



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ บทบาทของการค้าและเทคโนโลยี
ต่อการปรับเปลี่ยนของโครงสร้างตลาดแรงงานของไทย

โดย เนื่อแพร เล็กเฟื่องฟู และคณะ

มิถุนายน 2562

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ บทบาทของการค้าและเทคโนโลยี

ต่อการปรับเปลี่ยนของโครงสร้างตลาดแรงงานของไทย

The roles of trade and technology on future prospects of Thailand's labour
market structures

คณะผู้วิจัย

1. ดร. เนื้อแพรว เล็กเฟื่องฟู (คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
2. ดร. วรประภา นาควัชร (คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)

ชุดโครงการ การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของรูปแบบการค้าระหว่างประเทศ
และการลงทุนของประเทศไทย ระยะที่ 2

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “บทบาทของการค้าและเทคโนโลยี ต่อการปรับเปลี่ยนของโครงสร้างตลาดแรงงานของไทย”

สัญญาเลขที่ RDG6110019

โดย

เนื่อแพร เล็กเฟื่องฟู และ วรประภา นาควัชร

เสนอต่อ

ชุดโครงการ

“การศึกษาการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของรูปแบบการค้าระหว่างประเทศ
และการลงทุนของประเทศไทย ระยะที่ 2”

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

3 มิถุนายน 2562

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากการสนับสนุนประธานกรรมการชุดโครงการ ศ.ดร. อิศรา ศานติศาสน์ และ ผศ.ดร.สุกานดา ลูวิส และขอขอบคุณ รศ.ดร. กรกรณ์ย์ ชีวะตระกูลพงษ์ และทีมงานจาก สกว. ในการให้คำแนะนำปรึกษาด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ตลอดจนอำนวยความสะดวกกับการวิจัยในครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณคำแนะนำในการพัฒนาผลงานจาก ผศ.ดร. นพพล วิทย์วรพงศ์ อ.ดร.ดวงดาว มหากิจศิริ จากคณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ และ ดร.เสาวณี จันทะพงษ์ จากธนาคารแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็น ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินข้อเสนอโครงการและได้ให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงวิธีการวิจัย คณะผู้วิจัยขอกราบ ขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นผู้วางนโยบายของภาครัฐ หรือภาควิชาการ ขอบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น คณะผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงฝ่ายเดียว และยินดีที่จะรับฟังข้อคิดเห็นและคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษางานวิจัยนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนา งานวิจัยต่อไป

ดร. เนื่อแพร เล็กเฟื่องฟู

ดร. วรประภา นาควัชร

คณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สรุปรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประกอบไปด้วย

ส่วนที่ 1 Executive Summary

ส่วนที่ 2 Abstract

ส่วนที่ 3 ข้อมูลโครงการ

ส่วนที่ 4 รายงานเนื้อหา

ส่วนที่ 5 ผลการศึกษา ประกอบด้วย

- I. ที่มาและความสำคัญ
- II. วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกอันเป็นผลจากเทคโนโลยี
- III. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีและรูปแบบการค้าระหว่างประเทศต่อตลาดแรงงาน
- IV. แบบจำลองเพื่อศึกษาความเสี่ยงของกำลังแรงงานจากการถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี และการค้าระหว่างประเทศโดยใช้แบบจำลองของ Machine Learning
- V. ผลคำนวณระดับของกำลังแรงงานที่อาจถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี และการค้าระหว่างประเทศจากแบบจำลองของ Machine Learning
- VI. ข้อจำกัดของแบบจำลองที่ใช้ศึกษาวิเคราะห์

ส่วนที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ส่วนที่ 7 ภาคผนวกและเอกสารอ้างอิง

ส่วนที่ 1 Executive Summary

การพัฒนาด้านเทคโนโลยีรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกที่เป็นผลจากเทคโนโลยีนั้น นับเป็นปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในประเด็นด้านความรวดเร็วของการเปลี่ยนแปลง และ ด้านขนาดของผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดในวงกว้างต่อเศรษฐกิจหลากหลายกลุ่มและทั่วโลก ดังนั้น เพื่อทำความเข้าใจกับผลกระทบดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้นต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

งานวิจัยชุดนี้ได้รวบรวมเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกที่เป็นผลจากเทคโนโลยี และได้พบหลักฐานที่ว่า ผลกระทบที่สำคัญที่จะสามารถเกิดขึ้นกับแรงงานในประเทศไทยในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ อาจเป็นผลจาก 2 สาเหตุหลัก โดยสาเหตุแรก คือ วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีซึ่งช่วยให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นจะทำให้ภาคธุรกิจใช้แรงงานน้อยลง โดยการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจะเป็นแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Growth)

ส่วนสาเหตุที่สอง คือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก (ซึ่งในหลายครั้งเป็นผลจากเทคโนโลยี) อันเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ซึ่งจะมีผลต่อความต้องการแรงงานในพื้นที่ต่างๆ โดยการที่เทคโนโลยีรูปแบบใหม่อาจทำให้กระบวนการการผลิตในประเทศแม่ถูกลดจนบริษัทข้ามชาติย้ายฐานการผลิตกลับไป (Reshoring) หรือ การที่ค่าแรงในประเทศที่เคยเป็นฐานการผลิต เช่น ประเทศไทย สูงขึ้น แต่ค่าแรงในประเทศอื่นที่ใกล้เคียง เช่น ประเทศเวียดนาม, ประเทศกัมพูชา อาจยังไม่สูงขึ้นมาก อาจทำให้บริษัทข้ามชาติย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศเหล่านี้ (Relocation)

จากนั้น งานวิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความต้องการโครงสร้างของแรงงานและทักษะในประเทศไทย (รายอาชีพ) โดยนำแบบจำลองที่เสนอโดย Frey and Osborne (2017) และ Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้แบบจำลองสามารถคาดการณ์ความเป็นไปได้ที่แรงงานในแต่ละอาชีพในประเทศไทยจะสามารถถูกกระทบจากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ (Computerisation) และการย้ายฐานการผลิตของบริษัทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการย้ายกลับไปประเทศพัฒนาแล้ว (Reshoring) หรือการย้ายไปฐานการผลิตอื่นที่ค่าแรงยังราคาถูกกว่า (Relocation) ทั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ภาวะการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย

โดยการวิเคราะห์เริ่มจากการคำนวณขนาดของความเสี่ยงต่อภาวะไร้งานที่จากการทำโมเดลแบบ Machine Learning ตามแบบการวิเคราะห์ของ Frey and Osborne (2017) ที่ได้เพิ่มตัวแปรที่เสนอถึงผลทางอ้อมของการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่ส่งผ่านการปรับเปลี่ยนของการค้าระหว่างประเทศ ในขั้นต่อไปงานวิจัยได้นำขนาดความเสี่ยง (คิดเป็นร้อยละของความน่าจะเป็นในการจะพบกับภาวะการไร้การจ้างงาน) มาคำนวณกับ ขนาดของกำลังแรงงาน (คิดเป็นจำนวนคน และจำนวนชั่วโมงการทำงาน)

โดยพบว่า หากสถานการณ์เชิงโครงสร้างของตลาดแรงงานไทยยังไม่มีการปรับเปลี่ยน หรือปรับตัว จะมีแรงงานไทยจำนวนหลายล้านคนที่จะต้องกับภาวะการไร้การจ้างงาน เนื่องจากแรงงานกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวในสัดส่วนอยู่จำนวนมากในตลาดแรงงานไทยในปัจจุบัน

ส่วนที่ 2

Abstract (ไทย)

การพัฒนาด้านเทคโนโลยีรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกที่เป็นผลจากเทคโนโลยีนั้น นับเป็นปรากฏการณ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในประเด็นด้านความเร็วของการเปลี่ยนแปลง และ ด้านขนาดของผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดในวงกว้างต่อเศรษฐกิจหลากหลายกลุ่มและทั่วโลก ดังนั้น เพื่อทำความเข้าใจกับผลกระทบดังกล่าวที่อาจเกิดขึ้นต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย งานวิจัยชุดนี้ได้รวบรวมเอกสาร และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยีรวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกที่เป็นผลจากเทคโนโลยี และได้ดำเนินการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความต้องการโครงสร้างของแรงงานและทักษะในประเทศไทย (รายอาชีพ) โดยนำแบบจำลองที่เสนอโดย Frey and Osborne (2017) และ Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้แบบจำลองสามารถคาดการณ์ความเป็นไปได้ที่แรงงานในแต่ละอาชีพในประเทศไทยจะสามารถถูกกระทบจากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ คอมพิวเตอร์ (Computerisation) และการย้ายฐานการผลิตของบริษัทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการย้ายกลับไปประเทศพัฒนาแล้ว (Reshoring) หรือการย้ายไปฐานการผลิตอื่นที่ค่าแรงยังราคาถูกกว่า (Relocation) ทั้งนี้ เป็นการวิเคราะห์ภาวะการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ที่สามารถเกิดขึ้นได้ ในประเทศไทย และงานวิจัยพบว่า หากสถานการณ์เชิงโครงสร้างของตลาดแรงงานไทยยังไม่มี การปรับเปลี่ยน หรือปรับตัว จะมีแรงงานไทยจำนวนหลายล้านคนที่จะต้องกับภาวะการไร้การจ้างงาน เนื่องจาก แรงงานกลุ่มเสี่ยงดังกล่าวในสัดส่วนอยู่จำนวนมากในตลาดแรงงานไทยในปัจจุบัน

Abstract (English)

Recent technological development in the past decade has been the formidable driver of social and economic transformations across global economies. This study begins by providing a more comprehensive overview of potential impacts of this transformative change on Thailand's economy and its labour market. Technological revolution not only alters the way domestic productions operate, but it also indirectly impacts how international trade functions. The study then employs a machine learning analysis – famously used by Frey and Osborne (2017) to estimate the probability of joblessness for each detailed occupation in Thailand, and provide the predicted magnitude of jobs at risk. We find that if there is no further restructuring of Thailand's labour markets, a large share of Thai workers will face the undesirable prospect of joblessness in a near future.

ส่วนที่ 3 ข้อมูลโครงการ

ชื่อผู้รับทุน: เนื่อเพชร เล็กเฟื่องฟู และ วรประภา นาควัชร

โครงการเริ่มเมื่อวันที่: 15 มกราคม 2561 รวมเวลาทำวิจัยทั้งสิ้น: 12 เดือน

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่: 2 ในช่วงตั้งแต่วันที่: 15 มกราคม 2561 ถึงวันที่: 14 มกราคม 2562

ส่วนที่ 4 รายงานเนื้อหา

4.1 ความก้าวหน้าในการดำเนินการ

ความก้าวหน้าในการดำเนินงานของโครงการนี้เป็นไปตามแผนงานด้านล่างนี้ โดยกิจกรรมในช่วง 12 เดือนที่ผ่านมา ได้เสร็จสิ้นตามแผนงาน เป็นไปตามช่องแรงงาสีเทาอ่อนในแผนงานด้านล่าง

ในช่วงที่ผ่านมา นักวิจัยได้รวบรวมเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาด้านเทคโนโลยี รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกที่เป็นผลจากเทคโนโลยี นอกจากนี้ นักวิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงด้านความต้องการโครงสร้างของแรงงานและทักษะในประเทศไทย (รายอาชีพ) โดยนำแบบจำลองที่เสนอโดย Frey and Osborne (2017) และ Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อให้แบบจำลองสามารถคาดการณ์ความเป็นไปได้ ที่แรงงานในแต่ละอาชีพในประเทศไทยจะสามารถถูกกระทบจากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ (Computerisation) และการย้ายฐานการผลิตของบริษัทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการย้ายกลับไปประเทศพัฒนาแล้ว (Reshoring) หรือการย้ายไปฐานการผลิตอื่นที่ค่าแรงยังราคาถูกกว่า (Relocation) ทั้งนี้เป็นการวิเคราะห์ภาวะการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ที่สามารถเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย

เดือนที่ กิจกรรม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. วิเคราะห์แจกแจงรูปแบบและประเภทของเทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots), ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI), และเทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) ที่ได้มีการพัฒนานำมาใช้ หรือกำลังจะถูกนำมาใช้ในรูปแบบการผลิตในกลุ่มธุรกิจแบบต่างๆในโลกและในภูมิภาค												
2. แสดงภาพรวมโครงสร้างของแรงงานและทักษะในประเทศไทยและวิเคราะห์ภาวะเสี่ยงด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ของประเทศไทยในอนาคต ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการค้าโลก												
3. แสดงให้เห็นถึงสภาวะความเสี่ยงของกลุ่มแรงงานและทักษะที่จะได้รับผลกระทบจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth)												
4. ได้ข้อสรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย												

ตารางด้านล่างแสดงกิจกรรมในช่วง 12 เดือนที่ปรากฏในข้อเสนอโครงการ และสัดส่วนผลสำเร็จของการดำเนินงาน

กิจกรรมในข้อเสนอโครงการ (ช่วง 12 เดือน)	ผลสำเร็จ (%)	สาเหตุที่ดำเนินการล่าช้า
1. ศึกษารูปแบบและประเภทเทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots), ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI), และเทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการปรับเปลี่ยนของรูปแบบการผลิต	100%	-
2. เพื่อเสนอภาพของโครงสร้างของแรงงานและทักษะในประเทศไทยและวิเคราะห์ภาวะเสี่ยงด้านการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่ไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ของประเทศไทยในอนาคต ที่เป็นผลจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี และจากการเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการค้าโลก	100%	-
3. ระบุสถานะความเสี่ยงของกลุ่มแรงงานและทักษะกับการเกิดภาวะการไม่มีงานทำเชิงโครงสร้าง	100%	
4. การสรุปผลการวิเคราะห์และจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย	100%	

ลงนาม _____

(เนื้อแพร เล็กเฟื่องฟู)

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย

วันที่ 3 มิถุนายน 2562

ส่วนที่ 5 ผลการศึกษา

5.1 ที่มาและความสำคัญ

ในช่วงเวลาไม่กี่สิบปีที่ผ่านมา เราได้ประสบกับความเปลี่ยนแปลงหลายอย่างด้านเทคโนโลยี นวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีดิจิทัลเข้ามามีบทบาทในการใช้ชีวิตของเราในทุกวัน นอกจากนี้ ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเหล่านี้ ยังเข้ามาเปลี่ยนแปลงวิธีการบริหารจัดการธุรกรรมต่างๆของภาคธุรกิจ ไม่ว่าจะเป็นการสร้างธุรกิจรูปแบบใหม่ หรือทำธุรกิจรูปแบบเดิมแต่เปลี่ยนแปลงวิธีการผลิต โดยใช้เทคโนโลยีใหม่ๆเข้ามาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการในการผลิต การใช้วัตถุดิบใหม่ๆ หรือแม้กระทั่งการย้ายฐานการผลิต อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยี คงปฏิเสธไม่ได้ว่าโลกในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ต่างไปจากเดิม มากทีเดียว

หากมองดูจากฝั่งภาคธุรกิจ จะเห็นได้ว่าภาคธุรกิจได้รับประโยชน์จากพัฒนาการของเทคโนโลยี ไม่ว่าจะเป็นระบบเทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots) ระบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI) รวมไปถึงเทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) โดยการใช้เทคโนโลยีรูปแบบใหม่มาช่วยในการผลิตสินค้าบริการ จะช่วยให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น และในระยะยาวน่าจะช่วยให้ผลิตได้ในราคาที่ถูกลง อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยนี้มาใช้ก็จะส่งผลโดยตรงกับแรงงานที่เคยทำหน้าที่เหล่านั้นอยู่ก่อน เพราะการปรับใช้เทคโนโลยีแบบใหม่นี้มักจะทำให้ภาคธุรกิจมีความต้องการใช้แรงงาน เหล่านั้นน้อยลง การที่ภาคธุรกิจสามารถเติบโตได้โดยไม่ต้องจ้างงานเพิ่มหรือจ้างงานน้อยลงนั้น ทำให้เกิด ภาวะการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) คือถึงแม้เศรษฐกิจจะเติบโต แต่ การจ้างงานจะไม่ได้เพิ่มขึ้นและอาจมีแนวโน้มลดลง เนื่องด้วยการเติบโตทางเศรษฐกิจอาจไม่ได้จำเป็นต้องพึ่ง แรงงานจำนวนมากเหมือนในอดีตอีกต่อไป โดยสถานการณ์นี้จะมีผลกระทบเชิงโครงสร้างที่สำคัญกับแรงงาน ในประเทศในระยะยาว ซึ่งเป็นประเด็นที่น่าจับตามองในยุคศตวรรษที่ 21 นี้

นอกจากการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีจะมีผลกระทบโดยตรงกับความต้องการแรงงานในประเทศ แล้ว ที่ผ่านมามองพบว่าการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีนั้นยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก ด้วย และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกนี้ก็สามารถส่งผลกระทบกับความต้องการแรงงานในประเทศได้ เช่นกันการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1, ครั้งที่ 2, และครั้งที่ 3 ได้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ Global Value Chain และทำให้รูปแบบการผลิตสินค้าและความต้องการแรงงานเปลี่ยนไป โดยในช่วงปลายศตวรรษ ที่ 20 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่การเคลื่อนย้ายความรู้และข้อมูลทำได้ง่ายขึ้น อันเป็นผลจากพัฒนาการของเทคโนโลยี

สารสนเทศ (ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 คือ การนำระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติมาใช้ในการผลิต) ทำให้ประเทศเจ้าของเทคโนโลยีและนวัตกรรม หรือประเทศพัฒนาแล้ว (Advanced/Developed Countries) สามารถย้ายฐานการผลิตมาที่ประเทศที่ค่าแรงต่ำ (Offshoring) ประเทศพัฒนาแล้วสามารถถ่ายทอดความรู้หรือเทคโนโลยีที่จำเป็นในการผลิตมาที่ประเทศกำลังพัฒนา เพื่อจะได้สามารถผลิตสินค้าได้ราคาถูกลงเพราะค่าแรงในประเทศเหล่านี้ยังราคาถูกอยู่ ปรากฏการณ์นี้ทำให้เกิดความต้องการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาเหล่านี้ รวมถึงประเทศไทยด้วย

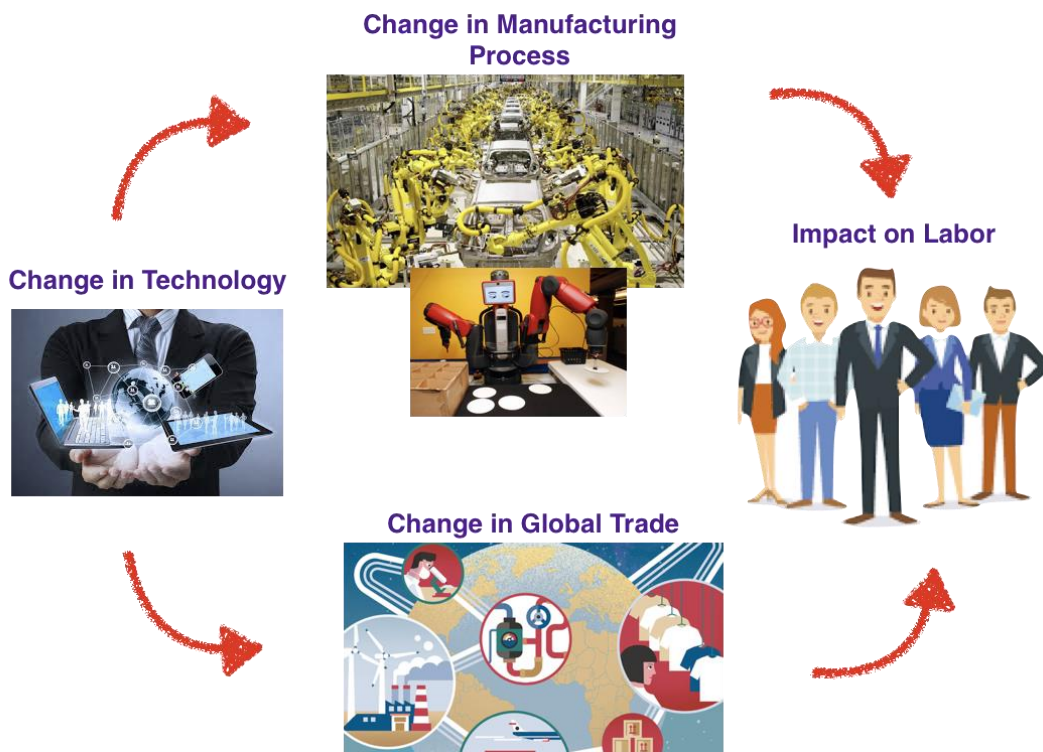
ในช่วงต้นศตวรรษที่ 21 มีความเปลี่ยนแปลงหลายอย่างที่เกิดขึ้นพร้อมกัน นักวิชาการจากหลายแห่งบอกว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ได้เกิดขึ้นแล้วในประเทศพัฒนาแล้ว (แต่อาจจะยังไม่ได้เกิดขึ้นชัดเจนในประเทศกลุ่มอื่นๆ) โดยการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 นี้เป็นยุคของปัญญาประดิษฐ์ ที่ถูกนำมาใช้แทนงานหลายอย่างที่มนุษย์เคยทำ รวมไปถึงการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวมมาใช้ในการกระบวนการผลิตในรูปแบบของ Cyber-Physical System เช่น การที่ อุปกรณ์ต่างๆมี Sensor ถูกเชื่อมต่อในรูปแบบ Internet of Things (IoT) ทำให้สามารถส่งข้อมูลถึงกันได้ โดยข้อมูลการทำงานการสื่อสารต่างๆที่รวมแล้วมีขนาดใหญ่ หรือ Big Data นี้จะถูกนำมาใช้วิเคราะห์ประมวลผลเพื่อใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการผลิตหรือการตัดสินใจเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวกับการประกอบธุรกิจ นอกจากนี้ นักวิชาการบางส่วนเชื่อว่ารูปแบบการค้าโลกกำลังจะเปลี่ยนไปอีกครั้งอันเป็นผลต่อเนื่องจากนวัตกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 โดยเรียกการเปลี่ยนแปลงที่กำลังจะเกิดขึ้นครั้งนี้ว่า The Third Unbundling ซึ่งหมายถึงการทำงานต่างๆถูกจัดการทำให้สำเร็จได้โดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องอยู่ที่สถานที่นั้น เช่น การที่เครื่องจักรที่มี Sensor เชื่อมต่อ แบบ IoT สามารถถูกควบคุมได้จากผู้ปฏิบัติการที่อยู่ที่ไหน (หรือแม้กระทั่งประเทศอื่น)

ในทางทฤษฎีนั้น หากการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าในประเทศพัฒนาแล้ว ทำให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพใช้แรงงานน้อยลงและผลิตได้ถูกลง จนทำให้ต้นทุนการผลิตนั้นถูกกว่าการใช้เทคโนโลยีเดิม ที่ยังใช้แรงงานมากในประเทศกำลังพัฒนา (ซึ่งค่าแรงของแรงงานในประเทศเหล่านี้ก็เพิ่มสูงขึ้นมาในช่วงเวลาที่ผ่านมา) ก็มีความเป็นไปได้ว่าบริษัทข้ามชาติอาจจะตัดสินใจย้ายฐานการผลิตกลับไปประเทศแม่ (Reshoring) อย่างไรก็ตามการย้ายฐานการผลิตกลับไปประเทศแม่ไม่ใช่ทางเลือกเดียวของธุรกิจเหล่านี้ ในความเป็นจริงหากค่าแรงในประเทศกำลังพัฒนาบางประเทศ เช่น ประเทศไทย ที่เป็นประเทศรายได้ปานกลางระดับสูง (Upper Middle Income Countries) เพิ่มขึ้นจนทำให้กระบวนการการผลิตที่ประเทศเหล่านี้ไม่ทำให้เกิดความได้เปรียบทางการค้าแล้ว บริษัทข้ามชาติอาจเลือกประเทศอื่นที่ค่าแรงยังถูกอยู่ เช่น

ประเทศเวียดนาม, ประเทศกัมพูชา ที่เป็นประเทศรายได้ปานกลางระดับต่ำ (Lower Middle Income Countries) เป็นฐานการผลิตใหม่ได้ (Relocation) ซึ่งหากฐานการผลิตถูกย้ายออกไปจากประเทศไทย ไม่ว่าจะย้ายกลับไปประเทศแม่ (Reshoring) หรือย้ายไปประเทศอื่นที่ค่าแรงถูกกว่า (Relocation) ก็จะมีผลทำให้ความต้องการจ้างงานในประเทศไทยลดลง

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ผลกระทบที่สำคัญที่จะสามารถเกิดขึ้นกับแรงงานในประเทศไทยในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ อาจเป็นผลจาก 2 สาเหตุหลัก โดยสาเหตุแรก คือ วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีซึ่งช่วยให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นจะทำให้ภาคธุรกิจใช้แรงงานน้อยลง โดยการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจะเป็นแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) ส่วนสาเหตุที่สอง คือ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก (ซึ่งในหลายครั้งเป็นผลจากเทคโนโลยี) อันเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ซึ่งจะมีผลต่อความต้องการแรงงานในพื้นที่ต่างๆ โดยการที่เทคโนโลยีรูปแบบใหม่อาจทำให้กระบวนการการผลิตในประเทศแม่ถูกลดจนบริษัทข้ามชาติย้ายฐานการผลิตกลับไป (Reshoring) หรือ การที่ค่าแรงในประเทศที่เคยเป็นฐานการผลิต เช่น ประเทศไทย สูงขึ้น แต่ค่าแรงในประเทศอื่นที่ใกล้เคียง เช่น ประเทศเวียดนาม, ประเทศกัมพูชา อาจยังไม่สูงขึ้นมาก อาจทำให้บริษัทข้ามชาติย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศเหล่านี้ (Relocation)

รูปภาพที่ 1 Conceptual Framework



โครงการวิจัยนี้ต้องการศึกษาผลกระทบของ 2 ปัจจัยนี้ต่อความต้องการจ้างแรงงานในประเทศไทย รูปภาพที่ 1 แสดงให้เห็นถึง Conceptual Framework ของงานวิจัยชิ้นนี้ โดยวิธีการวัดผลกระทบโดยตรงจากเทคโนโลยีผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงการผลิตสินค้าและบริการจะใช้ระเบียบวิธีตามที่ Frey and Osborne (2017) เสนอไว้ แต่จะปรับบริบท (เช่นในเรื่องของ Occupation Code) ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย ส่วนผลกระทบของเทคโนโลยีผ่านทางการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอของ Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) ที่ว่าลักษณะเฉพาะของงานแบบใดจะมีความเสี่ยงต่อการย้ายฐานการผลิต (ไม่ว่าจะเป็น Reshoring หรือ Relocation) มาประยุกต์เข้ากับระเบียบวิธีตามที่ Frey and Osborne (2017) โดยสุดท้ายแล้วผู้วิจัยจะประเมินความเสี่ยงของแรงงานในแต่ละอาชีพที่จะถูกกระทบจาก 2 ปัจจัยนี้ การศึกษาจะใช้วิธีการเชิงปริมาณทางเศรษฐมิติเป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์

อย่างไรก็ดีงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างในเรื่องของการคาดการณ์ของโครงสร้างอุตสาหกรรมและอาชีพในอนาคต เช่น อาจมีการย้ายงานของคนข้ามอุตสาหกรรมหรืออาชีพ รวมถึงอาจมีอุตสาหกรรมหรืออาชีพที่จะเกิดขึ้นมาใหม่ หรือบางอุตสาหกรรมหรืออาชีพที่อาจจะหายไป เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลหรือระเบียบวิธีที่จะคาดการณ์เชิงปริมาณในประเด็นนี้ได้อย่างแม่นยำ งานวิจัยชิ้นนี้จึงยังไม่สามารถนำข้อสมมติฐานนี้มาใส่ในระเบียบวิธีวิจัยเพื่อคำนวณเชิงปริมาณได้ อย่างไรก็ตามการตีความผลลัพธ์ที่ได้จะสามารถวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้หลักการที่มีเหตุผลได้ว่าโครงสร้างอุตสาหกรรมและอาชีพในอนาคตจะมีโอกาสเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรได้บ้าง

นักวิจัยหวังว่าผลจากการวิเคราะห์ที่ได้จากงานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนด้านแรงงานของประเทศ โดยหากทราบได้ว่าแรงงานกลุ่มไหน ปริมาณเท่าไร จะได้รับผลกระทบทางลบจากการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างที่เกิดจากวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก ผู้กำกับดูแลนโยบายรวมถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งในภาครัฐและภาคเอกชนจะได้มีการวางแผนแนวทางเพื่อป้องกันและแก้ไขเพื่อลดผลกระทบทางลบที่จะเกิดต่อแรงงานกลุ่มนั้นๆ เช่น มีการฝึกอบรมแรงงานให้มีความสามารถในการจัดการหรือใช้เทคโนโลยีใหม่ๆ ให้เป็น ย้ายแรงงานไปไว้ในส่วนงานอื่นที่ไม่โดนกระทบหรือโดนกระทบน้อยกว่า นอกจากนี้ผู้กำกับดูแลนโยบายอาจสามารถมองเห็นถึงผลกระทบด้านความเหลื่อมล้ำที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงนี้ ทำให้สามารถวางแผนนโยบายเพื่อจะลดผลกระทบ เพื่อไม่ให้ความเหลื่อมล้ำนั้นแย่ลงไปกว่าเดิม

เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างเป็นสิ่งที่ต้องเกิดขึ้นโดยไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และในการเปลี่ยนแปลงทุกครั้งก็มักจะมีผู้เสียประโยชน์และผู้ได้ประโยชน์ การวางแผนบริหารจัดการโดยภาครัฐจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อไม่ให้ผู้ที่เสียประโยชน์เดือดร้อนมากเกินไปนัก นอกจากนี้การพัฒนาทักษะแรงงานด้านต่างๆ ที่เป็นการลงทุนจากภาครัฐ หากเป็นการลงทุนไปในทักษะที่ไม่เกิดประโยชน์ หรือเป็นทักษะที่จะถูกทดแทนได้โดยเทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็วในอนาคตอันใกล้ ก็จะทำให้การลงทุนนั้นเกิดประโยชน์ได้น้อยหรือสูญเปล่า ดังนั้นการศึกษาและทำความเข้าใจกับการเปลี่ยนแปลงรวมถึงการศึกษผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงจึงเป็นสิ่งจำเป็น โดยผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะช่วยให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในเรื่องดังกล่าว

5.2 วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีและการเปลี่ยนแปลงการค้าโลกอันเป็นผลจากเทคโนโลยี

เนื้อหาในส่วนนี้จะเริ่มจากวิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีในช่วงเวลาที่ผ่านมาจนถึงปัจจุบัน จากนั้นจึงวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการค้าโลกอันเป็นผลจากเทคโนโลยี

5.2.1 วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยี

โลกได้ผ่านการเปลี่ยนแปลงครั้งยิ่งใหญ่ทางเทคโนโลยีมาแล้วหลายครั้ง เริ่มจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1 ที่เริ่มต้นขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 18 เมื่อเครื่องจักรไอน้ำได้ถูกสร้างขึ้นเป็นครั้งแรก ต่อมาในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ได้เกิดปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 2 โดยได้มีการสร้างกระแสไฟฟ้าใช้ รวมถึงมีการสร้างระบบการผลิตแบบสายพาน (Assembly Line) เพื่อทำให้กระบวนการการผลิตสามารถทำได้ครั้งละจำนวนมาก (Mass Production) จากนั้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 ได้เกิดปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 คือการใช้ระบบคอมพิวเตอร์อัตโนมัติมาช่วยในการผลิต โดยในช่วงนี้ได้เกิดวิวัฒนาการที่ต่อเนื่องของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Communication Technology หรือ ICT)

การเปลี่ยนผ่านในทุกครั้ง เทคโนโลยีได้เพิ่มความสะดวกสบาย และทำให้กระบวนการการผลิตเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงย่อมมีผลกระทบทั้งทางลบและทางบวก แม้โดยรวมระบบเศรษฐกิจจะได้ประโยชน์จากการที่เทคโนโลยีมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ทำให้ผลผลิตมวลรวมภายในประเทศสูงขึ้น เศรษฐกิจเติบโตขึ้น และรายได้ต่อหัวโดยรวมของคนในประเทศสูงขึ้น แต่หากมองที่ผลกระทบต่อแรงงานที่ถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี ก็พบว่าแรงงานอาจต้องเดือดร้อนจากการถูกเลิกจ้าง หรือลดจำนวนชั่วโมงทำงาน ซึ่งจะ使得แรงงานมีขาดรายได้หรือมีรายได้ที่ลดลง

ในยุคปัจจุบัน มนุษย์ต้องพบกับความท้าทายอีกครั้งในการก้าวเข้าสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 โดยวิวัฒนาการของเทคโนโลยีที่โดดเด่นในยุคนี้จะมีผลกระทบต่อแรงงานในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ การศึกษาวิวัฒนาการและศักยภาพของเทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะทำให้เราสามารถคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้น และเตรียมการเพื่อตั้งรับได้อย่างทันที่ โดยงานวิจัยนี้จะเลือกเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Frey and Osborne (2017) ที่ใช้คำว่า Computerisation (ซึ่งมีความหมายที่กว้างว่าเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบคอมพิวเตอร์จะมาแทนที่แรงงานได้) ซึ่ง Computerisation ที่สำคัญและจะมีผลกระทบเป็นอย่างมากในยุคศตวรรษที่ 21 นี้ ผู้วิจัยมองว่าสามารถจำแนกได้ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (i) เทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots), (ii) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI), และ (iii) เทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) โดยในความเป็นจริงนั้น เทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots) ได้มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตมาตั้งแต่ในยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 แล้ว ส่วนการคิดค้นศึกษาเรื่องของปัญญาประดิษฐ์ได้เริ่มเกิดขึ้นในช่วงเวลาใกล้เคียงกับยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 เช่นกัน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาการของทั้งสองสาขาได้เติบโตขึ้นอย่างก้าวกระโดดในยุคนี้ ส่วนหนึ่งเพราะการพัฒนาของเทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) การมีระบบประมวลผลที่ประสิทธิภาพมากขึ้น และการนำเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้แบบเชื่อมโยงกัน (ส่วนเทคโนโลยีอื่นที่ไม่ได้กล่าวถึงหากถูกจำกัดความได้ด้วย Computerisation ก็จะรวมอยู่ในการคำนวณของ Frey and Osborne (2017) แล้ว เพียงแต่การจำแนกอธิบายดังกล่าวไว้ข้างบนเป็นการครอบคลุมถึงเทคโนโลยีที่สำคัญที่จะมีผลกระทบในยุคศตวรรษที่ 21 นี้)

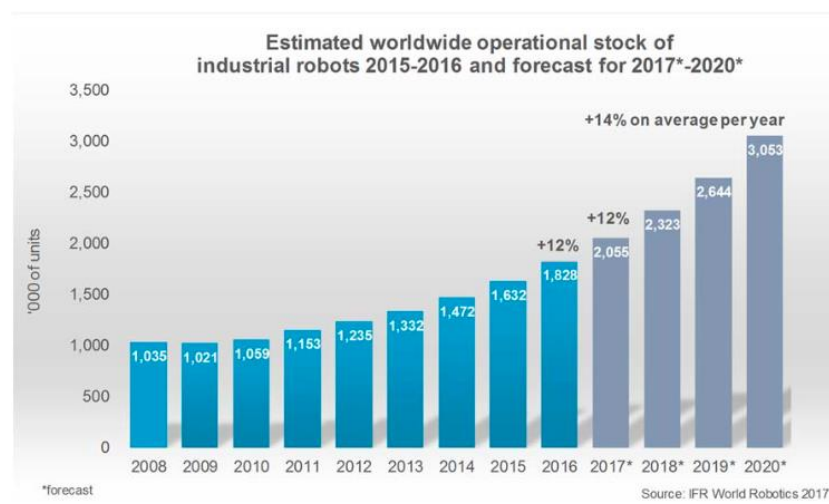
เพื่อให้เห็นภาพรวมของเทคโนโลยีที่กล่าวถึง งานวิจัยนี้จะขอเริ่มจากการอธิบายที่มาคร่าวๆของแต่ละเทคโนโลยี ต่อด้วยความสามารถและความแพร่หลายของเทคโนโลยีเหล่านี้ในยุคปัจจุบัน โดยจะเน้นให้เห็นถึงความสำคัญของเชื่อมโยงของเทคโนโลยีต่างๆเข้าด้วยกัน

1) เทคโนโลยีหุ่นยนต์เชิงอุตสาหกรรม (Industrial Robots) – คำว่าหุ่นยนต์ (Robot) ได้ถูกใช้ครั้งแรก ในปี 1921 โดยนักเขียนละครชาว Czech โดยภาพความเข้าใจของคนในยุคนั้นมีอยู่ว่าหุ่นยนต์จะมาทำลายล้างคนและโลก ต่อมาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมได้ถูกผลิตขึ้นมาจริงๆเพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมของ General Motors (GM) ในปี 1961 โดยในยุคนั้นหุ่นยนต์ถูกนำมาใช้ทำงานประเภทหล่อโลหะ (Die Casting) กับเชื่อมจุด (Spot Welding) ต่อมาได้มีการพัฒนาหุ่นยนต์อุตสาหกรรมให้มีความสามารถมากขึ้น เช่น นำมาใช้งานหยิบจับประกอบชิ้นส่วนต่างๆ (Industrial Manipulators) ซึ่งหุ่นยนต์จะยังทำงานได้จำกัดใน

ลักษณะซ้ำซาก (Routine) ตามที่ถูกโปรแกรมไว้ล่วงหน้าเท่านั้น พัฒนาการของหุ่นยนต์อุตสาหกรรมในยุคนี้ ได้เปลี่ยนโฉมกระบวนการการผลิตให้แบบอัตโนมัติ การใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมแพร่หลายมากขึ้นและเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3

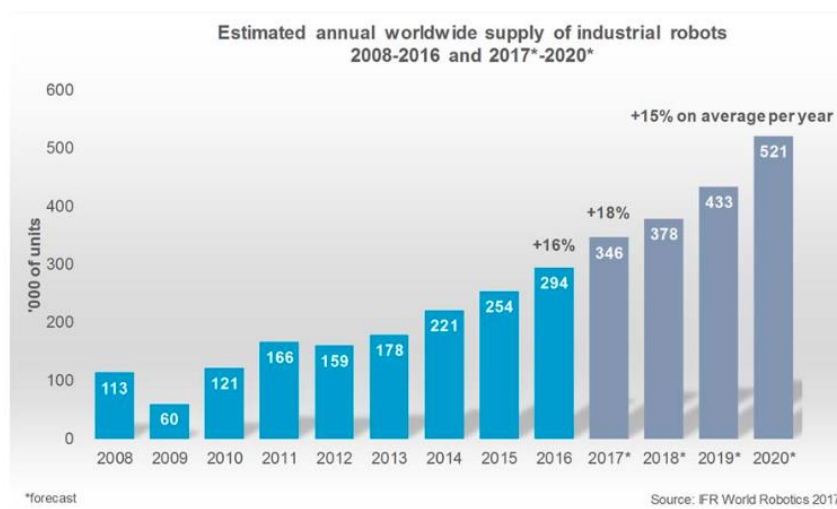
หุ่นยนต์อุตสาหกรรมในยุคต่อมามีความสามารถมากขึ้น (Multipurpose Manipulating Industrial Robots) โดยสามารถทำงานแบบหลากหลายวัตถุประสงค์ (Multipurpose) และสามารถถูกเขียนโปรแกรมใหม่ (Reprogram) เข้าไปเพื่อแก้ไขกระบวนการทำงานได้ ข้อมูลจาก International Federation of Robotics ระบุว่า การผลิตและใช้หุ่นยนต์ประเภทนี้เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดยในปี 2016 น่าจะมีการใช้หุ่นยนต์ประเภทนี้ถึง 1.8 ล้านยูนิต (เติบโตขึ้น 12% จากปีก่อนหน้า) และในปี 2020 น่าจะมีการใช้หุ่นยนต์ประเภทนี้อยู่ไม่น้อยกว่า 3 ล้านยูนิต (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 2) ในปี 2016 มีการผลิตหุ่นยนต์ประเภทนี้ถึง 294,000 ยูนิต (เติบโตขึ้น 16% จากปีก่อนหน้า) และการผลิตจะเติบโตเฉลี่ยในระดับ 15% ไปจนถึงปี 2020 (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 3) และส่วนใหญ่แล้วหุ่นยนต์เหล่านี้จะถูกใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 4)

รูปภาพที่ 2 Estimated Worldwide Operational Stock of Industrial Robots



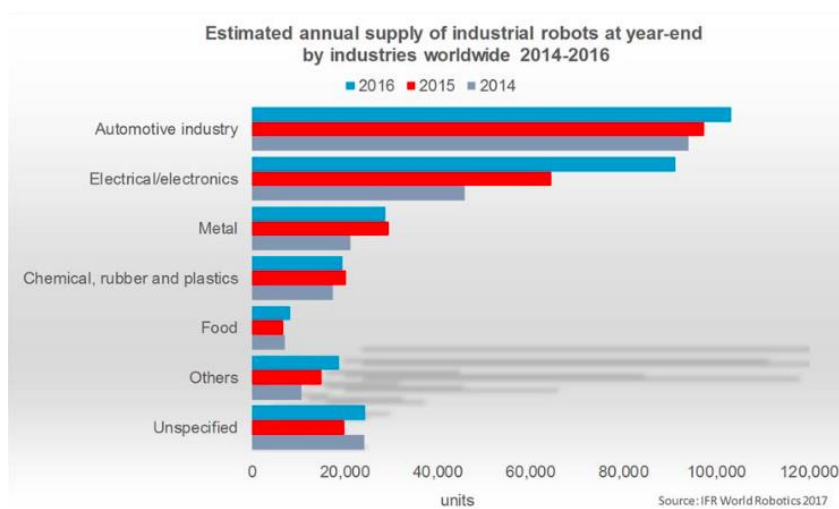
Source: IFR World Robotics (2017)

รูปภาพที่ 3 Estimated Annual Worldwide Supply of Industrial Robots



Source: IFR World Robotics (2017)

รูปภาพที่ 4 Estimated Annual Supply of Industrial Robots by Industries



Source: IFR World Robotics (2017)

จะเห็นได้ว่าแม้การใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมจะเริ่มมีความแพร่หลายตั้งแต่ช่วงการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 แต่ความสำคัญของการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรมไม่ได้ลดน้อยลงและยังคงมีความสำคัญต่อเนื่องมาถึงยุคปัจจุบัน นอกจากนี้การพัฒนาในขั้นต่อไปคือการพัฒนาให้หุ่นยนต์สามารถทำงานได้หลายอย่างเองโดยไม่ต้องมีมนุษย์เข้าไปแทรกแซง (General-Purpose Manipulators) มี Sensor ในการรับรู้ และสามารถที่จะ

ตอบสนองและเคลื่อนไหวได้ในสิ่งแวดล้อมที่อาจจะไม่ได้คาดการณ์มาก่อนได้ เช่น หลบหลีกวัตถุอื่นที่ไม่พึงประสงค์ หรือ ใช้หาหยิบจับของที่ต่างขนาดต่างรูปร่าง หรือ วางอยู่ในตำแหน่งที่ไม่แน่นอน

นอกจากหุ่นยนต์ที่ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้อุตสาหกรรมการผลิต (Multipurpose Manipulating Industrial Robots) แล้ว ยังมีหุ่นยนต์ประเภทอื่นๆที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น หุ่นยนต์ที่เน้นการเคลื่อนไหว (Mobile Robotics) ซึ่งอาจจะเป็นเคลื่อนไหวแบบใช้ล้อ (Wheeled Robots) หรือเคลื่อนไหวแบบใช้ขา (Legged Robots) ตัวอย่างของหุ่นยนต์ประเภทนี้ คือ หุ่นยนต์ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายส่งของ (Logistic Robots) ที่เริ่มถูกใช้ในโกดังเก็บของหรือโรงพยาบาล และ รถยนต์ไร้คนขับ (Autonomous Car) ซึ่งถ้าหากถูกพัฒนาให้มาใช้ในชีวิตประจำวันได้จริงเมื่อใด ก็จะมีปฏิวัตรูปแบบการเดินทางขนส่ง รวมถึงการใช้ชีวิตประจำวันของผู้คนไปอีกมากทีเดียว

หากจะให้อธิบายหุ่นยนต์ (Robots) แบบเห็นภาพ อาจมองได้ว่าหุ่นยนต์ประกอบด้วยร่างกาย (Body) และสมอง (Brain) โดยร่างกายเป็นส่วนที่เกี่ยวกับวิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering) ที่พัฒนามาให้หุ่นยนต์สามารถเคลื่อนไหวได้จริง โดยในยุคแรกๆก็เคลื่อนไหวได้จำกัดและยังคิดไม่ค่อยได้มาก แต่ในยุคต่อมาการเคลื่อนไหวก็ทำได้ยืนหยุ่นและหลากหลายมากขึ้น แต่การเคลื่อนไหวเหล่านี้ก็ต้องอาศัยสมองที่ฉลาดขึ้นด้วย โดยในยุคหลังๆการพัฒนาสมองของหุ่นยนต์ ได้นำเอาเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI) เข้ามาใช้ เช่น การพัฒนารถยนต์ไร้คนขับ (Autonomous Car) ซึ่งจะต้องวางแผนการเดินทางเพื่อที่จะเดินทางไปสู่จุดหมาย นอกจากนั้นยังต้องสามารถรับรู้ภาพสถานการณ์รอบตัวมาประมวลผลและตัดสินใจในแต่ละขั้นตอน โดยตัดสินใจแล้วก็ไปขับเคลื่อนตัวรถตามที่ตัดสินใจ ซึ่งเป็นการที่ร่างกาย (Body) และสมอง (Brain) ต้องทำงานร่วมกัน

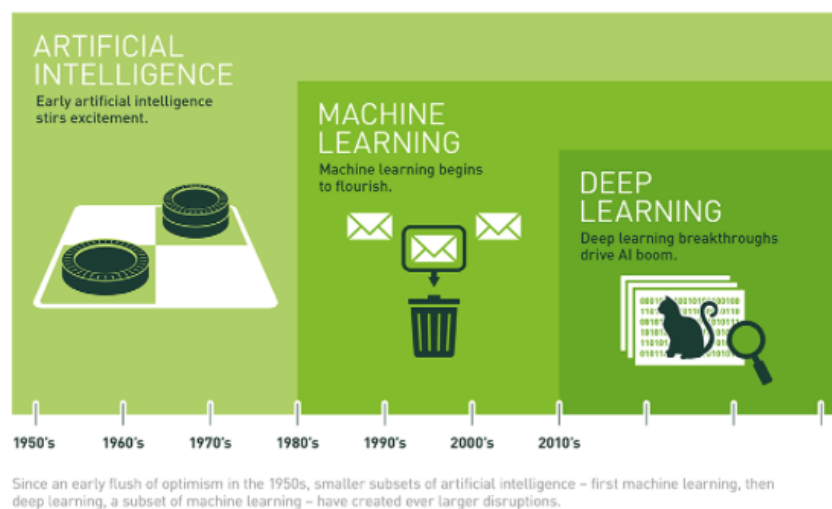
2) เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence หรือ AI) – แนวคิดในเรื่องของ ปัญญาประดิษฐ์มีมาตั้งแต่ยุค 1950 โดย Alan Turing ได้เริ่มตั้งคำถามว่าเครื่องจักร (Machine) จะสามารถคิดได้ไหม (Turing, 1950) นำไปสู่การขบคิดถึงการสร้างเครื่องจักรที่จะสามารถมีความฉลาดและคิดได้เหมือนมนุษย์ (The Thinking Machine) โดยคำว่า ปัญญาประดิษฐ์ หรือ Artificial Intelligence (AI) ได้ถูกเริ่มใช้ครั้งแรกโดย John McCarthy ในการประชุมวิชาการที่ Dartmouth College ในปี 1956 ซึ่งถือว่าเป็นจุดกำเนิดของสาขาวิชา AI

หากจะให้อธิบายปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI แบบเห็นภาพ อาจมองได้ว่า AI คือสมอง (Brain) ซึ่งอาจจะไม่มีร่างกาย (Body) หรือไม่มีก็ได้ โดยสาขาวิชา AI จะเน้นการสร้างวิธีที่ทำให้สมองนี้มีความฉลาดขึ้น เพื่อให้

สามารถคิดและสั่งการงานที่ซับซ้อนได้มากยิ่งขึ้น ตัวอย่างของ AI (ที่ไม่มี Body) เช่น AlphaGo, AlphaGo Zero, IBM Watson, Apple Siri, Google Assistant, Chatbot ต่างๆ ส่วนตัวอย่างของ AI ที่ถูกนำมาใส่กับ Body ก็เช่น รถยนต์ไร้คนขับ (Autonomous Car) ดังที่กล่าวไปแล้ว

ปัญญาประดิษฐ์ หรือ AI ในยุคแรกๆจะเป็นลักษณะของ Knowledge-based AI คือเป็นการใส่ข้อมูลและกฎ (Rules) ต่างๆลงไปให้ AI ตัดสินใจตามกฎที่ให้ไว้ ทำให้ความสามารถของ AI ยังจำกัด ต่อมาได้มีการพัฒนาความฉลาดของ AI ในรูปแบบของ Machine Learning (ML) คือให้โปรแกรมสามารถเรียนรู้การสร้างความฉลาดได้เอง และในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้มีการพัฒนาความฉลาดของ AI ให้ประมวลผลได้ซับซ้อนยิ่งขึ้นด้วยในรูปแบบของ Deep Learning (DL) (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 5) โดยรูปแบบการเรียนรู้ใหม่นี้ทำให้ความสามารถของ AI พัฒนาขึ้นมาก ประกอบกับการที่ยุคนี้ระบบประมวลผลมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีราคาถูกลง นอกจากนี้ยุคนี้ยังเป็นยุคของวิวัฒนาการทางข้อมูล ทำให้มีข้อมูลขนาดใหญ่ที่สามารถนำมาให้โปรแกรมเรียนรู้เพื่อสร้างความฉลาดได้มากขึ้นอย่างก้าวกระโดด โดยในศตวรรษที่ 21 นี้ เรา น่าจะได้เห็นความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจาก AI อีกมากมายทีเดียว

