

การพัฒนาการวิเคราะห์กระบวนการตรวจสอบภายใน โดยใช้เทคนิคเหมืองกระบวนการและการเรียนรู้ของเครื่อง

กฤษณพงศ์ วิมลสุข¹ และ วรพล พงษ์เพชร^{*2}

สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ 148 ถนนเสรีไทย แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

Received: 11 June 2021; Revised: 28 October 2021; Accepted: 8 November 2021

บทคัดย่อ

การติดตามการดำเนินงานและพัฒนากระบวนการทำงานของงานตรวจสอบภายใน (Internal Audit Process) ให้มีความรวดเร็ว ทันต่อสถานการณ์ และสะท้อนการดำเนินงานอย่างแท้จริง เป็นส่วนหนึ่งของการบริหารจัดการหน่วยงานที่ดี แต่การติดตามและพัฒนาการดำเนินงานบนโต๊ะประชุมแบบเดิมอาจทำได้ยากและไม่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งมักใช้ประสบการณ์และความรู้สึกของผู้บริหารแก้ปัญหา หรือใช้ข้อมูลที่คาดการณ์ขึ้นเพียงอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอที่จะสะท้อนการทำงานที่แท้จริง และไม่สามารถแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ได้ตรงจุด งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการใช้เทคนิคเหมืองกระบวนการ (Process Mining) ร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ Event Log ซึ่งเป็นกรณีศึกษาเดียวจากระบบสารสนเทศของระบบบริหารจัดการตรวจสอบภายใน เพื่อหาแนวทางพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบภายในให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยจะใช้เทคนิค K-Mean Clustering ในการจัดกลุ่ม Event Log ที่มีลักษณะคล้ายกันก่อนแล้วจึงนำไปทำ Process Discovery เพื่อสร้าง Process Model ที่ต้องการ ซึ่งการวัดประสิทธิภาพของ Process Model ที่ได้ จะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการ (Process Conformance) หรือ Fitness Score และจึงสามารถนำไปวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงกระบวนการทำงาน ลดการทำงานซ้ำซ้อน ปรับปรุงการแจกจ่ายงาน และแนวทางพัฒนาระบบงานให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: เหมืองกระบวนการ การเรียนรู้ของเครื่อง การพัฒนากระบวนการ เทคนิคเหมืองข้อมูลแบบอุปนัย

* Corresponding author. E-mail: worapol@as.nida.ac.th

¹ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูล คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาการวิเคราะห์ธุรกิจและวิทยาการข้อมูล คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์

The Development of Internal Audit Process Analysis using Process Mining and Machine Learning Techniques

Krisanapong Wimonuk¹ and Worapol Pongpech^{*2}

National Institute of Development Administration (NIDA),

148 Serithai Road, Klong-Chan, Bangkok, Bangkok THAILAND 10240

Received: 11 June 2021; Revised: 28 October 2021; Accepted: 8 November 2021

Abstract

Follow-up and develop the internal audit process to be faster, keep up with the situation and reflect the actual operations, it is part of good organization management. But monitoring and improving operations on traditional conference table can be difficult and inefficient, including often using experiences and feelings of executives to solve problems or using the forecasted information alone may not be sufficient to reflect actual performance and unable to fix various bugs at the point. This research is using of Process Mining and Machine Learning techniques to help analyze event logs, which is a single case study from the internal audit management system to find out guidelines for developing and improving the internal audit process to be more efficient and suitable by using K-Mean Clustering technique to group event logs with similar characteristics and then use it to discover process to create the desired process model. Measure the efficiency of the process model that is obtained using the process conformance analysis technique or Fitness Score. And finally, it can be used to analyze ways to improve work processes, reduce redundant work, improve resource allocation and system development guidelines to be more efficient.

Keywords: process mining, machine learning, process improvement, inductive mining

* Corresponding author. E-mail: worapol@as.nida.ac.th

1 Master's student in Business Analytics and Data Science, Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration

2 Assistant Professor in Business Analytics and Data Science, Graduate School of Applied Statistics, National Institute of Development Administration

1. บทนำ

การประกอบธุรกิจตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างผลประโยชน์ เสริมสร้างการเจริญเติบโตให้กับธุรกิจและส่งเสริมให้ก่อเกิดรายได้ที่เพิ่มมากขึ้น ผลลัพธ์ทั้งหมดนี้ต้องอาศัยกิจกรรมทางธุรกิจ (Business Activities) หลาย ๆ กิจกรรม หลาย ๆ ขั้นตอนเชื่อมโยงกันเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ บางกิจกรรมอาจเป็นกิจกรรมเฉพาะของส่วนงานนั้น ๆ ในองค์กร แต่บางกิจกรรมอาจเชื่อมโยงข้ามฝ่ายงานที่ทำให้กิจกรรมทางธุรกิจมีความซับซ้อนและมีผู้เกี่ยวข้องมากยิ่งขึ้น การเชื่อมโยงกิจกรรมทางธุรกิจหลาย ๆ อันมารวมกัน เราเรียกรูปแบบของการดำเนินงานเหล่านี้ว่า กระบวนการทางธุรกิจ (Business Process)

ในโลกยุคปัจจุบันโดยเฉพาะองค์กรขนาดใหญ่ กระบวนการทางธุรกิจจะมีความซับซ้อนเกี่ยวข้องกับหลายฝ่ายงานมากยิ่งขึ้น ทำให้องค์กรต้องพยายามพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อมารองรับระบบงานต่าง ๆ มากมาย ทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น มีความเป็นอัตโนมัติ ลดระยะเวลาการทำงาน ลดกำลังคน และช่วยลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากมนุษย์ แต่ในความเป็นจริงการใช้ระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยยังเกิดปัญหาขึ้นอย่างต่อเนื่องและผู้คนก็ยังมองไม่เห็นทางแก้ไขที่แท้จริงและตรงจุด อันเนื่องมาจากการไม่สามารถวิเคราะห์การไหล (Flow) ของงานได้อย่างชัดเจน เนื่องจากอยู่บนระบบสารสนเทศ อาทิ การเกิดคอขวดของงานหนึ่งในระบบ ทำให้ทั้งระบบงานมีความล่าช้าไปด้วย หรือมีช่องโหว่เกิดขึ้นในระบบทำให้การดำเนินงานไม่เป็นไปตาม Flow ที่ตั้งไว้ (Override) ซึ่งยากต่อการตรวจจับ เป็นต้น

ดังนั้นจึงสามารถสรุปปัญหาทางงานวิจัยได้เป็น 3 ข้อ คือ 1) เนื่องจากกระบวนการถูก Embedded ลงไปในระบบสารสนเทศจึงทำให้ผู้ดูแลยากต่อการติดตาม (Difficult to monitor) 2) การทำงานบนระบบสารสนเทศเก็บและติดตามกิจกรรมการทำงานไว้ใน Log File ซึ่งยากต่อการนำไปวิเคราะห์ (Difficult to analyze realistic data) 3) เมื่อผู้ดูแลระบบพบปัญหาตามข้อ 1) และ 2) แล้ว จึงทำให้การปรับปรุงกระบวนการที่ผ่านมาไม่ตรงจุด (Process improvement is not on point) ที่ผ่านมามีการพยายาม

แก้ไขปัญหาดังกล่าว อาทิ การใช้คนติดตามการทำงาน การใช้ Classical workflow management พวก ERP หรือการบริหารจัดการกระบวนการผ่านการประชุมหรือเอกสารต่าง ๆ แต่ก็ยังไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาหลักคือไม่มีข้อมูลที่สะท้อนการปฏิบัติงานตามกระบวนการที่เกิดขึ้นจริงเพื่อนำมาวิเคราะห์ หรือ ถึงแม้จะมีข้อมูลจำพวก Event Log แต่ก็ยังไม่ได้นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์เท่าที่ควร

