Project Proposal

Division of Applied Mathematics, Department of Mathematics

Faculty of Science, Silpakorn University

Date : 27 กันยายน 2561

Advisor : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นพดล ชุมชอบ

Student : นายภัคพล พงษ์ทวี รหัส 07580028

Project Title : ขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขชนิดใหม่สำหรับการต่อเติมภาพที่ใช้การแปรผันรวมกับการประยุกต์สำหรับซ่อมแซมภาพวาดศิลปะไทยและการลบบทบรรยายจากอนิเมะ
(A new numerical algorithm for TV-based image inpainting with its applications in restoring Thai painting images and removing subtitles from animes)

1 Introduction

ภาพดิจิตัล (digital images) คือภาพที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันอาจจะสร้างได้หลายวิธีทั้งการใช้กล้องถ่ายภาพเพื่อให้ได้ภาพ หรืออาจจะใช้อุปกรณ์ทางการแพทย์ต่างๆ จนไปถึงการใช้คลื่นที่มองไม่เห็นเพื่อถ่ายภาพดาราจักรต่างๆ ในอวกาศ ซึ่งภาพที่ได้ออกมานั้นมักจะผ่านการประมวลการประมวลผลอยู่เสมอ ตัวอย่างเช่น ภาพถ่ายพื้นผิวดวงจันทร์เมื่อส่งสัญญาณกลับมาจากดาวเทียมจะมีสัญญาณรบกวนเข้ามาแทรก จึงจำเป็นที่จะต้องผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ (images denoising) การติดตามอาการคนไข้ที่มีอาการเนื้องอกจะเป็นต้องทำการลงทะเบียนภาพ (image registration) เพื่อให้แพทย์สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของเนื้องอกได้ การติดตามรถที่กระทำผิดกฎหมายจราจร จำเป็นต้องแยกรถยนตร์ออกจากพื้นหลังโดยใช้การแบ่งส่วนภาพ (image segmentation) และการลบวัตถุที่ไม่ต้องการออกไปจากภาพจะใช้การต่อเติมภาพ (image inpainting) เป็นต้น

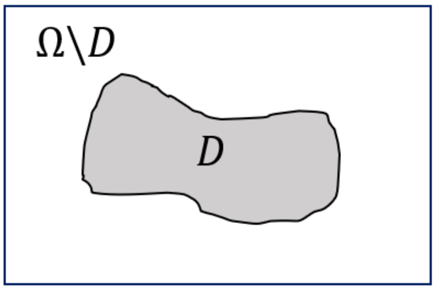
การต่อเติมภาพ เป็นหนึ่งในกระบวนการประมวลผลภาพที่จะเติมเต็มข้อมูลที่หายไปในพื้นที่ภาพที่กำหนด โดยมีจุดประสงค์เพื่อซ่อมแซมภาพที่เสียหาย โดยพื้นที่ภาพส่วนนั้นไม่สามารถพบได้จากการสังเกต โดยการกู้คืน สี, โครงสร้าง และพื้นผิว ที่เกิดการเสียหายเป็นวงกว้าง พิกเซลที่จะนำมาใช้ซ่อมแซมจะถูกคำนวณขึ้นมาใหม่จากข้อมูลที่พิกเซลที่อยู่โดยรอบที่ยังไม่เสียหาย [1] ซึ่งใช้ลบสิ่งที่ไม่ต้องการออกจากภาพ ปัจจุบันมักเห็นได้ตามแอปพลิเคชันหน้าใส ที่ช่วยลบริ้วรอยที่ไม่ต้องการออกจากใบหน้า

1.1 วิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับการต่อเติมภาพด้วยการแปรผัน

