



ขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขชนิดใหม่สำหรับการต่อเติมภาพที่ใช้ การแปรผันรวมกับการประยุกต์สำหรับการซ่อมแซม ภาพจิตรกรรมไทยโบราณและการลับบทบรรยายจากอนิเมะ

ภัคพล พงษ์ทวี
มหาวิทยาลัยศิลปากร

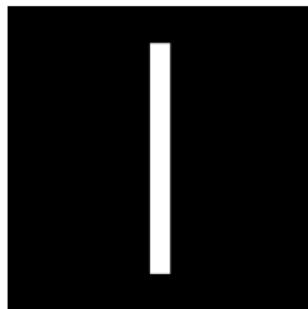
ผศ.ดร. นพดล ชุมชอบ
อาจารย์ที่ปรึกษา

งานประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาระดับปริญญาตรี
สาขาวิชานิตศาสตร์ประยุกต์ ครั้งที่ 8

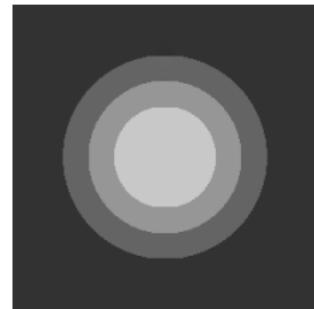
การต่อเติมภาพ (Image Inpainting)



(a) ภาพที่ต้องการซ่อมแซม



(b) โฉมหนต่อเติม



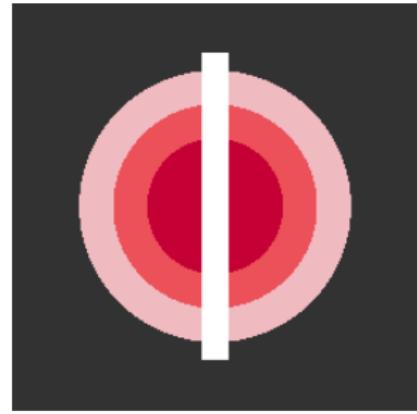
(c) ภาพที่ได้รับการซ่อมแซม

รูปที่ 1: ตัวอย่างการซ่อมแซมภาพ

ปัญหาการต่อเติมภาพ



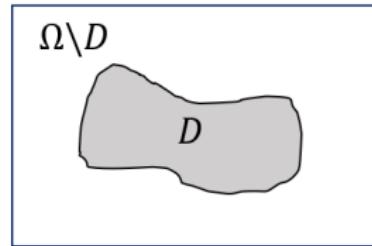
ภาพเฉดเทา



ภาพสี

ภาพฉาดเทา

- โดเมนภาพ (image domain) $\Omega \subset \mathbb{R}^2$
- โดเมนต่อเติม (inpainting domain) $D \subset \mathbb{R}^2$
- พิกัดทางกายภาพ (physical position) $\mathbf{x} = (x, y) \in \Omega$
- ระดับความเข้มของภาพ (image intensity) $V \subset [0, \infty)$
- ภาพฉาดเทา (grayscale image) $u : \Omega \rightarrow V$, $z : \Omega \rightarrow V$
- โดยไม่เสียหลักการสำคัญ $\Omega = [1, n]^2$ และ $V = [0, 1]$ เมื่อ $n > 0$ เป็นจำนวนเต็มบวก



รูปที่ 3: D แทนโดเมนต่อเติม

ตัวแบบการต่อเติมภาพเขตสีเทาที่ใช้การแปรผันรวม

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

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

T.F. Chan and J. Shen , “Mathematical models of local non-texture inpaintings”, SIAM Journal on Applied Mathematics, vol. 62, no. 3, pp. 1019–1043, 2001.

วิธีการเชิงตัวเลข

- (1) การเดินเวลาแบบชัดแจ้ง (Explicit time marching)
- (2) การทำซ้ำแบบจุดตรึง (Fixed point iteration)
- (3) วิธีการสปริทเบรกแมน (Split Bregman)

การเดินเวลาแบบชัดแจ้ง (explicit time marching)

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



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

การเดินเวลาแบบชั้ดเจ้ง (ต่อ)

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

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

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

ข้อจำกัดของการเดินเวลาแบบชั้ดเจ้ง

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

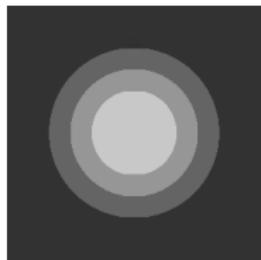
$$\tau < 1$$

การทำซ้ำแบบจุดตรึง (fixed-point iteration)

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

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

ปัญหาเชิงตัวเลข



รูปที่ 4: ตัวอย่างภาพที่เกิดปัญหาเชิงตัวเลข

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

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

วิธีการสปริทเบรคแม่น

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



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



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

วิธีการสปริทเบรคแม่น (ต่อ)

