หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

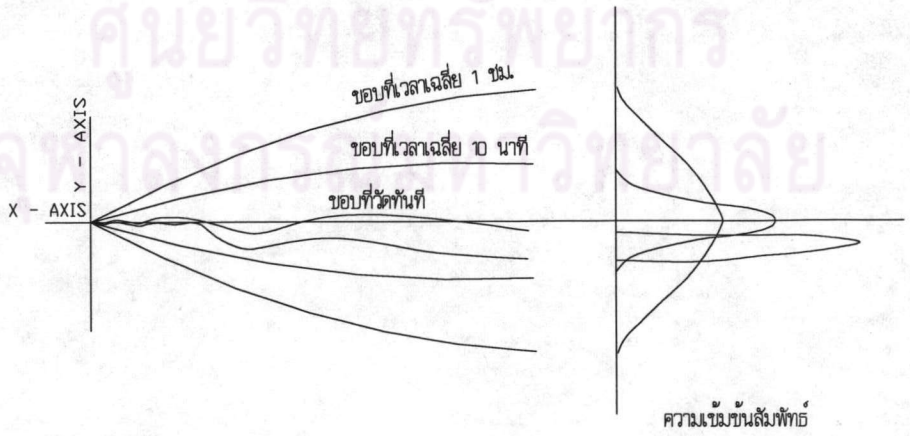
การกระจายของมลสารที่ปล่อยออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้า

มลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งเกิดจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

- ถ้าถูกปล่อยออกมาเป็นช่วงๆ จะเรียกว่า พัฟฟ์ (Puff)
- ถ้าถูกปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่อง จะเรียกว่า พลูม (Plume)

ลักษณะของมลสารที่ออกจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะจะเรียกว่า พลูม ซึ่งมีแหล่งเกิดอยู่ที่ระดับความสูงของปล่องโรงไฟฟ้า พลูมที่เกิดจากปล่องโรงไฟฟ้า เมื่อเคลื่อนที่ไปตามทิศทางลมมันจะขยายขนาดออก เนื่องจากความปั่นป่วนที่เกิดจากกระแสวน

ความเข้มข้นของมลสารกระจายในทิศทางตั้งฉากกับแกนของลมทั้ง แนวตั้งและแนวนอนเป็นแบบเกาส์เสียน ความเข้มข้นของมลสารที่จุดใดๆ ภายในพลูม จะขึ้นกับระยะเวลาการชักตัวอย่างอากาศ ถ้าชักตัวอย่างของพลูมทันทีจะได้ความเข้มข้นสูง ถ้าชักตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 10 นาที ความเข้มข้นที่ได้จะน้อยลง เนื่องจากพลูมกระจายมากขึ้น ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ขอบของพลูมที่เวลาชักตัวอย่างต่าง ๆ

เนื่องจากขนาดของกระแสวน มีความสัมพันธ์กับเวลา กระแสวนขนาดใหญ่ใช้เวลานานกว่าจะผ่านไป ในการศึกษาการเปลี่ยนของพลูมกับระยะทางตามลม จะต้องใช้ช่วงเวลาต่างๆ กัน อาจจะกล่าวได้ว่า อัตราการกระจายของพลูม ไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับความแปรปรวนและขนาดกระจายของกระแสวนเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับขนาดของพลูมด้วย และขนาดของพลูมนี้ขึ้นอยู่กับเวลาเดินทางจากจุดเกิดอีกต่อหนึ่ง Scorer, 1968 (อ้างถึงในมลภาวะอากาศ, วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์, นิตยา มหาผล และ ธีระ เกรอต, 2536) แนะนำว่าระยะเวลาการชักตัวอย่างที่เหมาะสมประมาณเท่ากับระยะเวลาที่ลมมาพลูม จากที่เกิดมายังจุดสังเกตการณ์

$$\tau \cong \frac{x}{u} \qquad \text{---------- 4.1}$$

โดยที่ τ = ระยะเวลาการชักตัวอย่าง

x = ระยะทางจากจุดเกิดถึงจุดชักตัวอย่าง

u = ความเร็วลม

ระยะเวลาการชักตัวอย่างนี้สำคัญ เพราะว่าสัมประสิทธิ์การกระจาย จะเป็นค่าเฉพาะของระยะเวลาการชักตัวอย่างเฉลี่ยค่าหนึ่งๆ

การกระจายแบบเกาส์เสียน (Gaussian diffusion process)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical model) ที่ใช้ในการทำนายความเข้มข้นของมลสารตามทิศทางลมจากแหล่งกำเนิดแบบเป็นจุด ที่ใช้ในการทำวิจัยในครั้งนี้ใช้แบบของเกาส์เสียน ซึ่งพื้นที่หน้าตัดของพลูมขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เราสังเกตพฤติการณ์ของพลูม สำหรับเวลาชักตัวอย่างที่สั้น ขอบของพลูมจะแคบและเป็นรูป Sinous ตามรูปที่ 4.1 แต่ถ้าช่วงเวลายาวกระแสวนในบรรยากาศจะทำให้พลูมกว้างขึ้น โดยที่จุดที่มีความเข้มข้นสูงสุดยังอยู่บนเส้นผ่าศูนย์กลางของพลูม

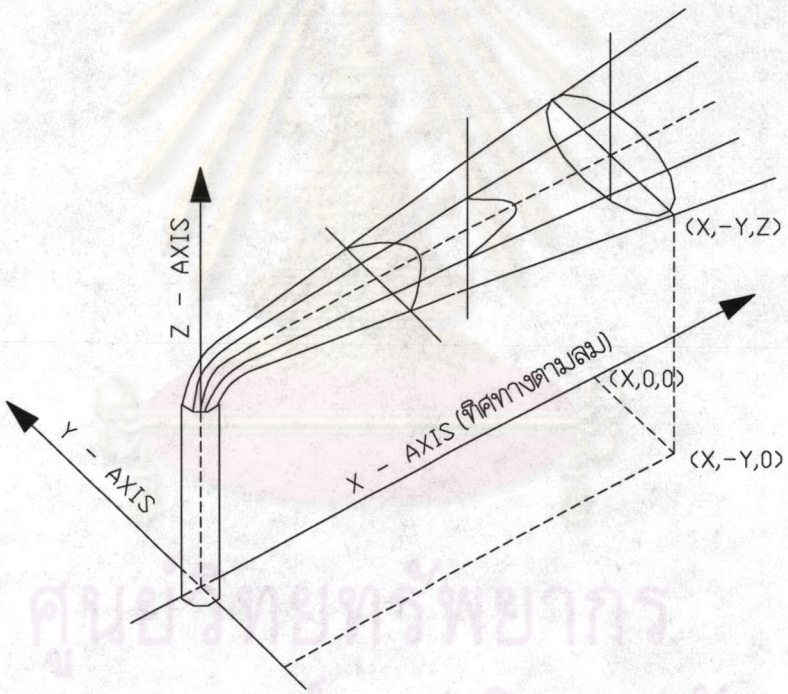
พฤติการณ์ทางกายภาพดังกล่าวนี้ สามารถอธิบายได้โดยเกาส์เสียนฟังก์ชั่น (Gaussian Function) ความเข้มข้นของมลสารซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ χ เป็นฟังก์ชั่นของตำแหน่งตามลมจากแหล่งเกิด

ทางด้านขวางลม (cross-wind coordinates) จะเกิดกระบวนการกระจายตัว (diffusion process) ซึ่งพอจะสมมติได้ว่าเป็นเกาส์เสียนฟังก์ชั่น

ทางด้านตามลม (along-wind coordinates) จะเกิดกระบวนการการพา (convection process) ซึ่งจะมีอิทธิพลมากกว่าการกระจาย ดังนั้น จึงคิดเพียงแค่ผลของความเร็วลมที่มีต่อการยืดตัวของพลูมอย่างเดียว

พลูมที่ออกมาจากปล่องของโรงไฟฟ้า ความเข้มข้นของมัน ณ จุดใดๆ จะขึ้นอยู่กับการกระจายในทิศทางขวางลม, การพาในทิศทางตามลม และความเข้มข้นของมลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งเกิด

เนื่องจากการกระจายตัวของพลูมในทิศทางขวางลม เป็นแบบเกาส์เสียน ดังนั้นจึงจำลองพลูมให้เป็นเกาส์เสียนฟังก์ชั่น ทั้งทางแนวดิ่ง Z และทางแนวนอน Y ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ระบบโคออร์ดิเนทแสดงการกระจายแบบเกาส์เสียนในแนวนอนและแนวตั้ง

เกาส์เสียนฟังก์ชั่นทางแกน Y อาจเขียนได้ดังนี้

$$\chi \propto Ae^{-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2} \qquad \text{4.2}$$

โดยที่ σ_y เป็นความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ทางแกน Y อินทีกรัล (Integral) ของความเข้มข้นทางแกน X, Y และ Z เท่ากับปริมาณมลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้า ทำการเปลี่ยนสมการที่ 4.2 ให้อยู่ในรูปของนอร์มัลไลซด์เกาส์เสียนฟังก์ชั่น (Normalized gaussian function) คือทำให้มีพื้นที่ใต้เส้นโค้งเป็น 1

จาก $$\int_o^{\infty} e^{-h^2x^2}dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2h}$$

เราให้ $$\frac{1}{\sqrt{2}\sigma_y} = h$$ จะได้ว่า

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2} dy = 2\int_0^{+\infty} e^{-(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma_y})^2 y^2} dy$$

$$= 2\frac{\sqrt{\pi}}{2(\frac{1}{\sqrt{2}\sigma_y})}$$

$$= \sqrt{2\pi}\sigma_y$$

ดังนั้น $$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y}\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2} dy = 1$$

โดยให้ $$A = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y}$$

จะได้นอร์มัลไลซด์ฟังก์ชั่น

$$\chi \propto \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2} \quad \text{——— 4.3}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนรูปของเกาส์เสียนฟังก์ชั่นทางแกน Z ต้องสมมติว่า พลูมที่กระจายตกพื้นถูกพื้นดูดซับ (absorption) และทับถม (deposition) กันหมด จึงไม่คิดแหล่งเกิดเงา (imaginary source) อันเนื่องมาจากพื้นสกัดกั้นการกระจายตัวของพลูม จึงหานอร์มัลไลซด์เกาส์เสียนฟังก์ชั่นทางแกน Z ในทำนองเดียวกับแกน Y นอร์มัลสไลซด์ฟังก์ชั่นทางแกน Z อาจเขียนได้ดังนี้

$$\chi \propto \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}(\frac{Z-H}{\sigma_z})^2} \qquad \text{4.4}$$

โดยที่ Z = ระยะทางแนวดิ่งจากจุดศูนย์กลางพลูมถึงจุดที่สนใจ

H = ระยะความสูงเส้นศูนย์กลางของพลูม

ส่วนทางแกน X นั้น การพามีอิทธิพลมากกว่าการกระจาย ดังนั้นความเข้มข้นของมวลสารจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความเร็วลม ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\chi \propto \frac{1}{u} \qquad \text{4.5}$$

