สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การนำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้งานด้านอะคูสติก

FINITE ELEMENT METHOD IN ACOUSTIC SYSTEM

โดย

นาย ธีรพร อธิวัฒนา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....34073
วัน, เดือน, ปี - 1 ต.ค. 2542

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้งานด้านอะคูสติก

FINITE ELEMENT METHOD IN ACOUSTIC SYSTEM

โดย

นาย ธีรพร อธิวัฒนา

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การนำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้งานด้านอะคูสติก

Finite Element Method in Acoustic System

ผู้จัดทำ

นาย ธีรพร อธิวัฒนา เลขประจำตัว 38014209

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานเรื่อง การนำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้งานด้านอะคูสติก

FINITE ELEMENT METHOD IN ACOUSTIC SYSTEM

จัดทำโดย นาย ธีรพร อธิวัฒนา 38014209

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาใช้งานด้านอะคูสติก

ธีรพร อธิวัฒนา
อ. ชินภัทร นันทจิวากรชัย อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2541

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ ได้นำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้งานในด้านอะคูสติก ซึ่งจะทำการจำลองระบบเสียงภายในห้องปิด โดยแหล่งกำเนิดเสียงภายในห้องนั้น จะผลิตคลื่นเสียงที่มีค่าความถี่หลาย ๆ ค่า และมีค่าความเข้มของเสียงซึ่งขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างจุดสังเกตุกับแหล่งกำเนิดเสียง ในขั้นแรกในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น เราต้องทำการแบ่งปริมาตรภายในห้องออกเป็นปริมาตรเล็กๆ ซึ่งเราเรียกว่า"เอลิเมนต์" จากนั้นทำการเลือก ฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์ให้เหมาะสมกับปัญหานั้น ๆ แล้วทำการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับเอลิเมนต์ย่อยๆ เหล่านั้น โดยนำสมการคลื่นพื้นฐานทางฟิสิกส์มาใช้สร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์โดยใช้วิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง จากนั้นนำสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้จากแต่ละเอลิเมนต์มารวมกันกลายเป็นระบบสมการไฟไนต์เอลิเมนต์รวมของปัญหา แล้วทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต จากนั้นจึงทำการแก้สมการหาค่าตัวแปรที่จุดต่อต่าง ๆ ระหว่างเอลิเมนต์ โดยในขั้นตอนการแก้สมการนี้เพื่อความรวดเร็วและถูกต้องเราจึงต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อทำการแก้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FINITE ELEMENT METHOD IN ACOUSTIC SYSTEM

Teeraporn A-Tiwattana

Chinnapata Nanthajiwakornchai(Adviser)

1998

ABSTRACT

Finite element method in acoustics system is sound simulated in enclose room.In the room , sound source which has a lot of frequency and intensity radiation generate sound wave. First step for synthesis by finite element method is generating elements in enclose room . Then select element interpolation functions which suitable for the problem .Next , from wave equation we use weighted residuals method to generate finite element equation for each element.Then compound each equation from each element become to system of simultaneous equation and apply bondary condition for this equation.Finally,using computer solves the equation of system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์	5
บทที่ 3 วิธีการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง	8
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้งานด้านอะคูสติก	10
บทที่ 5 การหาผลเฉลยเชิงเลขด้วยวิธีการ Gauss Elimination	15
บทที่ 6 การทดลอง	19
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์	23
ภาคผนวก ก. โปรแกรม fin.c	IV
ภาคผนวก ข. ผลการทดลอง	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
หนังสืออ้างอิง	VII

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากปรากฏการณ์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นรอบตัวเรานั้น สามารถอธิบายได้โดยกฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์และทำการประดิษฐ์ขึ้นมาในลักษณะของสมการต่าง ๆ ได้ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปแบบของสมการเชิงอนุพันธ์ (differential equation) หรือในรูปแบบของสมการอินทิกรัล (integral equations) เป็นต้น

สมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาต่าง ๆ นั้น ปกติจะประดิษฐ์ขึ้นมาได้ไม่ยาก แต่ว่าผลเฉลยแม่นตรง (exact solution) ที่ต้องการและจำเป็นต้องทำการหาออกมา โดยวิธีการวิเคราะห์ (analytical method) นั้นทำได้ยากหรืออาจหาไม่ได้เลยก็ได้ เหตุผลดังกล่าวก่อให้เกิดวิธีการหาผลเฉลยได้โดยประมาณ (approximate solution) ขึ้น วิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณ (approximate methods) นั้นมีหลายวิธีการ วิธีการที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางในอดีตที่ผ่านมาคือ วิธีการผลต่างสืบเนื่อง (finite difference method)

หลักการที่สำคัญของวิธีการผลต่างสืบเนื่องก็คือ การหาค่าผลเฉลยโดยประมาณ โดยเริ่มจากการเขียนสมการเชิงอนุพันธ์ให้อยู่ในรูปแบบของระบบสมการผลต่างสืบเนื่อง (system of difference equations) ข้อดีของวิธีการผลต่างสืบเนื่องนี้ก็คือ วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่ง่ายแก่การศึกษาและการทำความเข้าใจ รวมถึงความสะดวกในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการคำนวณ หาผลเฉลยขอองปัญหานั้น ๆ ส่วนข้อเสียของการใช้วิธีการผลต่างสืบเนื่องนั้นก็มี เช่น ความไม่สะดวกในการกำหนดเงื่อนไขขอบเขต (application of boundary conditions) และที่สำคัญที่สุดก็คือ ความยากลำบากในการประยุกต์วิธีการนี้เพื่อใช้กับปัญหาที่มีรูปร่างลักษณะซับซ้อน

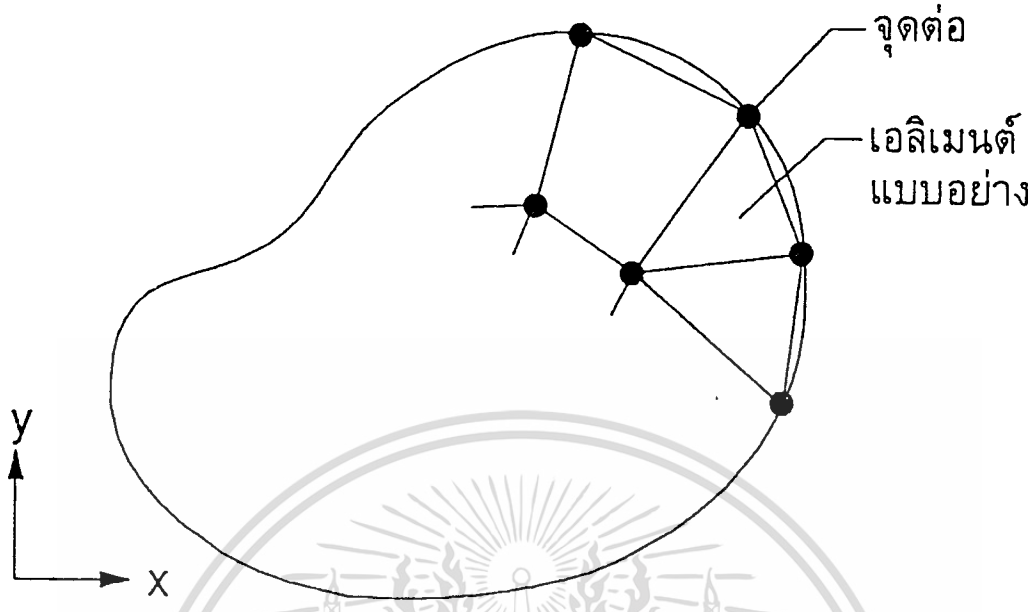
สาเหตุของความยากลำบากดังกล่าว ก่อให้เกิดวิธีการหาผลเฉลยโดยประมาณวิธีใหม่ที่เรียกว่าวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method) ซึ่งวิธีการนี้สามารถนำมาใช้กับปัญหาที่มีรูปร่างลักษณะซับซ้อนเช่นใดก็ได้ โดยสามารถจำลองรูปร่างลักษณะดั้งเดิมที่แท้จริงได้ใกล้เคียงเที่ยงตรงกว่า

ขั้นตอนทั่วไปของวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์

วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ประกอบด้วยขั้นตอนใหญ่ ๆ ทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การแบ่งขอบเขตรูปร่างลักษณะของปัญหาที่ต้องการที่จะหาผลลัพธ์นั้นออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.1 การแบ่งรูปร่างลักษณะของปัญหาออกเป็นเอลิเมนต์แบบต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 การเลือกฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์ (element interpolation functions) เช่น เอลิเมนต์สามเหลี่ยม เอลิเมนต์ดังกล่าวประกอบด้วย 3 จุดต่อ ที่มีหมายเลข 1, 2 และ 3 ดังแสดงในรูป 1.2 โดยที่จุดต่อนี้นั้นเป็นตำแหน่งของตัวไม่รู้ค่า (nodal unknowns) ซึ่งคือ ϕ_1 , ϕ_2 และ ϕ_3 ตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อเหล่านี้อาจเป็นค่าการยืดหรือหดตัว หากเราทำปัญหาความยืดหยุ่นในของแข็ง หรือไม่ก็อาจเป็นความเร็วของของเหลว หาเราทำปัญหาเกี่ยวกับการไหล เป็นต้น ลักษณะการกระจายของตัวไม่รู้ค่าบนเอลิเมนท์นี้ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของฟังก์ชันการประมาณภายในและตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อได้ ดังนี้

$$\phi(x,y) = N_1(x,y)\,\phi_1 + N_2(x,y)\,\phi_2 + N_3(x,y)\,\phi_3 \qquad (1.1)$$

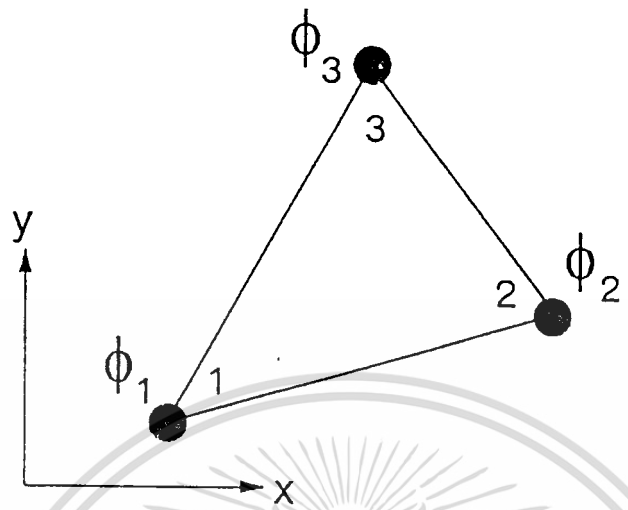
โดย Ni(x,y) , I = 1, 2, 3 คือ ฟังก์ชันประมาณภายในเอลิเมนต์

สมการ (1.1) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบของเมตริกซ์ได้ ดังนี้

$$\phi(x,y) = \lfloor N_1 \;\; N_2 \;\; N_3 \rfloor \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{Bmatrix} \qquad (1.2)$$

$$= \underset{(1x3)}{\lfloor N \rfloor} \; \underset{(3x1)}{\{\phi\}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 1.2 เอลิเมนต์สามเหลี่ยมแบบอย่าง ประกอบด้วย 3 จุดต่อ
โดยมีตัวไม่รู้ค่าอยู่ ณ ตำแหน่งที่จุดต่อ

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างสมการของเอลิเมนต์ (element equations) ดังตัวอย่าง เช่น สมการของเอลิเมนต์สามเหลี่ยมแบบอย่าง ดังแสดงในรูป 1.2 จะอยู่ในรูปแบบดังนี้

$$\begin{bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{bmatrix}_e \begin{Bmatrix} \phi_1 \\ \phi_2 \\ \phi_3 \end{Bmatrix}_e = \begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix}_e \qquad (1.3)$$

ขั้นตอนที่ 4 การนำสมการของแต่ละเอลิเมนต์ที่ได้มาประกอบกัน ก่อให้เกิดระบบสมการพร้อมกันขึ้น (system of simultaneous equation) ในรูปแบบดังนี้

$$\sum \text{(element equations)} \Rightarrow [K]_{sys} \{\phi\}_{sys} = \{F\}_{sys} \qquad (1.4)$$

ขั้นตอนที่ 5 ทำการประยุกต์เงื่อนไขขอบเขต (boundary conditions) ลงในสมการ (1.4) แล้วจึงแก้สมการนั้นเพื่อหา $\{\phi\}_{sys}$

ขั้นตอนที่ 6 เมื่อคำนวณค่าต่าง ๆ ที่จุดต่อออกมาได้แล้วก็สามารถทำการหาค่าอื่น ๆ ที่ต้องการทราบต่อไปได้ เช่น เมื่อรู้ค่าการเคลื่อนตัว ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของโครงสร้างเราสามารถนำไปใช้ในการหาความเครียด (strain) และความเค้น (stress) ได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับโครงงานนี้ ได้นำวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ซึ่งมีอยู่ 6 ขั้นตอน ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในตอนต้น มาประยุกต์ใช้ในการจำลองระบบเสียงภายในห้อง โดยภายในห้องนั้นจะมีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ 1 แหล่ง สมการไฟไนต์เอลิเมนต์จะสร้างจากสมการคลื่น โดยจะใช้วิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ในขั้นตอนที่ 2 และ ขั้นตอนที่ 3 โดยจะอาศัยทฤษฎีที่อยู่ในบทที่ 2 และ บทที่ 3 ซึ่งอยู่ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำหรับขั้นตอนในการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์นั้น ได้แสดงวิธีการสร้างโดยละเอียด ไว้ในบทที่ 4 ส่วนวิธีการแก้สมการเพื่อหาคำตอบนั้นจะใช้วิธีการทาง numerical ซึ่งได้อธิบายไว้ในบทที่ 5 ในบทที่ 6 จะเป็นบทที่พูดเกี่ยวกับการทดลอง โดยจะนำสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้จากบทที่ 4 และวิธีการทาง numerical ในบทที่ 5 มาทำการเขียนเป็นโปรแกรม เพื่อแสดงให้เห็นถึงการนำไปใช้งานจริง ๆ และบทสุดท้ายคือ บทที่ 7 ซึ่งจะมีการสรุปผลการทดลอง สรุปปัญหาและอุปสรรคขณะทำการทดลอง และวิจารณ์การทดลอง

วัตถุประสงค์หลักของโครงงานนี้คือ ศึกษาวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และนำเอาวิธีการทางไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้งานในการวิเคราะห์ระบบเสียงภายในห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Ni = \frac{1}{6V}(a_i + b_i x + c_i y + d_i z) \quad i = 1..4 \tag{2.3}$$

ในที่นี้

$$V = \text{ปริมาตรของเอลิเมนท์} = \frac{1}{6}\begin{vmatrix} 1 & X_1 & Y_1 & Z_1 \\ 1 & X_2 & Y_2 & Z_2 \\ 1 & X_3 & Y_3 & Z_3 \\ 1 & X_4 & Y_4 & Z_4 \end{vmatrix} \tag{2.4}$$

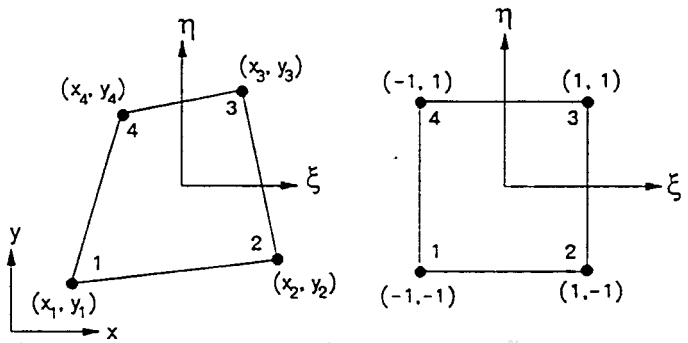
$$a_1 = \begin{vmatrix} X_2 & Y_2 & Z_2 \\ X_3 & Y_3 & Z_3 \\ X_4 & Y_4 & Z_4 \end{vmatrix} \qquad c_1 = \begin{vmatrix} X_2 & 1 & Z_2 \\ X_3 & 1 & Z_3 \\ X_4 & 1 & Z_4 \end{vmatrix}$$

$$b_1 = -\begin{vmatrix} 1 & Y_2 & Z_2 \\ 1 & Y_3 & Z_3 \\ 1 & Y_4 & Z_4 \end{vmatrix} \qquad d_1 = -\begin{vmatrix} X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \\ X_4 & Y_4 & 1 \end{vmatrix} \tag{2.5}$$

และค่าคงตัวที่ตัวอื่น ๆ $a_i, b_i, c_i, d_i, i = 2,3,4$ ก็มีลักษณะในทำนองเดียวกันกับสมการ (2.5) ซึ่งสามารถเขียนออกมาได้โดยวิธีการวนสลับเปลี่ยนตัวเลข (cyclic permutation)

2.2 เอลิเมนท์ทรงหกหน้า

การสร้างฟังก์ชันการประมาณภายในของเอลิเมนท์ ทรงหกหน้า ซึ่งโดยปกติจะไม่มีหน้าคู่ใดที่ขนานกัน ซึ่งก่อให้เกิดความยากลำบากในการหาเอลิเมนท์เมทริกซ์ต่าง ๆ เพราะต้องอินทิเกรตบนปริมาตรทั้งหมดของเอลิเมนท์ ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากดังกล่าว เราจึงแปลงรูปเอลิเมนท์ทรงหกหน้าซึ่งอยู่ในพิกัด x-y-z ไปให้อยู่ในรูปทรงลูกบาศก์ ในพิกัดธรรมชาติ $\xi - n - \zeta$ ดังแสดงในรูป 2.2 โดยขนาดของรูปทรงลูกบาศก์ทั้งในแกน $\xi, n,$ และ ζ ต่างเริ่มจากระยะ -1 ไปจนถึง $+1$



(ก) พิกัด x-y (ข) พิกัดธรรมชาติ ξ - η

รูป 2.2 การแปลงเอลิเมนท์ทรงหกหน้าทั่วไปเป็นทรงลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจายของผลเฉลยโดยประมาณในเอลิเมนท์ที่สามารถเขียนให้อยู่ในรูปแบบได้ดังนี้

$$\Phi = \sum_{i-1}^{8} N_i \Phi_i = \frac{\lfloor N \rfloor}{1x8} \frac{\{\Phi\}}{(8x1)} \tag{2.6}$$

โดย $\Phi_i, i = 1,8$ คือค่าที่จุดต่อทั้งแปดและ $N_i, i = 1,8$ คือฟังก์ชันการประมาภายในเอลิเมนท์ ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของพิกัดธรรมชาติ ดังนี้

$$\begin{aligned}
N_1 &= \tfrac{1}{8}(1-\xi)(1-n)(1-\zeta) \\
N_2 &= \tfrac{1}{8}(1-\xi)(1-n)(1-\zeta) \\
N_3 &= \tfrac{1}{8}(1+\xi)(1+n)(1-\zeta) \\
N_4 &= \tfrac{1}{8}(1-\xi)[1+n](1-\zeta) \\
N_5 &= \tfrac{1}{8}(1-\xi)(1-n)(1+\zeta) \\
N_6 &= \tfrac{1}{8}(1+\xi)(1-n)(1+\zeta) \\
N_7 &= \tfrac{1}{8}(1+\xi)(1+n)(1+\zeta) \\
N_8 &= \tfrac{1}{8}(1-\xi)(1+n)(1+\zeta)
\end{aligned} \tag{2.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง

ลำดับขั้นตอนทั่วไป

การแก้ปัญหาไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนที่สำคัญ 6 ขั้นตอนดังไปนี้

ขั้นที่ 1

แบ่งรูปร่างลักษณะของปัญหาที่กำหนดมาให้เป็นเอลิเมนต์ย่อย จากนั้นให้ทำการหาสมการเชิงอนุพันธ์ที่สอดคล้องกับปัญหาที่ต้องการแก้นั้น สมการเชิงอนุพันธ์โดยทั่วไปสามารถเขียนให้อยู่ในรูป

$$\lfloor(\bar{\phi}) = 0 \qquad (3.1)$$

โดย $\lfloor$ คือตัวดำเนินการเชิงอนุพันธ์ (differential operator) และ $\bar{\phi}$ คือตัวแปรตามแม่นตรง