เหมืองกระบวนการ (Process Mining) จึงเป็นเทคนิคที่สามารถสกัดและวิเคราะห์โครงสร้างของกระบวนการ สะท้อนจากการดำเนินงานจริงในระบบ [1] และสามารถเปรียบเทียบกระบวนการที่ได้จาก Model และวางแผนทางพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการที่มีอยู่ในปัจจุบันให้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งสามารถนำเอาเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาช่วยเสริมการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการได้อีกด้วย

ER et al. [2] ได้ใช้ Process Mining เพื่อสร้าง Model ของกระบวนการวางแผนการผลิตโดยใช้ Event log จาก ERP Database และเลือกใช้ Heuristic Miner Algorithm ในการ Discover Model ออกมา Zerbino et al. [3] พบว่า วิธีการที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีข้อจำกัดและถูกตั้งคำถามในเรื่องการตรวจจับความเบี่ยงเบน (Deviations) การทุจริต (Frauds) การละเมิด (Abuses) ซึ่งเทคนิค Process mining มีส่วนช่วยในการวินิจฉัยและพัฒนาจุดอ่อนดังกล่าว Tamburis และ Esposito [4] พบว่า Process Mining สามารถทำการจำลอง Discrete Event Simulation (DES) Model ใน Healthcare Process ได้เป็นอย่างดี สามารถนำเสนอระบบจริง (Real System) ที่มีมุมมองแตกต่างออกไปและสามารถวิเคราะห์พฤติกรรมและลักษณะของระบบได้ Theis et al. [5] ได้นำ Process Mining มาใช้กับข้อมูลประวัติการรักษาที่ผ่านมาของผู้ป่วยเบาหวานโดยแปลงเป็น Event Log เพื่อใช้สร้าง Process Model อธิบายการรักษาในอดีตพิจารณาพร้อมกับอาการปัจจุบันของผู้ป่วย เพื่อให้คะแนนอาการผู้ป่วย (Severity Scores) ในห้องไอซียู (Intensive Care Unit) และคาดการณ์การเสียชีวิตของผู้ป่วย

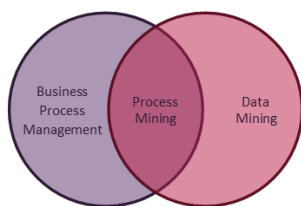
จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา ยังไม่พบการนำ Process Mining ไปวิเคราะห์ Event Log เพื่อปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบภายใน (Internal Audit Process)

จึงเป็นที่น่าสนใจว่าจะสามารถนำ Process Mining ไปวิเคราะห์กระบวนการดังกล่าวเพื่อหาข้อมูลเชิงลึก บ่งชี้จุดอ่อน และปรับปรุงกระบวนการให้ดียิ่งขึ้นได้อย่างไร

ในงานวิจัยชิ้นนี้ เราใช้เทคนิคเหมืองกระบวนการ (Process Mining) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ในการค้นหา (Process Discovery) กระบวนการทางธุรกิจโดยการวิเคราะห์จาก Event Log และสร้างตัวแบบของกระบวนการที่เหมาะสม พร้อมทั้งใช้วิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการ (Process Conformance) และหาแนวทางในการปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น (Process Enhancement) ของกระบวนการตรวจสอบภายใน (Internal Audit Process) จาก Event Log ทั้งหมดของระบบ Internal Audit Management System ขององค์กรกรณีศึกษา ตั้งแต่เริ่มใช้งานจนถึงปัจจุบัน

2. ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

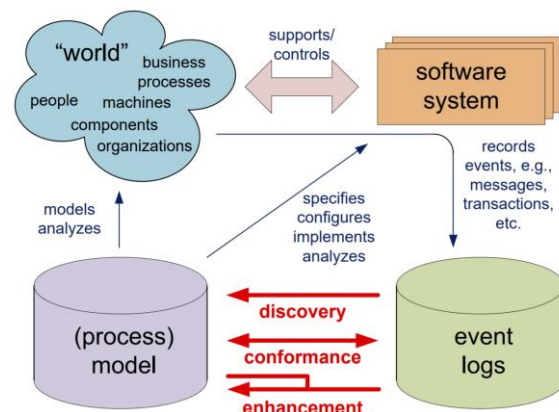
จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อจะนำมาต่อยอดพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบภายใน ขององค์กรกรณีศึกษา โดยจะนำเทคนิคของการจัดทำเหมืองกระบวนการ (Process Mining) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย ซึ่งจากการศึกษาค้นคว้าสามารถสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 1 แนวคิดของ Process Mining [1]

การจัดทำเหมืองกระบวนการ (Process Mining) เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ใช้วิเคราะห์กระบวนการในกิจกรรมต่าง ๆ ของธุรกิจ โดยแนวคิดจะซ้อนทับอยู่ระหว่างแนวคิดด้านการบริหารจัดการกระบวนการ (Business Process Management) และแนวคิดด้านเหมืองข้อมูล (Data Mining) ตามรูปที่ 1 มีจุดมุ่งหมายหลักอยู่ 3 ประการ คือ

- 1) การค้นหา (Process Discovery) กระบวนการทางธุรกิจ
- 2) วิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการ (Process Conformance) และ 3) หาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพเพิ่มสูงขึ้น (Process Enhancement) [1] ตามรูปที่ 2 โดยการวิเคราะห์ระบบจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในระบบสารสนเทศในรูป Event Log โดยมีข้อมูลการดำเนินงานของบุคคลต่าง ๆ ในองค์กรวันเวลาในการดำเนินงาน และหน้าที่รับผิดชอบของผู้ดำเนินงาน เพื่อนำมาสร้างเป็นตัวแบบ (Model) ที่แสดงให้เห็นการทำงานของทั้งกระบวนการ รวมถึงแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของบุคลากรและกระบวนการ อาทิ ความล่าช้าและความผิดพลาดของงาน คอขวดที่เกิดขึ้นในระบบ ผู้ที่ทำงานเกินอำนาจหน้าที่ที่มีอยู่ ทั้งหมดเหล่านี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาทางแก้ปัญหา ปรับปรุงจุดอ่อนและช่วยลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้น เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนากระบวนการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 2 การจัดทำเหมืองกระบวนการ [1]

ที่ผ่านมาได้มีการนำเหมืองกระบวนการไปใช้ประโยชน์ อาทิ การหาข้อมูลเชิงลึก (Insight) โดยการทำตัวแบบเพื่อวิเคราะห์กระบวนการในมุมมองต่าง ๆ การจัดทำกระบวนการให้อยู่ในรูปเอกสาร (Document) เพื่อแนะนำทีมงาน หรือใช้ขอใบรับรองต่าง ๆ การตรวจสอบ (Verification) เพื่อหาข้อผิดพลาด (Error) ในระบบหรือกระบวนการ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ (Performance Analysis) เป็นเทคนิคที่ใช้จำลอง (Simulation) เพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ Response Times Service Level

เป็นต้น การทำภาพเคลื่อนไหว (Animation) โดยตัวแบบช่วยให้สามารถจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันออกไป และให้ข้อเสนอแนะแก่ผู้ออกแบบ และตัวแบบยังช่วยในการตั้งค่าของระบบ (System Configuration) อีกด้วย [1]

