

รายการอ้างอิง

- Abramovich, G.N. (1963). The Theory of Turbulent Jets. English Translation, Massachusetts: M.I.T. Press.
- Abramovich, G.N., Yakovlevsky, O.V., Smirnova, I.P., Secundov, A.N., and Krashennnikov, S. Yu. (1969). An investigation of the turbulent jets of different gases in a general stream. Astronaut. Acta. 14: 229.
- Albertson, M.L., Dai, Y.B., Jensen, R.A., and Rouse, H. (1950). Diffusion of submerged jets. Trans. A.S.C.E. 115: 639-697.
- Andreopoulos, J. (1983). Heat transfer measurements in a heated jet pipe flow issuing into a cold cross-stream. Physics of Fluids. 26: 3201-3210.
- Beer, J.M., and Chigier, N.A. (1972). Combustion Aerodynamics. Applied Science Publishers.
- Bernard, Grob, and Herndon, Charles E. (1999). Basic Television and Video Systems. Sixth Edition: McGraw-Hill, Inc.
- Corrsin, S. (1946). Investigation of flow in an axially symmetric heated jet of air. N.A.C.A. Wartime Report. W-49.
- Corrsin, S., and Uberoi, M.S. (1949). Further experiments on the flow and heat transfer in a heated turbulent air jet. NACA Tech. Note TN 1865.
- Crow, C., and Champagne, F.H., (1971). Orderly structure in jet turbulence. J. Fluid Mech. 48: 547.
- Enke, Christie G. (2001). The Art and Science of Chemical Analysis. First Edition: John Wiley & Sons, Inc.
- Eroglu, A., and Breidenthal, R.E. (1991). Jan. Effects of Periodic Disturbances on Structure and Flame Length of a Jet in a Crossflow. AIAA Journal. 91-0137.
- Eroglu, A., and Breidenthal, R.E. (2001). Structure, Penetration, and Mixing of Pulsed Jets in Crossflow. AIAA Journal. 30: No.3: 417-423.
- Findlay, M.J., Salcudean, M., and Gartshore, I.S. (1999). Jets in a Crossflow: Effects of Geometry and Blowing Ratio. J. Fluids Eng. 121: 373-378.
- Fric, T.F. (1990). Structure in the near field of the transverse jet. Ph.D. thesis, California Institute of Technology.
- Fric, T.F., and Roshko, A. (1989). Structure in the near field of the transverse jet. Seventh Symposium on Turbulent Shear Flows. 641-646.
- Fric, T.F., and Roshko, A. (1994). Vortical structure in the wake of a transverse jet. J. Fluid Mech. 279: 1-47.
- Gonzalez, Rafale C. (2002). Digital Image Processing. Second Edition: Prentice-Hall, Inc.
- Hecht, Eugene (2002). Optics. Fourth Edition: Addison Wesley.
- Hermansons, J.C., Wahba, A., and Johari, H. (1998). Duty-Cycle Effects on Penetration of Fully Modulated Turbulent Jets in Crossflow. AIAA Journal. 36: No.10: 1935-1937.
- Hinze, J.O., and Zijnen, B.G. (1949). Transfer of heat and matter in the turbulent mixing zone of an axially symmetric jet. J. Appl. Sci. Res. A1: 435-461.
- Isaac, K. M., and Jakubowski, A. K. (1985). November. Experimental Study of the Interaction of Multiple Jets with a Cross Flow. AIAA Journal. 1: 1679-1683.
- Isaac, K.M., and Schetz, J.A. (1982). December. Analysis of Multiple Jets in a Cross-flow. Journal of fluids Engineering, Transaction of ASME. 104: 489-492.

- Johari, H., and Pacheco-Tougas, M., and Hermanson, J.C., (1999). Penetration and Mixing of Fully Modulated Turbulent Jets. AIAA Journal. 37: No.7: 842-850.
- Kamotani, Y., and Greber, I (1972). Experiments on a Turbulent Jet in a Cross Flow. AIAA Journal. 11: 1425 -1429.
- Krass, B.J., Zellmer, B.W., Puri, I.K., and Singh, S. (1999). Application of Flamelet Profiles to Flame Structure in Practical Burners. Journal of Energy Resources Technology. 121: 66-72.
- Keffer J.F., and Baines, W.D. (1963). The round turbulent in a crosswind. J fluid Mech. 15: 481-496.
- Kelso, R.M., Lim, T.T., and Perry, A.E. (1996). An experimental study of round jets in cross-flow. J. Fluid Mech. 306: 111-144.
- Kline, S.J. (1985). The purposes of uncertainty analysis. Trans. ASME Journal of Fluids Engineering. 107: 153-160.
- Liepmann, H.W. and Laufer, J. (1947). Investigation of free turbulent mixing. N.A.C.A., Tech. Note. 1257.
- Lim, T.T., New, T.H., and Luo, S.C. (2001). March. On the development of large-scale structures of a jet normal to a crossflow. Physics of Fluids. 700-775.
- Makiahita, T., and Miyai Y. (1979). June. Trajectories of Single and Double Jets Injected into a Cross Flow of Arbitrary Velocity Distribution. Journal of Fluids Engineering. 101: 217-223
- Platten, J.L., and Keffer, J.F. (1971). December. Deflect Turbulent Jet Flows. Transaction of ASME. 756-758.
- Pratte, B.D., and Baines, W.D. (1967). November. Profile of the round turbulent jet in a cross flow. Journal of the Hydraulics Division. 5556-5563.
- Rajaratnum, N. (1976). Turbulent Jets. New York. EISEVIER Scientific publishing Company.
- Ramsey, J.W., and Goldstein, R.J. (1970). Interaction of a heat jet with a deflecting stream. NASA. CR-72613.
- Ricou, F.P., and Spalding, D.B. (1961). Measurements of entrainment by axisymmetrical turbulent jets. J. Fluid Mech. 11: 21-32.
- Ruad, N., Bury, Y., Bazile, R. Boree, J., and Charnay, G. (1999). Experimental Study of the Behavior of Confined Variable Density Jets in a time Varying Crossflow. Journal of Fluid Engineering. 121: 65-72.
- Russ, S., and Strykowski, P.J. (1993). December. Turbulent structure and entrainment in heated jets: The effect of initial conditions. Physics of Fluids. 5: No. 12: 3216-3225.
- Schwendemann, M. F. (1973). May. A Wind Tunnel Investigation of Stratified Jets and Closely Spaced Jets Exhausting into a Cross Flow. CA. Northrop Aircraft Division. Hawthorne. 73-98
- Sforza, P.M., and Mons, R.F. (1978). Mass, momentum, and energy transport in turbulent free jets. Int. J Heat Mass Transfer. 21: 371-384.
- Sherif, S.A., and Pletcher, R.H. (1989). Measurements of the thermal characteristics of heated turbulent jets in crossflow. J. Heat Transfer. 111: 897-903.
- Sivadas, V., Pani, B.S., Butefisch, K.A., and Meier, G.E.A. (1997). Flow visualisation studies on growth of area of deflected jets. Exp. Fluids. 13: 105-112.
- Skoog, Douglas A., West, Donald M., James Hollers, F., and Crouch, Stanley R., (2000). Analytical Chemistry. Seventh edition: Harcourt College Publishers.
- Smith, S.H., and Mungal, M.G. (1998). Mixing, structure and scaling of the jet in crossflow. J. Fluid Mech. 357: 83-122.

- Tenneke, H., and Lumley, J.L. (1972). A First course in Turbulence. M.I.T. Press, Cambridge.
- Townsend, A.A. (1956). The Structure of Turbulent Shear Flow. Cambridge University Press, Cambridge.
- Vermuelen, P.J., Chin, C.F., and Yu, W.K., (1990). Mixing of an Acoustically Pulsed Air Jet with a Confined Cross-Flow. Journal of Propulsion. 6: No.6: 777-783.
- Wu, J.M., Vakili, A.D., and Yu, F.M., (1998). Investigation of the Interacting Flow of Nonsymmetric Jets in Cross-Flow. AIAA Journal. 26: No.8: 940-947.
- Yuan, L.L., and Street, R.L. (1998). Trajectory and entrainment of a round jet in crossflow. Physics of Fluids. 10: No. 9: 2323-2335.
- Zigler, H., and Wooler, P.T. (1973). Analysis of Stratified and Closely Spaced Jets Exhausting into a Cross-Flow. NASA. CR-132297.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

การศึกษาเบื้องต้น

ก.1 บทนำ

การศึกษาเบื้องต้นนี้เป็นการศึกษาผลการผสมของ Primary Jet จากการฉีด Secondary Jet แบบ Steady เข้าผสมในลักษณะตั้งฉากตามแนวเส้นรอบวง ซึ่งทำการทดลองฉีด Secondary Jet จำนวน 1, 2, 3, และ 4 ตัว ตามลำดับ เปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต โดยจะควบคุมปริมาณ Velocity ratio และค่า Flow rate ratio ของ Primary Jet ต่อ Secondary Jet ให้คงที่ เพื่อศึกษาผลที่มีต่อคุณลักษณะการไหลและการกระจายตัวของเจ็ต ในการวัดพิจารณาจากผลการวัดค่า Pitot pressure โดยใช้ Pitot probe

ก.2 ชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ใช้ในการศึกษาเบื้องต้นจะใช้ชุดทดลองที่ตั้งอยู่ ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยกลศาสตร์ของไหล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยชุดทดลองที่ใช้แบ่งได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือชุด Primary Jet และ ชุด Secondary Jet ดังรูปที่ ก1

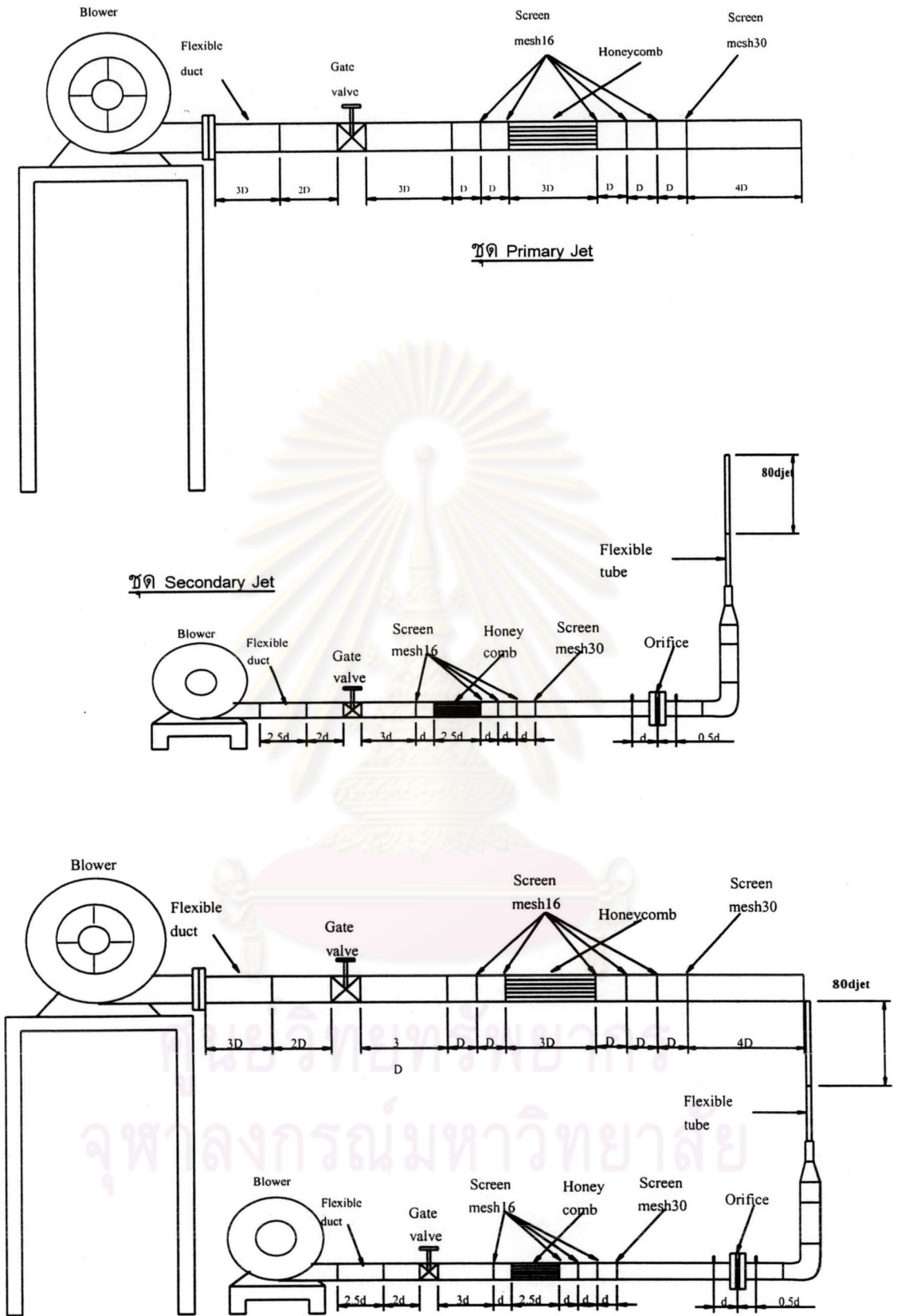
การทำงานของชุด Primary Jet Blower จะเป่าอากาศผ่าน Flexible duct โดยที่ Flexible duct จะช่วยลดการสั่นสะเทือนที่เกิดจาก Blower ที่อาจส่งผลไปยังส่วนอื่น ๆ ของชุดทดลอง หลังจากอากาศผ่าน Flexible duct แล้วจะไหลผ่านไปยังส่วนต่อของท่อ PVC ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (D) เท่ากับ 2 นิ้ว (Nominal size) ซึ่งจะต่อเข้ากับประตูน้ำ (Gate Valve) เพื่อควบคุมอัตราการไหลของชุด Primary Jet ต่อมาอีกเป็นระยะ 3D เข้าสู่ส่วนของ Settling chamber ซึ่งประกอบด้วย Screen mesh 16 จำนวน 1 แผ่น เว้นระยะห่าง 1D ต่อมาเป็น Honeycomb ที่ทำจากหลอดพลาสติกยาว 3D สำหรับหลอดพลาสติกมีขนาด $L/D_{\text{หลอด}} = 40$ โดยมี Screen mesh 16 ปิดหัว-ท้ายของ Honeycomb หลังจากนั้นจะเป็นส่วนของ Screen mesh 16 จำนวน 2 แผ่นและ Screen mesh 30 อีก 1 แผ่น โดยมีระยะห่างระหว่าง Screen เท่ากับ 1D และ Screen ตัวสุดท้ายห่างจากปากทางออกของเจ็ตเท่ากับ 4D ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดของชุด Settling chamber นี้ทำหน้าที่ในการปรับการไหลของอากาศและช่วยให้อากาศมีความเร็วสม่ำเสมอทั่วทั้งหน้าตัด ก่อนที่จะไหลออกสู่ปากเจ็ต

สำหรับการทำงานของชุด Secondary Jet อากาศจะถูกเป่าจาก Blower ผ่าน Flexible duct เพื่อลดแรงสั่นสะเทือนที่เกิดจาก Blower แล้วไหลต่อไปยังส่วนต่อของท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (d) 35 มิลลิเมตร (1.25 นิ้ว) ต่อเข้ากับประตูน้ำ (Gate Valve) เพื่อควบคุมอัตราการไหล ของชุด Secondary Jet ต่อมาอีกเป็นระยะ 3d จะเป็นส่วนของ Screen mesh 16

