**การสร้างงานศิลปะมัลติมีเดียเชิงพาณิชย์โดยการฝึกสอน  
โครงข่ายประสาทเทียม**

**COMMERCIAL MULTIMEDIA ARTS GENERATION BY TRAINING NEURAL NETWORK**

**โดย**

**ภาสกร นุชิตขจรวุฒิ  
PASSAKORN NUCHITKACHORNWUT**

**อนุชา เว่ย  
ANUCHA WEI**

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2564**

**COMMERCIAL MULTIMEDIA ARTS GENERATION BY TRAINING NEURAL NETWORK**

**PASSAKORN NUCHITKACHORNWUT**

**ANUCHA WEI**

**A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF   
SCIENCE PROGRAM IN INFORMATION TECHNOLOGY  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2 / 2021**

**COPYRIGHT 2021  
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
KING MONGKUT’S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ประจำปีการศึกษา 2564**

**คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**เรื่อง การสร้างงานศิลปะมัลติมีเดียเชิงพาณิชย์โดยการฝึกสอนโครงข่าย**

**ประสาทเทียม**

**COMMERCIAL MULTIMEDIA ARTS GENERATION BY TRAINING NEURAL NETWORK**

**ผู้จัดทำ**

**1. นายภาสกร นุชิตขจรวุฒิ รหัสนักศึกษา 61070164**

**2. นายอนุชา เว่ย รหัสนักศึกษา 61070257**

**.......................................อาจารย์ที่ปรึกษา**

**(รองศาสตราจารย์.ดร. พรฤดี เนติโสภากุล)**

**ใบรับรองโครงงาน (PROJECT)**

**เรื่อง**

**การสร้างงานศิลปะมัลติมีเดียเชิงพาณิชย์โดยการฝึกสอนโครงข่าย**

**ประสาทเทียม**

**COMMERCIAL MULTIMEDIA ARTS GENERATION BY TRAINING NEURAL NETWORK**

**นายภาสกร นุชิตขจรวุฒิ รหัสนักศึกษา 61070164**

**นายอนุชา เว่ย รหัสนักศึกษา 61070257**

**ขอรับรองว่ารายงานฉบับนี้ ข้าพเจ้าไม่ได้คัดลอกมาจากที่ใด**

**รายงานฉบับนี้ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของ**

**การศึกษาวิชาโครงงาน หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีสารสนเทศ)**

**ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564**

**………………………………..**

**(นายภาสกร นุชิตขจรวุฒิ)**

**………………………………..**

**(นายอนุชา เว่ย)**

**หัวข้อโครงงาน** การสร้างงานศิลปะมัลติมีเดียเชิงพาณิชย์โดยการฝึกสอน

โครงข่ายประสาทเทียม

**นักศึกษา** นายภาสกร นุชิตขจรวุฒิ รหัสนักศึกษา 61070164

นายอนุชา เว่ย รหัสนักศึกษา 61070257

**ปริญญา** วิทยาศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา**  เทคโนโลยีสารสนเทศ

**ปีการศึกษา** 2564

**อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์.ดร. พรฤดี เนติโสภากุล

**บทคัดย่อ**

ในปัจจุบัน เทคโนโลยี Blockchain ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดการขายผลงานศิลปะในช่องทางใหม่ ซึ่งนำมาขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT) อีกทั้งเทคโนโลยี Machine Learning มีการประยุกต์ใช้ในการสร้างงานศิลปะ ผู้จัดทำจึงสนใจในการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาฝึกสอนเพื่อสร้างผลงานศิลปะ และทดลองนำไปวางขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT) และศึกษาผลตอบรับจากการขาย ซึ่งมีผลการทดลองที่โครงข่ายประสาทเทียมสามารถสร้างรูปภาพศิลปะ และเสียงเพลงออกมาได้ ในขณะที่การทำภาพเคลื่อนไหวยังมีคุณภาพไม่ดีเท่าที่ควร

**Project Title** COMMERCIAL MULTIMEDIA ARTS GENERATION BY   
TRAINING NEURAL NETWORK

**Students** Mr. Passakorn Nuchitkachornwut Student ID 61070164

Mr. Anucha Wei Student ID 61070257

**Degree** Bachelor of Science

**Program** Information Technology

**Academic Year** 2021

**Advisor** Assoc. Prof. Dr. Ponrudee Netisopakul

**ABSTRACT**

Nowadays, blockchain is prevalent. It makes new way to sell arts as Non-Fungible Token (NFT). In addition, machine learning has ability to create arts. Therefore, we are interested in practicing neural networks to create arts, selling arts as Non-Fungible Token (NFT) and studying the feedback after selling. The results from the neural networks as pictures and music are acceptable, but the results as animation are unacceptable.

**กิตติกรรมประกาศ**

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถประสบผลสำเร็จ ได้เป็นอย่างดี ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์.ดร. พรฤดี เนติโสภากุล ซึ่งเป็นผู้ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการดำเนินงาน และช่วยเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเมื่อเจออุปสรรค อีกทั้งยังตรวจสอบความเหมาะสมและความก้าวหน้าของปริญญานิพนธ์ตลอดทั้งโครงงาน

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่าน ที่เป็นคณะกรรมการในการตรวจสอบความสำเร็จของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ และสั่งสอนและแนะนำเพื่อให้เกิดการแก้ไขและพัฒนาโครงงานจนสำเร็จ ตลอดจนถึงการนำแนวคิดและความรู้ไปใช้ในการทำงานในอนาคต

ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อนในคณะที่ช่วยเหลือ รุ่นพี่ที่คอยแนะนำแนวทาง รวมไปถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ได้ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ความเข้าใจ และให้กำลังใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนประสบผลสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ภาสกร นุชิตขจรวุฒิ

อนุชา เว่ย

**สารบัญ**

หน้า

บทคัดย่อ I

ABSTRACT II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

บทที่

1.[บทนำ 1](#_Toc88419436)

[1.1 ที่มาและความสำคัญ 1](#_Toc88419437)

[1.2 วัตถุประสงค์ 1](#_Toc88419438)

[1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1](#_Toc88419439)

[1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 2](#_Toc88419440)

[1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2](#_Toc88419441)

[1.6 ศัพท์นิยามเฉพาะที่ใช้ในโครงงาน 2](#_Toc88419442)

2.[ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4](#_Toc88419443)

[2.1 โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพศิลปะ 4](#_Toc88419445)

[2.2 โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเสียงเพลง 6](#_Toc88419446)

[2.3 โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว 6](#_Toc88419447)

[2.4 เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม 6](#_Toc88419448)

[2.5 Non-Fungible Token 7](#_Toc88419449)

[2.6 ตัวอย่างผลงาน NFT จาก Artificial Intelligence 11](#_Toc88419450)

**สารบัญ (ต่อ)**

หน้า

3.[วิธีการดำเนินการวิจัย 14](#_Toc88419451)

[3.1 ภาพรวมกระบวนการดำเนินงาน 14](#_Toc88419453)

[3.2 กำหนดรูปแบบผลงานที่ต้องการสร้าง 16](#_Toc88419454)

[3.3 นำโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการสร้างผลงานมาประยุกต์ใช้ 17](#_Toc88419455)

[3.4 ค้นหาชุดข้อมูลและปรับโครงสร้างให้สามารถนำมาใช้กับโครงข่ายประสาทเทียม 19](#_Toc88419456)

[3.5 ค้นหาผู้ให้บริการในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม 29](#_Toc88419457)

[3.6 ตรวจสอบผลลัพธ์จากโครงข่ายประสาทเทียม 29](#_Toc88419458)

[3.7 ช่องทางการขายผลงานในรูปแบบ Non-Fungible Token(NFT) และการศึกษาผลตอบรับจากการขาย 31](#_Toc88419459)

4.[ผลการทดลอง 34](#_Toc88419460)

[4.1 ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างรูปภาพ 34](#_Toc88419462)

[4.2 ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลง 58](#_Toc88419463)

[4.3 ผลตอบรับต่อเสียงเพลงที่โครงข่ายประสาทเทียมแต่งขึ้น 60](#_Toc88419464)

[4.4 ผลการตรวจสอบผลลัพธ์ประเภทรูปภาพจากโครงข่ายประสาทเทียม 70](#_Toc88419465)

[4.5 ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว 72](#_Toc88419466)

5.[วิเคราะห์และสรุปผล 74](#_Toc88419467)

[5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 74](#_Toc88419469)

[5.2 ปัญหาและอุปสรรค 74](#_Toc88419470)

[5.3 แนวทางการพัฒนาโครงงาน 75](#_Toc88419471)

[บรรณานุกรม 76](#_Toc88419472)

[ประวัติผู้เขียน 80](#_Toc88419473)

**สารบัญรูป**

หน้า

รูปที่

2.1 แผนภาพโครงสร้างการทำงานของ Generative Adversarial Networks (GANs) 5  
2.2 ตัวอย่างผลงาน Create NFT Art จาก nightcafe.studio 11  
2.3 ตัวอย่างผลงาน Style Transfer จากผลงานวิจัยของ NVIDIA 12  
2.4 ตัวอย่างผลงานศิลปะ NFT ที่สร้างจากวิธีการ text-to-image โดย art-ai.com 12  
2.5 ตัวอย่างผลงานศิลปะ NFT ที่สร้างจาก AI โดย AIMade.Art 13  
3.1 แผนภาพการทำงานภาพรวมของกระบวนการดำเนินงาน 15  
3.2 ตัวอย่างขั้นตอนที่ 1 เพื่อสร้างแต่ละองค์ประกอบที่ต้องการ 16  
3.3 ตัวอย่างขั้นตอนที่ 2 เพื่อรวมองค์ประกอบภาพและสร้างภาพเคลื่อนไหว 17  
3.4 Flowchart การปรับชุดข้อมูลให้ตรงกับ input ของโครงข่ายประสาทเทียม 22  
3.5 Flowchart ในการปรับข้อมูล abc notation เพื่อให้มีรูปแบบใกล้เคียงกัน 23  
3.6 ตัวอย่างเฟรมภาพเคลื่อนไหวของชุดข้อมูล Animation Dataset 25  
3.7 Flowchart การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเฟรมชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหว 26  
3.8 กราฟแสดงข้อมูลจำนวนเฟรมของชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหว 27  
3.9 Flowchart การคัดเลือกชุดข้อมูลให้สอดคล้องกับค่ากลางของจำนวนเฟรม 28  
3.10 Flowchart การตรวจสอบความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพผลลัพธ์กับชุดข้อมูล 30  
4.1 กราฟผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วในการฝึกชุดข้อมูลของแต่ละโครงข่าย 57  
4.2 กราฟผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วของโครงข่ายในการฝึกแต่ละชุดข้อมูล 58

**สารบัญตาราง**

หน้า

ตารางที่

3.1 ตารางจำนวนรอบการทำงานของการทดสอบแต่ละโครงข่าย 18  
3.2 ตารางสรุปชุดข้อมูล 19  
3.3 ตารางการจัดการ Header ของข้อมูลเพลงในรูปแบบ abc notation 24  
3.4 ตารางแสดงรูปแบบเหรียญที่แต่ละ Chain รับรอง 31  
3.5 ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการเสียค่าธรรมเนียมของแต่ละ Chain 32  
3.6 ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการวางขายผลงาน 32  
3.7 ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการตอบกลับระหว่างผู้ซื้อ-ผู้ขายรับ 33  
4.1 ตารางแสดงชื่อย่อของโครงข่ายประสาทเทียม 34  
4.2 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_birds 35  
4.3 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_flowers 39  
4.4 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_butterflies 42  
4.5 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myBirds 46  
4.6 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myFlowers 50  
4.7 ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myButterflies 53  
4.8 ผลลัพธ์การฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลงในรูปแบบ abc notation ครั้งที่ 1 59  
4.9 ผลลัพธ์การฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลงในรูปแบบ abc notation ครั้งที่ 2 60  
4.10 เพลงที่ถูกคัดเลือกมาเพื่อทำแบบสอบถาม 61  
4.11 ผลลัพธ์จากแบบสอบถามในแต่ละเพลงที่ผู้วิจัยคัดเลือกมา 68  
4.12 ตารางแสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบภาพที่คล้ายกับภาพจากชุดข้อมูล 70  
4.13 ตารางแสดงผลลัพธ์การคาดการณ์เฟรมของภาพเคลื่อนไหว 73

**บทที่ 1**

# บทนำ

## ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เป็นที่นิยมในหลากหลายสายงาน รวมทั้งสายงานศิลปะ ซึ่งมีการนำโครงข่ายประสาทเทียมมาพัฒนาและฝึกเพื่อให้สามารถสร้างภาพขึ้นมาได้เอง เช่น ภาพวาดในรูปแบบงานของ Van Gogh ภาพใบหน้าบุคคลจริงในรูปแบบการ์ตูน ภาพใบหน้าเข้าไปแทนที่ในรูปภาพใบหน้าของบุคคลดัง วิดีโอการเลียนแบบการขยับท่าทาง การระบายสีบนรูปภาพด้วยปัญญาประดิษฐ์ เป็นต้น อีกทั้งความนิยมของ Cryptocurrency ในปัจจุบัน จึงมีการนำผลงานศิลปะมาวางขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT) ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยี Blockchain มายืนยันกรรมสิทธิ์ของผลงานศิลปะชิ้นนั้น

เทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้นได้มีส่วนเกี่ยวข้องกับสายงานศิลปะมากขึ้น ผู้จัดทำจึงเกิดแนวคิดในการสร้างผลงานศิลปะในรูปแบบใหม่จากการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้เกิดภาพศิลปะที่มีการเคลื่อนไหวและเสียงดนตรีประกอบขึ้นมา และนำมาวางขายในรูปแบบ NFT ซึ่งเป็นช่องทางใหม่ในการวางขายผลงานศิลปะในปัจจุบัน

## วัตถุประสงค์

* + 1. เพื่อศึกษาและฝึกโครงข่ายประสาทเทียมในการสร้างภาพที่มีการเคลื่อนไหว และเสียงเพลงประกอบ
    2. เพื่อศึกษาตลาดงานศิลปะที่เกิดจากปัญญาประดิษฐ์ที่วางขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT)

## ขอบเขตของโครงงาน

ใช้โมเดลของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีอยู่แล้วมาทำการฝึกโดยปรับเปลี่ยนชุดข้อมูลในการฝึกให้เหมาะสมกับโครงงาน เพื่อให้ได้ภาพวาดที่มีการเคลื่อนไหวและเสียงเพลงประกอบ และนำไปขายบนเว็บไซต์ที่เปิดขายผลงานในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT)

## ขั้นตอนการดำเนินงาน

* + 1. กำหนดรูปแบบผลงานศิลปะที่ต้องการสร้าง
    2. ศึกษาหลักการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการสร้างภาพวาดและเสียงเพลง เช่น Generative Adversarial Network (GAN) เพื่อใช้ในการเตรียมข้อมูลในการฝึก
    3. ค้นหาชุดข้อมูลในรูปแบบภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว และเสียงเพลง เพื่อนำมาใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม
    4. ค้นหาผู้ให้บริการในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อประสิทธิภาพของการฝึกในแง่ของเวลาที่ใช้
    5. นำผลงานที่ได้มาตรวจสอบเพื่อปรับปรุงและพัฒนาชุดข้อมูลหรือโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีขึ้น
    6. หาช่องทางการขายผลงานในรูปแบบ Non-Fungible Token(NFT) และนำผลงานที่ได้จากฝึกโครงข่ายประสาทเทียมมาวางขาย และศึกษาผลตอบรับจากการขาย

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

* + 1. ได้โมเดลโครงข่ายประสาทเทียมที่สามารถสร้างผลงานศิลปะโดยสามารถสร้างภาพวาด ได้หลากหลายรูปแบบ มีการขยับเคลื่อนไหว และมีเสียงเพลงประกอบ
    2. เกิดการประยุกต์เทคโนโลยี เข้ากับศิลปะหลายด้านที่นำมารวมกัน ได้แก่ รูปแบบของภาพวาด การเคลื่อนไหว และเสียงเพลง
    3. ได้ศึกษาผลตอบรับของการศิลปะ ที่สร้างโดยปัญญาประดิษฐ์ในตลาดงานรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT)

## ศัพท์นิยามเฉพาะที่ใช้ในโครงงาน

* + 1. โครงข่ายประสาทเทียม ( Artificial Neural Network ) เป็นหนึ่งในศาสตร์ของปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งมีรูปแบบการทำงานเลียนแบบมาจากการทำงานของสมองมนุษย์ทำงานโดยการรับข้อมูลมาสู่หน่วยประมวลผล เรียกว่า นิวรอน ซึ่งมีจำนวนมากและมีการปรับตัว ไม่เป็นเชิงเส้น และทำงานแบบขนาน [1]
    2. Non-Fungible Token (NFT) คือ Token ที่ไม่สามารถถูกทำซ้ำหรือคัดลอกได้ ซึ่งจะทำการผูกผลงาน เช่น งานศิลปะ เพลง วิดีโอ สิ่งของภายในเกม ไว้กับ Token นั้น ส่งผลให้เป็นการยืนยันผลงานว่าผลงานนั้นมีสิ่งเดียว ซึ่งเป็นผลงานดิจิทัลในรูปแบบ “สินทรัพย์เหรียญดิจิทัล” ที่อยู่บนระบบ Blockchain [2]

**บทที่ 2**

# ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ ผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแบ่งเป็นหัวข้อ ดังนี้

1. โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพศิลปะ
2. โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเสียงเพลง
3. โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว
4. เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม
5. Non-Fungible Token
6. ตัวอย่างผลงาน NFT จาก Artificial Intelligence

## โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพศิลปะ

Generative Adversarial Networks (GANs) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้รับความนิยมในแง่ของการสร้างผลลัพธ์ลอกเลียนแบบชุดข้อมูลที่ให้โครงข่ายประสาทเทียมฝึก โดยประกอบด้วยสองโครงข่าย ได้แก่ Generator ซึ่งมีหน้าที่สร้างข้อมูลจาก noise และ Discriminator ซึ่งมีหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลจาก Generator เพื่อคัดแยกว่าเป็นข้อมูลจริงหรือข้อมูลปลอมที่ถูก Generator สร้างขึ้นมา

หลักการทำงานของ GANs คือการให้โครงข่ายทั้งสองเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ฝ่าย Generator จะสร้างข้อมูลจาก noise ขึ้นมาจำนวนหนึ่ง และฝ่าย Discriminator จะทำการตรวจสอบคัดแยกว่าข้อมูลเป็นของจริงหรือเป็นของปลอมที่ถูก Generator สร้างขึ้นมา ซึ่งฝ่าย Generator จะเรียนรู้จากข้อมูลที่ Discriminator ทำการคัดแยกไว้และทำการเลือกข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับของจริงมากที่สุด และทำการสร้างข้อมูลชุดใหม่ให้ใกล้เคียงกับข้อมูลนั้น ในทางกลับกัน ฝ่าย Discriminator ก็จะเรียนรู้โดยการหาเหตุผลที่ทำให้คัดเลือกข้อมูลใด ๆ ให้เป็นข้อมูลจริง เพื่อนำไปปรับปรุงการคัดเลือกข้อมูลจริงในการทำงานครั้งถัดไป การทำงานของทั้งสองโครงข่ายจะเป็นการทำซ้ำดังนี้ไปเพื่อเป็นการพัฒนาโครงข่ายทั้งสองไปพร้อมกัน ซึ่งหลักการทำงานอาจผิดไปจากที่คาดหากมีโครงข่ายฝั่งใดฝั่งหนึ่งพัฒนาได้ดีกว่าอีกโครงข่ายหนึ่ง จะส่งผลให้โครงข่ายฝั่งที่ด้อยกว่าไม่สามารถเรียนรู้เพิ่มเติมจากอีกโครงข่ายได้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 2.1** แผนภาพโครงสร้างการทำงานของ Generative Adversarial Networks (GANs)

เนื่องจาก GANs มีความสามารถในการพยายามสร้างข้อมูลให้ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงได้ จึงมีการนำมาประยุกต์การใช้งานในหลายด้าน เช่น การขยายขนาดของรูปภาพ การสร้างภาพวาดให้เหมือนรูปแบบการวาดของศิลปิน การนำภาพหรือวิดีโอของบุคคลหนึ่งเข้าไปแทนที่การกระทำอีกของอีกบุคคลหนึ่งซึ่งเรียกว่า Deepfakes

GANs ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้หลากหลายแบบในการสร้างภาพศิลปะ เช่น

* + 1. **Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGANs)**

DCGANs เป็นการนำ Convolutional Networks (CNNs) มาทำงานในรูปแบบที่ไม่มีผู้สอน ที่เรียกว่า unsupervised learning โดยการนำชุดข้อมูลประเภทรูปภาพที่หลากหลายมาทำการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งทั้ง Generator และ Discriminator สามารถเรียนรู้ลำดับชั้นของสิ่งของไปจนถึงฉากของภาพ [17]

* + 1. **Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks (StyleGAN)**

StyleGAN เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ความรู้จาก Neural Style Transfer ซึ่งส่งผลให้ StyleGAN มีความสามารถในการคัดแยกคุณลักษณะภายในรูปภาพได้ ดังเช่นการคัดแยกโครงหน้า การแสดงออกทางสีหน้า ริ้วรอยบนใบหน้า เส้นผม สีผม สีผิว จากรูปภาพใบหน้าของบุคคล ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ออกมาสามารถสร้างความหลากหลายของรูปภาพได้ [18]

* + 1. **Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks (pix2pix cGAN)**

โครงข่ายประสาทเทียม pix2pix cGAN เป็นโครงข่ายที่พัฒนามาจาก Conditional Adversarial Network ซึ่งเป็น GANs สามารถสร้างผลลัพธ์ได้โดยมีการกำหนดอินพุตเพื่อควบคุมการปรับโครงสร้างรูปภาพ ซึ่งต่างจาก DCGANs ที่สร้างผลลัพธ์จากข้อมูลสุ่ม โดย pix2pix cGAN จะเรียนรู้ข้อมูลอินพุตควบคู่ไปกับรูปภาพจริงและรูปภาพผลลัพธ์ โดยโครงข่าย generator จะสร้างรูปภาพผลลัพธ์จากข้อมูลอินพุต และนำรูปภาพผลลัพธ์ควบคู่ไปกับข้อมูลอินพุตไปให้โครงข่าย discriminator เรียนรู้ภาพที่ถูกโครงข่าย generator สร้างขึ้น รวมถึงให้ discriminator เรียนรู้ภาพข้อมูลจริงควบคู่ไปกับข้อมูลอินพุต ซึ่งมีโครงสร้างการทำงานตามรูปที่ 2.2

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

**รูปที่ 2.2** แผนภาพโครงสร้างการทำงานของ pix2pix cGAN

## โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเสียงเพลง

Recurrent Neural Networks (RNNs) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมกับข้อมูลที่มีลำดับ เช่น เพลง วิดีโอ ข้อความ ซึ่งมีหลักการทำงานคือการนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณมาเป็นข้อมูลขาเข้าอีกครั้ง ซึ่งทำให้ RNNs สามารถทำนายผลลัพธ์ที่จะเกิดในลำดับถัดไปได้จากข้อมูลในลำดับก่อนหน้า ซึ่งการนำ RNNs มาประยุกต์กับการสร้างเสียงเพลง มีตัวอย่าง เช่น จาก MIT 6.S191: Introduction to Deep Learning [15] ได้มีแบบฝึกหัดให้ฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมประเภท RNNs เพื่อให้สร้างเสียงเพลงขึ้นมา

## โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว

ภาพเคลื่อนไหวคือการนำภาพนิ่งนำมาเรียงต่อกัน จึงสามารถประยุกต์ได้หลายวิธีการเพื่อสร้างลำดับภาพให้เรียงต่อเนื่องกันจนเป็นภาพเคลื่อนไหว เช่น การใช้วิธีคาดการณ์เฟรมต่อไปที่จะเกิดขึ้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม Convolution LSTM [30] หรือการคาดการณ์เฟรมที่อยู่ระหว่างเฟรมก่อนหน้าและเฟรมถัดไป เพื่อทำให้ภาพเคลื่อนไหวมีจำนวนเฟรมภาพต่อวินาทีมากขึ้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม Real-Time Intermediate Flow Estimation for Video Frame Interpolation (RIFE) [35]

* + 1. **Convolution LSTM**

Convolution LSTM เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่สร้างภาพเคลื่อนไหวโดยการเรียนรู้จำนวนเฟรมภาพที่ต่อเนื่องกัน และนำมาสร้างภาพเคลื่อนไหวที่มีจำนวนเฟรมมากขึ้นโดยการใช้จำนวนเฟรมก่อนหน้ามาเป็นอินพุตและทำการคาดการณ์เฟรมต่อไปที่จะเกิดขึ้น

* + 1. **Real-Time Intermediate Flow Estimation for Video Frame Interpolation (RIFE)**

RIFE เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่มีจุดประสงค์เพื่อสร้างเฟรมระหว่างสองเฟรมที่มีอยู่ หรือเรียกว่า Video Frame Interpolation (VFI) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้หลายจุดประสงค์ เช่น การสร้างภาพเคลื่อนไหวแบบ slow-motion หรือการบีบอัดวิดีโอให้มีขนาดเล็กลง

## เครื่องมือที่ใช้ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม

* + 1. **ฮาร์ดแวร์**

ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม ต้องใช้ทรัพยากรทางด้านฮาร์ดแวร์ที่มีความรวดเร็วในการประมวลผล เพื่อประสิทธิภาพในด้านเวลา การใช้ฮาร์ดแวร์ในคอมพิวเตอร์ทั่วไปทำให้ใช้เวลาในการฝึกมากเกินควร ผู้จัดทำจึงหาผู้ให้บริการด้าน Machine Learning ในรูปแบบ Cloud-Computing ซึ่ง Google Colaboratory มีการเปิดให้บริการในการใช้ GPU ซึ่งประมวลผลได้รวดเร็วกว่า CPU

* + - 1. **Google Colaboratory**

Google Colaboratory สามารถให้ผู้ใช้งานเรียกใช้ Python ได้บนเบราว์เซอร์ และสามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นเห็นหรือแก้ไขได้ โดยการทำงานจะทำงานบนเซิร์ฟเวอร์ระบบ Cloud ของ Google ซึ่งจะดึงประสิทธิภาพจากฮาร์ดแวร์ GPU หรือ TPU ของ Google ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์ที่เรียกใช้งานผ่านเบราว์เซอร์ [19]

* + 1. **ซอฟต์แวร์**

ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม จำเป็นต้องใช้ไลบรารีทางด้าน Machine Learning เข้ามาช่วยในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมและทำการฝึก ซึ่งมีไลบรารีที่ช่วยทำงานด้านนี้ เช่น TensorFlow และ PyTorch รวมถึงไลบรารีในการจัดการรูปภาพ เพื่อใช้ในการจัดการชุดข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมฝึก เช่น PILLOW

* + - 1. **TensorFlow**

TensorFlow เป็นไลบรารีสำหรับพัฒนา Machine Learning โดยเป็นไลบรารี Open source ในรูปแบบ Apache 2.0 ซึ่งสามารถนำไปใช้ในด้านการค้าได้ [20]

* + - 1. **PyTorch**

PyTorch คือ แพ็กเกจที่มีจุดประสงค์เพื่อดึงประสิทธิภาพในการใช้งาน GPU และเพื่อเป็นไลบรารีซึ่งไปใช้ทำโครงข่ายประสาทเทียม [21]

* + - 1. **PILLOW**

PILLOW คือ ไลบรารีสำหรับจัดการรูปภาพโดยใช้ภาษา Python ซึ่งสามารถอ่านไฟล์ประเภทรูปภาพ แก้ไขรายละเอียดของรูปภาพ และเขียนไฟล์เพื่อจัดเก็บ โดยมีคำสั่งสำเร็จรูปมากมายซึ่งส่งผลให้การจัดการรูปภาพได้อย่างสะดวก

## Non-Fungible Token

Non-Fungible Token (NFT) เป็น Cryptocurrency ประเภทหนึ่งที่ใช้บ่งบอกความเป็นเจ้าของของสินทรัพย์ต่าง ๆ ทางดิจิทัลที่ทำงานอยู่บน Blockchain ถือเป็นกรรมสิทธิ์ของสินทรัพย์ที่ใช้เป็นตัวแทนในการบ่งบอกว่าสินทรัพย์นี้เป็นของผู้ใด ถึงแม้ผู้นั้นจะไม่มีตัวสินทรัพย์นั้นในรูปแบบที่จับต้องได้ก็ตาม โดย NFT สามารถซื้อขายหรือแลกเปลี่ยนเพื่อโอนย้ายกรรมสิทธิ์ได้ โดยสินทรัพย์ที่สามารถนำมาซื้อขายเป็น NFT ส่วนใหญ่จะเป็นของที่หายาก เช่น งานศิลปะต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น รูปภาพ, เพลง, การ์ตูน หรือแม้กระทั่งเกม โดย NFT แต่ละเหรียญจะมีความแตกต่างกัน กล่าวได้คือไม่สามารถทดแทนกันได้หรือเรียกได้ว่ามีความเฉพาะตัว (Unique) ไม่สามารถทำซ้ำหรือลอกเลียนแบบกันได้ โดยมูลค่าของเหรียญขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งานว่ามีความต้องการมากน้อยเพียงใด จึงทำให้มูลค่าเหรียญมีความแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง โดยปัจจุบัน NFT ยังไม่ได้การรับรองจากคณะกรรมการกำกับหลักทรัพย์และตลาดหลักทรัพย์ทั่วทั้งโลก มีเพียงบางประเทศที่อนุญาตให้ทำการซื้อขายแบบถูกกฎหมาย ซึ่งในปัจจุบัน NFT ได้มีความเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม และมีช่องทางการซื้อขาย ซึ่งมีตัวอย่างดังนี้

* + 1. **อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ NFT**
       1. **งานศิลปะ**

งานศิลปะส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้กับสิ่งของที่หายาก มีจำกัด ซึ่งได้รับความนิยมจากทั่วทั้งโลก โดยหากศิลปินต้องการขายผลงานที่ตนเองสร้างสรรค์ก็สามารถนำผลงานมาทำในรูปแบบ NFT เพื่อเป็นช่องทางในการขายผลงานอีกทางที่มีประสิทธิภาพ

* + - 1. **เกม**

เกมเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ โดยตัวผู้พัฒนาได้นำระบบการซื้อขายแลกเปลี่ยนไอเทมภายในเกมรูปแบบ NFT รวมไปถึงการสร้างระบบให้ผู้เล่นสามารถหา NFT ได้จากเล่นเกม เพื่อเป็นแรงดึงดูดให้ผู้เล่นหันมาสนใจเกมและเข้ามาลงทุนได้

* + 1. **ตลาดซื้อขายผลงาน NFT**
       1. **Opensea**

Opensea เป็นตลาดซื้อขาย NFT ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดโดยตัว Opensea จะเป็นตลาดประเภท Decentralized Marketplace หรือก็คือตลาดโดยไร้ตัวกลาง ทุกธุรกรรมจะทำงานอยู่บน Blockchain โดยทำงานผ่านทาง Smart Contract

มีการซื้อขายงานที่หลากหลายประเภทได้แก่ งานศิลปะ , เพลง, ดนตรี, สิ่งของภายในเกม, ที่ดินในโลกเสมือน รวมไปถึงโดเมนเว็บไซต์ ซึ่งประเภทของเหรียญที่รองรับการซื้อขายบน Opensea ได้ ก็คือ ERC-721 และ ERC-1155

ข้อดี

1. ลงงานได้ไม่จำกัดจำนวนชิ้นหลังจากที่เสียค่าธรรมเนียมแรกเข้าหรือเรียกว่า Gas
2. ปัจจุบันมี NFT มากกว่า 20 ล้านชิ้น
3. รองรับ เหรียญทั้งสองรูปแบบไม่ว่าจะเป็น ERC-721 และ ERC-1155
4. สามารถกำหนดรูปแบบการขายผลงานได้ทั้งรูปแบบประมูลและขายขาด

ข้อเสีย

1. มีค่า Gas ที่ใช้สำหรับแรกเข้าที่แพง ซึ่งราคาขึ้นอยู่กับราคาตลาด ณ เวลานั้น
2. มีการแข่งขันที่สูงเนื่องจากมีผลงานที่หลากหลาย
3. ทำงานอยู่บน Ethereum Blockchain ซึ่งจะต้องใช้เหรียญ ETH ในการซื้อขาย ทำให้มีค่า Gas ที่แพงมากกว่าแพลตฟอร์มที่อยู่บน Chain อื่น
   * + 1. **Foundation**

Foundation เป็นตลาดสำหรับซื้อขาย NFT ที่มีการคัดเลือกผู้เข้าถึง เนื่องจากผู้ที่จะสามารถเข้าไปซื้อขายผลงานได้ต้องได้รับคำเชิญจากคนที่ขายงานอยู่ใน Foundation โดยผู้ที่จะได้รับสิทธิเชิญจะต้องเป็นศิลปินที่มีชื่อเสียงหรือผู้ที่ขายผลงานชิ้นแรกได้ ซึ่งจะได้รับ 3 สิทธิในการเชิญ

ผลงาน NTF ที่ขายอยู่บน Foundation ส่วนใหญ่มีราคาที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากมีผู้ขายจำนวนจำกัดและถูกคัดเลือกมา จึงทำให้รูปแบบงานมีความสวยงามเป็นพิเศษ

ข้อดี

1. รูปแบบงานมีความประณีตสวยงามและมีความเฉพาะทำให้กำหนดรูปแบบและเป้าหมายได้
2. รองรับงานรูปแบบ 3D

ข้อเสีย

1. ผู้ขายจะต้องเสียค่า Gas ทุกครั้งเมื่อลงผลงาน
2. สามารถลงงานได้ทีละชิ้น ไม่สามารถสร้างเป็น collection ได้
3. ไม่สามารถขายขาดได้ ทำได้เพียงแค่เปิดประมูลเท่านั้น โดยระบบจะทำการนับถอยหลังเวลาประมูล
4. ทำงานอยู่บน Ethereum Blockchain ซึ่งจะต้องใช้เหรียญ ETH ในการซื้อขายทำให้มีค่า Gas ที่แพงมากกว่าแพลตฟอร์มที่อยู่บน Chain อื่น
   * + 1. **Rarible**

Rarible เป็นตลาดซื้อขายงาน NFT ที่มีขนาดใหญ่เป็นดับที่ 2 รองมาจาก Opensea ซึ่งก็มีผลงานที่ค่อนข้างหลากหลายเช่นเดียวกับ Opensea ได้แก่ ภาพวาด, ภาพถ่าย, ไอเทมในเกม, วิดีโอ โดยผู้ที่จะใช้งานบน Rarible จะต้องทำการยืนยันตัวตนก่อนใช้งานโดยต้องยื่นข้อมูล social media ได้แก่ ประวัติ ข้อมูลส่วนตัว ผลงาน หลังจากนั้นต้องรอทีมงานตรวจสอบจึงจะได้รับการยืนยัน และความพิเศษอีกอย่างของ Rarible ก็คือ จะมีการแจก RARI Token ซึ่งเป็น Governance Token ของแพลตฟอร์มให้กับผู้ที่ซื้อขายผลงานต่าง ๆ ผ่านทาง Rarible ทุกสัปดาห์

ข้อดี

1. สามารถเชื่อมต่อกับ Opensea ได้ดังนั้นหากลงผลงานใน Rarible ก็จะสามารถนำเสนอผลงานผ่านทาง Opensea ได้ด้วยเช่นกัน
2. NFT ประเภทวิดีโอ สามารถตั้ง Unlockable Content ให้แสดง Content แค่บางส่วนเพื่อเป็นตัวอย่างในการชม ซึ่งมีเฉพาะผู้ซื้อ NFT เท่านั้นที่จะเห็นวิดีโอตัวเต็ม
3. สามารถลงขายงานเป็นชิ้นหรือสร้างเป็น collection ได้

ข้อเสีย

1. ผู้ขายจะต้องเสียค่า Gas ทุกครั้งเมื่อลงผลงาน
2. ทำงานอยู่บน Ethereum Blockchain ซึ่งจะต้องใช้เหรียญ ETH ในการซื้อขายทำให้มีค่า Gas ที่แพงมากกว่า แพลตฟอร์มที่อยู่บน Chain อื่น
   * + 1. **Binance NFT**

Binance NFT เป็นตลาดประเภท Decentralized Marketplace ที่เปิดให้ทำการซื้อขายผลงาน NFT ผ่านทาง Binance โดยผลงานที่วางขายได้แก่ รูปภาพ, งาน 3D, สิ่งของในเกม, Mystery Box หรือ NFT ที่ให้สิทธิ์ผู้ถือครองในการเข้าเล่นเกม NFT ก่อน

โดยผู้ที่ต้องการซื้อขายผลงาน NFT ผ่านทาง Binance จะต้องทำการเปิดบัญชีผ่านทาง Binance Exchange ก่อน

ข้อดี

1. Binance NFT ทำงานอยู่บนเครือข่าย Binance Smart Chain ทำให้มีค่า Gas ถูกกว่า เครือข่ายของ Ethereum หลายเท่าตัว
2. สามารถตั้งขายได้ทั้งสองรูปแบบไม่ว่าจะเป็นการประมูลหรือขายขาด
3. สามารถใช้เหรียญ ETH , BNB และ BUSD ในการแลกเปลี่ยนซื้อขายได้

ข้อเสีย

1. มีผลงานน้อยกว่าแพลตฟอร์มอื่น
2. ส่วนใหญ่จะเป็นงานของศิลปินที่มีชื่อเสียงและงานเกม

## ตัวอย่างผลงาน NFT จาก Artificial Intelligence

* + 1. **ผลงาน Create NFT Art จาก nightcafe.studio**

โดยการสร้างสรรค์ผลงานศิลปะของ nightcafe.studio จะเป็นการสร้างโดยใช้รูปแบบของการนำเอา AI มาทำการสร้างโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า Neural Style Transfer



**รูปที่ 2.3** ตัวอย่างผลงาน Create NFT Art จาก nightcafe.studio

โดย Neural Style Transfer มีข้อมูลอินพุตซึ่งถูกแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 ส่วนดังนี้

1. Content คือผลงานต้นแบบที่เรานำมาใช้อ้างเป็นต้นฉบับในการที่จะสร้างงานที่มีรูปแบบเหมือนเดิมแต่มี Style ที่แตกต่างไปจากเดิม
2. Style คือรูปแบบของผลงานที่เราต้องการนำเอามาใช้ผสมผสานกับเนื้อหาของ Content เพื่อที่จะสร้างงานรูปแบบใหม่ที่มีรูปร่างเหมือนเดิมแต่มีรูปแบบแตกต่างไปจากเดิมนั้นเอง

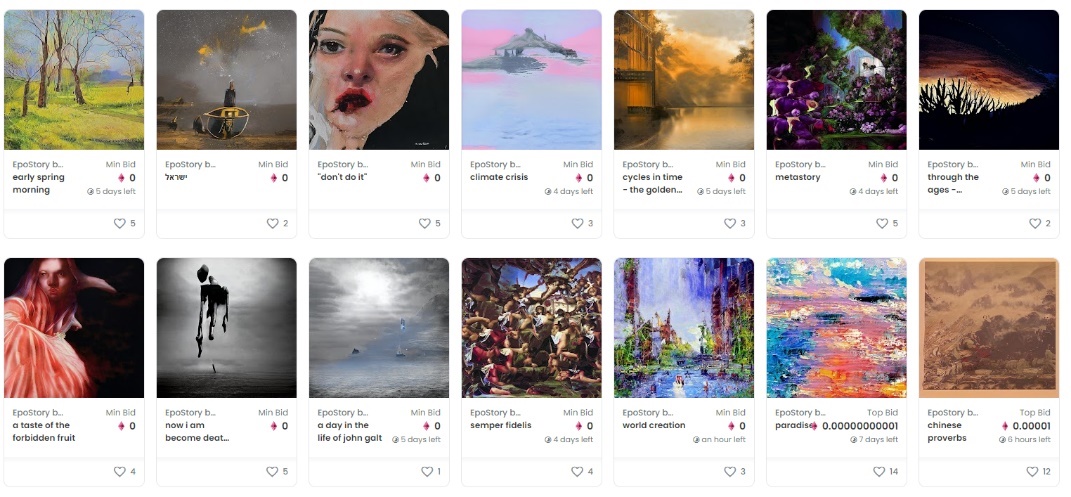
ซึ่งหลักการทำงานของ Neural Style Transfer สังเกตตัวอย่างได้จากรูปภาพที่ 2.4 คือการที่เรานำเอา Content ซึ่งหมายถึงรูปภาพทางด้านซ้าย นำมาเปลี่ยน Style ซึ่งหมายถึงรูปภาพมุมขวาล่างของภาพซ้าย ส่งไปประมวลผลผ่าน Neural Style Transfer ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ออกมาจะเป็นดังรูปภาพทางด้านขวา ซึ่งเป็นภาพที่มีโครงสร้างเหมือนภาพ Content แต่มีรายละเอียดของภาพเหมือนภาพ Style



**รูปที่ 2.4** ตัวอย่างผลงาน Style Transfer จากผลงานวิจัยของ NVIDIA [32]

* + 1. **ผลงาน Create NFT Art จาก art-ai.com**

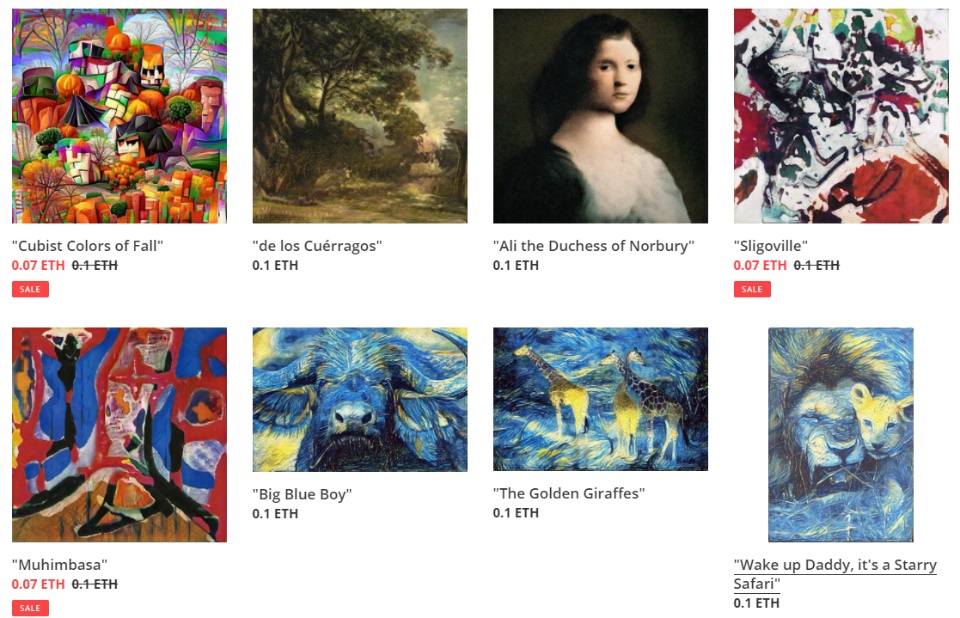
Art-ai.com ได้สร้างผลงานศิลปะโดยใช้รูปแบบของการนำเอา AI มาทำการสร้างโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่า text-to-image ซึ่งเป็นการนำเอาความรู้ด้าน Computer Vision และ Natural Language มารวมกันเพื่อให้สามารถสร้างรูปภาพจากข้อความได้



**รูปที่ 2.5** ตัวอย่างผลงานศิลปะ NFT ที่สร้างจากวิธีการ text-to-image โดย art-ai.com

* + 1. **ผลงานสีน้ำมันจาก AIMade.Art**

AIMade.Art ได้ทำการพัฒนาระบบ AI ที่เรียกว่า Aliciaโดยตัวระบบจะทำการเรียนรู้ จดจำรูปแบบภาพวาด โดยตัวระบบ Alicia ได้ทำการวิเคราะห์งานภาพสีน้ำมันของศิลปินที่มีชื่อเสียงหลายคน เช่น Van Gogh, Goya หรือ Munch โดยได้เรียนรู้งานศิลปะกว่า 1000 ภาพและผ่านการทดลองมากกว่า 2000 ชั่วโมง



**รูปที่ 2.6** ตัวอย่างผลงานศิลปะ NFT ที่สร้างจาก AI โดย AIMade.Art

* + 1. **ผลงานเพลง NFT จาก Loudly.com**

Loudly คือปัญญาประดิษฐ์ที่ถูกพัฒนาโดยมีจุดประสงค์คือ ความต้องการที่จะสร้างเพลงได้รวดเร็วและง่ายยิ่งขึ้น รวมไปถึงทำให้ผู้คนสามารถเข้าถึงได้มากขึ้น โดยได้พัฒนาตัว Engine ที่ใช้สร้างเพลงขึ้นมาที่มีชื่อว่า AI Music Engine โดยตัวปัญญาประดิษฐ์นี้สามารถสร้างเพลงที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนได้ในเวลาอันสั้น โดยปัญญาประดิษฐ์จะทำการสร้างและจำลองรูปแบบของเพลงออกมา

**บทที่ 3**

# วิธีการดำเนินการวิจัย



## ภาพรวมกระบวนการดำเนินงาน

การฝึกโครงข่ายประสาทเทียม ต้องเตรียมชุดข้อมูลที่ต้องการทั้งรูปภาพและเสียงเพลง พร้อมทั้งทำการปรับโครงสร้างของชุดข้อมูลให้ตรงกับรูปแบบอินพุตที่โครงข่ายประสาทเทียมต้องการ โดยที่ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างของรูปภาพที่ต้องการฝึกไว้เป็นพื้นฐาน และได้ทำการเขียนโปรแกรมคำสั่งเพื่อเปลี่ยนสีและลวดลายเป็นรูปภาพนั้นเพื่อสร้างความหลากหลายของชุดข้อมูลแล้วจึงนำไปฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการสร้างรูปภาพ หลังจากนั้นผู้วิจัยจะนำรูปภาพโครงสร้างพื้นฐานมาแต่งเติมสีและลวดลายตามที่ผู้วิจัยต้องการเพื่อนำไปเป็นอินพุตสำหรับโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการสร้างรูปภาพ หลังจากโครงข่ายสร้างชุดรูปภาพผลลัพธ์ออกมาแล้ว ผู้วิจัยจะนำชุดรูปภาพไปเรียงต่อกันให้เป็นวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีต่ำ เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการสร้างภาพเคลื่อนไหวสร้างเฟรมที่อยู่ระหว่างเฟรมต้นฉบับเพื่อให้ได้ภาพเคลื่อนไหวที่มีการเคลื่อนที่ต่อเนื่องกันมากขึ้น รวมถึงนำชุดข้อมูลเพลงไปฝึกสอนให้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการสร้างเพลง และนำเพลงผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายมารวมกับภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้เกิดวิดีโอที่มีเสียงเพลงประกอบ และนำผลงานที่ได้ไปขายในรูปแบบ NFT โดยผู้วิจัยจะเลือกช่องทางการขายผลงานในรูปแบบ NFT ที่เหมาะสม และสังเกตผลตอบรับจากผลงานนั้น ซึ่งสามารถแสดงภาพรวมการทำงานได้จากแผนภาพดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.1** แผนภาพการทำงานภาพรวมของกระบวนการดำเนินงาน

## กำหนดรูปแบบผลงานที่ต้องการสร้าง

ผู้วิจัยได้กำหนดโครงสร้างรูปแบบผลงานศิลปะที่ต้องการให้เป็นรูปเต่า โดยได้วาดเต่าพื้นฐานออกมาจำนวนหนึ่งเพื่อให้เป็นภาพเฟรมต่อเนื่องของการเคลื่อนไหว และทำการแต่งเติมสีอย่างง่ายให้แต่ละภาพเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมเพื่อการสร้างรูปภาพสร้างภาพสีที่สมบูรณ์ขึ้นมา และนำภาพสีที่สมบูรณ์มาเรียงต่อกันเป็นเฟรมภาพเคลื่อนไหว โดยมีแนวคิดสร้างเฟรมของภาพเคลื่อนไหวจำนวนน้อยเพื่อให้เกิดเป็นวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีต่ำ เพื่อให้ปริมาณเฟรมภาพที่ผู้วิจัยสร้างเองมีจำนวนน้อย และนำไปเพิ่มจำนวนเฟรมต่อวินาทีให้มากขึ้นผ่านโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับภาพเคลื่อนไหว เพื่อให้ได้วิดีโอการเคลื่อนที่ของเต่าที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีสูงขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงของสีและลวดลายเป็นกระดองเต่า โดยที่ไม่ต้องสร้างแอนิเมชันการเคลื่อนไหวอย่างละเอียดด้วยการวาดภาพเองทั้งหมด โดยสรุปเป็นขั้นตอนดังนี้

1. สร้างภาพพื้นฐานและทำการแต่งเติมสีอย่างง่ายเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียม Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks (pix2pix cGAN) สร้างรูปภาพสีที่สมบูรณ์ขึ้น

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.2** ตัวอย่างขั้นตอนที่ 1 เพื่อสร้างรูปเต่าภาพสีสมบูรณ์

1. นำผลลัพธ์ภาพสีสมบูรณ์มาเรียงเป็นวิดีโอจำนวนเฟรมต่อวินาทีต่ำ และนำไปให้โครงข่ายประสาทเทียม Real-Time Intermediate Flow Estimation for Video Frame Interpolation (RIFE) สร้างเป็นวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่มากขึ้น

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.3** ตัวอย่างขั้นตอนที่ 2 เพื่อสร้างวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่สูง

## นำโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมในการสร้างผลงานมาประยุกต์ใช้

* + 1. **โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับรูปภาพ**

Generative Adversarial Networks (GANs) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่นำมาสร้างรูปภาพ โดยมีการสร้างผลลัพธ์จากการลอกเลียนแบบชุดข้อมูลที่นำมาฝึก โดยทางผู้จัดทำได้เลือกโครงข่ายประสาทเทียม GANs ประเภท Deep Convolutional Generative Adversarial Networks (DCGANs) นำมาทดลองสร้างรูปภาพ เพื่อวัดประสิทธิภาพของโครงข่ายในด้านความเร็วการทำงานและผลลัพธ์ที่ได้ ดังนี้

* + - 1. **GAN by TensorFlow**

TensorFlow ได้เขียนแบบฝึกสอนในการสร้าง DCGAN เพื่อสร้างรูปภาพตัวเลข [6] โดยใช้ไลบรารี TensorFlow ในการสร้างโครงข่าย ทางผู้วิจัยได้นำมาปรับแก้ไขเพื่อให้รับชุดข้อมูลประเภทภาพสีและตามขนาดที่ต้องการได้ โดยเป็นภาพขนาด 64x64 pixels และมีการเก็บข้อมูลสี 3 channels

* + - 1. **GAN by Ander Fernandez Jauregui**

Ander Fernandez Jauregui ได้สอนวิธีการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมประเภท GAN ไว้ในเว็บไซต์ของเขา [7] โดยโครงข่ายในส่วนของ Discriminator ได้มีการปรับเปลี่ยนให้ไม่มีการฝึกเพิ่มเติมในระหว่างการทำการฝึก แต่จะทำการฝึกไว้ล่วงหน้าเพื่อให้ Discriminator มีหน้าที่ทำการฝึกให้ Generator สามารถสร้างภาพได้ใกล้เคียงกับภาพจริงเท่านั้น โดยโครงข่ายนี้ได้ใช้ไลบรารี Tensorflow ในการสร้าง

* + - 1. **GAN by PyTorch**

PyTorch ได้เขียนแบบฝึกในการสร้าง DCGAN เพื่อสร้างภาพใบหน้าบุคคล [10] โดยเป็นโครงข่ายที่ใช้ไลบรารี PyTorch ในการสร้าง

โดยทางผู้วิจัยจะนำชุดข้อมูลของรูปภาพแต่ละประเภทมาทดสอบความเร็วในการทำงานของแต่ละโครงข่ายประสาทเทียม และประเมินความหลากหลายของผลลัพธ์ที่โครงข่ายสามารถสร้างได้ หลังจากที่ผู้วิจัยได้ทดลองโดยเบื้องต้น สังเกตได้ว่าโครงข่ายประสาทเทียมของ Ander Fernandez Jauregui ใช้เวลาการทำงานต่อรอบเป็นเวลานานกว่าโครงข่ายของ TensorFlow และ PyTorch เป็นเวลามาก ผู้วิจัยจึงกำหนดการทำงานต่อรอบ (epochs) ของแต่ละโครงข่ายเพื่อทดลองจับเวลาการทำงานและผลลัพธ์ตามตาราง ดังนี้

**ตารางที่ 3.1** ตารางจำนวนรอบการทำงานของการทดสอบแต่ละโครงข่าย

|  |  |
| --- | --- |
| **ชื่อโครงข่าย** | **จำนวนรอบ (epochs)** |
| GAN by TensorFlow | 10000 |
| GAN by Ander Fernandez Jauregui | 100 |
| GAN by PyTorch | 10000 |

หลังจากประเมินประสิทธิภาพเบื้องต้นของโครงข่ายในแต่ละไลบรารีแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเลือกไลบรารี TensorFlow ในการทำงาน และได้หาโครงข่าย GANs ที่สามารถควบคุมอินพุตในการสร้างรูปภาพ โดยได้เลือกโครงข่าย Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks (pix2pix cGAN) เพื่อนำมาสร้างรูปภาพในแต่ละเฟรมของภาพเคลื่อนไหว

* + - 1. **Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks (pix2pix cGAN)**

TensorFlow ได้เขียนแบบฝึกในการสร้าง pix2pix cGAN [34] โดยมีชุดข้อมูลสำหรับทดสอบหลายรูปแบบให้ทดลอง เช่น รูปภาพสีของโครงสร้างด้านหน้าของตึกอาคาร รูปภาพเส้นขอบของรองเท้า รูปภาพเส้นขอบของกระเป๋า โดยเป็นโครงข่ายที่ใช้ไลบรารี TensorFlow ในการสร้าง

* + 1. **โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับเสียงเพลง**

MITDeeplearning ได้สร้างแบบฝึกหัดในการสร้างโครงข่ายเพื่อฝึกเสียงเพลง [15] โดยเป็นการใช้โครงข่ายประเภท RNN เพื่อคาดการณ์ลำดับของโน้ตดนตรี โดยเป็นการใช้ชุดข้อมูลในรูปแบบ abc notation ซึ่งเป็นรูปแบบในการเขียนโน้ตดนตรีเป็นข้อมูลประเภท string เพื่อให้คอมพิวเตอร์อ่านและประมวลผลออกมาเป็นเสียงเพลงได้ ผู้จัดทำจึงนำโครงข่ายมาใช้งาน และเปลี่ยนชุดข้อมูลในการฝึกเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นรูปแบบเพลงที่ต้องการ

* + 1. **โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับภาพเคลื่อนไหว**

โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับภาพเคลื่อนไหว สามารถสร้างภาพเคลื่อนไหวได้หลายวิธี ผู้วิจัยได้เลือกโครงข่ายสำหรับสร้างภาพเคลื่อนไหวมาสองวิธี ได้แก่วิธีเรียนรู้ภาพเฟรมก่อนหน้าและนำมาสร้างเฟรมที่จะเกิดขึ้นถัดไป และวิธีเรียนรู้เฟรมก่อนหน้าและเฟรมถัดไปและนำมาสร้างเฟรมที่จะเกิดขึ้นระหว่างสองเฟรมนั้น โดยได้เลือกโครงข่ายประสาทเทียมมาสร้างภาพเคลื่อนไหวดังนี้

* + - 1. **Convolution LSTM**

Convolution LSTM เป็นโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์เฟรมต่อไปของวิดีโอ ซึ่งแต่เดิมเป็นโครงข่ายที่ทดสอบกับข้อมูล Moving MNIST ซึ่งเป็นวิดีโอขาวดำขนาด 64x64 pixels ซึ่งเป็นวิดีโอที่มีตัวเลขสองตัวเลขที่เคลื่อนไหวเป็นจำนวน 20 เฟรม ผู้วิจัยจึงปรับโครงข่ายประสาทเทียมให้สามารถรับชุดข้อมูลวิดีโอสีซึ่งมี 3 channels ได้ ปรับขนาดวิดีโอให้ใหญ่ขึ้นเป็น 128x128 pixels และปรับจำนวนเฟรมของวิดีโอให้สอดคล้องกับชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยจะนำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมฝึก

* + - 1. **Real-Time Intermediate Flow Estimation for Video Frame Interpolation (RIFE)**

RIFE เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่มีการฝึกสอนมาแล้ว ซึ่งสามารถนำมาใช้งานโดยไม่ต้องมีการฝึกสอนเพิ่มเติม โดยมีไฟล์โปรแกรมการทำงานอยู่บน Google Colaboratory สำหรับใช้งานหลายไฟล์ ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ไฟล์ RIFE\_Colab [36] ซึ่งใช้งานง่ายผ่านการติดตั้งและปรับค่าตัวแปรตามที่ต้องการได้สะดวก โดยผู้วิจัยจะนำรูปผลลัพธ์ที่ได้จาก pix2pix cGAN มาเรียงต่อกันเป็นวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีต่ำ และนำไปให้ RIFE สร้างวิดีโอที่มีจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่สูงขึ้น โดยสามารถกำหนดจำนวนเฟรมต่อวินาทีที่ต้องการได้ผ่านการปรับค่าตัวแปร

## ค้นหาชุดข้อมูลและปรับโครงสร้างให้สามารถนำมาใช้กับโครงข่ายประสาทเทียม

* + 1. **ชุดข้อมูลรูปภาพ**

ผู้วิจัยได้ค้นหาชุดข้อมูลจากเว็บไซต์ kaggle.com โดยได้เลือกรูปภาพในหัวข้อ Art Pictograms [26] ซึ่งเป็นรูปภาพศิลปะที่มีทั้งรูปพืชและสัตว์อยู่ในชุดข้อมูล อีกทั้งผู้วิจัยได้ทำการวาดองค์ประกอบของรูปภาพขึ้นมาและใช้โปรแกรมรวมองค์ประกอบของภาพเพื่อให้เกิดภาพที่หลากหลาย

โดยผู้วิจัยได้คัดแยกชุดข้อมูลออกมา 6 ชุดซึ่งแบ่งออกเป็นชุดข้อมูล Art Pictogram โดยจะใช้ชื่อ pictogram\_ นำหน้าชุดข้อมูลนั้น เป็นจำนวน 3 ชุดข้อมูล และชุดข้อมูลที่ผู้วิจัยวาดและสร้างโดยการใช้โปรแกรมช่วยสร้างรูปภาพขึ้นมา โดยจะใช้ชื่อ my นำหน้าชุดข้อมูลนั้น เป็นจำนวน 3 ชุดข้อมูล ซึ่งจะนำชุดข้อมูลที่กล่าวมา ไปทดสอบการทำงานของแต่ละโครงข่ายประสาทเทียมประเภท DCGANs เพื่อวัดประสิทธิภาพด้านความเร็วและผลลัพธ์รูปภาพที่ได้ โดยแต่ละชุดข้อมูลมีจำนวนภาพและขนาดของไฟล์รวมตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 3.2** ตารางสรุปชุดข้อมูล

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อชุดข้อมูล** | **จำนวนรูปภาพ** | **ขนาดไฟล์รวม** | **ตัวอย่างรูปภาพ** |
| pictogram\_birds | 53 | 653 KB |  |

| **ตารางที่ 3.2** ตารางสรุปชุดข้อมูล (ต่อ) | | | |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชื่อชุดข้อมูล** | **จำนวนรูปภาพ** | **ขนาดไฟล์รวม** | **ตัวอย่างรูปภาพ** |
| pictogram\_flowers | 42 | 580 KB |  |
| pictogram\_butterflies | 114 | 1.53 MB | A picture containing application  Description automatically generated |
| myBirds | 121 | 693 KB | A picture containing graphical user interface  Description automatically generated |
| myFlowers | 150 | 671 KB |  |
| myButterflies | 150 | 891 KB | A picture containing window, slot machine  Description automatically generated |

ในชุดข้อมูลที่รวบรวมมา อาจมีรูปภาพที่ไม่ตรงกับอินพุตที่โครงข่ายประสาทเทียมต้องการ ผู้วิจัยจึงทำการ ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมเพื่อปรับขนาดรูปภาพ และปรับรูปภาพให้เป็นในรูปแบบ RGB เพื่อให้เก็บข้อมูลสี 3 channels และนำมาเก็บเรียงกันเป็น array จากนั้นจึงทำใช้คำสั่ง reshape เพื่อให้โครงสร้าง array ของข้อมูลตรงกับอินพุตที่โครงข่ายประสาทเทียมต้องการและ normalize ให้ค่าของสีอยู่ในช่วงตั้งแต่ค่า -1 ถึง 1 โดยมีการทำงานของโปรแกรมตาม Flowchart ดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.4** Flowchart การปรับชุดข้อมูลให้ตรงกับ input ของโครงข่ายประสาทเทียม

ในด้านชุดข้อมูลสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม pix2pix cGAN ผู้วิจัยได้ทำการวาดภาพโครงสร้างเต่าที่มีเฉพาะเส้นแต่ไม่ได้ลงสีสันเป็นภาพพื้นฐานจำนวน 5 ภาพ ซึ่งเป็นภาพที่มีท่าทางการเคลื่อนที่ต่อเนื่องกัน และได้ลงสีพื้นที่ไว้ใช้สำหรับ mask พื้นที่ที่จะลงสี

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.5** รูปภาพโครงสร้างเต่าพื้นฐาน(ซ้าย) และรูปภาพ mask(ขวา)

อีกทั้งผู้วิจัยได้หาชุดข้อมูลลวดลายเพื่อนำมาใช้วาดลงบนกระดองเต่า โดยได้ใช้ชุดข้อมูล Kylberg-Texture-Data [37] จากเว็บไซต์ Kaggle.com

A picture containing text, tiled

Description automatically generated

**รูปที่ 3.6** ตัวอย่างรูปภาพลวดลายจากชุดข้อมูล Kylberg-Texture-Data

ผู้วิจัยได้เขียนโปรแกรมโดยใช้ไลบรารี PILLOW เพื่อให้สร้างชุดข้อมูลรูปภาพเต่าจำนวนมากสำหรับการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียม pix2pix cGAN โดยได้ใช้ mask มากำกับพื้นที่การลงสีบนตัวเต่าและการลงลวดลายจาก Kylberg-Texture-Data เพื่อสร้างข้อมูลรูปภาพที่เป็นภาพจริงสำหรับการฝึก จากนั้นได้ทำการลดขนาด mask เพื่อให้กำกับพื้นที่การลงสีให้น้อยลงและได้ลดความละเอียดของลวดลายที่ระบายลงไปบนกระดองเต่า เพื่อสร้างข้อมูลรูปภาพที่เป็นภาพอินพุตสำหรับการฝึก ซึ่งสรุปการทำงานของโปรแกรมได้ดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.7** Flowchart การสร้างชุดข้อมูลรูปเต่าโดยการระบายสีและใส่ลวดลาย

* + 1. **ชุดข้อมูลเพลง**

ผู้วิจัยได้ค้นหาชุดข้อมูลเพลงของนักดนตรีชื่อดังในอดีต เช่น Ludwig van Beethoven, Wolfgang Amadeus Mozart, Johann Christian Bach ในรูปแบบ abc notation จากเว็บไซต์ abcnotation.com เพื่อรวบรวมเพลงที่มีรูปแบบใกล้เคียงกันเพื่อนำมาฝึกโครงข่ายประสาทเทียม โดยข้อมูลในรูปแบบ abc notation เป็น text ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมเพื่ออ่าน text file ที่รวมเพลงหลายเพลงเขียนในรูปแบบ abc notation มาทำการแก้ไขรูปแบบในการเขียนของแต่ละเพลงให้เป็นรูปแบบที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด และลบบรรทัดข้อมูลที่ไม่ได้ส่งผลต่อการเปล่งเสียงเพลง เช่น ชื่อผู้แต่ง แหล่งที่มา ประเทศต้นกำเนิดเพลง เป็นต้น เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียม RNNs นำข้อมูลไปเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งมีการทำงานตาม Flowchart ดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.5** Flowchart ในการปรับข้อมูล abc notation เพื่อให้มีรูปแบบใกล้เคียงกัน

ผู้วิจัยได้ทำการ preprocess ข้อมูลเพลงโดยการลบบรรทัดที่ไม่จำเป็น ได้แก่ บรรทัดสำหรับแสดงความคิดเห็นที่ขึ้นต้นด้วย “%” และบรรทัดในส่วนข้อมูลใน Header ที่ไม่ส่งผลต่อการเปล่งเสียงเพลง โดยที่ส่วน header ของ abc notation [28] จะเป็นข้อมูลในการอธิบายรายละเอียดเพลงนั้น เช่น ชื่อเพลง ชื่อผู้แต่ง คีย์ เป็นต้น ซึ่งผู้วิจัยมีการจัดการข้อมูลตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 3.3** ตารางการจัดการ Header ของข้อมูลเพลงในรูปแบบ abc notation

|  |  |
| --- | --- |
| **ชื่อตัวย่อของข้อมูลและความหมาย** | **การจัดการ** |
| A: author of lyrics | ลบออก |
| B: book | ลบออก |
| C: composer | ลบออก |
| D: discography | ลบออก |
| F: file url | ลบออก |
| G: group | คงไว้ |
| H: history | ลบออก |
| I: instruction | ลบออก |
| K: key | คงไว้ โดยจำเป็นต้องมีในบรรทัดสุดท้ายก่อนโน้ตเพลง |
| L: unit note length | คงไว้ |
| M: meter | คงไว้ |
| m: macro | คงไว้ |
| N: notes (annotation) | ลบออก |
| O: origin | ลบออก |
| P: parts | คงไว้ |
| Q: tempo | คงไว้ |
| R: rhythm | คงไว้ |
| r: remark | ลบออก |
| S: source | ลบออก |
| s: symbol line | คงไว้ |
| T: title | คงไว้ โดยจำเป็นต้องมีในบรรทัดที่สอง |

**ตารางที่ 3.3** ตารางการจัดการ Header ของข้อมูลเพลงในรูปแบบ abc notation (ต่อ)

|  |  |
| --- | --- |
| **ชื่อตัวย่อของข้อมูลและความหมาย** | **การจัดการ** |
| U: user defined | ลบออก |
| V: voice | คงไว้ |
| W: words lyrics after tune | ลบออก |
| w: words lyrics aligned with tune | ลบออก |
| X: reference number | คงไว้ โดยจำเป็นต้องมีในบรรทัดแรก |
| Z: transcriber | ลบออก |

* + 1. **ชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหว**

ผู้วิจัยได้ค้นหาชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหวจากเว็บไซต์ kaggle.com ซึ่งได้ชุดข้อมูล Animation Dataset [31] ที่เป็นภาพสัตว์สี่ขาในรูปแบบการ์ตูนกำลังเคลื่อนไหวด้วยการวิ่งหรือเดิน ขนาด 128x128 pixels

A picture containing text, window

Description automatically generated

**รูปที่ 3.6** ตัวอย่างเฟรมภาพเคลื่อนไหวของชุดข้อมูล Animation Dataset

โดยชุดข้อมูลดังกล่าว แต่ละภาพเคลื่อนไหวมีจำนวนเฟรมที่ไม่เท่ากัน ทำให้ไม่สามารถส่งให้โครงข่ายประสาทเทียมฝึกได้ ผู้วิจัยจึงได้เขียนโปรแกรมเพื่อรวบรวมข้อมูลเฟรมของภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อค้นหาจำนวนเฟรมที่ควรปรับให้ชุดข้อมูลมีความสอดคล้องกัน โดยมีการทำงานในการเก็บข้อมูลจำนวนเฟรมตาม Flowchart ดังนี้

Chart, diagram, box and whisker chart

Description automatically generated

**รูปที่ 3.7** Flowchart การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของเฟรมชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหว

จากโปรแกรมข้างต้นจะได้ข้อมูลทางสถิติคือ ค่าเฉลี่ยเป็น 24.078, ค่ามัธยฐานเป็น 12.5 และค่าฐานนิยมเป็น 8 ซึ่งนำข้อมูลจำนวนเฟรมของชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหวมาแสดงผลเป็นกราฟดังรูปภาพที่ 3.8 จะเห็นว่ามีการกระจายของข้อมูลที่ไม่ปกติ โดยมีข้อมูลที่กระจายออกจากกลุ่มอยู่หลายจำนวน จึงควรใช้ค่าฐานนิยมมาเป็นค่ากลางของข้อมูล

Histogram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.8** กราฟแสดงข้อมูลจำนวนเฟรมของชุดข้อมูลภาพเคลื่อนไหว

เมื่อได้ค่ากลางที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมเพื่อคัดภาพเคลื่อนไหวที่มีจำนวนเฟรมมากกว่าหรือเท่ากับ 8 เฟรมไว้ โดยภาพเคลื่อนไหวใดที่มีจำนวนเฟรมมากกว่า 8 เฟรมจะถูกปรับลดลงให้เหลือเพียง 8 เฟรม โดยมีการทำงานของโปรแกรมดัง Flowchart ดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.9** Flowchart การคัดเลือกชุดข้อมูลให้สอดคล้องกับค่ากลางของจำนวนเฟรม

## ค้นหาผู้ให้บริการในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม

ผู้วิจัยเลือกใช้ Google Colaboratory ในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียม เนื่องจากสามารถเข้าถึงได้ง่ายโดยสามารถเข้าถึงผ่านเบราว์เซอร์ และสามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นเข้าถึงได้ ทำงานอยู่บนพื้นฐานของ Jupyter Notebook ซึ่งใช้ภาษา Python รวมกับภาษา Markdown ส่งผลให้มีการแบ่งส่วนของการทำงานของโปรแกรมและคำอธิบายการทำงาน ในด้านฮาร์ดแวร์ มีการให้บริการโดยใช้ GPU และ TPU เพื่อให้สามารถประมวลผลได้รวดเร็วกว่าการประมวลผลประเภท CPU ในด้านการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเกี่ยวกับรูปภาพ

## ตรวจสอบผลลัพธ์จากโครงข่ายประสาทเทียม DCGANs

ในภาษา Python มีไลบรารี ImageHash [27] สำหรับการตรวจสอบการคล้ายกันของรูปภาพ โดยทางผู้วิจัยจะนำรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมมาจำนวนหนึ่ง ซึ่งเป็นตัวแทนจากรูปภาพที่มีความน่าสนใจทั้งหมด และนำมาเปรียบเทียบกับรูปภาพในชุดข้อมูลที่นำมาฝึก เพื่อคัดเลือกรูปภาพที่มีเอกลักษณ์จริงนำมาสร้างการเคลื่อนไหวในขั้นตอนต่อไป โดยจุดประสงค์ของขั้นตอนนี้ก็เพื่อให้สามารถคัดรูปภาพที่มีความคล้ายคลึงกับรูปภาพใดรูปภาพหนึ่งในชุดข้อมูลออก เพราะถ้าหากมีความคล้ายคลึงมากจนเกินไป แสดงว่าภาพผลลัพธ์นั้นไม่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ผู้วิจัยจึงเขียนโปรแกรมเพื่อตรวจสอบรูปภาพผลลัพธ์ที่ผู้วิจัยคัดเลือกมาโดยเปรียบเทียบกับชุดข้อมูลที่นำมาฝึก และแสดงผลลัพธ์ให้เห็นหากผลลัพธ์จากโครงข่ายประสาทเทียมที่เลือกมามีความคล้ายคลึงกับรูปภาพจากชุดข้อมูล ซึ่งมีการทำงานดัง Flowchart ดังนี้

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3.10** Flowchart การตรวจสอบความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพผลลัพธ์กับชุดข้อมูล

## ช่องทางการขายผลงานในรูปแบบ Non-Fungible Token(NFT) และการศึกษาผลตอบรับจากการขาย

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.4.2 ที่ผ่านมา ซึ่งจะแสดงถึง ข้อดีและข้อเสียของตลาดที่รับซื้อขายแลกเปลี่ยนผลงานทางด้าน Non-Fungible Token หรือ NFT เพื่อนำมาเป็นข้อเปรียบเทียบและพิจารณาถึงช่องทางการขายที่มีรูปแบบที่เหมาะสมกับผู้ขายมากที่สุด

หลังจากการวางขาย ผู้วิจัยต้องการศึกษาผลตอบรับจากการขายผลงานในรูปแบบ NFT ดังนั้น เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาถึงช่องทางการขายที่เหมาะสมยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลในส่วนของ การศึกษาผลตอบรับจากการขายของแต่ละช่องทางมาแสดงให้เห็นในรูปแบบตารางเพื่อใช้พิจารณา โดยปัจจุบันช่องทางที่ได้รับความนิยมมีอยู่ 2 เครือข่าย ได้แก่

1. ช่องทางการขายที่ถูกพัฒนาบนเครือข่ายของ Ethereum
2. ช่องทางการขายที่ถูกพัฒนาบนเครือข่ายของ Binance Smart Chain

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Application** | **เหรียญที่รับรอง** | | | | |
| **ERC-20** | **ERC-721** | **ERC-1155** | **BEP-20** | **BUSD** |
| Opensea | ✓ | ✓ | ✓ | X | X |
| Foundation | ✓ | ✓ | ✓ | X | X |
| Rarible | ✓ | ✓ | ✓ | X | X |
| Binance NFT | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

**ตารางที่ 3.4** ตารางแสดงรูปแบบเหรียญที่แต่ละ Chain รับรอง

**ตารางที่ 3.5** ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการเสียค่าธรรมเนียมของแต่ละ Chain

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Application** | **การเสียค่าธรรมเนียม**  **(GAS)** | | | **รูปแบบการการเสียค่าธรรมเนียม (GAS)** | |
| **แรกเข้า** | **ลงผลงาน** | **หลังขาย** | **รายชิ้น** | **เหมาจ่าย** |
| Opensea | ✓ | X | ✓ | X | ✓ |
| Foundation | X | ✓ | ✓ | ✓ | X |
| Rarible | X | ✓ | ✓ | ✓ | X |
| Binance  NFT | X | ✓ | ✓ | ✓ | X |

**ตารางที่ 3.6** ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการวางขายผลงาน

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Application** | **รูปแบบการขาย** | | **รูปแบบชิ้นงาน** | |
| **ผูกขาด** | **ประมูล** | **รายชิ้น** | **คอเลคชั่น** |
| Opensea | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Foundation | X | ✓ | ✓ | X |
| Rarible | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Binance  NFT | ✓ | X | ✓ | X |

**ตารางที่ 3.7** ตารางเปรียบเทียบรูปแบบการตอบกลับระหว่างผู้ซื้อ-ผู้ขายรับ

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Application** | **รูปแบบที่รับรองในการตอบกลับ** | | | | | |
| **จำนวนผู้เข้าชมผลงาน** | **จำนวนผู้ชื่นชอบผลงาน** | **จำนวนผู้ติดตาม** | **จำนวนคนกำลังติดตาม** | **การแสดงความคิดเห็น** | **กราฟแสดงผล**  **ตอบกลับ** |
| Opensea | ✓ | ✓ | X | X | X | ✓ |
| Foundation | X | X | ✓ | ✓ | ✓ | X |
| Rarible | X | ✓ | ✓ | ✓ | X | X |
| Binance  NFT | X | ✓ | X | X | X | X |

**บทที่ 4**

# ผลการทดลอง



## ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างรูปภาพ

ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลแต่ละชุดตามตารางที่ 3.2 มาทดสอบกับโครงข่ายตามตารางที่ 3.1 โดยข้อมูลผลลัพธ์จะแสดงผลโดยใช้ชื่อย่อของแต่ละโครงข่ายตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 4.1** ตารางแสดงชื่อย่อของโครงข่ายประสาทเทียม

|  |  |
| --- | --- |
| **ชื่อเต็มของโครงข่ายประสาทเทียม** | **ชื่อย่อสำหรับแสดงผลในผลลัพธ์** |
| GAN by TensorFlow | GAN\_TF |
| GAN by Ander Fernandez Jauregui | GAN\_AFJ |
| GAN by PyTorch | GAN\_PyT |

ผู้วิจัยจะแสดงผลลัพธ์ของการทดลองแต่ละชุดข้อมูลเป็นตาราง โดยจะแสดงผลลัพธ์ของ 25%, 50%, 75%, 100% ของจำนวนรอบการทำงาน (epoch) ของแต่ละโครงข่าย พร้อมกับเวลาที่ใช้ในการฝึก และตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์ที่ได้มา

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_birds**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ตารางที่ 4.2** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_birds | | | |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 2 นาที 34 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 5 นาที 12 วินาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 7 นาที 49 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 10 นาที 27 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 7 นาที 20 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 14 นาที  39 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 21 นาที  58 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 29 นาที  16 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 12 นาที  18 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 25 นาที  58 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 40 นาที  50 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 57 นาที  27 วินาที |  |

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_flowers**

**ตารางที่ 4.3** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_flowers

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (นาที)** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 2 นาที  28 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 4 นาที  59 วินาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 7 นาที  31 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 10 นาที  2 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 7 นาที  10 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 14 นาที  33 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 21 นาที  55 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 29 นาที  16 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 12 นาที  39 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 26 นาที  27 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 41 นาที  35 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 58 นาที  24 วินาที |  |

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_butterflies**

**ตารางที่ 4.4** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล pictogram\_butterflies

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (นาที)** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 3 นาที  3 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 6 นาที  10 วินาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 9 นาที  17 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 12 นาที  24 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 7 นาที  18 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 14 นาที  42 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 22 นาที  4 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 29 นาที  27 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 20 นาที  33 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 42 นาที  35 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 66 นาที  33 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 91 นาที  47 วินาที |  |

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล myBirds**

**ตารางที่ 4.5** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myBirds

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (นาที)** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 3 นาที  5 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 6 นาที  13 วินาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 9 นาที  22 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 12 นาที  30 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 7 นาที  24 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 14 นาที  52 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 22 นาที  19 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 29 นาที  45 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 17 นาที  16 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 36 นาที  9 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 56 นาที  30 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 78 นาที  13 วินาที |  |

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล myFlowers**

**ตารางที่ 4.6** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myFlowers

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (นาที)** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 5 นาที  29 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 11 นาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 16 นาที  32 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 22 นาที  3 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 7 นาที  11 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 14 นาที  32 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 22 นาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 29 นาที  21 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 26 นาที  25 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 55 นาที  53 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 88 นาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 122 นาที  44 วินาที |  |

* + 1. **ผลการทดลองชุดข้อมูล myButterflies**

**ตารางที่ 4.7** ตารางผลการทดลองชุดข้อมูล myButterflies

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **โครงข่ายประสาทเทียม** | **จำนวนรอบ (epoch)** | **ระยะเวลาที่ใช้ฝึก (นาที)** | **ตัวอย่างรูปภาพผลลัพธ์** |
| GAN\_TF | 2500 | 5 นาที  27 วินาที |  |
| GAN\_TF | 5000 | 10 นาที  58 วินาที |  |
| GAN\_TF | 7500 | 16 นาที  28 วินาที |  |
| GAN\_TF | 10000 | 21 นาที 58 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 25 | 8 นาที |  |
| GAN\_AFJ | 50 | 16 นาที  1 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 75 | 24 นาที  2 วินาที |  |
| GAN\_AFJ | 100 | 32 นาที  4 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 2500 | 20 นาที  25 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 5000 | 43 นาที  15 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 7500 | 68 นาที  34 วินาที |  |
| GAN\_PyT | 10000 | 96 นาที  14 วินาที |  |

* + 1. **วิเคราะห์ผลการทดลอง**

กำหนดให้ชุดข้อมูลที่ขึ้นต้นด้วย pictogram\_ จะย่อลงเหลือเพียง pict โดยเมื่อกำหนดประเภทของโครงข่ายเป็นตัวแปรต้น เพื่อเปรียบเทียบผลการทำงานจากชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน จากกราฟในรูปที่ 4.1 จะเห็นว่าโครงข่าย GAN\_AFJ ใช้เวลาในการฝึกใกล้เคียงกันในแต่ละชุดข้อมูล แต่ในโครงข่ายประเภท GAN\_TF และ GAN\_PyT มีความแตกต่างกันในเรื่องเวลาที่ใช้อย่างชัดเจน ชุดข้อมูลที่เห็นชัดเจนที่สุดคือชุดข้อมูล myButterflies ใช้เวลาในการฝึกมากที่สุด

ข้อสังเกตอีกอย่างจากโครงข่าย GAN\_TF และ GAN\_PyT คือเวลาในการฝึกของชุดข้อมูล pictBirds และ pictFlowers ใกล้เคียงกันมาก ในขณะที่ชุดข้อมูลที่เหลือใช้เวลาในการฝึกมากขึ้น ซึ่งความเร็วในการฝึกข้อมูลแปรผันตรงกับจำนวนภาพในแต่ละชุดข้อมูล

Graphical user interface

Description automatically generated

**รูปที่ 4.1** กราฟผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วในการฝึกชุดข้อมูลของแต่ละโครงข่าย

เมื่อลองเปรียบเทียบผลการทดลองโดยให้ชุดข้อมูลเป็นตัวแปรต้น เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของแต่ละโครงข่าย จากการสังเกตกราฟในรูปที่ 4.2 ชุดข้อมูล pictFlowers, myBirds, myFlowers และ myButterflies มีผลการทดลองในทิศทางเดียวกัน คือ GAN\_TF สามารถทำงานได้เร็วกว่า GAN\_PyT ในจำนวนรอบที่เท่ากัน ส่วน GAN\_AFJ ที่ใช้ไลบรารี Tensorflow เช่นเดียวกับ GAN\_TF มีความเร็วในการฝึกที่ช้ากว่าถึงแม้จะกำหนดจำนวนรอบเพียง 100 รอบเท่านั้น จากความเร็วของการฝึกที่สังเกตได้ ผู้วิจัยจึงตัดสินใจใช้ไลบรารี Tensorflow ในการฝึกโครงข่ายเพื่อสร้างรูปภาพ

**Graphical user interface, application

Description automatically generated**

**รูปที่ 4.2** กราฟผลการทดลองเปรียบเทียบความเร็วของโครงข่ายในการฝึกแต่ละชุดข้อมูล

## ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลง

ผู้วิจัยได้ทดลองนำชุดข้อมูลมาทดสอบกับโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งได้ทำการฝึกโครงข่ายเป็นจำนวน 100000 จำนวนรอบ และทดสอบให้โครงข่ายที่ได้รับการฝึกแล้วสร้างตัวอักษรความยาว 10000 ตัวอักษรออกมาเป็นจำนวน 5 ครั้ง ซึ่งผลการทดลองในครั้งแรก ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลเพลงข้อ Ludwig van Beethoven มาทดสอบ ซึ่งได้ตัวอักษรที่มีรูปแบบ abc notation ซึ่งสามารถนำมาสร้างเสียงเพลงได้เพียงเพลงเดียวเท่านั้น ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเพลงของ Wolfgang Amadeus Mozart และ Johann Christian Bach ลงไป ผลลัพธ์ที่ออกมายังคงได้เพลงเพียง 0 – 2 เพลงต่อการสร้างตัวอักษรในแต่ละครั้ง ซึ่งสรุปผลลัพธ์ได้ตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 4.8** ผลลัพธ์การฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลงในรูปแบบ abc natation ครั้งที่ 1

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชุดข้อมูล** | **จำนวนเพลงในรูปแบบ abc notation** | **ครั้งที่สร้างตัวอักษร** | **ผลลัพธ์จำนวนเพลงในรูปแบบ abc notation** |
| เพลงของ Ludwig van Beethoven | 35 | 1 | 0 |
| 2 | 1 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| เพลงของ Ludwig van Beethoven, Wolfgang Amadeus Mozart และ Johann Christian Bach | 61 | 1 | 2 |
| 2 | 1 |
| 3 | 0 |
| 4 | 1 |
| 5 | 1 |

ผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนแนวคิดในการจัดการชุดข้อมูลใหม่ โดยการแยกชุดข้อมูลตามประเภทของเพลง โดยแบ่งเป็นชุดข้อมูลประเภทเพลงเร็ว และชุดข้อมูลประเภทเพลงช้า และนำไปทดสอบกับโครงข่ายประสาทเทียมเป็นจำนวน 100000 จำนวนรอบ และทดสอบให้โครงข่ายที่ได้รับการฝึกแล้วสร้างตัวอักษรความยาว 10000 ตัวอักษรออกมาเป็นจำนวน 5 ครั้ง ซึ่งได้ผลลัพธ์ตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 4.9** ผลลัพธ์การฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลงในรูปแบบ abc natation ครั้งที่ 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชุดข้อมูล** | **จำนวนเพลงในรูปแบบ abc notation** | **ครั้งที่สร้างตัวอักษร** | **ผลลัพธ์จำนวนเพลงในรูปแบบ abc notation** |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 47 | 1 | 7 |
| 2 | 10 |
| 3 | 10 |
| 4 | 6 |
| 5 | 6 |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 77 | 1 | 5 |
| 2 | 8 |
| 3 | 5 |
| 4 | 4 |
| 5 | 12 |

จากการทดลองครั้งที่ 2 จะเห็นว่าได้ผลลัพธ์เป็นจำนวนเพลงที่มากขึ้น ถึงแม้ว่าจำนวนเพลงในชุดข้อมูลที่นำมาให้โครงข่ายประสาทเทียมฝึกจะมีจำนวนที่ใกล้เคียงกับการทดลองในครั้งที่ 1 ก็ตาม ดังนั้นการเลือกชุดข้อมูลที่มีลักษณะใกล้เคียงกันจะมีแนวโน้มในการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมให้สามารถสร้างผลลัพธ์ได้จำนวนมากกว่า

## ผลตอบรับต่อเสียงเพลงที่โครงข่ายประสาทเทียมแต่งขึ้น

ผู้วิจัยได้เลือกเพลงที่มีความไพเราะจากการทดลองโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างเพลงครั้งที่ 2 ออกมา 1 เพลงต่อการสร้างตัวอักษร 1 ครั้ง รวมเป็นเพลงทั้งหมด 10 เพลง และได้สร้างแบบสอบถามว่าผู้ฟังทราบหรือไม่ว่าแต่ละเพลงเป็นเพลงที่มนุษย์แต่งหรือเป็นเพลงที่คอมพิวเตอร์แต่งขึ้น และแต่ละเพลงให้ความรู้สึกแบบใดเมื่อได้ฟัง โดยเลือกผลลัพธ์เพลงดังนี้

**ตารางที่ 4.10** เพลงที่ถูกคัดเลือกมาเพื่อทำแบบสอบถาม

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ชุดข้อมูล** | **ครั้งที่สร้างตัวอักษร** | **ผลลัพธ์ในรูปแบบ abc notation** |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 1 | X:1  T:\'Ecossaise  T:Der kleine Hittichale  V:1 Program 1 0 bass M:2/4  L:1/8  K:F  FF | F3A2A2A2A2A2 | G,A,G,A, G,G :|] C,,B,,A,|B,D C/B/A/D/F/E/|D3 [[V:1] z/GC=A,/=D/][=D/F/ |  [V:1] .[=A,,C,E,\_G,]z.[A,,C,E,G,] |  [V:1] x3 :|][2  [V:2] .C,.Cz |  [V:1] .=g2 geg | "F"+>+a4 +>+c'4 c'4 | "F"FA | c>a gf | fe dedc|  K:G  (3bag (3fed" b"g2e2 | agfg (3gfe |  f2ee e2dd|  V:2  [F,4G4][F,4F4][F,4F4][F,4F2][F,2E2]|[F,2A,2C2]|  V:1  fF[Ae]F[Ae]F|eF[d4-]|[Ge][G/g/][Bc] [2 E,,G,,C, F,,A,,C, F,A,CDEB cBAB|c2a2 A4E2F2 | E3eee | |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 2 | X:10  T:1] Ez anzerro  T:Mrogram 1 0 bass M:3/4  L:1/8  K:C  P:Part  [V:1]  "F"C4F2 z4 |  [V:2] \_AB2B2d2B2 | c4B2B2A2B2 | c4 c2A2 | B3c d2B2 |\  cA/c/ fc/d/c | Ac c/d/c | e/f/e/d/c | e/c | Ac F2 |Ac Bdc |\  dd/d/ ddg2 | d2g2 g2 | e2e2 cBAB | cAfc A2dd |\  d2cc c2B2|cccccccc eGG|A>e f2g/ |\  "Gm"dd | ed ^cdc|  d2g2 g2 :| |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 3 | X:1/8  M:C|  K:F  FF | cB/c/ x/x2 & e/c/d/c/ efge c2[g2b2]|[g4b2][e\_g2][EBc]z|[1  [V:2] z4G2B,2D2B,2E4- |  [V:2] G,2A, & x2A,,, |  [V:1] x.B2>.D|.G,.[B,D] |  [V:1] z.[A,A,][F,,2F,2]x |  [V:2] E,/C,/ & .C,.G,,.=E,, |  [V:1] .=g.eB- |  [V:2] G2D & G,3 |  [V:1] b2d & B3 |  [V:2] =E,,G,,C, & C,,E,,G,, :|]  [V:1] [F2\_c3 |  [V:2] z4 |  [V:1] f2>e2dcc2c4 | {a}a2c2 c4 |  [V:2] [A,4A4A, G,E,G,] |  [V:1] x3 ]|:  [V:2] x^F,,G,, |  [V:1] x3 |  [V:2] |  [V:1] z/[Dd]BG/ |  [V:2] .[A,,C,]z[A,,C,] ]|G,[C2E2][F2A2][F2A2][F2A2][F2A2]|[C4G4][F,4F4]:G,G,] |  [V:1] [F,C][F,C]|[G,G] [G,3|] |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 4 | X:2  T:Franz-Scherz - Lied  M:6/8  L:1/16  K:F  V:1  c2|fcfc afaf|c'4bagf|efge c2[g2b2]|[g4b2][e\_g][G][G/B/][2 c2][GBg] |  [V:2] .[E,B,\_D]z.[GB] |  [V:2] \_F2-[A2dd|  d2cBc B2G2|  BdBd|] [EG][CE] z [FB] z|[F2A2] z [FA]|[EG] [CE][CF][CE]:|  P:C  Franz-Schottisch CGG ||  A~c3 dcAcA|BAcdB c4|A2A2] |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 5 | X:1  T:Adam und Eva Franz Liszur  T:A  dd |\  d2B2A2 z2 :|\  [2 B2B2 B2 :|\  [2 g2gg c'2g2 | c2c2c2e2d2  c2 | c2C2 |  [V:1] {/d} c=Bcd {/d} |  [V:2] .[E,B,\_D,]z :|][G,C]x2 |  [V:2] D2^C2B2d e2e2e2|"G7"B2A2B2(3B2A2 |\  c2G2 G4 | E2CE | [G2C,,2] G,,2A,2F,2] | [G2G,,2] G,2 | e2z2  c2 | e2c2 dcB2 | A3B c2A2B2 | c4B2B2A2 |1  T:Pantantand Evolkstand E |1/8  M:2/4  L:1/8  K:G  V:1] .[F,2E2][F,2C2]|[F,2E2][F,2C2]|[B,,2B,2][B,2D2]|[B,2D2B,2][B,2D2]|  V:1  P:E  gg ggge|efedf c2A2 | B3c d2B2 | c2B2d2e2d2  [B,4-F,4-F,4-] |  [V:1] ecG |  [V:2] ^FGFG)G2|"C"c4G2G2|"G7"G3G2d2|  "F"C7"e2e2B2|"C"c4G2c2|"G7"B3eg|"C"c4G2c2|"G7"G3G dcB|ABcd efed|fafz z|  V:2  [G,4D4F4][G,4D4F4]|] |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 1 | X:2/4  M:C2Eb E2|  GBGEE2D  T:Darter Krich Prey!b/a2 D2|B2c | B2ABG | B2G2 A2|A4  V:r  R:waltuz  M:3/2B/2d/2|(f2/2d/2 f2e2 |  [P:A] AFAA | "F"f ecd | c2A2 | A2GEC | A2=c2A2 | A2G2 |  [M:2/4  HE2"BG "E7"DFA | G A2G2AB Ac | (c3dB | "F7"f>B/A/2c/2 E | "F"F"(A|A(c//)(B2|"C"B>B c/A3/][A,/D/B,/E/E/)E/2 ^c/ | fec |  cec | B2a b2 | "Gmaj"f z2z2 z2z2z2 | "Bb"f2a2 | Bb | "G84)z A=F2efg eag Afe geA"Ed/2g2 "D7"B>G| G2B2c8 |z3 |z3 |z3 | AD2A2 FEFA | A2F2GA\_e | f2e2f2 |\  B2d/2c/ |\  (B2{C}B2A | "C7"G3/4B | BdB BA "G7"A2G4.2)]|(3A AAc|B2 G2Bd|Bd2B G2B G | (A6 AB2c|  "D7"|\  K:Am"A "G"G"b"g2g2cd|cAc | G2G2  E | Franz Wallied)  M:3/4  R:2a2b2 =gfga |  | g3g3g3g3g g2 | {c | B2 | B2 GB cA | A2G2A B2 B<B|a2gag f2a dfa g2ag|gfga g2ag | fdB A2 :|  C4A4B4|]  [V:P5]3  z4 z4 !p!dB2- | E |  ^c4z4 !p!te Tr B2GB2 | A2=c4 nal  T:ABc |d2BBBB/2d2B dG| G2GE E GEKLG,A,/B,/ A,/ | G,B d2 GB|B2 G | "C"E DEFEF | AF AB||  AB G Ac B2A2A2B A2G|B3ce| f2e|  V:2  R:3  E,2 E3 Ech po "fla) (c' aes g4- | g2g2f2 | fgab E | "G7"d3/ | dBB A2|A4| B4 | B2G2GEF2|| |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 2 | X:1  T:25ltgr"  K:Amix4 nam 10 baschar Ma2z2 |  "C"(G | G4  P:C  T:Arsch orun (184 M4-19178-17"c2B | "G7"B^G B eB d2 d>f |  "zc BdF|(AD Ac | "G7"B3 "E>FDA2 F | f2e2 f2 | fdc2e2B| AcB AB2B2=c|Bd>c "E7"A2 "D"F2E2 | F2c AB2c8 | "C7"d2c2B2 ::| |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 3 | X:1  T:258  R:4 BB>E|ed^c2 | d2g2 | fd^cd e4 | B2 G2A2B2 f2B/2 | B4 B/2 A/ B | DFA A\_p"!b3/4 | D,/^C,/ d/2 c/d/ | d>c A/c/E/F// G/(>F/E/2|  "Eb"g2f/2|"Eb"b2e^d "C"\_>TAD"BDF|e3d (c2{GBG| "D"AG4 | "F"F4z|  V:1  "C"AB cF | Bf>B|"A"f2B2B dG ^cd2 | "C"E2"G7"B2 | f4 fec A<A |\  " d4 | B,G,2E :2  G2 | G "D7"dB | A3 G BB2B(c3 | (3G B2 BdB d3c|B2G2G2G A2G|EFF AB2 | A2=c2A|  "G"dd |1 4148  R:rige  [M:4/4  L:1/8  K:G  B3 |d2BBBBc|AeA FFral  M:6/8 "C"cD | B2 G B2G2 {c | d2 | eg | fe ABG | (eg) (ed f fd=fer Bd2 d>c d2 {c |  c2d2B dG| E6 B2A2D,2:"\_B/2 | B/2d/22| |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 4 | X:1/4=1 "e2e>c2{G7"f | "G7"f2B2A>B | BB Ed e2 (c/d//)c>B|  "C"G2D | "trece2 | B3B | "F"c2=c4 | B2D2 E :"G"G2 Bd | Bf>e "Bd.g2 (d/e/f/B/)e2g2) | f2e2d2B2G2.f | "d2G|e(A/G//) B/2 | c/d/F//G/){e (e (Bc "B/c/B | (B2{c | B2B cB ABc8 &e/D/F/A/ A/>A/) | FFrag | "C7"aagg [A,B]f>A/)E/2B | (BB E A2 | F2F4A=F|EAE  ch A G (dGB | ^cd2d2|  c2 | ABc|Bd | F, | ccAcA B cA | B AcA||G"G3 G | A3fd fd Brue  V:1  B4 |\  "Eb"E2E,2E,E,E,E,E,EE (3B2 | d/e/ f2e2 c Adg | g2g2|"G"Gm"G| f3ecAc | "G"A3G:"Ge GBd G>B | B2 GB dB | BdGBd||  B2 G3/2 E | "G7"=B A2 z2 | "Eb"G | "d3 | d3/8 | c3 | B BB B ecBA | Bdf e3 | "D7"G3 - F3E | A2A AB D2d d2 | F2e |  c>YG>ee4 | cF | B2 | AG4 B2B2C  "AF"c2 | G2AB c2AB4B | DFF | EF| A2 G | E3-|"D7"\_ee|ADGBG "D7"d2 eA  "dc | "C"e2d2B "D7"dc B2 | BB GB c|B2 GBc AFAA|AAc |  K:E | A  c4- e2d|gfd | A2 A2ccB d|ceg|"D"f2B A3 | "D7"fec/c/2B, "^2B/2A |a2g2g2 f2 | f2 e2 | dc A2|(d4A4 | e2 Bd | g2f2d2 G2g2|g2GB | "1)"FGA | "G>AF EA FGAB | BdG | B2A |  B2 (3gc B A | "DEFG | "z2A2 ::"c2 e3/dcB Ac |B2Bd | Bd | ce eA>Ag f2 | fed B cB |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 5 | X:1  T:25  T:Hector O IE 2:2 d2 | =FAcB A2D/F!\_/2 e^d dA B a Abas (1720]3)  M:6/8  L:1/8  K:B  cd| "C"(3G E :D A2Ac f :|  |:B AF AA| Ad e2 :| |

จากการทำแบบสอบถาม ได้ผลลัพธ์จากผู้ทำแบบสอบถามจำนวน 23 คน ซึ่งแบ่งตามเพศได้เป็นผู้ชาย 18 คน และผู้หญิง 5 คน แบ่งตามอายุได้เป็นผู้ที่อายุอยู่ในช่วง 18 – 24 ปี จำนวน 18 คน, ผู้ที่อายุอยู่ในช่วง 25 -30 ปี จำนวน 3 คน และผู้ที่อายุน้อยกว่า 18 ปี จำนวน 2 คน ซึ่งจากการสอบถามความถี่ในการฟังเพลงต่อสัปดาห์ ผู้ทำแบบสอบถามจำนวน 19 คนฟังเพลงทุกวัน, 3 คนฟังเพลง 1 – 3 วันต่อสัปดาห์ และ 1 คนฟังเพลง 4 – 6 วันต่อสัปดาห์ โดยผู้ทำแบบสอบถามได้ตอบแบบสอบถามในแต่ละเพลงที่ผู้วิจัยได้เลือกมาซึ่งสรุปได้ดังตารางดังนี้

**ตารางที่ 4.11** ผลลัพธ์จากแบบสอบถามในแต่ละเพลงที่ผู้วิจัยคัดเลือกมา

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ชุดข้อมูล** | **ครั้งที่สร้างตัวอักษร** | **อัตราส่วนร้อยละของความคิดเห็นที่คิดว่าเป็นเพลงที่**  **คนแต่ง : คอมพิวเตอร์แต่ง** | **อารมณ์ที่รู้สึกต่อเพลง** |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 1 | 34.8 : 65.2 | ตื่นเต้น เร้าใจ (21.7%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (56.5%),  เศร้า หดหู่ (4.3%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (4.3%),  อื่น ๆ (34.5%) |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 2 | 43.5 : 56.5 | ตื่นเต้น เร้าใจ (21.7%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (47.8%),  เศร้า หดหู่ (21.7%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (8.7%),  อื่น ๆ (4.3%) |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 3 | 52.2 : 47.8 | ตื่นเต้น เร้าใจ (39.1%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (30.4%),  เศร้า หดหู่ (8.7%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (8.7%),  อื่น ๆ (25.8%) |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 4 | 39.1 : 60.9 | ตื่นเต้น เร้าใจ (31.8%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (50%),  เศร้า หดหู่ (0%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (4.5%),  อื่น ๆ (18%) |
| เพลงประเภทเพลงเร็ว | 5 | 56.5 : 43.5 | ตื่นเต้น เร้าใจ (8.7%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (17.4%),  เศร้า หดหู่ (26.1%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (47.8%),  อื่น ๆ (0%) |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 1 | 52.5 : 47.8 | ตื่นเต้น เร้าใจ (4.3%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (13%),  เศร้า หดหู่ (34.8%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (43.5%),  อื่น ๆ (8.6%) |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 2 | 43.5 : 56.5 | ตื่นเต้น เร้าใจ (4.3%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (17.4%),  เศร้า หดหู่ (39.1%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (26.1%),  อื่น ๆ (12.9%) |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 3 | 39.1 : 60.9 | ตื่นเต้น เร้าใจ (0%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (40.9%),  เศร้า หดหู่ (36.4%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (18.2%),  อื่น ๆ (13.5%) |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 4 | 47.8 : 52.2 | ตื่นเต้น เร้าใจ (4.3%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (26.1%),  เศร้า หดหู่ (17.4%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (47.8%),  อื่น ๆ (8.6%) |
| เพลงประเภทเพลงช้า | 5 | 56.5 : 43.5 | ตื่นเต้น เร้าใจ (13%),  สนุกสนาน ตลกขบขัน (30.4%),  เศร้า หดหู่ (21.7%),  ซาบซึ้ง โรแมนติก (26.1%),  อื่น ๆ (8.6%) |

สรุปผลจากผลแบบสอบถาม สัดส่วนของความคิดเห็นระหว่างการเป็นเพลงที่คนแต่งกับเพลงที่คอมพิวเตอร์แต่งมีสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน โดยมีเพลงประเภทเพลงช้าจากการสร้างตัวอักษรครั้งที่ 3 มีสัดส่วนที่ต่างกันมากที่สุด โดยมีความคิดเห็นว่าเป็นเพลงที่คนแต่ง 39.1% ต่อความคิดเห็นว่าเป็นเพลงที่คอมพิวเตอร์แต่ง 60.9% และภาพรวมในแง่ของอารมณ์ที่รู้สึกต่อเพลง ความรู้สึกประเภทตื่นเต้น เร้าใจ และสนุกสนาน ตลกขบขัน ถือว่าเป็นอารมณ์ที่เหมาะสมกับเพลงเร็ว ในทางกลับกัน ความรู้สึกประเภทเศร้า หดหู่ และซาบซึ้ง โรแมนติก ถือเป็นอารมณ์ที่เหมาะสมกับเพลงช้า ซึ่งความคิดเห็นจากแบบทดสอบในแต่ละเพลง มีอัตราส่วนความคิดเห็นของอารมณ์ความรู้สึกต่อเพลงตรงกับประเภทของเพลง ยกเว้นเพลงประเภทเพลงเร็วจากการสร้างตัวอักษรครั้งที่ 5 ที่มีความคิดเห็นเศร้า หดหู่ ซึ่งมีอัตราส่วน 26.1% และ ซาบซึ้ง โรแมนติก ซึ่งมีอัตราส่วน 47.8% ซึ่งรวมกันแล้วมากกว่าความคิดเห็นตื่นเต้น เร้าใจ ซึ่งมีอัตราส่วน 8.7% และสนุกสนาน ตลกขบขัน ซึ่งมีอัตราส่วน 17.4%

## ผลการตรวจสอบผลลัพธ์ประเภทรูปภาพจากโครงข่ายประสาทเทียม

ผู้วิจัยได้คัดเลือกผลลัพธ์ที่น่าสนใจจากโครงข่ายประสาทเทียม GANs เพื่อนำมาเป็นองค์ประกอบในภาพเดียวกัน โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกผลลัพธ์ที่เป็นภาพนก 2 ภาพ, ภาพดอกไม้ 3 ภาพ และภาพผีเสื้อ 4 ภาพ ซึ่งมีผลลัพธ์การตรวจสอบความคล้ายกับภาพจากชุดข้อมูลตามตารางดังนี้

**ตารางที่ 4.12** ตารางแสดงผลลัพธ์เปรียบเทียบภาพที่คล้ายกับภาพจากชุดข้อมูล

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **รูปภาพที่** | **รูปภาพที่คัดเลือกมา** | **ผลลัพธ์การเปรียบเทียบภาพที่มีความใกล้เคียงกับชุดข้อมูล** |
| 1 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 2 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 3 |  |  |
| 4 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 5 |  |  |
| 6 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 7 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 8 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |
| 9 |  | ไม่พบภาพที่ใกล้เคียง |

จากผลการตรวจสอบ พบว่ามีเพียงรูปภาพที่ 3 และ 5 ที่พบภาพที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับภาพจากชุดข้อมูล แต่เมื่อสังเกตดูแล้ว ภาพจากโครงข่ายประสาทเทียมกับภาพของชุดข้อมูลยังมีจุดแตกต่างกันมาก เช่น รูปภาพที่ 3 ยังมีลักษณะกลีบดอกที่ไม่ได้เรียงอย่างสมมาตรเหมือนรูปภาพจากชุดข้อมูล หรือรูปภาพที่ 5 ที่มีลักษณะกลีบดอกที่ไม่ได้เรียงอย่างสมมาตรเช่นกัน อีกทั้งยังมีสีชมพูเพิ่มเติมเล็กน้อยที่ปลายกลีบดอก ซึ่งแตกต่างจากรูปภาพจากชุดข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้รูปภาพที่คัดเลือกมาทั้งหมดมาสร้างภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียม Convolution LSTM คาดการณ์เฟรมของภาพเคลื่อนไหวที่จะเกิดขึ้นถัดไป

## ผลการทดลองการฝึกโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อสร้างภาพเคลื่อนไหว

ผู้วิจัยได้นำรูปภาพที่คัดเลือกมาทดสอบสร้างภาพเคลื่อนไหวจำนวน 8 เฟรม โดยจะให้ 4 เฟรมแรกเป็นข้อมูลอินพุตให้โครงข่ายประสาทเทียม Convolution LSTM เพื่อให้โครงข่ายประสาทเทียมคาดการณ์อีก 4 เฟรมต่อมาที่จะเกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยทดสอบสร้างภาพเคลื่อนไหว 2 ภาพซึ่งภาพแรกเป็นภาพที่รวมภาพที่คัดเลือกมาทั้ง 9 ภาพมาจัดองค์ประกอบ ซึ่งมีความซับซ้อน ในขณะที่ภาพที่สองมีเพียงแค่ 4 ภาพที่นำมาจัดองค์ประกอบ ซึ่งมีความซับซ้อนน้อยกว่า โดยมีผลการทดลองตามตาราง ซึ่งจะแบ่งตารางเป็น 4 เฟรมแรกซึ่งเป็น Input ของโครงข่าย และ4 เฟรมถัดมาซึ่งเปรียบเทียบภาพจริงในแถวแรกกับภาพที่คาดการณ์ถัดมาในแถวที่สอง เป็น Output ดังนี้

**ตารางที่ 4.13** ตารางแสดงผลลัพธ์การคาดการณ์เฟรมของภาพเคลื่อนไหว

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ภาพที่** | **ประเภทของเฟรม** | **รูปภาพในแต่ละเฟรม** |
| 1 | Input |  |
| Output |  |
| 2 | Input |  |
| Output |  |

โดยผลลัพธ์ที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียม Convolution LSTM มีลักษณะที่ไม่ชัดเจนทั้งรูปร่างและสี ทำให้เกิดภาพเคลื่อนไหวที่ไม่สวยงามเท่าที่ควร

**บทที่ 5**

# วิเคราะห์และสรุปผล



## สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานการสร้างงานศิลปะมัลติมีเดียเชิงพาณิชย์โดยการฝึกสอนโครงข่ายประสาทเทียมได้จัดทำผลงานศิลปะทั้งรูปแบบภาพวาด เพลง และภาพเคลื่อนไหว ซึ่งจะนำผลลัพธ์มารวมกันและวางขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT) โดยการดำเนินการในปัจจุบันสามารถทดสอบการสร้างรูปภาพจากโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Generative Adversarial Networks (GANs) ซึ่งจะได้ภาพที่มีเอกลักษณ์แต่ขาดรูปร่างที่ชัดเจนเพื่อที่จะนำมาใช้สร้างเป็นผลงานในการทำภาพเคลื่อนไหวต่อไป และสามารถสร้างเพลงในรูปแบบ abc notation โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมประเภท Recurrent Neural Networks (RNNs) ในการสร้างเพลงขึ้นมา ซึ่งสามารถเลียนแบบเพลงที่มนุษย์แต่งได้ปานกลาง โดยมีผลตอบรับจากแบบสอบถามความคิดเห็นระหว่างคิดว่าเป็นเพลงที่คนแต่งหรือเป็นเพลงที่คอมพิวเตอร์แต่งในอัตราส่วนที่ใกล้เคียงกัน แต่ในการสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมประเภท Convolution LSTM ยังได้ผลลัพธ์ที่ไม่สวยงาม ทำให้ผู้จัดทำยังไม่ได้นำผลลัพธ์ไปลงกับเสียงเพลงและนำไปวางขายในรูปแบบ Non-Fungible Token (NFT)

## ปัญหาและอุปสรรค

1. โครงข่ายประสาทเทียมบางโครงข่ายใช้เวลาประมวลผลที่นาน เช่น โครงข่าย GAN by Ander Fernandez Jauregui และ Convolution LSTM ส่งผลให้ใช้เวลานานไปกับกระบวนการที่ต้องใช้การทดลองซ้ำหลายครั้ง
2. การฝึกโครงข่ายประสาทเทียมบน Google Colaboratory ในช่วงเริ่มต้นของโครงงานใช้ทรัพยากรมากจนถูกจำกัดการเข้าถึง ส่งผลให้ผลลัพธ์ในการฝึกโครงข่ายบางครั้งเกิดความล้มเหลวเนื่องจากถูกยกเลิก session ในระหว่างการประมวลผล ผู้วิจัยจึงได้ทำการจ่ายค่าบริการเพิ่มเพื่อเปลี่ยนไปใช้ Google Colaboratory Pro ซึ่งเข้าถึงทรัพยากรได้มากขึ้น
3. รูปภาพผลลัพธ์จากโครงข่ายประสาทเทียมประเภท Generative Adversarial Networks (GANs) ได้ผลลัพธ์ในลักษณะที่สมบูรณ์ซึ่งมีความใกล้เคียงกับรูปภาพดั้งเดิมในชุดข้อมูลมากเกินไป ขาดความเป็นเอกลักษณ์ ส่งผลให้ผู้วิจัยต้องเลือกใช้รูปภาพผลลัพธ์จากจำนวนรอบการฝึกที่น้อยลงมา ซึ่งมีรูปร่างที่มีความชัดเจนน้อยลงมา แต่มีความเป็นเอกลักษณ์มากขึ้น
4. Convolution LSTM สร้างเฟรมของภาพเคลื่อนไหวที่ไม่ชัดเจน ภาพเคลื่อนไหวที่ได้จึงไม่สวยงาม ผู้วิจัยจึงต้องหาวิธีใหม่ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว
5. ค่าธรรมเนียมในการวางขายผลงาน NFT บนตลาดที่ได้รับความนิยม เช่น Opensea มีค่าใช้จ่ายที่แพง ทำให้ต้องตัดสินใจให้รอบคอบก่อนที่จะนำผลงานที่ได้จากโครงข่ายประสาทเทียมไปวางขาย ซึ่งในทางกลับกัน ค่าธรรมเนียมในการวางขายผลงาน NFT บนตลาดที่มีความนิยมน้อยกว่าจะมีราคาที่ถูกกว่า

## แนวทางการพัฒนาโครงงาน

1. นำโครงข่ายประสาทเทียมประเภทอื่นมาทดลองสร้างภาพเคลื่อนไหว เช่น Encoder – Decoder หรือ Transformer โดยลองปรับวิธีโดยการใช้ผลลัพธ์จากโครงข่ายมาประยุกต์สร้างภาพเคลื่อนไหวแทนที่จะใช้วิธีสร้างภาพเคลื่อนไหวโดยตรง
2. เนื่องจากผลลัพธ์ประเภทรูปภาพจากโครงข่ายประสาทเทียม Generative Adversarial Networks (GANs) มีขนาดที่เล็ก การใช้โครงข่ายประสาทเทียมที่มีความสามารถในการเพิ่มขนาดรูปภาพอาจช่วยให้รูปภาพมีความชัดเจนมากขึ้น

# บรรณานุกรม

1. อำภา สาระศิริ. **“เทคนิคการเรียนรู้พื้นฐานโครงข่ายประสาทเทียม.”** 2559.[Online].  
    Available: https://www.mut.ac.th/research-detail-92 [ ที่เข้าถึง 8 สิงหาคม 2564 ]
2. Thanon. **“NFT หรือ Non-fungible token คืออะไร ทำไมศิลปินทั่วไปก็สามารถทำเงิน  
    ระดับพันล้านบาทได้?.”** 2564.[Online]. Available:   
    https://siamblockchain.com/2021/03/29/nft-คือ-อะไร [ ที่เข้าถึง 8 สิงหาคม 2564 ]
3. Heavers, Mike. **“Animated StyleGAN image transitions with RunwayML.”** 2562.   
    [Online]. Available: https://heartbeat.fritz.ai/animated-stylegan-image-  
    transitions-with-runwayml-57a2e20db80f [ ที่เข้าถึง 11 สิงหาคม 2564 ]
4. Sharma, Aditya. **“Deep Convolutional GAN in PyTorch and TensorFlow.”** 2564. [Online]. Available: https://learnopencv.com/deep-convolutional-gan-in-  
    pytorch-and-tensorflow/ [ ที่เข้าถึง 13 สิงหาคม 2564 ]
5. Shrestha, Anish. **“Generating Modern Art using Generative Adversarial** **Network(GAN) on Spell.”** 2562.[Online]. Available:   
    https://towardsdatascience.com/generating-modern-arts-using-generative-  
    adversarial-network-gan-on-spell-39f67f83c7b4 [ ที่เข้าถึง 18 สิงหาคม 2564 ]
6. Tensorflow. **“Deep Convolutional Generative Adversarial Network.”** 2564.   
    [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/tutorials/generative/dcgan   
    [ ที่เข้าถึง 18 สิงหาคม 2564 ]
7. Jauregui, Ander F. **“How to code a Generative Adversarial Network (GAN) in** **Python.”** [Online]. Available: https://anderfernandez.com/en/blog/how-to-  
    code-gan-in-python/ [ ที่เข้าถึง 20 สิงหาคม 2564 ]
8. Tensorflow. **“TensorFlow-GAN (TF-GAN).”** 2563.[Online]. Available:   
    https://github.com/tensorflow/gan [ ที่เข้าถึง 31 สิงหาคม 2564 ]
9. Linder-Norén, Erik. **“PyTorch-GAN.”** 2564.[Online]. Available:   
    https://github.com/eriklindernoren/PyTorch-GAN [ ที่เข้าถึง 31 สิงหาคม 2564 ]
10. Inkawhich, Nathan. **“DCGAN TUTORIAL.”** 2564. [Online]. Available:   
     https://pytorch.org/tutorials/beginner/dcgan\_faces\_tutorial.html [ ที่เข้าถึง 31   
     สิงหาคม 2564 ]
11. He, Katie. **“Music in Python.”** 2564.[Online]. Available:   
     https://towardsdatascience.com/music-in-python-2f054deb41f4 [ ที่เข้าถึง 6   
     กันยายน 2564 ]
12. Jain, Nishu. **“How to Play Music Using Mathematics in Python.”** 2563.[Online].   
     Available: https://towardsdatascience.com/mathematics-of-music-in-python-  
     b7d838c84f72 [ ที่เข้าถึง 6 กันยายน 2564 ]
13. Alan. **“Making A Synth With Python — Oscillators.”** 2564.[Online]. Available:   
     https://python.plainenglish.io/making-a-synth-with-python-oscillators-  
     2cb8e68e9c3b [ ที่เข้าถึง 10 กันยายน 2564 ]
14. Kinariwala, Tejesh. **“GENERATING ART FROM NEURAL NETWORKS.”** 2562. [Online]. Available: https://www.weareworldquant.com/en/thought-  
     leadership/generating-art-from-neural-networks/ [ ที่เข้าถึง 18 กันยายน 2564 ]
15. Amini, Alexander. **“Part2\_Music\_Generation.”** 2564. [Online]. Available:   
     https://github.com/aamini/introtodeeplearning/blob/master/lab1/Part2\_Music\_  
     Generation.ipynb [ ที่เข้าถึง 20 กันยายน 2564 ]
16. Doratong24. **“[ML] LSTMs แบบ (เกือบ) ละเอียดยิบ ๆ.”** 2560. [Online]. Available:   
     https://medium.com/@tongkornkitt/ml-lstms-แบบ-เกือบ-ละเอียดยิบ-ๆ-  
     a3a55cd37883 [ ที่เข้าถึง 21 กันยายน 2564 ]
17. Radford, Alec, Metz, Luke, Chintala, Soumith. **“UNSUPERVISED** **REPRESENTATION LEARNING WITH DEEP CONVOLUTIONAL** **GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS.”** arXiv:1511.06434v2. 2559.
18. Kerras, Tero, Laine, Samuli, Aila, Timo. **“A Style-Based Generator Architecture for** **Generative Adversarial Networks.”** arXiv:1812.04948. 2562.
19. Colaboratory. **“Colaboratory คืออะไร.”** [Online]. Available:   
     https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb [ ที่เข้าถึง 22 กันยายน   
     2564 ]
20. Wannaphong. **“พัฒนา Machine learning ด้วย TensorFlow.”** 2559.[Online].   
     Available: https://python3.wannaphong.com/2016/01/machine-learning-  
     tensorflow.html [ ที่เข้าถึง 22 กันยายน 2564 ]
21. Chintala, Soumith. **“DEEP LEARNING WITH PYTORCH: A 60 MINUTE BLITZ.”** 2564. [Online]. Available:   
     https://pytorch.org/tutorials/beginner/deep\_learning\_60min\_blitz.html [ ที่เข้าถึง   
     22 กันยายน 2564 ]
22. **““NFT” คืออะไร - น่าสนใจมากแค่ไหนในมุมมองนักลงทุน ?.”** 2564.[Online].   
     Available: https://www.moneybuffalo.in.th/cryptocurrency/nft-cryptocurrency-  
     blockchain [ ที่เข้าถึง 23 กันยายน 2564 ]
23. กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. **“'NFT' คืออะไร? รู้จัก 'สินทรัพย์' แบบใหม่ ให้ผู้ครอบครองเป็น** **'เจ้าของทิพย์' บนโลกดิจิทัล.”** 2564. [Online]. Available:   
     https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/945378 [ ที่เข้าถึง 23 กันยายน 2564 ]
24. อีไฟแนนซ์ไทย. “**มา! ฮิตกันมาก ‘คู่มือสำหรับมือใหม่ NFT’ มัดรวมอยู่นี่แล้ว.”** 2564.   
     [Online]. Available: https://www.efinancethai.com/LastestNews/  
     LatestNewsMain.aspx?release=y&ref=M&id=Z013RE94V1l1Q1E9 [ ที่เข้าถึง 23   
     กันยายน 2564 ]
25. KAFKA. **“ชี้เป้าแหล่งเสพงาน NFTs วิธีการสมัคร Opensea และ Foundation.”** 2564.   
     [Online]. Available: https://sputnikth.com/index.php/2021/08/15/buy-sell-nfts/   
     [ ที่เข้าถึง 23 กันยายน 2564 ]
26. Belitskaya, Olga. **“Art Pictograms.”** 2563. [Online]. Available:   
     https://www.kaggle.com/olgabelitskaya/art-pictogram   
     [ ที่เข้าถึง 28 กันยายน 2564 ]
27. Buchner, Johannes. **“ImageHash 4.2.1.”** 2564. [Online]. Available:   
     https://pypi.org/project/ImageHash/ [ ที่เข้าถึง 29 กันยายน 2564 ]
28. Mansfield, Steve. **“The Lesession pages.”** 2559. [Online]. Available:   
     http://www.lesession.co.uk/abc/abc\_notation.htm [ ที่เข้าถึง 17 ตุลาคม 2564 ]
29. Walshaw, Chris. **“The ABC Music standard 2.0 (December 2010).”** 2553. [Online].   
     Available: https://abcnotation.com/wiki/abc:standard:v2.0 [ ที่เข้าถึง 17 ตุลาคม   
     2564 ]
30. Joshi, Amogh. “**Next-Frame Video Prediction with Convolutional LSTMs.**” 2564.   
     [Online]. Available: https://colab.research.google.com/github/keras-team/keras-  
     io/blob/master/examples/vision/ipynb/conv\_lstm.ipynb   
     [ ที่เข้าถึง 19 ตุลาคม 2564 ]
31. Draht, Luke. “**Animation Dataset.**” 2563. [Online]. Available:   
     https://www.kaggle.com/lukedraht/animation-dataset [ ที่เข้าถึง 20 ตุลาคม 2564 ]
32. Nemire, Brad. “**New AI Style Transfer Algorithm Allows Users to Create Millions of** **Artistic Combinations.”** 2561. [Online]. Available:   
     https://developer.nvidia.com/blog/new-ai-style-transfer-algorithm-allows-users-to-  
     create-millions-of-artistic-combinations/ [ ที่เข้าถึง 16 พฤศจิกายน 2564 ]
33. Isola, Phillip, Zhu, Jun-Yan, Zhou, Tinghui, Efros, A. Alexei. **“Image-to-Image** **Translation with Conditional Adversarial Networks.”** arXiv:1611.07004v3.   
     2561.
34. Colaboratory. **“pix2pix: Image-to-image translation with a conditional GAN.”**   
     [Online]. Available: https://www.tensorflow.org/tutorials/generative/pix2pix   
     [ ที่เข้าถึง 24 มกราคม 2565 ]
35. Huang, Zhewei, Zhang, Tianyuan, Heng, Wen, Shi, Boxin, Zhou, Shuchang. **“RIFE:** **Real-Time Intermediate Flow Estimation for Video Frame Interpolation.”** arXiv:2011.06294v11. 2564.
36. **“RIFE\_Colab.”** [Online]. Available: https://colab.research.google.com/github/  
     HeylonNHP/RIFE-Colab/blob/main/RIFE\_Colab.ipynb  
     [ ที่เข้าถึง 15 กุมภาพันธ์ 2565 ]

# ประวัติผู้เขียน

A person wearing a tie

Description automatically generated with medium confidenceชื่อ - นามสกุล นายภาสกร นุชิตขจรวุฒิ

รหัสนักศึกษา 61070164

วันเดือนปีเกิด 11 มีนาคม 2542

ที่อยู่ 252/51 หมู่บ้านเซนโทรศรีนครินทร์บางนา ถนนเฉลิมพระเกียรติร.9

ซอย 28 แขวงหนองบอน เขตประเวศ กรุงเทพมหานคร 10250

อีเมล 61070164@it.kmitl.ac.th

ชื่อ - นามสกุล นายอนุชา เว่ย

รหัสนักศึกษา 61070257

วันเดือนปีเกิด 6 ตุลาคม 2538

ที่อยู่ 70/1 ม.7 ต.หนองปลาไหล อ.บางละมุง จ.ชลบุรี 20150

อีเมล 61070257@it.kmitl.ac.th