

การประยุกต์ใช้แบบจำลองจากตัวแทนกับงานวิจัยทางธุรกิจ

รุ่งทิwa เดชะปรารกรม¹ และ ชัยวัฒน์ ไบไม้²

Received: June 27, 2023

Revised: November 28, 2023

Accepted: December 13, 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้แบบจำลองจากตัวแทน (ABM) กับงานวิจัยทางธุรกิจ วิธี ABM มีข้อได้เปรียบหลายประการเมื่อเทียบกับวิธีวิจัยแบบดั้งเดิม เพราะสามารถช่วยให้นักวิจัยทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของระบบในระยะยาว และช่วยในการทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของตัวแทนในระบบซับซ้อนได้ ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสำรวจองค์ความรู้เกี่ยวกับการใช้วิธี ABM ในฐานข้อมูล Scopus และในวารสารทางการบริหารธุรกิจที่ได้รับการยอมรับ เพื่อหาช่องว่างในการวิจัยที่สามารถจะเข้าไปเติมเต็มได้ ผลการสำรวจพบว่า นักวิจัยนำวิธี ABM ไปประยุกต์ใช้กับการศึกษาด้านการบริหารธุรกิจอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่างานวิจัยทางธุรกิจจะยังมีจำนวนน้อย คือเพียงร้อยละ 3.2 ส่วนเทคนิคที่นิยมใช้มากที่สุดคือ ตัวแบบ Kauffmann's NK และพลวัตระบบ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบการใช้วิธีเซลลูลาร์ออโตมาตากับงานวิจัยทางธุรกิจ ผู้เขียนจึงนำเสนอแนวทางการใช้เทคนิคนี้กับงานวิจัยด้านการเป็นผู้ประกอบการ โดยเฉพาะในบริบทที่สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว

คำสำคัญ: การจำลองระบบ, การวิเคราะห์ธุรกิจ, แบบจำลองจากตัวแทน, ระบบซับซ้อน

¹ นักศึกษาปริญญาเอก, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (Email: r.dechaprakrom24@gmail.com)

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ (ผู้รับผิดชอบบทความ, Email: cbaimai@yahoo.com)

Applications of Agent-Based Modeling to Business Research

Rungtiwa Dechaprakrom¹ and Chaiwat Baimai²

Received: June 27, 2023

Revised: November 28, 2023

Accepted: December 13, 2023

Abstract

The main objective of this article is to introduce applications of agent-based modeling (ABM) to business research. ABM has numerous advantages over traditional methods since it helps explain changing landscape in the long-run and capture interactions of agents within complex systems. We conduct a survey that can assess the body of knowledge in Scopus and major management journals in order to fill a gap in the literature. The results show that there has been a growing number of researchers applying ABM technique to business research, although the percentage of business research is relatively small, only 3.2 percent. Meanwhile, Kauffman's NK model and system dynamics are the most commonly used techniques. However, the review has not found any application of cellular automata in business research. We thus propose a guideline using this technique with entrepreneurship research particularly in the context of rapidly changing environment.

Keywords: Agent-Based Modeling, Business Analysis, Complex Systems, Simulation

¹ Doctoral Student, Faculty of Business Administration, Maejo University (Email: r.dechaprakrom24@gmail.com)

² Assistant Professor, Faculty of Business Administration, Maejo University
(Corresponding Author, Email: cbaimai@yahoo.com)

บทนำ

ทุกวันนี้การดำเนินธุรกิจมีความซับซ้อนและเป็นพลวัตมากขึ้น สาเหตุส่วนหนึ่งจากการเกิดปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (Disruption) เช่น ความก้าวหน้าของเทคโนโลยี การแพร่ระบาดของโควิด-19 หรือการเปลี่ยนไปของภูมิทัศน์การเมืองโลก เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การทำความเข้าใจปรากฏการณ์เช่นนี้ส่วนใหญ่ยังคงใช้วิธีการแบบดั้งเดิมคือ แบบจำลองจากตัวแปร (Variable-based Model: VBM) โดยการศึกษาความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Relationship) ระหว่างตัวแปร ที่มีตั้งแต่การใช้วิธีการอย่างง่าย เช่น การพัฒนาตัวแบบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ในการบริหารธุรกิจ (Baimai, 2021a) ไปจนถึงการวิเคราะห์ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์หลายสมการเพื่อศึกษาความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างของชุดตัวแปรหลายตัว เช่น การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) หรือการใช้สมการเชิงโครงสร้าง (Structural Equation Modeling: SEM) เป็นต้น โดยเฉพาะ SEM มีข้อได้เปรียบจากการวิเคราะห์หลายตัวแปรในครั้งเดียว และยังสามารถสร้างตัวแปรระดับที่สอง (Second-order Construct) จึงช่วยทำความเข้าใจในสิ่งที่ต้องการศึกษาได้ลึกซึ้งขึ้น (Jirangkul, 2020) สอดคล้องกับการศึกษาของ Songsraboon (2017) ที่พบว่า SEM เป็นวิธีที่นิยมใช้แพร่หลายในงานวิจัยธุรกิจยุคใหม่ เพราะวิธีนี้สามารถใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งอิทธิพลทางตรง (Direct Effect) และอิทธิพลทางอ้อม (Indirect Effect) อย่างไรก็ตาม การใช้ SEM ก็มีข้อจำกัดเนื่องจากเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากตัวแปรแฝง (Latent Variables) ดังนั้น ก่อนทำการทดสอบผู้วิจัยต้องพัฒนาตัวแบบจากการสังเคราะห์แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องด้วยความรอบคอบ นอกจากนี้ Bollen and Lilly (2023) ให้ทัศนะว่า SEM เป็นเทคนิคที่เหมาะสมกับการยืนยันทฤษฎี (Theory Confirmatory) มากกว่าการสร้างทฤษฎีใหม่ (Theory Building) และข้อจำกัดที่สำคัญของ SEM คือ กรอบการวิเคราะห์เป็นการหาความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (Linear Relationship) และเป็นแบบสถิต (Static) ซึ่งไม่สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในปัจจุบันที่มีความเป็นพลวัต (Dynamic) (Orzek & Voelkle, 2023)

ประเด็นที่กล่าวมาเป็นตัวสะท้อนให้เห็นว่า วิธีการที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และเคยใช้ได้ผลดีในอดีตอาจมีข้อจำกัดในการอธิบายปรากฏการณ์หลายอย่างที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้จึงเป็นหน้าที่ของนักวิจัยที่ต้องนำเทคนิคใหม่ ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทของการดำเนินธุรกิจที่เปลี่ยนไป บทความนี้นำเสนอแบบจำลองจากตัวแทน (Agent-based Modeling: ABM) ให้เป็นทางเลือกหนึ่งนอกเหนือจากวิธี VBM จุดเด่นของวิธี ABM คือ การใช้การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) เป็นแกนหลักในการดำเนินการ ดังนั้น นักวิจัยจึงสามารถทำความเข้าใจระบบที่ดำเนินไปแบบไม่เป็นเส้นตรงหรือปรากฏการณ์ที่เป็นพลวัต และช่วยจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาให้เกิดขึ้นมาได้ เช่น หากตัวแทนเป็นธุรกิจสตาร์ทอัพ (Startup) ส่วนหนึ่งของชุดความรู้ที่มีอยู่ในปัจจุบันคือ สตาร์ทอัพ หมายถึงผู้ประกอบการรายใหม่ที่ใช้นวัตกรรมหรือเทคโนโลยีเป็นตัวหลักในการขับเคลื่อน และเป็นธุรกิจที่ส่งผลกระทบมีนัยสำคัญต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ (Baimai, 2017) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสตาร์ทอัพอาจก่อตั้งขึ้นมาจากกลุ่มบุคคลหรือจากการแยกตัวออกมาจากบริษัทแม่ (Spin-off) เพื่อความเป็นอิสระในการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งหากนักวิจัยต้องการศึกษาเกี่ยวกับสตาร์ทอัพโดยใช้เทคนิคแบบดั้งเดิมด้วยวิธี VBM การออกแบบงานวิจัยโดยใช้ SEM อาจทำให้ทราบถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุระหว่างปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปัจจัยด้านคุณภาพการให้บริการของธุรกิจที่ส่งผลต่อความพึงพอใจ ความไว้วางใจ และความจงรักภักดีของลูกค้า (Patthanakitthanachot & Wanarat, 2022) แต่หากใช้วิธี ABM งานวิจัยสามารถต่อยอดความรู้ออกไปได้อีก เพราะนักวิจัยสามารถสร้างจากทัศน์ (Scenarios) ที่ต้องการศึกษา เช่น การสร้างสภาพแวดล้อมทางเศรษฐกิจแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสภาพการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Change) หรือการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันให้เกิดขึ้นมาได้ จากนั้นเมื่อทำการจำลองระบบออกมาจะทำให้ทราบถึงวิวัฒนาการของธุรกิจว่า ในระยะยาวสตาร์ทอัพแบบใดจะมีผลการดำเนินงาน (Performance) เหนือกว่า หรือจะสามารถปรับตัวได้ดีกว่าในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เป็นต้น ซึ่งในทางปฏิบัติ นักวิจัยไม่สามารถทำการทดลองหรือปรับเปลี่ยนสถานการณ์ดังที่กล่าวมาได้ ดังนั้น วิธีนี้จึงช่วยให้นักวิจัยสามารถจำลองและสังเกตพฤติกรรมของระบบที่มีความซับซ้อน และถือเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เข้ามาลดทอนข้อจำกัดของการใช้วิธีการแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ การผนวกวิธี ABM กับวิธีการวิจัยแบบอื่น ๆ เช่น

การวิเคราะห์จากกรณีศึกษา การสำรวจ และการศึกษาด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ จะเป็นส่วนเสริมในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางสังคมศาสตร์ รวมถึงการบริหารธุรกิจ ซึ่งมักต้องเกี่ยวข้องกับมนุษย์และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้นมาอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ บทความนี้นำเสนอรายละเอียดเกี่ยวกับการใช้วิธี ABM โดยเริ่มจากการอธิบายแนวคิดของ ABM จากนั้นจึงสำรวจการใช้เทคนิคนี้กับศาสตร์แขนงต่าง ๆ และสุดท้ายเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ ABM กับงานวิจัยทางการบริหารธุรกิจ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวคิดของระบบซับซ้อนและหลักการของวิธี ABM
2. เพื่อสำรวจงานวิจัยที่ใช้วิธี ABM กับศาสตร์แขนงต่าง ๆ
3. เพื่อเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้วิธี ABM กับงานวิจัยทางการบริหารธุรกิจ

ทบทวนวรรณกรรม

ระบบซับซ้อน (Complex Systems)

มนุษย์สามารถทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) ที่มักทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) แล้วพิสูจน์และยืนยันผลที่เกิดขึ้นจากการแก้ปัญหาด้วยหลักสถิติ ดังนั้น เราจึงสามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติได้ เช่น การหาความเร็วและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจากกฎของนิวตัน หรือการพยากรณ์การเคลื่อนที่ของกระแสไฟฟ้าและอากาศจากสมการนาเวียร์-สโตกส์ (Navier-Stokes Equation) เป็นต้น มโนทัศน์ของการพิจารณาสิ่งต่าง ๆ ดังตัวอย่างที่กล่าวมาสะท้อนให้เห็นถึงมุมมองแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้มายาวนานในเชิงของการลดทอน (Reductionism) โดยที่องค์ประกอบทั้งหมดในระบบถูกแยกออกเป็นส่วนย่อย และการทำความเข้าใจปรากฏการณ์หนึ่งอธิบายได้จากการพิสูจน์หาความสัมพันธ์ระหว่างส่วนย่อยต่าง ๆ ในระบบนั้น อย่างไรก็ตาม แม้การลดทอนหรือการมองแบบแยกส่วนดังเช่นกลศาสตร์นิวตันจะช่วยให้เราเข้าใจสรรพสิ่งในธรรมชาติได้เป็นอย่างดี แต่วิธีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในการอธิบายปรากฏการณ์หลายอย่างที่มีความซับซ้อน เช่น การทำความเข้าใจพฤติกรรมของฝูงนกที่สามารถบินรวมกันเป็นกลุ่มไปตามทิศทางต่าง ๆ โดยไม่มีผู้คอยกำกับ หรือการศึกษาวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตที่ทุกสรรพสิ่งต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดเวลา ระบบที่ไม่มีรูปแบบตายตัวและดำเนินไปอย่างไร้ระเบียบ (Disorder) เช่นนี้แตกต่างจากการมองแบบแยกส่วนที่ใช้วิธีคิดแบบเส้นตรง (Linear Thinking) โดยสิ้นเชิง

ระบบซับซ้อน คือ กลุ่มขององค์ประกอบย่อย (Components) หรือตัวแทน (Agents) ที่องค์ประกอบแต่ละตัวมีปฏิสัมพันธ์ (Interaction) ต่อกันแบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) เมื่อระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง การป้อนกลับ (Feedback) ในแต่ละรอบของการวนซ้ำ (Loop) จะทำให้ระบบพัฒนาไปอย่างไร้ระเบียบ จนทำให้ระบบรวมแตกต่างจากผลรวมขององค์ประกอบย่อยเดิม หรือเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการผุดบังเกิด (Emergence) (Ladyman et al., 2013) แนวคิดเรื่องระบบซับซ้อนได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง ดังเห็นได้จากรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 2021 ที่มอบให้กับ Syukuro Manabe และ Klaus Hasselmann ในการค้นพบความเชื่อมโยงของความไม่เป็นระเบียบภายในระบบ ซึ่งถือเป็นการสนับสนุนที่สำคัญในทฤษฎีระบบซับซ้อน นอกจากนี้ หลักการของระบบซับซ้อนยังถูกนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยหลายด้าน เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว (Jacobson et al., 2017) หรือการศึกษาความผันผวนของราคาในตลาดการเงิน (Price Fluctuations in Financial Markets) (Kuhlmann, 2014) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม เมื่อธรรมชาติของระบบซับซ้อนไม่เป็นเชิงเส้นและเป็นระบบที่พัฒนาไปอย่างไร้ระเบียบ ดังนั้น จึงเป็นการยากที่จะทำความเข้าใจระบบซับซ้อนได้จากการใช้แนวคิดของการลดทอนหรือการคิดแบบแยกส่วนซึ่งเป็นรากฐานของวิธี VBM เมื่อเป็นเช่นนั้น การเปลี่ยนมุมมองใหม่โดยใช้การพิจารณาแบบองค์รวม ซึ่งทำได้โดยการใช้แบบจำลองจากตัวแทน จึงเข้ามามีส่วนช่วยในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้

แบบจำลองจากตัวแทน (ABM)

แบบจำลอง (Model) คือ การจำลองความเป็นจริง (Reality) ให้ลดรูปลงมาเหลือเพียงตัวแปรที่สำคัญบางตัว เพื่อทำความเข้าใจสภาวะความเป็นจริงของสิ่งนั้น งานวิจัยทางธุรกิจที่ใช้แนวทางแบบดั้งเดิมส่วนใหญ่มักมุ่งศึกษาความสัมพันธ์หรืออิทธิพลระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม และแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปร ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบของความสัมพันธ์หรืออิทธิพลที่มีต่อกันในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง การพัฒนาแบบจำลองมักใช้การให้เหตุผลเชิงนิรนัย (Deductive Reasoning) โดยเริ่มจากการทบทวนองค์ความรู้หรือทฤษฎีทั้งหมดที่มีอยู่ จากนั้นสกัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องออกมา แล้วจึงคาดเดาความสัมพันธ์หรืออิทธิพลของตัวแปรที่ถูกเลือก จนสามารถกำหนดเป็นสมมุติฐานการวิจัยที่สามารถพิสูจน์ได้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ (Empirical Evidence) วิธีนี้ช่วยให้นักวิจัยสามารถนำข้อค้นพบที่ได้ไปสรุปอ้างอิงในบริบทที่กว้างขึ้น (Generalize) หรือกล่าวได้ว่า เป็นการขยายขอบเขตจากสิ่งที่รู้อยู่แล้วไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ที่เชื่อถือได้ กระบวนการเช่นนี้เป็นการสร้างทฤษฎีโดยการพัฒนาแบบจำลองจากตัวแปร หรือวิธี VBM แต่เนื่องจากวิธี VBM ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการศึกษาเชิงสาเหตุ (Causal Modeling Approach) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร วิธีนี้จึงเหมาะสำหรับใช้กับงานวิจัยในประเด็นที่มีทฤษฎีรองรับอยู่บ้างแล้ว เช่น การศึกษาการได้เปรียบทางการแข่งขันขององค์กร หรือใช้ศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นมาแล้ว เช่น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการกำกับดูแลกิจการ องค์กรประกอบเกี่ยวกับคณะกรรมการบริษัทและโครงสร้างการถือหุ้นแบบครอบครัว กับการวางแผนภาษีของบริษัทจดทะเบียนในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย (Chernviriyakul & Srijunpetch, 2022)

ส่วนวิธี ABM หรือแบบจำลองจากตัวแทน เป็นการศึกษาพฤติกรรมและกำหนดปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกันระหว่างตัวแทนแต่ละราย แล้วนำมาสร้างเป็นตัวแบบเชิงการคำนวณ (Computational Models)³ เพื่อศึกษาโลกที่เกิดขึ้นในระบบที่มีความซับซ้อนโดยใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2023) วิธี ABM ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ซึ่งเป็นการเข้าถึงความจริงที่มักใช้กันในสายวิทยาศาสตร์จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ (Laboratory Experiment) ที่สามารถควบคุมตัวแปรต่าง ๆ และสามารถทำการทดลองในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ยังไม่เกิดขึ้นได้ซ้ำตามต้องการ อย่างไรก็ตาม การบริหารธุรกิจเป็นเรื่องของมนุษย์และสภาพแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ธรรมชาติของมนุษย์มีความซับซ้อนและมีการเรียนรู้ปรับตัวอยู่ตลอดเวลา ฉะนั้น จึงเป็นการยากที่งานวิจัยทางธุรกิจจะทำการทดลองเกี่ยวกับมนุษย์ในห้องปฏิบัติการได้ อย่างไรก็ตาม ด้วยความก้าวหน้าของวิทยาการด้านคอมพิวเตอร์ได้ลดทอนข้อจำกัดนี้ ปัจจุบันนักวิจัยสามารถสร้างสถานการณ์ต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นได้จากการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ตัวแบบ Kauffman's NK (NK Model)⁴, การวิเคราะห์ด้วยพลวัตระบบ (System Dynamics) (Sterman, 2000)⁵ หรือวิธีเซลลูลาร์ออโตมาตา (Cellular Automata) เป็นต้น เมื่อการจำลองระบบเปรียบเสมือนการทดลองที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ นักวิจัยจึงสามารถจำลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษา เช่น การเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน ให้เกิดขึ้นมาได้

³ แบบจำลองเชิงการคำนวณ คือ ตัวแบบที่ประกอบด้วยตัวแปรหลายตัวที่เป็นตัวกำหนดลักษณะของระบบที่กำลังศึกษา การจำลองระบบทำได้โดยการปรับค่าตัวแปรเหล่านี้ แล้วสังเกตว่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรในแบบต่าง ๆ ส่งผลต่อผลลัพธ์โดยรวมของระบบอย่างไร

⁴ NK Model เป็นตัวแบบที่พัฒนาขึ้นโดย Kauffman (1993) เพื่อศึกษาวิวัฒนาการในระดับโมเลกุลของการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต โดยตัวแปร N (Number of Components) คือ จำนวนองค์ประกอบย่อยหรือตัวแทนในระบบ ส่วนตัวแปร K คือ ระดับของความเชื่อมโยง (Degree of Linkage) ที่มีต่อกันขององค์ประกอบย่อยแต่ละตัว รายละเอียดของ NK model สามารถดูได้จาก Baimai (2021b)

⁵ เป็นการศึกษากระบวนการที่เปลี่ยนไปตามเวลา รูปแบบของความสัมพันธ์ที่ทำการศึกษามักเป็นกระบวนการที่แม้ไม่เป็นเส้นตรง แต่ก็มีรูปแบบที่ดำเนินไปอย่างแน่นอน เช่น กระบวนการวนซ้ำต่อเนื่อง (Causal Loop) การเกิดการวนซ้ำที่ต่อเนื่องจะทำให้ระบบขยายตัว (Positive Loop) ในกรณีที่ค่าของตัวแปรเพิ่มขึ้น (Stock) เมื่อเทียบกับอัตราการเคลื่อนที่ (Flow) ขององค์ประกอบย่อยในระบบ หรือในทางตรงกันข้าม ระบบอาจหดตัวลง (Negative Loop) ทั้งนี้การเพิ่มหรือลดของระบบขึ้นอยู่กับค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา

สำหรับวิธี ABM ตัวแทน (Agents) คือ องค์ประกอบย่อยภายในระบบหนึ่ง เช่น สิ่งมีชีวิตเป็นตัวแทนในการศึกษาการทำงานของระบบนิเวศ หรือคนเป็นตัวแทนในการศึกษาการดำเนินงานขององค์กร เป็นต้น การพิจารณาตัวแทนจึงขึ้นกับหน่วยวิเคราะห์ (Unit of Analysis) ว่าอยู่ในระดับใด ประเด็นที่สำคัญคือ เมื่อตัวแทนหลายตัวมาอยู่รวมกัน และตัวแทนแต่ละตัวมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันในลักษณะที่ไม่เป็นเส้นตรง เมื่อปล่อยให้ระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เราจะเห็นรูปแบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น ดังตัวอย่างการบินของฝูงนก หากเราทำการศึกษาจนสามารถกำหนดพฤติกรรมของตัวแทน ซึ่งในที่นี้คือนก แล้วนำพฤติกรรมดังกล่าวมาแปลงเป็นชุดคำสั่ง (Programing Codes) เป็นกฎ 3 ข้อ คือ

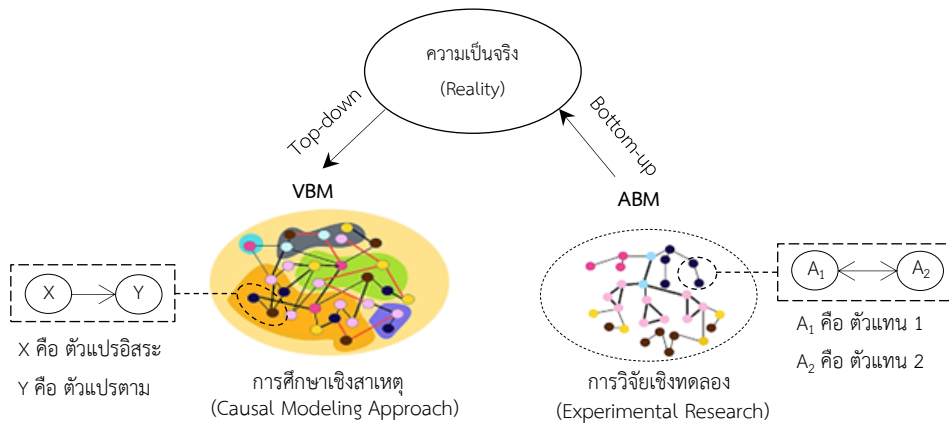
- 1) การจัดตำแหน่ง (Alignment): นกแต่ละตัวจะบินไปในทิศทางเดียวกับนกตัวอื่นที่กำลังบินอยู่ใกล้เคียงกัน
- 2) การแยกกัน (Separation): นกแต่ละตัวจะไม่บินในระยะที่ชิดกับนกตัวติดกันมากเกินไป
- 3) การอยู่รวมกัน (Cohesion): นกแต่ละตัวจะบินพร้อมกันไปกับนกตัวอื่นที่อยู่ใกล้เคียงกัน

เมื่อคอมพิวเตอร์ประมวลผลตามกฎทั้งสามข้อวนซ้ำไปเรื่อย ๆ ตามรอบการคำนวณ (Ticks) กล่าวคือ นกแต่ละตัวบินตามกฎที่ตั้งไว้กับนกที่อยู่ใกล้กัน (Local Interactions) สุดท้ายเราจะเห็นรูปแบบการบิน (Global Patterns)⁶ ของฝูงนกที่เกิดขึ้น ในทางตรงข้าม หากนักวิจัยกำหนดเป้าหมายที่ระบบต้องการ เช่น ต้องการให้ฝูงนกบินเป็นรูปตัววี ก็จะสามารถทำการศึกษาได้ว่า พฤติกรรมแบบใดที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปสู่เป้าหมายดังกล่าว จากหลักการนี้ นักวิจัยสามารถเปลี่ยนตัวแทนจากนกไปเป็นคน เพื่อศึกษาวัฒนธรรมองค์กรที่เปลี่ยนไปในระยะยาว หรือเปลี่ยนตัวแทนไปเป็นองค์กร เพื่อศึกษาวิวัฒนาการของอุตสาหกรรมนั้น ๆ ได้