นอกจากนี้องค์กรธุรกิจยังสามารถนำการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) มาผสมผสานร่วมกับการทำเหมืองกระบวนการ (Process Mining) เพื่อเสริมมุมมองเชิงลึกและส่งผลดียิ่งขึ้นต่อการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการ อาทิ 1) การแบ่งกลุ่มและการจัดหมวดหมู่ (Clustering and Segmentation) โดยใช้ Machine Learning Clustering Algorithms เช่น K-mean Nearest Neighbor เพื่อจัดกลุ่มลูกค้า งานหรือกรณีอื่น ๆ ที่สามารถจัดกลุ่มได้ 2) การพยากรณ์หรือคาดการณ์ (Predictive Analysis) เช่น การพยากรณ์จุดคอขวด (Bottleneck Prediction) เพื่อที่จะได้สามารถป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นในกระบวนการ การพยากรณ์งานถัดไป (Next Task Prediction) โดยใช้ Random Forest Algorithms หรือ LSTM Deep Learning Networks ซึ่งอาจจะใช้ในการหาความเป็นไปได้ที่ลูกค้าจะไปยังหน้าสุดท้าย (Final Checkout Page) เพื่อสั่งซื้อสินค้าในระบบ E-commerce การกำหนดสถานะสุดท้ายของกระบวนการ (Processes Final State Determination) โดยใช้ Classification Algorithms เพื่อหาความเป็นไปได้ที่งานจะสิ้นสุดลงหรือกระบวนการจะสำเร็จ การจัดสรรทรัพยากร (Resource Allocation) โดยใช้ Regression Analysis วิเคราะห์การใช้ทรัพยากรที่กระบวนการต้องการ การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ (Process Variable Dependency Explanation) เพื่อบ่งชี้ปัจจัยในกระบวนการที่มีผลกระทบมากต่อผลลัพธ์สุดท้าย ซึ่งช่วยธุรกิจในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น 3) การวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Prescriptive Analysis) เช่น การแนะนำงานที่ดีที่สุดที่จะทำต่อไปเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของกระบวนการมากที่สุด หรือ การแนะนำการเพิ่มทรัพยากรในงานหรือลดทรัพยากรที่ไม่มีประสิทธิภาพลงเพื่อลดค่าใช้จ่ายโดยรวม 4) การแนะนำกระบวนการ (Process Recommendation) เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ (Efficiency) และความแม่นยำ (Accuracy) ของกระบวนการ

ในด้านธุรกิจถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลาย ๆ โดเมน อาทิ ใช้ในการตรวจสอบด้านการเงิน (Financial Audit) [6]

ใช้ในการตรวจสอบด้านระบบสารสนเทศ (Information Systems Audit) [3] ใช้ในการตรวจสอบและลดการทุจริต (Fraud Detection) [7] ใช้ในวงการแพทย์ [4] ใช้ในการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศในวงการไอที [8] ใช้วิเคราะห์การวางแผนการผลิตในวงการอุตสาหกรรม [2] ใช้วิเคราะห์กระบวนการบรรลุลความคาดหวังของลูกค้า (Customer Fulfilment Business Process) ในวงการโทรคมนาคม [9] ใช้ในการวิเคราะห์ทางเดินของลูกค้าในห้างสรรพสินค้า [10] และใช้พยากรณ์ประสิทธิภาพของการศึกษา [11]

ขั้นเริ่มต้นในการทำเหมืองกระบวนการ ER. et al. [9] กล่าวว่าสิ่งแรกที่ต้องทำคือการเตรียมและดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ซึ่งก็คือ Event Log เพื่อนำมาบ่งชี้กิจกรรม (Activity) ตาราง (Table) และตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Process ผลที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำมาดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล โดยทั่วไป Event log จะประกอบด้วย 3 ตัวแปรหลักที่บ่งชี้กิจกรรม คือ 1) Identifier หรือ ID 2) ชื่อกิจกรรม (Activities) 3) วันเวลาที่บันทึกการ (Timestamps)

ขั้นที่สอง คือ การจัดทำเหมืองกระบวนการมี Algorithm หลากหลาย อันแรกสุด คือ Alpha Algorithm [12] ต่อมา Medeiros et al. [13] ได้พัฒนา Genetic Process Mining หรือ Genetic Algorithm และยังมี Algorithm อื่น ๆ อาทิ Inductive Miner Fuzzy Miner [14] และ Heuristic miner เป็นหนึ่งใน Algorithm ที่ใช้งานแพร่หลาย [15] และมีความต้านทานต่อสัญญาณรบกวน (Noise) ได้ดี [16] ซึ่งความเหมาะสมของการใช้งานเป็นไปตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้งาน Process Mining Algorithm [17]

Algorithm	When to use
Alpha miner	Not recommended for real-life data.
Heuristic miner	For real-life data with not too many different events.
Fuzzy miner	For complex and unstructured log data or for simplification of the model.
Inductive visual miner	For discovering process delays, deviations, and animation of the model.

ขั้นที่สาม คือ การวิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการโดยการเปรียบเทียบ Process Model ที่ค้นพบกับ Event Log ในระบบเพื่อหาเหตุผลของความไม่สอดคล้อง เพื่อนำไปสู่แนวทางแก้ปัญหา และ ขั้นสุดท้าย คือ

การหาแนวทางเพื่อปรับปรุงกระบวนการให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยของงานวิจัยนี้ จะเริ่มจากการเก็บ Event Log จากระบบสารสนเทศของกระบวนการตรวจสอบภายใน นำมาเตรียมข้อมูล (Data Preparation & Cleansing) ทำการสร้าง Process Model จาก Event Log การวิเคราะห์ความสอดคล้อง การปรับปรุงกระบวนการ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ และสรุปผลที่ได้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แหล่งที่มาของข้อมูล (Data Source)

ดึงข้อมูล Event Log ระบบบริหารจัดการตรวจสอบภายใน (Audit Management System) จากระบบสารสนเทศของมหาวิทยาลัยศึกษา โดยใช้ข้อมูลตั้งแต่เริ่มใช้งานระบบจนถึงปัจจุบัน จำนวน 49,051 แถว โดยประกอบด้วยงานตรวจสอบทั้งหมด 43 งานตรวจ

3.2 การเตรียมข้อมูล (Data Preparation & Cleansing)

เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับมายังไม่เป็นตามรูปแบบที่ต้องการ อาทิ ไม่มี Case ID มี Activities หลาย ๆ อันที่ค่อนข้างกำกวม Format ในการเก็บข้อมูลลง Event Log มีหลากหลายรูปแบบตามแต่ละผู้พัฒนาระบบโดยไม่เป็นแบบเดียวกัน เป็นต้น และมีข้อมูลขยะหรือที่ไม่ต้องการจำนวนมาก รวมทั้งข้อมูลเกือบครึ่งเป็นกระบวนการที่ยังดำเนินงานไม่สิ้นสุดทำให้ต้องตัดข้อมูลส่วนนั้นทิ้งไป ประกอบกับบางส่วนเป็นข้อมูลที่มีการอ้างถึงบุคคล จึงต้องใช้เวลาในการจัดการข้อมูลค่อนข้างมาก ทำให้ Process Model ก่อนทำ Data Cleansing มีความซับซ้อนและไม่สามารถแปลความได้ ซึ่งหลังจากเตรียมข้อมูลแล้วได้จัดข้อมูลออกมาในรูปแบบข้อมูล 4 คอลัมน์ คือ Case ID Activity Timestamp และ Resource เหลืองานตรวจจำนวน 22 งาน และข้อมูลจำนวน 23,084 แถว