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

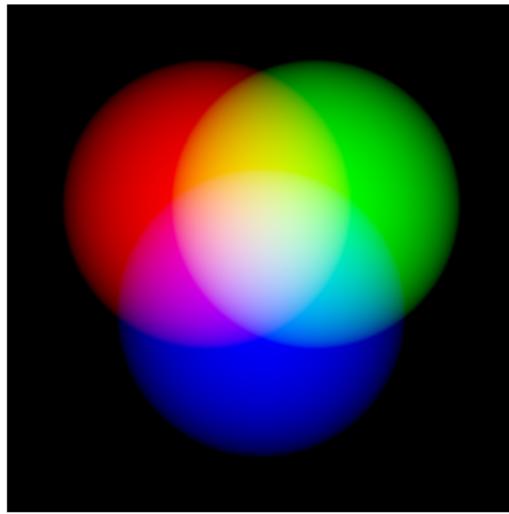


$$u^{\text{New}} = \arg \min_u \{ \mathcal{J}_1(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w^{\text{old}} - \nabla u + b^{\text{old}}) d\Omega \}$$

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

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

ภาพสี



รูปที่ 5: ภาพสีเกิดจากการผสมกันระหว่างสี แดง เขียว และน้ำเงิน¹

¹ ภาพจาก https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive_RGB_Circles+48bpp.png สืบคันเมื่อวันที่ 25 กันยายน 2561

ภาพสี (ต่อ)

$$u, z : \Omega \rightarrow V$$



$$u = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}, z = \begin{bmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} : \Omega \rightarrow V^3$$

ตัวแบบการต่อเติมภาพสีที่ใช้การแปรผันรวม

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



$$\min_u \{ \mathcal{J}(u) = \sum_{l=1}^3 \left(\frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u_l - z_l)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla u_l| d\Omega \right) \}$$

วิธีการสปริทเบรคแม่นสำหรับภาพสี

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



$$\begin{aligned} \min_{u, w_1, w_2, w_3} \{ \mathcal{J}(u, w_1, w_2, w_3) &= \sum_{l=1}^3 \left(\frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u_l - z_l)^2 d\Omega + \int_{\Omega} |\nabla w_l| d\Omega \right. \\ &\quad \left. + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w_l - \nabla u_l + b_l) d\Omega \right) \end{aligned}$$

การวัดคุณภาพ

- (1) Peak Signal Noise Ratio (PSNR)
- (2) Structural Similarity (SSIM)

Peak Signal Noise Ratio (PSNR)

$$\text{PSNR} = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{1}{\sqrt{\text{MSE}}}\right)$$

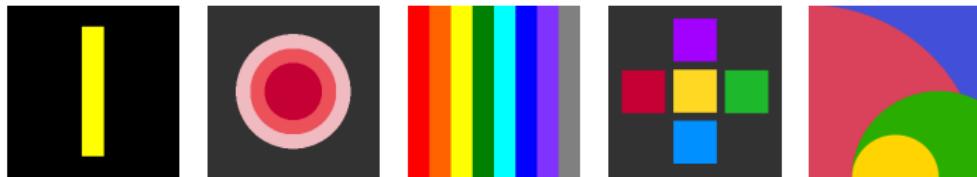
- MSE คือค่าค่าหาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของภาพ โดยที่ $\text{MSE} = \frac{1}{nx \times ny} \sum (u - \tilde{u})^2$
- u แทนภาพต้นฉบับ
- \tilde{u} แทนภาพที่ได้จากการซ่อมแซมโดยวิธีเชิงตัวเลข
- PSNR มีหน่วยเป็น dB

Structural Similarity (SSIM)

$$\text{SSIM}(u, \tilde{u}) = \frac{(2\mu_u\mu_{\tilde{u}} + 0.0001)(2\sigma_{u\tilde{u}} + 0.0009)}{(\mu_u^2 + \mu_{\tilde{u}}^2 + 0.0001)(\sigma_u^2 + \sigma_{\tilde{u}}^2 + 0.0009)}$$

- u แทนภาพต้นฉบับ
- \tilde{u} แทนภาพที่ได้จากการซ่อมแซมโดยวิธีเชิงตัวเลข
- μ_u คือค่าเฉลี่ยของ u
- $\mu_{\tilde{u}}$ คือค่าเฉลี่ยของ \tilde{u}
- σ_u คือความแปรปรวนของ u
- $\sigma_{\tilde{u}}$ คือความแปรปรวนของ \tilde{u}