รูปภาพที่ 5 Artificial Intelligence vs. Machine Learning vs. Deep Learning



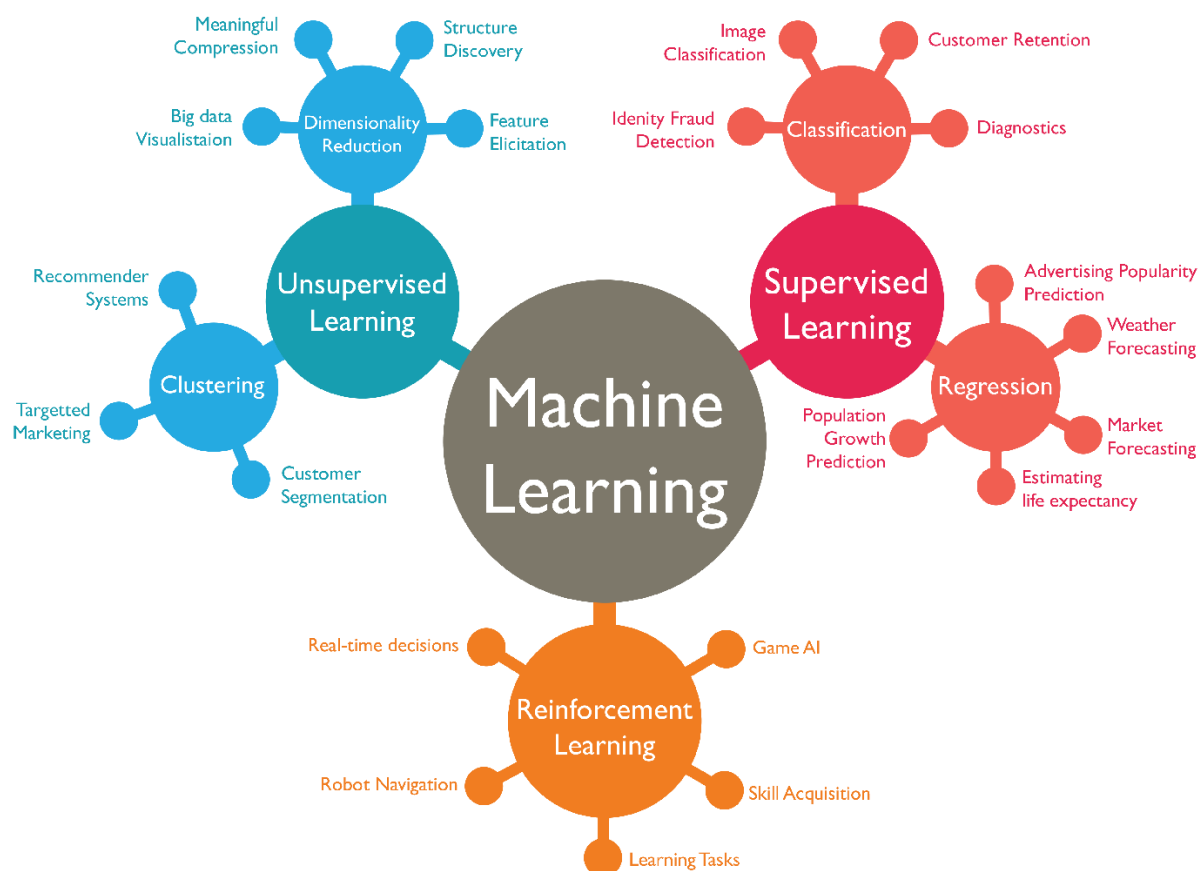
Source: Nvidia (2016)

<https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>

หากจะให้แบ่งวิธีการเรียนรู้ของโปรแกรม (Machine Learning) นี้ จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แบบกว้างๆ คือ Supervised Learning, Unsupervised Learning, และ Reinforcement Learning (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 6)

- (i) Supervised Learning คือเป็นการให้โปรแกรมเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่างที่มีการบอกว่า Target Outcome ควรเป็นอย่างไร เช่น การสอนโปรแกรมโดยให้ข้อมูลลูกค้าในอดีตว่าลูกค้าลักษณะไหนเป็นประเภทลูกค้าที่กู้เงินแล้วไม่คืน จากนั้นก็นำโปรแกรมที่ได้รับการสอนแล้วมาใช้คาดการณ์ว่าลูกค้าปัจจุบันใครมีแนวโน้มที่จะกู้เงินแล้วไม่คืน (จริงๆ แล้ว Regression ก็ถือเป็น Supervised Learning วิธีหนึ่ง) หรือการสอนโปรแกรมโดยให้ข้อมูลรูปภาพแล้วบอกว่าภาพแบบนี้คือภาพสุนัข ภาพแบบนี้คือภาพแมว จากนั้นก็นำโปรแกรมที่ได้รับการสอนแล้วมาอ่านรูปใหม่เพื่อตอบว่ารูปนี้เป็นรูปสุนัขหรือแมว
- (ii) Unsupervised Learning คือเป็นการให้โปรแกรมเรียนรู้จากข้อมูลตัวอย่างที่ไม่มีการบอกว่า Target Outcome ควรจะเป็นเช่นไร เช่น การให้ข้อมูลลูกค้าที่มีคุณสมบัติต่างๆ (อายุ, เพศ, การศึกษา, รายได้, ความสนใจ, etc.) แล้วให้โปรแกรมจัดกลุ่มลูกค้าเองจากข้อมูลคุณสมบัติที่ให้ โดยที่ไม่มีการชี้นำโปรแกรมจากคนเพื่อบอกว่าข้อมูลลูกค้าควรจะถูกจัดกลุ่มอย่างไร
- (iii) Reinforcement Learning คือเป็นการให้โปรแกรมเรียนรู้การไปสู่เป้าหมาย โดยบอกกติกา และให้รางวัล (Reward) หรือ ลงโทษ (Punishment) เช่น การสอนโปรแกรมให้เล่นเกมส์ โดยบอกกติกาการเล่นและเป้าหมายและให้รางวัลเมื่อทำได้ดี โปรแกรมก็จะพยายามหาวิธีเล่นที่ดีที่สุดเพื่อให้ไปถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้

รูปภาพที่ 6 Artificial Intelligence vs. Machine Learning vs. Deep Learning



Source: Techleer (2017)

<https://www.techleer.com/articles/203-machine-learning-algorithm-backbone-of-emerging-technologies/>

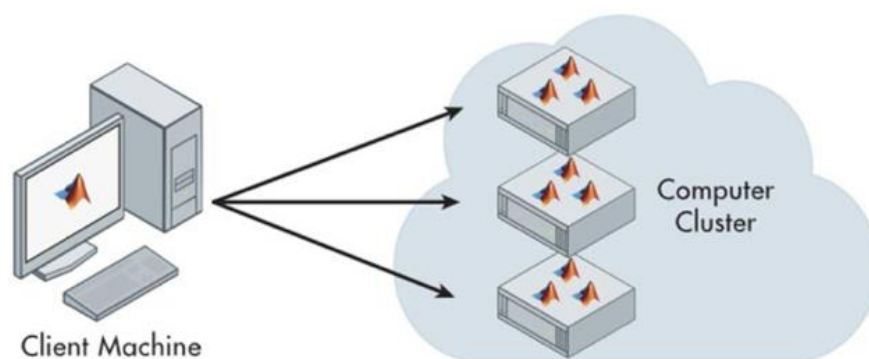
ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ยุคศตวรรษที่ 21 นี้เป็นยุคที่พัฒนาการของ AI เติบโตอย่างก้าวกระโดด อันเป็นผลจากรูปแบบการเรียนรู้แบบ Deep Learning ที่มีอุปกรณ์ประมวลผลมีกำลังมากขึ้น และมีข้อมูลมหาศาลมาให้โปรแกรมเรียนรู้ จะเห็นได้ว่า AI สามารถทำเรื่องยากๆ ขึ้นได้ เช่น แปลภาษา, อ่านหน้าคนและบอกได้ว่าใคร, วินิจฉัยโรค, ฟังพูดโต้ตอบกับมนุษย์ ซึ่งแต่ก่อนนั้นงานในลักษณะใช้ความสามารถทางความคิด (Cognitive Skills) ประเภทเหล่านี้ มีแต่มนุษย์เท่านั้นที่ทำได้ หากเอา AI ไปใส่กับ Body ก็จะเป็นการทำให้หุ่นยนต์มีความฉลาด สามารถประสานการวางแผน รับรู้ ตอบโต้ และเคลื่อนไหวได้ในขณะเดียวกัน เช่น หุ่นยนต์ดูแลผู้สูงอายุ หรือ หุ่นยนต์ประเภทอื่นๆ ที่ขับเคลื่อนโต้ตอบได้ ที่สามารถเอาไปใช้ประโยชน์ทั้งในภาค

การผลิตและภาคบริการ รวมไปถึงการสร้างรถยนต์ไร้คนขับ (Autonomous Car) โดยการพัฒนา AI ในยุคนี้ เริ่มสร้างความหวาดกลัวในหลายแวดวงว่า AI จะมาแทนที่แรงงานมนุษย์ได้เกือบทั้งหมดในอนาคต

3) เทคโนโลยีดิจิทัลโดยรวม (เช่น Big Data, IoT) – จริงๆแล้วการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 นี้มีอีกชื่อหนึ่งว่าการปฏิวัติดิจิทัล (Digital Revolution) เพราะนอกภาคการผลิตจะเปลี่ยนโฉมเป็นกระบวนการผลิตแบบระบบอัตโนมัติแล้ว การเกิดขึ้นของคอมพิวเตอร์แบบดิจิทัล (Digital Computer) รวมไปถึงการเกิดขึ้นของ Internet เป็นจุดเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการประมวลผลข้อมูลและการติดต่อสื่อสารที่สำคัญมากในช่วงเวลาต่อมา และถือเป็นจุดเริ่มของยุคแห่งข้อมูล (Information Age)

ในด้านการประมวลผลข้อมูล นอกจากระบบประมวลผลจะมีประสิทธิภาพมากขึ้นและราคาถูกลงแล้ว การใช้ระบบ Computer Architecture แบบ Parallel Computing หรือ การใช้ระบบประมวลผลหลายยูนิตแบบคู่ขนานกัน (ซึ่งสามารถทำได้ผ่านระบบ Cloud) ทำให้การประมวลผลข้อมูล Big Data คือ ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ (Volume), มีหลายรูปแบบ (Variety), มีความเร็ว (Velocity)) ซึ่งแต่ก่อนสามารถทำได้ยากเนื่องด้วยข้อจำกัดของขนาดความสามารถของระบบประมวลผล นั้นมีความเป็นไปได้ (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 7)

รูปภาพที่ 7 Parallel Computing on Cloud



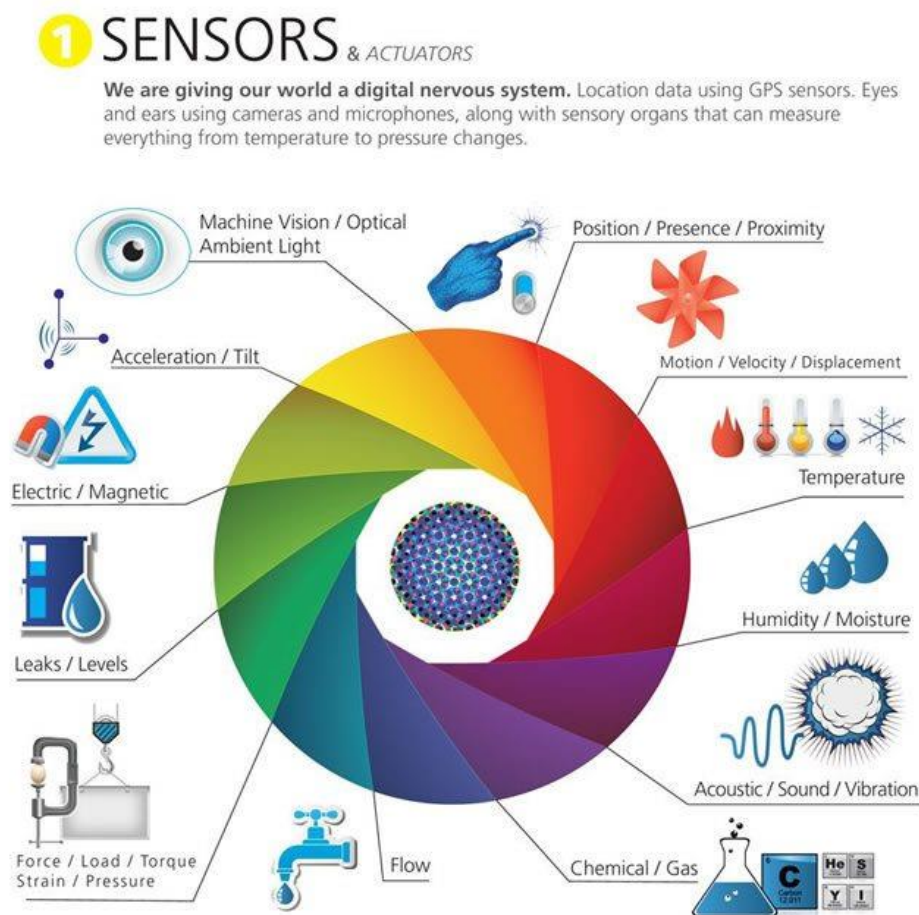
Source: MathWorks (2016)

<https://blogs.mathworks.com/simulink/2016/05/25/offload-work-from-your-computer-by-running-simulations-on-a-remote-cluster/>

ในขณะเดียวกัน หลังจากที่ Internet ได้ถือกำเนิดขึ้นในปี 1969 และการใช้ที่แพร่หลายมากขึ้นในช่วง 1990s ซึ่งในช่วงเวลานั้นข้อมูลที่มีการรับส่งจะเป็นข้อมูลที่สร้างขึ้นโดยคน และคนจะรับข้อมูลเหล่านั้นผ่าน

การใช้เรียกใช้ เช่น เปิดหน้า website, เปิดอ่าน email, ค้นข้อมูลใน search engine ในเวลาต่อมาเริ่มมีแนวคิดที่จะเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้ากับระบบ Internet โดย Kevin Ashton ได้ให้นิยามคำว่า Internet of Things (IoT) ขึ้นในปี 1999 ซึ่งในระบบ IoT นี้ อุปกรณ์ที่เชื่อมต่อจะมี Sensor เพื่อรับส่งข้อมูล โดยข้อมูลเป็นข้อมูลที่ส่งมาจากตัวอุปกรณ์มาที่ระบบโดยคนไม่จำเป็นต้องสั่งเรียกใช้ ตัวอย่างของข้อมูลที่ถูกส่งผ่านได้จาก Sensor เช่น ข้อมูลตำแหน่งและการเคลื่อนไหว, ข้อมูลอุณหภูมิ, ข้อมูลแสงหรือภาพ, etc. (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 8) จะเห็นได้ว่าข้อมูลเหล่านี้มีความหลากหลาย, เกิดขึ้นตลอดเวลา, รวมแล้วมีขนาดใหญ่ จึงถือได้ว่าระบบ IoT เป็นระบบหนึ่งที่ทำให้เกิด Big Data ที่จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

รูปภาพที่ 8 Types of Information Transmitted via Sensors (IoT System)



Source: I-Scoop

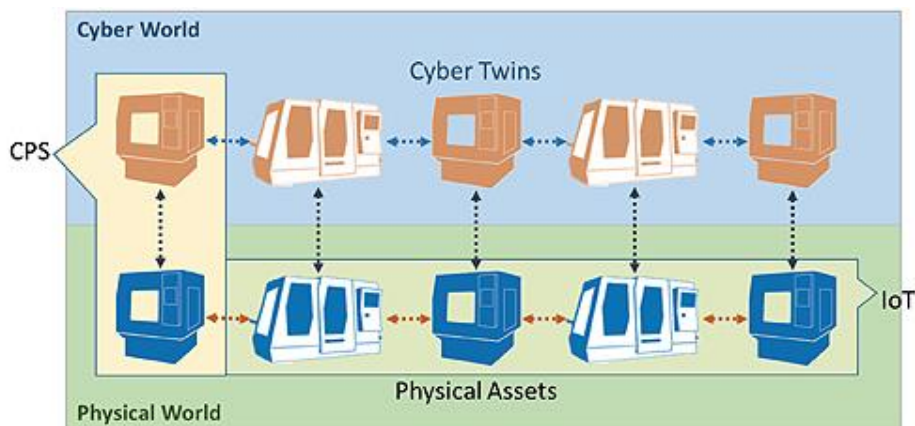
<https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/>

พัฒนาการของ IoT และการนำ IoT มาใช้ในกระบวนการผลิต ตลอดจนการพัฒนาด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ Big Data เอื้อให้เกิดการสร้างระบบ Cyber-Physical System ขึ้นได้ในยุคศตวรรษที่ 21 โดยระบบ Cyber-Physical System คือการที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Physical Device/Asset) ติดตั้ง Sensor เพื่อส่งข้อมูลกลับมาที่ระบบ โดยข้อมูลจะสามารถถูกนำมาสร้าง Digital Twin ในระบบ Cyber ได้ ซึ่ง Digital Twin จะสามารถเลียนแบบสิ่งที่เกิดขึ้นจริงบนอุปกรณ์หรือเครื่องจักร ตลอดจนสามารถใช้แจ้งเหตุขัดข้องหรือใช้คาดการณ์การเสื่อมสภาพหรือข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น รวมถึงสามารถสั่งการกลับไปที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรเพื่อให้ทำงานตามที่ต้องการได้ (ดูข้อมูลประกอบได้จาก รูปภาพที่ 9)

หากจะให้อธิบาย Cyber-Physical System แบบเห็นภาพ อาจมองได้ว่า Cyber-Physical System ประกอบด้วย อุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Physical System) ที่เปรียบเหมือนร่างกาย (Body) และ ระบบควบคุม (Cyber System) ที่เปรียบเหมือนสมอง (Brain) แต่สมองไม่ได้ยึดติดกับร่างกาย สิ่งที่เกิดขึ้นที่ร่างกายจะถูกส่งมาถึงสมองผ่านระบบ Sensor ของ IoT โดยสมองเมื่อรับข้อมูลก็จะแสดงภาพสิ่งที่เกิดขึ้นและประมวลผล (โดยการประมวลผลนี้จะพึ่งพาเทคโนโลยี AI และ Big Data) และก็สามารถสั่งการกลับไปให้ร่างกายทำงานตามที่ตั้งใจได้

แม้ปัจจุบันเทคโนโลยี Cyber-Physical System ยังไม่ได้ใช้แพร่หลายมากนัก แต่มีการคาดการณ์ว่า Cyber-Physical System จะมีบทบาทที่สำคัญมากในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 นี้ โดยจะเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตครั้งยิ่งใหญ่อีกครั้ง

รูปภาพที่ 9 Cyber-Physical System



Source: Design World (2015)

<https://www.designworldonline.com/big-future-for-cyber-physical-manufacturing-systems>

5.2.2 การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกอันเป็นผลจากเทคโนโลยี

ดังที่ได้กล่าวไปแล้วปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก คือ เทคโนโลยี ในบทนี้จะกล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีครั้งสำคัญๆ และผลของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีนั้นต่อรูปแบบการค้าโลก

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1 เกิดขึ้นที่ประเทศอังกฤษ และค่อยๆ ขยายออกไปภายในยุโรปตะวันตก และสหรัฐอเมริกา นักวิชาการหลายคนเห็นตรงกันว่าช่วงเวลาของการปฏิวัติอุตสาหกรรมคือประมาณ 1760-1840 โดยการประดิษฐ์สร้างเครื่องจักรไอน้ำครั้งแรกในปี 1784 นับเป็นจุดเปลี่ยนครั้งสำคัญของการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้ โดยเริ่มแรกเครื่องจักรไอน้ำได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอ เกิดอุตสาหกรรมการผลิตในรูปแบบโรงงาน เกิดการสร้างรถไฟและเรือที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องจักรไอน้ำ อีกทั้งรางรถไฟได้ถูกสร้างขึ้นเชื่อมเมืองที่สำคัญเพื่อความสะดวกในการขนส่งสินค้า

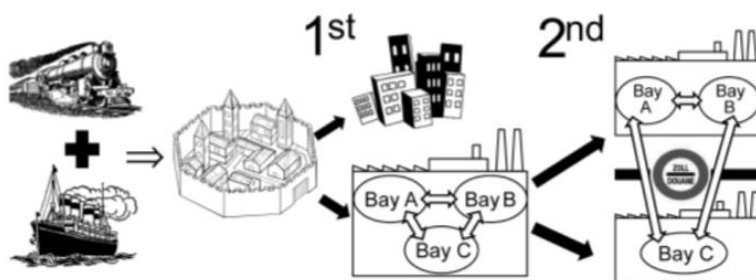
เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นในช่วงการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 1 นี้ ทำให้การเคลื่อนย้ายสินค้าจะทำได้ง่าย และราคาถูกลง การลดลงของค่าขนส่งสินค้าในครั้งนี้ผลักดันให้การค้าระหว่างประเทศเกิดเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดย Baldwin (2006, 2013, 2016) เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า The First Unbundling ซึ่งถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วง 1840-1914 และ ช่วงตั้งแต่ 1960 (ที่มีการเว้นช่วงเพราะเกิดสงครามโลกครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 ทำให้การค้าระหว่างประเทศถูกชะงักไป) โดยช่วงเวลาของ The First Unbundling ช่วงแรก มีความคาบ

เกี่ยวกับช่วงเวลาของการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 2 ซึ่งเกิดขึ้นระหว่าง 1870-1914 (ก่อนสงครามโลกครั้งที่ 1 จะเกิดขึ้น) โดยเริ่มต้นขึ้นที่ประเทศอังกฤษ ต่อเนื่องไปยังประเทศเยอรมัน และประเทศสหรัฐอเมริกา ในยุคนี้มีการสร้างกระแสไฟฟ้าใช้ และมีการริเริ่มระบบการผลิตแบบสายพาน (Assembly Line) โดยการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญคือการที่ Henry Ford นำระบบสายพานนี้มาใช้ในการผลิตรถยนต์ ทำให้สามารถผลิตได้ครั้งละจำนวนมาก (Mass Production) และราคาถูกลงจนคนทั่วไปสามารถซื้อได้ ทำให้การใช้รถยนต์แพร่หลายมากขึ้น พัฒนาการทางเศรษฐกิจตลอดจนการค้าระหว่างประเทศชะงักลงไปในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 2 เมื่อสงครามสิ้นสุดลง การค้าระหว่างประเทศก็เริ่มต้นขึ้นอีกครั้ง อย่างไรก็ตามในช่วงเวลาที่ผ่านมามาจนถึงช่วงนี้ แม้การเคลื่อนย้ายสินค้าจะทำได้ง่าย แต่การเคลื่อนย้ายความรู้และข้อมูลยังทำได้ยาก ทำให้นวัตกรรมและความรู้เรื่องเทคโนโลยีที่ถูกสร้างขึ้นยังกระจุกตัวอยู่ที่ประเทศตะวันตก และเกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่ไม่เท่ากัน (Uneven Development) ระหว่างประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีและนวัตกรรมกับประเทศกำลังพัฒนา เช่น จีน และ กลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ทำให้เกิดความแตกต่างที่ชัดเจนของค่าจ้างแรงงาน

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 หรือ การปฏิวัติดิจิทัล (Digital Revolution) นี้ เริ่มเกิดขึ้นในช่วง 1960s โดยมีการเกิดขึ้นของเทคโนโลยีที่สำคัญ 2 สิ่งคือ Programmable Logic Controller (PLC) ซึ่งถือเป็นระบบคอมพิวเตอร์อย่างง่ายที่ใช้ควบคุมอุปกรณ์ และ ARPANET หรือ ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของ Internet (ทั้ง 2 สิ่งนี้เกิดขึ้นในปี 1969) พัฒนาการของ PLC รวมถึงการเกิดขึ้นของคอมพิวเตอร์แบบดิจิทัล (Digital Computer) ทำให้ภาคการผลิตสามารถเปลี่ยนโฉมเป็นระบบอัตโนมัติ ส่วนการเกิดขึ้นของ Internet ได้ปฏิวัติวิธีการติดต่อสื่อสารหรือระบบสารสนเทศในช่วงเวลานั้น และถือเป็นจุดเริ่มของยุคแห่งข้อมูล (Information Age) และในช่วงกลางของ 1980s ถือเป็นช่วงเวลาที่การเคลื่อนย้ายความรู้และข้อมูลทำได้ง่ายขึ้น ประกอบกับค่าจ้างแรงงานในประเทศที่พัฒนาแล้ว (Advanced/Developed Countries) กับประเทศที่กำลังพัฒนา (Developing Countries) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ประเทศพัฒนาแล้ว (เจ้าของเทคโนโลยีและนวัตกรรม) เริ่มย้ายฐานการผลิตมาที่ประเทศที่ค่าแรงต่ำ (Offshoring) และถ่ายทอดความรู้หรือเทคโนโลยีที่จำเป็นในการผลิตมาที่ประเทศกำลังพัฒนา เพื่อจะได้สามารถผลิตสินค้าได้ราคาถูก เพราะค่าแรงในประเทศเหล่านี้ยังราคาถูกอยู่ โดย Baldwin (2006, 2013, 2016) เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า The Second Unbundling คือ กระบวนการการผลิตได้ถูกคลี่ออก โดยนวัตกรรมสามารถถูกสร้างขึ้นที่หนึ่ง ส่วนกระบวนการผลิตสามารถเกิดขึ้นอีกที่อื่นที่เหมาะสมได้ เรียกได้ว่ากระบวนการการผลิตในยุคนี้ทำให้เกิดห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ซึ่งทำให้เกิดความต้องการจ้างงานที่เพิ่มขึ้นในประเทศกำลังพัฒนา

เช่น ประเทศไทย (ดูข้อมูลประกอบของ First Unbundling และ Second Unbundling ได้จาก รูปภาพที่ 10)

รูปภาพที่ 10 First Unbundling and Second Unbundling



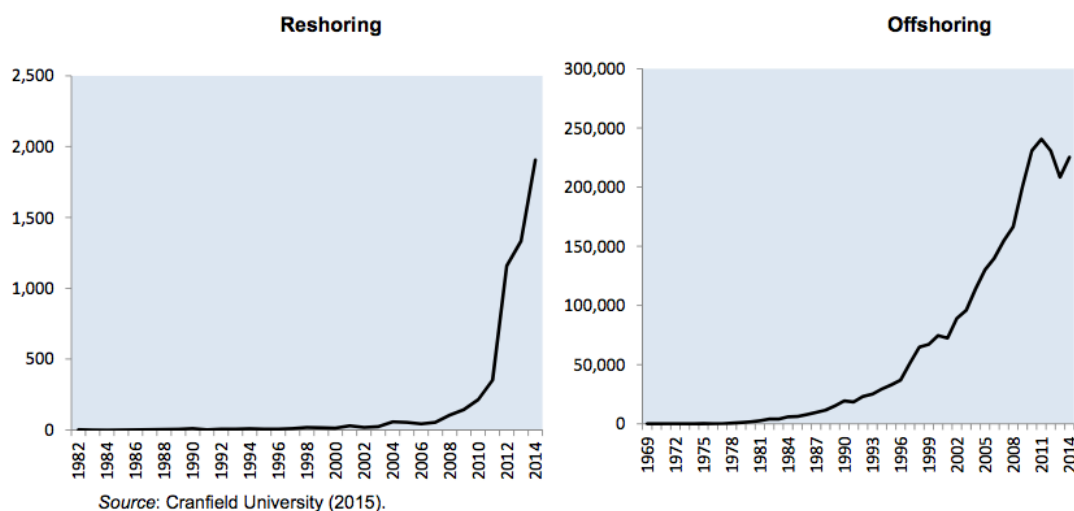
Source: Baldwin (2011, 2013)