หลังจากนั้นนำข้อมูลไปทำ EDA (Exploring Data Analysis) ในรูปแบบ Dotted Chart เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของ Event Log ในภาพรวม จะเห็นได้ว่า Event Log ที่ได้รับมาจะอยู่ในช่วงปี 2019 ถึง ต้นปี 2021 ซึ่งในปี 2019 มีงานที่ถูกบันทึกลง 1 งาน และ ปี 2020 - 2021 อีก 21 งาน

สาเหตุที่ปี 2019 มีการใช้งานน้อย เนื่องจากเป็นช่วงเริ่มต้นใช้งานระบบใหม่ ๆ และอยู่ระหว่างการอบรมผู้ใช้งาน

4. การสร้างต้นแบบกระบวนการ (Discover Process)

ช่วงก่อนที่จะมีการพัฒนาระบบบริหารจัดการตรวจสอบขององค์กรกรณีศึกษาลงไปสู่ระบบสารสนเทศ ได้มีการออกแบบกระบวนการทำงานไว้ในเอกสาร ดัง รูปที่ 1 ในภาคผนวก ซึ่งใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานในช่วงเวลาที่ผ่านมา ทำให้ในช่วงนั้นผู้บริหารไม่สามารถที่จะติดตามการดำเนินงานได้ครบถ้วนสมบูรณ์ บางงานอาจมีการข้ามขั้นตอนบางอย่างไป หรือเบี่ยงเบนไปจากที่ควรจะเป็น และขาดข้อมูลที่มีความเที่ยงตรง เพื่อนำไปวิเคราะห์ปรับปรุงการทำงานได้

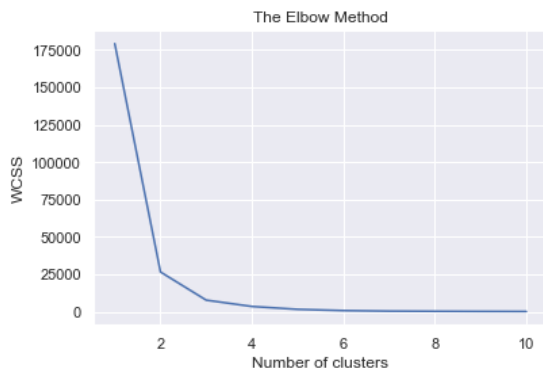
เนื่องจากทีมงานตรวจสอบมีหลายทีม และลักษณะการทำงานมีความต่างกันตามบุคลากรในทีม หรือตามงานตรวจที่ได้รับมอบหมาย ทำให้พฤติกรรมหรือรูปแบบการทำงานแตกต่างกัน ซึ่งทำให้การสร้าง Process Model โดยใช้ Event Log ทั้งหมดอาจจะไม่ครอบคลุมกับพฤติกรรมต่าง ๆ โดย Song et al. [18] ได้ให้คำแนะนำกรณีที่เกิดปัญหาดังกล่าว โดยการใช้ Trace Clustering Approach เพื่อแบ่ง Case ID ออกเป็นกลุ่ม ๆ ในงานวิจัยนี้คือ การแบ่งกลุ่มงานตรวจสอบที่มีพฤติกรรม (Behavior) คล้ายกันออกมา ก่อน โดยต้องทำการสร้าง Profile ขึ้นมาใหม่ดังตัวอย่างในตารางที่ 2 ซึ่งแต่ละ Row จะเป็น Profile Vector ของ 1 Trace ใน Log และใช้ Clustering Algorithm คือ K-mean ในการจัดกลุ่ม

ตารางที่ 2 ตัวอย่าง Activity และ Originator Profile ของ Event Log

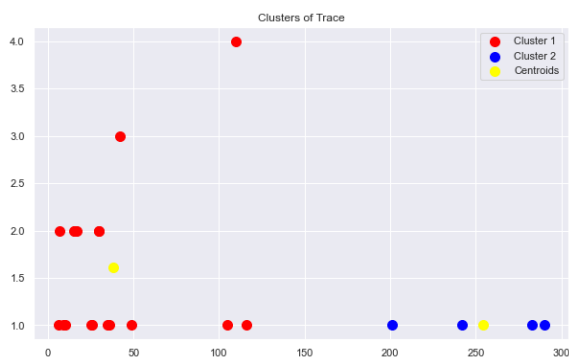
Case_ID	ข้อมูลกิจกรรม (Activity Profile)					ข้อมูลผู้ปฏิบัติงาน (Originator Profile)				
	1	2	3	4	...	A1	A2	A3	A4	...
1	42	1	46	1	12	0	0	0	0	0
2	116	2	101	2	1	0	0	0	0	0
3	30	2	58	2	11	0	0	0	0	0
4	17	2	30	2	9	0	0	0	0	0
5	7	1	9	1	6	0	0	0	0	0

หลังจากทดลองใช้ Profile ดังกล่าวแบ่งกลุ่มโดยใช้ K-Mean Algorithm และใช้ Elbow Method เพื่อหาค่า k ที่เหมาะสม จะได้ k เท่ากับ 2 ดัง รูปที่ 3 และได้ผลลัพธ์

การแบ่งกลุ่มดัง รูปที่ 4 ประกอบด้วย Cluster 1 จำนวน 18 งาน และ Cluster 2 จำนวน 4 งาน



รูปที่ 3 ใช้ Elbow Method ในการหาค่า K ที่เหมาะสม



รูปที่ 4 การแบ่งกลุ่มโดยใช้ K-Mean Clustering

งานวิจัยนี้จะใช้ PM4Py เป็น Library ที่ใช้ทำเหมืองกระบวนการใน Python โดยที่ PM4Py จะทำงานร่วมกับไฟล์ในรูปแบบ CSV, Standard Pandas Dataframe และ XES format ซึ่งจะ Export ข้อมูลออกจาก Database ในรูป CSV File และใช้ Log Converter Object ในการอ่านไฟล์และแปลงให้อยู่ในรูปแบบ Pandas Dataframe และทำการกำหนด Column ที่จะใช้ให้ถูกต้อง (ID, Activity, Timestamp) ก่อนจะแปลงอีกครั้งให้อยู่ในรูปแบบ Log Format ที่ PM4Py เข้าใจ

เมื่อเตรียมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะเป็นขั้นตอนของการทำเหมืองกระบวนการเพื่อที่จะค้นหา Process Model โดยใช้ PM4Py Library [20] ซึ่งงานวิจัยนี้จะเลือกใช้ Inductive Miner Algorithm ซึ่งมีข้อได้เปรียบตามตารางที่ 3 คือสามารถ Handle Invisible Tasks ได้ Model เป็น Sound และ ถูกใช้งานแพร่หลายที่สุด

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของ Algorithms [19]

Alpha	Alpha+	Heuristic	Inductive
Cannot handle loops of length one and length two	Can handle loops of length one and length two	Takes frequency into account	Can handle invisible tasks
Invisible and duplicated tasks cannot be discovered	Invisible and duplicated tasks cannot be discovered	Detects short loops	Model is sound
Discovered model might not be sound	Discovered model might not be sound	Does not guarantee a sound model	Most used process mining algorithm
Weak against noise	Weak against noise		

ผลที่ได้จากการสร้าง Process Model โดยใช้ Inductive Miner Algorithm จะได้ Cluster 1 และ Cluster 2 ดังรูปที่ 2 และ 3 ในภาคผนวก

4.1 วิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการ (Process Conformance)