ภาพสังเคราะห์



รูปที่ 6: ภาพต้นฉบับ



รูปที่ 7: ภาพที่จะทำการซ่อมแซม

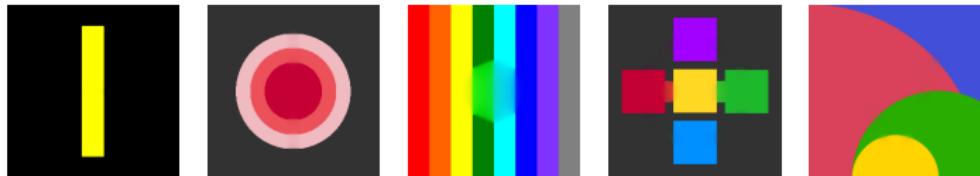
รอบการทำซ้ำ $\leq 10,000$ รอบ

$$\frac{\|u_{new} - u_{old}\|}{\|u_{new}\|} \geq 10^{-4}$$

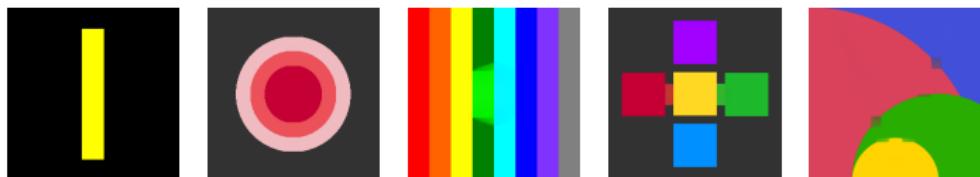
ผลการต่อเติมภาพ



รูปที่ 8: ผลการซ่อมแซมจากการเดินเวลา



รูปที่ 9: ผลการซ่อมแซมจากการทำข้ามแบบจุดตรง



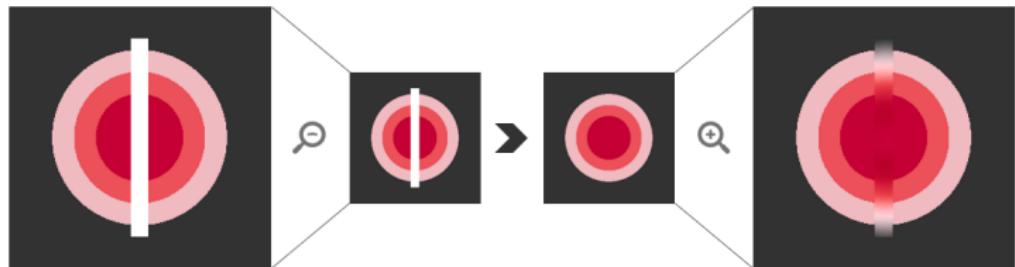
รูปที่ 10: ผลการซ่อมแซมจากการสปริทเบรกเมน

ประสิทธิภาพของวิธีการเชิงตัวเลขทั้ง 3 วิธี

| วิธีการ | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|------------------|---------------------|-----------|--------|
| การเดินเวลา | 120.68 | 16.72 | 0.9960 |
| การทำซ้ำจุดตรึง | 74.81 | 38.67 | 0.9999 |
| วิธีสปริทเบรกเมน | 14.06 | 39.42 | 0.9999 |

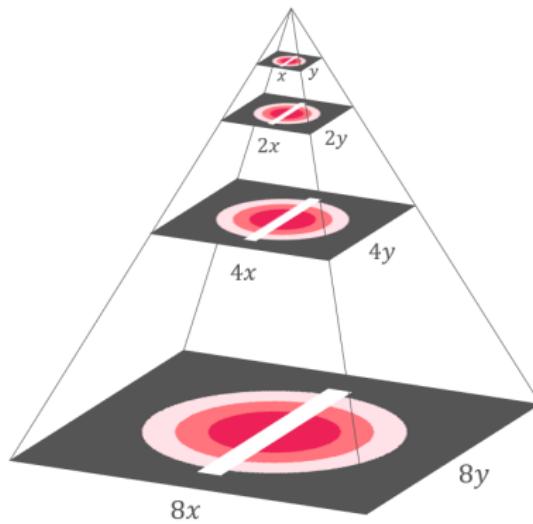
ตารางที่ 1: แสดงการซ่อมแซมเฉลี่ยของวิธีการเชิงตัวเลข
โดยที่ $\lambda = 250, \beta = 10^{-5}, \tau = 10^{-5}, \theta = 5$

คำตอบเริ่มต้น (initial solution)



รูปที่ 11: สร้างคำตอบเริ่มต้นโดยใช้พีระมิดรูปภาพ

พีระมิดรูปภาพ



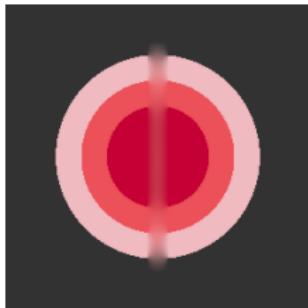
รูปที่ 12: วิธีการพีระมิดรูปภาพ

ผลการซ่อมแซมเมื่อใช้พิระมิดรูปภาพ

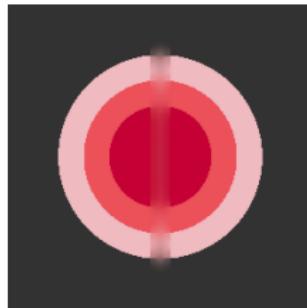
| รูปแบบการทำซ้ำ | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| ไม่ใช้พิระมิดรูปภาพ | 17.38 | 39.42 | 0.9999 |
| 10/1/1/10000 | 13.52 | 39.38 | 0.9999 |
| 10/3/3/10000 | 11.86 | 39.54 | 0.9999 |
| 10/10/10/10000 | 9.26 | 40.17 | 0.9999 |
| 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: ผลการซ่อมแซมภาพโดยวิธีการเขิงตัวเลขที่นำเสนอด้วยรูปของค่าเฉลี่ย