ขั้นที่ 2

สมมุติลักษณะการกระจายของผลเฉลยโดยประมาณบนเอลิเมนต์ให้อยู่ในรูป

$$\phi = \phi(X,Y,Z) = \sum_{i=1}^{m} Ni\,\phi i = \underset{(1xm)}{\lfloor N \rfloor} \underset{(mx1)}{\{\phi\}} \qquad (3.2)$$

โดย m คือ จำนวนจุดต่อของเอลิเมนต์นั้น, Ni คือ ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์ และ ϕi คือตัวไม่รู้ค่าที่จุดต่อ (ในที่นี้เป็นแบบ 3 มิติ)

ขั้นที่ 3

สร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักของเศษตกค้าง หากเราแทนผลเฉลยโดยประมาณ ดังแสดงในสมการ (3.2) ลงในสมการเชิงอนุพันธ์ในสมการ (3.1) เราจะพบว่า

$\lfloor(\phi)$ จะ $\neq 0$ แต่จะ $= R$

ซึ่ง R คือเศษตกค้าง (Residual) นั่นหมายถึง

$$R = \lfloor\phi = \lfloor(\lfloor N \rfloor \{\phi\}) = \lfloor\left(\sum_{i=1}^{8} Ni\,\phi i\right) \qquad (3.3)$$

และจากวิธีการเลอร์คิน (Galerkin) ซึ่งมีขั้นตอนโดยเริ่มจากการคูณเศษตกค้าง R ด้วยฟังก์ชันน้ำหนัก (weighting function) W จากนั้น จึงอินทิเกรตตลอดทั้งโดเมนของเอลิเมนต์นั้น แล้วกำหนดผลที่ได้ให้เท่ากับศูนย์ นั่นคือ

$$\int_0^1 Wi\,R\,d\Omega = 0 \qquad i = 1, 2, \ldots m \qquad (3.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโดยปรกติเราจะเลือก Wi = Ni ซึ่งเรียกว่า บับโนฟ-กาเลอร์คิน (Bubnov-Galerkin)

ขั้นที่ 4

อินทิเกรตทีละส่วน (integrate by parts) ซึ่งหากเราแทนสมการ (3.3) ลงในสมการ (3.4) แล้วอินทิเกรตทีละส่วนจะได้

$$\int_0^1 \mathrm{Wi}\, R\, d\Omega = \int_{\Omega^{(e)}} \mathrm{Wi}\, L\left(\sum_{i=1}^{m} \mathrm{Ni}\,\phi i\right) d\Omega$$

$$= \int_{\Omega^{(e)}} \underbrace{(\mathrm{Wi}, \mathrm{Ni}, \phi i)}\, d\Omega + \int_{\Gamma^{(e)}} \underbrace{(\mathrm{Wi}, \mathrm{Ni}, \phi i)}\, d\tau$$

พจน์ที่เกี่ยวข้องกับโดเมนของเอลิเมนต์, $\Omega^{(e)}$ — พจน์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตของเอลิเมนต์, $\tau^{(e)}$

$$= 0$$

ขั้นที่ 5

แทนพจน์ที่เกี่ยวข้องกับขอบเขตของเอลิเมนต์, $\tau^{(e)}$, ด้วยภาวะขอบเขตอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะก่อให้เกิดสมการของเอลิเมนต์ที่สมบูรณ์สำหรับปัญหานั้น

ขั้นที่ 6

จากนั้นจึงเขียนสมการของเอลิเมนต์ ซึ่งมีทั้งหมด m สมการให้อยู่ในรูปของเมตริกซ์ นั่นคือ

$$\underset{(mxm)}{[K]} \quad \underset{(mx1)}{\{\phi\}} = \underset{(mx1)}{\{F\}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การประยุกต์ใช้งานด้านอะคูสติก

จากสมการของ Helmholtz's equation

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial p}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial p}{\partial z}\right) = \frac{W^2}{\overline{C}^2}p+f \quad (4.1)$$

ซึ่งมีเงื่อนไขขอบเขต

$$\frac{\partial p}{\partial n} = 0$$

โดย

p = แรงดันที่เปลี่ยนไป

W = ความถี่ เป็นเรเดียน

$\overline{C}$ = ความเร็วของเสียงในตัวกลาง = $\sqrt{K/p_F}$

K = bulk modulus ของตัวกลาง

p_F = ความหนาแน่นของตัวกลาง

f = ความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง

ต่อไปจะทำการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยใช้วิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกค้าง โดยทำการคูณเศษตกค้างซึ่งก็คือ สมการเชิงอนุพันธ์ ด้วยฟังก์ชันน้ำหนัก Wi โดยจะใช้วิธีการของบับโนฟ-กาเลอร์คิน (bubnov - Galerkin) ซึ่งจะใช้ฟังก์ชันการกระจาย Ni ภายในเอลิเมนต์แทนฟังก์ชันน้ำหนัก เราจะได้

$$\int_{\Omega^{(e)}} Wi\, R\, d\Omega = 0 \qquad i = 1, 2, \ldots, m \quad (4.2)$$

$$\int_{\Omega^{(e)}} Ni\left(\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial p}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial p}{\partial z}\right)-\frac{W^2}{\overline{C}^2}p-f\right) = 0$$

$$\int_{\Omega^{(e)}} Ni\left(\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial p}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial p}{\partial z}\right)\right) d\Omega -$$

$$\int_{\Omega^{(e)}} Ni \frac{W^2}{\overline{C}^2} p\, d\Omega - \int_{\Omega^{(e)}} Ni\, f\, d\Omega = 0 \quad (4.3)$$

ทำการอินทิเกรตทีละส่วนของพจน์แรกของสมการ (4.3) ซึ่งเป็นพจน์อนุพันธ์อันดับสอง โดยเราจะใช้ทฤษฎีบทของเกาส์ (Gauss's theorem) ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\int_{\Omega^{(e)}} u\left(\nabla \bullet \vec{V}\right) d\Omega \quad = \quad \int_{\Omega^{(e)}} u\left(\vec{V} \bullet \hat{n}\right) d\tau - \int_{\Omega^{(e)}} \left(\nabla u \bullet \vec{V}\right) d\Omega \qquad (4.4)$$

เปรียบเทียบสัญลักษณ์ของตัวแปรทางด้านซ้ายของสมการ (4.4) กับพจน์แรกของสมการ (4.3) จะได้ว่า

$$u = Ni$$

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial}{\partial z}\hat{k}$$

$$\vec{V} = K_x \frac{\partial p}{\partial x}\hat{i} + K_y \frac{\partial p}{\partial y}\hat{j} + K_z \frac{\partial p}{\partial z}\hat{k}$$

$$\left(\nabla \bullet \vec{V}\right) = \left(\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial p}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial p}{\partial z}\right)\right)$$

และเนื่องจาก $\hat{n} = n_x \hat{i} + n_y \hat{j} + n_z \hat{k}$ ดังนั้น

$$\vec{V} \bullet \hat{n} = K_x \frac{\partial p}{\partial x} n_x + K_y \frac{\partial p}{\partial y} n_y + K_z \frac{\partial p}{\partial z} n_z$$

$$u\left(\vec{V} \bullet \hat{n}\right) = Ni\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x} n_x + K_y \frac{\partial p}{\partial y} n_y + K_z \frac{\partial p}{\partial z} n_z\right)$$

$$\nabla u = \frac{\partial Ni}{\partial x}\hat{i} + \frac{\partial Ni}{\partial y}\hat{j} + \frac{\partial Ni}{\partial z}\hat{k}$$

$$\nabla u \bullet \vec{V} = \frac{\partial Ni}{\partial x} K_x \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial Ni}{\partial y} K_y \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial Ni}{\partial z} K_z \frac{\partial p}{\partial z}$$

สมการ 4.3 จะกลายมาเป็น

$$\int_{(e)} Ni\left(K_x \frac{\partial p}{\partial x} n_x + K_y \frac{\partial p}{\partial y} n_y + K_z \frac{\partial p}{\partial z} n_z\right) d\tau -$$

$$\int_{\Omega^e} \frac{\partial Ni}{\partial x} K_x \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial Ni}{\partial y} K_y \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial Ni}{\partial z} K_z \frac{\partial p}{\partial z} d\Omega +$$

$$\int_{\Omega^e} Ni \frac{W^2}{\overline{C}^2} d\Omega + \int_{\Omega^e} Ni\, f\, d\Omega \quad = \quad 0 \qquad (4.5)$$

$$i = 1, 2, \ldots, m$$

แต่เนื่องจากเรากำหนดเงื่อนไขขอบเขตให้เท่ากับ 0 ดังนั้นพจน์ที่เกี่ยวข้องกับเงื่อนไขขอบเขตของเอลิเมนต์, $\tau^{(e)}$ จึงเป็นศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการ (4.5) จึงกลายมาเป็น

$$\int_{\Omega^e}\left(\frac{\partial Ni}{\partial x}K_x\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{\partial Ni}{\partial y}K_y\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{\partial Ni}{\partial z}K_z\frac{\partial p}{\partial z}\right)d\Omega$$

$$= \int_{\Omega^e} Ni\frac{W^2}{\overline{C}^2}p\,d\Omega+\int_{\Omega^e} Ni\,f\,d\Omega$$

และเนื่องจากเรามีทั้งหมด m สมการ เราสามารถเขียนสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ให้อยู่ในรูปเมตริกซ์ได้ ดังนี้

$$\int_{\Omega^e}\left(\left\{\frac{\partial Ni}{\partial x}\right\}K_x\frac{\partial p}{\partial x}+\left\{\frac{\partial Ni}{\partial y}\right\}K_y\frac{\partial p}{\partial y}+\left\{\frac{\partial Ni}{\partial z}\right\}K_z\frac{\partial p}{\partial z}\right)d\Omega$$

$$= \int_{\Omega^e}\{N\}\frac{W^2}{\overline{C}^2}p\,d\Omega+\int_{\Omega^e}\{N\}f\,d\Omega \qquad (4.6)$$

ในแต่ละเอลิเมนต์ เราสมมุติการกระจายของผลเฉลยโดยประมาณให้อยู่ในรูป

$$P = P(x,y,z) = \underset{1xm}{\lfloor N\rfloor}\ \underset{mx1}{\{p\}} \qquad (4.7)$$

ดังนั้น $\frac{\partial p}{\partial x}=\left[\frac{\partial N}{\partial x}\right]\{p\}$, $\frac{\partial p}{\partial y}=\left[\frac{\partial N}{\partial y}\right]\{p\}$ และ $\frac{\partial p}{\partial y}=\left[\frac{\partial N}{\partial z}\right]\{p\}$

ดังนั้นสมการไฟไนต์เอลิเมนต์จึงกลายมาเป็น

$$\int_{\Omega^e}\left(\left\{\frac{\partial N}{\partial x}\right\}K_x\left[\frac{\partial N}{\partial x}\right]+\left\{\frac{\partial N}{\partial y}\right\}K_y\left[\frac{\partial N}{\partial y}\right]+\left\{\frac{\partial N}{\partial z}\right\}K_z\left[\frac{\partial N}{\partial z}\right]\right)d\Omega\,\{p\}$$

$$= \frac{W^2}{\overline{C}^2}\int_{\Omega^e}\{N\}\lfloor N\rfloor\{p\}\,d\Omega+\int_{\Omega^e}\{N\}f\,d\Omega \qquad (4.8)$$

ถ้าเราเลือกใช้เอลิเมนต์ทรงสี่เหลี่ยมสี่หน้า ซึ่งมี m = 4 (มี 4 จุดต่อ) ซึ่งมีฟังก์ชันการประมาณภายใน คือ

$$Ni = \frac{1}{6V}(a_i+b_i\,x+c_i y+d_i z) \qquad i = 1,2,3,4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{Bmatrix} \frac{\partial p}{\partial x} \\ \frac{\partial p}{\partial y} \\ \frac{\partial p}{\partial z} \end{Bmatrix} = \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} \frac{\partial N_1}{\partial x} & \frac{\partial N_2}{\partial x} & \frac{\partial N_3}{\partial x} & \frac{\partial N_4}{\partial x} \\ \frac{\partial N_1}{\partial y} & \frac{\partial N_2}{\partial y} & \frac{\partial N_3}{\partial y} & \frac{\partial N_4}{\partial y} \\ \frac{\partial N_1}{\partial z} & \frac{\partial N_2}{\partial z} & \frac{\partial N_3}{\partial z} & \frac{\partial N_4}{\partial z} \end{bmatrix} \{p\}$$

$$[B(x, y, z)]$$

$$= \frac{1}{6V} \begin{bmatrix} b_i & b_j & b_u & b_l \\ c_i & c_j & c_u & c_l \\ d_i & d_j & d_u & d_l \end{bmatrix}$$

เมตริกซ์สัมประสิทธิ์ $[D] = \begin{bmatrix} k_x & 0 & 0 \\ 0 & k_y & 0 \\ 0 & 0 & k_z \end{bmatrix}$

เพราะฉะนั้นสมการ 4.6 สามารถเขียนได้ใหม่คือ

$$\int_{\Omega^e} [B^T][D][B] d\Omega \{p\} = \frac{W^2}{C^2} \int_{\Omega^e} \{N\}[N] d\Omega \{p\} + \int_{\Omega^e} \{N\} f \, d\Omega$$

$$\int_{\Omega^e} [B^T][D][B] d\Omega \{p\} - \frac{W^2}{C^2} \int_{\Omega^e} \{N\}[N] d\Omega \{p\} = \int_{\Omega^e} \{N\} f \, d\Omega$$

สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการ homogenous ได้ คือ

$$\left([H] - \frac{W^2}{C^2} [G] \right) \{p\} = [F]$$

โดยที่

$$[H] = \sum [h]$$

$$[G] = \sum [g]$$

$$[F] = \sum [f]$$

$$[h] = \int_{vol} B^T \, DB \, dvol$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{K_x}{36v}\begin{bmatrix} b_ib_i & & \text{symmetrical} & \\ b_ib_j & b_jb_j & & \\ b_ib_k & b_jb_k & b_kb_k & \\ b_ib_l & b_jb_l & b_kb_l & b_ib_l \end{bmatrix} +$$

$$\frac{K_y}{36v}\begin{bmatrix} c_ic_i & & & \\ c_ic_j & c_jc_j & & \\ c_ic_k & c_jc_k & c_kc_k & \\ c_ic_l & c_jc_l & c_kc_l & c_lc_l \end{bmatrix} +$$

$$\frac{K_z}{36v}\begin{bmatrix} d_id_i & & & \\ d_id_j & d_jd_j & & \\ d_id_k & d_jd_k & d_kd_k & \\ d_id_l & d_jd_l & d_kd_l & d_ld_l \end{bmatrix}$$

$$[g] = \frac{W^2}{\overline{C}^2}\int_{vol} N^T N \, dvol$$

$$= \frac{V}{12}\begin{matrix} \\ i \\ j \\ k \\ l \end{matrix}\begin{matrix} \begin{matrix} i & j & k & l \end{matrix} \\ \begin{bmatrix} 2 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$[f] = \int_{vol} \{N\} f \, dvol$$

$$= \frac{fV}{4}\begin{Bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{Bmatrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การหาผลเฉลยเชิงเลขด้วยวิธีการ Gauss Elimination

ระบบสมการเชิงเส้น ที่มีจำนวนสมการ n สมการ และมีตัวแปร n ตัวแปร คือ $X1,.....,Xn$ ซึ่งเขียนอยู่ในรูป

$$\begin{aligned} &E1 : a_{11}x_1 + ... + a_{1n}x_n = b_1 \\ &E2 : a_{21}x_1 + ... + a_{2n}x_n = b_2 \\ &En : a_{n1}x_1 + ... + a_{nn}x_n = b_n \end{aligned} \qquad (5.1)$$

โดยค่าสัมประสิทธิ a_{jk} และ b_j เป็นตัวเลขซึ่งถ้า b_j ทั้งหมดเป็นศูนย์ จะเรียกว่าระบบสมการ homogeneous แต่ถ้าไม่เป็นศูนย์ทั้งหมด จะเรียกว่า non-homogeneous จากสมการ (5.1) สามารถเขียนอยู่ในรูป Matrix ได้ดังนี้

$$AX = b$$

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & K & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & K & a_{2n} \\ M & M & & M \\ a_{n1} & a_{m2} & & a_{nn} \end{vmatrix}, \quad x = \begin{bmatrix} x_1 \\ M \\ x_n \end{bmatrix}, \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ M \\ b_n \end{bmatrix}$$

5.1 Gauss Elimination

เป็นวิธีการมาตรฐานในการหาผลเฉลยในระบบสมการ (5.1) โดยการลดรูประบบสมการ (5.1) ให้อยู่ในรูป "triangular form" ซึ่งจะสามารถหาผลเฉลยได้ง่าย โดยใช้ back substitution Triangular form เช่น

$$\begin{aligned} 3x_1 + 5x_2 + 2x_3 &= 8 \\ 8x_2 + 2x_3 &= -7 \\ 6x_3 &= 3 \end{aligned}$$

back substitution คือ $x_3 = \frac{3}{6} = \frac{1}{2}$ ซึ่งมาจากสมการที่ 3

$$x_2 = \frac{1}{8}(-7 - 2x_3) = -1$$

และสุดท้าย $x_1 = \frac{1}{3}(8 - 5x_2 - 2x_3) = 4$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 วิธีการทำ Gauss Elimination

ขั้นแรก ต้องทำการกำจัด พจน์ X_1 ออกจากสมการ E_2 ถึง E_N ใน (5.1) ก่อนโดยการคูณสมการ E_1 ด้วยค่าคงที่ ตัวหนึ่งโดยสมการ E_1 เรียกว่า pivot equation a_{11} จะถูกเรียกว่า pivot

ขั้นที่สอง นำสมการ pivot equation ที่ได้จากการคูณค่าคงที่ไปลบกับสมการ E_2 กับ E_n เพื่อกำจัดพจน์ X_1 ใน E_2 ถึง E_n

ขั้นที่สาม จากนั้นทำการกำจัดพจน์ X_2 ออกจากสมการ E_3 ถึง E_n โดยใช้วิธีการเช่นเดิม

ตัวอย่าง จากระบบสมการ

$$4x_1 - x_2 + 2x_3 - x_4 = 2 \qquad (5.2)$$

$$X_1 + 4x_2 - X_3 + X_4 = 2 \qquad (5.3)$$

$$X_1 - 2x_2 - 3x_3 + X_4 = 4 \qquad (5.4)$$

$$X_2 - 4x_4 = 0 \qquad (5.5)$$

ทำการคูณสมการ (5.2) ด้วยค่าที่เหมาะสม ในที่นี้คือ $\frac{1}{4}$ จากนั้นนำสมการที่ได้ใหม่ไปลบกับสมการ (5.3) กับ (5.4) เพื่อกำจัด X_1 จะได้

$$\frac{17}{4}X_2 - \frac{3}{2}X_3 + \frac{5}{4}X_4 = \frac{3}{2} \qquad (5.3')$$

$$-\frac{7}{4}X_2 - \frac{7}{2}X_3 + \frac{5}{4}X_4 = \frac{7}{2} \qquad (5.4')$$

$$X_2 - 4x_4 = 0 \qquad (5.5')$$

ทำการคูณสมการ (5.3') ด้วยค่าที่เหมาะสม จากนั้นนำสมการที่ได้ใหม่ไปลบกับสมการ (5.4') และ (5.5')

$$-\frac{7}{17}X_3 + \frac{30}{17}X_4 = \frac{70}{17} \qquad (5.4'')$$

$$\frac{6}{17}X_3 - \frac{73}{17}X_4 = \frac{-6}{17} \qquad (5.5'')$$

ทำการคูณสมการ (5.4'') ด้วยค่าที่เหมาะสม จากนั้นนำสมการที่ได้ใหม่ไปลบกับสมการ (5.5'')

$$-\frac{29}{7}X_4 = 0 \qquad (5.5''')$$

ดังนั้นสมการ (5.2) – (5.5) สามารถเปลี่ยนรูปมาเป็น

$$4x_1 - X_2 + 2x_3 - X_4 = 2 \quad (5.2)$$

$$\frac{17}{4}x_2 - \frac{3}{2}x_3 + \frac{5}{4}x_4 = \frac{3}{2} \quad (5.3')$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$-\frac{70}{17}x_3+\frac{30}{17}x_4=\frac{70}{17} \qquad (5.4'')$$

$$-\frac{29}{7}x_4=0 \qquad (5.5''')$$

จากนั้นใช้วิธีการ backward substitution จะได้ $X_4=0, X_3=-1, X_2=0$

และ $X_1=1$

5.3 Gauss Elimination Algorithm

Algorithm Gauss ($\tilde{A}=[a_{jk}]=[Ab]$

This algorithm computes a unique solution $X=[X_j]$ of the system or indicates that has no unique solution

INPUT : Augmented nx (n+1) matrix $\tilde{A}=[a_{jk}]$ *where* $a_{j,n+1}=b_j$

OUTPUT : Solution $X=[X_j]$ or message that the system has no unique solution

For k = 1 ,..., n-1,do:

Find the such j exist then OUITPUT " No unique solution exists." STOP

[Procedure completed unsuccessfully ; A is singular]

Else exchange the contents of rows j and k of $\tilde{A}$.