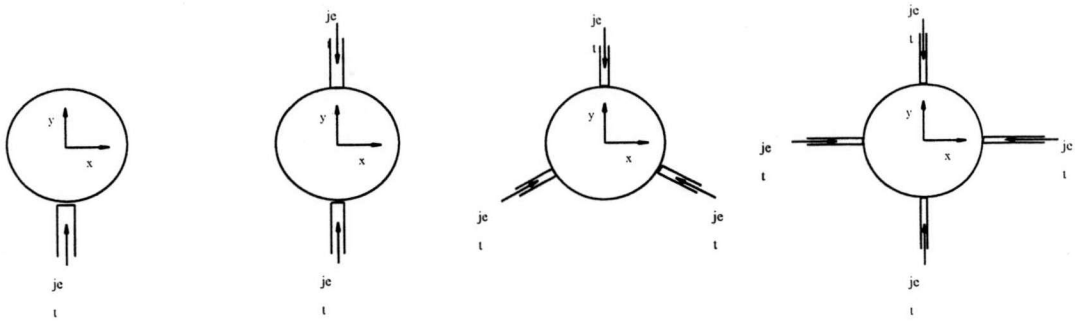
จำนวน 1 แผ่น เว้นระยะห่างอีก 1d เป็นส่วนของ Honeycomb ที่ทำจากหลอดพลาสติกยาวเท่ากับ 2.5d สำหรับหลอดพลาสติกมีขนาด $L/D_{\text{หลอด}} = 40$ โดยมี Screen mesh 16 ปิดหัว-ท้ายของ Honeycomb ต่อมาจะเป็นส่วนของ Screen mesh 16 จำนวน 2 แผ่นและ Screen mesh 30 จำนวน 1 แผ่นโดยมีระยะห่างระหว่าง Screen เท่ากับ 1d หลังจากนั้นเป็นระยะ 6d อากาศจะไหลผ่านไปยังส่วนของ Orifice ต่อมาอีกระยะ 4d เป็นส่วนของข้องอ 90° ที่ต่อเข้ากับข้อลดขนาดและต่อเข้ากับ Flexible tube ก่อนที่จะเข้าสู่ส่วนของท่อเจ็ต ซึ่งทำจากท่อทองเหลืองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเจ็ตที่ใช้เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนของ Secondary Jet ที่ฉีดเข้าผสม คือจำนวนเจ็ต 1 , 2 , 3 และ 4 ตัว ใช้ขนาดท่อเท่ากับ 4.3 , 3 , 2.5 และ 2 มิลลิเมตร ตามลำดับ เพื่อควบคุมให้การไหลและความเร็วของทุกกรณีเท่ากัน เจ็ตแต่ละตัวได้ผ่านการปรับการไหลของอากาศด้วยชุด Settling chamber ในลักษณะเดียวกัน ในส่วนของท่อเจ็ตที่ใช้มีความยาวเท่ากับ $80d_{\text{jet}}$ เพื่อลดผลของ Swirl เมื่ออากาศผ่าน Flexible tube และให้การไหลของอากาศที่ออกจากปากเจ็ตเป็นการไหลแบบ Fully develop flow

ในการประกอบชุด Primary Jet และชุด Secondary Jet จะประกอบโดยการติดตั้ง Secondary Jet ในบริเวณปากทางออกของชุด Primary Jet โดยเจ็ตแต่ละตัวจะอยู่ในแนวตั้งฉากกับปากทางออกของ Primary Jet ในการทดลองนั้นได้ทำการทดลองฉีด Secondary Jet เจ็ตจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ตัว ซึ่งได้แสดงตำแหน่งในการฉีดเจ็ตที่บริเวณปากทางออกของ Primary Jet ไว้ดังรูปที่ ก2 เมื่อมองเข้าทางด้านปากเจ็ต

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก1 รูปชุดทดลอง



รูปที่ ก2 ระบบแกนอ้างอิง

ก.3 พารามิเตอร์ของการทดลอง

ในการศึกษาเบื้องต้นได้ศึกษาผลของจำนวน Secondary Jet ในการฉีดเข้าผสมกับ Primary Jet โดยในการทดลองฉีดเจ็ตจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ตัวตามลำดับ ซึ่งจะควบคุมปริมาณ Velocity ratio และ Flow rate ratio ของ Primary Jet กับ Secondary Jet ให้คงที่ เพื่อที่จะศึกษาผลของการฉีดเจ็ตที่มีต่อคุณลักษณะการไหล โดยใช้ค่าความดันแตกต่างซึ่งแสดงในรูปของ Coefficient of pitot pressure , C_p นิยามโดย

$$C_p = \frac{(P_t - P_{ref})}{(P_J - P_{ref})} \quad \text{ก1}$$

โดยที่ P_t คือ Pitot pressure จาก Pitot tube ณ ตำแหน่งที่ทำการวัด
 P_{ref} คือ ความดันบรรยากาศที่อุณหภูมิห้องที่ 27°C
 P_J คือ Pitot Pressure ของ Primary Jet ณ ตำแหน่งกึ่งกลางที่ปากทางออก ในกรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต

ในการศึกษาผลของจำนวน Secondary Jet ในการผสมกับ Primary Jet มีพารามิเตอร์สำคัญของการทดลองที่ควบคุมให้คงที่คือ Velocity ratio $(\alpha_u) = \frac{U_j}{U_J}$ และ Flow rate ratio

$$(\alpha_Q) = \frac{\dot{Q}_j}{\dot{Q}_J} \quad \text{ก2}$$

โดยที่ U_j คือ ความเร็วที่กึ่งกลางปากทางออกของ Secondary Jet
 U_J คือ ความเร็วที่กึ่งกลางปากทางออกของ Primary Jet
 \dot{Q}_j คือ อัตราการไหลอากาศของ Secondary Jet
 \dot{Q}_J คือ อัตราการไหลอากาศของ Primary Jet

ก.4 รายละเอียดของการวัด

ในการศึกษาเบื้องต้นได้ทำการวัดค่า Pitot pressure เพื่อดูลักษณะและการกระจายตัวของ Primary Jet ซึ่งทำการทดลองฉีดจำนวน Secondary Jet เท่ากับ 1, 2, 3 และ 4 ตัว เพื่อศึกษาผลของจำนวนของ Secondary Jet ที่ฉีดเข้าผสมกับ Primary Jet โดยทำการทดลองที่ค่า Reynold number ของ Primary Jet เท่ากับ 52,000 ค่า Reynold number ของ Secondary Jet เท่ากับ 9,600, 6,700, 5,600, 4,700 และค่า Diameter ratio ระหว่าง Primary Jet กับ Secondary Jet เท่ากับ 12.8, 18.3, 22, 27.5 เมื่อเจ็ทมีจำนวน 1, 2, 3 และ 4 ตัว ตามลำดับ ซึ่งทำการทดลองที่ค่า Velocity ratio (α_u) เท่ากับ 2.3 และค่า Flow rate ratio (α_v) เท่ากับ 0.0145

อุปกรณ์ในการวัด Pitot pressure ใช้ Pitot probe มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 1.2 มิลลิเมตร ซึ่งอ่านค่าได้จาก Inclined manometer และทำการวัดค่า Pitot pressure ทั้งในแนวตั้ง (Vertical axis) และแนวระดับ (Horizontal axis) ผ่านจุดศูนย์กลางของ Primary Jet โดยมีแกนพิกัดอ้างอิงดังรูปที่ 2.2 และทำการวัดที่ตำแหน่งห่างจากปากทางออกของ Primary Jet เป็นระยะ 0.18D (ประมาณ 1d), 1D, 5D และ 10D ในแนวตั้งและแนวระดับทั้งในกรณีที่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ท สำหรับการวัดค่า Pitot pressure โดยใช้ Pitot probe มีค่าความไม่แน่นอนของการวัดเท่ากับ 2 % สำหรับ Primary Jet และ 4.78 % สำหรับ Secondary Jet คิดเป็นผลค่าความไม่แน่นอนของการวัดค่า Pitot pressure เท่ากับ 5 %

ก.5 ผลการทดลอง

รูปที่ ก3-ก4 แสดง Profile ของค่า C_p ในแนวตั้งและแนวระดับ เปรียบเทียบในกรณีที่ไม่มีการฉีดและฉีดเจ็ท 1, 2, และ 4 ตัว ณ ตำแหน่ง 0.18D ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet จะเห็นว่าลักษณะของ Profile ของค่า C_p ในแนวตั้ง กรณีที่มีการฉีดเจ็ท 1 ตัว Profile ของค่า C_p ในด้านที่มีการฉีดเจ็ทมีค่าต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ท ช่วงดังกล่าวน่าจะเป็นช่วงของ wake เนื่องจากเจ็ทที่พุ่งออกมาประพาดตัวเหมือนกับ Solid body กีดขวางการไหล ช่วงต่อมา Profile ของ C_p ของการฉีดเจ็ท มีค่าสูงกว่ากรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ท อาจเป็นเพราะเจ็ทถูก Primary Jet ดันให้เปลี่ยนทิศทางเข้าหาหัว Probe ทำให้วัดค่าความดันได้เพิ่มขึ้นเนื่องจาก Dynamic pressure ที่เพิ่มขึ้น ช่วงนี้จึงเป็นช่วงที่ความดันของ Pitot สูงสุด กรณีที่มีการฉีดเจ็ท 2 ตัว พบว่ามีผลคล้ายกับการฉีดเจ็ท 1 ตัว คือ ด้านที่มีการฉีดเจ็ท Profile ของ C_p จะมีค่าต่ำกว่ากรณีที่ไม่ฉีดเจ็ท ส่วนในกรณีที่มีการฉีดเจ็ท 4 ตัว นั้น จากการวัดด้วย Pitot probe แล้วไม่สามารถตรวจพบช่วงของ wake ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเจ็ทที่พุ่งออกมามีขนาดเล็กและมี Momentum ($\rho U^2 A$) น้อยกว่ากรณีของเจ็ท 1 และ 2 ตัว เป็นผลให้โครงสร้างของ wake มีการสลายตัวอย่างรวดเร็ว เมื่อพิจารณาที่บริเวณตรง

กลางของ Primary Jet พบว่ามีลักษณะที่ค่อนข้างจะ Uniform ทั้งในกรณีที่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต นอกจากนี้ยังพบว่า ผลจากการฉีดเจ็ต 2 และ 4 ตัว อาจมีผลทำให้ลักษณะ Profile ของ C_p ที่บริเวณตรงกลางมีค่ามากกว่าในกรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต

ส่วนลักษณะ Profile ของค่า C_p ในแนวระดับ จะเห็นว่า ในกรณีที่มีการฉีดเจ็ต 1, และ 2 ตัว เมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต พบว่ามี Profile ในลักษณะที่คล้ายกัน ส่วนในกรณีที่มีการฉีดเจ็ต 4 ตัว จะเห็นว่า Primary Jet มีลักษณะแคบลงกว่ากรณีอื่น ๆ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการฉีดเจ็ตจากด้านทั้งสองของ Primary Jet ในแนวระดับ

รูปที่ ก5-ก6 แสดง Profile ของค่า C_p ในแนวตั้งและแนวระดับ เปรียบเทียบในกรณีที่ไม่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต 1, 2 และ 4 ตัว ณ ตำแหน่ง 1D ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet จะเห็นว่าลักษณะ Profile ของ C_p ในแนวตั้ง กรณีที่มีการฉีดเจ็ต 1 ตัว Primary Jet มีบริเวณที่มีค่าความดันสูงสุดเบนขึ้นจากแนวกึ่งกลาง อันเนื่องมาจากเจ็ตที่ฉีดเข้าไปมีค่า Momentum มากพอที่จะบีบและดันให้ Primary Jet เบนขึ้นไปจากแนวกลาง กรณีที่มีการฉีดเจ็ต 2 ตัว จาก Profile ของ C_p พบว่า Primary Jet ถูกบีบให้แคบลงจากทั้งสองด้านที่มีการฉีดเจ็ต ส่วนในกรณีที่มีการฉีดเจ็ต 4 ตัว พบผลในลักษณะเดียวกัน คือ Primary Jet แคบลงกว่ากรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต แต่ถูกบีบลงน้อยกว่าเมื่อฉีดเจ็ต 2 ตัว เนื่องจากการฉีดเจ็ต 4 ตัว เจ็ตแต่ละตัวมีค่า Momentum น้อยกว่าการฉีดเจ็ต 2 ตัว และเมื่อเทียบกับในกรณีที่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ตพบว่า การฉีดเจ็ตมีผลทำให้ค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet เพิ่มขึ้น

ส่วนลักษณะ Profile ของค่า C_p ในแนวระดับ จะเห็นว่า ในการฉีดเจ็ต 1 ตัว บริเวณตรงกลางของ Primary Jet เริ่มเกิดการลดลง (Decay) ของค่าความดัน ทำให้ Primary Jet มีลักษณะ Double Peak ของค่าความดันสูงสุด ทั้งนี้เป็นผลของ wake ที่เกิดจากเจ็ตพุ่งขวางเข้าไปใน Primary Jet ในการฉีดเจ็ต 2 ตัว Profile ของ C_p มีลักษณะกว้างขึ้นและค่าความดันสูงสุดมากกว่ากรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต และในการฉีดเจ็ต 4 ตัว พบว่า Profile ของ C_p แคบลงเนื่องจากถูกบีบเข้าจากด้านที่มีการฉีดเจ็ต และมีค่าความดันสูงสุดมากกว่ากรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต

รูปที่ ก7-ก8 แสดง Profile ของค่า C_p ในแนวตั้งและแนวระดับ เปรียบเทียบในกรณีที่ไม่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต 1, 2, 3 และ 4 ตัว ณ ตำแหน่ง 5D ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet จะเห็นว่าลักษณะ Profile ของค่า C_p ในแนวตั้ง ในการฉีดเจ็ต 1 ตัว จะทำให้ตำแหน่งที่มีค่าสูงสุดของความดันเบนขึ้นจากแนวกลางของเจ็ตเป็นระยะ 0.5D และมีค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet ต่ำกว่ากรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต ในการฉีดเจ็ต 2 ตัว จะเห็นว่า Primary Jet ถูกบีบให้แคบลงและค่าความดันสูงสุดลดลงมากกว่ากรณีอื่น ๆ ในการฉีดเจ็ต 3 ตัว ที่บริเวณตำแหน่ง $y/D = -0.5$ พบว่า Profile ของ C_p มีลักษณะของ kink เกิดขึ้น และค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet มีการลดลงมากกว่ากรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต และในการฉีดเจ็ต 4 ตัว ค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet มีค่าลดลงและมีลักษณะที่แคบลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต เมื่อเทียบกับในกรณีที่มีการฉีดและไม่

ฉีดเจ็ต พบว่าค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet มีการลดลงเป็นลำดับดังนี้ โดยในกรณีที่ฉีดเจ็ต 2 ตัว ค่าของความดันสูงสุดลดลงมากกว่ากรณีที่ฉีดเจ็ต 1, 3, 4 ตัว และเมื่อไม่มีการฉีดเจ็ต ตามลำดับ

ส่วนลักษณะ Profile ของค่า C_p ในแนวระดับ จะเห็นว่า ในการฉีดเจ็ต 1 ตัว บริเวณตรงกลางของ Primary Jet ค่าความดันเกิดการลดลงมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ทำให้ Primary Jet มีลักษณะของ Double Peak ของค่าความดันสูงสุด ซึ่งเป็นผลของ wake ที่เกิดจากเจ็ตพุ่งขวางเข้าไปใน Primary Jet ในการฉีดเจ็ต 2 ตัว พบว่า Primary Jet มี Profile ในลักษณะของ Double Peak เช่นเดียวกัน แต่มีการลดลงของค่าความดันน้อยกว่ากรณีที่ฉีดเจ็ต 1 ตัว และในการฉีดเจ็ต 3 และ 4 ตัว มีลักษณะของ Profile ในลักษณะคล้ายกันคือ รูปร่างของ Primary Jet ไม่พบลักษณะ Double Peak เหมือนกับกรณีที่ฉีดเจ็ต 1 และ 2 ตัว ซึ่งการฉีดเจ็ต 3 และ 4 ตัวให้ผลของการลดลงของความดันที่น้อยกว่าการฉีดเจ็ต 1 และ 2 ตัว เมื่อเทียบกับทั้งกรณีที่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต พบว่าการฉีดเจ็ต 1 และ 2 ตัว Primary Jet มีลักษณะกระจายตัวออกในแนวระดับ และถูกบีบเข้าในแนวตั้งจากทางด้านที่มีการฉีดเจ็ต ซึ่งในการฉีดเจ็ต 1 ตัว Primary Jet ถูกบีบให้เบนขึ้น และในการฉีดเจ็ต 2 ตัว Primary Jet ถูกบีบให้แคบลง

รูปที่ ก9-ก10 แสดง Profile ของค่า C_p ในแนวตั้งและแนวระดับ เปรียบเทียบในกรณีที่ไม่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต 1, 2, 3 และ 4 ตัว ณ ตำแหน่ง 10D ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet จากลักษณะ Profile ของ C_p ในแนวตั้งจะเห็นว่า มีรูปร่างคล้ายกับที่ตำแหน่ง 5D คือ ในการฉีดเจ็ต 1 ตัว มีผลให้ตำแหน่งที่มีค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet เบนขึ้นไปจากแนวกลาง ในการฉีดเจ็ต 2 ตัว มีผลทำให้ Primary Jet มีลักษณะที่แคบลงและค่าของความดันสูงสุดของ Primary Jet ลดลงมากกว่ากรณีอื่น ๆ ในการฉีดเจ็ต 3 ตัวนั้น พบว่าลักษณะของ kink ได้สลายตัวไป และในการฉีดเจ็ต 4 ตัว มีการลดลงของความดันสูงสุดน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกรณีอื่น ๆ