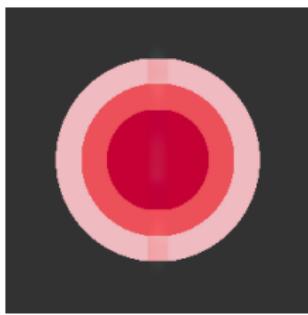
การทำซ้ำความละเอียดคอมพิวเตอร์สูง



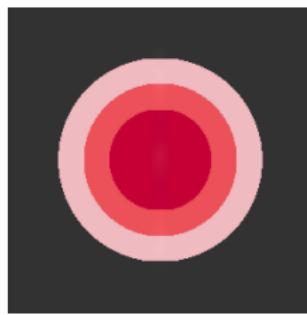
(a) 5 ครั้ง



(b) 10 ครั้ง



(c) 50 ครั้ง



(d) 100 ครั้ง

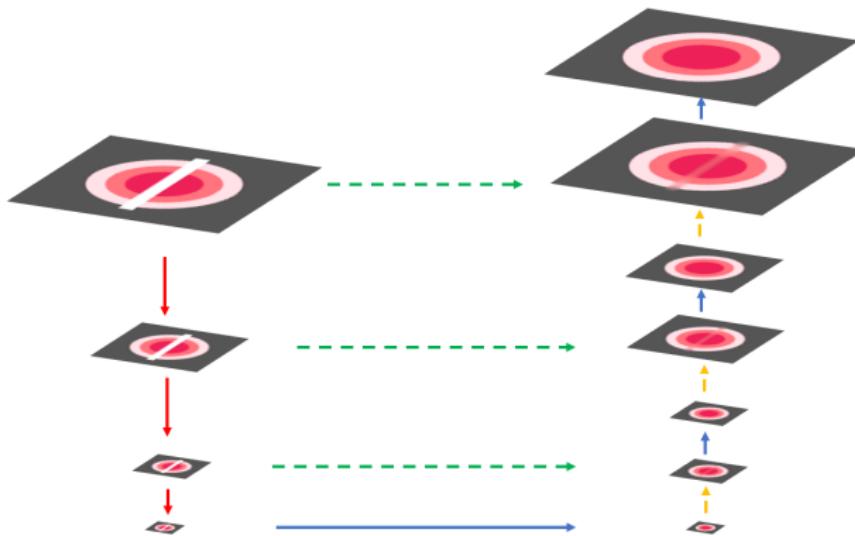
รูปที่ 13: พิริมิดที่ลำดับการทำซ้ำเป็น 10/10/10 และที่ระดับความคมชัดละเอียดสุดใช้จำนวนการทำซ้ำที่ต่างกัน

ผลการซ่อมแซมภาพในระดับความคมชัดละเอียดสุด 10 ครั้ง

| รูปแบบการทำข้าม | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| ไม่ใช้พิรมิตรรูปภาพ | 0.37 | 17.26 | 0.9963 |
| 10/1/1/10 | 0.40 | 28.54 | 0.9993 |
| 10/3/3/10 | 0.33 | 29.83 | 0.9994 |
| 10/10/10/10 | 0.38 | 32.56 | 0.9995 |
| 100/1/1/10 | 0.34 | 31.50 | 0.9999 |
| 100/3/3/10 | 0.36 | 31.99 | 0.9999 |
| 100/10/10/10 | 0.38 | 33.39 | 0.9998 |

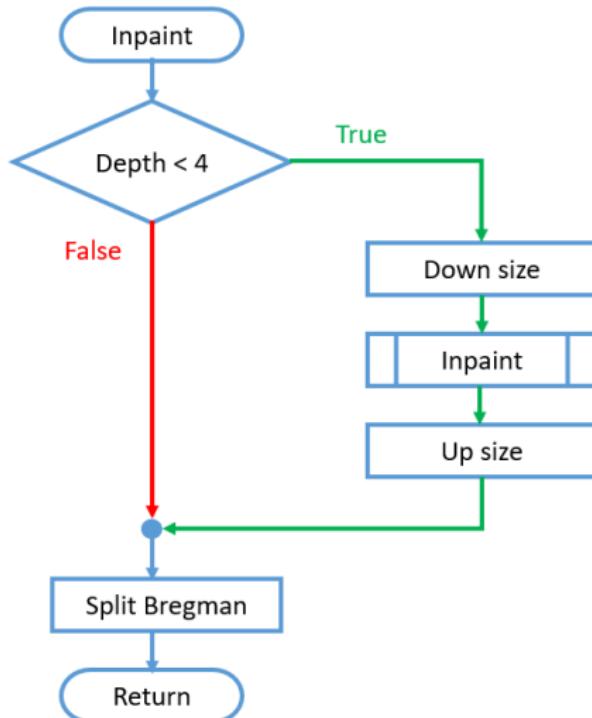
ตารางที่ 3: ผลการซ่อมแซมภาพเฉลี่ยเมื่อใช้การทำข้ามในระดับความคมชัดละเอียดสุด 10 ครั้ง

