สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
กรรมวิธีกระบวนการทางภาพ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณ scalar ที่สอดคล้องกับปริมาณแสงที่อยู่ในรูปภาพ โดยแยกศึกษาเป็น 5 ส่วน คือ

1. ภาพ extinction เฉลี่ย และ contour
2. การกระจายตัวของปริมาณ scalar ที่หน้าตัดต่างๆ
3. เส้นทางเดินของปริมาณ scalar เฉลี่ย
4. ขอบของเจ็ต
5. ความสามารถในการผสมกันของ Jet กับ Crossflow

3.1 ภาพ extinction เฉลี่ย และ contour

กระบวนการหาภาพเฉลี่ยได้มาจากการแปลงความเข้มแสงที่ได้ตกกระทบ ccd เป็นสัญญาณความเข้มแสงดังในรูปที่ 3.1 โดยใช้ทฤษฎีของ Beer's Law (H. Johan, R. Paduano (1997)) สร้างความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของข้อมูลที่ได้จากกล้อง (สัญญาณความเข้มแสง) กับอัตราส่วนของความเข้มแสง นำภาพขณะใดมาผ่านกระบวนการทางภาพดังรายละเอียดในหัวข้อต่อไป เพื่อได้ภาพ extinction เฉลี่ย (mean image)

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดนิยาม สัญญาณความเข้มแสง หมายถึงสัญญาณดิจิตอล 8 บิต ที่ได้จากการแปลงความเข้มแสง โดย ccd ด้วยการสุ่มเก็บข้อมูล 25 Hz และนิยามของ Noise หมายถึงสัญญาณความเข้มแสงที่ไม่ได้มาจากผลของโฟตอนของแสงตกกระทบกับ ccd โดยมีสมมติฐานในการนำมาใช้ในกระบวนการทางภาพสำหรับงานวิจัย 3 ข้อดังนี้

Assumption

1. สัญญาณความเข้มแสงที่ได้จากการแปลงความเข้มแสงโดย ccd นั้น ข้อมูลที่ได้มีความเป็นเชิงเส้น
2. ละทิ้ง extinction cross section ในน้ำมากเมื่อเทียบกับฟีนอฟทาลีน
3. แสง background ในภาพกรณีที่ไม่ได้เปิดเจ็ต และ noise นั้นเท่ากันที่ทุกเวลา

Analytic	Implementation
1.) $\int_{z_1}^{z_2} \sigma C(z)dz = -\ln \frac{I'}{I'_0} = C_N$ σ Extinction cross section ประกอบด้วย absorption cross section และ scattering cross section $\left(area \cdot molecules^{-1}\right)$ $C(z)$ Number density $\left(molecules \cdot volume^{-1}\right)$ $z_1 \rightarrow z_2$ ระยะทางที่แสงได้วิ่งผ่านเจ็ตซึ่งเป็นบริเวณที่มี Extinction species อยู่ $(length)$ I' ความเข้มแสงเมื่อผ่านเจ็ตมา $(energy \cdot area^{-1} \cdot time^{-1})$ I'_0 ความเข้มแสงที่ก่อนผ่านเจ็ต $(energy \cdot area^{-1} \cdot time^{-1})$ C_N extinction (แปรตามจำนวนโมเลกุลของ Extinction speciesที่แสงวิ่งผ่านในปริมาตรซึ่งเท่ากับพื้นที่หน้าตัดที่แสงตกกระทบคูณด้วยความกว้างของเจ็ต)	1.) $\left(\int_{z_1}^{z_2} \sigma C(z)dz\right)_{ij,k} = -\ln \frac{I_{ij,k}}{I_{0_{ij,k}}} = C_{N_{ij,k}}$ i ตำแหน่งในภาพของ ccd แทนตำแหน่งในภาพจริง x j ตำแหน่งในภาพของ ccd แทนตำแหน่งในภาพจริง y k อันดับที่ของภาพ $I_{ij,k}$ สัญญาณความเข้มแสง เมื่อลบผลของ noise ของภาพขณะใดๆ กรณีเปิดเจ็ตที่ตำแหน่ง pixel i, j ของภาพ k ใดๆ $I_{0_{ij,k}}$ สัญญาณความเข้มแสง เมื่อลบผลของ noise ของภาพขณะใดๆ กรณีปิดเจ็ตที่ตำแหน่ง ij,k $C_{N_{ij,k}}$ extinction ของภาพขณะที่ตำแหน่ง ij,k
2.) $I = X - NR$ X สัญญาณความเข้มแสงกรณีเปิดเจ็ต NR Noise ได้จากการปิดฝากล้องแล้วทำการบันทึกภาพ I สัญญาณความเข้มแสง เมื่อลบผลของ noise กรณีเปิดเจ็ต	2.) $I_{ij,k} = X_{ij,k} - NR_{ij,k}$ $X_{ij,k}$ สัญญาณความเข้มแสงกรณีเปิดเจ็ตที่ตำแหน่ง ij,k $NR_{ij,k}$ Noise ของภาพใดๆที่ตำแหน่ง ij,k
3.) $I_0 = B - NR$ B สัญญาณความเข้มแสงกรณีปิดเจ็ต I_0 สัญญาณความเข้มแสง เมื่อลบผลของ	3.) $I_{0_{ij,k}} = B_{ij,k} - NR_{ij,k}$ $B_{ij,k}$ สัญญาณความเข้มแสงของภาพใดๆ กรณีปิดเจ็ตที่ตำแหน่ง ij,k