For j = k+1 ,...,n ,do :

$$m_{jk} := \frac{a_{jk}}{a_{kk}}$$

For P = k+1,...,n+1,do:

$$a_{jp}=a_{jp}-m_{jk}a_{kp}$$

End

End

End

If $a_{nn}=0$ then OUTRUT "No unique solution exists."

Stop.

Else,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

34073

$$Xn = \frac{a_{n,n+1}}{a_{nn}}$$ [Start back substitution]

For $i = n-1,...1, do$:

$$Xi = \frac{1}{a_{ii}}\left(a_{i,n-1} - \sum_{j=i-1}^{n} a_{ij}x_j\right)$$

End

OUTRUT $x = [x_j]$ stop

End GAUSS.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
การทดลอง

6.1 ขั้นตอนการทดลอง

ขั้นที่ 1

ทำการตั้งสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยนำสมการคลื่นแบบ 3 มิติ มาใช้ ซึ่งวิธีการสร้างสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ ได้แสดงไว้โดยละเอียดในบทที่ 4 จากนั้นประยุกต์เงื่อนไขขอบเขตที่ต้องการลงไปก็จะได้สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของระบบที่ต้องการ

ขั้นที่ 2

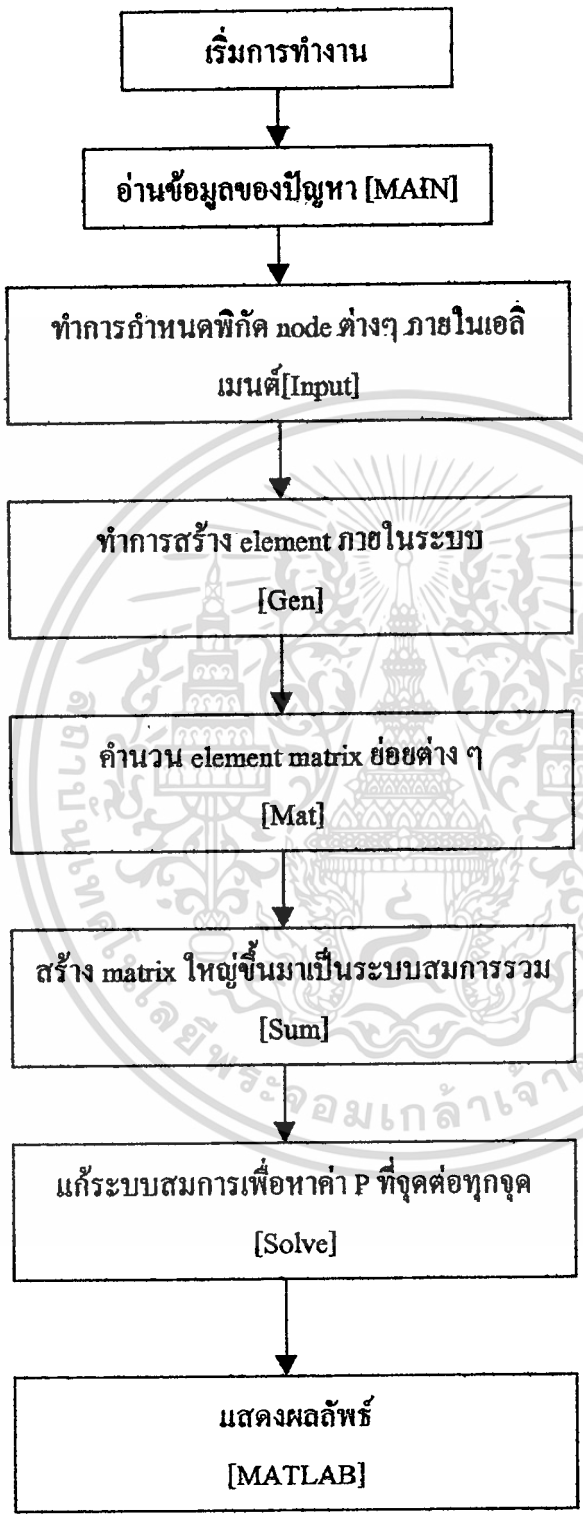
ทำการแบ่งระบบออกเป็นเอลิเมนต์ย่อย ๆ โดยในที่นี้จะใช้ห้องที่มีขนาด 14 x 14 x 14 ลบ.ม. แล้วทำการแบ่งปริมาตรของห้องออกเป็นรูปลูกบาศก์ที่มีขนาด 2 x 2 x 2 ลบ.ม. จากนั้นในหนึ่งลูกบาศก์ก็จะสามารถแบ่งเป็นเอลิเมนต์ทรงสี่หน้าได้ 12 เอลิเมนต์ ดังนั้นภายในห้องจะประกอบไปด้วยเอลิเมนต์ ทั้งสิ้น 4116เอลิเมนต์ และมีจำนวนจุดต่อ(node) ทั้งหมด 855 จุดต่อ

ขั้นที่ 3

เมื่อสามารถกำหนดจำนวนจุดต่อและจำนวนเอลิเมนต์ภายในห้องได้แล้ว ก็จะทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อทำการหาคำตอบที่จุดต่อแต่ละจุดต่อ โดยจะเริ่มเขียนในส่วนที่เป็นการกำหนดพิกัดของจุดต่อแต่ละจุดภายในห้อง เมื่อได้พิกัดของจุดต่อแล้วก็ทำการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างเอลิเมนต์ โดยจะทำการกำหนดว่าเอลิเมนต์ใดจะประกอบด้วยจุดต่อใดบ้าง เมื่อได้เอลิเมนต์แล้วก็ทำการแทนค่าลงในสมการไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยจะเขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อทำการสร้างเอลิเมนต์เมตริกย่อย ของแต่ละเอลิเมนต์ เมื่อได้เอลิเมนต์เมตริกย่อยของแต่ละเอลิเมนต์แล้ว ก็จะนำเมตริกย่อยๆ เหล่านั้นมาทำการรวมกันกลายเอลิเมนต์เมตริกของระบบรวม จากนั้นก็จะทำการแก้สมการเมตริกเพื่อหาค่าที่จุดต่อต่างๆ โดยจะใช้วิธีการในบทที่ 5 มาช่วย และเมื่อได้คำตอบก็จะทำการแสดงผลในรูปของ 3 มิติ เพื่อที่จะสามารถเข้าใจได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ลำดับขั้นตอนของโปรแกรม fin.c



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 อธิบายการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมหลัก[Main Program]

เป็นส่วนที่รับอินพุทซึ่งจะเป็นค่าคงที่ต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวน เช่น ความถี่ของเสียง (rad/sec) อุณหภูมิของห้องในขณะนั้น(องศาเซลเซียส) ค่าความเข้มของแหล่งกำเนิดเสียง

โปรแกรมย่อย input

จะทำการกำหนดพิกัดตำแหน่งของ node ต่างๆ ภายในระบบ โดยจะมีจำนวน node ทั้งหมด 341 โหนด

โปรแกรมย่อย gen

จะทำการสร้างเอลิเมนต์ของระบบขึ้นมา โดยอาศัยพิกัดตำแหน่ง node ที่ได้จากโปรแกรมอินพุท ซึ่งจะสามารถสร้างจำนวนเอลิเมนต์ได้ทั้งหมด 4116 เอลิเมนต์

โปรแกรมย่อย mat

ทำการคำนวนเอลิเมนต์เมตริกย่อย ของแต่ละเอลิเมนต์ โดยจะประกอบไปด้วยเมตริก [h] , เมตริก [g] ,เมตริก[f] โดยอาศัยทฤษฎีในบทที่ 2 และ บทที่ 4 นอกจากนี้ยังมีส่วนที่ใช้ในการกำหนดพิกัดของตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งสามารถจะกำหนดให้อยู่ที่ตำแหน่งใดก็ได้

โปรแกรมย่อย assembly

นำเอาเมตริกย่อยของแต่ละเอลิเมนต์ มารวมกันให้กลายเป็นเมตริกของระบบสมการรวมใหญ่ ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมตริก [H] , เมตริก [G] , เมตริก [F]

โปรแกรมย่อย sum

ทำการรวมเมตริก[H]และ[G] เข้าด้วยกันเพื่อที่จะทำการแก้สมการเมตริก หาค่าคำตอบต่อไป

โปรแกรมย่อย solve

ทำการหาคำตอบของระบบสมการรวม โดยใช้วิธีการทาง numerical ที่เรียกว่า Gauss Elimination ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความเข้มของเสียงที่ตำแหน่ง node ต่างๆ เมื่อได้ค่าความเข้มของเสียงที่ตำแหน่ง node ต่าง ๆ แล้ว ก็จำทางการสร้างไฟล์ out.txt ขึ้นมา เพื่อนำไปแสดงผลในรูปของกราฟโดยใช้โปรแกรม MATLAB ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนแสดงผลโดยใช้MATLAB

เมื่อทำการ run โปรแกรม fin.c เสร็จแล้ว ค่าของผลลัพธ์จะถูกเก็บอยู่ในรูปไฟล์ที่เป็น Text file ซึ่งมีชื่อว่า out.txt จากนั้นจะนำไฟล์นี้ไปแสดงผลโดยใช้โปรแกรม matlab ซึ่งจะใช้คำสั่งดังนี้

load out.txt	เป็นการเรียกไฟล์ข้อมูลมาใช้ในการคำนวน
a = out(1:512)	นำข้อมูลตัวที่ 1 ถึง 512 จากไฟล์ชื่อ out มาเก็บไว้ที่ตัวแปร a
aa = a*50000	ค่า a คูณด้วย 50000 ตามสูตรเพื่อเปลี่ยนค่าให้อยู่ในรูปเดซิเบล
aaa = 20 log10(aa)	เข้าสูตรเพื่อเปลี่ยนค่าให้เป็นเดซิเบล
b=aaa(1:64)	ทำการ load ค่า aaa ตั้งแต่ 1-64 เพื่อใช้แสดงผลในระนาบ z=0
bb=reshape(b,8,8)	จัดค่าใน bให้อยู่ในรูปเมตริกขนาด 8x8
bbb = bb'	ทำการทรานสโพสค่าในเมตริก bb
mesh(bbb)	พล็อตค่า bbbในระนาบ z=0
colorbar	กำหนดค่าของแต่ละระดับสี
b=aaa(193:256)	การ load ค่า aaa ตั้งแต่ 193-256 เพื่อใช้แสดงผลในระนาบ z=3 จากนั้นทำเหมือนเดิมทุกอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์

เมื่อทำการ run โปรแกรม fin.c ซึ่งจะมีการกำหนดให้ผู้ใช้โปรแกรมป้อนข้อมูลเกี่ยวกับระบบ ซึ่งจะประกอบไปด้วย ค่าความถี่ของเสียง(เรเดียน/วินาที) อุณหภูมิภายในห้อง (องศาเซลเซียส) ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง (วัตต์) ซึ่งเมื่อทำการป้อนค่าตัวแปรเหล่านี้เสร็จโปรแกรมก็จะคำนวนค่าความดัน (pascal) ของเสียง ณ .ตำแหน่งจุดต่อ ต่างๆ ภายในระบบ โดยจะพิจารณาตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียงเป็น 2 กรณี คือ แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด (0,0,0) และที่พิกัด (0,7,0) ซึ่งจะทำให้เห็นความแตกต่างของความดังของระดับเสียงในกรณีที่เปลี่ยนตำแหน่งของแหล่งกำเนิดเสียง นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากอุณหภูมิ ความถี่ของเสียงและค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียงที่มีต่อระดับความดังของเสียง ซึ่งผลการทดลองได้แสดงอยู่ในภาคผนวก ข.

ปัญหาที่พบคือในกรณีที่ต้องการแบ่งปริมาตรภายในห้องให้เป็นเอลิเมนต์โดยให้มีจำนวนมากๆ เพื่อความละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้ จะต้องใช้หน่วยความจำเป็นจำนวนมากตามไปด้วย ซึ่งโปรแกรมในส่วน subroutine solve ที่อยู่ในภาคผนวก ก. อาจจะไม่เหมาะสมเนื่องจากใช้หน่วยความจำมาก ดังนั้นจำเป็นต้องหาเทคนิคใหม่ขึ้นมาเพื่อที่จะใช้แก้ระบบสมการที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ในส่วนแสดงผลโดยใช้ MATLAB ก็ไม่สามาถที่จะหารูปแบบที่เหมาะสมในการแสดงผลภายในห้องที่เป็น 3 มิติได้

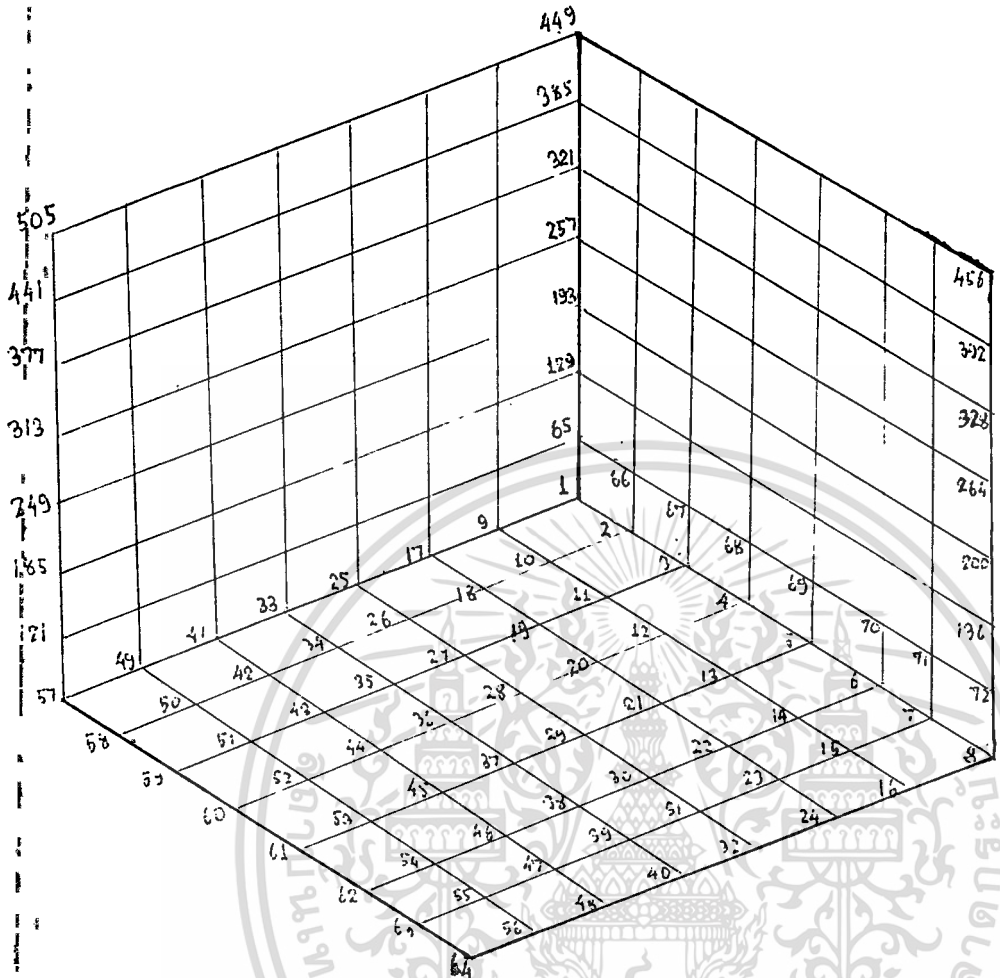
อย่างไรก็ตามจากโครงงานนี้ได้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการที่จะนำวิธีการ ไฟไนต์เอลิเมนต์มาประยุกต์ใช้งานกับระบบเสียง ซึ่งจากผลการทดลองก็ได้ผลตรงตามทฤษฎี ซึ่งถ้าสามารถหาเทคนิคใหม่มาใช้ในการหาผลเฉลยของระบบสมการที่มีขนาดใหญ่ได้ก็จะสามารถสร้างเอลิเมนต์ให้มีจำนวนมากๆได้ และผลการทดลองที่ได้ก็จะมีความละเอียดมากยิ่งขึ้น จะเห็นได้ว่าถ้านำวิธีการนี้มาใช้ในการออกแบบระบบเสียงในโรงภาพยนต์ หรือในห้องประชุมก็จะทำให้ลดค่าใช้จ่าย และประหยัดเวลาได้เป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง การกำหนดจุด node ภายในห้อง

