

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การจัดทำข้อมูลเครือข่ายความร่วมมือด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และ Technology Transfer Roadmap ของประเทศ เพื่อการพัฒนาเครือข่ายระดับนานาชาติ”

คณะผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร.ศศิธร ศรีสวัสดิ์	ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
2. ดร.กัมปนาท ชิลวา	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
3. ผศ.ดร.สุวลักษณ์ อัสวสันติ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. ดร.นงศ์ ชลคุป	ศูนย์เทคโนโลยีพลังงานแห่งชาติ
5. ดร.วรจิตต์ เศรษฐพรพงศ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
6. ดร.ชญ.สรสา เดชะอำไพ	มหาวิทยาลัยมหิดล
7. ผศ.ดร.นำพล มหายศนันท์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
8. ดร.มติ ห่อประทุม	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
9. นายพิชญ์พงษ์ จันทา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกสว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

สมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่ได้ดำเนินการรวบรวมและจัดทำข้อมูล รวมถึงวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อนของเครือข่ายความร่วมมือด้าน ววน. ระหว่างหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ เพื่อวิเคราะห์ความต้องการเทคโนโลยีหรือวิทยาการที่จำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ และเสาะหาความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีจากต่างประเทศตามแผนยุทธศาสตร์ด้าน ววน. และจัดทำ Technology Transfer Model และข้อเสนอแนะแผนการการขับเคลื่อนเครือข่ายเพื่อเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยีจากประเทศเป้าหมาย ตามกรอบประเด็นวิจัยที่ตอบโจทย์ความต้องการของประเทศ ภายใต้โครงการ Global Partnership ของ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)

คณะทำงานได้เลือกหัวข้อในการเริ่มต้นพัฒนาโมเดลในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยี คือ Quantum Technology และ Future Food ซึ่งเป็นสองหัวข้อที่มีจุดประสงค์ในการพัฒนาแตกต่างกัน คือ สำหรับ Quantum Technology นั้น จะเน้นไปที่การพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงที่ประเทศไทยยังไม่มีอุตสาหกรรมอยู่ (Non-Existent Industry) และในส่วนของ Future Food นั้น จะมุ่งเป้าไปที่การต่อยอดอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีอยู่แล้ว (Well-Established Industry) แต่ทั้งสองหัวข้อนั้นจำเป็นที่จะต้องดำเนินการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงและทำความร่วมมือกับต่างประเทศ เนื่องจากอุตสาหกรรมของทั้งสองเทคโนโลยีนี้มีมูลค่าสูงมาก และจะส่งผลกระทบต่ออย่างมหาศาลโดยเฉพาะมิติทางด้านเศรษฐกิจในอนาคต ซึ่งประเทศไทยไม่สามารถรอซื้อผลิตภัณฑ์ บริการ หรือเทคโนโลยีอย่างเดียวนอนาคต เราจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ในการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองให้มีศักยภาพที่สามารถพึ่งพาตนเอง ลดการนำเข้าเทคโนโลยีสำคัญเหล่านี้ในอนาคตได้ นอกจากนี้แล้ว โมเดลเริ่มต้นที่ได้พัฒนาขึ้นในโครงการนี้ จะเป็นตัวอย่างในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีของประเทศไทย ที่สามารถนำไปดำเนินการ พัฒนา ปรับปรุง และขยายผลสู่เทคโนโลยีอื่นที่สำคัญของประเทศไทยต่อไป

กระบวนการหลักที่คณะทำงานใช้ในการดำเนินโครงการ คือ การศึกษาโดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-Based Study) การปรึกษาหารือกับผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศเพื่อหาข้อมูลเชิงลึกที่สำคัญ และการวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่โมเดลเริ่มต้นสำหรับทั้งสองหัวข้อ โดยในส่วนของ Quantum Technology นั้น คณะทำงานได้เสนอให้มีการเริ่มต้นจากโมเดลที่เลือกพัฒนา Hardware และ Software เป็นบางชิ้นหรือบางระบบ หรือ Applications ที่ประเทศไทยน่าจะได้ใช้ประโยชน์ มีอุตสาหกรรมรองรับ และมีมูลค่าสูง ซึ่งจะเป็นการวางรากฐานที่ไม่ได้เป็นแค่ผู้ใช้ หรือ User ทางด้านเทคโนโลยีนี้อย่างเดียว แต่จะเป็นการขยายอุตสาหกรรมทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศไทยเข้าสู่ตลาดมูลค่าสูง (กลางน้ำและต้นน้ำ) มากขึ้นเรื่อย ๆ และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศได้ในอนาคต

ในส่วนของ Future Food นั้น คณะทำงานได้แบ่งการพัฒนาเทคโนโลยีออกเป็นสองระยะ ซึ่งในระยะแรกนั้น จะเป็นการเข้าไปสู่เทคโนโลยีที่อุตสาหกรรมไทยนั้นมีศักยภาพและเข้าไปแข่งขันได้เลย เช่น Premium Foods (Clean Label, Plant-Based, Minimally Processed Food) ซึ่งเหมาะสำหรับ SMEs และ Quality Enhancing Ingredients (Natural Flavor, Color, Preservative) สำหรับบริษัทขนาดใหญ่ สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีในระยะไกลนั้น ผัง SMEs ของไทยสามารถเข้าไปสู่ Functional/Novel Food ได้ และในกลุ่มบริษัทขนาดใหญ่สามารถเข้าไปสู่ Functional Ingredients ได้

อย่างไรก็ตาม โมเดลเริ่มต้นที่ได้รับการพัฒนาในโครงการนี้ จำเป็นที่จะต้องนำไปขยายผลต่อในระยะต่อไป ที่มีการนำข้อมูลที่ได้ในโครงการนี้ไปดำเนินการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยี เพื่อสร้างความร่วมมือกับกลุ่มประเทศเป้าหมาย อย่างเป็นรูปธรรม และมีการพัฒนา ปรับปรุง ตรวจสอบติดตามอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำโมเดลที่ได้รับการปรับปรุงพัฒนาแล้ว ไปต่อยอดในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่สำคัญของประเทศไทยต่อไป

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)	2
สารบัญ	3
สารบัญตาราง	5
สารบัญรูปภาพ	6
1. บทนำ	10
1.1 ข้อมูลผู้ดำเนินโครงการ	10
1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	10
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	10
1.4 การแบ่งกลุ่มเรื่องและหัวข้อวิจัยภายใต้แต่ละกลุ่มเรื่องในการจัดทำข้อมูลเครือข่ายความร่วมมือ ววน.	12
1.5 เครือข่ายความร่วมมือนานาชาติด้าน ววน. ที่มีอยู่ในปัจจุบัน	12
1.6 กรอบการดำเนินกิจกรรมในหัวข้อที่ได้รับการคัดเลือกในโครงการ	12
2. Quantum Technology	14
2.1 การสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	15
2.2 การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix)	16
2.3 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ	16
2.4 การวิเคราะห์สถิติ	17
2.5 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ	17
2.6 การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	18
3. Future Food	19
3.1 การสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	19
3.2 การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix)	20
3.3 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ	21
3.4 การวิเคราะห์สถิติ	21
3.5 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ	21
3.6 การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	22

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	23
4.1 บทสรุป	24
4.2 ข้อเสนอแนะ	24
เอกสารอ้างอิง	25
ภาคผนวก ก. รายงานการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ (ถอดบทเรียนจากประเทศ ญี่ปุ่น จีน เกาหลี และ สิงคโปร์)	26
1. บทสรุปผู้บริหาร	27
2. ประเทศญี่ปุ่น “Resilience: ประเทศชาตินิยมแห่งการล้มแล้วลุก(ลุก)”	27
3. สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) “Rapid Growth ประเทศก้าวกระโดดที่กลัวการถูกรบครอง”	28
4. สาธารณรัฐประชาชนจีน “The Next Super Power”	29
5. ประเทศสิงคโปร์ “Innovated Late comer ขจัดจุดด้อย สร้างจุดเด่น	29
6. วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบของประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาชนจีน และ สาธารณรัฐสิงคโปร์	33
ภาคผนวก ข. การเลือกและการถ่ายทอดเทคโนโลยี (นโยบายและปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ)	33
1. องค์ประกอบหลักในการเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยี	34
2. นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกและการถ่ายทอดเทคโนโลยี	34
3. อุปสรรคในการถ่ายทอดเทคโนโลยี	34
4. เครื่องมือในการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การออกแบบนโยบาย	35
5. ตัวอย่างการจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้น	36

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ชุดคำสำคัญที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์บรรณมิติหัวข้อ Quantum Technology	2
ตารางที่ ก.1 กรอบนโยบายที่ต้องใช้เทคโนโลยีหลายส่วนประกอบเข้าด้วยกันของประเทศญี่ปุ่น	3
ตารางที่ ก.2 บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานใหม่ที่ก่อตั้งขึ้นมาเพื่อรองรับยุค 4.0	5
ตารางที่ ก.3 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศญี่ปุ่น	6
ตารางที่ ก.4 แสดงการถ่ายทอดเทคโนโลยียานยนต์สัญชาติเกาหลีใต้ (United Nations, 2012)	10
ตารางที่ ก.5 เทคโนโลยีที่ได้รับคัดเลือกจนกลายเป็นนโยบาย/แผนยุทธศาสตร์ของสาธารณรัฐเกาหลีในปัจจุบัน	10
ตารางที่ ก.6 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสาธารณรัฐเกาหลี	10
ตารางที่ ก.7 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน	10
ตารางที่ ก.8 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสิงคโปร์	12
ตารางที่ ก.9 การเปรียบเทียบวิวัฒนาการด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของทั้ง 4 ประเทศ	12
ตารางที่ ก.10 การเปรียบเทียบปัจจัยแห่งความสำเร็จของทั้ง 4 ประเทศ	12
ตารางที่ ก.11 การเปรียบเทียบการเลือกกลุ่มเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technologies) ของทั้ง 4 ประเทศ	14
ตารางที่ ข.1 บทบาทหน้าที่และการตัดสินใจหรือการออกนโยบายที่จะส่งอิทธิพลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ปรับจาก Metz, et al., 2000)	15
ตารางที่ ข.2 ประเด็นสำคัญสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ปรับจาก Metz, et al., 2000)	16
ตารางที่ ข.3 ตัวอย่างของแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากนักเศรษฐศาสตร์ (พงศสวัสดี, 2543)	16
ตารางที่ ข.4 เครื่องมือทางนโยบายที่ส่งเสริมให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Policy tools for creating and enabling environment for technology transfer)	17
ตารางที่ ข.5 ความแตกต่างของการออกแบบโมเดลนโยบายในปัจจุบันและนวัตกรรมการออกแบบนโยบาย	17
ตารางที่ ข.6 แนวทางการออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม	18
ตารางที่ ข.7 ตัวอย่างการออกแบบเกณฑ์การจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้น	19

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	โครงการ Global Partnership ภายใต้โปรแกรม P16 การปฏิรูป อววน.	2
รูปที่ 1.2	กรอบการดำเนินโครงการ Global Partnership ทั้งสามระยะ	3
รูปที่ 1.3	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของแต่ละหัวข้อ	5
รูปที่ 1.4	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Earth-Space Technology	6
รูปที่ 1.5	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Quantum Technology	10
รูปที่ 1.6	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Energy & Materials	10
รูปที่ 1.7	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Health & Medicine	10
รูปที่ 1.8	จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Future Food	10
รูปที่ 1.9	การเลือกหัวข้อการพัฒนา Technology Transfer Model ในระยะแรก (Phase I)	12
รูปที่ 1.10	ขั้นตอนหลักในการพัฒนาโมเดลเริ่มต้นของ Technology Transfer Model ในระยะแรก (Phase I)	12
รูปที่ 2.1	แนวโน้มตลาดระดับโลกของเทคโนโลยีควอนตัม [1]	12
รูปที่ 2.2	การลงทุนในสาขาหลักของเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศต่าง ๆ [1]	14
รูปที่ 2.3	การปฏิวัติและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควอนตัม [2]	15
รูปที่ 2.4	คำสำคัญของเทคโนโลยีควอนตัม [3-21]	16
รูปที่ 2.5	ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Hardware และ Quantum Software & Algorithm	16
รูปที่ 2.6	ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Computing และ Quantum Simulation	17
รูปที่ 2.7	ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Metrology และ Quantum Sensing	17
รูปที่ 2.8	กลุ่มผู้นำทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศไทย	18
รูปที่ 2.9	กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยที่ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับเทคโนโลยีควอนตัม	19
รูปที่ 2.10	หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยทางด้าน Quantum Computing	19
รูปที่ 2.11	หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยทางด้าน Quantum Communication และ Quantum Metrology & Sensing	20
รูปที่ 2.12	หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่เป็นผู้ถือสิทธิบัตรสูงสุดในด้านเทคโนโลยีควอนตัม	21
รูปที่ 2.13	คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม	21
รูปที่ 2.14	กิจกรรมหลักที่ประเทศต่าง ๆ ได้ดำเนินการเพื่อเข้าสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม [22]	21

รูปที่ 2.15 กลุ่มประเทศต่าง ๆ ที่ได้มีการวางนโยบายผลักดันเทคโนโลยีควอนตัม [22]	22
รูปที่ 2.16 โมเดลเริ่มต้นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม	23
รูปที่ 2.17 แนวทางการเลือกรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีจาก 4 ประเทศ	24
รูปที่ 2.18 ตัวอย่างขั้นตอนในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยี	24
รูปที่ 2.19 กระบวนการหลักในการวางกรอบการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศชั้นนำของโลก	25
รูปที่ 2.20 เส้นทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีควอนตัม	26
รูปที่ 2.21 ตัวอย่าง Official & Unified National Body Establishment ของเทคโนโลยีควอนตัม	27
รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Technology Transfer Model Selection ของเทคโนโลยีควอนตัม	27
รูปที่ 2.23 ตัวอย่าง Collaboration/Partnership Program Development ของเทคโนโลยีควอนตัม	28
รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง Budget Allocation and Value-Chain Investment ของเทคโนโลยีควอนตัม	29
รูปที่ 2.25 ตัวอย่าง Technology Transfer Projects Execution and Monitoring ของเทคโนโลยีควอนตัม	29
รูปที่ 3.1 โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนด้วย Bio-Circular-Green (BCG) Economy [24]	33
รูปที่ 3.2 แนวโน้มตลาดทางด้าน Food Flavors ในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก [25]	33
รูปที่ 3.3 กลุ่มบริษัทผู้นำตลาดทางด้าน Flavors and Fragrances ของโลก [26]	34
รูปที่ 3.4 คำสำคัญของเทคโนโลยี Future Food	34
รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ของเทคโนโลยี Future Food	34
รูปที่ 3.6 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี Future Food ในประเทศไทย	35
รูปที่ 3.7 หน่วยงานหรือสถาบันผู้ถือสิทธิบัตรสูงสุดทางด้านเทคโนโลยี Future Food	36
รูปที่ 3.8 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี Future Food จากต่างประเทศ	37
รูปที่ 3.9 โมเดลต้นแบบสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี Future Food	37
รูปที่ 3.10 ตัวอย่าง Official & Unified National Body Establishment ของ Future Food	39
รูปที่ 3.11 ตัวอย่าง Technology Transfer Model Selection ของ Future Food	41
รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง Technology Transfer Pathway ของ Future Food	42
รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Collaboration/Partnership Program Development ของ Future Food	42
รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง Budget Allocation and Value-Chain Investment ของ Future Food	43
รูปที่ 3.15 ตัวอย่าง Technology Transfer Projects Execution and Monitoring ของ Future Food	44
รูปที่ 3.16 Technology Transfer Key Challenges	45

รูปที่ ก.1 การพัฒนาประเทศและนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมในแต่ละช่วงสมัยของประเทศญี่ปุ่น	46
รูปที่ ก.2 การวางแผนด้วยการใช้ problem-solving scenario และสร้างนโยบายมาช่วยแก้ปัญหาอนาคต (Shengkai, et al., 2017)	47
รูปที่ ก.3 โครงสร้างการทำงานของ Technology Foresight Survey ครั้งที่ 10	48
รูปที่ ก.4 ช่องว่างของดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ปี 2020 ระหว่างประเทศญี่ปุ่นและประเทศ TOP 10 (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)	49
รูปที่ ก.5 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของสาธารณรัฐเกาหลี	49
รูปที่ ก.6 วิวัฒนาการของ Technology Foresight (TF) ใน 4 ฉบับที่ผ่านมาของสาธารณรัฐเกาหลี	49
รูปที่ ก.7 แผนผังแสดงแนวคิดของ Technology Foresight ฉบับที่ 3 (2003-2004) ของสาธารณรัฐเกาหลี (Choi & Choi, 2015)	51
รูปที่ ก.8 วิธีการในการระบุเทคโนโลยีในอนาคตของเกาหลีและจำนวนเทคโนโลยีในอนาคตจาก TF ฉบับที่ 4 ของสาธารณรัฐเกาหลี (Choi & Choi, 2015)	51
รูปที่ ก.9 ช่องว่างของดัชนีชี้วัดนวัตกรรมของสาธารณรัฐเกาหลีและประเทศผู้นำนวัตกรรม 10 อันดับแรกในปี ค.ศ. 2020 ของสาธารณรัฐเกาหลี (ประยุกต์จาก Global Innovation Index 2020)	52
รูปที่ ก.10 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของสาธารณรัฐประชาชนจีน	52
รูปที่ ก.11 แผนผังของกระบวนการ Foresight ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Rongping & Zhongbao, 2008)	53
รูปที่ ก.12 ดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ในปี 2020 และช่องว่างทางนวัตกรรมระหว่างประเทศ Top 10 และ สาธารณรัฐประชาชนจีน (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)	54
รูปที่ ก.13 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของประเทศสิงคโปร์	57
รูปที่ ก.14 ตัวอย่างบรรยากาศการสัมมนา Foresight : Society 4.0 ในประเทศสิงคโปร์ วันที่ 25-26 กรกฎาคม ค.ศ. 2019 ของประเทศสิงคโปร์ (Centre for Strategic Futures Singapore, 2019)	58
รูปที่ ก.15 ดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ในปี 2020 และช่องว่างทางนวัตกรรมระหว่างประเทศ Top 10 และ ประเทศสิงคโปร์ (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)	58
รูปที่ ก.16 วิธีการคัดกรองเทคโนโลยีที่ใช้เหมือนกันของทั้ง 4 ประเทศ คือ วิธีคาดการณ์อนาคตเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Foresight) โดยประเทศสาธารณรัฐเกาหลีและญี่ปุ่นใช้ร่วมกับการคิดเชิงระบบ (Systemic Thinking) โดยให้ประชาชนเป็นศูนย์กลาง	58
รูปที่ ก.17 การเปรียบเทียบอันดับจากการวัดดัชนีโลก (GII) ประกอบไปด้วยประเทศผู้นำนวัตกรรม (5 อันดับแรก) และ อันดับของประเทศ สิงคโปร์ เกาหลี จีน ญี่ปุ่น และ ประเทศไทย	60
รูปที่ ข.1 องค์ประกอบของเทคโนโลยี (Technology Elements)	60
รูปที่ ข.2 สรุปลองค์ประกอบหลักในการเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยี	61
รูปที่ ข.3 นิยามของคำว่า Public Sector Innovation, Policy Innovation, และ Service Innovation	63

รูปที่ ข.4 แผนที่ของกรอบและแนวทางไปสู่การออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม โดยมีการใช้เครื่องมือ วิธีการร่วมกัน	64
รูปที่ ข.5 แนวทางเบื้องต้นในการจัดลำดับเทคโนโลยี	65

1. บทนำ

1.1 ข้อมูลผู้ดำเนินโครงการ

ชื่อผู้รับทุน : สมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่

โครงการเริ่มเมื่อวันที่ 1 เมษายน 2563 รวมเวลาที่ทำวิจัยทั้งสิ้น 16 เดือน

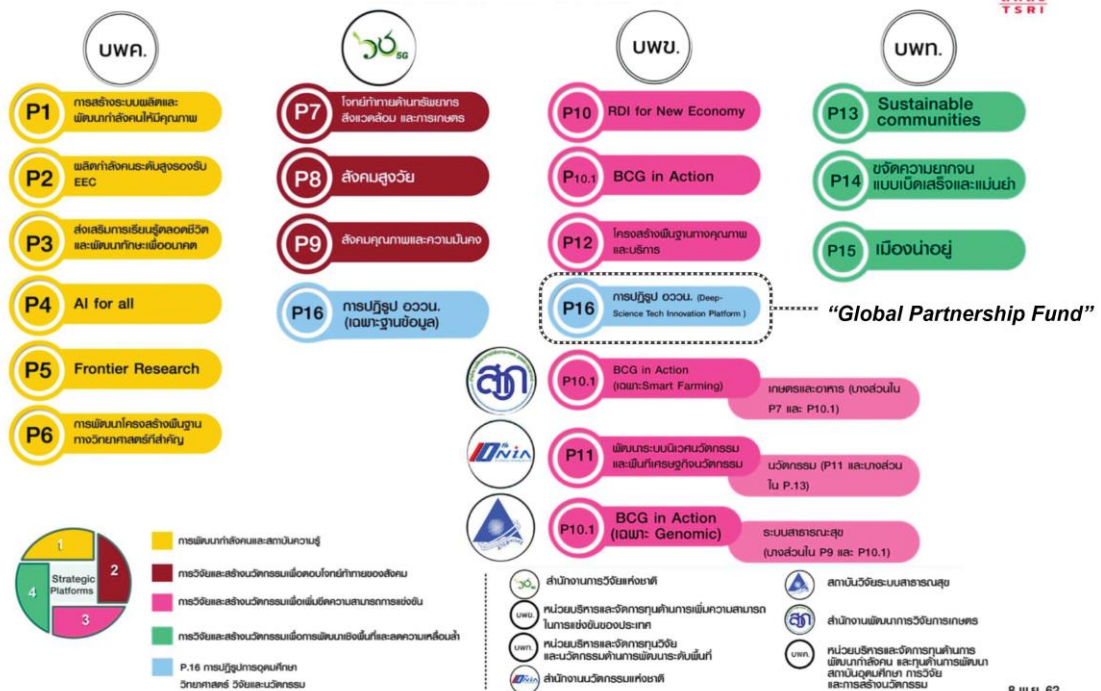
รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1 ในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2563 ถึงวันที่ 1 ตุลาคม 2563

รายงานฉบับสมบูรณ์ ในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2563 ถึงวันที่ 31 สิงหาคม 2564

1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องด้วยพระราชบัญญัติการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2562 ได้กำหนดให้รัฐบาลต้องให้การส่งเสริมและสนับสนุนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและนวัตกรรม รวมไปถึงศิลปวิทยาการแขนงต่าง ๆ ของประเทศทั้งระบบ เพื่อสร้างความรู้และนำไปใช้ในการพัฒนาประเทศทั้งในมิติทางด้านเศรษฐกิจ สังคม ความมั่นคงและสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้หมายรวมถึงการกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ และแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของประเทศ ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ แผนแม่บท และแผนอื่น รวมทั้งนโยบายของรัฐบาล และจัดสรรงบประมาณเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี การวิจัยและนวัตกรรม ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการและความจำเป็นของหน่วยงานของรัฐในระบบวิจัยและนวัตกรรม

โปรแกรมที่ PMU รับผิดชอบ



Source: Thailand Science Research and Innovation (TSRI)

8 เม.ย. 62

TSRI TYSA

รูปที่ 1.1 โครงการ Global Partnership ภายใต้โปรแกรม P16 การปฏิรูป อววน.

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ในฐานะหน่วยงานกำหนดแผน ยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรมของประเทศ ตลอดจนมีภารกิจหลักในการจัดสรรงบประมาณให้แก่หน่วยงาน และองค์กรในระบบวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) เล็งเห็นความจำเป็นในการสนับสนุนการเพิ่มสมรรถนะในการเลือก การรับ การถ่ายทอดวิทยาการและเทคโนโลยี รวมถึงการร่วมมือกับบุคคล หรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้ได้วิทยาการ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพ รวดเร็วและเหมาะสม ผ่านการส่งเสริมความร่วมมือระหว่าง เครือข่ายหน่วยงานในระบบ ววน. ของไทยและต่างประเทศ ทั้งนี้ สกสว. จึงได้ดำเนินการโครงการ Global Partnership ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นโครงการเพื่อการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมอย่างเป็นระบบ ผ่านการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ร่วมกับเครือข่ายนานาชาติอย่างมีทิศทาง และตอบสนองต่อยุทธศาสตร์ของประเทศ โดยมีเป้าหมายสำคัญ 2 ส่วน ดังนี้

1. เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศผ่านการเลือก การรับ การถ่ายทอด และการร่วมมือกับบุคคล หรือหน่วยงานต่างประเทศ เพื่อให้ได้วิทยาการและเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพ รวดเร็วและเหมาะสม ผ่านการส่งเสริมความร่วมมือระหว่างเครือข่ายหน่วยงานในระบบ ววน. ของไทยและต่างประเทศ

2. เพื่อสร้างความเป็นเลิศของระบบอุดมศึกษาไทยให้มีอันดับโลกที่สูงขึ้น ผ่านการยกระดับความร่วมมือระหว่าง หน่วยงานระดับนานาชาติด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ รวมทั้งสหวิทยาการทุกแขนง

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันหน่วยงานในระบบ ววน. ทั้งหน่วยงานวิจัยและมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ได้มีการสร้างความร่วมมือ กับบุคคลหรือหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศตามประเด็นที่แต่ละหน่วยงานมีความสนใจ แต่ยังขาดการรวบรวมและ จัดทำฐานข้อมูลในระดับประเทศ เพื่อการวิเคราะห์องค์รวมของเครือข่ายความร่วมมือที่มีอยู่ รูปแบบความร่วมมือ และผลของความร่วมมือนั้น ๆ สำหรับวางแผนความต้องการการขับเคลื่อนเครือข่ายเดิมให้มีการถ่ายทอดวิทยาการ และเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น รวมถึงการสร้างเครือข่ายใหม่ ให้สามารถถ่ายทอดวิทยาการและ เทคโนโลยีที่ตอบโจทย์การพัฒนา ด้าน ววน. ของประเทศ สามารถปิดช่องว่างทาง ววน. และนำไปสู่การสร้างความเป็นเลิศ ของระบบอุดมศึกษาไทยและการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ที่ตรงกับความต้องการและเท่าทัน การเปลี่ยนแปลงของโลก นอกจากนี้ในการเลือกรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านความร่วมมือระหว่างเครือข่ายทั้งในและต่างประเทศนั้น จำเป็นต้องวิเคราะห์ความต้องการเทคโนโลยีหรือวิทยาการที่ทันสมัยอย่างเป็นระบบ รวมถึงการเสาะหาความเชี่ยวชาญทาง เทคโนโลยีนั้น ๆ จากต่างประเทศ เพื่อให้เกิดกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

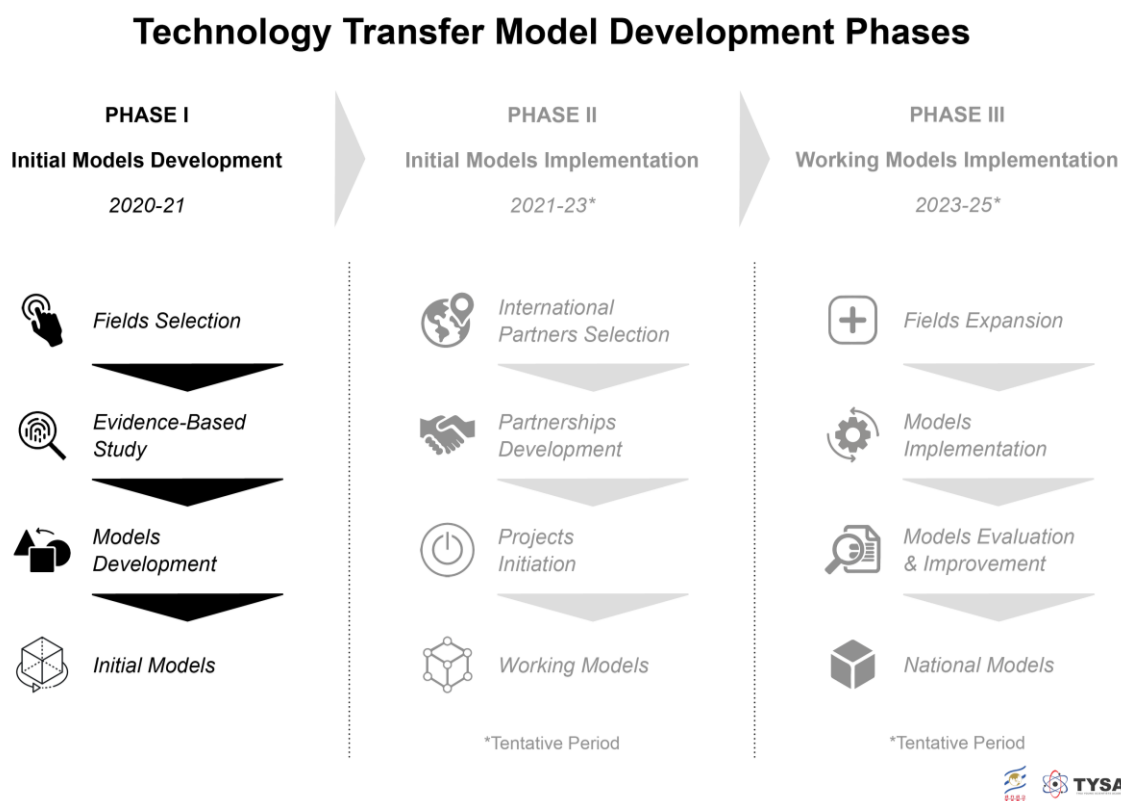
สมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่ได้เล็งเห็นความสำคัญของการสร้างและพัฒนาเครือข่ายความร่วมมือเพื่อเพิ่มขีดความสามารถใน การแข่งขันและสร้างความเป็นเลิศของระบบอุดมศึกษาไทย ซึ่งจะต้องครอบคลุมถึงการสำรวจเครือข่ายความร่วมมือที่มีอยู่ในปัจจุบัน จัดทำข้อมูลเครือข่ายความร่วมมือด้าน ววน. กำหนดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี ประเทศ และหน่วยงาน ที่จะร่วมมือในเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อจัดทำ Technology Transfer Model สำหรับวางแผนยุทธศาสตร์การสร้างและ สนับสนุนเครือข่ายด้าน ววน. ระดับนานาชาติ การเลือก การรับ การถ่ายทอดวิทยาการและเทคโนโลยีอย่างมีทิศทาง และตรงตามความต้องการของประเทศ รวมถึงจัดทำข้อเสนอแนะแผน กรอบ และรูปแบบการดำเนินงานโครงการ Global Partnership ที่จะสนับสนุนและส่งเสริมการสร้างเครือข่ายความร่วมมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้น ความร่วมมือทั้งในรูปแบบเชิงรุกและเชิงรับ เพื่อให้เกิดการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสม เบื้องต้นสมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่ได้เสนอแนวทางในการพัฒนา Technology Transfer Model ออกเป็น 3 ระยะ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 ดังต่อไปนี้

1. ระยะที่ 1 (PHASE I) จะเน้นไปที่การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นด้วยการเลือกบางสาขา (Fields Selection) มาเป็นต้นแบบนำร่อง โดยอิงหลักการใช้การศึกษาค้นคว้าหลักฐาน (Evidence-Based Study) เพื่อพัฒนาโมเดล (Models Development) และได้โมเดลการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีเริ่มต้น (Initial Models) ซึ่งเป็นกรอบในการนำเสนอในรายงานนี้

2. ระยะที่ 2 (PHASE II) จะเน้นไปที่การนำโมเดลการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีเริ่มต้นจากระยะที่ 1 มาดำเนินการ (Initial Models Implementation) ด้วยการเลือกหน่วยงานต่างประเทศที่จะรับและถ่ายทอดเทคโนโลยี (International Partners

Selection) เพื่อนำไปพัฒนาความสัมพันธ์ (Partnerships Development) แล้วเริ่มดำเนินโครงการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกัน (Projects Initiation) แล้วนำไปถอดบทเรียนเพื่อให้ได้โมเดลที่นำไปใช้ต่อยอดได้ (Working Models)

3. ระยะที่ 3 (PHASE III) จะเน้นการประยุกต์เอาโมเดลที่ได้จากระยะที่ 2 ไปขยายผล (Working Models Implementation) ด้วยการขยายไปใช้ในหัวข้ออื่น ๆ (Fields Expansion) แล้วดำเนินการโครงการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีในหัวข้อต่าง ๆ (Models Implementation) หลังจากนั้นดำเนินการประเมินผลเพื่อปรับปรุง (Models Evaluation & Improvement) เพื่อให้ได้มาซึ่งโมเดลการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีของประเทศ (National Models)



รูปที่ 1.2 กรอบการดำเนินโครงการ Global Partnership ทั้งสามระยะ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อรวบรวมและจัดทำข้อมูล รวมถึงวิเคราะห์จุดแข็ง-จุดอ่อนของเครือข่ายความร่วมมือด้าน ววน. ระหว่างหน่วยงานทั้งในและต่างประเทศ
2. เพื่อวิเคราะห์ความต้องการเทคโนโลยีหรือวิทยาการที่จำเป็นต่อการพัฒนาประเทศ และเสาะหาความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีจากต่างประเทศตามแผนยุทธศาสตร์ด้าน ววน.
3. เพื่อจัดทำ Technology Transfer Model และข้อเสนอแนะแผนการการขับเคลื่อนเครือข่ายเพื่อเลือกรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีจากประเทศเป้าหมาย ตามกรอบประเด็นวิจัยที่ตอบโจทย์ความต้องการของประเทศ

1.4 การแบ่งกลุ่มเรื่องและหัวข้อวิจัยภายใต้แต่ละกลุ่มเรื่องในการจัดทำข้อมูลเครือข่ายความร่วมมือ ววน.

คณะทำงานได้ศึกษากรอบแนวทางการพัฒนาระบบอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมของประเทศ ตามนโยบายและยุทธศาสตร์การอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2563-2570 ซึ่งได้กำหนดทิศทาง

การขับเคลื่อนด้านการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อววน.) ในลักษณะแพลตฟอร์ม (Platform) ตามเป้าประสงค์ของการพัฒนาใน 4 ด้าน อันได้แก่

1. การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้
2. การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อตอบโจทย์ท้าทายของสังคม
3. การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขัน
4. การวิจัยและสร้างนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่และลดความเหลื่อมล้ำ

ทั้งนี้ สกสว. ได้มีการจัดการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) โดยได้รวบรวมความเห็นจากภาคส่วนต่าง ๆ เพื่อคัดสรรกลุ่มเรื่องเทคโนโลยีหรือวิทยาการที่มีความจำเป็นต่อประเทศ ซึ่งได้ผลสรุปเป็นข้อเสนอแนะให้มีการดำเนินการส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินการด้าน ววน. ใน 4 กลุ่มเรื่องจากแผนนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. ซึ่งได้แก่

1. ส่งเสริมการวิจัยขั้นแนวหน้า (Frontier Research) และการวิจัยพื้นฐานที่ประเทศไทยมีศักยภาพ (โปรแกรมที่ 5 ภายใต้แพลตฟอร์มที่ 1)
2. สังคมสูงวัย (Ageing Society) (โปรแกรมที่ 8 ภายใต้แพลตฟอร์มที่ 2)
3. ยกระดับความสามารถการแข่งขันและวางรากฐานทางเศรษฐกิจภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) (โปรแกรมที่ 10 ภายใต้แพลตฟอร์มที่ 3)
4. นวัตกรรมสำหรับเศรษฐกิจฐานรากและชุมชนนวัตกรรม (Area-Based Development) (โปรแกรมที่ 13 ภายใต้แพลตฟอร์มที่ 4)

ทั้งนี้ เพื่อให้การวางแผนยุทธศาสตร์การสร้างและสนับสนุนเครือข่ายด้าน ววน. ระดับนานาชาติ มีความสอดคล้องกับผลการหารือในการประชุมกลุ่มย่อย คณะทำงานจึงกำหนดให้ใช้กลุ่มเรื่องเดียวกันนี้ ในการดำเนินการสำรวจข้อมูลของหน่วยงานในประเทศที่เกี่ยวข้องในการสร้างความสัมพันธ์ทาง ววน. กับหน่วยงานพันธมิตรในต่างประเทศ รวมถึงการกำหนดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยี ประเทศ และหน่วยงานที่จะร่วมมือในเชิงยุทธศาสตร์ เพื่อจัดทำ Technology Transfer Model และข้อเสนอแนะรูปแบบการดำเนินงานโครงการ Global Partnership ของ สกสว. โดยคณะทำงานทำการวิเคราะห์เครือข่ายความร่วมมือนานาชาติด้าน ววน. ที่มีอยู่ในปัจจุบัน และแบ่งเครือข่ายความร่วมมือนานาชาติที่มีอยู่ในปัจจุบันตาม 4 กลุ่มเรื่องที่ได้ระบุไว้ข้างต้น นอกจากนี้แล้วมีการจัดทำฐานข้อมูลที่แสดงหน่วยงานและประเทศที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละเทคโนโลยี คณะทำงานได้คัดเลือกกลุ่มเรื่องที่จะดำเนินการวิเคราะห์เชิงลึกให้เหลือ 2 กลุ่มเรื่องจาก 4 กลุ่มเรื่อง โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกดังต่อไปนี้

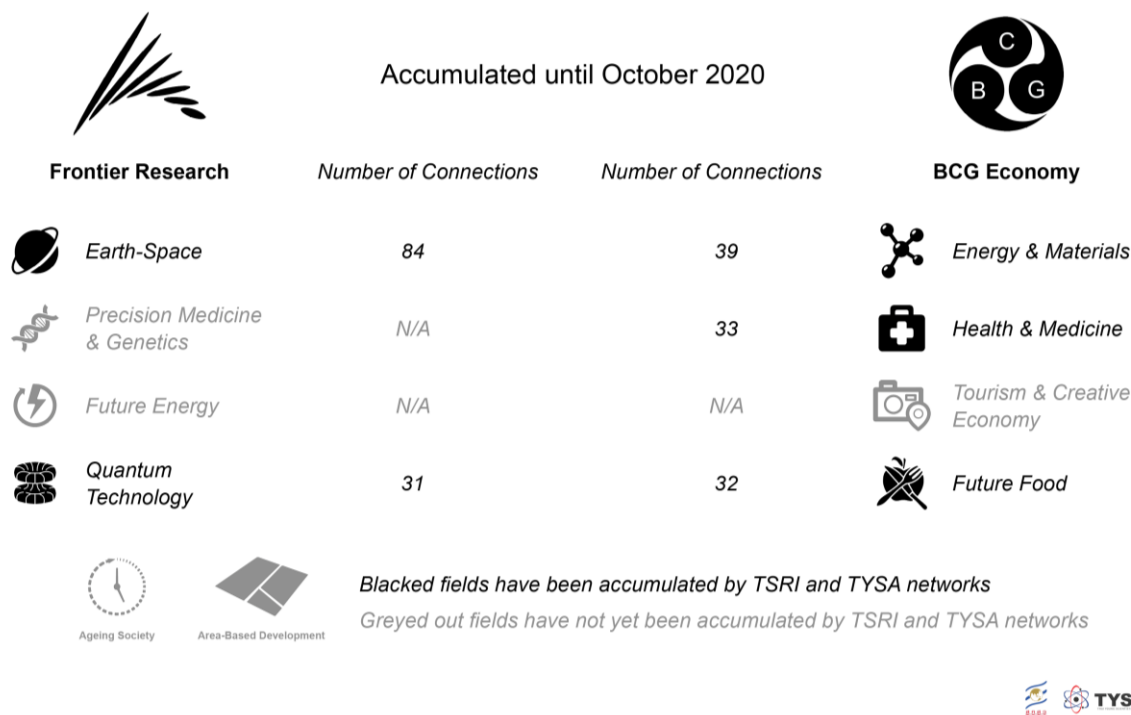
1. เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนอย่างชัดเจนภายใต้แผนนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. ของประเทศ
2. เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ได้รับการจัดสรรงบประมาณภายใต้โปรแกรมวิจัยโครงการ Global Partnership ในปีงบประมาณ 2563
3. เป็นกลุ่มงานที่มีเครือข่ายความร่วมมือในปัจจุบันมากเพียงพอที่จะต่อยอดให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีได้ภายในกรอบเวลา 3-5 ปี

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่างานวิจัยทั้ง 4 กลุ่มเรื่องเป็นกลุ่มงานวิจัยที่ได้รับการสนับสนุนอย่างชัดเจนภายใต้แผนนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. ของประเทศ อย่างไรก็ตามหากมองถึงการจัดสรรงบประมาณภายใต้โปรแกรมวิจัยโครงการ Global Partnership ผ่านหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม (บพค.) และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) จะเห็นได้ว่า บพค. จัดสรรงบประมาณให้งานวิจัยในกลุ่มเรื่อง Frontier Research โดยเฉพาะงานวิจัยด้านอวกาศและเทคโนโลยีควอนตัมมากกว่ากลุ่มเรื่องอื่นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากเป็นกลุ่มงานวิจัยที่มีความต้องการพัฒนากำลังคนอย่างเร่งด่วน เพื่อให้มีความสามารถเทียบเท่ากับประเทศชั้นนำ ในทางกลับกัน บพข. จัดสรรงบประมาณให้งานวิจัยในกลุ่มเรื่อง BCG Economy มากกว่ากลุ่มเรื่องอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ โดยกลุ่มงานวิจัยด้าน BCG Economy เป็นกลุ่มงานวิจัยที่ บพข. ให้ความสำคัญ และจัดสรรงบประมาณเป็นจำนวนมากภายใต้โปรแกรมวิจัยอื่น ๆ ที่หน่วยงานดูแลอยู่ด้วย

เนื่องจากเป็นกลุ่มงานวิจัยที่มีศักยภาพในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศได้รวดเร็วกว่างานวิจัยด้านอื่น ๆ นอกจากนี้กลุ่มเรื่อง Frontier Research และกลุ่มเรื่อง BCG Economy มีจำนวนเครือข่ายที่มีการรายงานต่อหน่วยงานด้าน อววน. ของประเทศรวม 115 และ 104 เครือข่ายตามลำดับ สำหรับเครือข่ายที่เหลือของ BCG Economy จะมีทั้งเครือข่ายด้านการท่องเที่ยว ด้านเกษตร ด้านพันธุศาสตร์ และเครือข่ายในภาพกว้างที่ไม่ได้ระบุกรอบเทคโนโลยีที่ชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 1.3 มากกว่ากลุ่มเรื่อง Area-Based Development และกลุ่มเรื่อง Ageing Society ที่มีเพียง 5 และ 2 เครือข่ายตามลำดับ การที่จำนวนเครือข่ายของกลุ่มเรื่อง Area-Based Development มีน้อย คาดว่าเป็นเพราะการพัฒนาชุมชนส่วนมากเป็นการพัฒนาในระดับท้องถิ่น จึงทำให้งานวิจัยหรือนวัตกรรมนั้น ๆ ต้องคำนึงถึงบริบทชุมชนเป็นหลัก จึงไม่เอื้ออำนวยต่อการสร้างเครือข่ายวิจัยต่างประเทศ ในส่วนของกลุ่มเรื่อง Ageing Society เป็นกลุ่มเรื่องใหม่ที่ต้องอาศัยการบูรณาการทั้งด้านการแพทย์ สาธารณสุข เทคโนโลยีสารสนเทศ และอาจรวมไปถึงการวางผังเมือง และเทคโนโลยีอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกให้ผู้สูงอายุด้วย โดยความร่วมมือดังกล่าว มักถูกควมรวมเป็นส่วนหนึ่งของหัวข้อวิจัยได้กลุ่มเรื่องอื่น เช่น หัวข้อสุขภาพและการแพทย์ภายใต้กลุ่มเรื่อง BCG Economy จึงเป็นสาเหตุสำคัญให้เครือข่ายที่มุ่งเน้นงานวิจัยด้านนี้โดยเฉพาะมีจำนวนไม่มาก นอกจากนี้ ยังมีเครือข่ายอื่น ๆ ที่ไม่เข้าข่ายกลุ่มเรื่อง 4 กลุ่มเรื่องนี้ เช่น เครือข่ายด้านการศึกษา ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านรัฐศาสตร์ หรือเครือข่ายที่ระบุกรอบความร่วมมือวิจัยในภาพกว้าง เช่น ระบุว่าเป็นความร่วมมือด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ หรือสังคมศาสตร์ เป็นต้น คณะทำงานจึงเลือกกลุ่มเรื่อง Frontier Research และกลุ่มเรื่อง BCG Economy เพื่อดำเนินการวิเคราะห์หน่วยงานและประเทศที่มีความเชี่ยวชาญในแต่ละเทคโนโลยี

ในการแบ่งหัวข้อการวิจัยภายใต้ 2 กลุ่มเรื่องข้างต้น คณะทำงานได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลจากเอกสารเชิงนโยบายต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ และระบุหัวข้อการวิจัยดังที่แสดงในรูปที่ 1.3 เพื่อให้กระบวนการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลในโครงการนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและครอบคลุมประเด็นการดำเนินการด้าน อววน. โดยการแบ่งกลุ่มเรื่องและหัวข้อเพื่อใช้อ้างอิงในการดำเนินการขั้นตอนต่อไปของโครงการ มีดังนี้

Existing International Network Organizations



รูปที่ 1.3 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของแต่ละหัวข้อ

1. Frontier Research แบ่งเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

- Earth-Space Technology
- Precision Medicine & Genetics Technology (พิจารณารวมกับหัวข้อ Health and Medical ภายใต้ BCG Economy)
- Future Energy (พิจารณารวมกับหัวข้อ Energy and Materials ภายใต้ BCG Economy)
- Quantum Technology

2. BCG Economy แบ่งเป็น 4 หัวข้อ ได้แก่

- Energy and Materials
- Health and Medicine
- Tourism and Creative Economy
- Future Food

ทั้งนี้ การแบ่งหัวข้อวิจัยดังกล่าวจะใช้ในการอธิบายผลการวิเคราะห์ในบทที่ 2 และ 3 ด้วย

1.5 เครือข่ายความร่วมมือนานาชาติด้าน ววน. ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

สกสว. และคณะทำงานได้ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากภาครัฐและกลุ่มเครือข่ายนักวิจัย เพื่อรวบรวมข้อมูลที่แสดงได้ถึงการสร้างความสัมพันธ์และเครือข่ายด้าน ววน. ในระดับต่าง ๆ โดยได้รับข้อมูลดังกล่าวจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่

1. สำนักปลัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สป.อว.)
2. กระทรวงต่างประเทศ (กต.)
3. สำนักงานนโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.)
4. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)
5. สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี
6. Thailand International Cooperation Agency (TICA)
7. Research University Network Thailand (RUN)

โดยข้อมูลดังกล่าวได้ระบุรายละเอียดที่แสดงถึงชื่อหน่วยงานในประเทศ ชื่อและประเทศของหน่วยงานต่างประเทศ รูปแบบความร่วมมือ และหัวข้อการวิจัยหรือการร่วมมือกันนั้น ๆ ซึ่งเป็นข้อมูลความร่วมมือนานาชาติด้าน ววน. ที่ถูกบันทึกไว้อย่างเป็นทางการในสารบบของหน่วยงานข้างต้น อย่างไรก็ตาม ยังมีเครือข่ายอีกจำนวนหนึ่งที่สถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัยสร้างกับหน่วยงานต่างประเทศโดยไม่ผ่านหน่วยงานกลางเหล่านี้ ซึ่งจะไม่ถูกรวมอยู่ในการวิเคราะห์ของโครงการนี้ เนื่องจากไม่สามารถหาหลักฐานเชิงประจักษ์มายืนยันการมีอยู่ของเครือข่าย

รูปที่ 1.4 แสดงเครือข่ายความร่วมมือนานาชาติด้าน Earth-Space Technology ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีความร่วมมือในด้านนี้อยู่ทั้งสามทวีปผู้นำเทคโนโลยีนี้ของโลก คือ อเมริกา ยุโรป และเอเชีย โดยจำนวนเครือข่ายความร่วมมือกับประเทศสหรัฐอเมริกา มีจำนวนมากถึง 15 เครือข่าย รองลงมาคือประเทศจีน ญี่ปุ่น และสหราชอาณาจักร 11 เครือข่าย นอกจากนี้แล้วประเทศไทยยังมีความร่วมมือกับกลุ่มประเทศเพื่อนบ้านในอาเซียน อินเดีย เนปาล ภูฏาน รวมไปถึงออสเตรเลียและนิวซีแลนด์อีกด้วย

เครือข่ายความร่วมมือนานาชาติด้าน Quantum Technology นั้นแสดงในรูปที่ 1.5 โดยประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นเครือข่ายสำคัญ เนื่องจากมีจำนวนเครือข่ายมากที่สุด คือ 9 เครือข่าย อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยมีจำนวนเครือข่ายประมาณ 1-3 เครือข่ายในแต่ละประเทศในทวีปเอเชียและยุโรปด้วย

สำหรับเครือข่ายความร่วมมือนานาชาติในด้าน Energy & Materials นั้นมีจำนวนเครือข่ายอยู่ประมาณ 39 เครือข่าย ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในแถบทวีปเอเชียและยุโรป ดังแสดงในรูปที่ 1.6 อย่างไรก็ตาม คณะกรรมการประเมินว่าจำนวนเครือข่ายที่มีอยู่จริงน่าจะมีมากกว่านี้ ซึ่งข้อมูลที่น่ามาเสนอนั้นเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ทาง สกสว. ได้มีการบันทึกไว้เท่านั้น เช่นเดียวกับเครือข่ายความร่วมมือทางด้าน Health & Medicine ที่มีจำนวนเครือข่ายที่ได้มีการบันทึกอยู่ในฐานข้อมูลของ สกสว. อยู่เพียงแค่ 33 เครือข่ายและมีการกระจุกตัวอยู่ที่ทวีปยุโรปและเอเชียเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1.7

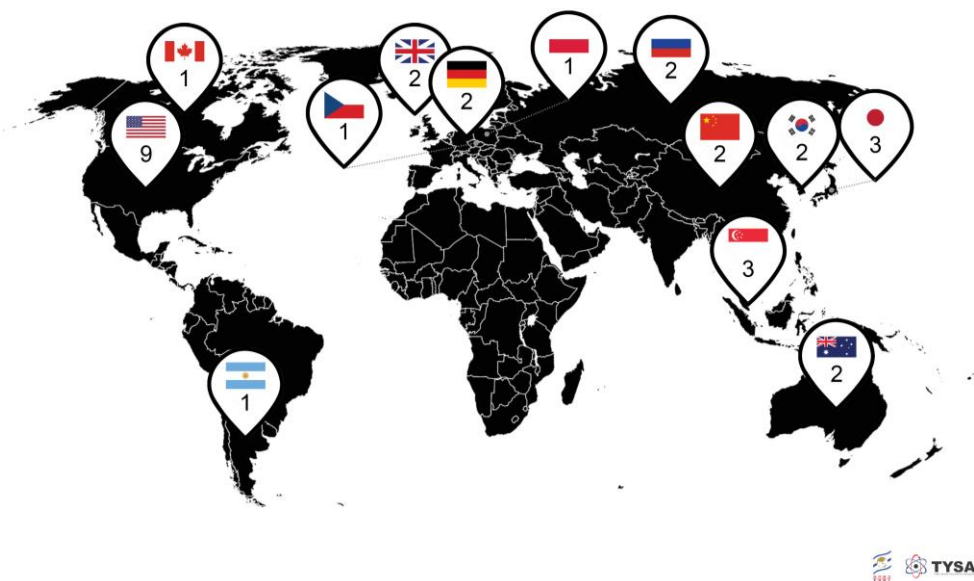
รูปที่ 1.8 แสดงเครือข่ายความร่วมมือนานาชาติทางด้าน Future Food ซึ่งประเทศไทยมีจำนวนเครือข่ายที่ได้มีการบันทึกไว้อยู่ประมาณ 32 เครือข่าย ซึ่งมีประเทศชั้นนำทางเทคโนโลยี คือ ประเทศญี่ปุ่น บราซิล และแคนาดา

Existing Earth-Space Technology Connections



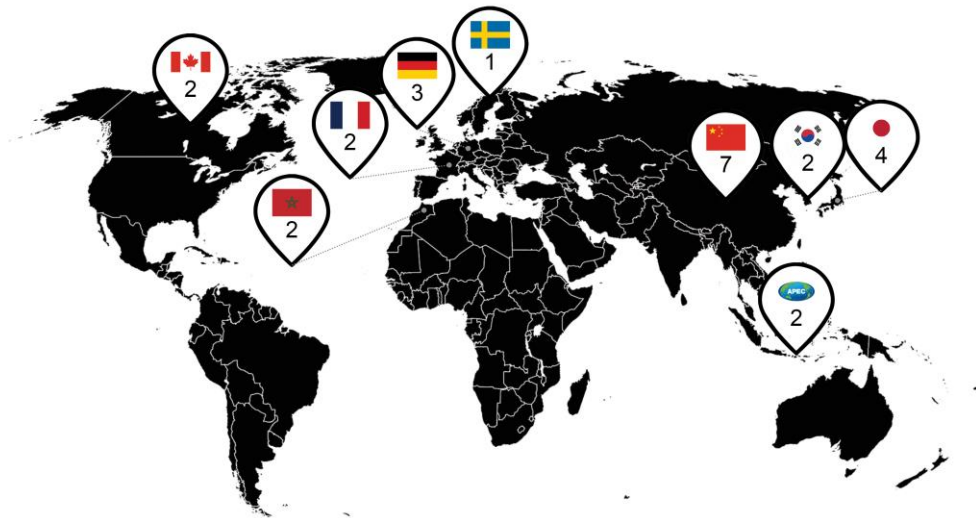
รูปที่ 1.4 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Earth-Space Technology

Existing Quantum Technology Connections



รูปที่ 1.5 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Quantum Technology

Existing Energy & Materials Connections



Note: There are additional 11 international groups that are not presented here



รูปที่ 1.6 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Energy & Materials

Existing Health & Medicine Connections



Note: There are additional 8 international groups that are not presented here



รูปที่ 1.7 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Health & Medicine

Existing Future Food Connections



Note: There are additional 12 international groups that are not presented here



รูปที่ 1.8 จำนวนเครือข่ายกับหน่วยงานต่างประเทศของหัวข้อ Future Food

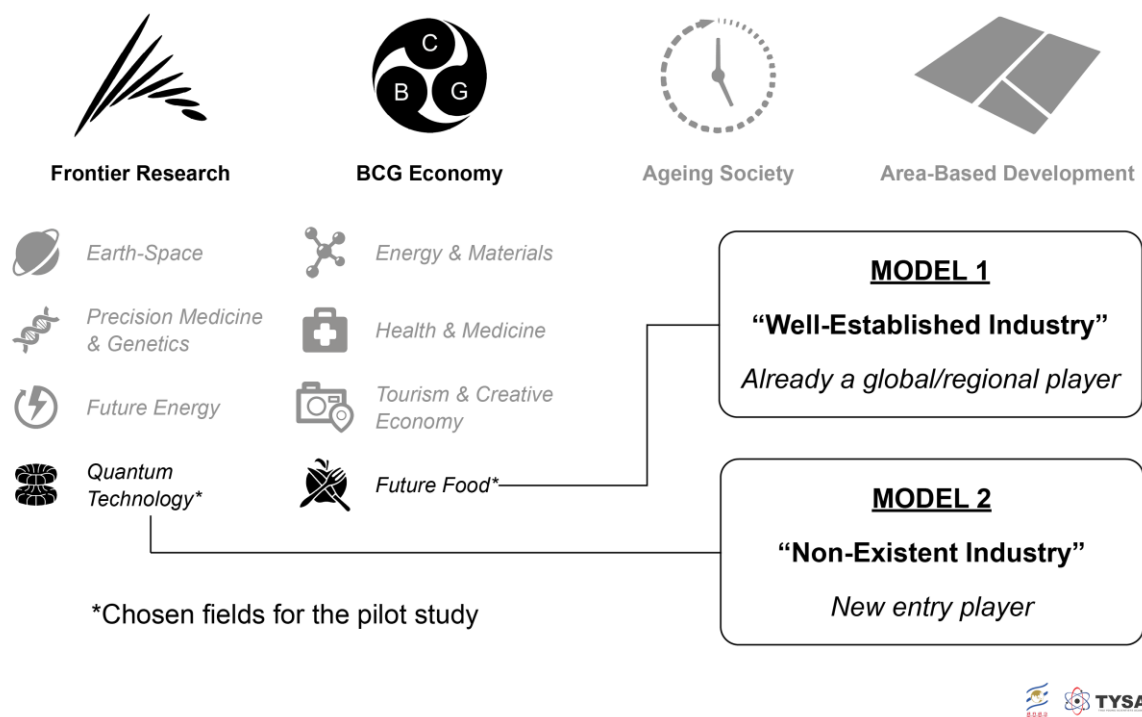
จากข้อมูลจำนวนเครือข่ายนานาชาติที่มีอยู่นั้นจะสังเกตเห็นได้ว่า ประเทศไทยมีเครือข่ายนานาชาติทางด้าน วรรณ. กับประเทศผู้นำของโลกในแต่ละเทคโนโลยี แต่จะมีจำนวนมากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับว่าประเทศไทยได้ส่งนักเรียนทุน หรือนักวิจัยไปศึกษาและทำวิจัยต่อในประเทศนั้น ๆ มากเพียงใด และในปัจจุบันอุตสาหกรรมในแต่ละหัวข้อนั้น ประเทศไทยได้พัฒนาไปในระดับไหน ดังนั้นคณะดำเนินโครงการเล็งเห็นว่าประเทศไทยมีศักยภาพและเครือข่ายนานาชาติที่สามารถติดต่อ ประสานงาน และขอความร่วมมือได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้คณะทำงานสามารถพัฒนาโมเดลเริ่มต้น ในการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงมีแนวทางในการเลือกหัวข้อย่อยเพื่อนำไปพัฒนาโมเดล ต่อไปดังแสดงในรูปที่ 1.9 คือ

Model 1 - “Well Established Industry” ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ประเทศไทยต้องการเพิ่มเติมต่อยอดจากเทคโนโลยีปัจจุบัน ซึ่งประเทศไทยมีอุตสาหกรรมที่มีเทคโนโลยีนั้น ๆ อยู่แล้ว แต่จำเป็นที่จะต้องรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีเพิ่มเติม เพื่อการแข่งขันและสร้างรายได้ให้กับประเทศอย่างยั่งยืนในอนาคต ดังนั้นคณะทำงานจึงเลือกหัวข้อ Future Food ในกลุ่ม BCG Economy เนื่องจากประเทศไทยมีอุตสาหกรรมอาหารขนาดใหญ่และตั้งเป้าไว้ว่าจะเป็นครัวของโลก

Model 2 - “Non-Existent Industry” ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ประเทศไทยยังมีความรู้ ความเข้าใจ และอุตสาหกรรมเกี่ยวกับ เทคโนโลยีนั้นน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีเลย แต่เป็นเทคโนโลยีที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ และจำเป็นต่อการแข่งขันของประเทศในอนาคต ดังนั้นคณะทำงานจึงเลือก Quantum Technology เนื่องจากประเทศไทยเพิ่งจะตื่นตัวและทำงานวิจัยเริ่มต้นทางด้านนี้ และยังไม่มียุทธศาสตร์หรือการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรม

โดยหัวข้อ Future Food และ Quantum Technology จะนำมาใช้เพื่อการสร้างโมเดลเริ่มต้น (Initial Models) ในการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีในโครงการระยะแรก (PHASE I) และผลที่ได้จากโมเดลเริ่มต้นนั้นจะถูกนำไปดำเนินการ ต่อยอดในระยะที่ 2 (PHASE II) และระยะที่ 3 (PHASE III) ต่อไป

Selected Areas for Initial Technology Transfer Model Development



รูปที่ 1.9 การเลือกหัวข้อการพัฒนา Technology Transfer Model ในระยะแรก (Phase I)

1.6 กรอบการดำเนินกิจกรรมในหัวข้อที่ได้รับการคัดเลือกในโครงการ

จากหัวข้อที่ได้รับการคัดเลือก (Future Food และ Quantum Technology) เพื่อนำไปพัฒนาสร้างโมเดลเริ่มต้นในการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีในโครงการระยะแรก (PHASE I) คณะทำงานมีกรอบในการดำเนินกิจกรรมหลักดังแสดงในรูปที่ 1.10 ดังต่อไปนี้

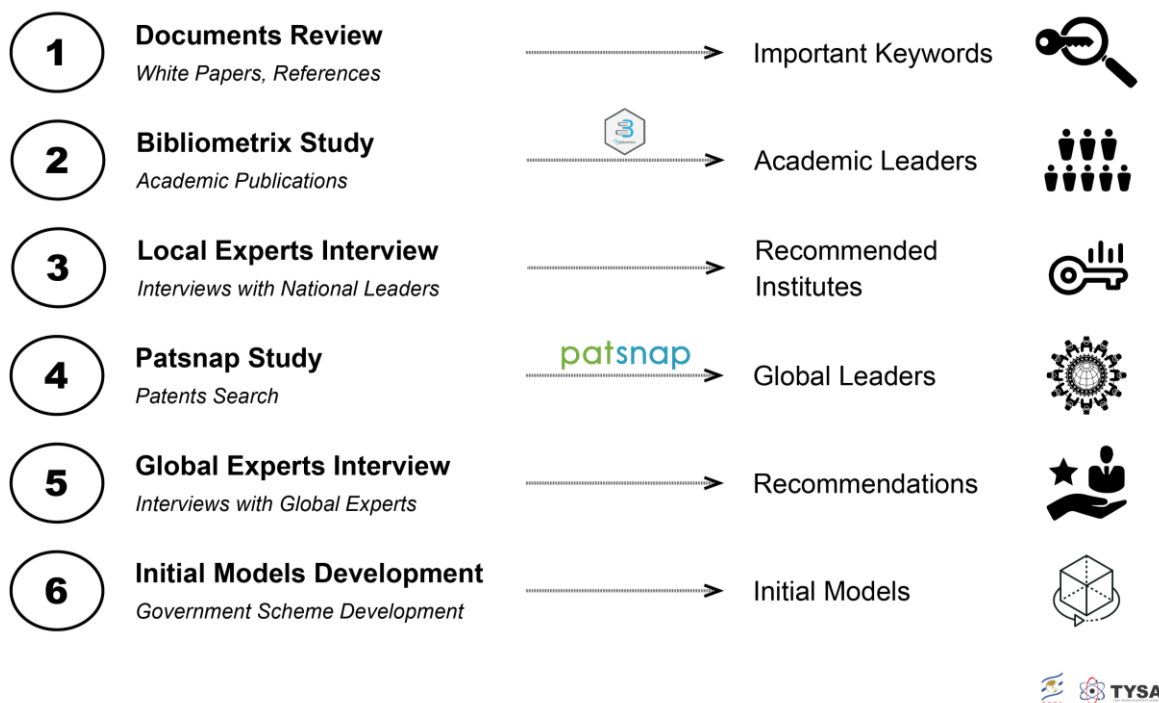
1. การทบทวนเอกสารสำคัญ (Documents Review) ซึ่งเป็นเอกสารที่ให้ข้อมูลพื้นฐาน ความสำคัญ แนวโน้ม และกิจกรรมหลักต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในและต่างประเทศเพื่อบริการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีในหัวข้อที่ได้รับการคัดเลือก โดยเอกสารสำคัญเหล่านี้จะมาจากแหล่งข้อมูลทั้งในและต่างประเทศ อาทิเช่น สมุดปกขาว (White Papers) หรือการคาดการณ์แนวโน้ม (Trends) หรือการมองการณ์ไกล (Foresights) เป็นต้น เพื่อให้ได้มาซึ่งคำสำคัญ (Important Keywords) ของแต่ละเทคโนโลยี

2. การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix) ซึ่งเป็นการใช้เครื่องมือรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวิชาการด้วย Open-Source Tool ที่มีชื่อว่า Bibliometrix โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลงานทางวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารและการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ เนื่องจากเป็นหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงผลผลิต (Output) และผู้นำ (Leaders) ในแต่ละเทคโนโลยีในระดับนานาชาติ อย่างไรก็ตามข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลที่น่าไปใช้ในเชิงปริมาณ (Quantity) และสถิติ (Statistics) ในมิติเชิงวิชาการเพื่อสืบค้นหาผู้นำทางด้านวิชาการ (Academic Leaders) ในระดับนานาชาติเท่านั้น ไม่ได้เป็นตัวบ่งชี้ว่าข้อมูลดังกล่าวจะสามารถระบุข้อมูลในมิติอื่น ๆ เช่น คุณภาพ (Quality) หรือการนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ (Commercialization) เป็นต้น

3. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ (Local Experts Interview) โดยคณะทำงานจะนำผลที่ได้จาก Bibliometrix ไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญหลาย ๆ กลุ่มในประเทศไทยที่มีประสบการณ์และมีส่วนร่วมในการวิจัยและพัฒนาในเทคโนโลยีนั้น ๆ จริง

เพื่อให้ได้มาซึ่งความเห็นและคำแนะนำเกี่ยวกับหน่วยงานชั้นนำระดับนานาชาติในแต่ละหัวข้อและสาขาของแต่ละเทคโนโลยี (Recommended Institutes) โดยเฉพาะในกลุ่มที่มหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยระดับโลก

PHASE I - Initial Models Development Process



รูปที่ 1.10 ขั้นตอนหลักในการพัฒนาโมเดลเริ่มต้นของ Technology Transfer Model ในระยะแรก (Phase I)

4. การสืบค้นสิทธิบัตร (Patsnap Study) ซึ่งคณะทำงานเล็งเห็นว่าจำนวนการครอบครองสิทธิบัตรเป็นหนึ่งในตัวบ่งชี้สำคัญถึงการเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีนั้น ๆ และเปิดกรอบการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีมากกว่าภาควิชาการไปสู่ภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นผู้เล่นสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีให้สามารถนำไปสู่เชิงพาณิชย์ได้ โดยคณะทำงานใช้เครื่องมือ Patsnap ในการสืบค้นภูมิทัศน์สิทธิบัตร (Patent Landscape) ของแต่ละหัวข้อเพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มผู้นำด้านเทคโนโลยีระดับโลก (Global Leaders)

5. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ (Global Experts Interview) คณะทำงานตระหนักเป็นอย่างดีว่าการสืบค้นข้อมูลทั้งจาก Bibliometrix และ Patsnap นั้นเป็นเพียงแค่หลักฐานเชิงประจักษ์ที่สามารถนำมาใช้อ้างอิงได้ แต่ข้อมูลดังกล่าวไม่จำเป็นที่จะต้องสะท้อนถึงความเป็นจริงที่เกิดขึ้น ดังนั้นคณะทำงานจึงมีความจำเป็นที่จะต้องขอคำแนะนำจากกลุ่มผู้นำในด้านเทคโนโลยีนั้น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเชิงลึก และแนวทางในการที่ประเทศไทยจะเริ่มวิจัยและพัฒนาหรือรับและถ่ายทอดเทคโนโลยี

6. การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยี (Initial Models Development) คณะทำงานจะนำข้อมูลที่ได้รับจากกระบวนการ 1-5 มาวิเคราะห์เพื่อให้ได้มาซึ่งโมเดลต่าง ๆ ในการที่ประเทศไทยจะดำเนินการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีในแต่ละหัวข้อ

ในบทที่ 2 นั้นจะเป็นข้อมูลสรุปการดำเนินกิจกรรมหลักเพื่อพัฒนาโมเดลเริ่มต้นในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีในหัวข้อ Quantum Technology และในบทที่ 3 จะนำเสนอกิจกรรมหลักเพื่อการพัฒนาโมเดลเริ่มต้นในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีในหัวข้อ Future Food

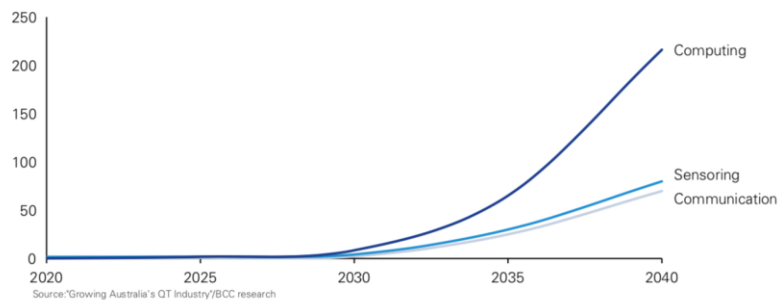
2. Quantum Technology

2.1 การสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

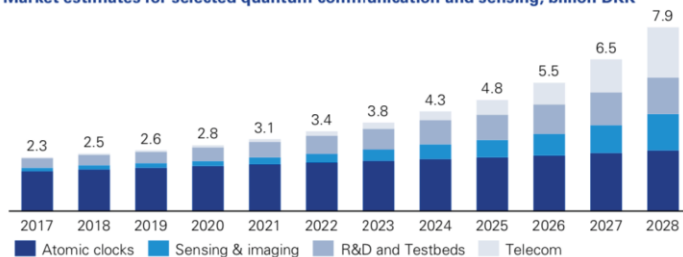
คณะทำงานได้ดำเนินการสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลข้อมูลพื้นฐาน ความสำคัญ แนวโน้ม และกิจกรรมหลักต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นทั้งในและต่างประเทศเพื่อวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม แล้วมีข้อมูลสำคัญหลัก ๆ คือ แนวโน้มทางด้านมูลค่าทางการตลาดระดับโลกของเทคโนโลยีนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นการคาดการณ์ว่าเทคโนโลยีควอนตัมจะมีแนวโน้มในการสร้างมูลค่าทางการตลาดได้สูงถึง 65 พันล้านเหรียญสหรัฐ (2.1 ล้านล้านบาท) ในปี ค.ศ. 2540 หรือประมาณ 10% ของ GDP ประเทศไทยในปัจจุบัน ซึ่งถือว่ามีมูลค่าสูงมาก และมีแนวโน้มที่จะมีมูลค่าสูงขึ้นอีกมหาศาล โดยเฉพาะในกลุ่มของ Quantum Computing

Global Quantum Technology Market

Estimates of the market size for each technology, billion DKK



Market estimates for selected quantum communication and sensing, billion DKK



Source: Quantum Technology in Denmark



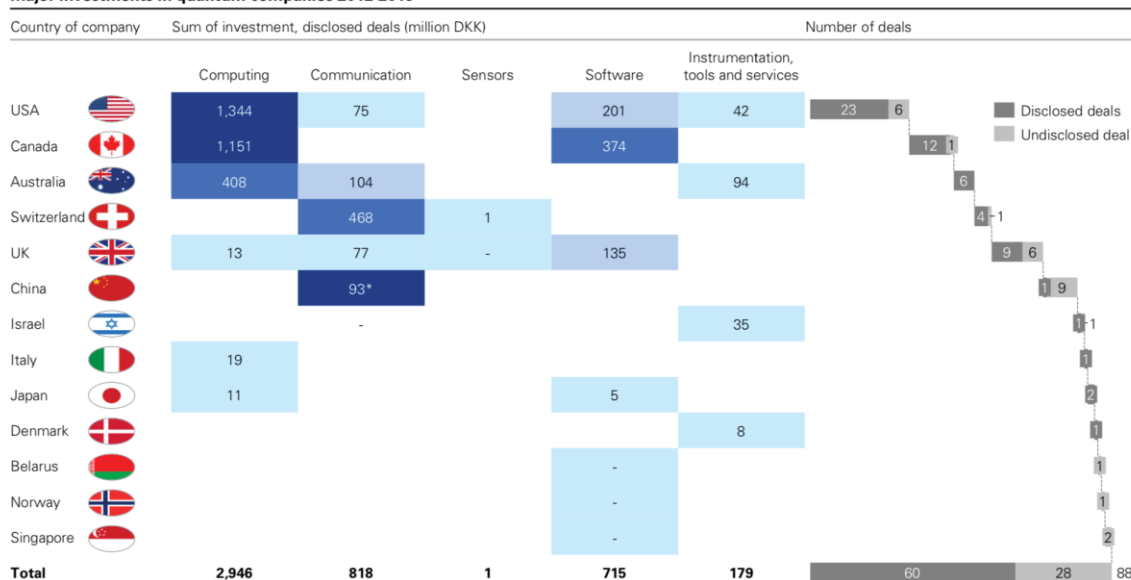
**“Estimated
Quantum
Technology
Global Market Size
~65 Billion USD
in 2040”**

รูปที่ 2.1 แนวโน้มตลาดระดับโลกของเทคโนโลยีควอนตัม [1]

ซึ่งการคาดการณ์นี้ไม่ได้เป็นเพียงมาจากการคำนวณหรือคาดเดาแต่มีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สำคัญ คืองบประมาณการลงทุนของแต่ละประเทศในเทคโนโลยีนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 โดยประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นผู้นำหลักในการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม อย่างไรก็ตามตัวเลขการลงทุนที่วัดได้นั้นอาจไม่ได้สะท้อนถึงงบการลงทุนจริง เนื่องจากประเทศจีนไม่ได้เปิดเผยตัวเลขการลงทุนในเทคโนโลยีนี้ แต่เป็นที่รู้กันในวงการและผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศว่าประเทศจีนนั้นเป็นหนึ่งในผู้นำทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของโลกแข่งขันกับประเทศสหรัฐอเมริกา จากข้อมูลที่แสดงในรูปนั้นจะสังเกตเห็นได้ชัดว่าตัวเลขการลงทุนในด้าน Quantum Computing นั้นสูงสุดและสอดคล้องกับการคาดการณ์มูลค่าทางการตลาดอย่างเห็นได้ชัด

Global Quantum Technology Investments

Major investments in quantum companies 2012-2018



Source: Quantum Technology in Denmark



รูปที่ 2.2 การลงทุนในสาขาหลักของเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศต่าง ๆ [1]

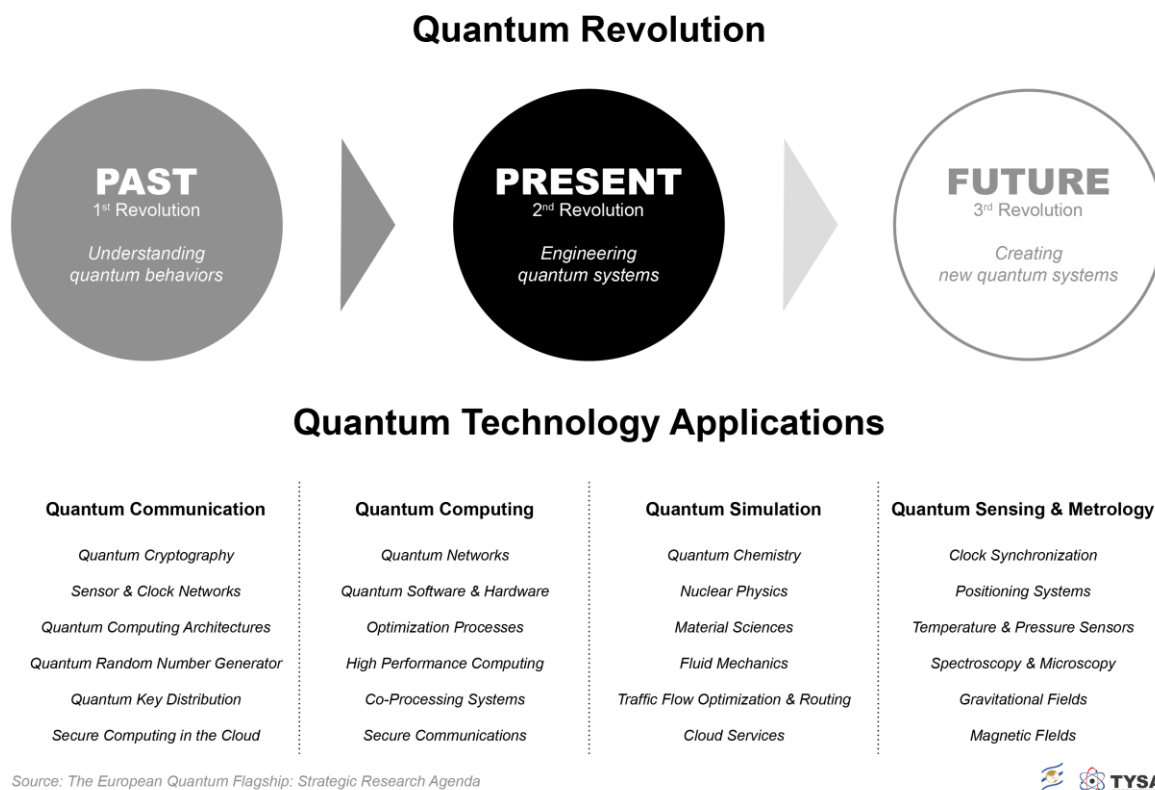
นอกจากข้อมูลทางด้านการตลาดแล้ว ข้อมูลสำคัญที่คณะทำงานสรุปไว้ว่าเป็นหัวใจสำคัญและเป็นหัวข้อหลักในการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมนั้นแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งแบ่งออกเป็นช่วงการปฏิบัติเทคโนโลยีอยู่สามช่วงและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอยู่ 4 หัวข้อหลัก ดังต่อไปนี้

1. การปฏิบัติเทคโนโลยีในอดีต (PAST) ซึ่งเป็นการค้นพบปรากฏการณ์ประหลาดที่เกิดขึ้นในระดับควอนตัมและเป็นการสร้างทฤษฎีและการทดลองมาเพื่อพิสูจน์ทราบถึงความเป็นจริงที่เกิดขึ้นในระดับนี้
 2. การปฏิบัติเทคโนโลยีในปัจจุบัน (PRESENT) ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีต่าง ๆ ในระดับควอนตัมมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือสร้างประโยชน์ในมิติต่าง ๆ หรือเป็นการดำเนินการด้านวิศวกรรมศาสตร์ระบบควอนตัม เพื่อให้สามารถปรับใช้ศักยภาพของปรากฏการณ์หรือทฤษฎีทางด้านควอนตัมมาเป็นการนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง และกำลังเป็นยุคที่เรากำลังเผชิญอยู่ในปัจจุบัน
 3. การปฏิบัติเทคโนโลยีในอนาคต (FUTURE) ซึ่งจะเป็นการสร้างสรรค์ระบบควอนตัมต่าง ๆ ที่ยังไม่สามารถดำเนินการได้ในปัจจุบัน แต่สามารถต่อยอดใช้พื้นฐานหรือเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบันให้สามารถใช้เทคโนโลยีควอนตัมได้เต็มศักยภาพ
- คณะทำงานได้สังเคราะห์กลุ่มการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควอนตัม (Quantum Technology Applications) ที่ใช้ในปัจจุบันและสามารถต่อยอดได้ในอนาคตออกเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. Quantum Communications
2. Quantum Computing
3. Quantum Simulation

4. Quantum Sensing & Metrology

โดยตัวอย่างของการนำไปใช้ประโยชน์ของแต่ละหัวข้อนั้นได้แสดงภายใต้หัวข้อย่อยดังแสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.3 การปฏิบัติและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควอนตัม [2]

อย่างไรก็ตาม คณะทำงานได้วิเคราะห์จากกลุ่มเอกสารสำคัญและข้อมูลที่เกี่ยวข้องแล้วเล็งเห็นว่า คำสำคัญที่ควรนำไปใช้สืบค้นการวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix) นั้นไม่ควรจะจำกัดแค่ในกลุ่ม Quantum Technology Applications เพียงแค่ 4 หัวข้อด้านบน แต่ควรจะต้องดึงคำสำคัญอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีควอนตัมมาพิจารณาด้วย โดยเฉพาะคำสำคัญที่บ่งชี้ถึงเทคโนโลยีหลัก เพื่อให้ครอบคลุมภูมิภาพจำเป็นสำหรับการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม ดังแสดงในรูปที่ 2.4

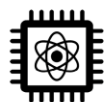
Important Keywords



Quantum Hardware



**Quantum Software
& Algorithm**



Quantum Computing



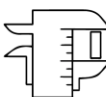
Quantum Simulation



Quantum Information



Quantum Communication



Quantum Metrology



Quantum Sensing



รูปที่ 2.4 คำสำคัญของเทคโนโลยีควอนตัม [3-21]

2.2 การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix)

คณะทำงานได้หาหรือผู้เชี่ยวชาญทำให้มีการปรับปรุงขอบเขตการวิเคราะห์บรรณมิติสำหรับหัวข้อ Quantum Technology เพื่อให้ได้คำสำคัญที่สอดคล้องกับแนวโน้มการศึกษา Quantum Technology ในปัจจุบัน และให้ครอบคลุมขอบเขตการศึกษาที่สำคัญอย่างครบถ้วน โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ 8 กลุ่มย่อย จากหัวข้อย่อยดังกล่าว คณะทำงานได้สืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล Scopus ซึ่งมีข้อมูลรวมทั้งหมด 124,129 บทความ ดังต่อไปนี้

1. Quantum Computing
 - Quantum Hardware
 - Quantum Software and Algorithm
 - Quantum Computing
2. Quantum Simulation
 - Quantum Simulation
3. Quantum Information
 - Quantum Information, Quantum Theory, Quantum Dynamics
4. Quantum Communication
 - Quantum Communication
5. Quantum Metrology and Sensing
 - Quantum Metrology

- Quantum Sensing

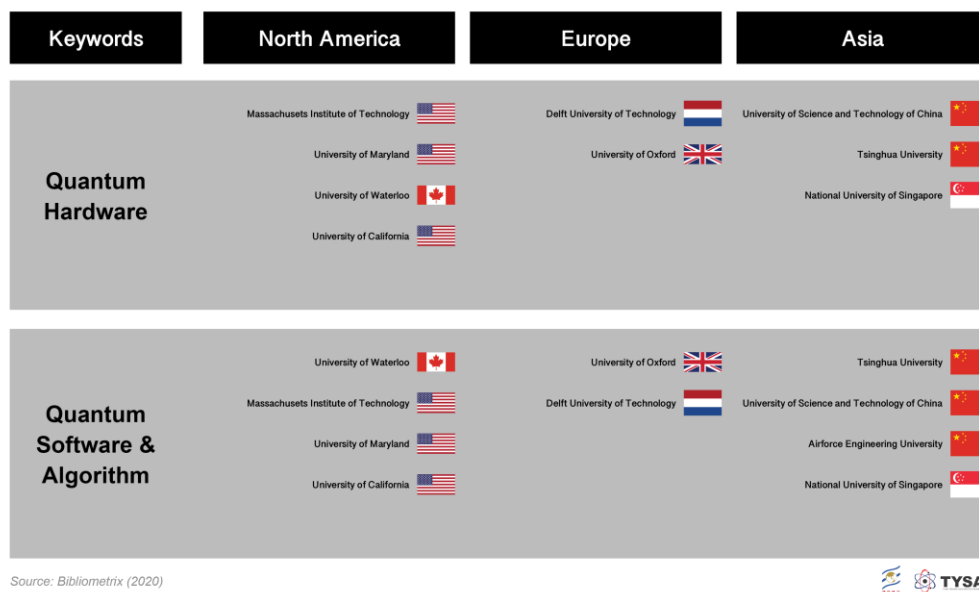
อย่างไรก็ตามคณะทำงานได้ปรับคำสำคัญที่ใช้ในการค้นหา (Search Terms) ออกเป็น 8 หัวข้อ ดังตารางที่ 2.1 เพื่อให้เหมาะสมกับคำสำคัญที่นิยมใช้ในวงการตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 2.1 ชุดคำสำคัญที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลเพื่อวิเคราะห์บรรณมิติหัวข้อ Quantum Technology

หัวข้อ	ชุดคำสำคัญ
Quantum Hardware	quantum hardware, quantum device*, quantum circuit, quantum processor, quantum register, quantum annealer, superconducting qubits, quantum LC circuit, solid-state qubits, semiconductor qubits, ion-trap qubits topological qubits, integrated quantum photonics, optical waveguides, quantum dots
Quantum Software and Algorithm	quantum software, quantum cod*, quantum program*, quantum algorithm*, quantum protocol, Qiskit, Q sharp, quantum cloud computing, quantum supremacy, quantum machine learning, quantum-inspired algorithms, machine learning for quantum physics, quantum variational optimization
Quantum Computing	quantum comput*, quantum supremacy, quantum error correction, quantum annealer, quantum automata, quantum automaton, quantum clon* machine*, quantum circuit, quantum gates, logical qubits, fidelity, quantum coherence, tomography, linear optical quantum computing, cluster state, integrated quantum photonics, waveguide, superposition, quantum circuits design
Quantum Simulation	quantum simulat*, qubit*, quantum bit*, quantum simulator*, quantum annealers, solid-state qubits, superconducting qubits, ion-trap qubits, quantum machine learning, photonic qubits, QSAM, tensor networks methods for many-body quantum physics, quantum variational optimization
Quantum Information	quantum information*, von Neumann mutual information, quantum mutual information, quantum fisher information, quantum information geometry, quantum theory, quantum dynamics, decoherence, quantum classical transition, quantum open system, quantum trajectory, quantum stochastic, unitary evolution, quantum evolution, fidelity, quantum, Shannon entropy, von Neumann entropy, Renyi entropy, Quantum control theory, quantum feedback, quantum random walk

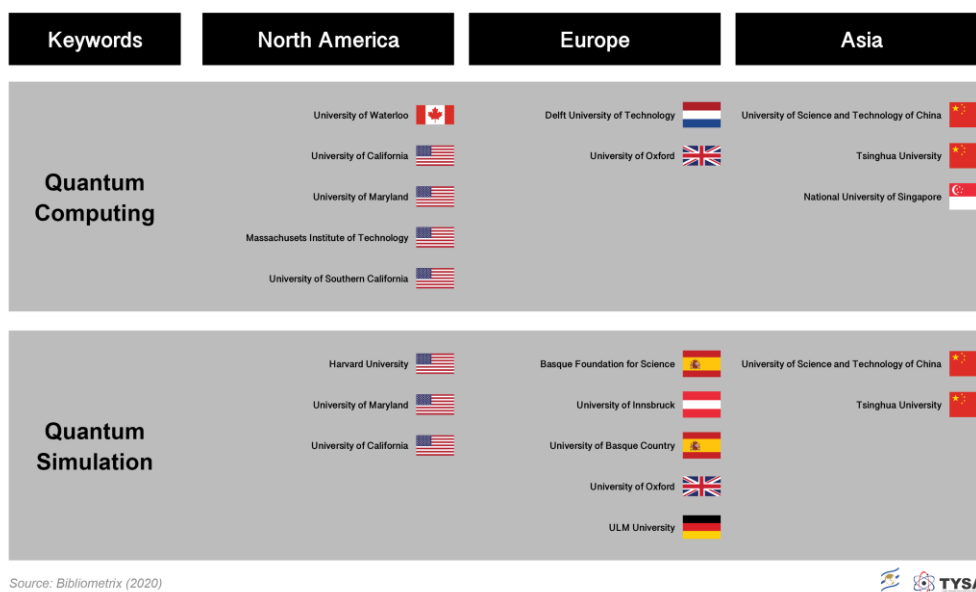
Quantum Communication	quantum communications, quantum key distribution, QKD, quantum random number generator, QRNG, quantum repeaters, quantum memory, quantum internet, quantum network, light-matter interface, entanglement, hyper-entanglement, no-cloning, quantum protocol, BB84, B92, E91, EPR, QBER, security proof, qubit errors rate, quantum teleportation, Bell states, local Bell measurement, Bell's inequality, CHSH inequality, quantum correlation, separable states, quantum channel, quantum dense coding, integrated quantum photonics, optical waveguides, silicon photonics, single photon sources, single photon detector*, superconducting single photon detector*, superconducting nanowire photon detectors, photonic lantern, non-linear optics
Quantum Metrology	quantum metrology, quantum clocks, atomic clocks, spin-qubit, magnetometer, gravimeter, clock transitions, quantum measurement, quantum state estimation, Heisenberg limit, shot noise, Cramer-Rao bound, quantum noise

Quantum Technology Bibliometrix Results



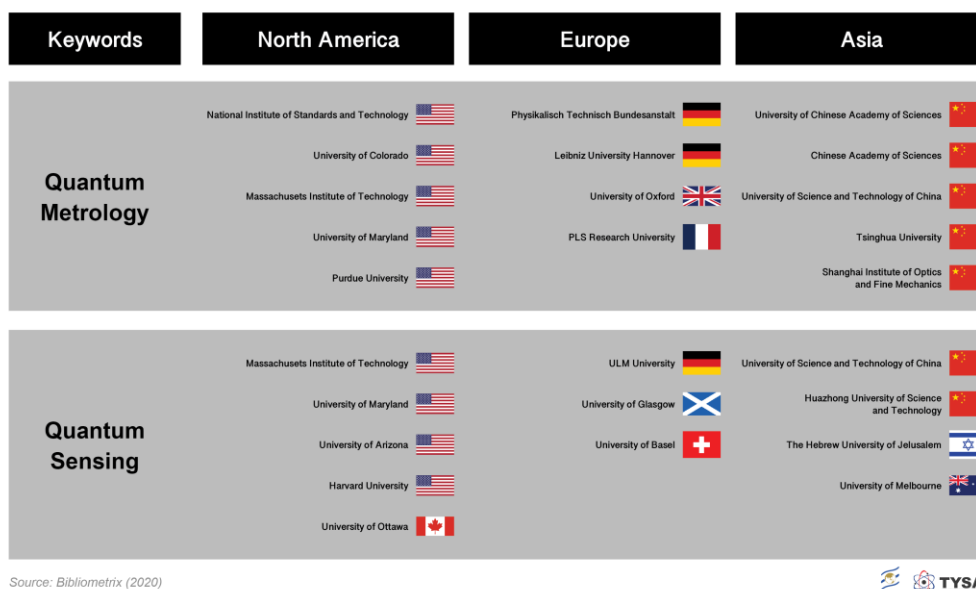
รูปที่ 2.5 ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Hardware และ Quantum Software & Algorithm

Quantum Technology Bibliometrix Results



รูปที่ 2.6 ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Computing และ Quantum Simulation

Quantum Technology Bibliometrix Results



รูปที่ 2.7 ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ด้วยคำสำคัญ Quantum Metrology และ Quantum Sensing

รูปที่ 2.5-2.7 แสดงผลการวิเคราะห์บรรณมิติในหัวข้อ Quantum Technology ที่ปรับแก้ชุดคำสำคัญตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้เครื่องมือ Most Relevant Affiliations และ Most Cited Countries ของโปรแกรม Bibliometrix ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ก่อนการปรับปรุงจะเห็นว่า หน่วยงานที่มีจำนวนผลงานวิจัยด้าน Quantum Technology เป็นจำนวนมาก และผลงานวิจัยถูกอ้างอิงมากก็ยังเป็น 2 ประเทศมหาอำนาจทางด้านเทคโนโลยี คือ สหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นมหาอำนาจเดิม และสาธารณรัฐประชาชนจีนซึ่งเป็นมหาอำนาจใหม่ที่กำลังก้าวขึ้นมาเป็นผู้นำทางเทคโนโลยี ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยส่วนใหญ่จะอยู่ในมหาวิทยาลัยชั้นนำ มหาวิทยาลัยขนาดใหญ่ หรือมหาวิทยาลัยที่ตั้งอยู่ในเมืองหลวง เช่น Massachusetts Institute of Technology, Harvard University, University of California, University of Maryland, Tsinghua University, University of Science and Technology of China ซึ่งแสดงนัยว่าการศึกษาเทคโนโลยีแนวหน้าเหล่านี้จะดำเนินการโดยสถาบันชั้นนำที่มีความเชี่ยวชาญสูง สถาบันขนาดใหญ่ที่มีงบประมาณเพียงพอ หรือสถาบันที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่สามารถทำวิจัยร่วมหรือทำวิจัยเพื่อสนองความต้องการของหน่วยงานภาครัฐและบริษัทเอกชน

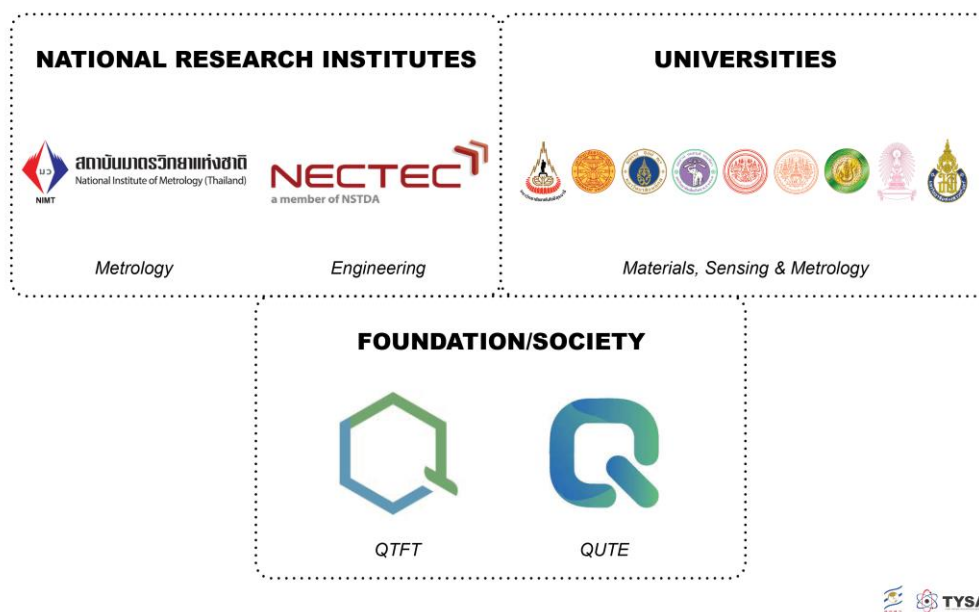
นอกจาก 2 ประเทศยักษ์ใหญ่ทางเทคโนโลยีแล้ว ในทวีปอเมริกาเหนือยังมีประเทศแคนาดา โดย University of Waterloo, University of Toronto และ University of Ottawa ที่ดำเนินการครอบคลุมเกือบทุกด้านยกเว้น Quantum Simulation และ Quantum Technology ส่วนทวีปเอเชีย ก็มี National University of Singapore ของสาธารณรัฐสิงคโปร์ที่เชี่ยวชาญทั้งด้าน Quantum Computing, Quantum Information และ Quantum Communication ส่วนในทวีปยุโรป จะมี 2 ประเทศสำคัญคือ สหราชอาณาจักร โดย University of Oxford, University of Bristol และ University of Glasgow ซึ่งมีความเชี่ยวชาญในสาขาที่แตกต่างกัน และสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี โดย ULM University ที่เชี่ยวชาญด้าน Quantum Simulation และ Quantum Sensing และ Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) ซึ่งเป็นสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติของสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี และ Leibniz University Hannover เชี่ยวชาญด้าน Quantum Metrology นอกจากนี้ยังมี Delft University of Technology ในราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ ที่มีความเชี่ยวชาญด้าน Quantum Computing ในทุกแขนง และ Basque Foundation for Science และ University of Basque Country ที่เชี่ยวชาญด้าน Quantum Simulation

ผลการวิเคราะห์บรรณมิติข้างต้นชี้ให้เห็นว่า ประเทศที่มีความเชี่ยวชาญเชิงวิชาการในหัวข้อ Quantum Technology คือ สหรัฐอเมริกา สาธารณรัฐประชาชนจีน สหราชอาณาจักร สาธารณรัฐสิงคโปร์ ประเทศแคนาดา สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ราชอาณาจักรเนเธอร์แลนด์ และราชอาณาจักรสเปน โดยมีความเชี่ยวชาญในสาขาที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์บรรณมิติเพียงอย่างเดียวอาจจะยังไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงความเชี่ยวชาญและศักยภาพของประเทศนั้น ๆ ในด้าน Quantum Technology ได้ ยังต้องนำไปพิจารณาร่วมกับผลการวิเคราะห์ฐานข้อมูลทรัพย์สินทางปัญญาที่จะชี้ให้เห็นถึงสถิติการจดสิทธิบัตรของแต่ละประเทศ ซึ่งจะนำมาสู่ข้อมูลของบริษัทเอกชนที่มีความเข้มแข็งในแต่ละแขนงของ Quantum Technology

2.3 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ

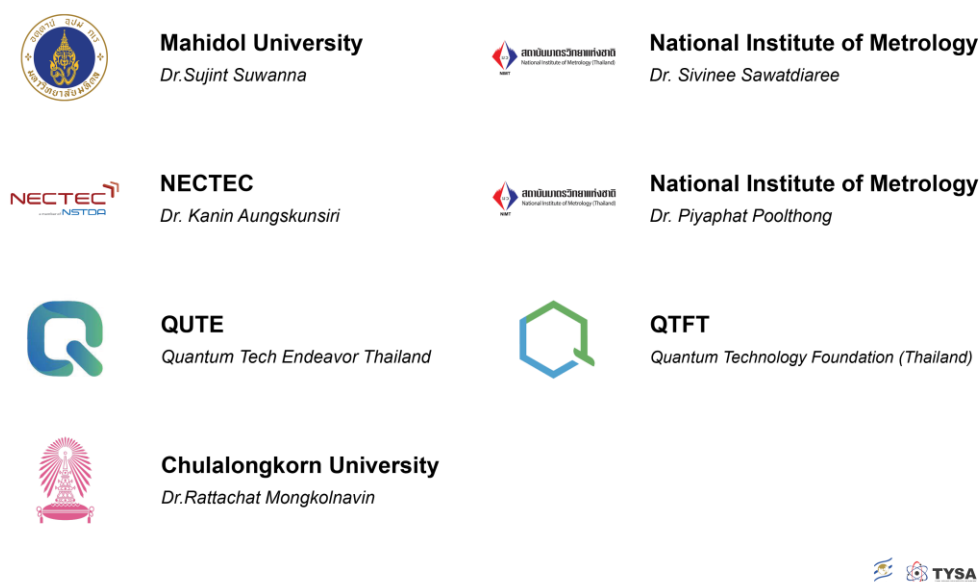
ในการดำเนินการสัมภาษณ์กลุ่มวิจัยที่มีการดำเนินงานวิจัยด้านเทคโนโลยี ควอนตัมในประเทศไทยอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้เกิดการมองเห็นมุมมองของผู้เชี่ยวชาญที่มีบทบาทการดำเนินงานในองค์กรที่แตกต่างกัน จึงได้ทำการแบ่งกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในการสัมภาษณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และมีรายนามผู้เชี่ยวชาญจากแต่ละกลุ่มที่ให้สัมภาษณ์ดังแสดงในรูปที่ 2.9

National Key Leaders in Quantum Technology



รูปที่ 2.8 กลุ่มผู้นำทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศไทย

Interviewed Experts



รูปที่ 2.9 กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยที่ให้ข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับเทคโนโลยีควอนตัม

1. สถาบันวิจัยแห่งชาติ

จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากมหาวิทยาลัยแห่งชาติ ซึ่งปัจจุบันองค์กรมีภาระหน้าที่และแผนการพัฒนานาฬิกาอะตอมของประเทศ และมีความร่วมมือด้านเทคโนโลยีทางด้านควอนตัมกับต่างประเทศ ได้แก่ National University of Singapore รวมถึงมีความสัมพันธ์การทำงานที่ดีกับประเทศเยอรมันและญี่ปุ่น ทางผู้เชี่ยวชาญได้ให้มุมมองเกี่ยวกับข้อมูล เทคโนโลยีควอนตัมว่าปัจจุบันได้มีการแตกแขนงไปมากมาย ซึ่งนำไปสู่การใช้งานสำหรับภาครัฐจะต้องมีเป้าหมายที่ตอบโจทย์ที่ชัดเจนเช่นในเรื่องของความปลอดภัย (Security) อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีว่าการวิจัยและพัฒนาจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงแต่ทรัพยากรภายในประเทศมีจำกัด การสร้างความสัมพันธ์ร่วมมือวิจัยกับประเทศผู้นำเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งจำเป็นโดยอาศัยความสัมพันธ์ในเชิงวิทยาศาสตร์จากหน่วยงานมหาวิทยาลัย หน่วยงานวิจัยเฉพาะทาง แต่จำเป็นต้องศึกษาการกำหนดทิศทางการวิจัยควอนตัมของประเทศนั้น ๆ ด้วย รวมทั้งควรคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ ซึ่งถือว่าเป็นเรื่องละเอียดอ่อนที่จำเป็นต้องนำมาพิจารณา เช่นประเทศสหรัฐอเมริกาและจีนจะมีการทำวิจัยทางด้านการทหาร จึงไม่ค่อยมีการเปิดเผยชัดเจนซึ่งจะแตกต่างจากทีมวิจัยจากฝั่งยุโรป ดังนั้นหากต้องการเข้าถึงการสร้างความร่วมมือเครือข่ายงานวิจัยกับหน่วยงานชั้นนำจำเป็นต้องสร้างความสัมพันธ์ระดับบุคคล เช่น ลูกศิษย์ อาจารย์ เนื่องจากจะเป็นการพิสูจน์ตัวเองให้อีกฝ่ายรับรู้ ก่อนพัฒนาไปสู่ระดับหน่วยงาน

