การปรับปรุงประสิทธิภาพของปัญหาการทำนายซ่อมบำรุงแบบมีเงื่อนไขด้วยการประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรม

ชื่อ นามสกุลผู้นิพนธ์

หน่วยงานที่สังกัด .......................... *(ภาควิชา.......... คณะ.......... มหาวิทยาลัย......... จังหวัด...........)*

ชื่อ นามสกุลผู้นิพนธ์ *(กรณีที่ผู้นิพนธ์ หน่วยงานต้นสังกัดต่างกัน)*

หน่วยงานที่สังกัด .......................... *(ภาควิชา.......... คณะ.......... มหาวิทยาลัย......... จังหวัด...........)*

\* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์.................... อีเมล: .............................. *(หมายเลขโทรศัพท์ และอีเมล)*

**บทคัดย่อ**

การพัฒนาอุตสาหกรรม 4.0 นำมาซึ่งวิธีการปรับปรุงการการผลิตในรูปแบบใหม่ โดยเป็นผลจากการนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาใช้ในงานอุตสาหกรรมมากขึ้น นอกจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนอุปกรณ์ที่นำเข้ามาใช้ในงาน แล้ว การเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ที่มากขึ้นก็ส่งผลให้เกิดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้เกิดความท้าทายใหม่ที่ทั้งคนและเครื่องจักรจะต้องนำข้อมูลขนาดใหญ่มาใช้ในกระบวนการตัดสินใจ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการต่างๆ ในอุตสาหกรรม การซ่อมบำรุงเครื่องจักร เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรม เนื่องจากกระบวนการดังกล่าวส่งผลกระทบต่อทั้งประสิทธิภาพ คุณภาพ และต้นทุนในการผลิต ดังนั้นความสามารถในการทำนายการซ่อมบำรุงอย่างแม่นยำ จึงเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน จากการลดปัญหาการหยุดงานอย่างไม่มีการวางแผน อีกทั้งยังช่วยในการปรับปรุงการลดต้นทุนทั้งทางตรงคือต้นทุนจากการหยุดงานแบบไม่มีการวางแผน ต้นทุนทางอ้อมเช่นการสั่งซื้อ และจัดเก็บชิ้นส่วนสำรอง รวมถึงยังช่วยในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ในบทความนี้จะมุ่งเน้นการค้นหารูปแบบของเหตุการณ์เงื่อนไขที่จะนำไปสู่การเสียของเครื่องจักร เพื่อใช้ในการทำนายการเสียของเครื่องจักรในอนาคต รวมถึงทำนายชนิดการเสียของเครื่องจักร โดยจะประยุกต์ใช้วิธีเชิงพันธุกรรมในการค้นหาเหตุการณ์เงื่อนไขดังกล่าว จากนั้นจะทำการสร้างโมเดลการทำนายการเสียของเครื่องจักร จากเหตุการณ์เงื่อนไขที่ค้นพบ

**คำสำคัญ:** ข้อมูลขนาดใหญ่ การซ่อมบำรุงอย่างมีเงื่อนไข วิธีเชิงพันธุกรรม

On Improving Performances of Condition-based Predictive Maintenance by applying Genetics Algorithm

*(Title in English must be concise and clearly convey what is done)*

Name – Surname’s author **\* and** Name Surname**’s** Co-authors*(Name and surname of all authors)*

Affiliation (Department………. Faculty………. University..........)

Name Surname**’s** Co-authors*(In the case that the author different agencies)*

Affiliation (Department………. Faculty………. University..........)

\*Corresponding Author, Tel. **....................**, E-mail: **..............................** *(Telephone number and email address)*

**Abstract**

The abstract is available in both Thai and English with the same content. It is a summary of the main subject, purpose, method of study, study result and conclusion, no more than 250 words with 1 paragraph. (Do not add figure or tables, and references).

**Keywords:** A word that can be used to search in the database, should have 3-5 words. (Each word is separated by a comma)

**1. บทนำ**

การพัฒนาสู่อุตสาหกรรม 4.0 นำมาซึ่งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในระบบอุตสาหกรรม รวมถึงการเพิ่มการปฏิสัมพันธ์ระหว่างเครื่องจักร จากสองปัจจัยดังกล่าวทำให้เกิดข้อมูลปริมาณมหาศาล ซึ่งกลายเป็นทรัพยากรสำคัญที่จะนำไปใช้ในการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต และการใช้ตัดสินใจของทั้งคนและเครื่องจักรเพื่อปรับปรุงทั้งด้านประสิทธิภาพ คุณภาพ รวมถึงการควบคุมต้นทุนในการผลิต