เมื่อ u คือความเร็วของลม

และปริมาณความเข้มข้นของมลสารที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งเกิด ก็มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของพลูมที่จุดต่างๆ ที่อยู่ใต้ลมเช่นกัน

$$\chi \propto Q \qquad \text{4.6}$$

เมื่อ Q คือปริมาณมลสารที่เกิดขึ้นที่แหล่งเกิด

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 แกน X, Y, Z และปริมาณมลสารจากจุดเกิด จากสมการที่ 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 ก็จะสามารถหาความเข้มข้นของมลสาร ทางด้านใต้ลมที่จุดต่างๆ ได้ดังนี้

$$\chi(X,Y,Z,H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} e^{-\frac{1}{2}(\frac{y}{\sigma_y})^2} e^{-\frac{1}{2}(\frac{Z-H}{\sigma_z})^2} \quad \text{——— 4.7}$$

โดยที่ χ = ความเข้มข้นของมลสารที่จุด X, Y, Z มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

Q = อัตราการปล่อยมลสารจากแหล่งเกิด มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อวินาที

u = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูงของปล่องไฟ มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที

σ_y = สัมประสิทธิ์การกระจายในแกน Y มีหน่วยเป็นเมตร

σ_z = สัมประสิทธิ์การกระจายในแกน Z มีหน่วยเป็นเมตร

H = ความสูงประสิทธิ์ (effective height) ของพลูมที่เกิดมีหน่วยเป็นเมตร

1. ความเร็วของลมเฉลี่ยที่ความสูงของปล่องไฟ

โดยทั่วไปแล้วการวัดความเร็วของลมเฉลี่ยที่ความสูงของปล่องไฟ มักจะทำได้ยาก แต่สิ่งที่ทำได้คือ การวัดความเร็วของลมที่ความสูงอื่น แล้วสมมติให้ความเร็วของลมที่ระดับความสูงต่างๆ เป็นไปตามกฎการยกกำลัง (Power Law) โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

$$u_H = u_0(\frac{H}{Z_0})^n \quad \text{——— 4.8}$$

โดยที่ H = ความสูงของปล่องไฟ

Z_0 = ความสูงที่ตำแหน่งที่วัดความเร็วลม

u_H = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูงของปล่องไฟ H

u_0 = ความเร็วลมเฉลี่ยที่ความสูง Z_0 ที่วัดได้

n = เลขยกกำลังแสดงสภาพของบรรยากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Smith, 1968 (อ้างถึงในมลภาวะอากาศ, วงศ์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ, 2536) แนะนำให้ใช้ค่า n = 0.25 สำหรับบรรยากาศแบบไม่คงตัวและ n = 0.50 สำหรับบรรยากาศแบบคงตัว

2. สัมประสิทธิ์การกระจาย (Diffusion Coefficients)

สัมประสิทธิ์การกระจาย σ_y และ σ_z ขึ้นอยู่กับความเร็วของลมและสภาพการคงตัว (Stability condition) ของบรรยากาศ การหาสภาพการคงตัวของบรรยากาศใช้หลักของ Pasquill, 1962 (อ้างถึงใน Prediction and Regulation of Air Pollution, M.E.Berlyand, 1991) ที่แบ่งสภาพการคงตัวของบรรยากาศเป็น 6 ชนิด ดังนี้

ชนิดที่ 1 คือ สภาพการไม่คงตัวสูง (Very unstable)

ชนิดที่ 2 คือ สภาพการไม่คงตัวปานกลาง (Moderately unstable)

ชนิดที่ 3 คือ สภาพการไม่คงตัวต่ำ (Slightly unstable)

ชนิดที่ 4 คือ สภาพความเป็นกลาง (Neutral)

ชนิดที่ 5 คือ สภาพการคงตัวต่ำ (Slightly stable)

ชนิดที่ 6 คือ สภาพการคงตัวสูง (Stable)

การแบ่งชนิดของสภาพการคงตัวของบรรยากาศ ตามหลักของ Pasquill, 1962 แสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ความเร็วลมที่ความสูง 10 ม. (ม./วิ.)	กลางวัน การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์			กลางคืน	
	แรง	ปานกลาง	น้อย	เมฆมากหรือเมฆระดับต่ำ ≥ 4/8	เมฆ ≤ 3/8
<2	1	1-2	2-3	-	-
2-3	1-2	2	3	5	6
3-5	2	2-3	3	4	5
5-6	3	3-4	4	4	4
>6	3	4	4	4	4

ตารางที่ 4.1 การแบ่งชนิดของสภาพการคงตัวของบรรยากาศตามหลักของ Pasquill

เมื่อได้ค่าสภาพการคงตัวของบรรยากาศแล้ว ก็จะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การกระจาย σ_y และ σ_z ได้ โดย Gifford (อ้างถึงใน Prediction and Regulation of Air Pollution, M.E.Berlyand, 1991) ได้แสดงสูตรที่คิดโดย Briggs สำหรับการหาค่า σ_y และ σ_z ที่ระยะจาก 100 เมตร ถึง 10 กม.จากจุดกำเนิดมลสาร ดังนี้

$$\sigma_y = \frac{\alpha_y X}{S_y} \qquad \text{——— 4.9}$$

$$\sigma_z = \frac{\alpha_z X}{S_z} \qquad \text{——— 4.10}$$

Irwin, 1979 (อ้างถึงใน Prediction and Regulation of Air Pollution, M.E.Berlyand, 1991) ได้ทำการปรับปรุงสูตรดังกล่าว เพื่อให้ใช้ได้เกิน 10 กม. โดยมีการหาค่า S_y ดังนี้

$$S_y = (1+0.03X^{0.46}) \quad \text{เมื่อ } X \leq 10 \text{ กม.} \text{ ——— 4.11}$$

และ $$S_y = 0.03\sqrt{X} \quad \text{เมื่อ } X \geq 10 \text{ กม.} \text{ ——— 4.12}$$

สำหรับค่า S_z, α_y และ α_z ยังคงใช้สูตรตามความคิดของ Briggs ดังตารางที่ 4.2

ชนิดของสภาพการคงตัว	α_y	α_z	$S_z(X)$
1	0.22	0.20	1
2	0.16	0.12	1
3	0.11	0.08	$\sqrt{1+2x10^{-4}x}$
4	0.08	0.06	$\sqrt{1+1.5x10^{-4}x}$
5	0.06	0.03	$\sqrt{1+3x10^{-4}x}$
6	0.04	0.02	$\sqrt{1+3x10^{-4}x}$

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ α_y, α_z และสมการ S_z

จากสมการที่ 4.7 ถ้าสามารถหาค่าพิกัดของพื้นดิน ทั้ง X, Y, Z ก็จะสามารถคำนวณหาค่าความเข้มข้นของมลสาร ที่ออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้าและกระทบจุดนั้นได้ ในการหาค่าระดับพื้นดิน ใช้คุณสมบัติของ Software ARC/INFO Module TIN. ซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

หลักการของพื้นผิว (Surface Concepts)

พื้นผิว (Surface) คือ ขอบเขตของพื้นสามมิติซึ่งแสดงโดยค่าพิกัดตำแหน่ง X, Y, Z ที่ต่อเนื่องกันโดยตลอด โดยทั่วไปลักษณะของข้อมูลอาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ลักษณะแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete features) และลักษณะแบบต่อเนื่อง (Continuous features)

ลักษณะแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete features) เป็นลักษณะที่แบ่งให้เห็นเส้นขอบเขตอย่างชัดเจน เช่น ถนน มีขนาดกว้างและยาว ซึ่งแสดงในแผนที่เป็นเส้น, แผนที่แสดงกรรมสิทธิ์ที่ดินแสดงขอบเขตของแต่ละแปลงอย่างชัดเจน ลักษณะแบบไม่ต่อเนื่องสามารถแสดงในแผนที่เป็นจุด, เส้น และพื้นที่

ลักษณะแบบต่อเนื่อง (Continuous features) ลักษณะแบบนี้จะตรงกันข้ามกับลักษณะแบบไม่ต่อเนื่อง โดยทั่วไป ค่าต่างๆจะค่อยๆเปลี่ยนแปลง ไม่มีเส้นขอบเขตอย่างชัดเจน มักใช้แทนลักษณะพื้นผิว ซึ่งมี attribute เป็นค่า Z หรือค่าความสูงในแนวดิ่ง ณ ตำแหน่งพิกัด X, Y ใดๆ

Software ARC/INFO เก็บบันทึกลักษณะพื้นผิวแบบต่อเนื่องในลักษณะพื้นผิวฟังก์ชั่น (Functional surfaces) กล่าวคือ ณ ตำแหน่ง X, Y ใดๆ จะมีค่า Z ได้เพียง 1 ค่าเท่านั้น ลักษณะนี้จะเป็นลักษณะของพื้นผิวดินโดยทั่วๆไป ลักษณะของพื้นผิวฟังก์ชั่น นอกจากสภาพความสูงต่ำของผิวดินแล้ว ยังมีความลึกของทะเล, ความลึกของสภาพธรณีวิทยาในแต่ละชั้น ค่าทางสถิติของสภาพอากาศ เป็นต้น พื้นผิวฟังก์ชั่นสามารถแสดงได้โดยสูตรคณิตศาสตร์ เช่น $Z = a+bx+cy$ บางครั้งมีการกล่าวถึงพื้นผิวฟังก์ชั่นว่าเป็นพื้นผิว 2.5 มิติ (2.5 dimensional surfaces) ซึ่งแตกต่างจากพื้นผิว 3 มิติ หรือที่เรียกว่า Solid models Solid models จะเป็นพื้นผิวที่ ณ ตำแหน่ง X, Y ใดๆ จะยอมให้มีค่า Z ได้หลายค่า มักใช้มากในงาน Computer Assisted Design (CAD), งานวิศวกรรมอื่นๆ เช่น การเขียนชิ้นส่วนเครื่องจักร, โครงสร้างสะพาน, อาคาร เป็นต้น

ลักษณะพื้นดินที่แทนด้วยพื้นผิวฟังก์ชั่นใน Software ARC/INFO จะใช้ตัวอย่างจุดที่รู้ค่าพิกัด X, Y และ Z มาสร้างสมการใช้แทนพื้นผิวจริง เพื่อให้ใกล้เคียงกับสภาพแท้จริงของพื้นที่ ได้มีการเพิ่มหลักเกณฑ์บางอย่างดังนี้

Surface smoothness คำว่า Smoothness สามารถอธิบายได้ในรูปของเส้นตั้งฉากกับพื้นผิว หรือกล่าวทางคณิตศาสตร์ว่าเส้นนี้คือ Vector ที่ตั้งฉากกับค่า First-derivative ของพื้นผิว ตามรูปที่ 4.3 แสดงสภาพพื้นผิวที่มี Smoothness ต่างกัน รูป 4.3 ก. แสดงพื้นผิวสามเหลี่ยมเรียบต่อกัน แนวทิศตั้งฉากกับพื้นผิวจะขนานกันในแต่ละพื้นผิว โดยจะเปลี่ยนทิศในแนวรอยต่อระหว่างผิวสามเหลี่ยมทั้ง 2 ผิว อย่างนี้เรียกว่า Planar surface ในทางตรงกันข้ามตามรูป 4.3 ข. แนวตั้งฉากกับพื้นผิวจะค่อยๆเปลี่ยนทิศทางตลอดพื้นผิว แม้ว่าจะข้ามรอยต่อก็จะไม่มีการเปลี่ยนทิศทางอย่างเด่นชัด ลักษณะอย่างนี้เรียกว่า Smooth surface