สำหรับมุมมองต่อหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องภายในประเทศนั้น ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นว่าเทคโนโลยีควอนตัมในปัจจุบันยังอยู่ในขั้นตอนวิจัย และเป็นการยากที่จะเกิดการ Transfer Technology ขึ้น และในปัจจุบันจะเป็นการสร้างความร่วมมือทางการวิจัยร่วมกันมากกว่า นอกจากนี้หน่วยงานสนับสนุนของภาครัฐที่เกี่ยวข้อง เช่น สกสว. ควรร่วมมือกับ PMU-B และ PMU-C ในการวางแผน Global Partnership รวมถึงการแบ่งระดับของเทคโนโลยีแต่ละส่วน เพื่อวิเคราะห์แนวทางการสนับสนุนที่แตกต่างกันออกไป รวมทั้งควรสนับสนุนให้เกิดการร่วมมือกันทำงานทั้งจากสถาบันวิจัยของประเทศ มหาวิทยาลัย และเอกชน

ในส่วนของคุณข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ซึ่งปัจจุบันได้มีการดำเนินงานวิจัยวิศวกรรมควอนตัม (Quantum Engineering) สำหรับด้านการประมวลผล การสื่อสาร และระบบการตรวจวัด ภายใต้แผนพัฒนาด้าน Frontier Research ของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ซึ่งได้มีการให้มุมมองจากข้อมูลที่คุณทำงานได้รวบรวมนำเสนอว่า ทีมวิจัยด้านควอนตัมเทคโนโลยีจากหน่วยงานภายในประเทศไทยจะมุ่งเน้นงานทางด้านวัสดุ ระบบวัด และเซนเซอร์ ซึ่งจะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้เป็นหลัก แต่ยังไม่ได้มองไปที่ปลายทาง สำหรับการใช้งานที่ชัดเจน รวมถึงการสร้างผลิตภัณฑ์และการรองรับจากภาคเอกชน ซึ่งหากพิจารณาแผนการพัฒนา ด้านเทคโนโลยีควอนตัมของบริษัทต่างประเทศเช่น IBM จะพบว่าในระยะเวลาอันใกล้จะมีการนำเทคโนโลยีควอนตัมเข้ามาให้บริการ ผ่านภายใต้ Cloud เช่นในด้าน Natural Science และ Finance เป็นต้น ดังนั้นในปัจจุบันการเตรียมความพร้อมในการรองรับ เทคโนโลยีควอนตัมที่จะเข้ามาในอนาคตจากต่างประเทศเพื่อนำมาใช้งานต่อยอดจึงเป็นเรื่องสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะของผู้ใช้งาน ซึ่งในประเทศไทยจะมีกลุ่มวิจัยจาก QuTE และ QTFT ที่มีเริ่มมีการทำงานวิจัยร่วมกับทางภาคเอกชนแล้ว

นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญจากทั้งสองหน่วยงานได้ให้ความเห็นไปในทางเดียวกันเกี่ยวกับผลวิเคราะห์สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญที่คุณทำงานรวบรวมนำเสนอ โดยให้ข้อสังเกตถึงการไม่พบชื่อของหน่วยงานชั้นนำบางหน่วยงาน น่าจะเกิดจากปัจจุบันเทคโนโลยีควอนตัมมีการพัฒนาแตกแขนงไปอย่างหลากหลายจึงทำให้ Keywords บางส่วนกว้างเกินไป เช่น Quantum Metrology จะแทบไม่มีอยู่ในผลงานตีพิมพ์แล้ว ในขณะที่ Keywords ที่จำเพาะและใหม่ยังมีจำนวนการตีพิมพ์ที่ไม่มากนักทั้งนี้ในบางประเทศที่พบว่ามียอดสูงอาจมาจากผลของจำนวนผลงานตีพิมพ์ที่มีจำนวนมากแต่งานเหล่านั้นเกิดผลกระทบทางองค์ความรู้ค่อนข้างน้อย ในขณะที่บางประเทศ เช่น ญี่ปุ่น กลับไม่มีชื่อปรากฏอยู่ในเอเชีย ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการตีพิมพ์แค่ภายในประเทศและทำงานร่วมกับอุตสาหกรรมเป็นหลัก

2. มหาวิทยาลัย

การสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีควอนตัมจากมหาวิทยาลัย โดยผู้เชี่ยวชาญจากกลุ่มที่รับทุนอุดหนุนวิจัยด้านเทคโนโลยีควอนตัม จากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา

การวิจัย และสร้างนวัตกรรม (บพค.) ในการพัฒนาระบบนิเวศแบบบูรณาการสำหรับการวิจัยทางเทคโนโลยีควอนตัมระดับประเทศ และการวิจัยนำร่องสำหรับศูนย์การเซนเซอร์ควอนตัม โดยมีแนวทางการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมในด้านต่างๆ ได้แก่ Quantum Metrology/Sensor, Quantum Communication, Solid-State Quantum Computer, Theoretical and Algorithm, Human and Business Development, Public Awareness ที่สอดคล้องตามที่ระบุไว้ในข้อเสนอแผนงานสำคัญ (Flagship) ของประเทศในปี 2563 เป็นหลัก ทั้งนี้ในส่วนของผลวิเคราะห์สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญที่คณะทำงานรวบรวม นำเสนอทางกลุ่มผู้เชี่ยวชาญพบว่า Keywords บางคำยังไม่ครบถ้วนจึงทำให้บางสถาบันไม่ปรากฏชื่อ และผลลัพธ์ยังไม่สะท้อนความจริงในบางหัวข้อ จึงได้มีการปรับปรุงข้อมูล Keywords เพิ่มเติมเพื่อให้การวิเคราะห์ครอบคลุมขึ้น พร้อมกับการให้ข้อมูล เครือข่ายวิจัยจากต่างประเทศเพิ่มเติมกับคณะทำงานเพื่อนำไปปรับปรุงในขั้นต่อไป

นอกจากนี้ทางคณะทำงานได้ทำการสัมภาษณ์เพื่อขอความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในการวางแผน Technology Transfer Roadmap (รศ. ดร.รัฐชาติ มงคลนาวิน) ในการนำข้อมูลที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญต่าง ๆ มาใช้เป็นแนวทางในการวางแผน Technology Transfer Roadmap ในโครงการนี้ ซึ่งทางผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อคิดเห็นถึงการจัดทำแผนดำเนินงานด้านความร่วมมือจำเป็นต้องคำนึงถึงแผนการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศด้วย อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อมูลการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศไทยมีอยู่จำกัด การศึกษาข้อมูลร่วมกับภาคส่วนอื่นๆจึงมีความจำเป็น โดยเฉพาะความต้องการที่แท้จริงของด้านเทคโนโลยีควอนตัมจากภาคเอกชนในประเทศ รวมถึงการศึกษา Technology Roadmap จากต่างประเทศเพื่อนำมาวิเคราะห์ขีดความสามารถที่มีอยู่ในปัจจุบันว่าอยู่ในตำแหน่งไหนเมื่อเทียบกับต่างประเทศ และนำไปวิเคราะห์เพื่อสามารถระบุช่องว่างทางเทคโนโลยีที่มีอยู่ในตอนนี้ เพื่อนำไปสู่การออกแบบ Milestone ที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญต้องระวังข้อมูลที่เกิดจากความสนใจส่วนบุคคล ควรมุ่งเน้นให้ความสนใจในเทคโนโลยีที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์และส่งผลกระทบต่อประเทศได้อย่างแท้จริง นอกจากนี้ยังได้ให้ข้อสังเกตถึงผลการวิเคราะห์บรรณมิติที่คณะทำงานได้นำเสนอมานั้นสามารถที่จะช่วยบ่งบอกแนวโน้มและทิศทางของเทคโนโลยีในระดับโลก แต่ยังไม่สามารถช่วยระบุกลุ่มวิจัยเป้าหมายที่ตรงความต้องการของประเทศได้ ทั้งนี้การพัฒนา Technology Transfer Roadmap ควรมุ่งเน้นในส่วนของการศึกษาช่องว่างทางเทคโนโลยีที่มีอยู่และการเติมเต็มช่องว่างนั้น และนำไปสู่การจัดทำแผนนโยบายด้านเทคโนโลยีควอนตัมสำหรับประเทศไทย

3. หน่วยงานมูลนิธิ/สมาคม

ทางคณะทำงานได้มีการติดต่อขอความร่วมมือจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีควอนตัม จากกลุ่มทำงานที่มีการรวมตัวกันทำงานในรูปแบบมูลนิธิ หรือสมาคม ได้แก่ Quantum Technology Foundation Thailand (QTFT) และ Quantum Technology Endeavor (QuTE) ซึ่งในปัจจุบันได้มีส่วนช่วยผลักดันและสร้างการรับรู้เกี่ยวกับการวิจัยควอนตัมเทคโนโลยีสู่สังคม โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจาก QTFT ได้นำเสนอมุมมองต่อเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศจำเป็นต้องการกระตุ้นในแต่ละสาขาเพื่อให้เกิดแนวทางในการพัฒนาสำหรับภาคอุตสาหกรรม ถึงแม้ว่าในปัจจุบันประเทศไทยจะเริ่มมีการดำเนินงานวิจัยด้าน เทคโนโลยีควอนตัมเพิ่มมากขึ้นแต่ยังไม่สามารถที่แข่งขันกับต่างประเทศได้ในเรื่องของการใช้งาน และขาดแคลนบุคลากรหน่วยงานที่จะผลักดันเทคโนโลยี รวมถึงยังไม่มีความพร้อมในด้าน Hardware และองค์ความรู้ Cryptography ของประเทศซึ่งจะเป็นจุดสำคัญทำให้ไม่สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ โดยทางผู้เชี่ยวชาญได้นำเสนอแนวทางการพัฒนาตามรูปแบบของประเทศสิงคโปร์ ในการสร้างความชำนาญด้าน Hardware ในส่วนใดส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีควอนตัม เพื่อให้เกิดความเชี่ยวชาญเฉพาะและให้ประเทศอื่นนำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังตั้งข้อสังเกตถึงนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญ ภายในประเทศค่อนข้างกระจัดกระจาย ควรจะมีการรวมกลุ่มและตั้งเป้าหมายร่วมกันในการทำงานด้านใดด้านหนึ่งให้ชัดเจน และการดำเนินงานนโยบายควรมีการจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศเพื่อมาดูขีดความสามารถของประเทศว่าควรเริ่มดำเนินการจากส่วนไหน ซึ่งในปัจจุบันนักวิจัยภายในประเทศได้มีการจัดทำ Quantum Flagship และวางแผน Roadmap การทำงานในระยะ 3-5 ปี แล้ว

ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจาก QTFT ได้แสดงความเห็นต่อผลวิเคราะห์สถาบันการศึกษาและหน่วยงาน ที่มีความเชี่ยวชาญที่คณะทำงานรวบรวมนำเสนอ รวมทั้งผลการวิเคราะห์บรรณมิติว่า Keywords ที่นำมาใช้มีความครอบคลุมที่ดีประมาณ 80% อย่างไรก็ตามข้อมูลบางส่วนอาจจะไม่สอดคล้องเนื่องจากมีหัวข้อวิจัยย่อยเพิ่มเติม ส่งผลให้ไม่ปรากฏชื่อของบางหน่วยงาน

ซึ่งหากลองปรับการพิจารณาโดยศึกษาจากมิติของ Platform-Based อาจจะทำได้ข้อมูลที่ น่าสนใจมากขึ้น นอกจากนี้แต่ละมหาวิทยาลัยใช้เทคนิคของตนเองที่ แตกต่างกัน จึงเป็นการยากที่ตัดสินว่าที่ไหนดีกว่ากัน ทั้งนี้ในส่วนของสิทธิบัตรอาจไม่ให้ข้อมูลที่มากนัก เนื่องจากบริษัท D-Waves เป็นบริษัทที่ดำเนินการจดสิทธิบัตรก่อนบริษัทอื่น ๆ ในขณะที่การหาข้อมูลจาก Frorst and Sullivan สามารถที่จะให้ข้อมูลความต้องการทางการตลาดในอนาคตได้ และแนะนำให้พิจารณาข้อมูลรายชื่อนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะจาก Quantum European Flagship ข้อมูลการจัดทำ พรบ. Quantum Computing ของประเทศสหรัฐอเมริกา และข้อมูล Prof. Pan Jianwei จากประเทศจีนที่ได้มีการลงทุนด้าน เทคโนโลยีควอนตัมเป็นจำนวนมาก รวมทั้งข้อมูลของ Prof. Artur Ekert ผู้เชี่ยวชาญด้าน Quantum Communication ของประเทศสิงคโปร์

ในส่วนของการสัมภาษณ์กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจาก Quantum Technology Endeavor (QuTE) ซึ่งเป็นกลุ่มวิจัยได้มีการทำงานร่วมกับภาคเอกชนเช่น SCB K-Bank และ PTT ในโจทย์วิจัยระดับกลางน้ำแล้ว ทางกลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้มีความเห็นว่าในช่วงเวลานี้เป็นการยากที่จะระบุสาขาที่สำคัญในเทคโนโลยีนี้กับประเทศ อย่างไรก็ตามภายในระยะเวลา 5 ปี น่าจะมีโอกาสเห็นการนำเทคโนโลยีควอนตัมมาทดลองใช้กับภาคเอกชนมากขึ้น ซึ่งประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนากำลังคน บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ เพื่อมารองรับความต้องการในอนาคต โดยอาจจะเริ่มต้นจากการทำงานร่วมกับภาคเอกชน การศึกษาตลาด การสร้างการรับรู้ รวมถึงการจูงใจให้นักศึกษาเห็นความก้าวหน้า ค่าตอบแทนที่เหมาะสม เพื่อสามารถดึงดูดให้มาประกอบอาชีพด้านนี้ หลักสูตรในการเรียนรู้ต้องมีการปรับให้ทันสมัยขึ้นอยู่ตลอดเวลา โดยการสร้างวิศวกรที่ทำงานด้านเทคโนโลยีควอนตัม จะช่วยในการเชื่อมโยงระหว่างนักฟิสิกส์กับเอกชนได้ อย่างไรก็ตามการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมมีการลงทุนที่สูงมาก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้และความคุ้มค่าในการลงทุนด้าน Facility โดยผู้เชี่ยวชาญจาก QuTE ได้คาดการณ์ว่าเทคโนโลยีควอนตัมที่ใกล้จะ Commercialization คือด้าน Quantum Metrology และ Quantum Communication เช่น Quantum Random Generator สำหรับการใช้งานด้านความปลอดภัย ในขณะที่ด้าน Quantum Computing ซึ่งกำลังได้รับความสนใจและกล่าวถึงอย่างมากในปัจจุบัน น่าจะสามารถนำมาใช้งานจริงได้ก็ต่อเมื่อสามารถดำเนินการผ่าน Cloud ได้ เนื่องจากข้อจำกัดด้าน Facility ซึ่งจะมีผลต่อภาคเอกชนอย่างมากและสามารถส่งผลกระทบต่อ Cryptocurrency ได้

โดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลักดันเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ ควรเกิดจากการชักจูงด้วยปัจจัยทางเศรษฐกิจของประชาชนและภาครัฐกิจ ควรมีกลไกที่ทำให้ภาคเอกชนเกิดความเชื่อมั่นในภาคการศึกษา ส่งเสริมให้เอกชนมีหน่วยงานวิจัยของตนเอง หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องควรจะต้องมีการผลักดันให้เกิด พรบ. หรือข้อกำหนดที่ทำให้เกิด Commitment จากกลุ่ม Stakeholder ได้ รวมทั้งกลไกการดำเนินงานให้ทุนวิจัยควรมีความรวดเร็ว และหน่วยงานให้ทุนวิจัยควรมีความเข้าใจว่าการวิจัยด้านเทคโนโลยีควอนตัมมีโอกาสที่จะประสบไม่ประสบความสำเร็จ หน่วยงานให้ทุนควรมีการปรับมุมมองในการบริหารและยอมรับความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนี้อาจจะมองถึงการลงทุนทางด้าน Quantum Sensor ที่มีความเป็นไปได้สูงสำหรับการพัฒนาในประเทศ

ทั้งนี้กลุ่มผู้เชี่ยวชาญจาก QuTE ได้แสดงความเห็นต่อผลลัพธ์สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญ รวมทั้งผลการวิเคราะห์บรรณมิติ ที่คณะทำงานรวบรวมนำเสนอ ซึ่งได้มีการให้ข้อมูลเพิ่มเติมในส่วนของ Quantum Communication จะมีทีมวิจัยจากมหาวิทยาลัย Keio ประเทศญี่ปุ่น และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีเดลฟท์ ประเทศเนเธอร์แลนด์ ที่มีการดำเนินงานวิจัยนี้อย่างโดดเด่นในระดับโลก รวมทั้ง ประเทศสิงคโปร์ เป็นหนึ่งในประเทศสำคัญที่มีการพัฒนาด้าน Quantum Computing ที่ใหญ่ที่สุดในภูมิภาค

Recommended International Institutes

Keywords	North America	Europe	Asia
Quantum Computing	Google 	ETH Zurich 	Huawei 
	IBM 	Delft University of Technology 	University of New South Wales 
	Honeywell 	The Max Planck Society (MPG) 	National University of Singapore 
	D-Wave 		
	Rigetti Computing 		
	IonQ 		
	Microsoft 		
	Princeton University 		
	University of California (Santa Barbara & Berkeley) 		
	Yale University 		
	Massachusetts Institute of Technology 		

Source: NECTEC



รูปที่ 2.10 หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยทางด้าน Quantum Computing

Recommended International Institutes

Keywords	North America	Europe	Asia
Quantum Communication	University of Waterloo 	University of Vienna 	University of Science and Technology of China 
	National Institute of Standards and Technology 	University of Bristol 	National University of Singapore 
		The Max Planck Society (MPG) 	Nanjing University 
		Delft University of Technology 	Keio University 
Quantum Metrology & Sensing	University of Colorado 	Physikalisch Technisch Bundesanstalt 	University of Chinese Academy of Sciences 
	Harvard University 	ETH Zurich ETH Zurich 	NTT Basic Research Laboratories 
	University of Chicago 	Technical University Dortmund 	National Institute of Information and Communication Technologies 
	University of California Berkeley 	PLS Research University 	National University of Singapore 
	National Institute of Standards and Technology 	The Max Planck Society (MPG) 	University of Melbourne, New South Wales, and Sydney University 

Source: NECTEC



รูปที่ 2.11 หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่กลุ่มผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยทางด้าน Quantum Communication และ Quantum Metrology & Sensing

จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทยด้านเทคโนโลยีควอนตัมจากทั้งสามกลุ่ม คณะทำงานได้สังเคราะห์หน่วยงานที่เป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของโลกที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำมาแสดงในรูปที่ 2.10 และ 2.11

2.4 การวิเคราะห์สิทธิบัตร

การวิเคราะห์สิทธิบัตรของเทคโนโลยีควอนตัมนั้นศึกษาจากการใช้เครื่องมือ Patsnap โดยมีการใช้ Keywords สำคัญ คือ Quantum Computing, Quantum Communication, และ Quantum Metrology & Sensing และผลที่จากการค้นหาด้วย Patsnap ด้วยจำนวน Simple Families ทั้งหมด 188,287 นั้นจะดึงเอาข้อมูลหน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่เป็นผู้ถือสิทธิบัตรสูงสุดในด้านเทคโนโลยีควอนตัม 10 อันดับแรก ในแต่ละหัวข้อมาแสดงในรูปที่ 2.12 ซึ่งกลุ่มบริษัทชั้นนำที่ถือสิทธิบัตรสูงสุดในทุก ๆ หัวข้อ คือ Microsoft, IBM, และ Intel ซึ่งบริษัท Google นั้นมีจำนวนสิทธิบัตรสูงสุดเป็นอันดับ 7 ในหัวข้อ Quantum Computing เท่านั้น ถึงแม้ว่าจะเป็นที่ยอมรับทั่วโลกว่า มีเทคโนโลยีชั้นนำสูงสุดของโลกในปัจจุบัน นอกจากนี้แล้วมหาวิทยาลัย University of California และ Massachusetts Institute of Technology นั้นติดอันดับ 1 ใน 10 ของหัวข้อ Quantum Computing และ Quantum Metrology & Sensing นั้นหมายความว่ากลุ่มมหาวิทยาลัยชั้นนำเหล่านี้มีเทคโนโลยีชั้นนำของโลกด้านควอนตัมอยู่ และอาจจะเป็นโอกาสให้ประเทศไทยสามารถเข้าไปเชื่อมต่อหรือทำงานวิจัยร่วมในบางหัวข้อได้ ในส่วนของผู้นำของโลกด้านเทคโนโลยีควอนตัมอีกประเทศหนึ่ง คือ จีน นั้น มีบริษัท Huawei ที่มีสิทธิบัตรติดอันดับ 1 ใน 10 ด้าน Quantum Communication ซึ่งอาจจะเป็นอีกหนึ่งช่องทางที่ประเทศไทยสามารถเข้าไปทำความร่วมมือได้

Top Assignees in Quantum Technology

Quantum Computing	Quantum Communication	Quantum Metrology & Sensing
Microsoft	Microsoft	Samsung
IBM	IBM	Microsoft
Intel	Intel	The Regents of The University of California
AT&T	NEC	Intel
Rovi Guides	Samsung	IBM
Google	AT&T	KLA-Tencor
Apple	Rovi Guides	Soraa Laser Diode
Amazon Technology	Huawei	Applied Materials
The Regents of The University of California	Semiconductor Energy Laboratory	ASML Netherlands
Massachusetts Institute of Technology	Apple	Massachusetts Institute of Technology

Source: Patsnap (2020)



รูปที่ 2.12 หน่วยงานและสถาบันระดับโลกที่เป็นผู้ถือสิทธิบัตรสูงสุดในด้านเทคโนโลยีควอนตัม

2.5 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ

นอกเหนือจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในประเทศไทย คณะทำงานยังได้ขยายขอบเขตการสัมภาษณ์ไปยังผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ เพื่อหารือและสำรวจข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยีด้าน Quantum Technology โดยมุ่งเน้นให้ได้ข้อมูลจากภาครัฐและเอกชนในต่างประเทศ ซึ่งมีผลการสัมภาษณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

Recommendations from Interviewed Experts



รูปที่ 2.13 คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม

1. การสัมภาษณ์บริษัท Google LLC

เนื่องจากบริษัท Google LLC เป็นหนึ่งในหน่วยงานในภาคเอกชนชั้นนำในโลกที่แสดงเจตนารมณ์ชัดเจนในการพัฒนาเทคโนโลยีด้าน Quantum Technology โดยเฉพาะด้าน Quantum Computing รวมทั้งการเปิดตัวระบบปฏิบัติการ Quantum Computer ไปเมื่อปี พ.ศ. 2562 คณะทำงานจึงได้สำรวจข้อมูลเพิ่มเติมโดยการสัมภาษณ์ Kate P. Weber (ดำรงตำแหน่ง Policy Lead for AI Research and Innovation บริษัท Google LLC) และคุณจิระวัฒน์ ภูมิศรีแก้ว (ดำรงตำแหน่งผู้จัดการฝ่ายนโยบายและความสัมพันธ์ภาครัฐ บริษัท ภูเก็ต (ประเทศไทย) จำกัด) ผ่านทางการประชุม Zoom และประเด็นการหารือสามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

- เทคโนโลยีด้าน Quantum Technology ใน Google

ขณะนี้ Google มีแผนการดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับ Quantum Computing เป็นส่วนใหญ่ และมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับ Quantum Encryption and Cryptography ด้วย ซึ่งมีแผนที่นำทาง (Roadmap) อย่างชัดเจน โดยมีเป้าหมายจะสร้าง Quantum Computer แบบ Quantum Error-Correction ที่มีขนาด 1,000,000 คิวบิต ภายในปี ค.ศ. 2029 นอกจากการวิจัยภายในบริษัทแล้ว ในปัจจุบัน Google ยังมีกลไกการร่วมมือกับภาคการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคลากรในอนาคต โดยการเปิดรับข้อเสนอโครงการจากกลุ่มวิจัยที่ต้องการใช้ระบบสารสนเทศด้าน Quantum Computing ของ Google อย่างไรก็ตาม สถาบันการศึกษาที่ได้มีโอกาสร่วมวิจัย

ยังจำกัดอยู่ในประเทศที่มีสถาบันการศึกษาชั้นนำเท่านั้น เช่น University of California, California Institute of Technology, University of Waterloo, และ University of Bristol เป็นต้น ซึ่งอาจขยายความร่วมมือไปสู่สถาบันการศึกษาในประเทศอื่น ๆ โดยเฉพาะประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลางได้ในอนาคต และในขณะนี้ Google ยังไม่มีนโยบายในการสร้างความร่วมมือกับบริษัทอื่น เนื่องจากเหตุผลทางการแข่งขันทางการค้า

- ความเห็นเกี่ยวกับเทคโนโลยีด้าน Quantum Computing ในอนาคต

ถึงแม้ว่าสถานะการวิจัยในปัจจุบันจะยังเป็นเพียงช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยีและมีความไม่แน่นอนหลายอย่างเป็นปัจจัย แต่ก็เป็นที่ที่ Google มุ่งมั่นพัฒนาอย่างจริงจัง ซึ่งทาง Google มองว่าเป็นเทคโนโลยีที่ต้องใช้เงินลงทุนมหาศาลที่จะสร้างมูลค่าได้ในส่วนของ Software/Computing ในอนาคต ทาง Google จึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากรในช่วงนี้ ซึ่งรวมทั้งในภาคการศึกษาและแรงงาน สำหรับแนวทางที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย Kate เห็นว่าการวิจัยพัฒนาในส่วนของ Algorithms และการนำไปประยุกต์ใช้จะสร้างโอกาสได้อย่างหลากหลายในประเทศ และมหาวิทยาลัยควรเริ่มสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานชั้นนำในการออกแบบหลักสูตรที่เกี่ยวข้องกับ Quantum Computing

- ความเห็นต่อผลการวิเคราะห์สถาบันการศึกษาและหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญ

Kate ได้ให้ความเห็นว่าบริษัทชั้นนำหลายแห่งที่ให้ความสำคัญกับการเทคโนโลยีนี้ เช่น IBM Microsoft Amazon D-wave รวมไปถึงสตาร์ทอัพต่าง ๆ เช่น IonQ ITTI และ IQM เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีอีกหลายบริษัทในประเทศจีนที่กำลังพัฒนาเทคโนโลยี Quantum Computing และ Quantum Communication อีกด้วย เมื่อเทียบกับข้อมูลของคณะทำงาน Kate เห็นว่าบริษัทบางบริษัท เช่น Intel, AT&T, Rovi Guides และ Apple ยังไม่ถือว่าเป็นบริษัทชั้นนำที่มุ่งเน้นเทคโนโลยีด้านนี้ สำหรับสถาบันการศึกษาที่ได้รับรู้ไว้ในผลการวิเคราะห์ Kate เห็นว่ามีความเหมาะสมแล้ว และยังแนะนำให้เพิ่มสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ในยุโรป ญี่ปุ่น และออสเตรเลียด้วย

2. การสัมภาษณ์คุณพสุภา ชินวรโสภาค (อัครราชทูตที่ปรึกษา ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำการ ณ สถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงปักกิ่ง)

เนื่องจากประเทศจีนเป็นประเทศในเอเชียที่ปรากฏอยู่ในผลการวิเคราะห์บรรณมิติเป็นจำนวนมาก คณะทำงานจึงได้หารือกับอัครราชทูตที่ปรึกษา ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อขอความเห็นเกี่ยวกับ Quantum Technology โดยเฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับ สถาบันการศึกษาในประเทศจีนและความร่วมมือระหว่างประเทศ ซึ่งมีผลการสัมภาษณ์ ดังนี้

- University of Science and Technology of China (USTC) นับเป็นสถาบันชั้นนำในด้าน Quantum Technology และได้มีการหารือกับหน่วยงานในประเทศไทยแล้ว เช่น สวทช. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น ซึ่งทางกลุ่มวิจัยในจุฬาฯ ได้ชี้แจงแผนที่นำทาง (Roadmap) ให้กับทางอัครราชทูตที่ปรึกษา นอกจากนี้อัครราชทูตที่ปรึกษายังได้แจ้งว่าหน่วยงานในประเทศจีนอยู่ระหว่างการวางแผนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีปี ค.ศ. 2021-2025 ซึ่งประเทศไทยสามารถเสนอให้บรรจุกลไกความร่วมมือระหว่างประเทศในร่างนี้ด้วย และอัครราชทูตที่ปรึกษายังได้แนะนำให้คณะทำงานรวบรวมข้อมูลจากเอกสารนโยบายของ สวทช. ร่วมกับการหารือกับกลุ่ม Quantum Technology Foundation Thailand อีกด้วย

2.6 การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

เนื่องจากเทคโนโลยีควอนตัมนั้นยังถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่และล้ำหน้ามากแต่มีศักยภาพสูง และกำลังอยู่ในช่วงการปฏิวัติเทคโนโลยีในปัจจุบัน (2nd Revolution) ซึ่งเป็นการนำเอาทฤษฎีต่าง ๆ ในระดับควอนตัมมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาหรือสร้างประโยชน์ในมิติต่าง ๆ อุตสาหกรรมทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมนั้นจึงถือว่าอยู่ในระยะเริ่มต้น ประเทศชั้นนำต่าง ๆ ของโลกมีความเข้าใจถึง Impact หรือผลกระทบที่เทคโนโลยีจะเกิดขึ้นกับโลกในทุก ๆ วงการเป็นอย่างดี จึงได้มีการลงทุนและดำเนินการพัฒนาเทคโนโลยีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ทางคณะทำงานได้ศึกษาถึงแนวทาง แนวปฏิบัติ กิจกรรม รวมไปถึง Roadmap ของประเทศชั้นนำต่าง ๆ ของโลก และสรุปกิจกรรมหลัก ๆ ในด้านการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม ดังแสดงในรูปที่ 2.14

Global Quantum Technology Activities



Stakeholders Engagement
Foresight, Strategy Development



Stocks Checking
Local Resources, Strengths, Problems



Roadmap Development
National, Regional Roadmaps



Funding Allocation
Government and Private Funding



Infrastructure Development
Necessary Infrastructure Development



Centers/Consortiums
Academic & Industry Collaborations



Partnership Programs
International/Special Projects

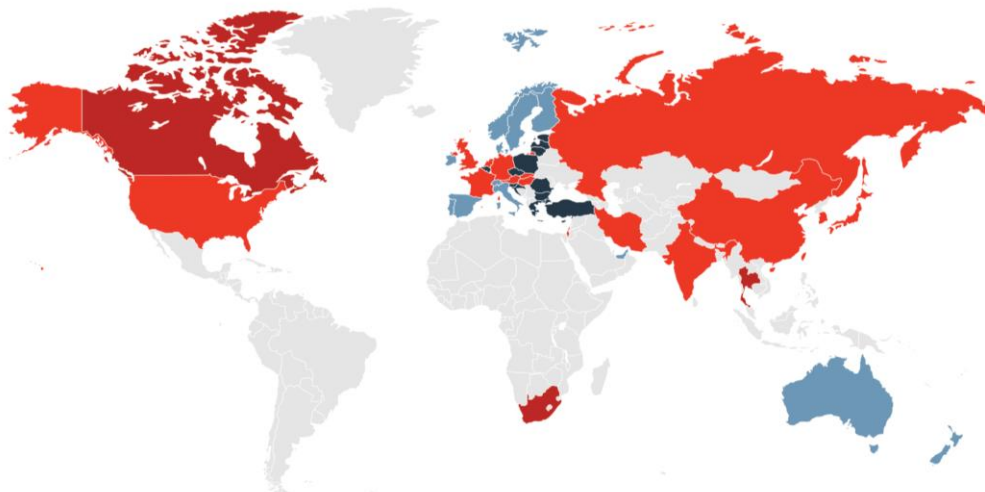


Education & Outreach
Education & Training



รูปที่ 2.14 กิจกรรมหลักที่ประเทศต่าง ๆ ได้ดำเนินการเพื่อเข้าสู่การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม [22]

Global Quantum Technology R&D Policies



- Countries with coordinated national quantum strategy
- Countries without national strategy, but with significant government or government-endorsed initiatives
- Countries without significant initiatives but are participants in international quantum partnerships
- Quantum strategy in development

Source: A Quantum Revolution: Report on Global Policies for Quantum Technology



รูปที่ 2.15 กลุ่มประเทศต่าง ๆ ที่ได้มีการวางนโยบายผลักดันเทคโนโลยีควอนตัม [22]

1. Stakeholders Engagement

กลุ่มประเทศชั้นนำต่าง ๆ ทั้งในทวีปอเมริกา ยุโรป และเอเชีย จะมีการดึงให้ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม อาทิเช่น นักวิจัย นักวิชาการ หน่วยงานและสถาบันวิจัย หน่วยงานให้ทุน กลุ่มบริษัทหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง กลุ่มนักลงทุน ผู้ประกอบการ หรือ Startup และผู้กำหนดนโยบาย มาปรึกษาหารือกันเพื่อทำ Foresight กำหนดนโยบาย กลยุทธ์ แนวทาง และกิจกรรมต่าง ๆ ในการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ ดังตัวอย่างของกลุ่มประเทศต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 2.15

2. Stocks Checking

ในขณะที่มีการให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ออกความเห็นในเวทีต่าง ๆ นั้น แต่ละประเทศชั้นนำจะมีการตรวจสอบว่าประเทศ ของตนเองนั้นมีทรัพยากรที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีอะไรบ้าง เพื่อจะได้หาจุดเด่นหรือความเข้มแข็ง (Strengths) ที่ตนเองมี รวมไปถึงโอกาสในการพัฒนาจุดอ่อนหรือทรัพยากรสำคัญที่จำเป็นในการขับเคลื่อนเทคโนโลยีขั้นแนวหน้า เช่น กลุ่มนักวิจัยชั้นนำของประเทศและเครือข่ายความร่วมมือในระดับนานาชาติ ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิจัย ศูนย์ทดสอบที่เกี่ยวข้อง อุตสาหกรรมที่เป็นรากฐานหรือสามารถนำไปต่อยอดสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ งบประมาณการลงทุนในด้านการวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้อง การพัฒนาโครงการหรือนโยบายรวมถึงโครงสร้างพื้นฐานที่นำไปสู่การส่งเสริมศักยภาพทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม เป็นต้น

3. Roadmap Development

เนื่องจากทรัพยากร จุดเด่น และความต้องการของแต่ละประเทศนั้นแตกต่างกัน การพัฒนาแผนที่นำทาง (Quantum Technology Roadmap) ทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของแต่ละประเทศนั้นจะแตกต่างกันไปด้วย ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะถูกำหนด เป็นนโยบายของประเทศที่ชัดเจน มีการดึงหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมดมามีส่วนร่วมในการวางแผน และมีเอกสารที่มีการสื่อสาร หรือประชาสัมพันธ์ไปสู่วงกว้างจากหน่วยงานหลักของประเทศที่มีหน้าที่ดำเนินการขับเคลื่อนจากนโยบายให้เป็นรูปธรรมได้ตามแผนงาน ซึ่งส่งผลทำให้มีการใช้ทรัพยากรจากทุก ๆ ภาคส่วนร่วมกันในการพัฒนาเทคโนโลยีในมิติต่าง ๆ ร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีการปรับปรุงหรือแก้ไขกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบัน หรือแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ในอนาคตได้อย่างทันท่วงที การดำเนินกิจกรรมในลักษณะนี้นั้นแตกต่างจากประเทศไทยที่หน่วยงานแต่ละหน่วยงานมีแผนที่นำทางของตนเอง อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยยังไม่มีหน่วยงานที่จัดตั้งขึ้นมาในระดับประเทศที่เป็นศูนย์รวม ในการขับเคลื่อนเทคโนโลยีอย่างจริงจังเหมือนในต่างประเทศจึงทำให้การทำแผนที่นำทางนั้นยังอยู่ในรูปแบบของแต่ละกลุ่มอยู่

4. Funding Allocation

ประเทศชั้นนำต่าง ๆ ของโลกทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมนั้นมีการระบุตัวเลขงบประมาณในการพัฒนาเทคโนโลยีชัดเจนในแต่ละช่วงกรอบเวลา ซึ่งจากผลการวางแผน จัดสรร และบริหารงบประมาณที่ชัดเจน ทำให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีระดับ Frontier ของโลกนี้เดินหน้าไปได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และเป็นหนึ่งในกลไกสำคัญที่ทำให้เกิดความก้าวหน้าของงานวิจัยในระดับที่เป็น Breakthrough ได้ เนื่องจากเทคโนโลยีนี้กำลังอยู่ในระยะเริ่มต้น มีความไม่แน่นอนและโอกาสที่จะล้มเหลวสูง และต้องการการลงทุนมหาศาลอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถนำไปต่อยอดในแก้ปัญหาจริงหรือในเชิงธุรกิจต่าง ๆ ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจีนนั้นมีงบลงทุนทางด้าน Quantum Computing สูงสุดของโลก และถือว่าเป็นคู่แข่งและผู้นำในด้านนี้

5. Infrastructure Development

จากการจัดตั้งหน่วยงานกลางขับเคลื่อนด้านเทคโนโลยีควอนตัม การวางแผนนโยบาย และการจัดสรรงบประมาณที่ชัดเจน การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมนั้นเป็นกิจกรรมที่สำคัญ เนื่องจากเทคโนโลยีนี้ไม่สามารถเกิดการพัฒนาขึ้นได้ถ้าไม่มีทรัพยากรที่จำเป็นในการขับเคลื่อนเทคโนโลยี เช่น Hardware หรือ Software ที่จำเป็น ศูนย์ทดสอบระบบมาตรฐาน โครงสร้างการเชื่อมต่อข้อมูล ระบบในการนำเทคโนโลยีไปต่อยอด หรือแม้กระทั่งการสร้างระบบที่เชื่อมการทำงานร่วมกันระหว่างภาคีเครือข่ายภาครัฐ เอกชน หรือ Startup เป็นต้น

6. Centers/Consortiums

เนื่องจากการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมต้องอาศัยความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์แบบหลากหลายสาขาเข้าด้วยกัน (Multi-Disciplinary) จึงทำให้หน่วยงานที่เป็นศูนย์กลางในด้านการขับเคลื่อนเทคโนโลยีควอนตัมในแต่ละประเทศจะต้องเชื่อมต่อ หรือทำความร่วมมือกับหน่วยงานในสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ แลกเปลี่ยนประสบการณ์ และทรัพยากรที่จำเป็น รวมไปถึงเสนอหรือกำหนดแนวทางหรือแนวโน้มทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมที่แต่ละประเทศจะดำเนินต่อไปในอนาคต และมีการเชิญชวนผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมดมาประชุม สัมมนา หรืออบรม และอาจจะรวมไปถึงการจับคู่ธุรกิจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างกลุ่มนักลงทุน ผู้ประกอบการ และนักวิจัย ซึ่งถือว่าเป็นหนึ่งในการสร้างอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง (Deep Tech) อย่างเป็นรูปธรรม

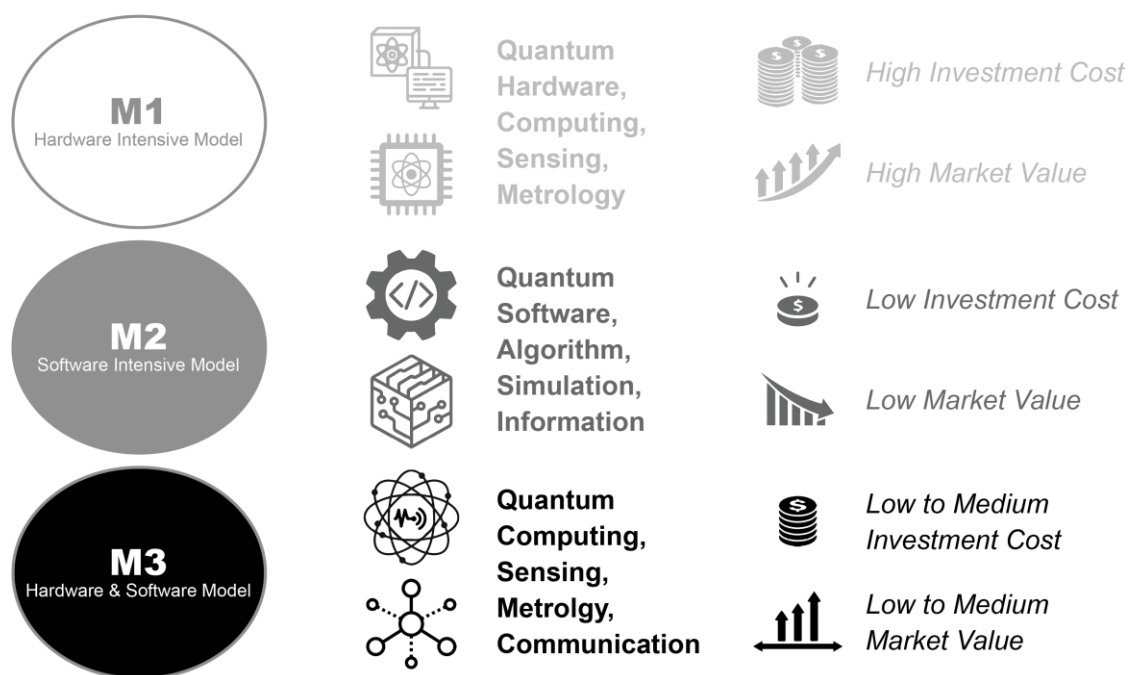
7. Partnership Programs

การพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมนั้นส่วนใหญ่จะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีร่วมกัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ต้นทุนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้าน Quantum Computing ดังนั้นประเทศชั้นนำของโลกส่วนใหญ่จะทำงานร่วมกับผู้เชี่ยวชาญชั้นนำของโลกที่มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนี้มาอย่างยาวนานในต่างประเทศ และจะมีทำโครงการแลกเปลี่ยนหรือส่งนักวิจัยไปทำงานร่วมกับนักวิจัยในประเทศต่าง ๆ อยู่เสมอเพื่อสามารถใช้ทรัพยากรร่วมกัน

8. Education & Outreach

หนึ่งในหัวใจสำคัญของการสร้างเทคโนโลยี คือ การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความรู้และทักษะที่จำเป็นในการเป็นทั้งผู้ใช้และผู้สร้างหรือพัฒนาเทคโนโลยีนี้ต่อไปในอนาคต ประเทศชั้นนำต่าง ๆ จะมีการพัฒนาโครงการทางด้านการให้ความรู้หรือการศึกษาทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมอย่างจริงจัง และจะเริ่มต้นให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้กับคนที่มีอายุน้อยลงเรื่อย ๆ และเข้าสู่ในวงกว้างหรือสร้าง Public Awareness ให้มีการตระหนักรู้ และสามารถปรับตัวให้ทันกับเทคโนโลยีที่กำลังจะเปลี่ยนโลกในอนาคตอันใกล้

Initial Quantum Technology Transfer Models



รูปที่ 2.16 โมเดลเริ่มต้นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม

จากข้อมูลในการสืบค้นหาข้อมูลในเชิงประจักษ์และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมทั้งในและต่างประเทศ คณะทำงานได้สรุปโมเดลเริ่มต้นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมดังแสดงในรูปที่ 2.16 ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 โมเดลย่อยดังต่อไปนี้

1. Hardware Intensive Model (M1)

โมเดลนี้จะเน้นไปที่การสร้าง Hardware โดยเฉพาะในหัวข้อทางด้าน Quantum Computing และ Quantum Sensing & Metrology ซึ่งในส่วนของการตลาดทางด้าน Quantum Computing นั้นมีมูลค่าสูงมาก (High Market Value) เพราะเป็นเทคโนโลยีต้นน้ำ (Upstream) แต่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้งบประมาณลงทุนมหาศาล (High Investment Cost) และระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นเวลายาวนาน มีความไม่แน่นอนสูง ในปัจจุบันมีแค่สองประเทศชั้นนำของโลก คือ สหรัฐอเมริกา และประเทศจีน ที่ได้ลงทุนและพัฒนาเทคโนโลยีไปมาก แต่ก็ยังไม่ถึงระดับที่จะสามารถต่อยอดไปใช้ในการแก้ปัญหาทั่วไปได้ และจำเป็นที่จะต้องมีการลงทุนมากและพัฒนาอีกหลายปี ดังนั้นโอกาสและความเสี่ยงในการลงทุนพัฒนาเทคโนโลยีในด้าน Hardware นั้นอาจจะยังไม่เหมาะสมกับประเทศไทยในปัจจุบัน เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มียกงบประมาณมหาศาลในระดับสหรัฐอเมริกา และประเทศจีน และยังขาดความรู้ ความเชี่ยวชาญ โครงสร้างพื้นฐาน และอุตสาหกรรมที่จะนำไปต่อยอดได้ทันทีดังเช่นสองประเทศนี้ อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยควรจะมีการศึกษาและวิจัยขั้นพื้นฐานเพื่อให้มีองค์ความรู้ในการสามารถประยุกต์ใช้หรือพัฒนา Hardware บางส่วนของตนเองได้ในอนาคต โดยที่ไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนมากมายและอาจจะมีอุตสาหกรรมในประเทศบางอย่างที่สามารถพัฒนาขึ้นส่วนต่าง ๆ ได้

2. Software Intensive Model (M2)

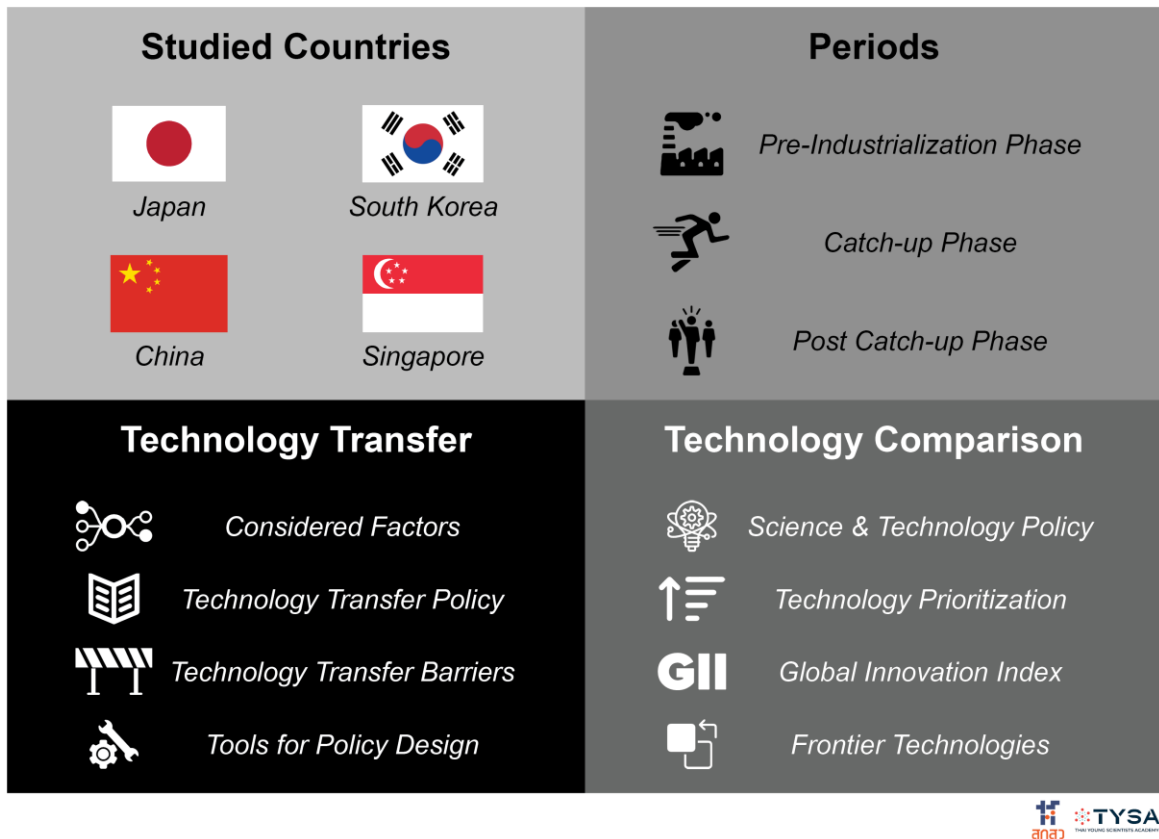
โมเดลนี้จะเน้นไปที่การสร้าง Software, Algorithm, Simulation, หรือ Information ที่เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จาก Quantum Hardware ต่าง ๆ ซึ่งอุตสาหกรรมที่จะมารองรับส่วนใหญ่จะเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ (Downstream) ซึ่งมูลค่าทางการตลาดนั้นจะน้อย (Low Value Market) ถ้าเทียบกับการพัฒนาทางด้าน Hardware ที่เป็นต้นน้ำหรือกลางน้ำ เนื่องจากจะต้องอาศัยทรัพยากรทางด้าน Quantum Hardware จากบริษัทต้นน้ำเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม การพัฒนาเทคโนโลยีในรูปแบบนี้นั้นจะใช้ต้นทุนไม่สูงมาก (Low Investment Cost) เนื่องจากจะเน้นไปที่การเอาไปใช้งานหรือใช้ประโยชน์เป็นหลัก ซึ่งถ้าสามารถหากลุ่มลูกค้าหรือกลุ่มอุตสาหกรรมที่จะมารองรับได้ก็น่าจะเป็นจุดเริ่มต้นในการพัฒนาเทคโนโลยีนี้ที่ดี ซึ่งประเทศไทยสามารถพิจารณาโมเดลนี้ได้เลยในการเข้าสู่การพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ [23]

