

ขั้นตอนวิธีเชิงตัวเลขชนิดใหม่สำหรับการต่อเติมภาพที่ใช้การแปรผันรวมกับการประยุกต์  
สำหรับซ่อมแซมภาพจิตรกรรมไทยโบราณและการลบบทบรรยายจากอนิเมะ

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

ภัคพล พงษ์ทวี

ภาควิชาคณิตศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศิลปากร

งานประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาและดับเบิลยูญาตรี  
สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์ ครั้งที่ 8  
27 เมษายน 2562

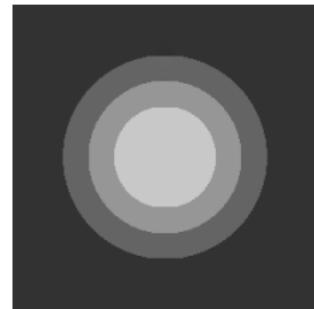
# การต่อเติมภาพ (Image Inpainting)



(a) ภาพที่ต้องการซ่อมแซม



(b) โฉมหนื่งต่อเติม



(c) ภาพที่ได้รับการซ่อมแซม

รูปที่ 1: ตัวอย่างการซ่อมแซมภาพ

# การซ่อมแซมภาพจิตรกรรมไทยโบราณ



รูปที่ 2: ภาพจิตรกรรมไทยที่วัดภูมินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ภาพถ่ายที่วัดภูมินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน; ภาพจาก

<http://topicstock.pantip.com/camera/topicstock/2009/02/07514399/07514399.html> สืบต้นเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2561



# การลับบทบรรยายบนอนิเมะ



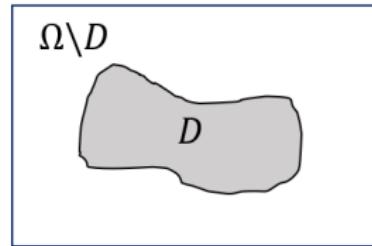
-Nói ra hơi ngại, nhưng em muốn xác gái.  
-Đúng là đáng ngại thật.

รูปที่ 3: เพรอมของอนิเมะที่มีบทบรรยายแบบแข็ง<sup>2</sup>

<sup>2</sup> ภาพจาก <https://clip-sub.com/wp-content/uploads/2018/07/Clip-sub-Grand-Blue-02-720p-0002.jpg> สืบคันเมื่อวันที่ 23 กันยายน 2561

# 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 4:  $D$  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.

## ตัวแบบการต่อเติมภาพเอดสีเทาที่ใช้การแปรผันรวม (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)

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

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

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

---

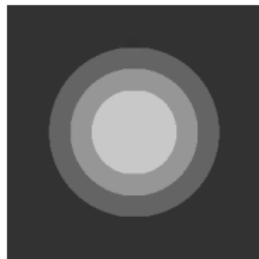
L. I. Rudin, S. Osher, E. Fatemi, "Nonlinear total variation based noise removal algorithms", Physica D: Nonlinear Phenomena, vol 60, issues 1–4, pp. 259–268, 1992.

# 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 5: ตัวอย่างภาพที่เกิดปัญหาเชิงตัวเลข

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

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

# วิธีการสปริทเบรกแม่น (Split Bregman method)

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

---

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.

## วิธีการสปริทเบรคแม่น (ต่อ)

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

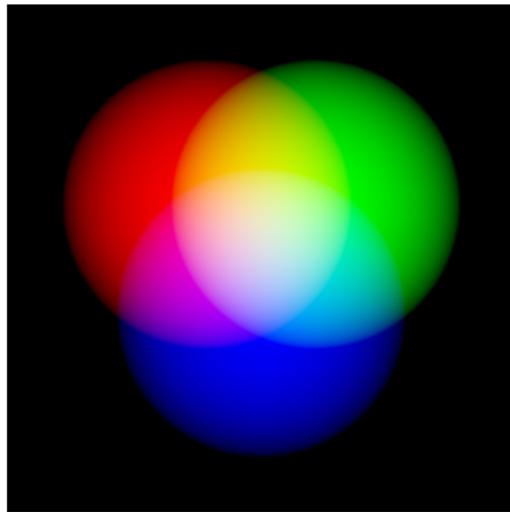


$$u^{\text{New}} = \arg \min_u \{ \mathcal{J}_1(u) = \frac{1}{2} \int_{\Omega} \lambda(u - z)^2 d\Omega + \frac{\theta}{2} \int_{\Omega} (w^{\text{old}} - \nabla u + b^{\text{old}}) d\Omega \}$$

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

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

# ภาพสี



รูปที่ 6: ภาพสีเกิดจากการผสมกันระหว่างสี แดง เขียว และน้ำเงิน<sup>3</sup>

<sup>3</sup> ภาพจาก [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive\\_RGB\\_Circles+48bpp.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Additive_RGB_Circles+48bpp.png) สืบคันมือวันที่ 25 กันยายน 2561

# ກາພສີ (ຕ່ອ)

$u, z : \Omega \rightarrow V$



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

# ตัวแบบการต่อเติมภาพสีที่ใช้การแปรผันรวม

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



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

# วิธีการสปริทเบรคแม่นสำหรับภาพสี

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



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

# Peak Signal Noise Ratio (PSNR)

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

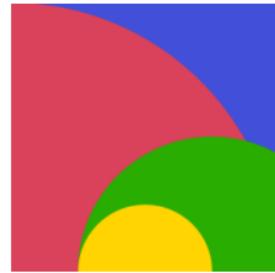
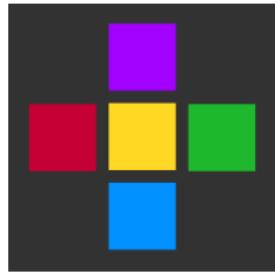
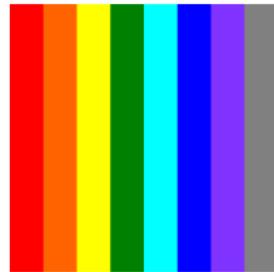
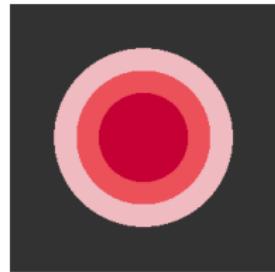
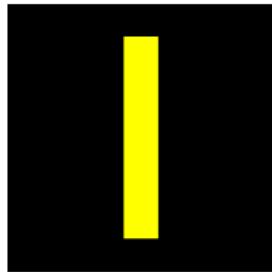
- MSE คือค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยของภาพ โดยที่  $\text{MSE} = \frac{1}{nx \times ny} \sum (u - \tilde{u})^2$
- $u$  แทนภาพต้นฉบับ
- $\tilde{u}$  แทนภาพที่ได้จากการซ่อมแซมโดยวิธีเชิงตัวเลข
- PSNR มีหน่วยเป็น dB

# Structural Similarity (SSIM)

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

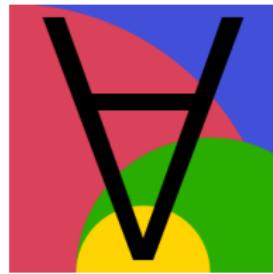
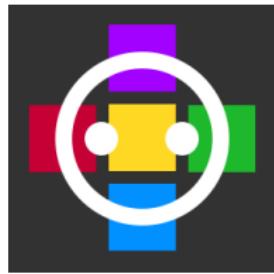
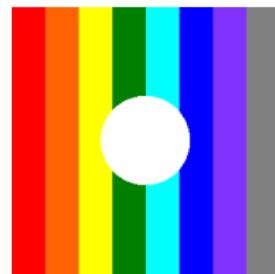
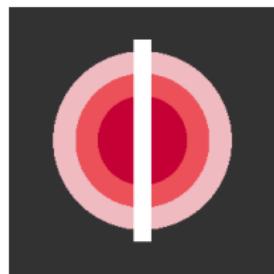
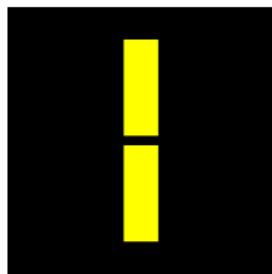
- $u$  แทนภาพต้นฉบับ
- $\tilde{u}$  แทนภาพต้นฉบับ และภาพที่ได้จากการซ่อมแซมโดยวิธีเชิงตัวเลข
- $\mu_u$  คือค่าเฉลี่ยของ  $u$
- $\mu_{\tilde{u}}$  คือค่าเฉลี่ยของ  $\tilde{u}$
- $\sigma_u$  คือความแปรปรวนของ  $u$
- $\sigma_{\tilde{u}}$  คือความแปรปรวนของ  $\tilde{u}$

# ภาพสังเคราะห์



รูปที่ 7: ภาพต้นฉบับ

# ภาพสังเคราะห์ที่จะซ่อมแซม



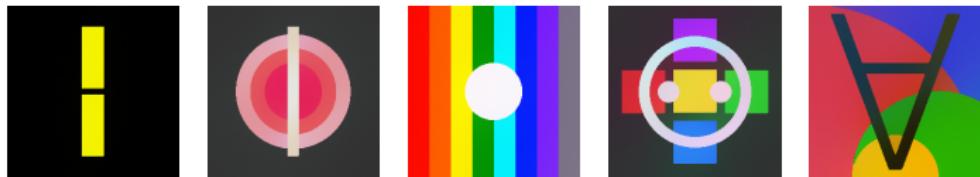
รูปที่ 8: ภาพที่จะทำการซ่อมแซม

# เกณฑ์การทำซ้ำ

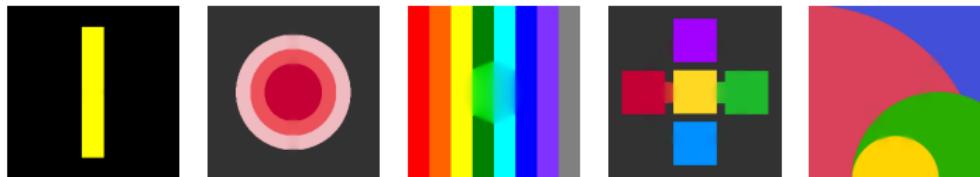
รอบการทำซ้ำ  $\leq 10,000$  รอบ

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

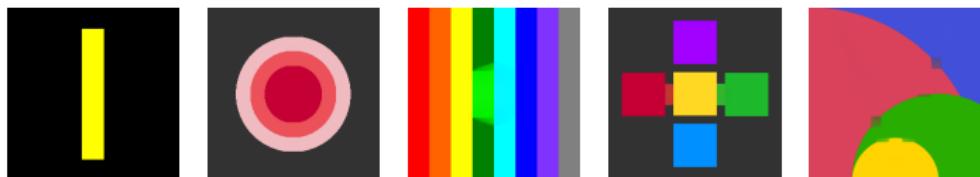
# ผลการต่อเติมภาพ



รูปที่ 9: ผลการซ่อมแซมจากการเดินเวลา



รูปที่ 10: ผลการซ่อมแซมจากการทำข้ามแบบจุดตึง



รูปที่ 11: ผลการซ่อมแซมจากการสปริทเบรกแม่น

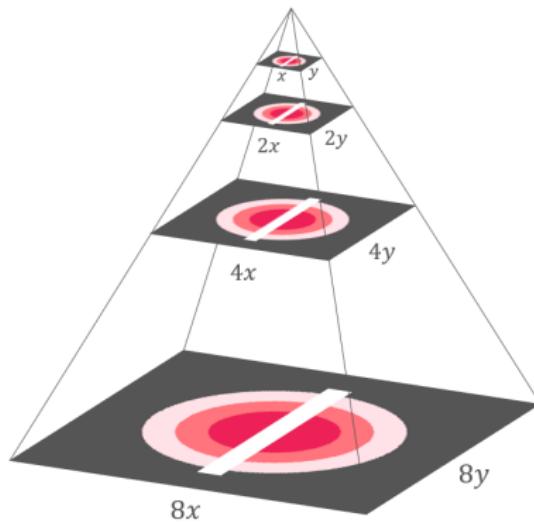
วีดีโอซิงค์ตัวเลขสำหรับต่อเติมภาพ

# ประสิทธิภาพของวิธีการเชิงตัวเลขทั้ง 3 วิธี

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

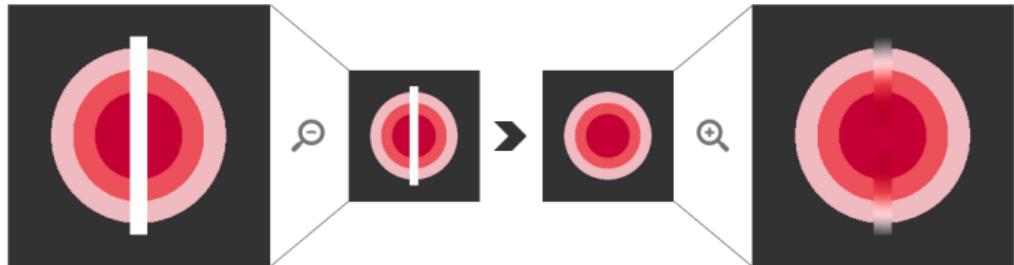
ตารางที่ 1: แสดงการซ่อมแซมเฉลี่ยของวิธีการเชิงตัวเลข  
โดยที่  $\lambda = 250, \beta = 10^{-5}, \tau = 10^{-5}, \theta = 5$

# พีระมิดรูปภาพ



รูปที่ 12: วิธีการพีระมิดรูปภาพ

## พีระมิดรูปภาพ (ต่อ)



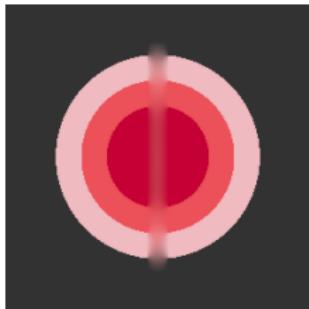
รูปที่ 13: วิธีการพีระมิดรูปภาพ

# ผลการซ่อมแซมเมื่อใช้พิระมิดรูปภาพ

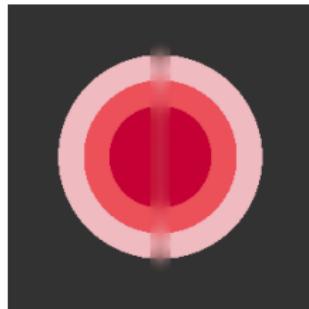
| รูปแบบการทำซ้ำ      | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM   |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| ไม่ใช้พิระมิดรูปภาพ | 17.38               | 39.42     | 0.9999 |
| 10/1/1/10000        | 13.52               | 39.38     | 0.9999 |
| 10/3/3/10000        | 11.86   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

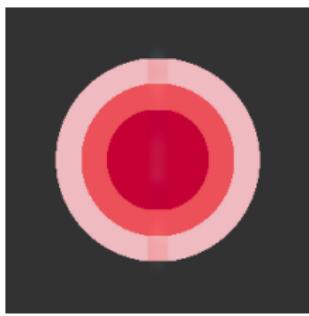
# การทำซ้ำความละเอียดคอมพิวเตอร์สูง



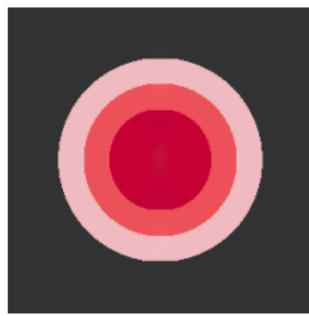
(a) 5 ครั้ง



(b) 10 ครั้ง



(c) 50 ครั้ง



(d) 100 ครั้ง

รูปที่ 14: พีระมิดที่ลำดับการทำซ้ำเป็น 10/10/10 และที่ระดับความคมชัดละเอียดสุดใช้จำนวนการทำซ้ำที่ต่างกัน

# ผลการซ่อมแซมภาพในระดับความคมชัดละเอียดสุด 10 ครั้ง

| รูปแบบการทำข้าว     | เวลาประมาณ (วินาที) | PSNR (dB) | SSIM   |
|---------------------|---------------------|-----------|--------|
| ไม่ใช้พรมมิตรรูปภาพ | 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: ผลการซ่อมแซมภาพเฉลี่ยเมื่อใช้การทำข้าวในระดับความคมชัดละเอียดสุด 10 ครั้ง

# การซ่อมแซมภาพจิตรกรรมไทยโบราณ



(a) วัดแก้วไพหุร์ย



(b) วัดแก้วไพหุร์ย



(c) วัดพระยืนพุทธบาทยุคล



(d) วัดคงคaram



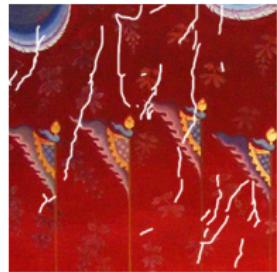
(e) วัดท่าถันน



(f) รอยความเสียหาย

รูปที่ 15: ภาพต้นฉบับสำหรับใช้ในการทดสอบ

# ภาพที่ทำให้เสียหาย

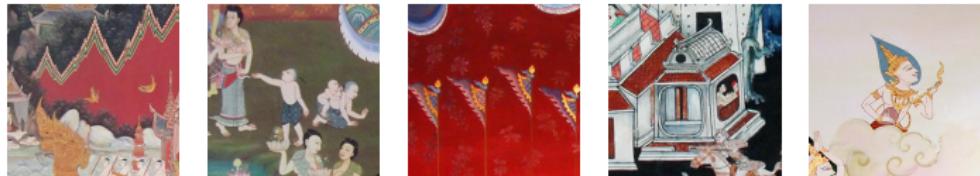


รูปที่ 16: ภาพที่ทำให้เสียหาย

# ผลการซ่อมแซมภาพศิลปะไทย



รูปที่ 17: ผลการซ่อมแซมโดยวิธีการสบริทเบรกเมน



รูปที่ 18: ผลการซ่อมแซมโดยวิธีการที่พัฒนาขึ้น

# เปรียบเทียบระหว่าง 2 วิธี



(a) ภาพต้นฉบับ



(b) ภาพที่เสียหาย



(c) วิธีสปริทเบรกแม่น



(d) วิธีที่พัฒนาขึ้น

รูปที่ 19: 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 20: 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*

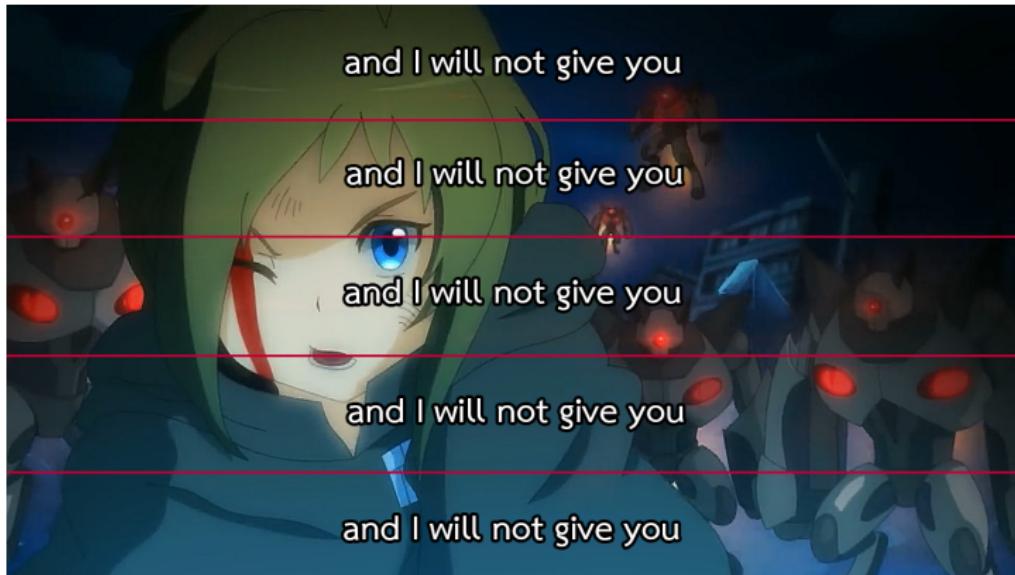
しかし私は、喜びを非難して苦痛を賞賛するという誤ったこの考えがすべてどのようにして誕生したかをあなたに説明しなければならないから、私はあなたにその体系を完璧に説明し、真実を求める偉大な探究家、人間の喜びを築く建築家の実践的な教えを詳しく説明しよう

หากแต่ข้าพเจ้าต้องขออภัยต่อท่านในเหตุที่มิโนคิดอันความชิงชักอันหลงผิดทั้งหลาย ในการไฟห้าและสุดีบัดแผล ว่าบ่มเพาะขึ้นได้อย่างไรแล้ว ข้าพเจ้าจักให้สาระแห่งระบบอันครบถ้วนแด่ท่าน และประสิทธิ์คำสอนที่แท้แห่งการแสวงหาอันยิ่งใหญ่ในความจริง ซึ่งเป็นบูรพคณาจารย์ผู้สร้างร่างความมาสุขแห่งมวลมนุษย์ ทุกจะมีผู้ได้มิรับ มิชอบ หรือเลี้ยงหลีก ความสุข ด้วยเพราเวณเป็นสุขก็หายไป

รูปที่ 21: Lorem Ipsum ทั้ง 4 ภาษา<sup>4</sup>

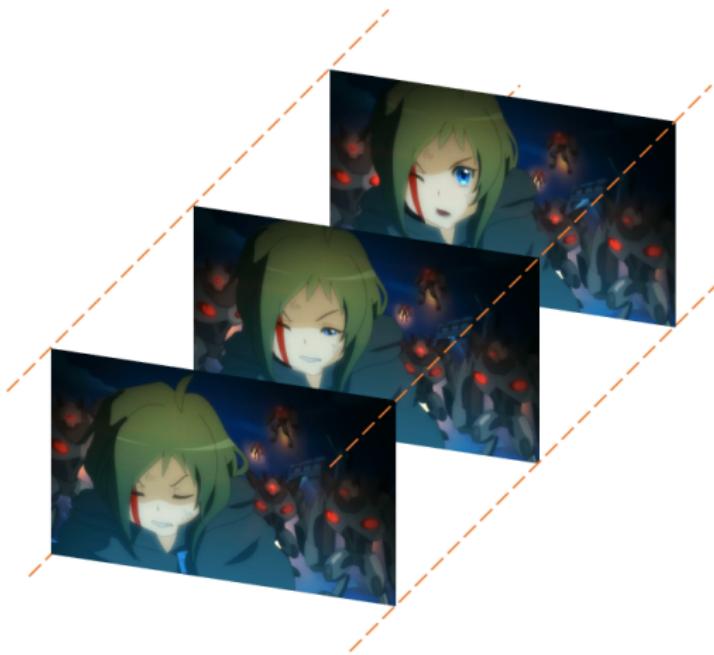
<sup>4</sup> ส่วนหนึ่งของ Lorem ipsum ในภาษาต่างๆ จาก [https://en.wikipedia.org/wiki/Lorem\\_ipsum](https://en.wikipedia.org/wiki/Lorem_ipsum), [https://ja.wikipedia.org/wiki/Lorem\\_ipsum](https://ja.wikipedia.org/wiki/Lorem_ipsum) และ <https://th.wikipedia.org/wiki/ລອມີເປີ້ມັນ> สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2561

# การแบ่งไฟล์วิดีโอ



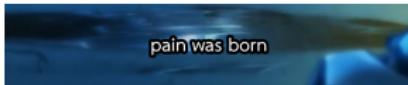
รูปที่ 22: แบ่งวิดีโอออกเป็น 5 ส่วน

# วิดีโอกับภาพ



รูปที่ 23: วิดีโอกีฬาด้วยของภาพ

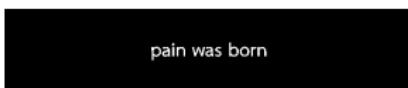
# การหาบทบรรยาย



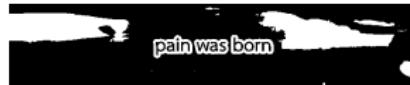
(a) ภาพเฟรมอนิเมะบริเวณที่มีบทบรรยาย



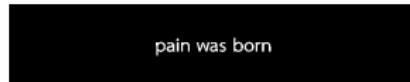
(c) สลับสีขาวเป็นสีดำ สีดำเป็นสีขาว



(e) ลบสีที่เล็กเกินไปหรือใหญ่เกินไป



(b) ให้สีดำในภาพเป็นสีขาว สีขาวเป็นสีดำ



(d) ภาพหลังทำการเปลี่ยนพื้นที่สีขาว



(f) ขยายโดยเมนต์ต่อเติมให้ครอบคลุม

รูปที่ 24: ขั้นตอนวิธีการหาบทบรรยาย

# ผลลัพธ์การ hababrery

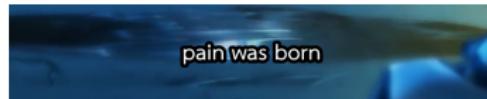
| ภาษา    | จำนวนพิกเซลในโดเมน | จำนวนพิกเซลที่ตรวจพบ | จำนวนพิกเซลที่ผิดพลาด | ร้อยละการผิดพลาด |
|---------|--------------------|----------------------|-----------------------|------------------|
| ไทย     | 23,222,220         | 24,083,125           | 2,141,201             | 9.22             |
| อังกฤษ  | 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

# การข้ามเฟรมและยึดเฟรม



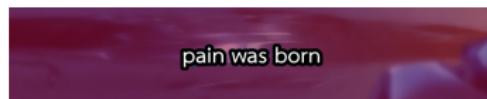
(a) เฟรมก่อนหน้า



(b) เฟรมปัจจุบัน



(c) บริเวณคำนวณ SSIM ของเฟรมก่อนหน้า



(d) บริเวณคำนวณ SSIM ของเฟรมปัจจุบัน

รูปที่ 25: บริเวณที่คำนวณ SSIM สำหรับการยึดเฟรมและข้ามเฟรม

# ผลของวิธีข้ามเฟรมและยึดเฟรม

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

ตารางที่ 6: การลับคำบรรยายเฉลี่ยด้วยวิธีต่างๆ

# ผลการลบคำบรรยาย



(a) ก่อนลบคำบรรยาย



(b) หลังลบคำบรรยาย

## ผลการลบคำบรรยาย (ต่อ)

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

**ตารางที่ 7:** ผลการลบบทบรรยายออกจากอนิเมะเฉลี่ย  
โดยวิธีการสปริทเบรกแม่นและวิธีการที่พัฒนาขึ้น

# ลองซ้อมแซมภาพศิลปะ

[ ]

## ภาพศิลปะ: ลูกแมวไทยชั้น (1)

เมื่อเลือกภาพคือคุณสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติม

พารามิเตอร์สำหรับการตัดสินใจ:  
เมื่อเลือกภาพคือคุณสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติม

สำหรับภาพมีผลลัพธ์ตามที่ระบุไว้ในเวลาประมาณ 20 วินาที ที่มีความสามารถของภาพคือสามารถตัดสินใจได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของภาพที่เข้าไป จึงทำให้สามารถตัดสินใจได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของภาพที่เข้าไป จึงทำให้สามารถตัดสินใจได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของภาพที่เข้าไป

θ: 5

λ: 250

\*: 0.0001

การตัดร่างรูปและเส้น: 10

การตัดร่างรูปและร่างโครงสร้าง: 3

การตัดร่างรูปและเนื้อหา: 10

ความลึกของพื้นหลัง: 4

⑤

## ภาพศิลปะที่ต้องการซ่อนแซม



รูปที่ 27: ลองใช้งานได้ที่ <https://bit.ly/demothai>

# ขอขอบคุณ