

ขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขชนิดใหม่สำหรับการต่อเติมภาพที่ใช้การแปรผันรวมกับการประยุกต์
สำหรับซ่อมแซมภาพจิตรกรรมไทยโบราณและการลบซับไตเติลจากอนิเมะ

A new numerical algorithm for TV-based image inpainting with its applications
for restoring ancient Thai painting images and removing subtitles from animes

ภาคพล พงษ์ทวี

ภาควิชาคณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัยศิลปากร

การนำเสนอความก้าวหน้าโครงการวิจัย
30 พฤศจิกายน 2561

- การซ่อมแซมภาพศิลปะไทย
- การลบคำบรรยายอนิเมะ

ตัวแบบการต่อเติมภาพเงดสีเทาที่ใช้การแปรผันรวม

$$\min_u \{ \mathcal{J}(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla u| d\Omega \}$$

$$\lambda = \lambda(\mathbf{x}) = \begin{cases} \lambda_0, & x \in \Omega \setminus D \\ 0, & x \in D \end{cases}$$

ตัวแบบการต่อเติมภาพเงดสีเทาที่ใช้การแปรผันรวม (ต่อ)

$$\min_u \{ \mathcal{J}(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla u| d\Omega \}$$



$$\begin{cases} -\nabla \cdot \left(\frac{\nabla u}{|\nabla u|} \right) + \lambda(u - z) = 0, & \mathbf{x} \in (1, n)^2 \\ \frac{\partial u}{\partial n} = 0, & x \in \partial\Omega \end{cases}$$

การเดินเวลาแบบชัดแจ้ง (explicit time marching)

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

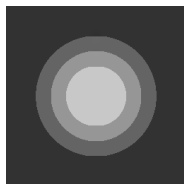
$$u(\mathbf{x}, t_0) = z \quad t_k = t_0 + k\tau \quad (\tau > 0) \quad t_0 = 0$$

$$u(\mathbf{x}, t_0), u(\mathbf{x}, t_1), u(\mathbf{x}, t_2), u(\mathbf{x}, t_3), \dots, u(\mathbf{x}, t^*)$$

การทำซ้ำแบบจุดตรึง (fixed-point iteration)

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

$$u^{[0]}, u^{[1]}, u^{[2]}, u^{[3]}, \dots, u^*$$



รูปที่ 1: ตัวอย่างภาพที่เกิดปัญหาเชิงตัวเลข

$$\frac{1}{|\nabla u|} = \frac{1}{\sqrt{u_x^2 + u_y^2}} \rightarrow \infty$$

$$|\nabla u| \approx |\nabla u|_\beta = \sqrt{u_x^2 + u_y^2 + \beta}, \quad 0 < \beta \ll 1$$

วิธีการสปริทเบรกแมน (Split Bregman method)

$$\min_{u,w} \{ \mathcal{J}(u, w) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla w| d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w - \nabla u + \mathbf{b}) d\Omega \}$$

T. Goldstein and S. Osher, "The Split Bregman Method for L1-Regularized Problems", SIAM Journal on Imaging Sciences. vol. 2, issue 2, pp. 323-343, 2009.

วิธีการสปริทเบรกแมน (ต่อ)

$$\min_{u, w} \{ \mathcal{J}(u, w) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla w| d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w - \nabla u + b) d\Omega \}$$



$$u^{\text{New}} = \arg \min_u \{ \mathcal{J}_1(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w^{\text{old}} - \nabla u + b^{\text{old}}) d\Omega \}$$

$$w^{\text{New}} = \arg \min_w \{ \mathcal{J}_2(w) = \int_{\Omega} |\nabla w| d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w - \nabla u^{\text{New}} + b^{\text{old}}) d\Omega \}$$

$$b^{\text{New}} = b^{\text{old}} + \nabla u^{\text{New}} - w^{\text{New}}$$

Peak Signal Noise Ratio (PSNR)