ก. Planar Surface ข. Smooth Surface

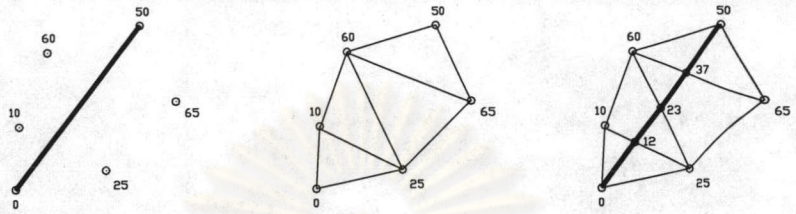
รูปที่ 4.3 แสดงสภาพพื้นผิวที่มี SMOOTHNESS ต่างกัน

พื้นดินโดยทั่วไปจะมี Smoothness ที่แตกต่างกัน สภาพทางธรณีวิทยาใหม่ จะมีลักษณะค่อนข้างเปลี่ยนแปลง Slope มาก จึงไม่ค่อยมี Smoothness ในขณะที่สภาพทางธรณีวิทยาเก่า จะมี Smoothness มากกว่า เพราะพื้นผิวดินถูกกัดเซาะจนค่อนข้างราบเรียบ ค่าทางสถิติของสภาพบรรยากาศ เช่น ปริมาณน้ำฝน, อุณหภูมิอากาศ มักจะแทนด้วยพื้นผิวที่มี Smoothness

Breaklines เป็น Linear feature ที่ใช้ควบคุมลักษณะ Smoothness และความต่อเนื่องของพื้นผิว Breaklines สามารถอธิบายและบังคับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นผิว ค่า Z ตามแนวเส้น Breaklines อาจจะคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงได้ตามแนวเส้นตลอดความยาว Breaklines ที่ใช้ในสภาพพื้นดินทั่วๆไป มี 3 ลักษณะ คือ Soft breaklines, Hard breaklines และ Faults

Soft breaklines ใช้เพื่อรักษาค่า Z ตามแนว Breaklines ให้คงที่หรือลาดเอียงตามสภาพความลาดชันระหว่าง node ทั้ง 2 โดยการใช้เส้น Soft breaklines เป็นด้านของสามเหลี่ยมในการสร้างสภาพพื้นผิว Soft breaklines จะไม่กระทบในการทำ Surface smoothing ลักษณะการทำงานของโปรแกรมในการสร้าง Soft breaklines แสดงไว้ตามรูปที่ 4.4 เป็นการนำ Soft breaklines เข้ามา

ทำให้มีผลในการสร้างสภาพพื้นผิว แสดงให้เห็นการสร้าง node ใหม่บนเส้น Soft breaklines และการใช้ Linear interpolation ในการหาค่า Z ของ node ใหม่บน Soft breaklines



ข้อมูลนำเข้าประกอบด้วย จุดที่รู้ค่า Z จำนวน 4 จุด และเส้น BREAKLINE ที่รู้ค่า Z ที่ NODES ทั้งสอง

การสร้าง TIN โดยใช้จุด และ NODES ทั้งหมด โดยไม่สนใจเส้น BREAKLINE

เมื่อเพิ่มเส้น BREAKLINE เข้าไป จะทำการหาค่า Z ตามแนวเส้น BREAKLINE ตาม NODE ที่สร้างขึ้นใหม่

รูปที่ 4.4 การทำงานของโปรแกรม TIN เมื่อมีเส้น SOFT BREAKLINE

ตัวอย่างของ Soft breaklines เช่น แนวท่อที่มีระดับเท่ากันหมด, ถนนที่มีขึ้นๆลงๆ และแนวสำรวจ เป็นต้น

Hard breaklines เป็นเส้น Breaklines ที่แสดงให้เห็นความแตกต่างของลักษณะ Smoothing ของพื้นผิว เช่น ร่องน้ำ, สันเขา, ชายฝั่ง, ขอบฐานอาคาร, เขื่อน และอื่นๆที่แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงอย่างเด่นชัดของพื้นผิว

Faults เป็นลักษณะของพื้นผิวที่ ณ ตำแหน่ง X, Y ใดๆ มีค่า Z 2 ค่า มักเกิดบริเวณพื้นที่เป็นหน้าผาชัน ลักษณะเช่นนี้ไม่ใช่พื้นผิวฟังก์ชั่น ในการทำงานจึงจำเป็นต้องเลื่อนจุดที่มีค่าพิกัด Z 2 ค่า ออกจากกันเล็กน้อย ทำให้เกิด X, Y ตัวใหม่ เช่น ในการใส่ค่าพิกัดของอาคารที่สูงขึ้นในแนวดิ่ง จะต้องให้ค่าพิกัด X, Y ที่ฐานกับที่จุดยอดอาคารเป็นคนละค่าพิกัด เป็นต้น

พื้นผิวโดยทั่วไปประกอบไปด้วยจุดพิกัดเป็นจำนวนมาก และสามารถหาค่าพิกัดสามมิติได้ทุกจุด ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะบันทึกข้อมูลของทุกๆจุดได้ จึงต้องใช้วิธีสุ่มตัวอย่าง (Sampling method) ในการหาค่าของจุดต่างๆ เพื่อมาใช้แทนพื้นผิวที่แท้จริงที่เรียกว่า Surface model ซึ่ง Surface model ควรจะ

- ทดแทนพื้นผิวได้อย่างถูกต้อง
- เหมาะสำหรับการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ
- ต้องการพื้นที่น้อยในการบันทึกข้อมูล
- มีประสิทธิภาพสูงในการดำเนินการเกี่ยวกับข้อมูล
- เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์พื้นผิว

มีวิธีทั่วไปที่ใช้แทนพื้นผิวในรูป Digital form คือ เส้นชั้นความสูง (Contour lines), จุดความสูงเป็นตารางกริด (Arrays of equally-spaced sample points) และจุดความสูงที่ตำแหน่งใดๆ (Irregularly-spaced sample points)

1. เส้นชั้นความสูง (Contour Lines)

Contour lines หรือ บางครั้งเรียกว่า isolines คือเส้นที่แสดงค่าความสูงของพื้นดิน (ค่า Z) โดยมีค่าระดับที่คงที่บนเส้น Contour เป็นการแสดงพื้นผิวดินที่นิยมใช้กันมากที่สุด แผนที่ Contour มีใช้กันอยู่ทั่วโลก และมาตราส่วนต่างๆกัน ความถูกต้องของเส้น Contour ขึ้นอยู่กับที่มาของเส้น Contour ว่ามาจากข้อมูลโดยตรงหรือมาจากการคำนวณ เมื่อเส้นชั้นความสูงเขียนขึ้นมาจากเครื่องเขียนแผนที่จากรูปถ่ายทางอากาศ ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลโดยตรง จึงมีความถูกต้องสูง ในขณะที่ถ้าเส้น Contour ได้มาจากการคำนวณระยะระหว่างจุด ความถูกต้องของเส้น Contour ก็จะลดลง เส้นชั้นความสูงใช้มากในแผนที่ที่เป็นแผ่นกระดาษ ส่วนในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ มักไม่นิยมใช้เส้นชั้นความสูง เพราะเส้นชั้นความสูงสามารถวิเคราะห์ได้เฉพาะในส่วนที่เส้นชั้นความสูงผ่าน ในส่วนตรงกลางระหว่างเส้นชั้น ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลในการทำวิจัยครั้งนี้จึงไม่เลือกใช้การวิเคราะห์ด้วยเส้นชั้นความสูง

2. จุดความสูงเป็นตารางกริด (Arrays of equally-spaced sample points)

จุดความสูงเป็นตารางกริด บางครั้งเรียกว่า Digital Elevation Models (DEMs) หรือ Digital Terrain Models (DTMs) เป็นวิธีทั่วไปที่ใช้ในการแทนสภาพพื้นผิวใน Digital format โดยแทนสภาพพื้นผิวด้วยจุดที่มีค่าพิกัด X, Y, และ Z เป็นตารางกริดที่มีระยะห่างระหว่างจุดเท่ากัน ทั้งทาง X และทาง Y ในการหาค่า Z ที่อยู่ระหว่างจุดที่รู้ค่าพิกัดทำได้ 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 ทำการ Interpolate ระหว่างจุดที่อยู่ใกล้เคียง วิธีนี้เรียกว่า Lattices

วิธีที่ 2 คิดว่าแต่ละจุดที่รู้ค่าเป็นจุดกึ่งกลางของสี่เหลี่ยมจตุรัส ดังนั้น ค่า Z ทุกจุดที่อยู่บนผิวสี่เหลี่ยมจตุรัสนี้ จะมีค่า Z เท่ากับจุดกึ่งกลางสี่เหลี่ยมจตุรัส วิธีนี้เรียกว่า Surface grid

ในโปรแกรม ARC/INFO เรียกการแทนสภาพพื้นผิวจุดความสูงที่เป็นตารางกริดว่า Lattice

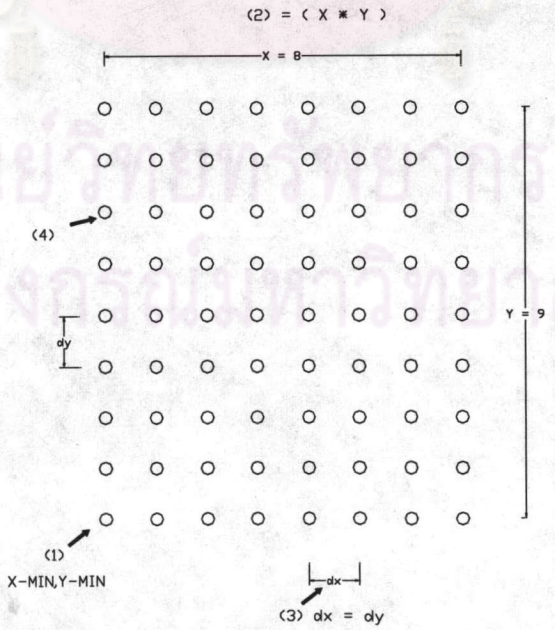
Lattice คือ การแทนค่าพื้นผิวด้วยจุดที่วางตัวเป็นตารางกริดที่มีระยะห่างเท่าๆกัน ทั้งทาง X และทาง Y แต่ละจุดจะมีค่า Z ของตำแหน่งนั้นๆ ค่า Z ที่อยู่ระหว่างจุดตารางกริด จะสามารถหาได้โดยการ interpolation จากจุดโดยรอบ

ปกติแล้ว Lattice จะคลุมพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า แต่ในสภาพพื้นที่จริงๆ ที่จะ ศึกษาอาจจะไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เมื่อสร้าง Lattice คลุมพื้นที่ จะมีพื้นที่ส่วนหนึ่งอยู่นอกพื้นที่ที่จะศึกษา พื้นที่เหล่านี้ไม่สามารถหาค่า Z ได้ หรือถึงจะหาได้ก็ไม่เป็นที่สนใจและเปลืองเวลาในการประมวลผล โปรแกรม ARC/INFO ได้กำหนดค่า Z ขึ้นมาค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า NODATA มีค่าเท่ากับ -9999 เมื่อโปรแกรมพบค่า NODATA จะไม่ทำการประมวลผล ถ้าข้อมูลในสภาพจริงมีค่า Z เท่ากับ -9999 จะต้องทำการเปลี่ยนให้เป็น -9999.001 หรือ -9998.999 ซึ่งจะทำให้โปรแกรมนำค่า Z ดังกล่าวมาประมวลผล

โครงสร้างข้อมูลของ Lattice ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 เป็นข้อมูลหัวเรื่อง (Header information) ซึ่งประกอบไปด้วย จุดกำเนิด (origin), จำนวนจุดกริดทั้งหมด (number of sample points), ระยะทางระหว่างจุดกริด (distance between sample points)