โดยสรุป วิธี ABM เปรียบเสมือนการทดลองในห้องปฏิบัติการรูปแบบหนึ่งที่เหมาะสมจะใช้ศึกษาระบบซับซ้อนที่ประกอบด้วยตัวแทนหลายตัว แต่ละตัวมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันโดยไม่มีรูปแบบตายตัวและไม่เป็นเชิงเส้น การวิเคราะห์ทำได้โดยใช้การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อพิจารณาว่า สุดท้ายรูปแบบของระบบจะเป็นไปในลักษณะเช่นไร ขั้นตอนการวิเคราะห์เริ่มจากการทำความเข้าใจพฤติกรรมของตัวแทนและปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกัน จากนั้นปล่อยให้ระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง จนเกิดคุณลักษณะ (Properties) ใหม่ของระบบปรากฏขึ้นมาในท้ายที่สุด ซึ่งสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นมานี้จะต่างไปจากคุณลักษณะขององค์ประกอบย่อยเดิม ดังนั้น จึงเป็นการยากที่จะคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใหม่ได้โดยใช้มุมมองของการลดทอนหรือการคิดแบบแยกส่วน ดังเช่นการเกิดขึ้นของรูปแบบการบินและการก่อตัวของฝูงนก ที่เราไม่สามารถทำความเข้าใจได้ด้วยการจำแนกนกทั้งฝูงออกเป็นนกแต่ละตัว ซึ่งคุณลักษณะของสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นมานี้เรียกว่า การผุดบังเกิด (Emergence) ซึ่งจะเกิดขึ้นเฉพาะในระบบซับซ้อนที่ปรับตัวได้ (Complex Adaptive Systems: CAS)⁷ ส่วนวิธี VBM ใช้การคัดเลือกตัวแปรบางตัวที่สนใจศึกษา แล้วตั้งสมมุติฐานที่แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุที่มีต่อกันของตัวแปรที่เลือกมา จนสุดท้ายสามารถยืนยันทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้การอ้างอิงจากหลักการทางสถิติที่ใช้สมการทางคณิตศาสตร์เป็นตัวยืนยันความน่าเชื่อถือของทฤษฎีนั้น จึงเห็นได้ว่า กระบวนการในการวิเคราะห์ด้วยวิธี VBM เริ่มจากการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษา สกัดตัวแปร แล้วยืนยันทฤษฎี ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-down) ส่วนวิธี ABM เป็นการมองในมุมกลับ เพราะเริ่มจากการกำหนดตัวแทน ศึกษาพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ที่มีต่อกัน แล้วดูผลลัพธ์สุดท้ายที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-up) ความแตกต่างของวิธี VBM และวิธี ABM ดังที่กล่าวมาทั้งหมด สรุปได้ดังภาพที่ 1 และการเปรียบเทียบรายละเอียดของทั้งสองวิธี แสดงในตารางที่ 1 ตามลำดับ

⁶ ในการวิเคราะห์ ABM ความหมายของ Global คือ การเปลี่ยนแปลงในหน่วยศึกษาระดับประชากร (Population Level) ส่วน Local คือ การเปลี่ยนแปลงในระดับบุคคลหรือองค์กร (Individual or Firm Level)

⁷ ระบบที่มีหลายองค์ประกอบ องค์ประกอบแต่ละตัวสามารถเรียนรู้และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมขณะที่มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันได้ (Holland, 2014)



ภาพที่ 1 ความแตกต่างของวิธี VBM และวิธี ABM
ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบรายละเอียดของวิธี VBM และวิธี ABM

จุดเน้น	วิธี VBM	วิธี ABM
	ตัวแปร (Variables)	ตัวแทน (Agents)
ประเด็นที่วิเคราะห์	ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Causal Models)	ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแทน (Local Interactions)
วิธีวิจัย	สมการคณิตศาสตร์ (Mathematical Equations)	การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulations)
ขั้นตอนการวิเคราะห์	วิเคราะห์แบบบนลงล่าง (Top-down)	วิเคราะห์แบบล่างขึ้นบน (Bottom-up)
ลักษณะการวิเคราะห์	การศึกษาเชิงสาเหตุ (Causal Modeling Approach)	การวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research)

ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

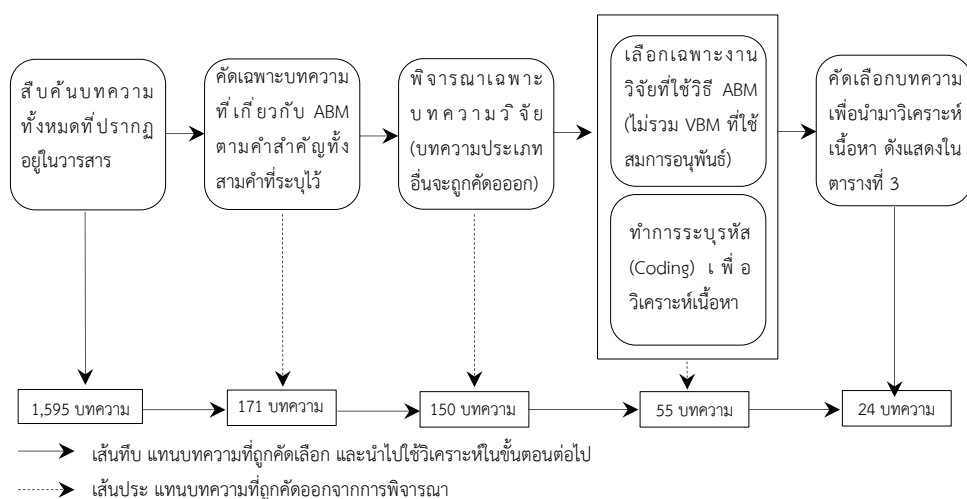
ระเบียบวิธีวิจัย

การสำรวจงานวิจัยที่ใช้วิธี ABM ครั้งนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกผู้วิจัยสืบค้นบทความวิจัยในฐานข้อมูล Scopus โดยใช้คำค้นหา⁸ คือ Agent-based Modeling, Complex Systems และ Simulation ที่ปรากฏอยู่ในชื่อเรื่อง บทคัดย่อ หรือคำสำคัญของบทความนั้น ส่วนช่วงเวลาที่สืบค้นข้อมูลอ้างอิงตาม Perry et al. (2012) ที่ระบุว่า ทฤษฎีทางการบริหารธุรกิจก่อนจะไปถึงจุดที่ได้รับการยอมรับในวงกว้าง (Paradigm Shift) มักจะใช้ระยะเวลาเฉลี่ย 18 ปี⁹ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสืบค้นงานวิจัยที่ตีพิมพ์ย้อนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2004 จนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก Scopus เป็น

⁸ งานวิจัยที่ใช้วิธี ABM อาจใช้ชื่อต่างกันไป เช่น Agent-based Models หรือ Agent-based Simulation เป็นต้น แต่จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ส่วนใหญ่นิยมใช้คำว่า Agent-based Modeling และเนื่องจากการดำเนินการด้วยวิธี ABM ต้องอาศัยการจำลองระบบ และแนวคิดทั้งสองมักเชื่อมโยงกับระบบซับซ้อน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกใช้คำสำคัญทั้งสามคำตามที่ระบุไว้

⁹ คำนวณจากค่าเฉลี่ยของระยะเวลาที่ทฤษฎีหลักทางการบริหารธุรกิจคือ ทฤษฎีเกี่ยวกับผู้บริหารระดับสูง (Upper Echelons Theory) ทฤษฎีฐานทรัพยากร (The Resource-based View of the Firm) และทฤษฎีการเว้นวรรคของดุลยภาพ (Punctuated Equilibrium Theory) เริ่มปรากฏครั้งแรกในฐานข้อมูล Social Science Citation Index จนกระทั่งมีผู้นำทฤษฎีดังกล่าวไปต่อยอดในงานวิจัยอื่นเกิน 10 ชิ้น ซึ่งมีระยะเวลาที่ใช้ 23 ปี, 13 ปี และ 19 ปี ตามลำดับ

ฐานข้อมูลที่มีขอบเขตกว้างและครอบคลุมศาสตร์หลายด้าน ดังนั้น เพื่อให้เข้าถึงองค์ความรู้เฉพาะทาง ขั้นตอนต่อไปผู้วิจัยจึงสืบค้นเชิงลึกด้วยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) เฉพาะในวารสารด้านบริหารธุรกิจที่มีคุณภาพสูง ซึ่งใช้ตัวชี้วัดคือค่า Impact Factor (IF) เป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพของวารสาร อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันยังไม่มีตัวเลขที่แน่ชัดว่าค่า IF เท่าไรจึงจะถือว่าวารสารนั้นมีคุณภาพ ดังนั้นในทางปฏิบัติ การพิจารณาคุณภาพของวารสารมักทำโดยการเปรียบเทียบค่า IF ระหว่างกลุ่มวารสารที่จัดอยู่ในสาขาเดียวกันจึงจะทราบว่าวารสารใดมี IF สูง (Office of Academic Resource Chulalongkorn University, 2023) ในการศึกษาครั้งนี้พิจารณาวารสารด้านบริหารธุรกิจที่มีคุณภาพสูงตามเกณฑ์ของ Terjesen et al. (2016) แล้วคัดเลือกวารสารที่มี IF ที่มีค่ามากกว่า 5.0 ผลการสืบค้นได้วารสารที่จะทำการวิเคราะห์ 6 เล่ม คือ Journal of Management (13.508)¹⁰, Journal of International Business Studies (11.103), Academy of Management Journal (10.979), Strategic Management Journal (7.815), Management Science (6.172) และ Organization Science (5.152) ทั้งนี้ ในขั้นตอนของการคัดเลือกได้นับรวมบทความที่ได้รับการตอบรับแต่รอการตีพิมพ์ (In-Press Articles และ Online First Articles) ตัวอย่างของขั้นตอนการคัดเลือกบทความและจำนวนบทความที่ถูกคัดเลือกจาก Organization Science แสดงดังภาพที่ 2



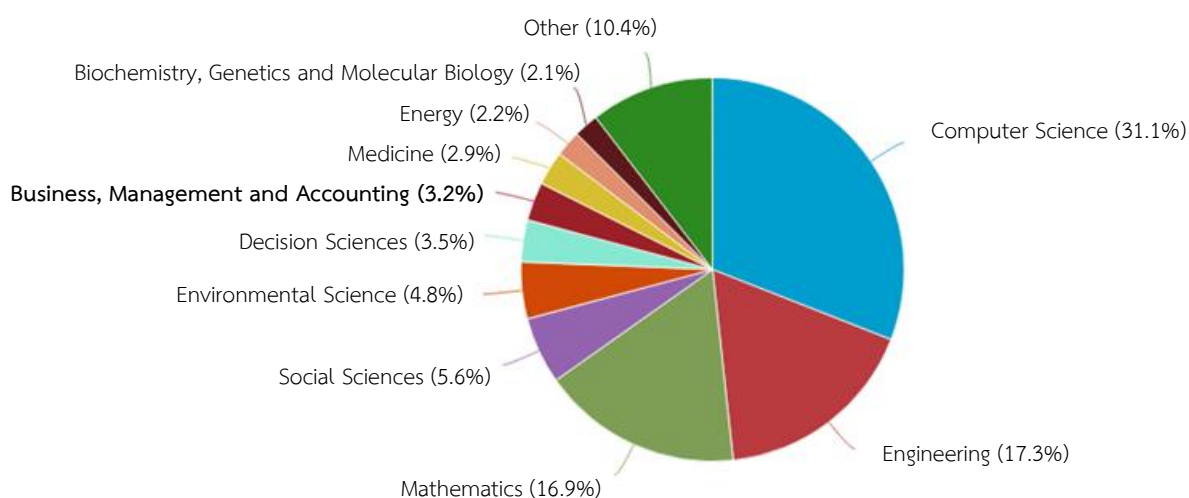
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการคัดเลือกบทความ และจำนวนบทความจาก Organization Science
ที่มา: ดัดแปลงจาก Barratt et al. (2011)

ผลการวิจัย

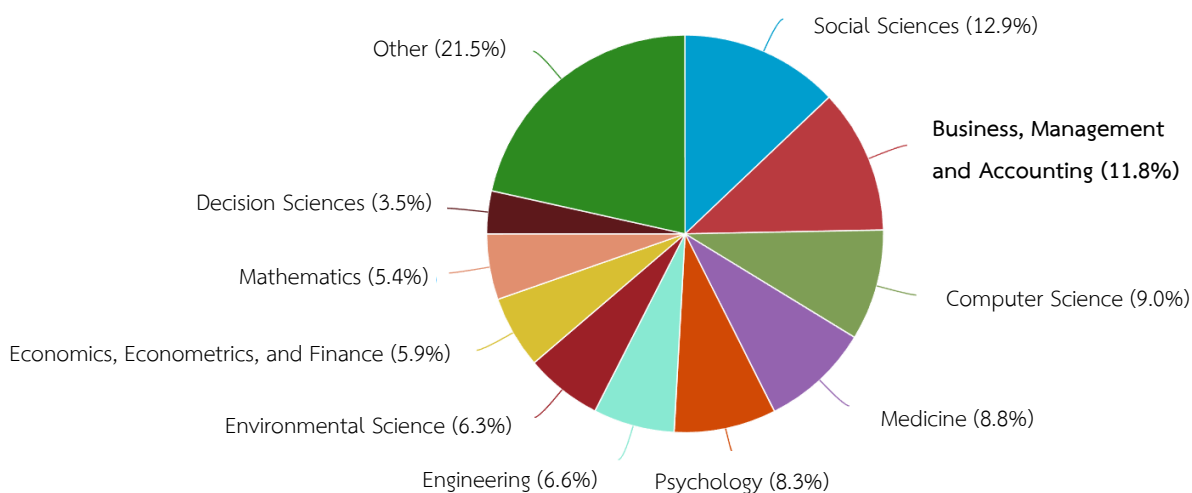
การสำรวจในขั้นตอนแรกจากฐานข้อมูล Scopus พบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 1,595 บทความ สัดส่วนของงานวิจัยที่ใช้วิธี ABM ในศาสตร์แขนงต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3 (ก) จากภาพพบว่า การประยุกต์ใช้ ABM กับงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ โดยเฉพาะทางการบริหารธุรกิจมีค่อนข้างน้อย คือ เพียงร้อยละ 3.2 อย่างไรก็ตาม จากจำนวนงานวิจัยทั้งหมด 1,595 บทความ หากจำแนกเป็นสัดส่วนจะพบว่า ศาสตร์ที่มีงานวิจัย ABM มากที่สุด คือ วิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ตามลำดับ ส่วนงานวิจัยที่ใช้วิธี VBM ในศาสตร์แขนงต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3 (ข) จากภาพพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับศาสตร์ด้านอื่น ๆ งานวิจัยทางสังคมศาสตร์และการบริหารธุรกิจที่ยังคงใช้การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมีสัดส่วนมากที่สุดคือ ร้อยละ 12.9 และ 11.8 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม จากภาพทั้งสองแสดงให้เห็นว่าวิธี ABM สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับศาสตร์แขนงต่าง ๆ ได้ครอบคลุมในหลากหลายมิติ ถึงแม้เนื้อหาของศาสตร์บางด้านอาจมีความทับซ้อนอยู่บ้าง เช่น การบริการธุรกิจจัดเป็นหนึ่งในแขนงย่อยของการศึกษาทางสังคมศาสตร์ เนื่องจากเป็น

¹⁰ ตัวเลขในวงเล็บคือค่า Impact Factor ของแต่ละวารสาร บันทึกข้อมูล ณ วันที่ 20 เมษายน 2566

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับสังคมมนุษย์ ดังนั้น การจำแนกบทความขึ้นหนึ่งว่าควรจัดอยู่ในหมวดหมู่นั้น อาจมีความทับซ้อนของเนื้อหาอยู่บ้าง อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ในภาพกว้างถือเป็นจุดเริ่มในการพิจารณาองค์ความรู้เกี่ยวกับ ABM ในเบื้องต้นก่อนที่จะลงลึกไปในรายละเอียดในขั้นตอนที่สองต่อไป



(ก) งานวิจัยที่ใช้วิธี ABM ในศาสตร์แขนงต่างๆ



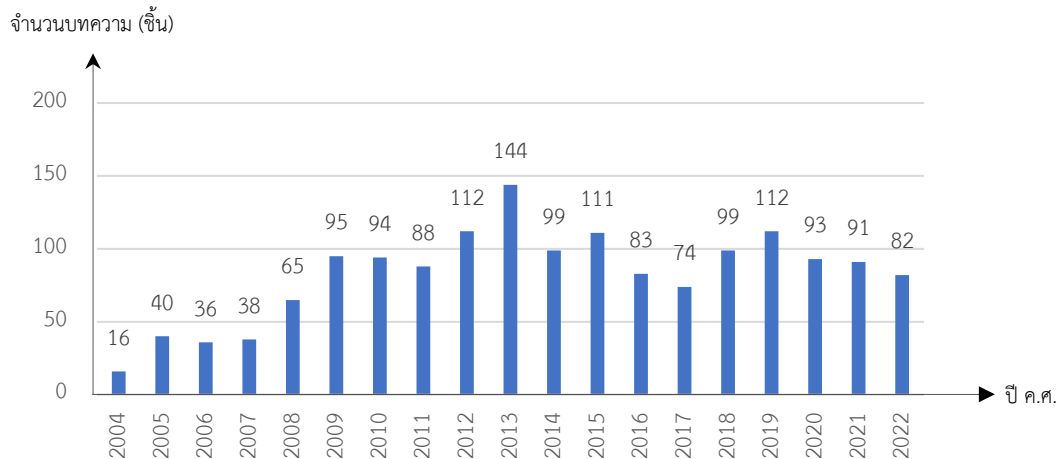
(ข) งานวิจัยที่ใช้วิธี VBM ในศาสตร์แขนงต่างๆ

ภาพที่ 3 เปรียบเทียบร้อยละของงานวิจัยที่ใช้วิธี ABM (ก) และวิธี VBM (ข)

ที่มา: <https://www.scopus.com>

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลจาก Scopus เพื่อศึกษาแนวโน้มการกระจาย (Distribution Trends) (Kock, 2004) ด้วยการแจกแจงจำนวนบทความวิจัยที่ผลิตออกมาในแต่ละปี ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 4 อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่นำมาคำนวณไม่รวมจำนวนบทความตั้งแต่เดือนมกราคม ค.ศ. 2023 เพื่อให้ผลสรุปสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์แนวโน้มการกระจายของข้อมูลรายปี สถิติที่ใช้ทดสอบคือ ไคสแควร์ (Chi-Square) ซึ่งคำนวณได้ค่า $\chi^2 = 219.12$ และเนื่องจากสถิติ

ทดสอบที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤตคือ $\chi^2_{0.05,18} = 28.90$ จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก (H_0) และสรุปได้ว่า สัดส่วนของบทความในแต่ละปีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทดสอบที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 4 จำนวนบทความ ABM จำแนกตามปี ($\chi^2 = 219.12$)

ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ด้วยวิธีการเดียวอาจไม่สะท้อนให้เห็นถึงสถานะที่แท้จริงของปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาได้ชัดเจนมากนัก ดังนั้น ผู้เขียนจึงนำเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ทางการเงินสำหรับประเมินสถานะของธุรกิจมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ด้วย โดยใช้การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis)¹¹ เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่เกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 2 จากตารางพบว่า หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงแบบปีต่อปี อาจเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปในแต่ละช่วงเวลา แต่หากพิจารณาการเปลี่ยนแปลงแบบปีฐานจะพบว่าในภาพรวมการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาเป็นไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาประกอบกับค่าโคสแควร์ในขั้นตอนก่อนหน้านี้จึงสรุปได้ว่า นักวิจัยให้ความสนใจในการนำวิธี ABM มาประยุกต์ใช้กับการศึกษาด้านการบริหารธุรกิจอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงระยะเวลา 18 ปีที่ผ่านมา

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์แนวโน้มแบบปีฐานและแบบปีต่อปี

ปี ค.ศ.	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
จำนวนงานวิจัย (ชิ้น)	16	40	36	38	65	95	94	88	112	144
การเปลี่ยนแปลงแบบปีฐาน (%)	0	1.50	1.25	1.38	3.06	4.94	4.88	4.50	6.00	8.00
การเปลี่ยนแปลงแบบปีต่อปี (%)	-	1.50	-0.10	0.06	0.71	0.46	-0.01	-0.06	0.27	0.29

¹¹ ในทางการเงิน การวิเคราะห์แนวโน้มใช้เพื่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของรายการต่าง ๆ ในงบการเงิน (Financial Statements) ซึ่งสามารถคำนวณได้ทั้งแบบปีฐาน (Base Year) จากสูตรการคำนวณ การเปลี่ยนแปลงแบบปีฐาน = $\frac{(\text{ข้อมูลปีที่ทำการวิเคราะห์} - \text{ข้อมูลปีฐาน}) \times 100}{\text{ข้อมูลปีฐาน}}$ หรือแบบปีต่อปี (Year on Year: YoY) จากสูตร การเปลี่ยนแปลงแบบปีต่อปี = $\frac{(\text{ข้อมูลปีที่ทำการวิเคราะห์} - \text{ข้อมูลของปีก่อนหน้า}) \times 100}{\text{ข้อมูลของปีก่อนหน้า}}$

ตารางที่ 2 การวิเคราะห์แนวโน้มแบบปีฐานและแบบปีต่อปี (ต่อ)

ปี ค.ศ.	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
จำนวนงานวิจัย (ชิ้น)	16	40	36	38	65	95	94	88	112
การเปลี่ยนแปลง ปีฐาน (%)	5.19	5.94	4.19	3.63	5.19	6.00	4.81	4.69	4.13
การเปลี่ยนแปลง ปีต่อปี (%)	-0.31	0.12	-0.25	-0.11	0.34	0.13	-0.17	-0.02	-0.10

ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

ขั้นตอนที่สอง ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์เนื้อหาในวารสารทางธุรกิจที่มีคุณภาพสูง ผลการวิเคราะห์เนื้อหาจากวารสารทั้ง 6 เล่มที่คัดเลือกมาแสดงในตารางที่ 3 จากตารางพบว่า จำนวนบทความวิจัย หรือทฤษฎีทางธุรกิจที่ใช้วิธี ABM ยังมีจำนวนน้อย ตัวอย่างเช่น Journal of Management เป็นวารสารที่มีคุณภาพสูง สังเกตจากค่า Impact Factor ที่สูงที่สุดในกลุ่มของวารสารทั้งหมดที่คัดเลือกมา แต่ปรากฏว่ามีบทความที่เกี่ยวข้องกับวิธี ABM เพียงบทความเดียว นอกจากนี้ การวิเคราะห์เนื้อหาในแต่ละบทความยังทำให้ทราบถึงเทคนิคที่นิยมใช้กับวิธี ABM ซึ่งทำให้ผู้เขียนค้นพบช่องว่างการวิจัย (Research Gap) ในการศึกษาครั้งนี้ด้วย จากการวิเคราะห์เนื้อหาพบว่า มีบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ABM ทั้งหมดจำนวน 66 บทความ วารสารที่มีบทความที่ใช้วิธี ABM มากที่สุดคือ Organization Science จำนวน 24 บทความ และ Management Science จำนวน 22 บทความ เนื่องจากวารสารทั้งสองเล่มเน้นเผยแพร่งานวิจัยทางธุรกิจในเชิงของความเป็นวิทยาศาสตร์ซึ่งสอดคล้องกับพื้นฐานของวิธี ABM ที่มักใช้แนวคิดเชิงคำนวณ (Computational Thinking) เป็นแกนหลักในกระบวนการวิเคราะห์ปัญหา รองลงมาคือ Strategic Management Journal จำนวน 13 บทความ ส่วนใหญ่เป็นการต่อยอดจากบทความของ Levinthal (1997) ที่เสนอให้นำหลักการทางชีววิทยาเรื่องการปรับตัวของสิ่งมีชีวิตมาประยุกต์ใช้กับการบริหารธุรกิจ หลักการดังกล่าวอ้างอิงมาจากแนวคิดของ Kauffman (1993) ที่ศึกษากระบวนการกลายของยีน (Gene Mutation) อันส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรม จนเกิดเป็นการรวมกันใหม่ของยีน (Recombination) ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้ตัวแบบ NK นอกจากนี้ เทคนิคที่นิยมใช้อีกรูปแบบหนึ่งคือ การวิเคราะห์ด้วยพลวัตระบบ จำนวน 2 บทความ ความแตกต่างของเทคนิคทั้งสองแบบคือ การวิเคราะห์ตัวแบบ NK ใช้การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นแกนหลัก การตรวจสอบใช้การปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับชุดข้อมูลเพื่อยืนยันทฤษฎีที่พัฒนาขึ้นมา ส่วนการวิเคราะห์ด้วยพลวัตระบบใช้สมการเชิงอนุพันธ์ (Differential Equations) เพื่อวิเคราะห์ระบบการเปลี่ยนแปลงที่แปรผันตามเวลา ส่วนวารสารอีก 3 เล่มที่ทำการวิเคราะห์คือ Academy of Management Journal มีงานวิจัยจำนวน 3 บทความ Journal of International Business Studies จำนวน 3 บทความ และ Journal of Management จำนวน 1 บทความ ตามลำดับ วารสารทั้งสามเล่มเน้นเนื้อหาทางการจัดการทั่วไป จึงอาจไม่สอดคล้องกับวิธี ABM ที่เน้นเรื่องระเบียบวิธีวิจัยมากกว่า