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการเป็นเทคนิคในการเปรียบเทียบระหว่าง Process Model ที่สร้างขึ้นมาจากเหมืองกระบวนการกับ Event Log จากกระบวนการสารถายในกระบวนการเดียวกัน มีเป้าหมายเพื่อตรวจสอบว่า Event Log มีความสอดคล้องกับ Model หรือไม่ หรือมีการเบี่ยงเบนจาก Model มากน้อยเพียงใด ซึ่งสามารถหาค่าความสอดคล้องได้จากค่า Fitness ที่ Log Level ตามสมการที่ 1 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้เทคนิค Token-Bases Replay [21]

$$fitness(L, N) = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times m_{N,\sigma}}{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times c_{N,\sigma}} \right) + \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times r_{N,\sigma}}{\sum_{\sigma \in L} L(\sigma) \times p_{N,\sigma}} \right) \quad (1)$$

โดยที่ p = Produced Tokens

c = Consumed Tokens

m = Missing Tokens

r = Remaining Tokens

เมื่อนำ Process Model ที่ได้ของทั้ง 2 Cluster มาเปรียบเทียบกับ Event Log ของแต่ละ Cluster เพื่อหาความสอดคล้องจะพบว่า ค่า Fitness Score ของ Cluster 1 และ Cluster 2 เท่ากับ 1 แสดงให้เห็นว่า Event Log ของงานตรวจทั้ง 22 งานมีความสอดคล้องกับ Process Model ที่สร้างขึ้นจาก Inductive Miner ได้ ตามรูปที่ 5 และสามารถนำ Process Model ที่ได้ดังกล่าวไปวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงกระบวนการต่อไปได้

```
Cluster 1 :
Out[28]: [{'trace_is_fit': True,
          'trace_fitness': 1.0,
          'activated_transitions': [tau_1,
                                   tauSplit_5,
                                   01_Risk Assessment,
                                   skip_14,
                                   skip_15,
                                   01_Risk Assessment,
                                   skip_14,
                                   skip_15]}]

Cluster2 :
Out[18]: [{'trace_is_fit': True,
          'trace_fitness': 1.0,
          'activated_transitions': [tau_1,
                                   skip_6,
                                   01_Risk Assessment,
                                   skip_6,
                                   01_Risk Assessment,
                                   skip_6,
                                   01_Risk Assessment,
                                   skip_6]}]
```

รูปที่ 5 วิเคราะห์ความสอดคล้องของกระบวนการ

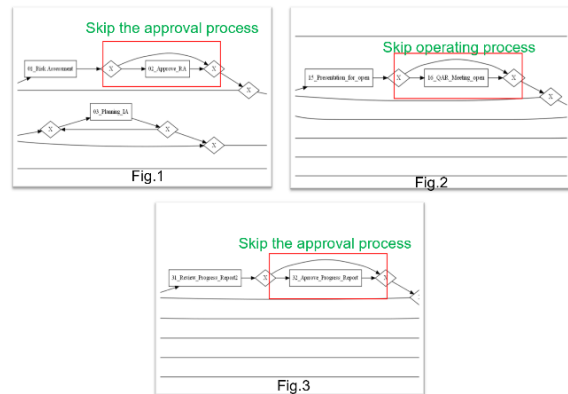
4.2 การหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการ (Process Improvement)

ในงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลัก คือ การหาแนวทางปรับปรุงกระบวนการบริหารจัดการตรวจสอบภายในให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งจาก Process Model ที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงในเรื่องดังต่อไปนี้

4.2.1 การเบี่ยงเบนจาก Process ต้นแบบ ตาม

รูปที่ 6 ได้ตัดภาพ Flow ของ Process Model ออกมาบางส่วนเพื่อแสดงให้เห็นชัดเจน พบว่า ตาม Fig.1 มี Event Log ที่แสดงว่ามีการข้ามขั้นตอนการอนุมัติการประเมินความเสี่ยงของงานตรวจสอบ Fig.2 มีการข้ามขั้นตอนการปฏิบัติงาน (Operation Process) ไป 1 ขั้นตอน Fig.3 มีการข้ามขั้นตอนการอนุมัติการรายงานความคืบหน้าการปฏิบัติตามข้อเสนอแนะของงานตรวจสอบ ซึ่งทั้ง 3 ตัวอย่างเป็นการเบี่ยงเบนจาก Process ต้นแบบ ซึ่งมีทั้งการข้ามขั้นตอนการอนุมัติ และการข้ามขั้นตอนการปฏิบัติงาน โดยระบบไม่ได้ถูกตั้งให้ล็อกไว้เมื่อการปฏิบัติงานก่อนหน้ายังไม่แล้วเสร็จ ถึงแม้จะพบเพียงเล็กน้อย แต่ก็ควรมีการปรับปรุง ซึ่งสามารถพิจารณาปรับปรุงได้ใน 2 กรณี คือ 1) ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่ากระบวนการเดิมยังดีอยู่ ก็ควรจะเสนอปรับปรุงระบบงานให้สามารถกำหนดการเรียงลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานได้ เพื่อไม่ให้เกิดการทำงานข้ามขั้นตอน และลด

ความเสี่ยงการปฏิบัติงานในกรณีที่ผู้บังคับบัญชายังไม่ได้อนุมัติ 2) ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่ากระบวนการที่กำหนดไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอกับความคล่องตัวในการปฏิบัติงานก็ควรจะดำเนินงานแก้ไขกระบวนการต้นแบบให้สอดคล้องกับการปฏิบัติงานด้วย



รูปที่ 6 Flow ที่มีการเบี่ยงเบนจาก Process ต้นแบบ

4.2.2 การทำงานซ้ำซ้อน เมื่อพิจารณา Activity

ทั้งหมดในแต่ละ Case แล้ว ตามตารางที่ 4 พบว่า มี Activity ที่มีการทำงานวนซ้ำ ๆ อยู่หลายครั้ง อาทิ การจัดทำกระดาษทำการ (Working Paper) การจัดทำเอกสารวิเคราะห์กระบวนการของงานที่ตรวจ (Process Analysis Document : PAD) การจัดทำรายงานผลการตรวจสอบ (Audit Report) เป็นต้น ทำให้เกิดคอขวดขึ้นในกระบวนการหรืองานล่าช้า ซึ่งถ้าต้องการวิเคราะห์ว่าทำไม Activities เหล่านั้นจึงทำงานซ้ำ ๆ ต้องลงไปตรวจสอบเชิงลึกถึงการปฏิบัติงานของผู้ตรวจสอบอีกครั้ง เนื่องจากข้อมูลที่ให้มาไม่เพียงพอ

ตารางที่ 4 Activities ที่เกิดซ้ำบ่อยครั้ง

Activity	n	Frequency	Relative Frequency
16. Interview Report	5141	22.27 %	
05. PAD	3,631	14.92 %	
21. Audit Report	1,810	6.22 %	
17. Create Audit Program	1,802	7.51 %	
01. Risk Assessment	1,786	7.38 %	
11. Create Risk Control	1,406	5.21 %	
02. Interview Log	1,366	5.16 %	
13. Interview Report	1,163	4.54 %	
15. Interview Log	970	3.77 %	
12. Interview Report	871	3.37 %	
20. Interview Report	822	3.16 %	
04. Sign Confirmation	150	0.58 %	
14. Interview Report	128	0.50 %	
03. Interview Report	128	0.50 %	

4.2.3 การแจกจ่ายงาน(Resource Allocation)

ที่ไม่ทั่วถึง ก็เป็นอีกประเด็นหนึ่งที่พบ ตามตารางที่ 5 พบว่า มีพนักงานที่ทำงานมากกว่าพนักงานคนอื่น ๆ อยู่มาก จะเห็นได้ว่า จากพนักงานระดับปฏิบัติการทั้งหมด 37 คน มีผู้ที่ทำงานน้อยกว่า 50% ของพนักงานที่ทำงานมากที่สุด 5

