

ปัจจัยที่ส่งผลต่อโมเดลสมการโครงสร้างดอกไม้ที่เหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง

FACTORS AFFECTING STRUCTURAL EQUATION MODELING OF DISCARDED FLOWERS USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY

บุญชม สุจิตต์
Boonchom Sudjit

คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Tawan-ok
Author email: boonchom_su@rmutto.ac.th

Received: January 16, 2023
Revised: February 13, 2024
Accepted: February 21, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อดอกไม้ที่เหลือทิ้ง 2) เพื่อการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้มือที่เหลืทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) โดยวิธีการวิจัยเชิงปริมาณและคุณภาพ จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน นำมาสร้างเครื่องมือ (Index of Item-objective Congruence : IOC) ในตัวแปรที่สังเกตได้ทั้งหมด 12 ตัวแปร และกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 320 คน โดยรวบรวมข้อมูลแบบสอบถาม ทำการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ด้วยโปรแกรม AMOS เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงและตรวจสอบความสอดคล้องกลมกลืนของโมเดลแต่ละองค์ประกอบในโมเดลสมการโครงสร้าง และสร้างองค์ความรู้ห้องเรียนในโลกเสมือน ผลการวิจัยพบว่า 1) พบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ค่าไคสแควร์เท่ากับ 38.142 ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ เท่ากับ 1.122 สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง มีค่า 0.980 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) มีค่า 0.998 ผลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่า 0.020 และ 2) พบว่า ผลจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้มือที่เหลืทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ: โมเดลสมการโครงสร้าง, โลกเสมือนจริง, ปัจจัย

Abstract

The objectives of the study are as follows. 1) analyze the Structural Equation Modeling of factors affecting the DISCARDED FLOWERS. 2) To create knowledge of waste flower color products using virtual reality technology by quantitative and qualitative research methods. Based on interviews with five experts, the index of item-objective congruence (IOC) was created in 12 observable variables besides a purposive sample of 320 people. The results showed the following. 1) The model was consistent with the empirical

data, and statistically significant at.01; The chi-square value is 38.142, and the relative chi-square value is 1.122, consistent with the empirical data. Goodness of Fit Index: GFI value is 0.980, and the Comparative Consistency Index (CFI) value is 0.998, which is consistent with empirical data. Root mean square error of approximation: *RMSEA* is 0.020. 2) It was found that the results of the mean analysis and standard deviation in the knowledge creation of color of the DISCARDED flowers products using virtual reality technology overall were very high, with an average of 4.35 and a standard deviation of 0.77, which is very high.

Keywords: Structural Equation Modeling, virtual reality, factor, DISCARDED FLOWERS

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะดอกไม้ธูปเทียนเป็นสิ่งสำคัญต่อกระบวนการจัดการกำจัดแนวทางปฏิบัติที่ยั่งยืน และการมีส่วนร่วมของชุมชนสามารถลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับขยะดอกไม้ธูปเทียนที่พบเห็นจากการซื้อขายกันในตลาดดอกไม้ด้วยความสวยงามของดอกไม้แต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันของรูปทรง สี สัน ที่นิยมนำมาใช้ในการจัดดอกไม้ หรือตกแต่งจากสำรวจทางเลือกการรีไซเคิลดอกไม้ รวมถึงการสกัดสีธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรมสิ่งทอหรือการใช้งานเชิงสร้างสรรค์รูปแบบของศิลปะและเทคโนโลยีแบบผสมผสานบนสื่อดิจิทัลอื่น ๆ ทางวัฒนธรรมซึ่งดอกไม้ที่ซื้อขายกันโดยทั่วไปได้แก่ ดอกกุหลาบ, ดอกทิวลิป, ดอกกลีบลี, ดอกคาร์เนชั่น, ดอกเบญจมาศ และดอกกล้วยไม้ที่มีหลากหลายสายพันธุ์ที่ต้องการอย่างมากต่อผู้บริโภค ตามระยะเวลาของดอกไม้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมของอากาศที่เกิดขึ้น การแข่งขันเชิงธุรกิจจึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ธุรกิจต่าง ๆ มองเห็นช่องทางต่อการพัฒนาและนำมาใช้ประโยชน์โดยนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการจัดการกับปัจจัยส่งผลกระทบต่อกระบวนการดำเนินงาน บทความนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้เห็นภาพรวมที่ครอบคลุมของการประยุกต์ใช้แบบจำลองโมเดลสมการโครงสร้าง (SEM) ในการค้นหาปัจจัยและแนวทางสถิติต่อการใช้ SEM หาความสัมพันธ์ที่มีการเชื่อมโยงซับซ้อนระหว่างตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ต่างๆ ใช้เป็นกรอบแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เสื้อผ้า หมวก รองเท้า กระเป๋า และการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้ที่เหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริงเป็นต้น [6] ขยะดอกไม้ที่เหลือทิ้งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมธรรมชาติที่มีความสวยงาม เช่น ดอกไม้ ซึ่งนำมาขายในตลาดชุมชนเมืองใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อรากฐานเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นกล่าวได้ว่า ดอกไม้ ก็เป็นสิ่งที่มีความสวยงามของเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์อีกหนึ่งมิติเช่นกัน การนำมาประยุกต์ใช้ในการนำเสนอต่อยอดดอกไม้ที่ถูกทิ้งจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจมากยิ่งขึ้น ด้วยเงื่อนไขภายใต้เวลาที่กำหนดของธรรมชาติ ดอกไม้ที่เหลือทิ้งบางชนิดเกิดการเน่าเสียและมีที่ไม่น่าพึงประสงค์ ไม่สดชื่นสวยงามต่อสายตาผู้ที่มาซื้อในตลาด ทำให้ผู้ขายดอกไม้ต้องเหลือทิ้งไว้ในแต่ละวันซึ่งเป็นที่น่าเสียดายเกิดผลกระทบต่อขยะดอกไม้ในชุมชนตลาดดอกไม้เป็นจำนวนมาก และยิ่งส่งผลให้ธุรกิจเริ่มเปลี่ยนแปลงไปสู่การพัฒนาในรูปแบบใหม่ๆ โดยนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาประยุกต์ใช้ในทุกมิติต่อการแข่งขันเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และยั่งยืนต่อไป