ส่วนลักษณะ Profile ของค่า C_p ในแนวระดับ จะเห็นว่า ในการฉีดเจ็ต 1 ตัว ไม่พบลักษณะของ Double Peak ดังเช่นในตำแหน่ง 5D น่าจะเป็นเพราะว่า ผลของ wake ที่เกิดจากเจ็ตได้สลายไป ส่วนในการฉีดเจ็ต 2 ตัว ยังพบลักษณะของ Double Peak อยู่ และเจ็ตมีการกระจายตัวออกในแนวระดับมากกว่าทุกกรณี และเมื่อเทียบกับในกรณีที่มีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ต พบว่าค่าของความดันสูงสุดมีการลดลงเป็นลำดับ โดยกรณีที่มีการฉีดเจ็ต 1 ตัว มีค่าความดันสูงสุดน้อยกว่ากรณีที่มีการฉีดเจ็ต 2, 3, 4 ตัว และกรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต ตามลำดับ

รูปที่ ก11 แสดงการลดลงของค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet ซึ่งนิยามให้เป็นอัตราส่วนระหว่างค่าผลต่างของความดันสูงสุดบนแกน x หรือ y ของ Primary Jet และค่าผลต่างของความดันที่ตำแหน่งกึ่งกลาง Primary Jet ที่ปากทางออกของกรณีที่ไม่มีการฉีดเจ็ต จะเห็นว่าค่าความดันมีค่าลดลงเป็นลำดับดังนี้ คือกรณีที่มีการฉีดเจ็ต 2 ตัว ในแนวตั้งมีอัตราการลดลงของค่าความดันสูงสุดมากกว่ากรณีที่ฉีดเจ็ต 1, 3, 4 ตัว และกรณีที่ไม่ฉีดเจ็ต ตามลำดับ ส่วนในการฉีดเจ็ต 3 และ 4 ตัว มีการลดลงของค่าความดันในแนวตั้งและแนวระดับที่ใกล้เคียงกัน

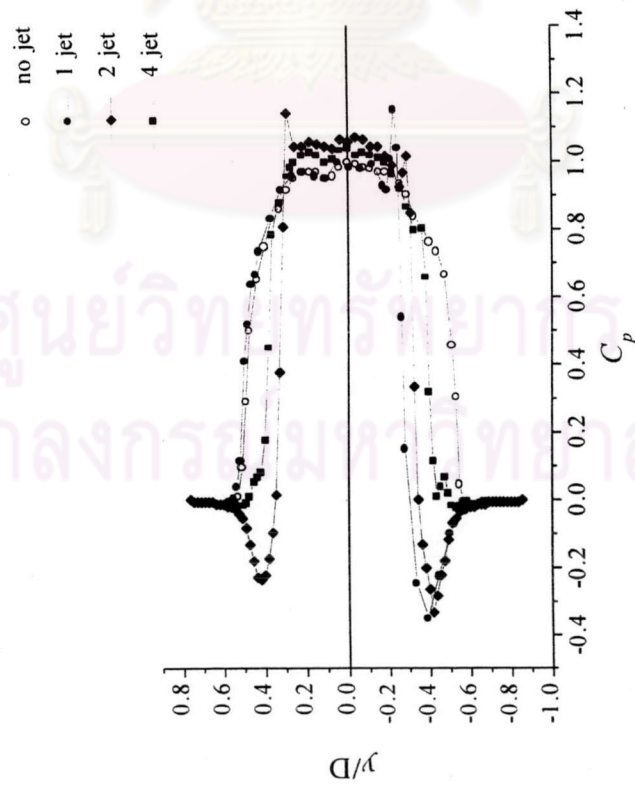
รูปที่ ก12 เป็นรูป Profile แสดงความกว้าง (δ) ของ Primary Jet ซึ่งนิยามเป็นระยะของตำแหน่งที่มีค่าความดันคิดเป็น 50% ของค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet จะเห็นว่า ในการฉีดเจ็ต 2 ตัว ในแนวระดับ Primary Jet มีความกว้างมากกว่ากรณีอื่น ๆ ส่วนในแนวตั้ง Primary Jet ถูกบีบให้แคบลง การฉีดเจ็ต 1 ตัวมีผลคล้ายกับการฉีดเจ็ต 2 ตัว คือ Primary Jet กระจายตัวออกในแนวระดับ และถูกบีบให้แคบลงในแนวตั้ง ส่วนการฉีดเจ็ต 3 และ 4 ตัว มีลักษณะที่คล้ายคือ ทั้งในแนวตั้งและแนวระดับ Primary Jet มีลักษณะกระจายตัวออกมากกว่ากรณีที่ไม่ฉีดเจ็ตเล็กน้อย และกรณีที่ฉีดเจ็ต 4 ตัว มีลักษณะของ Profile ของ C_p ที่ค่อนข้างสมมาตรกันในแนวตั้งและแนวระดับ



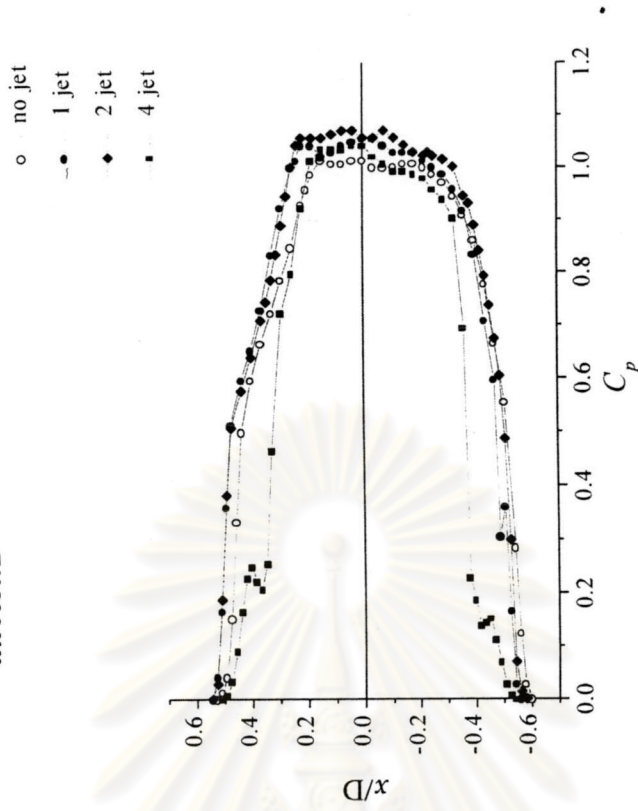
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 0.18D

แนวตั้ง



แนวระดับ

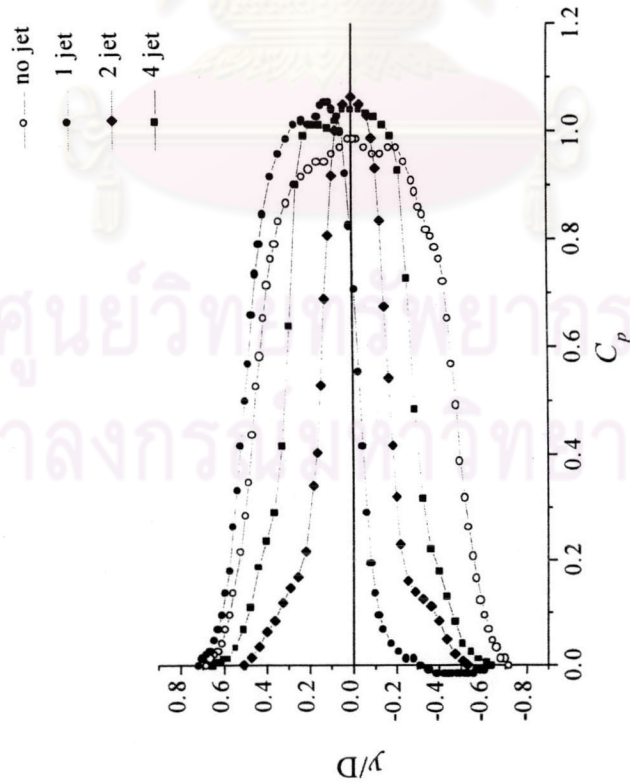


รูปที่ ก3 แสดง Profile ของ C_p ในแนวตั้ง ณ. ตำแหน่ง 0.18D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

รูปที่ ก4 แสดง Profile ของ C_p ในแนวระดับ ณ. ตำแหน่ง 0.18D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

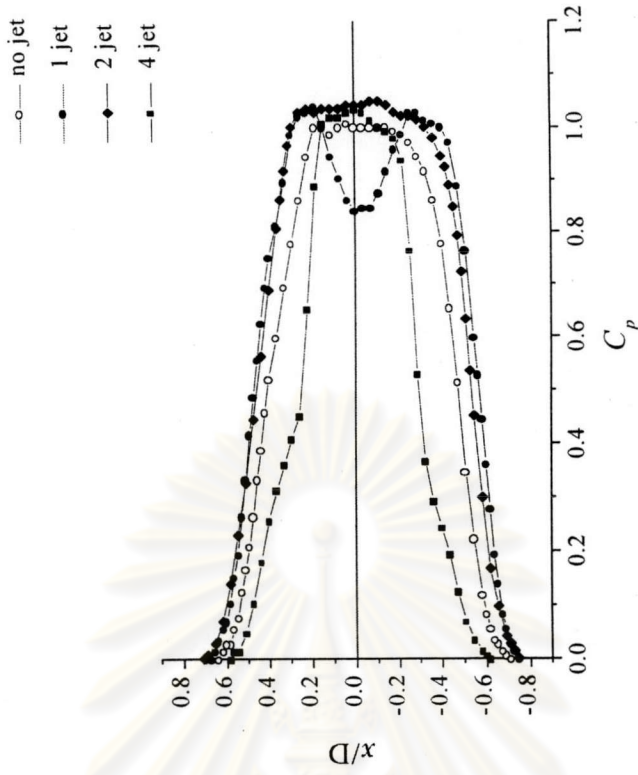
ตำแหน่งที่ 1D

แนวตั้ง



รูปที่ 5 แสดง Profile ของ C_p ในแนวตั้ง ณ. ตำแหน่ง 1D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

แนวระดับ

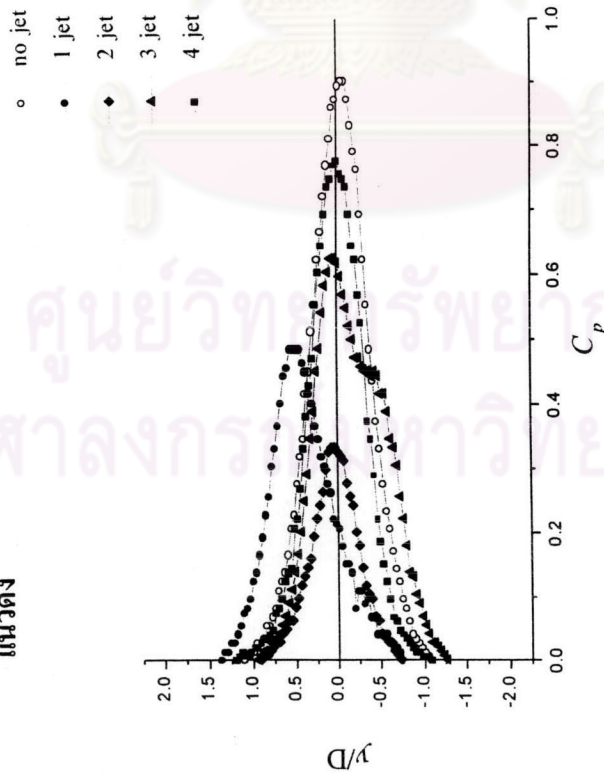


รูปที่ 6 แสดง Profile ของ C_p ในแนวระดับ ณ. ตำแหน่ง 1D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

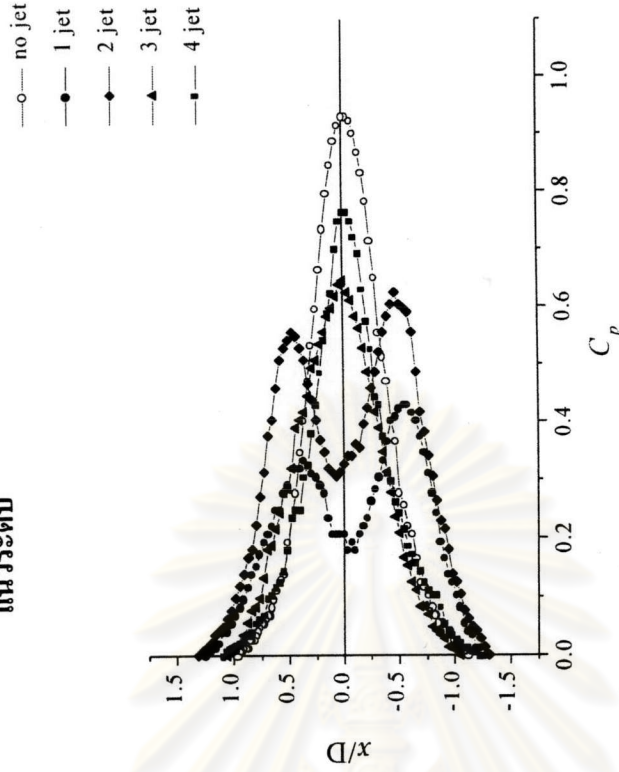
ศูนย์วิศวกรรมอากาศยาน
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตำแหน่งที่ 5D

แนวตั้ง



แนวระดับ

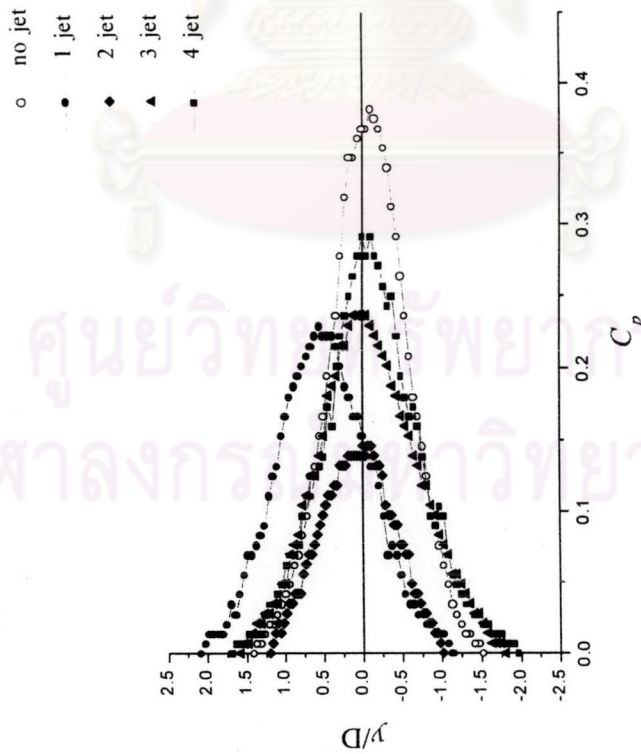


รูปที่ ๗ แสดง Profile ของ C_p ในแนวตั้ง ณ. ตำแหน่ง 5D
ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

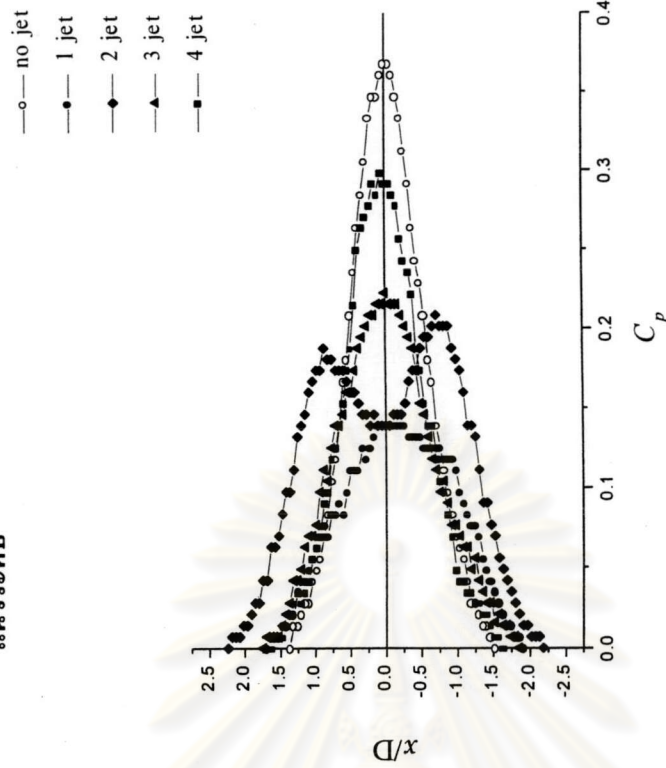
รูปที่ ๘ แสดง Profile ของ C_p ในแนวระดับ ณ. ตำแหน่ง 5D
ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