จากผลการทดลองในภาคผนวก ข. นี้ไฟล์ out.txt ถึง out5.txt ข้อมูลที่ได้คือค่าความดันของเสียงที่ตำแหน่ง nodeที่ 1 ถึง 512 จากรูปข้างบน ในแต่ละชั้นจะมีจำนวน node ทั้งสิ้น 64 node โดยในไฟล์ out ถึง out5 จะเรียงเป็นแถว แถวละ 9 node โดยนับจากซ้ายไปขวาเริ่มจาก node 1 ไปเรื่อยๆ จนถึง node ที่ 512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fin.c

```
#include<stdio.h>
#include<stdio.h>
void input (int x,int y,int z);
void gen(int x,int y,int z);
void mat(int n,float fr,float c,float o);
void assembly(float h[4][4],float g[4][4],float f[4],int i,int j,int k,int l);
void sum(int n);
void solve();
int lin_solves(float x[1000],int n);
float node[1000][3];
int ele[4200][4];
float systemg[1000][1000];
float systemf[1000];
float systemh[1000][1000];
float m[1000][1000];
main()
{
        int  x,y,z,n,node;
        float fr,c,t,o;
        x = 7;y=7; z=7;
        node = 855;
        n = 4116;
        printf ( "       Welcome to FEM for Acoustics System Program \n");
        printf ( "Please input constant of frequency(radian/sec) \n");
        scanf  ("%f",&fr);
        printf ( "Please input temparature in room (C) \n");
        scanf  ("%f",&t);
        printf ( "Please input intensity of sound source \n");
        scanf  ("%f",&o);
        c = 331+(0.6*t);  /*sound speed formular*/
        input(x,y,z);
        gen(x,y,z);
        mat(n,fr,c,o);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        sum(node);
        solve();
}

void input (int x,int y,int z)
{
        int i,j,k,p;
        f=7;
        p =0;
        for (k=0; k < z+1; k++)
                for (j=0; j < y+1; j++)
                        for (i=0; i < x+1; i++)
                        {
                        node[p][0] = i*2;
                        node[p][1] = j*2;
                        node[p][2] = j*2;
                        p += 1;
                        }
         for (k=0; k < f; k++)
                 for (j=0; j < f; j++)
                        for (i=0; i < f; i++)
                        {
                        node[p][0] = 2*i+1;
                        node[p][1] = 2*j+1;
                        node[p][2] = 2*k+1;
                        }
  }

  void gen (int x,int y,int z)
  {
          int m,n,o,p,q,r,s,t,i,j,k,a,b,c,d,f;
          b=(x+1)*(y+1);
          m=0;
          n=1;
          o=m+(x+1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
p=n+(x+1);
q=m+b;
r=n+b;
s=o+b;
t=p+b;
a=0;
d=528;
for (j=0;j<y;j++)
        for (i=0;i<x;i++)
        {
ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;  ele[u+0][3]=d;
ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
ele[u+11][0]=r+a; ele[u+11][1]=s+a; ele[u+11][2]=t+a; ele[u+11][3]=d;
                u=u+12;
                d=d+1;
                if (i <x)
                        a += 1;
                 else if (i = x)
                        a += 2;
                }
a = 64;
for (j=0;j<y;j++)
      for (i=0;i<x;i++)
{
 ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;  ele[u+0][3]=d;
 ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
ele[u+11][0]=r+a; ele[u+11][1]=s+a; ele[u+11][2]=t+a; ele[u+11][3]=d;
                u=u+12;
                d=d+1;
                if (i <x)
                        a += 1;
                 else if (i = x)
                        a += 2;
                }

a = 64*2;
    for (j=0;j<y;j++)
          for (i=0;i<x;i++)
    {
     ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;  ele[u+0][3]=d;
     ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
     ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
     ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
     ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
     ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
     ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
     ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
     ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
     ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
     ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
     ele[u+11][0]=r+a; ele[u+11][1]=s+a; ele[u+11][2]=t+a; ele[u+11][3]=d;
                u=u+12;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                d=d+1;
                if (i <x)
                        a += 1;
                 else if (i = x)
                        a += 2;
                }

a = 64*3;
   for (j=0;j<y;j++)
        for (i=0;i<x;i++)
    {
    ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;  ele[u+0][3]=d;
    ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
    ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
    ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
    ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
    ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
    ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
    ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
    ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
    ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
    ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
    ele[u+11][0]=r+a; ele[u+11][1]=s+a; ele[u+11][2]=t+a; ele[u+11][3]=d;
                u=u+12;
                d=d+1;
                if (i <x)
                        a += 1;
                 else if (i = x)
                        a += 2;
                }

a =64*4;
   for (j=0;j<y;j++)
        for (i=0;i<x;i++)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;      ele[u+0][3]=d;
    ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
    ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
    ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
    ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
    ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
    ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
    ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
    ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
    ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
    ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
    ele[u+11][0]=r+a; ele[u+11][1]=s+a; ele[u+11][2]=t+a; ele[u+11][3]=d;
                u=u+12;
                d=d+1;
                if (i <x)
                        a += 1;
                else if (i = x)
                        a += 2;
                }

a =64*5;
    for (j=0;j<y;j++)
        for (i=0;i<x;i++)
    {
     ele[u+0][0]=m+a;  ele[u+0][1]=n+a;  ele[u+0][2]=p+a;  ele[u+0][3]=d;
     ele[u+1][0]=m+a;  ele[u+1][1]=n+a;  ele[u+1][2]=r+a;  ele[u+1][3]=d;
     ele[u+2][0]=m+a;  ele[u+2][1]=o+a;  ele[u+2][2]=p+a;  ele[u+2][3]=d;
     ele[u+3][0]=m+a;  ele[u+3][1]=o+a;  ele[u+3][2]=s+a;  ele[u+3][3]=d;
     ele[u+4][0]=m+a;  ele[u+4][1]=q+a;  ele[u+4][2]=r+a;  ele[u+4][3]=d;
     ele[u+5][0]=m+a;  ele[u+5][1]=q+a;  ele[u+5][2]=s+a;  ele[u+5][3]=d;
     ele[u+6][0]=n+a;  ele[u+6][1]=p+a;  ele[u+6][2]=r+a;  ele[u+6][3]=d;
     ele[u+7][0]=o+a;  ele[u+7][1]=p+a;  ele[u+7][2]=s+a;  ele[u+7][3]=d;
     ele[u+8][0]=p+a;  ele[u+8][1]=r+a;  ele[u+8][2]=t+a;  ele[u+8][3]=d;
     ele[u+9][0]=p+a;  ele[u+9][1]=s+a;  ele[u+9][2]=t+a;  ele[u+9][3]=d;
     ele[u+10][0]=q+a; ele[u+10][1]=r+a; ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ele[u+11][0]=r+a;  ele[u+11][1]=s+a;  ele[u+11][2]=t+a;  ele[u+11][3]=d;
                    u=u+12;
                    d=d+1;
                    if (i <x)
                            a += 1;
                     else if (i = x)
                            a += 2;
                    }

a  =64*6;
    for (j=0;j<y;j++)
          for (i=0;i<x;i++)
     {
     ele[u+0][0]=m+a;   ele[u+0][1]=n+a;   ele[u+0][2]=p+a;   ele[u+0][3]=d;
     ele[u+1][0]=m+a;   ele[u+1][1]=n+a;   ele[u+1][2]=r+a;   ele[u+1][3]=d;
     ele[u+2][0]=m+a;   ele[u+2][1]=o+a;   ele[u+2][2]=p+a;   ele[u+2][3]=d;
     ele[u+3][0]=m+a;   ele[u+3][1]=o+a;   ele[u+3][2]=s+a;   ele[u+3][3]=d;
     ele[u+4][0]=m+a;   ele[u+4][1]=q+a;   ele[u+4][2]=r+a;   ele[u+4][3]=d;
     ele[u+5][0]=m+a;   ele[u+5][1]=q+a;   ele[u+5][2]=s+a;   ele[u+5][3]=d;
     ele[u+6][0]=n+a;    ele[u+6][1]=p+a;   ele[u+6][2]=r+a;   ele[u+6][3]=d;
     ele[u+7][0]=o+a;    ele[u+7][1]=p+a;   ele[u+7][2]=s+a;   ele[u+7][3]=d;
     ele[u+8][0]=p+a;    ele[u+8][1]=r+a;   ele[u+8][2]=t+a;   ele[u+8][3]=d;
     ele[u+9][0]=p+a;    ele[u+9][1]=s+a;   ele[u+9][2]=t+a;   ele[u+9][3]=d;
     ele[u+10][0]=q+a;  ele[u+10][1]=r+a;  ele[u+10][2]=s+a; ele[u+10][3]=d;
     ele[u+11][0]=r+a;  ele[u+11][1]=s+a;  ele[u+11][2]=t+a;  ele[u+11][3]=d;
                    u=u+12;
                    d=d+1;
                    if (i <x)
                            a += 1;
                     else if (i = x)
                            a += 2;
                    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
```

```
void mat(int n,float fr,float c,float o)
{
        int v;
        int i,j,k,l;
        float x1,x2,x3,x4,y1,y2,y3,y4,z1,z2,z3,z4,a,b;
        float b1,b2,b3,b4,c1,c2,c3,c4,d1,d2,d3,d4,w,r,r1;
        float h[4][4];float g[4][4];float f[4];
        for (v=0; v < n ; v++)
        {
                x1 = node[ele[v][0]][0];
                x2 = node[ele[v][1]][0];
                x3 = node[ele[v][2]][0];
                x4 = node[ele[v][3]][0];
                y1 = node[ele[v][0]][1];
                y2 = node[ele[v][1]][1];
                y3 = node[ele[v][2]][1];
                y4 = node[ele[v][3]][1];
                z1 = node[ele[v][0]][2];
                z2 = node[ele[v][1]][2];
                z3 = node[ele[v][2]][2];
                z4 = node[ele[v][3]][2];
                i   = ele[v][0];
                j   = ele[v][1];
                k   = ele[v][2];
                l   = ele[v][3];