ขั้นตอนวิธีสำหรับการซ้อมเชมภาพศิลปะไทย



รูปที่ 14: การทำงานของวิธีที่คิดค้นขึ้น

ขั้นตอนวิธีสำหรับการซ่อมแซมภาพศิลปะไทย (ต่อ)

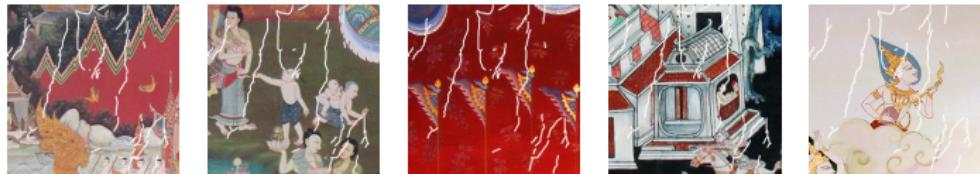


รูปที่ 15: ผังงานขั้นตอนวิธีที่คิดค้นขึ้น

การซ่อมแซมภาพจิตรกรรมไทยโบราณ



รูปที่ 16: ภาพต้นฉบับสำหรับใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 17: ภาพที่ทำให้เสียหาย

ผลการซ่อมแซมภาพศิลปะไทย



รูปที่ 18: ผลการซ่อมแซมโดยวิธีการสบริทเบรกเมน



รูปที่ 19: ผลการซ่อมแซมโดยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

เปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธี



(a) ภาพต้นฉบับ



(b) ภาพที่เสียหาย



(c) วิธีสปริทเบรกแม่น



(d) วิธีที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 20: เปรียบเทียบจากภาพที่ถูกขยายขึ้น 4 เท่า

ผลการซ่อมแซมภาพศิลปะไทย

| วิธีการ | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| สเปรย์เบรกเม็น | 2.72 | 34.89 | 1.0000 |
| วิธีการที่พัฒนาขึ้น | 0.39 | 35.30 | 1.0000 |

ตารางที่ 4: แสดงผลการซ่อมแซมภาพศิลปะไทยในรูปค่าเฉลี่ย

การลับบทบรรยายบนอนิเมะ



รูปที่ 21: Festival Asia Special Video - feat. Inori Aizawa

Lorem Ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

But I must explain to you how all this mistaken idea of denouncing of a pleasure and praising pain was born and I will not give you a complete account of the system, and expound the actual teachings of the great explorer of the truth, the master-builder of human happiness. No one rejects, dislikes, or avoids pleasure itself, because it is pleasure

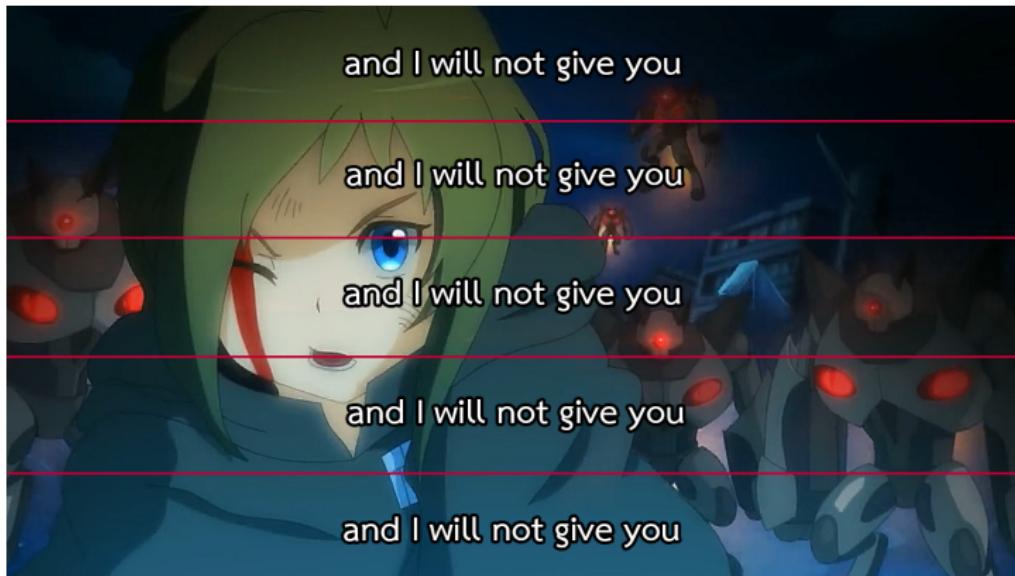
しかし私は、喜びを非難して苦痛を賞賛するという誤ったこの考えがすべてどのようにして誕生したかをあなたに説明しなければならないから、私はあなたにその体系を完璧に説明し、真実を求める偉大な探究家、人間の喜びを築く建築家の実践的な教えを詳しく説明しよう