ในการต่อเติมภาพเฉดสีเทาด้วยวิธีการเชิงแปรผัน เราพิจารณาภาพ

$$u : \Omega \subset \mathbb{R}^2 \to V \subset [0, \infty)$$

เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง โดยที่ $\mathsf{x} = (x, y) \in \Omega$ แทนพิกัดทางกายภาพ (physical position) ของภาพ $u(\mathsf{x}) \in V$ แทนระดับความเข้มของภาพ (image intensity) ที่ x และ Ω แทนโดเมนของภาพ ซึ่งในที่นี้เราสามารถสมมติได้โดย $\Omega = [0, n]^2$ และ $V = [0, 1]$ เมื่อ $n > 0$ เป็นจำนวนเต็มบวก ทั้งนี้ เราจะเรียกภาพ u ที่นิยามข้างต้นว่าภาพเฉดสีเทา (grayscale image)



รูปที่ 1: ตัวอย่าง โดเมนต่อเติม

ซึ่งสำหรับปัญหาการต่อเติมภาพโทนสีเทานั้น จะเรียกพื้นที่ซึ่งต้องการต่อเติมว่า โดเมนต่อเติม (inpainting domain) โดย D เป็นโดเมนซึ่ง $D \subset \Omega$

โดยการต่อเติมภาพเฉดเทานี้ จะใช้การแปรผันรวม (total variation) ซึ่งถูกคิดค้นโดย Chan และ Shen [2] ซึ่งประยุกต์มาจากการแปรผันรวมเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนบนตัวแบบ ROF [3]

ได้ว่าจะสามารถหาภาพที่ถูกต่อเติมอย่างเหมาะสม u จะสามารถหาได้จาก

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \lambda \mathcal{D}(u,f) + \mathcal{R}(u)\}$$

ซึ่ง $\mathcal{D}$ คือพจน์สำหรับวัดค่าเหมาะสม เพื่อไม่ให้ภาพก่อนต่อเติมและหลังจากต่อเติมมีความแตกต่างกันมากเกินไป $\mathcal{R}$ คือพจน์สำหรับการต่อเติมภาพ และ λ คือเป็นพารามิเตอร์เร็กกิวลาร์ไรซ์เซชัน (regularization parameter) สำหรับกำหนดปริมาณของสัญญาณรบกวนที่ต้องการกำจัดออก

โดย Chan และ Shen ได้ทำการแก้ปัญหาการแปรผัน (variational problem) ได้ว่า

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \frac{\lambda}{2}\int_{\Omega\backslash D} (u-z)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\bigtriangledown u| d\Omega\}$$

ซึ่งเมื่อทำให้ได้สมการออยเลอร์ลากรางซ์ สำหรับ fuctional $\mathcal{J}$ คือ

$$\begin{cases} -\bigtriangledown \cdot \left(\frac{\bigtriangledown u}{|\bigtriangledown u|}\right) + \lambda(u-z) = 0 & x \in \Omega = (0,n)^2 \\ \frac{\partial u}{\partial n} = 0 & x \in \partial\Omega \end{cases}$$

สำหรับ $\mathsf{x} \in \Omega$ ได้ว่า λ ถูกกำหนดโดย

$$\lambda(\mathsf{x}) \begin{cases} \lambda & \mathsf{x} \in \Omega\backslash D \\ 0 & \mathsf{x} \in D \end{cases}$$

จะเห็นได้ว่าเป็นสมการออยเลอร์ ลากรางซ์ดังกล่าวเป็น สมการอนุพันธ์ย่อยไม่เป็นเชิงเส้น จึงสามารถใช้วิธีเชิงตัวเลขด้วยวิธีต่างๆ ได้ดังนี้

วิธีการ Explicit Time Marching [4] โดยแนวคิดของวิธีการนี้คือการแนะนำตัวแปรเวลาสังเคราะห์ (time artificial variable) จากนั้นหาคำตอบแบบสภาวะคงตัว (steady-state solution) ของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยไม่เป็นเชิงเส้นที่ขึ้นอยู่กับเวลา และเพื่อจะแก้ความไม่เป็นเชิงเส้นของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย จะสามารถใช้รูปแบบที่ชัดแจ้งของออยเลอร์ (Euler's explicit scheme) ที่กำหนดโดย

$$u(\mathsf{x}, t_{k+1}) = u(\mathsf{x}, t_k) + \tau\left(\nabla \cdot \left(\frac{\nabla u(\mathsf{x}, t_k)}{|\nabla u(\mathsf{x}, t_k)|}\right) + \lambda(\mathsf{x})(u(\mathsf{x}, t_k) - z(\mathsf{x}))\right)$$

