ocean-land system
$u/f_L$	=	Heat transfer coefficient based on land ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$ )
$u/f_o$	=	Heat transfer coefficient based on ocean ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$ )
$\rho$	=	Density of sea water ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
$\sigma$	=	Stefan-Boltzmann constant ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2 \text{K}^4$ )
$\tau_c$	=	Time scales for carbon dioxide heating process (33 yr.)
$u_z$	=	Fluid velocity along z-axis (m/s)
$\theta_{LS}$	=	Land-surface temperature change relates to the 1860's (K)
$\theta_o(t)$	=	Sea-surface temperature relates to the 1860's (K)
$\theta_o(z,t)$	=	Temperature of the lower ocean layer relates to the 1860's (K)

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย