

ปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ที่ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย Geopolitical Risks and Their Impact on Thailand's Semiconductor Supply Chain

สรายุทธ รัตมี^{1*}

Sarayoot Ratsamee^{1*}

Received: November 25, 2024

Revised: December 14, 2024

Accepted: December 16, 2024

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมสำคัญที่ขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีระดับโลกและเศรษฐกิจของหลายประเทศ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งมีบทบาทในฐานะผู้ผลิตรายย่อยในห่วงโซ่อุปทาน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบันกำลังส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพและการเติบโตของอุตสาหกรรมนี้อย่างมีนัยสำคัญ ปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ความขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งกระทบต่อการค้าและการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง ความตึงเครียดนี้ยังนำไปสู่มาตรการควบคุมการส่งออกและการคว่ำบาตรสินค้า ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในการจัดหาเซมิคอนดักเตอร์ในภูมิภาคเอเชีย การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์เอกสารและข้อมูลเชิงคุณภาพจากรายงานระดับนานาชาติ รวมถึงข้อมูลจากองค์กรที่เกี่ยวข้อง เพื่อประเมินผลกระทบของปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศไทย ผลการศึกษพบว่า ความขัดแย้งระหว่างประเทศมหาอำนาจส่งผลกระทบต่อการค้าและการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง ในขณะเดียวกัน การพึ่งพาประเทศผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์รายใหญ่อย่างไต้หวันและเกาหลีใต้ เพิ่มความเสี่ยงต่อการหยุดชะงักในห่วงโซ่อุปทาน สำหรับประเทศไทยยังต้องเผชิญความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มการลงทุนระดับโลก โดยบริษัทต่างชาติเริ่มกระจายฐานการผลิตไปยังประเทศอื่น เช่น เวียดนามหรืออินเดีย รวมถึงข้อกำหนดระหว่างประเทศ เช่น ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อมและข้อจำกัดด้านการส่งออก ที่อาจเพิ่มอุปสรรคต่อการพัฒนาอุตสาหกรรม การศึกษานี้เสนอแนวทางการพัฒนานโยบายเชิงรุก เช่น การลดการพึ่งพาวัตถุดิบจากแหล่งที่ไม่มั่นคง การส่งเสริมการลงทุนในเทคโนโลยีที่มีความสำคัญเชิงยุทธศาสตร์ และการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา (R&D) เพื่อเสริมสร้างเสถียรภาพของห่วงโซ่อุปทาน นอกจากนี้ ผลการศึกษายังสร้างองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงเฉพาะที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย เช่น การโจมตีทางไซเบอร์ในห่วงโซ่อุปทาน และการแข่งขันระดับภูมิภาคที่เพิ่มมากขึ้น สามารถนำไปต่อยอดในการพัฒนากลยุทธ์ห่วงโซ่อุปทานที่มีความยืดหยุ่น และการสร้างระบบป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยในระยะยาว เพื่อรับมือกับปัจจัยเสี่ยงเหล่านี้ ประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนานโยบายที่สอดคล้องกับสถานการณ์โลกและกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการปรับตัว แม้จะมีความเสี่ยงในหลายมิติ แต่ด้วยการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ ประเทศสามารถเปลี่ยนวิกฤตให้เป็นโอกาสในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ ห่วงโซ่อุปทาน อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ประเทศไทย

Abstract

The semiconductor industry is one of the key industries driving global technological development and the economies of many countries, including Thailand, which plays a role as a minor producer in the supply chain. However, rising geopolitical risks are currently impacting the stability and growth of this industry significantly. Key factors include the conflict between the United States and China, which affects trade and investment in advanced technologies. This tension has also led to export controls and sanctions that could disrupt semiconductor supply in the Asia-Pacific region. This study utilizes document analysis and qualitative data from international reports and relevant organizations to assess the impact of geopolitical risks on Thailand's semiconductor industry. The findings reveal that conflicts

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹Faculty of Education, Khon Kaen University

*Corresponding author. E-mail: Sarayoot.r@kkumail.com

between major powers affect trade and investment in advanced technologies. Simultaneously, reliance on major semiconductor-producing countries such as Taiwan and South Korea increases the risk of supply chain disruptions. Thailand also faces risks from shifting global investment trends, as foreign companies begin to relocate their production bases to other countries, such as Vietnam or India. Additionally, international regulations, such as environmental requirements and export restrictions, may pose further obstacles to industrial development. This study proposes proactive policy approaches, such as reducing dependency on unstable raw material sources, promoting investment in strategically significant technologies, and supporting research and development (R&D) to enhance the stability of the supply chain. Furthermore, the findings provide new insights into specific risks affecting Thailand, such as cyberattacks on the supply chain and increasing regional competition. These findings can be leveraged to develop resilient supply chain strategies and build cybersecurity systems to enhance Thailand's competitiveness in the long term. To address these risks, Thailand must develop policies aligned with global trends and design strategies that enable adaptability. Despite risks emerging across multiple dimensions, with effective management, the country can turn challenges into opportunities for sustainably advancing the semiconductor industry.

Keywords: The geopolitical risk factors, Supply Chain, Semiconductor Industry, Thailand

บทนำ (Introduction)

ในปัจจุบันเศรษฐกิจโลกได้รับการพัฒนาและเติบโตภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้ประเทศต่าง ๆ เชื่อมโยงกันมากขึ้นทั้งในด้านการค้า การลงทุน การเคลื่อนย้ายแรงงาน และการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยีที่รวดเร็ว การเติบโตของการเชื่อมโยงเหล่านี้ทำให้เศรษฐกิจของแต่ละประเทศไม่เพียงแต่เป็นของตัวเอง แต่ยังขึ้นอยู่กับกิจกรรมของประเทศอื่น ๆ ด้วย (เพ็ญประภา ภัทรานุกรม, 2562) ตัวอย่างเช่น การนำเข้าและส่งออกสินค้าและบริการ การลงทุนระหว่างประเทศ หรือการขยายธุรกิจในตลาดต่างประเทศผ่านบริษัทข้ามชาติ (Multinational Corporations) รวมถึงการเปิดเสรีการค้า ซึ่งส่งผลให้ทุน แรงงาน และทรัพยากรสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระข้ามพรมแดน หลังจากการแพร่ระบาดของโควิด-19 เศรษฐกิจโลกได้เริ่มฟื้นตัวในหลายพื้นที่ โดยจากรายงานของ (International Monetary Fund, 2024) เศรษฐกิจโลกจะเติบโตที่ประมาณร้อยละ 3.0 ในปี 2024 หลังจากที่เคยเติบโตร้อยละ 3.5 ในปี 2023 การฟื้นตัวนี้ส่วนใหญ่จะมาจากการเติบโตในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา และประเทศเศรษฐกิจขนาดใหญ่ เช่น จีน และอินเดีย นอกจากนี้ ยังมีการคาดการณ์ว่าอัตราเงินเฟ้อทั่วโลกจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 5.9 ในสิ้นปี 2024 และร้อยละ 4.5 ในปี 2025 สำหรับเศรษฐกิจไทยในปี 2023 พบว่า มีอัตราการเติบโตที่เพิ่มขึ้นจากการขยายตัวของภาคการบริโภคภายในประเทศและภาคการท่องเที่ยว รวมถึงการฟื้นตัวของภาคการส่งออกซึ่งมีส่วนช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังคงเผชิญกับปัญหาหนี้ครัวเรือนที่สูง และการเปลี่ยนแปลงของอากาศที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตภาคการเกษตร ซึ่งอาจจำกัดความสามารถในการบริโภคของภาคครัวเรือน ทำให้การขยายตัวในภาคบริโภคอาจไม่เต็มที่ในช่วงท้ายของปี 2023 ในด้านของอัตราเงินเฟ้อของไทย แม้ว่าจะปรับตัวสูงขึ้นในช่วงหลายเดือนที่ผ่านมา แต่ยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำตามข้อมูลจากธนาคารแห่งประเทศไทย โดยคาดว่าเงินเฟ้อจะยังอยู่ในกรอบเป้าหมายของธนาคารแห่งประเทศไทยในปลายปี 2024 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อพิจารณาจากปีที่แล้วที่ต่ำ ซึ่งทำให้เงินเฟ้ออาจอยู่ในช่วงติดลบในช่วงเริ่มต้นของปี 2024

จากข้อมูลข้างต้น ทำให้เห็นว่า ภาพรวมของเศรษฐกิจโลกและประเทศไทยกำลังฟื้นตัวอย่างต่อเนื่อง แม้จะเผชิญกับความไม่แน่นอนจากหลายปัจจัย เช่น ความตึงเครียดทางการเมืองระหว่างประเทศ สถานการณ์ระหว่างประเทศที่ตึงเครียดและยืดเยื้อ ซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นและการตัดสินใจดำเนินธุรกิจและการลงทุนของภาคเอกชน ตลอดจนนโยบายทางการค้าต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อเศรษฐกิจระหว่างประเทศโดยตรง ทำให้เศรษฐกิจโลกอาจยังคงมีความเสถียรภาพจนสิ้นปี 2023 แต่หลังจากเริ่มต้นปี 2025 โลกอาจจะต้องเตรียมรับมือกับสถานการณ์ขึ้นวิกฤตจากการดำเนินนโยบายระหว่างประเทศของประเทศมหาอำนาจ (superpower) คือ สหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งเป็นคู่พิพาทสำคัญที่ทำให้สงครามการค้า

(Trade War) กันมาตั้งแต่ปี 2017 ในสมัยประธานาธิบดีโดนัลด์ ทรัมป์ (สมัยที่ 1) อย่างไรก็ตาม หลังจากทรัมป์แพ้การเลือกตั้งในปี 2020 สถานการณ์ความตึงเครียดได้คลี่คลายลงในระดับหนึ่ง จนกระทั่งเกิดสงครามรัสเซีย-ยูเครน ปัญหาความไม่สงบในภูมิภาคตะวันออกกลาง และปัญหาผู้อพยพในสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้ความนิยมของพรรคเดโมแครตลดต่ำลงอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งเมื่อวันที่ 7 พฤศจิกายน 2024 ประธานาธิบดีโดนัลด์ ทรัมป์ ชนะการเลือกตั้งในสมัยที่ 2 (วาระดำรงตำแหน่ง 25 มกราคม 2025 – 25 มกราคม 2029) ซึ่งถือเป็นสัญญาณสำคัญที่เตือนให้โลกรู้ว่า “ความขัดแย้งระลอกใหม่ กำลังกลับมา” เนื่องจากในระหว่างการรณรงค์หาเสียงเลือกตั้ง ทรัมป์ได้ให้คำมั่นเกี่ยวกับนโยบายต่าง ๆ โดยเน้นหลักการ “ไม่แทรกแซงและการกีดกันทางการค้า” หรือ “America First” (แปลว่า อเมริกาต้องมาก่อน) โดยมุ่งเน้นไปที่การยุติสงครามที่สหรัฐอเมริกาให้การสนับสนุนอยู่ในปัจจุบัน อาทิ ยูเครน และอิสราเอล รวมถึงการขยายไปสู่ประเด็นเชิงกลยุทธ์เกี่ยวกับอนาคตของนาโต (NATO) ซึ่งเป็นพันธมิตรทางทหารระหว่างกลุ่มประเทศข้ามมหาสมุทรแอตแลนติกแบบ all-for-one และ one-for-all (แปลว่า ทุกคนเพื่อหนึ่งเดียว หนึ่งเดียวเพื่อทุกคน) แต่สถานการณ์ที่ตึงเครียดที่สุด คือ แนวทางนโยบายต่างประเทศของสหรัฐอเมริกาต่อจีน ซึ่งถือเป็นนโยบายที่มีความสำคัญทางยุทธศาสตร์มากที่สุด และมีผลกระทบมากที่สุดต่อความมั่นคงและการค้าโลก กล่าวได้ว่า สหรัฐอเมริกากับจีน เป็นคู่แข่งเชิงกลยุทธ์ (Strategic Competitors) ทางเศรษฐกิจ การเมือง และการทหารในเวทีระหว่างประเทศ ซึ่งมุ่งเน้นไปที่การกระตุ้นให้เกิดการเก็บภาษีศุลกากรจากสินค้าและบริการจากประเทศจีน โดยเฉพาะสินค้าประเภทเทคโนโลยี