แต่เนื่องจากเมื่อ $|\nabla u(\mathsf{x}, t_k)| = 0$ จะทำให้ไม่สามารถคำนวณได้ เนื่องจากหารด้วย 0 ไม่ได้ จึงกำหนดให้ $|\nabla u(\mathsf{x}, t_k)| = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + \beta}$ สำหรับ $\beta > 0$ และ β มีค่าใกล้ 0 เพื่อหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ดังกล่าว

โดยเมื่อ $\tau > 0$ แทนขั้นเวลา (time step) ที่ได้จากการดิสครีตไทซ์โดเมนเวลา $[0, \infty)$ ซึ่งเห็นได้ว่าวิธีการเชิงตัวเลขดังกล่าวข้างต้นนั้นง่ายในการคำนวณ แต่การลู่เข้าสู่คำตอบที่เหมาะสมของปัญหา เชิงแปรผันค่อนข้างช้ามากเนื่องจากต้องใช้ τ ที่มีขนาดเล็กในการทำให้ลำดับของคำตอบลู่เข้า

วิธีการทำซ้ำแบบ Fixed Point [5] จะทำการแบ่งการทำซ้ำออกเป็น 2 ชั้น เรียกชั้นในกับชั้นนอก โดยการทำซ้ำชั้นในเป็นการทำซ้ำแบบ Gauss-seidel เพื่อให้หาค่า u เป็นลำดับถัดไป จากนั้นชั้นนอกจะเป็นการทำซ้ำแบบตรึงจุด (fixed point) เพื่อให้ค่า u ลู่เข้าสู่ค่าที่ต้องการ

ซึ่งการทำซ้ำชั้นในจะหาค่า u จากการใช้ Gauss-Seidel กับสมการ

$$-\nabla \cdot \left(\frac{\nabla u^{[v+1]}}{|\nabla u|^{[v]}} \right) + \lambda(u^{[v+1]} - z) = 0$$

โดยที่ $v = 0, 1, 2, ...$ ซึ่งคือค่าของจำนวนครั้งในการทำชั้นนอกที่ถูกทำไป

และเช่นเดียวกับวิธี Explicit Time Marching เนื่องจากวิธีนี้เมื่อ $|\nabla u(\mathsf{x}, t_k) = 0|$ จะทำให้ไม่สามารถคำนวณได้เนื่องจากไม่สามารถหารด้วย 0 ได้ จึงกำหนดให้ $|\nabla u(\mathsf{x}, t_k)| = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + \beta}$ สำหรับ $\beta > 0$ และ β มีค่าใกล้ 0 เพื่อหลีกเลี่ยงเหตุการณ์ดังกล่าว

ซึ่งทั้งวิธี Explicit Time Marching และวิธี Fixed Point จำเป็นต้องเพิ่ม β เพื่อหลีกเลี่ยงการหารด้วย 0 ซึ่งจะทำให้เกิดค่าคลาดเคลื่อน จึงได้มีการสร้างวิธี Split Bergman สำหรับแก้ปัญหานี้

วิธี Split Bergman [6] โดยวิธีการนี้คือการแยกส่วนการดำเนินการ (spliting) และใช้การทำซ้ำ Bergman (bergman iteration) โดยวิธีนี้จะเป็นการแก้ปัญหาการแปรผัน โดยการเพิ่มตัวแปร w ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะได้ปัญหาการแปรผันดังต่อไปนี้แทน

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega \setminus D} (u-z)^2 d\Omega + \int_\Omega |\bigtriangledown w| d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_\Omega (w - \bigtriangledown u + b) d\Omega\}$$