ตำแหน่งที่ 10D

แนวตั้ง

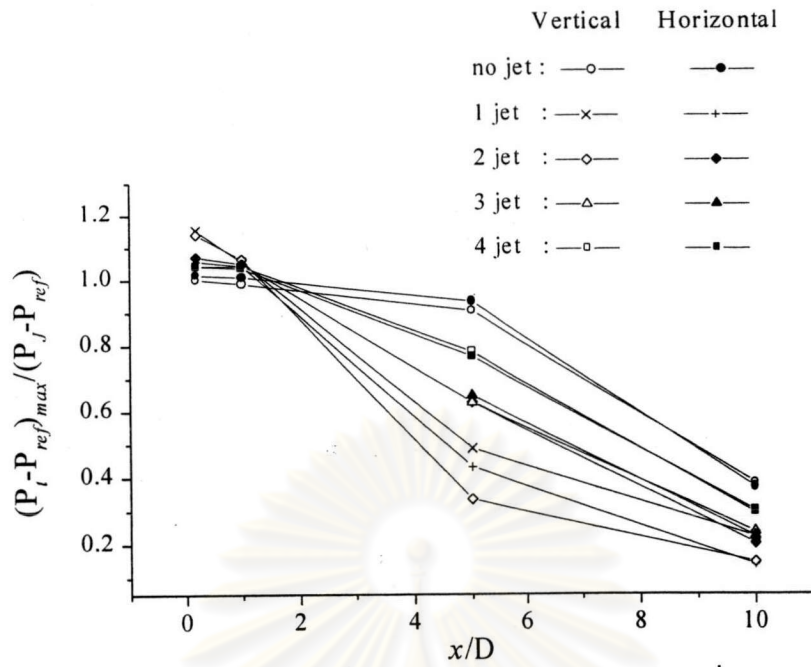


แนวระดับ

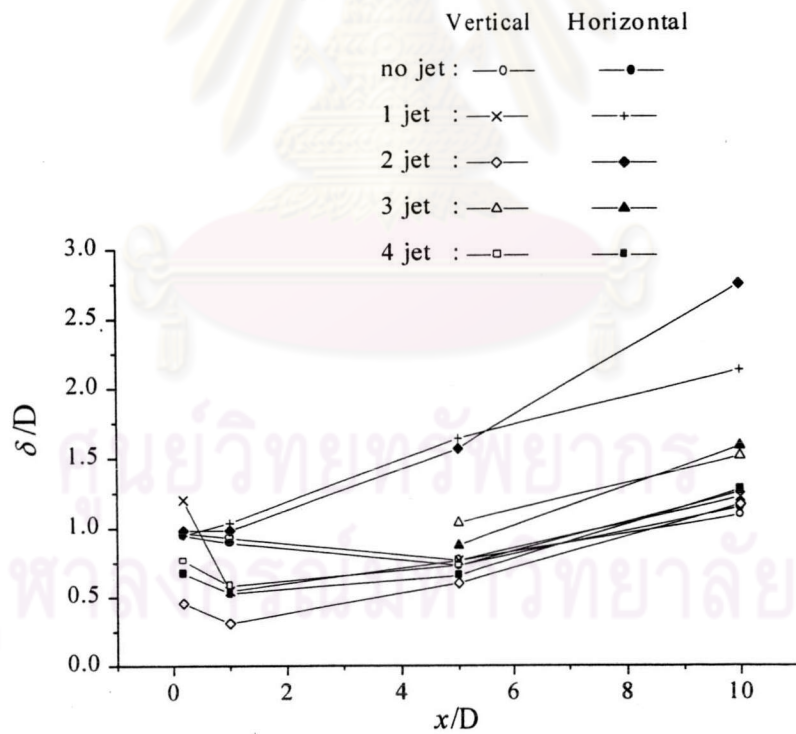


รูปที่ ก9 แสดง Profile ของ C_p ในแนวตั้ง ณ. ตำแหน่ง 10D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet

รูปที่ ก10 แสดง Profile ของ C_p ในแนวระดับ ณ. ตำแหน่ง 10D
 ห่างจากปากทางออกของ Primary Jet



รูปที่ ก11 การลดลงของค่าความดันสูงสุดของ Primary Jet ในแนวตั้งและแนวระดับ เมื่อมีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ตทุติยภูมิ



รูปที่ ก12 ขนาดความกว้างของ Primary Jet ในแนวตั้งและแนวระดับ เมื่อมีการฉีดและไม่ฉีดเจ็ตทุติยภูมิ

ก.6 สรุปผลการทดลอง

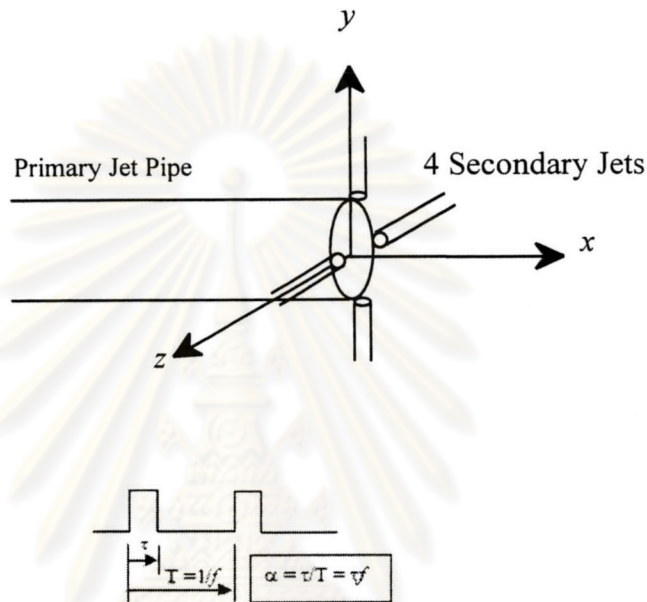
- ลักษณะ Profile ของค่า C_p สามารถใช้บ่งบอกขอบเขตและลักษณะของ Primary Jet เพื่อศึกษาผลของจำนวนเจ็ตที่ฉีดเข้าผสมได้ในระดับหนึ่ง
- การฉีดเจ็ต 1 ตัว มีผลทำให้ Primary Jet ถูกบีบให้เบนขึ้นในแนวตั้ง และกระจายตัวออกทางด้านข้างของแนวระดับ
- การฉีดเจ็ต 2 ตัว มีผลทำให้ Primary Jet ถูกบีบให้แคบลงในแนวตั้ง และกระจายตัวออกทางด้านข้างของแนวระดับ สังเกตได้ว่าการฉีดเจ็ต 2 ตัว ในแนวตั้งก่อให้เกิดผลของการลดลงของค่าความดันสูงสุด และในแนวระดับก่อให้เกิดผลของการกระจายตัวออกทางด้านข้างมากกว่ากรณีอื่น ๆ
- การฉีดเจ็ต 3 และ 4 ตัว Primary Jet เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เนื่องจากเจ็ตแต่ละตัวมีค่า Momentum ที่ต่ำ จึงมีผลต่อการลดลงของค่าความดันและการกระจายตัวของเจ็ตน้อยกว่าการฉีดเจ็ต 1 และ 2 ตัว สังเกตได้ว่าการฉีดเจ็ต 4 ตัว Profile ของ C_p ในแนวตั้งและแนวระดับมีลักษณะค่อนข้างสมมาตรกัน

ภาคผนวก ข

การคำนวณค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

ข.1 ปัญหาที่ใช้ศึกษาสำหรับการทดลอง

เรื่องการผสมของเจ็ตปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบพัลส์ตามแนวเส้นรอบวง มีลักษณะดังรูปที่ ข1



รูปที่ ข1 รูปการทดลอง

ในการศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ จำเป็นต้องกำหนดให้ค่าของตัวแปรอื่นๆ คงที่ สำหรับการศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงผลของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางตัว (ผลของความถี่ (f) และผลของ Duty Cycle (α) ของการฉีดเจ็ตทุติยภูมิแบบพัลส์) ที่มีต่อคุณลักษณะการผสม โดยพิจารณาจากค่าระดับความเข้มของแสงและสีของภาพเจ็ต

ข.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องสำหรับการทดลอง

$$F(\rho_j, v_j, u_j, D, \rho_f, v_f, u_f, d, n, f, \alpha) = 0$$

ข1

ใช้วิธี dimensional Analysis

$$\text{ตัวแปรทั้งหมด (n)} = 11$$

$$\text{ตัวแปรต้น (m)} = 3$$

$$r = 3 \quad \text{ดังนั้น}$$

$$\alpha = n - r = 11 - 3 = 8 \quad \text{เทอมไร้มิติ(PI groups)}$$

ข.3 กำหนดตัวแปรใหม่ให้อยู่ในเทอมไร้มิติ(Dimensionless)

$$1. \quad \Pi_\rho = r_\rho = \frac{\rho_j}{\rho_j}$$

$$2. \quad \Pi_d = r_d = \frac{d}{D}$$

$$3. \quad \Pi_u = r_u = \frac{u_j}{u_j} = r_{eff}$$

$$4. \quad \Pi_m = r_m = \frac{\dot{m}_j}{\dot{m}_j} = nr_d^2 r_u r_\rho$$

$$5. \quad \Pi_{Re_j} = Re_j = \frac{u_j D}{\nu_j}$$

$$6. \quad \Pi_{Re_j} = Re_j = \frac{u_j d}{\nu_j}$$

$$7. \quad \Pi_f = St = \frac{fD}{U_{ji}}$$

$$8. \quad \Pi_\alpha = \alpha$$

ดังนั้นตัวแปรต่างๆ สามารถทำให้อยู่ในเทอมไร้มิติในรูป PI groups คือ

$$\Phi = \Phi(r_\rho, r_d, r_u, r_m, Re_j, Re_j, f, \alpha) = 0$$

ข2

ข.4 ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลของความถี่และ Duty Cycle

สำหรับการศึกษาคูณลักษณะการผสมของเจ็ตจำเป็นต้องคงที่พารามิเตอร์ตัวหนึ่งที่สำคัญคือค่าเรย์โนลด์เบอร์ของเจ็ตรวมสุทธิเมื่อออกมาจากปากทางออกหัวฉีด มีผลทำให้อัตราการไหลของเจ็ตรวมสุทธิในทุกกรณีของการทดลองมีค่าคงที่

$$Re_j = \frac{U_j D}{\nu_j} \quad \text{ข3}$$

ในการศึกษาผลของความถี่และ Duty Cycle ในการฉีดเจ็ดทุติยภูมิ จำเป็นต้องกำหนดให้พารามิเตอร์ต่างๆ ดังที่คือ อัตราส่วนความหนาแน่น (r_ρ) อัตราส่วนความเร็วประสิทธิผล (r_{eff}) (r_{eff}) อัตราส่วนการผสมโดยมวล (Stoichiometric Ratio, SR) อัตราส่วนโดยมวลระหว่างเจ็ดปฐมภูมิต่อเจ็ดทุติยภูมิ (r_m) เรย์โนลด์เบอร์เจ็ดปฐมภูมิ (Re_j) เรย์โนลด์เบอร์เจ็ดทุติยภูมิ (Re_{j_7}) และเรย์โนลด์เบอร์ของกระแสตามของอุโมงค์น้ำ (Re_{cf}) นิยามโดย

$$Re_{cf} = \frac{u_{cf} W}{\nu_{cf}} \quad \text{ข4}$$

ข.5 สถานะที่ทำการทดลอง

สำหรับในสถานะพื้นฐาน กำหนดให้เป็นกรณีการไหลแบบเจ็ดปฐมภูมิที่ไม่มีการฉีดเจ็ดทุติยภูมิ ได้กำหนดให้ค่าเรย์โนลด์เบอร์เจ็ดและ อัตราการไหลของเจ็ด เท่ากับเรย์โนลด์เบอร์ของเจ็ดรวมสุทธิ และอัตราการไหลของเจ็ดรวมสุทธิของกรณีการไหลแบบเจ็ดปฐมภูมิที่มีการฉีดเจ็ดทุติยภูมิเข้าผสม ในการทดลองกรณีต่างๆ มีค่าพารามิเตอร์แสดงดังตารางที่ ข1

Case	SJ0	SSJ	SJ1H25D	SJ1H50D	SJ1H75D	SJ5H25D	SJ5H50D	SJ5H75D
r_ρ	1.0							
r_m	-	5.4						
r_{eff}	-	4	16.6	8.3	5.5	16.6	8.3	5.5
Re_j	6,800	5,600						
Re_{j_7}	-	2,500	10,000	5,000	3,300	10,000	5,000	3,300
Re_{j_7}	6,800							
Re_{cf}	2,900							
St	-	-	0.0188			0.094		
α	-	100	25	50	75	25	50	75
SR	1.0							

ตาราง ข1 พารามิเตอร์ของการทดลอง

ภาคผนวก ค

ค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty)

ค.1 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลาย

ค.1.1 การคำนวณค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายกรด

การคำนวณความเข้มข้นสารละลายกรดในการทดลอง (C_a) ใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$C_a = \frac{M_a V_a}{V_a + V_w} \quad \text{ค1}$$

เมื่อ M_a เป็นความเข้มข้นสารละลายกรดที่ระบุจากขวด
 V_a เป็นปริมาตรสารละลายกรดที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย
 V_w เป็นปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนโดย Kline(1985) สามารถประมาณค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายกรด (δC_a) ตามสมการ

$$\delta C_a = \sqrt{\left(\frac{\partial C_a}{\partial M_a} \delta M_a\right)^2 + \left(\frac{\partial C_a}{\partial V_a} \delta V_a\right)^2 + \left(\frac{\partial C_a}{\partial V_w} \delta V_w\right)^2} \quad \text{ค2}$$

แทนค่า C_a ตามสมการ ค2 จะได้

$$\delta C_a = \sqrt{\left[\frac{V_a \delta M_a}{(V_a + V_w)}\right]^2 + \left[\frac{M_a V_w \delta V_a}{(V_a + V_w)^2}\right]^2 + \left[\frac{M_a V_a \delta V_w}{(V_a + V_w)^2}\right]^2} \quad \text{ค3}$$

โดยที่ความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นสารละลายกรดจากขวด δM_a มีค่าประมาณ ± 0.2480 M ค่าความคลาดเคลื่อนในการตวงปริมาตรสารละลายกรด δV_a มีค่าประมาณ ± 0.0005 L และให้ค่า δV_w มีค่า ± 5 L และในการเตรียมสารละลายกรดที่ใช้ทำการทดลองมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ $M_a = 15.0000$ M, $V_a = 0.1470$ L และ $V_w = 220$ L แทนลงในสมการ ค3

ค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายกรดมีค่าเท่ากับ ± 0.0003 M หรือคิดเป็นค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 3\%$ ระหว่างกรณีการทดลอง

ค.1.2 การคำนวณความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายเบส

การคำนวณความเข้มข้นสารละลายเบสในการทดลอง (C_b) ใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$C_b = \frac{M_b V_b}{V_b + V_w} \quad \text{ค4}$$

- เมื่อ M_b เป็นค่าความเข้มข้นสารละลายเบสที่ระบุจากขวด
 V_b เป็นปริมาตรสารละลายเบสที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย
 V_w เป็นปริมาตรน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย

จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนโดย Kline(1985) สามารถประมาณค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายเบส (δC_b) ตามสมการ

$$\delta C_b = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial C_b}{\partial M_b} \delta M_b \right)^2 + \left(\frac{\partial C_b}{\partial V_b} \delta V_b \right)^2 + \left(\frac{\partial C_b}{\partial V_w} \delta V_w \right)^2 \right]}$$

แทนค่า C_b ตามสมการ ค4 จะได้

$$\delta C_b = \sqrt{\left[\left[\frac{V_b \delta M_b}{(V_b + V_w)} \right]^2 + \left[\frac{M_b V_w \delta V_b}{(V_b + V_w)^2} \right]^2 + \left[\frac{M_b V_b \delta V_w}{(V_b + V_w)^2} \right]^2 \right]} \quad \text{ค5}$$

โดยที่ความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นสารละลายกรดจากขวด δM_b มีค่าประมาณ ± 0.2370 M ค่าความคลาดเคลื่อนในการตวงปริมาตรสารละลายกรด δV_b มีค่าประมาณ ± 0.0005 L และให้ค่า δV_w มีค่า ± 5 L และในการเตรียมสารละลายกรดที่ใช้ทำการทดลองมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ $M_a = 19.2000$ M, $V_b = 0.0420$ L และ $V_w = 80$ L แทนลงในสมการ ค5

