

# Assignment #4

6434480323 Ratchanon Panmas

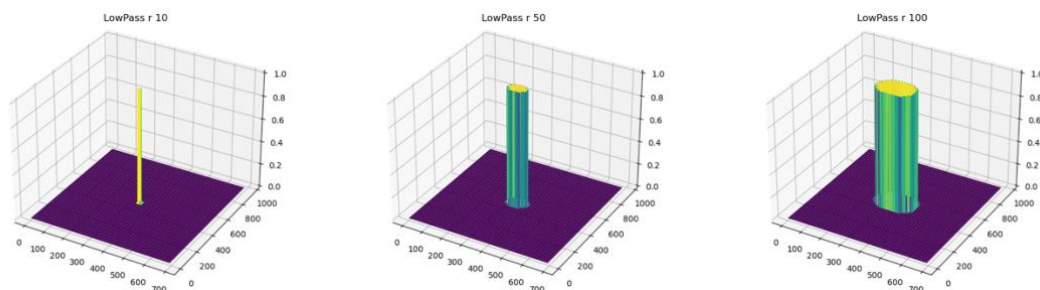
## Notch Filter

Enhance รูป “flower1.jpg” และ “fruit.jpg” ด้วย Notch filter ที่มี radius ของ Notch filter ที่ 10, 50, 100

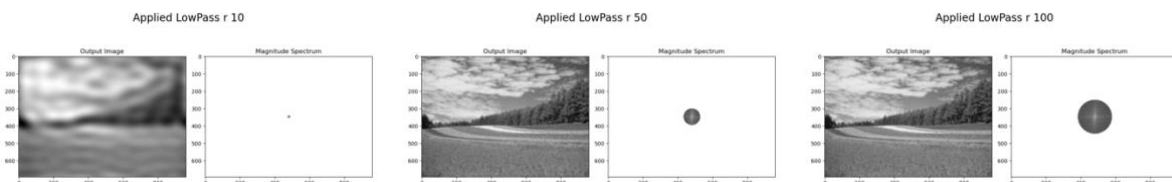
### Notch Low Pass Filter

ภาพ flower1.jpg

รูปร่างลักษณะของ filter ที่ได้จากการกำหนดค่า radius ที่แตกต่างกัน โดยจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอก บริเวณ radius ที่ให้ low frequency ผ่านจะเป็นส่วนที่สูงขึ้นมาจากพื้นมีค่าเท่ากับ 1.0 (สีเหลือง) และส่วนอื่นที่ไม่ให้ผ่านจะมีค่า 0.0 (สีน้ำเงินเข้ม) โดยขนาดของ filter จะมีขนาดเท่ากับขนาดของรูปภาพ



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป flower1.jpg ไปผ่าน Notch Low Pass filter

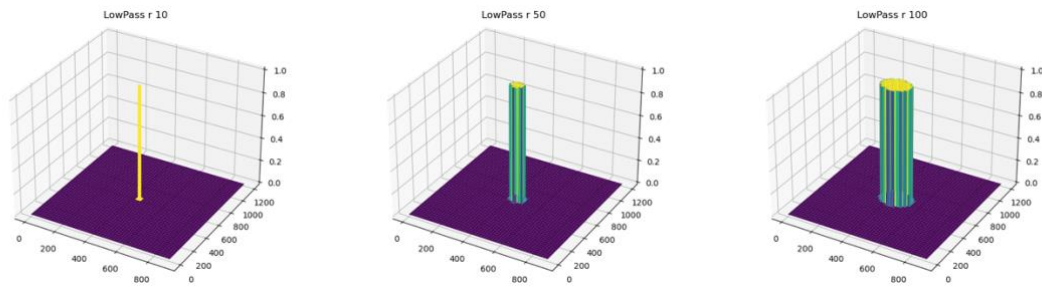


เมื่อสังเกต Magnitude Spectrum ที่ได้เมื่อนำภาพไปผ่าน filter พบว่าจะมี magnitude spectrum เฉพาะที่อยู่ในรัศมีของ Notch Low Pass Filter แสดงว่า Notch Filter นั้นได้กรองส่วนที่เป็น High Frequency ทิ้งไปเหลือเฉพาะบริเวณที่เป็น Low Frequency

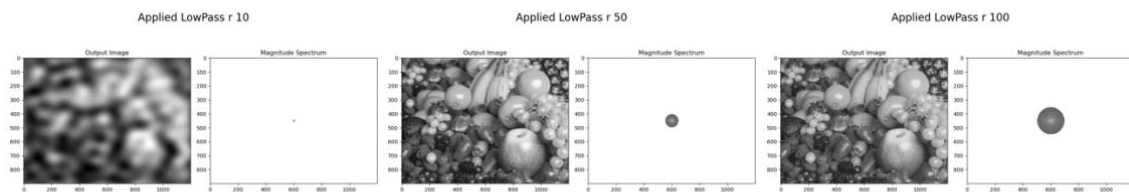
เมื่อพิจารณาลักษณะของรูปภาพที่ผ่าน Notch Low Pass filter ที่มีค่า  $r$  ที่แตกต่างกันแล้วจะเห็นได้ว่าที่  $r = 10$  นั้นรูปภาพจะมีลักษณะที่เบลอแต่ยังคงไว้ซึ่งลักษณะของภาพโดยคร่าวแต่สูญเสียรายละเอียดไป ทำให้ภาพ Smooth มากขึ้น เนื่องจากมีแค่ส่วนที่เป็น Low Frequency และเมื่อขยายขนาดของ  $r$  เพิ่มขึ้นภาพที่ได้จะคล้ายกับภาพต้นฉบับมากขึ้น

ภาพ fruit.jpg

ลักษณะของ Notch Low Pass Filter ที่ได้ยังคงเดิมเปลี่ยนแปลงแค่ขนาดของ filter โดยจะมีขนาดเท่ากับรูปภาพที่ 1200 x 900



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป fruit.jpg ไปผ่าน Notch Low Pass filter



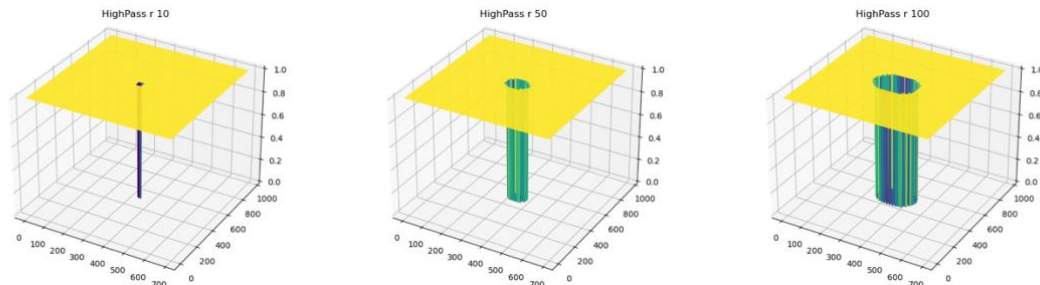
ผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับภาพ “flower1.jpg” โดยภาพจะมีลักษณะที่เบลอที่  $r=10$  และจะปรากฏรายละเอียดมากขึ้นเมื่อมีการขยายขนาดของ Notch Low Pass Filter

จากการสร้าง Notch Low Pass Filter และนำไป Apply กับรูปภาพ ผลลัพธ์ของรูปภาพโดยมีรายละเอียดของภาพเป็นตัวบ่งชี้จะพบว่าเมื่อ  $r$  ของ filter มีค่าน้อยจะทำให้ส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาพเยอะ หรือที่เรียกว่า High Frequency ของรูปภาพนั้นหายไป จะเหลือเพียงส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อย หรือที่เรียกว่า Low Frequency ผ่านมาได้โดยส่วน Low Frequency จะอยู่บริเวณกลางรูปภาพจากการทำ Fourier Transform และ Shift ให้จุดกึ่งกลางอยู่ที่พิกัด  $M/2$ ,  $N/2$  และเมื่อมีการขยายขนาดของ Filter ใหญ่ขึ้นจะมีส่วน High Frequency ผ่านมาได้มากขึ้นทำให้ภาพที่ได้จะมีรายละเอียดเพิ่มขึ้น

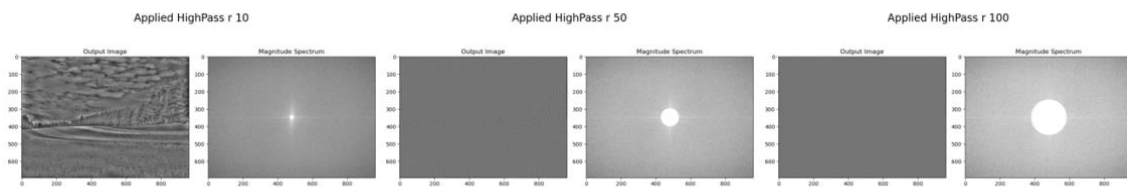
## Notch High Pass Filter

### ภาพ flower1.jpg

ลักษณะของ Filter ที่ได้จะเหมือนกับเป็นหลุมยุบลงไปโดยมีขนาดเท่ากับค่า  $r$  ที่กำหนด โดยบริเวณที่ยุบลงไปคือบริเวณที่เป็น Low Frequency ของรูปภาพทำให้ filter นี้จะให้ส่วนที่ High Frequency ของรูปภาพผ่านไปได้แต่ส่วนที่เป็น Low Frequency จะไม่ให้ผ่าน Filter ชนิดนี้ไป



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป flower1.jpg ไปผ่าน Notch High Pass filter

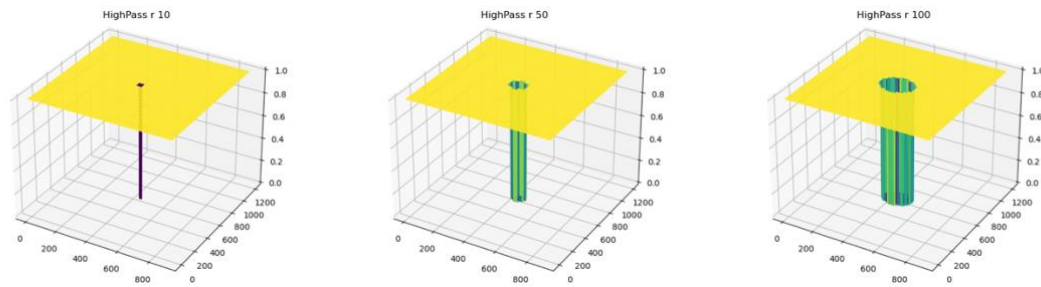


ภาพที่ได้ก็จะเป็นบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงของ Grayscale ภายในภาพสูง (High Frequency) โดยส่วนใหญ่จะเป็นบริเวณ Edge หรือบริเวณที่มีรายละเอียดน้อยของภาพเยอะ และเมื่อพิจารณา Magnitude Spectrum ที่ได้จะเห็นส่วนที่เป็น Low Frequency จะหายไปเป็นวงกลมโดยมีรัศมีเท่ากับรัศมีของ Filter

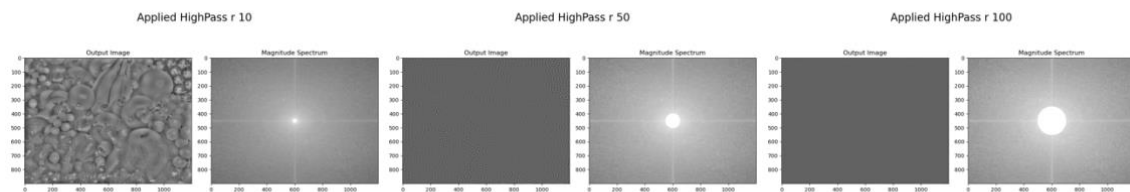
เมื่อสังเกตรายละเอียดของภาพที่ได้ เมื่อ Filter มีขนาด  $r$  ใหญ่ขึ้นจะเห็นได้ว่าจะมองไม่เห็นรายละเอียดของภาพเนื่องจาก รายละเอียดของภาพโดยส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณที่เป็น Low Frequency โดยส่วนใหญ่

ภาพ fruit.jpg

ลักษณะของ Filter ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเดิมต่างแค่เพียงขนาดของ filter โดยมีขนาดเท่ากับขนาดของรูปที่ 1200 x 900 pixels



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป fruit.jpg ไปผ่าน Notch High Pass filter



ผลลัพธ์ที่ได้มีลักษณะที่คล้ายคลึงกับภาพ “flower1.jpg” โดยภาพจะมีลักษณะของภาพที่  $r=10$  จะแสดงถึงบริเวณที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับ Grayscale ของภาพสูง และจะสูญเสียรายละเอียดของภาพมากขึ้นเมื่อขยายขนาดของรัศมีของ High Pass Filter

จากการสร้าง Notch High Pass Filter และนำไป Apply กับรูปภาพผลลัพธ์ของรูปภาพที่ได้จะเป็นบริเวณของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงของระดับค่า Grayscale สูง เมื่อสังเกตรูปที่ได้และค่าของรัศมีของ filter จะพบว่าเมื่อ  $r$  เพิ่มขึ้นภาพที่ได้จะเป็นส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลงสูง ๆ หากภาพ original มีส่วนที่มีการเปลี่ยนแปลง Grayscale สูง การ ใช้ High Pass Filter ก็จะได้ส่วนนั้นออกมา

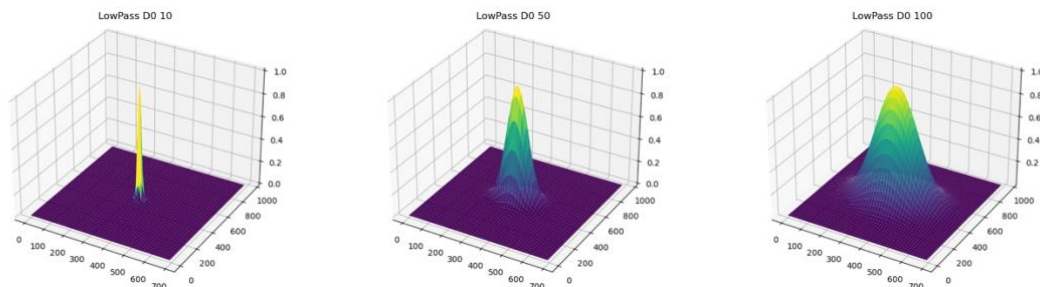
# Gaussian Filter

Enhance รูป “flower1.jpg” และ “fruit.jpg” ด้วย Gaussian filter ที่มี Cut-off value ของ Gaussian filter ที่ 10, 50, 100

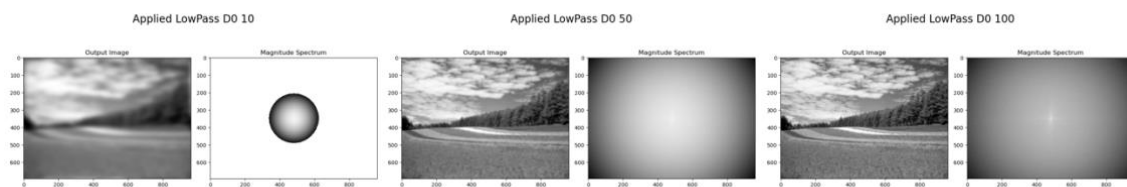
## Gaussian Low Pass Filter

ภาพ flower1.jpg

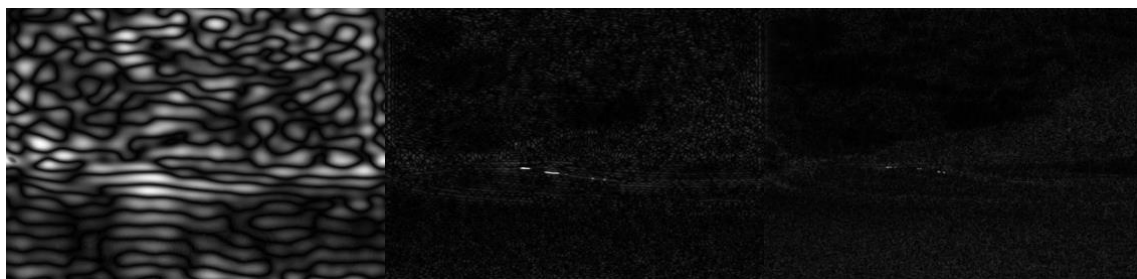
ลักษณะของ Gaussian Filter จะมีลักษณะที่แตกต่างจาก Notch Filter โดย Gaussian Filter จะมีการไล่ระดับของ Filter จากบริเวณที่มีค่าของ Filter เป็น 0 ถึงบริเวณที่มีค่าของ Filter เป็น 1 จากสมการของ Gaussian Filter สามารถสังเกตได้จากการ Plot3D



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป flower1.jpg ไปผ่าน Gaussian Low Pass filter



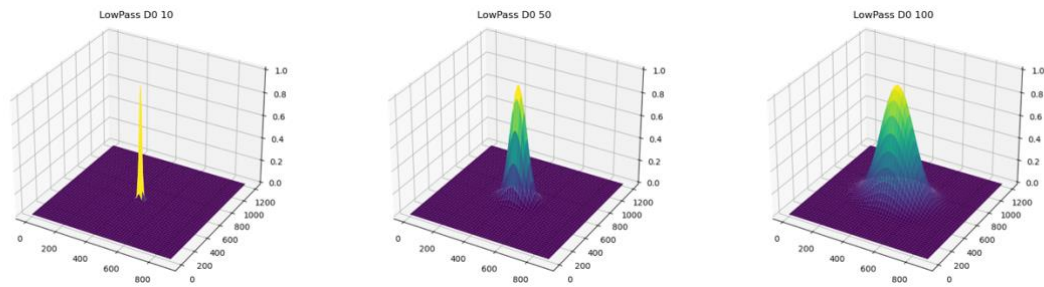
ภาพที่ได้หากเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากการทำ Notch Filter จะแยกด้วยตาเปล่าค่อนข้างยาก นำไปทำ Image Subtraction จะได้ผลลัพธ์ของความแตกต่างและใช้ CLAHE เพื่อให้เห็นผลลัพธ์ชัดเจนขึ้น



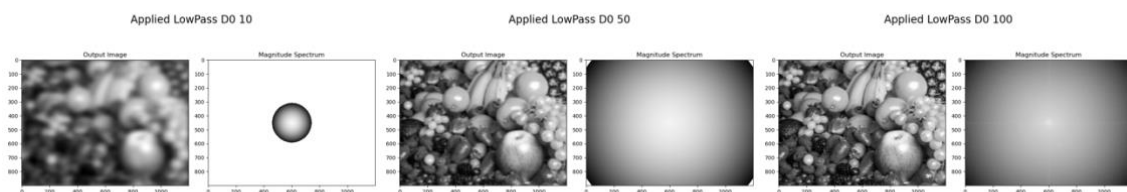
เรียงจากทางซ้ายไปขวาเป็นความแตกต่างของรูปที่ผ่าน Notch Filter และ Gaussian Filter ที่มีค่า  $r$  และ  $D0$  เท่ากัน จะเห็นได้ว่าที่  $r$  และ  $D0$  มีค่า 50 และ 100 นั้นพบความแตกต่างของภาพเพียงแค่เล็กน้อยเท่านั้นแทบจะแยกไม่ออก แต่ที่  $r$  และ  $D0$  มีค่า 10 นั้นมีความแตกต่างที่เกิดจากการเบลอของภาพ