โดยเมื่อเพิ่มตัวแปร w สำหรับช่วยใจการคำนวณแล้ว จะมีพจน์ $\int_\Omega |\bigtriangledown w| d\Omega$ เพื่อบีบบังคับให้ w ไม่เปลี่ยนแปลงผลของคำตอบ, θ คือค่าบวกใดๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความแรงของการต่อเติมซึ่งไม่ควรเล็กหรือใหญ่เกินไปเพื่อให้สามารถลู่เข้าได้ดี b คือตัวแปรช่วยสำหรับการทำซ้ำ Bergman ซึ่งปัญหาดังกล่าวสามารถแบ่งปัญหาได้เป็น 2 ส่วนคือ

ปัญหาย่อย w โดยการคงค่า u ไว้จะได้ว่าปัญหาย่อยคือ

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \int_\Omega |\bigtriangledown w| d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_\Omega (w - \bigtriangledown u + b) d\Omega\}$$

ซึ่งเมื่อทำการแก้ปัญหาย่นอนี้แล้วจะได้ว่า

$$w_{i,j} = \frac{\bigtriangledown u_{i,j} + b_{i,j}}{|\bigtriangledown u_{i,j} + b_{i,j}|} max\{|\bigtriangledown u_{i,j} + b_{i,j}| - \frac{1}{\theta}, 0\}$$

ปัญหาย่อย u โดยการคงค่า w ไว้จะได้ว่าปัญหาย่อยคือ

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \frac{\lambda}{2} \int_{\Omega \setminus D} (u-z)^2 d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_\Omega (w - \bigtriangledown u + b) d\Omega\}$$

ซึ่งเมื่อทำการแก้ปัญหาย่อยนี้แล้วจะได้ว่า

$$\frac{1}{\theta} \lambda u - \triangle u = \frac{1}{\theta} \lambda z - \bigtriangledown \cdot (w - b)$$

เราจะประมาณคำตอบนี้โดยการใช้ หนึ่งรอบ Gauss-Seidel ต่อหนึ่งรอบการทำซ้ำของ Bergman ซึ่งปัญหาย่อยจะถูกแก้หนึ่งครั้ง ต่อหนึ่งรอบ bergman iteration แต่ทั้งนี้การทำซ้ำ Gauss-Seidel หลายครั้ง จะทำให้การแก้ปัญหาย่อยมีความแม่นยำขึ้น ส่วนตัวแปรช่วย b มีค่าเริ่มต้นเป็น 0 จากนั้นทำการปรับค่าโดย

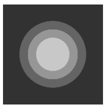
$$b^{k+1} = b^k + \bigtriangledown u - w$$

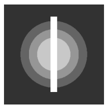
จึงได้ว่าวิธีการ Split Bergman มีการทำงานในภาพรวมเป็นดังนี้

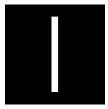
initialization $u = 0, d = 0, b = 0$
while $||u_{cur} - u_{prev}||_2 > Tol$ **do**
    Solve the w subproblem
    Solve the u subproblem
    $b = b + \bigtriangledown u - w$
end

โดยการทำซ้ำนี้จะกระทำจนกระทั่ง นอร์ม L2 ระหว่างรอบปัจจุบันต่างกับรอบก่อนหน้าไม่เกินค่า Tol ที่กำหนดไว้หรือจำนวนรอบการทำซ้ำมากจนถึงจุดสิ้นสุดที่เพียงพอที่จะให้ลู่เข้าซึ่งไม่ควรใหญ่เกินไปเพื่อไม่ให้เสียเวลาประมวลผลจนนานเกินไป

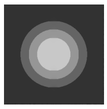
โดยผลการต่อเติมภาพจากทั้ง 3 วิธีข้างต้น สำหรับการกำหนดรอบการทำซ้ำไม่เกิน 1000 รอบและค่านอร์ม L2 ภาพปัจจุบันและภาพก่อนหน้าต่างกันไม่เกิน 0.0001 ได้ผลลัพธ์ดังนี้