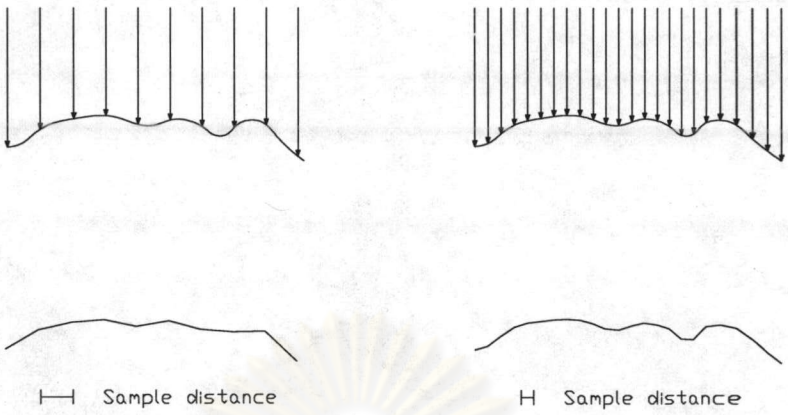
ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของข้อมูลค่า Z โดยจะเก็บเฉพาะค่า Z ของจุดกริดทั้งหมด



รูปที่ 4.5 แสดงส่วนประกอบของ Lattice ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(1)จุดกำเนิด (origin)	จุดกำเนิดของ Lattice เป็นจุดกริดที่อยู่มุมซ้ายล่าง หรือมีค่าพิกัดน้อยสุดทั้งแกน X และแกน Y โดยมีค่าพิกัดอยู่ในระบบพิกัดพื้นดิน
(2)จำนวนจุดกริดทั้งหมด (number of sample points)	จำนวนจุดกริดนี้จะมีอยู่ 2 ค่า คือค่าจำนวนจุดทั้งหมดในแกน X และจำนวนจุดทั้งหมดในแกน Y ซึ่งทั้ง 2 ค่านี้ เป็นตัวกำหนดความละเอียดของ Lattice ในรูปของจำนวนจุดกริด
(3)ระยะทางระหว่างจุดกริด (distance between sample points)	ระยะทางระหว่างจุดกริดจะมีค่าเท่ากันทั้งแกน X และแกน Y ค่าที่เก็บบันทึกจะมีหน่วยเดียวกับพิกัดพื้นดิน ดังนั้นขนาดของพื้นที่ที่ศึกษาจะมีขนาดเท่ากับผลคูณระหว่างจำนวนจุดกริดทางแกน X กับจำนวนจุดกริดทางแกน Y และระยะทางระหว่างจุดกริด
(4)ค่า Z (Z - values)	ค่า Z แทนความสูงของจุดกริด จุดกริดที่อยู่ในบริเวณที่ไม่ต้องการศึกษา จะให้ค่า Z เป็น NODATA หรือ -9999
ความละเอียดของ Lattice (Lattice resolution)	ความละเอียดของ Lattice ถูกกำหนดโดยจำนวนจุดทางแกน X และแกน Y ตามทฤษฎี Lattice ที่มีความละเอียดมาก ก็จะมีความถูกต้องมากในการแทนพื้นผิว ตามรูปที่ 4.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 แสดงผลการใช้ Lattice resolution ต่างกันในการแทนสภาพพื้นผิว

จากรูป 4.6 จะเห็นว่าการเพิ่มความละเอียดของ Lattice จะทำให้สามารถแทนสภาพพื้นผิวได้ใกล้เคียงความจริงมากกว่า โดยทั่วไประยะห่างระหว่างจุดกริดถูกกำหนดด้วยขนาดของลักษณะพื้นที่ที่จะเก็บรวบรวมในทางปฏิบัติ ระยะทางระหว่างจุดกริดควรจะมีค่าเท่ากับ 1/5 ของขนาดของลักษณะพื้นที่ที่จะเก็บเช่น บ้านขนาดกว้าง 20 เมตร ยาว 20 เมตร ถ้าต้องการเก็บบ้านใน Lattice ควรจะมีระยะห่างระหว่างจุดกริดเท่ากับ 4 เมตร เป็นต้น การเพิ่มความละเอียดของ Lattice จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเก็บบันทึก และเวลาในการประมวลผล ข้อควรคำนึงสำหรับ Lattice คือ Lattice เป็นโครงสร้างข้อมูลแบบจุด มันจึงเป็นไปไม่ได้ที่จะแสดงลักษณะข้อมูลเป็นเส้น เช่น เส้น breakline ใน Lattice ทางเดียวที่จะทำได้คือการเพิ่มความละเอียดของ Lattice จะทำให้ลักษณะที่เป็นเส้นสามารถต่อเนื่องกันได้

การเก็บบันทึกข้อมูล Lattice ในโปรแกรม ARC/INFO จะเก็บเป็นแบบ floating point grids ทุก grids จะเก็บบันทึกเป็น directory ซึ่งมี files ที่เกี่ยวข้องเก็บข้อมูลของพื้นผิวดังนี้

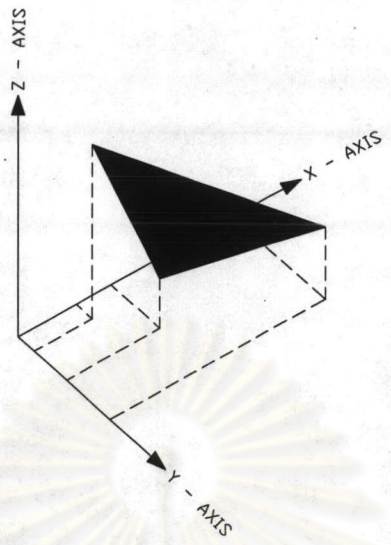
dblbnd	เก็บขอบเขตของพื้นผิว (Surface extent) ในรูปแบบ single precision หรือ double precision
hdr	เก็บข้อมูลหัวเรื่องของ Lattice เช่นความละเอียดของ Lattice
prj	เก็บข้อมูลเกี่ยวกับระบบฉายแผนที่ที่นำมาใช้
goxi,yi and goxi,yix	เก็บข้อมูลของพื้นผิว
sta.	เป็นตารางของ INFO แสดงค่าทางสถิติของพื้นผิว

Surface grid คือ การแทนสภาพพื้นผิวด้วยช่องตารางที่มีค่าความสูงเท่ากับ ค่า Z ที่ตกอยู่ในช่องตารางจะมีค่าเท่ากันหมด จึงไม่ต้องมีการ Interpolation ค่า Z ระหว่างช่องตาราง ขนาดของช่องตารางขึ้นอยู่กับ Resolution ของ Surface grid ความแตกต่างของ Surface grid กับ Lattice คือ Lattice คือจุดตารางของค่า Z ซึ่งค่า Z ระหว่างจุดตารางจะมีค่าแปรผันตามค่า Z ของจุดตารางที่อยู่โดยรอบ ส่วน Surface grid คือช่องตารางที่มีค่า Z เท่ากันหมดภายในช่องตาราง ช่องตารางจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสมีขนาดเท่ากับระยะห่างของจุดตาราง ข้อมูล Surface grid เป็นข้อมูลประเภทแรสเตอร์ ซึ่งในโปรแกรม ARC/INFO มี Module สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลแรสเตอร์ที่สำคัญ และมีประโยชน์มากคือ Module GRID ซึ่งใน Module ดังกล่าวมี Map algebra language ใช้สำหรับการวิเคราะห์ฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์, การวน Loop และการตรวจสอบเงื่อนไข โดยสามารถเขียนเป็นโปรแกรมให้คำนวณแต่ละช่องกริดหรือคำนวณทั้งโครงสร้างกริดก็ได้

3. จุดความสูงที่ตำแหน่งใดๆ (Irregularly spaced sample points)

จุดความสูงที่ตำแหน่งใดๆ สามารถฟอร์มเป็นสามเหลี่ยมในสภาพสามมิติที่เรียกว่า TIN (Triangulated Irregular Network) ซึ่งเป็นโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานที่ใช้แทนสภาพพื้นผิวแบบต่อเนื่องใน ARC/INFO โดยเฉพาะใช้แทนสภาพภูมิประเทศ

ลักษณะพื้นดินทั่วไปมีลักษณะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง สามารถแทนด้วย จุด, เส้น และพื้นที่ แต่พื้นผิวจะมีลักษณะต่อเนื่อง จึงต้องใช้โครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างจากลักษณะพื้นดินทั่วไป ตัวอย่างเช่น ค่าระดับซึ่งสามารถวัดได้ทุกๆ จุดบนพื้นผิว แต่ละค่าของ X, Y จะมีค่า Z ซึ่งแสดงค่าความสูง ซึ่งสามารถหาได้ทุกๆ จุดบนพื้นผิว ส่วนของปัญหาที่ยากที่สุดคือ การแยกกลุ่มของจุดพิกัด X, Y, Z และ จำนวนจุดมากเท่าไรจึงจะเพียงพอกับการแทนสภาพพื้นผิวได้อย่างถูกต้อง รูปที่ 4.7 แสดงพื้นผิวสามเหลี่ยมของ TIN ในลักษณะสามมิติ แต่ละสามเหลี่ยมจะประกอบกันเป็นผิวหน้า (facet) คล้ายกับการเจียระไนเพชร แต่ละผิวหน้าใช้ทดแทนสภาพพื้นดิน ณ จุดนั้น ค่า Z สามารถ Interpolate ได้บนพื้นผิวนั้น

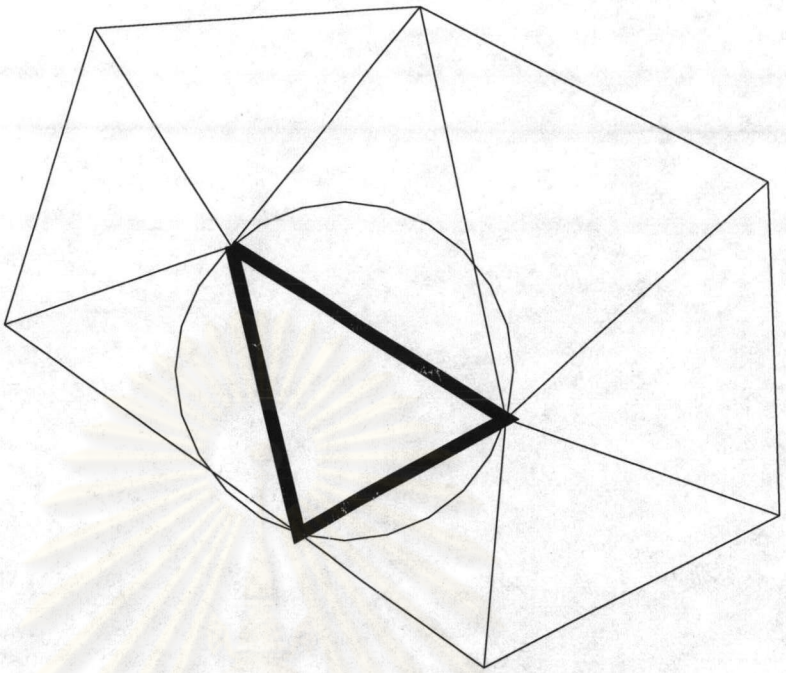


รูปที่ 4.7 แสดงพื้นผิวสามเหลี่ยมของ TIN

โครงสร้างข้อมูลของ TIN ขึ้นอยู่กับ 2 สิ่งหลักคือ จุดที่มีค่าพิกัด 3 แกน X, Y, Z และชุดของด้านที่เชื่อมต่อจุดเหล่านั้นเพื่อขึ้นเป็นรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกันคล้ายผิวหน้าของเพชร การเชื่อมต่อจุด 3 จุด ขึ้นเป็นสามเหลี่ยมในสามมิติ ยึดหลักของ Delaunay Criterian (ESRI, Surface Modeling with TIN, 1991)