ค่าความไม่แน่นอนของความเข้มข้นสารละลายเบสมีค่าเท่ากับ ± 0.0007 M หรือคิดเป็นค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 7\%$ ระหว่างกรณีการทดลอง

ค.1.3 ความไม่แน่นอนของอัตราส่วนผสมโดยมวล

การคำนวณค่าอัตราส่วนผสมโดยมวล (Stoichiometric ratio : SR) ใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$SR = \frac{C_b - 10^{(pH-14)}}{C_a + 10^{(pH-14)}} \quad \text{ค6}$$

เมื่อ C_a, C_b เป็นค่าความเข้มข้นสารละลายกรด-เบสที่ใช้ในการทดลอง

pH เป็นค่า pH ในช่วงที่สารละลายฟีนอล์ฟทาลินเปลี่ยนสี
จากการประมาณค่าความไม่แน่นอนโดย Kline(1985) สามารถประมาณค่าความไม่แน่นอนของ
อัตราส่วนการผสมโดยปริมาตร (SR) ตามสมการ

$$\delta SR = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial SR}{\partial C_a} \delta C_a\right)^2 + \left(\frac{\partial SR}{\partial pH} \delta pH\right)^2 + \left(\frac{\partial SR}{\partial C_b} \delta C_b\right)^2\right)} \quad \text{ค7}$$

แทนค่า SR ตามสมการ ค.7 จะได้

$$\delta SR = \sqrt{\left(\left(\frac{(C_b - 10^{(pH-14)})}{(C_a + 10^{(pH-14)})^2} \delta C_a\right)^2 + \left(\frac{(C_a - C_b)(10^{(pH-14)} \ln 10)}{(C_a + 10^{(pH-14)})^2} \delta pH\right)^2 + \left(\frac{1}{(C_a + 10^{(pH-14)})} \delta C_b\right)^2\right)} \quad \text{ค8}$$

โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนของความเข้มข้นสารละลายกรด $\delta C_a = \pm 0.0003$ M ค่าความคลาด
เคลื่อนของความเข้มข้นสารละลายเบส $\delta C_b = \pm 0.0007$ M และให้ค่า $\delta pH = \pm 2$ และในการทำ
การทดลองมีค่าพารามิเตอร์ต่างๆ คือ $C_a = 0.0100$ M, $C_b = 0.0100$ M และ $pH = 8$ แทนค่าลงในสมการ ค8 พบว่าค่าความไม่แน่นอนของอัตราส่วนผสมโดยมวลจากการคำนวณมีค่าเท่ากับ ± 0.01 หรือคิดเป็นค่าความแตกต่างไม่เกิน $\pm 1\%$ ระหว่างกรณีการทดลอง

ค.2 ค่าความไม่แน่นอนของอัตราส่วนผสมโดยมวลจากการไตเตรทขั้น

ในการทดลองได้ทำการไตเตรทสารละลายกรดเบสก่อนทำการทดลอง เพื่อให้ผลของการทดลองมีค่าอัตราส่วนการผสมและความไม่แน่นอนของการทดลองแต่ละครั้งอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้จากข้อมูลในการไตเตรทพบว่ามีค่าอัตราส่วนการผสมในการทดลองเท่ากับ 1.00 ± 0.03 หรือมีความแตกต่างไม่เกิน 3%

ภาคผนวก ง

การคำนวณค่าความหนาแน่นของสารละลาย

ง.1 ความหนาแน่นของสารละลายที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของของไหลในอุโมงค์น้ำ

ในการทดลองนี้สารละลายที่ใช้เป็นของไหลในส่วนของอุโมงค์น้ำคือสารละลายกรดไนตริก การคำนวณค่าความหนาแน่นของสารละลายกรดไนตริก ($\rho_a = \rho_{cf}$) ตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\rho_a = \frac{m_a + m_w}{V_a + V_w} = \frac{C_a V_{as} M_w + \rho_w V_w}{V_{as}} \quad \text{ง1}$$

โดยที่ C_a คือค่าความเข้มข้นของสารละลายกรดที่ใช้ในการทดลอง

M_w คือค่ามวลโมเลกุลของสารละลายกรดไนตริก

$V_{as} = V_a + V_w$ คือปริมาตรรวมของสารละลายกรด

V_a คือปริมาตรในส่วนสารละลายกรดที่มีอยู่ในสารละลาย

V_w คือปริมาตรในส่วนน้ำที่มีอยู่ในสารละลาย

ρ_a, ρ_w คือค่าความหนาแน่นของน้ำ สารละลายกรด ตามลำดับ

ค่า $C_a = 0.01$ M $M_w = 63.01$ กรัมต่อโมล $V_{as} = 1,000$ ลูกบาศก์เซนติเมตร $\rho_a, \rho_w = 1.5000, 0.9970$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร $V_w = V_{sa} - V_a = V_{sa} - (mol_a M_w) / \rho_a = 999.58$ ลูกบาศก์เซนติเมตร แทนลงในสมการ ง1 ได้ค่าความหนาแน่นของสารละลายกรดที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของของไหลในอุโมงค์น้ำเท่ากับ 0.9972 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ง.2 ความหนาแน่นของสารละลายที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของของไหลในเจ็ทปฐมภูมิและเจ็ททุติยภูมิ

ในการทดลองนี้สารละลายที่ใช้เป็นของไหลในส่วนของเจ็ทปฐมภูมิและเจ็ททุติยภูมิคือสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนในอัตราส่วน 0.5 % โดยปริมาตร การคำนวณค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน ($\rho_{bp} = \rho_{jj}$) ตามความเข้มข้นที่ใช้ในการทดลองใช้ความสัมพันธ์ตามสมการ

$$\rho_{bp} = \frac{\rho_b V_b + \rho_p V_p}{V_b + V_p} \quad \text{ง2}$$

โดยที่ ρ_b, ρ_p คือค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสและสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน
 V_b, V_p คือปริมาตรรวมของสารละลายเบสและสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน
 ค่า $\rho_b, \rho_p = 0.9978, 0.8936$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ V_p มีค่าคิดเป็น 0.5 %
 ของ V_b แทนลงในสมการ ง2 ได้ค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสผสมสารละลายฟีนอล์ฟ
 ทาลีนที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งของของไหลในเจ็ทปฐมภูมิและเจ็ททุติยภูมิเท่ากับ 0.9973 กรัมต่อลูกบาศก์
 เซนติเมตร

ซึ่งในการหาค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสและสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนมี
 รายละเอียดดังนี้

ง.2.1 ความหนาแน่นของสารละลายเบส

การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการ
 ทดลองนี้หาได้จากสมการ

$$\rho_b = \frac{m_b + m_w}{V_b + V_w} = \frac{C_b V_{bs} M_w_b + \rho_w V_w}{V_{bs}} \quad \text{ง3}$$

โดยที่ C_b คือค่าความเข้มข้นของสารละลายเบสที่ใช้ในการทดลอง
 M_w_b คือค่ามวลโมเลกุลของสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอกไซด์
 $V_{bs} = V_b + V_w$ คือปริมาตรรวมของสารละลายเบส
 V_b คือปริมาตรในส่วนสารละลายเบสที่มีอยู่ในสารละลาย
 V_w คือปริมาตรในส่วนน้ำที่มีอยู่ในสารละลาย
 ρ_b, ρ_w คือค่าความหนาแน่นของน้ำ สารละลายเบส ตามลำดับ

แทนค่า $C_b = 0.01 \text{ M}$ $M_w_b = 40$ กรัมต่อโมล $V_{bs} = 1,000$ ลูกบาศก์เซนติเมตร $\rho_b, \rho_w =$
 $2.1300, 0.9970$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร $V_w = V_{sb} - V_a = V_{sb} - (mol_b M_w_b) / \rho_b = 999.25$
 ลูกบาศก์เซนติเมตร แทนลงในสมการ ง3 ได้ค่าความหนาแน่นของสารละลายเบสโซเดียมไฮดรอก
 ไซด์ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.9978 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ง.2.2 ความหนาแน่นของสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

ในการทดลองนี้สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนที่ใช้มีส่วนผสมของเนื้อผงสารฟีนอล์ฟทาลีน
 โดยมีน้ำและสารละลายเอทานอลเป็นตัวทำละลาย การคำนวณหาค่าความหนาแน่นของ
 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีนที่ใช้ในการทดลองนี้หาได้จากสมการ

$$\rho_p = \frac{m_p + m_w + m_e}{V_p + V_w + V_e} = \frac{(m_p + \rho_w V_w + \rho_e V_e)}{\left(\frac{m_p}{\rho_p} + V_w + V_e\right)} \quad \text{ง4}$$

โดยที่ m_p, m_w, m_e คือมวลของสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน น้ำ และเอทานอล

V_p, V_w, V_e คือปริมาตรของสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน น้ำ และเอทานอล

ρ_p, ρ_w, ρ_e คือความหนาแน่นของสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน น้ำ และเอทานอล

ค่า $m_p = 0.2$ กรัม $\rho_p, \rho_w, \rho_e = 1.3, 0.997, 0.789$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ $V_w = 50$ ลูกบาศก์เซนติเมตร และ $V_e = 50$ ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในสมการ ง4 ได้ค่าความหนาแน่นของสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนมีค่าเท่ากับ 0.8936 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ

รายละเอียดของโปรแกรมทำกระบวนการทางภาพ

จ.1 โปรแกรมการคำนวณหาภาพเฉลี่ยและภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานโดยกฎของเบียร์

```
//Beer's law Mean and SD image-----  
---  
#include<afxstr.h>  
#include<atlimage.h>  
#include<math.h>  
int cropH = 15;  
int cropW = 15;  
void CBeerLawmeanImageDlg::OnBnClickedOk(){  
    int k,MultiMean,MultiSD;  
    int (*a)[3],inc,incc;  
    CString (*b)[5];  
    char c[500];  
    FILE *fp;  
    CImage* image = new CImage();  
    CImage* imgbk = new CImage();  
  
    fp = fopen("c:/BeerLawmeanImage.txt","r");  
    fscanf(fp,"%d",&k);  
    a = new int[k+1][3];  
    b = new CString[k+1][5];  
    fscanf(fp,"%s",&c);  
    fscanf(fp,"%d%d",&inc,&incc);  
    MultiMean = inc;  
    MultiSD = incc;  
    for(int i=1;i<=k;i++){  
        fscanf(fp,"%d%d",&inc,&incc);  
        a[i][1] = inc;  
        a[i][2] = incc;  
        fscanf(fp,"%s",&c);  
        b[i][1] = c;  
        fscanf(fp,"%s",&c);  
        b[i][2] = c;  
        fscanf(fp,"%s",&c);  
        b[i][3] = c;  
        fscanf(fp,"%s",&c);  
        b[i][4] = c;  
    }  
    fclose(fp);  
  
    CString s,sm;  
    int w,h;  
    aarr beermeanR(720,576);  
    aarr beermeanG(720,576);  
    aarr beermeanB(720,576);  
    aarr R(720,576);  
    aarr G(720,576);  
    aarr B(720,576);  
    BYTE *p,*pb,*ptvara,*pbeer;  
  
    for(int i=1;i<=k;i++){  
        s = b[i][1]+callDigit(a[i][2],1)+".tif";  
        image->Load(s);  
        w = image->GetWidth();  
        h = image->GetHeight();  
        image->Destroy();  
        for(int j=0;j<=576;j++){  
            for(int ii=0;ii<=720;ii++){  
                beermeanR.row[ii].col[j] = 0.0;  
                beermeanG.row[ii].col[j] = 0.0;  
                beermeanB.row[ii].col[j] = 0.0;  
                R.row[ii].col[j] = 0.0;  
                G.row[ii].col[j] = 0.0;  
                B.row[ii].col[j] = 0.0;  
            }  
        }  
    }  
}
```



```

}
for(int j=1;j<=a[i][1];j++){
    sm.Format("BeerlawMean %d/%d %d/%d",j,a[i][1],i,k);
    this->SetWindowText(sm);
    s = b[i][1]+callDigit(a[i][2],j)+".tif";
    image->Load(s);
    for(int y=cropH;y<h-cropH;y++){
        for(int x=cropW;x<w-cropW;x++){
            p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            beermeanR.row[x].col[y] = beermeanR.row[x].col[y]+log(1.0*p[2]);
            beermeanG.row[x].col[y] = beermeanG.row[x].col[y]+log(1.0*p[1]);
            beermeanB.row[x].col[y] = beermeanB.row[x].col[y]+log(1.0*p[0]);
        }
    }
    image->Destroy();
}
for(int y=cropH;y<h-cropH;y++){
    for(int x=cropW;x<w-cropW;x++){
        beermeanR.row[x].col[y] = beermeanR.row[x].col[y]/a[i][1];
        beermeanG.row[x].col[y] = beermeanG.row[x].col[y]/a[i][1];
        beermeanB.row[x].col[y] = beermeanB.row[x].col[y]/a[i][1];
    }
}
imgbk->Load(b[i][2]);
CImage* img = new CImage();
img->CreateEx(w,h,24,0);
for(int y=cropH;y<h-cropH;y++){
    for(int x=cropW;x<w-cropW;x++){
        pb = (BYTE*)imgbk->GetPixelAddress(x,y);
        pbeer = (BYTE*)img->GetPixelAddress(x,y);
        R.row[x].col[y] = log(1.0*pb[2])-beermeanR.row[x].col[y];
        G.row[x].col[y] = log(1.0*pb[1])-beermeanG.row[x].col[y];
        B.row[x].col[y] = log(1.0*pb[0])-beermeanB.row[x].col[y];
        pbeer[2] = R.row[x].col[y]>=0 ? R.row[x].col[y]*MultiMean : 0;
        pbeer[1] = G.row[x].col[y]>=0 ? G.row[x].col[y]*MultiMean : 0;
        pbeer[0] = B.row[x].col[y]>=0 ? B.row[x].col[y]*MultiMean : 0;
    }
}
sm.Format("_%d",MultiMean);
img->Save(b[i][3]+sm+".tif");
imgbk->Destroy();
img->Destroy();

/***** SD
*****/
s = b[i][1]+callDigit(a[i][2],1)+".tif";
image->Load(s);
w = image->GetWidth();
h = image->GetHeight();
image->Destroy();
for(int j=0;j<=576;j++){
    for(int ii=0;ii<=720;ii++){
        R.row[ii].col[j] = 0.0;
        G.row[ii].col[j] = 0.0;
        B.row[ii].col[j] = 0.0;
    }
}
for(int j=1;j<=a[i][1];j++){
    sm.Format("BeerlawSD %d/%d %d/%d",j,a[i][1],i,k);
    this->SetWindowText(sm);
    s = b[i][1]+callDigit(a[i][2],j)+".tif";
    image->Load(s);
    for(int y=cropH;y<h-cropH;y++){
        for(int x=cropW;x<w-cropW;x++){
            p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            R.row[x].col[y] = R.row[x].col[y]+(beermeanR.row[x].col[y]-
log(1.0*p[2]))*(beermeanR.row[x].col[y]-log(1.0*p[2]));
            G.row[x].col[y] = G.row[x].col[y]+(beermeanG.row[x].col[y]-
log(1.0*p[1]))*(beermeanG.row[x].col[y]-log(1.0*p[1]));
            B.row[x].col[y] = B.row[x].col[y]+(beermeanB.row[x].col[y]-
log(1.0*p[0]))*(beermeanB.row[x].col[y]-log(1.0*p[0]));
        }
    }
    image->Destroy();
}
for(int y=0;y<h;y++){
    for(int x=0;x<w;x++){

```

```

        R.row[x].col[y] = pow(R.row[x].col[y]/(a[i][1]-1),0.5)*MultiSD;
        G.row[x].col[y] = pow(G.row[x].col[y]/(a[i][1]-1),0.5)*MultiSD;
        B.row[x].col[y] = pow(B.row[x].col[y]/(a[i][1]-1),0.5)*MultiSD;
    }
}
CImage* SDimg = new CImage();
SDimg->CreateEx(w,h,24,0);
for(int y=0;y<h;y++){
    for(int x=0;x<w;x++){
        pbeer = (BYTE*)SDimg->GetPixelAddress(x,y);
        pbeer[2] = R.row[x].col[y];
        pbeer[1] = G.row[x].col[y];
        pbeer[0] = B.row[x].col[y];
    }
}
sm.Format("_%d",MultiSD);
SDimg->Save(b[i][4]+sm+".tif");
SDimg->Destroy();
}
}

//Class Dynamics 2D Array -----
---
class arr{
public:
    double *col;
};
class aarr{
public:
    arr *row;
    aarr(int m,int n){
        row = new arr[m+1];
        for(int i=0;i<=m;i++){
            row[i].col = new double[n+1];
        }
    }
};

//Function Series FileName -----
---
CString callDigit(int digit,int number){
    CString sm,s;
    s.Format("%d",number);
    for(int i=0;i<digit - s.GetLength();i++){
        sm = sm+"0";
    }
    sm = sm+s;
    return sm;
}