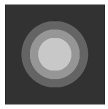

(a) ภาพต้นฉบับ


(b) ภาพที่ต้องการทำการต่อเติม


(c) โดเมนต่อเติม


(d) ภาพจากวิธี Explicit Time Marching ใช้เวลา 3.10 วินาที PSNR 19.6733


(e) ภาพจากวิธี Fixed Point ใช้เวลา 6.93 วินาที PSNR 42.6631


(f) ภาพจากวิธี Split Bergman ใช้เวลา 1.86 วินาที PSNR 44.4275

จากการทดลองจะเห็นว่าวิธีการ Split Bergman ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จึงได้มีความสนใจที่จะศึกษาวิธี Split Bergman เป็นลำดับถัดไป

1.2 วิธีการทางคณิตศาสตร์สำหรับการต่อเติมภาพด้วยการแปรผันบนภาพสี

สำหรับการต่อเติมภาพเชิงแปรผันซึ่งเป็นภาพสีในระบบ RGB จะพิจารณา

$$u = (u_1, u_2, u_3)^\top : \Omega \to V^3$$

เมื่อ (u_1, u_2, u_3) โดยที่ $u_1, u_2, u_3 : \Omega \to V$ แทนภาพเฉดสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินของ u ตามลำดับ จะสามารถปรับปรุงตัวแบบ ROF ได้ดังนี้

$$\min_u \{\mathcal{J}(u) = \lambda \bar{\mathcal{D}}(u, z) + \bar{\mathcal{R}}(u)\}$$

โดยที่ $\bar{\mathcal{D}}$ เป็นพจน์วัดค่าเหมาะสมเพื่อไม่ให้ภาพก่อนการต่อและหลังต่อเติมต่างกันมาเกินไปซึ่ง

$$\begin{aligned}\bar{\mathcal{D}}(\boldsymbol{u}, \boldsymbol{z}) &= \sum_{l=1}^{3} \mathcal{D}(u_l, z_l) \\ &= \frac{1}{2}\int_\Omega (u_1 - z_1)^2 d\Omega + \frac{1}{2}\int_\Omega (u_2 - z_2)^2 d\Omega + \frac{1}{2}\int_\Omega (u_3 - z_3)^2 d\Omega\end{aligned}$$

และ $\bar{\mathcal{R}}$ คือพจน์สำหรับการต่อเติมภาพ

$$\bar{\mathcal{R}}(\boldsymbol{u}) = \sum_{l=1}^{3}\mathcal{R}(u_l) = \int_\Omega |\nabla u_1| d\Omega + \int_\Omega |\nabla u_2| d\Omega + \int_\Omega |\nabla u_3| d\Omega$$

ซึ่งงานนี้ได้สนใจที่จะนำวิธี Split Bergman มาประยุกต์ใช้กับปัญหาเชิงแปรผัน จึงแนะนำเวกเตอร์เสริม w_1, w_2, w_3 พร้อมทั้งตัวแปรสำหรับการทำซ้ำ Bregman b_1, b_2, b_3 และตัวแปรช่วย $\theta_1, \theta_2, \theta_3 > 0$ เพื่อแก้ปัญหาเชิงแปรผัน ซึ่งจะได้ปัญหาเชิงแปรผันเป็น

$$\min_u \{\bar{\mathcal{J}} = \lambda \bar{\mathcal{D}}(u,z) + \sum_{l=1}^{3}\int_\Omega |\boldsymbol{w_l}| d\Omega + \frac{\theta_l}{2}\sum_{l=1}^{3}\int_\Omega (\boldsymbol{w_l} - \nabla u_l - \boldsymbol{b_l})^2 d\Omega\}$$

ปัญหาย่อย w โดยการคงค่า u ไว้จะได้ว่าปัญหาย่อยคือ

$$\min_u \{\bar{\mathcal{J}} = \sum_{l=1}^{3}\int_\Omega |w_l| d\Omega + \frac{\theta_l}{2}\sum_{l=1}^{3}\int_\Omega (w_l - \nabla u_l - b_l)^2 d\Omega\}$$

ซึ่งเมื่อทำการแก้ปัญหาย่อยนี้จะได้คำตอบที่แม่นตรงคือ

$$w_{l_{i,j}} = \frac{\triangledown u_{l_{i,j}} + b_{l_{i,j}}}{|\triangledown u_{l_{i,j}} + b_{l_{i,j}}|} max\{|\triangledown u_{l_{i,j}} + b_{l_{i,j}}| - \frac{1}{\theta}, 0\} \qquad l = 1, 2, 3$$

ปัญหาย่อย u โดยการคงค่า w ไว้จะได้ว่าปัญหาย่อยคือ

$$\min_u \{\bar{\mathcal{J}} = \lambda \bar{\mathcal{D}}(u,z) + \frac{\theta_l}{2}\sum_{l=1}^{3}\int_\Omega (\boldsymbol{w_l} - \nabla u_l - \boldsymbol{b_l})^2 d\Omega\}$$

ซึ่งเมื่อทำการแก้ปัญหาย่อยนี้แล้วจะได้ระบบสมการออยเลอร์ลากรางจ์คือ

$$\frac{1}{\theta}\lambda u_1 - \triangle u_1 = \frac{1}{\theta}\lambda z_1 - \triangledown \cdot (w_1 - b_1)$$

$$\frac{1}{\theta}\lambda u_2 - \triangle u_2 = \frac{1}{\theta}\lambda z_2 - \triangledown \cdot (w_2 - b_2)$$

$$\frac{1}{\theta}\lambda u_3 - \triangle u_3 = \frac{1}{\theta}\lambda z_3 - \triangledown \cdot (w_3 - b_3)$$

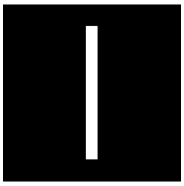
ซึ่งเมื่อแก้ระบบสมการดังกล่าวด้วยวิธี Gauss-seidel แล้วจะนำค่าที่ได้มาเปลี่ยนค่าตัวแปร b โดยที่

$$b_l^{k+1} = b_l^k + \triangledown u_l - w_l \qquad l = 1, 2, 3$$

ซึ่งจากวิธีการ Split Bergman สำหรับภาพสี จะได้ภาพผลลัพธ์ดังนี้

(a) ภาพต้นฉบับ

(b) ภาพที่ต้องการทำการต่อเติม



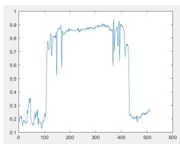
(c) โดเมนต่อเติม

(d) ภาพจากวิธี Split Bergman ใช้เวลา 6.72 วินาที PSNR 37.2374

1.3 การประยุกต์ใช้สำหรับต่อเติมภาพวาดศิลปะไทย

เนื่องจากการต่อเติมภาพด้วยการแปรผันจะสนใจที่ความต่อเนื่องของโครงสร้างทางเรขาคณิต ซึ่งวิธีการต่อเติมภาพรูปภาพด้วยการแปรผันมักจะให้ผลลัพธ์ได้ดีกับรูปภาพที่ราบเรียบเป็นช่วง (piecewise smooth image) [7] ซึ่งภาพวาดศิลปะไทยนั้น เป็นภาพซึ่งมีลักษณะราบเรียบเป็นช่วงจึงเหมาะสำหรับใช้แม่แบบวิธี ROF สำหรับการต่อเติมภาพ เนื่องจากในปัจจุบันนี้ยังมีงานศิลปะไทยเก่าจำนวนมากที่ต้องการได้รับการซ่อมแซมจึงเป็นการช่วยให้จิตรกรผู้มีหน้าที่ซ่อมแซมภาพ สามารถเห็นตัวอย่างภาพที่ผ่านการต่อเติม เพื่อให้จิตรกรสามารถวางแผนในการซ่อมแซมได้ หรือการเข้าชมพิพิธภัณฑ์ ก็อาจพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันสำหรับโทรศัพท์มือถือ ที่สามารถใช้ส่องภาพงานศิลปะและแสดงศิลปะที่สมบูรณ์ขึ้นมาทางหน้าจอได้