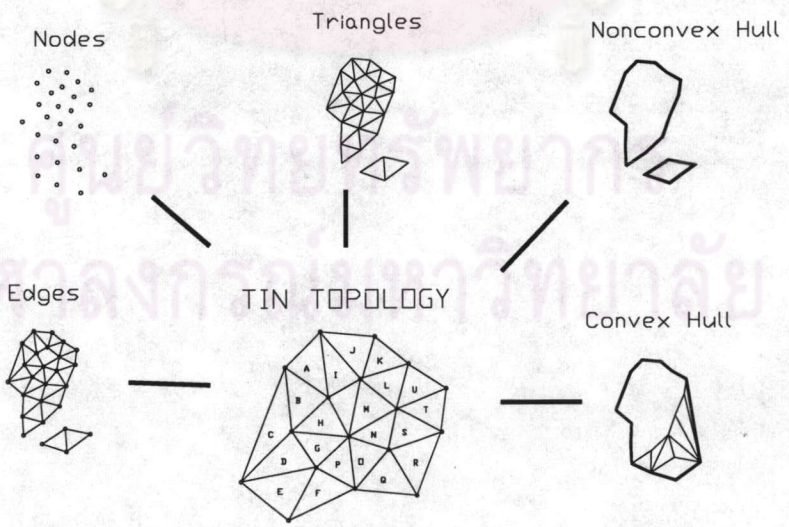
การฟอร์มสามเหลี่ยมของ Delaunay (Delaunay Triangulation) คือ วิธีที่ใกล้เคียงที่สุดในการหาวงกลมที่ลากผ่านเพียงจุด 3 จุด ของสามเหลี่ยม โดยไม่ผ่านจุดอื่นอีก อาจกล่าวได้ว่าจุดตัวอย่างทั้งหมดถูกลากเชื่อมกันเป็นสามเหลี่ยม โดยแต่ละจุดลากไปยัง 2 จุดที่เหลือที่ใกล้ที่สุด การฟอร์มสามเหลี่ยมของ Delaunay มีประโยชน์เหนือกว่าการฟอร์มสามเหลี่ยมวิธีอื่น ดังนี้

- สามเหลี่ยมจะมีมุมทั้ง 3 เกือบเท่าๆกัน ทั้งนี้เพื่อลดปัญหาเรื่องความละเอียดถูกต้องในการคำนวณ ในกรณีของสามเหลี่ยมยาวและแหลม
- ทำให้ทุกๆ จุดบนพื้นผิว อยู่ใกล้กับจุดที่รู้ค่า Z มากที่สุด
- การฟอร์มสามเหลี่ยมเป็นอิสระแก่กันในแต่ละสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.8 แสดงการฟอร์มสามเหลี่ยมแบบ Delaunay

TIN เป็นโครงสร้างข้อมูลที่ประกอบด้วย Nodes, Edges, Triangles, Hull, Polygon และ Topology ตามรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 แสดงโครงสร้างข้อมูลของ TIN

Nodes : เป็นจุดเริ่มและจุดปลายเส้น Nodes เกิดจากจุดและมุมหักของเส้น

Edges : เป็นเส้นเชื่อมระหว่าง Nodes

Triangles : แต่ละผิวหน้าสามเหลี่ยม อธิบายพฤติกรรมในแต่ละส่วนของพื้นผิว TIN พิกัด X, Y, Z ของ Nodes ทั้ง 3 ที่ฟอร์มเป็นสามเหลี่ยมสามมิติ สามารถหาข้อมูลอื่นๆเกี่ยวกับผิวนั้น เช่น ความลาดชัน (Slope), ทิศทางความลาดชัน (Aspect), พื้นที่ผิว (Surface area) และความยาวตามพื้นผิว (Surface length) ที่คิดรวมสามเหลี่ยมทั้งหมด มันจะสามารถหาค่าปริมาตร, ภาพตัดขวาง และภาพตัดตามยาว, การวิเคราะห์การมองเห็น และภาพสามมิติได้

Hull : Hull ของ TIN ฟอร์มโดย Polygon 1 รูป หรือมากกว่าที่ครอบคลุมจุดข้อมูลทั้งหมดที่ใช้สร้าง TIN Hull polygon จะจำกัดขอบเขตในการคำนวณของ TIN ค่าภายในหรือบนขอบของ Hull polygon จะมีการคำนวณหาค่า Z, การวิเคราะห์และแสดงพื้นผิว ส่วนข้อมูลที่อยู่ภายนอก Hull polygon จะไม่มีการคำนวณตามวิธีของ TIN

Topology : โครงสร้างทาง Topology ของ TIN ถูกกำหนดโดยการเก็บข้อมูลที่ชี้เฉพาะแต่ละ Node ของสามเหลี่ยม, หมายเลขและชนิดของด้านและด้านที่ต่อเนื่องกันของแต่ละสามเหลี่ยม สำหรับสามเหลี่ยมแต่ละรูป TIN จะเก็บข้อมูลดังนี้

- หมายเลขของสามเหลี่ยม
- หมายเลขของสามเหลี่ยมที่ต่อเนื่องกับสามเหลี่ยมนี้
- Node ทั้ง 3 ที่สร้างรูปสามเหลี่ยม
- ค่าพิกัด X, Y ของแต่ละ Node
- ค่า Z ของแต่ละ Node
- ชนิดของด้านของสามเหลี่ยม

การเก็บบันทึกข้อมูล TIN ในโปรแกรม ARC/INFO จะเก็บบันทึกเป็น directory ซึ่งประกอบด้วยหลาย file อย่างไรก็ตาม TIN ไม่ใช่ coverage จึงไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับฐานข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

INFO Files ที่เก็บข้อมูลของ TIN จะเก็บเป็น binary format จึงไม่สามารถอ่านและแก้ไขได้ด้วยโปรแกรม Editor ทั่วๆไป Files ที่เก็บข้อมูล TIN มีดังนี้

- denv เก็บตัวแปรแวดล้อม (environment variable) ทั้งหมด
- edg เก็บหมายเลขของสามเหลี่ยมที่ต่อเนื่อง
- log เก็บข้อมูลประวัติของ file
- hul เก็บจุดที่เป็น hull boundary
- prj เก็บข้อมูลเกี่ยวกับระบบการฉายที่ใช้
- msk , msks เก็บข้อมูลเกี่ยวกับ nonconvex hull
- nod เก็บข้อมูล 3 nodes ที่เป็นจุดมุม 3 เหลี่ยม
- nx,y เก็บข้อมูลพิกัด X,Y ของแต่ละ node
- nz เก็บข้อมูลพิกัด Z ของแต่ละ node

การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง Tins กับ Lattices ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3

องค์ประกอบ	TIN	LATTICE
ข้อมูลสภาพพื้นดิน	ต้องหาเองจากผู้ใช้งานหรือแปลงจาก Lattice	มีอยู่แล้วจาก USGS และ SPOT
การรับรูปแบบข้อมูล	ARC/INFO Coverages ASCII files Lattices	ASCII files ARC/INFO grids USGS DEMs Tins
ตำแหน่งของจุดตัวอย่าง	ตำแหน่งจุดตัวอย่างกำหนดได้เพื่อเข้ากับสภาพพื้นที่จริง	ถูกกำหนดโดยจุดเป็นตารางกริด
แทนลักษณะสภาพเป็นเส้น	ได้	ไม่ได้

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง TIN กับ LATTICE

องค์ประกอบ	TIN	LATTICE
ยอมให้มี breaklines เพื่อแสดงความ smooth และต่อเนื่องของพื้นผิว	ได้	ไม่ได้
สามารถแสดงจุดตัวอย่างในตำแหน่งที่ถูกต้อง	ได้	ไม่ได้,นอกจากจุดนั้นจะตรงกับจุดตารางกริด
สามารถกันพื้นที่บางส่วนออกจากพื้นที่ที่กำลังวิเคราะห์	ได้ ด้วยคำสั่ง CLIP และ ERASE พื้นที่ดังกล่าวออก	ได้, โดยการให้ค่า Z แก่จุดในพื้นที่ที่ต้องการกันออกด้วย NODATA (-9999)
ยอมให้มีจุดตัวอย่างที่ไม่มีค่า Z	ไม่, ทุก node ใน tin จะต้องมีค่า Z	ได้, จุดตารางกริดที่ไม่มีค่า Z จะถูกกำหนดเป็น NODATA
ค่าใช้จ่ายในการเพิ่มความละเอียดของพื้นผิว	น้อย, โดยการเพิ่มจุดตัวอย่างที่สำคัญเข้าไปใน tin	สูง, ความละเอียดของพื้นผิวขึ้นอยู่กับความละเอียดของ Lattice ซึ่งต้องเพิ่มจุดตัวอย่างขึ้นมาก
จำนวนจุดที่ใช้ในการแทนพื้นผิว	น้อย, ขึ้นอยู่กับลักษณะสามมิติของพื้นผิว	มากกว่า ถ้าต้องการความละเอียดเท่ากัน
ข้อมูลส่วนเกิน	ไม่มี	ค่อนข้างสูง
หน่วยความจำที่ใช้ในแต่ละจุดตัวอย่าง	ประมาณ 68 bytes (จำนวนมากต่อจุดเพราะต้องเก็บข้อมูล topology ของรูปทรงด้วย)	ประมาณ 4 bytes
ลักษณะการเก็บบันทึกข้อมูล	เป็น directory	เป็น directory
ลักษณะการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระบบการฉายแผนที่	ASCII file ใน tin directory	ASCII file ใน grid directory

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง TIN กับ LATTICE (ต่อ)

องค์ประกอบ	TIN	LATTICE
ค่าใช้จ่ายในการประมวลผลการวิเคราะห์พื้นผิว	ปานกลาง	ต่ำ
ความเหมาะสมกับการมองสามมิติ	จะต้องสร้าง Lattice ชั่วคราวเพื่อการมองภาพสามมิติในหน่วยความจำ	สามารถมองภาพสามมิติได้โดยตรง
วิธีการคำนวณหาค่า Z ในจุดต่างๆ	LINEAR QUINTIC (smooth)	BILINEAR
ความถูกต้องของขอบพื้นที่ที่ทำการวิเคราะห์	กำหนดได้อย่างถูกต้องใกล้เคียง	ไม่ละเอียดถูกต้อง เพราะจะเกิดตรงตำแหน่งกริดที่เป็นรอยต่อกับจุด NODATA
ความละเอียดของค่าพิกัด	X,Y Double precision Z Single pricision	X,Y Double precision Z Single precision

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบระหว่าง TIN กับ LATTICE (ต่อ)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้าแม่เมาะ มีหลักการง่ายๆคือ จะต้องหาค่าพิกัดของพื้นดิน ในระบบพิกัดของโรงไฟฟ้า ตามทิศทางการพัดของลม แล้วแทนค่าพิกัดดังกล่าวไปในสูตรที่ 4.7 ก็จะได้ค่าความเข้มข้นของ SO_2 ที่จุดตำแหน่งนั้นๆ แต่สำหรับโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีโรงไฟฟ้าทั้งหมด 11 หน่วย โดยแยกเป็น 2 กลุ่มคือ หน่วยที่ 1-3 อยู่กลุ่มหนึ่ง หน่วยที่ 4-11 อยู่อีกกลุ่มหนึ่ง ซึ่งในการวิเคราะห์ใน ครั้งนี้จะถือว่าแหล่งปล่อยมลพิษทางอากาศมี 2 แหล่งตามกลุ่มโรงไฟฟ้าดังกล่าว ตามตารางที่ 4.4

โรงไฟฟ้าโรงที่	ค่าพิกัดเฉลี่ย		
	ค่าพิกัดทางตะวันออก	ค่าพิกัดทางเหนือ	ความสูงปล่อง
1-3	577,106	2,025,126	80 ม.
4-11	579,747	2,022,911	150 ม.