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาในวารสารชั้นนำทางการบริหารธุรกิจ

วารสาร	จำนวน	ผู้แต่ง (ปี ค.ศ.)	เนื้อหาที่ศึกษา	เทคนิคที่ใช้
Journal of Management	1	- Baumann et al. (2019)	- ผู้วิจัยสำรวจวิธีดำเนินการวิจัยโดยใช้ตัวแบบ NK และพบว่าสามารถจัดกลุ่มงานวิจัยประเภทนี้ออกมาได้เป็น 6 หมวดหมู่	- NK Model
Journal of International Business Studies	3	- Christensen and Knudsen (2008) - Eapen (2013) - Yu et al. (2023)	- ผู้วิจัยศึกษารูปแบบการตัดสินใจของทีมงานในบริษัทข้ามชาติ (MNEs) ภายใต้สภาพตลาดที่ปั่นป่วน (Turbulent Markets) และพบว่า โครงสร้างองค์กรที่ยืดหยุ่นช่วยให้ MNEs มีผลการดำเนินงานสูงกว่า - ผู้วิจัยศึกษาการกระจายตัวของการลงทุนทางตรงจากต่างประเทศ (FDI) โดยใช้เทคนิคการจำลองระบบ และพบว่า ผลสรุปจากการจำลองระบบเกิดความผิดพลาดน้อยกว่าการใช้วิธีวิจัยแบบอื่น - ผู้วิจัยศึกษาผลกระทบของนโยบายการให้สิทธิบัตรที่เลือกปฏิบัติโดยไม่เป็นธรรมเพื่อกีดกันบริษัทจากต่างประเทศ และพบว่า มีการกีดกันเกิดขึ้นในประเทศญี่ปุ่นและจีน	- Dynamic Programming Model - Monte Carlo Simulation - Game Theory Model
Academy of Management Journal	3	- Miller et al. (2006) - Siggelkow and Rivkin (2006) - Wellman et al. (2020)	- ผู้วิจัยประยุกต์ใช้วิธี ABM เพื่อศึกษารูปแบบการเรียนรู้ภายในองค์กรของ March (1991) และพบว่าตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ช่วยให้พนักงานเรียนรู้ได้มากขึ้น และส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนงานลดลงด้วย - ผู้วิจัยใช้ ABM เพื่อยืนยันว่า การสื่อสารภายในองค์กรที่มีโครงสร้างหลายระดับ (Multilevel Organizations) จะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อผู้บริหารสนับสนุนให้พนักงานระดับล่างได้มีส่วนร่วมภายในองค์กร และสนับสนุนให้เกิดการประสานงานระหว่างแผนกต่างๆ มากขึ้น - ผู้วิจัยใช้วิธี ABM เพื่อพิสูจน์ว่า แนวคิดที่นักวิชาการด้านการออกแบบองค์การส่วนใหญ่ยอมรับกันมายาวนานคือ ทฤษฎีการจัดโครงสร้างองค์กรแบบลำดับชั้น (Hierarchical Structure) ที่มีรูปทรงแบบพีระมิดอาจไม่มีประสิทธิภาพเสมอไป เพราะรูปแบบองค์การแบบพีระมิดคว่ำ (Inverse Pyramid-shaped) กลับทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงกว่า	- ประยุกต์ ABM จากตัวแบบของ March (1991) - วิธี ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น - วิธี ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาในวารสารชั้นนำทางการบริหารธุรกิจ (ต่อ)

วารสาร	จำนวน	ผู้แต่ง (ปี ค.ศ.)	เนื้อหาที่ศึกษา	เทคนิคที่ใช้
Strategic Management Journal	13	- (13 คณะผู้วิจัย) ¹²	- งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้การวิเคราะห์ ABM ด้วยตัวแบบ NK (Kauffman, 1993) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ในทางชีววิทยาเพื่อทำความเข้าใจวิวัฒนาการและการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต โดย Levinthal (1997) เป็นผู้เริ่มนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้กับการบริหารธุรกิจ ในวารสารนี้จึงมีบทความที่ Levinthal เป็นผู้ร่วมเขียนด้วยอยู่จำนวน 4 บทความ และงานที่เป็นของผู้อื่น 2 บทความ - งานวิจัยที่ใช้เทคนิคอื่นที่มีใช้ตัวแบบ NK มีจำนวน 7 บทความ เป็นบทความที่ผู้วิจัยพัฒนาตัวแบบ ABM ขึ้นมาเองจำนวน 3 บทความ การวิเคราะห์ด้วยพลวัตระบบจำนวน 2 บทความ และการใช้เทคนิคอื่นๆ 2 บทความ	- NK Model (6 บทความ) - ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา (3 บทความ) - System Dynamics (2 บทความ) - Monte Carlo Simulation (1 บทความ) - n-armed Bandit Model (1 บทความ)
Management Science	22	- (22 คณะผู้วิจัย)	- การใช้ ABM ส่วนใหญ่ยังคงเป็นการต่อยอดงานของ Levinthal (1997) เช่น Lenox et al. (2006) ผลสมการใช้ ABM กับตัวแบบการแข่งขันทางเศรษฐกิจแบบดั้งเดิม เพื่อศึกษาโครงสร้างของอุตสาหกรรมที่เปลี่ยนไป Rahmandad and Sterman (2008) ทำการศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างการใช้ ABM กับสมการอนุพันธ์ (Differential Equations) หรือ Smith and Rand (2017) ทำการผนวก ABM กับการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ที่ทำกับมนุษย์ (Human Subjects) จนเป็นวิธีวิจัยแบบผสม เป็นต้น ทั้งนี้ยังคงมีบทความที่ Levinthal เป็นผู้ร่วมเขียนด้วยจำนวน 4 บทความ โดยรวมจึงมีงานวิจัย ABM ที่ใช้ตัวแบบ NK มากที่สุดจำนวน 17 บทความ รองลงมาเป็นตัวแบบที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมาเองจำนวน 2 บทความ และการใช้เทคนิคอื่น ๆ 3 บทความ ตามลำดับ	- NK Model (17 บทความ) - วิธี ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (2 บทความ) - เทคนิคอื่นๆ (3 บทความ)

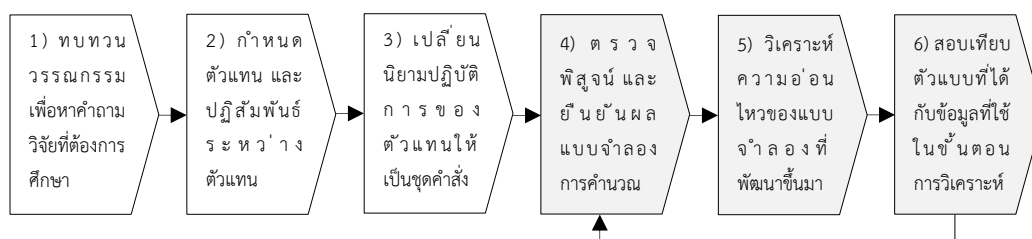
¹² เนื่องจากบางวารสารมีบทความที่เกี่ยวข้องกับ ABM จำนวนมาก ดังนั้น เพื่อความสั้นกระชับของบทความ ผู้เขียนจึงขอสรุปภาพรวมของงานวิจัยทั้งหมดจาก Strategic Management Journal, Management Science และ Organization Science ออกมาดังรายละเอียดที่อธิบายไว้ในสดมภ์ (คอลัมน์) ถัดไป

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เนื้อหาในวารสารชั้นนำทางการบริหารธุรกิจ (ต่อ)

วารสาร	จำนวน	ผู้แต่ง (ปี ค.ศ.)	เนื้อหาที่ศึกษา	เทคนิคที่ใช้
Organization Science	24	- (24 คณะผู้วิจัย)	- งานวิจัยส่วนใหญ่ใช้การวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ NK จำนวน 17 บทความ และมี Levinthal เป็นผู้ร่วมเขียน จำนวน 3 บทความ ส่วนเทคนิคอื่นที่ใช้คือ วิธี ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมา จำนวน 6 บทความ และมีงานวิจัย ที่ใช้วิธี ABM เพื่อศึกษาชีววิทยาศาสตร์ (Life Sciences) (Colyvas & Maroulis, 2015) 1 บทความ	- NK Model (17 บทความ) - วิธี ABM ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น (6 บทความ) - อื่น ๆ (1 บทความ)
รวม	66	บทความ		

อภิปรายผล

ผลการสำรวจครั้งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับงานของ Zehra and Urooj (2022) ที่ใช้การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometric Analysis) เพื่อศึกษาแนวโน้มการใช้ ABM กับงานวิจัยทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งได้ผลตรงกันว่า การประยุกต์ใช้วิธี ABM กับงานวิจัยทั้งทางเศรษฐศาสตร์และสังคมศาสตร์ในภาพรวมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม แม้การใช้วิธี ABM กับงานวิจัยทางการบริหารธุรกิจจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่ยังคงมีจำนวนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับศาสตร์แขนงอื่น เหตุผลส่วนหนึ่งเป็นเพราะการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABM จำเป็น ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางการคำนวณด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) นอกเหนือไปจากหลักการทางสถิติที่ใช้กับงานวิจัยทางธุรกิจทั่วไป นอกจากนี้ ในการจำลองระบบ นักวิจัยอาจจำเป็นต้องเขียนโปรแกรมหรือกำหนดโค้ด (Coding) ขึ้นมาด้วยตนเอง ในกรณีที่ชุดคำสั่งมีความซับซ้อนเกินกว่า โปรแกรมสำเร็จรูปที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เช่น NetLogo หรือ Python จะสามารถประมวลผลได้ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้งานวิจัย ABM อาจต้องใช้นักวิจัยที่มีภูมิหลังจากศาสตร์หลายด้าน และทำให้งานประเภtnี้นี้มีความเป็นสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ในการใช้องค์ความรู้จากหลายสาขานำมาพัฒนาเป็นความรู้ใหม่ อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ในบทความ ผู้เขียนได้สรุปภาพรวมของกระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธี ABM ดังแสดงในภาพที่ 5 เพื่อผู้อ่านที่สนใจจะสามารถเข้าไปศึกษารายละเอียดเชิงเทคนิคเพิ่มเติมในแต่ละขั้นตอนได้ในลำดับต่อไป



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ ABM

ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

ประเด็นสำคัญคือ ความแตกต่างของการตรวจสอบเพื่อยืนยันข้อสรุประหว่างวิธี VBM และ ABM คือ หากใช้ VBM การตรวจสอบจะทำตามหลักการทางสถิติโดยทั่วไป แต่สำหรับ ABM การตรวจสอบจะเป็นไปตามทฤษฎีทางวิทยาการคอมพิวเตอร์ ตามขั้นตอนที่ 4 ถึง 6 โดยเริ่มจากการตรวจพิสูจน์ (Verification) และยืนยันผล (Validation) จากแบบจำลองการคำนวณ (Computational Model) ที่นักวิจัยพัฒนาขึ้นมา จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) โดยปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ชุดคำสั่งและสมมติฐานที่กำหนดไว้ เพื่อพิจารณาว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณแต่ละครั้งว่าต่างกันมากน้อยเพียงใด สอดคล้องกับทฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่ และตัวแบบไหนน่าจะเหมาะสมที่สุด สุดท้ายจึงทำการสอบเทียบ (Calibration) ตัวแบบที่เหมาะสมกับข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ ตามลำดับ ในกรณีที่ผลการสอบเทียบไม่ผ่านเกณฑ์ ผู้วิจัยต้องย้อนกลับไปดำเนินการในขั้นตอนการตรวจพิสูจน์และยืนยันผลอีกครั้ง

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์เนื้อหาในตารางที่ 3 บอกเป็นนัยยะว่า ในภาพรวมแนวโน้มของงานวิจัยทางธุรกิจมีการนำวิธี ABM มาประยุกต์ใช้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาด้านพฤติกรรมองค์กร (Organizational Behavior) เป็นส่วนใหญ่ เหตุผลอาจเป็นเพราะองค์การประกอบด้วยคนจำนวนมากมารวมกันเพื่อวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การทำงานของคนในแต่ละแผนกหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะต้องปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน เมื่อผู้วิจัยกำหนดพฤติกรรมของคนในองค์กรนั้น เช่นเดียวกันกับกรณีของฝูงนก แล้วจำลองระบบให้ดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง สุดท้ายจะทราบรูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในองค์กร เช่น รูปแบบการตัดสินใจของทีมงาน (Christensen & Knudsen, 2008) หรือรูปแบบการเรียนรู้ภายในองค์กร (Miller et al., 2006) เป็นต้น นอกจากนี้ ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับการสำรวจของ Gómez-Cruz et al. (2017) ที่พบว่า งานวิจัยที่ใช้วิธี ABM กับ

ศาสตร์ด้านการจัดการและการศึกษาองค์การ (Management and Organizational Studies) มีอยู่เป็นจำนวนมากถึงร้อยละ 14 อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่แตกต่างคือ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจากคณะของ Gómez-Cruz ได้นับรวมทั้งบทความวิจัย บทความทางวิชาการ หนังสือ และรายงานการประชุมทางวิชาการ (Conference Proceedings) รวมอยู่ในการวิเคราะห์ด้วย

กระบวนการการแสวงหาความรู้โดยทั่วไปทำได้โดยใช้วิธีอุปนัย (Induction) หรือวิธีนิรนัย (Deduction) วิธีอุปนัย มักใช้กับการศึกษาปรากฏการณ์ใหม่ที่ยังไม่เคยมีผู้ศึกษา หรืออาจพอมีองค์ความรู้อยู่บ้างแต่ไม่มากนัก วิธีวิจัยที่นิยมใช้ เช่น การสัมภาษณ์กลุ่มย่อย (Focus Group) หรือการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) เป็นต้น วิธีการเริ่มจากศึกษากรณีย่อย แล้วนำมาสรุปเป็นความรู้ทั่วไป ซึ่งข้อสรุปที่ได้มีข้อจำกัดในการอธิบายได้เฉพาะกรณีเท่านั้น ส่วนวิธีนิรนัยใช้หลักการลดทอน เริ่มจากภาพใหญ่คือกฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่ แล้วลดทอนลงไปสู่ปรากฏการณ์ย่อยที่ศึกษา ปัจจุบันการพัฒนาทฤษฎีส่วนใหญ่มักใช้วิธีนิรนัย เพราะสิ่งที่ค้นพบนั้นสามารถนำมาใช้เป็นข้อสรุปทั่วไป (Generalization) ซึ่งมักได้รับการยอมรับและข้อค้นพบสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้กว้างกว่า

ตัวอย่างการพัฒนาทฤษฎีโดยใช้วิธีนิรนัย เช่น หากสนใจศึกษาปรากฏการณ์เกี่ยวกับพลังงาน จะเริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะพบว่ามีความหลากหลาย เช่น มวล ความร้อน อุณหภูมิ ความดัน และเอนโทรปี (Entropy) เข้ามาเกี่ยวข้อง การนำตัวแปรทุกตัวมาพิจารณาพร้อม ๆ กันนั้นทำให้การวิเคราะห์ซับซ้อนเกินไป ดังนั้น วิธีที่นิยมใช้คือเลือกตัวแปรมาอย่างน้อยสองตัว กำหนดให้เป็นตัวแปรต้น (x) และตัวแปรตาม (y) จากนั้นใช้ตรรกะเชิงนิรนัย (Deductive Reasoning) เพื่อชี้ให้เห็นถึงการเป็นเหตุเป็นผลระหว่างตัวแปรทั้งสอง จนสุดท้ายสามารถพิสูจน์ได้ว่า x นั้นเป็นสาเหตุของ y เช่น หากต้องการพิสูจน์ว่า แก๊สเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว จะเริ่มต้นด้วยการตั้งข้อสมมุติที่เป็นนัยทั่วไป (Premise) แล้วแยกความสัมพันธ์แต่ละส่วนออกมาเชื่อมโยงกับข้อความจริง (Fact) ซึ่งอาจเป็นทฤษฎีหรือกฎที่ได้รับการยอมรับ ในกรณีนี้อาจแยกข้อสมมุติที่เป็นนัยทั่วไปออกเป็นส่วนย่อยคือ (1) แก๊สเมื่อได้รับความร้อนอุณหภูมิจะสูงขึ้น และ (2) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แก๊สจะขยายตัว ข้อความแรกสามารถยืนยันความจริงได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ส่วนข้อความที่สองเป็นจริงเสมอตามหลักอุณหพลศาสตร์ (Thermodynamics) สุดท้ายเมื่อนำส่วนย่อยทั้งหมดมานิรนัยจะสามารถสรุปอ้างอิงกับข้อความที่ต้องการพิสูจน์ได้ (Kanjawasee, 1990) การวิเคราะห์ดังที่กล่าวมานี้เป็นตัวอย่างของการพัฒนาทฤษฎีด้วยการใช้วิธี VBM ซึ่งในกรณีเช่นนี้ วิธี ABM จะสามารถเข้ามาช่วยเสริมความเข้าใจในธรรมชาติของแก๊สได้ จากการพิจารณาแก๊สเสมือนระบบซับซ้อน โดยในที่นี้ตัวแทนคืออนุภาคของแก๊ส ซึ่งแต่ละอนุภาคจะมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันแบบไร้ระเบียบ หากศึกษาพฤติกรรมและปฏิสัมพันธ์ของแต่ละอนุภาค แล้วทำการจำลองระบบออกมาจะทำให้ทราบว่า เมื่อแก๊สได้รับความร้อนจะมีรูปแบบการกระจายตัวในลักษณะใด และยังทราบด้วยว่า ณ จุดใดเป็นจุดที่แก๊สเกิดการขยายตัวมากที่สุด เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม บริบททางการบริหารธุรกิจนั้นต่างไปจากตัวอย่างของแก๊สที่กล่าวมา เพราะแก๊สมีความเป็นวัตถุวิสัย (Objectivism) สามารถจับต้องและวัดค่าออกมาในเชิงปริมาณได้ ดังนั้น การพิสูจน์จึงสามารถทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ แต่งานวิจัยการบริหารธุรกิจนั้นส่วนใหญ่เน้นการศึกษาแนวคิดที่มีระดับความเป็นนามธรรม (Level of Abstraction) สูง เช่น ภาวะผู้นำ ความพึงพอใจ หรือความได้เปรียบในการแข่งขัน เป็นต้น ซึ่งแนวคิดเหล่านี้เป็นการรับรู้ (Perception) ที่ต่างกันไปในแต่ละบุคคล เครื่องมือที่นิยมใช้กับงานวิจัยทางการบริหารธุรกิจคือ แบบสอบถาม (Questionnaire) เพื่อเปลี่ยนการรับรู้ที่เป็นนามธรรมให้สามารถวัดค่าออกมาในเชิงปริมาณหรือเป็นรูปธรรม อย่างไรก็ตาม ถึงแม้แบบสอบถามจะเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในวงกว้างและได้รับการยอมรับในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์ แต่ Suzuki et al. (2021) แย้งว่า แบบสอบถามเป็นการเก็บข้อมูลที่ไม่สามารถเจาะลึกในรายละเอียด และข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ก็จำกัดอยู่เฉพาะในกรอบแนวคิด (Conceptual Framework) ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้เท่านั้น นอกจากนี้ Brutus et al. (2013) และ Van der Vaart (2021) ให้ทัศนะว่า การใช้แบบสอบถามเป็นวิธีการรายงานด้วยตัวผู้ให้ข้อมูลเอง (Self-report Method) ซึ่งมักมีเรื่องของอคติและความกังวลในการเปิดเผยข้อมูลของผู้ตอบเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ วิธี ABM ได้เข้ามาลดทอนข้อจำกัดนี้ เพราะ

ในขั้นตอนของการประมวลผล คอมพิวเตอร์สามารถสร้างชุดข้อมูลขึ้นมาได้จากการใช้ตัวเลขสุ่ม โดยที่ผู้วิจัยสามารถกำหนดการกระจายของข้อมูลและความน่าจะเป็นในการสุ่มได้ตามความเหมาะสมของงานวิจัยแต่ละชิ้น

นอกจากนี้ ในหลายกรณีมาตรวัดจากแบบสอบถามก็ยากที่จะวัดค่าต่าง ๆ เช่น การวัดตัวแปรด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม แต่ถึงแม้จะสามารถทำได้ เช่น Turulja and Bajgoric (2019) ใช้ SEM เพื่อทดสอบว่า ปัจจัยของสภาพแวดล้อมที่ปั่นป่วน (Environmental Turbulence) มีอิทธิพลเป็นตัวแปรคั่นกลาง (Mediator) หรือตัวแปรกำกับ (Moderator) ในตัวแบบที่มีนวัตกรรม (Innovation) เป็นตัวแปรต้น และประสิทธิภาพของธุรกิจ (Business Performance) เป็นตัวแปรตาม การวิเคราะห์ด้วยวิธี VBM ในลักษณะเช่นนี้ก็ยังคงอยู่ภายใต้กรอบการวิเคราะห์แบบสถิติเนื่องจากการเป็นการศึกษาที่จุเวลาใดเวลาหนึ่ง (Cross-sectional Study) วิธี ABM สามารถเข้ามาเติมเต็มในประเด็นนี้ เพราะการจำลองระบบด้วยวิธี ABM เป็นการศึกษาที่สามารถติดตามและสังเกตการเปลี่ยนแปลงมากกว่าหนึ่งครั้งขึ้นไป จึงถือเป็นการศึกษาระยะยาว (Longitudinal Study) ในรูปแบบหนึ่งได้

โดยสรุป วิธี ABM จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเข้าถึงความรู้ความจริงตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ Axelrod (2007) ได้ระบุว่าวิธีนี้เป็นวิธีที่สาม นอกเหนือจากวิธีอุปนัยและนิรนัย เพราะเป็นการใช้กระบวนการที่ดำเนินไปอย่างเป็นขั้นตอนจนสามารถพิสูจน์ความน่าเชื่อถือในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ วิธีนี้จึงจัดเป็นระเบียบวิธีวิจัย (Methodology) รูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้พัฒนาทฤษฎีทางธุรกิจได้ในมิติของการพัฒนาทฤษฎี (Theory Development) วิธีนี้เหมาะกับการพัฒนาทฤษฎีใหม่ หรือทฤษฎีระดับกลาง (Middle-range Theory) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีตัวแปรไม่มาก มีขอบเขตที่จำกัด และยังอยู่ในกระบวนการพัฒนาตรวจสอบซึ่งอาจถูกหักล้างได้เสมอ (Carayannis et al., 2016) ซึ่งต่างกับวิธี VBM ที่เหมาะกับการทดสอบและยืนยันทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในวงกว้างแล้ว เช่น ทฤษฎีต้นทุนธุรกรรม (Transaction Cost Theory) หรือทฤษฎีฐานทรัพยากรองค์กร (Resource-based View of the Firm) เป็นต้น ด้วยเหตุผลนี้ วิธี ABM จึงเหมาะกับการศึกษาในสาขาที่ยังถือว่าค่อนข้างใหม่ ยังไม่ค่อยมีทฤษฎีหลักที่ใช้อ้างอิง และยังมีการสะสมองค์ความรู้ไม่มากนัก ซึ่งศาสตร์ด้านการเป็นผู้ประกอบการเข้าเกณฑ์ทั้งหมดที่กล่าวมานี้

ABM และงานวิจัยด้านการเป็นผู้ประกอบการ

องค์ความรู้ทางการบริหารธุรกิจพัฒนามาจากทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ที่มีวิวัฒนาการมายาวนานกว่า เมื่อกล่าวถึงเศรษฐศาสตร์โดยทั่วไปมักอ้างอิงกับเศรษฐศาสตร์กระแสหลัก¹³ ที่ตั้งอยู่บนหลักของการมีดุลยภาพ (Equilibrium) เช่น เมื่อความต้องการสินค้ามีมาก แต่สินค้ามีจำนวนน้อย สุดท้ายกลไกเรื่องราคาซึ่งเปรียบเสมือนมือที่มองไม่เห็น (Invisible Hand) จะเข้ามาเป็นตัวกำกับให้ระบบปรับตัวเข้าสู่จุดดุลยภาพ และส่งผลให้สินค้ามีราคาสูงขึ้นในท้ายที่สุด หรือทฤษฎีฐานทรัพยากรขององค์กรที่ตั้งอยู่บนสมมุติฐานว่า ทรัพยากรภายในองค์กรต้องไม่สามารถเคลื่อนย้ายระหว่างองค์กร (Resource Immobility) ซึ่งสะท้อนเป็นนัยยะให้เห็นถึงดุลยภาพเพราะภาวะการเปลี่ยนแปลงในระบบเป็นแบบคงที่ อย่างไรก็ตาม ศาสตร์การเป็นผู้ประกอบการ แม้จะมีรากฐานมาจากทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ แต่มิใช่เศรษฐศาสตร์กระแสหลัก แต่เป็นเศรษฐศาสตร์สำนักออสเตรียน (Austrian Economics) (Baimai, 2024) ที่มีความเชื่อเรื่องความเป็นปัจเจก (Individualism) มากกว่าความเป็นระบบ (Linsbichler, 2021) กล่าวคือ ตัวขับเคลื่อนหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจ เกิดจากบทบาทของผู้ประกอบการ (Entrepreneur) ที่จะเป็นผู้เข้ามาทำลาย¹⁴ ความสมดุลของอุปสงค์และอุปทานในระบบเศรษฐกิจ จนระบบเปลี่ยนไปอย่าง

