

บทความวิชาการ

วิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยพลวัตทางธุรกิจ

ชัยวัฒน์ ใบไม้¹

(Received: May 13, 2020; Revised: August 23, 2020; Accepted: September 15, 2020)

บทคัดย่อ

การจัดการธุรกิจในปัจจุบันเผชิญกับปัญหาหลักเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนมากขึ้น ในมุมมองทางวิชาการ การทำความเข้าใจความซับซ้อนเช่นนี้ยังไม่พัฒนาไปเท่าที่ควร ส่วนหนึ่งเนื่องมาจากข้อจำกัดของวิธีวิจัยแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เช่น โมเดลแสดงความสัมพันธ์ และโมเดลสมการโครงสร้าง บทความนี้นำเสนอเทคนิคที่ได้พัฒนามายาวนานแล้วในสายวิทยาศาสตร์ คือ วิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ ให้เป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อใช้ในงานวิจัยพลวัตทางธุรกิจ ข้อได้เปรียบหลักของการจำลองระบบ คือ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์กรและสภาพแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจสามารถจำลองออกมาเป็นตัวแทนที่ชัดเจน ดังนั้น การจำลองระบบจึงสามารถช่วยในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนและเป็นพลวัต เช่น การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าวิธีการนี้จะนิยมใช้ในศาสตร์หลายด้าน แต่งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้เทคนิคเช่นนี้ไม่แพร่หลายมากนัก ส่วนหนึ่งเป็นเพราะยังขาดแคลนการรวบรวมความรู้ในเนื้อหาดังกล่าวอย่างเป็นระบบ ดังนั้น บทความนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อการเติมเต็มองค์ความรู้ที่ขาดหายไป และสนับสนุนให้ใช้ประโยชน์จากข้อได้เปรียบของการจำลองระบบกับงานวิจัยพลวัตทางธุรกิจ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวหลักในขั้นตอนของวิธีดำเนินการวิจัย

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
E-mail: cbaimai@gmail.com

คำสำคัญ: วิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน
พลวัตทางธุรกิจ

REVIEW ARTICLE

Computer Simulation Methodology in Business Dynamics Research

Chaiwat Baimai¹

Abstract

Nowadays, managing business deals largely with high degree of complex environment. From an academic viewpoint, understanding such complexity is somewhat limited using traditional methodological approaches such as causal models and structural equation modeling. This article introduces a relatively well-developed technique in natural science, namely computer simulation, as an alternative to business dynamics researchers. The major advantage of simulation is that organizational interactions and changing economic landscape can be visually simulated. Thus, this method helps explain complex and dynamic phenomena, i.e., disruption. Although computer simulation has long been a useful method applied in various disciplines, conducting business dynamics research using this technique has received less attention. This might be due to a lack of systematic knowledge gathering related to this subject. This article aims to fill this gap in order to take advantage of simulation by using computer for operations research.

Keywords: Computer Simulation, Disruption, Business Dynamics

¹ Assistant Professor, Ph.D., Faculty of Business Administration, Maejo University,
E-mail: cbaimai@gmail.com

บทนำ

เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์มีวิวัฒนาการมายาวนานและพัฒนาไปไกลกว่าศาสตร์ด้านอื่น (Santhitivanich, 2014) ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้อ้างอิงโดยปราศจากข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ หรือสามารถนำมาสรุปเป็นนัยทั่วไป (Generalization) เช่น กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วงที่ต่อยอดไปสู่การพิสูจน์ว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง หรือการค้นพบของไอสไตน์ที่พิสูจน์ได้ว่าแสงจะเบี่ยงเบนเป็นเส้นโค้งเมื่อเดินทางเข้าหาวัตถุที่มีมวลมากและเคลื่อนที่ช้า เป็นต้น จะเห็นได้ว่า ข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์เช่นที่กล่าวมาสามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หนึ่งได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังสามารถนำข้อค้นพบที่ได้ไปพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ดังนั้น การนำแนวคิดหรือเทคนิคทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้กับศาสตร์ที่กำลังอยู่ในช่วงของการพัฒนา เช่น สังคมศาสตร์ จะช่วยให้ช่องว่างระหว่างศาสตร์ทั้งสองลดลง และเป็นการเชื่อมต่อความรู้ข้ามศาสตร์และข้ามขอบเขตสาขาวิชา จนพัฒนาไปสู่การศึกษาเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary Studies) ที่ทำให้การแสวงหาความจริงครอบคลุมและรอบด้านมากยิ่งขึ้น

การบริหารธุรกิจเป็นสาขาวิชาหนึ่งในสายสังคมศาสตร์ที่เติบโตอย่างรวดเร็ว วิวัฒนาการของศาสตร์การบริหารธุรกิจดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจนมาถึงจุดเปลี่ยนที่สำคัญในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง จากการนำเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ประสบความสำเร็จในการสงครามมาประยุกต์ใช้กับการดำเนินธุรกิจ อย่างไรก็ตาม เทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในช่วงเวลานั้นมักเน้นไปที่การวิเคราะห์ระบบเชิงเส้น (Linear Systems) ที่บริหารการศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (Causality) และตัวแปรที่ศึกษามีความสัมพันธ์ที่ไม่แปรเปลี่ยนตามเวลา ในอดีตระบบเชิงเส้นจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธุรกิจ (Heizer, Render, & Munson, 2017) แต่ประเด็นสำคัญคือ ปรากฏการณ์หลายอย่างที่เกิดขึ้นในปัจจุบันไม่เป็นไปในลักษณะเช่นนั้น กล่าวคือ การดำเนินธุรกิจมีความไม่แน่นอนสูง เหมือนระบบที่ดำเนินไปอย่างไร้ระเบียบ หรือมีความอลวน (Chaos) เช่น การเกิดวิกฤตทาง

เศรษฐกิจ การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนา Covid-19 หรือปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน (Disruption) เป็นต้น ปรากฏการณ์เหล่านี้ล้วนเป็นสิ่งที่ท้าทายกรอบความคิดแบบเดิมที่เป็นอยู่ นั่นหมายความว่า วิธีคิดหรือเครื่องมือที่เคยใช้ได้ดีในอดีตหลายอย่างอาจไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างรวดเร็วในโลกปัจจุบัน

ในบริบททางธุรกิจ ลักษณะของความซับซ้อนที่เกิดขึ้นหลายอย่างยากที่จะอธิบายได้ด้วยวิธีการแบบดั้งเดิมที่นิยมใช้กันอยู่โดยทั่วไป เช่น การสร้างกรอบความคิดเชิงนามธรรม (Conceptual Framework) แล้วทดสอบสมมติฐานเพื่อสร้างตัวแบบความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา (Causal Models) หรือแม้กระทั่งการวิเคราะห์ด้วยสถิติขั้นสูง เช่น โมเดลสมการโครงสร้าง (Structural Equation Modeling) ที่แม้จะสามารถช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนอันเกิดจากความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันของหลายตัวแปร แต่วิธีดังกล่าวก็เป็นเพียงการตรวจสอบความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรโครงสร้างคงที่เท่านั้น (Hair, Hult, Ringle, & Sarstedt, 2016) นอกจากนี้ Bollen and Long (1993) ได้ให้ทัศนะเพิ่มเติมว่า โมเดลสมการโครงสร้างเป็นเทคนิคที่ใช้เพื่อยืนยันหรือเพื่อการทดสอบทฤษฎี (Theory Testing) มากกว่าเพื่อสร้างทฤษฎี (Theory Building)

อย่างไรก็ดี ความก้าวหน้าของวิทยาการทางคอมพิวเตอร์สามารถช่วยให้ความซับซ้อนที่เป็นพลวัตแสดงออกมาให้เห็นได้อย่างชัดเจนด้วยการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) กรณีศึกษาของ Baril, Gascon, Miller, and Cote (2016) พบว่า การจำลองระบบสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยในธุรกิจด้านสุขภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยให้นักวิจัยสามารถตอบคำถามที่ท้าทายและไม่สามารถใช้วิธีการแบบดั้งเดิมหาคำตอบได้ เช่น “ตัวแปรที่ศึกษามีปฏิสัมพันธ์กันในลักษณะเช่นใด?” หรือ “สภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วส่งผลกระทบต่อตัวแปรที่ศึกษาอย่างไรบ้าง?” การจำลองระบบจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดข้อจำกัดจากการใช้เทคนิคแบบเดิมที่กล่าวมาข้างต้น ถึงแม้จะมีงานวิจัยที่ใช้การจำลองระบบ แต่ส่วนใหญ่

จะเน้นการศึกษาด้านกระบวนการผลิตเป็นหลัก งานวิจัยเชิงธุรกิจด้านอื่น เช่น การใช้การจำลองระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการเรียนการสอน (Waehama, 2018) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อได้เปรียบของวิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ในการศึกษาพลวัตทางธุรกิจยังไม่แพร่หลายมากนัก (Rahmandad & Sterman, 2012) เหตุผลส่วนหนึ่งเป็นเพราะยังขาดการรวบรวมความรู้ และการเสนอแนวทางการวิจัยเชิงธุรกิจในหัวข้อดังกล่าวอย่างเป็นระบบ วัตถุประสงค์ของบทความนี้เพื่อลดข้อจำกัดต่าง ๆ ดังที่กล่าวมา โดยเนื้อหาในบทความจะเริ่มจากการอธิบายพื้นฐานของระบบโดยทั่วไปในช่วงแรก ก่อนจะลงลึกไปยังรายละเอียดของระบบที่ซับซ้อน และวิธีวิจัยที่ต้องอาศัยการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ช่วยในการพัฒนาทฤษฎีทางธุรกิจตามลำดับ

บททวนวรรณกรรม

1. ทฤษฎีระบบ (Systems Theory)

กระบวนการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับความจริงของมนุษย์มีมาอย่างช้านาน นับตั้งแต่สมัยโบราณที่นักปราชญ์ใช้การพิจารณาจากสามัญสำนึกและการบอกเล่า ซึ่งวิวัฒนาการมาจนถึงการใช้ตรรกะจากเหตุและผลในยุคแห่งความรู้แจ้ง (Age of Enlightenment) ซึ่งนับเป็นช่วงที่เกิดพัฒนาการด้านวิทยาการสมัยใหม่อย่างกว้างขวาง จนเกิดการค้นพบที่สำคัญหลายประการ เช่น การศึกษาการเคลื่อนที่ของสสารโดยทดลองปล่อยวัตถุสองชนิดที่มีรูปทรงเหมือนกันทำจากตะกั่วและไม้ของกาลิเลโอ จนต่อยอดไปสู่การค้นพบกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันในการอธิบายแรงที่กระทำต่อวัตถุ และพยากรณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุชิ้นหนึ่ง เป็นต้น ตัวอย่างที่กล่าวมาสะท้อนให้เห็นว่า การแสวงหาความรู้ในยุคแรกเป็นการใช้วิธีคิดแบบเส้นตรง (Linear Thinking) กล่าวคือ เป็นการวิเคราะห์หสิ่งใดสิ่งหนึ่งแบบแยกส่วนโดยพิจารณาเฉพาะกลไกการทำงานของสิ่ง ๆ นั้น ต่อมานักวิทยาศาสตร์เริ่มมีการเชื่อมโยงหลายสิ่งหลายอย่างเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

อย่างเป็นองค์รวม โดยที่องค์ประกอบในระบบมีความสัมพันธ์ต่อกัน และทำงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้

ในยุคเริ่มต้นผู้มีบทบาทสำคัญในการวางรากฐานของแนวคิดเชิงระบบคือ Stephen Pepper, Lawrence Henderson และ Walter Cannon ชุดความคิดของนักวิจัยในช่วงนั้น คือ ระบบประกอบด้วยกลุ่มขององค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์ต่อกันตามระเบียบ (Order) (Pepper, 1972) โดยเริ่มจากปัจจัยนำเข้า (Input) ผ่านกระบวนการแปรสภาพ (Conversion Process) เคลื่อนต่อไปยังปัจจัยส่งออก (Output) และมีกลไกควบคุมด้วยการไหลย้อนกลับ (Feedback) ไปที่จุดเริ่มต้นอีกครั้ง ระบบจะดำเนินการเป็นเส้นตรงวนซ้ำไปเช่นนี้อย่างต่อเนื่องในสภาวะที่สมดุล (Henderson, 1913) อย่างมีเสถียรภาพ (Cannon, 1929) ความก้าวหน้าของแนวคิดนี้พัฒนาอย่างต่อเนื่องไปจนถึงจุดที่ Bertalanffy (1968) สามารถพิสูจน์เป็นทฤษฎีระบบ อย่างไรก็ตาม แม้ทฤษฎีระบบจะสามารถนำไปใช้ได้ครอบคลุมในหลายมิติ แต่แนวคิดดังกล่าวก็มีข้อจำกัดเพราะใช้ได้กับเฉพาะระบบที่มีรูปแบบชัดเจน เข้าใจง่าย และภายในระบบมีองค์ประกอบไม่มากนัก (Asawaphum, 2016) นอกจากนี้ แต่ละองค์ประกอบต้องมีความสัมพันธ์กันอย่างตรงไปตรงมาในลักษณะเส้นตรงด้วย ต่อมาแนวคิดดังกล่าวยังถูกโต้แย้งว่าไม่เป็นจริงเสมอไป โดย Lukhnovskii and Golovko (1980) แย้งว่าเมื่อถึงจุดหนึ่งสภาวะสมดุลที่เป็นระเบียบในระบบจะเกิดความไร้เสถียรภาพ เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงในระบบที่ใกล้เคียงกันหรือใหญ่กว่า หรืออาจเกิดจากการนำกระบวนการใหม่เข้าไปแทรกแซงระบบเดิมเสียสมดุล ประเด็นดังกล่าวเกิดเป็นข้อถกเถียงอย่างกว้างขวาง แล้วพัฒนาต่อไปเป็นการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนกว่าในเวลาต่อมา

2. ระบบซับซ้อน (Complex Systems)

ระบบซับซ้อน คือ กลุ่มขององค์ประกอบย่อยที่พัฒนาไปอย่างไร้ระเบียบ (Disorder) และเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นแบบไม่เป็นเส้นตรง (Non-linear) จนกลายเป็นระบบใหม่ที่แตกต่างไปจากผลรวมขององค์ประกอบย่อยทั้งหมด หรือเกิดสิ่งที่เรียกว่า “การผุดบังเกิด” (Emergence) เนื่องจากผลที่เกิดจากองค์ประกอบหนึ่งส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบอื่นอย่างไม่มีแบบแผน

ผลลัพธ์ในระบบที่เกิดขึ้นใหม่จึงยากที่จะพยากรณ์ได้ถูกต้องด้วยทฤษฎีระบบแบบเดิม ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติหลายอย่างเป็นระบบซับซ้อน เช่น ระบบแม่เหล็กอสัณฐาน (Spin Glass) ของแม่เหล็กสถานะหนึ่งซึ่งประกอบด้วยอะตอมหลายตัว แต่ละตัวมีทิศทางของ “ตัวกำเนิดการหมุน” (สปิน) ได้ทั้งขึ้นและลง ทิศทางการสปินของแต่ละอนุภาคจึงเป็นตัวกำหนดพลังงานโดยรวมของระบบที่ลดลง หรือระบบความสัมพันธ์ระหว่างยีนต่าง ๆ ภายในโครโมโซมที่ส่งผลต่อวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ตัวอย่างระบบซับซ้อนในธรรมชาติแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ตัวอย่างระบบซับซ้อนในธรรมชาติ

คุณลักษณะ ที่ศึกษา	ตัวอย่าง		
	วิวัฒนาการ ของจีโนม	ระบบ ภูมิคุ้มกัน	ระบบสปินกลาส
ระบบ	จีโนม	ภูมิคุ้มกันแอนติบอดี- แอนติเจน	แม่เหล็กอสัณฐาน
องค์ประกอบ	ยีน	กรดอะมิโน	อะตอม
สถานะ	การกลาย ของยีน	สถานะของกรดอะมิโน 1 ใน 20 ชนิด	ทิศทางการหมุน (ขึ้นหรือลง) ของอะตอม
ประสิทธิภาพ ของระบบ	ภูมิภาพ ความ เหมาะสม (Fitness Landscape)	ความสามารถในการ จับตัว (สัมพรรคภาพ) ในแอนติบอดี (Affinity of an Antibody) ของแต่ละ แอนติเจน	พลังงานโดยรวม ที่ลดลงของระบบ

