

Spondylolisthesis Detection

นายทีปกร มุ่งดี
คณะวิทยาการสารสนเทศ
สาขาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และเทคโนโลยี
อัจฉริยะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
65160037@go.buu.ac.th

พงษ์พัฒน์ พรหมประเสริฐ
คณะวิทยาการสารสนเทศ
สาขาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และเทคโนโลยี
อัจฉริยะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
651600140@go.buu.ac.th

นัทพงศ์ ชื่อดตรง
คณะวิทยาการสารสนเทศ
สาขาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และเทคโนโลยี
อัจฉริยะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
65160038@go.buu.ac.th

พิชิตชัย หิรัญพานิช
คณะวิทยาการสารสนเทศ
สาขาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และเทคโนโลยี
อัจฉริยะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
651600141@go.buu.ac.th

ประกายดาว รามศิริ
คณะวิทยาการสารสนเทศ
สาขาปัญญาประดิษฐ์ประยุกต์และเทคโนโลยี
อัจฉริยะ
มหาวิทยาลัยบูรพา
65160040@go.buu.ac.th

Abstract— ชุดข้อมูล Burapha Lumbar Spine Dataset ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการวินิจฉัยโรค Spondylolisthesis ซึ่งเป็นภาวะที่กระดูกสันหลังเลื่อนออกจากตำแหน่ง ชุดข้อมูลนี้มุ่งเน้นไปที่ 4 โรค ได้แก่ Anterolisthesis, Retrolisthesis, Left Laterolisthesis, และ Right Laterolisthesis ชุดข้อมูลประกอบด้วยภาพเอกซเรย์ที่ถ่ายจากทั้งมุมมอง ด้านหน้า (anterior) และด้านข้าง (lateral) โดยภาพแต่ละภาพได้รับการระบุจากผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ มุมมองด้านหน้าและด้านข้างของภาพจะถูกแท็กด้วยตัวเลข “0” และ “1” ตามลำดับ ลักษณะสำคัญของชุดข้อมูลนี้คือการกำหนดเส้นขอบด้านล่างของกระดูกสันหลังอย่างแม่นยำ ซึ่งเน้นถึงการเลื่อนของกระดูกในกรณีที่มีความผิดปกติ ชุดข้อมูลนี้เป็นประโยชน์ในการพัฒนาเครื่องมืออัตโนมัติสำหรับตรวจจําโรค Spondylolisthesis ซึ่งสามารถช่วยในการวินิจฉัยเบื้องต้นและปรับปรุงผลลัพธ์การรักษาของผู้ป่วย ข้อมูลของกระดูกทั้งหมดถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ CSV เพื่อการใช้งานร่วมกับโมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง Machine Learning

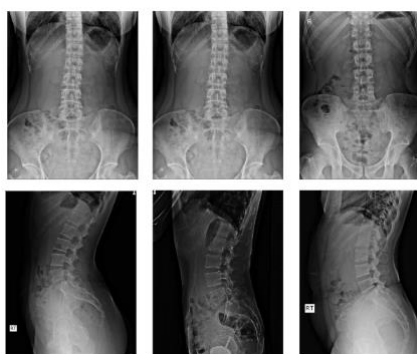
Keywords — Spondylolisthesis, Anterolisthesis, Retrolisthesis, Left Laterolisthesis, Right Laterolisthesis, Machine Learning, YOLO

Introduction

Spondylolisthesis เป็นภาวะที่กระดูกสันหลังเลื่อนไปอยู่บนกระดูกที่อยู่ถัดลงมา การเลื่อนตำแหน่งนี้อาจทำให้เกิดอาการปวดอย่างรุนแรง ปัญหาทางระบบประสาท และการเคลื่อนไหวที่ลดลง หากไม่ได้รับการรักษา การวินิจฉัยและการรักษาในระยะเริ่มต้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการจัดการและป้องกันการลุกลามของโรค อย่างไรก็ตาม การตีความภาพถ่ายเอกซเรย์ของกระดูกสันหลังเพื่อวินิจฉัยภาวะ spondylolisthesis ด้วยตนเองอาจใช้เวลานานและอาจมีความคลาดเคลื่อนขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญด้วยความ