ภาพ fruit.jpg

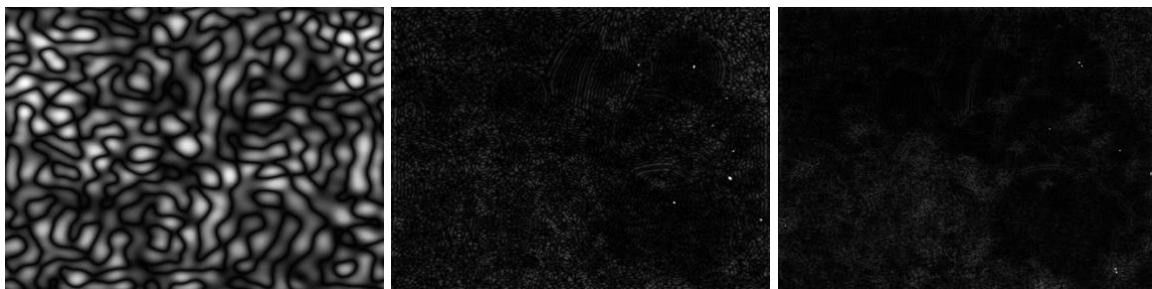
ลักษณะของ Filter ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเดิมต่างแค่เพียงขนาดของ filter โดยมีขนาดเท่ากับขนาดของรูปที่ 1200 x 900 pixels



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป fruit.jpg ไปผ่าน Gaussian Low Pass filter



ลักษณะของภาพที่ได้คล้ายกับการนำ fruit.jpg ไปผ่าน Notch Low Pass Filter เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของผลลัพธ์ที่ได้ จึงนำไปทำ Image Subtraction และใช้ CLAHE ในการทำให้เห็นผลลัพธ์ชัดเจนขึ้น

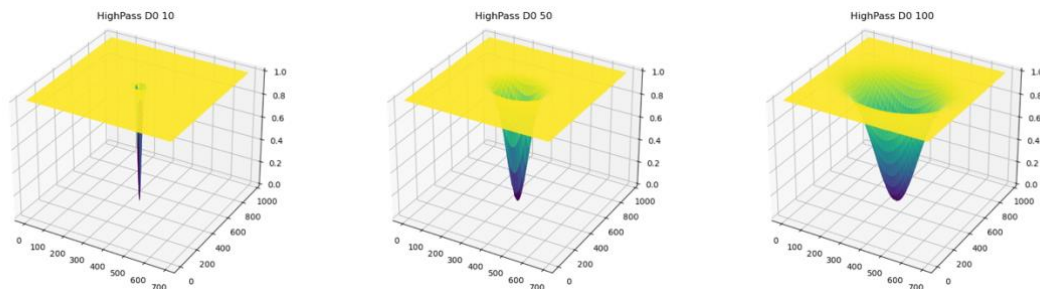


ความแตกต่างของภาพคล้ายกับ flower1.jpg ความแตกต่างของภาพที่ผ่าน Filter 2 ชนิดนี้มีรายละเอียดที่แตกต่างที่ไม่สามารถแยกออกได้ด้วยตาเปล่า และเมื่อใช้ Image Subtraction แล้วจะเห็นว่ามีส่วนมากแสดงว่าภาพนั้นแทบจะไม่แตกต่างกันเลย

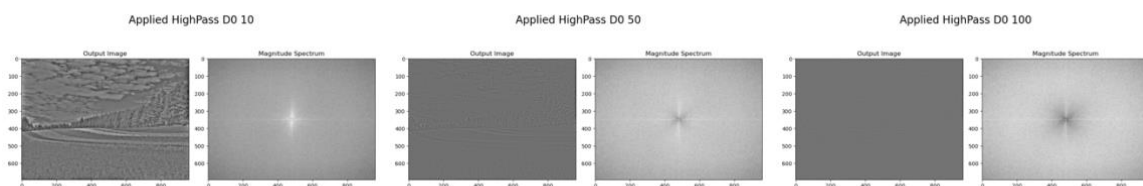
## Gaussian High Pass Filter

ภาพ flower1.jpg

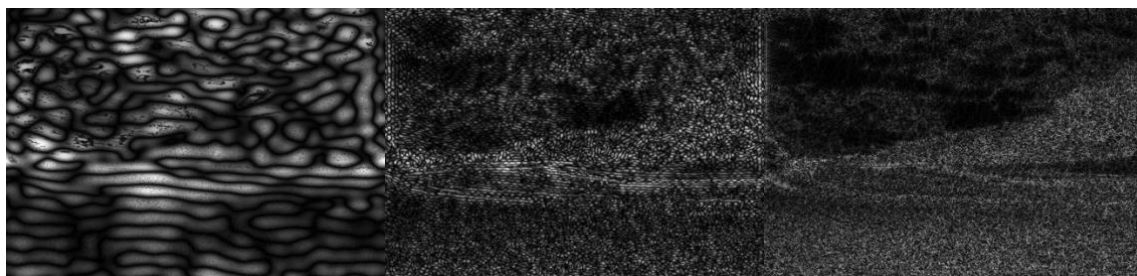
Gaussian High Pass Filter นั้นคล้ายกับการนำ Gaussian Low Pass Filter มาพลิกกลับหัว โดยมีลักษณะเหมือนโคนที่มีปลายมนยุบลงไป เกิดจากสมการ Exponential โดยมีการไล่ระดับจากค่า 1 ไปยังค่า 0



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป flower1.jpg ไปผ่าน Gaussian High Pass Filter



ผลลัพธ์ที่ได้มีความคล้ายคลึงกับการใช้ Notch Filter เหมือนเดิม ไม่สามารถแยกออกได้ด้วยตาเปล่าเช่นเดิม จึงนำไปทำ Image Subtraction เพื่อแสดงความแตกต่างของรูปภาพ โดยพบว่าการความแตกต่างของรูปภาพนั้นเป็นจุดเล็กๆ ของรูปภาพ กระจายไปทั่วรูปภาพทำให้สังเกตได้ค่อนข้างยาก ไม่มีความแตกต่างที่เป็นนัยยะสำคัญ

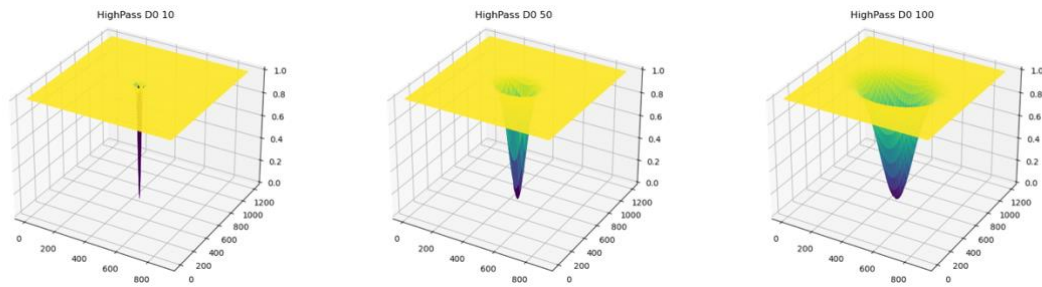


เมื่อพิจารณาความแตกต่างของภาพที่  $r = 10$  และ  $D0 = 10$  นั้นมีความคล้ายคลึงกับกับ Image Subtraction ของ Low Pass filter เมื่อภาพเบลอผลลัพธ์ของ Image Subtraction ก็จะเป็นริ้ว ๆ เหมือนกับภาพที่เบลอไป

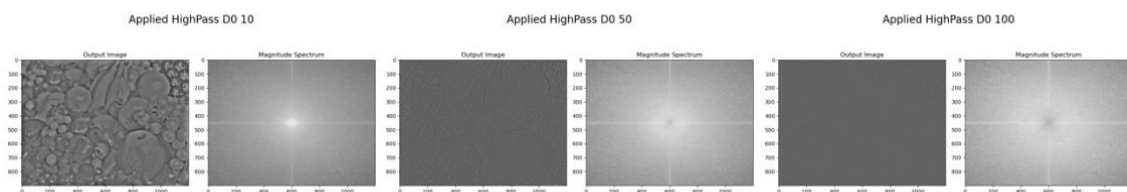


ภาพ fruit.jpg

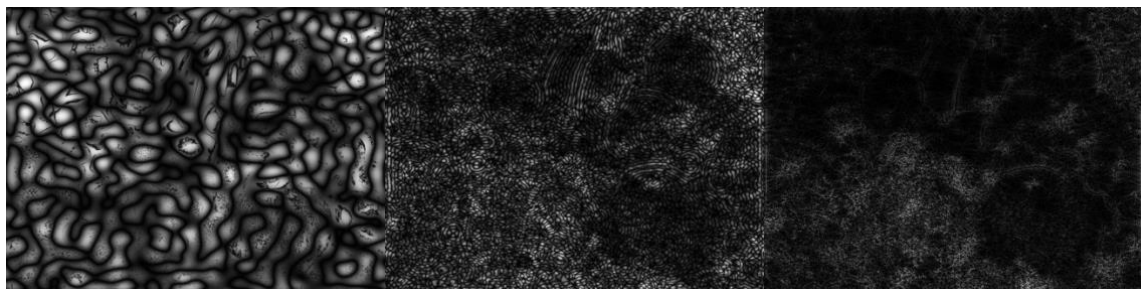
ลักษณะของ Filter ที่ได้จะมีลักษณะเหมือนเดิมต่างแค่เพียงขนาดของ filter โดยมีขนาดเท่ากับขนาดของรูปที่ 1200 x 900 pixels



ผลลัพธ์ที่ได้จากการนำรูป fruit.jpg ไปผ่าน Gaussian High Pass Filter



ผลลัพธ์ที่ได้มีความคล้ายคลึงกับการใช้ Notch Filter เหมือนเดิม ไม่สามารถแยกออกได้ด้วยตาเปล่าเช่นเดิม นำไปทำตามขั้นตอนเหมือนกับภาพ flower1.jpg



เมื่อพิจารณาความแตกต่างของภาพที่  $r = 10$  และ  $D0 = 10$  นั้นมีความคล้ายคลึงกับกับ Image Subtraction ของ Low Pass filter เมื่อภาพเบลอผลลัพธ์ของ Image Subtraction ก็จะเป็นริ้ว ๆ เหมือนกับภาพที่เบลอไป เหมือนกับ flower1.jpg

สรุปการใช้ Gaussian High Pass Filter จากการได้ลองใช้ High Pass Filter ผลลัพธ์จากการใช้จะแสดงให้เห็นถึงขอบของภาพชัดเจนมากยิ่งขึ้นสามารถนำได้ใช้การทำ Image Segmentation หรือ Edge Detection ได้ หรือเอาไปใช้ในการทำ Image Sharpening เพื่อเพิ่มให้ขอบภาพคมชัดมากขึ้นได้



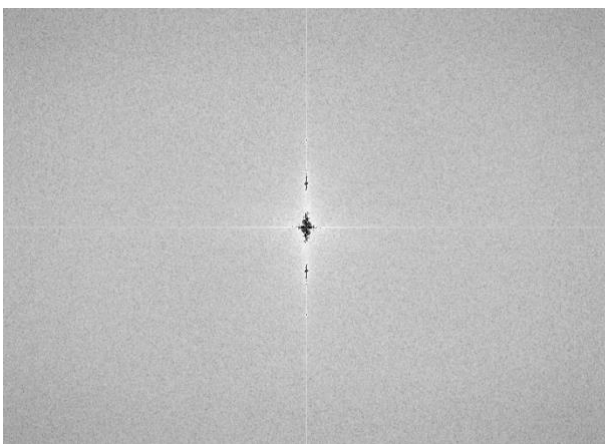
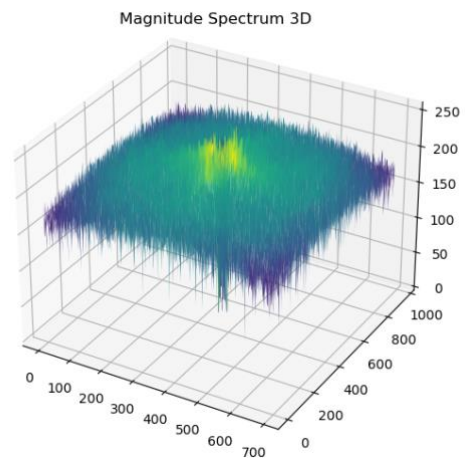
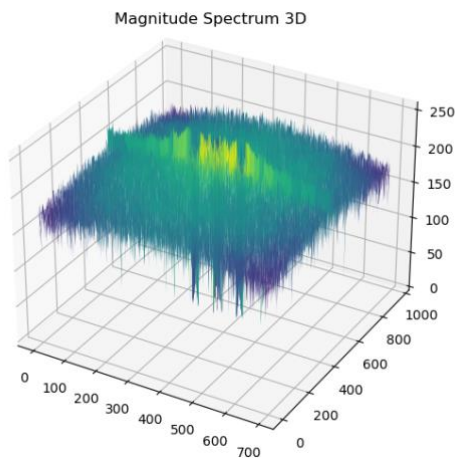
## Remove periodic noise

Remove periodic noise from the given images using any of the filters that you think are the most suitable ones to be used.

มีภาพ Periodic noise 2 ภาพมี Periodic noise 2 แนว Horizontal และ Vertical












จากการได้นำทั้ง 2 รูปไปภาพการทำ Fourier Transform และ Shift ให้มาอยู่บริเวณกึ่งกลางภาพ ได้มาซึ่ง Magnitude Spectrum ของรูปภาพทั้ง 2 รูป ดังนี้