ที่มา: จากการวิเคราะห์ของผู้เขียน

จากตัวอย่างในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ทุกระบบที่กล่าวมาล้วนมีความซับซ้อนเกินกว่าการคิดแบบเชิงเส้นจะสามารถทำความเข้าใจได้ อย่างไรก็ตาม ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาไปจนถึงจุดที่สามารถใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ขั้นสูงมาช่วยอธิบายระบบที่ซับซ้อนเช่นนี้ โดยการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยการสุ่มซ้ำ ผนวกกับการนำเทคโนโลยีการจำลองทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการอธิบายความซับซ้อนที่เกิดขึ้น เทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ระบบการรอคิว (Queuing) ที่ข้อมูลของปัจจัยนำเข้ามีการแจกแจงแบบเอกโพเนนเชียล (Exponential Distribution) เทคนิคเกมปฏิบัติการ (Operational Gaming) เทคนิคการจำลองเชิงระบบ (Systems Simulation) หรือวิธีมอนติคาร์โล (Monte Carlo) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม จากเทคนิคทั้งหมดที่กล่าวมา มอนติคาร์โลเป็นเทคนิคพื้นฐานที่มีการประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูงและสามารถปรับใช้ได้กับตัวแบบจำลองที่หลากหลาย แต่วิธีมอนติคาร์โลก็จัดเป็นระบบสถิต (Static Systems) เพราะการเปลี่ยนแปลงสถานะของระบบไม่เกี่ยวข้องกับเวลา นอกจากนี้ สถานการณ์จำลองในระบบจะถูกสุ่มโดยเหตุการณ์ที่สุ่มแต่ละเหตุการณ์ไม่มีความเกี่ยวข้องกัน (Chan & Wong, 2006) ด้วยเหตุนี้จึงเกิดทางเลือกใหม่เพื่อแก้ไขจุดบกพร่องดังกล่าว ได้แก่ การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

3. การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

สภาพแวดล้อมในการบริหารธุรกิจปัจจุบันในหลายมิติมีความซับซ้อนคล้ายคลึงกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ในยุคแรก ๆ การบริหารธุรกิจอาจมีระดับของความซับซ้อนไม่มากนัก ดังจะเห็นได้จากทฤษฎีทางธุรกิจในช่วงต้นคริสต์ศักราช 1900 ที่เน้นไปที่การจัดการตามหลักวิทยาศาสตร์ เช่น การจัดสายการผลิตแบบต่อเนื่องของโรงงาน Ford รุ่น Model T ตามแนวคิดของ Frederick Taylor ที่สามารถลดการสูญเสียจากการเคลื่อนย้ายคน ทำให้สามารถช่วยลดเวลาในการประกอบรถยนต์จาก 720 ชั่วโมงเหลือเพียง 1.30 ชั่วโมง (Mae Fah Luang University, 2019) จนนำไปสู่รูปแบบการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ต่อมาหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในช่วงปี

ค.ศ. 1940-1960 มีการนำเทคโนโลยีที่ใช้ในสงครามมาผนวกกับหลักการวิจัยการดำเนินงาน (Operations Research) โดยเฉพาะการนำแบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming Model) มาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปัจจุบันธุรกิจส่วนใหญ่เชื่อมโยงกันมากขึ้นจากกระแสโลกาภิวัตน์ ทำให้เกิดการใช้ข้อได้เปรียบจากโซ่อุปทานในลักษณะที่สมาชิกในระบบล้วนมีความสัมพันธ์ต่อกัน การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการทำความเข้าใจความซับซ้อนเช่นนี้ได้ เพราะจุดเด่นของแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ คือ สามารถสร้างสถานการณ์เสมือนที่ไม่สามารถทดลองกับสถานการณ์จริงให้เกิดขึ้นมา เทคนิคการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้มี 3 แบบ ดังนี้

3.1 ระบบเชิงพลวัต (System Dynamics) เป็นระบบที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์สามารถค้นหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของตัวแปรทุกตัวในระบบว่าส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของระบบโดยรวมเช่นไร รูปแบบของความสัมพันธ์ที่ทำการศึกษามักเป็นกระบวนการที่แม้ไม่เป็นเส้นตรง แต่ก็มียูนิฟอร์มที่ดำเนินไปอย่างแน่นอน เช่น กระบวนการวนซ้ำต่อเนื่อง (Causal Loop) การเกิดการวนซ้ำที่ต่อเนื่องจะทำให้ระบบขยายตัว (Positive Loop) ในกรณีที่ค่าของตัวแปรเพิ่มขึ้น (Stock) เมื่อเทียบกับอัตราการเคลื่อนที่ (Flow) ขององค์ประกอบย่อยในระบบ หรือในทางตรงกันข้ามระบบอาจลดหลั่นลง (Negative Loop) ทั้งนี้การเพิ่มหรือลดของระบบขึ้นอยู่กับค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา อย่างไรก็ตาม แม้การจำลองด้วยระบบเชิงพลวัตจะทำให้ทราบกระบวนการที่ดำเนินไปภายในระบบ แต่วิธีนี้ก็ยังมีข้อจำกัด เพราะการวิเคราะห์มักไม่สามารถทราบปฏิสัมพันธ์ (Interactions) ของตัวแปรแต่ละตัว ดังนั้น วิธีการนี้จึงเหมาะสมกับงานวิจัยเพื่อทำความเข้าใจพฤติกรรมของระบบโดยรวม ตลอดไปถึงการตอบคำถามวิจัยว่า “ภายใต้เงื่อนไขใดที่จะทำให้ระบบเกิดการเปลี่ยนแปลงที่ไม่มีเสถียรภาพ” โดยทั่วไปการหาคำตอบในสภาพการเปลี่ยนแปลงของระบบในลักษณะเช่นนี้จะใช้สมการอนุพันธ์ (Differential Equations) เข้าช่วยอธิบาย

3.2 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithms) เป็นวิธีที่มีรากฐานมาจากชีววิทยา วัตถุประสงค์เพื่อค้นหาทางเลือกในการเติบโตของสิ่งมีชีวิตที่เหมาะสมที่สุด การวิเคราะห์ห้มีอ้างอิงหลักการคัดเลือกทางธรรมชาติ ด้วยกระบวนการ Variation-Selection-Retention โดยเริ่มจากการแปรผันทางพันธุกรรม (Genetic Variation) ซึ่งเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ ได้แก่ การกลายของยีน (Gene Mutation) และการเกิดครอสซิงโอเวอร์ (Crossing Over) ระหว่างยีนที่นำไปสู่การคัดเลือก (Selection) เกิดเป็นสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ใหม่ และโดยกลไกการสืบพันธุ์ (Reproduction) เพื่อส่งผ่านสายพันธุ์ที่ธรรมชาติคัดเลือกแล้วว่าเหมาะสมไปสู่รุ่นต่อไป (Retention) ด้วยกระบวนการวนซ้ำเช่นนี้ ท้ายที่สุดผู้ที่เหมาะสมที่สุดจะถูกคัดเลือกให้ดำรงอยู่ จะเห็นว่าการประเดิมหลักของวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการศึกษาวิวัฒนาการการปรับตัวของสิ่งมีชีวิต ลักษณะการดำเนินธุรกิจหลายแง่มุมก็คล้ายคลึงกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตในการปรับตัวเพื่อความอยู่รอด (Demil & Lecocq, 2010) วิธีเชิงพันธุกรรมจึงถูกประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลากหลายรูปแบบในเชิงธุรกิจ งานวิจัยที่ถูกอ้างอิงอย่างกว้างขวาง คือ การศึกษาที่ใช้หลักการคัดเลือกทางธรรมชาติเพื่อทำความเข้าใจว่า ในสภาพแวดล้อมการแข่งขันทางธุรกิจเช่นใดที่ทำให้องค์กรเกิดขึ้น เติบโต หรือตายจากไปในท้ายที่สุดของ Hanann and Freeman (1977)

3.3 ตัวแบบ NK (NK Model) เป็นแบบจำลองที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรเชิงสุ่ม หรือกระบวนการสโตคาสติก (Stochastic Process) โดยเป็นการสุ่มที่มีเรื่องของเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ตัวแบบ NK ตั้งเดิมของ Kauffman (1987) พัฒนาขึ้นมาเพื่อศึกษาวิวัฒนาการในระดับโมเลกุลในการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต โดยเป็นการตรวจสอบข้อมูลทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตหรือจีโนม (Genome) เนื่องจากจีโนมประกอบด้วยยีน (Gene) หรือ DNA จำนวนมากที่รวมกันเป็นโครโมโซม (Chromosome) ยีนทำหน้าที่กำหนดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การกลายของยีนจึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของกระบวนการเช่นนี้เป็นสิ่งสำคัญในการทำความเข้าใจวิวัฒนาการที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศ ตัวแบบ NK

สามารถจำลองความสัมพันธ์ของวิวัฒนาการที่กล่าวมาข้างต้น หรือเป็นการจำลองกระบวนการเกิดจีโนไทป์ (Genotype) หากพิจารณากระบวนการวิวัฒนาการเป็นระบบ ๆ หนึ่ง ตัวแบบ NK ก็เปรียบเสมือนการจำลองระบบที่ทุกองค์ประกอบย่อยมีปฏิสัมพันธ์ต่อกัน แต่องค์ประกอบต่าง ๆ อาจอยู่ในสถานะ (States) ที่ต่างกัน จากกระบวนการดังกล่าว Kauffman (1993) สามารถพิสูจน์ได้ว่า เมื่อค่า $K = 2$ และค่าความน่าจะเป็นของการสุ่ม $p = 0.5$ แล้ว คุณสมบัติทางสถิติของตัวแบบจะตรงกับลักษณะที่เกิดขึ้นในเซลล์ของที่มีชีวิต