ต้องการเครื่องมือวินิจฉัยที่มีประสิทธิภาพและแม่นยำมากขึ้น การประยุกต์ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ในภาพทางการแพทย์จึงเป็นที่สนใจเพิ่มขึ้น ระบบอัตโนมัติมีศักยภาพที่จะช่วยรังสีแพทย์และแพทย์ในการระบุการเลื่อนของกระดูกสันหลังได้อย่างรวดเร็ว พร้อมกับให้การประเมินเบื้องต้น ซึ่งจะนำไปสู่การวินิจฉัยที่เร็วขึ้นและแม่นยำมากขึ้น

ในบทความนี้ เราจะทำการศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมเดล YOLOv8 - Obb และ YOLOv11 - Obb สำหรับการตรวจจําโรคในภาพถ่ายเอกซเรย์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อวิเคราะห์ว่าโมเดลใดมีความเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานในบริบทนี้



รูปที่ 1. ส่วนประกอบของภาพถ่ายเอกซเรย์กระดูกสันหลัง

Background

ภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อน (Spondylolisthesis) เกิดขึ้นเมื่อกระดูกสันหลังเลื่อนออกจากตำแหน่งปกติเมื่อเทียบกับกระดูกสันหลังที่อยู่ด้านล่าง ภาวะนี้พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ ซึ่งอาจนำไปสู่อาการปวดหลังเรื้อรัง การกดทับเส้นประสาท และในกรณีรุนแรงอาจทำให้เป็นอัมพาตได้

ดังนั้น การทำนายภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการรักษาและป้องกันภาวะแทรกซ้อน

การถ่ายภาพทางการแพทย์ โดยเฉพาะการถ่ายภาพเอกซเรย์ (X-ray) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการตรวจหาภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อน อย่างไรก็ตาม การตรวจหาภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อนจากภาพเอกซเรย์ด้วยตนเองอาจใช้เวลานาน มีความผิดพลาด และขึ้นอยู่กับทักษะของรังสีแพทย์

ชุดข้อมูลนี้พัฒนาขึ้นโดยคณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา ร่วมกับสถาบัน Korea Institute of Oriental Medicine ประกอบด้วยภาพเอกซเรย์กระดูกสันหลังส่วนเอว พร้อมการวินิจฉัยโดยแพทย์ เป้าหมายคือการสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้ในแอปพลิเคชัน AI ด้านการดูแลสุขภาพ

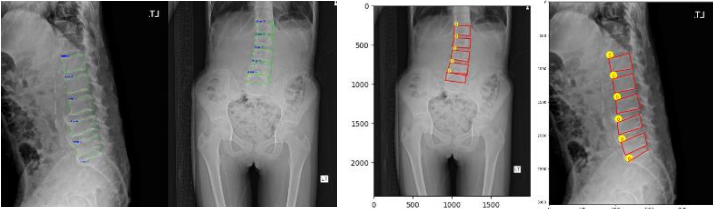
ชุดข้อมูลนี้มีประโยชน์มาก เนื่องจากมีภาพเอกซเรย์คุณภาพสูงที่มีความหลากหลายทางประชากรและประเภทของภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อน นอกจากนี้ยังมีข้อมูลทางคลินิกที่สำคัญ เช่น อายุและเพศของผู้ป่วย การมีอยู่ของกระดูกสันหลังส่วนล่างที่มีการเปลี่ยนแปลง (LSTV) และระยะห่างของพิกลเซล ทำให้เป็นทรัพยากรที่มีเอกลักษณ์สำหรับการพัฒนาและประเมินอัลกอริทึมการตรวจหาภาวะกระดูกสันหลังเคลื่อนอัตโนมัติ

Methodology

Dataset ข้อมูลในชุดนี้ประกอบด้วยภาพเอกซเรย์มุมมอง AP (Anteroposterior) และ LA (Lateral) ของผู้ป่วย 400 รายการ โดยแต่ละรายการประกอบด้วยข้อมูลอายุ เพศ และการวินิจฉัยจากแพทย์

ขั้นตอนที่ 1 แปลงข้อมูล Bounding Box

- 1. การแปลง Bounding Box
 - ข้อมูล Bounding Box จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Normalized เพื่อให้โมเดล YOLO (You Only Look Once) สามารถตรวจจับวัตถุในภาพได้อย่างแม่นยำ โดยการคำนวณค่าจุดศูนย์กลางและขนาดของกล่องรอบวัตถุ ซึ่งกระบวนการนี้ช่วยให้ YOLO ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว
 - ค่า Normalized จะถูกแปลงให้อยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งช่วยให้สามารถทำงานกับภาพที่มีขนาดและการจัดวางที่แตกต่างกันได้