จากประเด็นปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมในรายละเอียดของปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อดอกไม้ที่เหลือทิ้ง โดยการค้นคว้าข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งสภาพแวดล้อมจริงตามตลาดดอกไม้ในชุมชนและเมืองใหญ่มาสร้างองค์ความรู้ ต่อการเรียนรู้ในโลกเสมือนจริงโดยสร้างแรงบรรดาลใจให้มีความสนใจในธรรมชาติ ต่อแนวคิดการพัฒนาในรูปแบบใหม่ๆ ให้เกิดความน่าสนใจและมีความสวยงามมากยิ่งขึ้น [10-11]

การวิจัยครั้งนี้ จึงใช้เทคโนโลยีสารสนเทศทำการสนับสนุนแนวความคิดให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่น ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีมาทำการเก็บข้อมูล เพื่อการวิเคราะห์ผลกระทบปัจจัยในตัวแปรต่าง ๆ ที่เกิดผลกระทบในการลดต้นทุน

เพิ่มคุณภาพของสินค้า หรือเพิ่มมูลค่าด้วยการแปรรูป ตลอดจนการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ในโลกเสมือน และการสร้างองค์ความรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการศึกษา

จากข้อมูลดังกล่าวมาผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาค้นคว้าในข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องต่อการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างที่ส่งผลกระทบต่อดอกไม้ที่เหลืองทั้งด้วยในโลกเสมือนจริง และที่มีการเชื่อมโยงของตัวแปรความสัมพันธ์ให้เกิดประโยชน์ของการพัฒนาด้วยเช่นกัน

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อดอกไม้ที่เหลืองทั้ง
- 1.2 เพื่อการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้ที่เหลืองทั้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality)

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

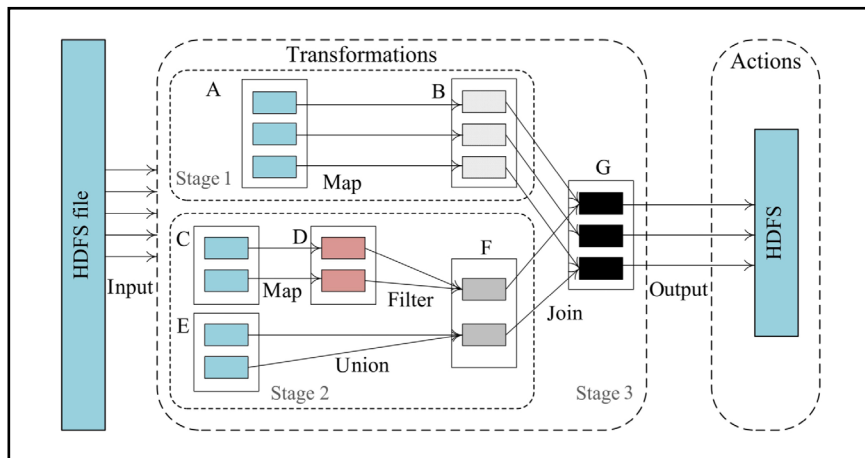
2.1 ทฤษฎีโมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling, SEM)

จากการศึกษาของ Hikmah, Z., Wijayanto, H., & Aidi, M. N. [1] กล่าวถึงความท้าทายที่ผู้ให้บริการเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) เผชิญในบริบทของการปฏิวัติดิจิทัลและแนวทางปฏิบัติทางการตลาดที่กำลังพัฒนา โดยมีการจำลองสมการโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตลาดในอุตสาหกรรม ICT ของอินโดนีเซียที่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลปฐมภูมิ ด้วยการใช้แบบสอบถามออนไลน์และออนไลน์จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 300 คน นำมาเปรียบเทียบกับระหว่างวิธีการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างตามความแปรปรวนร่วม (CB-SEM) และวิธีการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้างน้อยที่สุดบางส่วน (PLS-SEM) ซึ่งเผยให้เห็นว่า PLS-SEM เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม ผลลัพธ์ที่ได้ Digital Operational Excellence ทำหน้าที่เป็นสื่อกลางในการขยายผลกระทบของการจัดการประสบการณ์ลูกค้าต่อประสิทธิภาพการตลาด ในขณะที่นวัตกรรมธุรกิจดิจิทัลไม่ได้มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์นี้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ทราบถึงการวิจัยนี้มีส่วนช่วยในการสร้างแบบจำลอง SEM ที่เหนือกว่าสำหรับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในอินโดนีเซีย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hashem, I. A. T., Yaqoob, I. ด้วยเทคโนโลยีการควบคุมข้อมูลขนาดใหญ่อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการบูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูงและการนำเทคนิคที่เป็นนวัตกรรมในการนำไปใช้ การบูรณาการนี้ จึงจำเป็นสำหรับการดึงข้อมูลเชิงลึกที่มีความหมายจากชุดข้อมูลที่มีความหลากหลาย ซับซ้อน และกว้างขวาง การทำงานร่วมกันของเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่และวิธีการวิเคราะห์ที่ล้ำสมัยช่วยให้อุตสาหกรรมการเกษตรสามารถตัดสินใจได้อย่างชาญฉลาด เพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรทรัพยากร และเพิ่มผลผลิตโดยรวม [2]