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) ถือเป็นพื้นฐานสำคัญของเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน และเป็นองค์ประกอบหลักในหลายๆ อุตสาหกรรม เช่น ชิปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน รถยนต์ไฟฟ้า ระบบหุ่นยนต์อัตโนมัติ และอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต (Internet of Things - IoT) ซึ่งทำให้เซมิคอนดักเตอร์มีบทบาทสำคัญในการผลักดันการเติบโตทางเศรษฐกิจในหลายประเทศ โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมเทคโนโลยี ซึ่งมีอัตราการเติบโตสูงและเพิ่มความต้องการอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ การพัฒนาและขยายตลาดเซมิคอนดักเตอร์ในหลายประเทศยังถูกผลักดันโดยความต้องการที่สูงในตลาดต่าง ๆ (ปาริชาติ จิรวัชร, 2565) เช่น การใช้เซมิคอนดักเตอร์ในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่ต้องการชิปสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicles, EVs) ซึ่งมีการใช้เทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ในระบบการขับเคลื่อน การควบคุมอัตโนมัติ และระบบความปลอดภัยต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์สำหรับการขับขี่อัตโนมัติ นอกจากนี้ยังมีการใช้เซมิคอนดักเตอร์ในระบบ 5G และโครงข่ายโทรคมนาคมที่กำลังขยายตัว รวมถึงอุปกรณ์สมาร์ทที่เชื่อมต่อกันผ่าน IoT ซึ่งเพิ่มความต้องการในการผลิตชิปและส่วนประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง การเติบโตของตลาดเซมิคอนดักเตอร์ในช่วงปี 2020-2030 มีโอกาสเติบโตสูง คาดว่ามูลค่าตลาดจะเติบโตขึ้นมากกว่าร้อยละ 100 ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การขยายการใช้ระบบ 5Gการผลิตรถยนต์ไฟฟ้า (EV) การใช้งานในอุตสาหกรรมการแพทย์ เช่น การใช้เซมิคอนดักเตอร์ในอุปกรณ์การแพทย์และเครื่องมือการตรวจวินิจฉัย รวมถึงการพัฒนาในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์อัตโนมัติและปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ต้องการการประมวลผลที่เร็วและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งจะผลักดันให้เกิดความต้องการเซมิคอนดักเตอร์ในระดับที่สูงขึ้น

จากข้อมูลของสำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (2565) ประเทศไทยถือเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์โลก โดยการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มแผงวงจรไฟฟ้า (Integrated Circuits - IC) และกลุ่มอุปกรณ์กึ่งตัวนำทรานซิสเตอร์และไดโอด (O-S-D) ซึ่งอุปทานเซมิคอนดักเตอร์ของไทยมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ตัวอย่างเช่น การนำเข้ากลุ่ม IC ที่เพิ่มขึ้นจาก 6.7 แสนล้านบาทในปี 2022 เป็น 6.8 แสนล้านบาทในปี 2023 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 2 เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมา ซึ่งสะท้อนถึงการเติบโตของความต้องการในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีของไทยที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะในด้านการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และการขยายตัวของตลาดยานยนต์ไฟฟ้า (EV) ที่มีความต้องการเซมิคอนดักเตอร์เพิ่มขึ้นอย่างมาก

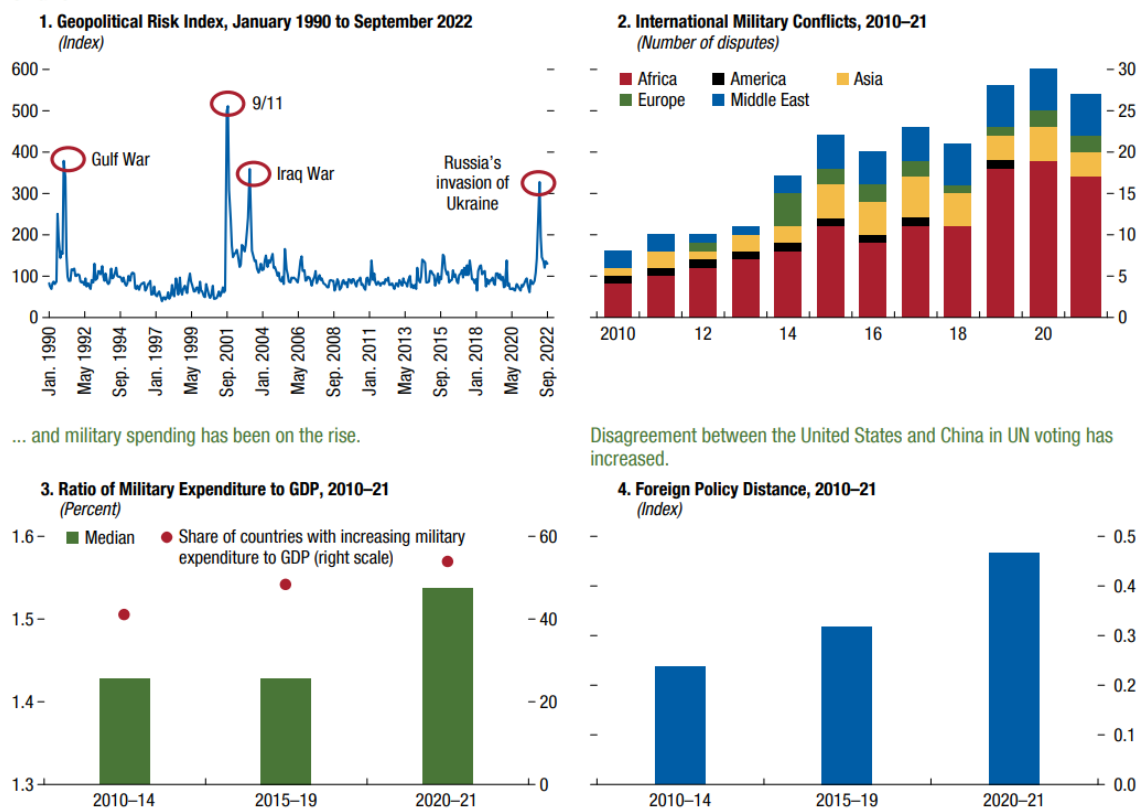
การศึกษาเชิงลึกเกี่ยวกับผลกระทบจากปัจจัยภายนอกที่มีต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เช่น การเปลี่ยนแปลงนโยบายทางการค้า การตึงเครียดทางการเมืองระหว่างประเทศ หรือการเปลี่ยนแปลงในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการผลิตและการค้าในอุตสาหกรรมนี้ การศึกษาผลกระทบเหล่านี้จะช่วยให้เข้าใจความ

ท้าทายและโอกาสที่อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จะเผชิญในอนาคตได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีช่องว่างในการศึกษาการขยายตัวของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในตลาดประเทศไทย โดยที่มีการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์เพิ่มขึ้น แต่ยังขาดการวิจัยที่เจาะลึกถึงโอกาสและความท้าทายในประเทศ ซึ่งจะช่วยให้รัฐบาลและภาคเอกชนวางแผนพัฒนาอุตสาหกรรมในระยะยาวได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังมีช่องว่างในการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว เช่น การผลิตชิปที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น การพัฒนาในเทคโนโลยี 5G หรือ ยานยนต์ไฟฟ้า (EV) โดยเฉพาะในประเทศกำลังพัฒนา ที่ยังขาดการศึกษาถึงวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (จิรภา บุญพาสุข, 2566) ดังนั้น การศึกษาในเรื่องผลกระทบจากนโยบายและการลงทุนของภาครัฐก็เป็นสิ่งที่ยังขาดการศึกษามาก โดยเฉพาะการประเมินประสิทธิผลของนโยบายต่าง ๆ เช่น United States CHIPS Act ในการส่งเสริมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ภายในประเทศ การเติมเต็มช่องว่างในการวิจัยเหล่านี้จะช่วยเสริมสร้างความเข้าใจในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์และการพัฒนาเศรษฐกิจในมิติต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนและตัดสินใจในการพัฒนาอุตสาหกรรมและการค้าระหว่างประเทศ

ผลกระทบจากความเสี่ยงทางภูมิศาสตร์: ความท้าทายและโอกาสของประเทศไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์

ความเสี่ยงทางภูมิศาสตร์ (Geopolitical Risks) เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดทิศทางของเศรษฐกิจในปัจจุบัน ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากความเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์เป็นได้ทั้งทางบวกหรือลบ ในอีกด้านหนึ่งความเสี่ยงอาจนำมาซึ่งความไม่มั่นคงทางเศรษฐกิจและการเมือง และอาจนำไปสู่ความรุนแรงและความขัดแย้งที่สร้างความสูญเสียอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในทางกลับกันความเสี่ยงดังกล่าวสามารถกระตุ้นการพัฒนานวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์สมัยใหม่ที่พลิกโฉมโลกได้ ความเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์เป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยาก เนื่องจากขึ้นอยู่กับว่าผู้คนจะมีปฏิกิริยาตอบสนองต่อความเสี่ยงนั้นอย่างไร แต่สิ่งที่ทำให้เรารู้ได้อย่างหนึ่งคือ เศรษฐกิจโลกเชื่อมโยงกันอย่างลึกซึ้งกับเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงหรือมีอิทธิพลที่สามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปยังภูมิภาคอื่น ๆ ได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ความเสี่ยงทางเศรษฐกิจจึงเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญในทางภูมิรัฐศาสตร์ ที่ส่งผลกระทบต่อสถานะที่ทำให้เกิดความผันผวนและการหยุดชะงักทางเศรษฐกิจในภาคส่วนต่าง ๆ

ความกังวลเกี่ยวกับการกระจายตัวของเศรษฐกิจและการเงินทั่วโลกทวีความรุนแรงขึ้นในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาท่ามกลางความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น การทูตที่ถดถอย ความสัมพันธ์ระหว่างสหรัฐอเมริกากับจีน และการรุกรานของยูเครนของรัสเซีย นำมาซึ่งวิกฤตครั้งใหม่ในด้านอาหารและพลังงาน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาที่ทุกฝ่ายพยายามแก้ไข สะท้อนให้เห็นอุบัติการณ์ที่เพิ่มขึ้นของภัยคุกคามทางภูมิรัฐศาสตร์และความขัดแย้ง การใช้จ่ายทางทหารที่เพิ่มขึ้นตลอด 1-2 ปีที่ผ่านมา หากเทียบกับสัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมทางเศรษฐกิจ ตระหนักให้เห็นถึงความอ่อนไหวประเด็นนโยบายต่างประเทศที่ซับซ้อน และความไม่ลงรอยกันที่เพิ่มขึ้นในพฤติกรรมการลงคะแนนเสียงของประเทศมหาอำนาจเกี่ยวกับนโยบายต่างประเทศ (รูปที่ 1) ความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ดังกล่าว ทำให้เกิดความกังวลเกี่ยวกับการกระจายตัวของภูมิเศรษฐกิจมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นการพลิกผันตามนโยบายของการรวมกลุ่มทางเศรษฐกิจและการเงินของโลก (Aiyar et al., 2023) ซึ่งอาจส่งผลให้ค่าใช้จ่ายสูงในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ



รูปที่ 1 แสดงภาพเปรียบเทียบความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์โลกที่เพิ่มขึ้น
(ซ้ายบน) ความเสี่ยงด้านภูมิรัฐศาสตร์ยังคงเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งตั้งแต่การรุกรานยูเครนของรัสเซีย
(ขวาบน) ข้อพิพาททางทหารระหว่างประเทศเพิ่มขึ้นเกือบสามเท่าในทศวรรษที่ผ่านมา
(ซ้ายล่าง) แสดงค่าใช้จ่ายทางการทหารที่เพิ่มสูงขึ้น
(ขวาล่าง) ความไม่ลงรอยกันระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนในการลงคะแนนเสียงของสหประชาชาติที่มากขึ้น
ที่มา : Dario and Iacoviello (2022)

ความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อาจส่งผลในทางลบต่อเสถียรภาพทางการเงิน การเงิน และการลงทุนระดับมหภาค ข้อจำกัดทางการเงินหรือความไม่แน่นอนซึ่งเกิดจากความตึงเครียดด้านภูมิรัฐศาสตร์ อาจทำให้เกิดความปั่นป่วนทั่วโลกอย่างรุนแรง เนื่องจากนักลงทุนต่างชาติได้เคลื่อนย้ายการลงทุนและวงเงินสินเชื่อใหม่ไปยังประเทศห่างไกลมากกว่า ซึ่งมีผลเกี่ยวเนื่องกับเสถียรภาพทางการเงิน นอกเหนือจากผลกระทบในระยะสั้นเหล่านี้แล้ว การกระจายตัวทางการเงินที่เพิ่มขึ้นอาจทำให้ประเทศต่าง ๆ มีความเสี่ยงต่อผลกระทบจากภายในประเทศและภายนอก โดยพบว่า มีการลดความสัมพันธ์เพื่อกระจายความเสี่ยง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มโอกาสที่ระบบวิกฤตการเงินในระยะยาวเช่นกัน ผลกระทบทางการเงินจากความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นอาจแตกต่างกันในแต่ละประเทศ แต่ทุกประเทศมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบมากขึ้น หากความตึงเครียดทวีความรุนแรงกว่าเดิม นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ทางภูมิรัฐศาสตร์ดูเหมือนจะมีความสำคัญต่อการจัดสรรเงินทุนข้ามพรมแดน ระบบการชำระเงินระหว่างประเทศ และราคาสินทรัพย์ สิ่งนี้อาจก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อเสถียรภาพทางการเงินโดยการเพิ่มต้นทุนทางการเงินของธนาคาร การลดความสามารถในการทำกำไร และลดการให้สินเชื่อแก่ภาคเอกชน การกระจายตัวทางการเงินที่มากขึ้นอาจทำให้การไหลเวียนของเงินทุนและความผันผวนของการเงินภาพรวมรุนแรงขึ้น โดยการจำกัดการกระจายความเสี่ยงระหว่างประเทศ ผู้กำหนดนโยบายระหว่างประเทศจำเป็นต้องตระหนักถึงความเสี่ยงด้านเสถียรภาพทางการเงินที่อาจเกิดขึ้นซึ่งเกี่ยวข้องกับความตึงเครียดทางภูมิรัฐศาสตร์ ประเมินและวัดปริมาณการส่งผ่านแรงกระตุ้นทางภูมิรัฐศาสตร์ไปยัง