อันดับแรก อยู่จำนวน 16 คน และ ยังพบว่าพนักงานที่ทำงานมาก ส่วนใหญ่จะอยู่กลุ่มงานตรวจสอบ IT ซึ่งมีความชำนาญในการใช้ระบบงานมากกว่า สาเหตุหนึ่งที่อาจเป็นไปได้เนื่องจากระบบงานเพิ่งเริ่มใช้งาน ผู้ตรวจสอบด้านอื่น ๆ จึงยังไม่ได้ใช้งานระบบก็เป็นได้ ซึ่งต้องไปตรวจสอบเพิ่มเติม

ตารางที่ 5 Resource allocation

Resource	Frequency	A. Relative frequency
B1	1,307	0.88 %
C1	1,180	0.78 %
A1	1,120	0.74 %
C3	1,120	0.74 %
A2	891	0.59 %
A3	823	0.54 %
A4	823	0.54 %
A5	823	0.54 %
A6	823	0.54 %
A7	823	0.54 %
A8	823	0.54 %
A9	823	0.54 %
A10	823	0.54 %
A11	823	0.54 %
A12	823	0.54 %
A13	823	0.54 %
A14	823	0.54 %
A15	823	0.54 %
A16	823	0.54 %
A17	823	0.54 %
A18	823	0.54 %
A19	823	0.54 %
A20	823	0.54 %
A21	823	0.54 %
A22	823	0.54 %
A23	823	0.54 %
A24	823	0.54 %
A25	823	0.54 %
A26	823	0.54 %
A27	823	0.54 %
A28	823	0.54 %
A29	823	0.54 %
A30	823	0.54 %
A31	823	0.54 %
A32	823	0.54 %
A33	823	0.54 %
A34	823	0.54 %
A35	823	0.54 %
A36	823	0.54 %
A37	823	0.54 %
A38	823	0.54 %
A39	823	0.54 %
A40	823	0.54 %
A41	823	0.54 %
A42	823	0.54 %
A43	823	0.54 %
A44	823	0.54 %
A45	823	0.54 %
A46	823	0.54 %
A47	823	0.54 %
A48	823	0.54 %
A49	823	0.54 %
A50	823	0.54 %
A51	823	0.54 %
A52	823	0.54 %
A53	823	0.54 %
A54	823	0.54 %
A55	823	0.54 %
A56	823	0.54 %
A57	823	0.54 %
A58	823	0.54 %
A59	823	0.54 %
A60	823	0.54 %
A61	823	0.54 %
A62	823	0.54 %
A63	823	0.54 %
A64	823	0.54 %
A65	823	0.54 %
A66	823	0.54 %
A67	823	0.54 %
A68	823	0.54 %
A69	823	0.54 %
A70	823	0.54 %
A71	823	0.54 %
A72	823	0.54 %
A73	823	0.54 %
A74	823	0.54 %
A75	823	0.54 %
A76	823	0.54 %
A77	823	0.54 %
A78	823	0.54 %
A79	823	0.54 %
A80	823	0.54 %
A81	823	0.54 %
A82	823	0.54 %
A83	823	0.54 %
A84	823	0.54 %
A85	823	0.54 %
A86	823	0.54 %
A87	823	0.54 %
A88	823	0.54 %
A89	823	0.54 %
A90	823	0.54 %
A91	823	0.54 %
A92	823	0.54 %
A93	823	0.54 %
A94	823	0.54 %
A95	823	0.54 %
A96	823	0.54 %
A97	823	0.54 %
A98	823	0.54 %
A99	823	0.54 %
A100	823	0.54 %

4.2.4 การพัฒนาระบบงาน งานวิจัยนี้ยังพบปัญหาอย่างมากในเรื่องของ Event Log ที่ได้มาไม่มีความสมบูรณ์ และมีปัญหามากซึ่งได้กล่าวปัญหาไปแล้วในหัวข้อการเตรียมข้อมูล โดยพบว่าเกิดจากการพัฒนาระบบงานทางด้านสารสนเทศที่ยังไม่ได้มาตรฐาน จึงทำให้ไม่ตรงใจผู้ใช้งาน และใช้งานจริงลำบาก รวมทั้งการสร้าง Event Log ของระบบไม่มีมาตรฐาน ขึ้นอยู่กับผู้พัฒนาแต่ละคน จึงทำให้ Log ที่ได้ ใช้ประโยชน์ไม่ได้เต็มที่เท่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นจึงควรปรับปรุงแนวทางการพัฒนาระบบงานสารสนเทศให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นรวมไปทั้งการศึกษาความต้องการของผู้ใช้ให้ถี่ถ้วน และที่สำคัญอีกประการคือการทดสอบระบบให้ครอบคลุมกับความต้องการที่เสนอไป

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้สร้าง Process Model จาก Event Log ของระบบบริหารจัดการตรวจสอบภายในขององค์กรกรณีศึกษา ซึ่งพบว่า กิจกรรมใน Event Log มีส่วนที่เบี่ยงเบนไปจากกระบวนการหลักเล็กน้อย อาทิ การข้ามขั้นตอนการอนุมัติ การข้ามขั้นตอนการปฏิบัติงาน ซึ่งควรนำไปแก้ไขต่อไป และยังพบว่ากิจกรรมบางกิจกรรมที่มีการวนซ้ำ ๆ กัน ทำให้เกิดคอขวดและความล่าช้าในการปฏิบัติงาน อาทิ การจัดทำกระดาษทำการ การจัดทำเอกสารวิเคราะห์กระบวนการทำงานของผู้รับตรวจ และการจัดทำผลการตรวจสอบ รวมถึงการแจกจ่ายงานที่กระจายงานกันไม่ทั่วถึง งานถูกไหลตันในผู้รับผิดชอบบางคน สุดท้ายเป็นเรื่องการพัฒนาระบบที่อาจไม่เป็นมาตรฐานและไม่ได้รับการ

ทดสอบระบบที่ดี ทั้งหมดนี้ได้นำเป็นข้อเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบบริหารจัดการตรวจสอบภายในให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้ผู้วิจัยคิดว่าสามารถต่อยอดเพิ่มเติมได้โดยการใช้ข้อมูลอื่น ๆ มาประกอบในการวิเคราะห์เพิ่มเติม อาทิ ข้อมูลกำลังคน ข้อมูลแผนการตรวจสอบ ตารางเวลาการปฏิบัติงาน ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เป็นต้น จะสามารถวิเคราะห์ได้ในหลาย ๆ มุมมองมากยิ่งขึ้น และใช้การวิจัยเชิงลึกเจาะลงไปเป็นรายการจาก Event Log ที่มีการเบี่ยงเบนและมีความผิดปกติ ซึ่งคาดว่าจะมีส่วนช่วยบ่งชี้ข้อบกพร่องอื่นและหาแนวทางแก้ไขได้ตรงจุดมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] W. v. d. Aalst, "Using process mining to bridge the gap between BI and BPM," *Computer (Long Beach, Calif.)*, vol. 44, no. 12, pp. 77-80, 2011.
- [2] M. ER, S. O. Zayin and F. J. Pamungkas, "ERP post implementation review with process mining: a case of procurement process," *Procedia Computer Science*, vol. 124, pp. 216-223, 2017.
- [3] P. Zerbinio, D. Aloini, R. Dulmin and V. Mininno, "Process-mining-enabled audit of information systems: methodology and an application," *Expert Systems with Applications*, vol. 110, pp. 80-92, 2018.
- [4] O. Tamburis and C. Esposito, "Process mining as support to simulation modeling: a hospital-based case study," *Simulation Modelling Practice and Theory*, vol. 104, p. 102149, 2020.
- [5] J. Theis, W. Galanter, A. Boyd and H. Darabi, "Improving the In-hospital mortality