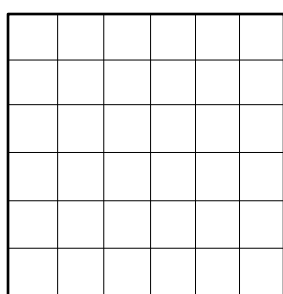
¹³ ในที่นี้หมายถึง เศรษฐศาสตร์สำนักนีโอคลาสสิก (Neoclassical Economics) และเศรษฐศาสตร์มหภาคของสำนักเคนส์ (Keynesian Economics)

¹⁴ การทำลายในความหมายของ Schumpeter (1934) สื่อความหมายในเชิงบวก คือ การทำลายล้างอย่างสร้างสรรค์ (Creative Destruction) ซึ่งเป็นการนำเสนอสิ่งใหม่ที่ดีกว่าหรือนวัตกรรม (Innovation) เข้ามาทดแทนสิ่งเดิม

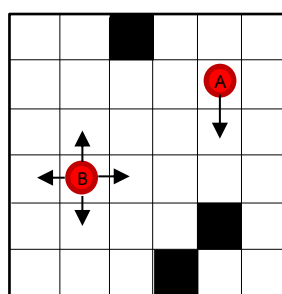
ต่อเนื่องจากขาดดุลยภาพ (Disequilibrium) อีกทั้งในมิติด้านการแข่งขันตั้งอยู่บนสมมติฐานว่า ผู้ประกอบการแต่ละรายมีความแตกต่างกัน (Firm Heterogeneity) ดังนั้น จึงเกิดคำถามวิจัยตามมาว่า ผู้ประกอบการประเภทไหนจะเติบโตได้ดีกว่ากันในระยะยาว? ซึ่งนักวิจัยสามารถใช้วิธี ABM เพื่อตอบคำถามดังกล่าวได้ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดตัวแทน: เนื่องจาก Shane and Venkataraman (2000) เสนอว่า ประเด็นหลักของการเป็นผู้ประกอบการอยู่ที่การมองเห็นโอกาส และการเข้าถึงโอกาสมักขึ้นกับพื้นความรู้เดิม (Prior Knowledge) ก่อนเข้ามาในอุตสาหกรรมหนึ่ง ฉะนั้น การออกแบบงานวิจัยอาจแบ่งผู้ประกอบการออกเป็น 2 ประเภทคือ 1) องค์กรที่มีพื้นความรู้ในอุตสาหกรรมนั้น (A) และ 2) องค์กรที่ไม่มีพื้นความรู้มาก่อน (B) จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยบางงาน เช่น Xiao et al. (2022) พบว่า องค์กรแบบ (A) มีความได้เปรียบเนื่องจากสามารถนำพื้นความรู้เดิมมาต่อยอดในธุรกิจใหม่ แต่บางงาน เช่น Ansari et al. (2016) กลับได้ข้อสรุปว่า การไม่มีพื้นความรู้ดังกล่าว (B) ส่งผลดีเพราะสามารถสร้างนวัตกรรมใหม่ได้มีประสิทธิภาพกว่า เมื่อยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจน และยังไม่มีการศึกษาในเชิงเปรียบเทียบระหว่างองค์กรทั้งสองแบบ จึงเกิดเป็นสมมติฐานขึ้นมาว่า อาจจะมีปัจจัยด้านสถานการณ์ เช่น เรื่องของสภาพแวดล้อมเข้ามาเกี่ยวข้อง และส่งผลให้ข้อสรุปเป็นไปได้ในหลายแนวทาง

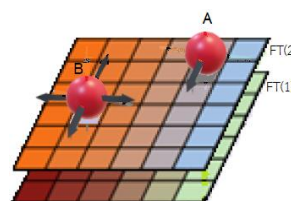
ขั้นตอนที่ 2 กำหนดพฤติกรรมของตัวแทน: ทำการสร้างกฎการเลื่อนตำแหน่งให้กับตัวแทนแต่ละตัว เช่น (A) เปลี่ยนตำแหน่งไปในทิศใดก็ได้เท่านั้นเพราะไม่มีพื้นความรู้ในอุตสาหกรรม ส่วน (B) สามารถเคลื่อนไปได้ทุกทิศทางเพราะมีความรู้เข้าใจในอุตสาหกรรมนั้น เมื่อทำการจำลองระบบในแบบเซลล์ลาร์อโตมาตา ที่มีลักษณะเป็นตารางสองมิติ ดังภาพที่ 5 (ก) โดยกำหนดให้แต่ละเซลล์เป็นได้สองสถานะคือ เซลล์สีขาวแทนประสิทธิภาพต่ำกว่าหรือเท่ากับค่าเฉลี่ยในอุตสาหกรรม และเซลล์สีดำแทนค่าเฉลี่ยมากกว่าค่าเฉลี่ยในอุตสาหกรรม เมื่อใส่ตัวแทนทั้งสอง (A และ B) เข้าไปในระบบ ดังภาพที่ 5 (ข) แล้วสร้างกฎคือ เมื่อตัวแทนเคลื่อนไปตกในตำแหน่งเซลล์สีดำ ตัวแทนจะเคลื่อนที่ต่อไป แต่หากไปตกในตำแหน่งเซลล์สีขาว ตัวแทนจะหยุดเคลื่อนที่ เมื่อทำการจำลองระบบออกมาผู้วิจัยจะทราบว่า เมื่อเวลาผ่านไปตัวแทนประเภทไหนจะเติบโตได้ดีกว่ากัน



(ก) เซลล์ลาร์อโตมาตา



(ข) การเลื่อนตำแหน่งของตัวแทน



(ค) การการเลื่อนตำแหน่งในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

ภาพที่ 6 ตัวอย่างการใช้วิธี ABM กับงานวิจัยด้านการเป็นผู้ประกอบการ
ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

ขั้นตอนที่ 3 จำลองระบบ: หากแปลงแนวคิดที่กล่าวมาเป็นตัวแบบเชิงการคำนวณ (Computational Model) แล้วนำมาวิเคราะห์ในรูปของเมทริกซ์ $n \times n$ โดยกำหนดการเลื่อนตำแหน่งของตัวแทนทั้งสองแทนได้ด้วย 4 อาร์เรย์ (Array)¹⁵ คือ $[C_1 \ C_2 \ C_3 \ C_4]$ และแต่ละอีลีเมนต์แทนการเคลื่อนที่ไปทางทิศเหนือ ใต้ ตะวันออกและตะวันตก ตามลำดับ คอมพิวเตอร์จะประมวลผลการเคลื่อนที่ของตัวแทนทั้งสองได้จากชุดข้อมูล ดังนี้

$$D_n = \begin{cases} [0 \ 1 \ 0 \ 0] & \text{ถ้า } n = 1 \\ [2 \ 2 \ 2 \ 2] & \text{ถ้า } n = 2 \end{cases} \quad \text{เมื่อ } n \in \{1,2\}$$

อย่างไรก็ดี การเคลื่อนที่ของตัวแทนทั้งสองตั้งอยู่บนข้อตกลง (Assumptions) ของการมีเหตุผลที่มีขอบเขต (Bounded Rationality) ซึ่งต่างจากการวิเคราะห์โดยทั่วไปที่มักยึดตามแนวคิดเศรษฐศาสตร์นีโอคลาสสิกที่เชื่อมั่นในการตัดสินใจอย่างมีเหตุผล (Full Rationality) ด้วยการนำข้อมูลต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาในอดีตเพื่อพยากรณ์อุปสงค์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต แต่เนื่องจากผู้ประกอบการคือผู้เล็งเห็นโอกาสในการค้นพบนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่มักเป็นเรื่องของสิ่งที่ยังไม่เคยมีหรือยังไม่เกิดขึ้นมาก่อน ดังนั้น ส่วนใหญ่ข้อมูลในอดีตจึงไม่มี หรือแม้จะหามาได้ก็มิได้เป็นตัวยืนยันความถูกต้องของตัวแบบการพยากรณ์ได้ เมื่อเป็นเช่นนี้ผู้ประกอบการจึงมักมองหาทางเลือกที่เห็นว่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) มิใช่ทางเลือกที่ดีที่สุด (Maximization) ตามแนวคิดแบบนีโอคลาสสิก ด้วยเหตุนี้ การเคลื่อนที่ของตัวแทนจึงไปได้เฉพาะบริเวณใกล้เคียงเท่านั้น ข้อตกลงอีกประการหนึ่งคือ เมื่อพบโอกาสหรือคิดค้นนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาได้ ผู้ประกอบการจะสามารถสร้างประสิทธิภาพขึ้นมาได้มากกว่าค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมนั้น

นอกจากนี้ นักวิจัยยังสามารถใส่พารามิเตอร์อื่นเข้าไปในตัวแบบได้อีก เช่น อาจเพิ่มปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม¹⁶ (Xu et al., 2021) คือ การเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป (FT_1) และแบบพลวัต (FT_2) เข้าไปในระบบ ดังภาพที่ 5 (ค) อย่างไรก็ตาม ตัวแบบที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ต้องเป็นไปตามข้อตกลงที่เปลี่ยนไปด้วย ผู้วิจัยยังอาจปรับตัวแบบให้เป็น CAS โดยใช้ตัวเลขจากการสุ่มในแต่ละรอบการคำนวณจากการประมวลผลข้อมูลด้วยอัลกอริทึม (Algorithm) ในรูปแบบต่างๆ เช่น Neural Networks หรือ Machine Learning เพื่อศึกษากลไกการปรับตัวที่เกิดขึ้นในระบบ หรืออาจพิจารณาใช้การจำลองระบบแบบอื่น เช่น ตัวแบบ NK ในกรณีที่มีการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแทน ซึ่งความสามารถในการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดขององค์กรวิเคราะห์ได้จากความขรุขระของภูมิทัศน์ (Rugged Landscape) ตามที่ Levinthal (1997) แกล้งไว้ ทั้งนี้การเลือกใช้เทคนิคใดนั้นขึ้นอยู่กับคำถามวิจัยที่ต้องการศึกษาด้วย อนึ่ง ตัวอย่างที่กล่าวมาเป็นเพียงแนวทางหนึ่งในการออกแบบงานวิจัยด้วยการประยุกต์ใช้ ABM กับการศึกษาด้านการเป็นผู้ประกอบการ เพื่อแสดงให้เห็นภาพที่เป็นรูปธรรมเท่านั้น ในการพัฒนาทฤษฎีจริงจึงอาจต้องมีการทบทวนวรรณกรรมอย่างละเอียด และมีการกำหนดข้อตกลงต่าง ๆ ที่ครอบคลุมมากขึ้น ด้วย จากการทบทวนวรรณกรรมยังไม่พบการใช้เซลล์ูลาร์ออตมาตากับงานวิจัยด้านการเป็นผู้ประกอบการดังที่ได้กล่าวมา ดังนั้น การพัฒนาทฤษฎีด้วยวิธีการนี้จึงน่าจะเสริมเติมเต็มองค์ความรู้ที่ยังขาดหายไปเป็นอย่างดี

¹⁵ อาร์เรย์ (Array) คือ ประเภทของข้อมูลรูปแบบหนึ่งที่สามารถเก็บข้อมูลประเภทเดียวกันแบบเป็นลำดับได้ โดยข้อมูลนั้นจะอยู่ในตัวแปรตัวเดียวกันที่เรียกว่า ตัวแปรอาร์เรย์ เปรียบเสมือนการสร้างห้องขึ้นมาเพื่อเก็บข้อมูลในปริมาณมาก โดยข้อมูลแต่ละตัวของอาร์เรย์เรียกว่า อีลีเมนต์ (Element) และข้อมูลแต่ละอีลีเมนต์จะมีหมายเลขเพื่อใช้ในการกำกับตำแหน่ง