หากแต่ข้าพเจ้าต้องขออภัยต่อท่านในเหตุที่มิโนคิดอันความชิงชักอันหลงผิดทั้งหลาย ในการไฟห้าแฉะสุดีบัดແພດ
ว่าบ่มเพาะขึ้นได้อย่างไรแล้ว ข้าพเจ้าจักให้สาระแห่งระบบอันครบถ้วนแด่ท่าน และประสิทธิ์คำสอนที่แท้แห่งการแสวงหาอัน
ยิ่งใหญ่ในความจริง ซึ่งเป็นบูรพคณาจารย์ผู้สร้างร่างความมาสุขแห่งมวลมนุษย์ ทุกจะมีผู้ได้มิรับ มิชอบ หรือเลี้ยงหลีก
ความสุข ด้วยเพราเวณเป็นสุขก็ทำไม่

รูปที่ 22: Lorem Ipsum ทั้ง 4 ภาษา²

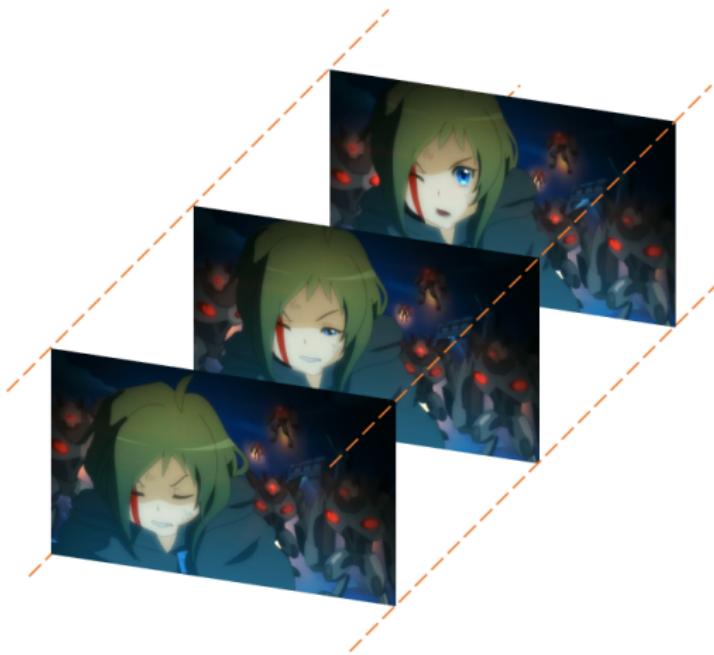
² ส่วนหนึ่งของ Lorem ipsum ในภาษาต่างๆ จาก https://en.wikipedia.org/wiki/Lorem_ipsum, https://ja.wikipedia.org/wiki/Lorem_ipsum และ <https://th.wikipedia.org/wiki/ລອມເີມື່ອັບສິນ> สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2561

การแบ่งไฟล์วิดีโอ



รูปที่ 23: แบ่งวิดีโอออกเป็น 5 ส่วน

วิดีโอกับภาพ



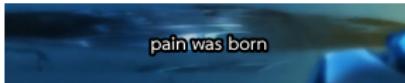
รูปที่ 24: วิดีโอกีฬาดับเบิลของภาพ

การหาบทบรรยาย

This is anime subtitle

รูปที่ 25: บทบรรยายอนิเมะมักมีขอบเป็นสีดำ

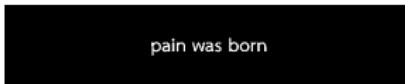
การหาบทบรรยาย (ต่อ)



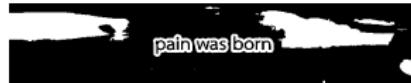
(a) ภาพเฟรมอนิเมะบริเวณที่มีบทบรรยาย



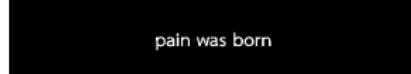
(c) สลับสีขาวเป็นสีดำ สีดำเป็นสีขาว



(e) ลบสีที่เล็กเกินไปหรือใหญ่เกินไป



(b) ให้สีดำในภาพเป็นสีขาว สีขาวเป็นสีดำ



(d) ลบสีขาวที่ติดกับขอบ



(f) ขยายโดเมนต่อเติมให้ครอบคลุม

รูปที่ 26: ขั้นตอนวิธีการหาบทบรรยาย

ผลลัพธ์การหาบทบรรยาย

| ภาษา | จำนวนพิกเซลในโดเมน | จำนวนพิกเซลที่ตรวจพบ | จำนวนพิกเซลที่ผิดพลาด | ร้อยละการผิดพลาด |
|---------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| ไทย | 23,222,220 | 24,083,125 | 2,141,201 | 9.22 |
| อังกฤษ | 27,278,745 | 28,598,424 | 3,714,321 | 13.62 |
| ญี่ปุ่น | 28,544,173 | 30,103,466 | 3,740,971 | 13.11 |

ตารางที่ 5: ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการหาโดเมนต่อitem ในบทบรรยายภาษาต่างๆ