ตารางที่ 4.4 ค่าพิกัดเฉลี่ยของกลุ่มโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

มลพิษที่ตกกระทบพื้นดินบริเวณต่างๆ จะเกิดจากผลรวมของมลพิษที่เกิดจากโรงไฟฟ้าแต่ละกลุ่ม ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

1. การสร้างรูปแบบจำลองภูมิประเทศแบบ TIN
2. การแปลงรูปแบบจำลองภูมิประเทศแบบ TIN ให้เป็น LATTICE หรือ GRID file
3. การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศที่จุดต่างๆ ด้วย GRID

1. การสร้างรูปแบบจำลองภูมิประเทศแบบ TIN

จากข้อมูลเส้นชั้นความสูงที่ได้ Digitize เข้าไปจะมีค่าพิกัดทุกๆ จุดมุมหักของเส้นชั้นความสูง จุดเหล่านี้จะมีค่าพิกัดทั้ง 3 แกน จึงสามารถสร้างสามเหลี่ยมแบบ TIN ได้ ในที่นี้จะขออธิบายตามคำสั่งของโปรแกรม ARC/INFO ดังนี้ จาก Coverage ชื่อ MCONMMOF ที่ได้ทำการเพิ่ม Item ELEV. เพื่อใส่ค่าระดับของเส้นชั้นความสูงของแต่ละเส้นเรียบร้อยแล้ว สร้างข้อมูล TIN ด้วยคำสั่ง CREATETIN

Arc : USAGE CREATETIN

Usage : CREATETIN <out_tin> {weed_tolerance} {proximal_tolerance} {Z_factor} {bnd_cover xmin ymin xmax ymax}

out_tin คือ tin ผลลัพธ์

{weed_tolerance} คือ ค่า tolerance ที่กำหนดขึ้นเพื่อลดจำนวน vertices ในเส้น จุด vertices ที่อยู่ภายในช่วง tolerance จะไม่นำมาคิด จุดที่เป็น node จะยังคงเหมือนเดิม weed tolerance จะไม่บังคับจุดที่อยู่คนละเส้น ถ้าไม่ใส่ค่านี้เครื่องจะตั้งให้เท่ากับ $\frac{1}{1000}$ ของค่าสูงสุดระหว่างขอบเขตทางด้านแกน X หรือ ขอบเขตทางด้านแกน Y

{proximal_tolerance} เป็นค่า tolerance ที่ใช้ในการลดจำนวนจุดซ้ำ หรือจุดที่อยู่ใกล้กัน proximal_tolerance สามารถใช้บังคับจุดที่อยู่ข้ามเส้น ถ้าคิดเป็น MASS points ค่า proximal_tolerance จะถูกกำหนดโดยค่าสูงสุดของค่าใดค่าหนึ่งจากค่าความละเอียดของเครื่องคอมพิวเตอร์ และค่าที่เราป้อนเข้าไป

{Z_factor} ค่าตัวคูณของผิว ZUNIT ค่า ZUNITS จะถูกคูณด้วย Z_factor เพื่อปรับแก้ค่า Z ในผลลัพธ์ให้ได้หน่วยที่ต้องการ ถ้าไม่ได้ใส่ค่าจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่า Z

{bnd_cover xmin ymin xmax ymax} เป็น boundary coverage หรือ box รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดด้วยค่า xmin ymin xmax ymax เพื่อกำหนดขอบเขตการประมวลผล จุดหรือส่วนของเส้นที่อยู่นอกขอบเขตจะไม่นำมาประมวลผล

ในคำสั่ง CREATETIN จะมีคำสั่งย่อยเพื่อให้เลือกในการนำเข้าข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ในที่นี้ นำเข้าข้อมูลเป็น coverage ซึ่งมีการใช้งานดังนี้

CREATETIN : COVER < in_cover> {POINT I LINE I POLY} {spot_item} {sftype_item I sftype} {densify_interval} {logical_expression I select_file}

<in_cover> คือ coverage ประเภท point, line หรือ polygon ทุก coverage จะต้องมี topology และ attribute item ที่ใช้เก็บค่า Z

{POINT I LINE I POLY} เป็น keywork เพื่อบอกชนิดของ feature ของ coverage

{spot_item} ชื่อของ item ประเภท numeric ใน feature attribute table หรือ table ที่เกี่ยวข้องที่ใช้เก็บค่า Z ทุก coverage ที่นำเข้าต้องมี {spot_item} ถ้าไม่ใส่ชื่อโปรแกรมจะถือว่าใช้ชื่อ SPOT

{sftype_item I sftype} ใช้ระบุแหล่งของชนิดของพื้นผิว

- sftype_item เป็นชื่อของ item ประเภท numeric ใน feature attribute table ที่ใช้เก็บค่าชนิดของพื้นผิว ซึ่งมีค่า 0-9 ตามตารางที่ 4.5 ถ้าไม่ใส่ค่าเครื่องจะใช้ item SFTYPE
- sftype เป็น keyword สำหรับบอกชนิดของพื้นผิว ตามตารางที่ 4.5 ถ้าไม่ใส่ค่าเครื่องจะถือว่าเป็น MASS

Surface feature type keywords	Numeric values	Acceptable coverage feature classes		
		POINT	LINE	POLY
IGNORE	0	YES	YES	YES
MASS	1	*	*	*
SOFTLINE	2		YES	YES
HARDLINE	3		YES	YES
SOFTREPLACE	4			*
HARDREPLACE	5			*
SOFTCLIP	6			YES
HARDCLIP	7			YES
SOFTERASE	8			YES
HARDERASE	9			YES

* Z ที่มีค่าเท่ากับ NODATA จะไม่ยอมรับในพื้นผิวชนิดนี้

ตารางที่ 4.5 แสดงชนิดของพื้นผิว

{densify_interval} ใช้ระบุค่าระยะทางในหน่วยของพื้นดิน เพื่อเพิ่มจุด vertice เข้าไปใน arc coverage ซึ่งมีค่า NODATA ตามระยะตามค่าที่ระบุ โดยเริ่มจาก FROMNODE จำนวน vertices ในแต่ละ arc ไม่เกิน 20,000 vertices ถ้าไม่ระบุจะไม่มีการเพิ่มจุด vertice

{logical_expression I select_file} ผลลัพธ์ของ logical_expression หรือข้อมูลใน file ที่เลือก จะถูกนำมาใช้ในการเลือกส่วนของ input coverage features เพื่อนำไปใช้สร้าง TIN ถ้าไม่มีทุกๆ input coverage feature จะถูกนำไปใช้สร้าง TIN

ทำการสร้าง TIN จาก coverage ของเส้นชั้นความสูงด้วยคำสั่งต่อไปนี้

Arc : CREATETIN MCONMMOT

Createtin : COVER MCONMMOF LINE ELEV SOFTLINE

Createtin : END

ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น TIN ชื่อ MCONMMOT

2. การแปลงรูปแบบจำลองภูมิประเทศแบบ TIN ให้เป็น LATTICE หรือ GRID file

จากข้อมูล TIN ที่แทนสภาพภูมิประเทศบริเวณแม่เมาะ สามารถนำไปสร้างรูปแบบข้อมูลประเภทตาราง จุดความสูงที่มีระยะห่างสม่ำเสมอที่เรียกว่า LATTICE ได้ ในที่นี้อธิบายด้วยคำสั่งใน ARC/INFO ดังนี้ จาก TIN ชื่อ MCONMMOT นำมา สร้าง LATTICE ด้วยคำสั่ง TINLATTICE

Arc : USAGE TINLATTICE

Usage : TINLATTICE <in_tin> <out_lattice> {LINEAR I QUINTIC} {Z_factor}

<in_tin> คือ input tin ที่จะแปลงเป็น Lattice

<out_lattice> คือ Lattice ที่สร้างขึ้น

{LINEAR I QUINTIC} คือ ชนิดของการ interpolate ที่ใช้ในการ interpolate

ค่า Z ของ <out_lattice> ถ้าไม่ใส่เครื่องจะถือว่าเป็นการ interpolate แบบ LINEAR

LINEAR เป็นการ interpolate แบบ linear

QUINTIC เป็นการ interpolate แบบ bivariate quintic

{Z_factor} ตัวคูณค่า ZUNITS เพื่อเปลี่ยนหน่วยของค่า Z

ในการแปลงค่า TIN ให้เป็น LATTICE ในครั้งนี้เลือกการ interpolate แบบ LINEAR เพราะข้อมูลความสูงของพื้นดินจากแผนที่ 1 : 50,000 ไม่ค่อยละเอียดมากนัก เส้นชั้นความสูงห่างกันประมาณ 20 เมตร ข้อมูลเกี่ยวกับความสูงของพื้นดิน จึงใช้วิธี interpolate แบบ LINEAR ก็เพียงพอ ใช้คำสั่ง

Arc : TINLATTICE MCONMMOT LCON1

เครื่องจะขึ้นข้อความ

Enter out_lattice origin <xmin> <ymin> :

เพื่อรอป้อนค่าจุดกำเนิดของ output lattice หรือกด Enter เพื่อป้อนค่า xmin ymin จากนั้นเครื่องจะขึ้นข้อความ

Enter upper right corner of the out_lattice extent <xmax> <ymax>

ป้อนค่ามุมขวาบนของ output lattice หรือกด Enter เพื่อป้อนค่า xmax ymax

ต่อจากนั้นเครื่องจะขึ้นข้อความให้ป้อนค่า resolution ของ Lattice

Enter the lattice resolotion <n_points> :

ถ้าไม่ต้องการค่า resolution เป็นจำนวนจุด กด Enter เพื่อป้อนค่าระยะทางระหว่างจุดตารางกริด

Enter the distances between out_lattice mesh points <d> :

ในการทำวิจัยครั้งนี้ใช้ output lattice origin เป็น xmin ymin และมุมขวาบนเป็น xmax ymax โดยกำหนดระยะระหว่าง mesh points = 100 เมตร จะได้ Lattice ชื่อ LCON1

ข้อมูลที่เป็น Lattice สามารถแปลงเป็นข้อมูลประเภท GRID ได้ โดยไม่ต้องแปลงข้อมูล และสามารถนำมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ module GRID ของ ARC/INFO ได้

3. การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของ SO_2 ที่จุดต่างๆ ด้วย GRID