สถาบันการเงิน ทำให้สถาบันการเงินอาจจำเป็นต้องสำรองเงินทุนและสภาพคล่องให้เพียงพอต่อความเสี่ยงด้านภูมิรัฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น เห็นได้ว่า เครือข่ายความปลอดภัยทางการเงินทั่วโลกยังจำเป็นต้องเสริมด้วยเงินสำรองระหว่างประเทศที่ถือโดยประเทศต่าง ๆ ในระดับที่เพียงพอ รวมถึงการเตรียมการแลกเปลี่ยนสภาพคล่องของธนาคารกลาง และวงเงินสินเชื่อจากสถาบันการเงินระหว่างประเทศด้วย

จากปัญหาความเสี่ยงทางภูมิศาสตร์ข้างต้น อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยกำลังเผชิญกับผลกระทบที่มีนัยสำคัญจากปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมนี้ โดยเฉพาะในด้านการจัดหาวัตถุดิบและการลงทุนจากประเทศมหาอำนาจ รวมถึงการแข่งขันในระดับภูมิภาคที่เพิ่มสูงขึ้น ได้แก่

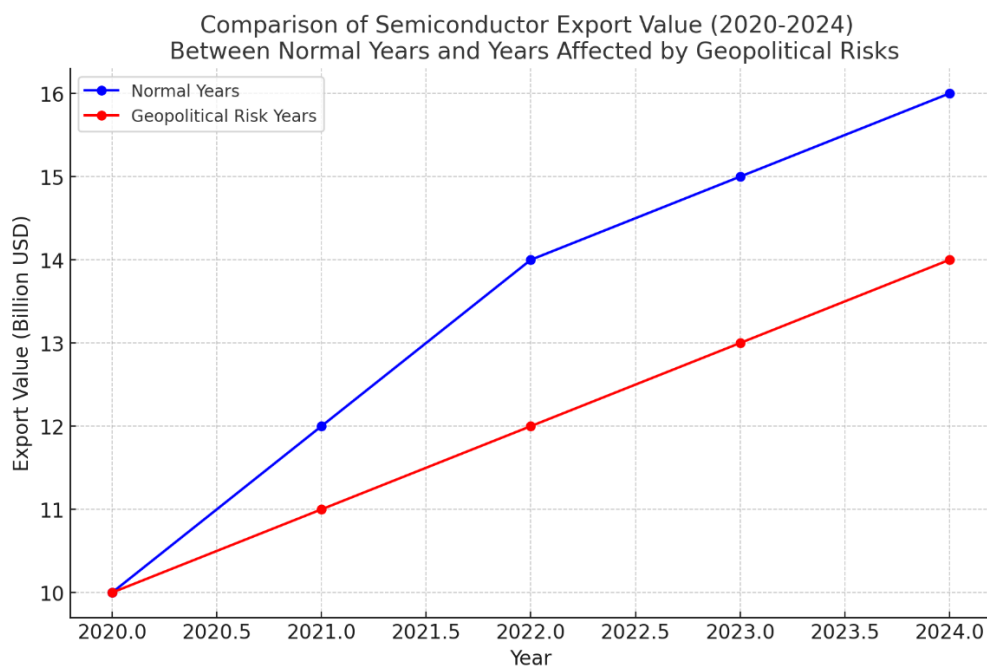
1. การหยุดชะงักของการจัดหาวัตถุดิบ การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ต้องการวัตถุดิบที่สำคัญหลายประเภท เช่น ซิลิกอน พอลิเมอร์ ทองคำ และวัสดุทางโลหะอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งผลิตจากประเทศที่ประสบปัญหาความมั่นคงทางการเมือง เช่น รัสเซียและประเทศในแอฟริกา (Tse et al., 2024) การเกิดความตึงเครียดทางการเมืองหรือข้อจำกัดทางการค้าจากประเทศเหล่านี้ อาจทำให้การจัดหาวัตถุดิบเหล่านี้หยุดชะงักหรือมีราคาสูงขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย การขาดแคลนวัตถุดิบจะทำให้กระบวนการผลิตของผู้ผลิตในประเทศไทยต้องหยุดชะงักหรือชะลอตัวลง การพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบจากแหล่งต่าง ๆ ที่ไม่มั่นคงยังสร้างความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสต็อกและความสามารถในการตอบสนองต่อตลาดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงวิกฤตหรือการเปลี่ยนแปลงเชิงนโยบายจากประเทศต้นทางที่อาจส่งผลกระทบต่อราคาและปริมาณการจัดส่ง วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์อย่างซิลิกอนซึ่งส่วนใหญ่มีแหล่งผลิตจากประเทศจีนและสหรัฐอเมริกา หากเกิดปัญหาความตึงเครียดระหว่างประเทศเหล่านี้ จะทำให้การผลิตและการส่งมอบสินค้าไม่สามารถทำได้ตามเวลาที่กำหนด อาจส่งผลให้ผู้ผลิตในประเทศไทยต้องเผชิญกับการขาดแคลนหรือราคาที่สูงขึ้น (Mohammad et al., 2022)

2. การเปลี่ยนแปลงการลงทุนจากประเทศมหาอำนาจ ความตึงเครียดระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนได้กลายเป็นปัจจัยเสี่ยงที่มีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยอย่างชัดเจน โดยการแข่งขันทางการค้าระหว่างสองประเทศมหาอำนาจนี้ได้สร้างความไม่แน่นอนต่อการลงทุนในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง ทั้งในด้านการผลิตและการวิจัยและพัฒนา การออกมาตรการควบคุมการส่งออกจากสหรัฐอเมริกาและจีน ทำให้บริษัทเซมิคอนดักเตอร์ในทั้งสองประเทศต้องเผชิญกับข้อจำกัดในการเข้าถึงเทคโนโลยีหรือวัสดุสำคัญ เช่น อุปกรณ์ในการผลิตชิปเซมิคอนดักเตอร์หรือเครื่องมือที่มีเทคโนโลยีสูง ซึ่งบางครั้งประเทศไทยอาจต้องพึ่งพาผู้นำเข้าอุปกรณ์เหล่านี้จากประเทศมหาอำนาจเหล่านี้ (Cinar, 2023) ในช่วงที่ความขัดแย้งเพิ่มขึ้น บริษัทต่างชาติที่เคยลงทุนในประเทศไทยอาจจะพิจารณาย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศอื่น ๆ ที่ไม่มีความเสี่ยงสูงจากการคว่ำบาตรหรือมาตรการควบคุมจากประเทศมหาอำนาจ การเปลี่ยนแปลงนี้อาจทำให้ประเทศไทยสูญเสียการลงทุนจากบริษัทที่มีชื่อเสียงและเทคโนโลยีที่ทันสมัย ในขณะที่ความไม่มั่นคงในห่วงโซ่อุปทานจากการกระทบกระทั่งทางการค้าระหว่างสหรัฐฯ และจีนอาจทำให้ไทยเสี่ยงต่อการขาดแคลนเทคโนโลยีที่จำเป็นในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Tse et al., 2024)

3. การแข่งขันในระดับภูมิภาค ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เห็นการเติบโตอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยเฉพาะในประเทศเวียดนามและอินเดีย ที่มีการลงทุนเพิ่มขึ้นในภาคอุตสาหกรรมเทคโนโลยีทั้งจากภาครัฐและเอกชน การสนับสนุนจากรัฐบาลในทั้งสองประเทศนี้ได้ดึงดูดการลงทุนจากบริษัทต่างชาติ โดยเฉพาะในส่วนของภาคการผลิตชิปเซมิคอนดักเตอร์ที่มีการพัฒนาความสามารถในการผลิตและการควบคุมต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ (Houselink, 2023) ประเทศไทยเองมีอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่เติบโตและมีศักยภาพในการผลิต แต่ยังคงเผชิญกับอุปสรรคในการแข่งขันกับประเทศเหล่านี้ เนื่องจากปัจจัยด้านต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น รวมถึงข้อจำกัดในด้านโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย การขาดแคลนบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้าน และปัญหาทางกฎหมายที่อาจจำกัดการพัฒนาในระยะยาว (Wang et al., 2024) ในขณะเดียวกัน ประเทศไทยยังต้องพัฒนาในด้านการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา (R&D) เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ การขาดการ

สนับสนุนการวิจัยจากภาครัฐอาจทำให้ประเทศไทยไม่สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันกับประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาคที่กำลังพัฒนาในลักษณะเดียวกัน

4. ปัจจัยเสี่ยงใหม่ที่มีนัยสำคัญ ในยุคดิจิทัลที่เทคโนโลยีก้าวหน้า การโจมตีทางไซเบอร์กลายเป็นภัยคุกคามที่เพิ่มขึ้นต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ การโจมตีระบบข้อมูลในห่วงโซ่อุปทานของเซมิคอนดักเตอร์อาจทำให้ข้อมูลสำคัญถูกขโมย หรือระบบการผลิตได้รับความเสียหายจากการแทรกแซงของบุคคลภายนอก ส่งผลต่อการขาดความเชื่อมั่นจากผู้ลงทุนและการขาดความปลอดภัยในห่วงโซ่อุปทานที่ใช้ข้อมูลอย่างลับๆ การป้องกันภัยคุกคามเหล่านี้จึงกลายเป็นภารกิจที่สำคัญเพื่อความมั่นคงของอุตสาหกรรม (Cinar, 2023) ประเทศไทยต้องพัฒนานโยบายที่เหมาะสมในการป้องกันการโจมตีทางไซเบอร์ เพื่อให้สามารถปกป้องข้อมูลสำคัญและเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความเชื่อมั่นในอุตสาหกรรมนี้และรักษาความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระดับสากล การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านไซเบอร์ที่แข็งแกร่งจะเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างความยั่งยืนให้กับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในระยะยาว



รูปที่ 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบมูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ระหว่างปีที่ไม่มีเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ (สีน้ำเงิน) และปีที่เผชิญกับปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ (สีแดง) ระหว่างปี 2020-2024
วิเคราะห์จากข้อมูลขององค์การการค้าโลก (WTO)

ยุทธศาสตร์การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ยืดหยุ่นในบริบทของประเทศกำลังพัฒนา

การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ยืดหยุ่นในประเทศกำลังพัฒนาเช่นประเทศไทย ต้องการการปรับตัวและนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อรับมือกับปัจจัยเสี่ยงที่มีความซับซ้อน และสร้างความมั่นคงให้กับอุตสาหกรรมในระยะยาว โดยเฉพาะในบริบทของการพึ่งพาแหล่งวัตถุดิบจากประเทศที่มีความไม่มั่นคงและการเปลี่ยนแปลงในระดับภูมิรัฐศาสตร์ การพัฒนาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อสร้างความยืดหยุ่นในห่วงโซ่อุปทานจะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันและการเติบโตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศกำลังพัฒนาได้ ประกอบด้วย

1. การสร้างแหล่งวัตถุดิบในประเทศ (Local Sourcing) หนึ่งในยุทธศาสตร์สำคัญในการลดความเสี่ยงจากการพึ่งพาวัตถุดิบจากแหล่งที่ไม่มั่นคงคือการสร้างแหล่งวัตถุดิบในประเทศเอง (local sourcing) การพัฒนาแหล่งวัตถุดิบในประเทศจะช่วยลดความเสี่ยงจากการหยุดชะงักของการจัดหาวัตถุดิบจากภายนอก เช่น การผลิตซิลิกอนในประเทศ

หรือการลงทุนในการชุดและผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ การสร้างระบบนิเวศที่สามารถสนับสนุนการผลิตวัสดุพื้นฐานจะเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงในห่วงโซ่อุปทาน และลดความเสี่ยงจากการกระทบกระทั่งทางการค้าระหว่างประเทศต่าง ๆ (McDougall & Davis, 2024) การพัฒนาแหล่งวัตถุดิบในประเทศสามารถทำได้โดยการลงทุนในเทคโนโลยีการชุดและการผลิตวัสดุสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เช่น ซิลิกอน และทองคำ โดยให้ความสำคัญกับการพัฒนาเทคโนโลยีและบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในการผลิตวัสดุเหล่านี้ เพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ในระยะยาว การสร้างพันธมิตรกับภาครัฐและภาคเอกชนจะช่วยสนับสนุนการพัฒนาแหล่งวัตถุดิบในประเทศ

2. การพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลหรือวัสดุทดแทน ในประเทศกำลังพัฒนาเช่นประเทศไทย การพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลหรือวัสดุทดแทนเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จะช่วยลดการพึ่งพาวัตถุดิบจากภายนอกและลดปัญหาขาดแคลนทรัพยากรในอนาคต การพัฒนาเทคโนโลยีการรีไซเคิลวัสดุจากเซมิคอนดักเตอร์เก่าหรือการใช้วัสดุทดแทนที่สามารถลดต้นทุนในการผลิต เช่น การใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติคล้ายซิลิกอน หรือวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ (recyclable materials) จะช่วยให้ห่วงโซ่อุปทานมีความยืดหยุ่นมากขึ้น และสามารถตอบสนองได้ดีในช่วงวิกฤตหรือเมื่อเกิดปัญหาความขาดแคลน การลงทุนในเทคโนโลยีการรีไซเคิลไม่เพียงแต่ช่วยลดการพึ่งพาวัตถุดิบจากภายนอก แต่ยังช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการชุดและการผลิตวัสดุใหม่ การพัฒนาและการปรับใช้เทคโนโลยีเหล่านี้สามารถเสริมสร้างภาพลักษณ์ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและยั่งยืนได้ (Chen, 2023)

3. การนำแนวคิด “Resilient Supply Chain” ไปใช้ในระดับประเทศ โดยแนวคิด Resilient Supply Chain หรือห่วงโซ่อุปทานที่ยืดหยุ่น เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยลดผลกระทบจากปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์และเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิด เช่น การเปลี่ยนแปลงในตลาดโลก ความตึงเครียดทางการค้า และการหยุดชะงักของการจัดหาวัตถุดิบ ในการพัฒนาห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ยืดหยุ่น ประเทศไทยต้องเน้นที่การพัฒนาความสามารถในการปรับตัว โดยการออกแบบกระบวนการผลิตและการจัดการที่สามารถตอบสนองได้อย่างรวดเร็วเมื่อเกิดวิกฤต การนำแนวคิดนี้ไปใช้ในประเทศไทยสามารถทำได้โดยการเสริมสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน เพื่อพัฒนาระบบการจัดการที่ยืดหยุ่นและมีประสิทธิภาพ การสร้างระบบติดตามและตรวจสอบที่สามารถคาดการณ์ความเสี่ยงและตอบสนองได้ทันทีเมื่อเกิดปัญหา เช่น การสร้างเครือข่ายข้อมูลที่สามารถประเมินความเสี่ยงและให้คำแนะนำในการปรับกลยุทธ์การผลิตและการขนส่ง

4. ยุทธศาสตร์เฉพาะที่เหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนา ในประเทศกำลังพัฒนาเช่นประเทศไทย ยุทธศาสตร์การพัฒนาห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ยืดหยุ่นต้องแตกต่างจากประเทศที่พัฒนาแล้ว เนื่องจากประเทศกำลังพัฒนามีข้อจำกัดในด้านเทคโนโลยี ทรัพยากรบุคคล และโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการสร้างห่วงโซ่อุปทานที่มีความยืดหยุ่นสูง สำหรับประเทศไทย การเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันสามารถทำได้โดยการลงทุนในเทคโนโลยีที่สามารถช่วยลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตที่มีความสามารถในการใช้วัสดุทดแทนและการรีไซเคิลที่มีประสิทธิภาพ การพัฒนาทรัพยากรบุคคลในด้านเทคโนโลยีขั้นสูงและการสร้างศูนย์วิจัยและพัฒนา (R&D) ในประเทศจะช่วยให้ไทยสามารถพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อเสริมสร้างความยั่งยืนของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในระยะยาว (McDougall & Davis, 2024) ในทางปฏิบัติประเทศไทยต้องใช้การวิเคราะห์ข้อมูลและเทคโนโลยีใหม่ ๆ เพื่อประเมินความเสี่ยงและตอบสนองต่อความท้าทายที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดวิกฤตซึ่งสามารถช่วยสร้างความมั่นคงให้กับห่วงโซ่อุปทานและเสริมสร้างการเติบโตของอุตสาหกรรมในระดับประเทศได้

การประเมินบทบาทของไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลก

ปัจจุบันเทคโนโลยีดิจิทัลมีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างรวดเร็ว เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์สื่อสาร คอมพิวเตอร์ รถยนต์ ตลอดจนเครื่องจักรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ถูกพัฒนาให้ทันสมัยและเป็นที่ต้องการมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เซมิคอนดักเตอร์จึงเป็นส่วนประกอบสำคัญในสินค้าเทคโนโลยี และถือได้ว่าเป็นหัวใจสำคัญของ

เศรษฐกิจการค้ายุคใหม่ ส่งผลให้อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนหลักทางเทคโนโลยีสำหรับห่วงโซ่มูลค่าอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมด ที่สามารถส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมอื่นได้ เช่น การหยุดชะงักของสายการผลิตรถยนต์ในหลายประเทศทั่วโลกจากปัญหาขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ รัฐบาลประเทศต่าง ๆ จึงได้ออกกฎหมายหรือนโยบายสนับสนุนการลงทุนในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อสร้างความมั่นคงในสายการผลิต ลดการพึ่งพาต่างชาติและรักษาความเป็นผู้นำทางเทคโนโลยี (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, 2566) นอกจากนี้ สงครามการค้าระหว่างประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีนส่งผลกระทบอย่างมากต่อห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก ซึ่งทางสหรัฐอเมริกาพยายามเร่งหาแนวทางกระจายความเสี่ยง กระจายการลงทุน รวมถึงการสร้างเสถียรภาพให้กับห่วงโซ่อุปทาน สถานการณ์ดังกล่าวสร้างโอกาสให้กับประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ในการดึงดูดการลงทุนด้านการผลิตและพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อพัฒนาสู่การเป็นฐานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่สำคัญของอาเซียน โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้เล่นสำคัญในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลก โดยมีบทบาทในฐานะผู้ผลิตรายย่อยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งเชื่อมโยงกับการผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบที่จำเป็นในกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เช่น การผลิตและประกอบชิป การตรวจสอบคุณภาพ และการจัดการโลจิสติกส์ การศึกษาบทบาทของประเทศไทยในห่วงโซ่อุปทานนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อประเมินจุดแข็งและจุดอ่อนของไทย และเสนอแนวทางในการพัฒนาเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลก สามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. บทบาทของไทยในฐานะผู้ผลิตรายย่อย ประเทศไทยมีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ในภูมิภาคเอเชีย โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบที่สำคัญของอุตสาหกรรมนี้ เนื่องจากการลงทุนจากบริษัทเทคโนโลยีชั้นนำระดับโลกที่เข้ามาตั้งโรงงานผลิตในไทย ซึ่งช่วยให้ประเทศไทยมีความเชี่ยวชาญในด้านการผลิตชิ้นส่วนเซมิคอนดักเตอร์และมีความสามารถในการตอบสนองความต้องการของตลาดโลก อย่างไรก็ตาม บทบาทของไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ยังคงเป็นการผลิตชิ้นส่วนที่ไม่ซับซ้อนหรือในระดับล่างของห่วงโซ่อุปทาน เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอื่น ๆ ในภูมิภาค เช่น ไต้หวันและเกาหลีใต้ ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในการออกแบบและผลิตชิปเซมิคอนดักเตอร์ที่มีเทคโนโลยีสูง ประเทศไทยยังคงมีช่องว่างในการพัฒนาความสามารถด้านเทคโนโลยีขั้นสูงและการวิจัยและพัฒนา (R&D) ในการผลิตชิ้นส่วนที่ซับซ้อนขึ้น

2. การเปรียบเทียบกับประเทศอื่นในภูมิภาค เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในภูมิภาคเอเชีย ไทยยังคงเป็นผู้ผลิตรายย่อยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ โดยไต้หวันและเกาหลีใต้มีบทบาทสำคัญมากกว่าในด้านการออกแบบและผลิตชิปเซมิคอนดักเตอร์ขั้นสูง ขณะที่ประเทศอย่างจีนและเวียดนามมีการลงทุนในด้านการผลิตเซมิคอนดักเตอร์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวียดนามมีการลงทุนในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่เติบโตเร็วขึ้นและมีการพัฒนาโรงงานผลิตชิ้นส่วนระดับกลางถึงสูงอย่างต่อเนื่อง ประเทศไทยจำเป็นต้องสร้างความเชี่ยวชาญเฉพาะทางในกระบวนการผลิตที่สามารถเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่อุปทานได้ ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาในด้านการผลิตชิ้นส่วนที่มีความซับซ้อน การออกแบบชิป หรือการพัฒนาเทคโนโลยีที่ใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจะช่วยให้ไทยสามารถเพิ่มบทบาทในตลาดโลกได้มากขึ้น

3. แนวทางพัฒนาจุดแข็งของไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ หนึ่งในแนวทางสำคัญที่สามารถช่วยเพิ่มศักยภาพของไทยในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์คือการขยายความเชี่ยวชาญในกระบวนการผลิตเฉพาะทาง ซึ่งรวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการผลิตชิ้นส่วนเซมิคอนดักเตอร์ระดับกลางและสูง การลงทุนในการวิจัยและพัฒนา (R&D) จะช่วยเสริมสร้างความสามารถในการออกแบบและผลิตชิปที่มีเทคโนโลยีซับซ้อนมากขึ้น รวมถึงการสร้างพันธมิตรกับมหาวิทยาลัยและองค์กรวิจัย เพื่อพัฒนาความรู้และนวัตกรรมใหม่ ๆ นอกจากนี้ การพัฒนาทรัพยากรบุคคลที่มีความสามารถในด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และเซมิคอนดักเตอร์ จะช่วยเสริมสร้างฐานความรู้ในประเทศ และสนับสนุนการขยายตัวของอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน

4. การวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้าน การศึกษาบทบาทของไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ควรมีการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบกับประเทศเพื่อนบ้านในภูมิภาคเอเชีย โดยเฉพาะการเปรียบเทียบกับประเทศที่มีการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์อย่างรวดเร็ว เช่น เวียดนามและอินเดีย ซึ่งเป็นคู่แข่งที่มีความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนที่ซับซ้อนและได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐในการลงทุนในเทคโนโลยีที่ทันสมัยประเทศไทยสามารถเรียนรู้จากประสบการณ์ของประเทศเหล่านี้เพื่อหาจุดยืนที่ชัดเจนในตลาดโลก โดยการกำหนดกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในด้านการผลิตและการออกแบบชิป ที่จะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับห่วงโซ่อุปทานในระดับภูมิภาคและระดับโลก การพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของไทยในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์สามารถทำได้โดยการเสริมสร้างการวิจัยและนวัตกรรมในประเทศ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อให้ประเทศไทยสามารถเพิ่มบทบาทและความยืดหยุ่นในห่วงโซ่อุปทานระดับโลกได้ในระยะยาว เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนสามารถวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างประเทศไทยกับประเทศอื่นในภูมิภาค เพิ่มความเข้าใจในมิติของผลกระทบและแสดงถึงความได้เปรียบหรือข้อจำกัดของไทย ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบบทบาทและข้อได้เปรียบ/ข้อจำกัดของประเทศไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์