(a) ภาพศิลปะไทยซึ่งเป็นเฉดสีเทา



(b) ความเข้มของสีบริเวณคอลัมม์ที่ 200

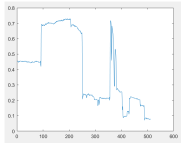
โดยจากตัวอย่างจะเป็นภาพวาด จิตรกรรม อุโบสถวัดคงคาราม ขนาด 512x512 ซึ่งถูกปรับให้เป็นเฉดสีเทา เมื่อนำข้อมูลความเข้มของสีบริเวณคอลัมม์ที่ 200 มาเขียนกราฟจะเห็นว่าบริเวณจุดที่ 100 และจุดที่ 420 มีความแตกต่างของความเข้มอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นช่วง (0,100), (100,420) และ (420,512) ซึ่งมีลักษณะราบเรียบเป็นช่วงนั่นเอง

1.4 กาประยุกต์ใช้สำหรับการลบคำบรรยายบนอนิเมะ

อนิเมะคือวิดีโอภาพวาดการ์ตูนสไตล์ญี่ปุ่น ซึ่งภาพวาดสไตล์ของอนิเมะเองก็เป็นภาพแบบราบเรียบเป็นช่วงจึงเหมาะกับการใช้แม่แบบวิธี ROF สำหรับการต่อเติมภาพ ซึ่งอนิเมะนั้นเนื่องจากผ่านการแปลภาษามาแล้ว ในบางครั้งจะมีคำบรรยายแบบแข็งติดมาด้วย ซึ่งบทบรรยายแบบแข็งนั้นไม่สามารถเปิดและปิดได้ เมื่อผ่านการให้เสียงใหม่แล้วก็จะมีบทบรรยายนั้นติดมาด้วย จึงเหมาะที่จะประยุกต์ใช้ในการลบทบรรยายออก

สำหรับการต่อเติมภาพนั้น โดยปกติจะเป็นต้องหาโดเมนต่อเติมด้วยตัวเองซึ่งสามารถทำได้สำหรับภาพ 1 ภาพ แต่สำหรับไฟล์วิดีโออนิเมะนั้น ส่วนใหญ่จะมีภาพจำนวน 24 ภาพต่อวินาที ซึ่งนั่นหมายความว่าการจะหาโดเมนต่อเติมด้วยตัวเองสำหรับ 24 ภาพต่อวินาทีเป็นเรื่องยาก การที่จะหาโดเมนต่อเติมซึ่งเป็นในส่วนคำบรรยายนั้นจึงเป็นเรื่องยาก จึงเป็นอีกความท้าทายที่จะต้องหาโดเมนต่อเติมแบบอัตโนมัติให้ได้

(a) ภาพอนิเมะซึ่งเป็นเฉดสีเทา



(b) ความเข้มของสีบริเวณคอลัมม์ที่ 256

โดยจากตัวอย่างจะเป็นภาพอนิเมะ ขนาด 512x512 ซึ่งถูกปรับให้เป็นเฉดสีเทา เมื่อนำข้อมูลความเข้มของสีบริเวณคอลัมม์ที่ 256 มาเขียนกราฟจะเห็นว่าบริเวณจุดที่ 100,250,350,400,420,480 มีความแตกต่างของความเข็มอย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นช่วง (0,100), (100,250), (250,350), (400,420) และ (480,512) ซึ่งมีลักษณะราบเรียบเป็นช่วงนั่นเอง

2 Objective

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยมีดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาวิธีการแปรผันและวิธีการเชิงตัวเลขที่มีประสิทธิภาพเพื่อเติมข้อมูลที่ขาดหายในภาพหรือวิดีโอ