Mahmud, M. S., Huang, J. Z., Salloum, S., Emara, T. Z., & Sadatdiynov, K. [3] ทำให้ทราบถึงความสำคัญของคลัสเตอร์คอมพิวเตอร์ของสถาปัตยกรรมที่ใช้ร่วมกันในการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์เชิงกลยุทธ์หลักของการแบ่งพาร์ติชันข้อมูลและการสุ่มตัวอย่างเพื่อปรับปรุงความเร็วในการคำนวณและความสามารถในการปรับขนาดในการประมวลผลคลัสเตอร์ โดยนำเสนอการสำรวจวิธีการและเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์ กรอบแนวคิด Big Data ที่สำคัญบนคลัสเตอร์ Hadoop จากการสำรวจรูปแบบการแบ่งพาร์ติชันแนวนอนแบบคลาสสิก และแนะนำแนวทางใหม่ๆ เช่น โมเดลแบบกระจาย Random Sample Partition (RSP) พร้อมด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างข้อมูลต่างๆ ประสิทธิภาพของการสุ่มตัวอย่างในระดับบล็อกได้รับการชี้แจงได้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสุ่มตัวอย่างระดับบันทึกสำหรับข้อมูลที่กระจาย ข้อความดังกล่าวเน้นย้ำถึงความจำเป็นในการพิจารณาการแบ่งพาร์ติชันข้อมูลและการสุ่มตัวอย่างร่วมกันเพื่อสร้างกรอบแนวคิดการประมวลผลคลัสเตอร์ที่เชื่อถือได้ ซึ่งตอบสนองทั้งด้านการคำนวณและทางสถิติอีกด้วย



รูปภาพที่ 1 การแบ่งชุดข้อมูล

Spark Resilient Distributed Datasets (RDD) [3], [4]

จากรูปภาพที่ 1 อธิบายถึงเฟรมเวิร์กการประมวลผลข้อมูลโอเพ่นซอร์สขนาดใหญ่ โดยมุ่งเน้นไปที่นามธรรมหลักของชุดข้อมูลแบบกระจายแบบยืดหยุ่น (RDD) ที่ใช้สำหรับการประมวลผลข้อมูลแบบขนานในหน่วยความจำแบบกระจาย RDD จะถูกเน้นว่าเป็นคอลเลกชันแบบอ่านอย่างเดียว ไม่เปลี่ยนรูปแบบ และทนทานต่อข้อผิดพลาดที่กระจายไปตามโหนดในคลัสเตอร์ บทความนี้อธิบายการดำเนินการสองประเภทที่ RDD รองรับ: การแปลง (เช่น map และ filter) ซึ่งเป็นแบบกำหนดและแบบง่าย และการดำเนินการ (เช่น ลด นับ และรวบรวม) เริ่มต้นการคำนวณและส่งมอบผลลัพธ์ไปยังโปรแกรมไคลเอนต์หรือจัดเก็บไว้ในที่จัดเก็บข้อมูลถาวร มีการอ้างอิงถึงรูปภาพที่ 2 ซึ่งแสดงภาพ RDD ที่มีป้ายกำกับ A, B, C, D, E, F และ G [3], [4]

Hashem, I. A. T., Yaqoob, I. ด้วยเทคโนโลยีการควบคุมข้อมูลขนาดใหญ่อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการบูรณาการเทคโนโลยีขั้นสูงและการนำเทคนิคที่เป็นนวัตกรรมในการนำไปใช้ การบูรณาการนี้ จึงจำเป็นสำหรับการดึงข้อมูลเชิงลึกที่มีความหมายจากชุดข้อมูลที่มีความหลากหลาย ซับซ้อน และกว้างขวาง การทำงานร่วมกันของเทคโนโลยีข้อมูลขนาดใหญ่และวิธีการวิเคราะห์ที่ล้ำสมัยช่วยให้อุตสาหกรรมการเกษตรสามารถตัดสินใจได้อย่างชาญฉลาด เพิ่มประสิทธิภาพการจัดสรรทรัพยากร และเพิ่มผลผลิตโดยรวม [2]

จากการศึกษาของ Aljumaie, M., Chi Nguyen, H., Chu, N. H. ได้ทำการสำรวจการใช้งาน Metaverse ที่มีศักยภาพในด้านต่างๆ เช่น ความบันเทิง สำนักงานโลกเสมือน การศึกษา การดูแลสุขภาพ ยานพาหนะอัตโนมัติ และการท่องเที่ยวเสมือนจริง ในอุตสาหกรรมบันเทิง สำหรับการนำ Metaverse ไปใช้ นั้นอธิบายได้ว่าเป็นการนำเสนอการบูรณาการของโลกเสมือนจริง สามารถทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างสรรค์ความเป็นไปได้ที่ไร้ขีดจำกัด การจัดการบัญชีใน Metaverse ได้รับการเน้นว่าตรงไปตรงมามากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแบบเดิม บทความนี้ให้ตัวอย่างกิจกรรมความบันเทิงใน Metaverse ซึ่งนำเสนอความคล่องตัวและประสบการณ์ที่ดื่มด่ำที่สามารถนำเสนอได้ นอกจากนี้ ยังได้กล่าวถึงบทบาทของความเป็นจริงเสมือนและเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในการสร้างประสบการณ์การทำงานที่ราบรื่นสำหรับผู้ใช้ Metaverse ทำให้พวกเขาสามารถทำงานได้จากทุกที่ด้วยรวมถึงทางด้านการศึกษาที่มีความสำคัญของการปรับใช้โน้ตบุ๊กเพื่อการเรียนรู้ โดยนำเสนอห้องปฏิบัติการเป็นสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่มีแนวโน้มตามวัตถุประสงค์ทางการศึกษา ยังได้รับการเสนอแนะให้เป็นแพลตฟอร์มสำหรับการทดสอบยานยนต์ไร้คนขับ โดยนำเสนอสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่มีการควบคุมและสมจริงสำหรับการทดลองที่มีความหลากหลายและการเปลี่ยนแปลงของ Metaverse ภาคส่วนต่างๆ ในอนาคต [4]

Al-Ghaili การวิจัยนี้ได้กล่าวถึง "Metaverse" ที่ได้กำหนดสภาพแวดล้อมโลกเสมือนอยู่ร่วมกันที่เป็นผลิตภัณฑ์ของเทคโนโลยีที่กำลังพัฒนา โดยใช้แอปพลิเคชันช่วยในการลดต้นทุนการขนส่งและอนุญาตให้เข้าร่วมได้ไม่จำกัด เพื่อให้ให้นักวิจัยได้ทำการทดสอบศักยภาพด้านการศึกษา กิจกรรม และชั้นเรียน ในการเข้าสู่ Metaverse โดยใช้อุปกรณ์ เช่น เซ็นเซอร์ แว่นตาอัจฉริยะ และชุดหูฟัง ในการสนับสนุน ทำให้ทราบถึงผลการพัฒนาที่มีความเกี่ยวข้องมิติต่างๆ นำไปสู่แนวโน้มการพัฒนาต่อไป [5], [14]

จากที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยทราบถึงกระบวนการและเทคนิคการจำลองสมการโครงสร้างในตัวแปรที่สังเกตได้นำมารวบรวมข้อมูลขนาดใหญ่ประยุกต์ใช้ในเทคนิคที่เกี่ยวข้องในการวิจัยให้เกิดความแม่นยำถูกต้องได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้นยังทำให้ทราบถึงรูปแบบของการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริงเพื่อทำการทดสอบในการเรียนรู้และพัฒนาต่อทางด้านการศึกษ่อีกด้วย [1], [3], [6], [5]

Sohaib, O., Hussain. [6] ได้ทำการศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองสมการโครงสร้าง (SEM) และวิธีโครงข่ายประสาทเทียม (ANN) เพื่อทำการตรวจสอบการยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ โดยเน้นที่การใช้สกุลเงินดิจิทัล วัตถุประสงค์เพื่อประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความพร้อมทางเทคโนโลยีและการยอมรับเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่ ด้วยเทคนิควิธีการสองขั้นตอน โดยใช้ Partial Least Squares-SEM และ ANN ในการเพิ่มความแม่นยำ ทำให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน จากนั้นมาทำการวิเคราะห์แผนที่ความสำคัญประสิทธิภาพ (IPMA) ของแต่ละปัจจัย ผลลัพธ์ที่ได้ทำให้ทราบถึงปัจจัยการยอมรับสกุลเงินดิจิทัลได้มากยิ่งขึ้น ต่อแนวทางแบบผสมผสาน ในกรอบการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสำหรับนักวิจัยมากขึ้น

Roth, D., & Latoschik, M. E. [7] ได้ทำการศึกษาพบว่าจากการใช้เครื่องมือที่ได้ทำการตรวจสอบเพื่อวัดลักษณะผู้ใช้ในแอปพลิเคชันความเป็นจริงเสมือน (VR) ที่ทำการพัฒนา Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ) ผ่านการทบทวนวรรณกรรม และยืนยันความน่าเชื่อถือ ผลลัพธ์ที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ปัจจัยเชิงยืนยัน (CFA) ในการทดลอง 3 ครั้ง (N = 196) การวิเคราะห์ระบุปัจจัยสามประการ ความเป็นเจ้าของร่างกายเสมือน และการรับรู้การเปลี่ยนแปลงในโครงร่างร่างกาย จากการศึกษาครั้งที่สี่ (N = 22) ตรวจสอบ VEQ โดยคำนึงถึงความหน่วงและความกระวนกระวายใจในการจำลอง VEQ โดยวิธีการที่เชื่อถือได้สำหรับการประเมินศูนย์รวมเสมือนในสถานการณ์ VR