3. Hardware & Software Intensive Model (M3)

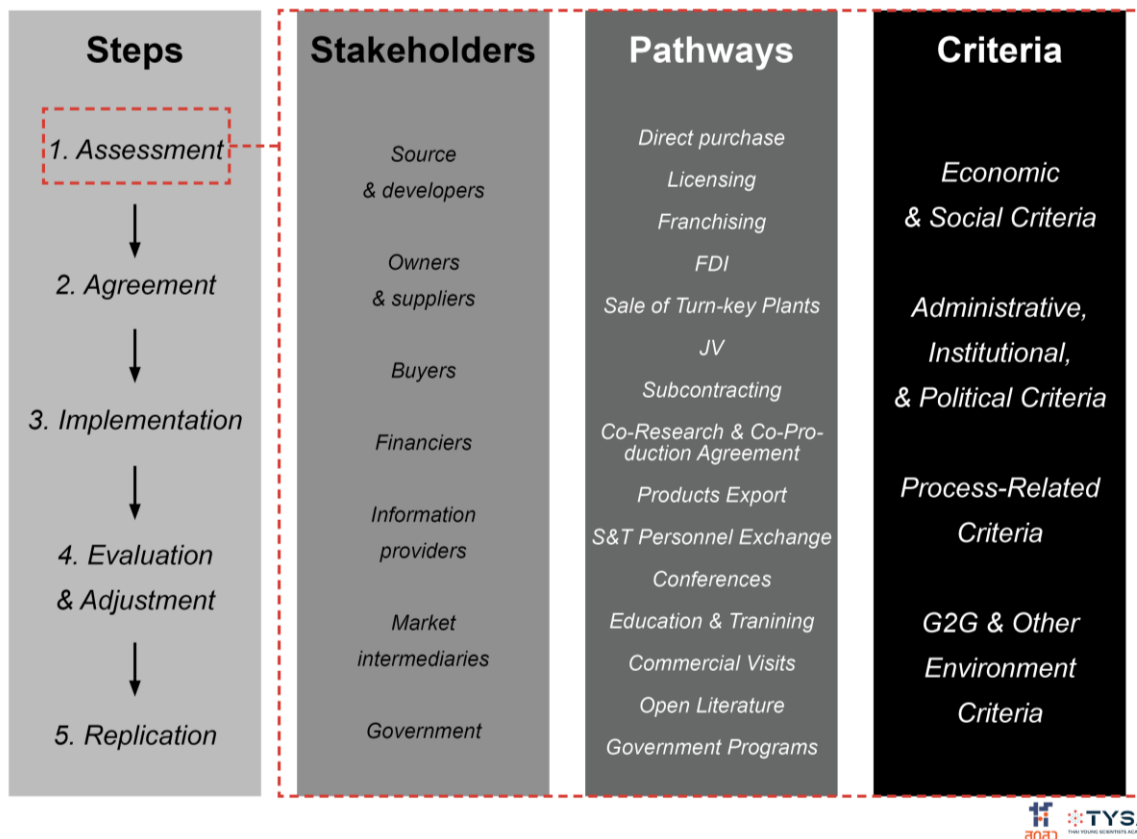
โมเดลนี้จะเน้นไปที่การสร้าง Hardware หลักที่จำเป็นบางส่วนในด้านเทคโนโลยีควอนตัมที่ไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนมหาศาล และพัฒนา Software ที่สามารถนำไปต่อยอดในการใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้อีกด้วย ซึ่งจะเป็นการเข้าสู่อุตสาหกรรมกลางน้ำ (Midstream) ที่ประเทศไทยสามารถพัฒนาทั้ง Hardware และ Software บางอย่างควบคู่กันไป เพื่อเป็นการสร้างฐานองค์ความรู้รวมถึงสร้างอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าปานกลาง (Low to Medium Market Value) ถ้าเทียบกับโมเดลแรก แต่การพัฒนาในรูปแบบนี้จำเป็นต้องใช้งบประมาณการลงทุนที่มากกว่าโมเดล M2 แต่ก็มีข้อได้เปรียบที่มีโอกาสในการเชื่อมต่อทั้งกลุ่ม Upstream และ Downstream ซึ่งเพิ่มโอกาสในการขยับขึ้นไปสู่ Upstream ได้ในอนาคต เพราะไม่ได้เป็นการรอรับเทคโนโลยีจากกลุ่ม Upstream หรือ Midstream อย่างเดียว

จากข้อมูล รายงานการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ (ถอดบทเรียนจากประเทศ ญี่ปุ่น จีน เกาหลี และ สิงคโปร์) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.17 โดยมีรายละเอียดแนบมาในภาคผนวก ก. นั้น ทำให้คณะทำงานได้ทราบถึงหลักการในการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศในแต่ละช่วงเวลา (Periods) ซึ่งเป็นไปตามความต้องการและบริบทของแต่ละประเทศ โดยจะมีการวางนโยบายและเลือกวิธีการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม กระบวนการหลักในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีที่หลาย ๆ ประเทศนำไปประยุกต์ใช้ได้แสดงในรูปที่ 2.18 โดยจะมีขั้นตอน (Steps) หลัก ๆ อยู่ 5 ขั้นตอน ตั้งแต่กระบวนการประเมินเทคโนโลยี (Assessment) การทำข้อตกลง (Agreement) การดำเนินการ (Implementation) การประเมินและการปรับปรุง

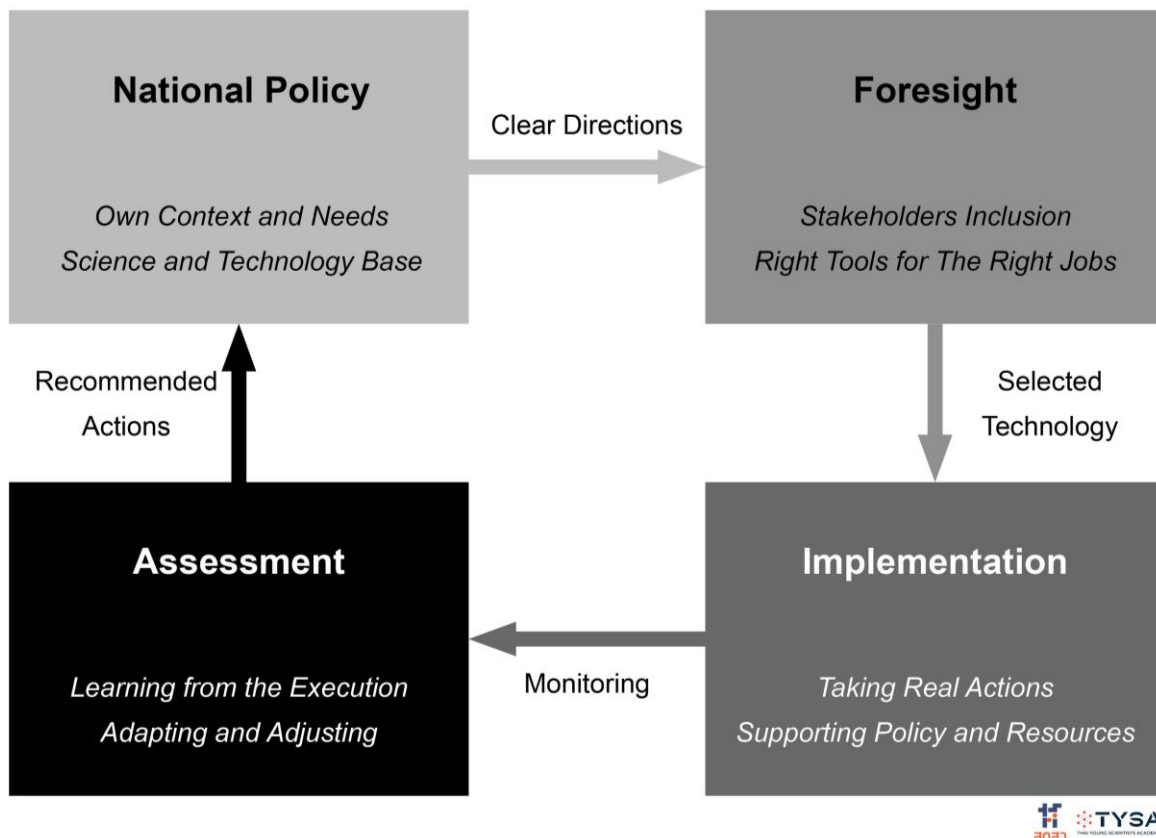
(Evaluation & Adjustment) และการทำซ้ำ (Replica) ซึ่งรายละเอียดของกระบวนการในการประเมินเทคโนโลยี (Assessment) เบื้องต้นนั้นต้องคำนึงถึงผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders) แนวทางในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Pathways) และเกณฑ์ (Criteria) ต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อประเทศ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าประเทศชั้นนำทางด้านเทคโนโลยีของโลก 4 ประเทศ นี้จะมีความแตกต่างกันในด้าน การรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอันเนื่องมาจากบริบทความต้องการของแต่ละประเทศแตกต่างกัน แต่สิ่งที่ทั้งสี่ประเทศมีการดำเนินการคล้ายคลึงกัน คือ การวางนโยบายของประเทศที่ชัดเจน (National Policy) การคาดการณ์เทคโนโลยีที่จำเป็นในอนาคต (Foresight) การนำนโยบายและการคาดการณ์ไปใช้งานจริง (Implementation) รวมไปถึงการประเมิน (Assessment) เพื่อปรับปรุงแก้ไขอย่าง ต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.17 แนวทางการเลือกรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีจาก 4 ประเทศ



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างขั้นตอนในการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยี

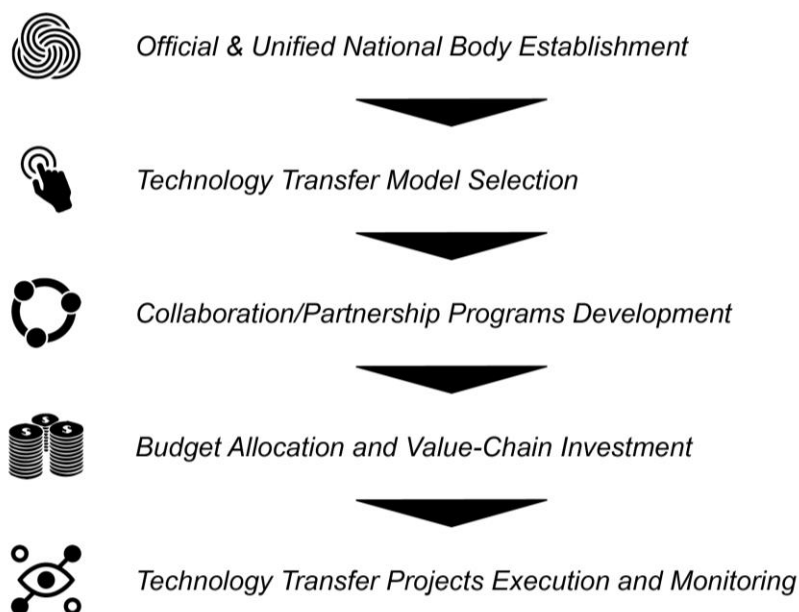


รูปที่ 2.19 กระบวนการหลักในการวางกรอบการพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศชั้นนำของโลก

ปัญหาหรือข้อก้ำวลที่สำคัญที่ได้รับความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ คือ การขาดหน่วยงานที่เป็นศูนย์กลางในการขับเคลื่อนตั้งแต่ระดับนโยบาย กลยุทธ์ แผนที่น่าสนใจ การจัดสรรงบประมาณ และกิจกรรมหลักต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับเรื่องเทคโนโลยีควอนตัมโดยเฉพาะ เนื่องจากแต่ละหน่วยงานนั้นมีนโยบายและแนวทางการดำเนินงานของตนเอง จึงทำให้หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศเกิดความสับสน ในช่วงระหว่างที่หน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทยมีการติดต่อประสานงานหรือขอความร่วมมือทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ดังนั้น คณะทำงานจึงเสนอให้มีการจัดตั้งกลุ่มหรือศูนย์ที่มีคณะทำงานขับเคลื่อนเทคโนโลยีควอนตัมอย่างเป็นทางการ (Official & Unified National Body Establishment) ซึ่งมีหน้าที่รวบรวมผู้เชี่ยวชาญและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ มาพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมร่วมกัน และเป็นตัวแทนของประเทศไทยในการเจรจาหรือประสานงานกับต่างประเทศ หลังจากนั้นเริ่มดำเนินการเลือกโมเดลที่จะเริ่มพัฒนา (Technology Transfer Model Selection) อาทิเช่น M2 หรือ M3 หรือทั้ง M2 และ M3 ในการเริ่มต้นซึ่งเมื่อมีความชัดเจนและเป็นความตั้งใจและคาดหวังร่วมกันแล้ว การพัฒนาความร่วมมือกับต่างประเทศ (Collaborative/Partnership Development) ในฐานะตัวแทนประเทศไทยนั้นสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถอาศัยกลไกทางการทูต หรือกลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำความร่วมมือระดับประเทศเข้ามาเป็นตัวช่วยในการติดต่อประสานงานได้อีกด้วย

นอกจากนี้แล้วประเทศไทยควรจะมีการกำหนดและจัดสรรงบประมาณ (Budget Allocation and Value-Chain Investment) ใน ด้านการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมอย่างจริงจังและต่อเนื่อง รวมไปถึงการลงทุนในด้านห่วงโซ่มูลค่าของอุตสาหกรรมนี้ เพื่อให้มีการ เชื่อมต่อและต่อยอดการนำงานวิจัยไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องเริ่มดำเนินการตั้งแต่ระยะเริ่มต้น เพราะการสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงนั้นจำเป็นต้องใช้งบลงทุนและเวลาในการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง หลังจากนั้นหน่วยงานที่เป็นคณะทำงานหรือศูนย์หลักในด้านเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องดำเนินการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านโครงการหรือกิจกรรมต่าง ๆ อย่างเป็นรูปธรรม พร้อมทั้งเฝ้าติดตามตรวจสอบ เพื่อให้มีการปรับปรุงและพัฒนาโมเดลต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 2.20

Technology Transfer Pathway



รูปที่ 2.20 เส้นทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีควอนตัม

ตัวอย่างของ Official & Unified National Body Establishment ของเทคโนโลยีควอนตัมนั้นแสดงในรูปที่ 2.21 ซึ่งกลุ่มประเทศต่าง ๆ ที่มีการจัดตั้งหน่วยงานศูนย์กลางของประเทศทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม จะมี 2 รูปแบบหลัก คือ

1. รูปแบบที่ใช้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมารวมตัวกันแล้วจัดตั้งเป็นคณะกรรมการกลาง ดังตัวอย่างของ UK National Quantum Technologies Programme สหราชอาณาจักร ซึ่งจะมีการตั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น หน่วยงานให้ทุนวิจัย (Engineering and Physical Sciences Research Council และ Innovate UK) หน่วยงานทางด้านความมั่นคงของชาติ (GCHQ) หน่วยงานด้าน กลาโหม (dstl) หน่วยงานทางด้านการทดสอบและมาตรฐาน (National Physical Laboratory) และหน่วยงานเกี่ยวกับการพัฒนาธุรกิจ (Department for Business, Innovation and Skills) เป็นต้น มาจัดตั้งเป็นคณะกรรมการเพื่อวางนโยบาย จัดทำแผนงาน ขับเคลื่อน และดำเนินการเพื่อสร้างเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมให้เกิดขึ้นในประเทศ

2. รูปแบบที่ใช้หน่วยงานเดียวเป็นศูนย์กลาง ดังตัวอย่างของ Centre for Quantum Technologies ประเทศสิงคโปร์ โดยจะมีการจัดตั้งศูนย์เทคโนโลยีควอนตัมของประเทศขึ้นมาที่ National University of Singapore และมีการจัดสรรงบประมาณจากส่วนกลาง (National Research Foundation) ในการให้ศูนย์นี้ออกแบบและวางแผนโครงการต่าง ๆ ทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ

จากรูปแบบการจัดตั้งหน่วยงานกลางของประเทศทั้งสองรูปแบบนั้น รูปแบบที่น่าจะมีความเป็นไปได้สูงสำหรับประเทศไทย คือ รูปแบบที่ 1 คือการรวมตัวหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมาเป็นคณะกรรมการ เนื่องจากประเทศไทยมีหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีภารกิจหลักที่เกี่ยวข้องอยู่แล้ว อาทิเช่น หน่วยงานด้านการวางนโยบาย ววน. (สทสว.) หน่วยงานให้ทุนวิจัย (บพข. และ บพค.) หน่วยงานที่เป็นผู้พัฒนาเทคโนโลยี (สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ และ NECTEC) และหน่วยการในด้านการนำงานวิจัยไปต่อยอดเพื่อสร้างธุรกิจ (NIA) นอกจากนี้ยังมีหน่วยงานต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้เทคโนโลยี (User) อื่น ๆ ที่สามารถมาร่วมเป็นคณะกรรมการได้

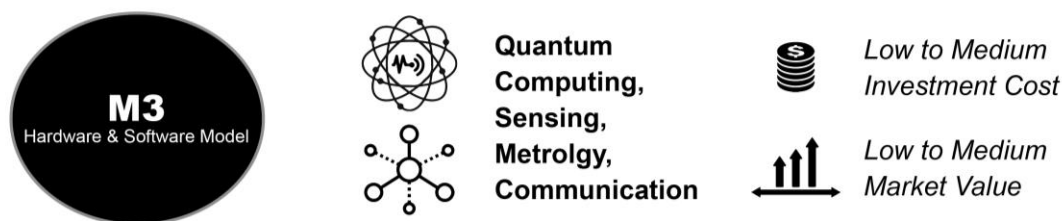
Official & Unified National Body Establishment



รูปที่ 2.21 ตัวอย่าง Official & Unified National Body Establishment ของเทคโนโลยีควอนตัม

เมื่อคณะทำงานกลางได้มีการจัดตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการแล้วนั้น คณะทำงานกลางจะเป็นผู้ออกแบบ วางแผน และกำหนดแนวทางในการเลือกรูปแบบเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศไทย คณะทำงานเล็งเห็นว่าการใช้โมเดล M2 และ M3 ในการเริ่มต้นพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม น่าจะเหมาะสมสำหรับประเทศไทยในระยะเริ่มต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งโมเดล M3 ที่จะเป็นจุดเชื่อมต่ออุตสาหกรรม Upstream และ Downstream ได้ในอนาคต อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยจำเป็นต้องนำโมเดลตัวอย่างที่ได้นี้ไปดำเนินการศึกษาเพิ่มเติมในด้านความต้องการและทรัพยากรที่มีอยู่ เพื่อให้การวางแผนและดำเนินการในระยะต่อไป ในโครงการนั้น มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและสามารถถึงโมเดลตัวอย่างที่พัฒนาในโครงการนี้ไปต่อยอดได้จริง ดังนั้นคณะทำงานจึงนำเสนอเส้นทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีควอนตัม ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ในกรณีที่คณะทำงานเห็นชอบเกี่ยวกับการเลือกรูปแบบ M3 ที่เน้นทั้งการพัฒนา Hardware กับ Software ของเทคโนโลยีควอนตัมไปพร้อม ๆ กัน อันเนื่องมาจากมีหน่วยงานที่พัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมด้าน Hardware คือ สถาบันมาตรวิทยาและ NECTEC รวมไปถึงหน่วยงานที่พัฒนาเทคโนโลยีนี้ในมุมของ Software (Algorithm หรือ Application) ที่เป็นการต่อยอดจากการสร้าง Hardware หรือการพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในธุรกิจหรือความต้องการหลักของประเทศต่าง ๆ อาทิเช่น การเงิน (Finance) หรือ ความมั่นคง (National Security) เป็นต้น

Technology Transfer Model Selection



Hardware Focus

Software Focus

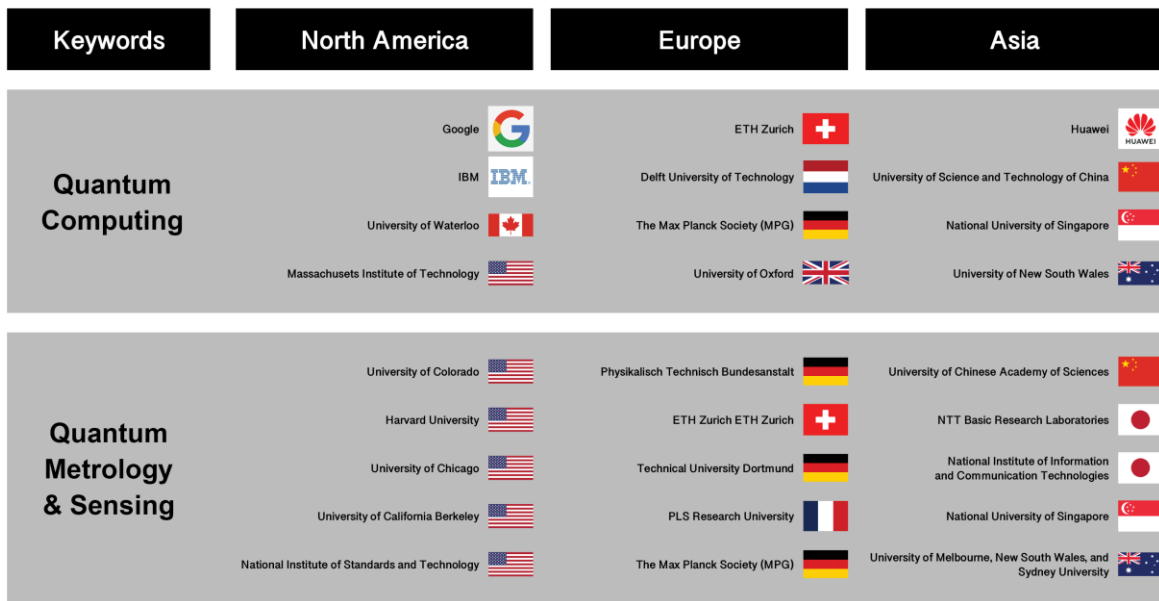


รูปที่ 2.22 ตัวอย่าง Technology Transfer Model Selection ของเทคโนโลยีควอนตัม

หลังจากคณะทำงานกลางได้เลือกโมเดลในการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมที่เหมาะสมแล้ว คณะทำงานกลางสามารถเปิดแผนที่หน่วยงานต่าง ๆ ที่เป็นผู้นำเทคโนโลยีควอนตัมในโมเดลที่เลือกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.23 ซึ่งเป็นข้อมูลที่มาจากระบบการสืบค้นจากข้อมูลเชิงประจักษ์และจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ ดังตัวอย่างที่คณะทำงานในโครงการนี้ได้เสนอมา อย่างไรก็ตาม ข้อมูลต่าง ๆ เหล่านี้ควรจะมีการอัปเดตอยู่เสมอเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด คณะทำงานกลางควรมีการออกแบบแนวทางในการเลือกประเทศและหน่วยงานที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีอย่างชัดเจน และดำเนินการเจรจากับประเทศต่าง ๆ ด้วยการใช้กลไกระหว่างประเทศกับประเทศ อาทิเช่น ระดับผู้นำประเทศกับผู้นำประเทศ หรือระดับรัฐมนตรีกับรัฐมนตรี เพื่อให้การดำเนินการต่าง ๆ เป็นระดับ Top-Down เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีสูงสุด และอีกหนึ่งสาเหตุสำคัญสำหรับการ

การใช้กลไกระหว่างประเทศ คือ เป็นการดำเนินงานที่หน่วยงานย่อยหรือระดับมหาวิทยาลัยนั้นไม่สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากเป็นโครงการใหญ่ระดับประเทศกับประเทศ ที่มีขอบเขต งบประมาณ และผลกระทบต่อการสร้างเทคโนโลยี ธุรกิจ และอุตสาหกรรมทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมระดับประเทศเป็นหลัก นอกจากนี้แล้วคณะทำงานกลางจะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ร่วมที่ประเทศผู้ให้หรือถ่ายทอดเทคโนโลยีจะได้รับร่วมกันกับประเทศไทยอีกด้วย

Collaboration/Partnership Program Development



รูปที่ 2.23 ตัวอย่าง Collaboration/Partnership Program Development ของเทคโนโลยีควอนตัม

ในช่วงระหว่างการพัฒนาความร่วมมือถ่ายทอดเทคโนโลยีร่วมกันระหว่างประเทศนั้น คณะทำงานกลางมีความจำเป็นต้องวางแผนการจัดสรรงบประมาณ และการลงทุนในห่วงโซ่คุณค่าของอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสม โดยสามารถศึกษาจากตัวอย่างของสหราชอาณาจักร และสิงคโปร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.24

1. รูปแบบการจัดสรรงบประมาณจากคณะทำงานกลางของสหราชอาณาจักร (UK National Quantum Technologies) ซึ่งได้มีการจัดสรรงบประมาณสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัมไว้ประมาณ 1.4 Billion USD ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 เป็นต้นมา โดยจะมีการจัดสรรกรอบงบประมาณที่ประมาณ 13 - 130 Million USD ต่อหัวข้อในแต่ละช่วงระยะเวลา ซึ่งจะแบ่งช่วงระยะเวลาออกเป็นคร่าว ๆ สามช่วงหลัก คือ ช่วงแรก (เน้นการทำงานวิจัยพื้นฐาน) ช่วงกลาง (เน้นการทำงานวิจัยประยุกต์หรืองานทางวิศวกรรมศาสตร์) และช่วงท้าย (เน้นการนำไปต่อยอดธุรกิจ) โดยคณะทำงานกลางจะเป็นผู้ออกแบบขอบเขตงบประมาณของแต่ละหัวข้อ และจะมีการประเมินผลลัพธ์ที่ได้อย่างต่อเนื่อง

2. รูปแบบการจัดสรรงบประมาณจากศูนย์เทคโนโลยีกลางแห่งชาติ (Centre for Quantum Technologies) ประเทศสิงคโปร์ โดยศูนย์นี้จะได้รับงบประมาณจัดสรรตรงจากรัฐบาล (National Research Foundation) ไปที่ National University of Singapore ซึ่งเป็นงบประมาณรวมประมาณ 75 Million USD เพื่อออกแบบและจัดสรรงบประมาณให้กับโครงการต่าง ๆ ของศูนย์ ใน

กรอบระยะเวลาช่วง ค.ศ. 2018-25 จากงบประมาณทั้งหมดประมาณ 91 Million USD สำหรับเทคโนโลยีควอนตัม ซึ่งหน่วยงานภาครัฐจะใช้กรอบงบประมาณประมาณ 16 Million USD สำหรับการลงทุนในภาครัฐกิจของอุตสาหกรรมทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ซึ่งจากทั้งสองรูปแบบข้างต้น รูปแบบของ UK National Quantum Technologies น่าจะเหมาะสมกับประเทศไทย มากกว่า เนื่องจากประเทศไทยไม่มีหน่วยงานแห่งชาติทางด้านเทคโนโลยีควอนตัมโดยเฉพาะ และการใช้กลไกการทำงานของคณะทำงานกลางถูกแต่งตั้งมาจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ในการขับเคลื่อน ออกแบบ จัดสรรงบประมาณ และประเมินผลอย่างต่อเนื่อง น่าจะทำให้เกิดผลเร็วกว่าเริ่มการจัดตั้งศูนย์เทคโนโลยีแห่งชาติขึ้นมาใหม่

Budget Allocation and Value-Chain Investment



1.4 Billion USD since 2013 (two phases)

13 - 130 Million USD Per Topic/Time Scale to Market



90.9 Million USD (2018-2025) for Research and Ecosystem-Building



74.8 Million USD (2017-22) for Centre for Quantum Technologies



UK Model (Individual Roadmap for Each Topic)

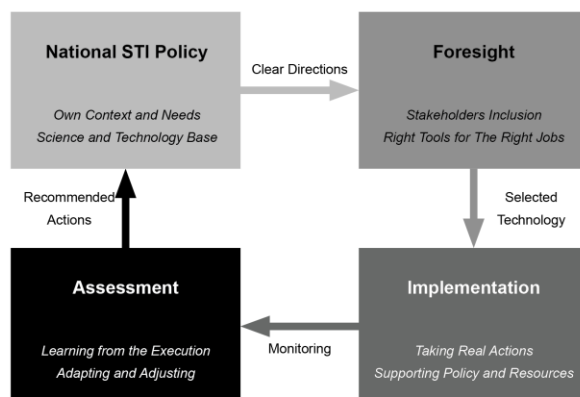
Block Grants (5-Year) based on Time to Market



รูปที่ 2.24 ตัวอย่าง Budget Allocation and Value-Chain Investment ของเทคโนโลยีควอนตัม

เมื่อมีการจัดสรรงบประมาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว คณะทำงานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.25 ก็จะเป็นผู้ขับเคลื่อนหลักและผลักดันให้แต่ละโครงการภายใต้กรอบการทำงานระหว่างประเทศในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีควอนตัม ซึ่งจะเป็นการผลักดันโครงการและกิจกรรมต่าง ๆ ภายใต้กรอบนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย ไปสู่การคาดการณ์เทคโนโลยีที่จำเป็นและเหมาะสมกับประเทศ เพื่อนำไปสู่การดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างประเทศผ่านกลไกของรัฐบาลกับรัฐบาลอย่างเป็นรูปธรรม และดำเนินการประเมินเพื่อปรับปรุงแก้ไข และนำไปสู่การสร้างหรือปรับนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทยเพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องต่อไป

Technology Transfer Projects Execution and Monitoring

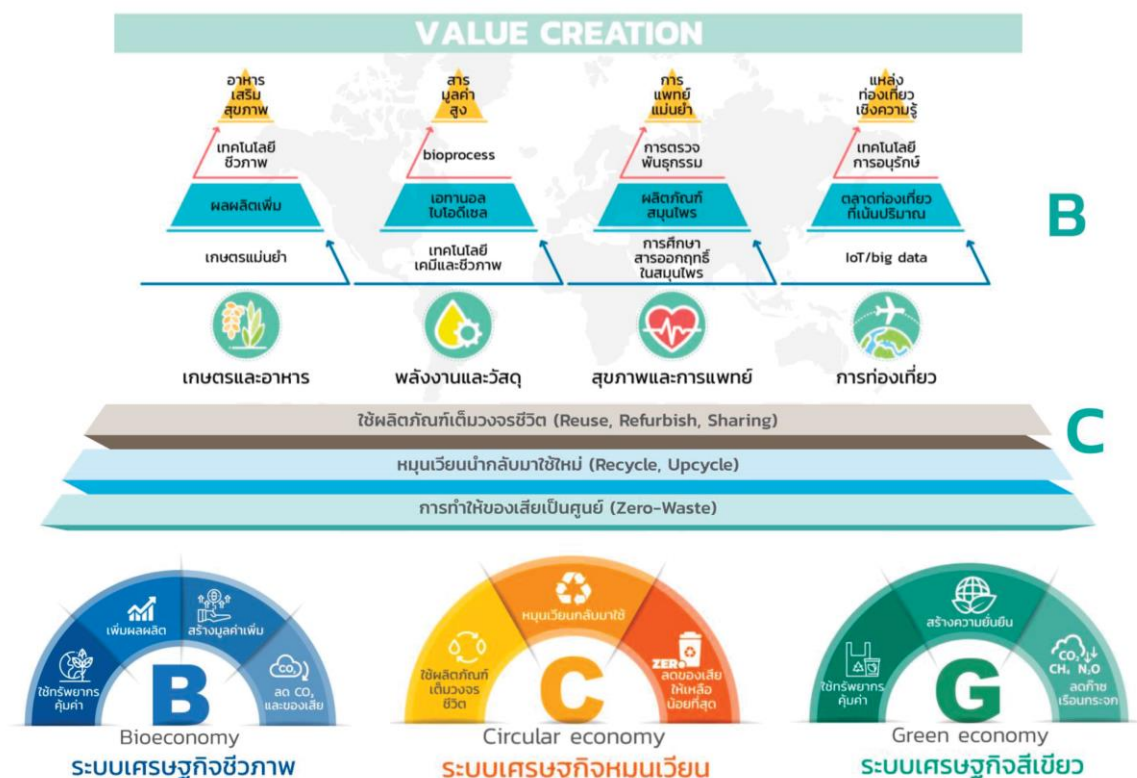


รูปที่ 2.25 ตัวอย่าง Technology Transfer Projects Execution and Monitoring ของเทคโนโลยีควอนตัม

3. Future Food

3.1 การสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

จากนโยบายและยุทธศาสตร์ อววน. พศ. 2563 – 2570 ได้กำหนดให้โปรแกรมที่ 10 มุ่งเน้นการยกระดับความสามารถ การแข่งขันและวางรากฐานทางเศรษฐกิจภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจชีวภาพ เศรษฐกิจหมุนเวียน และเศรษฐกิจสีเขียว (BCG Economy) ผ่านแผนงาน BCG in Action โดยมี 4 กลุ่มอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร อุตสาหกรรมสุขภาพและการแพทย์ อุตสาหกรรมพลังงานและวัสดุชีวภาพ และอุตสาหกรรมการท่องเที่ยวและเศรษฐกิจสร้างสรรค์ เป็นสาขายุทธศาสตร์หลัก ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ โดยสร้างความเข้มแข็งจากภายในเพื่อเชื่อมโยงไทยสู่ประชาคมโลกในฐานะส่วนหนึ่งของสายโซ่อุปทานของโลก (Global Supply Chain) ผ่านการสนับสนุนจากหน่วยงานภาครัฐใน 3 ปัจจัยเกื้อหนุน ได้แก่ 1) นโยบายและการบริหารจัดการ 2) วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม และ 3) การมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วน โดยมีหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) เป็นหน่วยงานหลักที่จัดสรรงบประมาณให้งานวิจัยในกลุ่มเรื่อง BCG economy ดังแสดงในรูปที่ 3.1



Source: Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council (NXPO)

TYSA

รูปที่ 3.1 โมเดลเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนด้วย Bio-Circular-Green (BCG) Economy [24]

ในปี 2563 ธุรกิจในกลุ่ม BCG มีมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมกันกว่า 3.4 ล้านล้านบาท มีการจ้างงานทั้งระบบ 16.5 ล้านคน (ก่อนเกิดการระบาดของโรคโควิด-19) และคาดว่าจะมีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องหากมีนโยบายและการบริหารจัดการที่เหมาะสม กลุ่มอุตสาหกรรมที่มีจำนวนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมากที่สุดแต่ส่งผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจน้อยที่สุดคือ อุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร โดยร้อยละ 30 ของประชากรวัยทำงานอยู่ในภาคการเกษตร ซึ่งสามารถสร้าง GDP ให้แก่ประเทศได้เพียง 8% การแปรรูปเป็นอาหารและส่วนประกอบอาหารเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการสร้างมูลค่าเพิ่ม

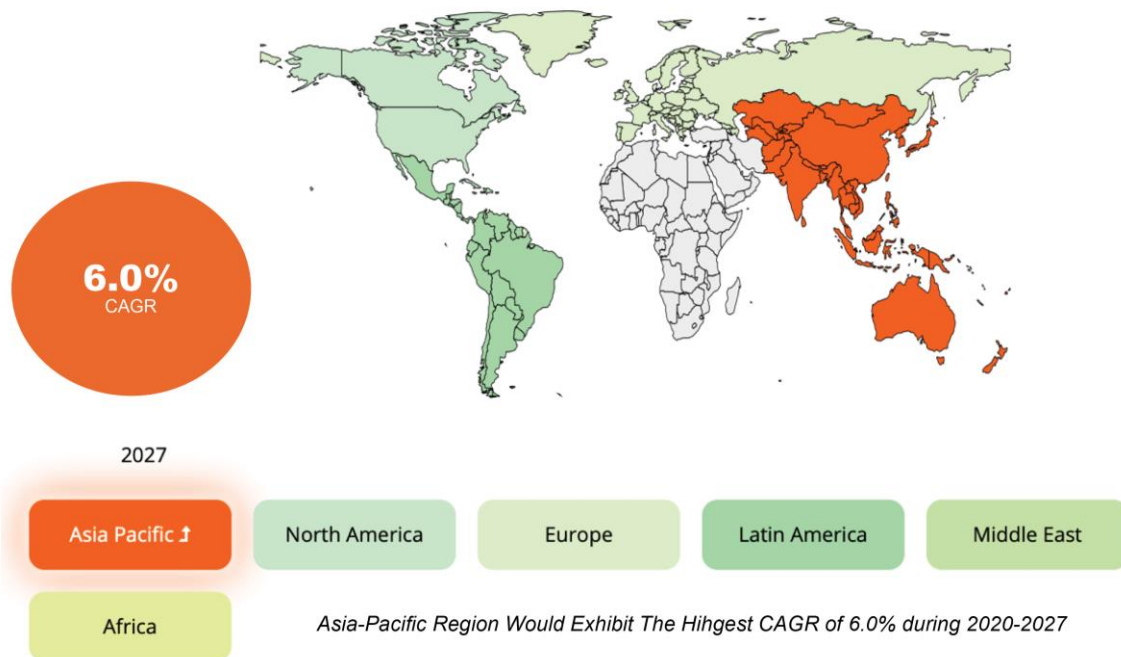
ให้แก่ผลผลิตทางการเกษตร ทั้งนี้การผลิตอาหารและส่วนประกอบอาหาร (Ingredient) มูลค่าเพิ่มสูงนั้น นอกจากจะต้องพัฒนา ด้านคุณภาพ มาตรฐานแล้ว ยังต้องใช้องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาผนวกกับความเข้าใจความต้องการ ของตลาดที่เปลี่ยนแปลงไปและความคิดสร้างสรรค์ เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์นวัตกรรมเพื่อยกระดับขีดความสามารถ ในการแข่งขันของประเทศและสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ

ประเทศไทยมีจุดแข็งด้านความมั่นคงทางอาหารและจัดว่าเป็นครัวของโลก ปัจจุบันประเทศไทยสร้างรายได้ จากการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารกว่า 1 ล้านล้านบาทในปี 2563 เป็นผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปเป็นอันดับที่ 2 ของภูมิภาคเอเชีย และเป็นลำดับที่ 13 ของโลก ลดลงจากอันดับ 11 เนื่องจากผลพวงของการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 จากการคาดการณ์ สถานการณ์จะดีขึ้นหากประเทศคู่ค้าสามารถจัดการกับปัญหาการแพร่ระบาดของโควิด-19 ได้ดี อย่างไรก็ตาม การเติบโตภายในประเทศเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12 แต่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ยังคงใช้เทคโนโลยีในการปรับปรุงขั้นพื้นฐาน เน้นการแข่งขันด้วยกลไกด้านราคามากกว่าการทำงานวิจัยและพัฒนา ทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกลดลง

จากแนวคิดในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยในโลกหลังโควิดด้วย BCG Economy การเข้าถึงแหล่งความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมจากสถาบันชั้นนำของโลก เป็นอีกหนึ่งในกลไกที่สามารถนำมาพัฒนาต่อยอดให้เกิดผลิตภัณฑ์ หรือบริการนวัตกรรม และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือกับหน่วยงานชั้นนำในต่างประเทศจะเพิ่มศักยภาพให้แก่ ประเทศไทยในการเข้าถึงตลาดและแสดงบทบาทความเป็นผู้นำในเวทีโลกในด้าน BCG Economy ได้ ในการนี้คณะทำงาน ได้วิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometric Analysis) โดยใช้เครื่องมือ Bibliometrix ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูล บทความวิชาการในระดับนานาชาติ หลังทำการคัดเลือกคำสำคัญ (Keywords) ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารและ สอดคล้องกับทิศทางการให้ทุนของแหล่งทุนหลักของประเทศด้านอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร ได้แก่ บพข. สวก. และ วช. ซึ่งมุ่งเป้าไปที่การพัฒนาอาหารและส่วนประกอบอาหารที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ (Functional Food & Ingredient) เพื่อสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาให้ความสำคัญกับการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้น และมีความต้องการที่จำเพาะมากขึ้น เช่น อาหารสำหรับผู้บริโภคเฉพาะกลุ่ม (ผู้สูงอายุ นักกีฬา กลุ่มคีโต ฯลฯ) ผนวกกับการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้เกิดกระแสการบริโภคอาหารเป็นยามากขึ้น

นอกจากอาหารและส่วนประกอบอาหารที่มีสมบัติเชิงหน้าที่ อีกหนึ่งกลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารมูลค่าสูงที่ประเทศไทยควร ให้ความสำคัญในการพัฒนาให้เกิดเป็นธุรกิจใหม่ คือ สารให้กลิ่นรสอาหาร (Flavor) เนื่องจากประเทศไทยเป็นผู้ส่งออกอาหาร รายใหญ่ของโลก แต่ยังคงติดอยู่ในกับดักประเทศรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap, MIT) ส่งออกผลิตภัณฑ์เกษตรและอาหาร ที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ แต่มีการนำเข้าสารให้กลิ่นรสอาหารเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 14,000 ล้านบาท ในปี 2562 เพื่อใช้ในอุตสาหกรรม อาหารและเครื่องดื่ม โดยตลาดสารให้กลิ่นรสทั่วโลกมีมูลค่าประมาณ 4 แสนกว่าล้านบาท และมีอัตราการเติบโตสะสมที่ 4-6% CAGR โดยคาดว่าตลาดในกลุ่มประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก (APAC) จะมีสัดส่วนของตลาดสูงสุดประมาณ 35% และมีอัตราการเติบโตสะสมสูงสุด สารให้กลิ่นรสอาหารที่มาจากธรรมชาติ (Natural Flavor) เป็นกลุ่มที่ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น อย่างต่อเนื่องและมีมูลค่าทางการตลาดสูง ในขณะที่ผู้ผลิตรายใหญ่ 10 อันดับแรกของโลก มีสัดส่วนทางการตลาดประมาณ 80% จึงนับว่าเป็นโอกาสของประเทศไทยที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และมีการส่งเสริมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้าน Biorefinery ในการก้าวขึ้นมาเป็นผู้ผลิตสารให้กลิ่นรสอาหารเพื่อลดการนำเข้าสารให้กลิ่นรสจากต่างประเทศ และมีบทบาทในเวทีโลก ด้านการเป็นผู้ผลิตและส่งออกสารให้กลิ่นรสจากธรรมชาติ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3

Food Flavors Market By Region

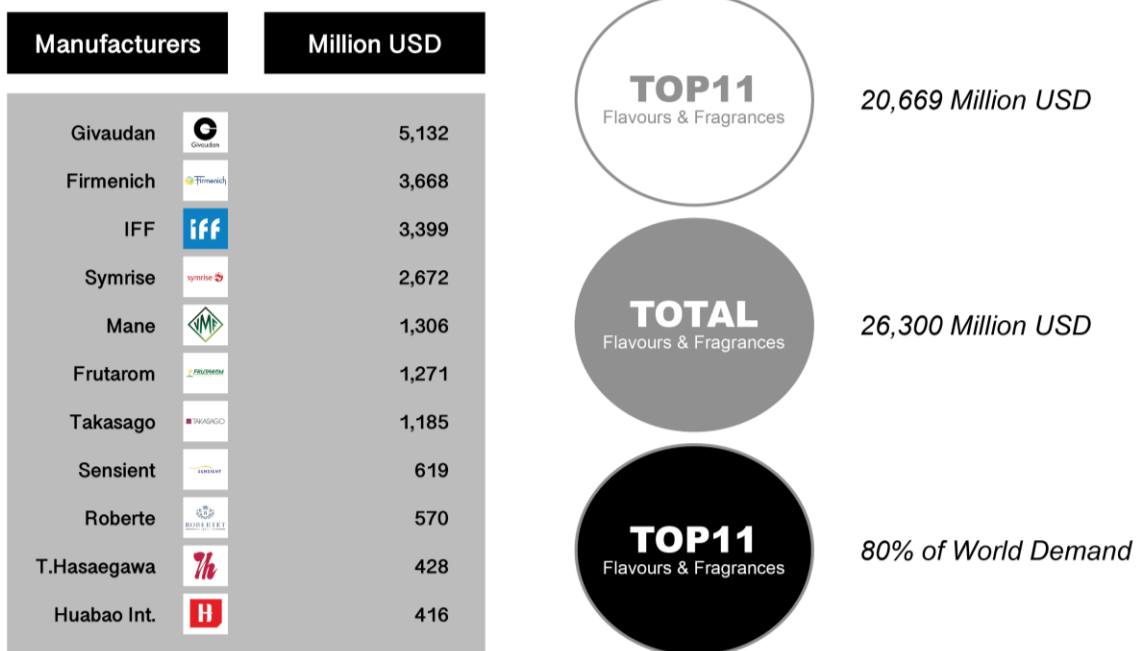


Source: <https://www.alliedmarketresearch.com/food-flavors-market>



รูปที่ 3.2 แนวโน้มตลาดทางด้าน Food Flavors ในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก [25]

Top Global Flavours and Fragrances Manufacturers



Source: Thai Flavor Trade Association (TFA)



รูปที่ 3.3 กลุ่มบริษัทผู้นำตลาดทางด้าน Flavors and Fragrances ของโลก [26]

จากข้อมูลการสืบค้นเบื้องต้นดังกล่าว คณะทำงานจึงได้ใช้คำสำคัญ (Keywords) คือ Food Ingredient (Natural Flavor) และ Food Ingredient (Natural Color) ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ในการนำไปสืบค้นเพื่อหาข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้ Bibliometrix ต่อไป

Important Keywords



Food Ingredient
(Natural Flavor)

Food Ingredient
(Natural Color)

Source: Bibliometrix (2020)



รูปที่ 3.4 คำสำคัญของเทคโนโลยี Future Food

3.2 การวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix)

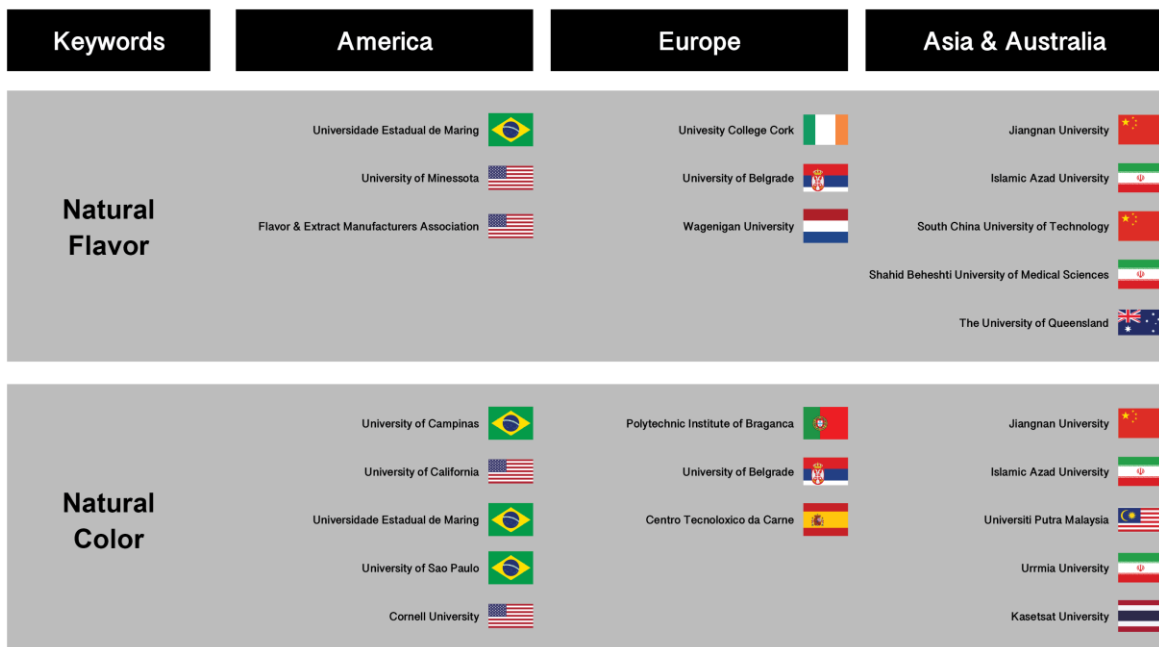
คณะทำงานได้ทำการวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometrix) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลบทความวิชาการในระดับนานาชาติ แบ่งออกเป็น 6 หัวข้อย่อย อันได้แก่ Functional Food, Functional Food (Antioxidant), Functional Food (Probiotic), Food Ingredient (Natural Flavor), Food Ingredient (Natural Color) และ Precision Agriculture/Farming จากหัวข้อย่อยดังกล่าวคณะทำงานได้สืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูล Scopus ซึ่งมีข้อมูลรวมทั้งหมด 33,550 บทความ

จากการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้เครื่องมือ Most Relevant Affiliation และ Most Cited Countries สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังที่แสดงในรูปที่ 3.5 เมื่อเปรียบเทียบทั้งหัวข้อวิจัยด้าน Future Food ผลผลิตการตีพิมพ์ระหว่างปี 2016 ถึง 2020 ในหัวข้อย่อย Food Ingredient (Natural Flavor) และ Food Ingredient (Natural Color) โดยผลการศึกษาดังกล่าวมีรายละเอียดดังนี้

1. Functional Food (Probiotic) ประเทศมีความเข้มแข็งมากได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด ตามมาด้วยประเทศอิตาลีและบราซิล ทั้งนี้มหาวิทยาลัยที่มีความเข้มแข็งทางด้านนี้คือ Jiangnan University ของประเทศจีน
- Food Ingredient (Natural Flavor) ประเทศมีความเข้มแข็งมากได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด ตามมาด้วยประเทศบราซิลและจีน ทั้งนี้มหาวิทยาลัยที่มีความเข้มแข็งทางด้านนี้คือ Jiangnan University ของประเทศจีน
2. Food Ingredient (Natural Color) ประเทศมีความเข้มแข็งมากได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด ตามมาด้วยประเทศบราซิลและสเปน ทั้งนี้สถาบันที่มีความเข้มแข็งทางด้านนี้คือ Jiangnan University ของประเทศจีน

3. Precision Agriculture/Farming ประเทศมีความเข้มแข็งมากได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีจำนวนการอ้างอิงสูงสุด ตามมาด้วยประเทศจีนและอิตาลี โดยมหาวิทยาลัยที่มีความเข้มแข็งทางด้านนี้คือ China Agricultural University ของประเทศจีน

Future Food Bibliometrix Results



Source: Bibliometrix (2020)



รูปที่ 3.5 ผลการวิเคราะห์ Bibliometrix ของเทคโนโลยี Future Food

เมื่อพิจารณาอันดับด้านจำนวนการอ้างอิงและความเกี่ยวข้อง ระหว่างนักวิจัย สถาบันและกลุ่มประเทศ พบว่าประเทศสหรัฐอเมริกา มีระดับจำนวนการอ้างอิงสูงที่สุดจาก 6 หัวข้อย่อย และดัชนีความเกี่ยวข้อง (Most Relevant Affiliation) ซึ่งให้เห็นว่า Jiangnan University ของประเทศจีนมีความเข้มแข็งทางด้าน Future Food จากการวิเคราะห์ทั้งจำนวนบทความตีพิมพ์ และการถูกอ้างอิงพบว่าในช่วงปี 2016 ถึง 2020 มีสถาบันและประเทศที่มีความโดดเด่นตาม 6 หัวข้อย่อยดังกล่าวทั้งหมด 41 สถาบันจาก 18 ประเทศ ซึ่งสถาบันที่ดี 10 อันดับสถาบันที่มีจำนวนบทความตีพิมพ์มากที่สุด คือ