De Backer, et. al (2016) พบว่าการย้ายฐานการผลิตจากประเทศพัฒนาแล้วไปยังประเทศกำลังพัฒนา (Offshoring) เริ่มเกิดขึ้นอย่างมากในช่วง 1990s ถึง 2000s ส่วนงานวิจัยของ Blinder (2009) พบว่า ลักษณะงานที่จะถูกย้ายฐานออกไปได้มักจะเป็นงานลักษณะที่ ไม่จำเป็นต้องทำที่สถานที่เฉพาะ หรือไม่ต้องมีการสื่อสารแบบพบหน้า (Face-to-Face) Blinder (2009) ยังคาดการณ์ด้วยว่า ประมาณ 22.2% ถึง 29% ของงานในสหรัฐอเมริกาจะสามารถถูกย้ายฐานออกไปได้

การพัฒนาของเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องกำลังจะสร้างความเปลี่ยนแปลงอีกครั้ง โดยนักวิชาการหลายแห่งได้บอกว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ได้เริ่มเกิดขึ้นแล้ว หรือไม่ก็กำลังจะเกิดขึ้นในไม่ช้า โดย การพัฒนาของ AI, Robotics, Big Data, Cyber-Physical System จะทำให้ระบบการผลิตจะเปลี่ยนแปลงครั้งยิ่งใหญ่อีกครั้ง โดยระบบ Cyber-Physical System จะทำให้อุปกรณ์หรือเครื่องจักร (Physical System) สามารถอยู่คนละที่กับระบบควบคุม (Cyber System) นอกจากนี้การพัฒนาด้านหุ่นยนต์ และ AI ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจะทำให้กระบวนการผลิตมีความจำเป็นต้องใช้แรงงานน้อยลง โดยนักวิชาการบางส่วน (เช่น กร กรัณย์ และคณะ, 2015) เชื่อว่ารูปแบบการค้าโลกกำลังจะเปลี่ยนไปอีกครั้งอันเป็นผลต่อเนื่องจากนวัตกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 หรือ การเกิด The Third Unbundling ซึ่งในทางทฤษฎีนั้นอาจมีความเป็นไปได้ว่าบริษัทข้ามชาติอาจจะตัดสินใจย้ายฐานการผลิตกลับไปประเทศแม่ (Reshoring) อย่างไร

ก็ดีหากดูข้อมูลปัจจุบัน Oldenski (2015) พบว่าตั้งแต่ช่วงปี 2010 เป็นต้นมา แม้การย้ายฐานการผลิตกลับมาที่ประเทศสหรัฐอเมริกา (Reshoring) จะถูกพูดถึงมากในสื่อ และมีการเกิดขึ้นจริงอยู่บ้าง แต่หากมองภาพรวมแล้วยังเกิดขึ้นน้อยมากเมื่อเทียบกับการย้ายฐานการผลิตออกจากประเทศ (Offshoring) โดยบริษัทที่เลือกย้ายการผลิตบางส่วนกลับมาที่สหรัฐอเมริกา ก็ยังคงเปิดฐานการผลิตที่ประเทศอื่นด้วยในขณะเดียวกัน เช่น General Electrics ที่เปิดโรงงานใหม่ขึ้นทั้งในสหรัฐอเมริกา, จีน, และอินเดีย งานวิจัยของ De Backer, et. al (2016) ได้ศึกษาข้อมูลความเป็นไปได้ในการย้ายฐานการผลิตกลับมา (Reshoring) ประเทศ OECD ประเทศอื่นๆ พบว่าแม้ในทางทฤษฎีมีความน่าจะเป็นไปได้ แต่ในทางปฏิบัติยังเกิดขึ้นน้อยมาก (ดูข้อมูลประกอบของ Reshoring vs. Offshoring ได้จาก รูปภาพที่ 11)

รูปภาพที่ 11 Count of Media Articles Reshoring vs. Offshoring



Source: De Becker, et. al (2016)

หากมองจากฝั่งประเทศกำลังพัฒนา เช่น ประเทศไทย Rattanakharnfu, et. al (2014) พบว่ามีการย้ายฐานการผลิตออกจากประเทศไทยไปบ้างจริง (เช่น ธุรกิจเกี่ยวกับเสื้อผ้า, รองเท้า, และเครื่องประดับ) แต่เป็นการย้ายฐานไปที่ประเทศอื่นในอาเซียน (Relocation) เช่น เวียดนาม หรือ พม่า ที่ยังมีค่าแรงถูกกว่าประเทศไทย ทั้งนี้เพราะค่าแรงของแรงงานไทยได้เพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วงเวลาที่ผ่านมา

ทั้งนี้แม้ในปัจจุบัน การย้ายฐานการผลิตออกจากประเทศไทยกลับไปประเทศแม่ (Reshoring) หรือ การย้ายฐานการผลิตออกจากประเทศไทยไปประเทศเพื่อนบ้าน (Relocation) ยังไม่ได้เกิดขึ้นมากนัก แต่ในอนาคตอันใกล้ก็มีความเป็นไปได้ว่าการย้ายฐานออกไปจะมีมากขึ้นได้ โดยหากมีการย้ายออกไปจริงก็จะมีผลทำให้ความต้องการจ้างงานในประเทศไทยลดลง ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาว่าแรงงานในภาคส่วนใด และในปริมาณเท่าใดจะถูกกระทบจากความเป็นไปได้ที่ฐานการผลิตจะถูกย้ายออกไปได้ในอนาคต

5.3 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีและรูปแบบการค้าระหว่างประเทศต่อตลาดแรงงาน

จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาเทคโนโลยีได้มีวิวัฒนาการขึ้นมาก และได้ปรับโฉมกระบวนการการผลิตตลอดจนมีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวัน นักเศรษฐศาสตร์ได้พยายามศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเหล่านี้ต่อแรงงาน โดย Autor, Levy, and Murnane (2003) ได้ศึกษาข้อมูลแรงงานในประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วง 1960-1998 และพบว่าเทคโนโลยี Computer ถือเป็นสิ่งที่มาแทนที่ (Substitute) แรงงานประเภทที่ทำงานตามซ้ำๆตามคำสั่งเฉพาะ (Routine Tasks) แต่เป็นสิ่งที่ต้องใช้ร่วมกันกับ (Complement) แรงงานประเภทที่ทำงานไม่ซ้ำและต้องสื่อสารแบบซับซ้อน (Non-Routine Tasks) นอกจากนี้ Autor and Dorn (2013) ได้ศึกษาข้อมูลแรงงานในประเทศสหรัฐอเมริกา ช่วง 1980-2005 พบว่าแรงงานที่ถูกแทนที่โดย Computerisation ส่วนใหญ่เป็นแรงงานที่มีความสามารถระดับกลาง (Medium-Skill) ในขณะที่การจ้างงานของแรงงานที่มีความสามารถระดับต่ำ (Low-Skill) และความสามารถระดับสูง (High-Skill) ไม่ได้ลดลง หรือเรียกได้ว่าเกิด Polarization ในตลาดแรงงาน โดย Michaels, Natraj, and Van Reenen (2014) ได้ศึกษาการเกิด Polarization ในประเทศ OECD อื่นๆ ในช่วง 1980-2004 ก็พบผลลัพธ์ที่คล้ายกัน

Jaimovich and Siu (2012) พบว่าการฟื้นตัวจากวิกฤตเศรษฐกิจของประเทศสหรัฐอเมริกาในยุคหลังๆ คือ ตั้งแต่ปี 1990 เป็นต้นมา มักเป็นแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Recovery) คือเศรษฐกิจฟื้นตัวแต่การจ้างงานไม่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Graetz and Michaels (2017) ศึกษาการฟื้นตัวจากวิกฤตเศรษฐกิจของประเทศพัฒนาแล้วอื่นๆ ตั้งแต่ปี 1985 เป็นต้นมา พบว่าแม้การฟื้นตัวจะไม่ทำให้เศรษฐกิจเติบโตขึ้นเร็วเหมือนแต่ก่อน แต่การจ้างงานก็ยังคงเพิ่มขึ้นอยู่

Graetz and Michaels (2018) ศึกษาผลกระทบของการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Multipurpose Manipulating Industrial Robots) ในประเทศ OECD ช่วง 1993-2007 พบว่าการใช้หุ่นยนต์อุตสาหกรรม

ช่วยเพิ่มการเติบโตของประสิทธิภาพแรงงาน (Labor Productivity Growth) และไม่ได้ลดการจ้างงานโดยรวมของประเทศ แต่จะลดสัดส่วนการจ้างงานของแรงงานที่มีความสามารถระดับต่ำ (Low-Skill) อย่างไรก็ดี Acemoglu and Restrepo (2017) ใช้ข้อมูลหุ่นยนต์อุตสาหกรรมชุดเดียวกันมาศึกษาผลกระทบในประเทศสหรัฐอเมริกาในระดับท้องถิ่น ในช่วง 1990-2007 พบว่าการใช้หุ่นยนต์จะอาจทำให้เกิดการลดการจ้างงานในพื้นที่ท้องถิ่นนั้นๆ Autor and Solomons (2017) ศึกษาข้อมูลประเทศ OECD ช่วง 1970-2007 พบว่าหากอุตสาหกรรมใดมีผลิตภาพแรงงาน (Labor Productivity) สูงขึ้น การจ้างงานในอุตสาหกรรมนั้นจะน้อยลง อย่างไรก็ตามหากมองภาพรวมของทั้งประเทศ จะพบว่าการพัฒนาทางเทคโนโลยีทำให้เกิดรายได้โดยรวมของประเทศที่สูงขึ้น และรายได้เหล่านั้นถูกนำไปใช้ในการบริโภคทำให้เกิดการผลิตและการจ้างงานที่สูงขึ้น ทำให้การจ้างงานในภาพรวมไม่ได้ลดลง

อย่างไรก็ดีงานวิจัยที่กล่าวถึงด้านบนนั้นเป็นงานวิจัยที่ศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเหล่านี้ต่อแรงงานในช่วงเวลาที่ผ่านมาแล้ว เพราะสามารถเก็บข้อมูลได้ แม้การทำการวิจัยกับข้อมูลในอดีตจะทำให้เราเห็นภาพและเข้าใจสิ่งที่ผ่านพ้นไปแล้วและอาจเป็นพื้นฐานของการคาดการณ์สิ่งที่เกิดขึ้นในอนาคต แต่การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในยุคนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างก้าวกระโดด หากอยากจะทำคาดการณ์ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อาจจะต้องใส่ข้อมูลวิสัยทัศน์ในการคาดการณ์อนาคตเพิ่มเข้าไปด้วย เป็นที่มาของงานวิจัยโดย Frey and Osborne (2017) ที่ต้องการจะคาดการณ์ผลกระทบของเทคโนโลยี Computerisation ที่จะเกิดขึ้นกับแรงงานในอนาคต โดยมองถึงงานที่จะสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในอนาคต โดยระบบคอมพิวเตอร์นี้ หมายความว่าถึง AI, Big Data, รวมถึงระบบ AI ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนไหวของหุ่นยนต์ด้วย (รายละเอียดของ Methodology ที่เสนอโดย Frey and Osborne (2017) จะถูกอธิบายอย่างละเอียดในบทที่อธิบายแบบจำลองของงานวิจัยนี้ เพราะจะเป็นพื้นฐานของแบบจำลองที่คณะวิจัยจะใช้) Frey and Osborne (2017) พบว่า 47% ของแรงงานในสหรัฐอเมริกามีความเสี่ยงสูงที่จะถูกทดแทนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในอนาคตอันใกล้

Chang et. al (2016) นำ Methodology ที่เสนอโดย Frey and Osborne (2017) มาประยุกต์ใช้กับประเทศอาเซียน (ข้อมูลแรงงาน ปี 2013) พบว่า 44-70% ของแรงงานในประเทศเหล่านี้มีความเสี่ยงสูงที่จะถูกทดแทนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในอนาคตอันใกล้ โดยหากมองลึกลงไปที่ประเทศไทย กิริยา กุลกลการ (2018) ได้ศึกษากรณีศึกษาพบว่าธุรกิจไทยการนำเครื่องจักรอัตโนมัติมาใช้ในการผลิตเพิ่มขึ้นมากในช่วงเวลาที่ผ่านมา ส่วนงานวิจัยของ พัชรพร และ นันทินต์ย (2018) พบว่าแรงงาน 57% ในภาคการเกษตร, 55% ใน

ภาคอุตสาหกรรม, 55% ในภาคการค้า, 28% ในภาคก่อสร้าง, 28% ในภาคบริการ จะมีความเสี่ยงสูงต่อการถูกทดแทนด้วยระบบคอมพิวเตอร์ในอนาคตอันใกล้ (ข้อมูลแรงงาน ปี 2016)

แม้งานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบโดยตรงของการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้นกับแรงงานในประเทศในอนาคตมาบ้างแล้ว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกด้วย และการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกนี้ก็สามารถส่งผลกระทบต่อแรงงานในประเทศได้เช่นกัน งานวิจัยชิ้นนี้จะทำการเชื่อมต่อแนวคิดนี้ คือจะเพิ่มการวิเคราะห์เชิงปริมาณของผลกระทบต่อแรงงานที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลกอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเข้าไปในวิเคราะห์ผลกระทบต่อแรงงานไทยในอนาคตด้วย

5.4 แบบจำลองเพื่อศึกษาความเสี่ยงของกำลังแรงงานจากการถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศโดยใช้แบบจำลองของ Machine Learning

5.4.1 หลักการสร้างแบบจำลอง Supervised Machine Learning ปรับปรุงจาก Frey and Osborne (2017)

แบบจำลองที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นการนำหลักการของ Frey and Osborne (2017) ซึ่งนำข้อมูลอาชีพจาก O*NET (The Occupational Information Network – ฐานข้อมูลของอาชีพที่จัดทำโดยกระทรวงแรงงานของประเทศสหรัฐอเมริกา) ซึ่งฐานข้อมูลนี้จะมีชื่ออาชีพทั้งหมด คำอธิบายลักษณะงานของแต่ละอาชีพ รวมถึงระดับทักษะความสามารถต่างๆที่ต้องใช้ในการประกอบอาชีพ โดย Frey and Osborne (2017) เลือกใช้ 9 ระดับทักษะความสามารถ มองว่าจะทำให้อาชีพนั้นๆถูกแทนที่ด้วย Computerisation ได้ยาก คือ

- Perception and manipulation (Finger dexterity, Manual dexterity, Cramped work space/awkward positions)
- Creative intelligence (Originality, Fine arts)
- Social intelligence (Social perceptiveness, Negotiation, Persuasion, Assisting and caring for others)

(ดูคำอธิบายจากตารางที่ 1)

Frey and Osborne (2017) ต้องการจัดลำดับอาชีพโดยจัดคำนวณความน่าจะเป็นของการถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีเชิงคอมพิวเตอร์ (probability of being computerized) ของอาชีพทั้งหมดกว่า 700 อาชีพ โดยงานศึกษาได้ใช้วิธีการของ Supervised Machine Learning โดยใช้กลุ่มอาชีพจำนวน 70 อาชีพ (เลือกแบบสุ่ม) เป็นอาชีพที่จะใช้เป็น *training data* โดยเริ่มจากการให้นักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีมา assign 1 or 0 โดย 1 หมายถึง การที่แรงงานสามารถถูกแทนที่ได้ด้วยเทคโนโลยีเชิงคอมพิวเตอร์ (computerization) และ 0 หมายถึงแรงงานไม่สามารถถูกแทนที่ได้ จากนั้นนำข้อมูลนี้มาวิเคราะห์ผ่าน Machine Learning แบบที่ใช้ Gaussian model เป็นพื้นที่ของ classifier model เพื่อหาค่าความน่าจะเป็น (Probability) ของอาชีพที่เหลือทั้งหมด (702 อาชีพ)

แต่เนื่องจาก Model ของ Frey and Osborne (2017) มองเพียงเรื่อง Computerisation เท่านั้นสิ่งที่นักวิจัยโครงการนี้ปรับปรุงเพิ่มคือเพิ่มตัวแปร เกี่ยวกับผลทางอ้อมของ Computerisation ที่มีต่อโครงสร้างของการค้าระหว่างประเทศ เช่น การ Offshoring และการ Reshoring/Relocating ทางผู้วิจัยจึงจะทำการปรับการวิเคราะห์จากแบบจำลองของ Frey and Osborne (2017) โดยเพิ่มตัวแปรด้านประเด็นความเสี่ยงของการที่แรงงานภายในประเทศอาจถูกแทนที่จากการ offshorability (Blinder, 2009 และ Firpo, Fortin, and Lemieux, 2011) โดยที่ ลักษณะของงาน และระดับทักษะความสามารถจาก O*NET ที่ได้มีการกล่าวไว้ในงานวิจัยที่ผ่านมาได้แก่ (i) งานที่มีลักษณะการทำงานที่อาศัย Face-to-Face ที่สื่อถึง

- (i) งานที่มีลักษณะการทำงานที่อาศัย **Face-to-Face** ซึ่งคือ ประเภทงานที่จำเป็นต้องมีการพบหน้ากัน หรือต้องมีปฏิสัมพันธ์กันโดยตรงในหน้าที่การงาน
- (ii) งานที่การทำงานที่ **On-Site** หมายถึง ประเภทงานที่คนทำงานจำเป็นต้องอยู่ปฏิบัติงานในพื้นที่นั้นๆ

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่อยู่ในแบบจำลอง

Computerisation bottleneck	ตัวแปรจาก O*NET	คำอธิบายตัวแปร
Perception and Manipulation	Finger Dexterity	ความสามารถในการประสานการเคลื่อนไหวอย่างแม่นยำของนิ้วมือของมือข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างเพื่อจับปรับแต่งหรือประกอบวัตถุขนาดเล็กมาก
	Manual Dexterity	ความสามารถในการเคลื่อนย้ายมือของคุณอย่างรวดเร็วมือของคุณพร้อมกับแขนของคุณหรือมือทั้งสองของคุณที่จะเข้าใจจัดการหรือรวบรวมวัตถุ
	Cramped Work Space, Awkward Positions	งานนี้ต้องทำงานในพื้นที่ทำงานที่แคบซึ่งต้องเข้าสู่ตำแหน่งที่น่าอึดอัด
Creative Intelligence	Originality	ความสามารถในการสร้างความคิดใหม่ๆที่ผิดปกติ หรือฉลาดเกี่ยวกับหัวข้อหรือสถานการณ์ที่กำหนดหรือเพื่อพัฒนาวิธีการสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา
	Fine Arts	ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและเทคนิคต่าง ๆ ที่จำเป็นในการเขียน การผลิตและการปฏิบัติงานด้านดนตรีการเต้นรำทัศนศิลป์การละครและประติมากรรม
Social Intelligence	Social Perceptiveness	ตระหนักถึงปฏิกิริยาของผู้อื่นและทำความเข้าใจว่าทำไมพวกเขาถึงมีปฏิกิริยาเช่นเดียวกับพวกเขา
	Negotiation	นำผู้อื่นมารวมกันและพยายามปรับความแตกต่าง
	Persuasion	ชักชวนผู้อื่นให้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรมของคนอื่น
	Assisting and Caring for Others	การให้ความช่วยเหลือส่วนบุคคลการดูแลทางการแพทย์การสนับสนุนทางอารมณ์หรือการดูแลส่วนบุคคลอื่น ๆ ให้กับผู้อื่นเช่นเพื่อนร่วมงานลูกค้าหรือผู้ป่วย
Offshorability	On-site	งานจะต้องดำเนินการในตำแหน่ง / พื้นที่เฉพาะ
	Face-to-Face	ลักษณะงานต้องใช้การสื่อสารส่วนบุคคลแบบตัวต่อตัวและ / หรือติดต่อกับผู้ใช้บริการ

แสดงว่า ถ้าอาชีพใดๆ ก็ตามมีองค์ประกอบของ Face-to-Face และ/หรือ On-Site เป็นสัดส่วนอยู่สูง อาชีพเหล่านั้นก็จะ “ปลอดภัย” ต่อการเสี่ยงงานไปกับการเกิดการใช้แรงงานนอกประเทศให้ทำงานดังกล่าว

แต่ทั้งนี้ งานของ Blinder (2009) และ Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) ได้ทำการวิเคราะห์โอกาสการถูกแทนที่จากการถูก offshore หรือ outsource ในกรณีที่ไม่ได้มีการปรับเปลี่ยนของเทคโนโลยีเชิง automation หรือ เชิง AI เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย แต่เราทราบกันว่า การพัฒนาของเทคโนโลยีในขั้นนี้จำสามารถทำให้เกิด The Third Unbundling นั่นคือ ความเป็นไปได้ที่บริษัทข้ามชาติอาจจะตัดสินใจย้ายฐานการผลิตกลับไปประเทศแม่ (Reshoring) (Oldenski, 2015; De Backer, et. al. 2016) แสดงว่า ลักษณะงานที่สามารถป้องกันการ offshoring ได้ ก็น่าจะเป็นลักษณะงานที่น่าจะมีโอกาสโดน reshoring ต่ำเช่นกัน

โดยการวิเคราะห์ได้เริ่มดำเนินการโดยใช้วิธีการของ Machine Learning และเริ่มจาก training data ที่นำมาจากของ Frey and Osborne (2017) และจะทำการปรับปรุงแบบจำลองตามหลักวิธีของ Machine Learning ที่อาศัยการทำ cross-validation เพื่อหาค่า Mean Squared Errors ที่ต่ำที่สุด

ในรายละเอียดนั้น ขั้นตอนการวิเคราะห์ตามหลักของ Frey and Osborne (2017) เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลอาชีพ O*NET เวอร์ชัน 22.2 (จากปี 2018) ของ Bureau of Labor Statistics ของสหรัฐอเมริกา และนำมาปรับใช้กับ O*NET-SOC (occupations classification systems) เพื่อจัดแบ่งประเภทต่างๆของลักษณะงานออกเป็นกลุ่มต่างๆ¹ โดยเราได้แจกแจงลักษณะงานทั้ง 4 กลุ่มในอาชีพต่างๆ ไว้ในตารางที่ 1

5.4.2 หลักการและขั้นตอนจัด Classification ด้วยวิธี Supervised Machine Learning ในกรณีศึกษา ผลกระทบรวมจากด้านเทคโนโลยี และด้านการค้าระหว่างประเทศ

เมื่อทำการรวมข้อมูลทั้ง 2 ชุด (O*NET และ Offshorability) เข้าด้วยกันแล้ว เราสามารถจัดกลุ่มอาชีพได้ออกเป็น 702 ประเภท จากนั้น เราใช้กลุ่มอาชีพตัวอย่างทั้งหมด 70 อาชีพที่มีข้อมูลด้านความน่าจะเป็นที่กลุ่มนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีได้ให้ค่าไว้แล้วจาก Frey and Osborne (2017) มาทำ

¹ การเลือกอาชีพและการปรับใช้รหัสอาชีพจาก O*NET นั้น เรานำมาจาก Frey and Osborne (2017) โดยตรง ซึ่งใช้รหัสอาชีพของ Bureau of Labor Statistics (BLS) นั่นคือ SOC 2010 แบบเลข 6 หลัก การนำรหัสอาชีวดังกล่าวมาปรับใช้กับข้อมูล Labour Force Surveys ของไทยนั้น ต้องอาศัยการทำ crosswalk ของรหัส SOC 2010 กับ ISCO-2008 แบบเลข 4 หลัก ที่ได้มีการจัดทำไว้โดย BLS เช่นกัน

การวิเคราะห์ซ้ำ และกำหนดให้เป็นตัวแปรตาม (y) และกำหนดให้ y มีค่าเท่ากับ 1 หากกลุ่มนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญคิดว่าอาชีพจากตัวอย่างนั้นจะถูกแทนที่ในท้ายที่สุด และ y มีค่าเท่ากับ 0 ในกรณีอื่นๆ

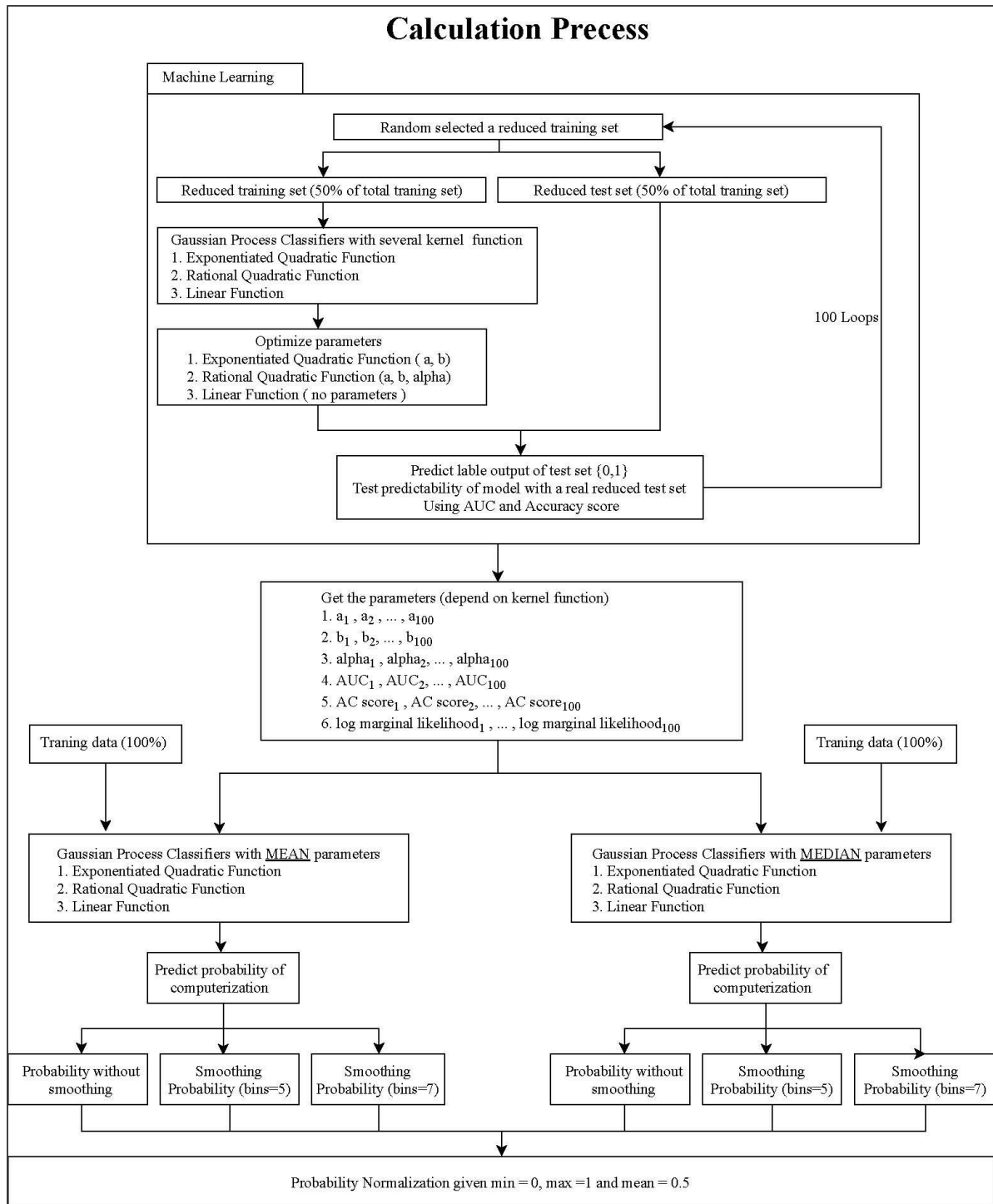
โดยในส่วนของตัวแปรต้น เราทำการเพิ่มตัวแปรต้นเชิงการค้าระหว่างประเทศ (ซึ่งคือ offshorability ตามที่ได้กล่าวไป) ทำให้มีตัวแปรต้นทั้งสิ้น 9 ตัวแปร (featured vector) ในการทำ Supervised Machine Learning ในขั้นตอนการ Train โมเดลนี้ ($x \in \mathbb{R}^9$)

ทั้งนี้ ชุดข้อมูล *training dataset* จึงเท่ากับ $\mathcal{D} = (X, y)$ โดยที่ $X \in \mathbb{R}^{70 \times 9}$ เมื่อ $y \in \{0,1\}^{70}$ และ ชุดข้อมูล *testing dataset* จึงเท่ากับ $x_* \in \mathbb{R}^{684 \times 9}$ และการทำ Supervised Machine Learning จะเริ่มจากการให้โมเดลนั้นทำการเรียนรู้ (train) ในแต่ละรอบของการคำนวณจากข้อมูลส่วนหนึ่งของชุด *training dataset* เพื่อนำมาคิดหาความน่าจะเป็นในการคาดเดาประเภทของข้อมูลของอาชีพที่อยู่ในชุด *training dataset* ที่ไม่ได้ถูกนำมาใช้ในรอบนั้นๆ

โดยในการวิเคราะห์จัดประเภท (classification) ในงานนี้ เราให้โมเดลแบบ non-parametric ตามแบบ Gaussian process ด้วยโปรแกรม Scikit-Learn Package 0.19.1 ของ Python (Pedregosa et al., 2011) โดยที่การเลือกชุดข้อมูลอาชีพย่อยๆของชุด Training Dataset มาให้นั้น จะทำอย่างน้อย 100 รอบ เพื่อให้ในการปรับค่า parameter ของลักษณะของ kernel function ไปเรื่อยๆ จนกระทั่ง โมเดลดังกล่าวให้ค่า model prediction ที่น่าเชื่อถือ (model validation)

การวัดเทียบหาความน่าเชื่อถือนั้น เราหาได้จากการเทียบค่า AUC (area under the receiver operating characteristic curve) ของแต่ละโมเดลที่มีค่า parameter ต่างๆกันไป (เช่น โมเดลแบบ linear หรือ โมเดลแบบ exponentiated quadratic) เพื่อหาโมเดลที่ให้ค่าของ AUC ใกล้กับ 1 ให้มากที่สุด (แสดงถึงว่าโมเดลนั้นๆ สามารถคาดค่าความเป็นไปได้ได้ตรงตามความเป็นจริง) รูปภาพที่ 12 แสดงรายละเอียดของขั้นตอนการทำ classification ตามแบบของ Frey and Osborne (2017)

รูปภาพที่ 12 แสดงรายละเอียดของขั้นตอนการทำ classification



หลังจากที่เราให้ supervised machine learning แบบ Gaussian หาโมเดลที่เหมาะสมที่สุดได้แล้วนั้น เราจึงให้ค่า parameter ของโมเดลดังกล่าวที่ถูกสร้างมาจากตัวแปร (featured vectors) ทั้ง 11 ตัวแปรมาใช้ในการ predict ค่าความเสี่ยงของการถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศในกลุ่มอาเซียนที่เหลือที่ทางกลุ่มนักวิจัยผู้เชี่ยวชาญยังไม่ได้จัดแบ่งกลุ่ม (ให้ค่า y เท่ากับ 0 หรือ 1) โดยที่ค่าความเสี่ยงของการถูกแทนที่ดังกล่าวจะถูกกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

ตารางที่ 2 แสดงสถิติโดยรวมของค่าความเสี่ยงที่โมเดลที่เลือกมาแต่ละแบบได้ทำการคำนวณไว้ โดยที่เราได้กำหนดให้โมเดลมีลักษณะหลักๆ 3 รูปแบบ คือ (i) แบบ exponentiated quadratic (ii) แบบ Rational Quadratic และ (iii) แบบ Linear หรือเทียบเท่ากับ Logistic Regression โดยที่ใน 3 แถวนของตารางที่ 2 แสดงค่าของโมเดลเมื่อได้ถูกคำนวณโดย machine learning โดยใช้ตัวแปร 9 ตัวจาก O*NET ตามที่ Frey and Osborne (2017) ได้ทำไว้ สำหรับผลการคำนวณจากการโมเดลที่ได้ปรับเปลี่ยนตัวแปรด้านการค้าระหว่างประเทศเข้าป้อนนั้นจะอยู่ในกลุ่มบรรทัดส่วนล่างของตารางที่ 2

ตารางที่ 2

	Group of dependent variables	Classifier Model	Mean parameters			Median parameters		
			Log Marginal Likelihood	Average Accuracy score (SD)	Average AUC (SD)	Log Marginal Likelihood	Average Accuracy score (SD)	Average AUC (SD)
I.	9 O*NET variables	Exponentiated Quadratic	-34.17	0.8273 (0.0599)	0.822 (0.0566)	-33.76	0.8235 (0.0599)	0.8235 (0.0566)
II.		Rational Quadratic	-34.2	0.827 (0.0594)	0.8216 (0.0557)	-33.78	0.8235 (0.0594)	0.8229 (0.0557)
III.		Linear (Logistic Regression)	-54.81	0.6779 (0.0643)	0.6788 (0.0643)			
IV.	9 O*NET variables + offshore index	Exponentiated Quadratic	-33.7	0.8241 (0.0628)	0.8189 (0.0588)	-33.35	0.822 (0.0623)	0.8174 (0.0580)
V.		Rational Quadratic	-33.72	0.8247 (0.0618)	0.8197 (0.0578)	-33.36	0.8235 (0.0618)	0.8226 (0.0578)
VI.		Linear (Logistic Regression)	-49.29	0.7523 (0.0691)	0.7534 (0.0695)			
VII.	9 O*NET variables + onside index and face-to-face index.	Exponentiated Quadratic	-35.17	0.8197 (0.0595)	0.8159 (0.0554)	-34.36	0.8235 -0.0595	0.8128 -0.0554
VIII.		Rational Quadratic	-35.18	0.8191 (0.0603)	0.8154 (0.0561)	-34.38	0.8235 (0.0603)	0.8128 (0.0561)
IX.		Linear (Logistic Regression)	-59.02	0.6905 (0.0702)	0.6925 (0.0696)			

ตารางที่ 2 แสดงค่าความน่าเชื่อถือของการจัด classification จาก classifier model ทั้ง 3 แบบ (ที่แสดงจากค่า accuracy score และ ค่า AUC) ซึ่งท้ายที่ได้ชี้ว่า model แบบ Exponentiated แสดงค่าความน่าเชื่อถือได้ดีที่สุด และรองลงมาคือ แบบ Rational Quadratic

สำหรับการเปรียบเทียบภายใน classifier model เองนั้น เพื่อดูว่าการเพิ่มตัวแปรด้านการค้าระหว่างประเทศ (ซึ่งแสดงด้วยตัวแปร Onsite และ Face-to-Face) ผลของความน่าเชื่อถือของโมเดลนั้นไม่ได้ต่างจากโมเดลตั้งต้นของ Frey and Osborne (จากการทำ cross-validation ที่พิจารณาทั้งความสามารถของโมเดลในการ prediction โดยที่ไม่ได้เป็นโมเดลที่ overfitting จนเกินไป) ทำให้ผู้วิจัยเชื่อว่า ตัวโมเดลที่ได้รับการปรับเปลี่ยนนั้นยังสามารถนำไปทำการคาดการณ์ค่าความเป็นไปได้ (ระดับความเสี่ยง) ของแรงงานในกลุ่มอาชีพต่างๆอาจถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี และการค้าระหว่างประเทศในอนาคต

5.5 ผลการคำนวณระดับความเสี่ยงของกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพต่างๆอาจถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี และการค้าระหว่างประเทศในอนาคตจากแบบจำลองของ Machine Learning

ในขั้นนี้ การรายงานผลจะเริ่มจากการแสดงค่าความเป็นไปได้ของความเสี่ยงของแต่ละอาชีพในการถูกแทนที่ในอนาคตที่ได้จากแบบจำลองของ Machine Learning ที่ได้ถูกปรับปรุงเพื่อรวมผลกระทบจากปัจจัยทางการเปลี่ยนรูปแบบการค้าระหว่างประเทศ และจากนั้นรายงานจะทำการประเมินผลของความเสี่ยงจากการมองผ่านโครงสร้างกำลังแรงงานในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาของประเทศไทยในทุกๆอาชีพ

โดยการวิเคราะห์จะกล่าวถึงผลกระทบต่อกลุ่มอาชีพในภาพรวม และผลกระทบต่อกลุ่มอาชีพแบบละเอียด นั่นคือ กลุ่มอาชีพตามรหัส 4 หลักของ International Standard Classification of Occupations (ISCO) ฉบับปี 2008 เพื่อดำเนินการทำการประมาณค่าได้ว่าจะมีกำลังแรงงานที่ถูกกระทบจำนวนมากน้อยเพียงใดในแต่ละอาชีพ และความเข้มข้นของอาชีพเสี่ยงดังกล่าวที่อาจแตกต่างกันไปตามเพศ และระดับอายุของกำลังแรงงาน

5.5.1 ระดับความเสี่ยงของกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพต่างๆ ที่คาดการณ์

รูปภาพที่ 13 แสดงการกระจายของค่าความเป็นไปได้ของความเสี่ยงของแต่ละอาชีพ โดยเรียงจากความเสี่ยงในการถูกแทนที่ต่ำที่สุด (probability เท่ากับ 0) ไปสู่ความเสี่ยงในการถูกแทนที่สูงที่สุด

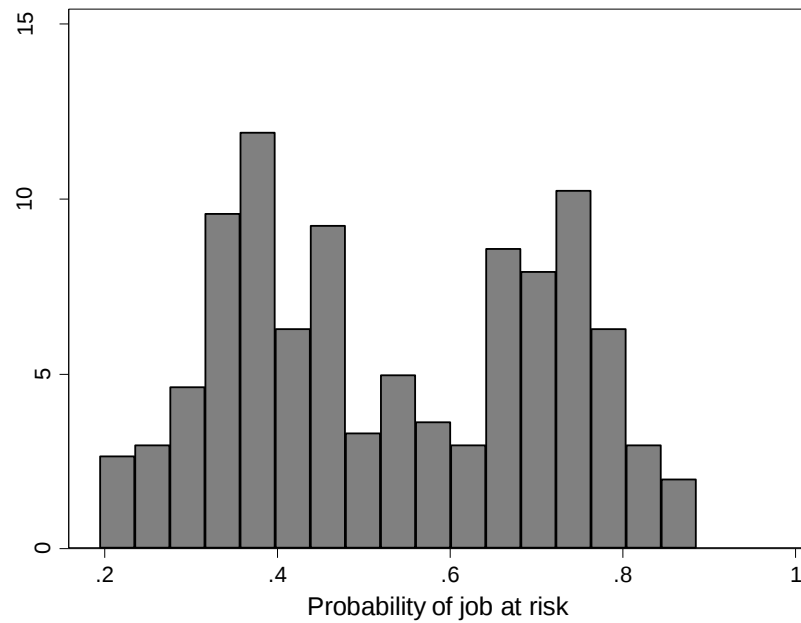
(probability เท่ากับ 1) (ในแนวนอน) โดยที่แกนตั้งแสดงถึงสัดส่วนของกลุ่มอาชีพของตลาดแรงงานไทยในปี ที่ศึกษา (ค่าเฉลี่ยของสถิติจาก Labour Force Surveys ปี 2011-2016)² ที่มีค่าความเสี่ยงดังกล่าวจาก แบบจำลองของ Machine Learning เพื่อแสดงให้เห็นถึงการกระจุกตัวและกระจายตัวของความเสี่ยงเชิง เทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศรูปแบบใหม่กับกำลังแรงงานทั้งประเทศ

รูปภาพที่ 14 แสดงค่าความเสี่ยงของแต่ละอาชีพที่จัดเรียงตามกลุ่มอาชีพตามรหัส 4 หลักของ ISCO-2008 โดยที่รหัสที่มีเลขต่ำจะแสดงถึงกลุ่มอาชีพส่วนบนของตลาดแรงงาน (เช่น กลุ่มอาชีพบริหาร) รหัสที่มีเลขสูงแสดงถึงอาชีพส่วนล่างของตลาดแรงงาน โดยเราแสดงค่าความเสี่ยงนี้แบบเปรียบเทียบผลจาก แบบจำลองตั้งต้น (เส้นแสดง F&O) ที่ไม่ได้รวมตัวแปรเชิงการค้า และผลจากแบบจำลองที่ได้ทำการเพิ่มตัวแปร Offshorability เรียบร้อยแล้ว (เส้นแสดง Tech & Trade) ทั้งนี้รูปภาพที่ 14 ได้แสดงไว้ว่าผลการ คัดการณ์ของค่าความเสี่ยงด้วยแบบจำลองที่ปรับเพิ่มปัจจัยทางการค้านั้นจะได้ค่าความเสี่ยงที่สูงกว่าผลจาก แบบจำลองตั้งต้นสำหรับกลุ่มอาชีพส่วนบน (รหัส ISCO ที่มีค่าน้อย) แต่ได้ผลที่ใกล้เคียงกันสำหรับกลุ่มอาชีพ ระดับกลาง และได้ผลค่าความเสี่ยงโดยเฉลี่ยแล้วต่ำกว่าผลจากแบบจำลองตั้งต้นสำหรับสายอาชีพกลุ่มล่าง (รหัส ISCO ที่มีค่าสูง)

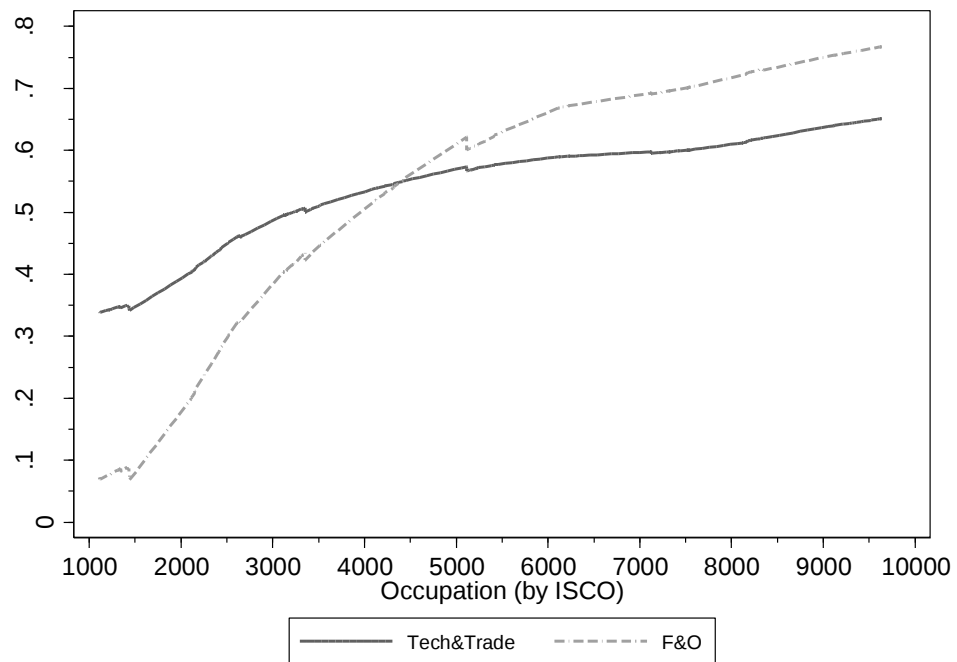
ดังนั้น เสมือนว่า การนำปัจจัยเชิงการค้าที่น่าจะมีผลต่อความเสี่ยงในการจะถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี ทำให้เกิดโอกาสเสี่ยงที่มากขึ้นในงานสายบริหาร หรือสายวิเคราะห์บางประเภทที่ได้จำเป็นต้องมีการทำงาน ในสถานที่เดียวกันกับการใช้งาน ตัวอย่างเช่น การพัฒนาของเทคโนโลยีเชิงการสื่อสาร ที่สามารถทำให้งาน บางอย่างสามารถที่จะดำเนินการได้โดยไม่ถูกจำกัดโดยปัจจัยเชิงพื้นที่ ในทางกลับกัน งานเชิงการเกษตร หรือ การบริการระดับล่างมีโครงสร้างของงานที่ต้องใช้คนในพื้นที่เท่านั้นจึงจะสามารถได้ผลผลิต จึงทำให้โอกาส การถูกแทนที่นั้น (เมื่อเทียบกับโมเดลหลักแล้ว) มีค่าความเสี่ยงลดลง อย่างไรก็ตาม เรายังคงพบว่า กลุ่มอาชีพ ส่วนปลาย (อาชีพงานขาย อาชีพการผลิตในโรงงาน อาชีพพื้นฐานที่อาศัยทักษะต่ำ) ก็ยังคงเป็นกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงมาก ดังที่พบในโมเดลของ Frey and Osborne เช่นเดิม โดยเราได้ทำการรายงานค่าความเสี่ยง ของแต่ละอาชีพโดยละเอียดไว้ในภาคผนวก

² โดยที่ผู้วิจัยสามารถทำการ map กลุ่มอาชีพจากทั้งหมด 702 ประเภทอาชีพตามเกณฑ์สากลของ ISCO ได้ทั้งสิ้น 303 อาชีพสำหรับของตลาดแรงงานของ ประเทศไทย

รูปภาพที่ 13 การกระจายของค่าความเป็นไปได้ของความเสี่ยงของแต่ละอาชีพ



รูปภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่าความเป็นไปได้ของความเสี่ยงของแต่ละอาชีพจากโมเดลตั้งต้น (F&O) และโมเดลปรับปรุง (Tech&Trade)



5.5.2 ขนาดของผลกระทบต่อกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพต่างๆ (จำนวนกำลังแรงงาน และ ชั่วโมงการทำงาน)

เริ่มจากการคำนวณหาปริมาณกำลังแรงงานรวมทั้งสิ้นในประเทศไทยในช่วงเวลาปี 2011 -2016 จากฐานข้อมูลสำรวจภาวะกำลังแรงงาน (Labour Force Survey) ของไทย โดยแบ่งตามกลุ่มอาชีพตามรหัส 4 หลักของ ISCO-2008 แบ่งมีการถ่วงน้ำหนัก เพื่อหาค่าของกำลังแรงงาน 2 ค่าระดับ คือ

1. จำนวนคนที่ระบุว่าทำงานในอาชีพกลุ่มดังกล่าว (extensive margin)
2. จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ของคนระบุว่าทำงานในอาชีพกลุ่มดังกล่าว (intensive margin)

การแบ่งการคำนวณกำลังแรงงานออกเป็น 2 ค่าช่วยให้การวิเคราะห์สามารถสังเกตระดับความรุนแรงของความเสี่ยงของการเสียกำลังแรงงานได้ในมุมนี้อีกมากขึ้น นั่นก็เพราะว่าคนทำงานที่มีชั่วโมงเวลาทำงานที่แตกต่างกัน ย่อมมีมูลค่าของการสร้างผลประโยชน์เชิงเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นงานอาชีพเดียวกัน นอกจากนั้น การพิจารณาทั้งแบบ extensive และ intensive margin ยังช่วยให้พิจารณาได้ว่าการแทนที่แรงงานของเทคโนโลยีจะทำให้เกิดภาวะการใช้ทรัพยากร(มนุษย์)ได้อย่างไม่คุ้มค่า มีระดับของปัญหามากเท่าไร ส่วนอีกประเด็นหนึ่งคือ โครงสร้างของลักษณะของแรงงานในประเทศไทยนั้นประกอบไปด้วยแรงงานจำนวนมากที่มีชั่วโมงการทำงานต่ำ หรือ ต่ำมาก (น้อยกว่า 20 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์) และในทางกลับกันตลาดแรงงานของไทยยังมีกลุ่มที่มีชั่วโมงทำงานแบบสูงกว่าชั่วโมงทำงานมาตรฐาน (เกิน 50 ชั่วโมง ต่อสัปดาห์)

ในลำดับถัดไป ผู้วิจัยได้นำค่าความเสี่ยงดังกล่าวจากแบบจำลองของ Machine Learning ของแต่ละกลุ่มอาชีพเพื่อทำการคำนวณประกอบกับขนาดกำลังแรงงานที่มีอยู่ในปัจจุบัน (เฉลี่ยของช่วง 5 ปีระหว่างปี 2011 – 2016) เพื่อหาค่าคาดการณ์ของขนาดของกำลังแรงงานที่กำลังจะถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยี และการค้าระหว่างประเทศ

โดยเริ่มจากการคำนวณขนาดของกำลังแรงงานที่คิดจาก (i) จำนวนแรงงาน และ (ii) จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ของแรงงานทุกรูปแบบของแต่ละสาขาอาชีพ และพิจารณาแบบแยกตามเพศ ระดับการศึกษา และกลุ่มอายุของกำลังแรงงาน

โดยในตารางที่ 3 ทำการสรุปค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงในกลุ่มประเภทอาชีพหลักทั้ง 9 กลุ่ม (จากรหัส ISCO แบบ 1 digit) และขนาดคาดการณ์ของกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพดังกล่าวที่ไม่เคยคาดว่าจะได้รับ

ผลกระทบ โดยผลที่แสดงเกิดจากการคำนวณโดยนำค่าโอกาสเสี่ยงเฉลี่ยของกลุ่มอาชีพ มาทำการคูณกับ ขนาดกำลังแรงงานตามทีพบในสถิติ Labour Force Survey (เฉลี่ยปี 2011-2016) ตามจำนวนคน ทั้งใน จำนวนรวมทั้งสิ้น และแบ่งแรงงานออกเป็นแรงงานชายและแรงงานหญิง

ตารางที่ 3. กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ

กลุ่มอาชีพ (ISCO 1 หลัก)	โอกาสเสี่ยง (ร้อยละ)	กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ		
		ภาพรวม	ชาย	หญิง
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย ข้าราชการอาวุโส ผู้จัดการ	0.3820	486,162	320,231	167,205
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่าง ๆ	0.4176	551,996	224,623	330,373
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	0.5391	587,276	256,669	335,277
4. งานเสมียน, เจ้าหน้าที่	0.7253	685,410	216,213	469,935
5. พนักงานบริการ พนักงานขายในร้านค้าและตลาด	0.5700	3,285,656	1,397,460	1,888,296
6. ผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	0.5733	2,755,300	1,627,920	1,127,528
7. ผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	0.5793	1,468,133	1,115,333	354,727
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	0.6834	1,589,534	1,193,064	396,919
9. อาชีพงานพื้นฐาน	0.6195	1,581,264	705,758	876,039
รวม	0.5372	12,140,010	6,607,174	5,586,553

หมายเหตุ: โอกาสเสี่ยงมาจาก model ที่ทางผู้วิจัยได้สร้างและคำนวณ และกำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบมาจากการคำนวณจากขนาดแรงงานจากสถิติ Labour Force Surveys ปี 2011-2016

ตารางที่ 4.1 กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ แบ่งตามประเภทการศึกษา

กลุ่มอาชีพ (ISCO 1 หลัก)	กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ			
	ประณม	ม.ต้น	ม.ปลาย	ปริญญา
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย ข้าราชการอาวุโส ผู้จัดการ	102,370	43,604	114,967	227,838
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่าง ๆ	13,448	12,474	47,315	488,251
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	34,407	30,356	197,365	338,467
4. งานเสมียน, เจ้าหน้าที่	35,114	65,728	269,989	316,284
5. พนักงานบริการ พนักงานขาย	1,359,205	605,064	913,611	408,924
6. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	1,843,816	426,524	405,621	79,854
7. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	809,413	300,802	310,965	54,263
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	578,510	456,863	509,619	46,880
9. อาชีพงานพื้นฐาน	1,015,172	327,316	218,211	22,177
รวม	5,315,523	2,047,990	2,738,330	2,086,463

หมายเหตุ: อ้างอิงจากตารางที่ 3 และดูกำลังแรงงานรวมของแต่ละกลุ่มอาชีพจากคอลัมน์ “ภาพรวม” ในตารางที่ 3

ตารางที่ 4.2 กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ แบ่งตามกลุ่มอายุของแรงงาน