                a = 8;
                r = (x4*x4)+(7-y4)*(7-y4)+(z4*z4);  /*set sound source ordinate*/
                r1= sqrt(r);
                 w = o*7/4*22*r1*r1;          /*sound intesity formular*/

                b1 = -(y3*z4+y2*z3+z2*y4)+(y3*z2+y4*z3+y2*z4);
                b2 = -(y3*z4+y1*z3+z1*y4)+(y3*z1+y4*z3+y1*z4);
                b3 = -(y2*z4+y1*z2+z1*y4)+(y2*z1+y4*z2+y1*z4);
                b4 = -(y2*z3+y1*z2+z1*y3)+(y2*z1+y3*z2+y1*z3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
c1 =  (x2*z4+x4*z3+x3*z2)-(x4*z2+x2*z3+x3*z4);
c2 =  (x1*z4+x4*z3+x3*z1)-(x4*z1+x1*z3+x3*z4);
c3 =  (x1*z4+x4*z2+x2*z1)-(x4*z1+x1*z2+x2*z4);
c4 =  (x1*z3+x3*z2+x2*z1)-(x3*z1+x1*z2+x2*z3);
d1 = -(x2*y3+x4*y2+x3*y4)+(x4*y3+x2*y4+x3*y2);
d2 = -(x1*y3+x4*y1+x3*y4)+(x4*y3+x1*y4+x3*y1);
d3 = -(x1*y2+x4*y1+x2*y4)+(x4*y2+x1*y4+x2*y1);
d4 = -(x1*y2+x3*y1+x2*y3)+(x3*y2+x1*y3+x2*y1);
/* generate h matrix*/
h[0][0] = (b1*b1+c1*c1+d1*d1)/a;
h[0][1] = (b1*b2+c1*c2+d1*d2)/a;
h[0][2] = (b1*b3+c1*c3+d1*d3)/a;
h[0][3] = (b1*b4+c1*c4+d1*d4)/a;
h[1][0] = (b1*b2+c1*c2+d1*d2)/a;
h[1][1] = (b2*b2+c2*c2+d2*d2)/a;
h[1][2] = (b2*b3+c2*c3+d2*d3)/a;
h[1][3] = (b2*b4+c2*c4+d2*d4)/a;
h[2][0] = (b1*b3+c1*c3+d1*d3)/a;
h[2][1] = (b2*b3+c2*c3+d2*d3)/a;
h[2][2] = (b3*b3+c3*c3+d3*d3)/a;
h[2][3] = (b3*b4+c3*c4+d3*d4)/a;
h[3][0] = (b1*b4+c1*c4+d1*d4)/a;
h[3][1] = (b2*b4+c2*c4+d2*d4)/a;
h[3][2] = (b3*b4+c3*c4+d3*d4)/a;
h[3][3] = (b4*b4+c4*c4+d4*d4)/a;
/* generate g matrix*/
g[0][0] = 2 /b;
g[0][1] = 1 /b;
g[0][2] = 0 /b;
g[0][3] = 1 /b;
g[1][0] = 1 /b;
g[1][1] = 2 /b;
g[1][2] = 0 /b;
g[1][3] = 1 /b;
g[2][0] = 0 /b;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                g[2][1] = 0 /b;
                g[2][2] = 0 /b;
                g[2][3] = 0 /b;
                g[3][0] = 1 /b;
                g[3][1] = 1 /b;
                g[3][2] = 0 /b;
                g[3][3] = 2 /b;
                /* generate f matrix*/
                f[0] = w/12;
                f[1] = w/12;
                f[2] = w/12;
                f[3] = w/12;
                assembly (h,g,f,i,j,k,l);

        }
}

void assembly(float h[4][4],float g[4][4],float f[4],int i,int j,int k,int l)
{
        /* sum all matrix h*/
        systemh[i][i] = systemh[i][i] + h[0][0];
        systemh[i][j] = systemh[i][j] + h[1][0];
        systemh[i][k] = systemh[i][k] + h[2][0];
        systemh[i][l] = systemh[i][l] + h[3][0];
        systemh[j][i] = systemh[j][i] + h[0][1];
        systemh[j][j] = systemh[j][j] + h[1][1];
        systemh[j][k] = systemh[j][k] + h[2][1];
        systemh[j][l] = systemh[j][l] + h[3][1];
        systemh[k][i] = systemh[k][i] + h[0][2];
        systemh[k][j] = systemh[k][j] + h[1][2];
        systemh[k][k] = systemh[k][k] + h[2][2];
        systemh[k][l] = systemh[k][i] + h[3][2];
        systemh[l][i] = systemh[l][i] + h[0][3];
        systemh[l][j] = systemh[l][j] + h[1][3];
        systemh[l][k] = systemh[l][k] + h[2][3];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        systemh[i][i] = systemh[i][i] + h[3][3];
        /* sum all matrix g*/
        systemg[i][i] = systemg[i][i] + g[0][0];
        systemg[i][j] = systemg[i][j] + g[1][0];
        systemg[i][k] = systemg[i][k] + g[2][0];
        systemg[i][l] = systemg[i][l] + g[3][0];
        systemg[j][i] = systemg[j][i] + g[0][1];
        systemg[j][j] = systemg[j][j] + g[1][1];
        systemg[j][k] = systemg[j][k] + g[2][1];
        systemg[j][l] = systemg[j][l] + g[3][1];
        systemg[k][i] = systemg[k][i] + g[0][2];
        systemg[k][j] = systemg[k][j] + g[1][2];
        systemg[k][k] = systemg[k][k] + g[2][2];
        systemg[k][l] = systemg[k][l] + g[3][2];
        systemg[l][i] = systemg[l][i] + g[0][3];
        systemg[l][j] = systemg[l][j] + g[1][3];
        systemg[l][k] = systemg[l][k] + g[2][3];
        systemg[l][l] = systemg[l][l] + g[3][3];
        /* sum all matrix f*/
        systemf[i] = systemf[i] + f[0];
        systemf[j] = systemf[j] + f[1];
        systemf[k] = systemf[k] + f[2];
        systemf[l] = systemf[l] + f[3];
}

void sum (int nod)
{
        /* generate system equation */
        int i,j;
        for (j = 0;j < nod; j++)
        for (i = 0;i < nod; i++)
        m[i][j] = systemh[i][j]+systemg[i][j];
}

void solve ()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{
        float x[880]
        FILE *outfile;
        int count;
        int n,i,j;
        n=855;

        for (i=0; i<n; i++)
                m[i][n] =systemf[i];
        for (i=0; i<n; i++)
                x[i] = systemf[i];

        lin_solve(x,n);
        printf ( "\n\nSolution –\n");
        for (i = 0; i<n;i++)
                printf ( "\tx[%d]= %f\n",i,x[i]);
        /*generate output file*/
        outfile = fopen ("out.txt","wb+");
        for (count = 0;count < n; count++)
                fprintf(outfile,"%f",x[count]);
        fclose(outfile);
}

int lin_solve(float x[880],int n)
{
        int i,j,k,pivot;
        float factor,temp;

        for(i=0;i<n;i++)
                {
                        if (m[i][i] == 0.0 )
                        {
                                pivot = 0;
                                for (j=i+i; j<n; j++)
                                if (m[i][j] !=0.0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                {
                        pivot = j;
                        break;
                }
                if (pivot == 0)
                {
                        printf( "System is singular \n");
                        exit(EXIT_FAILURE);
                 }
                for (j=0; j < n+1;j++)
                {
                        temp = m[i][j];
                        m[i][j] = m[pivot][j];
                        m[pivot][j] = temp;
                }
        }
        for (j=i+1; j<n; j++)
        {
                factor = -m[j][i]/m[i][i];
                for (k=i; k< n+1; k++)
                m[j][k] += factor * m[i][k];
        }
}
x[n-1] = m[n-1][n]/m[n-1][n-1];
for (j = n-2 ; j >= 0; j--)
{
        x[j] = m[j][n];
        for (k = j+1); k<n ; k++)
        x[j] -= m[j][k] * x[k];
         x[j] /= m[j][j];
}
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File out.txt

0.021561 0.024958 0.019772 0.014750 0.010851 0.008148 0.005627 0.008218 0.044870

0.057517 0.042677 0.029780 0.020586 0.014799 0.010418 0.012837 0.109716 0.125762

0.073421 0.040236 0.024763 0.016728 0.011296 0.013645 0.504517 0.370374 0.107012

0.048724 0.028568 0.018243 0.012053 0.014377 0.439755 0.536158 0.089773 0.052905

0.028585 0.018447 0.012126 0.014473 0.118654 0.160833 0.077941 0.043019 0.025914

0.017275 0.011610 0.013945 0.040604 0.066720 0.045142 0.030011 0.020253 0.014320

0.009886 0.012753 0.043983 0.060843 0.047338 0.035550 0.026005 0.019264 0.014347

0.014877 0.026684 0.042507 0.033759 0.025212 0.018308 0.013573 0.009660 0.012340

0.058255 0.071398 0.052612 0.035537 0.024408 0.017556 0.012815 0.014124 0.132253

0.159781 0.086116 0.045902 0.029552 0.019971 0.014054 0.015234 0.376131 0.378800

0.096553 0.055837 0.032575 0.021458 0.014814 0.015846 0.560911 0.283735 0.097888

0.055174 0.032375 0.021438 0.014816 0.015801 0.182438 0.133040 0.077570 0.045502

0.029130 0.019889 0.014061 0.015085 0.070591 0.069476 0.050095 0.034672 0.024222

0.017468 0.012749 0.014200 0.064234 0.060261 0.047975 0.036033 0.026688 0.019961

0.015420 0.015155 0.020415 0.034590 0.027982 0.021623 0.016221 0.012364 0.008939

0.011849 0.043253 0.054478 0.041697 0.029963 0.021795 0.016141 0.012050 0.013456

0.073720 0.092660 0.057345 0.037814 0.025640 0.018165 0.013120 0.014442 0.117332

0.121257 0.068885 0.043330 0.027960 0.019365 0.013767 0.014969 0.112621 0.111729

0.068849 0.042675 0.027862 0.019321 0.013763 0.014909 0.079562 0.080705 0.055361

0.036958 0.025349 0.018069 0.013115 0.014277 0.047575 0.051686 0.039728 0.029371

0.021498 0.016016 0.011940 0.013465 0.051668 0.048827 0.040196 0.031351 0.023997

0.018424 0.014507 0.014271 0.015078 0.025907 0.021669 0.017609 0.013879 0.010958

0.008130 0.010976 0.029943 0.037227 0.030313 0.023797 0.018321 0.014152 0.010897

0.012333 0.041671 0.050094 0.038301 0.028505 0.020954 0.015688 0.011751 0.013156

0.052094 0.059131 0.043810 0.031447 0.022538 0.016573 0.012270 0.013588 0.053892

0.058028 0.043361 0.031224 0.022465 0.016540 0.012266 0.013534 0.044979 0.047790

0.037432 0.028043 0.020777 0.015611 0.011747 0.013005 0.031487 0.035957 0.029543

0.023397 0.018102 0.014046 0.010790 0.012338 0.038634 0.036900 0.031635 0.025813

0.020579 0.016322 0.013186 0.013036 0.010968 0.018875 0.016301 0.013925 0.011477

0.009413 0.007190 0.009907 0.020750 0.025504 0.022056 0.018420 0.014961 0.012061

0.009601 0.011033 0.025454 0.031001 0.026053 0.021109 0.016672 0.013158 0.010246

0.011690 0.029260 0.034508 0.028542 0.022723 0.017677 0.013779 0.010641 0.012030

0.029757 0.034216 0.028385 0.022638 0.017635 0.013759 0.010639 0.011985 0.026737

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.030369 0.025722 0.020909 0.016575 0.013109 0.010245 0.011565 0.021051 0.025167
0.021699 0.018194 0.014815 0.011980 0.009504 0.011048 0.028175 0.027400 0.024337
0.020707 0.017178 0.014094 0.011705 0.011680 0.008237 0.013915 0.012363 0.010960
0.009384 0.007969 0.006262 0.008781 0.014841 0.018171 0.016329 0.014253 0.012094
0.010126 0.008314 0.009735 0.017007 0.020822 0.018427 0.015818 0.013193 0.010895
0.008792 0.010251 0.018646 0.022393 0.019668 0.016725 0.013821 0.011319 0.009083
0.010510 0.018859 0.022313 0.019615 0.016690 0.013801 0.011308 0.009082 0.010475
0.017625 0.020613 0.018312 0.015733 0.013144 0.010865 0.008794 0.010151 0.014772
0.018092 0.016156 0.014132 0.012002 0.010071 0.008233 0.009766 0.020735 0.020568