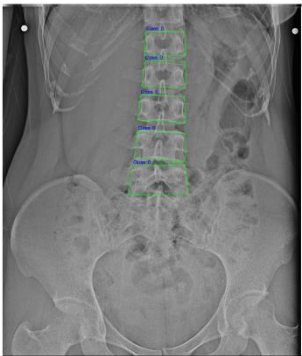
รูปที่ 2. ก่อน Normalized

รูปที่ 3. หลัง Normalized

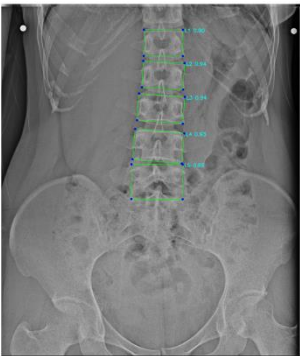
2. YOLO Format

- Bounding Box จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปแบบ YOLO โดยจะถูกบันทึกเป็นข้อมูล CSV โดยแปลงข้อมูลจาก 2 แกวให้อยู่ในแถวเดียว

- Bounding Box ที่ใช้เป็น Oriented Bounding Boxes (OBB) ซึ่งเหมาะสำหรับการตรวจจับวัตถุในภาพที่มีการเอียงหรือหมุน
- class_index x1 y1 x2 y2 x3 y3 x4 y4

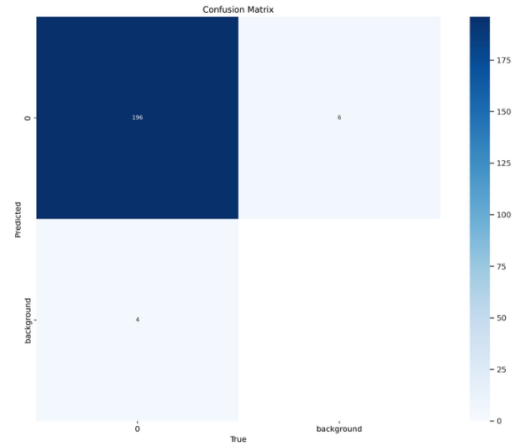


รูปที่ 4. Ground truth



รูปที่ 5. Model prediction

Mean Precision	0.97
Mean Recall	0.98
mAP@0.5	0.99
mAP@0.5 : 0.95	0.93



ขั้นตอนที่ 2 การจัดการปัญหาข้อมูลที่ไม่สมดุล

ข้อมูลวินิจฉัยของหมจะพิจารณาตามประเภทของรูปถ่าย Anterior view และ Lateral view ซึ่งมีการวินิจฉัยโรคต่างกัันดังนี้

Anterior view ตรวจการเป็น

- Left Laterolisthesis (กระดูกสันหลังเลื่อนไปทางด้านซ้าย)
- Right Laterolisthesis (กระดูกสันหลังเลื่อนไปทางด้านขวา)

Lateral view ตรวจการเป็น

- Anterolisthesis (กระดูกเลื่อนมาทางด้านหน้า)
- Retrolisthesis (กระดูกเลื่อนไปด้านหลัง)

จำนวนข้อมูลของการวินิจฉัยโรค

Anterior view จากรูปทั้งหมด 400 รูป

- Left Laterolisthesis จำนวนทั้งหมด 3 รูป $3/400 = 0.0075$
- Right Laterolisthesis จำนวนทั้งหมด 7 รูป $7/400 = 0.0175$

Lateral view จากรูปทั้งหมด 400 รูป

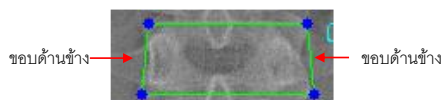
- Anterolisthesis จำนวนทั้งหมด 57 รูป $57/400 = 0.1425$
- Retrolisthesis จำนวนทั้งหมด 9 รูป $9/400 = 0.0225$

หลักการการทำงานของโมเดล AP

1. คำนวณจากค่าเฉลี่ยของขอบด้าน bounding box กับแกนแนวนอน x-axis โดยใช้สูตร atan2 ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้ในการหามุมระหว่างเวกเตอร์และแกน X

$$\theta = \text{atan2}(\Delta y, \Delta x)$$

- Δy และ Δx หมายถึงผลต่างของพิกัด x และ y ระหว่างจุดขอบด้านบน และขอบด้านล่างของ bounding box โดยทำการคำนวณจากทั้งสองข้างแล้วหาค่าเฉลี่ย