1. Jiangnan University จำนวน 5 ครั้ง
2. Wageningen University, Universiti Putra Malaysia และ South China University of Technology จำนวน 4 ครั้ง
3. University of California, University College Cork, University of Belgrade และ Islamic Azad University จำนวน 3 ครั้ง
4. University of Minnesota, Zhejiang University, Seoul National University, Konkuk University, University of Campinas, Universidade Estadual De Maringá, University of Naples Federico II, Tabriz University of Medical Sciences และ Shahid Beheshti University of Medical Sciences จำนวน 2 ครั้ง
5. Flavor and Extract Manufacturers Association, Cornell University, University of Massachusetts, Iowa State University, Purdue University, University of Copenhagen, Ghent University, University of Bonn, University of Hohenheim, Fujian Agriculture and Forestry University, China Agricultural University, Nanjing Agricultural University, Kyungpook National University, Chonbuk National University, Instituto Federal De Educao, University of So Paulo,

Universit Degli Studi Di Milano, Urmia University, University of Zagreb, University of Granada, Centro Tecnoligico De La Carne De Galicia, University of Queensland, Instituto Politcnico De Braganza, Diponegoro University และ Kasetsart University จำนวน 1 ครั้ง

และประเทศที่มีจำนวนบทความตีพิมพ์มากและถูกอ้างอิงมากที่สุด คือ

1. จีน จำนวน 14 ครั้ง
2. สหรัฐอเมริกา จำนวน 10 ครั้ง
3. อิหร่าน จำนวน 8 ครั้ง
4. เกาหลีและบราซิล จำนวน 6 ครั้ง
5. เนเธอร์แลนด์และมาเลเซีย จำนวน 4 ครั้ง
6. ไอร์แลนด์ เยอรมัน เซอร์เบียและอิตาลี จำนวน 3 ครั้ง
7. สเปน จำนวน 2 ครั้ง
8. เดนมาร์ก โครเอเชีย ออสเตรเลีย โปรตุเกส อินโดนีเซีย และไทย จำนวน 1 ครั้ง

จากการวิเคราะห์ผลดังกล่าวจึงสรุปได้ว่าทวีปเอเชียเป็นทวีปที่มีความโดดเด่นทางด้าน Future Food ในบรรดากลุ่มประเทศในทวีปเอเชีย ประเทศที่มีหน่วยงานที่มีผลงานตีพิมพ์เป็นจำนวนมากและมีผลงานที่ถูกอ้างอิงมากที่สุดคือ ประเทศจีน อิหร่าน เกาหลี และมาเลเซีย นอกจากนี้ สหรัฐอเมริกาก็เป็นอีกหนึ่งประเทศที่มีความโดดเด่นทางด้านวิชาการ ตามมาด้วยกลุ่มประเทศในทวีปยุโรป เช่น เนเธอร์แลนด์ ไอร์แลนด์ เยอรมัน เซอร์เบีย อิตาลี หรือสเปน ประเทศไทยเองก็มีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ติด 1 ใน 10 อันดับแรกในหัวข้อย่อย Natural Color

จากผลการสังเคราะห์ข้อมูลจากรายงานแนวโน้มเทคโนโลยีพบว่า มีเทคโนโลยีสำคัญที่จะเอื้อให้เกิดการนำ การเกษตรอัจฉริยะไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่ ระบบเครือข่ายไร้สาย (Wireless Sensor Networks) ระบบนำทางด้วยดาวเทียม (Global Navigation Satellite System; GNSS) คลาวด์คอมพิวติ้ง (Cloud Computing) การสื่อสารระหว่างเครื่องจักรกับเครื่องจักร (Machine-to-Machine Communication) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ข้อมูลใหญ่และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงทำนาย (Big Data and Predictive Analytics) หุ่นยนต์ (Robotics) และเครื่องบินไร้คนขับที่ควบคุมด้วยวิทยุทางไกล (Drones) โดยรายงานได้ระบุถึงบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญ และเป็นผู้ถือครององค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องในแต่ละเทคโนโลยี ซึ่งได้แสดงให้เห็นว่ามีการกระจายตัวอยู่ใน 4 ทวีปทั่วโลก ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกาและแคนาดาในทวีปอเมริกาเหนือ ประเทศเยอรมัน อิตาลี และฝรั่งเศสในทวีปยุโรป ประเทศจีน ญี่ปุ่น และเกาหลีในทวีปเอเชีย และประเทศออสเตรเลียในทวีปออสเตรเลีย

3.3 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญภายในประเทศ

คณะทำงานได้สัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน Future Food ของประเทศไทย จำนวน 3 ท่าน คือ 1) รศ.ดร. สิริ ชัยเสรี ผู้อำนวยการหน่วยบริหารและจัดการทุน ด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) 2) ดร.บงกช เกียรติธนากร ผู้บริหารบริษัท อุตสาหกรรมเครื่องหอมไทย-จีน จำกัด (TCFF) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และ 3) คุณวทันยา บุญยสิทธิเดช ผู้บริหารบริษัท เอวา แพลนท์ จำกัด

โดยท่าน รศ.ดร. สิริ ชัยเสรี ได้ให้ความเห็นและคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. ศักยภาพและความท้าทายของอุตสาหกรรม Flavor

ประเทศไทยมีโอกาสนในการผลักดันให้อุตสาหกรรมผลิตสารให้กลิ่นรสอาหาร (Flavor Industry) ให้เป็น Growth Engine ใหม่เนื่องจาก ประเทศไทยมีศักยภาพด้านเทคนิคการผลิตและวัตถุดิบ แต่ยังคงมีความท้าทายในการพัฒนาศักยภาพของกำลังคน ที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง เช่น Flavorist โดยปัญหาที่สำคัญในการผลักดันอุตสาหกรรมผลิตสารให้กลิ่นรสอาหาร คือ ผู้ประกอบการกังวลเรื่องความเสี่ยงด้านการลงทุนในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากยังขาดการสนับสนุนจากภาครัฐ

ในด้านนโยบายและระเบียบด้านการตลาดและด้านโครงสร้างพื้นฐาน ในขณะเดียวกันบริษัทต่างชาติที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีที่สำคัญ เลือกที่จะไปลงทุนสร้างศูนย์วิจัยและนวัตกรรมในประเทศสิงคโปร์หรือจีน แทนประเทศไทย ที่มีความได้เปรียบด้านวัตถุดิบตั้งต้น แต่ขาดความพร้อมด้านกำลังคนและกฎหมาย กฎระเบียบของภาครัฐที่ยังไม่เอื้อต่อการดำเนินกิจการ ยกตัวอย่างเช่น บริษัทต่างชาติไม่สามารถทำผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับสมุนไพรได้ นอกจากนี้ ยังมีความไม่แน่นอนในด้านการตลาดและการนำไปใช้จริงของผู้ผลิตอาหารแปรรูปในประเทศซึ่งเดิมใช้สารให้กลิ่นรสอาหารที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นหลัก

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรม Flavor

ในปัจจุบัน หน่วยงานที่มีความพร้อมหรือมีศักยภาพในการเป็นผู้นำในเรื่องเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ Flavor Industry คือนักวิจัยของมหาวิทยาลัยในสหรัฐอเมริกา ได้แก่ University of Illinois และ Oregon State University สำหรับในด้านเอเชียจะมีมหาวิทยาลัยที่มีความเชี่ยวชาญด้าน Flavor ได้แก่ Shanghai University ซึ่งมีสาขาเฉพาะทางสำหรับประเทศอังกฤษ ผู้เชี่ยวชาญจะทำงานกับภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก เช่น University of Nottingham ในส่วนของภาคเอกชน บริษัทที่มีความเชี่ยวชาญและโดดเด่นด้าน Flavor ได้แก่ บริษัท Givaudan บริษัท Firmenich บริษัท Symrise และ บริษัทอื่น ๆ จากประเทศญี่ปุ่น

สำหรับการระบุผู้เชี่ยวชาญด้าน Flavor Industry นั้น อาจต้องใช้กระบวนการค้นหามากกว่าผลงานการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการด้วย Bibliometrix หรือ ผลงานสิทธิบัตร ด้วย Patsnap เนื่องจากผลการวิจัยส่วนใหญ่ด้าน Flavor จะถูกเก็บเป็นความลับทางการค้า (Trade Secret) นอกจากนี้ ในการสัมภาษณ์เพื่อสอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญควรสัมภาษณ์แบบตัวต่อตัวมากกว่าสัมภาษณ์ในรูแบบของ Forum เพื่อให้ได้รับข้อมูลในหลากหลายมิติ

3. เทคโนโลยีที่สำคัญและจำเป็นต้องได้รับการถ่ายทอดจากต่างประเทศ

เทคโนโลยีด้าน Extraction, Encapsulation, Emulsion, Flavor Stability และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสารให้ความหวานและน้ำตาล เป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมสารให้กลิ่นรสในประเทศ แต่ทั้งนี้ต้องตรวจสอบความต้องการเทคโนโลยีกับภาคอุตสาหกรรม ซึ่งแนวทางในการสร้างความร่วมมือด้านเทคโนโลยีที่สำคัญคือการเชิญผู้เชี่ยวชาญใน Core Technology ด้านต่าง ๆ ที่เป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมอาหารเพื่อมาร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนในประเทศไทย เพื่อสร้างความสามารถในการทำงานวิจัยและพัฒนา ตลอดจนสร้างผู้เชี่ยวชาญที่สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีไปสู่ภาคการผลิตในอุตสาหกรรม

4. นโยบายที่สำคัญในการสนับสนุนให้เกิด Technology Transfer เพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีด้าน Flavor

ภาครัฐควรจัดทำนโยบายและกฎเกณฑ์ในการสนับสนุนการลงทุนจากต่างประเทศ ซึ่งทำให้อุตสาหกรรมนี้สามารถเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันทาง บพข. ได้มีการศึกษาถึง Success Factor และ Obstacles ในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมด้าน Flavor ซึ่งผลการศึกษาพบว่าภาคเอกชนมีการลังเลในการลงทุน เนื่องจากยังเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเสี่ยงสูง และขาดการสนับสนุนจากภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรม

5. ข้อสังเกตอื่น ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญได้ให้ข้อสังเกตว่า หากพิจารณาด้านมูลค่าทางเศรษฐกิจโดยตรงของอุตสาหกรรมด้านสารให้กลิ่นรส (Flavor) แต่เพียงอย่างเดียว อาจพบว่าผลกระทบทางเศรษฐกิจน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอาหารด้านอื่นๆ เช่น Organic, Functional, Medical, Novel Food แต่หากพิจารณาควบคู่ไปกับโอกาสในการสร้างความสามารถในการแข่งขันของผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มและอาหารแปรรูปของไทยจะพบว่าสามารถสร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจได้มากจากการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว และมาจากสารให้กลิ่นรสธรรมชาติ

โดย ดร.บงอร เกียรติธนากร ได้ให้ความเห็นและคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. ศักยภาพและความท้าทายของอุตสาหกรรม Flavor

ประเทศไทยมีจุดเด่นด้านวัตถุดิบที่แปลกและหลากหลายซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาดต่างประเทศ ซึ่งสามารถนำมาเพิ่มมูลค่าเป็นผลิตภัณฑ์ปรุงแต่งสี กลิ่น รสอาหารได้ โดยเฉพาะกลุ่มผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural ingredient & flavor) ที่ตลาดโลกมองหา แต่ยังมีข้อจำกัดอีกหลายด้านที่ต้องให้ความสนใจเพื่อปลดล็อกศักยภาพในปัจจุบัน

- ด้านบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านกลิ่นรส (Flavorist) ซึ่งมีอยู่น้อยมากในประเทศแต่มีบทบาทสำคัญมากในอุตสาหกรรม จำเป็นต้องสร้างคนและฝึกทักษะ และควรผลักดันให้เป็นหลักสูตรในระดับมหาวิทยาลัย
- ด้านความสามารถในการขยายขนาดกระบวนการสกัดและกระบวนการผลิต นักวิจัยไทยมีความสามารถในการทำการทดลองในระดับ Lab scale ขาดความสามารถในการขยายขนาดไปในระดับ Industrial scale
- ด้านความสามารถในการจำแนกสารให้กลิ่นรสที่สำคัญ (Key Flavor Component) เพื่อนำมาพัฒนาสูตรการผลิตสารให้กลิ่นเลียนธรรมชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของประเทศไทย โดยใช้สารสังเคราะห์ที่มีต้นทุนที่ถูกลง เช่น มะพร้าว น้ำหอม ข้าวหอมมะลิ ทุเรียน มะม่วง

2. ศักยภาพและความท้าทายของอุตสาหกรรมอาหารเชิงหน้าที่ (Functional Food)

ตลาดอาหารเชิงหน้าที่มีแนวโน้มการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง และประเทศไทยมีความโดดเด่นเรื่องการนำผลิตภัณฑ์สมุนไพรมาใช้เป็นยาและอาหาร แต่การที่จะนำสมุนไพรมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Food Supplement) หรืออาหารเชิงหน้าที่มูลค่าสูงยังมีความท้าทายด้านการกล่าวอ้างเชิงหน้าที่ของสารสำคัญในพืชสมุนไพรเนื่องจากขาดผลงานวิจัยและการศึกษาในมนุษย์ (Clinical Study) มารองรับการกล่าวอ้างหน้าที่ในเชิงสุขภาพ

การวางแผนในการสนับสนุนเพื่อการวิจัยและพัฒนาต้องกำหนดโจทย์ที่ตลาดต้องการ เช่น อาหารผู้สูงอายุ NCDs ความงาม/Weight loss (เครื่องสำอาง ยา อาหารเสริม) ในแต่ละภูมิภาค (มหาวิทยาลัย) มีพืชพื้นถิ่นอะไรที่มีความโดดเด่น แล้วมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ ทดสอบการยอมรับของตลาดเบื้องต้น

3. ข้อสังเกตอื่น ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ

ด้านกฎหมายและกฎระเบียบที่ยังเป็นข้อจำกัดในการดำเนินธุรกิจในปัจจุบัน ภาครัฐมีบทบาทอย่างยิ่งในการอำนวยความสะดวกและสนับสนุนการประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างการรับรู้เรื่องสมุนไพรไทย เช่น นำตัวอย่างความสำเร็จของอุตสาหกรรม การท่องเที่ยวที่ทำโครงการ Amazing Thailand มาขยายผลในด้านการส่งเสริมผลิตภัณฑ์อาหารและสมุนไพรมูลค่าสูง เริ่มจากการขายในตลาดของฝาก แล้วค่อยขยายตลาดไปต่างประเทศ โดยต้องมีตัวแทนจำหน่าย (Dealer) ในต่างประเทศมาช่วยในประเด็นเรื่องกฎระเบียบของแต่ละประเทศ เช่น จีน อินเดีย อินโดนีเซีย เป็นต้น

โดยคุณวทัญญู บุญยสิทธิเดช ได้ให้ความเห็นและคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. ศักยภาพและความท้าทายของอุตสาหกรรมส่วนประกอบอาหารเชิงหน้าที่ (Functional Ingredient)

ประเทศไทยมีความโดดเด่นด้านพืชสมุนไพรที่สามารถนำมาใช้พัฒนาเป็นส่วนประกอบอาหารเชิงหน้าที่ได้ แต่ยังมี ความท้าทายด้านการจัดการคุณภาพและปริมาณวัตถุดิบต้นน้ำ ตลอดจนความสามารถด้านการกำหนดมาตรฐานในการตรวจสอบ ปริมาณสารสำคัญ และเทคโนโลยีในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง จำพวกสารสกัดและผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร

2. ข้อสังเกตอื่น ๆ ของผู้เชี่ยวชาญ

บริษัทเอกชนบางส่วนมีความสามารถในการลงทุนซื้อเทคโนโลยีจากต่างประเทศเองได้ และรู้จักเทคโนโลยีมากกว่า ภาครัฐ แต่ต้องการได้รับการสนับสนุนด้านการปลดล็อกด้านกฎระเบียบ และการสร้างกลไกให้เกิดการรวมตัวกันของผู้ประกอบการรายย่อยในประเทศเพื่อสร้างความสามารถในการต่อรองและการแข่งขันในระดับนานาชาติ

Interviewed Expert

- ▶ *No Technical Problems in Thailand*
- ▶ *Need Regulation Supports (Marketing & Infrastructure)*
- ▶ *Flavor Technology: Extraction & Encapsulation, Emulsion, Stability*
- ▶ *Sugar Flavor and Sugar Substitute Technology*
- ▶ *USA: University of Illinois, Oregon State
UK: University of Nottingham
China: Shanghai University*



Source: Assoc.Prof.Dr. Siree Chaiseri



Interviewed Expert

- ▶ *High Global Demand on Natural Ingredient & Flavor*
- ▶ *Existing Gaps:*
 - Lack of Flavorist,
 - Lack of Scale-Up Capability,
 - Lack of Identification of Key Flavor Components of Thai Fruits & Foods
- ▶ *High Potential for Thai Herbal Product and Food Supplement in Global Market*
- ▶ *Challenges: Clinical Study and Health Claim Regulation*



Source: Thai-China Flavours & Fragrances Industry Co., Ltd.

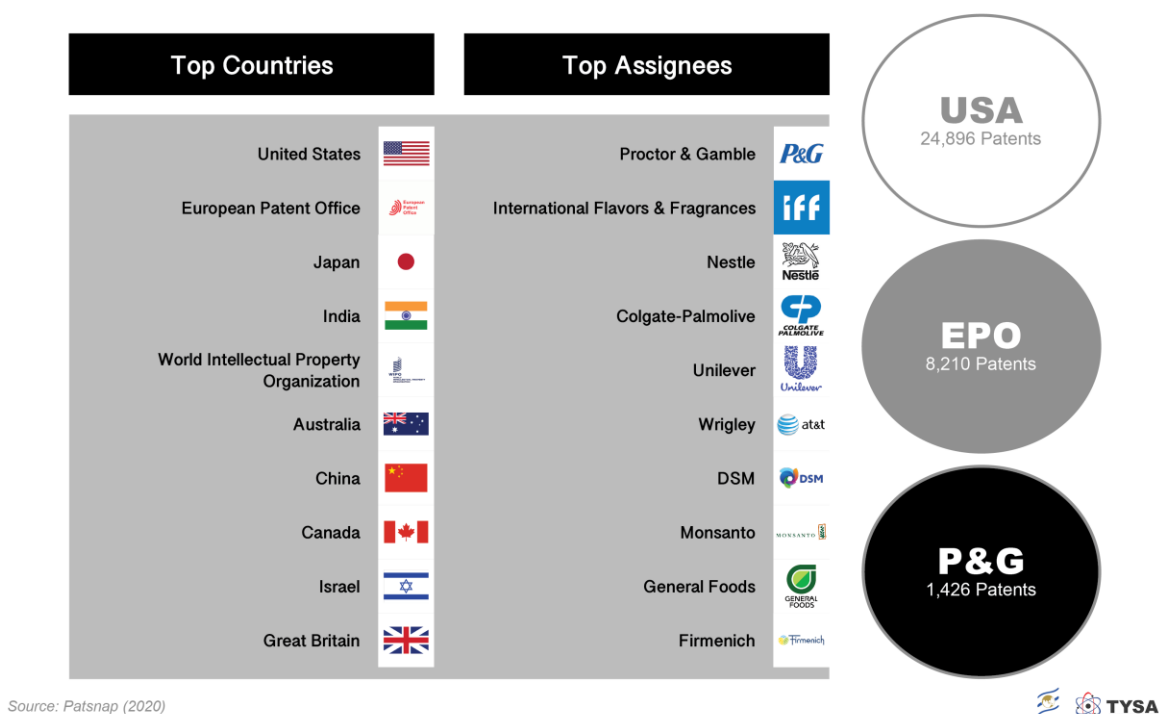


รูปที่ 3.6 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี Future Food ในประเทศไทย

3.4 การวิเคราะห์สิทธิบัตร

การศึกษาประเทศและบริษัทที่มีความเชี่ยวชาญด้าน Flavor ด้วยซอฟต์แวร์สืบค้นสิทธิบัตร Patsnap โดยใช้ Search term: food AND natural AND (flavor OR flavour) และได้ผลการค้น 72,848 Simple Families (231,393 Total) และเมื่อวิเคราะห์ผลการค้นสิทธิบัตรในด้าน Flavor จะเห็นได้จาก รูปที่ 3.7 ประเทศที่จดสิทธิบัตรมากที่สุดคือประเทศสหรัฐอเมริกา 24,896 สิทธิบัตร และ ญี่ปุ่น อินเดีย ออสเตรเลีย จีน ลดลงตามลำดับ นอกจากนี้ บริษัทที่จดสิทธิบัตรด้าน Flavor สูงที่สุด เป็นบริษัทในด้าน Consumer Products เป็นส่วนใหญ่เช่น The Procter & Gamble Co, Colgate-Palmolive Co, และ Unilever เป็นต้น นอกเหนือจากบริษัทด้าน Flavor โดยตรง ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่เทคโนโลยีที่ใช้จริง ๆ จะเป็นความลับทางการค้า ซึ่งจะไม่เผยแพร่ในสิทธิบัตรหรือการตีพิมพ์ ดังนั้น ผลการศึกษาจาก Patsnap ควรต้องไปตรวจสอบกับข้อมูลของผู้เชี่ยวชาญด้าน Flavor ด้วยวิธีอื่น ๆ

Top Assignees in Future Food (Flavor)



รูปที่ 3.7 หน่วยงานหรือสถาบันผู้ถือสิทธิบัตรสูงสุดทางด้านเทคโนโลยี Future Food

3.5 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ

คณะทำงานได้ดำเนินการสัมภาษณ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้าน Future Food จากต่างประเทศ คือ Dr.Imad A. Farhat (Vice President of Technical and Business Development, Asia Pacific Flavor Division, Firmenich) ซึ่งแสดงทัศนคติในมุมมองของประสบการณ์ส่วนบุคคลไม่เกี่ยวกับนโยบายการดำเนินธุรกิจของบริษัท ดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นและคำแนะนำดังต่อไปนี้

1. ศักยภาพและความท้าทาย

จุดแข็งของประเทศไทยในอุตสาหกรรม Flavor คือวัตถุดิบและกำลังการผลิตระดับอุตสาหกรรม แต่ Flavor Industry มีมูลค่าทางการตลาด 20 พันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งน้อยกว่าอุตสาหกรรมน้ำตาลและสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ซึ่งมีมูลค่าการตลาด 100 พันล้านเหรียญสหรัฐ ควรขยาย Scope มาที่ Food Ingredient Industry แต่ว่า Flavor คือส่วนที่ผลิตภัณฑ์อาหารถูกเลือก

ความท้าทายในอุตสาหกรรม Flavor ส่วนใหญ่จะไม่ใช่อุปสรรคด้านเทคโนโลยี แต่เป็นข้อจำกัดด้านความสะดวกในการทำธุรกิจ และในด้านการลงทุน ทางบริษัทต้องคำนึงถึงความเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ จากที่ประเทศจีนเป็นแหล่งลงทุนที่สำคัญด้าน Specialty Ingredient (99% of Natural Sweetener) แต่ประเทศจีนก็ยังขาดเสถียรภาพด้านภูมิรัฐศาสตร์ ดังนั้นประเทศไทยจึงมีโอกาสด้านการลงทุนนี้ แต่ในปัจจุบันอันดับความเสี่ยงทางภูมิรัฐศาสตร์ของประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ต่ำ ความท้าทายหลักของบริษัทด้าน Flavor คือ การพึ่งพิงแหล่งวัตถุดิบจากประเทศเดียวมากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ เช่น Propylene Glycol เนื่องจากประเทศจีนเป็นประเทศเดียวที่ผลิตในปัจจุบัน

สำหรับด้านวัตถุดิบทางบริษัทเน้นในด้านความยั่งยืน (Sustainability) และเมื่อเทียบกับการลงทุนทางบริษัทจึงทำธุรกิจส่วนใหญ่ที่ประเทศอินโดนีเซีย และการที่มีแหล่งวัตถุดิบและโรงงานแปรรูปในสถานที่เดียวกันจะเป็นจุดสำคัญสำหรับความยั่งยืน เนื่องจากอุตสาหกรรมด้าน Flavor เป็นอุตสาหกรรมพิเศษ และการที่ต้องเคลื่อนย้ายผู้เชี่ยวชาญจากทั่วโลก แต่ประเทศไทยมีอุปสรรคด้านภาษาและการสื่อสารภาษาอังกฤษ จึงทำให้การทำงานของผู้เชี่ยวชาญเกิดปัญหาเช่นเดียวกับประเทศจีนและญี่ปุ่น โดยมีการออกจางานอยู่ในช่วง 2-3 ปี ดังนั้นคู่แข่งที่สำคัญของประเทศไทย คือ ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งไม่มีอุปสรรคด้านภาษา นอกจากนี้ประเทศเม็กซิโก เป็นคู่แข่งที่สำคัญของอุตสาหกรรมสารให้ความหวานและแป้ง

2. ผู้เชี่ยวชาญด้านอุตสาหกรรม Flavor

ประเทศที่มีบริษัทที่โดดเด่นในด้าน Flavor ส่วนใหญ่คือ ญี่ปุ่น สิงคโปร์ และ จีน นอกจากนี้ประเทศไทยควรร่วมมือกับบราซิล เนื่องจากมีเทคโนโลยีขั้นสูงในการเพิ่มมูลค่าให้แป้งและน้ำตาล และสิงคโปร์เนื่องจากมีการลงทุนด้าน Plant-Based Meat อย่างจริงจังแต่ไม่มีทรัพยากรธรรมชาติมากนัก

ทางภาคเอกชนจะเน้นการลงทุนภายในประเทศที่มีความเข้มแข็งด้าน IP Management เช่น ประเทศสิงคโปร์ ประเทศที่มีนโยบายและกฎระเบียบที่สมเหตุสมผล ประเทศที่ง่ายต่อการทำธุรกิจและมีระบบนิเวศด้านการทำธุรกิจที่ดี ประเด็นเหล่านี้ดึงดูดบริษัทเพื่อลงทุนภายในประเทศ ซึ่งจะเป็นการสร้างงานและมีโอกาสได้ร่วมมือด้านเทคโนโลยีที่สำคัญ

3. เทคโนโลยีที่สำคัญและจำเป็นต้องได้รับการถ่ายทอดจากต่างประเทศ

เทคโนโลยีที่น่าสนใจ Extraction, Bioconversion, Fermentation, Reaction chemistry, Encapsulation (Techniques Beyond Spray Drying) ในการทำวิจัยในเทคโนโลยี ควรทำอย่างเป็นระบบ ไม่ใช่ด้วยความอยากรู้ การร่วมมือกับบริษัทข้ามชาติยังเป็นประโยชน์ต่อการยกระดับความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์ด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่หลากหลาย ดังนั้นการลงทุนเชิงพาณิชย์จะขับเคลื่อนการลงทุนทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ ควรเน้นเทคโนโลยีด้านความยั่งยืนและสร้างคุณค่าด้วยการทำให้สิ่งต่าง ๆ ดีขึ้น ง่ายขึ้น และมีต้นทุนที่ถูกลง ซึ่งไม่จำเป็นต้องสร้างผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่กว่าที่มีในท้องตลาด เน้นการต่อยอดจากข้อได้เปรียบของประเทศไทย แต่ไม่สร้างความแตกต่างจากตลาด

4. หัวข้อ Emerging Research ในด้าน Flavor

สารทดแทนน้ำตาลและอาหารจากพืช เช่น Bio-Based Extraction, Fermentation ซึ่ง Fermentation อาจเป็นโอกาสที่ใหญ่สำหรับประเทศ เช่น Bio-Fermentation of Sugar โดยที่ประเทศไทยมีแหล่งวัตถุดิบที่ราคาถูก เช่น Plant-Based Protein และน้ำตาล อีกทั้งยังมีศักยภาพในการผลิตเชิงอุตสาหกรรม

- Protein - การผลิตโปรตีนจากเทคโนโลยีการหมัก (Fermentation) โดยป้อนน้ำตาลสู่เซลล์ของเชื้อจุลินทรีย์ เป็นโอกาสของประเทศไทยที่จะสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรกลุ่มแป้งและน้ำตาล
- Fiber - เนเธอร์แลนด์และสิงคโปร์ลงทุนอย่างมากในด้านการสร้างเส้นใยโปรตีนจากพืชผ่านแพลตฟอร์มการอัดรีด

- Flavor – ด้านเคมีปฏิกิริยา (Reaction Chemistry) ซึ่งเป็นโอกาสที่ใหญ่มาก เนื่องจากไม่มีรสเนื้อ มีแต่รสปฏิกิริยา ประเทศไทยมีโอกาสสูงด้านอุตสาหกรรม Flavor เนื่องจากมีวัตถุดิบ องค์กรความรู้ และบุคลากร แต่ว่าไม่มีศูนย์วิจัยด้าน Flavor โดยเฉพาะ

Interviewed Expert

- ▶ *Flavor Value is Less Than Sugar Flavor and Sugar Substitute*
- ▶ *Thailand Strength: Raw Materials & Manufacturing Capabilities*
- ▶ *Brazil: High Tech in Flour & Sugar, and IP Management*
- ▶ *Singapore: Plat-Based Meat Technology and Investment*
- ▶ *Extraction, Bioconversion, Fermentation, Reaction Chemistry, Encapsulation (Techniques Beyond Spray Drying)*



Source: Dr. Imad A. Farhat, Vice President of Technical and Business Development, Asia Pacific Flavor Division, Firmenich



รูปที่ 3.8 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยี Future Food จากต่างประเทศ

3.6 การพัฒนาโมเดลเริ่มต้นสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี

เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมในกลุ่ม S-Curve เดิม ซึ่งเป็น Growth Engine หลักของประเทศ มีจำนวนผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตลอดห่วงโซ่มูลค่าจำนวนมาก และผู้ประกอบการส่วนใหญ่เป็นรายย่อย (SMEs) การพัฒนาโมเดลในการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศสำหรับ จึงพิจารณาใน 2 มิติ คือ 1) ความพร้อมของผู้เล่นในประเทศ และ 2) ระยะเวลา, เงินลงทุน และมูลค่าทางการตลาด ดังแสดงในรูปที่ 3.9

1. โมเดล A1 (Quick Win)

เน้นการต่อยอดให้แก่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในปัจจุบัน ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ เน้นการใช้เทคโนโลยีแปรรูปขั้นพื้นฐาน หากได้รับการยกระดับในแง่ของเทคโนโลยีทางการผลิตขั้นสูง (Advanced Food Processing) และ/หรือ บรรจุภัณฑ์ฉลาดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Smart & Green Packaging) ให้สามารถคงคุณค่าของอาหาร (สี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส คุณค่าทางโภชนาการ) ให้ใกล้เคียงกับของสดมากที่สุด และยืดอายุการเก็บรักษาของอาหารให้นานที่สุด และลดการใส่ส่วนประกอบอาหารที่เป็นสารเคมีหรือสารสังเคราะห์ จะเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์ได้โดยใช้เวลาในการทำงานวิจัยและพัฒนาไม่นาน มีตลาดทั้งในและต่างประเทศรองรับอยู่แล้ว

2. โมเดล A2 (Competitiveness Building)

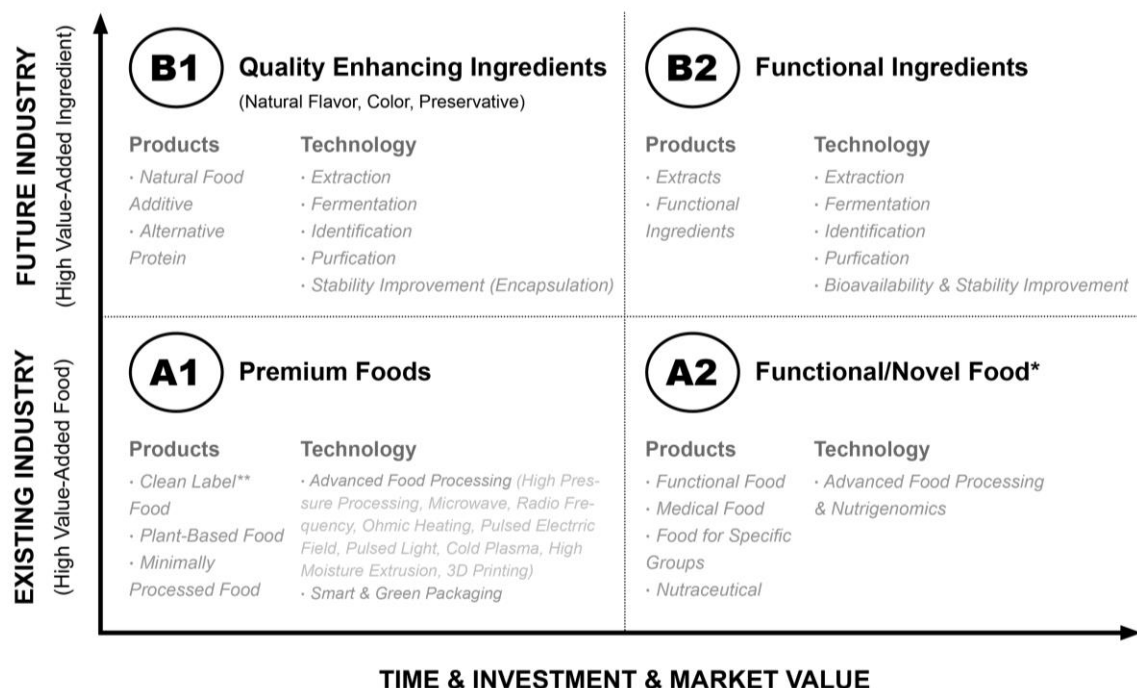
เน้นการต่อยอดให้แก่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในปัจจุบันที่มีความสามารถในการลงทุนและมีความพร้อมด้านบุคลากร R&D สำหรับผู้ประกอบการรายใหญ่ที่เห็นความต้องการที่เพิ่มขึ้นของตลาดโลกสำหรับกลุ่มอาหารเชิงหน้าที่ อาหารทางการแพทย์ อาหารสำหรับผู้เฉพาะกลุ่ม โภชนเภสัช (Nutraceutical) จำเป็นต้องมีการวาง Roadmap งานวิจัยในระยะยาว โดยการอาศัยผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศที่มีประสบการณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ออกสู่ตลาดมาเป็นที่ปรึกษา จะเป็นทางลัดในการทำงานวิจัยและพัฒนาเพื่อนำผลิตภัณฑ์ออกสู่เชิงพาณิชย์

3. โมเดล B1 (Enhancing Internal Strength)

เน้นการสร้างอุตสาหกรรมใหม่และลดการพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ แต่นำเข้าวัตถุดิบทางการผลิตประเภทสารให้กลิ่นรส สารให้สี สารกันเสีย และสารปรุงแต่งอาหารอื่น ๆ (Food Additives) เพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม โดยมุ่งเน้นการสร้างอุตสาหกรรมการผลิตสารให้สี กลิ่นรส และสารกันเสียจากวัตถุดิบธรรมชาติให้มีคุณภาพและความคงตัวสูง แก้ปัญหาขาดแคลนคนและลดต้นทุนการนำเข้าเทคโนโลยีกลิ่นรสปีละ 1,000 ล้านบาท

4. โมเดล B2 (New Growth Engine)

เน้นการสร้างอุตสาหกรรมใหม่และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศในระยะยาว โดยการสร้างอุตสาหกรรมการผลิตส่วนประกอบเชิงหน้าที่ (Functional Ingredient) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตอาหารและเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ อาหารเชิงหน้าที่ (Functional Food) ผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร (Food Supplement) ตลอดจนโภชนเภสัช (Nutraceutical) จากความได้เปรียบด้านความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศ แต่กระบวนการวิจัยและพัฒนาต้องอาศัยงบลงทุนสูง และใช้เวลาในการศึกษาวิจัยเชิงคลินิกเป็นระยะเวลานาน เพื่อให้มีหลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ที่สามารถระบุถึงความปลอดภัยและผลกระทบต่อด้านบวกในเชิงสุขภาพได้



* Clinical study is required to assess the safety and health effects (high investment cost and longer R&D period)

** Food products from natural ingredients or seasonings that are free from chemicals or synthetic substances, e.g., preservatives and flavoring agents

จากข้อมูลโมเดลต้นแบบด้านบน คณะทำงานนำเสนอแนวทางในการเลือกโมเดลเริ่มต้นดังต่อไปนี้

1. เลือกเทคโนโลยีที่เอกชนสนใจ และ ส่งเสริมเอกชนในการผลิต (Manufacturing)
2. เลือกกระดับ/ขนาดของผู้ประกอบการ เพื่อการส่งเสริมแต่ละเทคโนโลยี
 - บริษัทขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นกลุ่มที่สามารถซื้อเทคโนโลยีได้ด้วยตัวเอง มีกำลังพัฒนา R&D Capability โดยแนวทางในการยกระดับ คือ การสร้างความร่วมมือในการทำงานวิจัยและพัฒนาระหว่างนักวิจัยในมหาวิทยาลัย/สถาบันวิจัยภาครัฐและนักวิจัยในภาคเอกชน การสร้างกลไกเพื่อสนับสนุนการเคลื่อนย้ายกำลังคนที่มีความสามารถ (Talent Mobility)
 - บริษัทขนาดกลางและย่อม (SMEs) ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีข้อจำกัดด้านการลงทุน ขาดความสามารถในการทำงานวิจัยและพัฒนาด้วยตนเอง โดยแนวทางในการยกระดับ คือ ปรับเปลี่ยนบทบาทของมหาวิทยาลัย/ สถาบันวิจัยภาครัฐ เป็น Service Provider เช่น การให้ความรู้ด้านการทำวิจัยและฝึกอบรม เป็นที่ปรึกษา และ เป็น Production House สำหรับการผลิตในตอนต้นเพื่อการทดสอบตลาด

จากเส้นทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer Pathway) รูปที่ 2.20 นั้น คณะทำงาน ได้จัดทำตัวอย่างข้อเสนอแนะสำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส ตามโมเดล B1 (Enhancing Internal Strength) โดยเลือกจากการต่อยอดการลงทุนที่ภาครัฐได้สร้างหน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่รับผิดชอบด้านการสร้างระบบนิเวศในการวิจัยและพัฒนาสำหรับอุตสาหกรรมอาหาร คือ **เมืองนวัตกรรมอาหาร หรือ ฟู้ดอินโนโพลิส (Food Innopolis)** ซึ่งได้มีการสร้างเครือข่ายความร่วมมือด้านวิชาการจากมหาวิทยาลัยชั้นนำ 6 แห่ง ได้แก่ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการจัดทำหลักสูตร **“Flavor Academy”** เพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญเทคโนโลยีด้านกลิ่นและรสอาหารเป็นครั้งแรกของประเทศไทย ในปี 2560 และได้ร่วมมือกับฟู้ดอินโนโพลิสส่วนขยาย ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และบริษัท เวิลด์เทค เอนเตอร์ไพรส์ จำกัด เปิดศูนย์การเรียนรู้ด้านกลิ่นรสอาหาร (MUSC-WTE-GERSTEL: Food Innopolis Learning Center of Flavor and Aroma) เพื่อตอบโจทย์ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอาหารด้านกลิ่นรสของประเทศในแบบครบวงจรเป็นแห่งแรกในประเทศไทยในปี 2562 (รูปที่ 3.10)

หลังจากที่กำหนดหน่วยงานตัวแทนในระดับประเทศได้แล้ว ลำดับต่อไปที่ต้องดำเนินการ คือ การระบุเทคโนโลยีหลักที่ต้องการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี โดยหนึ่งในเทคโนโลยีที่สำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตสารให้กลิ่นรส คือ **Molecular Sensory Science (MSS)** ซึ่งเป็นศาสตร์ในการวิเคราะห์และแยกแยะสารสำคัญที่ให้กลิ่นรสในอาหาร และเชื่อมโยงเข้ากับศาสตร์ด้านการรับรู้กลิ่นรสอาหารโดยประสาทสัมผัสของผู้บริโภค (การชิมและการดมกลิ่น) โดยการเลือกโมเดลในการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงองค์ประกอบทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ ด้านโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือ ด้านองค์ความรู้และเทคนิค ด้านการพัฒนากำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง และด้านการสร้างฐานข้อมูลเกี่ยวกับสารให้กลิ่นรสโดยเฉพาะกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของอาหารไทย ดังแสดงในรูปที่ 3.11

สำหรับรูปแบบการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้นจำเป็นที่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้ใช้ประโยชน์และประเภทของอุตสาหกรรม โดยอุตสาหกรรมอาหารเป็นอุตสาหกรรมที่มีผู้ประกอบการอยู่เป็นจำนวนมาก แต่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จะเป็นผู้ประกอบการระดับ SME ที่ขาดบุคลากรและความพร้อมด้านการวิจัยและพัฒนา ดังนั้น คณะทำงานจึงนำเสนอรูปแบบการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีผ่านหน่วยงานกลาง (Intermediary) ซึ่งอาจจะเป็นหน่วยงานภายใต้มหาวิทยาลัยหรือสถาบันวิจัยที่มีความพร้อมในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ทำหน้าที่ในการสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานในต่างประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีหลักที่สนใจ สร้างความเชี่ยวชาญเฉพาะทางให้เกิดขึ้นในลักษณะของ Excellent Center แล้วสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงกับหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศเพื่อทำการถ่ายทอดองค์ความรู้ บริการวิชาการ วิจัยและพัฒนา ตลอดจนพัฒนากำลังคนที่มีความเชี่ยวชาญเพื่อเข้าไปทำงานให้แก่ภาคอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามรูปแบบหรือกลไกที่หน่วยงานกลางจะทำงานร่วมกับผู้ประกอบการจะแตกต่างกันสำหรับธุรกิจขนาดใหญ่และธุรกิจขนาดกลางและย่อม (SME) ในขณะเดียวกันจำเป็นต้องมีการออกแบบนโยบาย/มาตรการในการส่งเสริมให้เกิดการสร้าง

เครือข่ายความร่วมมือกันระหว่างธุรกิจขนาดใหญ่และ SME เพื่อลดความเหลื่อมล้ำในภาคธุรกิจและลดภาวะการพึ่งพิงภาครัฐของผู้ประกอบการ SME ดังแสดงในรูปที่ 3.12

ในการพัฒนาโปรแกรมความร่วมมือกับหน่วยงานในต่างประเทศนั้น จำเป็นที่จะต้องกำหนดกรอบแนวคิด (Framework) ของการออกแบบแผนที่นำทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้าน MSS โดยพิจารณาใน 4 องค์ประกอบ ซึ่งประกอบไปด้วย 1. การตั้งเป้าหมายและการวิเคราะห์มูลค่าการลงทุน 2. การออกแบบแผนที่นำทางสำหรับการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี 3. การออกแบบแผนที่นำทางสำหรับการประยุกต์ใช้และการต่อยอดเทคโนโลยี และ 4. การออกแบบแผนที่นำทางสำหรับการวิจัยและสร้างนวัตกรรม โดยมีตัวอย่างรายละเอียดที่จะต้องพิจารณาในแต่ละหัวข้อ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

สำหรับการจัดสรรงบประมาณและการตรวจติดตามผลสัมฤทธิ์ของการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น ควรเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง บพค. และ บพข. ตามพันธกิจในการยกระดับขีดความสามารถของอุตสาหกรรมเป้าหมาย และการพัฒนากำลังคนที่มีความสามารถสูงของหน่วยบริหารและจัดการทุน (PMU) แต่ละหน่วย โดยมี สกสว. คอยประสานความร่วมมือระหว่าง PMU ทั้ง 2 ภาพใหญ่ ทั้งนี้หน่วยงานภาคเอกชนควรมีส่วนร่วมในการสนับสนุนงบประมาณบางส่วนเพื่อให้แน่ใจว่าเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นความต้องการจริงของภาคเอกชน เกิดการเรียนรู้และพัฒนาบุคลากรในภาคอุตสาหกรรมให้มีความพร้อมในการรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี และทำงานร่วมกับนักวิจัยที่สถาบันการศึกษา/ สถาบันวิจัยในอนาคต ดังแสดงในรูปที่ 3.14

เมื่อมีการจัดสรรงบประมาณเสร็จเรียบร้อยแล้ว คณะทำงานกลาง ดังแสดงในรูปที่ 3.15 ก็จะเป็นผู้ขับเคลื่อนหลักและผลักดันให้แต่ละโครงการภายใต้กรอบการทำงานระหว่างประเทศในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี MSS ซึ่งจะเป็นการผลักดันโครงการ และกิจกรรมต่าง ๆ ภายใต้กรอบนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทย ไปสู่การคาดการณ์เทคโนโลยีที่จำเป็นและเหมาะสมกับประเทศ เพื่อนำไปสู่การดำเนินการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างประเทศผ่านกลไกของรัฐบาลกับรัฐบาลอย่าง เป็นรูปธรรม และดำเนินการประเมินเพื่อปรับปรุงแก้ไข และนำไปสู่การสร้างหรือปรับนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมของประเทศไทยเพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์อย่างเป็นรูปธรรมและเกิดการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

Official & Unified National Body Establishment



**MUSC-WTE-GERSTEL: Food Innopolis
Learning Center of Flavor and Aroma (EST. 2019)**

Collaboration between
Faculty of Science, Mahidol University
and World Tech Enterprise Co., Ltd.



รูปที่ 3.10 ตัวอย่าง Official & Unified National Body Establishment ของ Future Food

Technology Transfer Model Selection

B1 Quality Enhancing Ingredients (Natural Flavor, Color, Preservative)

Products

- Natural Food Additive
- Alternative Protein

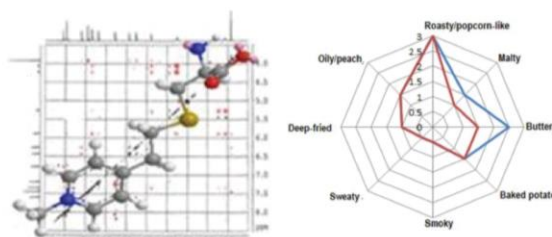
Technology

- Extraction
- Fermentation
- Identification
- Purification
- Stability Improvement (Encapsulation)

Technology Selection

Molecular Sensory Science (MSS)

The science of analysis and decoding of compounds that cause order and flavor in food, and also links of compounds to the perception of taste and smell by customers.



Source: Prof.Dr. Suwimon Keeratipibul and Science Technology and Innovation Policy Institute (STIPI), KMUTT



Molecular Sensory Science (MSS) Key Components



Infrastructure & Equipment

- Solvent-assisted flavor evaporation (SAFE)
- Gas chromatography-olfactometry (GC-O)



Knowledge & Know-how

- Chemical separations with specialisation on flavours and odours
- Trace element analysis
- Chemical structure determination
- Flavour reengineering and profiling



Human Resources

- Food scientists with specialisation on sensomics
- Chemists/scientists with specialisation on separation & trace element analysis
- Flavourists



Database/Library

- Food and flavour database of food ingredients
- Focus on Thai ingredients

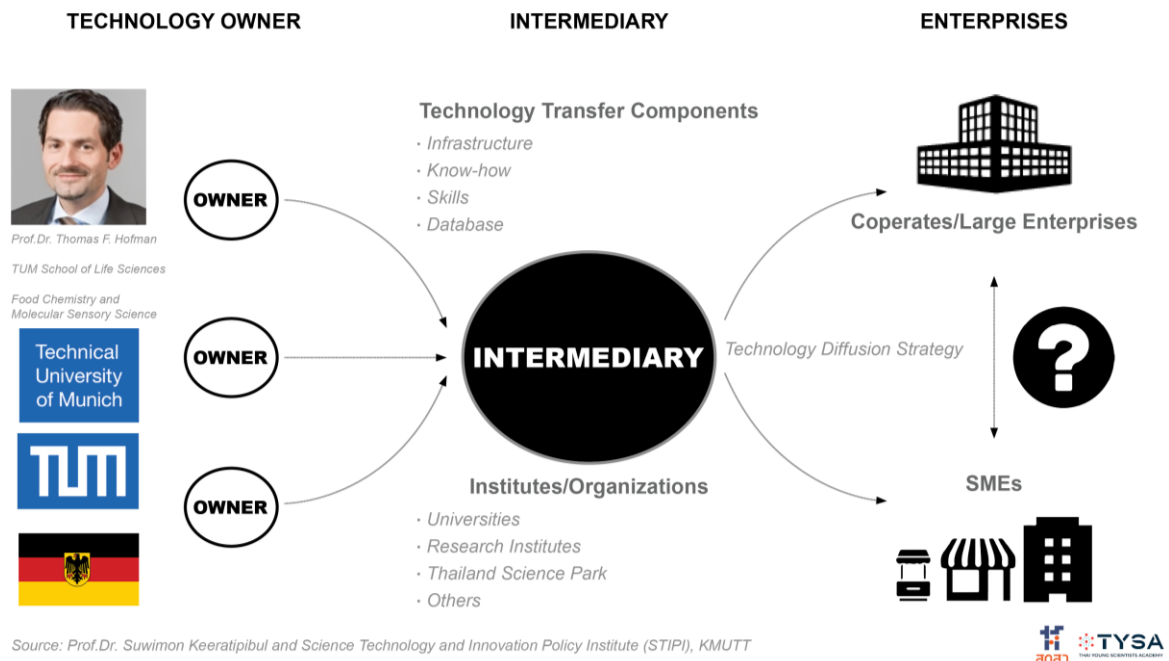


Source: Prof.Dr. Suwimon Keeratipibul and Science Technology and Innovation Policy Institute (STIPI), KMUTT



รูปที่ 3.11 ตัวอย่าง Technology Transfer Model Selection ของ Future Food

Intermediary Model: Technology Transfer Pathway



รูปที่ 3.12 ตัวอย่าง Technology Transfer Pathway ของ Future Food

Collaboration/Partnership Program Development

MSS Technology Transfer Roadmap Framework

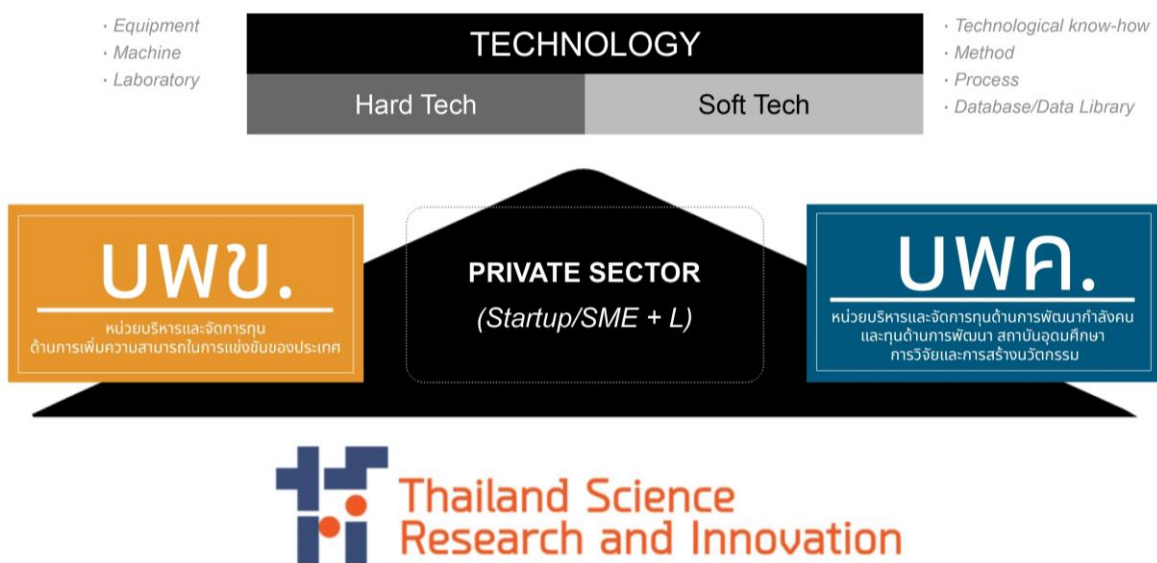


Source: Prof. Dr. Suwimon Keeratipibul and Science Technology and Innovation Policy Institute (STIPI), KMUTT

anata TYSA THAI YOUNG SCIENTISTS ACADEMY

รูปที่ 3.13 ตัวอย่าง Collaboration/Partnership Program Development ของ Future Food

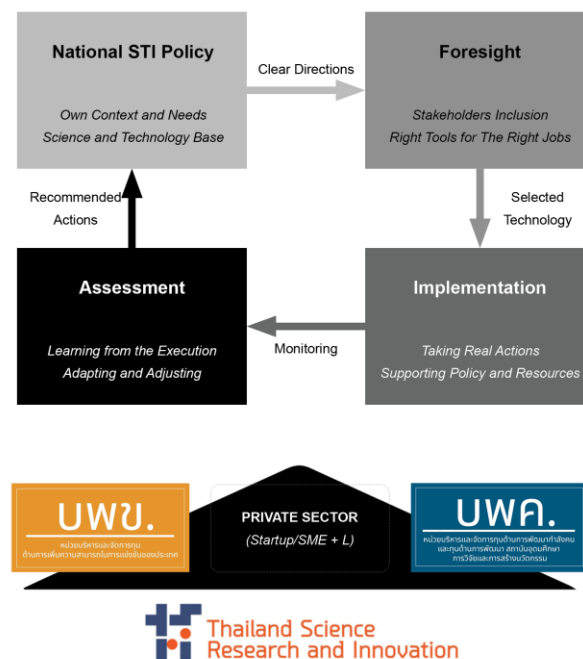
Budget Allocation and Value-Chain Investment



anav TYSA
THAI YOUNG SCIENTISTS ACADEMY

รูปที่ 3.14 ตัวอย่าง Budget Allocation and Value-Chain Investment ของ Future Food

Technology Transfer Projects Execution and Monitoring



anav TYSA
THAI YOUNG SCIENTISTS ACADEMY

รูปที่ 3.15 ตัวอย่าง Technology Transfer Projects Execution and Monitoring ของ Future Food

นอกจากแนวทางในการรับ-ถ่ายเทคโนโลยียจากต่างประเทศทั้งในส่วนของ Quantum Technology และ Future Food ดังที่ได้นำเสนอมาทั้งหมดนั้น คณะทำงานเล็งเห็นว่าประเทศไทยยังมีความท้าทายต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ที่จะต้องหาแนวทางในการตัดสินใจและวางแผนต่าง ๆ ร่วมกันกับคณะทำงานกลาง และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยคณะทำงานได้ระบุถึงความท้าทายไว้ดังต่อไปนี้

1. ผลกระทบทางภูมิศาสตร์ระหว่างประเทศ (Geopolitics) ซึ่งเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญในการตัดสินใจเลือกการรับ-ถ่ายเทคโนโลยีย อันเนื่องมาจากประเทศไทยเป็นศูนย์กลางของกลุ่มประเทศอาเซียน และมีอิทธิพลจากประเทศมหาอำนาจทางด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยีของโลก คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจีน ดังนั้นผู้บริหารประเทศหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทางด้านความร่วมมือระหว่างประเทศควรจะให้ข้อมูลเชิงลึก และคำแนะนำในการตัดสินใจเลือกกลุ่มประเทศที่จะดำเนินการพัฒนาหรือ รับ-ถ่ายเทคโนโลยียร่วมกัน เนื่องจากอาจจะส่งผลกระทบต่อความสำเร็จหรือความยั่งยืนของโครงการหรือความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ ได้

2. การปรับใช้นโยบาย (Policy Deployment) จากความสำเร็จอันเป็นที่ประจักษ์ของกลุ่มประเทศชั้นนำทางด้านเทคโนโลยีของโลกที่ได้มีการศึกษาในโครงการนี้ คือ ประเทศจีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และสิงคโปร์ นั้นคณะทำงานเล็งเห็นความสำคัญของการปรับใช้นโยบายและการทำให้นโยบายสัมฤทธิ์ผลว่าเป็นปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญ (Key Success Factor) ที่ทำให้แต่ละประเทศดังกล่าวนี้มีศักยภาพในการสร้างเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมขั้นสูงและมูลค่าสูงได้เองในประเทศ ดังนั้นประเทศไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องนำปัจจัยความสำเร็จนี้ไปประยุกต์ใช้กับการรับ-ถ่ายเทคโนโลยียของประเทศไทยอย่างจริงจังและเป็นรูปธรรม

3. การสร้างพันธมิตรและเครือข่าย (Partnerships and networking) เนื่องจากการรับ-ถ่ายเทคโนโลยียจาก ต่างประเทศชั้นนำมีความจำเป็นที่จะต้องมพันธมิตรและเครือข่ายที่มีความไว้วางใจกันและกัน และที่สำคัญที่สุด คือ การได้รับ ประโยชน์จากโครงการร่วมกัน ดังนั้นคณะทำงานกลางของประเทศไทยในแต่ละเทคโนโลยีจะต้องมีกลยุทธ์และแนวทางในการสร้างความร่วมมือกับต่างประเทศที่มีประสิทธิภาพ

4. กลไกการขับเคลื่อน (Driving Mechanisms) นอกเหนือจากการจัดสรรงบประมาณอย่างเหมาะสม เพียงพอ และต่อเนื่อง ในมิติสำคัญของการสร้างและรับ-ถ่ายเทคโนโลยียแล้ว คณะทำงานกลางจะต้องมีกลไกขับเคลื่อนในรูปแบบที่ทำให้นักวิจัย หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคเอกชน สามารถดำเนินงานร่วมกันในแต่ละโครงการได้สำเร็จ ซึ่งอาจจะสามารถวิเคราะห์ได้จากช่องว่างระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ หรือปัจจัยที่ทำให้โครงการไม่สำเร็จ หรืออ้างอิงและปรับใช้ปัจจัยความสำเร็จที่สำคัญ (Key Success Factor) จากต่างประเทศ มาร่วมพิจารณาและสร้างกลไกในการขับเคลื่อน

5. ทรัพยากรมนุษย์และการสร้างขีดความสามารถ (Human Resources and Capacity Building) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการพัฒนาและรับ-ถ่ายเทคโนโลยีย แต่ที่ผ่านมาประเทศไทยติดปัญหาหลักเรื่องของศักยภาพและขีดความสามารถของบุคลากรทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ซึ่งจะสังเกตได้จากการที่ประเทศไทยยังมีความจำเป็นต้องอาศัยหรือพึ่งพิงการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศในหลาย ๆ เทคโนโลยี และขาดบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ในการทำงานในอุตสาหกรรมตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ ไปจนถึงปลายน้ำ มีรายได้จากผลิตภัณฑ์และบริการต่ำ เนื่องจากมูลค่าของผลิตภัณฑ์เชิงนวัตกรรมต่ำ และต้นทุนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการสูง ดังนั้นคณะทำงานกลางในแต่ละเทคโนโลยีของประเทศไทย ควรจะมีแนวทางในการพัฒนาบุคลากรที่มีขีดความสามารถสูงให้กับประเทศ เพราะกลุ่มบุคลากรที่มีความรู้ ความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์นั้นจะสามารถช่วยพัฒนา ต่อยอด หรือสร้างเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการพัฒนาประเทศได้ในอนาคต เพื่อลดการพึ่งพาต่างประเทศให้น้อยที่สุด

Technology Transfer Key Challenges



Geopolitics



Policy deployment



Partnerships and networks development



Driving mechanisms



Human resources and capacity building

รูปที่ 3.16 Technology Transfer Key Challenges

4. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

4.1 บทสรุป

สมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่ได้จัดทำ Technology Transfer Model สำหรับวางแผนยุทธศาสตร์การสร้างและสนับสนุนเครือข่ายด้าน ววน. ระดับนานาชาติ การเลือก การรับ การถ่ายทอดวิทยาการและเทคโนโลยี อย่างมีทิศทางและตรงตามความต้องการของประเทศ รวมถึงจัดทำข้อเสนอแนะแผน กรอบ และรูปแบบการดำเนินงานโครงการ Global Partnership ของ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่จะสนับสนุนและส่งเสริมการสร้างเครือข่ายความร่วมมือได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเน้นการใช้การศึกษาด้วยการสืบค้นหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-Based Study) ประกอบกับการสอบถามผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์และพัฒนาโมเดลเริ่มต้นในการรับและถ่ายทอดเทคโนโลยี

คณะผู้จัดทำได้ดำเนินการเลือกหัวข้อ Quantum Technology และ Future Food เป็นหัวข้อเริ่มต้น เนื่องจากหัวข้อ Quantum Technology นั้นเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงและยังไม่มีอุตสาหกรรมเกิดขึ้นในประเทศไทย (Non-Existent Industry) และมีศักยภาพที่จะมีผลกระทบและมูลค่าทางเศรษฐกิจมหาศาลของโลกในอนาคต Future Food นั้นเทคโนโลยีที่ประเทศไทยมีอุตสาหกรรมแล้ว (Well-Established Industry) แต่ยังต้องการพัฒนาต่อยอด เพื่อก้าวไปสู่อุตสาหกรรมมูลค่าสูง เพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจโดยในแต่ละหัวข้อนั้นคณะทำงานได้ใช้ 6 กระบวนการหลักในการดำเนินกิจกรรม คือ 1) การสืบค้นและตรวจสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การวิเคราะห์บริบท 3) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญในประเทศ 4) การสืบค้นสิทธิบัตร 5) การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ และ 6) การพัฒนาโมเดลเริ่มต้น สำหรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ซึ่งจากผลการรวบรวมข้อมูล การสัมภาษณ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละหัวข้อที่เลือกมานั้น สรุปเป็นโมเดลเริ่มต้นดังต่อไปนี้

1. Quantum Technology จะแบ่งออกเป็น 3 โมเดล คือ

- Hardware Intensive Model (M1) ซึ่งจะเน้นไปที่การสร้าง Hardware โดยเฉพาะทางด้าน Quantum Computing ซึ่งจะต้องใช้งบประมาณลงทุนและเวลาในการพัฒนามหาศาล แต่มูลค่าทางด้านการตลาดก็สูงมากตามไปด้วยเนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ

- Software Intensive Model (M2) ซึ่งจะเน้นไปที่การพัฒนา Software, Algorithm, Simulation, หรือ Information เป็นหลัก ซึ่งจะใช้งบประมาณและเวลาในการพัฒนาไม่มาก แต่ก็มีมูลค่าทางด้านการตลาดต่ำถ้าเทียบกับ M1 เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำ

- Hardware and Software Model (M3) ซึ่งจะเน้นไปที่การพัฒนาทั้ง Hardware และ Software ไปพร้อม ๆ กัน แต่จะเน้นไปที่การพัฒนาบางชิ้นส่วนหรือระบบของ Hardware เท่านั้นและจะเน้นไปที่การพัฒนา Software ที่จะนำไปใช้ตอบโจทย์การพัฒนา Applications ต่าง ๆ ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมกลางน้ำ และมีงบประมาณในการลงทุนและเวลาในการพัฒนาสูงกว่า M2 แต่ไม่เทียบเท่ากับ M1

2. Future Food จะแบ่งออกเป็น 4 โมเดล คือ

- โมเดล A1 (Quick Win) เน้นการต่อยอดให้แก่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในปัจจุบัน

- โมเดล A2 (Competitiveness Building) เน้นการต่อยอดให้แก่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในปัจจุบันที่มีความสามารถในการลงทุนและความพร้อมด้านบุคลากร R&D

- โมเดล B1 (Enhancing Internal Strength) เน้นการสร้างอุตสาหกรรมใหม่และลดการพึ่งพาต่างประเทศ

- โมเดล B2 (New Growth Engine) เน้นการสร้างอุตสาหกรรมใหม่และเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

คณะทำงานมีข้อเสนอแนะในการเลือกโมเดลเพื่อการรับ-ถ่ายทอดเทคโนโลยีในแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

1. Quantum Technology

คณะทำงานแนะนำให้เลือกโมเดล Hardware and Software Model (M3) เนื่องจากจะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาทั้งชิ้นส่วนและ Applications ที่ประเทศไทยสามารถเข้าไปพัฒนาองค์ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ในการแข่งขันในอุตสาหกรรมนี้ได้ เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่กลางน้ำ ไม่ได้เป็นผู้ใช้เทคโนโลยีอย่างเดียว แต่สามารถพัฒนาชิ้นส่วนและ Applications ไปพร้อม ๆ กัน เพื่อสร้างเศรษฐกิจมูลค่าสูงได้ อย่างไรก็ตามงบประมาณในการพัฒนาโมเดลนี้จะมากกว่าการใช้โมเดล M2 ซึ่งประเทศไทยจะต้องพิจารณา และอาจจะต้องมีแนวทางในการจัดสรรงบประมาณเพื่อให้ประเทศไทยมีการสร้างรากฐานทางด้านเทคโนโลยีนี้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยสามารถพัฒนาโมเดล M2 ได้ทันทีเนื่องจากใช้งบประมาณและเวลาไม่สูงนัก แต่ไม่ควรจะตั้งเป้าที่จะใช้โมเดลนี้ตลอดไป เนื่องจากกลุ่มต้นน้ำที่มี Quantum Hardware และ Systems ต่าง ๆ จะบังคับให้กลุ่มกลางน้ำและปลายน้ำต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากกลุ่มต้นน้ำ ซึ่งเป็นมหาอำนาจ ของโลกอยู่ในปัจจุบันได้ ดังนั้นประเทศไทยจะต้องมีแนวทางในการขยับจากอุตสาหกรรมกลาง หรือปลายน้ำขึ้นมาให้ใกล้ หรืออยู่ต้นน้ำให้เร็วที่สุด เพื่อลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

2. Future Food

คณะทำงานได้แบ่งการถ่ายทอดเทคโนโลยีออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะใกล้ ซึ่งควรจะใช้โมเดล A1 และ B1 ซึ่งเน้นการต่อยอดให้กับผู้ประกอบการทั้งในระดับ SMEs และบริษัทขนาดใหญ่ที่มีความพร้อมทางด้านการทำ R&D ได้ทันที และเมื่อกลุ่มบริษัทไทยทั้งสองระดับมีองค์ความรู้ ทักษะ ประสบการณ์ ในการพัฒนาเทคโนโลยีระยะแรกได้ด้วยตนเองแล้ว กลุ่มบริษัททั้งสองระดับสามารถพัฒนาต่อยอดไปในระยะไกล คือ โมเดล A2 และ B2 โดยกลุ่ม SMEs จะขยับจากโมเดล A1 เป็น A2 และกลุ่มบริษัทขนาดใหญ่จะขยับจากโมเดล B1 เป็น B2 เพื่อสร้างอุตสาหกรรมใหม่และลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ

เอกสารอ้างอิง

1. Quantum Technology in Denmark, The Case for Danish Investment in Quantum Technology, KPMG.
2. Strategic Research Agenda, The European Quantum Flagship.
3. Opportunities for Quantum Technology in Chemical Sensors, Biosensors, and Imaging Sensors, TechVision Group, Frost & Sullivan.
4. Emerging Opportunities of Quantum Technologies in Electronics Industry, TechVision Group, Frost & Sullivan.
5. Emerging Opportunities for Quantum Dots, TechVision Group, Frost & Sullivan.
6. Quantum Technologies - From Basic Research to Market, A Federal Government Framework Programme, Federal Ministry of Education and Research.
7. The Innovation Potential of Second-generation Quantum Technologies, acatech IMPULSE, National Academy of Science and Engineering.
8. VC investment Analysis, Quantum Computing, Julian Diederichs, Ritika Goyal, Gonzalo Laffitte, Michael Mueller, Rafael Scaglia de Paula.
9. The realist's guide to quantum technology and national security, THE DELOITTE CENTER FOR GOVERNMENT INSIGHTS.
10. The Quantum Age: technological opportunities, Government Office for Science, UK.
11. Seizing Canada's Quantum Opportunity, Report on the Quantum Canada Symposium and Workshop.
12. Quantum Technologies: Implications for European Policy, the Joint Research Centre, the European Commission's in-house science service.
13. National Strategies for Quantum Technologies, A New Era for the UK, UK National Quantum Technologies Program.
14. Quantum Technologies, House of Parliament, Parliament of Office of Science & Technology, UK.
15. Global Expert Mission Quantum Technologies in the USA 2019, ktn.
16. Coming soon to your business – Quantum computing, Five strategies to prepare for the paradigm-shifting technology, IBM Institute for Business Value.
17. EUROPEAN INDUSTRY WHITE PAPER ON THE EUROPEAN QUANTUM COMMUNICATION INFRASTRUCTURE.
18. The Commercial Prospects for Quantum Computing, Networked Quantum Information Technologies, the UK National Quantum Technologies Programme.
19. A roadmap for quantum technologies in the UK, the UK National Quantum Technologies Programme.
20. An Australian strategy for the quantum revolution, Gavin Brennen, Simon Devitt, Tara Roberson and Peter Rohde.
21. Path to European quantum unicorns, Räsänen et al. EPJ Quantum Technology.
22. A Quantum Revolution: Report on Global Policies for Quantum Technology
23. How to profit from quantum technology without building quantum computers, Down to Business, Nature.
24. Office of National Higher Education Science Research and Innovation Policy Council (NXPO).
25. <https://www.alliedmarketresearch.com/food-flavors-mark>.
26. Thai Flavor Trade Association (TFA).

ภาคผนวก ก. รายงานการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ (ถอดบทเรียนจากประเทศ ญี่ปุ่น จีน เกาหลี และ สิงคโปร์)

1. บทสรุปผู้บริหาร

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นมาเพื่อเป็นข้อมูลสรุปในลักษณะกรณีศึกษาในหัวข้อ“การเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ” โดยศึกษาจากประเทศผู้นำทางด้านนวัตกรรม 4 ประเทศในแถบเอเชีย คือ ประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาชนจีน และ สาธารณรัฐสิงคโปร์ ทั้งนี้ เหตุผลในการตัดสินใจ การวางแผนเป้าหมาย และวิธีในการเลือกรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีของแต่ละประเทศนั้น ต่างเชื่อมโยงกับประวัติศาสตร์ด้านสภาพเศรษฐกิจ การเมือง การปกครอง และสังคมในอดีต ซึ่งส่งผลถึงระดับความสามารถทางนวัตกรรมปัจจุบันและอนาคต ความเฉพาะตัวของการออกแบบนโยบายในแต่ละประเทศนั้นจึงเป็นเพียงตัวอย่างที่แสดงถึงเหตุ วิธีการ และ ผลลัพธ์ เท่านั้น มิสามารถที่จะลอกเลียนแบบได้ทั้งหมด เพราะถึงแม้ว่า วิธีการบางอย่างที่ช่วยให้เกิดความสำเร็จในประเทศนั้นได้จริง แต่การจะนำไปใช้อีกประเทศหนึ่งที่มีปัจจัยแวดล้อมต่างกันอาจให้เกิดผลลัพธ์ที่ตรงกันข้ามได้

การศึกษาจากทั้ง 4 ประเทศพบว่าการเริ่มเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรมของทั้ง 4 เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดยประเทศที่เกิดขึ้นก่อนคือ ประเทศญี่ปุ่น ตามด้วย สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาชนจีน และ สาธารณรัฐสิงคโปร์ ดังนั้น ภายใต้วงเวลาเดียวกัน แต่ละประเทศอยู่ กันคนละระยะ (phase) การใช้ยุทธศาสตร์ของแต่ละประเทศ จึงมีความแตกต่างกัน โดยสรุปได้ว่าปัจจัยหลักที่ช่วยให้เกิดความสำเร็จในการถ่ายทอดเทคโนโลยี มี 3 ประการ คือ 1. นโยบายภาครัฐเอื้อให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยี 2. การสร้างเครือข่ายของรัฐบาลกับภาคเอกชน และ สถาบันวิจัยต่างๆ ทั้งในและนอกประเทศ 3. การพัฒนาบุคลากรในประเทศ ซึ่งทั้งสามปัจจัยนี้ต่างตั้งอยู่บนเงื่อนไขที่สำคัญ คือ

1. ความมั่นคงทางการเมือง ความโปร่งใสของรัฐบาลพร้อมกับการนโยบายเพื่อประโยชน์ของประเทศชาติเป็นหลัก
2. ผู้นำมีวิสัยทัศน์ มองการณ์ไกล รู้เท่าทันต่างชาติ และสามารถสร้างกลยุทธ์และข้อตกลงที่เป็นผลประโยชน์กับทุกฝ่าย ทั้งยังสร้างกฎหมายขึ้นมาเพื่อปกป้องไม่ให้ประเทศถูกเอารัดเอาเปรียบ
3. รัฐบาลตระหนักถึงการยกระดับประเทศด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยให้เป็นหนึ่งในนโยบายหลักของประเทศ
4. ภาครัฐสนับสนุนด้านโครงสร้างพื้นฐานเพื่อให้กลุ่มบริษัทภาคอุตสาหกรรมสามารถยกระดับนวัตกรรมของตนเองได้ ทั้งยังเป็นผู้สนับสนุนด้านทุน และส่งเสริมให้เกิดการวิจัยและพัฒนาในภาคธุรกิจและการศึกษาทั้งในและนอกประเทศ
5. รัฐบาลจริงจังในการสร้างทรัพยากรคนในประเทศ เพื่อเป็นกำลัง และสมองในอนาคต พร้อมทั้งสร้างพื้นที่ทางนวัตกรรมที่ดึงดูดคนเก่งจากนอกประเทศเพื่อมาช่วยพัฒนา
6. ความสัมพันธ์ที่ดีระหว่างรัฐบาล ธุรกิจเอกชน และสถาบันการศึกษา/วิจัย เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดนวัตกรรมและสามารถนำมาประยุกต์ใช้จริงในอุตสาหกรรมในประเทศ ทำให้ลดการพึ่งพาต่างชาติ

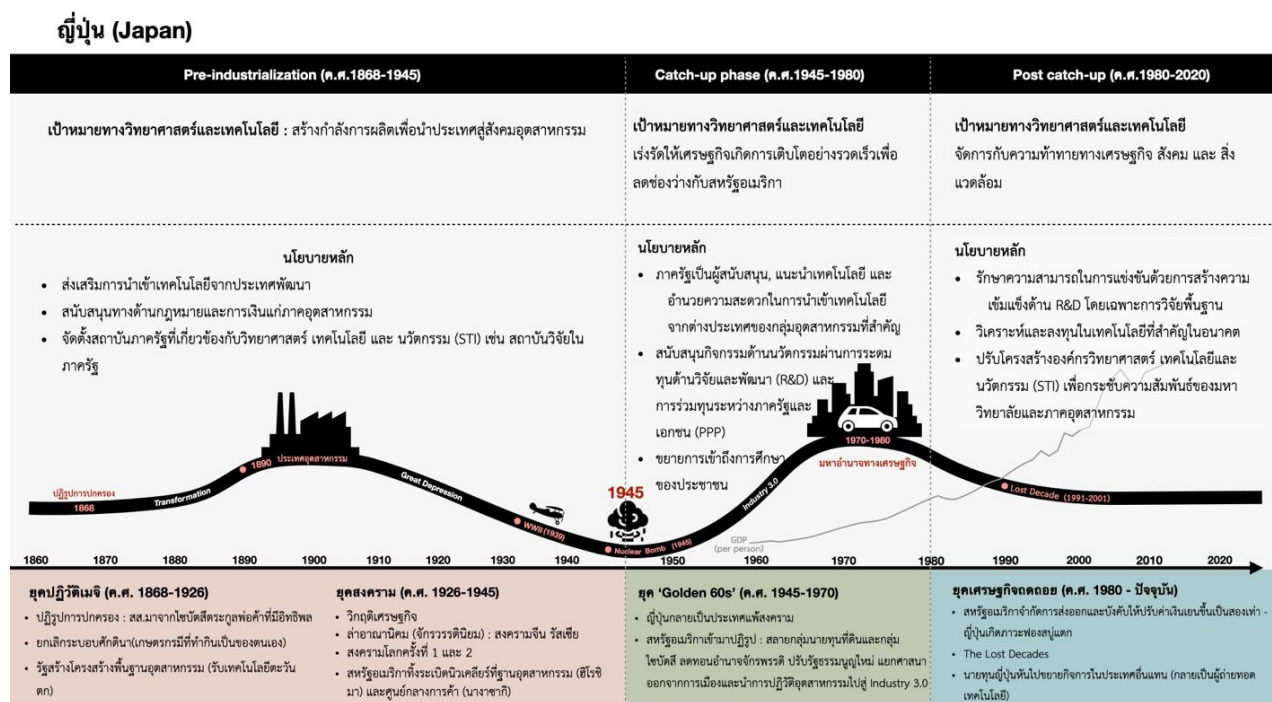
นอกจากนั้นยังเป็นที่สังเกตได้ว่าการสร้างนโยบาย ประเทศทั้ง 4 ประเทศต่างนำนวัตกรรมมาเป็นตัวนำและใช้วิธีการเลือกเทคโนโลยีเดียวกันคือการคาดการณ์อนาคตด้วย Strategic Foresight ถึงแม้ว่าการเริ่มใช้ในกระบวนการสร้างนโยบายอาจไม่พร้อมกัน แต่ในปัจจุบัน ได้มีการต่อยอดและพัฒนาเทคนิคในการคาดการณ์อนาคตของแต่ละประเทศเอง ซึ่งผลจากการวางแผนนโยบายทางด้านนวัตกรรมได้แสดงให้เห็นในดัชนีนวัตกรรมโลก (Global Innovation Index, GII) โดยในปี 2020 ประเทศทั้งสี่ประเทศกลายเป็นกลุ่มผู้นำนวัตกรรมของโลกซึ่งนำโดย สิงคโปร์ (อันดับ 8) เกาหลีใต้ (อันดับ 10) จีน (อันดับ 14) และ ญี่ปุ่น (อันดับ 16)

การเรียบเรียงในรายงานฉบับนี้เริ่มจากกรณีศึกษาของ 4 ประเทศ (ญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐสิงคโปร์) ตามมาด้วยการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบ และบทสุดท้ายเป็นทฤษฎีเกี่ยวกับเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยี เหตุผลในการวางทฤษฎีเอาไว้บทสุดท้ายนั้น เพื่อเน้นให้ผู้อ่านได้เห็นในบริบทจริงก่อนที่จะรวบยอดในบทของทฤษฎี

ซึ่งสามารถศึกษาต่อยอดได้ในภายหลังเพื่อให้เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งขึ้น ในส่วนของกรณีศึกษาผู้วิจัยได้เริ่มด้วยประวัติศาสตร์ ซึ่งสะท้อนภาพให้ผู้อ่านได้ติดตามและเห็นบริบททางเศรษฐกิจและสังคมไปพร้อมกับเห็นกลยุทธ์ของการพัฒนาประเทศด้วยนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (Science, Technology and Innovation, STI) โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrialization) ช่วงไล่กวด (Catch-up Phase) และช่วงหลังไล่กวด (Post Catch-up phase) (ESCAP, 2018) หลังจากนั้นจึงอธิบายวิธีการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อสร้างนโยบายของประเทศ และตามมาด้วยระดับนวัตกรรมของประเทศในปี 2020 ในปัจจุบัน หมายเหตุรายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นโดย นางสาววิรุฬรัตน์ โชคชัยธนากุล (นักวิจัยอิสระ) เพื่อเป็นข้อมูลสนับสนุนให้กับสมาคมนักวิจัยไทยรุ่นใหม่ ซึ่งเป็นไปตามกรอบการทำงานของโครงการ “การจัดทำข้อมูลเครือข่ายความร่วมมือด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และ Technology Transfer Roadmap ของประเทศ เพื่อการพัฒนาเครือข่ายระดับนานาชาติ

2. ประเทศญี่ปุ่น “Resilience: ประเทศชาตินิยมแห่งการล้มแล้วลุก(ลุก)”

แผนภาพแสดงแนวทางการพัฒนาประเทศญี่ปุ่นด้วยนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ในแต่ละช่วงนั้นแสดงในรูปที่ ก.1



รูปที่ ก.1 การพัฒนาประเทศและนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมในแต่ละช่วงสมัยของประเทศญี่ปุ่น

2.1 วิวัฒนาการด้านเศรษฐกิจและสังคมกับกลยุทธ์ทางนโยบายเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ช่วงก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrialization) | ค.ศ.1868-1945

เศรษฐกิจและสังคม

ญี่ปุ่นได้เริ่มวางรากฐานด้านวิทยาศาสตร์ในปี 1868 ในยุค“ปฏิวัติเมจิ” ซึ่งเป็นยุคที่เกิดการต่อต้านอำนาจโชกุนตระกูลโทกูงาวะ เพื่อคืนอำนาจให้แก่จักรพรรดิ โดยย้ายเมืองหลวงจากเกียวโตไปยังเมืองเอโดะ (โตเกียวในปัจจุบัน) ซึ่งในขณะนั้นเจ้าชายมุตสึฮิโตะได้ขึ้นครองราชย์ด้วยพระชนมายุ 14 ชันษา โดยรูปแบบการปกครองในรูปแบบใหม่ได้นำแนวคิดมาจากตะวันตกมาปรับใช้ นั่นคือสมเด็จพระจักรพรรดิได้แต่งตั้งสภาขุนนาง และมีการเลือกตั้งตัวแทนจากประชาชนเข้ามาเป็นสภาผู้แทนราษฎร

ซึ่งแน่นอนว่าคนของกลุ่มไซบัตสึ ซึ่งเป็นกลุ่มการค้าขนาดใหญ่ที่ทรงอิทธิพลก็เข้ามาเป็นตัวแทนร่วมกันในการสนับสนุนการปกครองในระบอบใหม่

การยกเลิกระบอบศักดินาโชกุนและไดเมียว ทำให้เกิดการปฏิรูประบบกรรมสิทธิ์ที่ดิน เกษตรกรเริ่มมีที่ดินทำกินเป็นของตนเอง และพัฒนาที่ดินรวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตของตนเพื่อแข่งขันสะสมความมั่งคั่ง พ่อค้าตระกูลต่างๆ ที่มีบทบาทในการสนับสนุนการปกครองของจักรพรรดิเมจิก็ทำให้ญี่ปุ่นเกิดการปฏิรูปเศรษฐกิจครั้งสำคัญ โครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกทางการค้าจำนวนมากเกิดขึ้นในยุคนี้ ไม่ว่าจะเป็นระบบการคมนาคม ถนน ท่าเรือ รถไฟ การไปรษณีย์ การธนาคาร รัฐบาลให้การสนับสนุนและเป็นผู้เล่นเองในอุตสาหกรรมพื้นฐาน จากจุดเริ่มต้นของยุคเมจิในปี 1868 พอเข้าสู่ทศวรรษ 1890 ญี่ปุ่นก็เปลี่ยนสถานะจากประเทศเกษตรกรรมล้าหลังและด้อยพัฒนากลายเป็นประเทศที่มีระดับพัฒนาการทางเศรษฐกิจสูงสุดในทวีปเอเชีย และนั่นคือความสำเร็จสูงสุดของยุคเมจิที่กินระยะเวลา 44 ปี

เมื่อสมเด็จพระจักรพรรดิโยชิฮิโตะสวรรคต มกุฎราชกุมารฮิโรฮิโตะ ก็ขึ้นครองราชย์ในวันที่ 25 ธันวาคม 1926 และเปลี่ยนไปยังรัชศกโชวะ ซึ่งเริ่มต้นด้วยภาวะข้าวยากหมากแพงอันเป็นผลมาจากวิกฤตเศรษฐกิจครั้งใหญ่ที่ทำให้เศรษฐกิจตกต่ำพร้อมกันทั่วโลก หรือที่รู้จักกันในชื่อ The Great Depression อำนาจซื้อของประเทศในโลกตะวันตกลดลงจนส่งผลกระทบต่อส่งออกของญี่ปุ่น ซึ่งขณะนั้นเป็นประเทศอุตสาหกรรมลดลงเกินกว่า 50% ราคาสินค้าโดยเฉพาะข้าวและอาหารในประเทศญี่ปุ่นถีบตัวสูงขึ้น อัตราการว่างงานพุ่งทะยานอย่างไม่เคยเป็นมาก่อนทั้งในชนบทและในเมือง การพึ่งพาการค้าและพึ่งพาต่างประเทศ ทำให้กลุ่มชาตินิยมสุดโต่ง (Ultrnationalism) เริ่มต้นขยายอิทธิพลทางความคิดและรัฐบาลของสมเด็จพระจักรพรรดิ รวมทั้งกองทัพเองก็สนับสนุนแนวคิดนี้ด้วย เพราะเห็นว่าน่าจะเป็นเครื่องมือที่ดีที่จะใช้ต่อสู้กับกลุ่มชาตินิยมที่มีแนวคิดแบบสังคมนิยมคอมมิวนิสต์ (แน่นอนว่าญี่ปุ่นเห็นการปฏิวัติรัสเซียในปี 1917 ที่โค่นล้มระบบซาร์และเปลี่ยนประเทศเป็นสังคมนิยม)

ญี่ปุ่นกับความเป็นชาตินิยมและจักรวรรดินิยม

ด้วยเหตุที่รัฐบาลล้มเหลว ไม่สามารถแก้ปัญหาเศรษฐกิจและคุมกองทัพได้ ดังนั้นกองทัพซึ่งยึดแนวคิดบูชาวิธีแห่งนักรบก็เริ่มต้นยกระดับญี่ปุ่นให้กลายเป็นจักรวรรดิ โดยการออกไปล่าอาณานิคม เพื่อหาแหล่งทรัพยากรใหม่ๆ เข้ามาแก้ปัญหาข้าวยากหมากแพงภายในประเทศ ซึ่งมุ่งไปยังตะวันออกเฉียงเหนือของจีนที่เรียกกันว่า แมนจูเรีย การบุกเข้ายึดครองดินแดนแมนจูเรียทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของจีนก็เกิดขึ้นในปี 1937 และนำไปสู่การฆ่าล้างเผ่าพันธุ์ที่นานกิงในระหว่างปลายเดือนธันวาคม 1937 ถึงมกราคม 1938 ซึ่งมีชาวจีนกว่า 300,000 คนถูกสังหารอย่างโหดเหี้ยมโดยกองทัพญี่ปุ่น

จักรวรรดินิยมญี่ปุ่นเริ่มพิจารณาว่า ABCD Power อันประกอบไปด้วย A: American, B: British, C: China และ D: Dutch คือภัยคุกคาม เอเชียต้องปกครองโดยคนเอเชีย ซึ่งในที่นี้คือญี่ปุ่นที่ต้องการหาแนวร่วมอันนำไปสู่การก่อตั้ง ‘วงไพบูลย์ร่วมแห่งมหาเอเชียบูรพา’ (Greater East Asia Co-Prosperity Sphere) และการเผยแพร่แนวคิดที่ว่า เอเชียเพื่อเอเชีย และมีเพียงญี่ปุ่นเท่านั้นที่จะช่วยปลดปล่อยประเทศในเอเชียจากการปกครองของเจ้าอาณานิคมตะวันตก กองทัพญี่ปุ่นเริ่มกรีธาทัพเข้าสู่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อยึดครองทรัพยากรเพื่อใช้เป็นยุทธภัณฑ์ในการทำสงครามกับจีน และแน่นอนว่าประเทศที่ขัดขวางกองทัพของสมเด็จพระจักรพรรดิก็หมายถึงการฆ่าล้างเผ่าพันธุ์ เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นในนานกิงโดยประเทศที่มีผู้เสียชีวิตจำนวนมากจากการต่อต้านกองทัพญี่ปุ่นคือ ฟิลิปปินส์และสิงคโปร์

สงครามโลกครั้งที่ 2

แนวคิดชาตินิยมสุดโต่งของญี่ปุ่นสอดคล้องกับแนวคิดของนาซีเยอรมนี และนั่นทำให้เกิด Rome-Tokyo-Berlin Axis ในวันที่ 27 กันยายน 1940 กองทัพญี่ปุ่นบุกฐานทัพเรือเพิร์ลฮาร์เบอร์ของกองทัพสหรัฐอเมริกาในวันที่ 7 ธันวาคม 1941 บุกฮ่องกงในวันรุ่งขึ้น และเข้ายึดครองฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย (ขณะนั้นเรียกว่า Dutch East Indies) สยาม และพม่า ได้ในปี 1942 กองทัพญี่ปุ่นดูเหมือนจะไม่เคยพ่ายแพ้ จนกระทั่งยุทธนาวี Battle of Midway (4-7 มิถุนายน 1942) ที่ญี่ปุ่นเป็นฝ่ายพ่ายแพ้ และนั่นทำให้ญี่ปุ่นยังต้องการทรัพยากรจากเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มากยิ่งขึ้นเพื่อสร้างแสนยานุภาพ

สงครามดำเนินต่อไปจนถึงปี 1945 และญี่ปุ่นก็พ่ายอย่างย่อยยับ เมื่อสหรัฐอเมริกาใช้อาวุธนิวเคลียร์เพื่อทำลายฐานการผลิตทางด้านอุตสาหกรรมของญี่ปุ่นที่เมืองฮิโรชิมาเมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 1945 (มีผู้เสียชีวิตมากกว่า 70,000 คน)

ตามด้วยกองทัพโซเวียตที่บุกยึดแมนจูเรีย และสุดท้ายกองทัพสหรัฐฯ ใช้อาวุธนิวเคลียร์ลูกที่ 2 ทำลายเมืองศูนย์กลางทางการค้าที่นางาซากิ (มีผู้เสียชีวิตทันทีมากกว่า 40,000 คน) จักรพรรดิอิโรฮิโตะประกาศยอมแพ้ในสงครามมหาเอเชียบูรพาในวันที่ 14 สิงหาคม 1945 ญี่ปุ่นเสียหายอย่างย่อยยับอัปราคาว่าสงครามโลกครั้งที่ 2 ทำให้คนญี่ปุ่นเสียชีวิตมากกว่า 2.1 ล้านคน (ศรีแสงนาม, 2019)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในการสร้างระบบวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อเปลี่ยนจากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรม รัฐบาลญี่ปุ่นออกนโยบายเพื่อส่งเสริมใน 3 ภาคส่วน คือ 1. ส่งเสริมพ่อค้านักธุรกิจภาคเอกชนในการเผยแพร่และนำเข้าเทคโนโลยีโดยเริ่มจากอุตสาหกรรมเบา เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ และพัฒนาไปยังอุตสาหกรรมหนัก ซึ่งทำให้ความต้องการแร่เหล็กและเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นในระยะต่อมา 2. รัฐบาลจัดตั้งสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหลายแห่งในการสร้างกิจกรรมด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้เกิดขึ้นในประเทศ 3. สร้างบุคลากรที่มีทักษะ โดยในปี 1877 มหาวิทยาลัยโตเกียวได้ถูกก่อตั้งขึ้น พร้อมทั้งสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างชาติด้วยการให้ทุนแก่เจ้าหน้าที่รัฐและนักเรียนไปเรียนในยุโรปและสหรัฐอเมริกา พร้อมทั้งเชิญวิศวกรและนักวิจัยต่างชาติมาช่วยถ่ายทอดทักษะให้แก่คนญี่ปุ่น

การสร้างระบบนี้ยังได้ออกแบบมาเพื่อเอื้อให้เกิดความสัมพันธ์ที่แน่นแฟ้นระหว่างมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยอีกด้วย ยกตัวอย่างเช่น คณะวิศวกรรมนอกจากจะมีการเรียนการสอนแล้วยังจะต้องสร้างความรู้ผ่านงานวิจัยทางวิชาการด้วยเช่นกัน (Systematic scientific knowledge) นอกจากนั้น เครือข่ายได้เกิดขึ้น เมื่อศิษย์เก่าจบมาเป็นอาจารย์ นักวิชาการ เจ้าหน้าที่ภาครัฐ วิศวกรในบริษัทเอกชน และ นักวิจัยในสถาบันวิจัยระดับชาติ ซึ่งต่างช่วยเผยแพร่ความรู้และเทคโนโลยีไปยังนโยบายด้านอุตสาหกรรมทั้งในภาครัฐและเอกชนอย่างอัตโนมัติ

ช่วงไล่กวด (Catch-Up Phase) / ค.ศ. 1945-1970s

เศรษฐกิจและสังคม (ยุคทองแห่ง 60s)

15 สิงหาคม 1945 คือครั้งแรกในประวัติศาสตร์ที่ประชาชนได้ยินเสียงของสมเด็จพระจักรพรรดิอิโรฮิโตะออกประกาศทางสถานีวิทยุถึงความพ่ายแพ้ของประเทศญี่ปุ่น ประชาชนและทหารกองทัพญี่ปุ่นในวันนั้นเลือกที่จะปลิดชีพตนเองด้วยวิธีเซปปูกุ (หรือที่คนไทยนิยมเรียกว่า ฮาราคีรี) แต่ประชาชนญี่ปุ่นอีกจำนวนหนึ่งก็เลือกที่จะเดินทางไปพระราชวังอิมพีเรียลใจกลางกรุงโตเกียว เพื่อไปยื่นตะโกนถวายพระพรองค์สมเด็จพระจักรพรรดิ ซึ่งเป็นศูนย์รวมจิตใจของพวกเขาทั้ง 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ไม่สามารถแบกรับความอับอายจากการปราชัยไว้ได้ และกลุ่มที่ก้มหน้ารับชะตากรรมอย่างกล้าหาญและสืบทอดคนกลุ่มหลังนี้เองที่มุ่งมั่นทำงานหนักภายใต้เงื่อนไขที่สิ้นไร้ไม้ตอก บ้านแตกสาแหรกขาด อาศัยจิตใจที่เข้มแข็งทำให้ญี่ปุ่นพลิกสถานการณ์กลับมาเป็นประเทศพัฒนาแล้วที่มั่งคั่งและมีระดับการพัฒนาการเศรษฐกิจได้ในระดับสูงได้ในช่วงต้นของทศวรรษ 1960

28 เมษายน 1964 ญี่ปุ่นก็ได้รับการรับรองสถานะเป็นสมาชิกของ OECD หรือ Organisation for Economic Co-operation and Development หรือความร่วมมือของกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วได้เป็นชาติแรกในเอเชีย และในปีนั้นเอง ญี่ปุ่นก็ยังเป็นชาติแรกของเอเชียที่ได้เป็นเจ้าภาพในการจัดกีฬาโอลิมปิก พร้อมกับที่รถไฟความเร็วสูงชินคันเซนสายโทไกโดเริ่มเปิดให้บริการเป็นครั้งแรก นักวิชาการหลายคนเรียกช่วงเวลาหัตถ์กรรมของการพัฒนาเศรษฐกิจที่รุ่งเรืองที่สุดตลอดทศวรรษ 1960 นี้ว่า ‘Golden 60s’ แน่แน่นอนว่าหลังสงครามมหาเอเชียบูรพา กองทัพฝ่ายสัมพันธมิตรผู้ชนะสงครามนำโดย นายพล ดักลาส แมกอาเธอร์ ในตำแหน่ง Supreme Commander of the Allied Powers (SCAP) เข้ายึดครองญี่ปุ่น (Occupation of Japan) ญี่ปุ่นภายใต้นโยบาย New Deal ของประธานาธิบดีฮิโอดอร์ รูสเวลต์ แห่งสหรัฐฯ จะต้องยอมให้สหรัฐฯ เข้ามามีอิทธิพลอย่างสูงในการร่างรัฐธรรมนูญฉบับใหม่ของประเทศ รัฐธรรมนูญที่ลดทอนพระราชอำนาจของ สมเด็จพระจักรพรรดิลงตามแนวคิด สมเด็จพระจักรพรรดิภายใต้ระบอบประชาธิปไตยแบบตะวันตกที่สมเด็จพระจักรพรรดิไม่อาจมีปฏิสัมพันธ์โดยตรงกับประชาชนได้ และถูก Depoliticised จนกลายเป็นเพียงเสมือนกับสัญลักษณ์

ญี่ปุ่นกลายเป็นประเทศที่ไม่มีกองทัพเป็นของตนเองด้วยความหวาดกลัวว่าญี่ปุ่นจะกลับมาเป็นจักรวรรดินิยม-ชาตินิยมสุดโต่งอีกครั้ง เศรษฐกิจญี่ปุ่นได้รับการปฏิรูปอีกรอบโดยทีมงานที่แมกอาเธอร์คัดเลือก ซึ่งนำโดย วูล์ฟ ลาเดจินสกี

นักเศรษฐศาสตร์ที่นิยมแนวคิดแบบ Georgism (เชื่อว่ามูลค่าสินค้าเกิดจากการผลิตของที่ดินและทรัพยากรธรรมชาติ ดังนั้นที่ดินและทรัพยากรธรรมชาติต้องเป็นของสมาชิกทุกคนในระบบเศรษฐกิจอย่างเท่าเทียมกัน) โดยลาเดจินสกีทำงานร่วมกับ ฮีโร วาดะ (ซึ่งต่อมาจะกลายเป็น รัฐมนตรีว่าการเกษตร ของประเทศญี่ปุ่น) ทำให้การปฏิรูปกรรมสิทธิ์ที่ดินเกิดขึ้น นายทุนที่ครอบครองที่ดินขนาดใหญ่หายไปจากระบบ เช่นเดียวกับการสลายบริษัทธุรกิจขนาดยักษ์ที่มีเส้นสายกับรัฐบาลที่เรียกว่า ไชบัตสึ การศาสนาที่ถูกปฏิรูปมีการแยกศาสนาออกจากการเมืองอย่างชัดเจน ศาสนาชินโต (ต้นกำเนิดของแนวคิดบูชิโด) ไม่ได้เป็นศาสนาประจำรัฐอีกต่อไป

ญี่ปุ่นกลายเป็นประเทศที่สามารถปฏิวัติอุตสาหกรรมได้ โดยเฉพาะในยุค Industry 3.0 ที่มีการใช้โปรแกรม คอมพิวเตอร์ร่วมกับหุ่นยนต์ในการผลิต มหาอำนาจทางเศรษฐกิจในอดีต ไม่ว่าจะเป็นสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร ฝรั่งเศส และเยอรมนีตะวันตก ต่างก็ขาดดุลการค้ามหาศาลให้กับญี่ปุ่น ทศวรรษ 1970-1980 คือช่วงเวลาที่ผู้บริหารระดับสูงในสหรัฐฯ ต้องไปเรียนภาษาญี่ปุ่น เพราะบริษัทข้ามชาติของญี่ปุ่นที่มีรายชื่อติดอันดับ 50 บริษัทที่มีมูลค่ามากที่สุดในโลกถึงกว่า 32 บริษัท เข้าควบคุมกิจการธุรกิจสหรัฐฯ โรงงานรถยนต์ที่เคยเป็นอุตสาหกรรมหลักของสหรัฐฯ ไม่ว่าจะเป็น Ford, GM, Chrysler เริ่มปิดตัว หายไปโรงงาน เพราะแข่งขันด้านราคาและการประหยัดน้ำมัน (ในยุค Oil Crisis) สู้กับรถยนต์ Toyota, Honda, Nissan ไม่ได้ ในขณะที่บนเกาะฮาวาย ป้ายบอกชื่อถนนต้องเขียนบอกทางเป็นภาษาญี่ปุ่น เช่นเดียวกับอาคารสำนักงานบนเกาะแมนฮัตตัน (ศรีแสงนาม, 2019)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

หลังการสูญเสียทรัพยากรจากสงครามโลกครั้งที่ 2 ประเทศญี่ปุ่นเน้นไปยังการฟื้นฟูและสร้างการเติบโต ทางเศรษฐกิจ ตามด้วยการส่งเสริมทางด้านสังคม โดยมีความตั้งใจที่จะปิดช่องว่างทางเทคโนโลยีและเศรษฐกิจระหว่างประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

1. ภาครัฐสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากกลุ่มประเทศพัฒนาด้วยการนำเข้าเทคโนโลยี ซึ่ง 80% ของการนำเข้าล้วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล และ เคมีภัณฑ์ ส่งผลให้เศรษฐกิจมีอัตราการเติบโตมากกว่า 20% ในปลาย 1950s โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และรถยนต์ ซึ่งทำให้ ญี่ปุ่น กลายเป็นผู้นำระดับโลก นอกจากนั้น ญี่ปุ่นยังสามารถพัฒนาต่อยอดจนสร้างนวัตกรรมใหม่เองได้ เช่น เครื่องเล่นเทปพกพา (Walkman) ของบริษัท Sony เป็นต้น

2. ออกนโยบายสนับสนุนภาคเอกชนในการสร้างนวัตกรรมจากการต่อยอดเทคโนโลยี กระทรวงการค้า ระหว่างประเทศและอุตสาหกรรมช่วยส่งเสริมให้ภาคเอกชนได้มีการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนาเป็นของตนเอง หรือ เรียกว่า “ห้องปฏิบัติการกลาง (Central Research Laboratories)” ด้วยการการสนับสนุนการส่งออก รวมถึงปกป้องภาคเอกชนจากการแข่งขัน ภายนอกจนกว่าจะสามารถแข่งขันในระดับโลกได้

3. ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีต่างชาติ สร้างความเข้มแข็งให้กับภาควิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมในท้องถิ่น (Technology Spillover) ในปี 1956 ได้มีการก่อตั้ง Japan Science and Technology Agency ภายใต้สำนักนายกรัฐมนตรี เพื่อสร้างเครือข่ายเชื่อมโยงระหว่างภาควิจัยกับภาคอุตสาหกรรม ในอีก 3 ปีถัดมารัฐบาลได้ก่อตั้งสภาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นแนวทางในการออกนโยบายทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ครอบคลุมกว่าเดิม ในช่วงกลางของ 1960s รัฐบาล พยายามผลักดันเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางเทคโนโลยีภายในประเทศ แต่ภาคเอกชนต่างเห็นว่าเป็นการลงทุนที่ใช้ระยะเวลานาน มีต้นทุนและความเสี่ยงสูง ในปี 1966 รัฐบาลจึงออกนโยบาย “Big-Projects” สนับสนุนระบบการวิจัยและพัฒนาในอุตสาหกรรมใหญ่ ด้วยการให้ทุนและช่วยลดความเสี่ยงแก่ภาคเอกชนด้วยการจ่ายเงินอุดหนุนการพัฒนาเทคโนโลยีพร้อมทั้งส่งเสริมองค์กรเอกชน มหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยแห่งชาติควบคู่กันไป โดยรัฐได้เลือกกลุ่มอุตสาหกรรมตามลำดับความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ (Priority Area)

4. พัฒนาบุคลากรในประเทศ (สร้าง Absorptive Capacity) รัฐบาลออกนโยบาย ขยายการศึกษาภาคบังคับ ไปจนถึงมัธยมตอนต้นและเปิดสถาบันสอนสายอาชีพ พร้อมทั้งขยายและปรับปรุงในระดับอุดมศึกษา ส่งผลให้มีจำนวน นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรเพิ่มขึ้น 4 เท่าในระหว่าง ปี ค.ศ. 1945 และ ค.ศ.1975

ยุทธศาสตร์ช่วงไล่กวดยุค 3.0 : ผูกห่านบิน (Flying geese model)

ศาสตราจารย์ คานามะ อะคามัตสึ (Kaname Akamatsu) เสนอทฤษฎีผูกห่านบินในช่วง ทศวรรษที่ 1930 โดยมองว่า ภาคการผลิต (Production) เป็นกลจักรขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ประเทศกำลังพัฒนาย่อมไม่มีทุนและเทคโนโลยีอย่างเพียงพอในการผลิตสินค้าเองในช่วงแรก จึงต้องอาศัยการลงทุนจากประเทศเจ้าของเทคโนโลยี ซึ่งก็จะได้ประโยชน์จากค่าแรงที่ถูกลง เมื่อย้ายฐานการผลิตของตนเองทำให้เกิดการ win-win ทั้งสองฝ่าย การพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศญี่ปุ่นตามวิธีคิดนี้ จึงมีกรอบคิดเป็นระดับภูมิภาค โดยเปรียบเทียบกับ “ห่านจำฝูง” เป็นประเทศเจ้าของเทคโนโลยีและมองการพัฒนาเป็นเรื่องการไต่ระดับการผลิตสินค้า ประเทศกำลังพัฒนาควรค่อยๆ ขยับบินตามห่านจำฝูง โดยเริ่มไต่ระดับจากการผลิตสินค้าที่ใช้แรงงานเข้มข้น (เช่น สิ่งทอ รองเท้า) แล้วจึงพัฒนามาเป็นการผลิตสินค้าเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมหนัก (เช่น อิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์) (กาญจน์ชูฉัตร, 2019)

ช่วงหลังการไล่กวด (Post Catch-Up Phase) / ค.ศ. 1980s-ปัจจุบัน

เศรษฐกิจและสังคม

“สงครามเศรษฐกิจที่นำความพ่ายแพ้มาสู่ชาวอาทิตย์อุทัย” เมื่อญี่ปุ่นได้แสดงมหาอำนาจทางเศรษฐกิจ สหรัฐอเมริกาได้สกัดบทบาทของประเทศญี่ปุ่น โดยเริ่มจากนโยบายจำกัดการส่งออกของญี่ปุ่นและการกำหนดโควตาการนำเข้าสินค้าญี่ปุ่นเข้ามาในสหรัฐ (Voluntary Export Restraint: VER) ซึ่งทำให้สินค้า Made in Japan ไม่สามารถส่งออกได้ แต่ที่เลวร้ายกว่านั้นคือ เมื่อรัฐมนตรีที่คุมนโยบายเศรษฐกิจและผู้ว่าการธนาคารกลางของ 4 ประเทศ อันได้แก่ เจมส์ เอ. เบเกอร์ แห่งสหรัฐอเมริกา, แกร์ฮาร์ด สโกลเตนเบิร์ก แห่งเยอรมนีตะวันตก, ปีแอร์ แบเรโกวอย แห่งฝรั่งเศส และ ไนเจล ลอร์สัน แห่งสหราชอาณาจักร ได้เชิญ โนโบรุ ทาเกชิตะ ซึ่งต่อมาได้ขึ้นเป็นนายกรัฐมนตรีของญี่ปุ่น ไปประชุมที่โรงแรม Plaza ในมหานครนิวยอร์ก จนกลายเป็นที่มาของ Plaza Accord ที่บีบให้ญี่ปุ่นต้องปรับค่าเงินเยนจากระดับ 265 เยนต่อดอลลาร์สหรัฐ ขึ้นเป็น 125 เยนต่อดอลลาร์สหรัฐ ซึ่งนั่นทำให้สินค้าจากญี่ปุ่นแพงขึ้นทันทีในตลาดโลกมากกว่า 2 เท่า

ญี่ปุ่นเข้าสู่ภาวะเศรษฐกิจถดถอยครั้งใหญ่ในช่วงปลายของรัชศกโชวะ เงินเยนที่แข็งค่าขึ้นทำให้เงินทุนไหลออกจากประเทศอย่างต่อเนื่อง ทั้งเพื่อไปหาที่ลงทุนในต่างประเทศ และเพื่อออกไปเก็งกำไรในตลาดเงินระดับโลก ธนาคารกลางญี่ปุ่นปรับขึ้นอัตราดอกเบี้ยภายในประเทศให้สูงขึ้น โดยหวังจะสกัดการไหลออกของเงิน แต่ไม่เป็นผลเงินยังคงไหลออก และอัตราดอกเบี้ยที่สูงขึ้นอย่างมากทำให้ประชาชนและบริษัทญี่ปุ่นไม่สามารถชำระหนี้ได้ หนี้สูญเกิดขึ้นทั่วประเทศ ภาคการผลิตย้ายฐานออกจากประเทศญี่ปุ่น คนงานว่างงานทั่วประเทศ คอนโดฯ และอาคารสำนักงานร้าง ญี่ปุ่นเข้าสู่ภาวะฟองสบู่แตก

ญี่ปุ่นพ่ายแพ้สงครามอีกรอบในครึ่งหลังของรัชศกโชวะ และคราวนี้กลายเป็นสงครามเศรษฐกิจที่ญี่ปุ่นแพ้ พร้อมๆ กับการสิ้นสุดรัชศกโชวะ ในวันสวรรคตของสมเด็จพระจักรพรรดิฮิโรฮิโตะ วันที่ 7 มกราคม 1989 และการเริ่มต้นรัชศก ‘เฮเซ’

ความพยายามในการฟื้นตัวจาก ‘ทศวรรษที่หายไป’

รัชศก ‘เฮเซ’ เริ่มต้นพร้อมกับการขึ้นครองราชย์ของสมเด็จพระจักรพรรดิอะกิฮิโตะ และแน่นอนพร้อมกับภาวะเศรษฐกิจฟองสบู่แตก ในปี 1990-1991 ภายหลัง Plaza Accord ที่ทำให้ญี่ปุ่นสูญเสียความสามารถทางการแข่งขันทั้งจากต้นทุนการผลิตภายในประเทศที่ปรับตัวสูงขึ้นพร้อมกับค่าเงินเยนที่ทำให้ญี่ปุ่นไม่สามารถส่งออกได้ และมาตรการกีดกันทางการค้า เศรษฐกิจญี่ปุ่นยังคงหดตัวและซบเซาลงอย่างต่อเนื่อง จนนักวิชาการขนานนามทศวรรษ 1990 ว่าเป็น ‘ทศวรรษที่หายไป’ (The Lost Decade)

จากนโยบายตรึงอัตราดอกเบี้ยสูงแต่ไม่สามารถสกัดไม่ให้เงินตราไหลออกนอกประเทศได้ หนี้สูญ หนี้เสีย หนี้ที่ไม่ก่อให้เกิดรายได้มูลค่ามหาศาลเกิดขึ้นในระบบเศรษฐกิจของญี่ปุ่น รัฐบาลพยายามจัดสรรเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำเพื่อป้องกันการล้มละลายของภาคธุรกิจ แต่สถานการณ์ก็ยังไม่ดีขึ้น ธนาคารก็ยังไม่สามารถทำงานของมันได้อย่างดี เพราะไม่กล้าปล่อยเงินกู้เพราะเกรงหนี้สูญ คนญี่ปุ่นเรียกธนาคารเหล่านี้ว่า ธนาคารผีดิบ (Zombie Banks) ธนาคารเหล่านี้ไม่มี Net

Worth เหลือแล้ว ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ และก็ไม่สามารถปล่อยให้ปิดกิจการได้เช่นกัน คนญี่ปุ่นที่ตกงานเพราะบริษัทปิดตัวมีมากมายมหาศาล ในขณะที่คนที่ต้องการลงทุน ต้องการบริโภคแต่ไม่มีเงิน ก็ต้องไปพึ่งพาชาละคน หรือพวกปล่อยเงินกู้ในระบบ ซึ่งแน่นอนว่าส่วนใหญ่คือองค์กรอาชญากรรม หรือแก๊งยาคุซ่า

ภาวะฟองสบู่แตก เศรษฐกิจถดถอยยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง จนหลายคนเริ่มเรียกสถานะของเศรษฐกิจญี่ปุ่นว่า The Lost Decades, The Lost 20 Years, The Lost Score โดย GDP ของญี่ปุ่นในปี 1995 เท่ากับ 5.449 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งถือว่าเป็น GDP ที่สูงที่สุดในประวัติศาสตร์ แล้วหลังจากนั้นก็ถดถอยมาโดยตลอด โดยตกต่ำลงมาถึงจุดต่ำสุดในปี 1998 ที่ระดับ 4.033 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ แล้วหลังจากนั้นก็ทรงตัวอยู่ในระดับนั้นมาโดยตลอด จนมากระเด้งขึ้นอีกครั้งและกลับมาขึ้นเหนือ GDP ของปี 1995 ได้อีกครั้งในปี 2010 ที่ระดับ 5.7 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ

แต่ในปีนั้นเองญี่ปุ่นก็สูญเสียสถานะเศรษฐกิจขนาดใหญ่เป็นอันดับที่ 2 ของโลกให้กับจีนด้วยเช่นกัน และในปี 2017 GDP ของญี่ปุ่นก็ถดถอยมาอยู่ที่ระดับ 4.872 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ จากในช่วงรัชศกโชวะที่บริษัทข้ามชาติญี่ปุ่นมากกว่า 30 บริษัท ถูกจัดให้อยู่ใน 50 อันดับแรกของบริษัทที่มีมูลค่ามากที่สุดในโลก ปัจจุบันเหลืออยู่เพียงบริษัทเดียวเท่านั้นคือ Toyota รัฐบาลญี่ปุ่นยังคงต้องกระตุ้นเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่อง และเม็ดเงินที่เอามาใช้ในการกระตุ้นเศรษฐกิจนี้ก็ทำให้ญี่ปุ่นมีสัดส่วนหนี้สาธารณะต่อ GDP สูงถึง 240% และกลายเป็นหนึ่งในประเทศที่มีหนี้สาธารณะมากที่สุดในโลก นักเศรษฐศาสตร์รางวัลโนเบลอย่าง พอล ครูกแมน วิเคราะห์ว่า เศรษฐกิจญี่ปุ่นเข้าสู่ภาวะกับดักสภาพคล่อง (Liquidity Trap) แล้ว นั่นคือภาวะที่นโยบายการเงิน ซึ่งเป็น 1 ใน 3 เครื่องมือในการดำเนินนโยบายทางเศรษฐกิจของประเทศไม่สามารถใช้การได้อีกต่อไป

ในแง่สังคม เมื่อเศรษฐกิจตกต่ำ รูปแบบการจ้างงานของญี่ปุ่นที่ภาคเอกชนเคยจ้างงานและให้สวัสดิการพนักงานไปจนตลอดชีวิต ซึ่งเรียกว่า Lifetime Employment เป็นสิ่งที่ไม่มีทางเกิดขึ้นอีกแล้ว โครงสร้างประชากรของญี่ปุ่นเองก็เข้าสู่ภาวะ Super Aging หรือ Extremely Aged Society มาตั้งแต่ปี 2014 นั่นคือภาวะที่มีประชากรอายุเกินกว่า 60 ปีสูงถึง 1 ใน 3 ของประชากรทั้งประเทศ และมีประชากรอายุเกินกว่า 65 ปีสูงถึง 1 ใน 4 ของจำนวนประชากรทั้งประเทศ และจำนวนประชากรทั้งประเทศก็ปรับตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง คาดว่าประชากรของญี่ปุ่นจะลดลงไปประมาณ 1 ใน 4 ในปี 2050 เมื่อประชากรวัยพึ่งพิงมีเป็นจำนวนมาก ประชากรวัยทำงานลดลง ปัญหาสังคมก็รุนแรงมากยิ่งขึ้น วัยรุ่นญี่ปุ่นที่จบการศึกษาใหม่จำนวนมากไม่มีและไม่อยากทำงานประจำ ในขณะที่ผู้สูงวัยต้องเริ่มออกมาหางานทำหลังเกษียณอายุเพื่อเลี้ยงชีพ และจำนวนไม่น้อยเลือกที่จะก่ออาชญากรรมประเภทลักเล็กขโมยน้อยเพื่อให้ตนเองโดนจับเข้าคุก เพียงเพราะต้องการที่พักที่มีอาหาร มีการดูแลสุขภาพ และมีเพื่อน มีสังคม แม้จะเป็นในเรือนจำ

ในวันที่ 30 เมษายน 2019 รัชศกเฮเซได้เริ่มต้นขึ้น ถึงแม้ว่าการเติบโตจะชะลอตัว แต่ญี่ปุ่นยังคงเป็นมหาอำนาจทางเศรษฐกิจเพราะญี่ปุ่นเป็นเพียงไม่กี่ประเทศที่มีมูลค่า GNP หรือมูลค่าผลผลิตของคนญี่ปุ่นและบริษัทญี่ปุ่นที่เกิดขึ้นทั่วโลก สูงกว่า GDP หรือมูลค่าผลผลิตที่เกิดขึ้นภายในประเทศ (ศรีแสงนาม, 2019)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ญี่ปุ่นสร้างเทคโนโลยีในประเทศโดยเน้นไปยังเทคโนโลยีที่ซับซ้อนและมีมูลค่าสูงมากขึ้นซึ่งต้องใช้การวิจัยที่เข้มข้นขึ้น โดยเกิดเป็น 4 กลยุทธ์ ดังต่อไปนี้

1. การลงทุนของภาคเอกชนในการวิจัยและพัฒนา เมื่อมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัยของภาครัฐไม่สามารถผลิตองค์ความรู้ที่เพียงพอในการตอบโจทย์ภาคเอกชนได้ ภาคเอกชนจึงเร่งการลงทุนในการวิจัยและพัฒนาของตนเองเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งเน้นไปยังการวิจัยพื้นฐานในระดับสากล โดยบริษัทญี่ปุ่นได้สร้างห้องปฏิบัติการในต่างประเทศ (ประมาณ 289 แห่งระหว่างช่วงปี 1985-1997) พร้อมทั้งจ้างนักวิจัยต่างชาติที่ทำงานให้กับกลุ่มบริษัทมหาวิทยาลัยและสถาบันระดับชาติเข้ามาทำงานให้กับบริษัทอีกด้วย

2. การลงทุนของภาครัฐในวิทยาศาสตร์พื้นฐานเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมใหม่ เพื่อต่อสู้กับวิกฤติเศรษฐกิจที่ถดถอยและฟองสบู่ที่เกิดขึ้น ภาครัฐจึงต้องเปลี่ยนกลยุทธ์จากการนำเข้าเทคโนโลยี และหันไปพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศแทน รัฐบาลจึงลงทุนในวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่เกิดขึ้นใหม่อย่าง เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีการประมวลผลข้อมูล และ เทคโนโลยีวัสดุใหม่

3. นโยบายเพิ่มความร่วมมือระหว่างอุตสาหกรรม-สถาบันการศึกษา ในการปรับโครงสร้างทางเศรษฐกิจ ในปี 1995 และ 1996 ภาครัฐได้สนับสนุนการวิจัยและพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่จะเป็นโครงสร้างสำคัญของอุตสาหกรรมใหม่ทั้งในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัย โดยออกกฎหมายสำหรับเทคโนโลยีพื้นฐาน (the Science and Technology Basic Law) และ แผน 5 ปีสำหรับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพื้นฐาน (5 year Science and Technology Basic Plan) ซึ่งช่วยให้เกิดความร่วมมือที่เข้มแข็งของไตรภาคี (อุตสาหกรรม สถาบันการศึกษา และ รัฐบาล) จนกลายเป็นการร่วมวิจัยของ อุตสาหกรรม-มหาวิทยาลัยซึ่งง่ายต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี ในขณะเดียวกันก็มีการสนับสนุนผู้ประกอบการ SMEs ผ่านความร่วมมือของอุทยานเทคโนโลยี (technology parks) และ สถาบันวิจัย จนเกิดเป็นการบ่มเพาะนวัตกรรม (Incubators)

4. เพิ่มบทบาทของนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ นวัตกรรม (STI Policy) เพื่อและสร้าง อุตสาหกรรมแห่งอนาคตและปฏิรูปสังคม ภาครัฐออกแผนพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพื้นฐานฉบับที่ 5 (the Fifth Science and Technology Basic Plan, 2016-2020) โดยเน้นไปอุตสาหกรรมอนาคตและ การใช้เทคโนโลยีสร้าง Smart Society เพื่อตอบโจทย์สังคมยุคใหม่ซึ่งแบ่งออกเป็น 11 ระบบ รวมถึงระบบอุตสาหกรรมใหม่และระบบการขนส่งอัจฉริยะ ทั้งนี้ มีการจัดตั้งหน่วยงานระดับสูงและหน่วยงานประสานงานเฉพาะเพื่อจัดการกับความไม่แน่นอนและความซับซ้อนของระบบนวัตกรรมซึ่งเป็นพื้นฐานของ Frontier Technologies

5. นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน (sustainable development) และการเติบโตอย่างมีส่วนร่วม (Inclusive growth) การเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในช่วง 1950s และ 1960s ทำให้เกิดมลพิษซึ่งส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม การใช้นโยบาย STI เพื่อแก้ไขปัญหาสุขภาพประชาชนและสิ่งแวดล้อม จึงกลายเป็นประเด็นสำคัญในช่วง 1960s หลังจากที่เกิดวิกฤติน้ำมันในช่วงต้นของ 1970s ทำให้รัฐบาลญี่ปุ่นพัฒนา แหล่งพลังงานสะอาดขึ้นมา ด้วยการจัดตั้งโครงการหลายโครงการ เช่น New Energy Technology Research and Development System หรือ Sunshine Project ในขณะเดียวกัน รัฐบาลได้จัดตั้งสถาบันใหม่ เช่น Environment Agency ซึ่งกลายมาเป็น กระทรวงสิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน และ สถาบันวิจัยมลพิษ การใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมีบทบาทสำคัญ ในสร้างนวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้

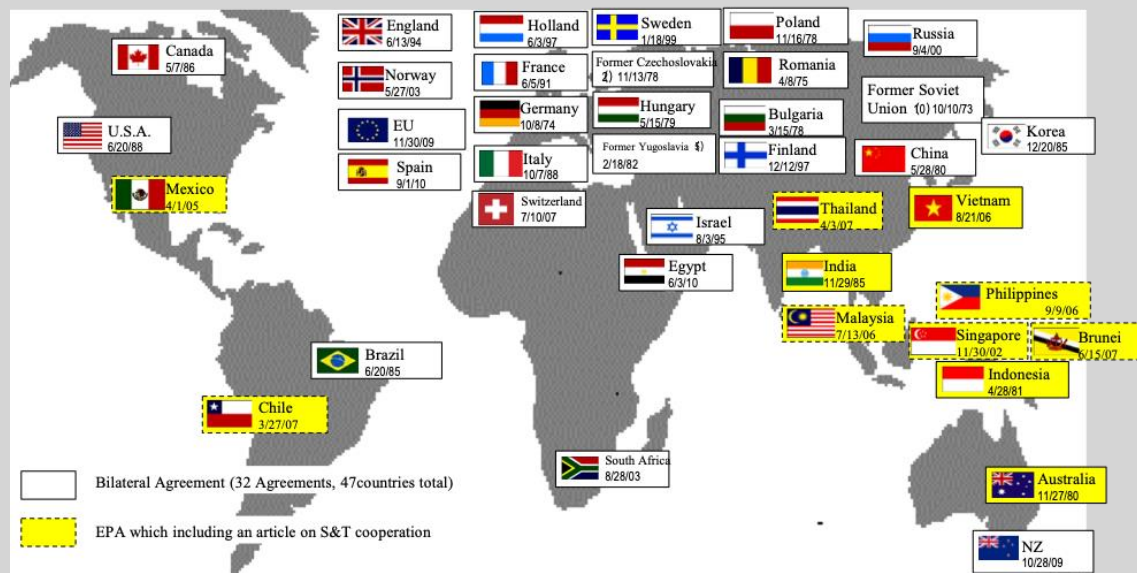
ยุทธศาสตร์ในยุค 4.0

ญี่ปุ่นเป็นนักลงทุนหลักที่ไปลงทุนทั่วโลก ก่อให้เกิดการจ้างงาน และยกระดับคุณภาพชีวิตให้กับหลายๆ ประเทศทั่วโลก เช่นเดียวกับโครงการความช่วยเหลือทางเศรษฐกิจและทางการเงินของญี่ปุ่น ทั้งที่ผ่านทางธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชีย (Asian Development Bank: ADB) หรือผ่านหน่วยงานของญี่ปุ่นโดยตรงอย่างองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency: JICA) ที่ให้ความช่วยเหลือทางการเงินกับประเทศกำลังพัฒนา และ Japan Bank for International Cooperation (JBIC) ที่เน้นความช่วยเหลือทางการเงินและการให้กู้ยืมสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของนานาประเทศ ทำให้ญี่ปุ่นกลายเป็นมหาอำนาจทางวัฒนธรรมที่ใช้อำนาจละมุน (Soft Power) ที่ประเทศส่วนใหญ่ในโลกไว้นับถือและเป็นต้นแบบการพัฒนาที่หลายๆ ประเทศต้องการเรียนรู้เพื่อเป็นแบบอย่าง (ศรีแสงนาม, 2019)

Bilateral Agreements on Cooperation in Science and Technology, and Joint Committees

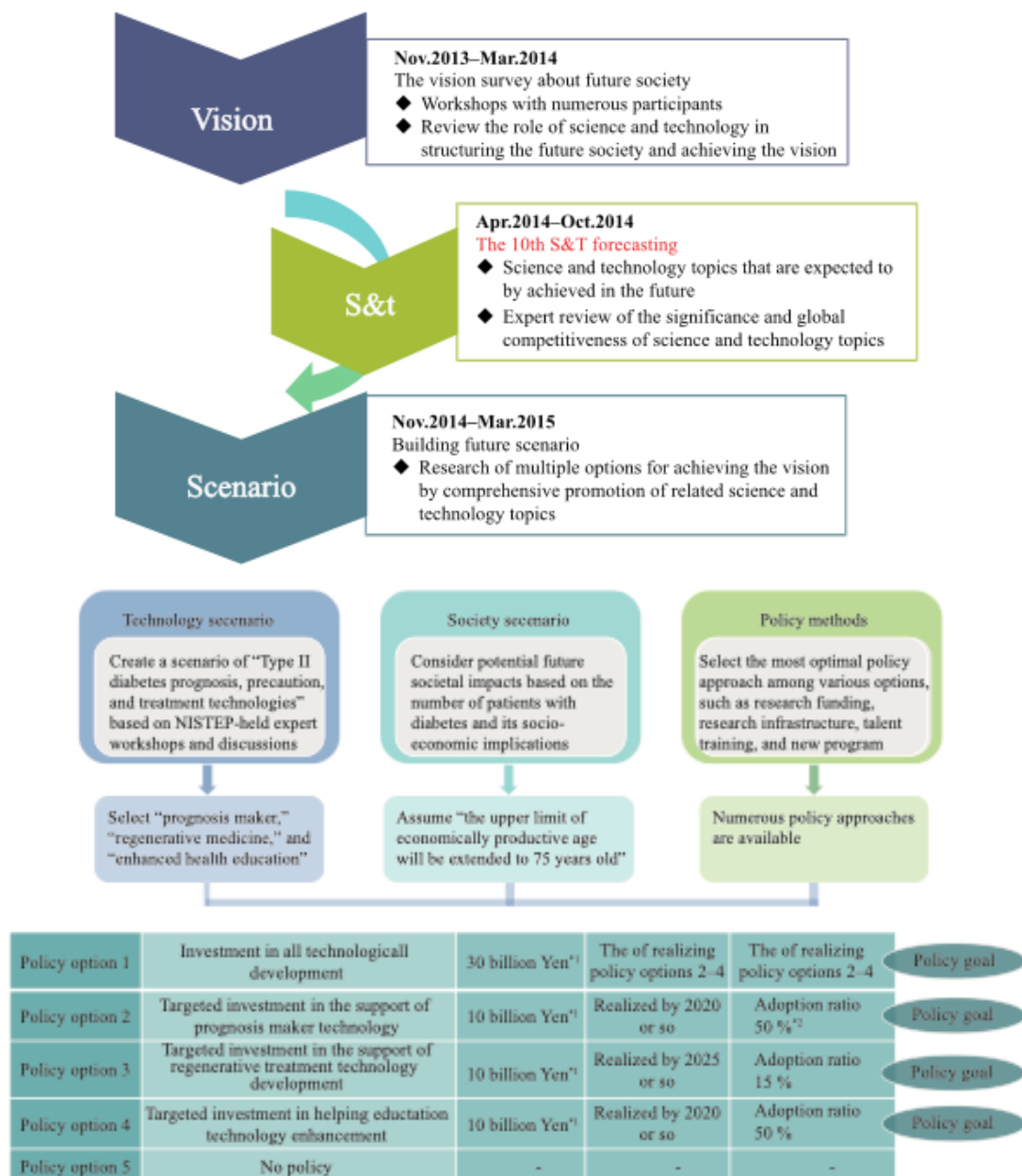
Bilateral meetings

- Aiming to promote cooperative relationships with other countries in the field of science and technology, Japan has concluded bilateral agreements on cooperation in science and technology with 47 countries and organizations (32 agreements in total).
- Under the agreements, the Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), in collaboration with the Ministry of Foreign Affairs (MOFA), the Cabinet Office (CAO), and the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), has been undertaking a variety of cooperative activities, including information exchange on R&D and joint research, through a joint committee on cooperation in science and technology, and other councils.
- METI has also been partaking in meetings related to bilateral industrial technologies, courtesy calls and other activities in the field as needed.



2.2 วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยีของประเทศญี่ปุ่นในปัจจุบัน

ตั้งแต่ปีค.ศ. 1971 ญี่ปุ่นได้นำวิธี Technology Foresight (TF) Survey เข้ามาใช้เพื่อช่วยกำหนดทิศทางของกรอบนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของชาติ ซึ่งนับเป็นประเทศแรกที่มีรัฐบาลนำมาประยุกต์ใช้จริงกับการวางแผนนโยบายได้ การสำรวจ TF เกิดขึ้นทุก 5 ปี โดยในแต่ละครั้งจะเป็นการวางแผนล่วงหน้า 15-30 ปี ซึ่งล่าสุดญี่ปุ่นได้สำรวจ TF เป็นฉบับที่ 10 ในปี 2016 เพื่อช่วยในการตัดสินใจทิศทางและเป้าหมายของการพัฒนาเทคโนโลยีในอีก 15 ถึง 30 ปี ข้างหน้า การมีประสบการณ์ที่ยาวนานของญี่ปุ่น ทำให้กลายเป็นประเทศตัวอย่างในเรื่องการคาดการณ์ด้านเทคโนโลยีที่สำคัญของโลกในปัจจุบัน (Shengkai, et al., 2017)



รูปที่ ก.2 การวางแผนด้วยการใช้ problem-solving scenario และสร้างนโยบายมาช่วยแก้ปัญหาอนาคต (Shengkai, et al., 2017)

ในส่วนของการพัฒนาการใช้เครื่องมือ Technology Foresight ในกระบวนการออกแบบนโยบายในประเทศญี่ปุ่น นั้น Shengkai, et al., (2017) ได้ทำการสำรวจ TF ของญี่ปุ่นโดยได้แบ่งระยะของการสำรวจ 10 ฉบับ ออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะที่ 1 (ตั้งไข่) : TF ฉบับที่ 1-4 มุ่งเน้นไปยังการเพิ่มการเข้าร่วมของแต่ละภาคส่วน (sectors) การพัฒนาโครงสร้างและวิธีการจำแนกประเภท (Classification)

ระยะที่ 2 (พัฒนา) : TF ฉบับที่ 5-7 เริ่มเข้าที่เข้าทางและมีวิธีที่สมบูรณ์ทั้งในรูปแบบการทำแบบสำรวจ และการคัดกรองผู้เข้าร่วมสำรวจ

ระยะที่ 3 (สูกอม) : TF ฉบับที่ 8-10 เป็นระยะสูกอม ญ่พัฒนาเทคนิคที่หลากหลายในการสำรวจยั้งขึ้น ดังนี้

TF ฉบับที่ 8: ใช้เทคนิค requirement analysis, bibliometric analysis, และ scenario analysis ร่วมกับการสำรวจความคิดเห็นด้วยเทคนิค Delphi นอกจากนี้ ยังมีใช้วิธี cross-disciplinary approach เพื่อบุ 3 กลุ่มพื้นฐาน:

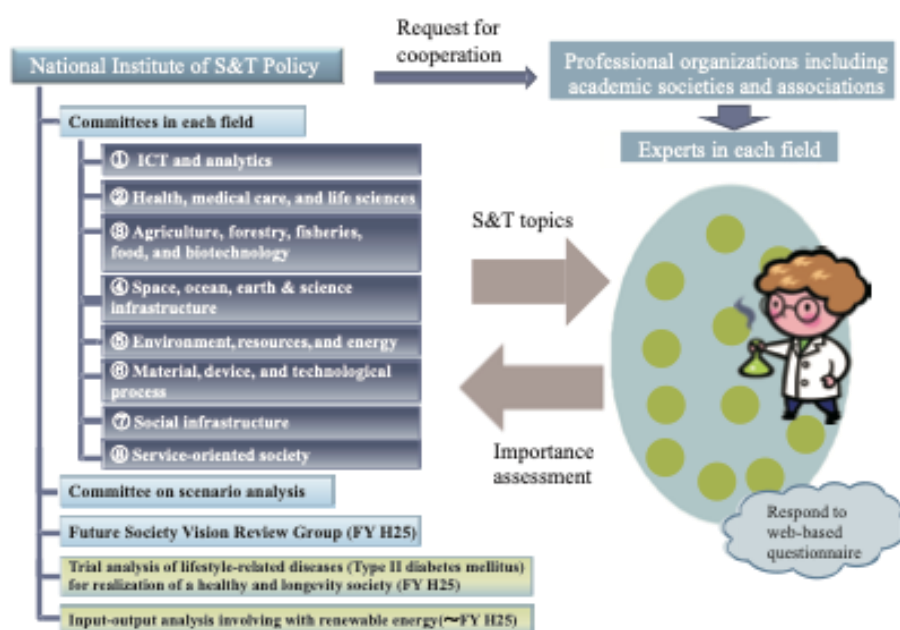
1. โครงสร้างพื้นฐานทางอุตสาหกรรม 2. โครงสร้างพื้นฐานทางสังคมและ 3. วิทยาศาสตร์ทางสังคมและเทคโนโลยี โดยเน้นบริบททางสังคมถึง 1 ใน 4 ของหัวข้อด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

TF ฉบับที่ 9: มีการทำ workshop ในท้องถิ่น (regional) เพื่อมองถึงขีดความสามารถในการสร้างนวัตกรรมท้องถิ่น ร่วมกับการสำรวจแบบ Delphi และการวิเคราะห์จากภาพจำลองอนาคต (Scenario analysis) ซึ่งมีการเน้นเพิ่มถึงผลกระทบของสังคมจากการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

TF ฉบับที่ 10: ใช้เทคนิคการวางแผนด้วยการจำลองภาพจากกระบวนการแก้ปัญหา (problem-solving scenario planning) โดยเน้นไปยั้งการบูรณาการของ นโยบายทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมลงไปในภาพอนาคต ด้วยเทคนิคการสำรวจด้วย Delphi และ การวิเคราะห์ภาพจำลองอนาคต (scenario analysis) เพื่อให้เกิดการคาดการณ์และพัฒนาเทคโนโลยีที่แม่นยำมากขึ้น

ตัวอย่างกระบวนการคาดการณ์อนาคตใน Technology Foresight Survey ฉบับที่ 10 (ค.ศ.2020-ค.ศ. 2050) นั้นแสดงในรูปที่ ก.2 สำหรับการทำให้ TF ฉบับ 10 นี้เป็นการจัดทำของหน่วยงาน the National Institute of Science and Technology Policy (NI-STEP) ซึ่งเลือกใช้วิธี problem-solving scenario approach โดยแบ่งเป็น 3 ภาพย่อย คือ ภาพของ เทคโนโลยีในอนาคต ภาพของสังคมในอนาคต และ นโยบายที่จะใช้ในอนาคต ผลที่ได้คือ ทางออกหลายช่องทาง และตัวเลือกทางนโยบาย ซึ่งต้องนำมาพิจารณาต่อในเรื่องของส่วนได้ส่วนเสีย หรือ การแลกมาเพื่อที่จะได้มาซึ่งวิธีแก้ปัญหานั้น ไม่ว่าจะเป็นในเชิงเศรษฐกิจ ภาวะตึงเครียดทางการเงิน ความคุ้มทุนทางเทคโนโลยี (feasibility) อุปสรรคในการปรับใช้เทคโนโลยี และการยอมรับในสังคม เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนสำคัญโครงสร้างการทำงานมีดังต่อไปนี้

1. ระบุมหัวข้อในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต
2. ประเมินหัวข้อที่ได้ระบุไว้
3. จำลองภาพในอนาคต (future scenario)
4. ระบุมตัวเลือกทางนโยบายที่เชื่อมกับภาพเทคโนโลยีและสังคมในอนาคตเพื่อบูรณาการเป็นนโยบายทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม



รูปที่ ก.3 โครงสร้างการทำงานของ Technology Foresight Survey ครั้งที่ 10

ตัวอย่างเหตุการณ์จำลอง คือ ประชากรที่ลดลงจากการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ โรคเบาหวานจึงกลายเป็นโรคที่ส่งผลกระทบต่อประชากรและแรงงานในประเทศ (ช่วงอายุ 15-65 ปี) วิธีแก้ปัญหาคือการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามาช่วยได้ คือ

1. การรักษาในระยะเบื้องต้นด้วยการใช้ Imaging Technology โดยการจับภาพการเปลี่ยนแปลงใน β -cells ของตับอ่อนร่วมกับ precognition technology
2. การรักษาในระยะปลาย (late-stage) เป็นการใช้ยาที่ช่วยในการฟื้นฟู (regenerative medicine) เช่น การฉีด β -cells เข้าไปเพื่อให้ตับอ่อนฟื้นฟูตัวเองขึ้นมาได้
3. การลดราคาโดยทดแทนอินซูลินด้วยยาโมเลกุลต่ำ (low-molecular drugs) ซึ่งสามารถผลิตได้เป็นจำนวนมาก
4. การป้องกันโรค โดยพัฒนาเทคโนโลยีที่เน้นด้านการป้องกันโรค (preventive treatment technology) เช่น คุชดาน์ไลฟ์สไตล์ กายภาพบำบัด การบำบัดด้วยอาหาร เป็นต้น

เมื่อได้รายชื่อเทคโนโลยีแล้ว คณะกรรมการได้แบ่งออกเป็น 8 กลุ่ม และทำการวิเคราะห์จนได้หัวข้อทั้งหมดมา 932 หัวข้อ ซึ่งนำไปสู่กระบวนการสำรวจด้วยเทคนิค Delphi โดยส่งแบบสอบถามทางออนไลน์ (รูปที่ ก.3) ผู้เชี่ยวชาญที่เข้าร่วมจากเครือข่าย NISTEP มีจำนวนประมาณ 2,000 คน และสมาชิกทรงคุณวุฒิจากองค์กรต่างๆ โดยแบ่งเป็นจากมหาวิทยาลัย 49.1% จากภาครัฐกิจ 36.4% และ ภาคประชาชน 14.5% รวมกันแล้วประมาณ 5,237 คน (Shengkai, et al., 2017)

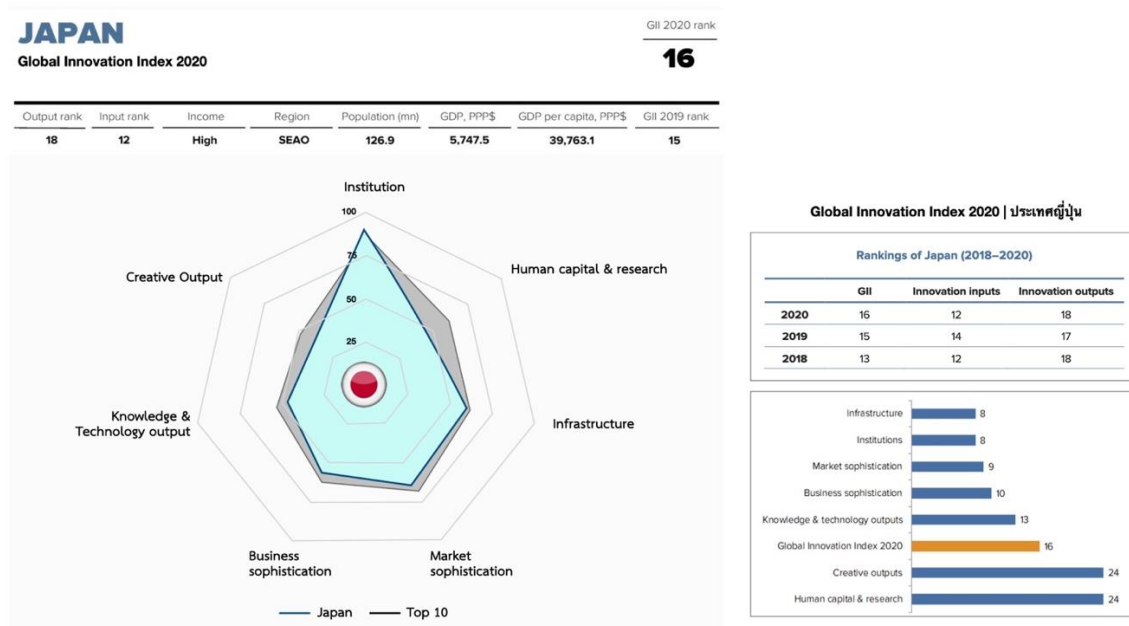
ข้อมูลเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technology) ที่ได้รับคัดเลือกจนกลายเป็นนโยบาย/แผนยุทธศาสตร์ของประเทศญี่ปุ่นในปัจจุบันนั้นแสดงในตารางที่ ก.1 และ ก.2 ถึงแม้ว่าในช่วงการสำรวจอนาคตจะเริ่มต้นด้วยเทคโนโลยีแต่เมื่อออกนโยบายมาแล้ว ญี่ปุ่นเลือกที่จะใช้เป้าหมายของนโยบายเป็นแกนกลาง (ความต้องการทางสังคม) แล้วจึงค่อยนำเทคโนโลยีเข้าไปผนวกใช้งานเพื่อให้เกิดความสำเร็จในเป้าหมายนั้น (ตารางที่ ก.1) นอกจากนั้นญี่ปุ่นยังได้สร้างหน่วยงานใหม่จากนวัตกรรมขึ้นมารองรับอนาคต ดังตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.1 กรอบนโยบายที่ต้องใช้เทคโนโลยีหลายส่วนประกอบเข้าด้วยกันของประเทศญี่ปุ่น

เทคโนโลยี	กรอบนโยบาย/แผน/กลยุทธ์
Multiple Technologies	Fifth Science and Technology Basic Plan (2016-2020)
Multiple Technologies	Comprehensive Strategy on Science, Technology and Innovation (2016) (Annual identification of priority initiatives under the Fifth Science and Technology Basic Plan)
Multiple Technologies	Facilitate the Fourth industrial Revolution (2016)
Multiple Technologies	Connected Industries Policy (2017)
Multiple Technologies	Future Vision towards 2030s (2017)

ตารางที่ ก.2 บทบาทหน้าที่ของหน่วยงานใหม่ที่ก่อตั้งขึ้นมาเพื่อรองรับยุค 4.0

หน่วยงาน (Institution)	บทบาทหน้าที่ (Mandate)
Public-Private Council for the Fourth Industrial Revolution (2016)	อยู่ภายใต้ Headquarters for Japan's Economic Revitalization within the Cabinet มีบทบาทหน้าที่ในการเปลี่ยนผ่านไปสู่ยุค 4.0 ทั้งในด้านเทคโนโลยี หุ่นยนต์ AI การพัฒนาบุคลากรให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนผ่านได้ รวมไปถึงการปรับกฎหมาย วางกลยุทธ์ ดูแลด้านการวิจัยและพัฒนา รวมถึงการให้ทุนต่างๆ
Robot Revolution Realization Council (2014)	อยู่ภายใต้สำนักนายกรัฐมนตรี โดยรับผิดชอบด้านการวางกลยุทธ์ของหุ่นยนต์ใน Five-year action plan to broaden robot utilization by 2020
Strategic Council for AI Technology (2016)	ก่อตั้งภายใต้เป้าหมายของนายกรัฐมนตรี เพื่อโปรโมตการวิจัยและพัฒนาในเทคโนโลยี AI โดยร่วมกับภาคส่วนอื่นๆ และสร้าง Roadmap เพื่อนำไปสู่การพัฒนาและการค้า
Advisory Board on Artificial Intelligence and Human Society (2016)	ก่อตั้งภายใต้ Minister of State for Science and Technology Policy เพื่อพิจารณาในด้านศีลธรรม กฎหมาย และ ประเด็นทางสังคมที่เกิดขึ้นจากการพัฒนา AI และหาวิธีแก้ปัญหาโดยประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ เช่น เศรษฐศาสตร์ วิศวกรรม กฎหมาย ปรัชญา และ สังคมศาสตร์



รูปที่ ก.4 ช่องว่างของดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ปี 2020 ระหว่างประเทศไทยและประเทศ TOP 10 (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)

2.3 ระดับนวัตกรรมของประเทศญี่ปุ่นในปี ค.ศ. 2020

ดัชนีนวัตกรรมโลก เป็นการวัดจากผลของการใช้จ่ายส่งเสริมทางนวัตกรรมเข้าไป เรียกว่า Input และ วัตถุประสงค์ (Output) ของนวัตกรรมที่ออกมาในรูปแบบต่างๆ GII ได้จัดอันดับให้ประเทศญี่ปุ่นเป็นอันดับ 16 ของโลกซึ่งอยู่ในกลุ่มประเทศที่เป็นผู้นำทางนวัตกรรมและที่มีรายได้ต่อประชากรสูง เมื่อเทียบเคียงตั้งแต่ปี 2018 พบว่า ญี่ปุ่นตกอันดับลงมา 5 อันดับภายใน 2 ปี ในขณะที่ Innovation Input สามารถปรับกลับมายังอันดับที่ 12 ดังปี 2018 เช่นเดียวกันกับ Innovation Outputs ที่แม้ว่าในปี 2019 จะไต่ขึ้นมาหนึ่งอันดับแต่ในปี 2020 ก็กลับไปอยู่ในอันดับ 18 เช่นเดิม รูปที่ ก.4 ได้แสดงให้เห็นช่องว่างที่ยังพัฒนาต่อของประเทศญี่ปุ่นในส่วนของ Creative output ซึ่งประเทศญี่ปุ่นได้ลดการส่งออกทางวัฒนธรรมลงไปกว่าเดิม และอีกประการคือจำนวนของประชากรเกิดใหม่ที่ลดลงในญี่ปุ่น ส่งผลให้เกิดการสมัครเรียนตั้งแต่ระดับประถมไปจนถึงระดับมหาวิทยาลัยน้อยลง ในขณะที่การพัฒนาศักยภาพทางด้านวิจัยยังคงเป็นอันดับต้นๆ ของโลก

อย่างไรก็ตาม ดัชนีนี้เป็นเพียงหนึ่งในการพิจารณาระดับนวัตกรรมเท่านั้น ยังมีดัชนีอื่นๆ เช่น OECD STI Benchmark ที่วัดการลงทุนในปัจจัยสำคัญของการเกิดนวัตกรรม การวัดในเชิงเทคโนโลยีหรือ Automation readiness (พัฒนาโดย The Economist Intelligence Unit) ที่วัดความพร้อมในการเตรียมตัวเข้าสู่ยุคอัตโนมัติ การวัด Autonomous vehicles readiness (พัฒนาโดยสถาบัน KPMG) ที่ประเมินความพร้อมในการใช้งานยานพาหนะไร้คนขับ หรือจะเป็น Digital Evolution Index (พัฒนาโดย Fletcher School at Tufts University) โดยใช้ปัจจัยด้าน supply conditions, demand conditions, institutional environment และ innovation and change เป็นตัววัดพัฒนาการด้านดิจิทัล เป็นต้น

2.4 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศญี่ปุ่น

ตารางที่ ก.3 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศญี่ปุ่น

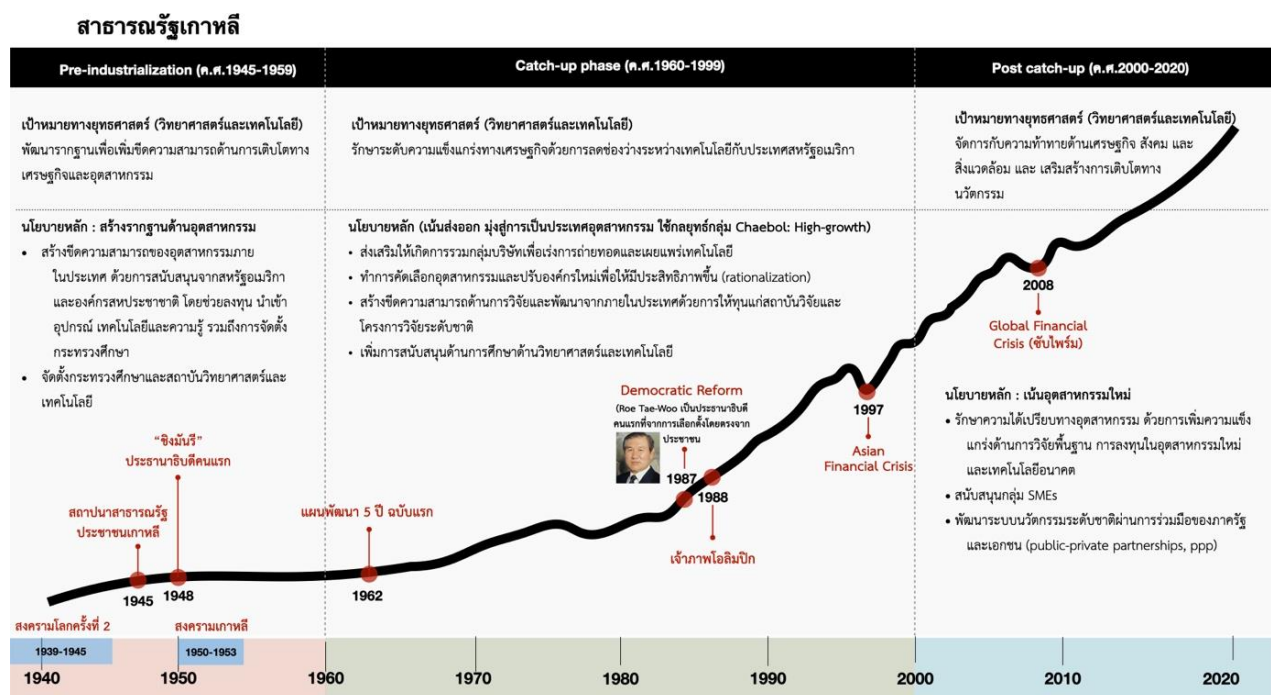
ตารางที่ ก.3 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศญี่ปุ่น

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ก่อนอุตสาหกรรม (ค.ศ.1868-1945) - Direct Purchase - เปิดให้ต่างประเทศเข้ามาลงทุน (FDI) - ใช้บริษัทใหญ่นำ	- สร้างโครงสร้างพื้นฐาน - นำเข้าเทคโนโลยีโดยรัฐบาลสนับสนุนและช่วยอุดหนุนด้านเงินทุน - เน้นการเผยแพร่ของเทคโนโลยีภายในประเทศ - สร้างขีดความสามารถด้านอุตสาหกรรมกลุ่มไซบัตสึ (zaibatsu) มีบทบาทสำคัญ - สร้างความร่วมมือไตรภาคี (academia-industry) - อุดหนุนการวิจัยและพัฒนา	N/A