0.018794 0.016544 0.014210 0.012028 0.010255 0.010417 0.005527 0.010151 0.009195
0.008373 0.007391 0.006470 0.005171 0.007750 0.010519 0.013665 0.012525 0.011294
0.009915 0.008568 0.007218 0.008806 0.011574 0.015043 0.013671 0.012207 0.010598
0.009077 0.007542 0.009184 0.012355 0.015863 0.014355 0.012748 0.011005 0.009373
0.007759 0.009386 0.012459 0.015850 0.014340 0.012738 0.010998 0.009369 0.007761
0.009355 0.011894 0.014991 0.013642 0.012181 0.010582 0.009066 0.007551 0.009101
0.010282 0.013648 0.012404 0.011199 0.009830 0.008508 0.007129 0.008831 0.015604
0.016378 0.015173 0.013716 0.012107 0.010516 0.009181 0.009672 0.008278 0.012810
0.011785 0.010895 0.009788 0.008666 0.007359 0.008915 0.013145 0.014900 0.013877
0.012666 0.011282 0.009865 0.008627 0.009623 0.014334 0.016143 0.014942 0.013548
0.011973 0.010409 0.009011 0.009993 0.015124 0.016798 0.015509 0.014010 0.012333
0.010679 0.009221 0.010145 0.015272 0.016727 0.015452 0.013961 0.012293 0.010649
0.009204 0.010065 0.014742 0.015957 0.014809 0.013424 0.011875 0.010333 0.008969
0.009803 0.013690 0.015126 0.014016 0.012801 0.011402 0.009990 0.008741 0.009655
0.016864 0.016931 0.015787 0.014359 0.012782 0.011211 0.010034 0.010514

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File out1.txt

0.407266 0.262476 0.067614 0.030984 0.017679 0.011346 0.007186 0.009984 0.261721

0.366817 0.091225 0.050636 0.028583 0.018612 0.012308 0.014685 0.065768 0.092254

0.060698 0.036835 0.023522 0.016128 0.011024 0.013442 0.031067 0.050825 0.036869

0.026541 0.018899 0.013820 0.009839 0.012287 0.017558 0.028695 0.023564 0.018908

0.014669 0.011423 0.008494 0.010897 0.011333 0.018663 0.016150 0.013828 0.011425

0.009371 0.007260 0.009501 0.007102 0.012330 0.011030 0.009836 0.008490 0.007257

0.005753 0.008090 0.009990 0.014792 0.013506 0.012339 0.010937 0.009532 0.008094

0.009125 0.260400 0.373958 0.090320 0.050322 0.028329 0.018440 0.012103 0.014699

0.380988 0.202310 0.089963 0.051259 0.031242 0.020916 0.014633 0.015570 0.105697

0.093183 0.062929 0.039993 0.026752 0.018748 0.013475 0.014566 0.051779 0.052401

0.040326 0.029702 0.021671 0.016095 0.012030 0.013225 0.029363 0.031954 0.026971

0.021750 0.017103 0.013426 0.010453 0.011718 0.018812 0.021275 0.018868 0.016153

0.013437 0.011054 0.008934 0.010204 0.012555 0.015104 0.013745 0.012258 0.010627

0.009081 0.007555 0.009000 0.015079 0.015935 0.014822 0.013436 0.011880 0.010314

0.009000 0.009422 0.062547 0.107302 0.060386 0.037727 0.023758 0.016302 0.011018

0.013937 0.105933 0.096974 0.063542 0.040441 0.026982 0.018894 0.013612 0.014695

0.061612 0.064743 0.047226 0.033193 0.023503 0.017112 0.012594 0.013790 0.038445

0.041279 0.033341 0.025721 0.019480 0.014872 0.011320 0.012576 0.024284 0.027491

0.023641 0.019537 0.015711 0.012569 0.009912 0.011203 0.016500 0.019210 0.017196

0.014918 0.012578 0.010480 0.008544 0.009826 0.011380 0.014054 0.012837 0.011533

0.010079 0.008685 0.007267 0.008704 0.014246 0.015021 0.014019 0.012767 0.011351

0.009924 0.008700 0.009081 0.031182 0.052375 0.037668 0.026961 0.019078 0.013942

0.009816 0.012738 0.051864 0.053791 0.041124 0.030065 0.021898 0.016234 0.012160

0.013353 0.038441 0.041671 0.033500 0.025792 0.019511 0.014889 0.011325 0.012595

0.027402 0.030502 0.025849 0.021008 0.016645 0.013158 0.010283 0.011569 0.019378

0.022231 0.019587 0.016681 0.013807 0.011319 0.009107 0.010393 0.014083 0.016467

0.014939 0.013187 0.011324 0.009594 0.007938 0.009194 0.010131 0.012535 0.011531

0.010469 0.009256 0.008067 0.006823 0.008212 0.013005 0.013621 0.012787 0.011731

0.010522 0.009280 0.008208 0.008560 0.017349 0.029744 0.024006 0.019194 0.014830

0.011537 0.008479 0.011322 0.029343 0.032768 0.027456 0.022053 0.017300 0.013553

0.010573 0.011840 0.024297 0.027772 0.023789 0.019622 0.015755 0.012594 0.009921

0.011237 0.019378 0.022316 0.019640 0.016714 0.013826 0.011329 0.009112 0.010408

0.014996 0.017523 0.015791 0.013847 0.011804 0.009936 0.008175 0.009443 0.011617

เอกสารนี้เป็น ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.013723 0.012619 0.011346 0.009937 0.008580 0.007220 0.008440 0.008739 0.010884

0.010891 0.009270 0.008305 0.007336 0.006283 0.007612 0.011537 0.012052 0.011390

0.010541 0.009551 0.008514 0.007608 0.007951 0.011305 0.019052 0.016348 0.013978

0.011511 0.009438 0.007217 0.009878 0.018804 0.021706 0.019188 0.016381 0.013601

0.011168 0.009039 0.010356 0.016508 0.019387 0.017308 0.014993 0.012623 0.010510

0.008554 0.009898 0.014082 0.016552 0.014997 0.013229 0.011351 0.009612 0.007945

0.009247 0.011616 0.013753 0.012640 0.011363 0.009949 0.008589 0.007222 0.008476

0.009488 0.011289 0.010521 0.009620 0.008588 0.007556 0.006466 0.007659 0.007434

0.009293 0.008695 0.008079 0.007336 0.006570 0.005698 0.006981 0.010045 0.010520

0.010018 0.009351 0.008564 0.007720 0.006972 0.007362 0.006996 0.012782 0.011354

0.010124 0.008723 0.007457 0.005847 0.008588 0.012494 0.015603 0.014159 0.012603

0.010911 0.009303 0.007762 0.009285 0.011345 0.014352 0.013082 0.011737 0.010245

0.008819 0.007376 0.008896 0.010093 0.012768 0.011731 0.010640 0.009400 0.008185

0.006924 0.008378 0.008707 0.011062 0.010247 0.009408 0.008425 0.007436 0.006373

0.007752 0.007407 0.009427 0.008817 0.008188 0.007433 0.006654 0.005779 0.007077

0.005964 0.008015 0.007499 0.007048 0.006480 0.005880 0.005157 0.006532 0.008666

0.009455 0.008996 0.008474 0.007834 0.007134 0.006515 0.007062 0.009917 0.015200

0.013788 0.012588 0.011134 0.009703 0.008125 0.009700 0.015092 0.016386 0.015174

0.013730 0.012116 0.010497 0.009125 0.009936 0.014258 0.015357 0.014266 0.012979

0.011520 0.010062 0.008768 0.009541 0.013010 0.013888 0.012984 0.011905 0.010663

0.009398 0.008266 0.008984 0.011541 0.012256 0.011539 0.010676 0.009664 0.008610

0.007655 0.008326 0.010052 0.010651 0.010109 0.009436 0.008637 0.007784 0.006996

0.007651 0.008675 0.009461 0.008982 0.008465 0.007825 0.007128 0.006479 0.007218

0.010217 0.010334 0.009886 0.009307 0.008616 0.007869 0.007317 0.007760

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File out2.txt

0.021615 0.028490 0.022428 0.016821 0.012456 0.009472 0.006129 0.010347 0.051404

0.070570 0.052447 0.037030 0.025564 0.018395 0.012771 0.016179 0.115278 0.152778

0.091338 0.049760 0.030342 0.020614 0.013691 0.016978 0.593367 0.471564 0.133508

0.059233 0.035342 0.022469 0.014645 0.017907 0.556255 0.673436 0.103203 0.065658

0.035121 0.022700 0.014736 0.018003 0.145192 0.193272 0.091034 0.053590 0.031677

0.021318 0.014127 0.017329 0.046488 0.082254 0.054765 0.036389 0.024627 0.017468

0.011843 0.015860 0.055596 0.075663 0.057735 0.043699 0.032026 0.023769 0.017729

0.018329 0.031042 0.052317 0.041472 0.031095 0.022496 0.016673 0.011671 0.015206

0.068675 0.085157 0.063262 0.042462 0.028987 0.020875 0.015222 0.016842 0.154650

0.194200 0.103878 0.053983 0.035177 0.023701 0.016653 0.018135 0.462208 0.452978

0.110223 0.066230 0.038616 0.025419 0.017552 0.018836 0.683052 0.325565 0.111315

0.065708 0.038116 0.025400 0.017541 0.018758 0.217299 0.151372 0.091062 0.053477

0.034358 0.023528 0.016630 0.017889 0.084457 0.081895 0.058903 0.040900 0.028681

0.020701 0.015116 0.016927 0.076234 0.069443 0.055284 0.041613 0.030874 0.023111

0.017990 0.017593 0.023325 0.042456 0.034155 0.026366 0.019683 0.015050 0.010705

0.014424 0.051128 0.065478 0.049870 0.035481 0.025883 0.019151 0.014287 0.015983

0.087831 0.112589 0.067228 0.044778 0.030426 0.021536 0.015540 0.017109 0.143986

0.142615 0.079685 0.051458 0.033013 0.022943 0.016294 0.017708 0.133025 0.128465

0.080779 0.050278 0.032870 0.022866 0.016279 0.017614 0.091083 0.094726 0.064957

0.043435 0.029924 0.021366 0.015508 0.016860 0.056228 0.060980 0.046693 0.034651

0.025406 0.018954 0.014130 0.015941 0.060180 0.056098 0.046110 0.036016 0.027608

0.021226 0.016813 0.016482 0.017317 0.031907 0.026403 0.021406 0.016867 0.013344

0.009743 0.013360 0.035770 0.044675 0.035954 0.028236 0.021747 0.016783 0.012922

0.014634 0.050163 0.059798 0.045221 0.033820 0.024826 0.018603 0.013914 0.015572

0.062532 0.069904 0.051700 0.037186 0.026652 0.019631 0.014520 0.016063 0.064363

0.068534 0.051067 0.036809 0.026546 0.019572 0.014510 0.015980 0.054055 0.056311

0.044018 0.033060 0.024537 0.018464 0.013889 0.015347 0.037479 0.042479 0.034828

0.027630 0.021400 0.016624 0.012767 0.014595 0.045075 0.042448 0.036329 0.029668

0.023679 0.018799 0.015275 0.015040 0.012631 0.023224 0.019779 0.016928 0.013939

0.011455 0.008614 0.012056 0.024881 0.030422 0.026170 0.021866 0.017750 0.014303

0.011385 0.013087 0.030422 0.036913 0.030888 0.025028 0.019760 0.015605 0.012131

0.013835 0.035032 0.040990 0.033766 0.026889 0.020927 0.016324 0.012594 0.014221

0.035650 0.040519 0.033512 0.026755 0.020858 0.016289 0.012587 0.014152 0.031977

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.035879 0.030361 0.024697 0.019593 0.015513 0.012116 0.013649 0.024972 0.029837
0.025632 0.021514 0.017528 0.014184 0.011248 0.013068 0.032935 0.031583 0.027999
0.023834 0.019785 0.016241 0.013563 0.013472 0.009615 0.017076 0.014998 0.013325
0.011395 0.009702 0.007502 0.010682 0.017797 0.021625 0.019382 0.016912 0.014347
0.012006 0.009855 0.011550 0.020314 0.024777 0.021859 0.018762 0.015644 0.012923
0.010411 0.012135 0.022316 0.026600 0.023298 0.019813 0.016374 0.013416 0.010751
0.012428 0.022569 0.026459 0.023211 0.019755 0.016338 0.013395 0.010748 0.012375
0.021099 0.024406 0.021660 0.018611 0.015554 0.012866 0.010403 0.011987 0.017546
0.021479 0.019114 0.016730 0.014212 0.011930 0.009745 0.011559 0.024275 0.023754
0.021665 0.019071 0.016385 0.013871 0.011890 0.012010 0.006026 0.012363 0.011071