noise กรณีปิดเจ็ต	
4.) $C_N = -\ln\frac{I'}{I'_0} = -\ln\frac{I}{I_0} = -\ln\frac{X-NR}{B-NR}$ ASSUMPTION 1	4.) $C_{N_{ij,k}} = -\ln\frac{I_{ij,k}}{I_{0ij,k}} = -\ln\frac{X_{ij,k}-NR_{ij,k}}{B_{ij,k}-NR_{ij,k}}$
5.) $\overline{C_N} = \frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2} C_N(t)dt$ $\overline{C_N}$ extinction เฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง $C_N(t)$ extinction ณ เวลาใดๆ t_2-t_1 ช่วงเวลาที่ทำการบันทึกสัญญาณแสง	5.) $\overline{C_{N_{ij}}} = -\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\ln\frac{X_{ij,k}-NR_{ij,k}}{B_{ij,k}-NR_{ij,k}}$ ASSUMPTION 3 $= -\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\ln\left(\frac{X_{ij,k}-\overline{NR_{ij}}}{\overline{B_{ij}}-\overline{NR_{ij}}}\right)$ n จำนวนรูปภาพที่มาเฉลี่ยในงานวิจัยนี้ใช้ 3000รูป $\overline{C_{N_{ij}}}$ extinction เฉลี่ยที่ตำแหน่ง ij
6.) $\overline{B} = \frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2} B(t)dt$ $\overline{B}$ สัญญาณความเข้มแสงเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่งกรณีปิดเจ็ต $B(t)$ สัญญาณความเข้มแสง ณ เวลาใดๆ กรณีปิดเจ็ต	6.) $\overline{B_{ij}} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} B_{ij,k}$ $\overline{B_{ij}}$ สัญญาณความเข้มแสงเฉลี่ยจากรูปภาพกรณีปิดเจ็ตที่ตำแหน่ง ij
7.) $\overline{NR} = \frac{1}{t_2-t_1}\int_{t_1}^{t_2} NR(t)dt$ $\overline{NR}$ Noise เฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง $NR(t)$ Noise ขณะใดๆ	7.) $\overline{NR_{ij}} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} NR_{ij,k}$ $\overline{NR_{ij}}$ Noise เฉลี่ยที่ตำแหน่ง ij

Contour $\overline{C_N}$

แบ่งค่า$\overline{C_N}$ เป็นระดับเพื่อดึงข้อมูลจากลักษณะทางพื้นที่

3.2 Traverse $\overline{C_N}$

พล๊อตค่า $\overline{C_N}$ ตลอดตามแนว y/rd ที่ x/rd ต่างๆ โดยเริ่มที่ x/rd = 0 และห่างออกไปทีละ x/rd = 0.25 จนกระทั่งถึง x/rd = 4 ในมุมถ่าย topview และ x/rd = 5 ในมุมถ่าย sideview ซึ่งมีกราฟเปรียบเทียบ กันทั้งหมด 3 แบบคือ

1) พล๊อตดูการพัฒนาตัวของแต่ละเจ็ตที่ x/rd ต่างๆ

2) พล๊อตเปรียบเทียบกันระหว่าง Swirl ratio 0, 0.5, 0.8 และ 0.8 หมุนกลับทางที่ x/rd ต่างๆ

3) พล๊อตเปรียบเทียบที่ Swirl ratio เดียวกันระหว่าง 2 วิธีการคือ Active กับ Passive

3.3 Trajectory $\overline{C_N}$

นิยามว่า คือเส้นที่ลากผ่านค่า $\overline{C_N}$ ที่มีค่ามากที่สุดเมื่อพิจารณาตามแนว traverse y/rd ณ x/rd นั้นๆโดยเริ่มต้นลากจาก x/rd = 0 ไปจนสุดภาพ ดังในรูปที่ 3.2