การทำนายซ่อมบำรุง เป็นอีกส่วนหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาไปสู่อุตสาหกรรม 4.0 และเป็นเรื่องที่มีผู้คนให้ความสนใจในการศึกษาเป็นจำนวนมาก โดยจากข้อมูลการค้นหาคำว่า Predictive Maintenance ในระบบกูเกิล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และมีนัยสำคัญดังแสดงในรูปที่ 1

A picture containing letter

Description automatically generated

**รูปที่ 1** แนวโน้มการค้นหา Predictive Maintenance จากสหรัฐเมริกาในระบบกูเกิล

สาเหตุที่ทำให้การทำนายซ่อมบำรุง มีความน่าสนใจเพิ่มขึ้น เป็นผลมาจากการพัฒนาของอินเตอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things) การพัฒนาการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) และการวิเคราะห์แบบพยากรณ์ (Predictive Analytics) [1] ซึ่งสามารถนำมาใช้ปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการทำนายการซ่อมบำรุง

**1.1 การทำนายซ่อมบำรุง**

ปัจจุบันกลยุทธ์ที่ใช้ในการทำนายซ่อมบำรุงนั้นมีหลากหลายวิธีเช่น

1. ทำนายอายุการใช้งานที่เหลืออยู่   
   (Remaining Useful Lifetime prediction)
2. ทำนายการเสียของเครื่องจักรในช่วงเวลาหนึ่ง (Predict machine failure in a given time)
3. การค้นหาพฤติกรรมผิดปกติ

(Flagging anomalous behavior)

1. การทำนายโอกาศการเสียของเครื่องจักร

(Prediction of failure probability over time)

ในบทความนี้จะมุ่งเน้นไปที่การทำนายการเสียของเครื่องจักรในช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อที่จะสามารถวางแผนการบำรุงรักษาได้ล่วงหน้า ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการหยุดงานโดยไม่มีการวางแผน

**1.2 สมมุติฐานในการเกิดการเสียของเครื่องจักร**

สมมุติฐานในบทความนี้คือ ก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการเสียหาย จะต้องมีรูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นบางประการเกิดขึ้นก่อนเสมอ โดยการเสียของเครื่องจักรจะไม่สามารถเกิดได้โดยปราศจากรูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นดังกล่าว ตามที่แสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นหากเราสามารถตรวจจับเหตุการณ์ดังกล่าวได้ ก็จะเกิดประโยชน์ในการทำนายการเสียของเครื่องจักรในอนาคตได้อย่างแม่นยำ รวมถึงทำนายชนิดการเสียของเครื่องจักร ซึ่งจะส่งผลต่อการวางแผนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Graphical user interface, application

Description automatically generated

**รูปที่ 2** เหตุการณ์การเกิดเครื่องจักรเสียหาย

ในบทความนี้จะทำการกำหนดกรอบเวลาการสังเกตการณ์ และกรอบเวลาเป้าหมาย ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีเป้าหมายในการค้นหารูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นในกรอบเวลาสังเกตการณ์ เพื่อทำนายการเสีย และชนิดการเสียของเครื่องจักรในกรอบเวลาเป้าหมาย

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 3** กรอบเวลาสังเกตการณ์ และกรอบเวลาเป้าหมาย

**2. ข้อมูล และวิธีการวิจัย**

ข้อมูลที่ใช้ในบทความนี้คือ AI4I2020 Predictive Maintenance Dataset เป็นข้อมูลจาก Machine Learning Repository (UCI) เป็นโอเพนซอร์สข้อมูลสำหรับศึกษาการเรียนรู้ของเครื่องจักร โดยข้อมูลจะแบ่งออกเป็นคุณลักษณะของเครื่องจักร และสภาพแวดล้อมในขณะที่ทำการผลิต รวมถึงข้อมูลการเสียของเครื่องจักรรูปแบบต่างๆ เช่น การเสียจากการกระจายความร้อน การเสียจากกำลังไฟฟ้า เป็นต้น

ในการวิจัยในครั้งนี้ จะมีการปรับข้อมูลเพื่อลดความซับซ้อนในการค้นหารูปแบบเงื่อนไข โดยในการปรับข้อมูลจะใช้วิธีการทางสถิติโดยใช้ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อแบ่งช่วงของข้อมูล และปรับข้อมูลจากชนิดข้อมูลชนิดต่อเนื่อง (Continuous) เป็นข้อมูลชนิดไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ดังแสดงในรูปที่ 4