Structural Similarity (SSIM)



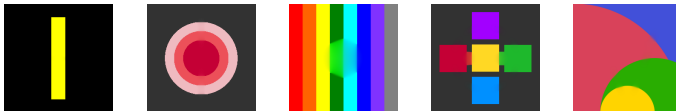
รูปที่ 2: ภาพต้นฉบับ



รูปที่ 3: ภาพที่จะทำการซ่อมแซม



รูปที่ 4: ผลการซ่อมแซมจากการเดินเวลา



รูปที่ 5: ผลการซ่อมแซมจากการทำซ้ำแบบจุดตรง



รูปที่ 6: ผลการซ่อมแซมจากการสปริทเบรกแมน

ประสิทธิภาพของวิธีการเชิงตัวเลขทั้ง 3 วิธี

วิธีการ	เวลาประมวล (วินาที)	PSNR (dB)	SSIM
การเดินเวลา	120.68	16.72	0.9960
การทำซ้ำจุดตรึง	74.81	38.67	0.9999
การสปริทเบรกแมน	14.06	39.42	0.9999

ตารางที่ 1: แสดงการซ่อมแซมเฉลี่ยของวิธีการเชิงตัวเลข

พิธีมิตรูปภาพ

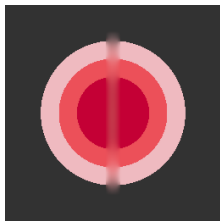
พีระมิดรูปภาพ (ต่อ)

ผลการซ่อมแซมเมื่อใช้พีระมิดรูปภาพ

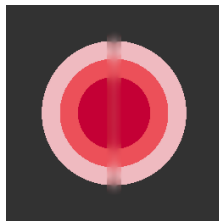
รูปแบบการทำซ้ำ	เวลาประมวล (วินาที)	PSNR (dB)	SSIM
ไม่ใช่พีระมิดรูปภาพ	17.38	39.42	0.9999
10/1/1/10000	13.52	39.38	0.9999
10/3/3/10000	11.86	39.54	0.9999
10/10/10/10000	9.26	40.17	0.9999
100/1/1/10000	10.28	39.04	0.9999
100/3/3/10000	10.28	39.80	0.9999
100/10/10/10000	9.27	40.12	0.9999

ตารางที่ 2: ผลการซ่อมแซมภาพโดยวิธีการเชิงตัวเลขที่นำเสนอในรูปแบบของค่าเฉลี่ย

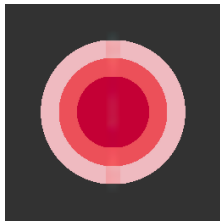
การทำซ้ำความละเอียดคมชัดสุด



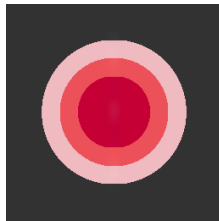
(a) 5 ครั้ง



(b) 10 ครั้ง



(c) 50 ครั้ง



(d) 100 ครั้ง

รูปที่ 7: พิกเซลที่ลำดับการทำซ้ำเป็น 10/10/10 และที่ระดับความคมชัดละเอียดสุดใช้จำนวนการทำซ้ำที่ต่างกัน

วิธีการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ศึกษาตัวแบบและขั้นตอนวิธีการต่อเติมภาพที่ใช้การแปรผันรวมในเชิงลึก	x	x										
พัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการต่อเติมภาพที่ใช้การแปรผันรวมชนิดใหม่			x	x	x	x						
ทดสอบขั้นตอนวิธีการต่อเติมภาพที่พัฒนาขึ้นโดยโปรแกรม-คอมพิวเตอร์บนภาพสังเคราะห์และภาพจริง				x	x	x						
อภิปรายผลที่ได้จากการทดลองเชิงตัวเลข						x	x	x				
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและจัดทำรูปเล่มฉบับสมบูรณ์									x	x	x	x

ขอขอบคุณ