$\overline{C_{N_T}}$ ค่า $\overline{C_N}$ ที่มากที่สุดเมื่อดูตามแนว y/rd ณ ตำแหน่ง x/rd ใดๆ

y_c คือตำแหน่งที่มีค่า $\overline{C_N}$ เท่ากับ $\overline{C_{N_T}}$

3.4 Edge of jet

ขอบของเจ็ต นิยามว่าตำแหน่ง y/rd ที่มีค่า $\overline{C_N}$ มีค่าลดลงเหลือเป็น κ เปอร์เซ็นต์ของ $\overline{C_{N_T}}$ ที่ตำแหน่ง x/rd นั้นๆ แต่ทั้งนี้ในข้อมูลแบบ digital อาจไม่มีค่าข้อมูลนั้นได้เพราะการลดลงของค่าข้อมูลไม่เป็นฟังก์ชั่นแบบต่อเนื่อง จึงใช้วิธีกำหนดช่วงให้ข้อมูล โดยข้อมูลอาจมีค่ามากหรือน้อยกว่าค่าของขอบจริงเล็กน้อยได้ นำตำแหน่งที่ข้อมูลนั้นอยู่มาพิจารณาเป็นตำแหน่งของขอบ ถ้ามีหลายตำแหน่งให้นำมาเฉลี่ยเพื่อหาตำแหน่งของขอบเฉลี่ย

y_U ขอบบนของเจ็ตโดยนิยามเป็นตำแหน่งที่มีค่า $\overline{C_N}$ เหลือ $\kappa\overline{C_{N_T}}$ ณ ตำแหน่ง x/rd ใดๆ แต่ข้อมูลในรูปภาพจริงๆ อาจไม่มีข้อมูลนั้น จึงกำหนดให้ข้อมูลที่ใช้ได้สามารถอยู่ในช่วง $\pm\varphi\kappa\overline{C_{N_T}}$ ของ $\kappa\overline{C_{N_T}}$ ได้(ดังในรูปที่ 3.3 a) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาหาตำแหน่ง y/rd เฉลี่ยจากตำแหน่งทั้งหมดที่มีค่า $\overline{C_N}$ เป็น $(\kappa\pm\varphi\kappa)\overline{C_{N_T}}$ โดย y/rd เฉลี่ยที่ได้ต้องมากกว่าหรือเท่ากับ y_C ดังนั้นแล้วเรียกตำแหน่งนั้นว่า y_U

y_L ขอบล่างของเจ็ตโดยนิยามเป็นตำแหน่งที่มีค่า $\overline{C_N}$ เหลือ $\kappa\overline{C_{N_T}}$ ณ ตำแหน่ง x/rd ใดๆ แต่ข้อมูลในรูปภาพจริงๆ อาจไม่มีข้อมูลนั้น จึงกำหนดให้ข้อมูลที่ใช้ได้สามารถอยู่ในช่วง $\pm\varphi\kappa\overline{C_{N_T}}$ ของ $\kappa\overline{C_{N_T}}$ ได้(ดังในรูปที่ 3.3 a) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาหาตำแหน่ง y/rd เฉลี่ยจากตำแหน่งทั้งหมดที่มีค่า $\overline{C_N}$ เป็น $(\kappa\pm\varphi\kappa)\overline{C_{N_T}}$ โดย y/rd เฉลี่ยที่ได้ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับ y_C ดังนั้นแล้วเรียกตำแหน่งนั้นว่า y_L

κ ค่าเปอร์เซ็นต์ของ $\overline{C_{N_T}}$ ที่ x/rd กำหนดขึ้นเพื่อกำหนดขอบของเจ็ต(ขอบของเจ็ตค่า κ ควรเป็นศูนย์ แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ต่ำมากๆ จะได้ผลกระทบของ noise หรือไม่ก็ขอบของเจ็ตติดกับผนัง ทั้งนี้ในงานวิจัยได้ใช้ κ = 20% เป็นค่าที่เหมาะสมในการหาขอบ) φ ค่าเปอร์เซ็นต์ของ $\kappa\overline{C_{N_T}}$ ที่ x/rd กำหนดขึ้นเพื่อกำหนดช่วงกว้างของความผิดพลาดของค่าที่ขอบเจ็ต(ในงานวิจัยนี้ใช้ 20%)

δ ความกว้างของขอบเจ็ตมีค่าเท่ากับ $y_U - y_L$

3.5 Integrate $\overline{C_N}$, Flame length

ผลรวม $\overline{C_N}$ ตามแนว y/rd จากขอบล่างถึงขอบบน(ดังรูปที่ 3.3 b)ณ x/rd ใดๆ เพื่อนำมาใช้พิจารณาคุณลักษณะทางการผสมโดย Flame length ที่ใช้ในงานวิจัยมี 2 นิยาม