- prediction of diabetes ICU patients using a process mining/deep learning architecture," *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, p. 1, 2021.
- [6] M. Werner and N. Gehrke, "Multilevel process mining for financial audits," *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 8, no. 6, pp. 820-832, 2015.
- [7] M. Jans, J. M. van der Werf, N. Lybaert and K. Vanhoof, "A business process mining application for internal transaction fraud mitigation," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 10, pp. 13351-13359, 2011.
- [8] S. S. Anreevich and R. V. Aleksandrovich, "System runs analysis with process mining," *Modelirovanie i Analiz Informacionnyh Sistem*, vol. 22, no. 6, p. 818-833, 2016.
- [9] M. ER, H. M. Astuti and A. Nastiti, "Analysis of customer fulfilment with process mining: a case study in a telecommunication company," *Procedia Computer Science*, vol. 72, pp. 588-596, 2015.
- [10] I. Hwang and Y. J. Jang, "Process mining to discover shoppers' pathways at a fashion retail store using a wifi-base indoor positioning system," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 14, no. 4, pp. 1786-1792, 2017.
- [11] R. Umer, T. Susnjak, A. Mathrani and S. Suriadi, "On predicting academic performance with process mining in learning analytics," *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, vol. 10, no. 2, pp. 160-176, 2017.
- [12] W. V. D. Aalst, *Process mining : data science in action*, New York: Springer Berlin Heidelberg, 2016.
- [13] A. K. A. D. Medeiros, A. J. M. M. Weijters and W. M. P. van der Aalst, "Genetic process mining: an experimental evaluation," *Data Mining and Knowledge Discovery*, vol. 14, no. 2, pp. 245-304, 2007.
- [14] M. Bozkaya, J. Gabriels and J. M. v. d. Werf, "Process Diagnostics: A Method Based on Process Mining," in *2009 International Conference on Information, Process, and Knowledge Management*, Mexico, 2019.
- [15] E. Rojas, J. Munoz-Gama, M. Sepúlveda and D. Capurro, "Process mining in healthcare: a literature review," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 61, pp. 224-236, 2016.
- [16] A. Weijters, W. van der Aalst and A. A. D. Medeiros, "Process mining with the heuristics miner algorithm," *Technische Universiteit Eindhoven, Tech. Rep.*, vol. 166, pp. 1-34, 2006.
- [17] P. Kröckel and F. Bodendorf, "Process mining of football event data: a novel approach for tactical insights into the game," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 3, p. 47, 2020.
- [18] M. Song, C. W. Günther and W. M. P. van der Aalst, "Trace Clustering in Process Mining," in

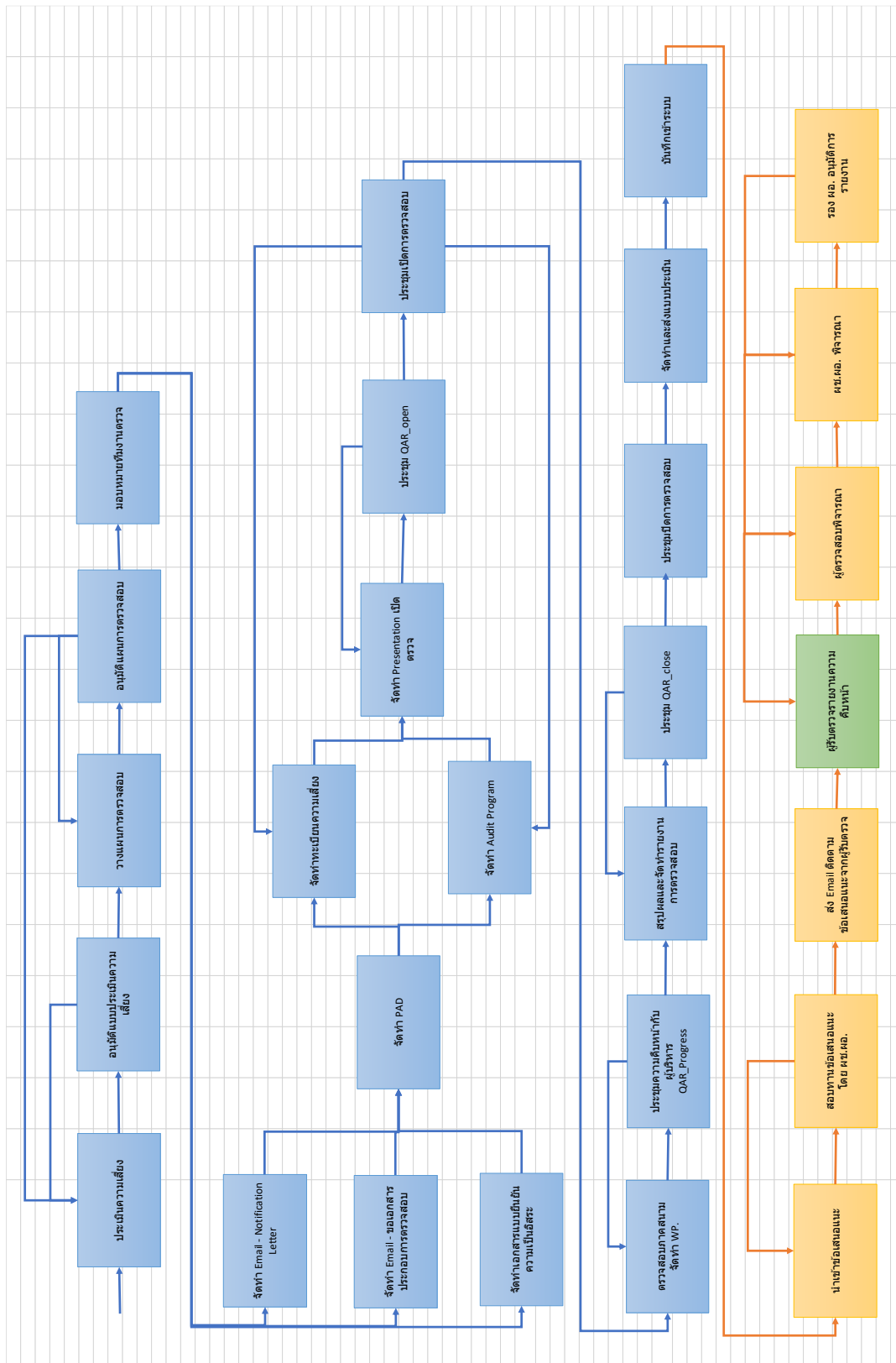
International conference on business process management. Springer, Berlin, 2008.

- [19] A. Berti, S. J. v. Zelst and W. v. d. Aalst,
"Process mining for python (PM4Py): bridging
the gap between process and data science,"
arXiv preprint arXiv:1905.06169, 2019.