ประเด็นเปรียบเทียบ	ไต้หวัน	เวียดนาม	เกาหลีใต้	ไทย
ความสามารถในการผลิตชิปขั้นสูง	การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตชิปขั้นสูงมีความเชี่ยวชาญในการผลิตชิปที่มีเทคโนโลยีสูงและซับซ้อน	การพัฒนาในขั้นต้น และไม่สามารถแข่งขันในตลาดเทคโนโลยีขั้นสูงได้	เป็นหนึ่งในผู้ผลิตชิปชั้นนำ มีเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยและยั่งยืน	มีบทบาทในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนและการประกอบชิป แต่ยังไม่พัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง
การลงทุนใน R&D	มีการลงทุนใน R&D อย่างต่อเนื่องและมีความแข็งแกร่งในด้านนวัตกรรม	การลงทุนใน R&D ยังจำกัด แต่กำลังเติบโตในบางกลุ่มอุตสาหกรรม	การลงทุนใน R&D มีระดับสูงและเน้นที่นวัตกรรมด้านเทคโนโลยีขั้นสูง	การลงทุนใน R&D ยังไม่มากพอที่จะขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงอย่างยั่งยืน
การดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ	สร้างสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนการลงทุนในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีและอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์	มีแรงจูงใจจากค่าจ้างแรงงานต่ำและสิทธิประโยชน์ทางภาษีดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ	สภาพแวดล้อมที่ดีในการดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ โดยมีสิทธิประโยชน์ทางภาษีและการสนับสนุนจากรัฐบาล	การลงทุนจากต่างชาติยังอยู่ในระดับที่จำกัด ส่วนใหญ่เป็นการผลิตชิ้นส่วนระดับต่ำ
ค่าจ้างแรงงาน	ค่าจ้างแรงงานสูงกว่าในภูมิภาค แต่สามารถแข่งขันได้ในเทคโนโลยีขั้นสูง	ค่าจ้างแรงงานต่ำ และสามารถดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติได้ดี	ค่าจ้างแรงงานสูง แต่มีการสนับสนุนจากภาครัฐเพื่อที่จะรักษาความสามารถในการแข่งขัน	ค่าจ้างแรงงานปานกลาง และมีต้นทุนที่แข่งขันได้ในระดับภูมิภาค

ประเด็นเปรียบเทียบ	ไต้หวัน	เวียดนาม	เกาหลีใต้	ไทย
ข้อได้เปรียบด้านโครงสร้างพื้นฐาน	โครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยี/โลจิสติกส์มีความทันสมัยและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง	การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานกำลังเติบโตแต่ยังไม่ครบถ้วนทั่วประเทศ	มีโครงสร้างพื้นฐานที่ทันสมัยในการผลิตและการส่งออก	โครงสร้างพื้นฐานด้านโลจิสติกส์ดีและเชื่อมโยงกับประเทศในภูมิภาค แต่ยังไม่ครบวงจรในบางส่วน
ความเสี่ยงจากการพึ่งพาวัตถุดิบ	มีแหล่งวัตถุดิบที่มั่นคงและมีความยืดหยุ่นในห่วงโซ่อุปทาน	พึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงทางภูมิรัฐศาสตร์	พึ่งพาวัตถุดิบจากภายนอกเช่นกัน แต่มีการจัดการที่มีประสิทธิภาพ	ยังพึ่งพาวัตถุดิบจากประเทศที่มีความไม่มั่นคง เช่น ไต้หวันและเกาหลีใต้ ทำให้เสี่ยงต่อการหยุดชะงัก
ความเสี่ยงจากการแข่งขันในภูมิภาค	เป็นผู้นำในตลาดและมีคู่แข่งหลักในตลาดโลก	การแข่งขันกำลังเติบโตจากเวียดนามที่กำลังดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ	เป็นหนึ่งในผู้นำในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ แต่ต้องเผชิญกับความท้าทายจากจีน	ต้องเผชิญกับการแข่งขันที่เพิ่มขึ้นจากประเทศในภูมิภาค เช่น เวียดนาม และอินเดีย

ตารางนี้แสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบบทบาทของประเทศไทยในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์เมื่อเทียบกับไต้หวัน เวียดนาม และเกาหลีใต้ โดยประเทศไทยมีข้อได้เปรียบในด้านโครงสร้างพื้นฐานและค่าจ้างแรงงานที่แข่งขันได้ในภูมิภาค แต่ยังขาดความสามารถในการผลิตชิ้นส่วนที่มีเทคโนโลยีขั้นสูงและการลงทุนใน R&D อย่างต่อเนื่อง ซึ่งอาจจำกัดการเติบโตในระดับโลก เมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่งที่มีการลงทุนในเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มากกว่า การพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงและการเสริมสร้างขีดความสามารถในการวิจัยและพัฒนาจะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของไทยในอนาคต

การพัฒนานโยบายสนับสนุน R&D ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่สำคัญที่สุดในการขับเคลื่อนนวัตกรรมทางเทคโนโลยีและเศรษฐกิจของโลก โดยเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีที่สำคัญหลากหลาย เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) Internet of Things (IoT) รถยนต์ไฟฟ้า และเทคโนโลยี 5G ดังนั้น การพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจดิจิทัลและการยกระดับขีดความสามารถทางเทคโนโลยีของประเทศในระยะยาว ดังนั้น การวิจัยและพัฒนา (R&D) ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ถือเป็นกุญแจสำคัญในการส่งเสริมการเติบโตของอุตสาหกรรมนี้ โดยการลงทุนช่วยให้เกิดนวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่สามารถเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก ปัจจุบันประเทศไทยยังคงพึ่งพาการนำเข้าชิ้นส่วนเซมิคอนดักเตอร์จากต่างประเทศและยังไม่มีฐานการผลิตที่ครบวงจรเท่าที่ควร การสนับสนุน R&D จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมให้สามารถผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีได้เอง สามารถวิเคราะห์ได้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. สถานะปัจจุบันของการลงทุนใน R&D ของประเทศไทย อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยถือเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจในระดับประเทศ โดยปัจจุบันประเทศไทยเป็นหนึ่งในผู้ผลิตและผู้จัดหาชิ้นส่วนเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลก เช่น ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และแผงวงจร แต่การลงทุนในงานวิจัยและพัฒนา (R&D) ในอุตสาหกรรมนี้ยังไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ประเทศอื่น ๆ เช่น ไต้หวันหรือเกาหลีใต้ จากข้อมูลของสำนักงาน

คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ประเทศไทยยังคงมีการลงทุนใน R&D ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับประเทศคู่แข่งในภูมิภาค เช่น ไต้หวันและเกาหลีใต้ ซึ่งได้ลงทุนในการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง โดยเฉพาะในด้านการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ชิปประมวลผลและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับ Quantum Computing และ Artificial Intelligence (AI) ข้อมูลจาก The World Bank พบว่า การลงทุนในงานวิจัยของประเทศไทยในสาขาเทคโนโลยีขั้นสูงยังมีขนาดเล็กและจำกัด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมในระยะยาว (The World Bank, 2020)

2. แนวทางการเพิ่มการลงทุนในเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ เพื่อเพิ่มการลงทุนใน R&D สำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศไทยและก้าวทันการพัฒนาเทคโนโลยีระดับโลก, นโยบายสนับสนุนการวิจัยในสาขาที่มีศักยภาพสูงเช่น Quantum Computing และ Artificial Intelligence (AI) ควรได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน ประกอบด้วย

- 1) การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรม หนึ่งในแนวทางสำคัญในการสนับสนุน R&D คือการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้ออำนวยต่อการวิจัยและพัฒนา การสร้างห้องปฏิบัติการหรือศูนย์วิจัยที่มีเทคโนโลยีทันสมัยสามารถช่วยให้บริษัทและสถาบันการศึกษาทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายการวิจัยที่เชื่อมโยงกับสถาบันระดับโลกจะช่วยเสริมสร้างความร่วมมือและการเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูงที่มีความจำเป็นต่อการพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์
- 2) การส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน การร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนในการลงทุน R&D เป็นอีกหนึ่งวิธีที่สามารถเร่งการพัฒนาเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย ภาครัฐควรสร้างนโยบายที่กระตุ้นให้ภาคเอกชนลงทุนในงานวิจัยและพัฒนา โดยการจัดตั้งกองทุนสนับสนุน R&D สำหรับบริษัทต่าง ๆ ที่ดำเนินงานในด้านเซมิคอนดักเตอร์
- 3) การสนับสนุนบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การพัฒนา R&D ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต้องการบุคลากรที่มีทักษะและความรู้ที่ทันสมัย ดังนั้น การสร้างโปรแกรมการฝึกอบรมและการสนับสนุนการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยภาครัฐควรสนับสนุนทุนการศึกษาและการพัฒนาบุคลากรเพื่อให้ความเชี่ยวชาญในด้านต่าง ๆ ของการพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์
- 4) การสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีที่เป็นนวัตกรรมและเฉพาะทาง การพัฒนาเทคโนโลยีที่มีความเฉพาะทางและทันสมัย เช่น การพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์ในระดับนาโนหรือการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น Quantum Computing สามารถยกระดับขีดความสามารถของประเทศไทยในตลาดโลก การสนับสนุน R&D ในด้านเทคโนโลยีใหม่ ๆ ดังกล่าวจะช่วยให้ประเทศไทยสามารถผลิตผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงและตอบโจทย์ตลาดโลกได้
- 5) การสนับสนุนมาตรการด้านการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา ในการวิจัยและพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์ การคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา (Intellectual Property: IP) เป็นสิ่งสำคัญ เพื่อให้ผู้ประกอบการมั่นใจว่าเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นจะไม่ถูกลอกเลียนแบบและสามารถนำไปใช้สร้างมูลค่าเพิ่มได้ภายใต้การคุ้มครองที่เหมาะสม การพัฒนาและส่งเสริมการใช้ระบบการจดสิทธิบัตรและการคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญาในระดับนานาชาติจะช่วยสนับสนุนการลงทุนใน R&D

3. กรณีศึกษา : การประยุกต์ใช้ Generative AI กับการผลิตชิป (Chip)

Generative AI (Gen AI) เป็นเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถสร้างเนื้อหาใหม่ ๆ เช่น ภาพ เสียง หรือโมเดลข้อมูล ซึ่งในบริบทของการผลิตชิป (Chip) เทคโนโลยีนี้กำลังเข้ามามีบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการและเพิ่มประสิทธิภาพในหลายด้าน ดังนี้

ตารางที่ 2 การประยุกต์ใช้ Generative AI กับการผลิตชิป (Chip)

การประยุกต์ใช้ Generative AI กับการผลิตชิป (Chip)	
การออกแบบชิป (Chip Design)	การสร้างแบบจำลองวงจร : Gen AI ช่วยสร้างและปรับแต่งแบบจำลองวงจร (Circuit Design) ได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ลดเวลาที่วิศวกรต้องใช้ในการออกแบบ

การประยุกต์ใช้ Generative AI กับการผลิตชิป (Chip)	
	การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบ (Design Optimization) : เทคโนโลยี AI ช่วยจำลองการทำงานของวงจรและปรับแต่งโครงสร้างเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น การลดการใช้พลังงานหรือการเพิ่มความเร็ว ตัวอย่าง : การใช้ AI-Guided Placement ช่วยจัดตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ ในวงจรชิปให้เหมาะสมที่สุด
การพัฒนาและตรวจสอบกระบวนการผลิต (Manufacturing Process)	การตรวจจับข้อบกพร่อง (Defect Detection) : Gen AI วิเคราะห์ข้อมูลภาพหรือข้อมูลกระบวนการจากเครื่องจักร เพื่อค้นหาข้อบกพร่องบนเวเฟอร์หรือในขั้นตอนการผลิต การปรับแต่งกระบวนการ (Process Adjustment) : AI ช่วยปรับกระบวนการผลิตให้เหมาะสมโดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเซ็นเซอร์แบบเรียลไทม์ (Real-Time Sensors) ตัวอย่าง : การใช้ Computer Vision AI เพื่อตรวจสอบชั้นวัสดุในระดับนาโนเมตร (Nm)
การสร้างแบบจำลองวัสดุ (Material Modeling)	การออกแบบวัสดุใหม่ : AI สามารถจำลองและคาดการณ์คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เช่น วัสดุที่ช่วยเพิ่มความสามารถของชิปในอุณหภูมิสูง การปรับปรุงวัสดุเดิม : ช่วยทดสอบวิธีปรับปรุงวัสดุที่มีอยู่เดิมให้เหมาะกับการใช้งานเฉพาะด้าน
การจัดการข้อมูลในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)	การคาดการณ์ความต้องการ (Demand Forecasting) : AI ใช้ข้อมูลจากตลาดและลูกค้าเพื่อช่วยให้บริษัทวางแผนการผลิตและการจัดส่งได้อย่างแม่นยำ การปรับปรุงโลจิสติกส์ : ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการซัพพลายเชน เช่น การบริหารวัตถุดิบที่ใช้ใน Front-End Process และ Back-End Process
การพัฒนานวัตกรรมชิปขั้นสูง	AI-Enhanced Chip : ชิปที่ออกแบบโดย AI สามารถรองรับเทคโนโลยีใหม่ เช่น การประมวลผล AI ในตัวชิป หรือการสร้างชิปที่ประหยัดพลังงานมากขึ้น การสร้างโมเดลสำหรับชิปขนาดเล็ก : AI ช่วยสร้างต้นแบบสำหรับชิปขนาดนาโนเมตรที่ต้องการความแม่นยำสูง ตัวอย่าง : การใช้ Gen AI ในการพัฒนา Neuromorphic Chips ที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์