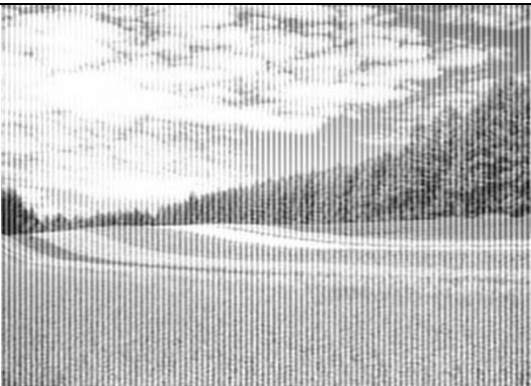






ด้านซ้ายเป็น Magnitude Spectrum ของ Noisy\_flower1\_horizontal.jpg จะสามารถสังเกตเห็นได้ว่า Horizontal noise จะปรากฏเป็นค่าที่สูงขึ้นมาสามารถสังเกตได้จากสีเหลืองและเขียวอ่อนภายในกราฟที่เป็นแนวลาย ๆ กำแพงสูงขึ้นมาจากซ้ายไปขวา โดยเริ่มที่ค่าแกน Y ประมาณ 350 – 450 (บริเวณกึ่งกลางคือ 400) หากต้องการลบ Noise นี้จากการวิเคราะห์คาดว่าควรใช้ขนาดของ Filter ไม่สูงไปกว่า 50 หน่วย เพื่อให้สามารถกรอง Noise ทิ้งได้ ในส่วนด้านขวาเป็น เป็น Magnitude Spectrum ของ Noisy\_flower1\_vertical.jpg จะสามารถสังเกตได้ว่า Vertical noise จะปรากฏเป็นค่าที่สูงขึ้นมาคล้ายกับของ Horizontal Noise แต่จะอยู่คนละแกนกัน เพื่อที่จะคงไว้ซึ่งรายละเอียดรูปและทำการกรอง Noise ออกจึงตัดสินใจใช้ Low Pass Filter

Noisy\_flower1\_horizontal.jpg

r	10		50		100	
Notch						
Gaussian						
Butterworth (n=5)						

ได้ลองทำ Butterworth เพิ่มเติมเนื่องจากอยากทราบว่าภาพที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร และพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมาค่อนข้างดี หากสังเกตโดยละเอียดจะพบว่า Notch Filter นั้นที่  $r = 50$  พบว่ามีริ้วในแนวตั้งเกิดขึ้นด้วย จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จาก Filter ทั้ง 3 แบบเห็นได้ว่า Butterworth สามารถกำจัด Horizontal Noise โดยส่งผลกระทบต่อรายละเอียดของภาพน้อยที่สุด

Noisy\_flower1\_vertical.jpg

r	10		50		100	
Notch						
Gaussian						
Butterworth (n=5)						

ได้ลองทำ Butterworth เพิ่มเติมเหมือน Horizontal เนื่องจากอยากทราบว่าภาพที่ได้จะมีลักษณะอย่างไร และพบว่าผลลัพธ์ที่ได้ออกมาค่อนข้างดีเหมือนกัน หากสังเกตโดยละเอียดจะพบว่า Notch Filter นั้นที่  $r = 50$  พบว่ามีริ้วในแนวนอนเกิดขึ้นด้วย จากการเปรียบเทียบผลลัพธ์จาก Filter ทั้ง 3 แบบเห็นได้ว่า Butterworth สามารถกำจัด Vertical Noise โดยส่งผลกระทบต่อรายละเอียดของภาพน้อยที่สุดเหมือนกัน

## Appendix

Code ของทั้ง 3 ข้อนี้ถูกเขียนไว้ใน File Assignment\_4.ipynb ทั้งหมดไม่ได้มีการแยกจากกัน มีการเขียน Utility Function เพื่อให้ไม่มีการเขียน code ซ้ำ โดยเขียน Algorithm ในการสร้าง Filter ของทั้ง 3 แบบแยกจากกันเป็น 3 function คือ create\_notch\_mask, create\_gaussian\_mask และ create\_butterworth\_mask ทั้ง 3 function นี้โดยปกติจะสร้าง Low Pass Filter ตามขนาดของรูปภาพ และ parameter ที่ filter แต่ละประเภทต้องการ หากต้องการ High Pass Filter จะมีการ Pass parameter invert เท่ากับ 1 เข้าไปใน function

การนำภาพไปผ่าน filter จะทำได้โดยการเรียกใช้ function apply\_mask โดยส่ง frequency domain ของรูปภาพพร้อมกับ filter หลังจากนั้น function apply\_mask จะ return frequency domain ที่ผ่านการกรองของ filter ออกมา

Code สามารถดูได้ที่

[https://github.com/ratchanonp/imageprocessing/blob/main/Assignment\\_4/Assignment\\_4.ipynb](https://github.com/ratchanonp/imageprocessing/blob/main/Assignment_4/Assignment_4.ipynb)

ผลลัพธ์จากการ Run ของแต่ละรูปภาพสามารถดูได้ที่

[https://github.com/ratchanonp/imageprocessing/tree/main/Assignment\\_4/out](https://github.com/ratchanonp/imageprocessing/tree/main/Assignment_4/out)

โดยจะมีการแบ่งตามชื่อรูปภาพ และ ประเภทของ filter