

เรื่อง การพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

Training deep learning model for BET surface area estimation of plant carbon by learning from Scanning Electron Microscopy (SEM) images harvesting from scientific journal databases

รายงานฉบับสมบูรณ์

เสนอต่อ

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ  
กระทรวงการอุดมศึกษาวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

ได้รับทุนอุดหนุนโครงการวิจัย พัฒนาวิศวกรรม  
โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25  
ประจำปีงบประมาณ 2566

โดย

นายชยากร จันทร์สุน  
นายกิตติคุณ เกียรติศักดิ์ศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

อาจารย์.ดร.ธนพงศ์ อินทรหะ ที่ปรึกษาหลัก  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้พัฒนาโครงการเรื่อง การพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัย ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความรู้จาก อาจารย์.ดร.ธนพงศ์ อินทระ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้คำแนะนำ แนวคิด ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ มาโดยตลอด จนโครงการเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณ รศ.ดร. สุปรีย์ พิณสุนทร และคณะที่คอยให้ความรู้และคำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องของตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูง ( Supercapacitor ) เป็นอย่างสูงที่ให้คำแนะนำการสืบค้นข้อมูล อีกทั้งยังคอยให้คำปรึกษาในด้านต่างๆของงานวิจัย ในการทำโครงการนี้ และของศูนย์โครงการการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 25 ที่มอบทุนในการสนับสนุนโครงการนี้จนสำเร็จ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทีมผู้พัฒนาทุกท่านที่ร่วมพัฒนาโครงการนี้อย่างสุดความสามารถจนโครงการนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี



**รายงานผลการตรวจสอบเอกสาร**  
(กรุณานำไฟล์รายงานผลฉบับนี้ในหน้าที่ 2 ของข้อเสนอโครงการ)

ชื่อเอกสาร : การพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (25p14i0077)  
ชื่อ-นามสกุล : ชยากร จันทร์ลูน  
เปอร์เซ็นต์ความคล้ายทั้งหมด : 6.7 % (ตรวจ ณ วันที่ 20 มีนาคม 2566)

**เปอร์เซ็นต์ความคล้ายทั้งหมด** คือ เปอร์เซ็นต์ความคล้ายทั้งหมดที่เอกสารของเราเหมือนกับแหล่งอื่น

**เปอร์เซ็นต์ความคล้ายตามแหล่งที่มา** คือ เอกสารของเรามีความคล้ายเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของแต่ละแหล่ง

\* หมายเหตุ หากเปอร์เซ็นต์ความคล้ายทั้งหมดเกิน 60% หรือมีรายการแหล่งที่มาใดที่มีค่าความคล้ายมากกว่า 20%

ควรมีการอ้างอิงแหล่งที่มาในส่วนที่มีความคล้าย

**รายการแหล่งที่มาที่ควรอ้างอิง**

1	19p21c0101	11.37%	<div><div></div></div>
2	16p14n0139	6.28%	<div><div></div></div>
3	10P22C080	6.19%	<div><div></div></div>
4	13P12I693	5.53%	<div><div></div></div>
5	11P21E009	5.16%	<div><div></div></div>
6	11P21W040	4.9%	<div><div></div></div>
7	13p11c079	4.67%	<div><div></div></div>
8	9P31C001	4.11%	<div><div></div></div>
9	20p23s0192_fullreport	3.97%	<div><div></div></div>
10	20p22c0407_fullreport	3.66%	<div><div></div></div>

หัวข้อโครงการ การพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัย ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก

ทีมพัฒนา นายชยากร จันทรลุน  
นายกิตติคุณ เกียรติศักดิ์ศิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์.ดร.ธนพงศ์ อินทระ

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันโลกกำลังเผชิญปัญหาโลกร้อนและ ขาดแคลนพลังงาน ดังนั้นทุกภาคส่วนของสังคม จึงให้ความสำคัญต่อพลังงานทางเลือกและพลังงาน สะอาดเพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างเช่น พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงานลมที่กำลังได้รับความนิยมอย่างมาก เนื่องจากเป็นพลังงานหมุนเวียนและยั่งยืน อย่างไรก็ตามในการนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ จำเป็นต้องมีตัวเก็บพลังงาน เพื่อเก็บพลังงานไว้ใช้ ในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีแสงอาทิตย์และไม่มีลม เป็นต้น ตัวเก็บพลังงาน เช่น ตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูง ( Supercapacitor ) เป็นอุปกรณ์ที่มีค่าความจุไฟฟ้าสูงและมีความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าตัวเก็บพลังงานอื่นๆ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูงนี้ยังไม่ก่อให้เกิดความร้อนซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังใช้คาร์บอนจากแหล่งธรรมชาติให้สมบัติทางไฟฟ้าดีซึ่งเป็นอีกหนึ่งวัสดุที่น่าสนใจเนื่องจากทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้าสูงและประหยัดทรัพยากรทางธรรมชาติโดยวัสดุที่สามารถที่จะนำไปใช้ในการผลิตประจุไฟฟ้าที่จะต้องเป็นวัสดุที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ที่สูง

แต่ด้วยในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะแบบดั้งเดิม มีการใช้ทรัพยากรที่สูง เช่น ระยะเวลาและค่าใช้จ่าย ในการคำนวณค่า พื้นที่ผิวจำเพาะ ด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยปกติแล้วใช้เวลาประมาณ 36-72 ชั่วโมงผู้วิจัยจึงพัฒนาตัวแบบโมเดล Machine Learning สำหรับการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากรูปภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยการเรียนรู้แนวทาง Deep learning เพื่อลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอื่นๆ ในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะต่อไปในอนาคต

ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย เรื่องการพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัย ด้วยการเรียนรู้เชิงลึก คือ มี web application สำหรับการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)

**คำสำคัญ (Keyword) :** Scanning Electron Microscopy (SEM), (BET surface area), Supercapacitor, Deep learning,

## ABSTRACT

Currently, the world is facing problems with global warming and energy shortages. Therefore, every sector of society places great importance on alternative and clean energy sources. For example, solar energy and wind energy are receiving a lot of attention as they are renewable and sustainable energy sources. However, in order to use renewable energy, it is necessary to have energy storage devices to store energy for use during times when there is no sunlight or wind, for example. Supercapacitors, which are high-capacity electrical charge storage devices, have a higher power density than other energy storage devices and do not generate heat, making them safe for users. Additionally, carbon from natural sources is also an interesting material because it has good electrical properties that can lead to high electrical charge capacity and natural resource conservation. However, the material used for producing electrical charge storage must have a high specific surface area (BET surface area) in order to be effective.

However, in the traditional specific surface area calculation, high resources are required such as time and cost in calculating the BET surface area using Scanning Electron Microscopy (SEM) images. Normally, it takes approximately 36-72 hours for researchers to develop the model for Machine Learning to estimate the BET surface area from SEM images using Deep learning approach to reduce the time and cost of calculating the specific surface area. This will be beneficial for other researches in calculating the specific surface area in the future.

The benefits gained from the research on developing a machine learning model for estimating the specific surface area (BET surface area) of carbon from plants using Scanning Electron Microscopy (SEM) images from a research article database through deep learning are that there is now a web application available for predicting the BET surface area value by analyzing SEM images.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อ	ค
1. บทนำ	1-2
2. วัตถุประสงค์และเป้าหมาย	2
3. รายละเอียดการพัฒนา	
- เนื้อเรื่องย่อ (Story Board)	3-6
- ทฤษฎีหลักการ และเทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้	7
- เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา	7-8
- รายละเอียดโปรแกรมที่จะพัฒนา	8-17
4. ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา	17
5. กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม	17
6. ผลของการทดสอบโปรแกรม	17
7. ปัญหาและอุปสรรค	18
8. แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ร่วมกับงานอื่นๆในขั้นต่อไป	18
9. ข้อเสนอแนะและข้อเสนอแนะ	18
10. เอกสารอ้างอิง	20

## 1. บทนำ

### แนวคิด ความสำคัญและความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีเติบโตอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความต้องการสำหรับการกักเก็บพลังงานด้านไฟฟ้าที่สูงขึ้น ซึ่งอุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กักเก็บพลังงานคือแบตเตอรี่ ซึ่งแบตเตอรี่ธรรมดาที่เราใช้กันอยู่ทุกวันนี้ มีข้อจำกัดหลายอย่าง เนื่องจากทำงานด้วยปฏิกิริยาเคมี จึงต้องชาร์จด้วยกำลังไฟที่ต่ำเพื่อยืดอายุการใช้งาน หากใช้กำลังไฟสูงเกินไปก็จะเกิดความร้อนจนอาจลุกไหม้หรือระเบิดได้ ดังนั้นตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูง (Supercapacitor) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งเพื่อทดแทนแบตเตอรี่ชนิดเดิมซึ่งเป็นอุปกรณ์กักเก็บพลังงานที่เล็กกว่าเก็บประจุได้มากกว่าปลอดภัยกว่าอายุการใช้งานมากกว่า และชาร์จได้เร็วกว่าหลายเท่า (สุวรรณ นาชัย, 2021)

ในงานวิจัยนี้เราจะพูดถึงตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูง ( Supercapacitor ) เป็นอุปกรณ์ที่มีค่าความจุไฟฟ้าสูงและมีความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าที่สูงกว่าตัวกักเก็บพลังงานอื่นๆ และตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูงนี้ยังไม่ก่อให้เกิดความร้อนซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังใช้คาร์บอนจากแหล่งธรรมชาติที่ให้สมบัติทางไฟฟ้าดีเท่ากับคาร์บอนทางการค้าซึ่งเป็นอีกหนึ่งวัสดุที่น่าสนใจเนื่องจากทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้าสูงและประหยัดทรัพยากรทางธรรมชาติ

จึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาตัวเก็บประจุไฟฟ้าความจุสูง (Supercapacitors) อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษตรงที่มีค่าความจุไฟฟ้าสูงและมีความสามารถในการอัดคายประจุได้สูงและรวดเร็ว เมื่อต้องปล่อยประจุออกมาครั้งละมากๆ จะเกิดความร้อนน้อยซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ นอกจากนี้การใช้คาร์บอนจากแหล่งธรรมชาติยังคงให้ สมบัติทางไฟฟ้าที่ดีเท่ากับคาร์บอนทางการค้า (Commercial supercapacitors) ซึ่งเป็นอีกวัสดุหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากทำให้ได้ค่าความจุไฟฟ้าสูงและประหยัดทรัพยากรธรรมชาติเช่น การสังเคราะห์ตัวเก็บ ประจุ ความจุสูงจากเส้นใยนาโนคาร์บอน โดยที่ค่าที่วัดประสิทธิภาพความเป็นรูพรุนของวัสดุแต่ละชนิดจะถูกเรียกว่าค่าพื้นที่ผิวจำเพาะหรือ (Specific surface area) มีวัตถุประสงค์เพื่ออธิบายการดูดซับทางกายภาพของโมเลกุลก๊าซบนพื้นผิวที่เป็นของแข็งและทำหน้าที่เป็นพื้นฐานสำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ที่สำคัญสำหรับการวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุ ในปัจจุบันพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุ เป็นสมบัติทางกายภาพที่มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประกอบการพิจารณาเพื่อนำวัสดุนั้น ไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่มีคุณภาพตามที่ต้องการหรือตามที่มาตรฐานกำหนด

โดยในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะแบบดั้งเดิม (BET surface area) มีการใช้ทรัพยากรที่สูง เช่น ระยะเวลาในการคำนวณค่า (BET surface area) ด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยปกติแล้วใช้เวลาประมาณ 36-72 ชั่วโมง เพื่อลดเวลาในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จึงมีการนำแนวทาง Deep Learning เข้ามาช่วยในการพัฒนาปัญหาในด้านต่างๆโดย Deep Learning เรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างการทำนายภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ให้เป็นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมมาจากฐานข้อมูลบทความวิจัยที่ประกอบด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และมีค่าของพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืชเท่านั้น

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ได้เข้ามามีบทบาทในกิจกรรมด้านต่างๆของมนุษย์เพิ่มมากขึ้นมีการใช้ประโยชน์ในหลายวงการเช่นการเกษตรแพทย์การตลาดการลงทุนทั้งหมดนี้ล้วนเป็นเทคโนโลยีที่มีเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์งานอยู่เบื้องหลังเพื่อเป็นระบบบริหารจัดการส่งข้อมูลและแจ้งเตือนผู้ใช้งานโดยอาศัยข้อมูลพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งานมาปรับการส่งข้อมูลให้เหมาะสมกับความต้องการไปจนถึงเทคโนโลยีการนำทางที่ใช้ประโยชน์ต่างๆ

ในส่วนของงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนาตัวแบบโมเดล Machine Learning สำหรับการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยการเรียนรู้แนวทาง Deep learning เพื่อลดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่องานวิจัยอื่นๆในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะต่อไปในอนาคต

## 2) วัตถุประสงค์และเป้าหมาย

### 2.1 วัตถุประสงค์

- พัฒนาตัวแบบในการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)
- เพื่อพัฒนา Dataset โดยรวบรวมข้อมูลมาจากงานวิจัยที่ประกอบไปด้วย ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) และ ภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)
- เพื่อพัฒนา web application สำหรับการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)

### 2.2 เป้าหมาย

- ตัวแบบ machine learning ที่พัฒนาสามารถใช้ในการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ได้จริงโดยการวิเคราะห์จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)
- สร้าง web application สำหรับการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)

### 2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย

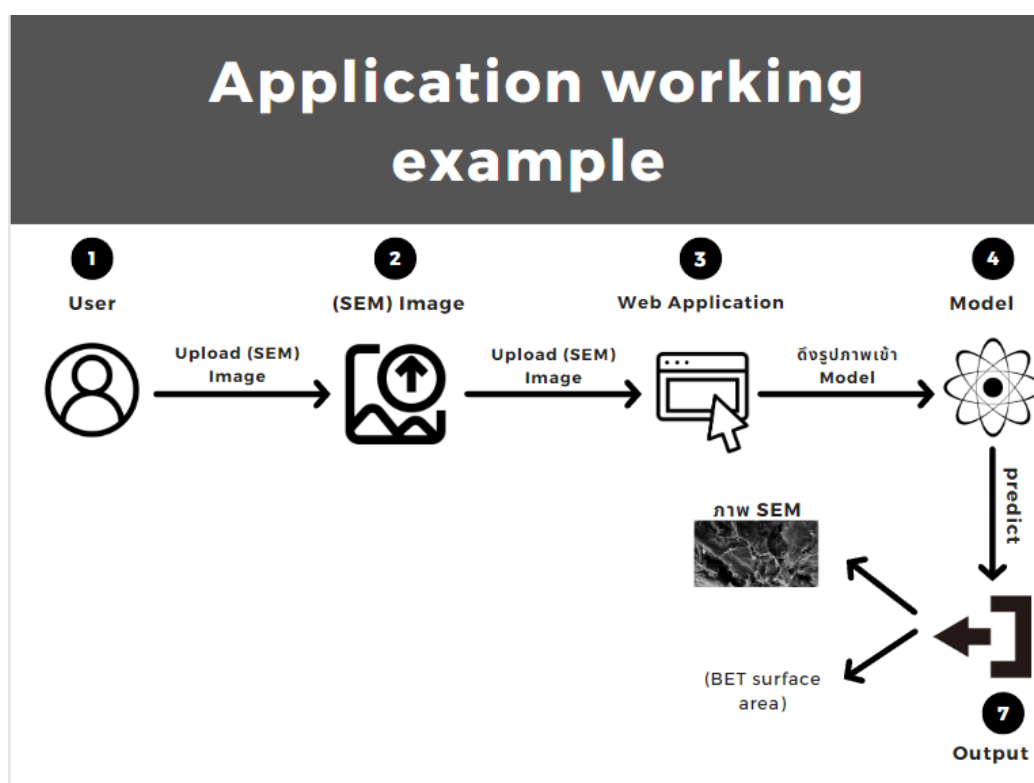
- มี Dataset รวบรวมข้อมูลค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) และภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) สำหรับการสร้างตัวแบบ machine learning
- ตัวแบบในการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสามารถลดระยะเวลาในการคำนวณค่า (BET surface area) และลดทรัพยากรในการคำนวณค่า (BET surface area)
- web application สำหรับการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยการวิเคราะห์จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)



### 3. รายละเอียดของการพัฒนา

#### 3.1 เนื้อเรื่องย่อ (Story board)

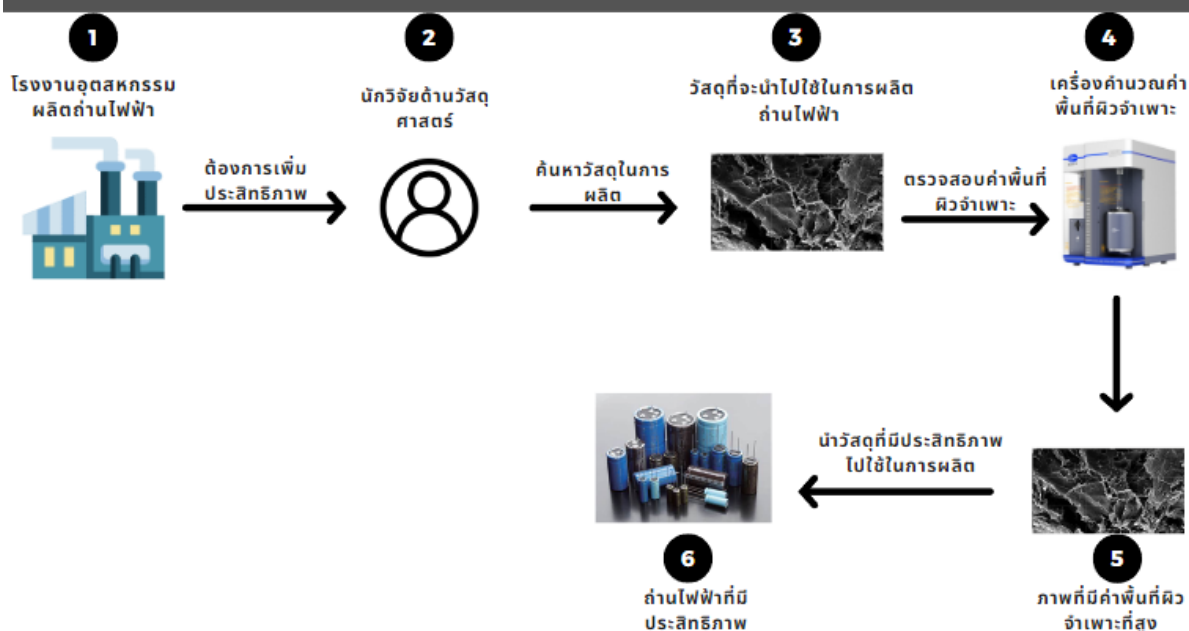
เทคนิคการคำนวณหาค่าพื้นที่ผิว (BET surface area) โดยการใช้การดูดซับแก๊สไนโตรเจนบนผิวหน้าและภายในรูพรุนของวัสดุ ในปัจจุบันจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือที่มีมูลค่าสูงและใช้เวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างนาน เนื่องจากแนวทางการใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ หรือแนวทาง machine learning เข้ามามีบทบาทมากขึ้นในสังคม ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการที่จะพัฒนาการคำนวณหาค่าพื้นที่ผิว (BET surface area) โดยการอ่านจากรูปภาพ (Sem) เพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะและลดทรัพยากรต่างๆ ในการคำนวณให้ออกมาเป็นตัวโปรแกรมที่สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว



รูปที่ 1 ภาพการอธิบายการทำงานของ Application

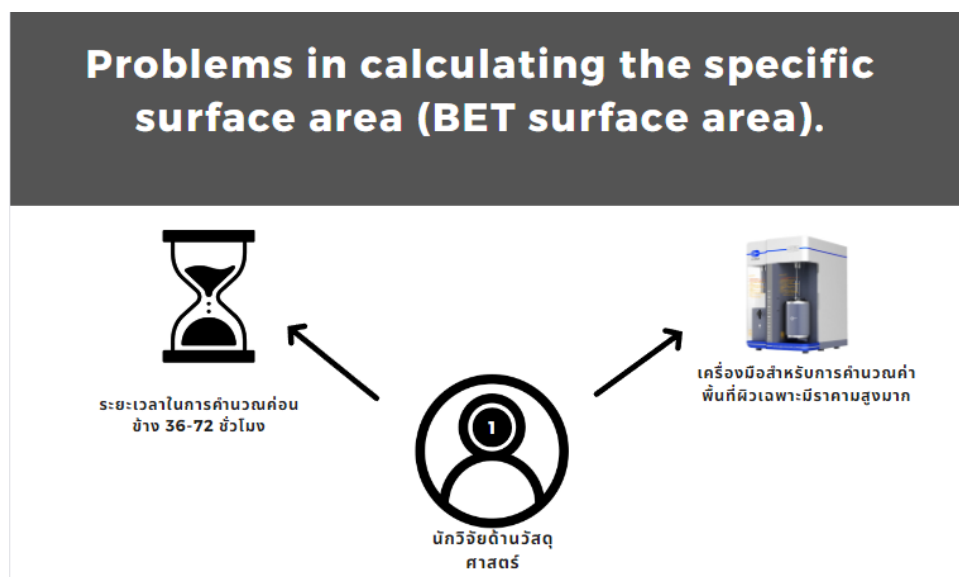
จากภาพจะเป็นการอธิบายการทำงานของโปรแกรมเริ่มจากผู้ใช้งานทำการนำรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) อัปโหลดเข้าสู่ระบบของ Application จากนั้นระบบจะทำการจัดเก็บรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) เข้าสู่ฐานข้อมูลจากนั้นระบบจะทำการดึงข้อมูลของรูปภาพ (Sem) เข้าสู่ Model มาทำการประมาณค่าพื้นที่ผิว (BET surface area)

## Why do we need to measure specific surface area (BET surface area)



รูปที่ 2 ภาพอธิบายประโยชน์ของค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area)

จากภาพจะแสดงการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต: ในอุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูง (BET surface area) จะต้องใช้นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ในการวิจัยและพัฒนาวัสดุชนิดใหม่ที่มีคุณสมบัติเฉพาะด้วยการวัดค่าพื้นที่ผิวจำเพาะสูง (BET surface area) เช่น การใช้ความร้อนกับวัสดุบางชนิดจะทำให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูงขึ้น นักวิจัยจะสามารถเข้าใจได้ว่าคุณสมบัติของวัสดุสัมพันธ์กับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) อย่างไรและใช้ความรู้นี้ในการออกแบบวัสดุใหม่ที่มี ซึ่งจะช่วยให้การปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าได้



รูปที่ 3 ภาพอธิบายปัญหาของการคำนวณค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area)

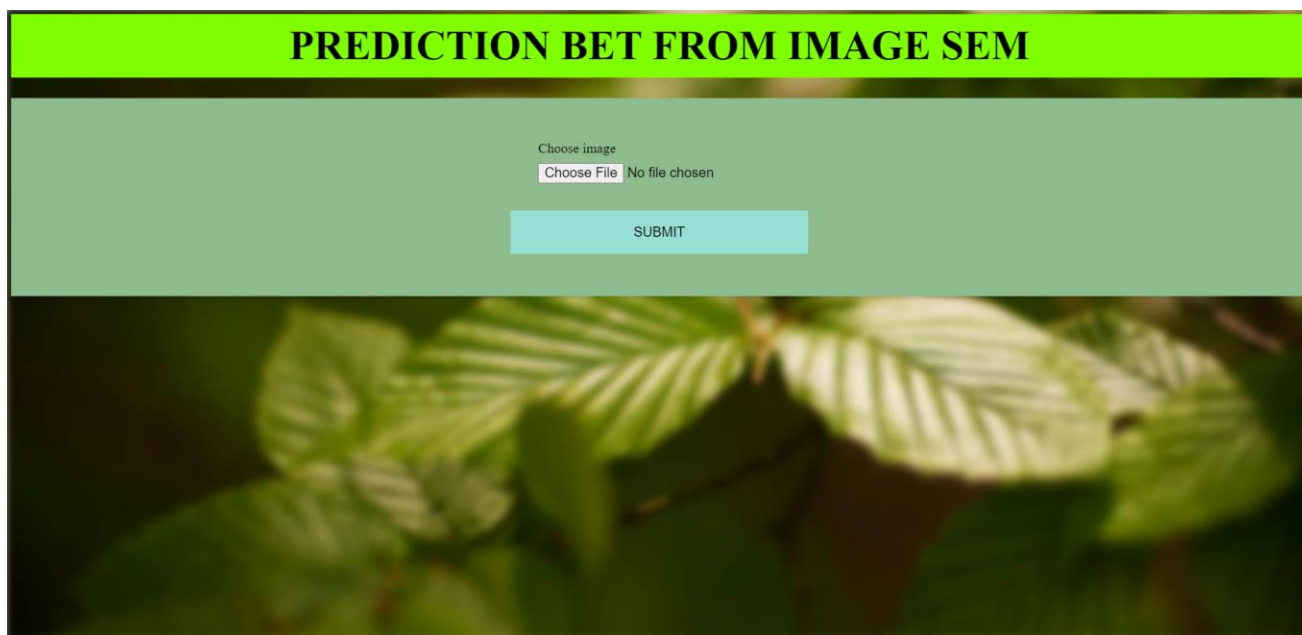
จากภาพปัญหาของการคำนวณค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area) ซึ่งปัญหาของนักวิจัยที่ต้องการคำนวณค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area) แบบดั้งเดิมจำเป็นที่จะต้องมีการใช้ทรัพยากรที่สูง เช่น เครื่องมือสำหรับการคำนวณค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ BET surface area ที่มีค่าใช้จ่ายต่อเครื่องที่สูง และ ระยะเวลาในการคำนวณค่า (BET surface area) ด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยปกติแล้วใช้เวลาประมาณ 36-72 ชั่วโมง เพื่อลดเวลาในการคำนวณค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area) จึงมีการนำแนวทาง Deep Learning เข้ามาช่วยในการพัฒนาปัญหาในด้านต่างๆโดย Deep Learning เรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างการทำนายภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ให้เป็นค่าพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area)

โดยวิธีการสร้าง Dataset ถูกนำมาจากบทความวิจัยที่ค้นหาจาก Google scholar ด้วย keyword ได้แก่ carbon nano fiber, biomass, Cnts, Size effect, Supercapacitor, activated carbon

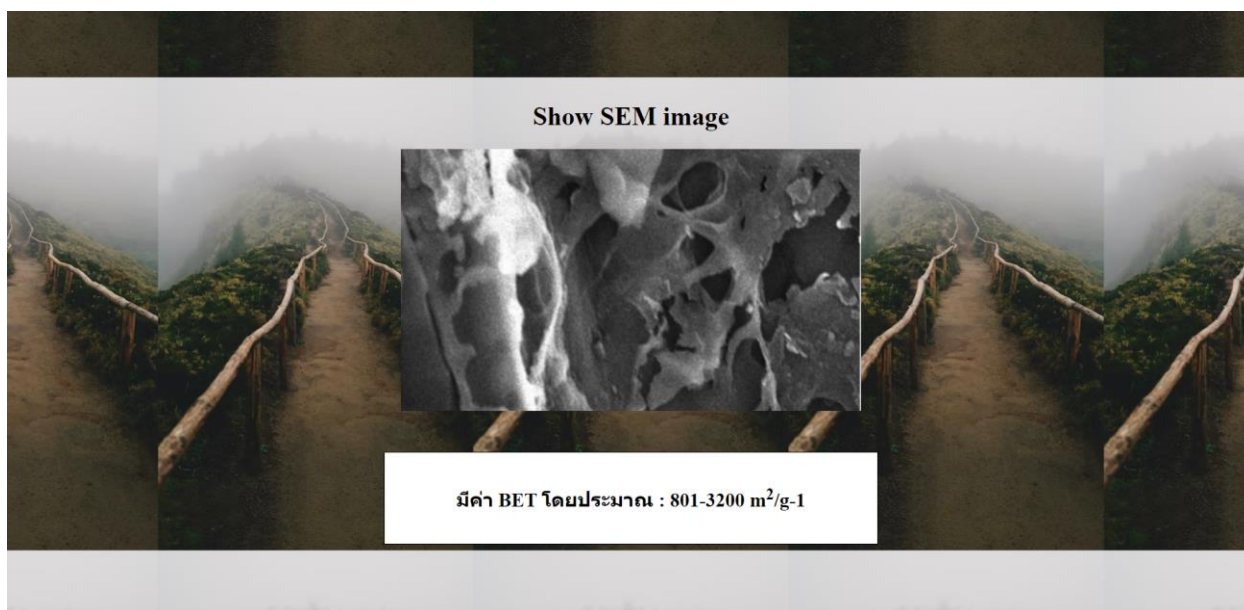
จากนั้นทำการคัดเลือกเฉพาะ paper ที่ประกอบด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และมีค่าของพื้นที่ผิวเฉพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืชเท่านั้น เมื่อได้ข้อมูลที่ต้องการแล้วต่อจากนั้นเป็นการ

Training model โดยใช้ข้อมูลที่ได้มาแบ่งเป็นชุดข้อมูล Training 80% Validation 10% Test 10% จากนั้นทำการดึงข้อมูลจาก google drive เพื่อที่จะนำภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) เข้ามาเทรนในโมเดลและทำการเลือกโมเดลที่จะใช้ในการทำนายโดยโมเดลที่เลือกคือ EfficientNet โดยจะแบ่งข้อมูล และนำมาพัฒนาโมเดล สุดท้ายนำไปทดสอบหาค่า predict เพื่อดูว่าผลการทำนายแม่นยำมากน้อยเพียงใดและสรุปผลออกมาแสดงในหน้า เว็บแอปพลิเคชัน.