ลำดับภาพกับคำตอบเริ่มต้น

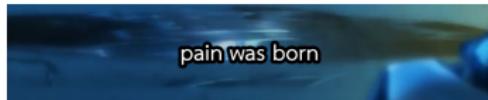


รูปที่ 27: ลำดับภาพในวิดีโอบริเวณคำบรรยาย

พิจารณาความคล้ายด้วย SSIM



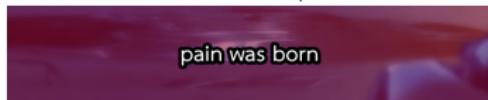
(a) เพفر์มก่อนหน้า



(b) เพفر์มปัจจุบัน



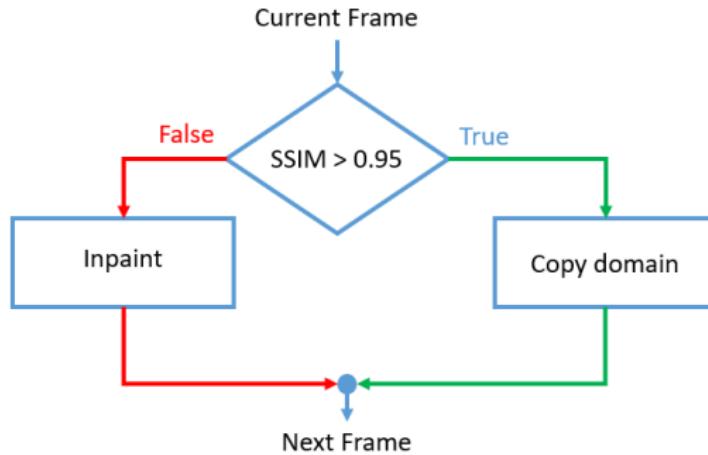
(c) บริเวณคำนวณ SSIM ของเพفر์มก่อนหน้า



(d) บริเวณคำนวณ SSIM ของเพفر์มปัจจุบัน

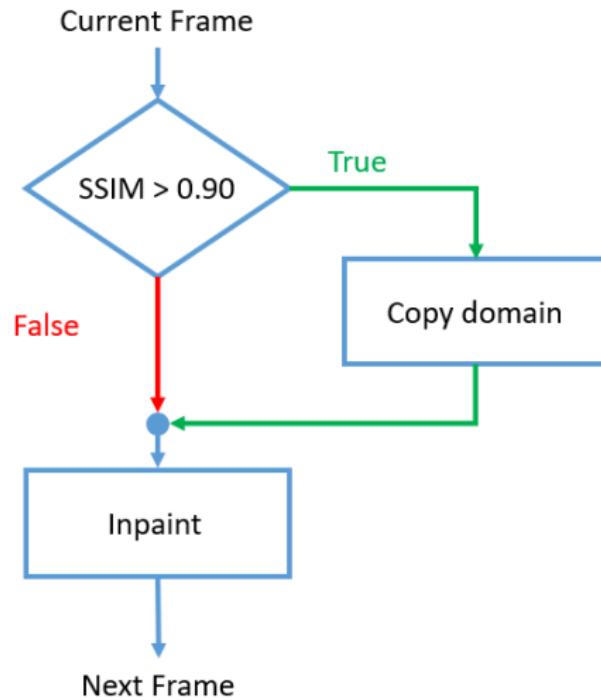
รูปที่ 28: บริเวณที่คำนวณ SSIM สำหรับการข้ามเพร์ฟและยึดเพร์ฟ