```

จ.2 โปรแกรมการคำนวณหาภาพเฉลี่ย

```

//Mean Image -----
---
#include<afxstr.h>
#include<atlimage.h>
void CMeanImageDlg::OnBnClickedOk(){
    int k,(*a)[2];
    CString (*b)[2],co;
    char c[200];
    FILE *fp;
    fp=fopen("c:/MeanImage.txt","r");
    fscanf(fp,"%d",&k);
    a = new int[k+1][2];
    b = new CString[k+1][2];
    int ntmp1,ntmp2;
    for(int i=1;i<=k;i++){
        fscanf(fp,"%d%d",&ntmp1,&ntmp2);
        a[i][0] = ntmp1;
        a[i][1] = ntmp2;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        b[i][0] = c;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        b[i][1] = c;
    }
}

```

```

fclose(fp);

CImage* image = new CImage();
image->Load(b[1][0]+callDigit(a[1][1],1)+".tif");
int w = image->GetWidth();
int h = image->GetHeight();
image->Destroy();
aarr R(w,h);
aarr G(w,h);
aarr B(w,h);
int n;
BYTE* p;
for(int ii=1;ii<=k;ii++){
    n = a[ii][0];
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            R.row[x].col[y] = 0.0;
            G.row[x].col[y] = 0.0;
            B.row[x].col[y] = 0.0;
        }
    }
    for(int i=1;i<=n;i++){
        co.Format("MeanImage %d/%d  %d/%d",i,n,ii,k);
        this->SetWindowText(co);
        image->Load(b[ii][0]+callDigit(a[ii][1],i)+".tif");
        for(int y=0;y<h;y++){
            for(int x=0;x<w;x++){
                p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
                R.row[x].col[y] = R.row[x].col[y]+p[2];
                G.row[x].col[y] = G.row[x].col[y]+p[1];
                B.row[x].col[y] = B.row[x].col[y]+p[0];
            }
        }
        if(i<a[ii][0])
            image->Destroy();
    }
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            p[2] = R.row[x].col[y]/n;
            p[1] = G.row[x].col[y]/n;
            p[0] = B.row[x].col[y]/n;
        }
        image->Save(b[ii][1]);
        image->Destroy();
    }
}

```

จ.3 โปรแกรมการคำนวณหาภาพเบี่ยงเบนมาตรฐาน

```

//SD Image -----
---
#include<afxstr.h>
#include<atlimage.h>
#include<math.h>
void CSDImageDlg::OnBnClickedOk(){
    int (*a)[2];
    CString (*b)[3],co;
    char c[200];
    FILE *fp;
    fp=fopen("c:/SDImage.txt","r");
    fscanf(fp,"%d",&k);
    a = new int[k+1][2];
    b = new CString[k+1][3];
    int ntmp1,ntmp2;
    for(int i=1;i<=k;i++){
        fscanf(fp,"%d%d",&ntmp1,&ntmp2);
        a[i][0] = ntmp1;
        a[i][1] = ntmp2;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        b[i][0] = c;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        b[i][1] = c;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        b[i][2] = c;
    }
}

```



```

fclose(fp);
CImage* image = new CImage();
CImage* imagebgbar = new CImage();
image->Load(b[1][0]+callDigit(a[1][1],1)+".tif");
int w = image->GetWidth();
int h = image->GetHeight();
image->Destroy();
aarr R(w,h), G(w,h), B(w,h), Rbg(w,h), Gbg(w,h), Bbg(w,h);
int n;
BYTE* p;
for(int ii=1;ii<=k;ii++){
    n = a[ii][0];
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            R.row[x].col[y] = 0.0;
            G.row[x].col[y] = 0.0;
            B.row[x].col[y] = 0.0;
        }
    }
    imagebgbar->Load(b[ii][1]);
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            p = (BYTE*)imagebgbar->GetPixelAddress(x,y);
            Rbg.row[x].col[y] = p[2];
            Gbg.row[x].col[y] = p[1];
            Bbg.row[x].col[y] = p[0];
        }
    }
    for(int i=1;i<=n;i++){
        co.Format("SDImage %d/%d %d/%d",i,n,ii,k);
        this->SetWindowText(co);
        image->Load(b[ii][0]+callDigit(a[ii][1],i)+".tif");
        for(int y=0;y<h;y++){
            for(int x=0;x<w;x++){
                p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
                Rbg.row[x].col[y] = R.row[x].col[y]+(p[2]-Rbg.row[x].col[y])*(p[2]-
Rbg.row[x].col[y]);
                Gbg.row[x].col[y] = G.row[x].col[y]+(p[1]-
Gbg.row[x].col[y])*(p[1]-Gbg.row[x].col[y]);
                Bbg.row[x].col[y] = B.row[x].col[y]+(p[0]-Bbg.row[x].col[y])*(p[0]-
Bbg.row[x].col[y]);
            }
        }
        if(i<a[ii][0])
            image->Destroy();
    }

    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            p = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            p[2] = pow(R.row[x].col[y]/(n-1),0.5);
            p[1] = pow(G.row[x].col[y]/(n-1),0.5);
            p[0] = pow(B.row[x].col[y]/(n-1),0.5);
        }
    }
    image->Save(b[ii][2]);
    image->Destroy();
    imagebgbar->Destroy();
}

```

จ.4 โปรแกรมการคำนวณหาภาพเฉลี่ยแบบ Correct Background

```

//NewYbar -----
---
#include<afxstr.h>
#include<atlimage.h>
void CPassiveNewYbarDlg::OnBnClickedOk() {
    FILE *fp;
    fp = fopen("c:/NewYbar.txt", "r");
    int n;
    char c[400];
    int jjj, Choice[5], aa1, aa2, aa3, aa4;
    CString *sjbar, *sbkbar, *sbksd, *save, s, sm;;
    fscanf(fp, "%d", &n);
}

```

```

    sjbar = new CString[n+1];
    sbkbar = new CString[n+1];
    sbksd = new CString[n+1];
    save = new CString[n+1];
fscanf(fp, "%s", &c);
fscanf(fp, "%d%d%d%d", &aa1, &aa2, &aa3, &aa4);
    Choice[1] = aa1;
    Choice[2] = aa2;
    Choice[3] = aa3;
    Choice[4] = aa4;
for(int i=1; i<=n; i++){
    fscanf(fp, "%s", &c);
        sjbar[i] = c;
    fscanf(fp, "%s", &c);
        sbkbar[i] = c;
    fscanf(fp, "%s", &c);
        sbksd[i] = c;
    fscanf(fp, "%s", &c);
        save[i] = c;
    fscanf(fp, "%", &jjj);
}
fclose(fp);

CImage* image = new CImage();
CImage* imagebgbar = new CImage();
CImage* imagesigma = new CImage();

image->Load(sjbar[1]);
imagebgbar->Load(sbkbar[1]);
imagesigma->Load(sbksd[1]);
int w = image->GetWidth();
int h = image->GetHeight();
aarr r(w,h);
aarr g(w,h);
aarr b(w,h);
image->Destroy();
imagebgbar->Destroy();
imagesigma->Destroy();

BYTE *pj, *pbb, *pbsd;
for(int i=1; i<=n; i++){
    sm.Format("NewYbar %d/%d", i, n);
    this->SetWindowText(sm);
    for(int y=0; y<h; y++){
        for(int x=0; x<w; x++){
            r.row[x].col[y] = 0.0;
            g.row[x].col[y] = 0.0;
            b.row[x].col[y] = 0.0;
        }
    }
    image->Load(sjbar[i]);
    imagebgbar->Load(sbkbar[i]);
    imagesigma->Load(sbksd[i]);
    CString ss = "";

    if(1*Choice[2]==1){
        for(int y=0; y<h; y++){
            for(int x=0; x<w; x++){
                pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x, y);
                pbb = (BYTE*)imagebgbar->GetPixelAddress(x, y);
                pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x, y);
                r.row[x].col[y] = pj[2]-pbb[2];
                g.row[x].col[y] = pj[1]-pbb[1];
                b.row[x].col[y] = pj[0]-pbb[0];
            }
        }
        ss = "";
    }

    if(1*Choice[2]==2){
        for(int y=0; y<h; y++){
            for(int x=0; x<w; x++){
                pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x, y);
                pbb = (BYTE*)imagebgbar->GetPixelAddress(x, y);
                pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x, y);
                r.row[x].col[y] = ((double)(pj[2]-pbb[2]-
1)/(double)(pbb[2]+1))*Choice[4];

```

```

        g.row[x].col[y] = ((double) (pj[1]-pbb[1]-
1)/(double) (pbb[1]+1))*Choice[4];
        b.row[x].col[y] = ((double) (pj[0]-pbb[0]-
1)/(double) (pbb[0]+1))*Choice[4];
    }
    }
    sm.Format("%d",Choice[4]);
    ss = "_NormarlizeX"+sm;
}

if(1*Choice[2]==3){
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            pbb = (BYTE*)imagebgbbar->GetPixelAddress(x,y);
            pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x,y);
            r.row[x].col[y] = (pj[2]-pbb[2]-2*pbsd[2]);
            g.row[x].col[y] = (pj[1]-pbb[1]-2*pbsd[1]);
            b.row[x].col[y] = (pj[0]-pbb[0]-2*pbsd[0]);
        }
    }
    ss = "_Minus2Sigma";
}

if(1*Choice[2]==4){
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            pbb = (BYTE*)imagebgbbar->GetPixelAddress(x,y);
            pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x,y);
            r.row[x].col[y] = ((double) (pj[2]-pbb[2]-1-
2*pbsd[2]))/(double) (pbb[2]+1))*Choice[4];
            g.row[x].col[y] = ((double) (pj[1]-pbb[1]-1-
2*pbsd[1]))/(double) (pbb[1]+1))*Choice[4];
            b.row[x].col[y] = ((double) (pj[0]-pbb[0]-1-
2*pbsd[0]))/(double) (pbb[0]+1))*Choice[4];
        }
    }
    sm.Format("%d",Choice[4]);
    ss = "_Minus2Sigma_NormarlizeX"+sm;
}

if(1*Choice[2]==5){
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            pbb = (BYTE*)imagebgbbar->GetPixelAddress(x,y);
            pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x,y);
            r.row[x].col[y] = pj[2]-pbb[2]-Choice[3];
            g.row[x].col[y] = pj[1]-pbb[1]-Choice[3];
            b.row[x].col[y] = pj[0]-pbb[0]-Choice[3];
        }
    }
    s.Format("%d",Choice[3]);
    ss = "_ShiftAfterInverse"+s;
}

if(1*Choice[2]==6){
    for(int y=0;y<h;y++){
        for(int x=0;x<w;x++){
            pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
            pbb = (BYTE*)imagebgbbar->GetPixelAddress(x,y);
            pbsd = (BYTE*)imagesigma->GetPixelAddress(x,y);
            r.row[x].col[y] = Choice[4]*(((double) (pj[2]-pbb[2]-1-
Choice[3]))/((double) (pbb[2]+1)));
            g.row[x].col[y] = Choice[4]*(((double) (pj[1]-pbb[1]-1-
Choice[3]))/((double) (pbb[1]+1)));
            b.row[x].col[y] = Choice[4]*(((double) (pj[0]-pbb[0]-1-
Choice[3]))/((double) (pbb[0]+1)));
        }
    }
    s.Format("%d",Choice[3]);
    sm.Format("%d",Choice[4]);
    ss = "_ShiftAfterInverse"+s+"_NormarlizeX"+sm;
}
}

```



```

for(int y=0;y<h;y++){
  for(int x=0;x<w;x++){
    pj = (BYTE*)image->GetPixelAddress(x,y);
    r.row[x].col[y] = -1*r.row[x].col[y];
    g.row[x].col[y] = -1*g.row[x].col[y];
    b.row[x].col[y] = -1*b.row[x].col[y];
    pj[2] = (int)(r.row[x].col[y]);
    pj[1] = (int)(g.row[x].col[y]);
    pj[0] = (int)(b.row[x].col[y]);
  }
}
image->Save(save[i]+ss+".tif");
image->Destroy();
imagebgbar->Destroy();
imagesigma->Destroy();

if(1*Choice[1]==1){
  for(int j=1;j<=3;j++){
    if(j==1)s = save[i]+"R1.txt";
    if(j==2)s = save[i]+"G1.txt";
    if(j==3)s = save[i]+"B1.txt";
    fp = fopen(s,"w");
    for(int y=0;y<h;y++){
      for(int x=0;x<w/3;x++){
        if(j==1)fprintf(fp,"%f\t",r.row[x].col[y]);
        if(j==2)fprintf(fp,"%f\t",g.row[x].col[y]);
        if(j==3)fprintf(fp,"%f\t",b.row[x].col[y]);
      }
      fprintf(fp,"\n");
    }
    fclose(fp);

    if(j==1)s = save[i]+"R2.txt";
    if(j==2)s = save[i]+"G2.txt";
    if(j==3)s = save[i]+"B2.txt";
    fp = fopen(s,"w");
    for(int y=0;y<h;y++){
      for(int x=w/3;x<w*2/3;x++){
        if(j==1)fprintf(fp,"%f\t",r.row[x].col[y]);
        if(j==2)fprintf(fp,"%f\t",g.row[x].col[y]);
        if(j==3)fprintf(fp,"%f\t",b.row[x].col[y]);
      }
      fprintf(fp,"\n");
    }
    fclose(fp);

    if(j==1)s = save[i]+"R3.txt";
    if(j==2)s = save[i]+"G3.txt";
    if(j==3)s = save[i]+"B3.txt";
    fp = fopen(s,"w");
    for(int y=0;y<h;y++){
      for(int x=w*2/3;x<w;x++){
        if(j==1)fprintf(fp,"%f\t",r.row[x].col[y]);
        if(j==2)fprintf(fp,"%f\t",g.row[x].col[y]);
        if(j==3)fprintf(fp,"%f\t",b.row[x].col[y]);
      }
      fprintf(fp,"\n");
    }
    fclose(fp);
  }
}
}
OnOK();

```

จ.5 โปรแกรมการคำนวณหาภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานแบบ Correct Background

```

//Znormalize-----
---
#include<afxstr.h>
#include<atlimage.h>
void CznormalizeDlg::OnBnClickedOk()
{
    CString *sa,*sb,*sc;
    CString s;
    int Multi{2};

    CImage* imagesd = new CImage();
    CImage* imagekbar = new CImage();
    FILE *fp;
    fp = fopen("c:/znnormalize.txt","r");
    int n,nn;
    int jjj;
    char c[300];
    fscanf(fp,"%d%d",&n,&nn);
    Multi{1}=nn;
    sa = new CString[n+1];
    sb = new CString[n+1];
    sc = new CString[n+1];

    for(int i=1;i<=n;i++){
        fscanf(fp,"%s",&c);
        sa[i] = c;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        sb[i] = c;
        fscanf(fp,"%s",&c);
        sc[i] = c;
        fscanf(fp,"%",&jjj);
    }
    fclose(fp);

    BYTE *psd, *pbk;
    for(int i=1;i<=n;i++){
        s.Format("zSDNormarlize %d/%d",i,n);
        this->SetWindowText(s);
        imagesd->Load(sa[i]);
        imagekbar->Load(sb[i]);
        for(int y=0;y<imagesd->GetHeight();y++){
            for(int x=0;x<imagesd->GetWidth();x++){
                psd = (BYTE*)imagesd->GetPixelAddress(x,y);
                pbk = (BYTE*)imagekbar->GetPixelAddress(x,y);
                psd[2] = ((float)psd[2]/(float)(pbk[2]+1))*Multi{1};
                psd[1] = ((float)psd[1]/(float)(pbk[1]+1))*Multi{1};
                psd[0] = ((float)psd[0]/(float)(pbk[0]+1))*Multi{1};
            }
        }
        s.Format("%d",Multi{1});
        imagesd->Save(sc[i]+"x"+s+".tif");
        imagesd->Destroy();
        imagekbar->Destroy();
    }
    OnOK();
}