กลุ่มอาชีพ (ISCO 1 หลัก)	กำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบ				
	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย ข้าราชการอาวุโส ผู้จัดการ	13,720	89,355	156,774	154,816	63,526
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่าง ๆ	48,134	183,620	136,769	134,522	58,742
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	72,987	225,816	168,720	102,457	30,333
4. งานเสมียน, เจ้าหน้าที่	125,161	306,346	155,503	81,429	17,992
5. พนักงานบริการ พนักงานขาย	424,332	745,426	831,843	747,634	406,208
6. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	342,393	480,924	633,115	645,832	469,265
7. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	220,606	364,885	416,049	309,675	136,287
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	268,544	511,104	443,968	268,290	92,228
9. อาชีพงานพื้นฐาน	314,279	371,309	419,793	323,879	129,018
รวม	1,655,486	3,028,877	3,155,549	2,641,673	1,341,653

หมายเหตุ: อ้างอิงจากตารางที่ 3 และดูกำลังแรงงานรวมของแต่ละกลุ่มอาชีพจากคอลัมน์ “ภาพรวม” ในตารางที่ 3

โดยที่ตารางที่ 3 ได้ชี้ว่า กลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงสูงสุด คือ กลุ่มอาชีพงานเสมียน, เจ้าหน้าที่ และ รองลงมาคือกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน โดยที่ขนาดของความเสี่ยงนั้น แต่เมื่อ วัดจากกำลังแรงงานที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบโดยการคำนวณร้อยละของความเสี่ยงควบคู่ไปกับโครงสร้าง ของตลาดแรงงานไทยในปัจจุบัน พบว่า ผลกระทบที่ใหญ่ที่สุดคือ ผลที่มีต่อกำลังแรงงานในกลุ่มอาชีพพนักงาน บริการ พนักงานขาย และรองลงมาคือ กลุ่มผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือด้านการเกษตรและประมง เนื่องจากว่า กำลัง แรงงานกลุ่มนี้จัดว่ามีสัดส่วนขนาดใหญ่ในตลาดแรงงานไทยในปัจจุบัน ทำให้เมื่อคำนวณด้วยความเสี่ยงที่จัด อยู่ในระดับกลาง (แต่นับว่าสูง คือเกินร้อยละ 50 ที่จะได้รับผลกระทบ) ทำให้อาจเกิดภาวะการไร้งาน (ในค่า การคาดการณ์ในแบบ upper bound) คือ กว่า 6 ล้านคน (รวม 2 กลุ่มอาชีพ) โดยจะกระทบแรงงานหญิงใน กลุ่มอาชีพพนักงานบริการมากกว่าแรงงานชาย ทั้งนี้ โมเดลได้ทำการคาดคะเนโดยรวมไว้ว่า หาก ตลาดแรงงานไทยยังคงสภาพโครงสร้างไว้เช่นเดิมและไม่มีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของแรงงานและองค์ ประกอบทักษะแรงงานแต่อย่างใด จำนวนกำลังแรงงานรวมที่จะเสี่ยงต่อภาวะการไร้งาน (joblessness) คิด ได้เป็นจำนวนสูงถึง 12 ล้านคน หรือ 1 ใน 3 ของกำลังแรงงานทั้งสิ้นในประเทศในปัจจุบัน

โดยที่การกระจายของผลกระทบในภาพรวมนั้น นอกเหนือจากกลุ่มแรงงานที่มีการศึกษาระดับชั้น ประถมที่จะได้รับผลกระทบเชิงลบที่สูงที่สุด (คิดเป็นจำนวนกว่า 5 ล้านคน) รองลงมาคือ กลุ่มที่จบการศึกษา สูงสุดที่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายคือ กว่า 3 ล้านคน โดย ซึ่งเนื่องมาจากเหตุที่ว่า โครงสร้างของแรงงานไทยมี กำลังแรงงานอยู่ในกลุ่มที่มีระดับการศึกษาดังกล่าวมากอยู่แล้ว และโอกาสเสี่ยงต่อภาวะการไร้งานของ แรงงานในทุกระดับการศึกษานั้นกลับมามีค่าเฉลี่ยของความเสี่ยงในระดับที่ใกล้เคียงกันนั่นเอง (ตารางที่ 4.1)

สำหรับภาวะความเสี่ยงเมื่อพิจารณาไปตามกลุ่มอายุของแรงงาน (ตามตารางที่ 4.2) แรงงานกลุ่มอายุ ที่จัดว่าเป็นวัยต้นอายุการทำงาน (25-34 ปี) จะมีกลุ่มที่อาจเจอภาวะการไร้งานดังกล่าวกว่า 3 ล้านคน โดย จะกระจุกตัวอยู่ที่กลุ่มงานพนักงานบริการ พนักงานขาย และกลุ่มงานปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน ซึ่ง แรงงานกลุ่มนี้น่าจะจัดได้ว่าเป็นกลุ่มแรงงานที่คาดว่าจะมีความสามารถในการปรับตัวได้ดีกว่าแรงงานกลุ่ม อาชีพที่สูงกว่า เนื่องจากว่าแรงงานดังกล่าวอาจพึ่งผ่านระบบการศึกษามาได้ไม่นานนัก ในทางกลับกัน แรงงานกลุ่มอายุ 45 ปีขึ้นไปนั้นจัดว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงที่น่ากังวลมากกว่า และโมเดลที่คำนวณได้ชี้ไว้ว่า จะมี จำนวนกำลังแรงงานที่อู่เจอภาวะไร้งานถึงกว่า 4 ล้านคน โดยส่วนใหญ่จะมาจากกลุ่มอาชีพพนักงาน

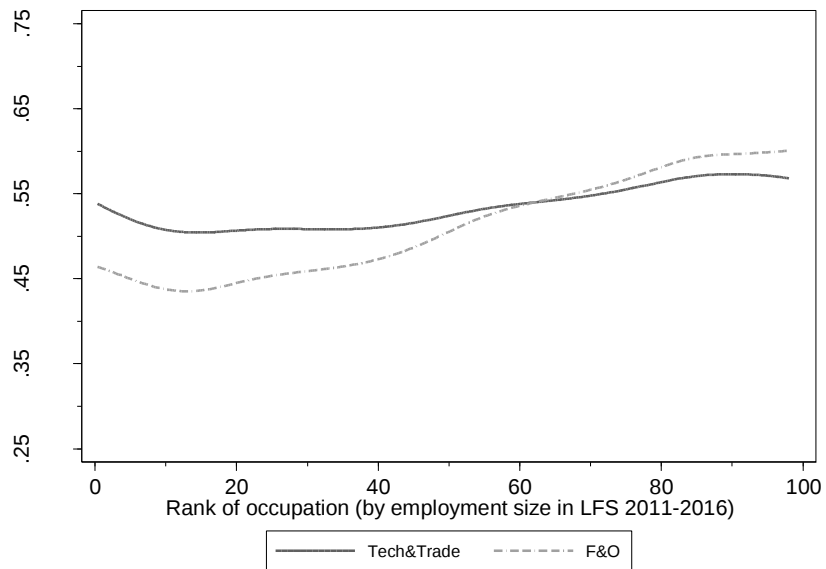
บริการ พนักงานขาย กลุ่มอาชีพผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือด้านการเกษตร และกลุ่มอาชีพผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน

จากนั้นผู้วิจัยได้เพิ่มการคำนวณขนาดของกำลังแรงงานที่อาจเผชิญกับความเสี่ยงจากภาวะไร้งานเชิงโครงสร้างตามความสำคัญของแต่ละอาชีพแบบละเอียดตามรหัส ISCO แบบ 4 หลัก โดยให้คำจำกัดความของ ความสำคัญของอาชีพจากขนาดการจ้างงานของอาชีพดังกล่าวในตลาดแรงงานของไทยในปัจจุบัน โดยให้อาชีพที่มีการจ้างงานในขนาดที่เล็กที่สุดเป็นอาชีพในลำดับที่ต่ำที่สุด และกำหนดให้อาชีพที่มีการจ้างงานในขนาดที่ใหญ่ที่สุดเป็นอาชีพในลำดับที่สูงที่สุด คิดเป็นการจัดอันดับจาก 0 ไป 100

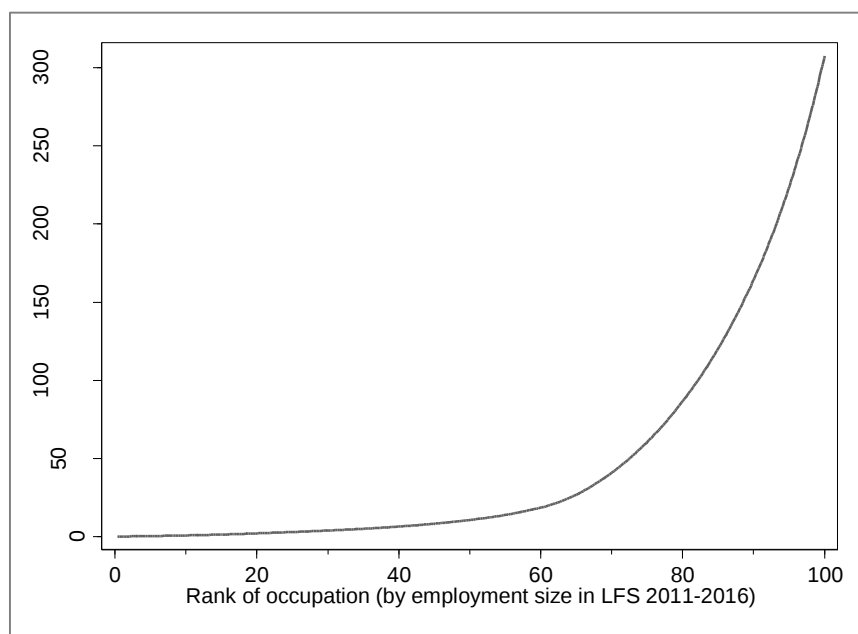
รูปภาพที่ 15 แสดงขนาดของค่าความเสี่ยงโดยเรียงจากอาชีพที่มีกำลังแรงงานในประเทศไทย (คิดเป็นรายคน) ที่ต่ำที่สุดไปจนอาชีพที่มีระดับกำลังแรงงานสูงที่สุดจากข้อมูล LFS ของปี 2011 – 2016 โดยมีเส้นทึบแสดงผลจากโมเดลหลักของงาน (Tech&Trade) และเปรียบเทียบกับเส้นประ ที่มาจากผลตั้งต้นของ Frey and Osborne (2017) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ในตลาดแรงงานของไทยนั้น อาชีพที่มีความเสี่ยงสูงเป็นกลุ่มอาชีพที่ ณ ปัจจุบันมีกำลังแรงงานทำงานในอาชีวดังกล่าวอยู่สูงมาก ในทางกลับกันกลุ่มอาชีพที่พบว่ามีความเสี่ยงต่ำกลับเป็นกลุ่มอาชีพที่ไม่ได้เป็นที่ได้รับความสนใจในภาวะตลาดแรงงานปัจจุบัน นั่นหมายความว่า หากสภาพของกำลังแรงงานในประเทศไทยยังคงรูปแบบเช่นเดิมในอนาคต ตลาดแรงงานมีโอกาสสูงมากที่จะประสบกับภาวะการไร้งานจากการปรับเปลี่ยนทางโครงสร้าง (structural joblessness) ที่เกิดมาจากการเข้ามาของเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศในรูปแบบใหม่

ในขั้นต่อไปผู้วิจัยได้นำระดับค่าความเสี่ยง (ที่แสดงเป็นร้อยละ) จากรูปภาพที่ 15 มาทำการคำนวณเป็นขนาดของกำลังแรงงานแบบรายคน โดยยังคงการจัดลำดับการรายงานผลจากอาชีพที่มีระดับกำลังแรงงานต่ำที่สุดไปจนอาชีพที่มีระดับกำลังแรงงานสูงที่สุดจากข้อมูล LFS ของปี 2011 – 2016 ซึ่งรูปภาพที่ 16 ก็ได้ชี้ให้เห็นว่าภาวะการไร้งานจะมีความอันตรายสูงที่สุดในกลุ่มอาชีพที่ตลาดแรงงานไทยปัจจุบันมีระดับการจ้างงานอยู่สูง ดังนั้นหากการปรับเปลี่ยนทางโครงสร้างจากการเข้ามาของเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศในรูปแบบใหม่เกิดขึ้นจริงโดยที่ตลาดแรงงานไทยไม่ได้มีการปรับเตรียมความพร้อม ตลาดแรงงานไทยอาจจะประสบกับสถานการณ์การลดการจ้างงานขนาดใหญ่ (massive layoff) ที่น่าจะส่งผลกระทบในวงกว้าง

รูปภาพที่ 15 ความเสี่ยงของแต่ละอาชีพโดยเรียงตามขนาดการจ้างงานปัจจุบัน



รูปภาพที่ 16 จำนวนคนตงงานที่คาดการณ์ของแต่ละระดับอาชีพ



(หน่วย: พันคน)

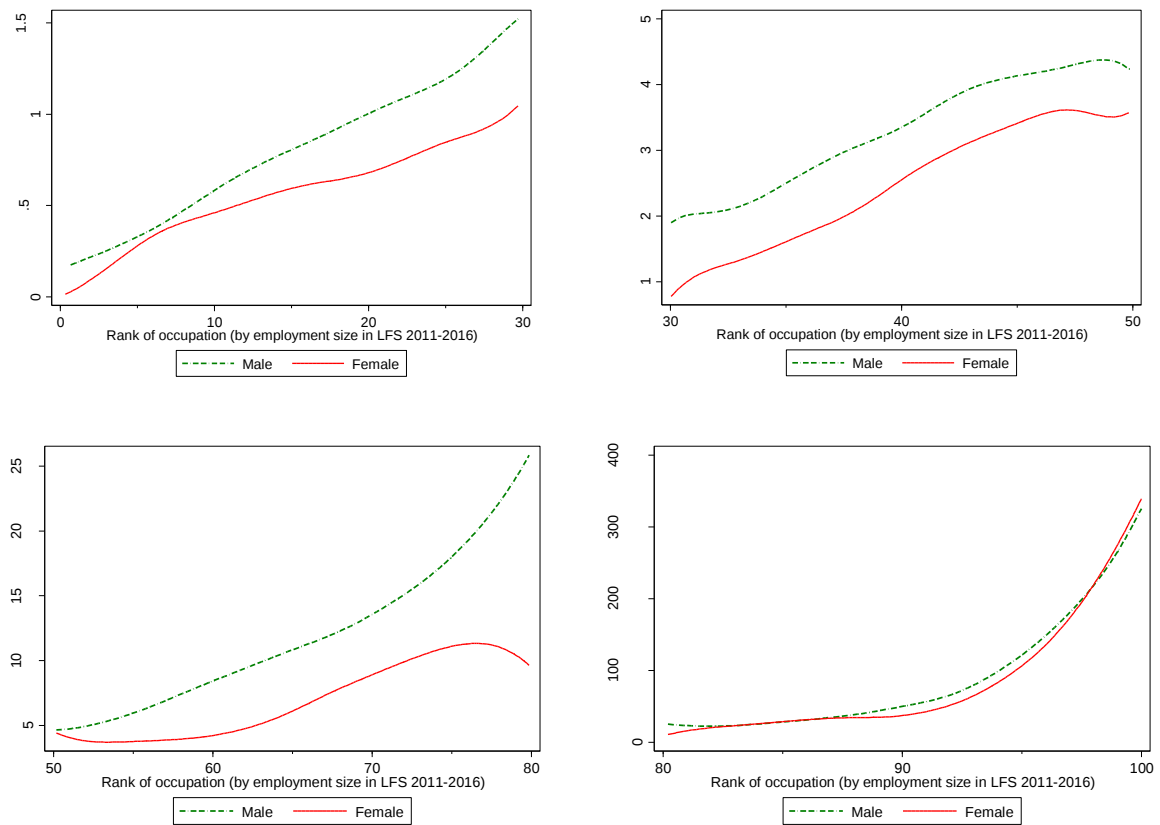
นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อตลาดแรงงานโดยแยกพิจารณาในประเด็นของเพศ และระดับการศึกษาจากที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากขึ้น รูปภาพที่ 17 นำเสนอ จำนวนคนที่เสี่ยงตกงานตามที่โมเดลได้คาดประมาณ แบ่งเป็นกลุ่มผู้หญิงและกลุ่มผู้ชาย ไว้ในแต่ละส่วนของ กลุ่มอาชีพเมื่อเรียงจากกลุ่มที่มีการจ้างงานในระดับที่ต่ำที่สุด กลุ่มระดับการจ้างงานปานกลาง และกลุ่มที่มีการจ้างงานระดับสูง โดยพบว่าภายในกลุ่มอาชีพที่มีระดับการจ้างงานอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ตั้งแต่ อันดับที่ 0 ถึง 50 นั้น โดยเฉลี่ยขนาดของแรงงานชายที่มีความเสี่ยงด้านการไร้งานทำนั้นจะสูงกว่ากลุ่ม แรงงานหญิงในกลุ่มงานคล้ายคลึงกัน แต่มีระดับความแตกต่างที่ค่อนข้างคงที่

แต่สิ่งที่พบและน่ากังวลมากกว่านั้น คือกลุ่มอาชีพที่มีระดับการจ้างงานสูงปานกลาง (อันดับที่ 50 - 80) ซึ่งเราพบเห็นระดับความแตกต่างของภาวะไร้งานระหว่างแรงงานชายและแรงงานหญิงระดับที่สูง มาก และท้ายที่สุดคือ ในกลุ่มกลุ่มอาชีพที่มีระดับการจ้างงานสูงที่สุด (อันดับที่ 80 ขึ้นไป) ขนาดของการ ไร้งาน เมื่อคิดเป็นจำนวนคน ถือว่ามีขนาดที่สูงถึง 300,000 คน ทั้งแรงงานชายและแรงงานหญิงในอาชีพ นั้นๆ (เทียบจากกำลังแรงงานรวม 33 ล้านคนจากทุกอาชีพ หรือเทียบได้ว่า แต่ละอาชีพจาก 300 กลุ่มอาชีพ นั้น จะมีการจ้างงานเฉลี่ยอยู่ที่ 1 ล้านคนโดยประมาณ) โดยตัวอย่างของกลุ่มอาชีวดังกล่าวได้แก่ พนักงานทำ บัญชีและการตรวจสอบบัญชี ผู้จัดเตรียมภาษี, ผู้ปฏิบัติการในงานสิ่งทอ, เสื้อผ้าและวัสดุที่เกี่ยวข้อง และ กลุ่มพนักงานขาย เป็นต้น

อีกหนึ่งขนาดของกลุ่มแรงงานที่อาจประสบความเสี่ยงดังกล่าวที่โมเดลได้ทำการคำนวณมานั้น การแปล ผลต้องจัดว่าเป็นขนาดที่สูงที่สุด (upper bound) ของผลจากการปรับทางเทคโนโลยี โดยมาจากข้อสมมติ ที่ว่าตลาดแรงงานไทยจะไม่มีการปรับตัวใดๆทั้งสิ้น

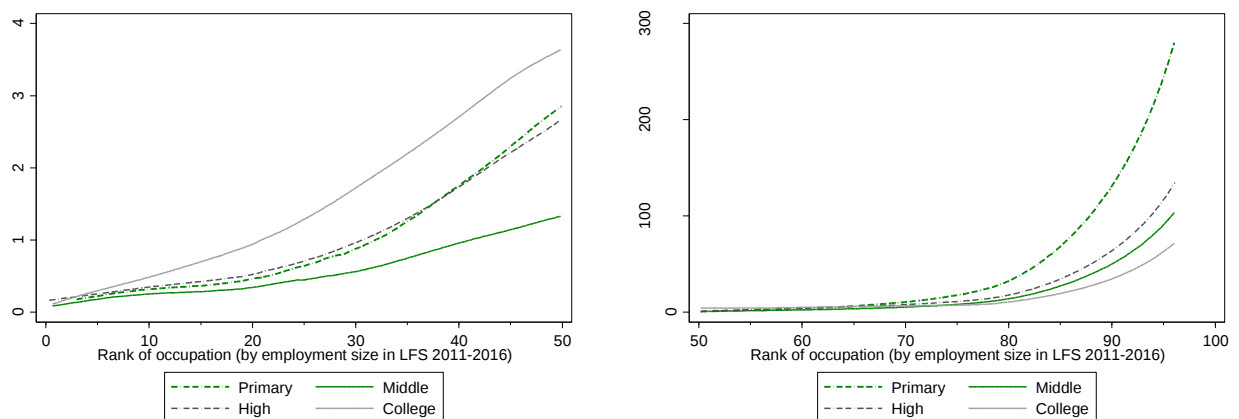
รูปภาพที่ 18 แสดงความเสี่ยงของภาวะการไร้งานของกำลังแรงงานในปัจจุบันแบ่งพิจารณาตามระดับ การศึกษา 4 ระดับ (ได้แก่ ประถมศึกษาหรือต่ำกว่า, มัธยมศึกษาตอนต้นหรือเทียบเท่า, มัธยมศึกษาตอน ปลายหรือเทียบเท่า และระดับอุดมศึกษาหรือสูงกว่า) ซึ่งการวิเคราะห์ได้ชี้ให้เห็นว่า สำหรับกลุ่มอาชีพที่มีการ จ้างงานในระดับต่ำในปัจจุบัน กลุ่มแรงงานที่ประสบภาวะเสี่ยงสูงที่สุด (เทียบจากระดับการไร้จ้าง) คือกลุ่มที่ มีการศึกษาระดับอุดมศึกษาขึ้นไป แต่ทั้งนี้นับเป็นจำนวนรวมที่ยังไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับภาวะเสี่ยงจาก การไร้การจ้างงานของกลุ่มระดับประถมศึกษาในสายอาชีพที่มีการจ้างงานสูงในปัจจุบัน นั่นคือ แรงงาน จำนวน 4,000 ที่มีการศึกษาระดับอุดมศึกษาขึ้นไป (กลุ่มอาชีพที่มีอันดับที่ 50) เทียบกับแรงงานจำนวน 300,000 ที่มีการศึกษาระดับประถมศึกษา (กลุ่มอาชีพที่มีอันดับที่ 80 ขึ้นไป)

รูปภาพที่ 17 จำนวนคนตกงานตามที่คาดการณ์ของแต่ละระดับอาชีพ แบ่งตามเพศ



(หน่วย: พันคน)

รูปภาพที่ 18 จำนวนคนตกงานตามที่คาดการณ์ของแต่ละระดับอาชีพ แบ่งตามระดับการศึกษา



(หน่วย: พันคน)

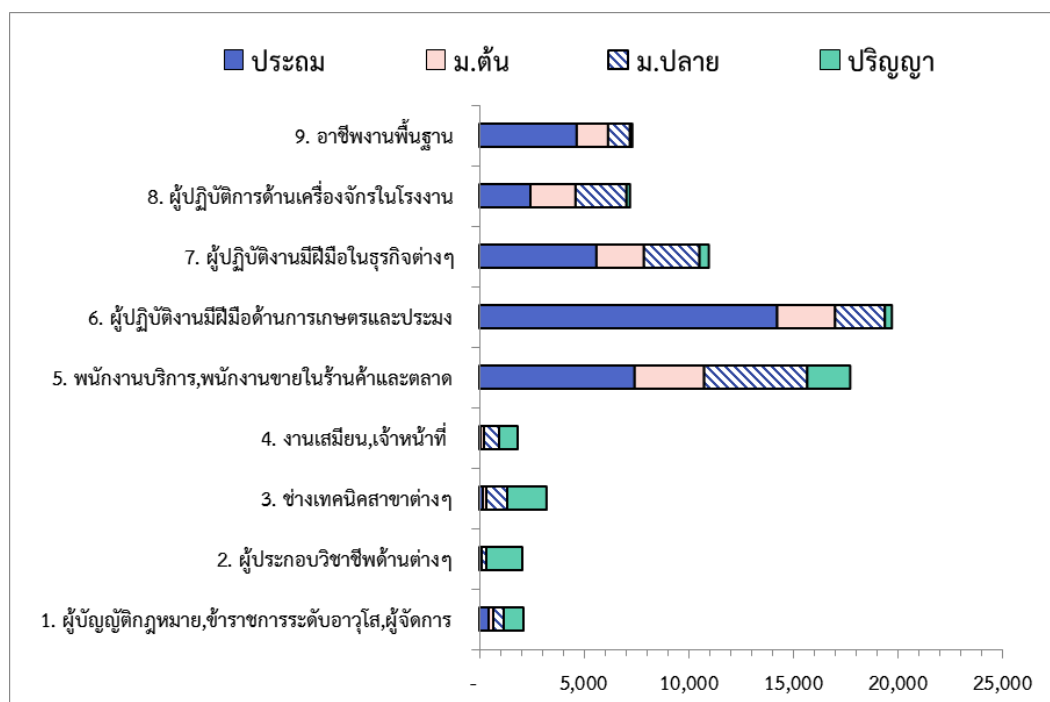
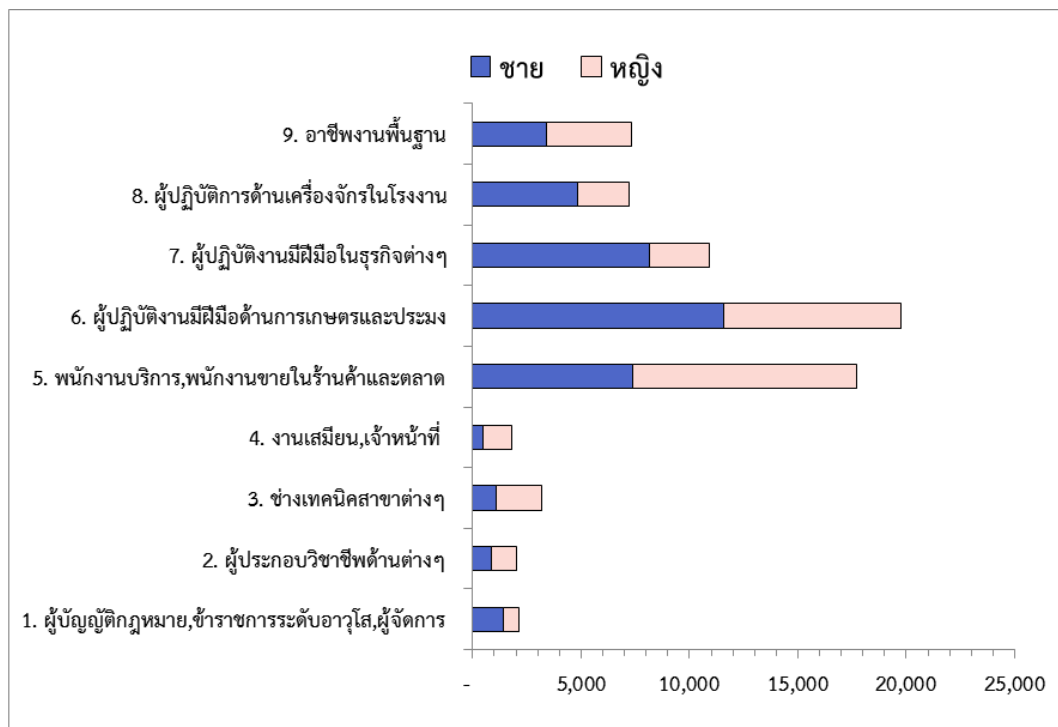
ในขั้นต่อไป ผู้วิจัยได้คำนวณผลกระทบต่อตลาดแรงงานไทยจากการปรับเชิงเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศในรูปแบบใหม่จากการพิจารณาที่จำนวนชั่วโมงทำงานต่อสัปดาห์ของแรงงานเพื่อดูผลในมุมมองของ Intensive margin

ตารางที่ 5 ชั่วโมงการทำงานที่อาจสูญเสียจากผลกระทบ (หน่วย: ชั่วโมง)

กลุ่มอาชีพ (ISCO 1 หลัก)	สูญเสียรวม	สัดส่วนต่อชม.ทั้งหมด (%)
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย,ข้าราชการระดับอาวุโส,ผู้จัดการ	2,106	36.82
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่างๆ	1,987	36.65
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	3,173	64.36
4. งานเสมียน,เจ้าหน้าที่	1,799	77.87
5. พนักงานบริการ,พนักงานขายในร้านค้าและตลาด	17,729	59.90
6. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	19,738	48.62
7. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	10,930	62.10
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	7,213	55.48
9. อาชีพงานพื้นฐาน	7,334	58.20
รวม	72,008	54.55

หมายเหตุ: อ้างอิงจากตารางที่ 3

รูปภาพที่ 19 (A) และ (B) แสดงชั่วโมงการทำงานที่อาจสูญเสียในแต่ละกลุ่มอาชีพหลัก โดยแสดงด้วย
 ส่วนแบ่งของกำลังแรงงานตามเพศ (A) และกลุ่มการศึกษา (B)



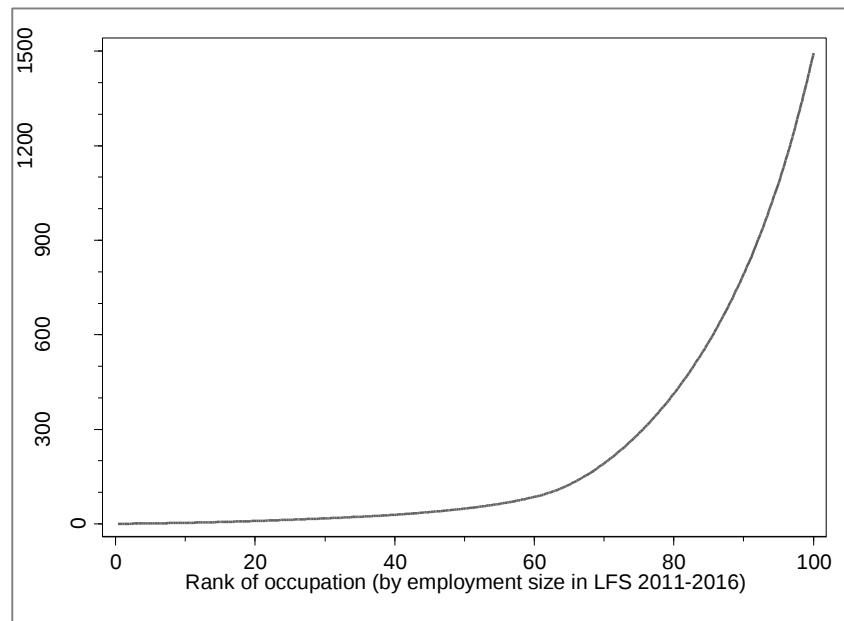
ตารางที่ 5 แสดงจำนวนชั่วโมงทำงานที่เสี่ยงที่จะสูญเสีย (ระยะคิดเป็นจำนวนชั่วโมงใน 1 สัปดาห์) หากกำลังแรงงานในแต่ละกลุ่มอาชีพประสบกับขนาดของความเสี่ยงที่ได้แจกแจงไป โดยการพิจารณาตามมุมมองของ Intensive margin ของกำลังแรงงานเช่นนี้ ช่วยให้เรามองได้ชัดเจนขึ้นว่ากลุ่มอาชีพใดมีการใช้จำนวนแรงงานมากกว่ากัน ซึ่งการมองแบบ extensive margin เป็นการมองแบบแคบ นั่นคือ คิดเสมือนว่ากำลังแรงงานทุกคนทุกอาชีพมีจำนวนกำลังแรงงานเท่ากัน (Lekfuangfu, 2017) พบว่า หากเกิดการแทนที่ กำลังแรงงานแบบสูงสุดตามที่แบบจำลองได้คำนวณไว้จริง ประเทศไทยจะเสียชั่วโมงการทำงานทั้งประเทศ เท่ากับ 720,080,000 ล้านชั่วโมง ต่อสัปดาห์ หรือเทียบเท่ากับร้อยละ 54.55 ของชั่วโมงการทำงานรวมทั้งสิ้นที่กำลังแรงงานปัจจุบันในประเทศไทยที่มีอยู่ โดยที่การสูญเสียจะไปกระจุกตัวอยู่ในกลุ่มอาชีพด้านการเกษตร และการค้าบริการ ซึ่งคือกลุ่มอาชีพที่มีความเสี่ยงในระดับปานกลาง แต่มีคนทำงานอยู่ในอาชีพกลุ่มนี้จำนวนมาก และมีการทำงานเป็นจำนวนชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์สูง (โดยเฉลี่ยคือ 50 ชั่วโมง) นั่นเอง

รูปภาพที่ 19 (A) และ (B) ได้ทำการแจกแจงและแสดงชั่วโมงการทำงานที่อาจสูญเสียในแต่ละกลุ่มอาชีพหลักโดยแสดงด้วยส่วนแบ่งของกำลังแรงงานตามเพศ (A) และกลุ่มการศึกษา (B) เพื่อวิเคราะห์ต่อไปว่า การเสียชั่วโมงการทำงานนั้นมีการกระจุกตัวในกำลังแรงงานบางประเภทหรือไม่ โดยพบว่าชั่วโมงการทำงานที่สูญเสียนั้นกระทบกำลังแรงงานหญิงและชายใกล้เคียงกัน แต่เมื่อดูที่รูป (B) จะพบว่าชั่วโมงการทำงานที่จะเสียไปนั้นมาจากชั่วโมงการทำงานของกำลังแรงงานที่มีการศึกษาระดับต่ำ (ประถมศึกษา หรือต่ำกว่า) เป็นสัดส่วนใหญ่ โดยเฉพาะในกลุ่มสายการเกษตร งานขายงานบริการ และงานพื้นฐาน ทำให้เราพอทราบได้มากขึ้นว่า ชั่วโมงการทำงานที่เสี่ยงนั้นเป็นชั่วโมงการทำงานของกำลังแรงงานที่ ณ ปัจจุบัน จัดว่ามีประสิทธิภาพต่ำ แต่ใช้เวลาในการทำงานค่อนข้างมาก ในทางกลับกันพบว่า การสูญเสียชั่วโมงการทำงานจากกำลังแรงงานระดับสูง (ในอาชีพชั้นสูง และมีระดับการศึกษาที่สูง) อยู่ในระดับต่ำโดยเปรียบเทียบ แต่ยังเป็นระดับที่น่ากังวล (ดูจากตาราง ข. ในภาคผนวก)

รูปภาพที่ 20 และ รูปภาพที่ 21 แสดงขนาดของค่าความเสี่ยง (คิดเป็นจำนวนชั่วโมงทำงานที่จะสูญเสียไป) โดยเรียงจากอาชีพที่มีกำลังแรงงานในประเทศไทยที่ต่ำที่สุดไปจนอาชีพที่มีระดับกำลังแรงงานสูงที่สุดจากข้อมูล LFS ของปี 2011 – 2016 และได้แสดงให้เห็นว่า ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้มีผลกระทบไม่มากนักกับกลุ่มงานที่มีการจ้างงานไม่สูงมากนั้นในข้อมูลปัจจุบัน แต่ในทางกลับกัน ในกลุ่มอาชีพที่มีการจ้างงานสูง ซึ่งก็คือกลุ่มที่มีการจ้างงานที่มีจำนวนชั่วโมงทำงานสูงด้วยเช่นกัน ปรากฏการณ์ดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อเชิงลบในระดับที่รุนแรง คิดได้ว่า ในกลุ่มอาชีพที่มีระดับการจ้างงานกลาง (อันดับที่ 50) คาดการณ์ว่า

จะสูญเสียชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ประมาณ 18,000 ชั่วโมง (แรงงานหญิงโดยรวม) และ 20,000 (แรงงานชายโดยรวม) แต่สำหรับกลุ่มอาชีพที่มีระดับการจ้างงานสูง (อันดับที่ 80 ขึ้นไป) จะสูญเสียชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ประมาณ 160,000 ชั่วโมง เท่ากันโดยประมาณของแรงงานหญิงและแรงงานชายโดยรวม

รูปภาพที่ 20 จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ที่คาดการณ์ว่าจะสูญเสียไปในแต่ละอาชีพ

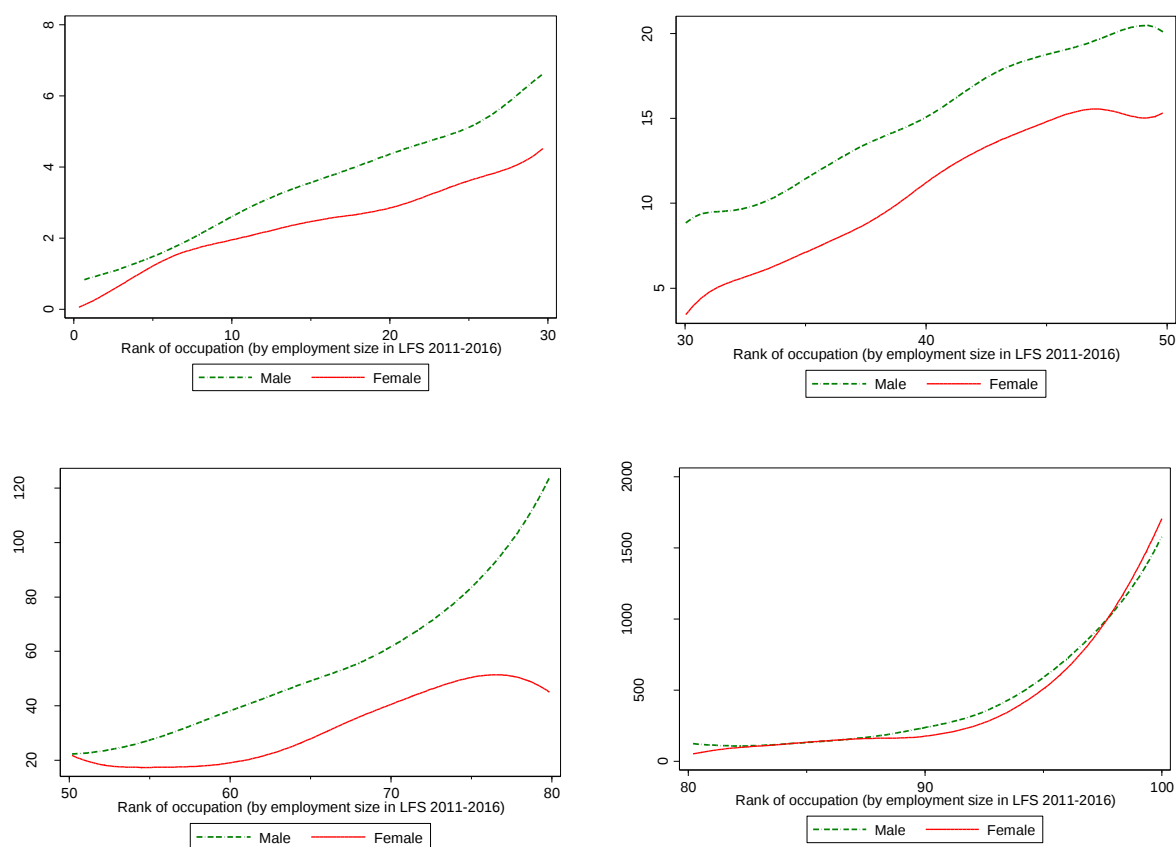


(หน่วย: ชั่วโมง)

ทั้งนี้ การวิเคราะห์ยังสามารถนำข้อมูลการสูญเสียชั่วโมงการทำงานมาใช้ในการทำการประมาณมูลค่าการสูญเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับเปลี่ยนเชิงโครงสร้างจากเทคโนโลยีและทางการค้าได้อีกด้วย โดยการคำนวณจะนำจำนวนชั่วโมงไปคูณกับอัตราค่าจ้างรายวัน (ประมาณค่าที่ 300 บาทต่อ 8 ชั่วโมง) และแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ เช่น

- ตัวอย่างที่ 1: กลุ่มอาชีพระดับกลางของแรงงานหญิง หากพบว่าการสูญเสียชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ประมาณ 18,000 ชั่วโมง เราสามารถประมาณมูลค่าสูญเสีย คือเป็น 675,000 บาทต่อสัปดาห์ หรือเท่ากับ 35,000,000 บาทต่อปีสำหรับอาชีพนั้นๆ
- ตัวอย่างที่ 2: กลุ่มอาชีพระดับสูงที่สุดของแรงงานหญิง หากพบว่าการสูญเสียชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ประมาณ 160,000 ชั่วโมง จะคิดเป็นมูลค่า คือ 6,000,000 บาทต่อสัปดาห์ หรือเท่ากับ 312,000,000 บาทต่อปี สำหรับอาชีพนั้นๆ

รูปภาพที่ 21 จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อสัปดาห์ที่คาดการณ์ว่าจะสูญเสีย แบ่งตามเพศ



(หน่วย: ชั่วโมง)

5.6 ข้อสังเกตและข้อจำกัดของแบบจำลอง การตั้งข้อสมมติฐานที่พึงระวัง

ผลการศึกษาหลักของงานวิจัยนี้เกิดจากการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลอง Machine Learning ดังนั้น เพื่อให้การวิเคราะห์และการสร้างแบบจำลองดำเนินการได้ นักวิจัยจึงจำเป็นต้องมีการวางข้อสมมติที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองอยู่หลายข้อ ดังนั้น นักวิจัยจึงอยากให้อ่านได้นำข้อสมมติในทุกประเด็นมาใช้ประกอบเพื่อช่วยในการทำความเข้าใจกับผลการศึกษา ก่อนที่จะนำผลการศึกษาต่างๆ รวมถึงขนาดความเสี่ยงและมูลค่าความสูญเสียของตลาดแรงงานไปใช้เพื่อตอบคำถามที่เกี่ยวข้องต่อไป และเพื่อให้ให้นักวิจัยที่สนใจสามารถนำข้อสมมติดังกล่าวไปปรับแก้ไขในงานศึกษาต่อเนื่องอื่นๆ

นักวิจัยขอแจกแจงข้อสมมติเป็น 2 ประเด็น คือ

1. ข้อสมมติที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองเพื่อหาระดับความเสี่ยง

- การสร้าง training data เกิดจากการสอบถาม expert หนึ่งกลุ่มและเป็นการให้ข้อมูลตั้งแต่ปี คศ 2013 ดังนั้น ความผิดพลาดในเชิงความไม่คงที่ของการมองโอกาสความเสี่ยงที่อาจขึ้นอยู่กับช่วงเวลา อาจทำให้เกิดความคาดเคลื่อนได้
- ข้อมูลที่ใช้ในการสร้าง training data ดังกล่าว จัดอยู่ในกรอบการเกิด structural transformation ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว ดังนั้นความคาดเคลื่อนอาจเกิดขึ้นหากลักษณะบางประการของอาชีพหนึ่งๆมีความแตกต่างกับตามโครงสร้างและสภาวะแวดล้อมของแต่ละประเทศ
- โดยปัญหานี้ อาจพบได้เช่นกันในประเด็นการใช้ task และ activity ของแต่ละอาชีพที่มาจากชุดข้อมูล O*NET ของ US ซึ่งหากลักษณะบางประการของอาชีพหนึ่งๆมีความแตกต่างกับตามโครงสร้างและสภาวะแวดล้อมของแต่ละประเทศแล้วนั้น ความสามารถในการคาดเดา (prediction performance) ของแบบจำลองอาจคลาดเคลื่อนได้จากปัญหา mis-measurement
- ระดับของความเสี่ยงที่ใช้ใน training data นั้น เกิดจากการที่ผู้วิจัยได้ขอให้ทางกลุ่ม expert ใช้วิจารณญาณเพื่อตัดสินจากปัจจัยหลักเพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น ซึ่งเสมือนกับการวิเคราะห์ที่เป็นเพียง Partial Equilibrium เท่านั้น ดังนั้นผลดังกล่าว รวมทั้งผลของงานศึกษานี้จึงไม่ใช่ผลของความเสี่ยงของตลาดแรงงานที่เกิดจาก General Equilibrium เช่น การมองถึง การเปลี่ยนนโยบาย การปรับกฎหมาย หรือการปรับตัวแบบ endogeneous ของตลาดการศึกษา(ส่งผลมายังอุปทานแรงงาน) ซึ่งหากจะทำเช่นนั้นก็จะมีคามยุ่งยากมาก โดยที่ยังจำเป็นต้องตั้งข้อสมมติอีกหนึ่งกลุ่มอยู่ดี ทำให้ยังมีข้อบกพร่องได้เช่นกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคิดว่า ผลการศึกษาของงานศึกษานี้ และผลจากโมเดลแบบอย่างของ Frey and Osborne จึงเป็นผลแบบ Upper Bound ที่สุดของผลกระทบของเทคโนโลยีและการค้าระหว่างประเทศ (โดยมาจากข้อสมมติที่ว่าตลาดแรงงานไทยจะไม่มีการปรับตัวใดๆทั้งสิ้น)

2. ข้อสมมติที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาระดับกำลังแรงงานที่เสี่ยงต่อภาวะการไร้งานของประเทศ ไทยที่โมเดลได้ทำการคำนวณมานั้น การแปลผลต้องจัดว่าเป็นขนาดที่สูงที่สุด (upper bound) ของผล จากการปรับทางเทคโนโลยี

- ในการคำนวณขนาดกำลังแรงงานและจำนวนชั่วโมงการทำงานนั้น นักวิจัยเลือกใช้ตัวเลขจาก Labour Force Surveys โดยตรงและไม่มีการปรับลดเพิ่มค่าใดทั้งสิ้น ทั้งนี้ก็เพราะว่า เราได้ตั้ง ข้อสมมติไว้ว่า ตลาดแรงงานไทยจะคงโครงสร้างของตลาดแรงงาน (ครอบคลุมถึงการกระจายตัว ของแรงงานตามกลุ่มอาชีพต่างๆ ที่ขึ้นอยู่กับเพศ กลุ่มอายุ และกลุ่มการศึกษา) ตามรูปแบบที่พบ ในข้อมูลเฉลี่ยของปี 2011-2016 ซึ่งแสดงว่า การวิเคราะห์ไม่ได้้นำประเด็นด้านการปรับ โครงสร้างของแรงงานจากปัจจัยจากทั้งทางด้านอุปสงค์อื่นๆ และด้านอุปทาน (สังคมสูงวัย และ การลดลงของอัตราการเกิด) มาเกี่ยวข้อง
- การคำนวณขนาดของกำลังแรงงานประเภทต่างๆที่ประสบกับความเสี่ยงของภาวะไร้งานทำ ดำเนินการบนข้อสมมติที่ว่า อัตราความเสี่ยงนั้นๆจะมีค่าเท่ากับกำลังแรงงานทุกรูปแบบ (เพศ อายุ การศึกษา ประสบการณ์การทำงาน) หากกำลังแรงงานอยู่ในอาชีพเดียวกัน ซึ่งเป็นข้อสมมติ ควรได้รับการปรับแก้ได้ในงานศึกษาต่อไป
- การสร้าง training data เกิดจากการสอบถาม expert หนึ่งกลุ่มและเป็นการให้ข้อมูลตั้งแต่ปี คศ 2013 ดังนั้น ความผิดพลาดในเชิงความไม่คงที่ของการมองโอกาสความเสี่ยงที่อาจขึ้นอยู่ กับช่วงเวลา อาจทำให้เกิดความคาดเคลื่อนได้

ส่วนที่ 6 บทสรุปและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยีนี้ต่อความต้องการจ้างแรงงานในประเทศไทย ซึ่งผลกระทบนี้เป็นไปได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม (i) ผลกระทบทางตรง คือ วิวัฒนาการด้านเทคโนโลยีจะช่วยให้ระบบการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น และจะทำให้ภาคธุรกิจใช้แรงงานน้อยลง โดยการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจะเป็นแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) (ii) ผลกระทบทางอ้อม คือ เทคโนโลยีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าโลก อันเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ซึ่งจะมีผลต่อความต้องการแรงงานในพื้นที่ต่างๆ โดยการที่เทคโนโลยีรูปแบบใหม่อาจทำให้กระบวนการการผลิตในประเทศแม่ถูกลดจนบริษัทข้ามชาติย้ายฐานการผลิตกลับไป (Reshoring) หรือ การที่ค่าแรงในประเทศที่เคยเป็นฐานการผลิต เช่น ประเทศไทย สูงขึ้น แต่ค่าแรงในประเทศอื่นที่ใกล้เคียง

โดยในการวัดผลกระทบจากเทคโนโลยีทั้งทางตรงและทางอ้อมนี้ คณะวิจัยได้ใช้ระเบียบวิธีตามที่ Frey and Osborne (2017) เสนอ แต่ได้ปรับบริบท (เช่นในเรื่องของ Occupation Code) ให้เข้ากับบริบทของประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้นำระเบียบวิธีที่เสนอโดย Firpo, Fortin, and Lemieux (2011) ว่า ลักษณะเฉพาะของงานแบบใดจะมีความเสี่ยงต่อการย้ายฐานการผลิต (ไม่ว่าจะเป็น Reshoring หรือ Relocation) ประยุกต์เข้าด้วยกัน และใช้วิธีการเชิงปริมาณทางเศรษฐมิติเป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ข้อมูลสำรวจภาวะกำลังแรงงาน (Labour Force Survey) ช่วงปี 2011-2016

จากผลการวิจัยพบว่า ผลกระทบทางตรงของเทคโนโลยีจากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจะเป็นแบบไร้การจ้างงาน (Jobless Growth) และผลกระทบทางอ้อมผ่านการเกิดการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ต่อแรงงานไทยมีค่อนข้างมาก โดยอาชีพที่มีผลกระทบมากคือกลุ่มพนักงานบริการ พนักงานขาย ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง และ ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน โดยในภาพกลุ่มแรงงานชายจะได้รับผลกระทบมากกว่ากลุ่มแรงงานหญิง และกลุ่มแรงงานที่มีการศึกษาน้อยได้รับผลกระทบมากกว่ากลุ่มแรงงานที่มีการศึกษามาก อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้างในเรื่องของการคาดการณ์ของโครงสร้างอุตสาหกรรมและอาชีพในอนาคต เช่น อาจมีการย้ายงานของคนข้ามอุตสาหกรรมหรืออาชีพโดยสมัครใจ รวมถึงอาจมีอุตสาหกรรมหรืออาชีพที่จะเกิดขึ้นมาใหม่ ดังนั้นหากแรงงานมีการปรับตัวได้เองบ้าง ผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจริงอาจจะน้อยกว่าที่คำนวณไว้ในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้

ยังมีประเด็นเรื่องของสังคมสูงวัยซึ่งแรงงานไทยจะมีน้อยลงในอนาคต ดังนั้นปัญหาที่จะเกิดขึ้นอาจไม่รุนแรงมากนัก

อย่างไรก็ดีภาครัฐและภาคเอกชนควรมีการเตรียมความพร้อมที่จะช่วยเหลือแรงงานที่ได้รับผลกระทบ รวมถึงมีการวางมาตรการเพื่อเตรียมความพร้อมของแรงงานในอนาคต โดยผู้วิจัยขอแยกอภิปรายออกเป็น 3 ประเด็น คือ ด้านการช่วยเหลือแรงงานที่ได้รับผลกระทบ, ด้านการเตรียมความพร้อมแรงงานผ่านภาคการศึกษา, และความร่วมมือจากภาคเอกชน

สำหรับการช่วยเหลือแรงงานที่ได้รับผลกระทบ ในปัจจุบันแรงงานในระบบได้รับการคุ้มครองจากประกันสังคมอยู่แล้ว โดยหากถูกให้ออกจากงานจะได้รับเงินประกันสังคมว่างงานในอัตราร้อยละ 50 ของค่าจ้างเฉลี่ย โดยคำนวณจากฐานเงินสมทบขั้นต่ำเดือนละ 1,650 บาท และฐานเงินสมทบสูงสุดไม่เกิน 15,000 บาท เป็นระยะเวลาไม่เกิน 180 วัน ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างจริงแรงงานอาจไม่สามารถหางานได้ใหม่ภายใน 180 วัน ดังนั้นภาครัฐควรมีการวางแผนการพัฒนาฝีมือแรงงานให้สามารถทำงานได้ในยุคเทคโนโลยีเปลี่ยนผ่าน โดยจัดงบประมาณให้มีการจัดฝึกอบรมทักษะที่จำเป็น หรือมีงบประมาณช่วยเหลือให้แรงงานสามารถนำไปใช้ฝึกฝนตนเองผ่านหน่วยงานอื่นได้ นอกจากนี้ภาครัฐยังสามารถออกมาตรการหรือระบบจูงใจ ให้ภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องร่วมช่วยดูแลแรงงาน เช่น ให้ภาคเอกชนจัดการฝึกอบรมพัฒนาทักษะฝีมือแรงงานของตน หากมีการนำเทคโนโลยีมาใช้แทนคนควรหาทางนำคนไปใช้ในส่วนงานอื่นที่ยังจำเป็น หรือหากมีความจำเป็นต้องลดจำนวนคนงานให้มีการจ่ายเงินทดแทนที่เพียงพอ หรือช่วยพนักงานในการย้ายไปทำงานอื่นหรือภาคอุตสาหกรรมอื่นที่ยังมีความต้องการแรงงาน

สำหรับด้านการเตรียมความพร้อมแรงงานผ่านภาคการศึกษา ระบบการศึกษามีการปรับเปลี่ยนเพื่อเตรียมความพร้อมทักษะสำหรับงานในโลกอนาคต โดย World Economic Forum (2018) ระบุว่าทักษะที่จะเป็นสำหรับโลกอนาคตคือ Analytical Thinking and Innovation, Active Learning, Creativity, Technology Design & Programming, Critical Thinking and Analysis และอื่นๆ ดังนั้นภาคการศึกษาควรปรับเปลี่ยนการเรียนการสอนให้สามารถเอื้อต่อการสร้างทักษะเหล่านี้ นอกจากนี้ภาคการศึกษาควรจัดทำหลักสูตรการศึกษาต่อเนื่อง (ทั้ง Online และ Offline) เพื่อให้ผู้ที่เรียนจบไปแล้วหรือไม่มีโอกาสได้เรียนสามารถเข้าถึงความรู้และเรียนรู้ต่อเนื่องเพื่อพัฒนาทักษะของตัวเองได้ตลอดชีวิต

สำหรับด้านความร่วมมือจากภาคเอกชน หน่วยงานเอกชนที่เกี่ยวข้องควรมีความสนใจในการช่วยแก้ปัญหา หากแม้จะไม่มีมาตรการหรือระบบจูงใจจากภาครัฐ หน่วยงานเอกชนก็ควรพยายามที่จะ

ช่วยเหลือพนักงานในการพัฒนาทักษะฝีมือแรงงาน และพยายามย้ายแรงงานไปใช้งานในส่วนอื่น แทนที่จะเลิกจ้างโดยทันทีที่นำเทคโนโลยีมาใช้ หรือมีการย้ายฐานการผลิต นอกจากนี้ยังควรช่วยปรับทัศนคติแรงงานในเรื่องการเรียนรู้ตลอดชีวิตเพื่อที่จะปรับตัวกับโลกที่เทคโนโลยีเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

นอกจากนี้ตัวพนักงานเองควรที่จะมี Mindset เกี่ยวกับการเรียนรู้ตลอดชีวิต การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของตลาดแรงงาน รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของห่วงโซ่มูลค่าโลก (Global Value Chain) ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการแรงงานในประเทศ เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แม้ว่าภาครัฐจะให้การช่วยเหลือแล้ว ภาคเอกชนหรือนายจ้างจะให้การช่วยเหลือแล้ว สุดท้ายแล้วแรงงานเองก็ต้องเตรียมความพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยการแสวงหาความรู้ด้วยตัวเอง พัฒนาทักษะความรู้ใหม่ๆ รวมไปถึงมองหาโอกาสที่จะมีขึ้นในอนาคตไม่ว่าจะเป็นอาชีพใหม่ๆ หรืออุตสาหกรรมใหม่ๆ โดยหากแรงงานมีการปรับตัวให้มีความพร้อมอยู่เสมอก็จะมีโอกาสที่จะมีงานทำและใช้ชีวิตอยู่ได้ในโลกอนาคต

ส่วนที่ 7 ภาคผนวกและเอกสารอ้างอิง

7.1 ภาคผนวก

ตารางที่ ก. แสดงค่าความเสี่ยงของการถูกแทนที่ของอาชีพต่างๆที่ได้จากแบบจำลอง

Occupation (SOC-2010)	Rank (Tech & Trade)	Probability (Tech&Trade)	Probability (F&O)
First-Line Supervisors of Mechanics, Installers, and Repairers	1	0.182	0.003
First-Line Supervisors of Fire Fighting and Prevention Workers	2	0.183	0.004
Electrical Power-Line Installers and Repairers	4	0.216	0.097
Police and Sheriff's Patrol Officers	5	0.239	0.098
Industrial Production Managers	12	0.256	0.030
Captains, Mates, and Pilots of Water Vessels	13	0.257	0.270
First-Line Supervisors of Police and Detectives	15	0.261	0.004
Commercial Divers	16	0.270	0.180
Childcare Workers	18	0.271	0.084
Meeting, Convention, and Event Planners	22	0.280	0.037
Career/Technical Education Teachers, Secondary School	23	0.280	0.009
Industrial Engineering Technicians	37	0.303	0.030
First-Line Supervisors of Construction Trades and Extraction Workers	39	0.312	0.170
Farmers, Ranchers, and Other Agricultural Managers	43	0.315	0.047
First-Line Supervisors of Farming, Fishing, and Forestry Workers	46	0.320	0.570
Dentists, General	48	0.322	0.004
Athletic Trainers	49	0.324	0.007
Licensed Practical and Licensed Vocational Nurses	58	0.335	0.058
Diagnostic Medical Sonographers	60	0.337	0.350
Audiologists	65	0.340	0.003
Physical Therapists	68	0.343	0.021
Curators	72	0.349	0.007
Physician Assistants	74	0.354	0.140
Social and Community Service Managers	75	0.354	0.007
Photographers	80	0.360	0.021
Lodging Managers	81	0.360	0.004
Veterinarians	84	0.364	0.038
Architects, Except Landscape and Naval	88	0.366	0.018
Chief Executives	91	0.369	0.015
Dental Assistants	98	0.372	0.510
Medical Assistants	101	0.377	0.300
Instructional Coordinators	105	0.379	0.004
Pharmacists	110	0.385	0.012
Ship Engineers	112	0.388	0.041
Mechanical Engineering Technicians	119	0.394	0.380
Plant and System Operators, All Other	120	0.397	0.860
Sailors and Marine Oilers	124	0.400	0.830

Education Administrators, Elementary and Secondary School	126	0.400	0.005
Materials Engineers	127	0.401	0.021
Choreographers	128	0.401	0.004
First-Line Supervisors of Transportation and Material-Moving Machine and Vehicle Operators	136	0.408	0.029
Landscape Architects	137	0.408	0.045
Anthropologists and Archeologists	138	0.409	0.008
Music Directors and Composers	141	0.411	0.015
Optometrists	146	0.416	0.140
First-Line Supervisors of Retail Sales Workers	152	0.425	0.280
Dietitians and Nutritionists	161	0.431	0.004
Explosives Workers, Ordnance Handling Experts, and Blasters	168	0.433	0.480
Fine Artists, Including Painters, Sculptors, and Illustrators	171	0.434	0.042
Kindergarten Teachers, Except Special Education	179	0.438	0.150
Forest and Conservation Technicians	180	0.438	0.420
Actors	183	0.440	0.370
Musical Instrument Repairers and Tuners	186	0.442	0.910
First-Line Supervisors of Food Preparation and Serving Workers	189	0.442	0.630
Secondary School Teachers, Except Special and Career/Technical Education	190	0.443	0.008
Reservation and Transportation Ticket Agents and Travel Clerks	191	0.443	0.610
First-line Supervisor of Landscaping, Lawn Service, and Groundskeeping Workers	193	0.444	0.570
Graphic Designers	196	0.447	0.082
Writers and Authors	197	0.447	0.038
Sales Engineers	198	0.448	0.004
Self-Enrichment Education Teachers	199	0.448	0.130
Social and Human Service Assistants	203	0.453	0.130
Soil and Plant Scientists	204	0.453	0.021
Excavating and Loading Machine and Dragline Operators	205	0.456	0.940
Food Service Managers	206	0.457	0.083
Photographic Process Workers and Processing Machine Operators	208	0.457	0.990
Radio, Cellular, and Tower Equipment Installers and Repairs	209	0.457	0.930
Business Operations Specialists, All Other	212	0.461	0.230
Marketing Managers	214	0.462	0.014
Transportation, Storage, and Distribution Managers	216	0.463	0.590
Special Education Teachers, Secondary School	217	0.464	0.008
Public Relations and Fundraising Managers	218	0.464	0.015
Health Educators	220	0.466	0.045
Natural Sciences Managers	222	0.466	0.018
Network and Computer Systems Administrators	224	0.468	0.030
Middle School Teachers, Except Special and Career/Technical Education	225	0.468	0.170
Historians	228	0.470	0.440
Carpenters	232	0.475	0.720
Construction Managers	233	0.477	0.071
Education Administrators, Preschool and Childcare Center/Program	237	0.479	0.015
Urban and Regional Planners	238	0.480	0.130

Engineering Technicians, Except Drafters, All Other	239	0.481	0.240
Environmental Engineers	243	0.485	0.018
Lawyers	245	0.487	0.035
Mathematicians	248	0.489	0.047
Arbitrators, Mediators, and Conciliators	249	0.490	0.060
Correctional Officers and Jailers	251	0.492	0.600
Sales Representatives, Wholesale and Manufacturing, Technical and Scientific Products	255	0.494	0.250
Insulation Workers, Mechanical	256	0.496	0.640
Medical and Clinical Laboratory Technicians	259	0.498	0.470
Geoscientists, Except Hydrologists and Geographers	260	0.498	0.630
Adult Basic and Secondary Education and Literacy Teachers and Instructors	267	0.503	0.190
Chemical Engineers	269	0.504	0.017
Industrial-Organizational Psychologists	270	0.507	0.012
Management Analysts	271	0.508	0.130
General and Operations Managers	274	0.512	0.160
Tank Car, Truck, and Ship Loaders	279	0.515	0.720
Bus Drivers, Transit and Intercity	282	0.518	0.670
Railroad Conductors and Yardmasters	286	0.520	0.830
Rolling Machine Setters, Operators, and Tenders, Metal and Plastic	287	0.520	0.830
Computer and Information Systems Managers	291	0.522	0.035
Medical and Health Services Managers	294	0.523	0.007
Electrical and Electronics Engineering Technicians	297	0.526	0.840
Bartenders	298	0.527	0.770
Broadcast News Analysts	300	0.527	0.067
Administrative Services Managers	303	0.534	0.730
Pipelayers	306	0.538	0.620
Interpreters and Translators	307	0.539	0.380
Electronics Engineers, Except Computer	309	0.542	0.025
Managers, All Other	311	0.546	0.250
Electrical and Electronics Installers and Repairers, Transportation Equipment	316	0.550	0.910
Real Estate Sales Agents	317	0.550	0.860
Automotive Glass Installers and Repairers	318	0.552	0.550
Librarians	319	0.553	0.650
First-Line Supervisors of Non-Retail Sales Workers	320	0.553	0.075
Surveyors	322	0.554	0.380
Judges, Magistrate Judges, and Magistrates	323	0.554	0.400
Printing Press Operators	329	0.561	0.830
Athletes and Sports Competitors	333	0.565	0.280
Brickmasons and Blockmasons	334	0.566	0.820
Fishers and Related Fishing Workers	336	0.571	0.830
Mining and Geological Engineers, Including Mining Safety Engineers	339	0.573	0.140
Veterinary Assistants and Laboratory Animal Caretakers	340	0.573	0.860
Financial Managers	342	0.574	0.069
Riggers	343	0.574	0.890
Jewelers and Precious Stone and Metal Workers	344	0.574	0.950

Stonemasons	349	0.577	0.890
Chemical Plant and System Operators	350	0.578	0.850
Gaming Managers	351	0.578	0.091
Opticians, Dispensing	353	0.580	0.710
Architectural and Civil Drafters	354	0.581	0.520
Executive Secretaries and Executive Administrative Assistants	358	0.582	0.860
Septic Tank Servicers and Sewer Pipe Cleaners	359	0.582	0.830
Zoologists and Wildlife Biologists	362	0.586	0.300
Painters, Construction and Maintenance	365	0.588	0.750
Coin, Vending, and Amusement Machine Servicers and Repairers	367	0.588	0.940
Paper Goods Machine Setters, Operators, and Tenders	369	0.591	0.670
Etchers and Engravers	371	0.594	0.980
Tour Guides and Escorts	373	0.594	0.910
Parts Salespersons	375	0.595	0.980
Industrial Engineers	376	0.596	0.029
Database Administrators	379	0.598	0.030
Electrical Engineers	380	0.600	0.100
Rail-Track Laying and Maintenance Equipment Operators	382	0.602	0.890
Hunters and Trappers	385	0.604	0.770
Chemists	386	0.604	0.100
Compensation and Benefits Managers	387	0.605	0.960
Astronomers	391	0.612	0.041
Agricultural Inspectors	394	0.613	0.940
Financial Examiners	400	0.618	0.170
Chemical Technicians	401	0.618	0.570
Upholsterers	403	0.619	0.390
Sheet Metal Workers	404	0.619	0.820
Fence Erectors	407	0.625	0.920
Pharmacy Technicians	410	0.627	0.920
Agricultural and Food Science Technicians	412	0.629	0.970
Stationary Engineers and Boiler Operators	416	0.634	0.890
Mathematical Technicians	423	0.639	0.990
Floor Sanders and Finishers	424	0.639	0.870
Eligibility Interviewers, Government Programs	429	0.646	0.700
Buyers and Purchasing Agents, Farm Products	437	0.650	0.870
Computer Systems Analysts	439	0.651	0.007
Door-to-Door Sales Workers, News and Street Vendors, and Related Workers	440	0.651	0.940
Computer Programmers	446	0.653	0.480
Painters, Transportation Equipment	451	0.658	0.690
Nuclear Power Reactor Operators	453	0.663	0.950
Receptionists and Information Clerks	456	0.665	0.960
Woodworking Machine Setters, Operators, and Tenders, Except Sawing	458	0.667	0.970
Refuse and Recyclable Material Collectors	462	0.671	0.930
Pump Operators, Except Wellhead Pumpers	467	0.674	0.900
Insurance Sales Agents	469	0.676	0.920

Glaziers	472	0.678	0.730
Barbers	473	0.678	0.800
Atmospheric and Space Scientists	475	0.680	0.670
Taxi Drivers and Chauffeurs	478	0.683	0.890
Models	480	0.685	0.980
Cooling and Freezing Equipment Operators and Tenders	481	0.685	0.930
Private Detectives and Investigators	487	0.687	0.310
Transportation Attendants, Except Flight Attendants	488	0.687	0.750
Engine and Other Machine Assemblers	490	0.688	0.820
Logging Equipment Operators	491	0.689	0.790
Software Developers, Systems Software	494	0.690	0.130
Separating, Filtering, Clarifying, Precipitating, and Still Machine Setters, Operators, and Tenders	495	0.693	0.880
Shoe and Leather Workers and Repairers	496	0.694	0.520
Bill and Account Collectors	497	0.695	0.950
Adhesive Bonding Machine Operators and Tenders	499	0.699	0.950
Economists	500	0.701	0.430
Wellhead Pumpers	501	0.702	0.840
Print Binding and Finishing Workers	502	0.703	0.950
Cleaners of Vehicles and Equipment	505	0.707	0.370
Computer Numerically Controlled Machine Tool Programmers, Metal and Plastic	507	0.708	0.360
Hotel, Motel, and Resort Desk Clerks	509	0.711	0.940
Tapers	511	0.712	0.620
Financial Specialists, All Other	512	0.713	0.330
Tax Examiners and Collectors, and Revenue Agents	513	0.713	0.930
Tailors, Dressmakers, and Custom Sewers	519	0.722	0.840
Reinforcing Iron and Rebar Workers	521	0.724	0.900
Textile Knitting and Weaving Machine Setters, Operators, and Tenders	523	0.726	0.730
Customer Service Representatives	526	0.727	0.550
Packers and Packagers, Hand	528	0.728	0.380
Subway and Streetcar Operators	530	0.728	0.860
Combined Food Preparation and Serving Workers, Including Fast Food	536	0.739	0.920
Landscaping and Groundskeeping Workers	537	0.739	0.950
Dispatchers, Except Police, Fire, and Ambulance	539	0.741	0.960
Terrazzo Workers and Finishers	540	0.743	0.880
Baggage Porters and Bellhops	542	0.745	0.830
Financial Analysts	556	0.758	0.230
Computer Operators	558	0.758	0.780
Metal-Refining Furnace Operators and Tenders	563	0.760	0.880
Laborers and Freight, Stock, and Material Movers, Hand	564	0.760	0.850
Telemarketers	567	0.764	0.990
Grinding and Polishing Workers, Hand	569	0.765	0.970
Cutters and Trimmers, Hand	574	0.771	0.640
Secretaries and Administrative Assistants, Except Legal, Medical, and Executive	575	0.771	0.960
Geological and Petroleum Technicians	577	0.772	0.910

Packaging and Filling Machine Operators and Tenders	583	0.775	0.980
Foundry Mold and Coremakers	595	0.785	0.670
Tax Preparers	596	0.785	0.990
Cooks, Fast Food	597	0.787	0.810
Butchers and Meat Cutters	604	0.793	0.930
Extruding and Drawing Machine Setters, Operators, and Tenders, Metal and Plastic	606	0.794	0.910
Cooks, Restaurant	610	0.796	0.960
Word Processors and Typists	612	0.800	0.810
Sawing Machine Setters, Operators, and Tenders, Wood	614	0.801	0.860
Proofreaders and Copy Markers	615	0.802	0.840
Food Cooking Machine Operators and Tenders	618	0.804	0.610
Plating and Coating Machine Setters, Operators, and Tenders, Metal and Plastic	619	0.806	0.920
Fabric Menders, Except Garment	621	0.807	0.960
Food Batchmakers	622	0.807	0.700
Shampooers	623	0.809	0.790
Brokerage Clerks	625	0.812	0.980
Legal Secretaries	627	0.812	0.980
Couriers and Messengers	629	0.814	0.940
Payroll and Timekeeping Clerks	630	0.815	0.970
Animal Breeders	631	0.816	0.950
Graders and Sorters, Agricultural Products	632	0.817	0.410
Grinding, Lapping, Polishing, and Buffing Machine Tool Setters, Operators, and Tenders, Metal and Plastic	633	0.817	0.950
Janitors and Cleaners, Except Maids and Housekeeping Cleaners	634	0.818	0.660
Maids and Housekeeping Cleaners	636	0.819	0.690
Shoe Machine Operators and Tenders	637	0.819	0.970
Court, Municipal, and License Clerks	640	0.824	0.460
Appraisers and Assessors of Real Estate	641	0.825	0.900
Bakers	642	0.825	0.890
Umpires, Referees, and Other Sports Officials	643	0.826	0.980
Mixing and Blending Machine Setters, Operators, and Tenders	644	0.827	0.830
Team Assemblers	647	0.829	0.970
Textile Winding, Twisting, and Drawing Out Machine Setters, Operators, and Tenders	652	0.834	0.960
Bookkeeping, Accounting, and Auditing Clerks	657	0.839	0.980
Medical Transcriptionists	658	0.839	0.890
Machine Feeders and Offbearers	676	0.868	0.930
Textile Bleaching and Dyeing Machine Operators and Tenders	679	0.874	0.970
Data Entry Keyers	680	0.876	0.990
Pressers, Textile, Garment, and Related Materials	682	0.880	0.810
Laundry and Dry-Cleaning Workers	684	0.891	0.710

หมายเหตุ คอลัมน์ F&O แสดงค่าความเสี่ยงที่นำมาจาก Frey and Osborne (2017) และคอลัมน์ Tech&Trade แสดงค่าความเสี่ยงจาก

แบบจำลองในงานศึกษานี้

ตารางที่ ข.1 และ ข.2 แสดงชั่วโมงการทำงานที่อาจสูญเสียจากผลกระทบ (หน่วย: ชั่วโมง)

ข.1 แจกแจงตามเพศ:

	ชาย	หญิง
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย,ข้าราชการระดับอาวุโส,ผู้จัดการ	1,403	709
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่างๆ	841	1,155
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	1,101	2,090
4. งานเสมียน,เจ้าหน้าที่	461	1,341
5. พนักงานบริการ,พนักงานขายในร้านค้าและตลาด	7,361	10,369
6. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	11,577	8,163
7. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	8,171	2,767
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	4,857	2,358
9. อาชีพงานพื้นฐาน	3,378	3,958
รวม	39,150	32,911

ข.2 แจกแจงตามระดับการศึกษา:

	ประถม	ม.ต้น	ม.ปลาย	ปริญญา
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย,ข้าราชการระดับอาวุโส,ผู้จัดการ	470	186	485	978
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่างๆ	49	53	207	1,721
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	174	152	1,025	1,878
4. งานเสมียน,เจ้าหน้าที่	77	128	714	888
5. พนักงานบริการ,พนักงานขายในร้านค้าและตลาด	7,419	3,367	4,901	2,047
6. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	14,268	2,773	2,371	327
7. ผู้ปฏิบัติงานที่มีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	5,588	2,295	2,670	415
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	2,457	2,165	2,422	185
9. อาชีพงานพื้นฐาน	4,682	1,499	1,051	110
รวม	35,185	12,618	15,846	8,550

ข.3 แจกแจงตามอายุ:

	15-24	25-34	35-44	45-54	55-64
1. ผู้บัญญัติกฎหมาย,ข้าราชการระดับอาวุโส,ผู้จัดการ	60	386	680	673	276
2. ผู้ประกอบวิชาชีพด้านต่างๆ	181	695	528	445	180
3. ช่างเทคนิคสาขาต่างๆ	414	1,283	898	497	131
4. งานเสมียน,เจ้าหน้าที่	343	806	409	207	41
5. พนักงานบริการ,พนักงานขายในร้านค้าและตลาด	2,433	4,174	4,476	3,933	2,075
6. ผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือด้านการเกษตรและประมง	2,129	3,132	4,490	5,146	3,685
7. ผู้ปฏิบัติงานมีฝีมือในธุรกิจต่างๆ	1,817	2,836	3,057	2,141	927
8. ผู้ปฏิบัติการด้านเครื่องจักรในโรงงาน	1,328	2,569	1,974	1,012	319
9. อาชีพงานพื้นฐาน	1,395	1,744	1,959	1,525	608
รวม	10,100	17,625	18,471	15,579	8,242

7.2 เอกสารอ้างอิง

- Acemoglu, D., and Restrepo, P. (2017). *Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets* (No. w23285). National Bureau of Economic Research.
- Autor, D. H., and Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *American Economic Review*, 103(5), 1553-97.
- Autor, D. H., Levy, F., and Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), 1279-1333.
- Baldwin, R. (2006). Globalisation: the great unbundling (s). *Economic Council of Finland*, 20(3), 5-47.
- Baldwin, R. (2013). Trade and industrialization after globalization's second unbundling: how building and joining a supply chain are different and why it matters. In *Globalization in an age of crisis: Multilateral economic cooperation in the twenty-first century* (pp. 165-212). University of Chicago Press.
- Baldwin, R. (2016). *The great convergence*. Harvard University Press.
- Blinder, A. S. (2009). How many US jobs might be offshorable?. *World Economics*, 10(2), 41.
- Chang, J., Ryhard, G., and Huynh, P. (2016). *ASEAN in Transformation: The Future of Jobs at Risk of Automation*. International Labour Organization.
- De Backer, K., Menon, C., Desnoyers-James, I., and Moussiegt, L. (2016). Reshoring: Myth or reality?. *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, No. 27, OECD Publishing, Paris.
- Firpo, S., Fortin, N., and Lemieux, T. (2011). Occupational Tasks and Changes in the Wage Structure. *IZA Discussion Paper*, No. 5542.
- Fortin, N., and Lemieux, T. (2016). Inequality and Changes in Task Prices: Within and between Occupation Effects. In *Inequality: Causes and consequences* (pp. 195-226). Emerald Group Publishing Limited.
- Frey, C. B., and Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.

- Graetz, G., and Michaels, G. (2017). Is modern technology responsible for jobless recoveries? *American Economic Review*, 107(5), 168-73.
- Graetz, G., and Michaels, G. (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, Forthcoming.
- International Federation of Robotics (2017). *World Robotics 2017 Industrial Robots*.
- Jaimovich, N., and Siu, H. E. (2012). *The trend is the cycle: Job polarization and jobless recoveries* (No. w18334). National Bureau of Economic Research.
- Jensen, J. B., and Kletzer, L. G. (2010). Measuring the task content of offshorable services jobs, tradable services and job loss. *Labor in the new economy*, 309-335.
- Lekfuangfu, W.N. (2017) Intensive and Extensive Margins of Labour Supply in Thailand: Decomposing the Pattern of Work Behaviours, PIER Discussion Paper No. 59
- Michaels, G., Natraj, A., and Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60-77.
- Oldenski, L. (2015). Reshoring by US firms: What do the data say? *Peterson Institute for International Economics Policy Brief*, Number PB15-14, 1-11.
- Rattanakhamfu, S., Tangkitvanich, S., Sukphisan, W. and Thammapiranan, P. (2014). Relocating labor-intensive industries from Thailand to neighboring countries: possibility and policy implications. *TDRI Quarterly Review*, Vol.29, No.1, 4-17.
- Turing, A. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 49, 433-460.
- World Economic Forum (2018). The Future of Jobs Report.
- กรรณิย์ ชีวะตระกูลพงษ์ และคณะ (2015). การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการค้าในโลกและผลกระทบต่อรูปแบบการค้า การส่งออก และการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของประเทศไทย, Bank of Thailand Symposium Paper.
- กิริยา กุลกลการ (2018). การบริหารทุนมนุษย์ไทยในเศรษฐกิจยุค 4.0, สำนักงานสภาพัฒนาการเพื่อพัฒนาแรงงานแห่งชาติ, กระทรวงแรงงาน.

พัชรพร ลีพิพัฒน์ไพบูลย์ และ นันทนิตย์ ทองศรี (2018). หุ่นยนต์ในภาคอุตสาหกรรม: กระแสใหม่ที่แรงงาน
ต้องกังวลจริงหรือ, Bank of Thailand.