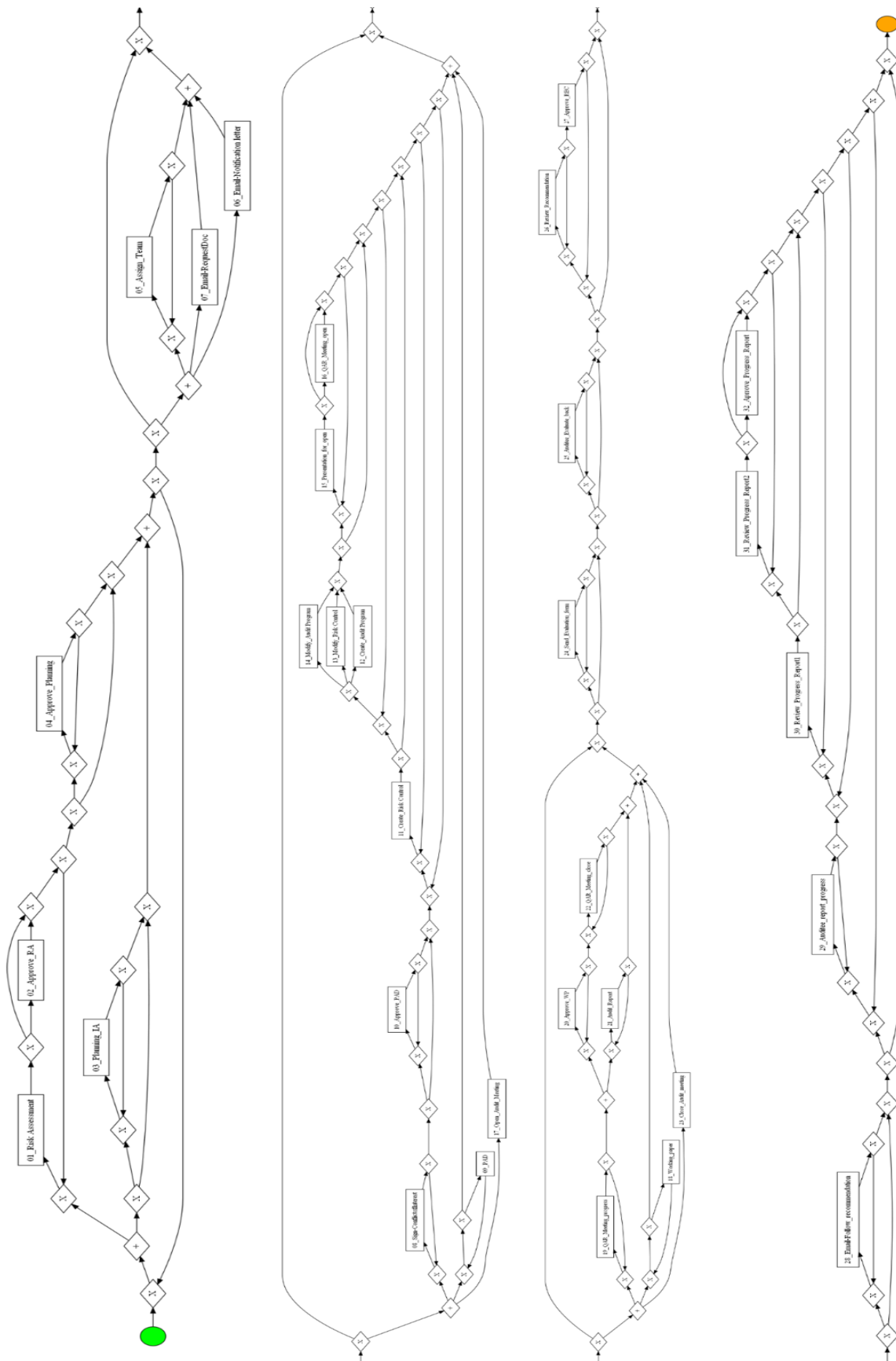
- [20] Fraunhofer Institute for Applied Information
Technology, "PM4Py," [Online]. Available:
<https://pm4py.fit.fraunhofer.de/>. [Accessed
25 January 2021].

- [21] A. Berti and W. v. d. Aalst, "A novel token-
based replay technique to speed up
conformance checking and process
enhancement," *Trans. Petri Nets Other
Model. Concurr.*, vol. 15, pp. 1-26, 2021.

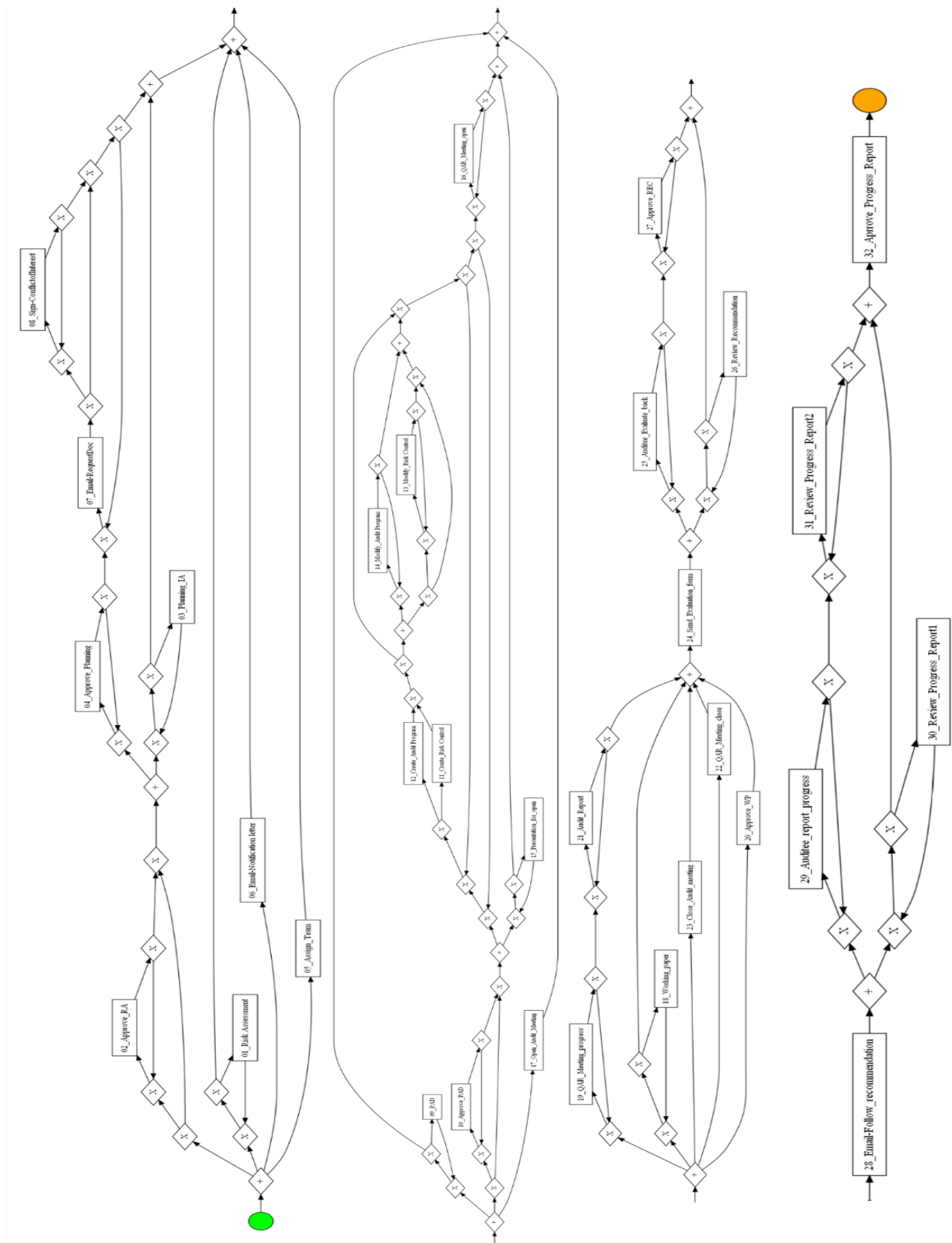
7. เอกสารอ้างอิงภาคผนวก



รูปที่ 1 Internal audit process ขององค์กรกรณีศึกษา



รูปที่ 2 Process model ของ Cluster 1



รูปที่ 3 Process model ของ Cluster 2