ตัวอย่างหน้า Web Application



รูปที่ 4 ตัวอย่างรูปหน้า การเลือกรูปภาพของ User เข้าสู่ model การทำนาย



รูปที่ 5 ตัวอย่างรูปหน้าการแสดงผล Output ของ web application

### 3.2 ทฤษฎีหลักการ และเทคนิคหรือเทคโนโลยีที่ใช้

EfficientNet เป็น convolution neural network อย่างหนึ่งซึ่งถูกพัฒนาโดย การเพิ่ม efficiency และ accuracy ตัวนี้คือ Efficient Nets เป็นโมเดลการจำแนกภาพ ซึ่งมีจุดประสงค์ในการพัฒนาโมเดล Object Detection ที่มีความแม่นยำสูงและยืดหยุ่นตามข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรแต่มีขนาดเล็กกว่าตามลำดับความสำคัญและเร็วกว่ารุ่นก่อนๆ (medium.com)

### 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

#### 3.3.1) Google colab

Google Colaboratory หรือ Google Colab หรือ Colab คือ IDE ออนไลน์ที่สามารถใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษา Python หรือภาษาอื่นๆและเหมาะสำหรับการทำ Machine Learning โดยที่ไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมใดๆ เพิ่มเติม เพียงแค่มี Google Account (Gmail) และ Internet เท่านั้น (sarawut,2020)

#### 3.3.2) GitHub

คือเว็บไซต์แพลตฟอร์มการพัฒนาซอฟต์แวร์ออนไลน์ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บติดตามผลการทำงานในซอฟต์แวร์นั้น โดยจะให้บริการบนออนไลน์แพลตฟอร์ม ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านหน้าเว็บไซต์ได้ทุกที่ทุกเวลา ในส่วนของการใช้บริการ ระบบก็จะบันทึกไว้ ทำให้เราสามารถรู้ประวัติการเปลี่ยนแปลงและความเคลื่อนไหวต่าง ๆ ของโปรเจกต์ที่เราถืออยู่ได้ และคนอื่นจะสามารถเข้าถึงงานของเราได้ (km.cc.swu.ac.th)

#### 3.3.3) โปรแกรม Photoshop

เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับตกแต่งภาพถ่ายและภาพกราฟฟิก ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านสิ่งพิมพ์ นิตยสาร และงานด้านมัลติมีเดีย อีกทั้งยังสามารถretouching ตกแต่งภาพและสร้างภาพ ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมสูงมากในขณะนี้ เราสามารถนำโปรแกรมPhotoshop ในการแต่งภาพ การใส่ Effect ต่าง ๆ ให้กับภาพและตัวหนังสือ การทำภาพขาวดำและการทำภาพถ่ายเป็นภาพเขียน การนำภาพต่างๆ มารวมกันการ Retouch ตกแต่งภาพ

#### 3.3.4) python

Python คือ ภาษาการเขียนโปรแกรมที่ใช้ในเว็บแอปพลิเคชันในการพัฒนาซอฟต์แวร์ วิทยาศาสตร์ข้อมูล และแมชชีนเลิร์นนิง (ML) เลือกใช้ Python เนื่องจากมีประสิทธิภาพ เรียนรู้ง่าย และสามารถทำงานบนแพลตฟอร์มต่างๆ ได้มากมาย ทั้งนี้ซอฟต์แวร์ Python สามารถดาวน์โหลดได้ฟรี ฝานการทำงานร่วมกับระบบทุกประเภท และเพิ่มความเร็วในการพัฒนานอกจากนั้นภาษาโปรแกรม Python ยังสามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมได้หลากหลายประเภท โดยไม่ได้จำกัดอยู่ที่งานเฉพาะทางใดทางหนึ่ง (amazon.com)

### 3.3.5) Google Scholar

เป็นเว็บสำหรับการค้นหางานเขียนทางวิชาการได้อย่างกว้างขวางโดยสามารถ ค้นหาในสาขาวิชาและ แหล่งข้อมูลต่าง ๆ มากมายได้จากจุดเดียวทั้งบทความ, peer-reviewed, ช่วยในการสืบค้นวิทยานิพนธ์, หนังสือ, บทความย่อและบทความ จากสำนักพิมพ์ทางวิชาการแควตงวิชาชีฟที่เก็บร่าง บทความมหาวิทยาลัย และองค์กรด้านการศึกษาอื่นๆในงานวิจัยนี้เราใช้ในการหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลองหาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะของวัสดุคาร์บอนจากพืชเพื่อใช้รูปถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) เข้ามาเป็น input ในงานวิจัย

### 3.3.6) Microsoft Visual Studio Code (VS code)

โปรแกรมแก้ไขซอร์สโค้ดที่มีขนาดเล็กแต่ทรงพลัง ซึ่งทำงานบนเดสก์ท็อปของคุณ และพร้อมใช้งานสำหรับ Windows, macOS และ Linux ซึ่งมาพร้อมกับการสนับสนุนในตัวสำหรับ JavaScript, TypeScript และ Node.js และมีระบบนิเวศที่สมบูรณ์ของส่วนขยายสำหรับภาษาอื่น ๆ (เช่น C++, C#, Java, Python, PHP (learn.microsoft.com))

## 3.4 รายละเอียดโปรแกรมที่จะพัฒนา

### 3.4.1 Input/Output

วิธีการเตรียมข้อมูล ข้อมูล input และ output ถูกนำมาจาก Google Scholar โดยที่ Input จะเป็นภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และ output จะเป็นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ(BET surface area) โดยรวบงานวิจัยต่างมาทั้งหมด 258 paper ด้วย keyword ได้แก่ carbon nano fiber, biomass, Cnts, Size effect, Supercapacitor, activated carbon จากนั้นทำการคัดเลือกเฉพาะ paper ที่ประกอบด้วย ภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และมีค่าของพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืชเท่านั้น เช่น ตัวอย่าง paper เรื่อง Significant Effect of Pore Sizes on Energy Storage in Nanoporous Carbon Supercapacitors ที่ประกอบไปด้วยข้อมูลที่ต้องการดังนี้

<b>Table 1.</b> Surface areas ( $S$ ), pore volumes ( $V$ ), micropore volumes ( $V_{\text{micro}}$ ), and percentages of micropores ( $V_{\text{micro}}/V$ ) for all prepared samples. $S$ and $V$ were calculated by the DFT method. $V_{\text{micro}}$ was calculated by the $t$ -plot method. Note that micropores here are smaller than 2 nm.				
Sample	$S$ [ $\text{m}^2\text{g}^{-1}$ ]	$V$ [ $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$ ]	$V_{\text{micro}}$ [ $\text{cm}^3\text{g}^{-1}$ ]	$V_{\text{micro}}/V$ [%]
A	1921	1.2286	0.7430	60.5
B	463	0.2533	0.0611	24.1
C	2007	1.6050	0.1429	8.9
D	1858	1.6212	0.1216	7.5
E	328	0.2445	0.0298	12.2
F	704	0.6117	0.0387	6.3
G	685	0.4517	0.0822	18.2
H	1547	1.2930	0.0931	7.2
I	802	0.8453	0.0615	7.3
J	753	0.4488	0.0828	18.4
K	708	0.4610	0.0619	13.4
L	540	0.6870	0.0092	1.3
M	1479	1.5924	0.0432	2.7

รูปที่ 6 ตัวอย่างรูปภาพ ตารางค่าพื้นที่ผิว (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช ที่ใช้สอน Ai จากเปเปอร์เรื่อง Significant Effect of Pore Sizes on Energy Storage in Nanoporous Carbon Supercapacitors

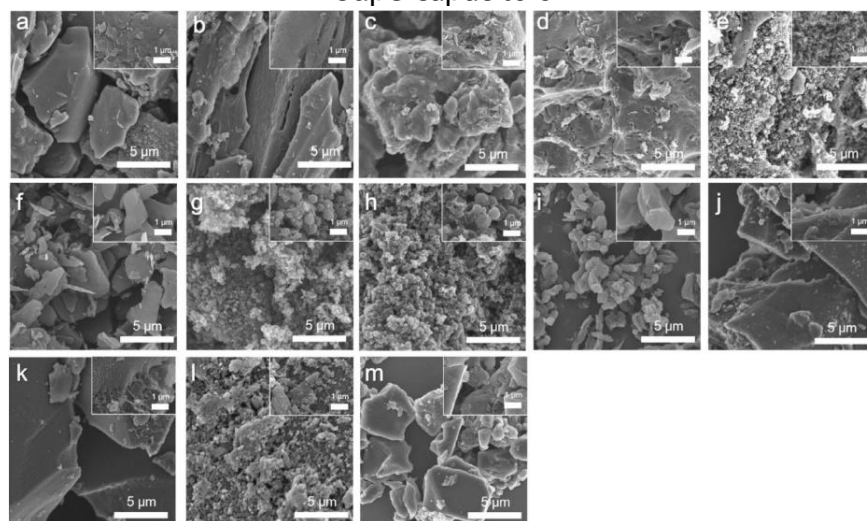
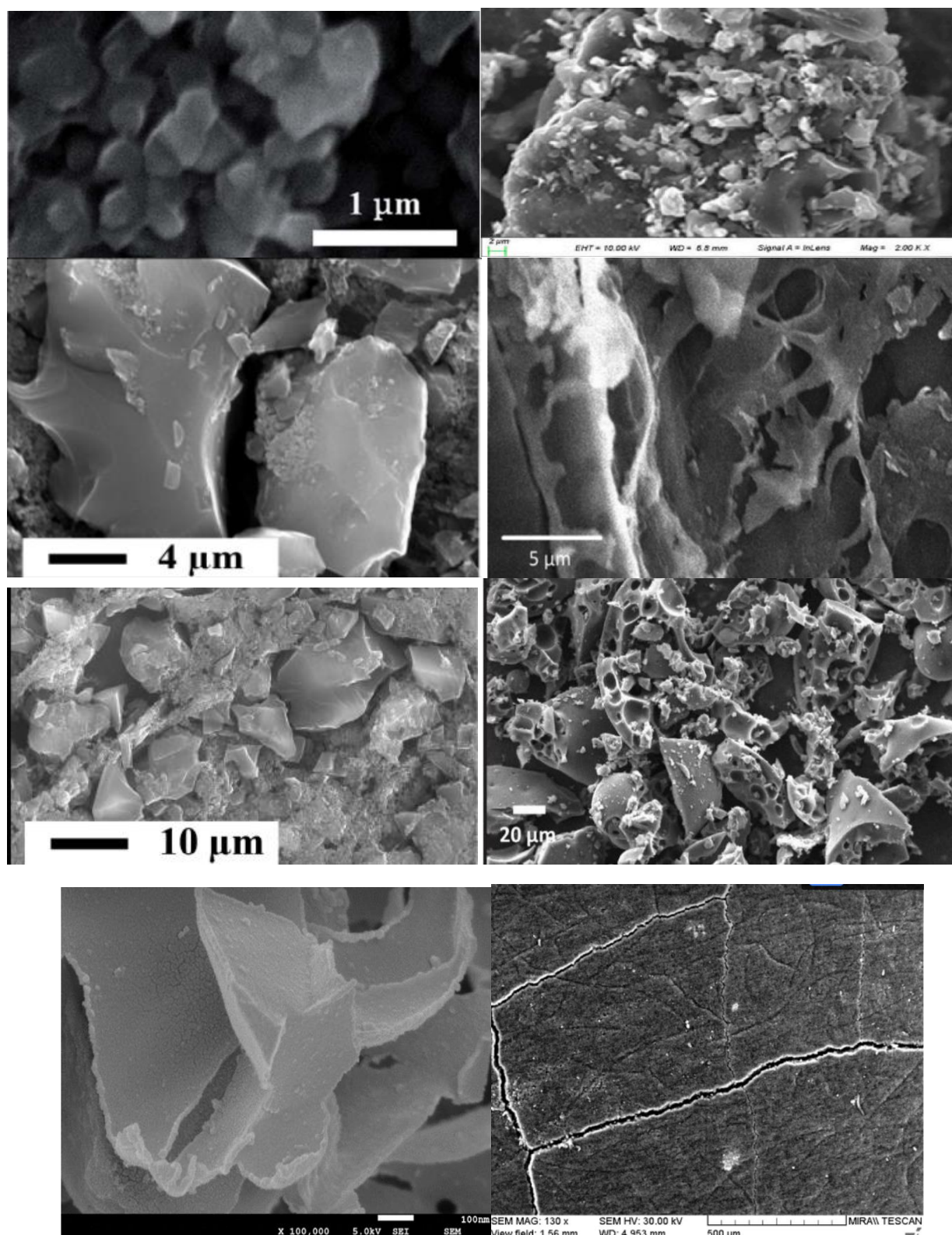