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยได้ทราบถึงเทคนิคและกระบวนการทุกมิติที่มีความสัมพันธ์ในปัจจุบันต่อการนำมาพัฒนาในโลกเสมือนจริงทางด้านเทคนิคกระบวนการที่ทำให้เกิดความรวดเร็วถูกต้องและมีคุณภาพได้มากยิ่งขึ้นต่อไป [1-15]

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อนำมาสร้างเครื่องมือ (Index of Item-objective Congruence : IOC) โดยทำการวิเคราะห์ในปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ ด้วยวิธีการทางสถิติมาทำการวิเคราะห์ซึ่งได้ทำการศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องทั้งหมดประกอบด้วย ตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ผู้วิจัยใช้เครื่องมือโดยหาคุณภาพของแบบสอบถามด้วยการหาความเที่ยงตรง (Validity) โดยส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีความรู้โดยตรงจำนวน 5 ท่าน โดยใช้เทคนิค Item Objective Congruence (IOC) โดยข้อคำถามมีค่า IOC มากกว่า 0.5 และทุกข้อนำมาทดสอบความเชื่อถือได้ (Reliability) โดยทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient- α coefficient) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่นที่คำนวณมากกว่า 0.7 แสดงได้ว่าเครื่องมือแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือ

3.2 กลุ่มเป้าหมาย

3.2.1 ประชากรที่ทำการศึกษาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ได้แก่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน และกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 320 คน โดยผู้วิจัยใช้เกณฑ์สำหรับการเลือกตัวอย่างในการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (SEM)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 6 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.3.1 ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยดำเนินการศึกษาข้อมูลทั้งในประเทศและต่างประเทศ

3.3.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับดอกไม้ที่เหลือทิ้งในหลากหลายชนิดสถานที่ในตลาดดอกไม้ชุมชนในเมือง นำมาสร้างเครื่องมือ (Index of Item-objective Congruence : IOC) โดยใช้แบบสอบถาม กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงจำนวน 320 คน ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดังรูปภาพที่ 2 และ 3



รูปภาพที่ 2 ดอกไม้ในตลาด A, B และ C สถานที่ในตลาดดอกไม้เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์



รูปภาพที่ 3 สถานที่ในตลาดดอกไม้ [8]

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลจากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์ค่ามัธยฐานและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วนำเสนอในรูปแบบตารางประกอบความเรียงโดยกำหนดระดับและความสำคัญและความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อโมเดลสมการโครงสร้างดอกไม้ที่เหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยการวัดคะแนนตามแบบมาตราวัดของลิเคิร์ต (Likert Scale) เรียกว่าวิธีการประเมินแบบรวมค่า (Method of Summated Rating) (best 1981: 179-187), (สุมิตรา ศรีสุชาติ, 2550) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน 5 ระดับดังนี้

ระดับความสำคัญ	คะแนน
น้อยที่สุด	1
น้อย	2
ปานกลาง	3
มาก	4
มากที่สุด	5

เมื่อได้ค่าเฉลี่ยแล้วจากนั้น ผู้วิจัยจึงนำมาแปลความหมายโดยอธิบายเกณฑ์การแปลความหมายเพื่อจัดระดับค่าเฉลี่ย ในช่วงคะแนนดังต่อไปนี้ (best 1981: 179-187), (best 1981: 179-187)

ระดับความสำคัญ	คะแนนเฉลี่ย
น้อยที่สุด	1.00 – 1.49
น้อย	1.50 – 2.49
ปานกลาง	2.50 – 3.49
มาก	3.50 – 4.49
มากที่สุด	4.50 – 5.00

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม จำนวนทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ด้วยโปรแกรม AMOS ในตัวแปรแฝงและตัวแปรสังเกตได้ จากนั้นนำมาสร้างองค์ความรู้ห้องเรียนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality)

3.3.4 ขั้นตอนการออกแบบ

ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้ทำการผลวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ใช้เป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality)

3.3.5 ขั้นตอนการประเมิน

จากการวิจัยได้ออกแบบห้องเรียนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) ในขั้นตอนที่ 3, 4 เรียบร้อย ผู้วิจัยนำผลของการออกแบบห้องเรียนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) ไปทำการประเมิน

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับภูมิหลังของกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science for Windows) ในการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากโปรแกรม SPSS สามารถการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคทางสถิติได้อย่างแม่นยำ อีกทั้งยังสามารถจัดการกับข้อมูลและผลลัพธ์ ในรูปของตารางและกราฟได้อีกด้วย ทำให้สามารถอ่านค่าการวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องเรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม AMOS (Analysis of Moment Structures) ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการสร้างโมเดลสมมติฐาน

5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการวิเคราะห์

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถาม ปัจจัยที่ส่งผลต่อสมการเชิงโครงสร้างดอกไม้ที่เหลือทิ้งโดยใช้การจำลองเทคโนโลยีเสมือนจริง

ตารางที่ 1 แสดงผลปัจจัยที่ส่งผลต่อสมการเชิงโครงสร้างดอกไม้ที่เหลือทิ้งโดยใช้การจำลองเทคโนโลยีเสมือนจริง