0.010099 0.008909 0.007822 0.006135 0.009425 0.012490 0.016324 0.014882 0.013426
0.011785 0.010174 0.008581 0.010445 0.013708 0.017920 0.016219 0.014483 0.012571
0.010767 0.008936 0.010846 0.014655 0.018883 0.017016 0.015114 0.013046 0.011111
0.009190 0.011077 0.014787 0.018849 0.016984 0.015093 0.013031 0.011101 0.009193
0.011030 0.014127 0.017804 0.016152 0.014424 0.012532 0.010738 0.008939 0.010725
0.012109 0.016273 0.014697 0.013279 0.011658 0.010087 0.008454 0.010435 0.018261
0.018920 0.017443 0.015777 0.013919 0.012083 0.010627 0.010966 0.010561 0.015624
0.014220 0.013170 0.011823 0.010465 0.008879 0.010557 0.015683 0.017117 0.015932
0.014530 0.012935 0.011291 0.009942 0.010821 0.016885 0.018506 0.017090 0.015488
0.013677 0.011885 0.010329 0.011234 0.017813 0.019230 0.017716 0.015998 0.014076
0.012180 0.010565 0.011390 0.017978 0.019122 0.017632 0.015926 0.014017 0.012137
0.010538 0.011288 0.017341 0.018223 0.016890 0.015303 0.013535 0.011772 0.010264
0.010997 0.016064 0.017288 0.015946 0.014573 0.012972 0.011357 0.009999 0.010778
0.019006 0.018250 0.017082 0.015513 0.013797 0.012103 0.010953 0.010639

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File-out3.txt

0.456834 0.333464 0.081516 0.036472 0.020812 0.013353 0.007947 0.012601 0.332625

0.463375 0.108048 0.063460 0.035534 0.023189 0.015145 0.018469 0.078546 0.109643

0.071510 0.045364 0.028680 0.019810 0.013362 0.016667 0.036708 0.063583 0.045375

0.032497 0.023207 0.017014 0.011953 0.015273 0.020621 0.035639 0.028746 0.023215

0.018003 0.014052 0.010311 0.013541 0.013338 0.023228 0.019829 0.017017 0.014049

0.011552 0.008830 0.011806 0.007862 0.015178 0.013389 0.011965 0.010322 0.008845

0.006879 0.010065 0.012610 0.018533 0.016702 0.015294 0.013552 0.011809 0.010030

0.011267 0.331860 0.465189 0.105989 0.062039 0.034708 0.022625 0.014638 0.018061

0.466649 0.231340 0.102998 0.060793 0.036812 0.024765 0.017357 0.018485 0.125273

0.106922 0.074128 0.046990 0.031570 0.022173 0.015941 0.017272 0.062563 0.061943

0.047408 0.035010 0.025611 0.019039 0.014241 0.015678 0.035485 0.037745 0.031828

0.025706 0.020227 0.015891 0.012378 0.013890 0.022701 0.025197 0.022314 0.019108

0.015902 0.013086 0.010576 0.012095 0.014996 0.017985 0.016293 0.014544 0.012613

0.010775 0.008964 0.010735 0.017943 0.018579 0.017257 0.015641 0.013828 0.011993

0.010532 0.010964 0.073294 0.129320 0.070098 0.046128 0.028665 0.019812 0.013206

0.016903 0.125789 0.111527 0.074754 0.047543 0.031828 0.022338 0.016115 0.017377

0.070963 0.076256 0.055436 0.039039 0.027743 0.020232 0.014893 0.016272 0.046006

0.048631 0.039212 0.030333 0.023002 0.017589 0.013389 0.014837 0.028971 0.032469

0.027902 0.023073 0.018570 0.014872 0.011727 0.013217 0.019718 0.022738 0.020331

0.017642 0.014881 0.012408 0.010110 0.011599 0.013494 0.016695 0.015203 0.013665

0.011944 0.010295 0.008607 0.010315 0.016713 0.017433 0.016229 0.014779 0.013137

0.011483 0.010113 0.010515 0.037131 0.064371 0.045509 0.032720 0.023108 0.016957

0.011772 0.015450 0.062672 0.063334 0.048420 0.035413 0.025871 0.019192 0.014399

0.015779 0.045956 0.049135 0.039405 0.030416 0.023040 0.017609 0.013392 0.014853

0.032809 0.035969 0.030478 0.024794 0.019665 0.015564 0.012162 0.013641 0.023151

0.026289 0.023129 0.019710 0.016324 0.013394 0.010773 0.012255 0.016850 0.019491

0.017665 0.015598 0.013398 0.011359 0.009392 0.010846 0.012023 0.014890 0.013653

0.012402 0.010967 0.009560 0.008079 0.009723 0.015257 0.015792 0.014792 0.013571

0.012170 0.010731 0.009535 0.009902 0.020317 0.036525 0.028998 0.023280 0.017981

0.014024 0.010166 0.013732 0.035388 0.038739 0.032403 0.026051 0.020457 0.016031

0.012523 0.013990 0.028988 0.032823 0.028075 0.023178 0.018622 0.014902 0.011735

0.013253 0.023150 0.026390 0.023194 0.019750 0.016347 0.013406 0.010779 0.012274

0.017918 0.020742 0.018663 0.016374 0.013963 0.011761 0.009672 0.011136 0.013891

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.016251 0.014929 0.013426 0.011761 0.010160 0.008542 0.009957 0.010366 0.012932

0.011949 0.010984 0.009841 0.008694 0.007439 0.009013 0.013533 0.013969 0.013176

0.012194 0.011047 0.009844 0.008837 0.009195 0.013330 0.023377 0.019792 0.016974

0.013964 0.011480 0.008652 0.011982 0.022662 0.025706 0.022695 0.019377 0.016096

0.013216 0.010706 0.012246 0.019721 0.022960 0.020467 0.017735 0.014936 0.012445

0.010121 0.011682 0.016842 0.019599 0.017737 0.015649 0.013432 0.011380 0.009400

0.010910 0.013887 0.016291 0.014955 0.013447 0.011776 0.010171 0.008546 0.010001

0.011350 0.013373 0.012455 0.011389 0.010168 0.008950 0.007651 0.009039 0.008818

0.011041 0.010302 0.009575 0.008695 0.007788 0.006747 0.008269 0.011781 0.012199

0.011592 0.010819 0.009908 0.008927 0.008100 0.008505 0.007730 0.015585 0.013669

0.012215 0.010517 0.009015 0.006949 0.010418 0.014909 0.018590 0.016786 0.014952

0.012947 0.011030 0.009223 0.010978 0.013459 0.017050 0.015485 0.013899 0.012131

0.010445 0.008736 0.010472 0.011981 0.015168 0.013884 0.012598 0.011131 0.009693

0.008200 0.009862 0.010333 0.013142 0.012128 0.011141 0.009977 0.008807 0.007549

0.009122 0.008795 0.011195 0.010439 0.009697 0.008803 0.007880 0.006843 0.008329

0.007017 0.009558 0.008889 0.008360 0.007688 0.006973 0.006116 0.007718 0.010154

0.010943 0.010361 0.009767 0.009025 0.008211 0.007552 0.008011 0.012668 0.018492

0.016573 0.015169 0.013408 0.011686 0.009785 0.011444 0.017994 0.018742 0.017359

0.015697 0.013849 0.011983 0.010495 0.011126 0.016764 0.017530 0.016260 0.014790

0.013123 0.011462 0.010029 0.010684 0.015299 0.015840 0.014791 0.013560 0.012144

0.010699 0.009454 0.010052 0.013569 0.013973 0.013142 0.012159 0.011004 0.009802

0.008754 0.009311 0.011816 0.012142 0.011518 0.010748 0.009836 0.008862 0.007999

0.008565 0.010177 0.010806 0.010218 0.009638 0.008906 0.008106 0.007412 0.008054

0.011518 0.011143 0.010706 0.010067 0.009312 0.008506 0.007992 0.007851

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File out4.txt

0.036024 0.047484 0.037381 0.028035 0.020760 0.015787 0.010214 0.017245 0.085673
0.117617 0.087412 0.061717 0.042607 0.030658 0.021285 0.026965 0.192131 0.254631
0.152230 0.082934 0.050569 0.034356 0.022818 0.028297 0.988944 0.785940 0.222513
0.098721 0.058904 0.037449 0.024409 0.029845 0.927093 1.122394 0.172005 0.109430
0.058536 0.037833 0.024560 0.030006 0.241987 0.322120 0.151724 0.089317 0.052795
0.035531 0.023545 0.028881 0.077479 0.137090 0.091276 0.060649 0.041045 0.029113
0.019738 0.026434 0.092661 0.126106 0.096224 0.072832 0.053377 0.039615 0.029548
0.030548 0.051737 0.087195 0.069120 0.051825 0.037493 0.027788 0.019451 0.025343
0.114458 0.141928 0.105436 0.070770 0.048311 0.034792 0.025370 0.028070 0.257749
0.323667 0.173130 0.089972 0.058628 0.039502 0.027754 0.030226 0.770347 0.754964
0.183705 0.110383 0.064359 0.042365 0.029253 0.031393 1.138419 0.542608 0.185525
0.109513 0.063526 0.042334 0.029236 0.031263 0.362165 0.252287 0.151770 0.089129
0.057264 0.039213 0.027716 0.029816 0.140761 0.136491 0.098172 0.068167 0.047802
0.034501 0.025193 0.028212 0.127057 0.115738 0.092141 0.069356 0.051456 0.038519
0.029983 0.029321 0.038875 0.070760 0.056925 0.043943 0.032805 0.025083 0.017842
0.024040 0.085213 0.109130 0.083117 0.059136 0.043139 0.031918 0.023811 0.026638
0.146384 0.187648 0.112047 0.074630 0.050710 0.035894 0.025899 0.028515 0.239977
0.237692 0.132808 0.085763 0.055022 0.038238 0.027157 0.029513 0.221708 0.214108
0.134632 0.083797 0.054783 0.038110 0.027132 0.029357 0.151804 0.157877 0.108261
0.072392 0.049873 0.035610 0.025846 0.028100 0.093713 0.101634 0.077822 0.057751
0.042343 0.031591 0.023550 0.026568 0.100300 0.093497 0.076851 0.060026 0.046014
0.035377 0.028022 0.027470 0.028862 0.053178 0.044005 0.035677 0.028112 0.022240
0.016238 0.022267 0.059617 0.074458 0.059924 0.047060 0.036245 0.027972 0.021536
0.024390 0.083605 0.099663 0.075368 0.056367 0.041376 0.031006 0.023190 0.025953
0.104220 0.116506 0.086167 0.061976 0.044420 0.032719 0.024199 0.026772 0.107272
0.114223 0.085112 0.061349 0.044244 0.032621 0.024183 0.026633 0.090092 0.093851
0.073364 0.055101 0.040895 0.030773 0.023149 0.025579 0.062465 0.070798 0.058046
0.046050 0.035666 0.027707 0.021278 0.024324 0.075126 0.070747 0.060548 0.049447
0.039464 0.031331 0.025459 0.025067 0.021051 0.038706 0.032965 0.028214 0.023232
0.019092 0.014356 0.020093 0.041468 0.050704 0.043617 0.036443 0.029583 0.023838
0.018975 0.021811 0.050703 0.061521 0.051480 0.041714 0.032934 0.026008 0.020219
0.023058 0.058387 0.068317 0.056277 0.044814 0.034878 0.027207 0.020990 0.023701
0.059417 0.067532 0.055854 0.044592 0.034763 0.027148 0.020978 0.023587 0.053296

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.059799 0.050602 0.041162 0.032656 0.025854 0.020194 0.022749 0.041620 0.049729
0.042720 0.035856 0.029214 0.023640 0.018746 0.021780 0.054892 0.052638 0.046665
0.039724 0.032974 0.027069 0.022605 0.022454 0.016025 0.028460 0.024996 0.022208
0.016991 0.016169 0.012503 0.017804 0.029662 0.036042 0.032303 0.028186 0.023912
0.020011 0.016425 0.019250 0.033857 0.041295 0.036432 0.031269 0.026073 0.021538
0.017351 0.020226 0.037194 0.044333 0.038831 0.033022 0.027291 0.022359 0.017919
0.020713 0.037615 0.044099 0.038685 0.032924 0.027231 0.022325 0.017913 0.020625
0.035164 0.040676 0.036099 0.031018 0.025924 0.021444 0.017338 0.019978 0.029244
0.035799 0.031856 0.027883 0.023686 0.019884 0.016242 0.019265 0.040459 0.039590
0.036108 0.031785 0.027309 0.023119 0.019816 0.020017 0.010043 0.020605 0.018452
0.016832 0.014849 0.013036 0.010225 0.015708 0.020817 0.027206 0.024803 0.022377