```

คำสั่งในการ run โปรแกรม

```

C:/MeanImage.txt
8
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H25D/SJ1H25D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ1H25D-BGBar.tif
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H50D/SJ1H50D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ1H50D-BGBar.tif
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H75D/SJ1H75D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ1H75D-BGBar.tif
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H25D/SJ5H25D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ5H25D-BGBar.tif
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H50D/SJ5H50D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ5H50D-BGBar.tif
2500 4
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H75D/SJ5H75D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SJ5H75D-BGBar.tif
2
1
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SSJ/SSJ-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PJ+SSJ-BGBar.tif
2
1
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PPJ/PPJ-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/ResultJet/PPJ-BGBar.tif

```

```

-----
C:/SDImage.txt
8
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ1H25D/SJ1H25D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ1H25D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ1H25D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ1H50D/SJ1H50D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ1H50D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ1H50D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ1H75D/SJ1H75D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ1H75D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ1H75D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ5H25D/SJ5H25D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ5H25D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ5H25D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ5H50D/SJ5H50D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ5H50D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ5H50D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SJ5H75D/SJ5H75D-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SJ5H75D-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SJ5H75D-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PJ+SSJ/SSJ-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/SSJ-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/SSJ-SD.tif
250 3
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/JET/PPJ/PPJ-
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/Mean/PPJ-Bar.tif
F:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Result/SD/PPJ-SD.tif

```

```

C:/NeaYbar.txt
8
Showdetail/choosecase/Shiftvalue
0      6      100     150
G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ1H25D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H25D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ1H25D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ1H25D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ1H50D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H50D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ1H50D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ1H50D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ1H75D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H75D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ1H75D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ1H75D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ5H25D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H25D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ5H25D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ5H25D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ5H50D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H50D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ5H50D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ5H50D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SJ5H75D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H75D.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSJ5H75D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SJ5H75D

G:/Result_Jet/Active_Bar_SSJ.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSSJ.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGSSJ.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_SSJ

G:/Result_Jet/Active_Bar_PPJ.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGPPJ.tif
G:/Result_Jet/Active_SD_BGPPJ.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/Mean/Active/ActMeanCorBKNor_PPJ

-----

C:/znormalize.txt
16      255
G:/Result_Jet/Active_sd_SJ1H25D.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H25D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ1H25D

G:/Result_Jet/Active_SJ1H50D-sd.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H50D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ1H50D

G:/Result_Jet/Active_SJ1H75D-sd.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ1H75D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ1H75D

G:/Result_Jet/Active_SJ5H25D-sd.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H25D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ5H25D

G:/Result_Jet/Active_SJ5H50D-sd.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H50D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ5H50D

G:/Result_Jet/Active_SJ5H75D-sd.tif
G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSJ5H75D.tif
G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SJ5H75D

G:/Result_Jet/Active_SSJ-sd.tif

```

G:/Result_Jet/Active_Bar_BGSSJ.tif
 G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_SSJ

G:/Result_Jet/Active_PPJ-sd.tif
 G:/Result_Jet/Active_Bar_BGPPJ.tif
 G:/SupotDataThesis/Pic/Shift5060Normarlized/SD/Active/ActSigNor_PPJ

C:/BeerlawMeanImage.txt

8

MutiMean/MutitSD

200 800

1000 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/SJ0/SJ0-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ0.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ0

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ0

1000 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SSJ/SSJ-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SSJ.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SSJ

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SSJ

2500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H25D/SJ1H25D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ1H25D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ1H25D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ1H25D

2500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H50D/SJ1H50D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ1H50D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ1H50D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ1H50D

2500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ1H75D/SJ1H75D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ1H75D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ1H75D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ1H75D

500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H25D/SJ5H25D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ5H25D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ5H25D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ5H25D

500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H50D/SJ5H50D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ5H50D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ5H50D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ5H50D

500 4

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Jet/PJ+SJ5H75D/SJ5H75D-

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/Resultjet/BGBar_SJ5H75D.tif

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_Mean_SJ5H75D

G:/Tiff_Thesis_Supot_Active/absorption/Beer_SD_SJ5H75D

ศูนย์วิจัยทอพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ

การทำกระบวนการทางภาพด้วยวิธีการ Correct Background

ฉ. 1 การหาภาพเฉลี่ยของภาพเจ็ด (Mean Image)

ในการนำภาพเจ็ดมาทำกระบวนการทางภาพจะเลือกเจ็ดในช่วงที่การไหลของเจ็ดเข้าสู่สถานะคงที่มาใช้ในการหารูปภาพเฉลี่ยของเจ็ด

$$(\bar{J}_{ij})_1 = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(\frac{(J_{ij})_k - \bar{B}_{ij} - K}{\bar{B}_{ij}} \right) \times 255 \quad \text{ฉ 1}$$

โดยที่ $(\bar{J}_{ij})_1$ คือภาพเจ็ดเฉลี่ย N คือจำนวนภาพเจ็ด

J_{ij} คือภาพเจ็ดจากกล้องวิดีโอ

\bar{B}_{ij} คือภาพฉากรับแสงในขณะที่ไม่มีเจ็ดเฉลี่ย

K เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 50

k คือภาพเจ็ดขณะใดๆ ภาพที่ k

i, j คือลำดับ (i, j) ของ pixels ของภาพเจ็ดและภาพฉากรับแสง

ลักษณะของค่าระดับความเข้มของแสงเจ็ดในสมการ ฉ 1 จะมีค่าระดับความเข้มของแสงที่เป็นลบ เนื่องจากสีของเจ็ดเป็นสีชมพูแดง ซึ่งเกิดจากการดูดซับสีเขียว และการสะท้อนสีแดงและสีน้ำเงิน โดยในการทดลองได้ใช้ปริมาณความเข้มของแสงสีเขียวที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทนของสัญญาณเจ็ด จึงทำให้ค่าระดับความเข้มของแสงของรูปภาพเจ็ดในสมการ ฉ 1 มีค่าเป็นลบ แต่เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์สัญญาณของเจ็ดจึงได้ปรับค่าระดับความเข้มแสงของรูปเจ็ดดังสมการ

$$\bar{J}_{ij} = (-\bar{J}_{ij})_1 \quad \text{ฉ 2}$$

โดยที่ \bar{J} คือภาพเจ็ดเฉลี่ย ของเจ็ดที่ปรับสัญญาณแล้ว

ในการเลือกสัญญาณของเจ็ดเป็นปริมาณของค่าระดับความเข้มของแสงสีเขียว เนื่องจากค่าปริมาณของความเข้มแสงสีเขียวที่ดูดซับจะมากกว่าปริมาณของแสงสีแดงและสีน้ำเงินที่สะท้อน และผลของสัญญาณเจ็ดจึงเกิดการดูดซับของสีเขียวเพียงปริมาณเดียว แต่มีการสะท้อนของสีแดงและน้ำเงินซึ่งมีสองปริมาณรวมกันทำให้มีความลำบากในการหาผลของสัญญาณของเจ็ดที่แท้จริง ดังนั้นในการทดลองนี้จึงเลือกปริมาณความเข้มของแสงสีเขียวในการศึกษาคุณลักษณะของการผสมของเจ็ด

การหาภาพเฉลี่ยของภาพฉากรับแสง (Mean Background Image) จะนำภาพเฉลี่ยของฉากรับแสงก่อนทำการถ่ายภาพเจ็ดและภาพเฉลี่ยของฉากรับแสงหลังจากทำการถ่ายภาพเจ็ด การหาภาพเฉลี่ยของภาพฉากรับแสงมีสมการคือ

$$\bar{B}_{ij} = \frac{\bar{B}_{ij1} + \bar{B}_{ij2}}{2} \quad \text{ฉ3}$$

โดยที่ \bar{B}_1 คือภาพเฉลี่ยของฉากรับแสงก่อนทำการถ่ายภาพเจ็ด และ \bar{B}_2 คือภาพเฉลี่ยของฉากรับแสงหลังจากทำการถ่ายภาพเจ็ด การหาภาพเฉลี่ยของฉากรับแสงก่อนถ่ายและหลังถ่ายภาพเจ็ดมีสมการคือ

$$\bar{B}_{ij1} = \sum_{k=1}^{N/2} \left(\frac{(B_{ij1})_k}{(N/2)} \right) \quad \text{และ} \quad \bar{B}_{ij2} = \sum_{k=1}^{N/2} \left(\frac{(B_{ij2})_k}{(N/2)} \right) \quad \text{ฉ4}$$

โดยที่ B_{ij1} และ B_{ij2} เป็นภาพฉากรับแสงจากกล้องวิดีโอ และ N เป็นจำนวนของภาพฉากรับแสงที่นำมาหาภาพเฉลี่ย ซึ่งผลรวมของภาพฉากรับแสงก่อนถ่ายและหลังถ่ายภาพเจ็ดเท่ากับจำนวนของภาพเจ็ดที่นำมาหาภาพเฉลี่ย

ฉ.2 การหาภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพเจ็ด (Standard Deviation Image)

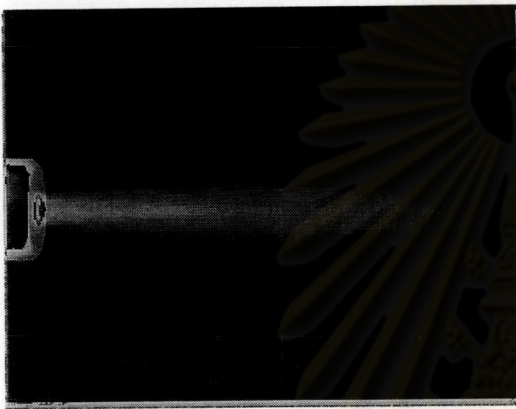
การหาภาพเฉลี่ยเจ็ดแบบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation Image) เป็นภาพเฉลี่ยของเจ็ดที่ลดผลของสัญญาณรบกวน (Noise) เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของระดับความเข้มแสงบนฉากรับแสง

$$\sigma_j = \frac{1}{\bar{B}} \left(\sqrt{\sum_{k=1}^N \frac{((J_{ij})_k - (\bar{J}_{ij})_k)^2}{N-1}} \right) \times 255 \quad \text{ฉ5}$$

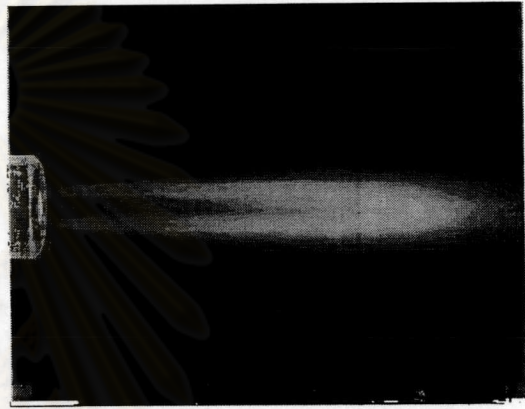
ภาคผนวก ช

ผลการทดลองของภาพจากวิธีการ Correct Background

ในการวิเคราะห์ผลของสัญญาณเจ็ทด้วยวิธีการ Correct Background มีหลักการคือการนำผลของสัญญาณเจ็ทด้วยการนำสัญญาณของภาพจากรับแสงมาลบออกจากภาพเจ็ท เพื่อให้เหลือเฉพาะสัญญาณเจ็ทมาวิเคราะห์ ซึ่งผลของภาพและลักษณะของสัญญาณเจ็ทที่ได้มีลักษณะดังรูปที่ ช1-ช5 และพบว่าคล้ายกับการทำกระบวนการทางภาพด้วยวิธีตามกฎของเบียร์



รูปเฉลี่ย

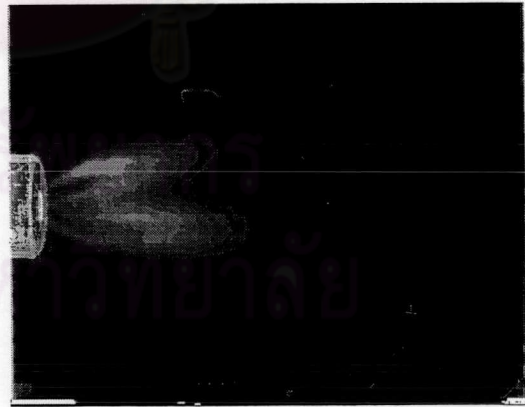


รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ ช1 รูปภาพของเจ็ทกรณี SJO



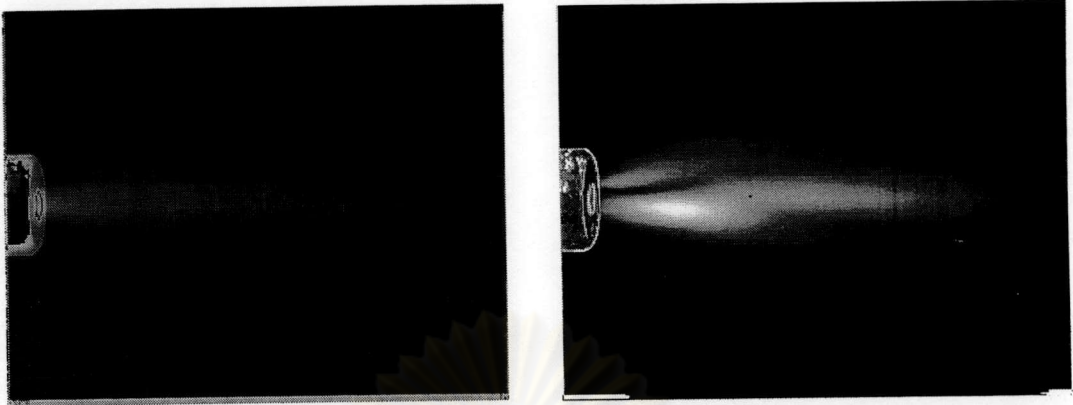
รูปเฉลี่ย



รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ ช2 รูปภาพของเจ็ทกรณี SSJ

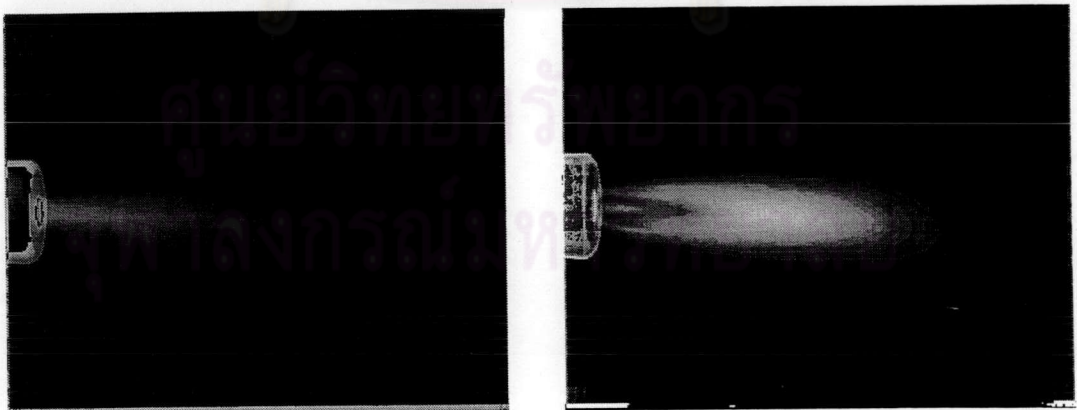
SJ1H25D



SJ1H50D



SJ1H75D

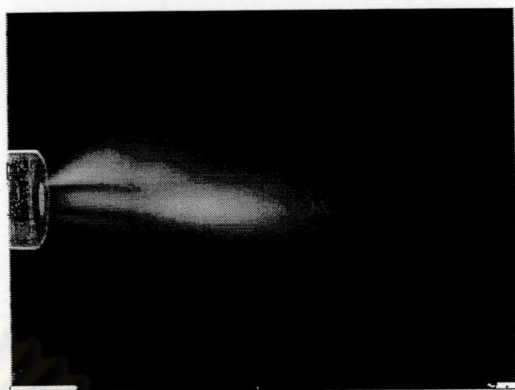


รูปเฉลี่ย

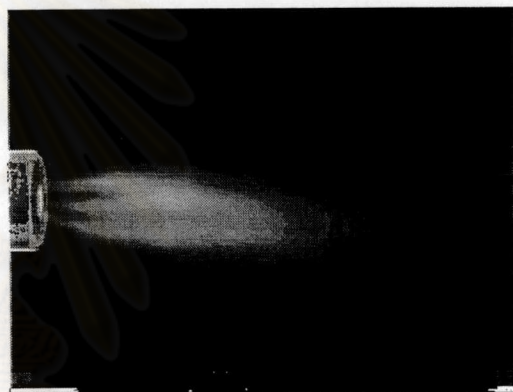
รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ ๓3 รูปภาพของเจ็ตกรณี SJ1H25D, SJ1H50D และ SJ1H75D