A picture containing timeline

Description automatically generated

**รูปที่ 4** การปรับข้อมูลจากข้อมูลชนิดต่อเนื่องเป็นข้อมูลชนิดไม่ต่อเนื่อง

การค้นหารูปแบบเงื่อนไขในกรอบเวลาสังเกตการณ์ จะใช้วิธีการค้นหาด้วยวิธีการทางพันธุกรรม ซึ่งอาศัยกลไกการคัดสรรทางพันธุกรรมเพื่อคัดเลือกจุดเด่นและส่งต่อไปยังรุ่นถัดไป การใช้วิธีการดังกล่าวจะส่งผลให้รูปแบบเงื่อนไขที่ค้นพบในแต่ละรอบจะสามารถทำนายการเสียของเครื่องจักรได้อย่างแม่นยำมากขึ้น โดยขั้นตอนการค้นหาด้วยวิธีการทางพันธุกรรมมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างประชากรต้นแบบ
2. การคำนวนค่าความเหมาะสม
3. การคัดสรรประชากรรุ่นถัดไป
4. การสลับสายพันธ์
5. การกลายพันธ์

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 5** ขั้นตอนการค้นหาด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม

**2.1 การตรวจสอบรูปแบบเงื่อนไข**

รูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นที่จะทำการค้นหาในบทความนี้ จะเป็นลำดับของตัวอักษรที่ได้จากการปรับข้อมูล โดยวิธีที่ใช้ในการค้นหารูปแบบที่กำหนดจะใช้ Regular Expression ซึ่งเป็นการกำหนดรูปแบบอักขระ เพื่อใช้ในการค้นหารูปแบบเฉพาะในข้อความ ว่ามีรูปแบบทำกำหนดอยู่หรือไม่ โดยอักขระพิเศษที่จะใช้ในการทำงานดังต่อไปนี้

* “.\*” อักขระพิเศษที่จะสอดคล้องกับตัวอักษรอะไรก็ได้ ความยาวเท่าไหร่ก็ได้ เช่น A.\*D จะสอดคล้องกับ ABCD
* “|” อักขระพิเศษที่อนุญาตให้เลือกตัวอักษรที่จะใช้ได้เช่น [A|B]CD จะสอดคล้องกับ ACD หรือสอดคล้องกับ BCD

**2.2 การสร้างประชากรต้นแบบ**

ขั้นตอนการสร้างประชากรต้นแบบจะมีการทำเพียงครั้งเดียวตอนเริ่มต้นการค้นหาด้วยวิธีการทางพันธุกรรม โดยจะทำการสุ่มรูปแบบเงื่อนไขสำหรับการทำนายขึ้นมา ซึ่งรูปแบบเงื่อนไขจะประกอบด้วยชุดตัวอักษรเรียงต่อกันตามลำดับ โดยมีความยาวเท่ากับความยาวที่กำหนดไว้ และจำนวนของประชากรจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรที่กำหนดไว้ดังแสดงในรูปที่ 6

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 6** การสร้างประชากรต้นแบบ

**2.3 การคำนวณค่าความเหมาะสม**

การคำนวณค่าความเหมาะสมจะพิจารณาจากการพบรูปแบบเงื่อนไขในกรอบเวลาสังเกตการณ์ และการเกิดการเสียของเครื่องจักรในกรอบเวลาเป้าหมาย โดยสามารถแบ่งผลลัพธ์ของคำตอบได้เป็น 4 กรณี ดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** การประเมินผลลัพธ์จากการทำนาย

Table

Description automatically generated

จากนั้นจะใช้ผลลัพธ์ในการทำนายทำการคำนวนหาค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าการรู้จำ (Recall)

(1)

(2)

หลังจากนั้นจะทำการคำนวณค่าคะแนน F1 เพื่อทำการเฉลี่ยนค่าความแม่นยำ และค่าความรู้จำ เพื่อให้การทำนายมีประสิทธิภาพที่ดีทั้ง 2 กรณี โดยค่าคะแนน F1 จะถูกนำมาใช้เป็นค่าความเหมาะสม ในการค้นหาเชิงพันธุกรรม

(3)

**2.4 การคัดสรรประชากรรุ่นถัดไป**

ในการคัดสรรประชากรรุ่นถัดไปจะใช้วิธีการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel mechanism) โดยเป็นการสุ่มแบบถ่วงน้ำหนัก โดยจะใช้ค่าความเหมาะสมที่คำนวนได้ เป็นน้ำหนักของแต่ละรูปแบบเงื่อนไข ทำให้แต่ละรูปแบบเงื่อนไขมีโอกาสถูกสุ่มแตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบที่มีคะแนนความเหมาะสมสูงกว่า ก็จะมีโอกาสที่ถูกสุ่มสูงกว่าเช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 7