0.019642 0.016956 0.014301 0.017409 0.022846 0.029867 0.027032 0.024139 0.020951
0.017945 0.014894 0.018077 0.024425 0.031471 0.028359 0.025191 0.021744 0.018519
0.015317 0.018462 0.024645 0.031416 0.028307 0.025154 0.021718 0.018502 0.015321
0.018383 0.023545 0.029673 0.026921 0.024040 0.020886 0.017897 0.014899 0.017874
0.020182 0.027121 0.024495 0.022132 0.019430 0.016812 0.014090 0.017392 0.030435
0.031533 0.029071 0.026296 0.023199 0.020138 0.017712 0.018277 0.017602 0.026040
0.023699 0.021949 0.019705 0.017441 0.014798 0.017595 0.026138 0.028528 0.026554
0.024217 0.021559 0.018819 0.016570 0.018035 0.028142 0.030843 0.028483 0.025813
0.022796 0.019808 0.017215 0.018723 0.029689 0.032050 0.029526 0.026663 0.023460
0.020299 0.017608 0.018983 0.029963 0.031870 0.029386 0.026543 0.023362 0.020228
0.017563 0.018813 0.028901 0.030372 0.028150 0.025505 0.022558 0.019620 0.017106
0.018328 0.026773 0.028813 0.026576 0.024289 0.021619 0.018928 0.016665 0.017963
0.031677 0.030417 0.028470 0.025855 0.022994 0.020171 0.018254 0.017732

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

File out5.txt

0.761390 0.555774 0.135860 0.060786 0.034686 0.022255 0.013245 0.021002 0.554375

0.772290 0.180080 0.105766 0.059224 0.038649 0.025241 0.030781 0.130909 0.182738

0.119183 0.075608 0.047800 0.033017 0.022270 0.027778 0.061180 0.105971 0.075626

0.054162 0.038679 0.028357 0.019921 0.025455 0.034369 0.059398 0.047909 0.038692

0.030005 0.023421 0.017186 0.022568 0.022230 0.038713 0.033048 0.028361 0.023415

0.019253 0.014716 0.019676 0.013104 0.025296 0.022315 0.019941 0.017203 0.014741

0.011466 0.016776 0.021017 0.030888 0.027837 0.025491 0.022586 0.019682 0.016716

0.018779 0.553100 0.775315 0.176648 0.103399 0.057847 0.037708 0.024397 0.030102

0.777749 0.385566 0.171663 0.101321 0.061353 0.041275 0.028929 0.030809 0.208788

0.178204 0.123546 0.078316 0.052617 0.036956 0.026569 0.028787 0.104272 0.103239

0.079014 0.058350 0.042684 0.031732 0.023735 0.026129 0.059141 0.062908 0.053047

0.042843 0.033711 0.026484 0.020630 0.023150 0.037835 0.041995 0.037191 0.031847

0.026503 0.021810 0.017627 0.020158 0.024993 0.029974 0.027156 0.024240 0.021021

0.017958 0.014939 0.017892 0.029905 0.030965 0.028761 0.026068 0.023047 0.019988

0.017554 0.018274 0.122157 0.215533 0.116831 0.076880 0.047775 0.033020 0.022009

0.028171 0.209648 0.185878 0.124590 0.079238 0.053048 0.037230 0.026858 0.028961

0.118271 0.127094 0.092393 0.065065 0.046238 0.033720 0.024822 0.027120 0.076677

0.081052 0.065353 0.050554 0.038337 0.029314 0.022315 0.024728 0.048284 0.054115

0.046503 0.038454 0.030950 0.024786 0.019545 0.022028 0.032863 0.037896 0.033885

0.029404 0.024801 0.020680 0.016850 0.019332 0.022491 0.027825 0.025338 0.022775

0.019906 0.017158 0.014345 0.017191 0.027855 0.029054 0.027048 0.024631 0.021895

0.019138 0.016856 0.017525 0.061884 0.107285 0.075848 0.054533 0.038514 0.028261

0.019620 0.025749 0.104453 0.105556 0.080700 0.059021 0.043119 0.031987 0.023999

0.026298 0.076593 0.081891 0.065674 0.050693 0.038400 0.029348 0.022321 0.024755

0.054682 0.059949 0.050796 0.041323 0.032775 0.025939 0.020270 0.022734 0.038585

0.043815 0.038548 0.032850 0.027207 0.022323 0.017955 0.020424 0.028083 0.032485

0.029442 0.025997 0.022330 0.018932 0.015653 0.018077 0.020038 0.024816 0.022755

0.020671 0.018278 0.015934 0.013465 0.016205 0.025429 0.026321 0.024653 0.022618

0.020283 0.017885 0.015892 0.016503 0.033862 0.060874 0.048329 0.038801 0.029968

0.023373 0.016943 0.022887 0.058981 0.064566 0.054005 0.043419 0.034095 0.026719

0.020872 0.023317 0.048313 0.054705 0.046792 0.038630 0.031037 0.024837 0.019558

0.022089 0.038584 0.043984 0.038656 0.032916 0.027245 0.022344 0.017965 0.020457

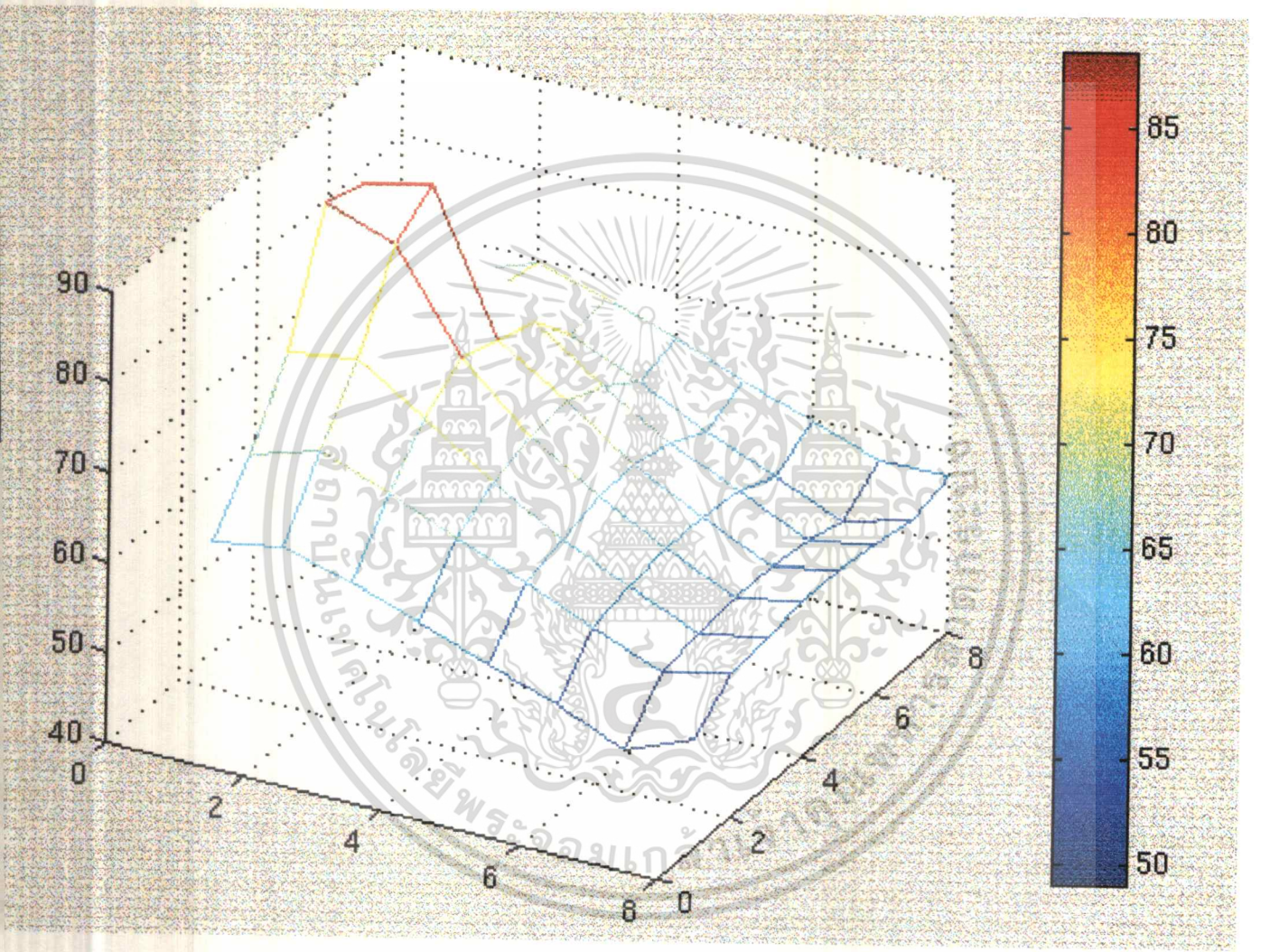
0.029864 0.034571 0.031105 0.027290 0.023272 0.019602 0.016120 0.018559 0.023151

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.027084 0.024882 0.022376 0.019602 0.016934 0.014237 0.016596 0.017277 0.021553
0.019916 0.018307 0.016402 0.014490 0.012399 0.015021 0.022555 0.023282 0.021960
0.020324 0.018412 0.016407 0.014729 0.015325 0.022217 0.038962 0.032986 0.028291
0.023274 0.019133 0.014419 0.019970 0.037769 0.042844 0.037825 0.032296 0.026827
0.022026 0.017843 0.020409 0.032869 0.038267 0.034112 0.029558 0.024894 0.020741
0.016869 0.019470 0.028070 0.032665 0.029561 0.026082 0.022386 0.018967 0.015667
0.018183 0.023144 0.027152 0.024925 0.022412 0.019627 0.016951 0.014243 0.016668
0.018917 0.022289 0.020759 0.018981 0.016947 0.014917 0.012751 0.015066 0.014697
0.018402 0.017169 0.015958 0.014491 0.012979 0.011245 0.013781 0.019635 0.020332
0.019320 0.018032 0.016513 0.014878 0.013500 0.014175 0.012883 0.025974 0.022782
0.020358 0.017529 0.015025 0.011582 0.017364 0.024848 0.030984 0.027977 0.024920
0.021578 0.018383 0.015371 0.018297 0.022432 0.028417 0.025808 0.023165 0.020218
0.017409 0.014560 0.017453 0.019968 0.025280 0.023139 0.020997 0.018551 0.016155
0.013667 0.016437 0.017221 0.021903 0.020214 0.018568 0.016628 0.014678 0.012581
0.015203 0.014658 0.018659 0.017398 0.016161 0.014672 0.013134 0.011405 0.013882
0.011696 0.015930 0.014816 0.013933 0.012813 0.011622 0.010194 0.012863 0.016923
0.018239 0.017268 0.016278 0.015041 0.013685 0.012587 0.013352 0.021114 0.030820
0.027622 0.025281 0.022347 0.019477 0.016309 0.019074 0.029990 0.031236 0.028931
0.026162 0.023081 0.019972 0.017491 0.018543 0.027940 0.029217 0.027099 0.024650
0.021871 0.019103 0.016715 0.017806 0.025498 0.026401 0.024651 0.022599 0.020239
0.017831 0.015757 0.016753 0.022616 0.023288 0.021903 0.020265 0.018340 0.016336
0.014590 0.015519 0.019694 0.020236 0.019196 0.017913 0.016394 0.014771 0.013332
0.014275 0.016962 0.018009 0.017030 0.016064 0.014843 0.013510 0.012353 0.013424
0.019197 0.018571 0.017843 0.016778 0.015520 0.014177 0.013320 0.013085

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

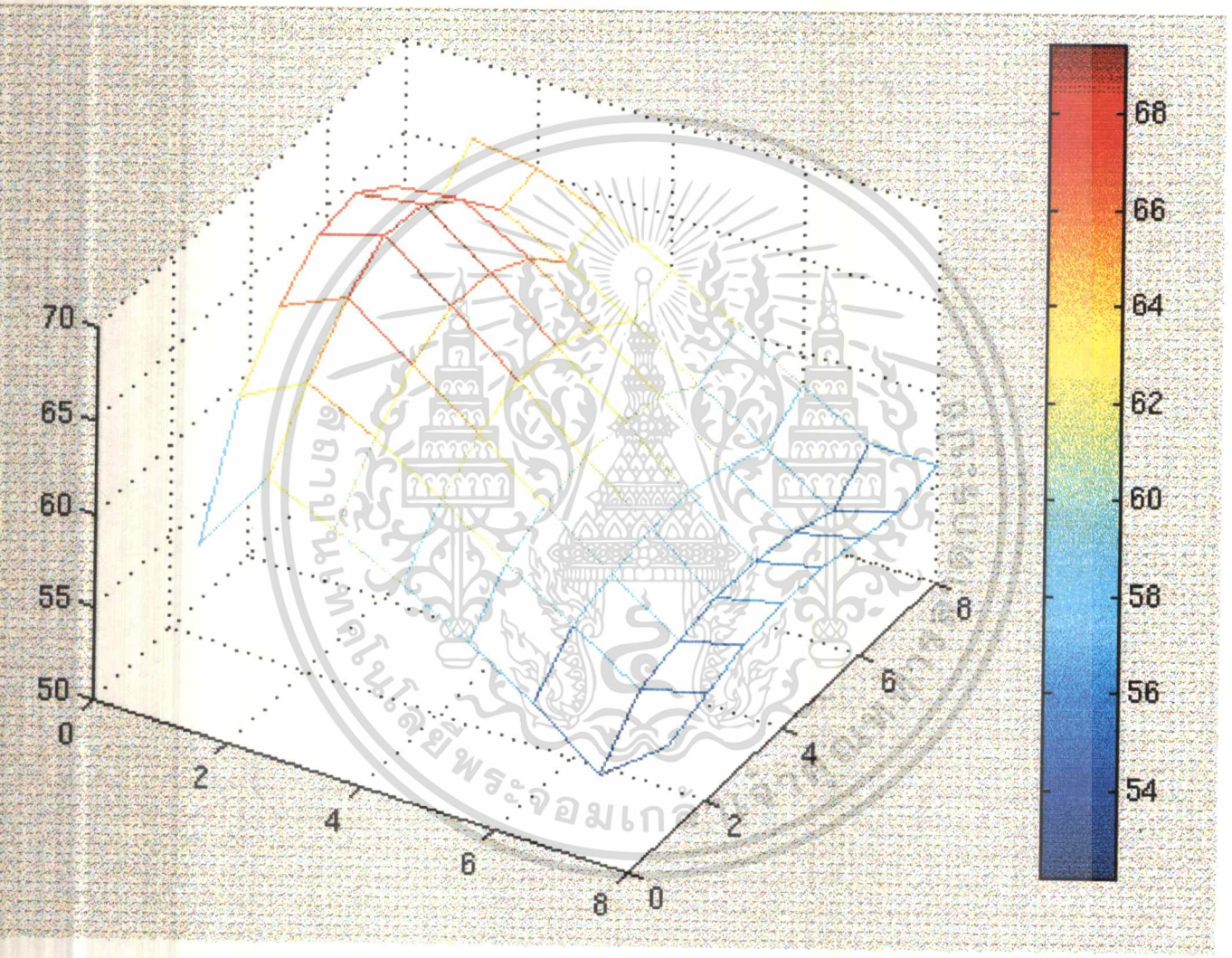
มีค่าความถี่ 1000 rad/sec

อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

มีค่าความถี่ 1000 rad/sec

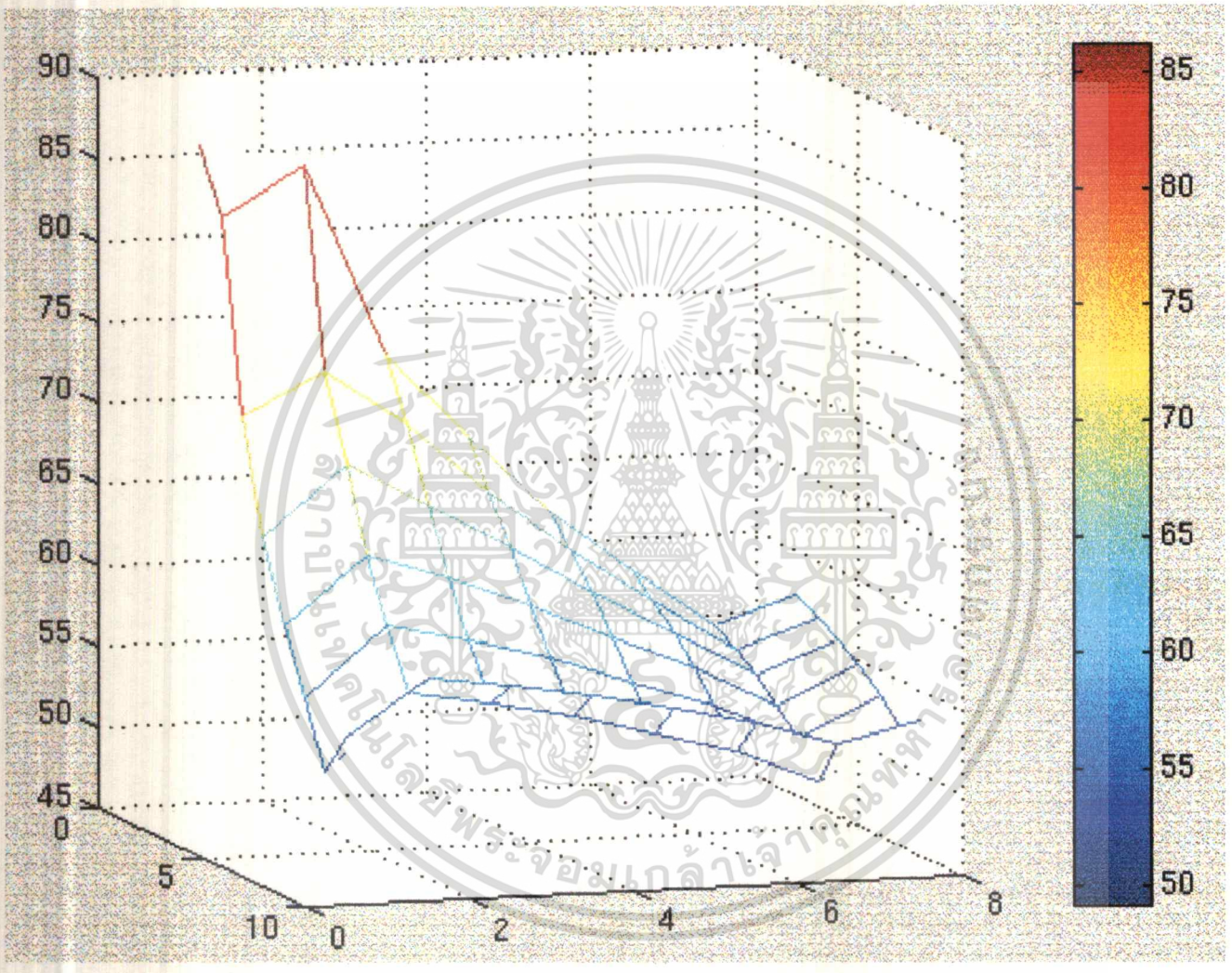
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out1.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 1000 rad/sec

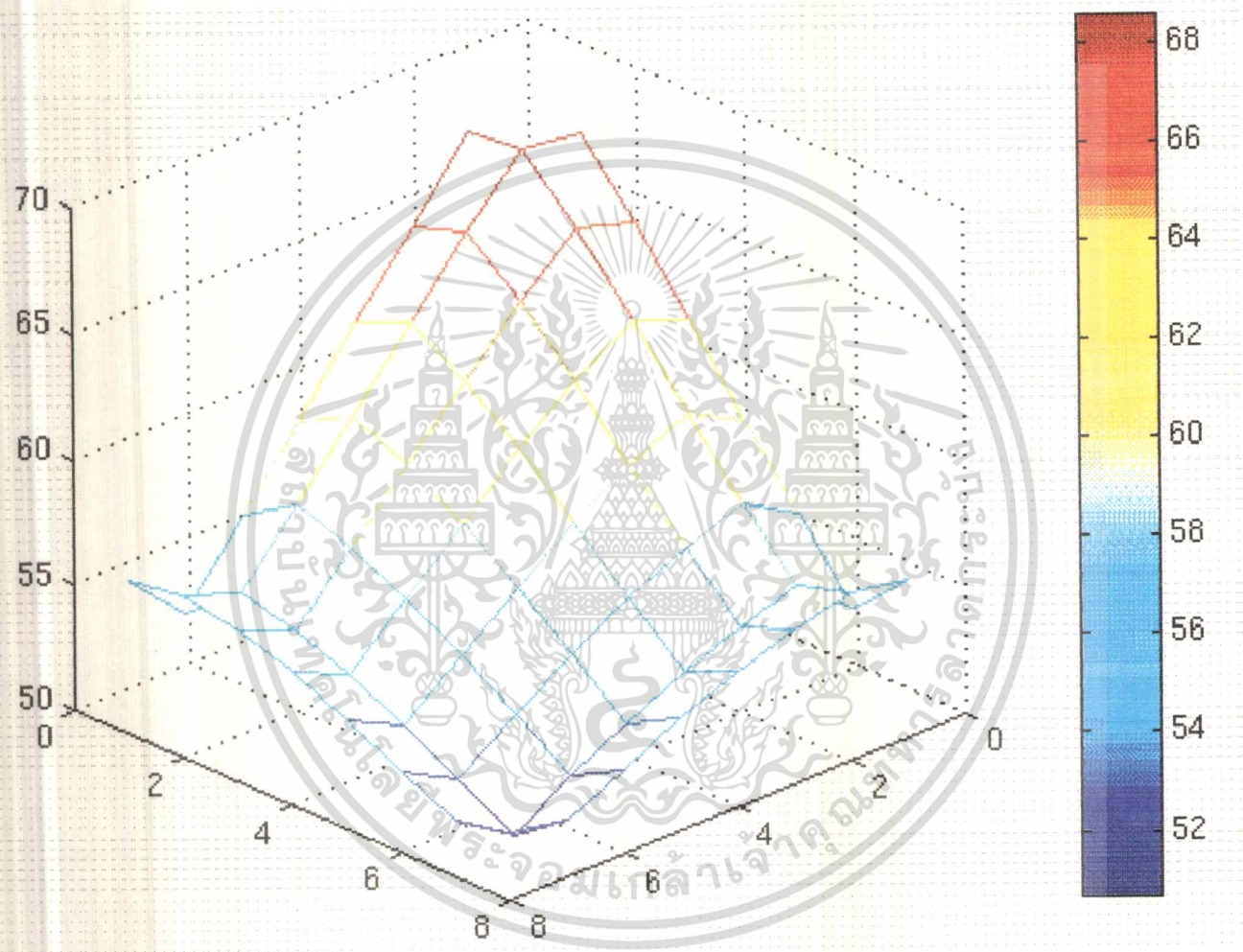
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out1.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 1000 rad/sec

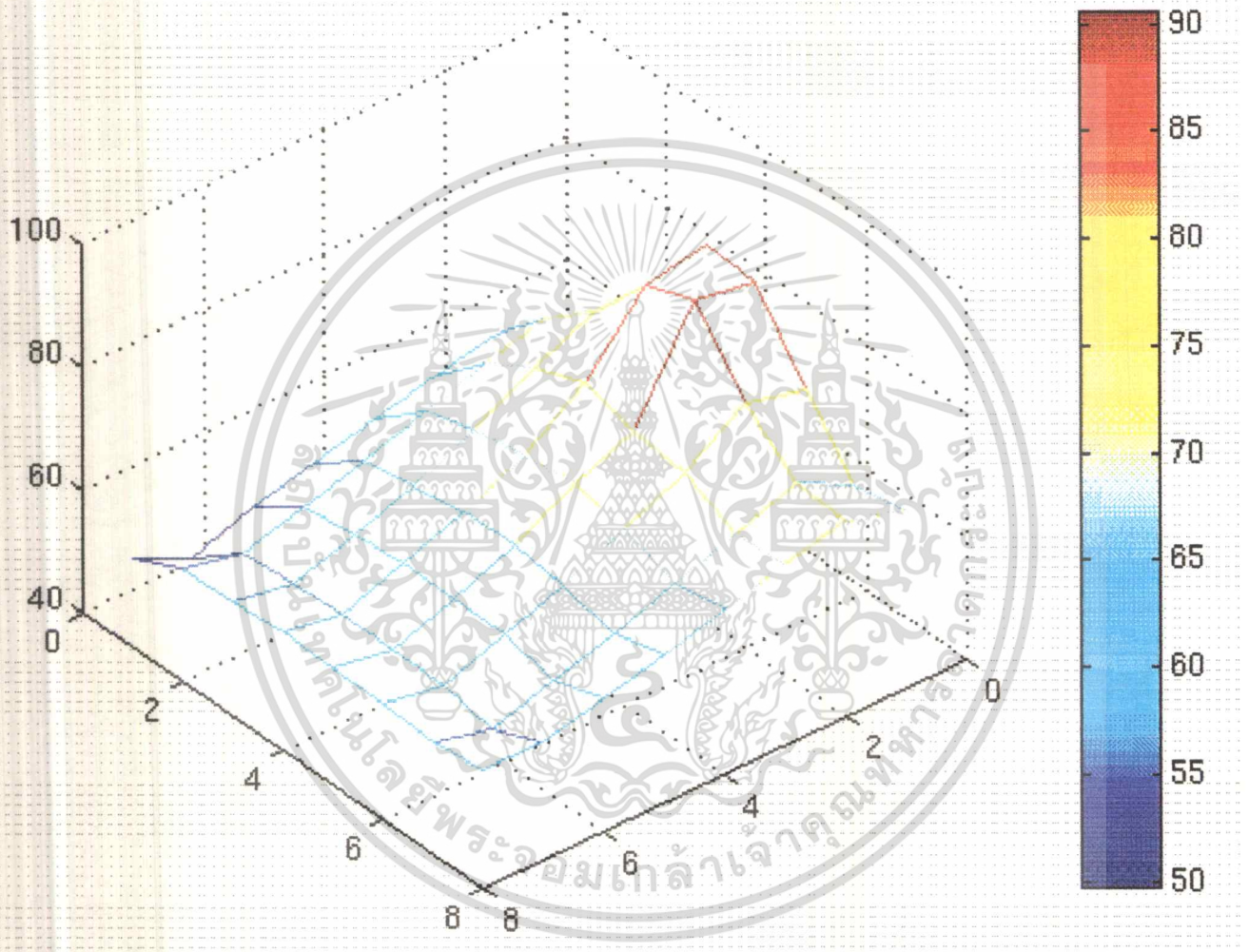
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out2.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

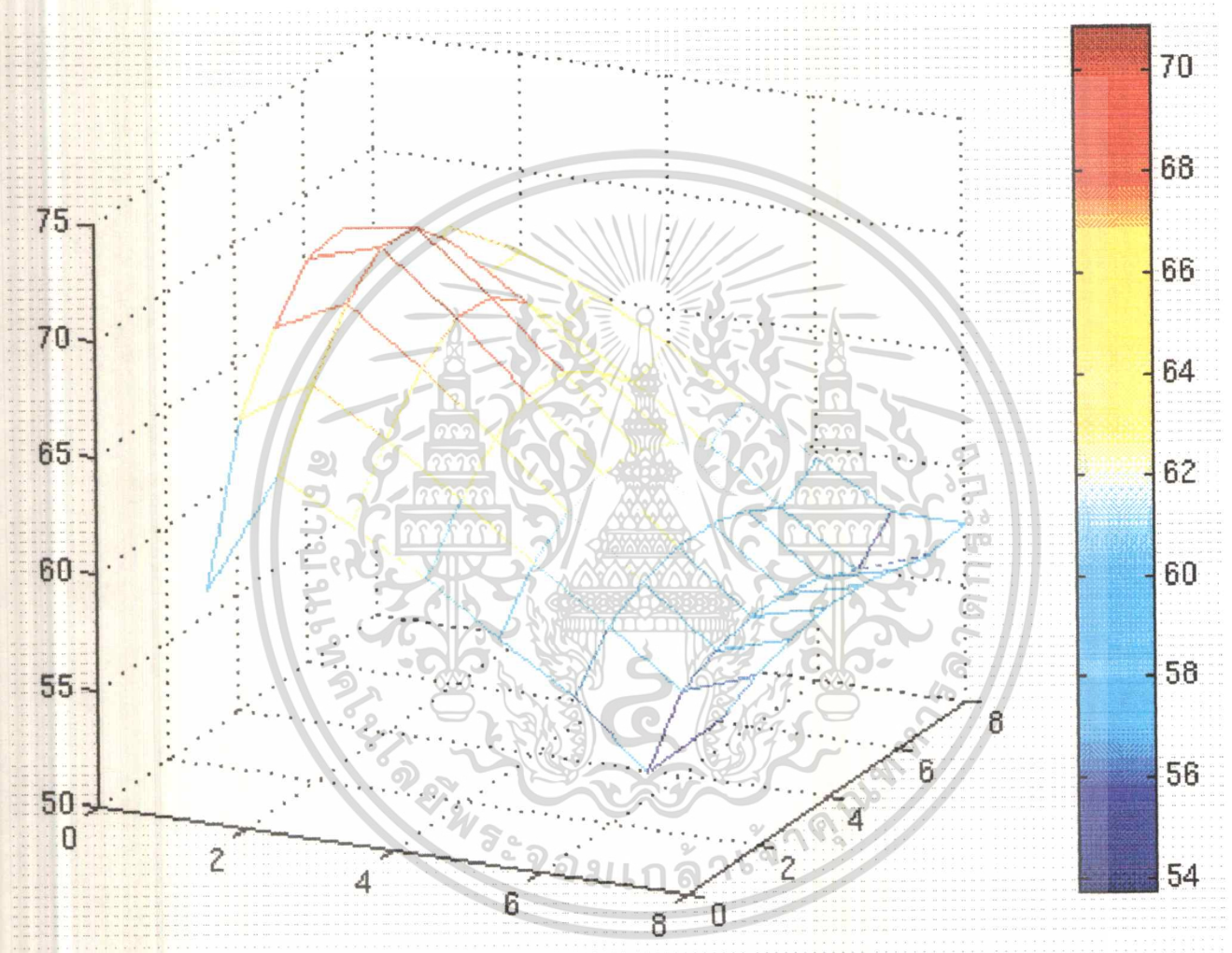
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out2.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

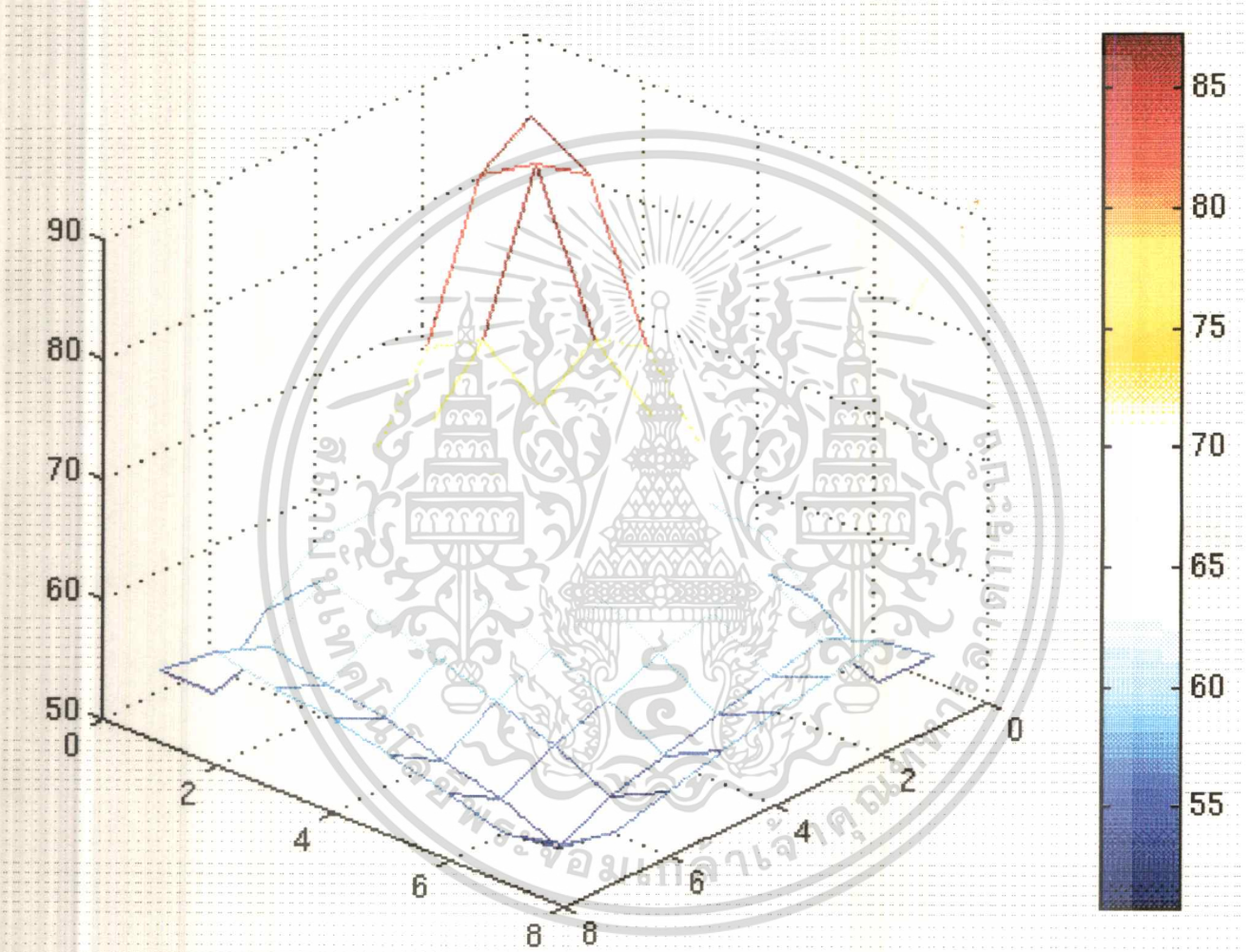
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 7



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out3.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

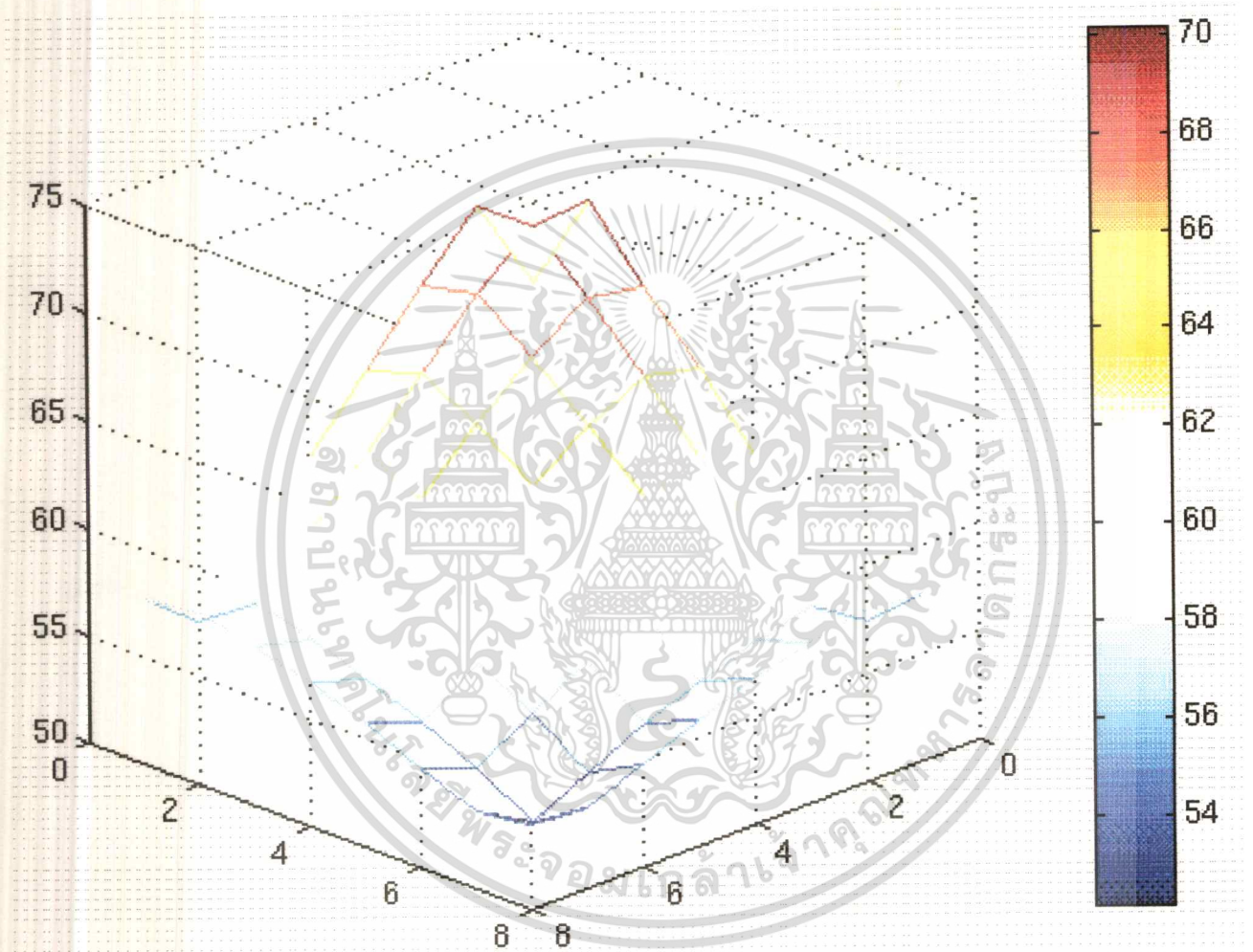
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 8



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out3.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

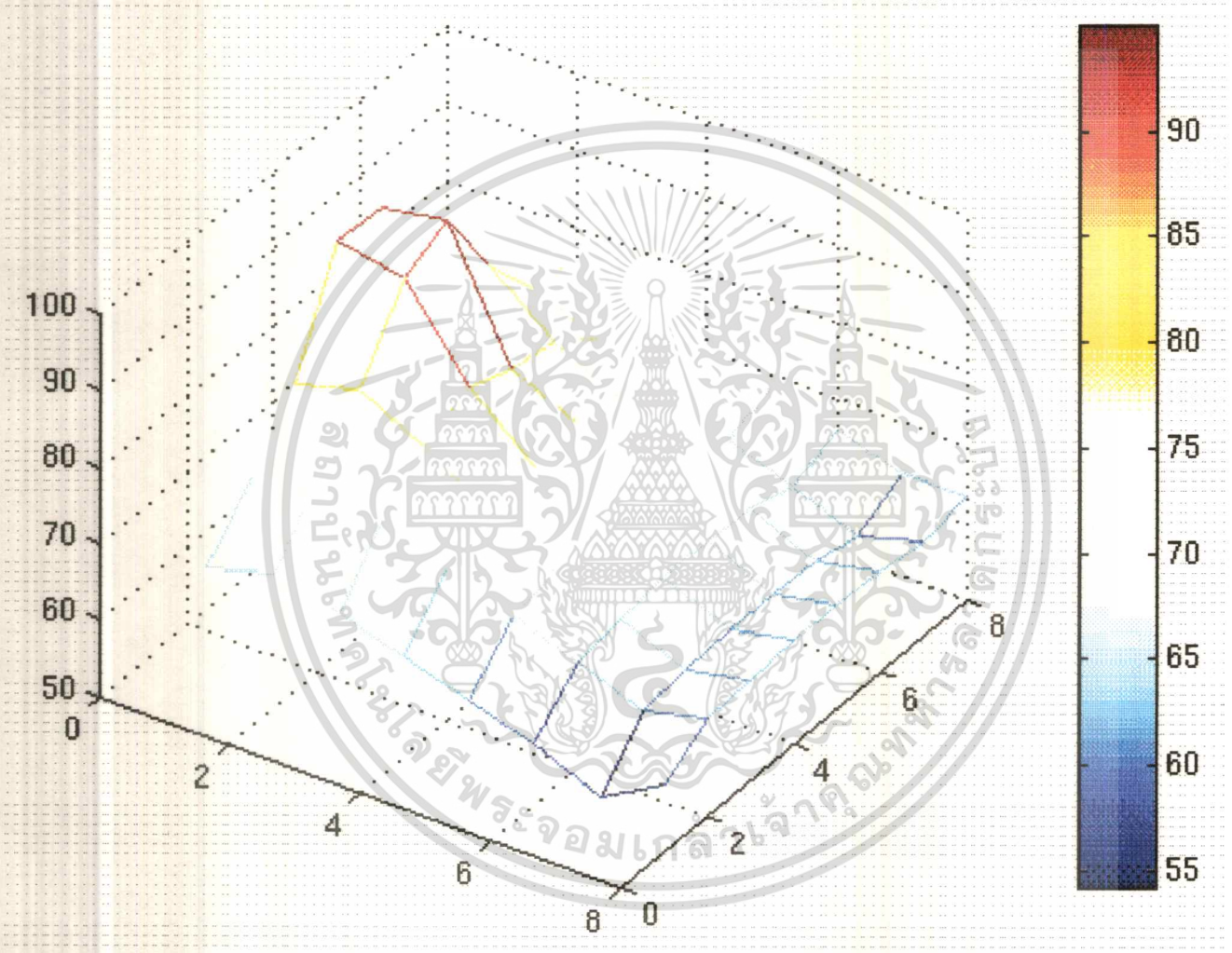
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 300 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out4.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

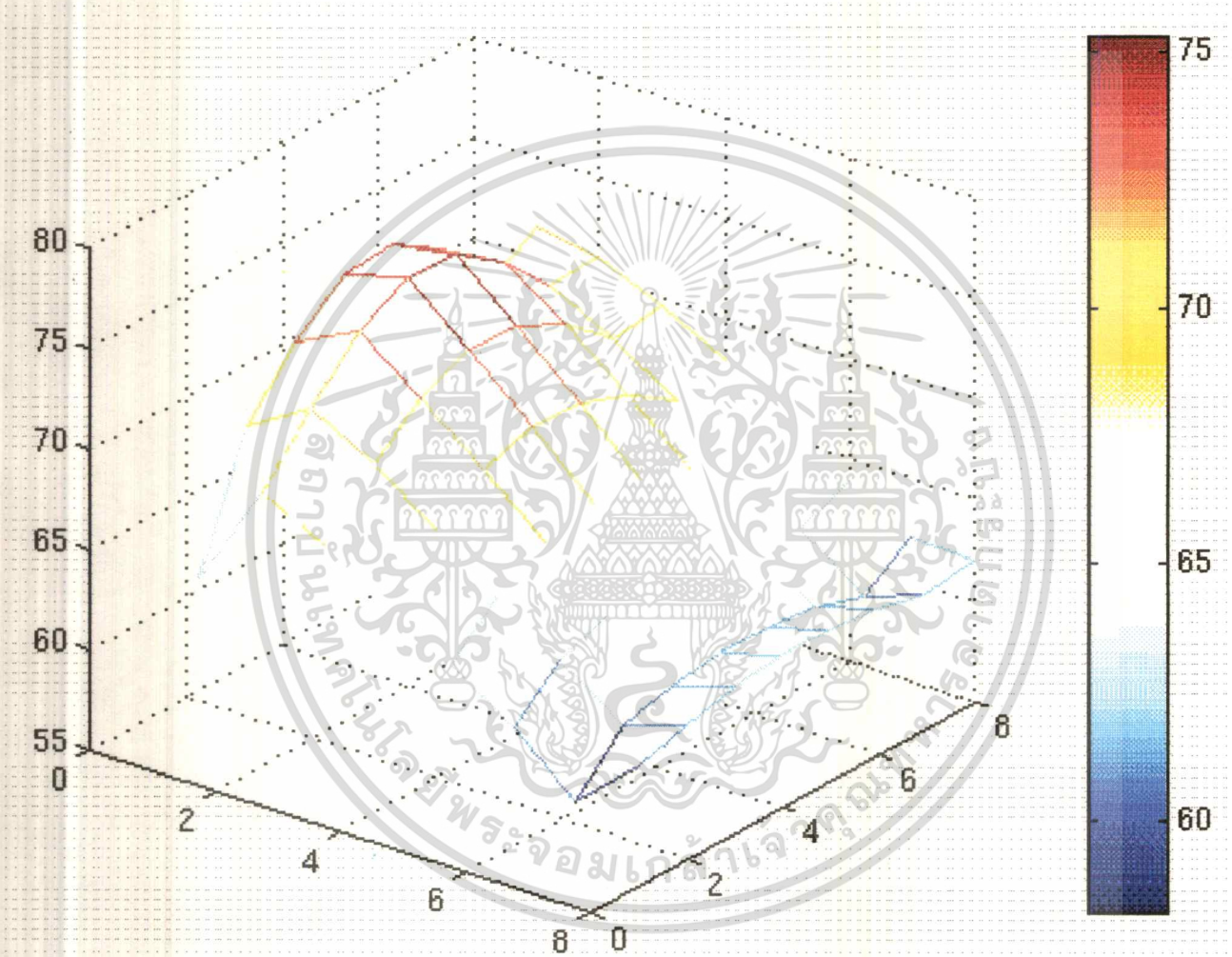
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 500 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out4.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,7,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

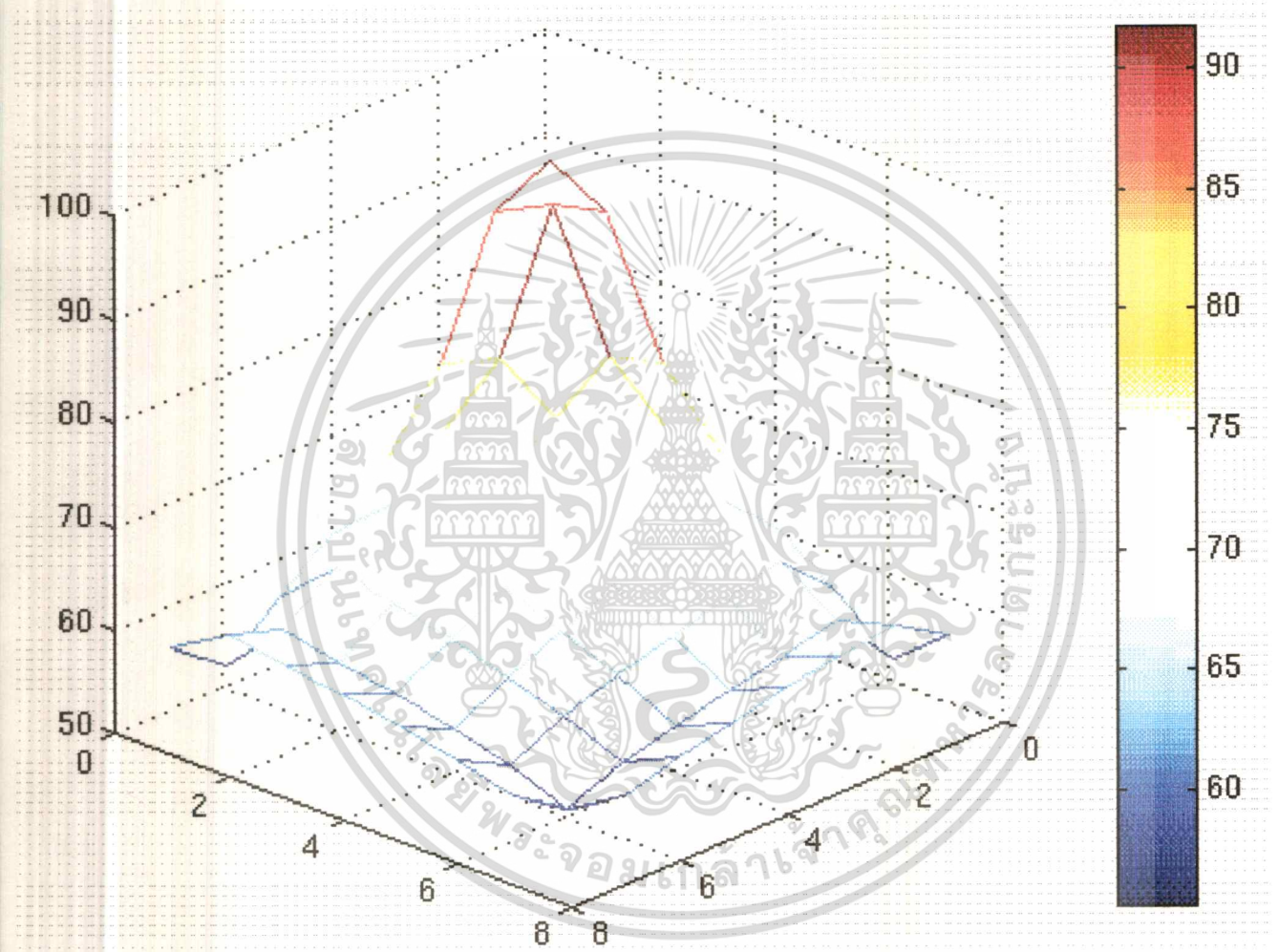
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 500 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 11



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out5.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

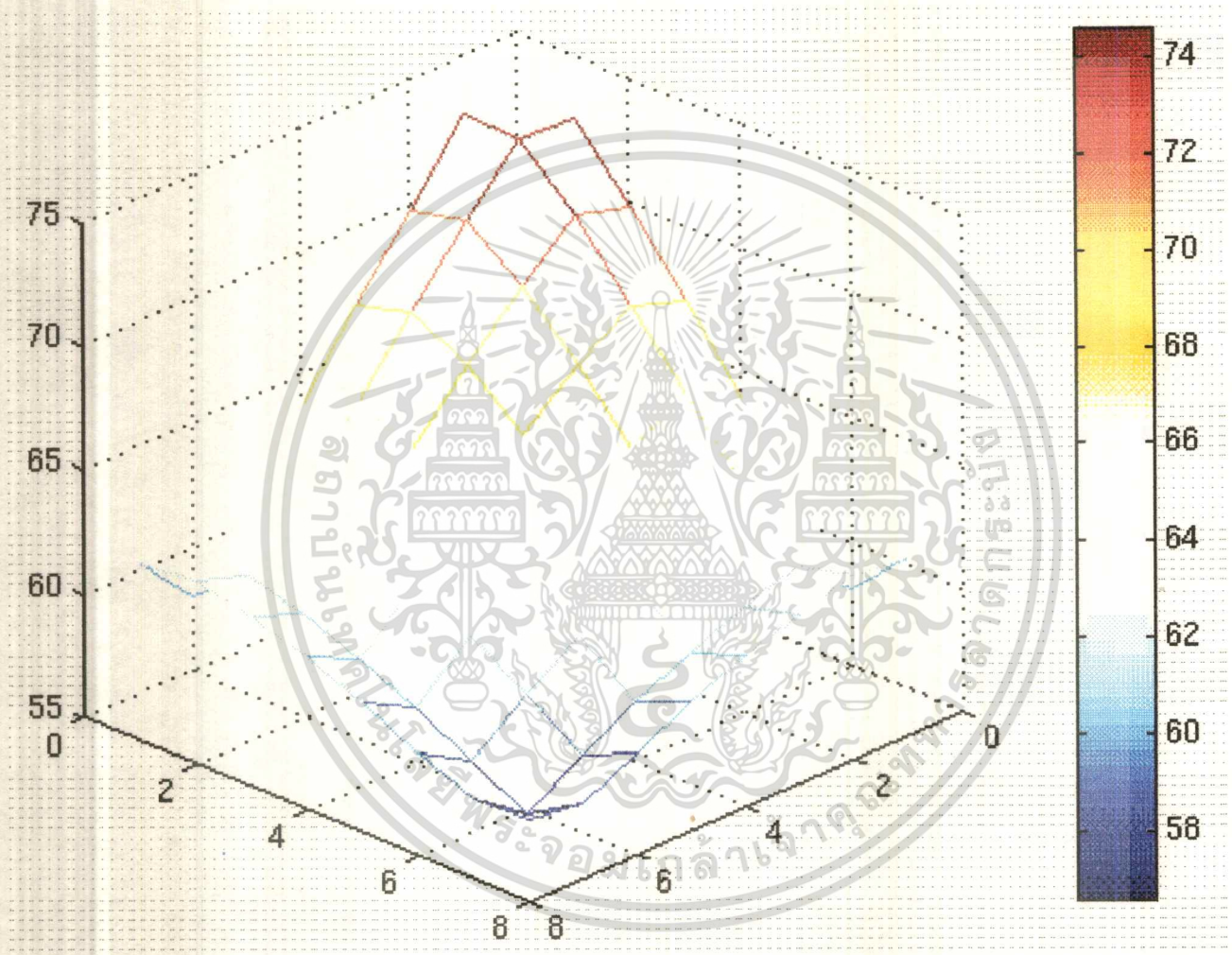
อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 500 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 12



แสดงการนำข้อมูลที่ได้จาก file out5.txt มาพล็อตแสดงผลในรูป 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม MATLAB

กำหนดให้แหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่พิกัด(0,0,0)

มีค่าความถี่ 2000 rad/sec

อุณหภูมิภายในห้อง 27 องศาเซลเซียส

ค่าพลังงานของแหล่งกำเนิดเสียง 500 วัตต์

ที่ระนาบ Z = 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

- ขอบคุณ อ.ชินภัทร ที่ให้โอกาส ให้ผมได้มีโอกาสได้ทำโปรเจคเรื่องนี้ รวมทั้งคอยให้ คำปรึกษาและให้คำแนะนำ
- ขอบคุณ อ.ภคิณี และ อ.จารุวัตร ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์
- ขอบคุณ อ.พลศาสตร์ ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระบบเสียงในห้อง
- ขอบคุณ พี่นา ที่อุตส่าห์ช่วยพิมพ์ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ปราโมทย์ เดชะอำไพ ," ไฟไนต์เอลิเมนต์ในงานวิศวกรรม ", สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. C.T.F.Ross ,"Finite Element Methods in Engineering Science", ELLIS HORWOOD Series in Mechanical Engineering.

3. David S.Burnett ,"Finite Element Analysis From Concepts To Application", Addison Wesley.

4. V.S.Mankovsky ,"Acoustics of Studios and Auditoria", Focal Press,London&New York .

5. Don Davis and Carolyn Davis ,"Sound System Engineering", Howard W. Sams & Co., Second Edition,1989.

6. Erwin Kreyszig ,"Advanced Engineering Mathematics", John Wiley & Sons,Seventh Edition.

7. Donald Greenspan and Vincenzo Casulli ,"Numerical Analysis for Applied Mathematics,Science and Engineering", Addison-Wesley.

8. G.R.Lindfield and J.E.T.Penny ,"Microcomputers in Numerrical Analysis", ELLIS HORWOOD Series in Mathematics and its Applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้