- ค่าที่ได้จะอยู่ในรูปของหน่วย radius จากนั้นแปลงเป็นหน่วยองศา
 - ปรับให้มุมอยู่ในช่วง 0-180 องศา
2. นำค่าองศาที่ได้ไปคำนวณผลต่างระหว่างค่าองศาสูงสุดและค่าต่ำสุดในรูป
 3. หากค่าที่ได้เกิน threshold จะระบุว่าเป็น Spondylolisthesis จากนั้นจะแบ่งย่อยเพิ่มเติมว่าเป็น Left Laterolisthesis หรือ Right Laterolisthesis
- การระบุ Left Laterolisthesis และ Right Laterolisthesis จะพิจารณาจากขอบภาพ หากระยะห่างด้านใดน้อยกว่า จะพิจารณาว่าเป็นด้านนั้น เช่น หากระยะห่างด้านซ้ายน้อยกว่า จะพยากรณ์ว่าเป็น Left Laterolisthesis



การคำนวณค่า Threshold

ข้อมูล Non Spondylolisthesis จำนวน 390 รูป ได้ทำการแบ่งออกเป็นสัดส่วน 80:20 ดังนี้

- สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 312 รูป
- สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 78 รูป

ข้อมูล Spondylolisthesis จำนวน 10 รูป

- Left Laterolisthesis จำนวน 3 รูป
 - สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 2 รูป
 - สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 1 รูป
- Right Laterolisthesis จำนวน 7 รูป
 - สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 4 รูป
 - สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 3 รูป

สถิติข้อมูลการ train กลุ่ม “Non Spondylolisthesis”

ผลลัพธ์องค์	Mean
เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	92.560
เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	87.239
เฉลี่ยผลต่าง	5.321

ผลลัพธ์องค์	Std
เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	4.080
เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	3.595
เฉลี่ยผลต่าง	5.069

สถิติข้อมูลการ train กลุ่ม “Spondylolisthesis”

ผลลัพธ์องค์	Mean
เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	93.237
เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	75.155
เฉลี่ยผลต่าง	18.082

ผลลัพธ์องค์	Std
ค่า error องศาสูงสุด	6.763
ค่า error องศาต่ำสุด	9.976
ค่า error ผลต่าง	5.360

ดังนั้น เพื่อคำนวณค่า error โดยมีวัตถุประสงค์ในการหาค่า Threshold ที่ไม่ซ้อนทับกับค่า error

$$\begin{aligned} \text{threshold} &= (\text{ค่าเฉลี่ยผลต่าง}_{\text{Non Spondy}} + \text{ค่า error ผลต่าง}_{\text{Non Spondy}}) + (\text{ค่าเฉลี่ยผลต่าง}_{\text{Spondy}} - \text{ค่า error ผลต่าง}_{\text{Spondy}}) \\ &= \frac{(5.32+5.1)+(18.1-5.36)}{2} \\ &= 11.58 \text{ องศา} \end{aligned}$$

Evaluation

การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจากข้อมูลทดสอบ (test) ที่แบ่งไว้

Actual	Predicted			
	Non Spondylolisthesis	Left Laterolisthesis	Right Laterolisthesis	No detection
Non Spondylolisthesis	70	3	3	2
Left Laterolisthesis	0	1	0	0
Right Laterolisthesis	1	0	2	0

โรคที่วินิจฉัย	Precision	Recall	F1-Score
Non-Spondylolisthesis	0.986	0.897	0.94
Left Laterolisthesis	1.0	1.0	1.0
Right Laterolisthesis	1.0	0.67	0.80