Diagram

Description automatically generated with low confidence

**รูปที่ 7** การคัดสรรประชากรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย

**2.5 การสลับสายพันธ์**

การสลับสายพันธ์ จะทำโดยการสุ่มเลือกรูปแบบเงื่อนไข 2 ชุดจากประชากร จากนั้นจะทำการสุ่มว่าจะเกิดการสลับสายพันธ์หรือไม่ โดยทำการสุ่มหาค่าโอกาศการสลับสายพันธ์ ซึ่งหากค่าที่สุ่มได้อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์กำหนดไว้ก็จะทำการสลับสลับสายพันธ์ ซึ่งจะทำการสุ่มตำแหน่งในการสลับสายพันธ์ จากนั้นรูปแบบเงื่อนไขทั้ง 2 ชุดจะทำการสับเปลี่ยนสายพันธ์ในตำแหน่งที่กำหนดดังแสดงในรูปที่ 8

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 8** กระบวนการสลับสายพันธ์

**2.6 การกลายพันธ์**

การกลายพันธ์ จะทำโดยการสุ่มเลือกรูปแบบคำตอบ 1 ชุดจากประชากร จากนั้นทำการสุ่มว่าจะเกิดการกลายพันธ์หรือไม่ โดยทำการสุ่มหาค่าโอกาศในการกลายพันธ์ ซึ่งหากค่าที่สุ่มได้อยู่ในช่วงค่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ก็จะทำการกลายพันธ์ ซึ่งจะทำการสุ่มตำแหน่งของการกลายพันธ์ หลังจากนั้นจะทำการสุ่มตัวอักษร และแทนที่ในตำแหน่งที่กำหนด

Graphical user interface, text, application, chat or text message

Description automatically generated

**รูปที่ 9** กระบวนการกลายพันธ์

**2.7 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการทำงาน**

เงื่อนไขการหยุดทำงานจะพิจารณาในขั้นตอนการคำนวนค่าความเหมาะสม โดยหามีรูปแบบเงื่อนไขใดที่มีค่าคะแนนความเหมาะสมเกินกว่าค่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ก็จะทำการหยุดการค้นหา และผลคำตอบจะเป็นรูปแบบเงื่อนไขที่มีค่าความเหมาะสมเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่หากไม่สามารถหารูปแบบเงื่อนไขที่มีค่าความเหมาะสมเกินเกณฑ์ที่กำหนด ก็จะทำการตรวจสอบจำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวนว่าถึงเกณฑ์จำนวนรอบที่กำหนดหรือไม่ หากถึงเกณฑ์จำนวนรอบที่กำหนดก็ทำการหยุดการค้นหาเช่นกัน และผลคำตอบคือรูปแบบเงื่อนไขที่มีค่าความเหมาะสมสูงที่สุด

**3. ผลการทดลอง**

จากการทดลองจะได้รูปแบบเงื่อนไขที่ใช้ในการทำนายการเสียของเครื่องจักรในอนาคต โดยการเสียของเครื่องจักรแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัย และรูปแบบเงื่อนไขที่แตกต่างกัน

Diagram

Description automatically generated with low confidence

**รูปที่ 10** รูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นที่ใช้ในการทำนายการเสียของเครื่องจักรแต่ละชนิด

เราจะนำรูปแบบที่ได้สร้างเป็นโมเดลเพื่อทำนายการเสียของเครื่องจักร โดยจะสามารถทำได้ว่าเครื่องจักรเกิดการเสียหรือไม่ และหากเครื่องจักรจะเกิดการเสีย จะสามารถเกิดจากสาเหตุใด

Diagram

Description automatically generated

**รูปที่ 11** โมเดลการทำนายการเสียของเครื่องจักร

ผลจากการทดลองพบโมเดลที่สร้างมีค่า F1 อยู่ที่ 0.59 ค่า Recall อยู่ที่ 0.85 และค่า Precision อยู่ที่ 0.45 ในการที่ค่า F1 และค่า Precision มีค่าไม่สูงนักเป็นผลมาจากชุดข้อมูลมีขนาดไม่ใหญ่มาก และข้อมูลการเสียของเครื่องจักร เป็นข้อมูลแบบผิดปกติที่มีปริมาณน้อยทำให้ส่งผลต่อความแม่นยำของโมเดล

การปรับปรุงโมเดล หากสามารถเพิ่มข้อมูลสำหรับใช้ในการสร้างโมเดล ก็จะส่งผลให้โมเดลสามารถเรียนรู้รูปแบบเงื่อนไขเบื้องต้นได้ดียิ่งขึ้น และจะส่งผลให้ค่า F1 และค่า Precision สูงขึ้น

**เอกสารอ้างอิง**

[1] Haarman, M., Mulders, M., & Vassiliadis, C. (2017). Predictive maintenance 4.0: Predict the unpredictable. In PwC document.