Figure 1. a-m) SEM images of Samples A-M, respectively.

รูปที่ 7 ตัวอย่างรูปภาพ ตารางค่าพื้นที่ผิว (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช ที่ใช้สอน Ai จากเปเปอร์เรื่อง Significant Effect of Pore Sizes on Energy Storage in Nanoporous Carbon Supercapacitors

จากนั้นเราจะทำการรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเอาไว้ Drive และเรียบเรียงชุดข้อมูลอีกครั้งในโปรแกรม excel เนื่องจากขนาดของรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) มีขนาดที่แตกต่างกันมากเกินไปเช่น 1,2,4,5,10,20,50,200,100,500ไมโครเมตร ดังรูป

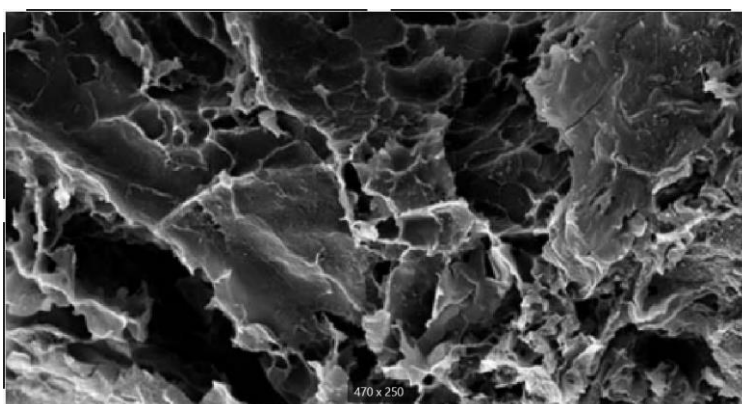




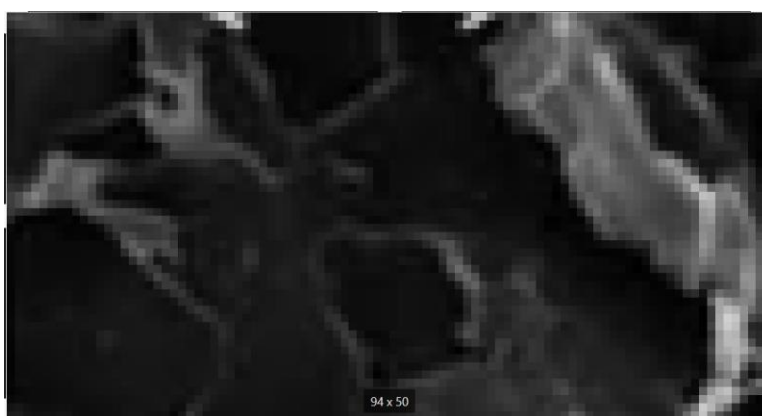
รูปที่ 8 ตัวอย่างการเปรียบเทียบระหว่างขนาดของรูป Scanning Electron Microscopy (SEM) ที่มีความแตกต่างกัน



ทางด้านผู้พัฒนาจึงต้องการจำกัดขอบเขตขนาดของรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยพบว่ารูปภาพที่พบมากที่สุดคือขนาด 10 ไมโครเมตร ทางผู้พัฒนาจึงต้องการที่จะนำเฉพาะข้อมูลที่มีขนาด 10 ไมโครเมตรเท่านั้นไปเป็นข้อมูล IN put ของโมเดล จึงได้ทำการ resize ขนาดของรูปภาพ 2 ไมโครเมตร 5 ไมโครเมตร และ 20 ไมโครเมตรให้เป็น 10 ไมโครเมตร เพราะมีขนาดรูปภาพที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยขั้นตอนการ resize ขนาดของรูปภาพ 2 ไมโครเมตร ให้เป็นรูปภาพขนาด 10 Micrometer โดยวัดจากขนาดของรูปเดิม เช่น รูปขนาด 2 Micrometer มี Dimension ของรูปเท่ากับ 470x250 ทำให้เป็น 10 Micrometer โดยการตัดภาพลงครึ่งหนึ่งให้เหลือ 94x50 ทั้งหมดดังรูปตัวอย่าง

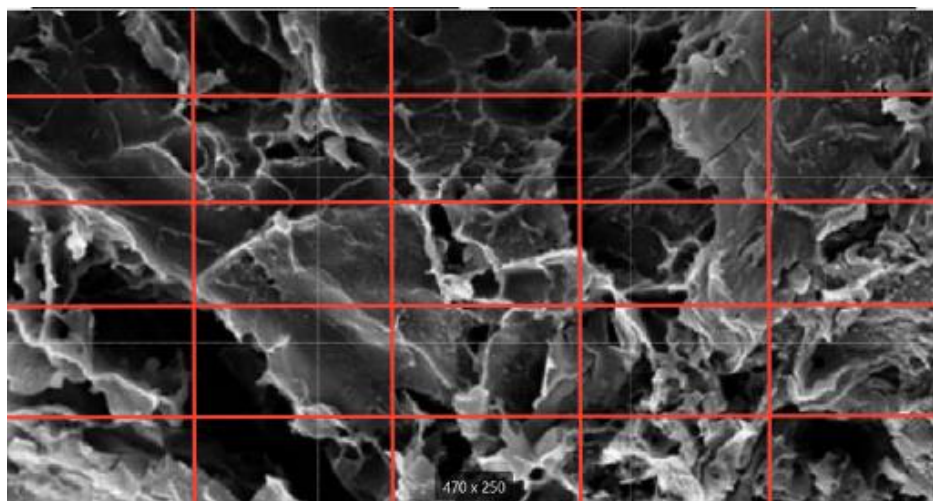


รูปที่ 9 ตัวอย่างรูปก่อนการ resize ข้อมูลรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) ขนาด 2 ไมโครเมตร



รูปที่ 10 ตัวอย่างรูปหลังการ resize ข้อมูลรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) ขนาด 2 ไมโครเมตร

หลังจากทำการ resize รูป 2 ไมโครเมตร เสร็จแล้วเราจะทำการตัดรูปเพื่อเพิ่มจำนวนของ input ให้มากขึ้นโดยการนำรูปภาพที่ลดขนาดเสร็จเรียบร้อยแล้วมาตัดอีกทีตามมุมต่างๆของรูปดังนี้ จะแบ่งได้เป็น 25 รูป

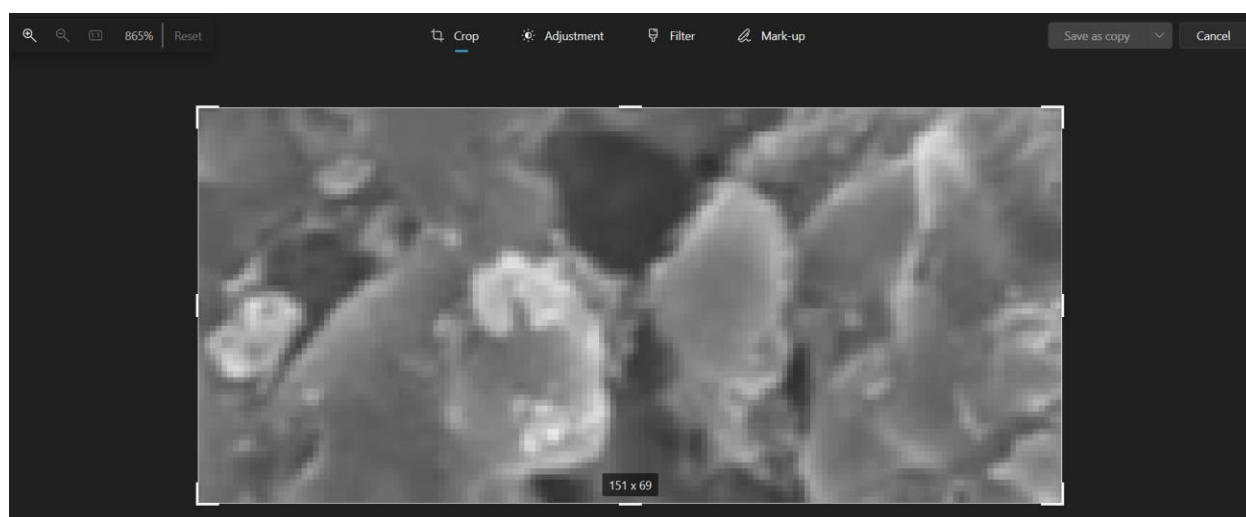


รูปที่ 11 ภาพตำแหน่งการตัดของภาพ resize ขนาด 2 ไมโครเมตร

รูปขนาด 5 ไมโครเมตรโดยจะทำการเปลี่ยนให้เป็นรูปภาพขนาด 10 Micrometer โดยวัดจากขนาดของรูปเดิมเช่น รูปขนาด 5 Micrometer มี Dimension ของรูปเท่ากับ 302x138 ทำให้เป็น 10 Micrometer โดยการตัดภาพลงครึ่งหนึ่งให้เหลือ 151x 69 ทั้งหมดดังรูปตัวอย่าง

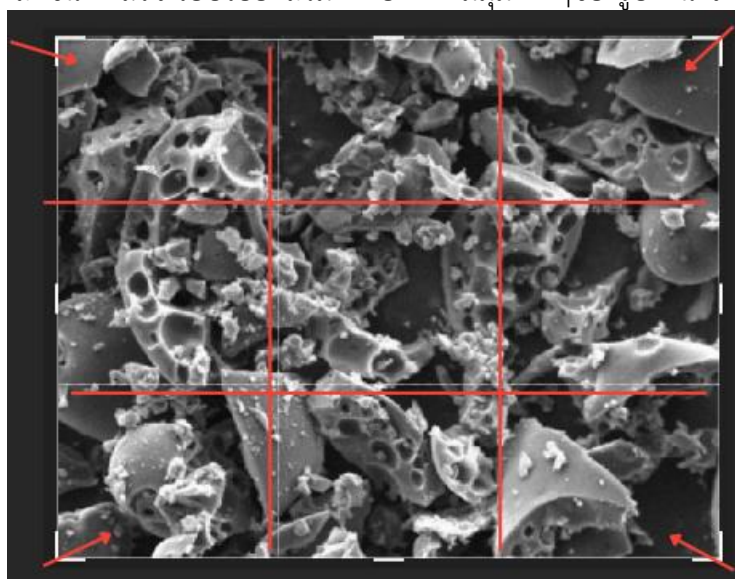


รูปที่ 12 ตัวอย่างรูปก่อนการ resize ข้อมูลรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) ขนาด 5 ไมโครเมตร



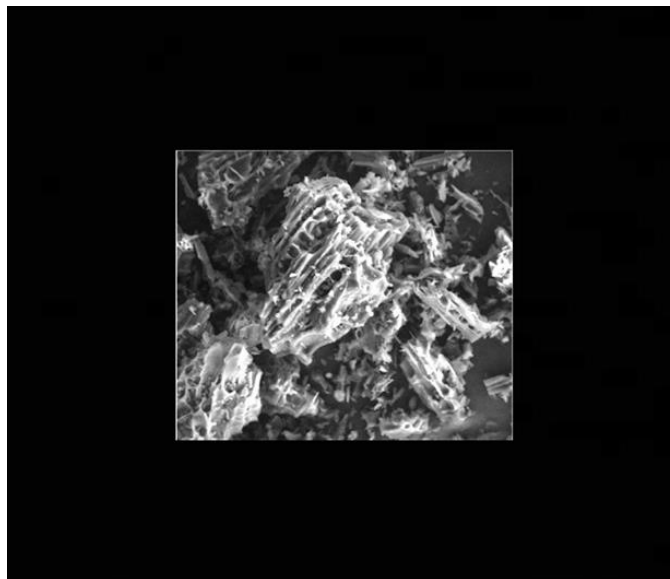
รูปที่ 13 ตัวอย่างรูปหลังการ resize ข้อมูลรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) ขนาด 5 ไมโครเมตร

หลังจากทำการ resize รูป 5 ไมโครเมตร เสร็จแล้วเราจะทำการตัดรูปเพื่อเพิ่มจำนวนของ input ให้มากขึ้นโดยการนำรูป ภาพที่ลดขนาดเสร็จเรียบร้อยแล้วมาตัดอีกทีตามมุมต่างๆของรูปดังนี้ จะแบ่งได้เป็น 9 รูป



รูปที่ 14 ภาพตำแหน่งการตัดของภาพ resize ขนาด 5 ไมโครเมตร

ขั้นตอนการ resize ขนาดของรูปภาพ 20 ไมโครเมตรโดยจะทำการเปลี่ยนให้เป็นรูปภาพขนาด 10 Micrometer โดยการทำภาพพื้นหลังสีดำที่มีขนาดเป็น 2 เท่าของรูปภาพดั้งเดิมมา Merge ในโปรแกรม Photoshop เช่นดังรูป



รูปที่ 15 ตัวอย่างรูปหลังการ resize ข้อมูลรูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) ขนาด 20 ไมโครเมตรให้เป็น 10 ไมโครเมตร

### 3.4.2 ขั้นตอนในการพัฒนาตัวแบบ

1. หลังจากที่ได้ข้อมูลที่ต้องการทั้งหมด 830 รูปภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) แล้วจึงนำข้อมูลมาจัดเรียงทำการสร้าง (sheet) เพื่อที่จะทำการใส่ข้อมูล Path ของชุดข้อมูลและนำไปใช้ในการเทรนโมเดลซึ่งใน (sheet) จะประกอบไปด้วยชุดข้อมูล

- No คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดตั้งแต่ 1 จนถึง 830
- Name\_file คือ ชื่อไฟล์สำหรับค้นหา Paper ที่นำมาใช้
- Name\_Paper คือ ชื่อเรื่องของ Paper แต่ละตัวที่นำมาใช้
- Journal คือ ชื่อของวารสารของ Paper แต่ละตัว
- Path\_Picture คือ ตำแหน่งของรูปภาพแต่ละรูป
- Detail คือ รายละเอียดของรูปที่นำไป resize ที่ตำแหน่งต่างกัน
- Class คือ กลุ่มของข้อมูลย่อยที่ใช้ในการแบ่งข้อมูล
- Bet คือ ค่าของพื้นที่ผิว (BET surface area)
- Size(mico) คือ ขนาดของรูป Scanning Electron Microscopy (SEM) แต่ละรูป

หลังจากกรอกข้อมูลครบทั้งหมดจึงทำการบันทึกไฟล์ให้เป็นข้อมูล .csv

	No		Name_file	Name_Paper	journal	path_Picture	detail	Class	BET	Size(mico)
	0	1	pore-sb	Preparation and electrochemical behaviour of b...	Korean J. Chem. Eng	/content/drive/My Drive/All SEM/pore-sb/PCC(RS...	original	0-500	135.06	5
	1	2	pore-sb	Preparation and electrochemical behaviour of b...	Korean J. Chem. Eng	/content/drive/My Drive/All SEM/pore-sb/PCC(RS...	zoom1	0-500	135.06	10
	2	3	pore-sb	Preparation and electrochemical behaviour of b...	Korean J. Chem. Eng	/content/drive/My Drive/All SEM/pore-sb/PCC(RS...	zoom2	0-500	135.06	10
	3	4	pore-sb	Preparation and electrochemical behaviour of b...	Korean J. Chem. Eng	/content/drive/My Drive/All SEM/pore-sb/PCC(RS...	zoom3	0-500	135.06	10
	4	5	pore-sb	Preparation and electrochemical behaviour of b...	Korean J. Chem. Eng	/content/drive/My Drive/All SEM/pore-sb/PCC(RS...	zoom4	0-500	135.06	10
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
315	316	1-s2.0-S0926669022000292-main	Low-cost activated carbon preparation from Cor...	Industrial Crops & Products	/content/drive/My Drive/All SEM/1-s2.0-S092666...	original	0-500	11.00		10
316	317	1-s2.0-S0926669022000292-main	Low-cost activated carbon preparation from Cor...	Industrial Crops & Products	/content/drive/My Drive/All SEM/1-s2.0-S092666...	original	0-500	0.25		10
317	318	1-s2.0-S0926669022000292-main	Low-cost activated carbon preparation from Cor...	Industrial Crops & Products	/content/drive/My Drive/All SEM/1-s2.0-S092666...	original	0-500	35.00		10
318	319	1-s2.0-S0926669022000292-main	Low-cost activated carbon preparation from Cor...	Industrial Crops & Products	/content/drive/My Drive/All SEM/1-s2.0-S092666...	original	501-1000	583.00		10
319	320	1-s2.0-S0926669022000292-main	Low-cost activated carbon preparation from Cor...	Industrial Crops & Products	/content/drive/My Drive/All SEM/1-s2.0-S092666...	original	501-1000	820.00		10

320 rows × 9 columns

## รูปที่ 16 ตัวอย่าง DataFrame ที่จะทำไปใช้เทรนโมเดล

2. ทำการดึงข้อมูลจาก google drive เพื่อที่จะนำภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM) เข้ามาเทรนโมเดลและทำการเลือกโมเดลที่จะใช้ในการทำนายโดยโมเดลที่เลือกคือ EfficientNet ซึ่งในการเทรนโมเดลเราจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มตามจำนวน paper ทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือก 35 paper แบ่งออกเป็น

Training 80% จำนวน 29 paper 628 รูป

Validation 10% จำนวน 3 paper 101 รูป

Test 10% จำนวน 3 paper 101 รูป

จากนั้นจะแบ่งข้อมูลและนำมาพัฒนาโมเดลและเมื่อทำการเทรนโมเดลเรียบร้อยแล้วจะทำการบันทึกโมเดลเป็นไฟล์ .h5 จากนั้นนำไปทดสอบหาค่า predict เพื่อดูว่าผลการทำนายแม่นยำมากน้อยเพียงใดและสรุปผล

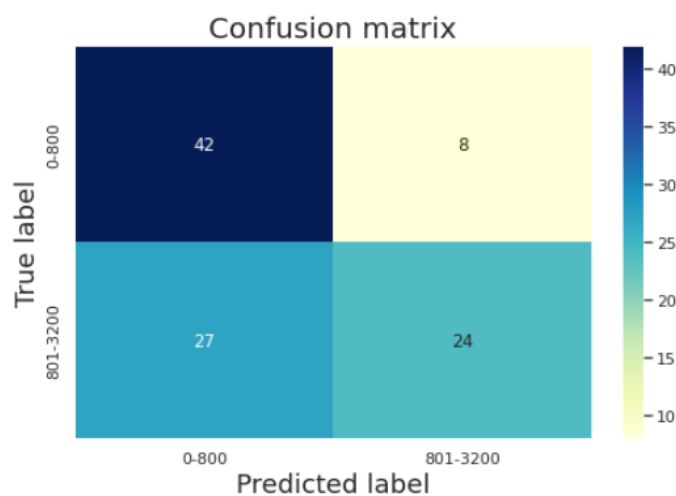
3. ปรับปรุงแบบจำลองการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM)

- ทำการปรับ Learning Rate และทำการ Unfreeze ในการเทรน Model เพื่อ Update Weight พร้อมกันทั้ง Model เพื่อปรับให้ Model มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

### 3.4.3 ผลการพัฒนาโมเดล

ตัวแบบการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งโมเดลออกเป็น Classification 2

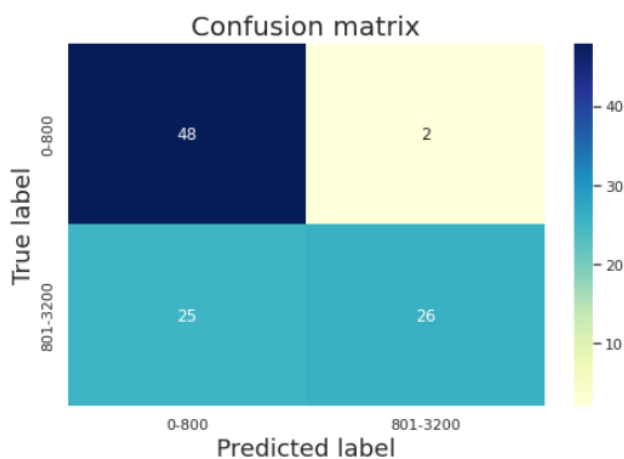
Classification 2 Model



รูปที่ 17 ผล Confusion matrix ของ Classification Model 1

Classification	Accuracy
การทำนายค่า (BET surface area) Model 1	65%

หลังจากเพิ่ม Data เข้ามา 30 รูป พบว่าการทำนายค่า (BET surface area) Model 2 มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น



รูปที่ 18 ผล Confusion matrix ของ Classification Model 2

Classification	Accuracy
การทำนายค่า (BET surface area) Model 2	73%

### 3.4.4 แหล่งที่มาของ Source code

ทีมผู้พัฒนาได้พัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยใช้วิธีการ Transfer Learning ด้วย EfficientNet ของ Keras

### 3.5 ขอบเขตและข้อจำกัดของโปรแกรมที่พัฒนา

1. Input คือ ภาพ Scanning Electron Microscopy (SEM)
2. Output คือค่าของพื้นที่ผิว (BET surface area)

## 4. กลุ่มผู้ใช้โปรแกรม

- นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์
- อุตสาหกรรมที่ใช้วัสดุที่มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ

## 5. ผลของการทดสอบโปรแกรม

จากการทดสอบโปรแกรมพบว่าเมื่อนำภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) เข้าสู่โปรแกรมไปประมวลผลใช้ระยะเวลาโดยประมาณน้อยกว่า 1 วินาทีในการประมวลผลออกมาเป็น class ซึ่งค่าในความแม่นยำของโมเดลจะอยู่ที่ 73%

## 6. ปัญหาและอุปสรรค

ข้อมูลสำหรับการนำมาใช้ในการพัฒนาโมเดลไม่เคยมีการเก็บรวบรวมมาก่อนทั้งไม่มี dataset ที่รวบรวมค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) และภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จึงทำให้ทางผู้พัฒนาต้องใช้ระยะเวลาในการสืบค้นข้อมูลจาก Google scholar ด้วยตนเองและยังต้องใช้เวลาในการคัดแยกเอกสารที่นำไปใช้ในการวิจัย ในส่วนการทำนายใน model Regression มีการทำนายที่ผิดพลาดเนื่องจากข้อมูลมีการกระจายกระจายของค่า พื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ที่มากเกินไป

## 7. แนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ร่วมกับงานอื่นๆในขั้นต่อไป

สามารถนำตัวแบบโมเดลการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ไปพัฒนาต่อโดยเพิ่มข้อมูลของ ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) และภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ให้กับโมเดลได้เรียนรู้รูปภาพใหม่ๆมากขึ้นและเพิ่มความแม่นยำในการทำนายที่สูงขึ้น

## 8. ข้อเสนอแนะ

### ข้อสรุป

การพัฒนาตัวแบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) จากฐานข้อมูลบทความวิจัยด้วยการเรียนรู้เชิงลึกมีวัตถุประสงค์และผลการวิจัยดังนี้

พัฒนาตัวแบบในการทำนายค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) โดยเตรียมข้อมูล ข้อมูล input และ output ถูกนำมาจาก Google Scholar โดยที่ Input จะเป็นภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และ output จะเป็นค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) โดยรวบรวมวิจัยต่างมาทั้งหมด 258 paper ด้วย keyword ได้แก่ carbon nano fiber, biomass, Cnts, Size effect, Supercapacitor, activated carbon จากนั้นทำการคัดเลือกเฉพาะ paper ที่ประกอบด้วยภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) และมีค่าของพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพืชเท่านั้น

มีวิธีการดำเนินงานวิจัยโดยในการเทรนโมเดลเราจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 3 กลุ่มตามจำนวน paper ทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือก 35 paper แบ่งออกเป็น Training 80% จำนวน 29 paper 628 รูป, Validation 10% จำนวน 3 paper 101 รูป , Test 10% จำนวน 3 paper 101 รูป ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งโมเดลออกเป็น Classification 2



Model โดยใน Model Classification ที่ 1 ประกอบด้วยรูป ในการ เทรนทั้งหมด 800 รูป Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่า ค่า Accuracy จะอยู่ที่ 65% และใน Model Classification ที่ 2 ประกอบด้วยรูป ในการ เทรนทั้งหมด 830 รูป Scanning Electron Microscopy (SEM) พบว่าค่า Accuracy ของ Model เพิ่มขึ้นเป็น 75%

### ข้อเสนอแนะ

แบบจำลองนี้สามารถประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ของคาร์บอนจากพีช โดยเรียนรู้จากภาพถ่าย Scanning Electron Microscopy (SEM) ได้แม่นยำในระดับหนึ่ง ซึ่งในอนาคตหากสามารถต่อยอดเพิ่มความแม่นยำในการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) ได้แม่นยำกว่า Model ที่ผู้พัฒนาสร้างจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยที่มีความจำเป็นในการตรวจสอบค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area)

## 9. เอกสารอ้างอิง

มนตรี สว่างพฤษ (2013). นาโนเทคโนโลยีนวัตกรรมของตัวเก็บ พลังงาน: ตัวเก็บประจุไฟฟ้าเคมียิ่งยวด.  
วิศวกรรมสาร มก., 85

สวรยา นาชัย (2021). การศึกษาผลกระทบของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ต่อค่าความจุของตัวเก็บประจุยิ่งยวดจาก  
เส้นใยคาร์บอนจากแบคทีเรียเซลลูโลส

Phosaard,S., Posawang,P. (2018). Classification for Bus Driver's Behaviors Using Text Extraction  
and Machine Learning Technique

Sripaoraya,S., Sinsomboonthong S. (2560). Efficiency Comparison of Data Mining Classification  
Methods for Chronic Kidney Disease: A Case Study of a Hospital in India. Faculty of Science,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Sornpram. (2021). Efficientnet. สืบค้นเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2565 จาก <https://medium.com/super-ai-engineer/>

pavarudh. (2021). Github สืบค้นเมื่อ 24 พฤศจิกายน 2565 จาก <https://km.cc.swu.ac.th/archives/>

Tony607. (2019) EfficientNet-keras. ค้นหาเมื่อ 26 พฤศจิกายน 2565 จาก  
[https://github.com/Tony607/efficientnet\\_keras\\_transfer\\_learning](https://github.com/Tony607/efficientnet_keras_transfer_learning)

## 10. สถานที่ติดต่อของผู้พัฒนาและอาจารย์ที่ปรึกษา โทรศัพท์มือถือ email

ผู้พัฒนาโครงการ

1. นายชยากร จันทร์ลูน

มือถือ: 0973199774

E-mail: [chayakonch@kkumail.com](mailto:chayakonch@kkumail.com)

2. นายกิตติคุณ เกียรติศักดิ์ศิริ

มือถือ: 0973198481

E-mail: [kittikhun.kiattisaksiri@kkumail.com](mailto:kittikhun.kiattisaksiri@kkumail.com)

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ดร. ธนพงศ์ อินทร์

มือถือ: 06385806633

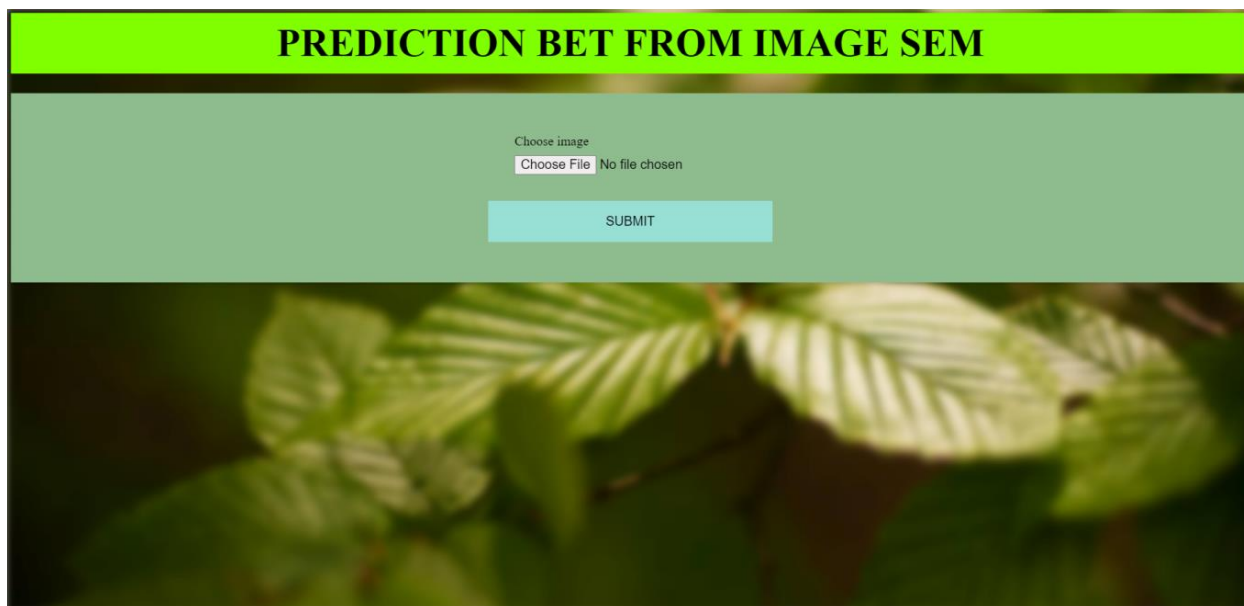
E-mail: [thanin@kku.ac.th](mailto:thanin@kku.ac.th)

สถานที่ติดต่อ : ชั้น 4 อาคาร SC06 หลักสูตรสารสนเทศสถิติ สาขาวิชาสถิติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
โทรศัพท์ 043-202-375(44492) เลขที่ 123 ถ.มิตรภาพ ม.16 ต.ในเมือง อ.เมืองขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

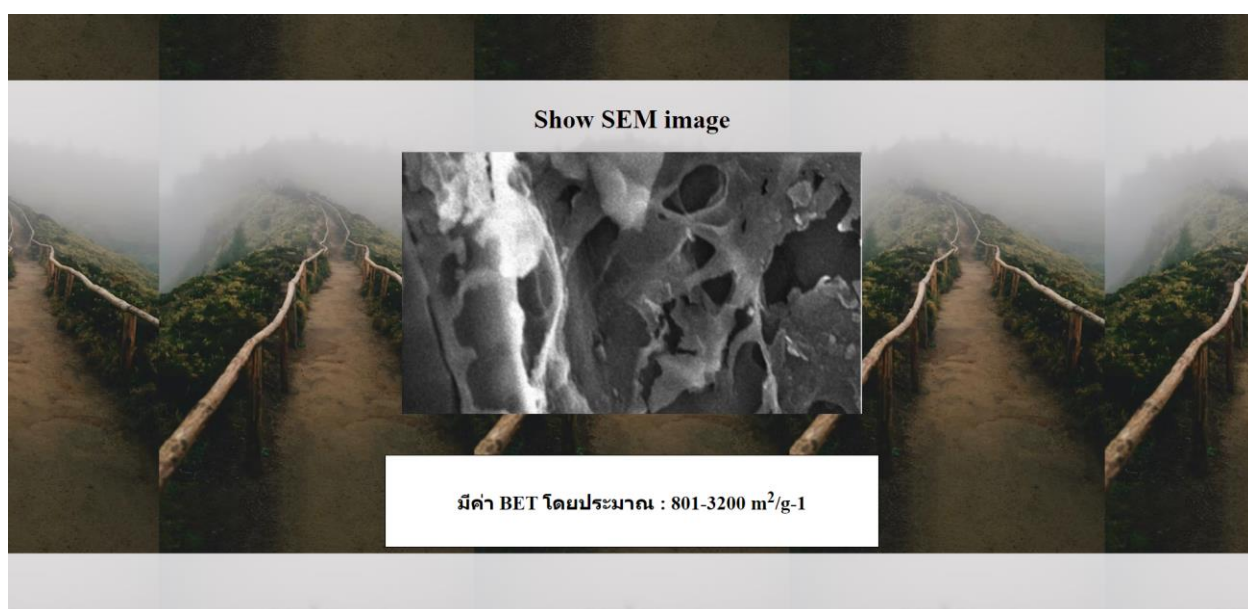
## 11. ภาคผนวก

คู่มือการใช้งานอย่างละเอียด

1. คลิกเลือก Select SEM Picture เพื่อเลือกรูปภาพที่ต้องการจะตรวจสอบค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area)



2. แสดงผลการประมาณค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (BET surface area) พร้อมกับแนบรูป SEM ที่นำเข้ามา



### ข้อตกลงในการใช้ซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์นี้เป็นผลงานที่พัฒนาขึ้นโดย นายชยากร จันทร์ลุน และ นายกิตติคุณ เกียรติศักดิ์ศิริ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่นภายใต้การดูแลของ อ.ดร. ธนพงศ์ อินทระ ภายใต้โครงการ โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทยครั้งที่ 25 (NSC 2023) ซึ่งสนับสนุนโดย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนและนักศึกษาได้เรียนรู้และฝึกทักษะในการพัฒนาซอฟต์แวร์ ลิขสิทธิ์ของซอฟต์แวร์นี้จึงเป็นของผู้พัฒนา ซึ่งผู้พัฒนาได้อนุญาตให้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เผยแพร่ซอฟต์แวร์นี้ตาม “ต้นฉบับ” โดยไม่มีการแก้ไขดัดแปลงใด ๆ ทั้งสิ้น ให้แก่บุคคลทั่วไปได้ใช้เพื่อประโยชน์ส่วนบุคคลหรือประโยชน์ทางการศึกษาที่ไม่มีวัตถุประสงค์ในเชิงพาณิชย์ โดยไม่คิดค่าตอบแทน การใช้ซอฟต์แวร์ ดังนั้น สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ จึงไม่มีหน้าที่ในการดูแล บำรุงรักษา จัดการอบรมการใช้งาน หรือพัฒนาประสิทธิภาพของซอฟต์แวร์ ตลอดจนไม่รับประกันความเสียหายต่าง ๆ อันเกิดจากการใช้ซอฟต์แวร์นี้ทั้งสิ้น

## รายละเอียดผลงานที่เข้าร่วมการแข่งขัน (จำเป็นต้องตอบทุกข้อ)

### 1) เป็นการพัฒนาต่อยอดผลงานหรือไม่

☐ ต่อยอดจากผลงานเดิม (โปรดระบุชื่อผลงานเดิม)

☒ พัฒนาใหม่

### 2) เป็นผลงานที่มีเป้าหมายเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals –SDGs) ด้านใด (เลือกข้อที่ตรงที่สุด)

☐ No Poverty ขจัดความยากจนทุกรูปแบบทุกสถานที่

☐ Zero Hunger ขจัดความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหาร ส่งเสริมเกษตรกรรมอย่างยั่งยืน

☐ Good Health and well-being รับรองการมีสุขภาพ และความเป็นอยู่ที่ดีของทุกคนทุกช่วงอายุ

☐ Quality Education รับรองการศึกษาที่เท่าเทียมและทั่วถึง ส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิตแก่ทุกคน

☐ Gender Equality บรรลุความเท่าเทียมทางเพศ พัฒนาศักยภาพสตรีและเด็กผู้หญิง

☐ Clean Water and Sanitation รับรองการมีน้ำใช้การจัดการน้ำและสุขาภิบาลที่ยั่งยืน

☐ Affordable and Clean Energy รับรองการมีพลังงาน ที่ทุกคนเข้าถึงได้ เชื่อถือได้ยั่งยืน ปลอดภัย

☐ Decent Work and Economic Growth ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ต่อเนื่องครอบคลุมและยั่งยืน การจ้างงานที่มีคุณค่า

☒ Industry Innovation and Infrastructure พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง ส่งเสริมการปรับตัวให้เป็นอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืนทั่วถึง และสนับสนุนนวัตกรรม

☐ Reduced Inequalities ลดความเหลื่อมล้ำทั้งภายในและระหว่างประเทศ

☐ Sustainable Cities and Communities ทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความปลอดภัย ทั่วถึง พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง และการพัฒนาอย่างยั่งยืน

☐ Responsible Consumption and Production รับรองแผนการบริโภค และการผลิตที่ยั่งยืน

☐ Climate Action ดำเนินมาตรการเร่งด่วนเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบ

☐ Life Below Water อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทรและทรัพยากรทางทะเล เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน

☐ Life on Land ปกป้อง ปันฟู และส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากระบบนิเวศทางบกอย่างยั่งยืน

☐ Peace and Justice Strong Institutions ส่งเสริมสังคมสงบสุข ยุติธรรม ไม่แบ่งแยกเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

☐ Partnerships for the Goals สร้างพลังแห่งการเป็นหุ้นส่วน ความร่วมมือระดับสากลต่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

3) คาดว่าผลงานที่เข้าร่วมการแข่งขัน จะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยี

(Technology Readiness Level: TRLs) อยู่ในระดับใด

ช่วงงานวิจัยพื้นฐาน (Basic research)

- ☐ TRL 1 ระดับงานวิจัยพื้นฐาน (Scientific Research)
- ☐ TRL 2 ระดับงานวิจัยประยุกต์ (Applied Research)
- ☒ TRL 3 ระดับการพิสูจน์แนวคิดของ เทคโนโลยี (Proof of Concept)

ช่วงการพัฒนาต้นแบบ (Prototype development)

- ☐ TRL 4 ระดับเทคโนโลยีมีความ เที่ยงตรง (Validation)
- ☐ TRL 5 ระดับเทคโนโลยีเพื่อการใช้งาน (Application)
- ☐ TRL 6 ระดับต้นแบบห้องปฏิบัติการ (Lab Test Prototype)
- ☐ TRL 7 ระดับทดสอบกับ Lead User (Lead User Test)

ช่วงการผลิตหรือการใช้งานต่อเนื่อง (Product on shelf)

- ☐ TRL 8 ระดับการผลิตต้นแบบ (Pilot Production)
- ☐ TRL 9 ระดับการผลิตเชิงอุตสาหกรรม (Mass Production)

4) มีการถ่ายทอดผลงานหรือทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มเป้าหมายในพื้นที่เพื่อการใช้ประโยชน์หรือไม่

☒ ไม่มี เนื่องจาก อยู่ในระหว่างพัฒนา Web Application

☐ มี (โปรดระบุพื้นที่ หรือกลุ่มเป้าหมาย \_\_\_\_\_)