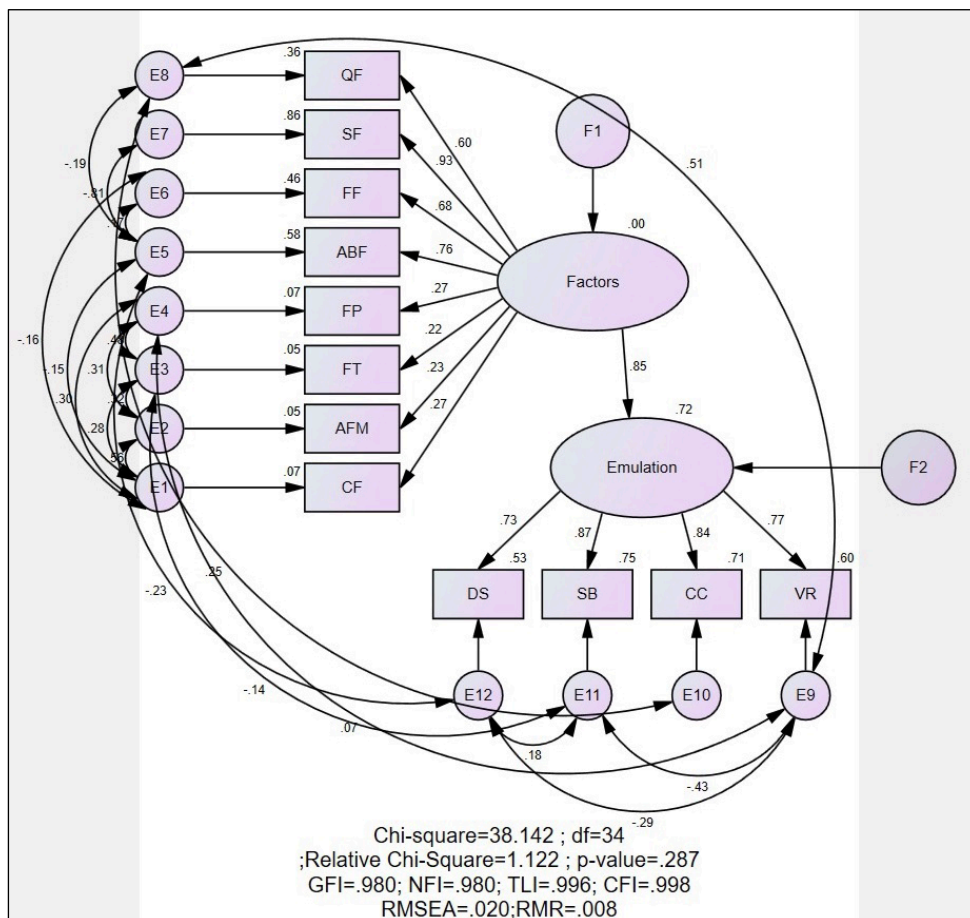
ปัจจัยที่ส่งผลต่อดอกไม้ที่เหลือทิ้ง	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
1. สีของดอกไม้	4.45	0.70	มาก
2. ความพร้อมในตลาดดอกไม้	4.42	0.69	มาก
3. ประเภทดอกไม้	4.41	0.70	มาก
4. ราคาดอกไม้	4.46	0.65	มาก
5. คุณลักษณะของดอกไม้	4.35	0.77	มาก
6. รูปทรงของดอกไม้	4.36	0.73	มาก
7. ขนาดดอกไม้	4.45	0.68	มาก
8. ปริมาณดอกไม้	4.11	1.10	มาก

การสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสื่อที่ไม่เหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality)			
การจำลองสภาพแวดล้อมจริง	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
9. โลกเสมือนจริง (Virtual reality)	4.45	0.70	มาก
10. การสร้างองค์ความรู้	4.42	0.69	มาก
11. ความเหมาะสม	4.41	0.70	มาก
12. การออกแบบ	4.46	0.65	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.35	0.77	มาก

จากตารางที่ 1 สรุปได้ว่ามีปัจจัยที่ส่งผลต่อโมเดลสมการเชิงโครงสร้างดอกไม้ที่เหลือทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ใน 12 ตัวแปรที่สังเกตได้ โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.35 และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 [8]

5.1 ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง [9]

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม AMOS เพื่อใช้ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงและตรวจสอบความสอดคล้องกลไกของโมเดลแต่ละองค์ประกอบโครงสร้างซึ่งเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตัวแปรแฝง 2 ตัวแปรและตัวแปรสังเกตได้ 12 ตัวแปร ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันด้วยโปรแกรม AMOS จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 320 คน ซึ่งสามารถวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงยืนยันได้ดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 ผลการวิเคราะห์โมเดลสมการโครงสร้าง

จากรูปภาพที่ 4 อธิบายผลการวิจัยพบว่า โมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ โมเดลมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ค่าไคสแควร์ (χ^2) มีค่าเท่ากับ 38.142 ค่าไคสแควร์สัมพัทธ์ (χ^2 / df) มีค่าเท่ากับ 1.122 (เกณฑ์ที่กำหนด $\chi^2 / df < 3$) ค่าองศาอิสระ (df) เท่ากับ 34 สอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้อง (GFI) มีค่า 0.980 ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องเปรียบเทียบ (CFI) มีค่า 0.998 (เกณฑ์ที่กำหนด GFI, AGFI, CFI > 0.90) ผลสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่าพารามิเตอร์ (RMSEA) มีค่า 0.020 (เกณฑ์ที่กำหนด RMSEA < 0.05) ค่าดัชนีวัดค่าเฉลี่ยส่วนที่เหลือ จากการเปรียบเทียบขนาดของความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมระหว่างตัวแปรของประชากร (RMR) มีค่า 0.008 (เกณฑ์ที่กำหนด RMR < 0.08) ทำให้ทราบในปัจจุบันที่มีความสำคัญในดอกไม้ที่เหลืองทิ้ง (Factors) เรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ความพร้อมในตลาดดอกไม้ (SF) มีค่าสัมประสิทธิ์ของอิทธิพลเท่ากับ 0.93 ราคาดอกไม้ (ABF) มีค่าสัมประสิทธิ์ของอิทธิพลเท่ากับ 0.76 และประเภทดอกไม้ (FF) มีค่าสัมประสิทธิ์ของอิทธิพลเท่ากับ 0.63