การประยุกต์ใช้ Generative AI ในการผลิตชิปในประเทศไทยมีศักยภาพในการเพิ่มขีดความสามารถและประสิทธิภาพในการผลิตชิปได้อย่างมีนัยสำคัญ การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยให้ก้าวหน้าต่อไปในระดับสากล การเตรียมความพร้อมและการปรับตัวให้ทันกับเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นใหม่จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถเปลี่ยนวิกฤตให้เป็นโอกาสในการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้ในอนาคต (ปาริชาติ จิรวัชร, 2567) โดยประเทศไทยสามารถดำเนินการได้ในหลายแนวทาง เช่น 1) การพัฒนา R&D ไทยควรให้ความสำคัญกับการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาในด้าน Generative AI ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชิป การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษาจะช่วยพัฒนาเทคโนโลยีนี้ในประเทศ 2) การสร้างความร่วมมือกับบริษัทระดับโลก การสร้างความร่วมมือระหว่างประเทศไทยกับบริษัทที่เกี่ยวข้องทางด้าน AI และเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลกจะช่วยเสริมสร้างความแข็งแกร่งในอุตสาหกรรมนี้ 3) การพัฒนาบุคลากร ไทยต้องพัฒนาบุคลากรในด้านวิศวกรรมเซมิคอนดักเตอร์และปัญญาประดิษฐ์ เพื่อรองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นในอุตสาหกรรมนี้และ 4) การสนับสนุนทางนโยบาย รัฐบาลควรมีนโยบายสนับสนุนที่ส่งเสริมการใช้ Generative AI ในการ

ผลิตชิป เช่น การสนับสนุนทุนวิจัย การให้สิทธิประโยชน์ทางภาษี และการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศ (ณรงค์ศักดิ์ ปลอดมีชัย, 2566)

ความเสี่ยงจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์

การพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ถือเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ขับเคลื่อนเทคโนโลยีระดับโลก แต่ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน ภัยคุกคามทางไซเบอร์ได้กลายเป็นปัญหาที่มีผลกระทบโดยตรงต่อความมั่นคงของห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมนี้ การโจมตีทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานอาจเกิดขึ้นจากหลายรูปแบบ เช่น การโจมตีระบบการผลิต การแลกเปลี่ยนข้อมูลในกระบวนการออกแบบ หรือการขโมยเทคโนโลยีขั้นสูงที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Europol, 2021) ข้อมูลจาก Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA) ชี้ให้เห็นว่า การโจมตีจากแฮกเกอร์ที่มีเป้าหมายในการขโมยข้อมูลทางเทคนิค เช่น เทคโนโลยีการออกแบบชิปหรือข้อมูลการผลิตเป็นภัยคุกคามที่มีผลกระทบสูงต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (CISA, 2022) ประเทศไทยซึ่งเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกชิ้นส่วนเซมิคอนดักเตอร์ในระดับโลก กำลังเผชิญกับภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่อาจมีผลกระทบต่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยีในประเทศ โดยเฉพาะในส่วนของการโจมตีระบบการผลิต ที่อาจทำให้กระบวนการผลิตหยุดชะงักและลดประสิทธิภาพการผลิต รวมถึง การขโมยเทคโนโลยี ซึ่งอาจทำให้ประเทศไทยสูญเสียความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก (Kshetri, 2021) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลกระทบได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อกังวลที่สำคัญในด้านความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์

ข้อกังวลที่สำคัญ	ความเสี่ยง (Risk)	ผลกระทบ (Impact)
การโจมตีระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Attacks)	การโจมตีในห่วงโซ่อุปทานของเซมิคอนดักเตอร์ เช่น การปลอมแปลงชิ้นส่วนหรือการแทรกมัลแวร์ในซอฟต์แวร์และชิป	อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย เช่น อุปกรณ์ที่ใช้ในงานระบบทางทหารหรือโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ
การโจรกรรมข้อมูลทางเทคนิค (Intellectual Property Theft)	ข้อมูลการออกแบบชิปและเทคโนโลยีการผลิตเป็นเป้าหมายของแฮกเกอร์ โดยเฉพาะในประเทศที่มีการแข่งขันด้านเทคโนโลยี	การสูญเสียทรัพย์สินทางปัญญาอาจลดความสามารถในการแข่งขันและทำให้เกิดปัญหาทางเศรษฐกิจ
การแฮกระบบการผลิต (Industrial Systems Hacking)	ระบบการผลิตอัตโนมัติในโรงงานเซมิคอนดักเตอร์ที่เชื่อมต่อผ่าน IoT อาจถูกแฮกเกอร์เจาะระบบเพื่อก่อวินาศกรรมการผลิต	อาจเกิดความล่าช้าในกระบวนการผลิตหรือการผลิตชิปที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานทั่วโลก
การโจมตีด้วย Ransomware (มัลแวร์ประเภทหนึ่ง)	แฮกเกอร์อาจเข้ารหัสข้อมูลสำคัญในโรงงานผลิตหรือระบบจัดการห่วงโซ่อุปทาน และเรียกค่าไถ่เพื่อปลดล็อกข้อมูล	ก่อให้เกิดความเสียหายทางการเงินและส่งผลกระทบต่อธุรกิจ
ช่องโหว่ในซอฟต์แวร์และฮาร์ดแวร์ (Software and Hardware Vulnerabilities)	เซมิคอนดักเตอร์อาจมีช่องโหว่ที่แฮกเกอร์สามารถใช้โจมตี เช่น การแฮกเฟิร์มแวร์ (Firmware) หรือการใช้ช่องโหว่ในโครงสร้างชิป	ทำให้อุปกรณ์ที่ใช้ชิปเหล่านี้ไม่ปลอดภัยอาจถูกใช้ในการโจรกรรมข้อมูลหรือก่อวินาศกรรม

ข้อกังวลที่สำคัญ	ความเสี่ยง (Risk)	ผลกระทบ (Impact)
ความเสี่ยงด้านความมั่นคงระดับชาติ	ชิปที่มีการออกแบบหรือผลิตในต่างประเทศอาจถูกแทรกซอฟต์แวร์ที่เป็นอันตรายเพื่อใช้ในการโจรกรรมข้อมูล	สร้างความเสี่ยงต่อความมั่นคงของโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ เช่น ระบบพลังงานหรือเครือข่ายการสื่อสารได้
การโจมตีผ่านบุคคลภายใน (Insider Threats)	การรั่วไหลของข้อมูลหรือการกระทำที่มิเจตนาร้ายจากบุคลากรในองค์กร เช่น วิศวกรที่เข้าถึงข้อมูลสำคัญ	ข้อมูลการออกแบบหรือกระบวนการผลิตอาจรั่วไหลไปยังคู่แข่ง

จากตารางข้างต้น การโจมตีทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์อาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในหลายมิติ ทั้งในด้านการสูญเสียข้อมูลที่มีค่า การหยุดชะงักของกระบวนการผลิต และการลดความเชื่อมั่นของลูกค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ เมื่อเกิดการรั่วไหลของข้อมูลสำคัญ หรือการแฮกระบบที่มีความสำคัญต่อการผลิต การฟื้นฟูจากเหตุการณ์เหล่านี้อาจใช้เวลาและค่าใช้จ่ายสูง (CISA, 2022) การโจมตีเหล่านี้ไม่เพียงแต่จะมีผลกระทบทางเศรษฐกิจโดยตรง แต่ยังสามารถสร้างผลกระทบทางการเมืองและสังคม เช่น การเพิ่มความตึงเครียดระหว่างประเทศหากข้อมูลที่ถูกโจมตีหรือขโมยไปมีผลกระทบต่อความมั่นคงของชาติ (Kshetri, 2021) นอกจากนี้การขาดความสามารถในการรักษาความปลอดภัยทางไซเบอร์ในห่วงโซ่อุปทานอาจทำให้ประเทศไทยสูญเสียความสามารถในการผลิตและส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ

นำไปสู่แนวทางการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ อาทิ การพัฒนาเทคโนโลยี Blockchain เป็นหนึ่งในแนวทางที่สำคัญในการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์ในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ โดย Blockchain สามารถช่วยในเรื่องการติดตามข้อมูลที่เชื่อถือได้และการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในกระบวนการผลิต ซึ่งจะลดความเสี่ยงในการแทรกแซงข้อมูลหรือการโจมตีจากภายนอกที่อาจเกิดขึ้น (Varma and Dixit, 2024) การใช้ Blockchain ช่วยให้มีการตรวจสอบความโปร่งใสในห่วงโซ่อุปทาน รวมถึงสามารถติดตามข้อมูลของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิตได้อย่างปลอดภัย ทำให้ยากต่อการปลอมแปลงหรือขโมยข้อมูล นอกจากนี้การพัฒนาระบบ Cybersecurity ที่มีความรัดกุมและมีการอัปเดตอย่างต่อเนื่องจะช่วยเสริมความปลอดภัยในกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เช่น การติดตั้งระบบป้องกันแบบหลายชั้น และการเข้ารหัสข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการผลิต การลงทุนในเทคโนโลยีความปลอดภัยทางไซเบอร์และการฝึกอบรมบุคลากรในอุตสาหกรรมเพื่อให้มีทักษะในการรับมือกับภัยคุกคามใหม่ ๆ จะช่วยลดความเสี่ยงจากการโจมตีทางไซเบอร์ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น การรวมมิติทางไซเบอร์เข้ากับการวิเคราะห์ห่วงโซ่อุปทานในปัจจุบันได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นสามารถส่งผลกระทบต่อการดำเนินงานของห่วงโซ่อุปทานในทุกขั้นตอน โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีขั้นสูง ซึ่งมักมีข้อมูลและกระบวนการที่มีความซับซ้อนและละเอียดอ่อน การผสมผสานระหว่างการรักษาความปลอดภัยทางไซเบอร์และการจัดการห่วงโซ่อุปทานสามารถช่วยให้ความยืดหยุ่นและความมั่นคงในระยะยาวได้ การพัฒนานโยบายที่เข้มแข็งและการใช้เทคโนโลยีเชิงลึก เช่น Blockchain และการเสริมสร้างความแข็งแกร่งทางไซเบอร์จะเป็นกุญแจสำคัญในการป้องกันภัยคุกคามทางไซเบอร์และเพิ่มความมั่นคงในห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศไทยในอนาคต

การสร้างระบบนิเวศ (Ecosystem) อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่ยั่งยืนในประเทศไทย

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนสำคัญของเศรษฐกิจโลกในยุคปัจจุบัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในทุกด้านของชีวิตประจำวัน ตั้งแต่สมาร์ตโฟนไปจนถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งการพัฒนาอุตสาหกรรมนี้ให้ยั่งยืนในประเทศไทยไม่เพียงแต่เกี่ยวข้องกับการผลิตที่มีประสิทธิภาพ แต่ยังต้องสร้างระบบนิเวศที่สามารถรองรับการ

เติบโตและเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีได้ในระยะยาว และเพื่อให้การพัฒนาเกิดขึ้นอย่างยั่งยืน ประเทศไทยจำเป็นต้องมีความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษาในการขับเคลื่อนและพัฒนาอุตสาหกรรมนี้ ประกอบด้วย

1. แนวทางการสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา การสร้างระบบนิเวศที่ยั่งยืนสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทยนั้นต้องอาศัยการร่วมมือกันจากทุกภาคส่วนที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนา โดยภาครัฐมีหน้าที่ในการกำหนดนโยบายและสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการลงทุนและการเติบโตของอุตสาหกรรม ในขณะที่ภาคเอกชนจะต้องลงทุนในเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตที่มีความทันสมัย และสุดท้ายคือสถาบันการศึกษาที่ต้องผลิตบุคลากรที่มีทักษะและความรู้ในด้านเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อสนับสนุนการเติบโตและการพัฒนาในระยะยาว ประกอบด้วย 1) ภาครัฐมีบทบาทสำคัญในการสร้างสภาพแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมการเติบโตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยการออกนโยบายและมาตรการต่าง ๆ ที่ส่งเสริมการลงทุนในเทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น การสนับสนุนด้านการเงินและภาษี : ภาครัฐสามารถให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีแก่บริษัทที่ลงทุนในด้านการวิจัยและพัฒนา (R&D) หรือการผลิตชิประดับโลก เช่น CHIPS Act ในสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นการให้ทุนสนับสนุนแก่ผู้ผลิตชิป เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน (U.S. Government Accountability Office, 2022) และการสร้างโครงสร้างพื้นฐาน : การพัฒนาศูนย์วิจัยและพัฒนา (R&D Centers) รวมถึงสิ่งอำนวยความสะดวกในการผลิต เช่น โรงงานผลิตชิปหรือเทคโนโลยีการประกอบชิประดับสูง ถือเป็นสิ่งสำคัญในการเสริมสร้างโอกาสในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศ 2) ภาคเอกชนจะต้องมีบทบาทในการลงทุนในเทคโนโลยีที่ช่วยเสริมสร้างความสามารถในการผลิตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย โดยการสร้างห่วงโซ่อุปทานที่ยั่งยืน ซึ่งการร่วมมือกับผู้ผลิตวัสดุในท้องถิ่นและนักวิจัยจะสามารถเพิ่มความมั่นคงและยืดหยุ่นในห่วงโซ่อุปทาน เช่น การพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีการผลิต : การลงทุนในเครื่องมือผลิตชิปที่ทันสมัย รวมถึงการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดค่าใช้จ่ายในการผลิต และการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา (R&D) : การลงทุนใน R&D ไม่เพียงแต่ช่วยในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ แต่ยังสามารถเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดนวัตกรรมใหม่ที่สามารถยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย 3) สถาบันศึกษามีบทบาทในการสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยการฝึกอบรมบุคลากรที่มีทักษะสูงในด้านเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ และการวิจัยทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ เช่น การฝึกอบรมบุคลากร : สถาบันการศึกษาสามารถพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเฉพาะทาง เช่น หลักสูตรการออกแบบชิป (Chip Design) หรือวิศวกรรมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ และการวิจัยและพัฒนา (R&D) : สถาบันการศึกษาจะต้องเป็นผู้นำในการวิจัยเทคโนโลยีใหม่ ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตชิปในประเทศ เพื่อสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ให้ทันสมัยและสามารถแข่งขันได้ในระดับโลก

2. กรณีศึกษาจากประเทศอื่น ๆ : เกาหลีใต้และไต้หวัน การศึกษากรณีจากประเทศที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เช่น เกาหลีใต้และไต้หวัน สามารถให้บทเรียนที่สำคัญในการสร้างระบบนิเวศที่ยั่งยืน เช่น เกาหลีใต้เป็นตัวอย่างที่สำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยภาครัฐได้ให้การสนับสนุนการวิจัยและการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้อย่างต่อเนื่อง ผ่านการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีและการสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้อต่อการพัฒนาเทคโนโลยี นอกจากนี้ยังมีบริษัทใหญ่ เช่น Samsung Electronics และ SK hynix ที่เป็นผู้นำในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลก การลงทุนใน R&D และการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ในระดับมหาวิทยาลัยและภาครัฐช่วยเสริมความแข็งแกร่งให้กับอุตสาหกรรมนี้ หรือประเทศไต้หวันเป็นประเทศที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดย TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company) เป็นผู้นำในการผลิตชิประดับโลก ไต้หวันได้สร้างระบบนิเวศที่แข็งแกร่งผ่านการสนับสนุนจากภาครัฐและความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนในการพัฒนาเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ตัวอย่างเช่น การสนับสนุนจากรัฐบาลในเรื่องของการออกนโยบายเพื่อส่งเสริมการผลิตชิป รวมทั้งการร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในด้านการวิจัยและพัฒนา

3. โมเดลความร่วมมือที่สามารถนำไปพัฒนาอุตสาหกรรมของไทยให้ยั่งยืน โมเดลความร่วมมือที่สามารถนำไปพัฒนาอุตสาหกรรมเคมีคอนดักเตอร์ของไทยให้ยั่งยืนสามารถนำหลักการจากเกาหลีใต้และไต้หวันมาใช้ โดยควรมีการสนับสนุนจากภาครัฐในการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีและการส่งเสริมการลงทุนใน R&D การร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษาในการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และการฝึกอบรมบุคลากรที่มีทักษะสูงจะช่วยเสริมความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้ การสร้างความร่วมมือที่มีประสิทธิภาพสามารถทำได้โดยการจัดตั้งศูนย์วิจัยร่วมระหว่างภาครัฐและเอกชน การฝึกอบรมบุคลากรในด้านเทคโนโลยีเฉพาะทาง การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐาน และการสนับสนุนการลงทุนในอุตสาหกรรม R&D

กล่าวได้ว่า การสร้างระบบนิเวศอุตสาหกรรมเคมีคอนดักเตอร์ที่ยั่งยืนในประเทศไทยต้องการความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา การเรียนรู้จากกรณีศึกษาจากประเทศเกาหลีใต้และไต้หวันสามารถช่วยให้ประเทศไทยสามารถสร้างระบบนิเวศที่แข็งแกร่งและยั่งยืนได้ โดยการพัฒนาโมเดลความร่วมมือที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเคมีคอนดักเตอร์ของไทยจะช่วยให้การเติบโตและการพัฒนาในระยะยาวเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีศักยภาพในการแข่งขันในระดับโลก

กรอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบบูรณาการสำหรับประเทศไทย

กรอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบบูรณาการ (Integrated Risk Analysis Framework) เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยในการประเมินและจัดการความเสี่ยงในระดับต่าง ๆ โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิรัฐศาสตร์ เศรษฐกิจ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความสัมพันธ์กันและสามารถส่งผลกระทบอย่างลึกซึ้งต่อประเทศต่างๆ รวมถึงประเทศไทยที่มีสภาพแวดล้อมทั้งในและนอกประเทศที่สามารถเป็นปัจจัยเสี่ยงสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ กรอบการวิเคราะห์นี้มีเป้าหมายเพื่อให้สามารถประเมินความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ และเสนอกลยุทธ์ในการจัดการกับความเสี่ยงในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เช่น อุตสาหกรรมเคมีคอนดักเตอร์ การผลิตชิป และเทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ๆ ดังนี้



รูปที่ 3 กรอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบบูรณาการ

การพัฒนากรอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบบูรณาการที่ปรับให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยมีความสำคัญต่อการจัดการความเสี่ยงที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการณ์โลกที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในสภาวะที่มี 1) การเปลี่ยนแปลงทางภูมิรัฐศาสตร์ (Geopolitical Risk) วิเคราะห์การแข่งขันทางการค้าและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับอำนาจในโลก เช่น การขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการจัดหาวัตถุดิบและการลงทุน

ความมั่นคงในภูมิภาคเอเชีย เช่น ความเสี่ยงจากการพึ่งพาผู้ผลิตรายใหญ่ในไต้หวันหรือเกาหลีใต้ การควบคุมการส่งออกและการคว่ำบาตรทางเศรษฐกิจที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตและการจัดหาเทคโนโลยี 2) การวิเคราะห์ปัจจัยเศรษฐกิจ (Economic Risk) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในแนวโน้มการลงทุนระดับโลก การกระจายฐานการผลิตไปยังประเทศอื่น ๆ เช่น เวียดนาม อินเดีย ซึ่งส่งผลกระทบต่อความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทย การกำหนดนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาอุตสาหกรรม เช่น การส่งเสริมการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูงและการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา (R&D) หรือภาวะเศรษฐกิจโลกที่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงในภาคการผลิตและการค้าระหว่างประเทศ 3) การวิเคราะห์ปัจจัยเทคโนโลยี (Technological Risk) วิเคราะห์ความเสี่ยงจากการพึ่งพาผู้ผลิตเทคโนโลยีขั้นสูงจากประเทศอื่นๆ เช่น เทคโนโลยีการผลิตเซมิคอนดักเตอร์จากไต้หวันหรือเกาหลีใต้ ความเสี่ยงจากการโจมตีทางไซเบอร์ในห่วงโซ่อุปทานที่อาจส่งผลกระทบต่อผลิตและการพัฒนาเทคโนโลยี ความเสี่ยงจากการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่อาจทำให้เทคโนโลยีเดิมล้าสมัยหรือเสี่ยงต่อการถูกทดแทน และ 4) การวิเคราะห์ปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Environmental Risk) ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น การเกิดภัยธรรมชาติที่อาจส่งผลกระทบต่อผลิตและห่วงโซ่อุปทาน ความเสี่ยงจากข้อกำหนดที่เข้มงวดเกี่ยวกับการควบคุมมลพิษและการจัดการของเสีย ความเสี่ยงจากการขาดแคลนวัตถุดิบที่จำเป็น เช่น ซิลิกอนและโลหะหายากที่มีแหล่งผลิตจำกัด

องค์ความรู้ใหม่จากการพัฒนารอบการวิเคราะห์นี้ การพัฒนารอบการวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบบูรณาการที่ปรับให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยมีความสำคัญต่อการจัดการความเสี่ยงที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพการณ์โลกที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะในสถานะที่มีการเปลี่ยนแปลงทางภูมิรัฐศาสตร์ เศรษฐกิจ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม ซึ่งประเทศไทยสามารถนำกรอบนี้ไปใช้ในการปรับกลยุทธ์เพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมและสร้างความมั่นคงในห่วงโซ่อุปทานในระยะยาว การใช้กรอบการวิเคราะห์นี้ยังสามารถสนับสนุนการกำหนดนโยบายเชิงรุกและพัฒนากลยุทธ์เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกและรับมือกับปัจจัยเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากภายนอกอย่างมีประสิทธิภาพ

อภิปรายผลการศึกษา: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความท้าทายที่ประเทศไทยต้องเผชิญในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยเฉพาะจากปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ ความเสี่ยงจากการพึ่งพาผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์รายใหญ่ในประเทศอื่น ๆ และปัจจัยด้านเทคโนโลยี ซึ่งทั้งหมดนี้ส่งผลกระทบต่อความเติบโตและความมั่นคงของห่วงโซ่อุปทานในอุตสาหกรรมนี้

จากผลการศึกษาเชื่อมโยงผลลัพธ์กับทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์และการจัดการ เช่น ทฤษฎีความเปราะบางของห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Vulnerability Theory) แสดงให้เห็นว่า การวิเคราะห์ความเปราะบางของห่วงโซ่อุปทานที่เกิดขึ้นจากการพึ่งพาผู้ผลิตหรือแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่มีความเสี่ยงสูง เช่น การพึ่งพาผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์รายใหญ่ในไต้หวันหรือเกาหลีใต้ ซึ่งหากเกิดวิกฤตทางภูมิรัฐศาสตร์หรือเหตุการณ์ไม่คาดคิด อาจทำให้การผลิตและการจัดส่งวัตถุดิบเกิดการหยุดชะงักและกระทบต่อการผลิตในประเทศที่พึ่งพาห่วงโซ่อุปทานนี้อย่างมาก (Christopher & Peck, 2004) ในกรณีของประเทศไทย ผลการศึกษพบว่า ความเสี่ยงจากการพึ่งพาผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์จากต่างประเทศ โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออก ทำให้ประเทศไทยไม่มีความยืดหยุ่นเพียงพอในการตอบสนองต่อวิกฤตการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การค้าระหว่างสหรัฐฯ และจีนที่อาจส่งผลกระทบต่อส่งออกเซมิคอนดักเตอร์จากประเทศในภูมิภาคเอเชีย การสร้างห่วงโซ่อุปทานที่ยั่งยืนและไม่พึ่งพาผู้ผลิตจากเพียงไม่กี่ประเทศจึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการลดความเสี่ยงนี้ หรือทฤษฎีเกม (Game Theory) สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์การแข่งขันเชิงกลยุทธ์ระหว่างประเทศที่มีอำนาจทางการค้าและเศรษฐกิจ เช่น สหรัฐฯ และจีน ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศไทย โดยเฉพาะเมื่อเกิดความตึงเครียดทางการค้าระหว่างสองมหาอำนาจนี้ การใช้ทฤษฎีเกมในการวิเคราะห์จะช่วยให้เราเข้าใจถึงกลยุทธ์ของทั้งสองประเทศในเรื่องการควบคุมห่วงโซ่อุปทานและการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อคาดการณ์ทิศทางของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในระดับโลก รวมถึงแนวทางที่ประเทศไทยจะสามารถปรับตัวให้

เหมาะสมกับการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้ (Oster, 1999) การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ของประเทศต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับการเลือกพันธมิตรทางเศรษฐกิจ การควบคุมทรัพยากร และการจัดการการส่งออก ซึ่งประเทศไทยต้องพิจารณาถึงความสำคัญของการเลือกกลยุทธ์ที่เหมาะสมในการเข้าร่วมในพันธมิตรหรือการสร้างทางเลือกทางเศรษฐกิจที่สามารถรับมือกับการแข่งขันในภูมิภาคได้ รวมถึงทฤษฎีการจัดการความเสี่ยง (Risk Management Theory) มีความสำคัญในการประเมินและลดความเสี่ยงในกระบวนการผลิต การพัฒนาเทคโนโลยี และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยทฤษฎีนี้ช่วยให้เราเข้าใจถึงวิธีการประเมินและลดความเสี่ยงที่เกิดจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีหรือปัจจัยทางภูมิรัฐศาสตร์ ในการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย การจัดการความเสี่ยงอย่างมีระบบจึงเป็นส่วนสำคัญในการปรับตัวให้ทันกับความท้าทายที่เกิดขึ้นจากปัจจัยภายนอก (Aven, 2012)