ในเชิงเทคนิค การคำนวณด้วยวิธีเชิงพันธุกรรมใช้การผสมชุดคำตอบที่เหมาะสม แล้วเลือกคำตอบที่ดีกว่า เพื่อสร้างชุดคำตอบใหม่ที่ดีกว่าเดิมขึ้นไปเรื่อย ๆ ส่วนตัวแบบ NK เป็นวิธีการค้นหาแบบสุ่ม โดยใช้การเปรียบเทียบค่าที่คำนวณได้กับค่าอื่น ๆ ในบริเวณใกล้เคียง (Hill Climbing Technique) เพื่อปรับทิศทางการค้นหาจนเจอทางเลือกที่ดีที่สุด (Local Maxima) ตัวแบบ NK จึงมีข้อดี คือ สามารถใช้ชุดคำตอบเพียงชุดเดียวก็สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุด (Global Maxima) ของทั้งระบบได้ อย่างไรก็ตาม ตัวแบบ NK ก็มีข้อจำกัดเนื่องจากผู้สร้างตัวแบบเป็นผู้กำหนดทางเลือกให้กับระบบ ผลลัพธ์ที่ได้จึงอาจไม่ใช่ทางเลือกที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าจากการประมาณจึงจำเป็นต้องพิจารณาความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอย่างถี่ถ้วนด้วย

ตัวแบบ NK ถูกนำไปประยุกต์ใช้ใน 2 มิติหลัก คือ ด้านหนึ่งเพื่อการศึกษาด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะการพัฒนากระบวนการบูลีน (Boolean Networks) สำหรับคำนวณชุดข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ที่ผลลัพธ์เป็นไปได้ 2 แบบ (Binary Bits) คือ 0 และ 1 หรือในอีกมิติหนึ่งใช้อธิบายความสัมพันธ์ของสมาชิกในระบบวิวัฒนาการร่วม (Coevolution) จนระบบโดยรวมพัฒนาไปจนถึงจุดที่เหมาะสมที่สุดในบริบททางการบริหารธุรกิจจะเน้นไปที่วิวัฒนาการร่วมเป็นหลัก โดยวิวัฒนาการของระบบเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้กระทำ (Agents) ที่เป็นอิสระต่อกัน ตัวแบบ NK จึงเป็นแบบจำลองบนพื้นฐานพฤติกรรมผู้กระทำ (Agent-based Model) โดยมีผู้กระทำเป็นหน่วยวิเคราะห์ (Unit of Analysis) ที่เป็นไปได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับปัจเจกชน เช่น การทำความเข้าใจปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในทีม (Solow, Vairaktarakis, & Tsai,

2002) หรือระดับกลุ่ม เช่น การอธิบายความสัมพันธ์ของแผนกต่าง ๆ ภายในองค์กร (Leenawong & Maneechai, 2008) ไปจนถึงระดับองค์กร เช่น การสำรวจความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงองค์กรและพลศาสตร์ประชากร (Population Dynamics) (Levinthal, 1997) เป็นต้น ภายหลังจากได้มีการขยายขอบเขตการวิเคราะห์ให้กว้างขึ้นให้สามารถศึกษาวิวัฒนาการร่วมของสิ่งมีชีวิตหลายสปีชีส์เพื่อการดำรงพันธุ์ของเหยื่อและผู้ล่าในระบบนิเวศ โดยเพิ่มพารามิเตอร์ C ที่เกี่ยวกับปัจจัยภายนอกเข้าไปในตัวแบบ จนพัฒนาเป็นตัวแบบ NKC^1 (Kauffman, 1995) ในระยะต่อมา

ขั้นตอนการหาผลเฉลยของตัวแบบ $NK(C)^2$ (Leenawong & Maneechai, 2008)

1. เลือกระบบ x เป็นระบบตั้งต้นของระบบย่อยที่ 1 และระบบ y เป็นระบบตั้งต้นของระบบย่อยที่ 2 พร้อมคำนวณค่าประสิทธิผลของระบบ (x,y)
2. ทหาระบบย่อยอันใกล้เคียง x' ของระบบ x ทั้งหมด พร้อมคำนวณค่าประสิทธิผลของระบบ (x',y)
3. เลือกระบบ (x^*,y) ที่ให้ค่าประสิทธิผลสูงสุด
4. กำหนดให้ $x = x^*$
5. ทหาระบบย่อยอันใกล้เคียง y' ของระบบ x ทั้งหมด พร้อมคำนวณค่าประสิทธิผลของระบบ (x,y')
6. เลือกระบบพหุซับซ้อน (x,y^*) ที่ให้ค่าประสิทธิผลสูงสุด
7. กำหนดให้ $y = y^*$
8. ทำการคำนวณในขั้นตอนที่ 2 จนได้ระบบ (x,y) ที่เป็นระบบที่ได้ค่าประสิทธิผลสูงกว่าค่าประสิทธิผลของระบบที่เกิดจากระบบย่อยอันใกล้เคียงของระบบ x และระบบ y

ในขั้นตอนการคำนวณ เมื่อกำหนดให้ N คือ จำนวนสมาชิกในระบบ K คือ ระดับการปฏิสัมพันธ์ของสมาชิกในระบบ โดยกำหนดให้ระบบหนึ่งแทนด้วย

¹ ในการศึกษาพลวัตทางธุรกิจมักใช้หน่วยศึกษาระดับองค์กร (Firm Level) และกำหนดให้องค์กรเป็นเสมือนชุดของการตัดสินใจขององค์ประกอบย่อยที่เกี่ยวข้องกัน

² การวิเคราะห์ด้วยตัวแบบ $NK(C)$ สามารถใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณ เช่น Matlab, Python หรือ Sendero

เวกเตอร์ทวิภาค N เวกเตอร์ ถ้า x คือ ระบบที่เป็นไปได้ในตัวแบบ และผลลัพธ์ของระบบ x เป็นค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ทั้งหมดแล้ว ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งหมดแสดงได้ ดังสมการ (1)

$$f(x) = \sum_{i=1}^N \frac{f(x_i^K)}{N} \quad (1)$$

จากสมการ (1) พบว่า ตัวแบบดังกล่าวเป็นรูปแบบของการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดเชิงการจัด (Combinational Optimization) ที่มีค่า $f_i(x_i^K)$ เป็นผลลัพธ์ประกอบของระบบ x เพื่อแสดงผลลัพธ์ของสมาชิกตัวที่ i ภายในระบบ x ขณะที่สมาชิกตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับสมาชิกอื่น K ตัว โดยที่ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากเลขคู่ที่มีการแจกแจงรูปแบบช่วง $[0,1]$ และสัมพันธ์กับสมาชิกจำนวน $K+1$ ตัว ในการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ เมื่อทำการกำหนดเซตข้อมูล (Set of Data) เซตของผลเฉลยที่เป็นไปได้ (Set of Feasible Solution) และเซตของบล็อกโครงสร้าง (Set of Building Block) ได้แล้ว หากกำหนดค่า N และค่า K ($0 < K < N-1$) โดยที่ $\Phi: \{0,1\}^{K+1} \rightarrow R, i = 0, 1, \dots, N-1$ จะสามารถคำนวณหาประสิทธิภาพรวมของระบบได้ ดังสมการ (2)

$$\Phi(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \phi_i(x_i, \dots, x_{i+k}) \quad (2)$$

เมื่อ Φ คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบ

$\phi_i(x)$ คือ ประสิทธิภาพที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ

R คือ เลขคู่ที่มีการแจกแจงรูปแบบช่วง $[0,1]$

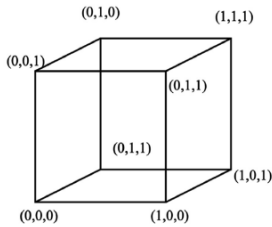
จากสมการ (2) เมื่อแทนค่าตัวแปรทุกตัวในตัวแบบ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของเวกเตอร์ที่เคลื่อนที่ไปยังทิศทางต่าง ๆ เริ่มจากระบบตั้งต้นแล้วได้ตามย่านใกล้เคียงไปเรื่อย ๆ (Hill Climbing) โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์จะมีลักษณะของการไต่ขึ้นไปยังสมาชิกที่มีค่าสัมประสิทธิ์สูงกว่าระบบตั้งต้นที่ละหนึ่งตำแหน่ง หรือเกิดเป็นกระบวนการแทนที่หนึ่งตำแหน่ง (One Replacement Process) ลักษณะการเคลื่อนตัวของเวกเตอร์ที่เกิดขึ้นอย่าง