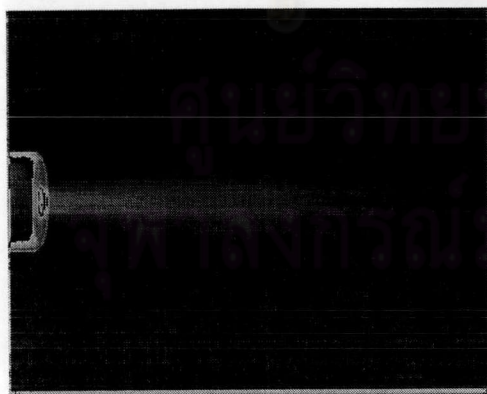
SJ5H25D



SJ5H50D



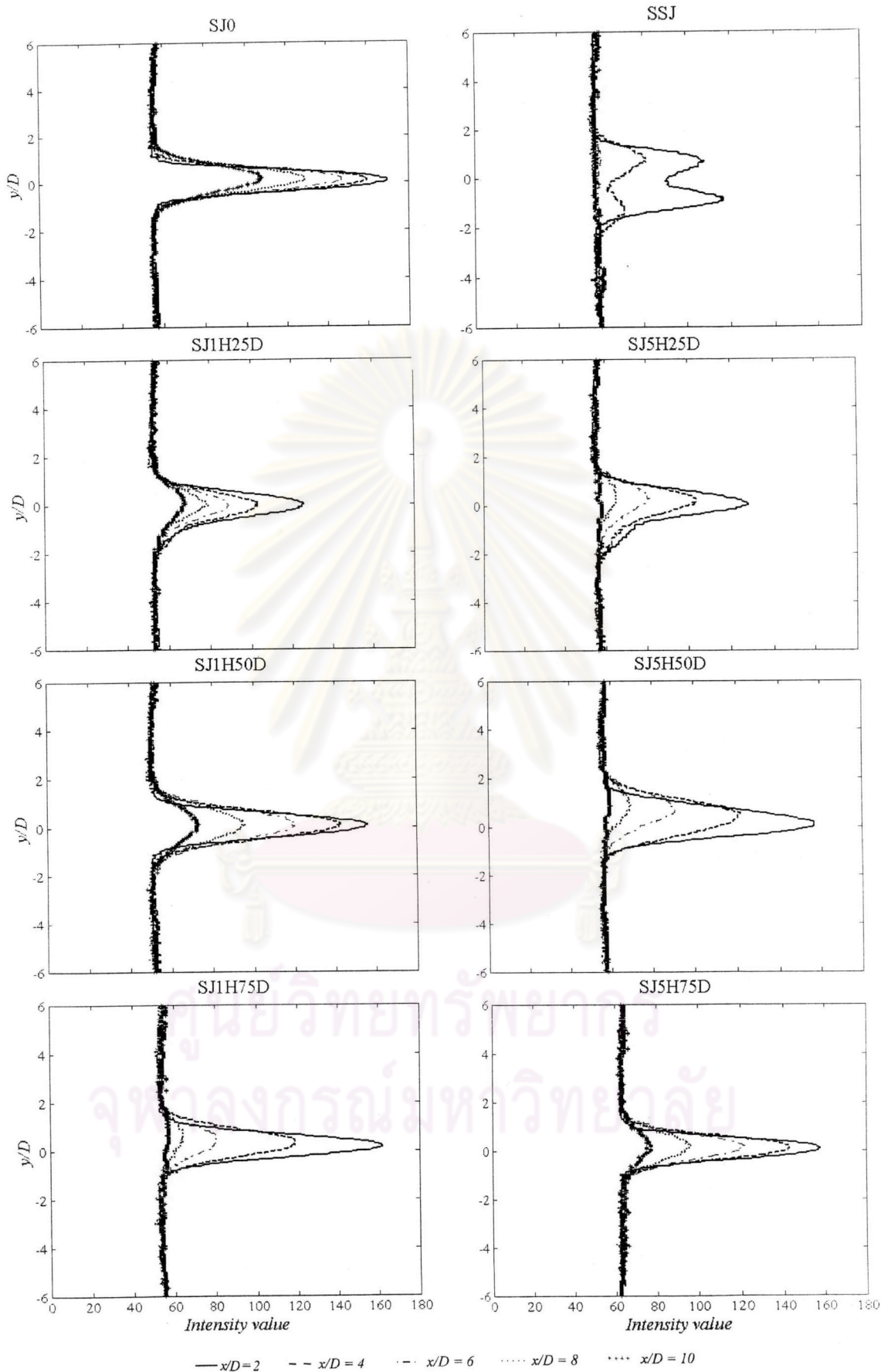
SJ5H75D



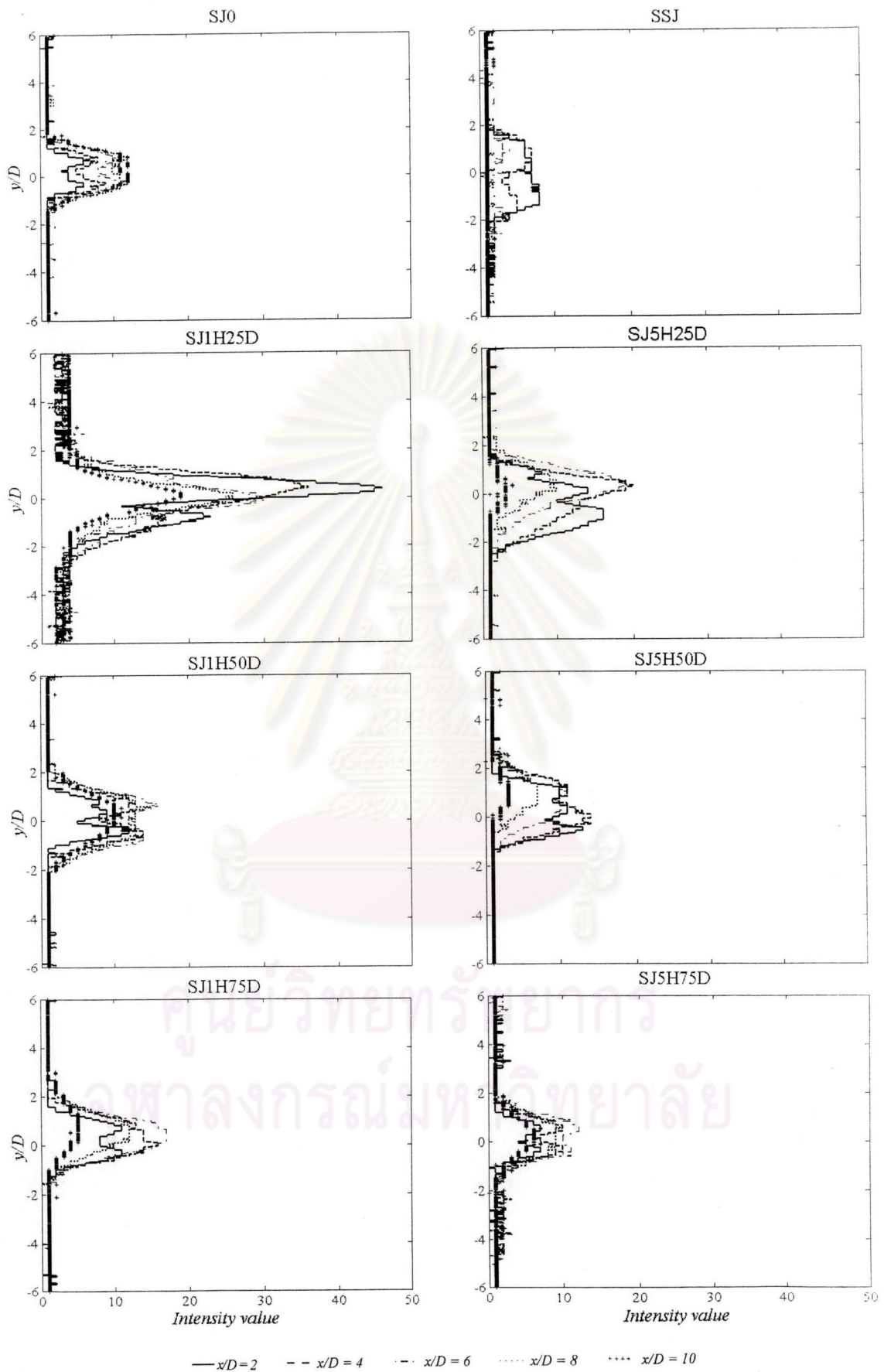
รูปเฉลี่ย

รูปเบี่ยงเบนมาตรฐาน

รูปที่ ๔4 รูปภาพของเจ็ตกรณี SJ5H25D, SJ5H50D และ SJ5H75D



รูปที่ ๕5 รูปร่างการพัฒนาดำของเจ็ตตามแนวการไหล



รูปที่ ๖ ลักษณะของรูปร่างความไม่คงที่ของค่าความเข้มแสงของเจ็ตตามแนวการไหล

เมื่อพิจารณาจากรูปภาพเฉลี่ยและรูปภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของเจ็ดที่ได้จากวิธีการทำ
 กระบวนการทางภาพโดยใช้วิธีการ Correct Background กับภาพที่ได้จากการทำกระบวนการ
 ทางภาพโดยใช้กฎของเบียร์แล้วพบว่า ภาพเฉลี่ยและภาพเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้งสองวิธีมี
 ลักษณะที่คล้ายกันและลักษณะของสัญญาณเจ็ดมีรูปแบบที่สอดคล้องกัน ดังเช่นกรณีเจ็ดปฐมภูมิที่
 มีการฉีดเจ็ดทุติยภูมิแบบต่อเนื่อง จะมีลักษณะของเจ็ดที่พบแยกออกเป็นสองส่วน และเมื่อพิจารณา
 ถึงผลของค่าความถี่ พบว่าที่ค่า Duty cycle ต่ำการเพิ่มความถี่จะทำให้เจ็ดมีการผสมดีขึ้น แต่ที่
 ค่า Duty cycle สูงมีผลที่แตกต่างกันคือ การเพิ่มความถี่กลับทำให้เจ็ดมีการผสมที่ไม่ดี และเมื่อ
 พิจารณาถึงผลของค่า Duty cycle พบว่าที่ค่าความถี่ต่ำการฉีดเจ็ดทุติยภูมิด้วยค่า Duty cycle สูง
 จะทำให้เจ็ดมีการผสมดีขึ้น แต่ที่ค่าความถี่สูง การฉีดเจ็ดทุติยภูมิด้วยค่า Duty cycle กลับทำให้เจ็ด
 มีการผสมดีขึ้น

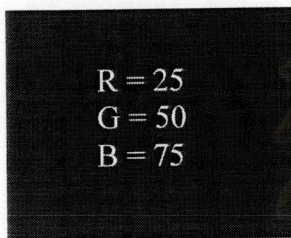


ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

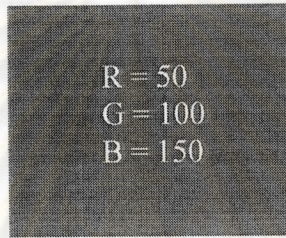
ภาคผนวก ข

การสอบเทียบโปรแกรมการทำกระบวนการทางภาพ

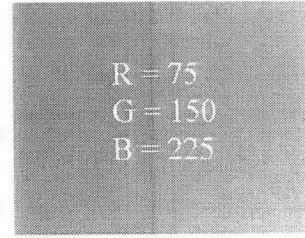
ในการปรับเทียบโปรแกรมที่ใช้งานมีความสำคัญเพื่อให้โปรแกรมที่ใช้งานมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือ โดยมีวิธีในการปรับเทียบ จะสร้างไฟล์รูปภาพ 4 ชุด ที่กำหนดค่าระดับความเข้มแสงของรูปภาพที่ใช้ในการสอบเทียบโปรแกรม แล้วจึงนำภาพที่สร้างขึ้นมาผ่านกระบวนการต่างๆ ในการทำกระบวนการทางภาพ เพื่อตรวจสอบค่าระดับความเข้มแสงของภาพที่ได้จากการกระบวนการทางภาพ และผลจากการคำนวณ ซึ่งการการสอบเทียบพบว่าผลของภาพที่ได้จากการทำกระบวนการทางภาพมีค่าระดับความเข้มแสงสอดคล้องกับค่าระดับความเข้มแสงในการคำนวณ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



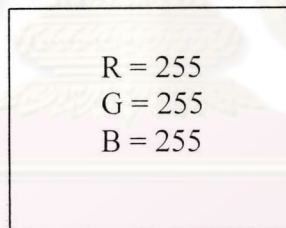
cal01.tif



cal02.tif



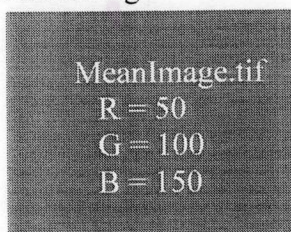
cal03.tif



background calibrate

ผลสอบเทียบของโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

MeanImage



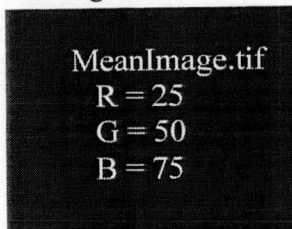
$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

$$\bar{x}_R = \frac{1}{3} [25 + 50 + 75] = 50$$

$$\bar{x}_G = \frac{1}{3} [50 + 100 + 150] = 100$$

$$\bar{x}_B = \frac{1}{3} [75 + 150 + 225] = 150$$

SDImage



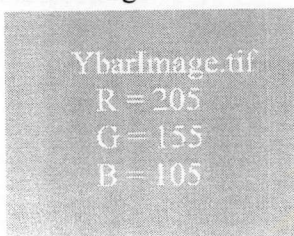
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N [x_i - \bar{x}]^2}$$

$$\bar{x}_R = \sqrt{\frac{1}{3-1} [(25-50)^2 + (50-50)^2 + (75-50)^2]}$$

$$\bar{x}_G = \sqrt{\frac{1}{3-1} [(50-100)^2 + (100-100)^2 + (150-100)^2]}$$

$$\bar{x}_B = \sqrt{\frac{1}{3-1} [(75-150)^2 + (150-150)^2 + (225-150)^2]}$$

MeanImage CorrectBackground



$$y_i = x_i - \bar{b}$$

$$\bar{y} = \bar{x} - \bar{b}$$

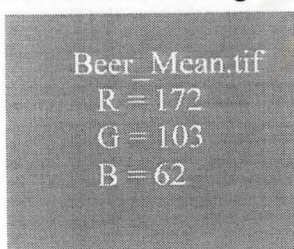
$$\bar{y} = -\bar{y}; \text{ inverse for keep in image file}$$

$$\bar{y}_R = -(50 - 255) = 205$$

$$\bar{y}_G = -(100 - 255) = 155$$

$$\bar{y}_B = -(150 - 255) = 105$$

BeerlawMeanImage



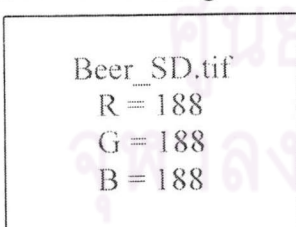
$$\bar{x}' = \ln \bar{B} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i$$

$$\bar{x}'_R = \left[\ln 255 - \frac{1}{3} \ln((25)(50)(75)) \right] \times 100 = 172$$

$$\bar{x}'_G = \left[\ln 255 - \frac{1}{3} \ln((50)(100)(150)) \right] \times 100 = 103$$

$$\bar{x}'_B = \left[\ln 255 - \frac{1}{3} \ln((75)(150)(225)) \right] \times 100 = 62$$

BeerlawSDImage



$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \ln(x'_i - \bar{x}')^2} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i - \ln x_i \right)^2}$$

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{3-1} \left[\left(\frac{1}{3} \ln(25 \times 50 \times 75) - \ln 25 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(25 \times 50 \times 75) - \ln 50 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(25 \times 50 \times 75) - \ln 75 \right)^2 \right]} \times 800 = 188$$

$$\sigma_G = \sqrt{\frac{1}{3-1} \left[\left(\frac{1}{3} \ln(50 \times 100 \times 150) - \ln 50 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(50 \times 100 \times 150) - \ln 100 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(50 \times 100 \times 150) - \ln 150 \right)^2 \right]} \times 800 = 188$$

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{3-1} \left[\left(\frac{1}{3} \ln(75 \times 150 \times 225) - \ln 75 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(75 \times 150 \times 225) - \ln 150 \right)^2 + \left(\frac{1}{3} \ln(75 \times 150 \times 225) - \ln 225 \right)^2 \right]} \times 800 = 188$$

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสุพจน์ เทพพิพัฒน์ เกิดวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2520 ที่โรงพยาบาลฉะเชิงเทรา จังหวัดฉะเชิงเทรา สำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2542 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกลจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีการศึกษา 2543



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย