



การจำแนกระดับคุณภาพน้ำด้วยการเรียนรู้เชิงลึกผ่านแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการ

แอนดรอยด์

Classification of Water Quality Level using Deep Learning on Android Application

ณัฐวดี หงษ์บุญมี* และ ชีรพงศ์ อ่อนคำ

Nattavadee Hongboonmee and Thiraphong Oonkham*

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Department of Computer Science and Information Technology, Faculty of Science,

Naresuan University

Received: May 15, 2022; Revised: December 12, 2022; Accepted: December 13, 2022; Published: December 30, 2022

ABSTRACT – Water is crucial for all lives, yet recently its quality is increasingly affected by waste and pollution. As water quality inspection is important for ecological and water resource management, this work therefore proposed a water quality inspection technique based on deep learning to automatically classify water quality on an Android application. The process started from collection of 480 images which were divided into four grades of water: A, B, C and D. The images were used for training a model for water quality classification, and three algorithms were compared: MobileNet 0.5 MobileNet 0.75, and MobileNet 1.0. Model assessment was done using accuracy, precision and recall. The model was developed into an application, which was then finally tested. The test found that (1) the MobileNet 1.0 was the most suitable model with 100.00% accuracy, precision and recall, and (2) application test showed that it had classification success rate of 82.50%, with good performance. Application was assessed by experts and the result was 4.33 on average, or highly suitable. The test showed that this approach and application could be used for water quality inspection from images with high efficiency and ease of use.

KEYWORDS: Water Quality, Image Classification, Deep Learning, Convolutional Neural-Network, Application

บทคัดย่อ -- น้ำเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตและการยังชีพของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้รับผลกระทบจากของเสียและสารมลพิษเพิ่มมากขึ้น การตรวจสอบคุณภาพน้ำเป็นสิ่งสำคัญต่อการจัดการระบบนิเวศและทรัพยากรน้ำ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อจำแนกระดับคุณภาพน้ำจากภาพแบบอัตโนมัติผ่านแอปพลิเคชันระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ขั้นตอนการดำเนินการประกอบด้วย การรวบรวมชุดข้อมูลภาพจำนวนทั้งหมด 480 ภาพ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ คุณภาพน้ำเกรด A เกรด B เกรด C และเกรด D นำข้อมูลภาพไปฝึกสอนให้เครื่องคอมพิวเตอร์เรียนรู้และสร้างโมเดลจำแนกระดับคุณภาพน้ำแต่ละประเภททดลองเปรียบเทียบด้วยอัลกอริทึม 3 แบบ ได้แก่ MobileNet0.5 MobileNet 0.75 และ MobileNet 1.0 การประเมิน

*Corresponding Author: nattavadeeho@nu.ac.th

ประสิทธิภาพโมเดลใช้ค่าความถูกต้อง ความแม่นยำ และความละเอียด จากนั้นนำโมเดลไปพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันและขั้นตอนสุดท้ายคือการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน ผลการทดลองพบว่า(1) โมเดลMobileNet 1.0 มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยการวัดประสิทธิภาพด้วยค่าความถูกต้องได้100.00%ค่าความแม่นยำ 100.00% ค่าความละเอียด 100.00%และ (2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชันพบว่า อัตราความสำเร็จในการจำแนกภาพเท่ากับ82.50%มีประสิทธิภาพความแม่นยำอยู่ในระดับดี ส่วนผลการประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก ผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าวิธีการและแอปพลิเคชันที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นเครื่องมือช่วยตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากภาพถ่ายได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการใช้งาน

คำสำคัญ: คุณภาพน้ำ, การจำแนกภาพ, การเรียนรู้เชิงลึก, โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน, แอปพลิเคชัน

1. บทนำ

น้ำเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ทั้งในการอุปโภคและบริโภคในชีวิตประจำวัน การทำเกษตรกรรมและกิจกรรมอื่นๆ อีกมากมาย ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้รับผลกระทบจากของเสียและสารมลพิษที่เป็นอันตรายที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมไม่เหมาะสำหรับการใช้งานทุกประเภทด้วยเหตุนี้การวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพน้ำจึงเป็นเรื่องสำคัญและจำเป็น[1] เนื่องจากถ้าไม่มีสารปนเปื้อนหรือไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยตรงไม่ว่าจะเป็นคุณภาพน้ำประปา น้ำดื่ม น้ำที่นำมาประกอบอาหาร น้ำที่ใช้ในกิจกรรมด้านการเกษตร เป็นต้น โดยเฉพาะการใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินโดยปกติแล้วถ้าต้องการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำด้วยวิธีการมาตรฐานจำเป็นต้องนำตัวอย่างน้ำเข้าตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ [2] ซึ่งไม่สะดวกต่อประชาชนทั่วไปในการนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและมีระยะเวลาดำเนินการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟนรวมถึงเทคนิคความเป็นอัจฉริยะ เช่น การเรียนรู้ของเครื่องและการเรียนรู้เชิงลึก เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากขึ้น มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมาแก้ไขปัญหาอย่างแพร่หลาย ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่นำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยเพิ่มความสะดวกรวดเร็ว โดยการพัฒนาแอปพลิเคชันบนสมาร์ทโฟนสำหรับการตรวจสอบคุณภาพน้ำและใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการจำแนกลักษณะคุณภาพน้ำให้มีประสิทธิภาพสูงสุดงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาโมเดลจำแนกระดับคุณภาพน้ำโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้

เชิงลึกและพัฒนาแอปพลิเคชันจำแนกระดับคุณภาพน้ำบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์แอปพลิเคชันที่นำเสนอจะประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกคอนโวลูชันสำหรับสร้างโมเดลวิเคราะห์จำแนกภาพ ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำให้มีความแม่นยำและสามารถใช้งานได้บนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่ออำนวยความสะดวก ลดขั้นตอนและระยะเวลาต่อผู้ใช้งานในการเข้าถึงเทคโนโลยีการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพน้ำ สามารถใช้เป็นแนวทางช่วยแก้ปัญหาการจัดการระบบนิเวศและทรัพยากรน้ำให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะคุณภาพน้ำ

คุณภาพน้ำ [3] หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ คุณภาพน้ำประกอบด้วย (1) คุณภาพน้ำทางกายภาพ ได้แก่ ลักษณะของสารแขวนลอย สี กลิ่น รส ความขุ่น อุณหภูมิ (2) คุณภาพน้ำทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ออกซิเจน คลอไรด์ และ (3) คุณภาพน้ำทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำมีสิ่งมีชีวิตเจือปน เชื้อโรค แบคทีเรีย เป็นต้น ซึ่งในการศึกษานี้เน้นศึกษาคุณภาพน้ำจากลักษณะทางกายภาพ โดยแบ่งระดับคุณภาพน้ำออกเป็น 4 ระดับ ตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ [4] ซึ่งแบ่งเกณฑ์คุณภาพน้ำเป็น 4 เกณฑ์ ได้แก่ ดีมาก ดี ดีเสื่อมโทรม และเสื่อมโทรมมาก รายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. เกณฑ์การแบ่งคุณภาพน้ำตามมาตรฐานกรมควบคุมมลพิษ [4]

ประเภทของคุณภาพน้ำ	ลักษณะ
ระดับดีมาก หรือ คุณภาพน้ำเกรด A	น้ำใสและสามารถดื่มได้
ระดับดี หรือ คุณภาพน้ำเกรด B	น้ำไม่ค่อยขุ่นมาก เป็นน้ำที่ไม่มีสิ่งสกปรกปนเปื้อนเกินกว่าที่กำหนด เหมาะสำหรับการทำเกษตรกรรม และนิยมนำไปปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมเพื่อใช้บริโภค เช่น ใช้สำหรับทำน้ำประปา
ระดับเสื่อมโทรม หรือ คุณภาพน้ำเกรด C	มีความขุ่นมากและไม่สามารถใช้อุปโภคได้ต้องนำมาบำบัดก่อนนำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค
ระดับเสื่อมโทรมมาก หรือ คุณภาพน้ำเกรด D	น้ำเสีย น้ำหรือของเหลวที่มีสิ่งเจือปนปริมาณสูง เป็นมลพิษทางทัศนียภาพและก่อให้เกิดผลเสียหลายต่อสิ่งแวดล้อม

2.2 การเรียนรู้เชิงลึก

การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) [5] คือวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติที่จำลองมาจากโครงข่ายประสาทของมนุษย์โดยนำระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks: ANN) ที่เป็นโหนดมาซ้อนกันหลายชั้น (Layer) ทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ออกมาในรูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Data Classification) และใช้การประมวลผลแบบขนาน ทำให้สามารถประมวลผลได้ครั้งละจำนวนมาก ช่วยให้การเรียนรู้ของเครื่องสามารถให้ผลลัพธ์ในการตัดสินใจและคาดการณ์ได้ดียิ่งขึ้น

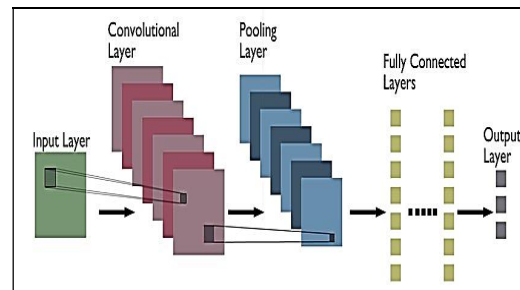
2.3 โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network: CNN) [6] เป็นเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้เชิงลึกที่ใช้ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับรูปภาพ โครงสร้างของ CNN จะประกอบด้วยลำดับชั้นเบื้องต้น 3 ชั้น [7] ดังนี้

(1) ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer) เป็นเลเยอร์หลักของ CNN ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้า และดำเนินการสกัดคุณลักษณะที่สำคัญออกมา (Feature Map)

(2) ชั้นพูลลิง (Pooling Layer) เป็นชั้นที่คั่นกลางระหว่างชั้นคอนโวลูชัน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อลดขนาดของฟังก์ชันคุณลักษณะ (Feature Map) ที่ได้จากชั้นคอนโวลูชัน จะทำการลดจำนวนของพารามิเตอร์ที่มีมากเกินไปและลดระยะเวลาในการ Train ซึ่งมีหลายแบบด้วยกันเช่น Max Pooling, MinPooling, Average Pooling เป็นต้น

(3) ชั้นฟูลลี่คอนเนค (Fully Connected Layer) เป็นเลเยอร์สุดท้ายของการทำ CNN ส่วนนี้จะทำหน้าที่นำเอาคุณลักษณะสำคัญไปสร้างเป็น Neural Network สำหรับการเรียนรู้จำรูปแบบและการทำนายประเภทเพื่อทำการจัดหมวดหมู่ (Classification) โดยกระบวนการเรียนรู้จะถูกทำซ้ำเพื่อปรับค่าพารามิเตอร์หลายๆ รอบ เพื่อให้ค่า Error จากการทำนายลดลงในแต่ละรอบ โครงสร้างสถาปัตยกรรมของ CNN แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

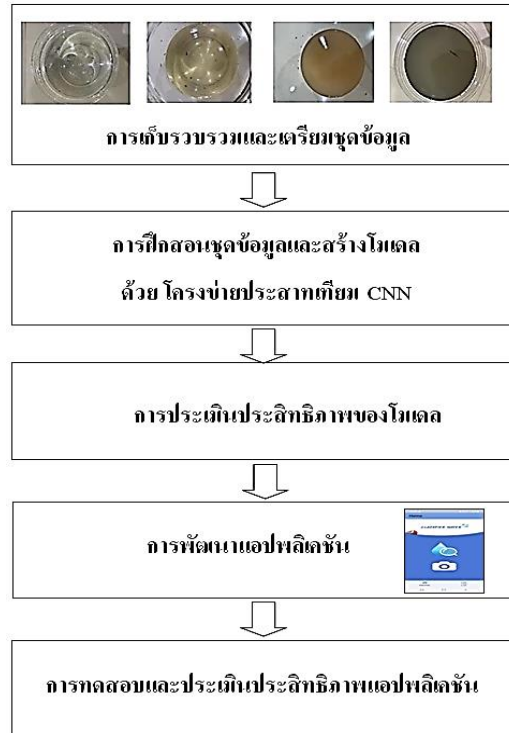
ปัจจุบันเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกและวิธีโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (CNN) ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ อย่างแพร่หลายเช่น งานวิจัยของ Pull และคณะ [8] นำเสนอวิธีการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (CNN) เพื่อจำแนกคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat ผลการวิจัยพบว่า โมเดล CNN มีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (SVM) ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ คือ ภาพจากดาวเทียมเป็นภาพระยะไกล ทำให้มีปัญหาเรื่องการสะท้อนแสงจากผิวน้ำ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความแม่นยำของโมเดลได้ งานวิจัยของ Mahmood และคณะ [9] ศึกษาการวิเคราะห์ภาพแนว

ปะการังโดยใช้ภาพจากการสำรวจโดยยานพาหนะใต้น้ำ (Autonomous Underwater Vehicles: AUV) ขนาดใหญ่ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกผลลัพธ์ที่ได้พบว่าวิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีในแง่ของความแม่นยำในการคาดการณ์ Barzegar และคณะ[10] ศึกษาการทำนายตัวแปรคุณภาพน้ำโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกแบบผสม CNN-LSTM ผลการทดลองพบว่าโมเดล CNN-LSTM แบบผสมมีประสิทธิภาพเหนือกว่าโมเดลSupport Vector Regression (SVR) และ Decision Tree (DT)นอกจากนี้งานวิจัยที่นำการเรียนรู้เชิงลึกมาช่วยงานด้านอื่นๆเช่นงานด้านการแพทย์ซึ่งเป็นการทำนายโดยงานวิจัยของ Orlandoและคณะ [11] นำเสนอวิธีการตรวจหารอยแค่งที่ตา ซึ่งอาจจะบ่งบอกถึงโรคเบาหวานโดยอาศัยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าโมเดลที่นำเสนอมีค่าประสิทธิภาพ 93.47%งานวิจัยของ Krishnan และคณะ [12]นำเสนอการจำแนกภาพด้วยการตรวจคัดกรองและจำแนกภาพเซลล์เชื้อมาลาเรียด้วยการเรียนรู้เชิงลึกซึ่งผลลัพธ์สามารถจำแนกภาพได้ถูกต้อง 98.60%

จากที่กล่าวมาพบว่าการเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (CNN) สามารถนำมาช่วยจำแนกภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการประยุกต์การเรียนรู้เชิงลึกด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน มาช่วยในการจำแนกภาพคุณภาพน้ำและนำโมเดลมาพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อให้สะดวกต่อการนำไปใช้งาน

3. วิธีการดำเนินการ

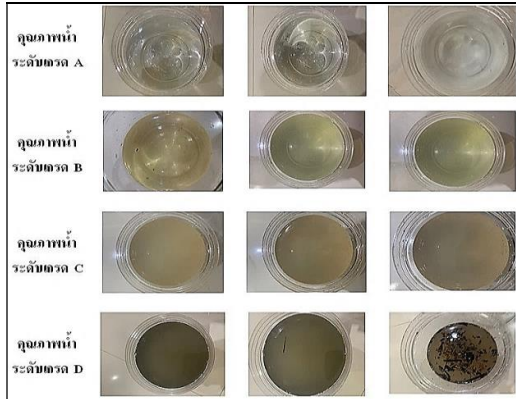
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะนำเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกมาใช้ในการวิเคราะห์และจำแนกคุณภาพน้ำจากภาพถ่าย การทดสอบเน้นไปที่การจำแนกคุณภาพน้ำโดยแบ่งระดับคุณภาพเป็น 4 ระดับ ได้แก่ คุณภาพน้ำเกรด A คุณภาพน้ำเกรด B คุณภาพน้ำเกรด C และคุณภาพน้ำเกรด D จึงได้ออกแบบการวิจัยดำเนินงานวิจัยไว้ดังนี้ (1) การเก็บรวบรวมและเตรียมชุดข้อมูล (2) การฝึกสอนชุดข้อมูลและสร้างโมเดล (3) การประเมินประสิทธิภาพของโมเดล (4) การพัฒนาแอปพลิเคชัน และ (5) การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน



รูปที่ 2. แสดงวิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บรวบรวมและเตรียมชุดข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลตัวอย่างน้ำ โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำในเขตอำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก และนำตัวอย่างน้ำจากพื้นที่ต่างๆ มาทำการคัดแยกใส่แก้วน้ำและทำการถ่ายภาพน้ำเป็นด้านตรงเพื่อให้สามารถเห็นรายละเอียดของลักษณะน้ำได้อย่างชัดเจน ดำเนินการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายรูปบนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนจากนั้นดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นและนำภาพน้ำที่ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องแล้วไปแบ่งระดับคุณภาพน้ำ ดังนี้ (1) คุณภาพน้ำเกรด A (2) คุณภาพน้ำเกรด B (3) คุณภาพน้ำเกรด C และ (4) คุณภาพน้ำเกรด D จำนวนทั้งหมด 480 ภาพดังตัวอย่างรูปที่ 3 ซึ่งแสดงภาพน้ำในแต่ละระดับคุณภาพ จากนั้นนำมาแบ่งด้วยวิธีการสุ่มเพื่อใช้เป็นชุดข้อมูลฝึกสอน (Train Data Set) ชุดข้อมูลทดสอบ (Test Data Set) และชุดข้อมูลทดสอบแอปพลิเคชัน (Validate Data Set) จำนวน 320, 80 และ 80 ภาพ ตามลำดับ รายละเอียดในตารางที่ 2



รูปที่ 3. ตัวอย่างชุดข้อมูลภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง

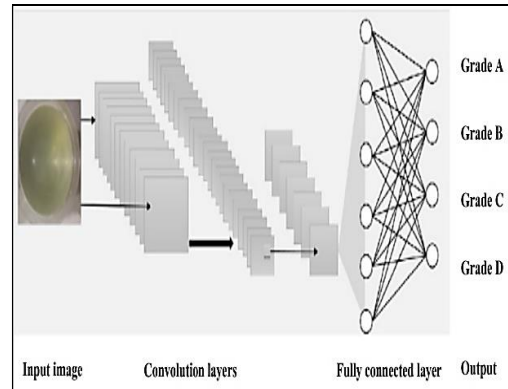
ตารางที่ 2. จำนวนชุดข้อมูลภาพน้ำในแต่ละประเภท

ประเภทของ คุณภาพน้ำ	จำนวนรูปภาพ		
	Train	Test	Validate
คุณภาพน้ำ เกรด A	80	20	20
คุณภาพน้ำ เกรด B	80	20	20
คุณภาพน้ำ เกรด C	80	20	20
คุณภาพน้ำ เกรด D	80	20	20
รวม	320	80	80

3.2 การฝึกสอนชุดข้อมูลและสร้างโมเดล

ขั้นตอนการฝึกสอนและสร้างโมเดลจำแนกระดับคุณภาพน้ำ ด้วยเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึกในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือในการฝึกสอนชุดข้อมูลและสร้างโมเดล ได้แก่ ภาษา Python และ TensorFlow ซึ่งเป็นไลบรารีของกูเกิลที่รองรับการทำงาน โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (CNN) ข้อมูลรูปภาพที่ใช้ในการฝึกสอนโครงข่ายการเรียนรู้ได้ใช้ตามขนาดภาพ 224x224 พิกเซล ชุดข้อมูลรูปภาพที่นำมาใช้ในการสร้างโมเดลถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกใช้สำหรับการฝึกสอน (Training) ส่วนที่สองสำหรับการทดสอบ (Testing) เพื่อวัดความแม่นยำในการเรียนรู้จากนั้นนำชุดข้อมูลเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และจำแนกในโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน เพื่อสกัดและแยกคุณลักษณะ ตลอดจนทำการรู้จำและจำแนกประเภทภาพอย่างอัตโนมัติ โดยคุณลักษณะที่โครงข่ายเรียนรู้จะถูกแบ่งไปตามกลุ่มภาพระดับคุณภาพน้ำที่กำหนด (Class) ดังตัวอย่างขั้นตอนโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันรูปที่ 4 ในการทดลองใช้รอบในการฝึกสอนทั้งหมด 500 รอบ เมื่อทำการฝึกสอนจนครบแล้ว

จะได้ไฟล์โมเดลจำนวน 2 ไฟล์ ได้แก่ retrained_graph.pb และ retrained_labels.txt ซึ่งเป็นไฟล์ที่จะนำไปใช้ในการสร้างแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนต่อไป รูปที่ 5 แสดงตัวอย่างการฝึกสอนและสร้างโมเดลตามจำนวนรอบด้วย TensorFlow



รูปที่ 4. แสดงขั้นตอนโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน

```

NFO:tensorflow:2021-09-27 14:31:21.060145: Step 490:
NFO:tensorflow:2021-09-27 14:31:21.144153: Step 490:
NFO:tensorflow:2021-09-27 14:31:22.076585: Step 499:
NFO:tensorflow:2021-09-27 14:31:22.076585: Step 499:
NFO:tensorflow:2021-09-27 14:31:22.140585: Step 499:
NFO:tensorflow:Final test accuracy = 100.0% (N=54)

```

รูปที่ 5. แสดงการฝึกสอนและสร้างโมเดลตามจำนวนรอบ

3.3 การประเมินประสิทธิภาพของโมเดล

การประเมินประสิทธิภาพของโมเดลใช้วิธีการสุ่มเลือกข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ (Training Set) และข้อมูลสำหรับทดสอบ (Testing Set) การวัดประสิทธิภาพพิจารณาจากค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) ในการจำแนกกลุ่มข้อมูล ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากวิธีการทดสอบโมเดลเพื่อหาค่าพยากรณ์ความถูกต้องของข้อมูลต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมด โดยใช้สมการดังนี้ [13]

$$Accuracy = \left(\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \right) \times 100 \quad (1)$$

$$Precision = \left(\frac{TP}{TP+FP} \right) \times 100 \quad (2)$$

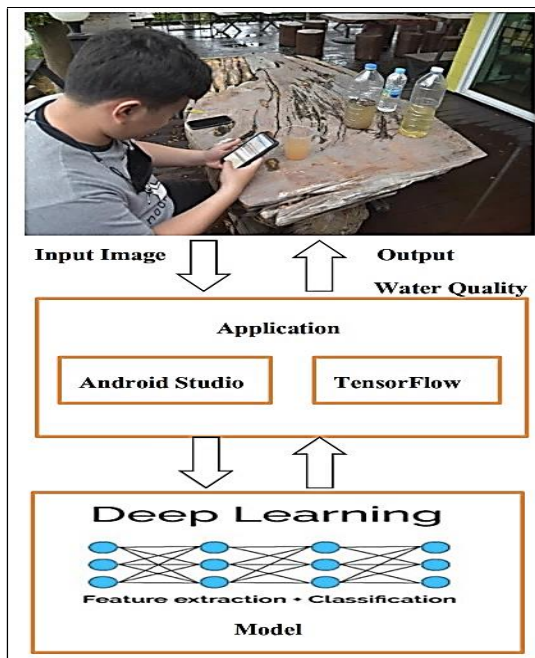
$$Recall = \left(\frac{TP}{TP+FN} \right) \times 100 \quad (3)$$

โดย TP คือ สิ่งที่ยากที่พยากรณ์ถูกต้องและความเป็นจริงถูกต้อง TN คือ สิ่งที่ยากที่พยากรณ์ไม่ถูกต้องและความเป็นจริงไม่ถูกต้อง FP คือ สิ่งที่ยากที่พยากรณ์ถูกต้อง แต่ความเป็นจริงไม่ถูกต้อง FN คือ สิ่งที่ยากที่พยากรณ์ไม่ถูกต้อง แต่ความเป็นจริงถูกต้อง

3.4 การพัฒนาแอปพลิเคชัน

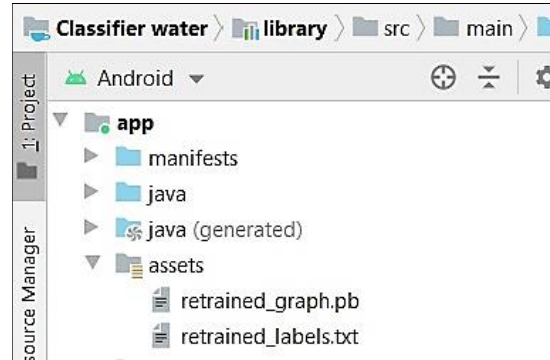
การพัฒนาแอปพลิเคชันเป็นขั้นตอนของการนำโมเดลจำแนกภาพที่ได้ไปพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้ในรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการใช้งาน โดยดำเนินการออกแบบขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน ดังรายละเอียดในรูปที่ 6

เครื่องมือในการพัฒนาระบบใช้โปรแกรม Android Studio และภาษา JAVA การทำงานของระบบจะสามารถถ่ายภาพน้ำด้วยกล้องสมาร์ตโฟน (Input Image) จากนั้นแอปพลิเคชันทำการประมวลผลและจำแนกภาพด้วยโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้ฝึกสอนไว้เพื่อตรวจสอบรูปภาพ หลังจากนั้นระบบจะแสดงผลลัพธ์ด้วยการวิเคราะห์ระดับคุณภาพน้ำที่ตรวจพบพร้อมแสดงค่าความมั่นใจที่มากที่สุด (Confidence Score) ที่หน้าจอแอปพลิเคชัน (Output)



รูปที่ 6. แสดงขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนการนำโมเดลเข้าใช้งานบนแอปพลิเคชันในโปรแกรม Android Studio นำโมเดลที่ได้จากการเทรนประกอบไปด้วยไฟล์ retrained_graph.pb และ retrained_labels.txt ไปไว้ในโฟลเดอร์ assets ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม Android Studio ดังรูป 7



รูปที่ 7. แสดงการนำไฟล์โมเดลเข้าใช้งานในโปรแกรม Android Studio

การเรียกใช้งานไฟล์โมเดลในโปรแกรม Android Studio โดยเรียกใช้ในหน้า ClassifierActivity.java เรียกใช้โดยการ Set Path ไปยังไฟล์โมเดลที่อยู่ในโฟลเดอร์ assets ที่สร้างขึ้นในโปรแกรม Android Studio ดังรูป 8

```

38
39 public class ClassifierActivity extends MainActivity implements OnImageAvailableListener
40 {
41     private static final Logger LOGGER = new Logger();
42     protected static final boolean SAVE_PREVIEW_BITMAP = false;
43     private static final int INPUT_SIZE = 224;
44     private static final int IMAGE_MEAN = 128;
45     private static final float IMAGE_STD = 128.0f;
46     private static final String INPUT_NAME = "input";
47     private static final String OUTPUT_NAME = "final_result";
48     private static final String MODEL_FILE = "file:///android_asset/retrained_graph.pb";
49     private static final String LABEL_FILE = "file:///android_asset/retrained_labels.txt";

```

รูปที่ 8. แสดงการพัฒนาแอปพลิเคชันตรวจสอบคุณภาพน้ำ

3.5 การทดสอบและประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน

ขั้นตอนนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนได้แก่ (1) การทดสอบความถูกต้องของแอปพลิเคชันเป็นการทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำของแอปพลิเคชันในการจำแนกระดับคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายจำนวนประเภทละ 20 ภาพทำการวัดจากค่าร้อยละความถูกต้องในการจำแนกภาพโดยใช้สมการดังนี้

$$Accuracy = \left(\frac{\text{No. of Correct Classify}}{\text{No. of Total Classify}} \right) \times 100 (4)$$

และ (2) การประเมินคุณภาพแอปพลิเคชันโดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้ทั่วไปเป็นการวัดความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันของผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี และผู้ใช้งานทั่วไป โดยใช้แบบสอบถามซึ่งแบ่งหัวข้อในการประเมินออกเป็น (1) ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน (2) ด้านความเหมาะสมด้านการออกแบบและ (3) ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชันเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการหาค่าคุณภาพน้ำรูปแบบเดิม

4. ผลการทดลอง

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนของผลการพัฒนาโมเดล ส่วนของผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน และ ส่วนของผลการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชันแสดงผลดังนี้

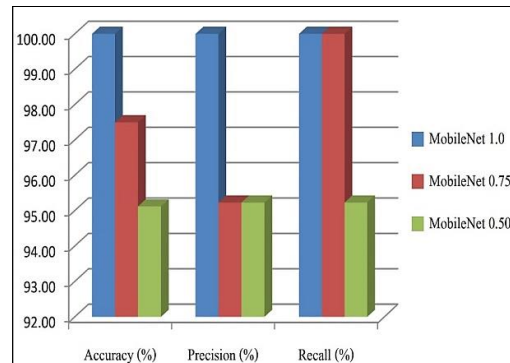
4.1 ผลการพัฒนาโมเดล

งานวิจัยนี้ทำการทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการจำแนกระดับคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันจำนวน 3 อัลกอริทึม ได้แก่ MobileNet 0.5, MobileNet 0.75 และ MobileNet 1.0 ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่ 3 และรูปที่ 9

ตารางที่ 3 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดลจากการแบ่งข้อมูลสำหรับเรียนรู้และทดสอบโดยใช้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) เป็นเกณฑ์ ผลการทดลองพบว่าโมเดลของอัลกอริทึม MobileNet 1.0 ให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 100.00% ค่าความแม่นยำเท่ากับ 100.00% และค่าความระลึกเท่ากับ 100.00% รองลงมา คือ MobileNet 0.75 และ MobileNet 0.50 ซึ่งได้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 97.10% และ 94.10% ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้โมเดล MobileNet 1.0 ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพสูงที่สุดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับจำแนกคุณภาพน้ำต่อไป

ตารางที่ 3. แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพโมเดล

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)
MobileNet 1.0	100.00	100.00	100.00
MobileNet 0.75	97.50	95.23	100.00
MobileNet 0.50	95.12	95.23	95.23



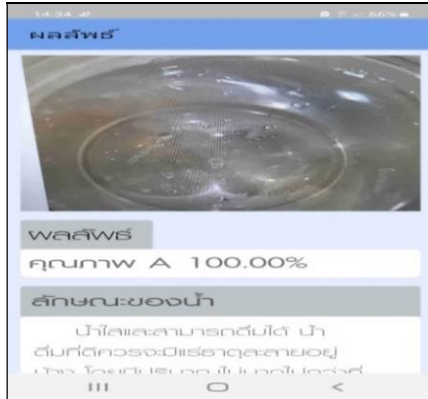
รูปที่ 9. การเปรียบเทียบข้อมูลในรูปแบบกราฟ

4.2 ผลการพัฒนาแอปพลิเคชัน

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันจำแนกระดับคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ แสดงผลการพัฒนาแอปพลิเคชันได้ดังนี้ เมื่อเปิดแอปพลิเคชันเข้ามาหน้าแรกเรียกว่า หน้าจอหลักแอปพลิเคชันดังแสดงในรูปที่ 10 โดยหน้านี้จะแสดง เมนูกล้องถ่ายรูปซึ่งผู้ใช้สามารถคลิกที่เมนูกล้องถ่ายรูปเพื่อถ่ายภาพจากกล้องของสมาร์ทโฟน (Camera) เมื่อได้ภาพที่ต้องการแล้วให้กดปุ่มถ่ายภาพ จากนั้นแอปพลิเคชันจะเรียกใช้การประมวลผลจากโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกที่ได้ฝึกสอนไว้เพื่อวิเคราะห์ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 11-14



รูปที่ 10. หน้าจอหลักแอปพลิเคชัน

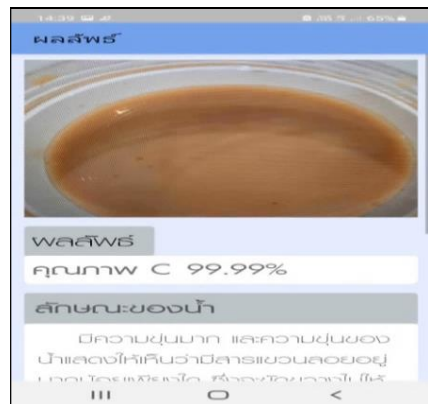


รูปที่ 11. ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเกรด A

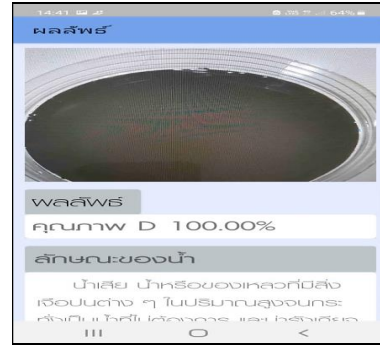
รูปที่ 11-14 แสดงตัวอย่างหน้าจอผลลัพธ์การวิเคราะห์ภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยระดับคุณภาพน้ำพร้อมแสดงค่าความมั่นใจ (Confidence Score) และแสดงข้อมูลรายละเอียดลักษณะน้ำแต่ละประเภท



รูปที่ 12. ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเกรด B



รูปที่ 13. ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเกรด C



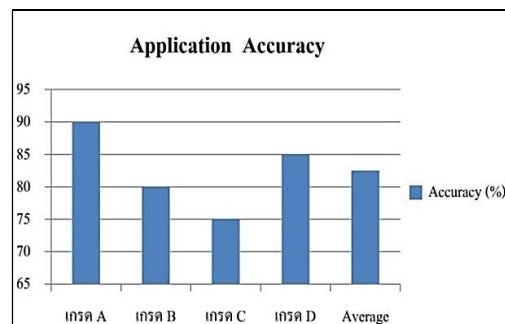
รูปที่ 14. ผลการทดสอบคุณภาพน้ำเกรด D

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน

ภายหลังการพัฒนาแอปพลิเคชัน ได้มีการทดลองใช้งานเพื่อทดสอบประสิทธิภาพความแม่นยำในการจำแนกภาพของแอปพลิเคชัน โดยมีข้อมูลสำหรับการทดสอบคุณภาพน้ำประเภทละ 20 ภาพรวมข้อมูลทั้งหมดจำนวน 80 ภาพโดยข้อมูลจะถูกทดสอบทีละตัว ข้อกำหนดของการทดสอบ คือการถ่ายภาพต้องนำน้ำใส่แก้วและถ่ายจากด้านบนของแก้วน้ำ ดังตัวอย่างรูปที่ 11-14 โทรศัพท์รุ่นที่ใช้ทดสอบ คือ Samsung Galaxy A51 ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์เวอร์ชัน 10 การถ่ายภาพตั้งแบบอัตโนมัติ (Auto Mode) การทดสอบแอปพลิเคชันใช้ตัวชี้วัด คือ ค่าความถูกต้อง (Accuracy) เพื่อดูความสามารถในการแยกกลุ่ม

ตารางที่ 4. แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน

คุณภาพน้ำ	จำนวนถูกต้อง	จำนวนผิดพลาด	Accuracy (%)
เกรด A	18	2	90.00
เกรด B	16	4	80.00
เกรด C	15	5	75.00
เกรด D	17	2	85.00
ค่าความถูกต้องเฉลี่ย			82.50



รูปที่ 15. ผลลัพธ์การจำแนกคุณภาพน้ำในแต่ละประเภท

ผลการทดสอบประสิทธิภาพแอปพลิเคชัน ดังปรากฏในตารางที่ 4 และรูปที่ 15 พบว่าค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการจำแนกระดับคุณภาพน้ำทั้ง 4 ประเภทเท่ากับ 82.50% ซึ่งมีประสิทธิภาพความแม่นยำอยู่ในระดับดี ภาพที่มีอัตราการจัดแนกสูงที่สุด 90.00% คือ ภาพน้ำเกรด A ข้อสังเกตจากการทดสอบ พบว่าภาพน้ำเกรด A มีลักษณะแตกต่างจากภาพน้ำประเภทอื่นๆ ชัดเจนจึงทำให้ผลการทำนายมีความคลาดเคลื่อนน้อย และภาพที่มีอัตราการจัดแนกต่ำที่สุด 75.00% คือ ภาพน้ำเกรด C เนื่องจากภาพน้ำเกรด C มีลักษณะของสีความขุ่น สารแขวนลอยคล้ายกับลักษณะของภาพน้ำเกรด B ทำให้มีบางรูปภาพของภาพน้ำเกรด C ถูกจำแนกเป็นภาพน้ำเกรด B ส่งผลให้ประสิทธิภาพการจำแนกต่ำกว่าภาพประเภทอื่น

สำหรับปัญหาที่พบในการทดลองครั้งนี้ คือ ถ้าสีของน้ำมีสีออกส้มมากเกินไปการทำนายที่ได้จะมีข้อผิดพลาดสูง เพราะตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการเรียนรู้มีสีส้มมีน้อย ซึ่งถ้าจะให้การทำนายมีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น มีข้อเสนอแนะ คือ ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพสำหรับการเรียนรู้ให้มากขึ้น

ตารางที่ 5. แสดงผลการประเมินความพึงพอใจ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		ผู้ใช้ทั่วไป	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
1.ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน	4.00	0.00	4.60	0.49
2.ด้านความเหมาะสมด้านการออกแบบ	4.33	0.47	4.40	0.66
3.ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชันเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำรูปแบบเดิม	4.67	0.47	4.70	0.46
เฉลี่ย	4.33	0.31	4.57	0.54

ในงานวิจัยได้มีการประเมินความพึงพอใจการใช้งานแอปพลิเคชัน ซึ่งแสดงผลการประเมินดังตารางที่ 5 พบว่าผลประเมินความพึงพอใจของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ 3 คน และผู้ใช้งานทั่วไปจำนวน 10 คน นั้นเป็นไปในทิศทางเดียวกันโดยผลประเมินความพึงพอใจทั้ง 3 ด้านมีดังนี้คือ (1) ด้านความสามารถของระบบตรงกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไป

มีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากและมากที่สุด (2) ด้านความเหมาะสมด้านการออกแบบ โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไปมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก (3) ด้านประโยชน์ที่ได้รับจากแอปพลิเคชันเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำรูปแบบเดิม โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานทั่วไปมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

5. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบจำลองจำแนกระดับคุณภาพน้ำจากภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโมเดลและพัฒนาแอปพลิเคชันจำแนกระดับคุณภาพน้ำที่มีประสิทธิภาพการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การพัฒนาโมเดลจำแนกระดับคุณภาพน้ำและการพัฒนาแอปพลิเคชันจำแนกระดับคุณภาพน้ำทั้ง 2 การทดลองให้ผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกันคือ โมเดลจากโครงข่ายการเรียนรู้ CNN ให้ผลลัพธ์ที่ดี สามารถวิเคราะห์จำแนกภาพและได้โมเดลที่มีความแม่นยำสูง

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 3 และรูปที่ 9) จะพบว่าโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันอัลกอริทึม MobileNet 1.0 ให้ผลลัพธ์การจำแนกภาพที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มีค่าความถูกต้อง 100.00% ค่าความแม่นยำ 100.00% และค่าความระลึก 100.00% มีความสอดคล้องกับงานวิจัย Sinhal และ El-Sharkawy [14] และงานวิจัย Arfan และคณะ [15] ซึ่งใช้เทคนิคจากโมเดล MobileNet เพื่อวิเคราะห์จำแนกภาพและได้โมเดลที่มีความแม่นยำสูงแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอมีความเหมาะสมจึงนำมาใช้โมเดลการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นไปสร้างเป็นแอปพลิเคชันเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

ในส่วนของการประเมินประสิทธิภาพการจำแนกภาพของแอปพลิเคชัน ดัง (ตารางที่ 4 และรูปที่ 15) พบว่า ค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการจำแนกระดับคุณภาพน้ำทั้ง 4 ประเภทเท่ากับ 82.50% ซึ่งมีประสิทธิภาพความแม่นยำอยู่ในระดับดี ส่วนใหญ่ที่ทำนายผิดพลาดเนื่องจากภาพที่นำมาทดสอบบางภาพมีลักษณะเด่นใกล้เคียงกัน เช่น การจำแนกภาพน้ำเกรด C แต่แอปพลิเคชันจำแนกเป็นภาพน้ำเกรด B เนื่องจากมาจาก ลักษณะของสีน้ำและความขุ่นคล้ายกัน ซึ่งจากประสิทธิภาพการจำแนกจะพบว่าภาพต้นฉบับที่ใช้ในการเรียนรู้มีความสำคัญมาก ทั้งลักษณะสี ความขุ่นและลักษณะเด่นต่างๆ สอดคล้องกับงานวิจัย Naseer และ

คณะ [16] พบข้อสังเกตเดียวกันว่าระบบจะทำการจำแนกได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถ้าสามารถจัดเก็บลักษณะพิเศษเฉพาะของภาพที่ใช้ในการเรียนรู้ได้มาก

ส่วนผลลัพธ์ความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันพบว่าโดยรวมผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ย 4.33 อยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก และผลประเมินความพึงพอใจแอปพลิเคชันจากผู้ใช้งาน มีค่าเฉลี่ย 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แอปพลิเคชันที่นำเสนอเป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยแก้ปัญหาความยุ่งยากซับซ้อนของการตรวจสอบคุณภาพน้ำได้ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการแก้ปัญหาการจัดการคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

สำหรับการวิจัยในอนาคตถ้าได้มีการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อให้โมเดลการเรียนรู้สามารถดึงคุณลักษณะเด่นของภาพให้เกิดความแตกต่างระหว่างข้อมูลภาพแต่ละประเภทให้เพิ่มมากขึ้น จะทำให้สามารถพัฒนาโมเดลการเรียนรู้ที่ฉลาดในการจำแนกภาพอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Tangkhananurak and K. Tangkhananurak, *Principles of chemical water quality analysis*. Bangkok: Kasetsart University Press, 2007.
- [2] Department of Health, "Water quality criteria," *Department of Health Laboratory Center*, 2021. [Online]. Available: <https://rldc.anamai.moph.go.th/th/water-quality-standards> [Accessed: Aug. 9, 2021].
- [3] Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, "Water quality of the basin," *Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation*, 2021. [Online]. Available: <https://www.dnp.go.th/Research/watershade/quality.html> [Accessed: Sep. 19, 2021].
- [4] Pollution Control Department, "Water quality and water pollution," *Pollution Control Department*, 2021. [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/faqs/waterqualityandwaterpollution> [Accessed: Sep. 12, 2021].
- [5] K. Sraubon, *LearnAI:Deep Learning with Python*. Bangkok: Intermedia Press, 2022.
- [6] N. Phromrit and S. Wichanya, *Fundamental of Deep Learning in Practice*. Bangkok: IDC Premier, 2021.
- [7] G. Lin, and W. Shen, "Research on Convolutional Neural Network based on Improved Relu - piecewise Activation Function," *Procedia Computer Science*, vol. 131, no.1, pp. 977-984, 2018.
- [8] F. Pu, C. Ding, Z. Chao, Y. Yu, and X. Xu, "Water-Quality Classification of Inland Lakes Using Landsat8 Images by Convolutional Neural Networks," *Remote Sensing*, vol. 11, no. 14, pp. 1674-1688, 2019.
- [9] A. Mahmood, M. Bennamoun, S. An, F. Sohel, F. Boussaid, R. Hovey, G. Kendrick, and R. Fisher, "Automatic annotation of coral reefs using deep learning," In *Proceedings of OCEANS 2016 MTS/IEEE Monterey*, pp. 1-5, 2016.
- [10] R. Barzegar, M. Aalami and J. Adamowski, "Short-term water quality variable prediction using hybrid CNN-LSTM deep learning model," *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, vol. 34, no. 1, pp. 415-433, 2020.
- [11] J. Orlando, E. Prokofyeva, M. Fresno and M. Blaschko, "An ensemble deep learning based approach for red lesion detection in fundus images," *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, vol. 2018, no. 153, pp. 115-127, 2018.
- [12] S. Krishnan, S. Antani and S. Jaeger, "Visualizing Deep Learning Activations for Improved Malaria Cell Classification," In *Proceedings of First workshop Medical Informatics and Healthcare, Machine Learning Research*, pp. 1-8, 2017.
- [13] H. Wu and Z. Zhou, "Using convolution neural network for defective image classification of industrial components," *Mobile Information Systems*, vol. 2021, no. 1, pp. 1-8, 2021.
- [14] D. Sinha and M. El-Sharkawy, "Thin MobileNet: An Enhanced MobileNet Architecture," In *Proceedings of*

- IEEE 10th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON2019), pp. 0280-0285, 2019.
- [15] T. Arfan, M. Hayaty, and A. Hadinegoro, "Classification of Brain Tumours Types based on MRI Images using Mobilenet," In Proceedings of 2nd International Conference on Innovation and Creative Information Technology (ICITech2021), pp. 69-73, 2021.
- [16] S. Naseer, MR Ali, A. Muneer, and A. Fati, "iAmideV-Deep: Valine Amidation Site Prediction in Proteins Using Deep Learning and Pseudo Amino Acid Composition," *Symmetry*, vol. 2021, no. 13, pp. 1-19, 2021.