การข้ามเฟรม



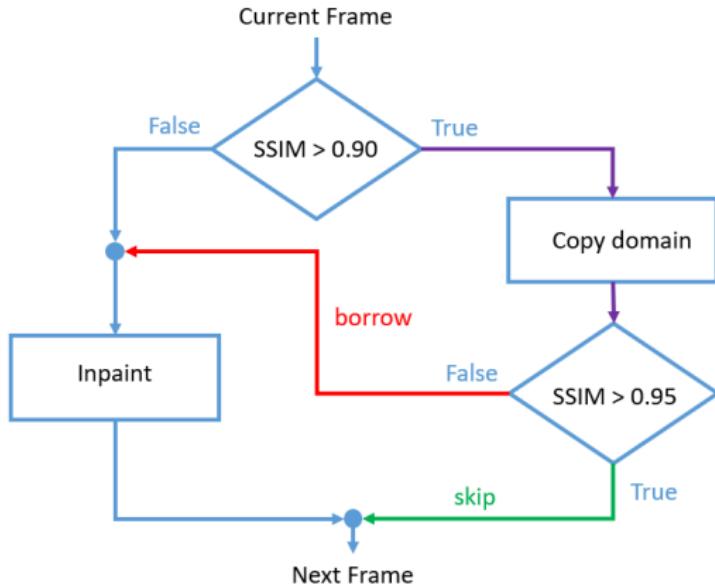
รูปที่ 29: ขั้นตอนวิธีการข้ามเฟรม

การยึมเพรอม



รูปที่ 30: ขั้นตอนวิธีการยึมเพรอม

การข้ามเฟรมและยึดเฟรม



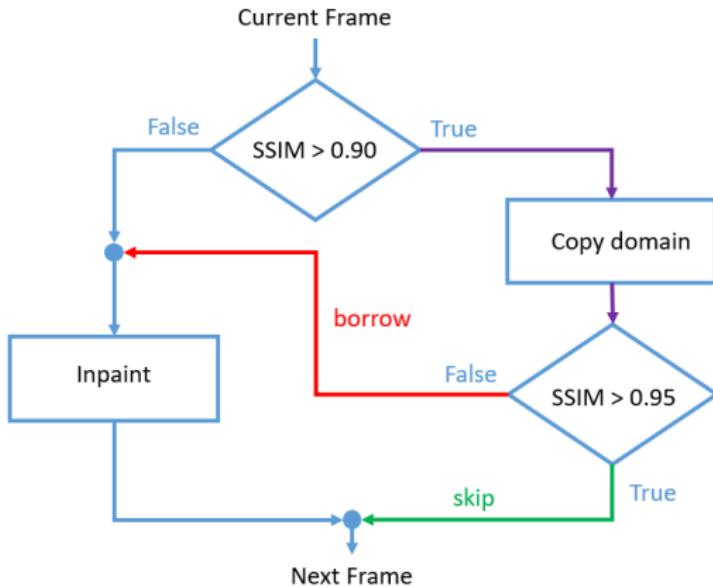
รูปที่ 31: ขั้นตอนวิธีการข้ามและยึดเฟรม

ผลของวิธีข้ามเฟรมและยึดเฟรม

| วิธีการ | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|-------------------------------|---------------------|-----------|--------|
| สปริทเบรกเม้นและพีระมิดรูปภาพ | 141.29 | 31.39 | 0.9510 |
| ข้ามเฟรม | 89.29 | 29.07 | 0.9408 |
| ยึดเฟรม | 132.78 | 32.20 | 0.9655 |
| ข้ามเฟรมและยึดเฟรม | 75.76 | 29.33 | 0.9454 |

ตารางที่ 6: การลับคำบรรยายเฉลี่ยด้วยวิธีต่างๆ

ขั้นตอนวิธีสำหรับลบคำบรรยายอนิเมะ



รูปที่ 32: ขั้นตอนวิธีการข้ามและยึดเฟรม

ผลการลบคำบรรยาย



(a) ก่อนลบคำบรรยาย



(b) หลังลบคำบรรยาย

ผลการลบคำบรรยาย (ต่อ)

| วิธีการ | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| สปริทเบรกแม่น | 5073.08 | 32.88 | 0.9654 |
| วิธีการที่พัฒนาขึ้น | 75.76 | 29.33 | 0.9454 |

ตารางที่ 7: ผลการลบบทบรรยายออกจากอนิเมะเฉลี่ย
โดยวิธีการสปริทเบรกแม่นและวิธีการที่พัฒนาขึ้น

ลองซ้อมแซมภาคศิลปะ

ก 1 ก้าวเดียวไปสู่การตัดสิน

ก้าวเดียวไปสู่การตัดสิน (1)

เมื่อเลือกภาคศิลป์ที่ไม่ใช่ภาษาที่ใช้กันบ้าน หากเลือกเป็นภาษาไทย ระบุภาษาที่ใช้เป็นภาษาที่ใช้กันบ้าน

พยายามดูเรื่องที่เกี่ยวกับเด็ก

สามารถประเมินค่าความต้องการให้ไว้ในช่วง 0 ถึง 20 ว่าต้องใช้เวลาเท่าไรในการสอนเด็กที่ต้องการให้มีความสามารถที่ต้องการได้มากขึ้น ซึ่งการสอนจะต้องมีความต้องการที่ต้องการให้เด็กได้รับการสอนอย่างต่อเนื่อง

θ: 5

λ: 250

κ: 0.0001

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน:

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน: 10

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน:

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน:

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน:

การตั้งค่าขั้นตอนเดือน:

ก 2 ก้าวเดียวที่ต้องการซ้อมแซม

ก้าวเดียวที่ต้องการซ้อมแซม



รูปที่ 34: ลองใช้งานได้ที่ <https://bit.ly/demothai>

โปรแกรมลบคำบรรยาย



ffms2.dll



SubtitleRemove.avs



test.mp4



YaeRemover.dll

รูปที่ 35: ชุดไฟล์สำหรับลบคำบรรยาย (<https://bit.ly/demo-anime-inpaint>)

```
1 LoadPlugin("ffms2.dll") #https://github.com/FFMS/ffms2
2 LoadPlugin("YaeRemover.dll") #our method
3 Video = FFMS2("test.mp4", ATrack=-1, fpsnum=24000,
fpsden=1000, ColorSpace="RGB24", UTF8=True)
4
5 Result = Video.YaeRemover(Left = 280, Right = 1000, Top =
613, Bottom = 683, StokeWidth = 6)
6 return Result
```

รูปที่ 36: โค้ดภายใน SubtitleRemove.avs

ขอขอบคุณ

ทำไมต้องลบบทบรรยาย



รูปที่ 37: เรื่อง Ling Feng Zhe ที่มีบทบรรยายภาษาจีนติดอยู่เนื่องจากผลิตในประเทศจีน

หากไม่เลับบทบรรยาย



(a) เปาปุนจิ้น (ช่อง 3)



(b) นายกสลับร่าง (ช่อง Thai PBS)

รูปที่ 38: ตัวอย่างการจัดการกับบทบรรยายของสถานีโทรทัศน์