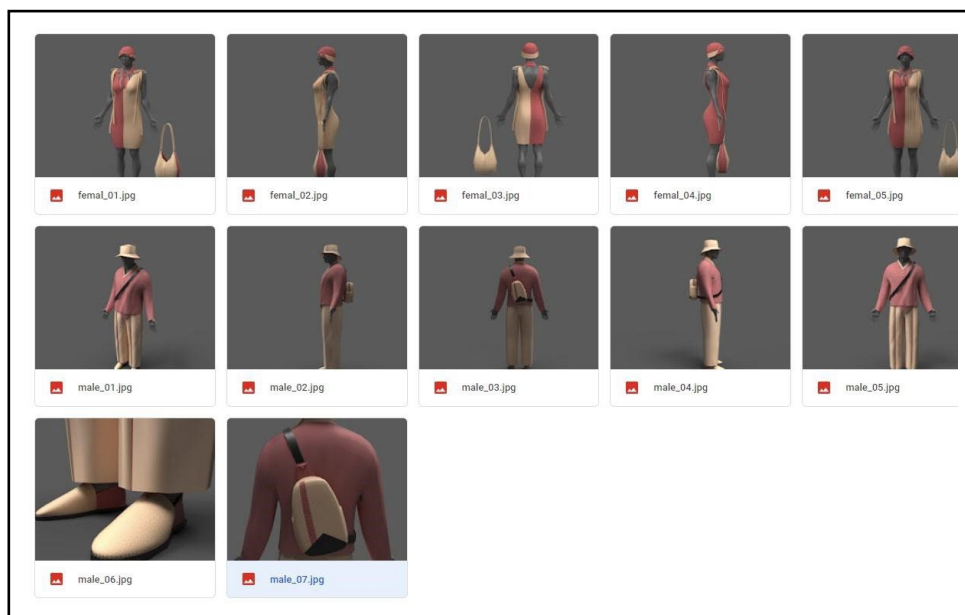
ตารางที่ 2 แสดงค่าความสอดคล้องของโมเดลการวัด

ค่าดัชนี	เกณฑ์	ค่าสถิติ	ผลการพิจารณา
ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p-value)	≥ 0.05	.287	ผ่านเกณฑ์
ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืน (Goodness of Fit Index: GFI)	$\geq .95$	.980	ผ่านเกณฑ์
ค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (Comparative Fit Index: CFI)	$\geq .95$	.998	ผ่านเกณฑ์
ค่าดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (Root Mean Square Error of Approximation: RMSEA)	$\leq .05$	.020	ผ่านเกณฑ์

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ (p) มีค่าสถิติ .287 ซึ่งมากกว่าเกณฑ์กำหนดไว้จึงพิจารณาได้ว่าผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ค่าดัชนีวัดระดับความสอดคล้องกลมกลืน (GFI) มีค่าสถิติ .980 มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดแสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ ส่วนค่าดัชนีวัดความสอดคล้องกลมกลืนเชิงสัมพัทธ์ (CFI) มีค่าสถิติ .998 มากกว่าเกณฑ์กำหนดไว้แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องดี และค่าดัชนีรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (RMSEA) มีค่าสถิติ .020 น้อยกว่า .05 แสดงให้เห็นว่าโมเดลมีความสอดคล้องดีมาก

5.2 ผลลัพธ์จากการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้ที่เหลืองทิ้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality)

ผู้วิจัยได้นำผลวิเคราะห์โมเดลสมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) ใช้เป็นแนวทางการออกแบบห้องเรียนด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) บนระบบออนไลน์ต่อกระบวนการใช้สีจากดอกไม้ที่เหลืองทิ้ง [8]ได้แก่ นำมาใช้กับโมเดลต้นแบบต่อการการเรียนรู้ดังรูปภาพที่ 5 และรูปภาพที่ 6



รูปภาพที่ 5 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality 1)



รูปภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality 2)

จากรูปภาพที่ 4 อธิบายผลการวิจัยพบว่าเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) ด้วยสีของดอกไม้ที่เหลือทิ้งมาทำการสร้างโมเดลจำลองต้นแบบสู่การเรียนรู้ให้เกิดความน่าสนใจ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยรวมมีค่าเฉลี่ย 4.40 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.78 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

6. อภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อดอกไม้ที่เหลืองทั้ง (Structural Equation Model: SEM) โดยการใช้การจำลองเทคโนโลยีเสมือนจริง [10-15] เพื่อวิเคราะห์สมการโครงสร้างของปัจจัยที่ส่งผลต่อดอกไม้ที่เหลืองทั้ง และการสร้างองค์ความรู้ผลิตภัณฑ์จากสีดอกไม้ที่เหลืองทั้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) [8] ใช้แบบสอบถามจำนวน 320 ชุด ในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม AMOS ได้สรุปดังนี้ ตัวแปรแฝง 2 ตัวแปร และตัวแปรสังเกตได้ 12 ตัวแปร