เมื่อได้ LATTICE file ที่แทนสภาพพื้นดินบริเวณแม่เมาะแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการวิเคราะห์ หาความเข้มข้นของ SO_2 ที่ตกกระทบพื้นดินตรงจุดนั้นๆ การวิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์แบบแรสเตอร์ โดยใช้ module GRID ของ ARC/INFO เนื่องจากกลุ่มของโรงไฟฟ้ามี 2 กลุ่ม การวิเคราะห์จึงต้องทำ 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งถือว่าเป็นอิสระต่อกัน หาปริมาณความเข้มข้นของ SO_2 ที่เกิดจากกลุ่มโรงไฟฟ้าแต่ละกลุ่ม แล้วเอามารวมกันเป็นปริมาณความเข้มข้นของ SO_2 ที่ตกกระทบในแต่ละจุดบน พื้นดิน ขั้นตอนการวิเคราะห์ต่อไปนี้ จะทำทั้ง 2 กลุ่มโรงไฟฟ้า

3.1 การสร้าง Constant grid Constant grid คือ grid คงที่ที่ไม่แปรผันตามข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย 3 grids คือ azimuth grid (GPAZM) หรือ grid ที่เก็บค่า azimuth จากโรงไฟฟ้ามายัง cell นั้นๆ, distance grid (GPDIST) หรือ grid ที่เก็บค่าระยะทางจากโรงไฟฟ้ามายัง cell นั้นๆ และ Z grid (Z GRID) หรือ grid ที่เก็บค่าผลต่างความสูงระหว่างพื้นดินตรงนั้นกับพื้นดินที่โรงไฟฟ้า ทั้ง 3 grids มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1.1 สร้าง GRID file มีขนาดและ resolution เท่ากับ GRID file สภาพพื้นที่ (LCON1) โดยมีข้อมูลทั้งหมดเป็น NODATA ด้วยฟังก์ชั่น EQUALTO ( )

Grid : NONE = EQUALTO (-9999, LCON1)

จะได้ GRID file ชื่อ NONE ขนาดและ resolution เท่ากับ LCON1 แต่มี cell value ทุก cell เป็น NODATA หรือ -9999

3.1.2 สร้าง Point coverage ที่มีเพียงจุดเดียว คือตำแหน่งโรงไฟฟ้าชื่อ PPLANT แล้วทำการแปลง point coverage ให้เป็น GRID ชื่อ GPPLANT ด้วยคำสั่งใน Arc ชื่อ POINTGRID ดังนี้

Arc : USAGE POINTGRID

Usage : POINTGRID <in_cover> <out_grid>
{value_item} {lookup_table} {weight_table}

ใช้คำสั่ง POINTGRID ดังนี้

Arc : POINTGRID PPLANT GPPLANT PCODE

จะได้ grid file ชื่อ GPPLANT ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าใน item PCODE ซึ่งในที่นี้ กำหนดให้เท่ากับ 1 หรืออะไรก็ได้ที่ไม่ใช่ NODATA

3.1.3 ทำการรวม GRID file ที่ได้จากหัวข้อ 3.1.1 และ 3.1.2 เพื่อจะได้ GRID file ขนาดและ resolution เดียวกับ LCON1 แต่มีค่า cell value เฉพาะตำแหน่งโรงไฟฟ้า นอกนั้นเป็น NODATA GRID ที่ได้ชื่อ GIPPLANT โดยใช้คำสั่งใน Grid ดังนี้

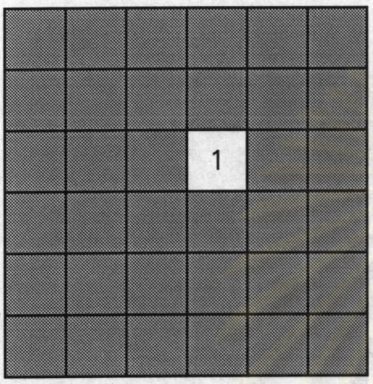
Grid : GIPPLANT = GPPLANT + NONE

3.1.4 สร้าง direction grid และ distance grid จาก grid file ชื่อ GIPPLANT สามารถนำไปสร้าง grid ที่แสดงทิศทางและระยะทางที่มีชื่อว่า direction grid และ distance grid ได้ตามลำดับ โดยใช้ฟังก์ชั่นชื่อ EUCDISTANCE ( ), EUCDIRECTION ( ) หรือฟังก์ชั่นของ EUCALLOCATION ( ) ในที่นี้ใช้ฟังก์ชั่น EUCDISTANCE ( ) รูปที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์ฟังก์ชั่น EUCDISTANCE ( ).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EUCDISTANCE (<source_grid>, {o_direction_grid},
{o_allocate_grid}, {max_distance}, {value_grid})

INPUT GRID



=

OUTPUT GRID

3.6	2.8	2.2	2.0	2.2	2.8
3.2	2.2	1.4	1.0	1.4	2.2
3.0	2.0	1.0	0	1.0	2.0
3.2	2.2	1.4	1.0	1.4	2.2
3.6	2.8	2.2	2.0	2.0	2.2
4.2	3.6	3.2	3.0	3.2	3.6

SOURCE_GRID

EUC_DISTANCE_GRID

Value = NODATA

1 ตำแหน่งโรงไฟฟ้า

124	135	153	180	207	225
108	117	135	180	225	243
90	90	90	0	270	270
72	63	45	360	315	297
56	45	27	360	333	315
45	33	18	360	342	327

EUC_DIRECTION_GRID

รูปที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์ของฟังก์ชั่น EUCDISTANCE

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1

EUC_ALLOCATION_GRID

FUNCTION : EUC_DISTANCE_GRID = EUCDISTANCE (SOURCE_GRID,
EUC_DIRECTION_GRID, EUC_ALLOCATION_GRID)

รูปที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์ของฟังก์ชั่น EUCDISTANCE (ต่อ)

ในการทำวิจัยครั้งนี้ต้องการเพียง distance grid กับ direction grid จึงใช้ฟังก์ชั่น ดังนี้

Grid : GPDIST = EUCDISTANCE (GIPPLANT, GPDIR)

จะได้ GPDIST เป็น Distance grid ที่แต่ละ cell จะเก็บค่าระยะทางจาก cell นั้น ถึง cell ที่มีตำแหน่งโรงไฟฟ้าตั้งอยู่

GPDIR เป็น direction grid ที่แต่ละ cell จะเก็บค่าทิศทางเป็น azimuth จากตำแหน่ง cell ที่พิจารณาไปยัง cell ที่มีตำแหน่งโรงไฟฟ้าตั้งอยู่ โดยมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 360 ค่า 0 คือตำแหน่งโรงไฟฟ้า ค่า 360 คือค่า azimuth ที่ชี้ไปยังทิศเหนือ

แต่ direction grid ยากแก่การวิเคราะห์ข้อมูล จะต้องทำการกลับทิศ เป็นทิศทางจากโรงไฟฟ้าไปยังตำแหน่ง cell นั้นๆ ในการกลับทิศนี้ด้วยการบวก 180 เข้าไปยัง GPDIR แล้วทดสอบดูว่า cell ไหนมีค่าเกินกว่าหรือเท่ากับ 360 ให้เอา 360 ลบออก โดยใช้คำสั่งดังต่อไปนี้

```
GPAZM = GPDIR + 180
IF (GPAZM = > 360) GPAZM = GPAZM-360
ENDIF
```

จะได้ azimuth grid ชื่อ GPAZM ที่แต่ละ Cell เก็บค่าทิศทาง azimuth จากตำแหน่งโรงไฟฟ้าถึงตำแหน่ง cell นั้นๆ

3.1.5 สร้าง Z grid ค่า Z คือค่าความแตกต่างระดับระหว่างระดับพื้นดินตำแหน่งนั้นกับระดับพื้นดินตรงตำแหน่งโรงไฟฟ้า เนื่องจากค่า Z เป็นค่าที่ไม่แปรผันตามตัวแปรอื่นๆ ในการวิเคราะห์การสร้าง Z grid จะต้องหาค่าระดับความสูงของพื้นดินที่ตั้งโรงไฟฟ้า ในที่นี้ทำการป้อนค่าพิกัดเฉลี่ยของโรงไฟฟ้าแล้วหาค่า cell value ของตำแหน่งนั้นจาก grid สภาพพื้นที่ LCON1 ได้ค่าระดับของโรงไฟฟ้าดังนี้

ชุดโรงไฟฟ้าที่ 1 (โรงไฟฟ้าที่ 1 - 3) ค่าระดับ 320 เมตร

ชุดโรงไฟฟ้าที่ 2 (โรงไฟฟ้าที่ 4 - 11) ค่าระดับ 335 เมตร

ทำการสร้าง Z grid

Z GRID = LCON1 - ระดับของพื้นดินบริเวณโรงไฟฟ้า

เมื่อเสร็จขั้นตอนนี้แล้วจะได้ constant grids จำนวน 3 grids คือ

GPAZM หรือ azimuth grid แสดงค่า azimuth จากโรงไฟฟ้า

GPDIST หรือ distance grid แสดงค่าระยะทางจากโรงไฟฟ้า

ZGRID หรือ Z-grid แสดงค่าความแตกต่างระดับกับระดับพื้นดินที่ฐานโรงไฟฟ้า

ขั้นตอนต่อไป จะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่ป้อนเข้ามา เช่น ทิศทางลม, ความเร็วลม, การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ เป็นต้น

3.2 การสร้าง grid files ที่แปรผันตามตัวแปรที่นำเข้า

ข้อมูลที่เป็นตัวแปรที่ต้องนำเข้าเพื่อการวิเคราะห์มีดังนี้

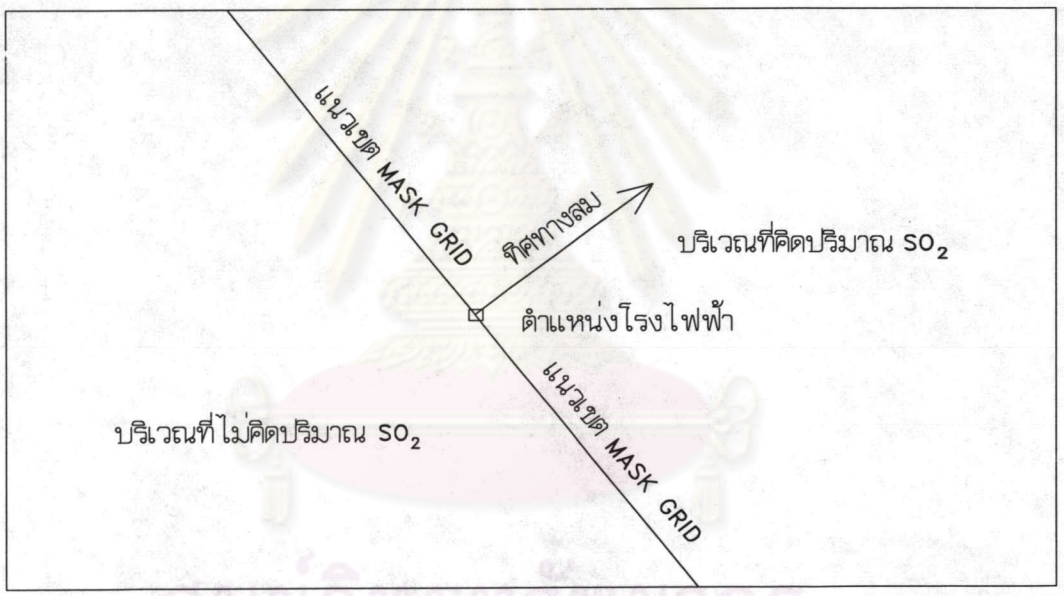
- ทิศทางลม (WDR) เป็นทิศทาง azimuth ที่ลมพัดไป หน่วยเป็นองศา
- ความเร็วลมที่ปล่องโรงไฟฟ้า (WSP) มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที
- สถานภาพของอากาศ (WSTTEXT) ซึ่งมี 5 ตัวเลือก คือ
  - เวลากลางวัน การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์แรง
  - เวลากลางวัน การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ปานกลาง
  - เวลากลางวัน การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์น้อย
  - เวลากลางคืน เมฆมากหรือเมฆอยู่ระดับต่ำ