¹⁶ กำหนดให้ FT_1 แทน สภาพแวดล้อมแบบคงที่ หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยเป็นค่อยไป ซึ่งในการจำลองระบบจะกำหนดให้ภูมิทัศน์ความเหมาะสม (Fitness Landscape) มีค่าเท่ากันตลอด ส่วน FT_2 แทน สภาพแวดล้อมที่เป็นพลวัต ซึ่งภูมิทัศน์ความเหมาะสมจะเปลี่ยนไปทุกรอบการคำนวณ

สรุป

ความก้าวหน้าของวิทยาการคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาองค์ความรู้ทางธุรกิจในศตวรรษที่ 21 จากเดิมที่การพัฒนาทฤษฎีอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการทัศนคติที่เป็นการมองแบบแยกส่วน เน้นการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร เปลี่ยนมาเป็นการมองแบบองค์รวม โดยใช้การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในระยะยาวด้วยการใช้วิธี ABM บทความนี้อธิบายแนวคิดของวิธี ABM รวมถึงทำการวิเคราะห์แนวโน้มและศึกษาเทคนิคต่าง ๆ ในการประยุกต์ใช้วิธีนี้กับงานวิจัยด้านการบริหารธุรกิจ ผลสำรวจพบว่า ปัจจุบันการใช้วิธี ABM ในงานวิจัยทางธุรกิจยังมีจำกัด ส่วนหนึ่งเนื่องจากในบางกรณีบริบทของการศึกษาอาจไม่เข้ากับเงื่อนไขของความเป็นอิสระของตัวแทน หรืออาจไม่สอดคล้องกับสถานะของความเป็นพลวัตในระบบ ซึ่งกรณีเช่นนี้การใช้วิธี VBM อาจเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตาม วิธี ABM เหมาะกับงานวิจัยด้านการเป็นผู้ประกอบการ โดยเฉพาะในมิติของการเป็นระบบที่ขาดดุลยภาพ เพราะตัวแทน ซึ่งในที่นี้คือผู้ประกอบการถือเป็นผู้สร้างนวัตกรรมใหม่ขึ้นมาตลอดเวลา จนทำให้ระบบโดยรวมเกิดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นพลวัต ดังนั้น วิธีนี้จึงสามารถใช้เป็นส่วนเสริมจากวิธี VBM ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ด้านการเป็นผู้ประกอบการทั้งในเชิงวิชาการและเชิงธุรกิจได้มากยิ่งขึ้น ในเชิงวิชาการ เป็นการเติมเต็มช่องว่างการวิจัยด้วยการใช้เทคนิคใหม่ที่ยังไม่เคยผู้ทำมาก่อน ส่วนในเชิงธุรกิจ การใช้วิธี ABM ทำให้ผู้ประกอบการทราบว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นพลวัต หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน องค์การแบบใดจะสามารถปรับตัวได้ดีกว่ากัน

ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดบางประการที่จะนำไปสู่การศึกษาเพิ่มเติมในครั้งต่อไป เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็น การสำรวจองค์ความรู้จากแหล่งข้อมูลที่จำกัด คือเฉพาะฐานข้อมูล Scopus และจากวารสารทางการบริหารธุรกิจที่ได้รับการยอมรับจำนวน 6 เล่ม การเพิ่มฐานข้อมูลให้ครอบคลุมมากขึ้นอาจทำให้พบประเด็นอื่น ๆ ที่น่าสนใจเพิ่มเติมได้ ข้อเสนอแนะอีกประการหนึ่งคือ หากมีการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทั้ง 3 แบบคือ ตัวแบบ NK, พลวัตระบบ และวิธีเซลลูลาร์ออโตมาตา จะทำให้นักวิจัยทราบว่า เทคนิคแต่ละแบบเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้กับงานวิจัยทางการบริหารธุรกิจภายใต้บริบทใดบ้าง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีได้เปิดเผยนามทั้งสามท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของบทความนี้ให้สมบูรณ์ขึ้น และขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการเขียนบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ansari, S., Garud, R., & Kumaraswamy, A. (2016). The disruptor's dilemma: TiVo and the US television ecosystem. *Strategic Management Journal*, 37(9), 1829-1853.
- Axelrod, R. (2007). Simulation in the social sciences. In J. P. Rennard (Ed.), *Handbook of research on nature inspired computing for economy and management* (pp. 90-100). Idea Group.
- Baimai, C. (2017). Startup: Definition, importance, and research guidelines. *Executive Journal*, 37(2), 10-21.
- Baimai, C. (2021a). Systems approach to modern business administration. *Parichart Journal*, 34(3), 17-36.

- Baimai, C. (2021b). Computer simulation methodology in business dynamics research. *Songklanakarin Journal of Management Sciences*, 38(1), 196-225.
- Baimai, C. (2024). Austrian economics and entrepreneurship. *Journal of Management Sciences Surattthani Rajabhat University*, 11(2), (in press).
- Barratt, M., Choi, T. Y., & Li, M. (2011). Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. *Journal of Operations Management*, 29(4), 329-342.
- Baumann, O., Schmidt, J., & Stieglitz, N. (2019). Effective search in rugged performance landscapes: A review and outlook. *Journal of Management*, 45(1), 285-318. <https://doi.org/10.1177/0149206318808594>
- Bollen, K. A., & Lilly, A. G. (2023). Continuity and change in methodology in social forces. *Social Forces*, 101(3), 1069-1080. <https://doi.org/10.1093/sf/soac133>
- Brutus, S., Aguinis, H., & Wassmer, U. (2013). Self-reported limitations and future directions in Scholarly reports: Analysis and recommendations. *Journal of Management*, 39(1), 48-75.
- Carayannis, E. G., Provance, M., & Grigoroudis, E. (2016). Entrepreneurship ecosystems: An agent-based simulation approach. *Journal of Technology Transfer*, 41, 631-653.
- Chernviriyakul, W., & Srijunpetch, S. (2022). The relationship between corporate governance rating, board of directors, family ownership and tax planning of listed companies on the stock exchange of Thailand. *Kasetsart Applied Business Journal*, 16(25), 25-47.
- Christensen, M., & Knudsen, T. (2008). Entry and exit decisions in flexible teams. *Journal of International Business Studies*, 39(8), 1278-1292.
- Colyvas, J. A., & Maroulis, S. (2015). Moving from an exception to a rule: Analyzing mechanisms in emergence-based institutionalization. *Organization Science*, 26(2), 601-621.
- Eapen, A. (2013). FDI spillover effects in incomplete datasets. *Journal of International Business Studies*, 44(7), 719-744.
- Gómez-Cruz, N. A., Loaiza Saa, I., & Ortega Hurtado, F. F. (2017). Agent-based simulation in management and organizational studies: A survey. *European Journal of Management and Business Economics*, 26(3), 313-328. <https://doi.org/10.1108/EJMBE-10-2017-018>
- Holland, J. H. (2014). *Complexity: A very short introduction*. Oxford University Press.
- Jacobson, M. J., Markauskaite, L., Portolese, A., Kapur, M., Lai, P. K., & Roberts, G. (2017). Designs for learning about climate change as a complex system. *Learning and Instruction*, 52, 1-14,

- Jirangkul, W. (2020). Structural equation modeling of best practice-based high-performance public organizations in Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 41(1), 124-129.
- Kauffman, S. A. (1993). *The origins of order: Self-organization and selection in evolution*. Oxford University Press.
- Kock, N. (2004, April 16). *Statistics for those who hate statistics*. <https://cits.tamtu.edu/kock/NedWebArticles/Kock2004.pdf>
- Kanjanawasee, S. (1990, December 1). *Causal inferences in nonexperimental research*. <http://www.edu.tsu.ac.th/major/eva/files/journal/chanchai.pdf>
- Kuhlmann, M. (2014). Explaining financial markets in terms of complex systems. *Philosophy of Science*, 81(5), 1117-1130. <https://doi.org/10.1086/677699>
- Ladyman, J., Lambert, J., & Wiesner, K. (2013). What is a complex system?. *European Journal for Philosophy of Science*, 3, 33-67.
- Lenox, M. J., Rockart, S. F., & Lewin, A. Y. (2006). Interdependency, competition, and the distribution of firm and industry profits. *Management Science*, 52(5), 757-772.
- Levinthal, D. A. (1997). Adaptation on rugged landscapes. *Management Science*, 43(7), 934-950.
- Linsbichler, A. (2021). Philosophy of Austrian economics. In J. Reiss, C. Heilmann (eds.), *The Routledge Handbook of the Philosophy of Economics*. Routledge.
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71-87.
- Miller, K. D., Zhao, M., & Calantone, R. J. (2006). Adding interpersonal learning and tacit knowledge to March's exploration-exploitation model. *Academy of Management Journal*, 49(4), 709-722.
- Office of Academic Resource Chulalongkorn University. (2023, April 16). *Journal Impact Factor*. https://www.car.chula.ac.th/impact_factor.php
- Orzek, J. H., & Voelke, M. C. (2023). Regularized continuous time structural equation models: A network perspective. *Psychological Methods*, 28(6), 1286-1320. <https://doi.org/10.1037/met0000550>
- Patthanakitthanachot, K., & Wanarat, S. (2022). A structural equation modeling of the effects of logistics service quality on the customer satisfaction, trust and loyalty in e-commerce business. *Kasetsart Applied Business Journal*, 16(24), 29-48.

- Perry, J. T., Chandler, G. N., & Markova, G. (2012). Entrepreneurial effectuation: A review and suggestions for future research. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 36(4), 837-861. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6520.2010.00435.x>
- Rahmandad, H., & Sterman, J. (2008). Heterogeneity and network structure in the dynamics of diffusion: Comparing agent-based and differential equation models. *Management Science*, 54(5), 998-1014. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1070.0787>
- Schumpeter, J. A. (1934). *The theory of economic development*. Oxford University Press.
- Siggelkow, N., & Rivkin, J. W. (2006). When exploration backfires: Unintended consequences of multilevel organizational search. *Academy of Management Journal*, 49(4), 779-795. <https://doi.org/10.5465/AMJ.2006.22083053>
- Smith, W. B., & Rand, W. (2017). Simulating macro-level effects from micro-level observations. *Management Science*, 64(11), 5405-5421. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2017.2877>
- Songsraboon, R. (2017). Structural equation modeling for prediction. *Silpakorn University Journal*, 38(1), 185-205.
- Shane, S., & Venkataraman, S. (2000). The promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review*, 25(1), 217-226.
- Stanford Encyclopedia of Philosophy. (2023, September 7). *Agent-based modeling in the philosophy of science*. <https://plato.stanford.edu/entries/agent-modeling-philsience/>
- Sterman, J. (2000). *Business dynamics: Systems thinking and modeling for a complex world*. Irwin McGraw-Hill.
- Suzuki, K., Tang, K., Alhajyaseen, W., Suzuki, K., & Nakamura, H. (2021). An international comparative study on driving attitudes and behaviors based on questionnaire surveys. *IATSS*, 46(1), 26-35.
- Terjesen, S., Hessels, J., & Li, D. (2016). Comparative international entrepreneurship: A review and research agenda. *Journal of Management*, 42(1), 299-344. <https://doi.org/10.1177/0149206313486259>
- Turulja, L., & Bajgoric, N. (2019). Innovation, firms' performance and environmental turbulence: Is there a moderator or mediator?. *European Journal of Innovation Management*, 22(1), 213-232. <https://doi.org/10.1108/EJIM-03-2018-0064>
- Van der Vaart, L. (2021). The performance measurement conundrum: Construct validity of the individual work performance questionnaire in South Africa. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 24(1). a3581. <https://doi.org/10.4102/sajems.v24i1.3581>

- Wellman, N., Applegate, J. M., Harlow, J., & Johnston, E. W. (2020). Beyond the pyramid: Alternative formal hierarchical structures and team performance. *Academy of Management Journal*, 63(4), 997-1027.
- Xiao, T., Makhija, M., & Karim, S. (2022). A knowledge recombination perspective of innovation: Review and new research directions. *Journal of Management*, 48(6), 1724-1777. <https://doi.org/10.1177/01492063211055982>
- Xu, Z., Deng, D., & Shimada, K. (2021). Autonomous UAV exploration of dynamic environments via incremental sampling and probabilistic roadmap. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 6(2), 2729-2736. <https://doi.org/10.1109/LRA.2021.3062008>
- Yu, F., Wu, Y., Chen, J., & Lewin, A. Y. (2023). Technological leapfrogging and country strategic patent policy. *Journal of International Business Studies*. 54, 887-909. <https://doi.org/10.1057/s41267-022-00573-z>
- Zehra, A., & Urooj, A. (2022). A bibliometric analysis of the developments and research frontiers of agent-based modelling in economics. *Economies*, 10(7), 171. <https://doi.org/10.3390/economies10070171>