(2) สร้างวิธีการเชิงตัวเลขใหม่สำหรับซ่อมแซมภาพศิลปะไทยและลบบทบรรยายออกจากอนิเมะ

(3) นำวิธีการที่สร้างขึ้นเพื่อซ่อมแซมภาพไทย และลบบทบรรยายในอนิเมะ

3 Scope of Study

ขอบเขตของโครงงานมีดังต่อไปนี้

(3.1) ภาพศิลปะที่ใช้ศึกษา เป็นภาพจิตรกรรมฝาผนังไทย ที่อยู่ภายใต้เว็บ Wikipedia.org ซึ่งได้รับการอนุญาตให้ใช้งานแบบ Creative Commons หรือแบบ Public Domain

(3.2) วิดีโอที่ใช้ศึกษาเป็นวิดีโอประเภทอนิเมะ โดยศึกษากับไฟล์อนิเมะที่ใช้ Color space แบบ RGB เท่านั้น

(3.3) บทบรรยายที่ใช้ทดสอบ จะถูกล้อมรอบไว้ด้วยสีดำ ขนาดความหนาขนาดไม่น้อยกว่า 5 พิกเซล

(3.4) วิดีโอที่ใช้ศึกษาขนาดไม่เกิน 1920x1080

(3.5) คอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองใช้หน่วยประมวลผล I7-6700HQ ใช้การ์ดจอ Nvidia GTX 960M แรม 16GB ฮาร์ดดิกส์แบบ SSD

4 Methodology

วิธีการมีดังต่อไปนี้

(4.1) ศึกษาการคณิตศาสตร์ต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายบนรูปภาพ

(4.2) พัฒนาวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับการซ่อมแซมรูปภาพ

(4.3) ทดสอบวิธีการเชิงตัวเลขที่พัฒนาขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์บนภาพสังเคราะห์

(4.4) อภิปรายผลที่ได้จากการทดลองเชิงตัวเลข

(4.5) สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์

5 Time Periods

แผนการดำเนินงานตลอดทั้งโครงการสามารถสรุปได้โดยย่อจากตารางต่อไปนี้

แผนการดำเนินงาน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ศึกษาการคณิตศาสตร์ต่อเติมข้อมูลที่ขาดหายบนรูปภาพ	x	x										
พัฒนาวิธีการเชิงตัวเลขสำหรับการซ่อมแซมรูปภาพ			x	x								
ทดสอบวิธีการเชิงตัวเลขที่พัฒนาขึ้นโดยโปรแกรม-คอมพิวเตอร์บนภาพสังเคราะห์					x	x						
อภิปรายผลที่ได้จากการทดลองเชิงตัวเลข							x	x				
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์									x	x	x	x

6 References

[1] Furht B., ”Image Inpainting”, Encyclopedia of Multimedia, pp. 315-316, 2006. .https://doi.org/10.1007/0-387-30038-4_98

[2] T.F. Chan, J. Shen, “Mathematical models of local non-texture inpaintings”, SIAM Journal on Applied Mathematics, vol. 62, no. 3, pp. 1019–1043, 2001. http://www.jstor.org/stable/3061798

[3] Leonid I. Rudin, Stanley Osher, Emad Fatemi, ”Nonlinear total variation based noise removal algorithms”, Physica D: Nonlinear Phenomena, Volume 60, Issues 1–4, pp. 259-268, 1992. https://doi.org/10.1016/0167-2789(92)90242-F

[4] A. Marquina, S. Osher, ”Explicit algorithms for a new time dependent model based on level set motion for nonlinear deblurring and noise removal”, SIAM Journal on Scientific Computing, vol. 22 issue 2, 387–405. 2006. https://doi.org/10.1137/S1064827599351751

[5] C.R. Vogel and M.E. Oman,”Iterative methods for total variation denoising”, SIAM Journal on Scientific Computing. vol. 17, pp. 227-238, 1996.

[6] Pascal Getreuer, Total Variation Inpainting using Split Bregman, Image Processing On Line, 2 (2012), pp. 147–157. https://doi.org/10.5201/ipol.2012.g-tvi

[7] Fidaner, Işık Barış. “A Survey on Variational Image Inpainting , Texture Synthesis and Image Completion.” (2007). https://www.semanticscholar.org/paper/_/36f4d32ce45f72091510ab4d4d1cc3bf81ffe879