การปรับเปลี่ยนนโยบายในระดับรัฐบาลไทยเพื่อรับมือกับปัจจัยเสี่ยง ประกอบด้วย 1) การลงทุนในอุตสาหกรรมภายในประเทศ จากผลการศึกษาที่รัฐบาลไทยสามารถส่งเสริมการลงทุนภายในประเทศ โดยการสนับสนุนการตั้งโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง เช่น ชิปที่ใช้ในอุตสาหกรรมเฉพาะทาง เช่น ยานยนต์ไฟฟ้า หรือเทคโนโลยี IoT การสนับสนุนนี้สามารถทำได้โดยการลดภาษีสำหรับการลงทุนในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชิปหรือการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนา (R&D Centers) ในประเทศ เพื่อให้ไทยสามารถพัฒนาศักยภาพการผลิตและเทคโนโลยีในประเทศ และลดการพึ่งพาจากต่างประเทศ และ 2) การสร้างพันธมิตรทางเศรษฐกิจและการสร้างความร่วมมือกับประเทศในภูมิภาคอาเซียน เช่น การตั้ง Supply Chain Hub ในอาเซียนจะช่วยกระจายความเสี่ยงและลดการพึ่งพาผู้ผลิตชิปจากภายนอก ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากการเชื่อมโยงทางการค้ากับประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคนี้ เช่น การร่วมมือกับประเทศที่มีศักยภาพในการผลิตวัตถุดิบ หรือการพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ร่วมกัน ซึ่งสามารถนำเอาผลลัพธ์ผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมได้อย่างยั่งยืน อาทิ ภาคเอกชนควรสร้าง คลังสินค้าสำรอง หรือทำสัญญาการจัดซื้อระยะยาวกับผู้จำหน่ายวัตถุดิบจากประเทศที่มีเสถียรภาพสูง และสามารถจัดหาวัตถุดิบได้ตามความต้องการ การสร้างสัญญาซื้อขายระยะยาวจะช่วยให้ธุรกิจสามารถบริหารจัดการความเสี่ยงจากปัญหาห่วงโซ่อุปทาน และลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภายนอก หรือภาคอุตสาหกรรม ควรสร้างมูลค่าเพิ่มจากการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ ในการผลิตชิป เช่น การพัฒนาชิปสำหรับอุตสาหกรรมเฉพาะทาง เช่น ชิปสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ IoT สามารถช่วยเสริมสร้างความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก และสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรม เซมิคอนดักเตอร์ของไทยได้

และในส่วนแนวทางเลือกเชิงกลยุทธ์สำหรับในอนาคต ควรเน้นไปที่การเปลี่ยนประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิต ประเทศไทยสามารถใช้วิกฤตการณ์เหล่านี้เป็นโอกาสในการพัฒนาและสร้างความสามารถในการแข่งขัน โดยการเปลี่ยนประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในภูมิภาคอาเซียน ด้วยการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน เช่น การพัฒนาท่าเรือ สนามบิน และการเชื่อมโยงกับเครือข่ายการคมนาคม ซึ่งจะทำให้ประเทศไทยสามารถดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศและสร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน (Shi, 2017) และการนำ Generative AI มาใช้ในการออกแบบและปรับปรุงกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ลดต้นทุน และพัฒนาชิปที่สามารถตอบสนองความต้องการในอุตสาหกรรมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น การผลิตชิปที่มีความจุสูงขึ้น หรือการผลิตชิปที่มีประสิทธิภาพพลังงานสูง ดังนั้น การสร้างระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่ยั่งยืนในประเทศไทย จำเป็นต้องใช้ความร่วมมือจากภาครัฐ ภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา รวมถึงการสร้างความยืดหยุ่นในห่วงโซ่อุปทาน การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและการพัฒนาโมเดลความร่วมมือเชิงกลยุทธ์ในระดับภูมิภาคและระดับโลก โดยการบูรณาการทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ การจัดการความเสี่ยง และการใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถรับมือกับปัจจัยเสี่ยงและพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ได้อย่างยั่งยืน

สรุป (Conclusion)

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยเผชิญความท้าทายจากปัจจัยเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ที่มีผลต่อห่วงโซ่อุปทานในระดับโลก ไม่ว่าจะเป็นความขัดแย้งระหว่างประเทศมหาอำนาจ การพึ่งพาผู้ผลิตรายใหญ่ การขาดแคลนวัตถุดิบและเทคโนโลยี ภัยคุกคามทางไซเบอร์และการเปลี่ยนแปลงนโยบายระดับโลก ถึงแม้จะมีปัจจัยเสี่ยงจากภูมิรัฐศาสตร์ที่ท้าทาย ประเทศไทยยังคงมีโอกาสในการเติบโตและพัฒนาในหลายด้าน เช่น 1) การกระจายความเสี่ยงจากห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain Diversification) ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากการกระจายฐานการผลิตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการค้นหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ ๆ เพื่อลดการพึ่งพาประเทศที่มีความเสี่ยงสูง การลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตในประเทศจะช่วยเสริมความมั่นคงในห่วงโซ่อุปทาน 2) การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา (R&D) การลงทุนในงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ จะช่วยเสริมสร้างศักยภาพในการผลิตและพัฒนาผลิตภัณฑ์ขั้นสูง เช่น ชิปสำหรับอุปกรณ์ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Internet of Things (IoT) ซึ่งมีความต้องการสูงในตลาดโลก 3) การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างรัฐบาลและภาคธุรกิจในการสร้างนวัตกรรมและกระตุ้นการลงทุน จะช่วยยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยให้สามารถแข่งขันในระดับโลกได้มากขึ้น 4) การเพิ่มความสามารถในการผลิตชิปที่มีมูลค่าเพิ่มสูง (High-Value Chips) ประเทศไทยสามารถเน้นการพัฒนาและผลิตชิปที่มีมูลค่าเพิ่มสูง เช่น ชิปสำหรับยานยนต์ไฟฟ้า (EV) และอุปกรณ์ 5G ซึ่งมีแนวโน้มเติบโตในอนาคต การมุ่งเน้นที่การพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงจะช่วยเปิดโอกาสในตลาดโลกที่มีความต้องการสูง 5) การพัฒนาทักษะบุคลากร การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะของบุคลากรในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จะช่วยเสริมสร้างแรงงานที่มีความเชี่ยวชาญในด้านเทคโนโลยีและการผลิตขั้นสูง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ และ 6) การเป็นศูนย์กลางของการผลิตและการประกอบ (Manufacturing Hub) การใช้ประโยชน์จากสถานะของไทยในฐานะศูนย์กลางการผลิตในอาเซียน จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลก โดยเฉพาะการดึงดูดการลงทุนในอุตสาหกรรมชิปและเทคโนโลยีขั้นสูงจากทั่วโลก จากที่กล่าวมา การเตรียมพร้อมเชิงกลยุทธ์จะช่วยให้ประเทศไทยสามารถรับมือกับความเสี่ยง “พลิกวิกฤตให้เป็นโอกาส” ในการแข่งขันของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์และลดผลกระทบจากความเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง (References)

- จิรภา บุญพาสุข. (2566). จับตาวินาศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลกและก้าวต่อไปของไทย. สืบค้นจาก <https://www.scbeic.com/th/detail/file/product/9212/gow8klvdh4/SCB-EIC-In-Focus-Semiconductor-20230919>
- ณรงค์ศักดิ์ ปลอดมีชัย. (2566). ‘เซมิคอนดักเตอร์’ โอกาสการลงทุนกับพลังขับเคลื่อนหลักของนวัตกรรมแห่งอนาคต. สืบค้นจาก <https://thestandard.co/semiconductor-2/>
- ปาริชาติ จิรวัชร. (2565). เซมิคอนดักเตอร์มีบทบาทที่สำคัญต่อเศรษฐกิจอย่างไร. สืบค้นจาก <https://www2.deloitte.com/th/en/pages/about-deloitte/articles/semiconductor-th.html>
- ปาริชาติ จิรวัชร. (2567). แนวโน้มอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 2567 และบทบาทของ Gen AI. สืบค้นจาก <https://www2.deloitte.com/th/en/pages/about-deloitte/articles/2024-semiconductor-outlook-th.html>
- เพ็ญประภา ภัทรานุกรม. (2562). การจัดระเบียบโลกใหม่ (New World Order) กับการปรับตัวทางการศึกษาของประเทศไทย. วารสารร่มพญักษ์ มหาวิทยาลัยเกริก, 37(2), 57–66.

- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2565). รายงานสถานการณ์และแนวโน้มอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก และนโยบายต่อประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กองวิจัยเศรษฐกิจการค้ามหภาค สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า.
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า. (2566). สรุปผลการศึกษาโครงการห่วงโซ่อุปทาน (*Decoupling*) ของอุตสาหกรรมสำคัญระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนและนโยบายต่อเศรษฐกิจการค้าไทย. กรุงเทพฯ: กองวิจัยเศรษฐกิจการค้ามหภาค สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า.
- Aven, T. (2008). *Risk analysis: Assessing uncertainties beyond expected values and probabilities*. Wiley.
- Aiyar, S., Chen, J., Ebeke, C. H., Garcia-Saltos, R., Gudmundsson, T., Ilyina, A., Kangur, A., Kunaratskul, T., Rodriguez, S. L., Ruta, M., Schulze, T., Soderberg, G., & Trevino, J. P. (2023). *Geo-economic fragmentation and the future of multilateralism*. International Monetary Fund.
- Chen, Y. (2023). Sustainability challenges and opportunities in the semiconductor supply chain. *Supply Chain and Sustainability Research: SCSR*, 1(4), 41–59.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–13.
- Cinar, B. (2023). Supply chain cybersecurity: Risks, challenges, and strategies for a globalized world. *Journal of Engineering Research and Reports*, 25(9), 196–210.
- Cybersecurity and Infrastructure Security Agency (CISA). (2022). *2022 Cybersecurity Advisory Committee (CSAC) annual report*. https://www.cisa.gov/sites/default/files/2023-01/csac_annual_report_2023-01-18_508_0.pdf
- Dario, C., & Iacoviello, M. (2022). Measuring geopolitical risk. *American Economic Review*, 112(4), 194–225.
- Europol. (2021). *Internet organised crime threat assessment (IOCTA) 2021*. https://www.europol.europa.eu/cms/sites/default/files/documents/internet_organised_crime_threat_assessment_iocta_2021.pdf
- Houselink. (2023). *Investment report Vietnam chip-semiconductor industry*. https://vietnamconstruction.vn/wp-content/uploads/2023/10/SUMMARY-REPORT-VIETNAM-CHIP-SEMICONDUCTOR-INDUSTRY_compressed_v1-final-2.10.23.pdf
- International Monetary Fund. (2024). *World economic outlook: A long and difficult ascent*. <https://www.imf.org/en/Publications/WEO>
- Kshetri, N. (2021). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. *Telecommunications Policy*, 41(10), 1027–1038.
- McDougall, N., & Davis, A. (2024). The local supply chain during disruption: Establishing resilient networks for the future. *Journal of Cleaner Production*, 462, 142743.
- Oster, S. M. (1999). *Modern competitive analysis*. Oxford University Press.
- Mohammad, W., Elomri, A., & Kerbache, L. (2022). The global semiconductor chip shortage: Causes, implications, and potential remedies. *IFAC-PapersOnLine*, 55(10), 476–483.

- Shi, Y., Guo, S., & Sun, P. (2017). The role of infrastructure in China's regional economic growth. *Journal of Asian Economics*, 49, 26–41.
- The World Bank. (2020). *Private participation in infrastructure (PPI) 2020 annual report*.
https://ppi.worldbank.org/content/dam/PPI/documents/PPI_2020_AnnualReport.pdf
- Tse, Y. K., Dong, K., Sun, R., & Mason, R. (2024). Recovering from geopolitical risk: An event study of Huawei's semiconductor supply chain. *International Journal of Production Economics*, 275, 109347.
- U.S. Government Accountability Office. (2022). *Performance and accountability report, fiscal year 2022*. <https://www.gao.gov/products/gao-23-900398>
- Varma, A., & Dixit, N. (2024). Blockchain technology for sustainable supply chains: A comprehensive review and future prospects. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 21(3), 980–994.
- Wang, C., Nhieu, N., Chiang, C., & Wang, Y. (2024). Assessing Southeast Asia countries' potential in the semiconductor supply chain: An objectively weighting multi-criteria decision-making approach. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11, 1260.