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในครั้งนี้

7.1.1 จากดอกไม้ที่เหลืองทั้งด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง ยังพบว่า การนำเอาเศษขยะในตลาดดอกไม้ที่มีความแตกต่าง ๆ กันในรูปทรง ที่จะนำมาประกอบกันทางกระบวนการคิดเชิงสร้างสรรค์ได้มากยิ่งขึ้น หรือการพัฒนา รูปแบบใหม่ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมที่มีคุณค่าได้อีกในมิติที่น่าสนใจ

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

7.2.1 ควรศึกษาต่อยอดพัฒนาความเป็นไปได้ในการลงทุนที่เกี่ยวข้องกับด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual Reality) การพัฒนาการเรียนรู้ การซื้อขายในจักรวาลนิมิต (Metaverse)

7.2.2 ควรจัดอบรมปรับใช้ในภาคธุรกิจเปิดช่องทางใหม่ให้กับบริษัทเอกชน หรือวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมให้เกิดความรู้ต่อการพัฒนาในการขยายฐานด้านธุรกิจสู่ตลาดสากลได้มากยิ่งขึ้น

8. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) (Fundamental Fund) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 อันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาผลงานวิจัยได้คุณภาพและมาตรฐาน รวมทั้งได้รับความเมตตากรุณาอย่างยิ่งจากท่านอธิการบดี ผู้บริหาร อาจารย์เจ้าหน้าที่ทุกท่านของมหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ที่ได้ให้เวลาและโอกาสในการปรึกษาพร้อมทั้งให้คำชี้แนะอันเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาผลงานวิจัย ขอขอบพระคุณผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่สละเวลาในการให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย และกัลยาณมิตรทุกท่านที่เสียสละเวลาตอบแบบสอบถาม จนผู้วิจัยได้ข้อมูลที่สมบูรณ์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Z. Hikmah, et al., "Selection of The Best SEM MODEM To Identify Factors Affectors Marketing Performance in The ICT Industry," *Barekeng : Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, vol.17, no.2, pp.1149-1162, 2023.
- [2] I. A. T. Hashem, et al., "The rise of "big data" on cloud computing: Review and open research issues," *Information systems*, vol.47, pp.98-115, 2015.
- [3] M. S. Mahmud, et al., "A survey of data partitioning and sampling methods to support big data analysis," in *Big Data Mining and Analytics*, vol. 3, no. 2, pp. 85-101, 2020.
- [4] M. Aljumaie, et al., "Potential Applications and Benefits of Metaverse," *Metaverse Communication and Computing Networks: Applications, Technologies, and Approaches*, pp.17-37, 2023.

-
- [5] A. M. Al-Ghaili et al., "A review of metaverse's definitions, architecture, applications, challenges, issues, solutions, and future trends," *IEEE Access* 10, pp.125835-125866, 2022.
 - [6] O. Sohaib, et al., "A PLS-SEM neural network approach for understanding cryptocurrency adoption," *IEEE Access* 8, pp.13138-13150, 2019
 - [7] D. Roth and M. E. Latoschik, "Construction of the Virtual Embodiment Questionnaire (VEQ)," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 26, no. 12, pp. 3546-3556, Dec. 2020, doi: 10.1109/TVCG.2020.3023603.
 - [8] S. Boonchom and C. Kamontus "Innovative Design of Color Extraction Products from Leftover Flowers Using Virtual Reality with Big Data," *International Journal of Applied Computer Technology and Information Systems*, vol.12, no.1, April 2022 - September 2022
 - [9] B. Sudjit, et al., "Factors Affecting the Design of Process Architecture for the Development of Applied Graphic Letter Set Based on the Wisdom and Identity of Thai Alphabet Art in 4 Regions," *Progress in Applied Science and Technology*, vol.13, no.1, pp.33-40, 2023.
 - [10] J. Leng, et al., "Efficient Flower Text Entry in Virtual Reality," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.28, no.11, pp.3662-3672, 2022.
 - [11] D. Yu, et al., "PizzaText: Text Entry for Virtual Reality Systems Using Dual Thumbsticks," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol. 24, no. 11, pp. 2927-2935, 2018.
 - [12] X. Pan, et al., "Knowing Your Student: Targeted Teaching Decision Support Through Asymmetric Mixed Reality Collaborative Learning," *IEEE Access*, pp. 1-1, 2021.
 - [13] N. T. Banerjee, et al., "Side-by-Side Comparison of Human Perception and Performance Using Augmented, Hybrid, and Virtual Reality," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.v28,vno.12, pp.4787-4796, 2021.
 - [14] S. H. Berndt, et al., "From Universe to Metaverse: A Leap Into Virtual Collaboration at NASA JPL," *IEEE Transactions on Industrial Cyber-Physical Systems*, vol. 1, pp. 287-306, 2023.
 - [15] N. Fereydooni, et al., "Incorporating Situation Awareness Cues in Virtual Reality for Users in Dynamic in-Vehicle Environments," *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.28, no.11, pp.3865-3873, 2022.