ต่อเนื่องนี้ เมื่อนำมาสร้างเป็นเส้นกราฟจะเกิดพื้นที่ต่างระดับที่มีความสูงต่ำแตกต่างกันไป หรือเกิดเป็นพื้นผิวขรุขระ (Rugged Landscape) ภาพที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของทุกเวกเตอร์ในระบบจะเป็นตัวกำหนดสิ่งที่เรียกว่า ภูมิภาคความเหมาะสม (Fitness Landscape) โดยสามารถคำนวณหาค่าที่ทำให้ระบบโดยรวมเกิดประสิทธิภาพสูงสุด (Global Optimal Solution) ได้ ดังสมการ (3)

$$\max \{\Phi(x) \mid x \in \{0,1\}^N\} \quad (3)$$

จากสมการ (3) พบว่า เป็นการยากที่จะได้คำตอบที่แน่นอนจากค่า \emptyset_i ในทางปฏิบัติจึงต้องใช้ตัวเลขสุ่มในการคำนวณค่า $\emptyset_i(.)$ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ตัวแบบที่สร้างขึ้นมาเข้าเงื่อนไขของการแก้ปัญหาในรูปแบบ NP-complete ซึ่งไม่มีขั้นตอนของวิธีที่มีเวลาเป็นพหุนามเข้ามาเกี่ยวข้อง (Solow, Burnetas, Tsai, & Greenspan, 1999) และยังทำให้การคำนวณจัดเป็นการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic Optimization)

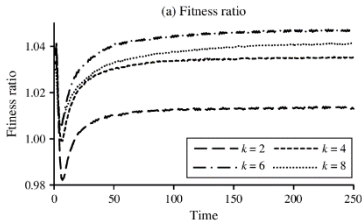
ส่วนผลลัพธ์ (Output) จากการคำนวณสามารถแสดงลักษณะของภูมิภาคความเหมาะสมได้ 4 รูปแบบ ดังแสดงในภาพที่ 1 ได้แก่ ระบบ Boolean Cube (ก) ระบบเมทริกซ์ (ข) กราฟแนวระนาบ (ค) และภาพกราฟิกสามมิติ (ง)



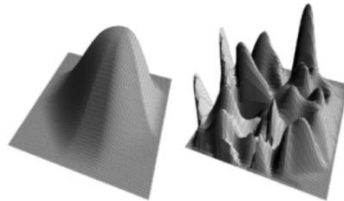
(ก) Boolean Cube (N=3, K=2)
ที่มา: Khraisha (2020)

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \\ & 1 & 1 & \\ 1 & & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

(ข) ระบบเมทริกซ์ (N=5, K=2)
ที่มา: Ganco and Hoetker (2009)



(ค) กราฟแนวระนาบ
(K=2, K=4, K=6, K=8)
ที่มา: Jain and Kogut (2014)



(ง) ภาพกราฟฟิกสามมิติ
(ค่า K ต่ำ, ค่า K สูง)
ที่มา: Csaszar (2018)

ภาพที่ 1 ภูมิภาคความเหมาะสมของตัวแบบ NK ในรูปแบบต่าง ๆ

การสร้างทฤษฎีทางธุรกิจด้วยวิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

ทฤษฎี คือ โครงสร้างระบบที่ใช้เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์หนึ่ง โครงสร้างดังกล่าวประกอบด้วย ชุดความสัมพันธ์ของตัวแปรนามธรรม (Constructs) ที่เชื่อมโยงกันเป็นประพจน์ (Propositions) อย่างมีตรรกะ (Logical Arguments) ภายใต้สันนิษฐาน (Assumptions) หรือขอบเขต (Boundary) ที่กำหนดไว้ การสร้างทฤษฎีขึ้นอยู่กับกระบวนการทัศน์ของผู้วิจัยว่า มองสิ่งนั้นด้วยมุมมองใด ระหว่างมุมมองทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Science) ที่เชื่อว่าความจริงมีเพียงหนึ่งเดียว การใช้เหตุผลครุ่นคิดอย่าง

รอบคอบจะทำให้ค้นพบความจริงนั้น หรือมุมมองทางสังคมศาสตร์ (Social Sciences) ที่เชื่อว่าความจริงมีหลากหลายและเปลี่ยนแปลงไปตามบริบทที่ศึกษา มุมมองที่ต่างกันนี้ทำให้การพัฒนาทฤษฎีของศาสตร์ทั้งสองต่างกัน โดยทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มักพัฒนาด้วยวิธีนรนัย (Deduction) ด้วยการทดลองหลาย ๆ ครั้งแล้วหาข้อสรุปที่เกิดขึ้นร่วมกัน ส่วนทางสังคมศาสตร์มักใช้วิธีอุปนัย (Induction) จากการสำรวจเหตุการณ์หนึ่ง แล้วขยายผลสรุปไปยังกรณีอื่น อย่างไรก็ตาม ธรรมชาติของสังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมีความแตกต่างกันทั้งด้านภววิทยา (Ontology) และญาณวิทยา (Epistemology) ทำให้ผู้วิจัยมองโลกและความเป็นจริงต่างกัน จึงมักใช้วิธีวิทยา (Methodology) ที่แตกต่างกันไปด้วย

โดยทั่วไปการพัฒนาทฤษฎีทางสังคมศาสตร์เริ่มด้วยวิธีอุปนัย จากการศึกษาลักษณะที่ไม่มีผู้ศึกษา เมื่อมีการรวบรวมข้อมูลจากหลายกรณีที่คล้ายคลึงกัน จึงสามารถใช้วิธีนรนัยเพื่อตรวจสอบ แล้วพัฒนาต่อยอดจนเป็นทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ ในกรณีทฤษฎีที่พัฒนาไปถึงขั้นสูง ข้อค้นพบอาจก้าวไปในระดับที่สามารถใช้พยากรณ์ (Predictability) เช่น ทฤษฎีต้นทุนธุรกรรม (Transaction Cost Theory) ที่มีนิยามของตัวแปรชัดเจน และผ่านการพิสูจน์ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์มากพอที่จะสรุปเป็นนัยทั่วไปได้ อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีทางธุรกิจส่วนใหญ่ยังพัฒนาไปไม่ถึงจุดดังกล่าว การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เหมาะสำหรับการสร้างหรือพัฒนาทฤษฎีที่มีผู้คิดค้นและพิสูจน์มาแล้วในระดับหนึ่ง หรือมีการศึกษาเชิงอุปนัยบ้างแล้ว แต่ยังคงขาดการศึกษาที่สามารถช่วยเพิ่มเติมรายละเอียดให้กับทฤษฎีนั้น งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2

งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์

ผู้เขียน	รายละเอียดการศึกษา	เทคนิค
Levinthal (1997)	ผู้วิจัยตรวจสอบความสัมพันธ์ของกระบวนการเปลี่ยนแปลงระดับองค์กรและการคัดเลือกประชากร จากการจำลองระบบพบว่า ลักษณะการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงขององค์กรขึ้นอยู่กับรูปแบบการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์กร กล่าวคือ องค์กรที่มีรูปแบบปฏิสัมพันธ์แน่น (Tightly Coupled) จะมีอัตราล้มเหลวสูงในสภาพแวดล้อมที่ผันผวน ในขณะที่องค์กรที่มีรูปแบบปฏิสัมพันธ์อย่างหลวม ๆ (Loosely Coupled) จะปรับตัวได้ดีกว่า	ตัวแบบ NK
Sastry (1997)	ผู้วิจัยต่อยอดทฤษฎีการเว้นวรรคของดุลยภาพ (Punctuated Equilibrium Theory) ³ ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น จากการจำลองระบบเชิงพลวัตพบว่า ควรเพิ่มตัวแปรอีกสองตัวเข้าไปในทฤษฎีเดิม นั่นคือ ความเหมาะสมขององค์กรและสภาพแวดล้อม (Organization-environment Fit) และช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนแปลงองค์กร (Trial-period Routine) ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยทั้งสองมีผลต่อความอยู่รอดขององค์กรในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในลักษณะของระบบที่ลัดหลัง (Negative Loop)	ระบบเชิงพลวัต

ที่มา: จากการศึกษาวรรณกรรมของผู้เขียน

³ ทฤษฎีการเว้นวรรคของดุลยภาพ กล่าวว่า กระบวนการเปลี่ยนแปลงองค์กรจะเกิดขึ้นทีละเล็กละน้อย และจะดำเนินไปจนเกิดการหยุดชะงักหรือเว้นวรรค จนระบบเปลี่ยนแปลงไป

ตารางที่ 2

งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ผู้เขียน	รายละเอียดการศึกษา	เทคนิค
Rivkin (2001)	ผู้วิจัยตรวจสอบว่า ความซับซ้อนเชิงกลยุทธ์ (Strategic Complexity) ที่ประสบความสำเร็จจะส่งผลให้คู่แข่งไม่สามารถลอกเลียนแบบกลยุทธ์นั้น ๆ ได้หรือไม่ ในงานวิจัยนี้ความซับซ้อนเชิงกลยุทธ์วัดได้จากสองด้าน คือ จำนวนองค์ประกอบในกลยุทธ์ และปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น ผลการจำลองระบบสรุปได้ว่า ความซับซ้อนเชิงกลยุทธ์ในระดับปานกลางเป็นจุดที่เหมาะสมที่สุด	ตัวแบบ NK
Davis, Eisenhardt, and Bingham (2007)	ผู้วิจัยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบของโครงสร้าง และประสิทธิภาพขององค์กรในสภาพแวดล้อมที่เป็นพลวัต ผลการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองมีลักษณะเป็นกราฟรูปร่างคล้ายตัว U กลับด้าน (Inverted U-shaped) แต่รูปแบบของความสัมพันธ์ดังกล่าวมีลักษณะไม่สมมาตร เนื่องจากปัจจัยด้านความไม่แน่นอน (Unpredictability) ของสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา กล่าวคือ ในกรณีที่มีความไม่แน่นอนสูง จะพบโครงสร้างที่ดีที่สุด (Optimal Structure) แต่เมื่อสภาพแวดล้อมสามารถคาดเดาได้ (ความไม่แน่นอนต่ำ) จะเกิดโครงสร้างที่ดีที่สุดหลายที่	กระบวนการ สโตคาสติก

ที่มา: จากการศึกษาวรรณกรรมของผู้เขียน

ตารางที่ 2

งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ผู้เขียน	รายละเอียดการศึกษา	เทคนิค
Ganco and Agarwal (2009)	ผู้วิจัยพบว่า บริษัทใหม่จากการระดมทุน (Entrepreneurial Start-ups) และบริษัทใหม่ที่มีฐานจากธุรกิจเดิม (Diversifying Entrants) มีผลการดำเนินงานต่างกันในสภาพแวดล้อมที่ผันผวน กล่าวคือ บริษัทใหม่ที่มีฐานจากธุรกิจเดิมมีผลการดำเนินงานดีกว่าในช่วงที่สภาพแวดล้อมที่มีความผันผวนสูง แต่ในช่วงอินบริษัทใหม่ที่จัดตั้งจากกิจกรรมระดมทุนมีผลการดำเนินงานดีกว่า	ตัวแบบ NKC
Keyhani, Lévesque, and Madhok (2013)	ผู้วิจัยพบว่า ภายใต้การแข่งขันที่สมบูรณ์จะมีค่าเช่าทางเศรษฐกิจ ⁴ (Economic Rent) แบบพิเศษเกิดขึ้น คือ “ค่าเช่าของผู้ประกอบการ” (Entrepreneurial Rent) ที่ทำให้เกิดความไม่สมดุลในตลาดตามทฤษฎีเศรษฐกิจออสตรีอัน ⁵ จากการจำลองระบบให้เกิดตลาด 3 แบบ คือ (1) ตลาดสมดุล (2) ตลาด Kirznerian และ (3) ตลาด Schumpeterian แล้วเปรียบเทียบค่าเช่าทั้งสองแบบ พบว่า ค่าเช่าของผู้ประกอบการทำให้เกิดผลทางเศรษฐกิจสูงสุด	แบบเชิงพลวัต

ที่มา: จากการศึกษาวรรณกรรมของผู้เขียน

⁴ ค่าเช่าทางเศรษฐกิจหรือกำไรเกินปกติ คือ ผลตอบแทนส่วนเกินที่ตกแก่เจ้าของปัจจัยการผลิต ซึ่งเป็นอัตราผลตอบแทนที่สูงกว่าผลตอบแทนปกติ (หรือต้นทุนเสียโอกาส) ที่เจ้าของธุรกิจจะได้รับ โดยถือสภาพของตลาดแข่งขันเป็นเกณฑ์ตามปกติ เช่น ค่าเช่าในการผูกขาด (Monopoly Rents) หรือค่าเช่าเพื่อการเรียนรู้ (Rents for Learning) เป็นต้น

⁵ เศรษฐศาสตร์ออสตรีอัน มีมุมมองว่า กลไกการตลาดที่มีดุลยภาพเป็นเพียงสถานการณ์ชั่วคราว แต่ตลาดที่แท้จริงจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากผู้มีเงิน (Kirznerian Approach) (Kizner, 1973, 1997) หรือแม้แต่ขณะตลาดอยู่ในภาวะสมดุล ผู้ประกอบการสามารถสร้างโอกาสให้เกิดขึ้นมาเอง ได้จากการตัดสินใจนวัตกรรมใหม่ (Schumpeterian Approach) (Schumpeter, 1934) ซึ่งผู้ประกอบการสามารถหาไรส่วนเกินจากกลไกที่ไม่สมดุลเช่นกันได้

ตารางที่ 2 งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (ต่อ)	ผู้เขียน	รายละเอียดการศึกษา	เทคนิค
	Capaldo and Giannoccaro (2015)	ผู้วิจัยศึกษาอิทธิพลของ “โครงสร้างโซ่คุณค่าที่มีองค์ประกอบย่อยที่สัมพันธ์กัน” ⁶ (Supply Chain Interdependence Structure) ที่มีต่อ “ระดับความน่าเชื่อถือ” (Network-Level Trust) ในระบบโซ่คุณค่า ผู้วิจัยออกแบบงานวิจัยให้เกิดระบบปรับตัวซับซ้อน (Complex Adaptive Systems) แล้วใช้ตัวแบบ NK จำลองของระบบโซ่คุณค่าและพบว่า โซ่คุณค่าที่มีองค์ประกอบภายในสัมพันธ์กันมากขึ้น จะทำให้ความน่าเชื่อถือที่มีต่อกันของสมาชิกลดลง	ตัวแบบ NK
	Roundy, Bradshaw, and Brockman (2018)	ผู้วิจัยเสนอแนวคิดเรื่อง “ระบบนิเวศของผู้ประกอบการใหม่” (Entrepreneurial Ecosystems) โดยมองว่า ระบบนิเวศของผู้ประกอบการใหม่เป็นระบบที่ไม่สัมพันธ์กันในเชิงเส้นตรง ดังนั้น การทำความเข้าใจระบบดังกล่าวสามารถทำได้ชัดเจนมากขึ้นด้วยภาคมองระบบนิเวศของผู้ประกอบการใหม่เป็นระบบปรับตัวที่ซับซ้อน ความซับซ้อนภายในระบบเช่นนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกัน 3 ประการ ได้แก่ (1) ความตั้งใจของผู้ประกอบการ (2) ความสอดคล้องของกิจกรรมของผู้ประกอบการ และ (3) ทรัพยากรที่ใส่เข้าไปในระบบ แนวคิดดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้จากวิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์	เอกสารเชิงหลักการ

ที่มา: จากการศึกษาของนักวิจัย

⁶ Interdependence ในกรอบการวิเคราะห์นี้ หมายถึง ระบบและองค์ประกอบย่อยในระบบมีผลกระทบซึ่งกันและกัน

ตารางที่ 2

งานวิจัยพลวัตทางธุรกิจที่ใช้วิธีการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ (ต่อ)

ผู้เขียน	รายละเอียดการศึกษา	เทคนิค
Welter and Kim (2018)	ผู้วิจัยศึกษารูปแบบของ “พฤติกรรมที่ตัดสินใจของผู้ประกอบการใหม่” ⁷ (Effectuation) และ “พฤติกรรมที่ตัดสินใจของธุรกิจโดยทั่วไป” (Causation) เพื่อทดสอบว่า การตัดสินใจในลักษณะใดจะมีประสิทธิภาพดีกว่ากัน ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีความไม่แน่นอนและมีความเสี่ยงสูง ผู้วิจัยใช้เทคนิคการจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ในการสร้างรูปแบบการตัดสินใจทั้งสองแบบภายใต้สภาพแวดล้อมที่ผันผวน และได้ข้อสรุปว่า พฤติกรรมที่ตัดสินใจของผู้ประกอบการใหม่จะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ในกรณีที่สามารถแวดล้อมต้นผวนและมีความเสี่ยง	ตัวแบบ NK

ที่มา: จากการศึกษาวรรณกรรมของผู้เขียน

⁷ พฤติกรรมที่ตัดสินใจของผู้ประกอบการใหม่ (Effectuation) (Sarasvathy, 2001) มักจะมีเหตุผลแตกต่างจากการก่อตั้งธุรกิจโดยทั่วไป กล่าวคือ การตัดสินใจเริ่มธุรกิจใหม่โดยทั่วไป (Causation) (Chandler et al., 2011) มักจะเริ่มจากการกำหนดเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการตัดสินใจจากผู้อื่น เช่น กรรมการบริหารหรือผู้บริหารระดับสูงภายในองค์กร เป็นต้น จากนั้นจึงวางแผนหรือกำหนดกลยุทธ์ต่าง ๆ เพื่อหามาตรังให้ไปถึงเป้าหมายที่วางไว้ แต่พฤติกรรมที่ตัดสินใจเริ่มธุรกิจของผู้ประกอบการใหม่ (Effectuation) ส่วนใหญ่จะเริ่มธุรกิจจากสิ่งที่กำลังคิดหรือมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ หลังจากนั้นก็หาวิธีการพัฒนาธุรกิจให้เติบโต ภายใต้ความเสี่ยงและความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ใช้กับหน่วยศึกษาระดับปัจเจกในช่วงแรกของพัฒนาการ ระยะต่อมาหน่วยศึกษามักเน้นไปที่ระดับองค์กร วิธีที่นิยมใช้แพร่หลายคือ ตัวแบบ NK ที่มีวิวัฒนาการมาจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและระบบเชิงพลวัต โดยที่ตัวแบบ NK เป็นการพิจารณาปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในระบบ ส่วนระบบเชิงพลวัตเป็นการมองภาพรวมของทั้งระบบจากภูมิทัศน์ที่เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ตาม ตัวแบบ NK มีการพัฒนาให้สามารถวิเคราะห์สภาพแวดล้อมพร้อมกับการปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบพร้อม ๆ กันไปโดยใช้ตัวแบบ NK การประยุกต์ใช้ทุกตัวแบบที่กล่าวมากับการดำเนินธุรกิจโดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาในบริบทที่เกี่ยวข้องกับการเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneurship) หรือการกำเนิดของธุรกิจใหม่ (Startup) เพราะรูปแบบของธุรกิจประเภทนี้ส่วนใหญ่มีก่อก่อตัวในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงเร็ว (สามารถแทนได้ด้วยค่าพารามิเตอร์ C)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้การจำลองระบบเพื่อพัฒนาทฤษฎีธุรกิจ เช่น Limphaibool, Chaisuwan, and Buranapin (2019) เสนองานวิจัยคุณภาพจากการสอบถามประสบการณ์ของผู้บริหารวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) และได้ข้อสรุปว่า ธุรกิจ SMEs มีลักษณะของการปรับตัว หรือภาวะธำรงสภาพองค์กร (Organization Resilience) ที่แตกต่างกันไปในการนำพาองค์กรให้ผ่านพ้นวิกฤตการณ์จนกลับเข้าสู่สภาวะปกติ ในกรณีนี้สภาพแวดล้อมที่วิกฤตสามารถจำลองออกมาได้ด้วยคอมพิวเตอร์โดยใช้เทคนิคระบบเชิงพลวัต ผลการวิเคราะห์จะเป็นงานวิจัยเชิงปริมาณที่ทำให้ผลสรุปจากการศึกษาเชิงคุณภาพในช่วงแรกชัดเจนมากขึ้น เป็นต้น หรือแม้แต่งานวิจัยที่เป็นเชิงปริมาณอยู่แล้ว เช่น การศึกษาการขยายตัวขององค์กรใหม่ในธุรกิจภาคการเกษตรไทยของ Yanpiboon, Popaitoon, and Songsrirote (2019) โดยทดสอบด้วยสมการโครงสร้างพบว่า ระดับของการเชื่อมโยงทางเครือข่ายมีผลต่อการเป็นผู้ประกอบการและการสร้างนวัตกรรมอย่างมีนัยสำคัญ ในลักษณะเช่นนี้ การจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยตัวแบบ NK จะสามารถตรวจสอบได้ว่า ระดับของการเชื่อมโยงที่ต่างกัน (ค่าพารามิเตอร์ K) จะส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของผู้ประกอบการแบบต่าง ๆ ในลักษณะเช่นไร

และจะเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าวให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
เป็นต้น

นอกจากนี้ การศึกษาภายใต้ความผันผวนในบริบทที่แตกต่างออกไป
เช่น การศึกษาองค์กรในสภาวะผันผวนในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจ หรือในช่วงการ
เปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยีจากระบบแอนะล็อกไปสู่ระบบดิจิทัล (Digital
Disruption) จะเป็นการขยายขอบเขตความรู้ด้านการบริหารธุรกิจ ในภาวะ
วิกฤตได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบงานวิจัยที่ใช้การจำลองระบบเพื่อ
ศึกษาพลวัตทางธุรกิจจากการเก็บข้อมูลภายในประเทศไทย หรือการใช้หน่วย
ศึกษาระดับอุตสาหกรรมและระดับประเทศ การศึกษาประเด็นดังกล่าวจะเป็น
การเติมเต็มองค์ความรู้ทางการบริหารธุรกิจที่ขาดหายไปให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เป้าหมายของศาสตร์ทุกแขนงวิชา คือ การสร้างความรู้ที่สะสมต่อเนื่อง
จนพัฒนาเป็นกฎทั่วไป (General Law) เพื่อแสวงหาความจริงที่ปรากฏตามเหตุ
และผลโดยไม่ขึ้นกับเวลาและสถานที่ สังคมศาสตร์เป็นความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ
แง่มุมต่าง ๆ ของมนุษย์ในลักษณะของปัจเจกชน กลุ่มคนหรือองค์กร งานวิจัย
ทางสังคมศาสตร์ รวมถึงการบริหารธุรกิจ ส่วนใหญ่ใช้การรับรู้ของผู้คน
(Perception) ผ่านแบบสอบถาม เพื่อสร้างตัวแบบของความสัมพันธ์ที่อธิบาย
เชิงเหตุและผล (Causal Model) หรืออธิบายความเชื่อมโยงเชิงโครงสร้าง
(Structural Model) แล้วตีความหมาย (Interpretism) จนได้ข้อสรุปในสิ่งที่
ศึกษา วิธีการดั้งเดิมทั้งสองแบบได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันมายาวนาน
อย่างไรก็ดี ธรรมชาติของการบริหารธุรกิจมีความซับซ้อนเป็นพลวัต ในทัศนะ
ของผู้เขียน แม้ภาววิทยาทางสังคมศาสตร์เชื่อว่าความจริงเปลี่ยนแปลงไปตาม
บริบทที่ศึกษา แต่มุมมองที่เชื่อว่าที่มาของความรู้เกิดจากการพิสูจน์ความจริง
(Verification) ด้วยการสังเกตปรากฏการณ์โดยตรง หรือ “ประจักษ์นิยม”
(Positivism) มีความสำคัญ เพราะเป็นการยากที่เครื่องมือวัดการรับรู้โดยเฉพาะ
แบบสอบถาม จะตรวจวัดความเคลื่อนไหวที่เป็นพลวัตได้ นอกจากนี้ การดำเนิน
ธุรกิจขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและสถานที่ และมีปัจจัยมหภาคกระทบอยู่ตลอดเวลา
ทำให้การพัฒนาความรู้ทางการบริหารธุรกิจไม่สามารถใช้วิธีการทดลอง
เช่นเดียวกับวิทยาศาสตร์ธรรมชาติได้ ฉะนั้น พัฒนาการทางความรู้ทางการ

บริหารธุรกิจจะเกิดขึ้นหากมีการบูรณาการมุมมองในการตีความหมายและแบบ
ประจักษ์นิยมเข้าด้วยกัน กล่าวคือ ใช้การตีความหมายของระบบในภาพรวม
และพิจารณารายละเอียดขององค์ประกอบในระบบไปในขณะเดียวกัน
เนื่องจากรายละเอียดจะกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในภาพรวม ส่วนภาพรวมก็
จะสะท้อนให้เห็นรายละเอียดใหม่ที่เกิดขึ้นด้วย ดังนั้น นักวิจัยทางธุรกิจต้องการ
เครื่องมือที่แตกต่างในการทำความเข้าใจหรืออธิบายปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่
เกิดขึ้น วิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นทางเลือกหนึ่งเพื่อเติมเต็มใน
ประเด็นดังกล่าว