- เวลากลางคืน เมฆน้อย

- อัตราการปล่อย SO_2 ที่ออกมาจากปล่องโรงไฟฟ้า มีหน่วยเป็นไมโครกรัมต่อวินาที

ขั้นตอนการสร้าง grid files ที่แปรผันตามตัวแปรที่นำเข้ามีดังนี้

3.2.1 การสร้าง mask grid mask grid คือ grid file ที่เก็บข้อมูลจุดเฉพาะในส่วนที่สนใจวิเคราะห์ส่วนที่อยู่นอก mask grid จะถูกแทนค่าด้วย NODATA mask grid มีประโยชน์เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ในการวิจัยครั้งนี้ถือว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจะอยู่เฉพาะใต้ลมเท่านั้น พื้นที่เหนือลมจึงไม่นำมาคิดหาปริมาณ SO_2 mask grid จึงมีเฉพาะแนวตั้งแต่ azimuth ของลม - 90° จนถึง azimuth ของลม + 90° เท่านั้น ตามรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงขอบเขตของ mask grid

การสร้าง mask grid และ set mask ใช้ชุดคำสั่งดังนี้

```
Grid : MASKGRD = SELECT (GPAZM, 'VALUE >= (WDR-90) AND VALUE <=
                 (WDR+90)')
Grid : SETMASK MASKGRD
```

3.2.2 การสร้าง XGRID และ YGRID XGRID คือ grid file ที่ใช้เก็บค่าพิกัดทางแกน X ในระบบพิกัดของโรงไฟฟ้า, YGRID คือ grid file ที่ใช้เก็บค่าพิกัดทางแกน Y ใน

ระบบพิกัดของโรงไฟฟ้า grid ทั้ง 2 ขึ้นอยู่กับทิศทางของลม การสร้าง grid ทั้งสองใช้ฟังก์ชั่น COS และ SIN ใน module GRID โดยสร้างเฉพาะส่วนที่อยู่ใน mask grid เท่านั้น

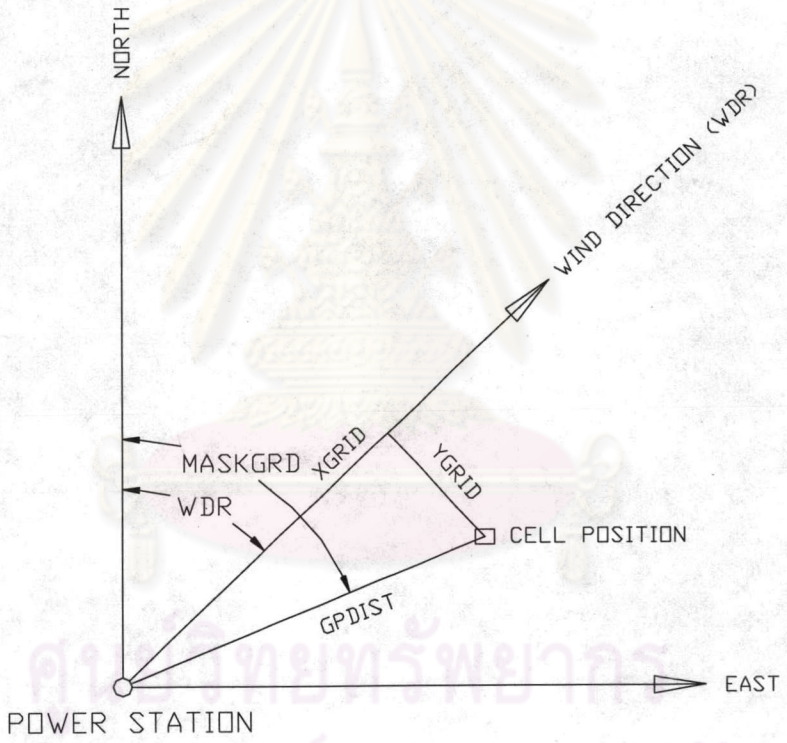
Grid : XGRID = GPDIST *COS ((WDR - MASKGRD) DIV DEG)

Grid : YGRID = GPDIST *SIN ((WDR - MASKGRD) DIV DEG)

เมื่อ WDR คือ ค่า Azimuth ของลม

DEG คือ ค่าคงที่ในการแปลงค่ามุมจากองศาเป็นเรเดียน

ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงการหาค่า XGRID และ YGRID

3.2.3 การสร้าง σ_y และ σ_z grid มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 การหา Stability class หรือ Stability condition ของบรรยากาศ จากข้อมูลความเร็วลม จะทำการสมมติสภาพอากาศว่าเป็นกลางวันหรือกลางคืน และถ้าเป็นกลางวัน ก็จะต้องสมมติว่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แรง, ปานกลาง หรือน้อย ถ้าเป็น

กลางคืนจะต้องสมมติว่ามีเมฆมากหรือน้อย จากนั้นจึงไปดูตามตารางที่ 4.1 ก็จะได้ค่า Stability condition ของบรรยากาศ

ขั้นที่ 2 การหาค่า α_y , α_z และสูตร S_z จาก Stability condition ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 จะสามารถหาค่าของ α_y , α_z และสูตรหา S_z ได้จากตารางที่ 4.2

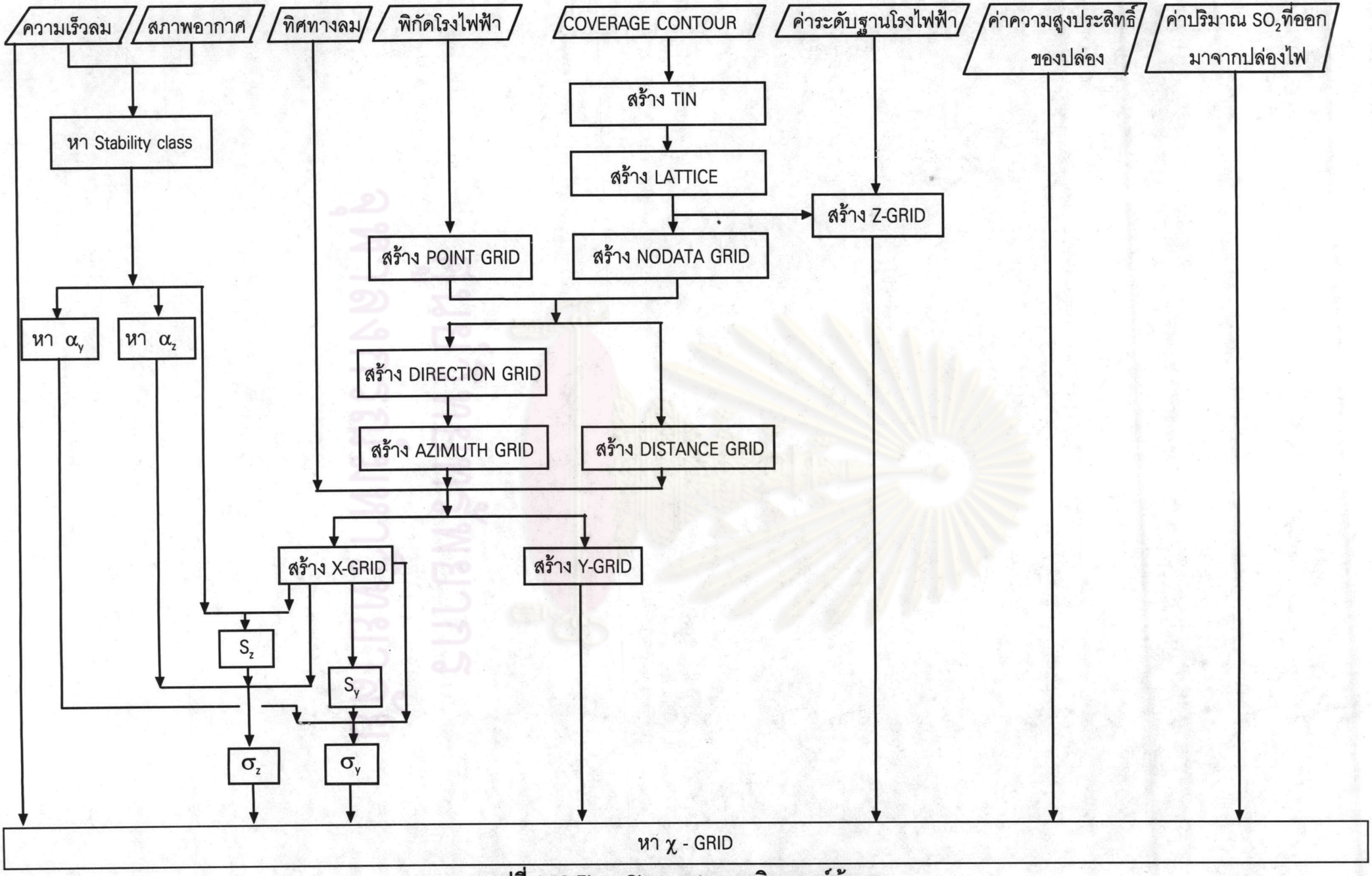
ขั้นที่ 3 การหาค่า S_z , S_y จากสูตร S_z จากขั้นตอนที่2 จะติดอยู่ในรูปของค่า X จึงต้องใช้ XGRID มาแทนค่า ก็จะได้ grid ของ S_z ส่วนค่า S_y ก็พิจารณาค่า XGRID ตามสูตรที่ 4.11 และ 4.12 ก็จะสามารถสร้าง grid ของ S_y ได้

ขั้นที่ 4 การสร้าง σ_y และ σ_z grid จาก grid S_y , S_z , α_y , α_z และ XGRID นำมาแทนค่าในสูตร 4.9 และ 4.10 ก็จะหา α_y grid และ α_z grid ได้

3.2.4 การสร้าง grid file แสดงปริมาณ SO_2 ที่แต่ละพื้นที่ (Cell) ได้รับทำได้โดยการแทนค่าสมการที่ 4.7 โดยค่าความเร็วลม, α_z , α_y , YGRID , ZGRID ความสูงประสิทธิ์ของปล่อง และปริมาณ SO_2 ที่ออกมาจากปล่อง ก็จะได้ grid ที่แต่ละ cell จะเก็บค่าปริมาณความเข้มข้นของ SO_2 ณ ตำแหน่งนั้นๆ

เมื่อได้ค่าปริมาณ SO_2 ที่เกิดจากกลุ่มโรงไฟฟ้าที่ 1 แล้ว ต้องหาค่าปริมาณ SO_2 ที่เกิดจากกลุ่มโรงไฟฟ้าที่ 2 ด้วย แล้วนำค่าทั้ง 2 มาบวกกัน ก็จะได้ปริมาณ SO_2 ที่ตกกระทบที่ตำแหน่งนั้น จากต้นกำเนิดทั้ง 2 แห่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 Flow Chart แสดงการวิเคราะห์ข้อมูล