3.5.1 ผลรวมของ $\overline{C_N}$ จากขอบล่างถึงขอบบน ณ x/rd ใดๆต่อผลรวมของ $\overline{C_N}$ จากขอบด้านในของท่อเจ็ตด้านล่างถึงขอบด้านในของท่อเจ็ตด้านบนที่ปากเจ็ต(รูปที่ 3.3 แสดงการพื้นที่ที่ใช้ในการอินทิเกรต)

Analytic	Implementation
8.) $I_\delta = \int_{y_L}^{y_U} \overline{C_N} dy$ I_δ ผลรวมค่า $\overline{C_N}$ ตลอดแนว y/rd จากขอบ y_L ถึง y_U ณ x/rd ใด ๆ	8.) $I_{\delta_j} = \sum_{j=j_{y_L}}^{j_{y_U}} \overline{C_N}_{ij} \Delta y$ I_{δ_j} ผลรวมค่า $\overline{C_N}$ ตลอดแนว y/rd จาก j_{y_L} ถึง j_{y_U} ณ x/rd ใดๆ
9.) $I_d = \frac{\int_{y_1}^{y_2}\int_{x_L}^{x_R} \overline{C_N} dx dy}{(y_2 - y_1)}$ I_d ผลรวมค่า $\overline{C_N}$ ตลอดแนว x/rd ที่ปากเจ็ต x_R ตำแหน่งขอบของเจ็ต ณ ปากเจ็ตด้าน downstream ดังในรูปที่ 3.3 c x_L ตำแหน่งขอบของเจ็ต ณ ปากเจ็ตด้าน upstream ดังในรูปที่ 3.3 c y_1 ตำแหน่งของเจ็ตที่ปากเจ็ต ดังรูปที่ 3.3 c y_2 ตำแหน่งของเจ็ตห่างจากปากเจ็ตออกมาตามแนวแกน y (ในที่นี้ห่างจากปากเจ็ตออกมา 1.6mm.รูปที่ 3.3 c)	9.) $I_{d_i} = \frac{\sum_{j=j_{y_1}}^{j_{y_2}} \sum_{i=i_{x_L}}^{i_{x_R}} \overline{C_N}_{ij} \Delta y \Delta x}{(j_{y_2} - j_{y_1} + 1)\Delta y}$ I_{d_i} ผลรวมค่า $\overline{C_N}$ ตลอดแนว x/rd ที่ปากเจ็ต Δy ความยาวของ ccd 1Pixel Δx ความกว้างของ ccd 1Pixel i_{x_R} , i_{x_L} , j_{y_U} , j_{y_L} , j_{y_1} , j_{y_2} ตำแหน่งในภาพของ ccd แทนตำแหน่งในภาพจริง x_R , x_L , y_U , y_L , y_1 และ y_2 ตามลำดับ(ในงานวิจัยนี้ $j_{y_2} - j_{y_1} = 5$ และ $i_{x_R} - i_{x_L} = 29$)
10.) $\Psi_\delta = \frac{I_\delta}{I_d}$ Ψ_δ อัตราส่วนของ อินทริเกรตตามเส้นจากขอบถึงขอบที่ x/rd ต่อ อินทริเกรตตามเส้นที่บริเวณปากเจ็ต	10.) $\Psi_{\delta_i} = \frac{I_{\delta_j}}{I_{d_i}}$ Ψ_{δ_i} อัตราส่วนของ อินทริเกรตตามเส้นจากขอบถึงขอบที่ตำแหน่ง i ต่อ อินทริเกรตตามเส้นที่บริเวณปากเจ็ต

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2 ผลรวมของ $\overline{C_N}$ จากขอบล่างถึงขอบบน ณ x/rd ใดๆของ active technique เทียบกับผลรวมของ $\overline{C_N}$ จากขอบล่างถึงขอบบน ณ x/rd ใดๆของ passive technique

Analytic	implementation
11.) $\Gamma_\delta = \frac{[I_\delta]_{Active}}{[I_\delta]_{Passive}}$ Γ_δ อัตราส่วนของ ปริมาณ scalar ที่ทำปฏิกิริยาไม่ถึง stoichiometric ณ x/rd ของ active scalar technique ต่อ ปริมาณ scalar ที่มี อยู่ ณ x/rd นั้นของ passive scalar technique $[\ ]_{Active}$ ของ Active scalar technique $[\ ]_{Passive}$ ของ Passive scalar technique	11.) $\Gamma_{\delta_i} = \frac{[I_{\delta_i}]_{Active}}{[I_{\delta_i}]_{Passive}}$ Γ_{δ_i} อัตราส่วนของ ปริมาณ scalar ที่ทำปฏิกิริยาไม่ถึง stoichiometric ณ ตำแหน่ง i ของ active scalar technique ต่อ ปริมาณ scalar ที่มีอยู่ ณ ตำแหน่ง i ของ passive scalar technique