ค่าความแม่นยำของโมเดล AP

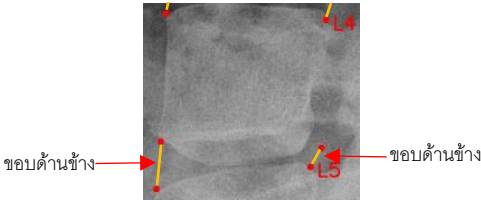
ค่า Accuracy ≈ 0.890 หรือ คิดเป็น 89.0%

หลักการทำงานของโมเดล LA

คำนวณจากค่าเฉลี่ยของขาของขอบด้าน bounding box กับแกนแนวนานบ x-axis โดยใช้สูตร atan2 ซึ่งฟังก์ชันที่ใช้ในการหามุมระหว่างเวกเตอร์และแกน X

$$\theta = atan2(\Delta y, \Delta x)$$

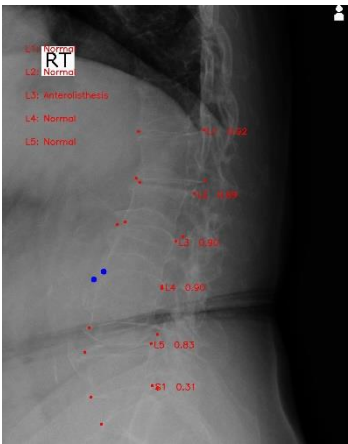
- Δy และ Δx หมายถึงผลต่างของพิกัด x และ y ระหว่างจุดขอบด้านบน และขอบด้านล่างของ bounding box โดยทำการคำนวณจากทั้งสองข้างข้างแล้วหาค่าเฉลี่ย



- ค่าที่ได้จะอยู่ในรูปของหน่วย radius จากนั้นแปลงเป็นหน่วยองศา
- ปรับให้มูมอยู่ในช่วง 0-180 องศา

นำค่าองศาที่ได้ไปคำนวณผลต่างระหว่างค่าองศาสูงสุดและค่าต่ำสุดในรูป หากค่าที่ได้เกิน threshold จะระบุว่าเป็น Anterolisthesis หรือ Retrolisthesis จากนั้นจะแบ่งย่อยเพิ่มเติมว่าเป็นที่ lumbar ที่เท่าไร

- การระบุ Anterolisthesis และ Retrolisthesis จะพิจารณาจากขอบภาพ หากระยะห่างจุดใดมากกว่า threshold จะพิจารณาว่าเป็นการเลื่อนของกระดูก เช่น หากระยะห่างจุดล่างมากกว่า threshold จุดด้านบน จะพยากรณ์ว่าเป็น Anterolisthesis



การคำนวณค่า Threshold

ข้อมูล Non Spondylolisthesis จำนวน 334 รูป ได้ทำการแบ่งออกเป็นสัดส่วน 80:20 ดังนี้

- สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 268 รูป
- สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 66 รูป

ข้อมูล Spondylolisthesis จำนวน 66 รูป

- Anterolisthesis จำนวน 57 รูป
 - สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 34 รูป
 - สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 23 รูป
- Retrolisthesis จำนวน 9 รูป
 - สำหรับการฝึกฝน (Train) จำนวน 6 รูป
 - สำหรับการทดสอบ (Test) จำนวน 3 รูป

สถิติข้อมูลการ train กลุ่ม “Non Spondylolisthesis”

ผลลัพธ์องศา	Mean
เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	159.807
เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	81.435

สถิติข้อมูลการ train กลุ่ม “Spondylolisthesis”

Anterolisthesis		Retrolisthesis	
ผลลัพธ์องศา	Mean	ผลลัพธ์องศา	Mean
เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	171.510	เฉลี่ยค่าองศาสูงสุด	186.944
เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	50.084	เฉลี่ยค่าองศาต่ำสุด	81.191

Evaluation

การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลจากข้อมูลทดสอบ (test) ที่แบ่งไว้

Actual	Predicted			
	Non Spondylolisthesis	Anterolisthesis	Retrolisthesis	No detection
Non Spondylolisthesis	60	6	0	0
Anterolisthesis	19	4	0	0
Retrolisthesis	3	0	0	0

โรคที่วินิจฉัย	Precision	Recall	F1-Score
Non-Spondylolisthesis	0.732	0.909	0.812
Anterolisthesis	0.4	0.174	0.243
Retrolisthesis	0	0	0

ค่าความแม่นยำของโมเดล LA

ค่า Accuracy \approx 0.6957หรือ คิดเป็น 69.57%

References

[1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," Phil. Trans. Roy. Soc. London, vol. A247, pp. 529–551, April 1955. *(references)*

[2] J. Clerk Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.

[3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in Magnetism, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.

[4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.

[5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.

[6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," IEEE Transl. J. Magn. Japan, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].

[7] M. Young, The Technical Writer’s Handbook. Mill Valley, CA: University Science, 1989.