สรุป

วิธีจำลองระบบด้วยคอมพิวเตอร์เป็นประโยชน์ที่จะนำมาประยุกต์ใช้
กับงานวิจัยพลวัตทางธุรกิจ แม้การจำลองระบบจะเป็นวิธีที่ใช้การคำนวณ
ค่อนข้างมากและใช้เวลานานในการแสดงผลลัพธ์ แต่ด้วยความก้าวหน้าของ
วิทยาการคอมพิวเตอร์ทำให้การคำนวณลดเวลาในการดำเนินการได้มาก
เทคนิคนี้จึงเริ่มเป็นทางเลือกหนึ่งที่นักวิจัยทางธุรกิจให้ความสนใจในปัจจุบัน
จุดเด่นของวิธีจำลองระบบ คือ สามารถช่วยอธิบายและทำความเข้าใจรูปแบบ
การเปลี่ยนแปลงหรือการปรับตัวของปัจเจกชน กลุ่มคนหรือองค์กร ในลักษณะ
ที่ตัวแปรทุกตัวมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ขอบเขตของการ
วิเคราะห์ยังสามารถขยายกว้างออกไปถึงสภาพแวดล้อมที่มีความซับซ้อนเป็น
พลวัตได้อีกด้วย ด้วยข้อได้เปรียบของวิธีจำลองระบบ เนื้อหาที่กล่าวมาตลอด
บทความนี้จึงมุ่งเสนอรายละเอียดของวิธีวิจัยโดยการใช้เทคนิคนี้ รวมไปถึงการ
สำรวจงานวิจัยที่ใช้ข้อได้เปรียบของการจำลองระบบเป็นตัวหลักในการ
ดำเนินการวิจัยทางธุรกิจ โดยสรุปจะเห็นว่า นักวิจัยสามารถประยุกต์ใช้เทคนิค
นี้ในการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ซับซ้อนได้ลึกซึ้งขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การหา
ข้อเสนอนั้นในการปรับตัวของธุรกิจให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอย่าง
ฉับพลัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญของการบริการธุรกิจในยุคปัจจุบัน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณกองบรรณาธิการและผู้ทรงคุณวุฒิที่มีได้เปิดเผยนามทั้งสองท่าน ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของบทความนี้ให้สมบูรณ์ขึ้น และขอขอบคุณคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการเขียนบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

- Asawaphum, S. (2016). Systematic theory thinking and educational administration. *Buabandit Journal of Educational Administration*, 16(2), 1-12.
- Baril, C., Gascon, V., Miller, J., & Cote, N. (2016). Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: a case study in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 249(1), 327-339.
- Bertalanffy, L. (1968). *General system theory: foundations, development, applications*. New York: George Braziller.
- Bollen, K., & Long, S. (1993). *Testing structural equation models*. Newbury Park, California: Sage Publications.
- Cannon, W. (1929). Organization for physiological homeostasis. *Physiological Reviews*, 9(3), 399-431.
- Capaldo, A., & Giannoccaro, I. (2015). Interdependence and network-level trust in supply chain networks: a computational study. *Industrial Marketing Management* 44(1), 180-195.
- Chan, N., & Wong, H. (2006). *Simulation techniques in financial risk management*. New Jersey: Wiley.

- Chandler, G., DeTienne, D., McKelvie, A., & Mumford, T. (2011). Causation and effectuation processes: a validation study. *Journal of Business Venturing, 26*(3), 375-390.
- Csaszar, F. (2018). A note on how NK landscapes work. *Journal of Organization Design, 7*(15), 1-6. Retrieved January 9, 2019, from <https://doi.org/10.1186/s41469-018-0039-0>
- Davis, J., Eisenhardt, K., & Bingham, C. (2007). *Complexity theory, market dynamism, and the strategy of simple rules*. Working paper, Stanford Technology Ventures Program, Stanford, CA: Stanford University.
- Demil, B., & Lecocq, X. (2010). Business model evolution: in search of dynamic consistency. *Long Range Planning, 43*(2), 227-246.
- Ganco, M., & Agarwal, R. (2009). Performance differentials between diversifying entrants and entrepreneurial start-ups: a complexity approach. *Academy of Management Review, 34*(2), 228-252.
- Ganco, M., & Hoetker, G. (2009). *NK modeling methodology in the strategy literature: bounded search on a rugged landscape*, in Donald D. Bergh, David J. Ketchen (ed.) *Research Methodology in Strategy and Management* (Volume 5), Emerald Group Publishing Limited, 237-268.
- Hair, J., Hult, G., Ringle, C., & Sarstedt, M. (2016). *A primer on partial least squares structural equation modeling*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Hannan, M., & Freeman, J. (1977). The population ecology of organizations. *American Journal of Sociology, 82*(5), 929-964.

- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2017). *Operations management: sustainability and supply chain management (12th ed.)*. Essex, UK: Pearson Education.
- Henderson, L. (1913). *The fitness of the environment: an inquiry into the biological significance of the properties of matter*. New York: Macmillan.
- Jain, A., & Kogut, B. (2014). Memory and organizational evolvability in a neutral landscape. *Organization Science*, 25(2), 479-493.
- Kauffman, S. (1987). Towards a general theory of adaptive walks on rugged landscapes. *Journal of Theoretical Biology*, 128(1), 11-45.
- Kauffman, S. (1993). *The origins of order: self-organization and selection in evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995). *At home in the universe*. Oxford: Oxford University Press.
- Keyhani, M., Lévesque, M., & Madhok, A. (2013). Toward a theory of entrepreneurial rents: a simulation of the market process. *Strategic Management Journal*, 36(1), 76-96.
- Khraisha, T. (2020). Complex economic problems and fitness landscapes: assessment and methodological perspectives. *Structural Change and Economic Dynamics*, 52, 390-407.
- Kirzner, I. (1973). *Competition and entrepreneurship*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Kirzner, I. (1997). Entrepreneurial discovery and the competitive market process: an Austrian approach. *Journal of Economic Literature*, 35(1), 60-85.

- Leenawong, N., & Maneechai, S. (2008). Mathematical model and simulation for multiple complex systems. *University of the Thai Chamber of Commerce Journal*, 28(1), 48-65.
- Limphaibool, W., Chaisuwan, C., & Buranapin, S. (2019). A critical incident analysis from experiences of executives on organizational resilience. *Chulalongkorn Business Review*, 41(4), 87-114.
- Levinthal, D. (1997). Adaptation on rugged landscapes. *Management Science*, 43(7), 934-950.
- Lukhnovskii, I., & Golovko, M. (1980). *Statistical theory of classical equilibrium systems*. Moscow: Kiev, Izdatel'stvo Naukova Dumka.
- Mae Fah Luang University. (2019). *The evolution of production management*. Retrieved January 11, 2020, from http://phalit-thai.tripod.com/boywww/eew/chapter1_2.htm
- Pepper, S. (1972). Systems philosophy as a world hypothesis. *Philosophy and Phenomenological Research*, 32(4), 548-553.
- Rahmandad, H., & Sterman, J. (2012). Reporting guidelines for simulation-based research in social sciences. *System Dynamics Review*, 28(4), 396-411.
- Rivkin, J. (2001). Reproducing knowledge: replication without imitation at moderate complexity. *Organization Science*, 12(3), 274-293.
- Roundy, P., Bradshaw, M., & Brockman, B. (2018). The emergence of entrepreneurial ecosystems: a complex adaptive systems approach. *Journal of Business Research*, 86, 1-10.

- Santhitiwanich, A. (2014). Epistemological status of social science. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 35(3), 472-487.
- Sarasvathy, S. (2001). Causation and effectuation: toward a theoretical shift from economic inevitability to entrepreneurial contingency. *Academy of Management Review*, 26(2), 243-263.
- Sastry, M. (1997). Problems and paradoxes in a model of punctuated organizational change. *Administrative Science Quarterly*, 42(2), 237-275.
- Schumpeter, J. (1934). *The theory of economic development*. New York: Oxford University Press.
- Solow, D., Burnetas, A., Tsai, M., & Greenspan, N. (1999). Understanding and attenuating the complexity catastrophe in Kaufman's NK model of genome evolution. *Complexity*, 5(1), 1-21.
- Solow, D., Vairaktarakis, G., Piderit, S., & Tsai, M. (2002). Managerial insights into the effects of interactions among members of a team. *Management Science*, 48(8), 1060-1073.
- Waehama, W. (2018). Comparison of the effectiveness of work integrated learning and computer simulation teaching method for theoretical subjects in hospitality industry curriculum. *Journal of Management Sciences*, 35(1), 51-74.
- Welter, C., & Kim, S. (2018). Effectuation under risk and uncertainty. *Journal of Business Venturing*, 33(1), 100-116.
- Yanpiboon, T., Popaitoon, S., & Songsrirote, N. (2019). Network ties, entrepreneurial orientation, and innovation of new firms in Thai agricultural business sector. *Journal of Business Administration*, 42(164), 44-60.