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ช่วงไถ่กวาด (ค.ศ.1946-1970s) - ยุทธศาสตร์ผู้ลงทุน - FDI - ส่งเสริม SME	- เน้นหน่วยงานวิจัยและพัฒนาภายในบริษัทเอกชนภาครัฐ - เน้นการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีใหม่โดยนำมาเป็นนโยบายหลักของประเทศ - รัฐบาลพัฒนาการศึกษาทั้งแบบอาชีวและมหาวิทยาลัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีโดยเฉพาะภาควิศวกรรมและสร้างเครือข่ายในระบบ R&D - เน้นนโยบายไปในด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมในช่วงยุค 1960s เช่น พลังงานทางเลือกในช่วงภาวะวิกฤติน้ำมัน	เริ่มใช้ Technology Foresight ในยุค 1960s
ช่วงหลังการไถ่กวาด (ค.ศ.1980s-ปัจจุบัน) - ลงทุนในต่างประเทศ - ร่วมทุนกับภาควิจัยทั่วโลก	- ลงทุนในต่างประเทศ โดยย้ายฐานการผลิตเช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทย - ร่วมทุนด้านสถาบันวิจัยกับต่างประเทศทั่วโลก - นโยบายเน้นความทั่วถึงและยั่งยืน - นโยบายเน้นไปในการแก้ปัญหาสังคมด้วยนวัตกรรม เช่น Society 5.0	Technology Foresight ด้วยเทคนิคหลากหลาย ร่วมกับการใช้ Human Centric Approach และ Holistic Crosssectional Approach

3. สาธารณรัฐเกาหลี (เกาหลีใต้) “Rapid Growth | ประเทศก้าวกระโดดที่กลัวการถูกครอบครอง”

แผนภาพแสดงแนวทางการพัฒนาประเทศสาธารณรัฐเกาหลีด้วยนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในแต่ละช่วงนั้นแสดงในรูปที่ ก.5



รูปที่ ก.5 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของสาธารณรัฐเกาหลี

3.1 วิวัฒนาการด้านเศรษฐกิจและสังคมกับกลยุทธ์ทางนโยบายเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ช่วงก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrialization) | ค.ศ. 1945-1959

เศรษฐกิจและสังคม : พื้นฟูประเทศหลังสงคราม

ช่วงก่อนอุตสาหกรรมเกิดขึ้นหลังจากสงครามโลกครั้งที่ 2 จบลง ซึ่งกองทัพญี่ปุ่นจำเป็นต้องถอนกำลังออกจากเกาหลี เพราะเป็นประเทศแพ้สงคราม เป็นผลให้ประเทศเกาหลีเป็นอิสระจากประเทศญี่ปุ่น แต่หลังจากนั้นก็เกิดการแตกแยกระหว่างเกาหลีเหนือและใต้ โดยเกาหลีเหนือได้รับการสนับสนุนลัทธิคอมมิวนิสต์จากจีนและรัสเซีย ในขณะที่สหรัฐอเมริกาสนับสนุนเกาหลีใต้ในระบอบสาธารณรัฐ หลังจบสงครามเกาหลี ซึ่งกินเวลา 3 ปี ตั้งแต่ปี 1950-1953 เกาหลีใต้บอบช้ำอย่างหนักจากทั้งจากสงครามโลกและสงครามบนคาบสมุทร ณ เวลานั้น ทั่วโลกมองว่าเกาหลีเหนือดีกว่าเกาหลีใต้ ทั้งสถานการณ์ด้านปากท้องและความมั่นคง sเดิมที่ ประเทศสหรัฐอเมริกาเคยช่วยเหลือฟื้นฟูประเทศและวางโครงสร้างพื้นฐานก็เริ่มหวนทางลดค่าใช้จ่ายในการสนับสนุนเกาหลีใต้ ทำให้เกาหลีใต้ต้องเริ่มมองหาวิธีป้องกันตนเองจากภัยคุกคามทางด้านความมั่นคง และสถานการณ์อันเลวร้ายทางด้านเศรษฐกิจ ด้วยปัจจัยปัญหาทั้งหมดนี้เอง รัฐบาลพัค จอง ฮี ตระหนักดีว่า หากต้องการอยู่ในอำนาจก็ต้องแก้ปัญหาเหล่านี้ให้ได้ในระยะยาว เมื่อประกันความมั่นคงปลอดภัยได้ด้วยกำลังทหารแล้ว พัคจองฮีก็ตัดสินใจเปลี่ยนเกาหลีใต้จากประเทศเกษตรกรรมไปสู่ประเทศอุตสาหกรรมในระดับที่แข่งขันกับนานาชาติได้ เนื่องจากตระหนักดีว่า เกาหลีใต้ไม่อาจพึ่งพาการอุดหนุนจากสหรัฐอเมริกาได้ตลอดไป โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องความมั่นคง และเป้าหมายที่รัฐบาลเกาหลีใต้หมายตาวาจะต้องข้ามผ่านให้ได้ในช่วงเวลานั้นก็คือญี่ปุ่น (เชิดธรรมธร, 2020)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

เป้าหมายในระยะฟื้นฟูประเทศคือการสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีเพื่อให้เศรษฐกิจเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสหรัฐอเมริกาทั้งการนำเข้าเทคโนโลยี และการสร้างโครงสร้างพื้นฐานอย่างสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งกลายเป็นฐานที่สำคัญต่อมา

ช่วงไล่กวด (Catch-up Phase) | ค.ศ. 1960-1999

เศรษฐกิจและสังคม: เปลี่ยนผ่านจากระบบเผด็จการไปสู่ประชาธิปไตย

รัฐบาลพัค จอง ฮี ตัดสินใจดำเนินนโยบายการเติบโตอย่างแบ่งปัน (Shared Growth) โดยมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาเศรษฐกิจเพื่อตอบโต้ภัยคุกคาม 2 ชั้นจากประเทศคอมมิวนิสต์ ซึ่งก็คือเกาหลีเหนือและจีน นโยบายพัฒนาเศรษฐกิจเริ่มต้นจากเรื่องพื้นฐานอย่างการพัฒนาการศึกษา สร้างและพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานแก่ระบบตลาด เปิดโอกาสให้ทั้งภาครัฐและเอกชนเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในระบบเศรษฐกิจ

ความสำเร็จของนโยบายพัฒนาเศรษฐกิจเหล่านี้เกี่ยวโยงถึงนโยบายปฏิรูปที่ดิน ซึ่งในทางหนึ่งนั้นเป็นการทำลายรากฐานทางการเมืองของขุนนางเจ้าที่ดิน โดยรัฐจะจัดการแบ่งที่ดินให้ชาวนายากจนในชนบทให้มีที่ดินทำกินเป็นของตนเองโดยไม่ต้องเป็นหนี้ต่อเจ้าที่ดิน รวมถึงจัดสรรที่ดินให้ผู้ประกอบการและผู้ลงทุนเพื่อให้เป็นทรัพยากรตั้งต้นในการตั้งบริษัท นโยบายปฏิรูปที่ดินเหล่านี้สามารถลดความเหลื่อมล้ำด้านรายได้ในเขตชนบทได้อย่างมีนัยสำคัญ และยังทำให้ภาคแรงงานมีรายได้เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 8 ต่อปี นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970-1989

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาและเติบโตทางเศรษฐกิจนำไปสู่การขยายตัวของภาคแรงงานและชนชั้นกลางอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และทั้งสองกลุ่มจะเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อนการเปลี่ยนผ่านไปสู่ประชาธิปไตยในปี ค.ศ. 1987 และวันที่ 16 ธันวาคม ค.ศ. 1987 การเลือกตั้งประธานาธิบดีโดยตรง ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อเรียกร้องของฝ่ายประชาธิปไตย ก็เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก พร้อมกับการเข้าสู่สาธารณรัฐที่ 6 ของเกาหลีใต้ โดยโน แท อู ชนะการเลือกตั้ง และเป็นประธานาธิบดีคนแรกของเกาหลีใต้ที่มาโดยวิธีการเลือกตั้งโดยตรง (เชิดธรรมธร, 2020)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในช่วง 1970s รัฐบาลเกาหลีใต้เริ่มสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมเบาและตามมาด้วยอุตสาหกรรมหนัก ซึ่งเป็นผลให้ประเทศต้องการเทคโนโลยีที่ดียิ่งขึ้น ในช่วงแรกจึงเน้นการนำเข้าเทคโนโลยีด้วยการซื้อ License โดยรัฐบาล

เป็นผู้สนับสนุน ทั้งยังเป็นผู้สร้างความร่วมมือและแทรกแซงกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม พร้อมกับมีการปกป้องอุตสาหกรรมเป้าหมายในช่วงแรก นอกจากนั้นยังเป็นผู้ควบคุมระบบการเงิน และ ลงทุนในด้านการศึกษาก่อนยุคอุตสาหกรรม จะก่อตัวขึ้น มากไปกว่านั้น ในช่วงยุค 1970s เป็นช่วงที่มีคู่แข่งน้อยในด้านการลงทุนต่างประเทศและเทคโนโลยี จึงทำให้ดอกเบี้ยเงินกู้ของโลกต่ำ จากกลยุทธ์นี้จึงเป็นผลให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในประเทศ ทั้งยังได้รับฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศซึ่งนำไปสู่การฝึกอบรมให้ท้องถิ่นในภายหลัง

ในช่วง 1980s เป็นช่วงที่มีการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญาเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นช่วงเดียวกันกับที่เกาหลีกำลังเปลี่ยนผ่านไปเป็นประเทศอุตสาหกรรมอย่างเต็มตัว รัฐบาลเห็นความสำคัญของการเป็นเจ้าของเทคโนโลยี จึงเปลี่ยนจากการสนับสนุนให้นำเข้าเทคโนโลยี ไปเป็นการสร้างขีดความสามารถด้านการวิจัยและพัฒนาของประเทศแทน โดยใช้สถาบันวิจัยที่มีรัฐบาลเป็นผู้ให้ทุนผลักดันให้เกิดการวิจัย สร้างทรัพยากรมนุษย์และร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ รัฐบาลยังสนับสนุนกลุ่มบริษัทเอกชนที่มาร่วมตัวกัน เรียกว่า Chaebols ในการเผยแพร่เทคโนโลยี (Technology Diffusion) และเนื่องจากเป็นบริษัทใหญ่ที่มีเงินทุนหนา การนำเทคโนโลยีมาใช้ในบริษัทในเครือทำให้เกิดความแพร่หลายในกลุ่มอุตสาหกรรมอื่นได้อย่างรวดเร็ว กลุ่ม Chaebols จึงมีบทบาทหลักในการลงทุนด้านวิจัยและพัฒนาในประเทศและเพิ่มขีดความสามารถให้กับประเทศด้วยงานวิจัยที่ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาการแบบก้าวกระโดดของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ตัวอย่างการถ่ายทอดเทคโนโลยียานยนต์จากต่างประเทศสู่เกาหลีนั้นแสดงในตารางที่ ก.4

ยุทธศาสตร์สำคัญ : ยุทธศาสตร์เลือกกระโดด

การลอกเลียนแบบและการซื้อ License: เกาหลีมีการพัฒนาเทคโนโลยีที่เรียกว่า “arm’s-length” inward technology transfer โดยสัดส่วนใหญ่ของช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี คือ การซื้อ License มากกว่าการให้ต่างชาติเข้ามาลงทุน (FDI) เป็นผลให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีภายในประเทศ ซึ่งมาพร้อมกับการฝึกอบรมจากผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศ การฝึกอบรมภายในประเทศ และการนำเข้าสินค้า มีกรณีตัวอย่าง คือ การพัฒนาอุตสาหกรรมรถยนต์โดยเริ่มจาก Reverse Engineering ก่อนในช่วงแรก (ปี 1960s) โดยเกาหลีใช้ model ของต่างประเทศเป็นแม่แบบและใช้เทคโนโลยีส่วนท้องถิ่นเพียง 20% ในระยะต่อมา เกาหลีซื้อ License เพื่อทำโรงงานอุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ของโมเดลต่างประเทศ ในระยะเวลาที่ผ่านมาเพียง 20 ปี ก็สามารถขายรถยนต์ที่ผลิตจากเกาหลีได้ทั่วโลก จากตารางที่ 2.1 นี้ เห็นได้ชัดว่า วิธีการเรียนรู้จากการเลียนแบบใช้เวลาในการเรียนรู้ที่สั้นกว่าประเทศอื่น (เช่น ญี่ปุ่น ใช้เวลา 50 ปี) โดยหัวใจที่สร้างให้เกาหลีประสบความสำเร็จคือการรับเอาเทคโนโลยี (Technology Acquisition) และพัฒนาจากความรู้ที่ได้มาเพื่อพัฒนาให้เป็นระบบของตนเองที่ดีขึ้นอย่างรวดเร็ว (United Nations, 2012)

ตารางที่ ก.4 แสดงการถ่ายทอดเทคโนโลยียานยนต์สัญชาติเกาหลีใต้ (United Nations, 2012)

ช่วงเวลา	1962-1967	1968-1974	1975-1981	1982-1990	1991- ปัจจุบัน
Stage	การประกอบรถยนต์ (Assembly)	โรงงานอุตสาหกรรม (Manufacturing)	การผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass production)	นวัตกรรม (Innovation)	การสร้างเครื่องยนต์ของตนเอง (Generation)
ทักษะที่ต้องใช้ (Skills acquired)	ทักษะการประกอบรถยนต์และปฏิบัติการ	ทักษะการจัดการด้านการผลิตและการตรวจสอบ	การออกแบบ การควบคุมคุณภาพ การทำ Testing EEC ของยานยนต์	ยานพาหนะขับเคลื่อนด้วยล้อหน้า	ทักษะการออกแบบเครื่องยนต์
เทคโนโลยีท้องถิ่น (Local content)	21%	30%	85%	97%	100%
ความสำเร็จ (Success)	การประกอบรถยนต์โมเดลต่างประเทศ	สร้างรถยนต์ต่างประเทศอย่างสมบูรณ์	การผลิตรถยนต์ของประเทศเป็นจำนวนมาก	การพัฒนาและปรับโฉมรถยนต์	การพัฒนาเครื่องยนต์ภายในประเทศ

ช่วงหลังการไล่กวด (Post Catch-up phase) / ค.ศ.2000-ปัจจุบัน

เศรษฐกิจและสังคม : ความท้าทายในปัจจุบันและอนาคต

หลังจาก 40 ปีที่ผ่านมาที่เกาหลีใต้ก้าวกระโดดจนระดับ GDP เติบโตได้อย่างมากถึงปีละ 7.9% แต่หลังจากนั้นในปี 2000-2010 อัตราการเติบโตเฉลี่ยลดลงถึง 4.1% และกลับมาอยู่ในที่ 3% ตั้งแต่ปี 2011 เกาหลีใต้จึงเป็นกังวลว่าจะก้าวไปสู่ภาวะเงินฝืดยึดเยื้อ ดังเช่นญี่ปุ่นที่เรียกว่า “ทศวรรษที่หายไป” หรือไม่ เนื่องจากการลงทุนในบริษัทใหญ่อย่างหนักในช่วงก่อนหน้านี้ ทำให้รัฐบาลต้องพึ่งพานายทุนเป็นหลักประกอบกับภาค SME ที่มีความอ่อนแอ นอกจากนี้ เกาหลีใต้ยังประสบหลายปัญหาเหมือนกับญี่ปุ่นในช่วงต้น 1990 ในด้านหนี้ครัวเรือน หนี้ภาคเอกชน ตลาดการเงิน ตลาดแรงงานที่ไม่มีประสิทธิภาพ ช่องว่างทางสังคมและการว่างงานที่สูงขึ้น และภาคบริการที่มีผลิตภาพต่ำ เกาหลีใต้มีอัตราการเกิดเพียง 1.2 คนต่อผู้หญิง 1 คนซึ่งเป็น 1 ในประเทศที่จัดว่ามีอัตราการเกิดต่ำที่สุดในโลก ทำให้กำลังแรงงานของเกาหลีใต้จะหดตัวลงในปี 2050 ปัจจุบัน ผู้สูงอายุ 65 ปีขึ้นไปมีอยู่ประมาณ 35% ของประชากรทั้งหมด เพิ่มขึ้นจาก 13 % ซึ่งทำให้ต้องใช้งบประมาณภาครัฐจำนวนมากในส่วนนี้ (World Economic Forum, 2015)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในช่วงปี 2000s รัฐบาลมีการปรับจากเศรษฐกิจที่เน้นอุตสาหกรรม (Industrial Economy) ไปสู่เศรษฐกิจที่เน้นวิชาการความรู้และความคิดสร้างสรรค์ (Knowledge and Creative Economy) รัฐบาลเปลี่ยนวิธีการซึ่งเดิมเคยเน้นการเผยแพร่เทคโนโลยี ไปสู่การสร้างการแข่งขันและการวิจัยและพัฒนาในท้องถิ่นและพัฒนาขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีเป็นหลัก โดยรัฐบาลเป็นผู้ลงทุนโดยตรงในนวัตกรรมและกลุ่มอุตสาหกรรมใหม่ เพิ่มการลงทุน R&D และ PPP (Public-private partnerships) และใช้เทคโนโลยีของยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 เป็นฐานในการสร้างงานใหม่และช่วยให้เกิดการเติบโตอย่างทั่วถึงและยั่งยืน

กลยุทธ์เข้าซื้อและควบรวม (M&A) : จากการเป็นผู้ผลิตให้แบรนด์ต่างชาติไปสู่การเข้าซื้อและควบรวมกับบริษัทต่างชาติ

กรณีตัวอย่าง คือ บริษัท LG เริ่มจากการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ซับซ้อน ราคาต่ำ เช่น ทีวี ไมโครเวฟ ภายใต้แบรนด์อื่น (Toshiba, Hitachi, และ Sony) ซึ่งในปัจจุบันกลายเป็นแบรนด์ชั้นนำระดับโลก หลังจากที่บริษัท OEM ได้สักรัก ในปี 1995 บริษัท LG ได้เข้าซื้อบริษัทสัญชาติอเมริกา Zenith Electronics Corporation ซึ่งบริษัท LG เคยเป็นผู้ผลิตให้ ในขณะเดียวกัน บริษัทก็ได้ร่วมลงทุน (Joint venture) กับบริษัท IBM เพื่อพัฒนาคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล PCs และ Servers ทั้งยังสร้างพันธมิตรทางเทคโนโลยี (Technology Alliances) กับบริษัท Toshiba และ Samsung มากไปกว่านั้น LG ยังลงทุนอย่างหนักไปกับเทคโนโลยี เช่น จอ LCD (Liquid Crystal Display) และร่วมทุนกับบริษัทใหญ่ เช่น Phillips เพื่อให้มั่นใจได้ว่าบริษัทมีเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าอย่างแท้จริง (United Nations, 2012)

กลยุทธ์เขย่งก้าวกระโดด (Stage-skipping)

โดยเป็นกลยุทธ์ที่ประเทศไม่ต้องเสี่ยงในการเลือกทางเดินใหม่ แต่ในขณะเดียวกันก็ไม่ต้องเดินตามผู้นำตลาด โดยเลือกที่จะกระโดดข้ามและเดินลัดไปยังเทคโนโลยีล่าสุดซึ่งต้องอาศัยการจับกระแสของแต่ละอุตสาหกรรมได้อย่างแม่นยำ กรณีตัวอย่าง คือ บริษัท Samsung ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ได้ก้าวเข้าสู่อุตสาหกรรมผลิตหน่วยความจำ D-RAM ซึ่งช้ากว่าสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น โดยในช่วงนั้นเป็นช่วงเปลี่ยนผ่านจากชิปส์ 16 Kbit ไปสู่ 64 Kbit บริษัท Samsung ไม่ได้เริ่มจากการผลิตแบบ 1-Kbit แต่เลือกที่จะกระโดดข้ามโดยตัดสินใจเข้าซื้อเทคโนโลยีด้านการออกแบบ และการผลิตจากประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น เพื่อเข้าสู่ธุรกิจการผลิตชิปส์ 64-Kbit และกลายเป็นผู้นำตลาดได้เลย จึงทำให้บริษัทซุ่มซ่อนย่อเวลาในการไล่กวดได้หลายทศวรรษ

กลยุทธ์ทางนโยบายเพื่อสนับสนุนเทคโนโลยีขั้นนำ (Frontier Technology)

รัฐบาลเกาหลีให้ความสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยี Frontier เป็นอันดับหนึ่งโดยใช้วิธีมนุษยเป็นศูนย์กลาง (Human-centric approach) โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตไปพร้อมกับการเติบโตทางเศรษฐกิจ การพัฒนาเป็นการเน้นแบบทั้งภาคส่วนอุตสาหกรรมและแบบเจาะจงเทคโนโลยี นอกจากนั้น รัฐบาลยังทุ่มทุนใน R&D และสนับสนุนให้เอกชนลงทุนในอุตสาหกรรมเป้าหมาย ในขณะเดียวกันก็มีการร่างกฎหมายขึ้นมาเพื่อรองรับนวัตกรรม เช่น นวัตกรรมทางการเงิน (fintech) และ ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการเติบโตต่อไป

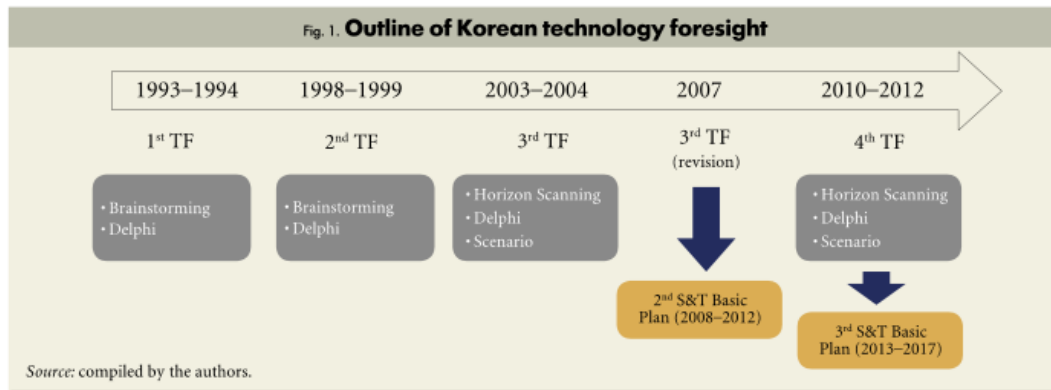
ในส่วนของบุคลากร รัฐบาลได้เตรียมแรงงานที่มีทักษะด้านซอฟต์แวร์และ IT สำหรับอนาคต โดยเพิ่มวิชา Software ลงไปในทุกระดับของการศึกษาโดยเฉพาะมหาวิทยาลัย ในขณะเดียวกันก็พยายามเพิ่มความปลอดภัยทางไซเบอร์ และได้เน้นกฎหมายที่ช่วยคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลจาก The Personal Information Protection Act ซึ่งนำไปใช้ทั้งในภาครัฐ เอกชนและการบริการ รวมถึงบริษัทต่างชาติที่มีกลุ่มเป้าหมายเป็นประชาชนเกาหลีอีกด้วย

3.2 วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยีของสาธารณรัฐเกาหลีในปัจจุบัน

ในการคัดเลือกเทคโนโลยีภายใต้กระบวนการวางแผนนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมระดับประเทศ สาธารณรัฐเกาหลีใช้เครื่องมือ Technology Foresight (TF) ร่วมกับการเทคนิคเดลฟาย (Delphi) (การหาฉันทามติจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญโดยคัดกรองหลายครั้ง) ซึ่งเป็นโมเดลที่เกาหลีใช้ความไม่แน่นอนของอนาคตผนวกกับการมองทิศทางที่เป็นไปได้ในการพัฒนาและทำการออกแบบนโยบายและกลยุทธ์ที่ช่วยทำให้เกิดเป็นสังคมในอนาคตอย่างที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้แตกต่างจากในช่วงปี 1950-1960 ที่มีการระบุทิศทางที่แน่นอนในอนาคตโดยมีได้คำนึงถึงความต้องการที่แท้จริงของสังคม เครื่องมือนี้ช่วยให้เกาหลีสามารถสื่อสารกับภาครัฐในกระบวนการวางแผนได้ดีขึ้น เนื่องจาก มีการระบุลำดับความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคตที่ชัดเจนและสามารถนำไปใช้ในการประเมินด้านงบประมาณสำหรับโครงการวิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติได้ด้วย

นอกจากนั้น การเชื่อมต่อกับระบบข้อมูลกลาง National Science and Technology Information System (NTIS) ยังช่วยให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมจากภาคส่วนอื่นเพื่อประกอบในกระบวนการตัดสินใจ และยังช่วยให้เกิดการร่วมลงทุนในโครงการวิจัยและพัฒนาที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะระหว่างสถาบันวิจัยและเอกชน (Shevchenko & Stukach , 2017)

ตัวอย่างการพัฒนาการใช้เครื่องมือ Technology Foresight ในกระบวนการออกแบบนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (STI) นั้นแสดงในรูปที่ ก.6

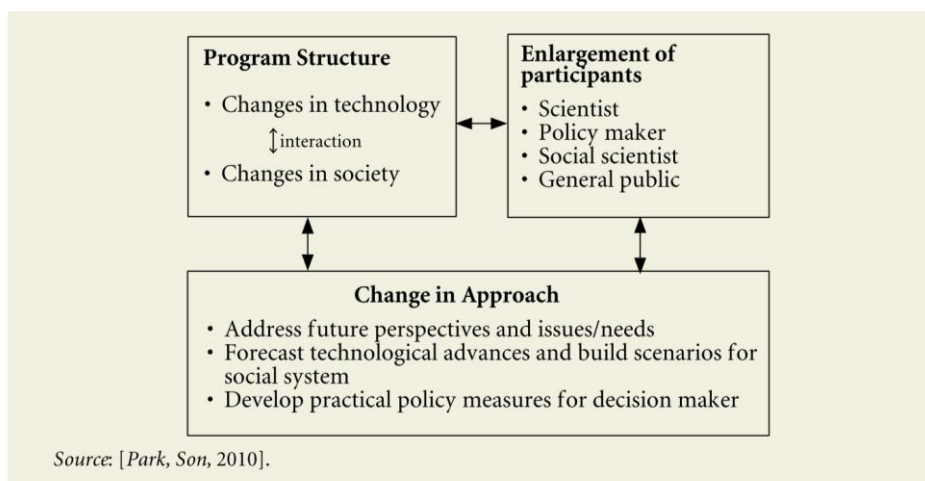


รูปที่ ก.6 วิวัฒนาการของ Technology Foresight (TF) ใน 4 ฉบับที่ผ่านมาของสาธารณรัฐเกาหลี

ปี 1992 : เริ่มใช้ TF ในโครงการ Highly Advanced National Project (HAN Project) ซึ่งเป็นแผนพัฒนาความสามารถด้านเทคโนโลยีแห่งชาติ ระหว่างปี 1992-2001 โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีภายในประเทศเกาหลีให้ไปสู่ระดับเดียวกันกับกลุ่มประเทศ G-7 ในปี 2020 และมีจุดประสงค์ให้เกิดการส่งเสริมการทำงานร่วมกันของภาคมหาวิทยาลัย เอกชน หน่วยวิจัย และภาครัฐ ซึ่งได้รับความร่วมมือของ 6 กระทรวง และเลือกใช้ระบบร่วมทุน (Co-Funding Mechanism) ระหว่างรัฐบาลและผู้ประกอบการธุรกิจ (ทุนโดยรวมคือ 3.2 พันล้านเหรียญสหรัฐ) เมื่อนำเครื่องมือมองอนาคตเข้ามาร่วมใช้ในการกระบวนการวางแผนนโยบายแล้ว พบว่าช่วยให้เกาหลีสามารถเปลี่ยนจากการจัดการ S&T ในแนวดิ่ง (Vertical System) ไปเป็นแนวนราบ (Horizontal System) แทนได้ (Shevchenko & Stukach , 2017)

ปี 1993-1994 : TF ฉบับที่ 1 การทำ TF ฉบับแรกสำหรับการวางแผนนโยบาย STI ระยะ 20 ปี (1995-2015) โดยผู้ช่วยชาวด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลที่ได้คือรายชื่อเทคโนโลยีใน 20 ปีข้างหน้า จำนวน 1,174 เทคโนโลยี จากเทคนิคการ Brainstorming และ การสำรวจแบบ Delphi เพื่อหาลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีในอนาคต ระยะเวลาในการประยุกต์ใช้ และระดับของเทคโนโลยีในการประยุกต์ใช้จริง นอกจากนี้ยังระบุปัจจัยหลักและตัวผลักดันที่ช่วยให้เกิดการสร้างเทคโนโลยีในอนาคตขึ้นมา

ปี 1998-1999 : TF ฉบับที่ 2 เป็นการศึกษาถึงการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคตด้วยการหาช่องว่างของเทคโนโลยีระหว่างเกาหลีกับผู้นำนวัตกรรมของโลก โดยแบ่งออกเป็น 15 กลุ่มเทคโนโลยีภายใต้ระยะเวลา 25 ปี (ค.ศ. 2000-2025) ผลที่ได้คือการระบุเทคโนโลยีได้ 1,155 เทคโนโลยี ซึ่งช่วยให้ผู้ออกนโยบายสามารถวางแผนเป้าหมายและหาข้อมูลสนับสนุนเพิ่มเติมในการวางแผนยุทธศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันกับฉบับที่ 1 คือ Brainstorming และ Delphi ในการจัดลำดับความสำคัญ เวลาในการประยุกต์ และ ระดับของเทคโนโลยี



รูปที่ ก.7 แผนผังแสดงแนวคิดของ Technology Foresight ฉบับที่ 3 (2003-2004) ของสาธารณรัฐเกาหลี (Choi & Choi, 2015)

ปี 2003-2004 : TF ฉบับที่ 3 (รูปที่ ก.7) ฉบับนี้มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางโดยเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีนั้น เกี่ยวพันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงสังคม และเพิ่มผู้เข้าร่วมทำการสำรวจนอกเหนือไปจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งประกอบไปด้วย นักวิทยาศาสตร์ ผู้ออกนโยบาย นักสังคมศาสตร์ และ กลุ่มประชาชน โดยเน้นไปในการหาประเด็นและความต้องการ ของประชาชนในอนาคต การคาดการณ์วัตรกรรมที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและสร้างระบบจำลองของสังคมขึ้นมา รวมถึงแนะนำนโยบายที่ใช้ได้จริงให้แก่ผู้ออกนโยบาย กระบวนการของฉบับนี้แบ่งเป็น 3 รอบ ด้วยเทคนิค Horizontal Scanning, Delphi และ Scenario ดังนี้

รอบที่ 1 ระบุเทคโนโลยีในอนาคตด้วยวิธี Horizontal Scanning ผลที่ได้ คือ รายชื่อของกลุ่มเทคโนโลยี 8 กลุ่ม รวมเป็นจำนวน 761 เทคโนโลยี

รอบที่ 2 ประเมินผลกระทบจากหลายปัจจัยด้วยวิธี Delphi เช่น เวลาในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีในอนาคต

รอบที่ 3 สร้างแบบจำลองของอนาคต (scenario) ที่มีประเด็นในด้าน การศึกษา สุขภาพ ทรัพยากรแรงงาน และ ความปลอดภัย

ปี 2010-2012 : TF ฉบับที่ 4 (ตัวอย่างกระบวนการคาดการณ์อนาคต) TF ฉบับที่ 4 แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน (รูปที่ ก.8) คือ

ขั้นตอนที่ 1: คาดการณ์สังคมเกาหลีและระบุความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ขั้นตอนที่ 2: ระบุเทคโนโลยีในอนาคต

- ประโยคที่ใช้ระบุเทคโนโลยี: “Technology that can be implemented technologically or distributed socially by 2035 and has the potential for significant impacts on S&T, society, or economy.”

- วิธีการระบุเทคโนโลยีแบ่งเป็น 2 ทาง คือ 1. เทคโนโลยีที่ผู้บริโภคร้องการในอนาคต (Demand Pull) โดยใช้วิธี Foresight 2. เทคโนโลยีที่เกิดจากนวัตกรรมในอนาคต (Technology push) ซึ่งใช้วิธี Patent Analysis, Paper Analysis, และ Technology Roadmap นอกจากนั้นยังใช้เทคนิค Delphi ในการสำรวจปัจจัยหลัก เช่น กรอบเวลาในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี เทคโนโลยีที่จะใช้โดยทั่วไปในสังคมอนาคต ระดับของเทคโนโลยีเกาหลี ผู้ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเทคโนโลยี และนโยบายที่ช่วยให้เกิดการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

- ผลที่ได้คือ รายชื่อเทคโนโลยีในปี 2035 ทั้งหมด 652 เทคโนโลยี ซึ่ง 601 (92.2%) เป็นเทคโนโลยีที่จะตอบโจทยสังคม ในขณะที่ 51 เทคโนโลยี (7.8%) เกิดจากนวัตกรรม นอกจากนั้นพบว่า 60% ของเทคโนโลยีในอนาคตจะตรงกับความต้องการของสังคมและอยู่ในแนวโน้มของโลกด้วย

ขั้นตอนที่ 3: การสร้างแบบจำลองเป็นรูปภาพในอนาคตที่เปลี่ยนไปจากเทคโนโลยีในอนาคต ซึ่งแบ่งออกเป็น 13 พื้นที่ เช่น บ้านและโรงเรียน นอกจากนั้น ยังรวมถึงการเปลี่ยนแปลงสังคมที่สามารถเกิดขึ้นได้หลายแบบจากการพัฒนาเทคโนโลยีในอนาคตซึ่งรวมถึงผลกระทบในทางลบด้วย

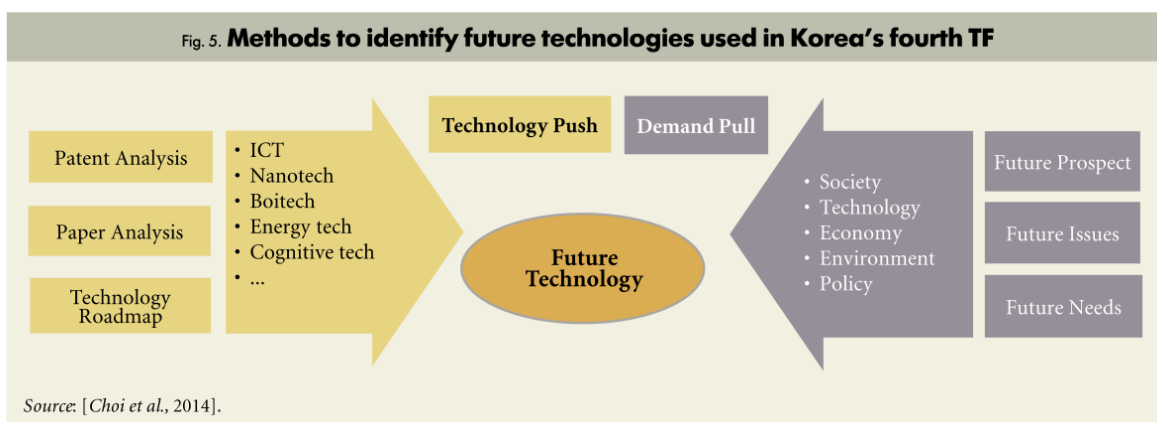


Table 3. **Future technologies identified by Korea's fourth TF and the distribution correlation between future trends**

	Number of future trends related to each technology						Total
	Technology Push	Demand Pull					
Number of technologies	51	207	262	99	29	4	652
Proportion (%)	7.8	31.7	40.2	15.2	4.4	0.6	100.0
Source: calculated by the authors.							

รูปที่ ก.8 วิธีการในการระบุเทคโนโลยีในอนาคตของเกาหลีและจำนวนเทคโนโลยีในอนาคตจาก TF ฉบับที่ 4 ของสาธารณรัฐเกาหลี (Choi & Choi, 2015)

การประเมินผลเทคโนโลยีที่ประยุกต์ใช้จริงนั้น ในทุกปีประเทศเกาหลีจะประเมินเทคโนโลยีด้วยการสำรวจจากผู้เชี่ยวชาญในด้านสังคมศาสตร์ มนุษย์วิทยา และ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมถึง บุคคลสาธารณะด้วย โดยในปี 2012 เกาหลีใช้ Big Data ในการประเมินเทคโนโลยีที่มีการใช้จริงจากโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาผลกระทบในเชิงบวกและลบจากการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในมิติของ เศรษฐศาสตร์ สังคม วัฒนธรรม ศิลธรรม และ สิ่งแวดล้อม ซึ่งนำไปสู่ข้อเสนอแนะทางนโยบายที่ช่วยส่งเสริมให้เกิดผลกระทบเชิงบวกและหลีกเลี่ยงผลกระทบเชิงลบ

ตัวอย่างการประเมินผล TF ฉบับที่ 1 (ปี 2010) คือ ในปี 2010 มีการประเมินผลความแม่นยำการคาดการณ์เทคโนโลยีใน TF ฉบับที่ 1 พบว่าจากเทคโนโลยีที่คาดการณ์ไว้ทั้งหมด 1,109 เทคโนโลยี มีการประยุกต์ใช้จริงแบบสมบูรณ์ 331 เทคโนโลยี และประยุกต์ใช้บางส่วน 470 เทคโนโลยี ซึ่งเมื่อนับรวมกันแล้ว นับว่าการคาดการณ์ในปี 1994 มีความแม่นยำ 72.2% นอกจากนั้น ยังมีการสำรวจอุปสรรคจากวิธี Delphi พบว่าอุปสรรคที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้อันดับ 1 คือ ความยากของเทคโนโลยี (Technological Difficulties) (33%) อันดับ 2 คือ ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน (“Low Economic Feasibility”) (15.8%) อันดับ 3 คือ การขาดแคลนทุนวิจัยและพัฒนา (12.4%) และสุดท้ายคือ ไม่ตรงกับความต้องการของสังคม (“Lack of Social Needs”) (10.4%) (Choi & Choi, 2015)

หน่วยงานที่ทำหน้าที่นำเครื่องมือการมองอนาคต (Foresight) ไปประยุกต์ คือ

1. Korea Institute of Science and Technology Evaluation and Planning (KISTEP) เป็นหน่วยงานที่จัดการเกี่ยวกับ การคาดการณ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติและนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเชื่อมต่อการสร้างนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ

2. Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) เน้นไปยังการคาดการณ์เทคโนโลยี เพื่อสร้าง Technology Development Roadmap ในระยะสั้นและกลาง

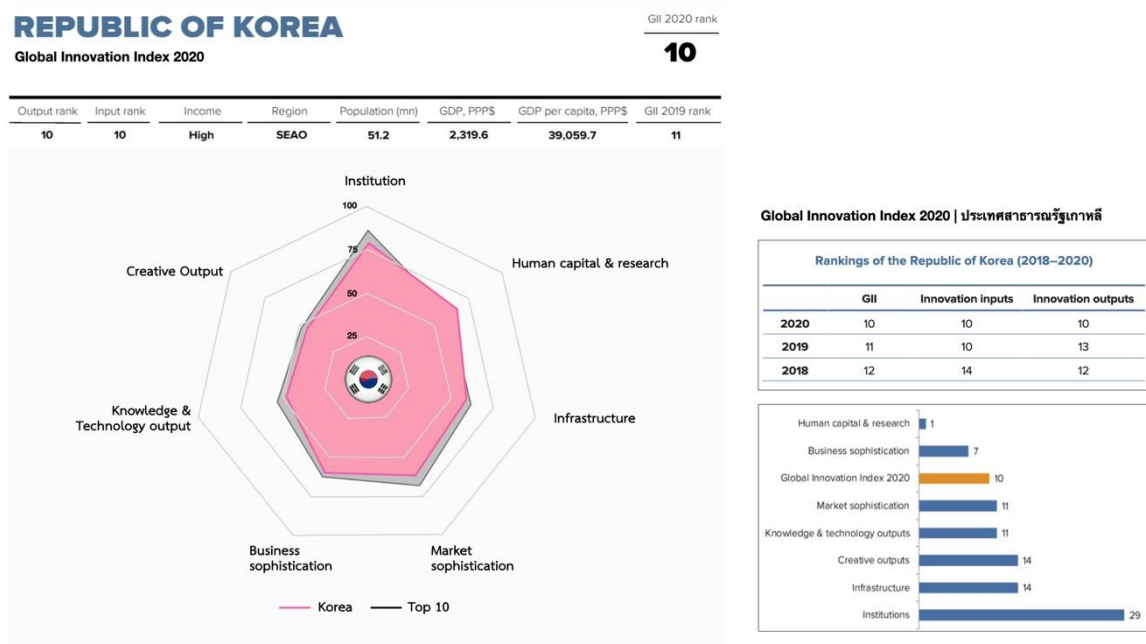
เทคโนโลยีที่ได้รับคัดเลือกจนกลายเป็นนโยบาย/แผนยุทธศาสตร์ของสาธารณรัฐเกาหลีในปัจจุบัน (ที่มา <https://kiat.or.kr>) นั้นแสดงในตารางที่ ก.5

ตารางที่ ก.5 เทคโนโลยีที่ได้รับคัดเลือกจนกลายเป็นนโยบาย/แผนยุทธศาสตร์ของสาธารณรัฐเกาหลีในปัจจุบัน

เทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technology)	นโยบาย/แผนยุทธศาสตร์
Fourth industrial revolution	People-centred Plan for the Fourth Industrial Revolution to Promote Innovative Growth (I-Korea4.0)
Intelligent robots	First master plan (2009-2013) Second master plan (2014-2018) Third master plan (2019-2024) Intelligent Robot Industry Development Strategy (2018)
Smart manufacturing	Manufacturing Industry Innovation 3.0 Strategy (2014)
Advanced IT and AI	Mid-to Long-term Master Plan in Preparation for the Intelligent Information Society (2016)
Internet of Things	Master Plan for Building the Internet of Things (2014) Internet of Things Information Security Roadmap (2014) K-ICT Strategy (2015)
Fintech	IT-Finance Convergence Support Plan (2015)
Cloud computing	Information Protection Measures for vitalization of Cloud Services (2015) K-ICT Cloud Computing Development Plan (2016-2018) 2017 K-ICT Cloud Computing Support Plans
Multiple (Smart and Open Government)	Smart Government Implementation Plan (2011-2015) Government 3.0 Policy (June 2013) Open Data Master Policy Plan (2013-2017)

3.3 ระดับนวัตกรรมของสาธารณรัฐเกาหลีในปีค.ศ. 2020

สาธารณรัฐเกาหลีได้ไต่ขึ้นจากอันดับ 12 ในปี 2018 มาอยู่ในอันดับ 10 ในปี 2020 รูปที่ ก.9 ได้แสดงช่องว่างของการพัฒนานวัตกรรมระหว่างประเทศเกาหลีและกลุ่มประเทศผู้นำทางนวัตกรรม (10 อันดับแรก) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าจุดแข็งของเกาหลีในปัจจุบัน คือการสร้างทรัพยากรมนุษย์และงานวิจัย (อันดับ 1) การสนับสนุนทางธุรกิจ การสร้างช่องทางตลาด และโครงสร้างพื้นฐานที่สนับสนุนให้เกิดนวัตกรรม ทั้งยังมีผลงานเชิงความคิดสร้างสรรค์และเชิงวิชาการเชิงนวัตกรรมสูงเป็นอันดับต้นๆ โดยจุดอ่อนเพียงอย่างเดียวของเกาหลีคือความเสถียรภาพทางการเมือง จากทั้งหมด เมื่อเทียบกับปี 2018 แล้วพบว่าเกาหลีมีอันดับที่สูงขึ้นทั้งส่วน Input และ Output ของนวัตกรรม



รูปที่ ก.9 ช่องว่างของดัชนีชี้วัดนวัตกรรมของสาธารณรัฐเกาหลีและประเทศผู้นำนวัตกรรม 10 อันดับแรกในปี ค.ศ. 2020 ของสาธารณรัฐเกาหลี (ประยุกต์จาก Global Innovation Index 2020)

3.4 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสาธารณรัฐเกาหลี

ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลสรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสาธารณรัฐเกาหลี

ตารางที่ ก.6 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสาธารณรัฐเกาหลี

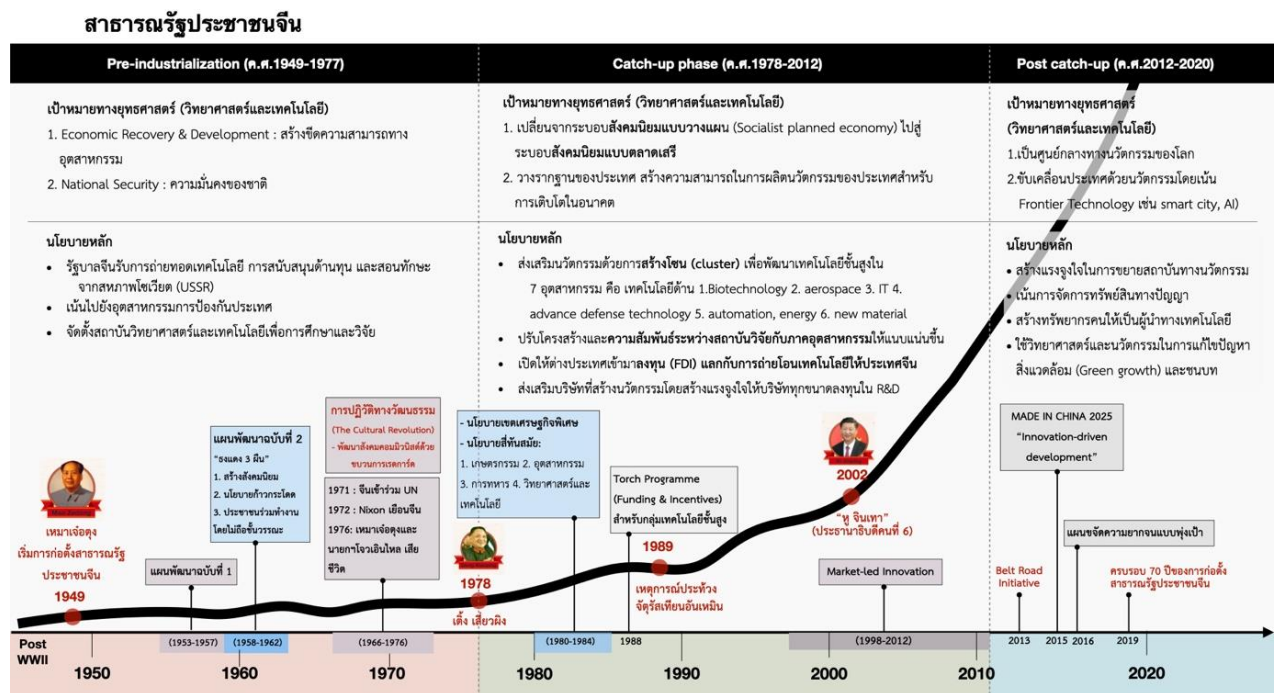
ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ก่อนอุตสาหกรรม (ค.ศ.1949-1959)	- ได้รับการช่วยเหลือจากองค์การระหว่างประเทศเพื่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน ทั้งทางด้านอุตสาหกรรมและการศึกษา	ต่างชาติเป็นผู้เสนอแนะ

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ช่วงไถ่กวาด (ค.ศ. 1960-1999) - License Agreement - Reverse Engineering - Chaebols พัฒนาจาก OEM, ODM, OIM ไปยัง OBM	- จำกัดการนำเข้า - จำกัดการให้ต่างประเทศเข้ามาลงทุน - ภาครัฐส่งเสริมการซื้อ License เพื่อให้ได้ทั้งการฝึกอบรมและความรู้ - เน้นการทำสัญญาจ้างผลิตจากต่างชาติ ในลักษณะ เป็น OEM (Original Equipment Manufacturing) โดยเฉพาะกับประเทศญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกาซึ่งมักได้ License มาด้วย โดยต่อมาได้พัฒนาเป็น ODM (Original Design and Manufacturing) ไปจนถึง OIM (Original Idea Manufacturing) ไปจนถึง OBM (Own brand Manufacturing) - สถาบันวิจัยไม่ได้เป็นผู้สร้างเทคโนโลยีแต่เป็นฐานที่สำคัญของการฝึกนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรรุ่นใหม่และดึงดูดผู้เชี่ยวชาญเกาหลีที่อยู่ต่างประเทศให้กลับมาทำงานในประเทศตน (เป็นผลจากนโยบายด้านอุตสาหกรรมมากกว่านโยบายทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม) - ส่งเสริมการส่งออก ซึ่งมีการให้เงินอุดหนุนสำหรับอุตสาหกรรมที่สำคัญและสร้างบรรยากาศการแข่งขันในประเทศ - มีการให้เงินอุดหนุนในพื้นที่เป้าหมาย - สนับสนุนการรวมตัวของบริษัทระดับชาติขนาดใหญ่ที่เรียกว่า Chaebols ซึ่งทำให้เกิดการเผยแพร่เทคโนโลยีไปในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยเฉพาะ การบริหารจัดการเทคโนโลยี (Technol-managerial) - ภาครัฐส่งเสริมการวิจัยในบริษัทและการฝึกอบรมพนักงาน - ปกป้องการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา (IPR)	เริ่มใช้ Technology Foresight ในปี 1992 ด้วยเทคนิค Brainstorming และ Delphi

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ช่วงหลังการไถ่กวาด (ค.ศ. 2000-ปัจจุบัน) - Joint Venture - License นำเข้าและส่งออก - Merge & Acquisition, (M&A)	- การทำสัญญาร่วมทุน (Joint venture) ระหว่างบริษัทในประเทศกับบริษัทต่างชาติ โดยเฉพาะ ญี่ปุ่นและสหรัฐอเมริกา - ส่งออก License มากกว่าการซื้อ License (United Nations, 2012) - การเข้าซื้อบริษัท (Merge and Acquisition)	ใช้ Technology Foresight: Delphi, Horizon Scanning, Scenario ร่วมกับ Patent Analysis, Paper Analysis, Technology Roadmap

4. สาธารณรัฐประชาชนจีน “The Next Super Power”

แผนภาพแสดงแนวทางการพัฒนาประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนด้วยนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ในแต่ละช่วงนั้นแสดงในรูปที่ ก.10



รูปที่ ก.10 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของสาธารณรัฐประชาชนจีน

4.1 วิวัฒนาการด้านเศรษฐกิจและสังคมกับกลยุทธ์ทางนโยบายเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ช่วงก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrialization) | ค.ศ.1949-1977

เศรษฐกิจและสังคม : การปฏิวัติประเทศจีน

การปฏิวัติเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1911 (สิ้นสุดลงในปี ค.ศ. 1912) ซึ่งเป็นการโค่นล้มอำนาจการปกครองของราชวงศ์ชิง โดยผู้นำของ ดร. ซุน ยัตเซน หัวหน้าพรรคก๊กมินตั๋ง เป็นผลทำให้จีนเปลี่ยนแปลงการปกครองเข้าสู่ระบอบประชาธิปไตยในที่สุด โดยสาเหตุที่ก่อให้เกิดการโค่นล้มอำนาจครั้งนี้ น่าจะมาจากความเสื่อมโทรมของสภาพสังคมจีน ผู้นำประเทศจักรพรรดิแมนจู

ไม่มีอำนาจกำลังพอที่จะปกครองประเทศได้ ซึ่งตลอดระยะเวลาปกครอง 268 ปี (พ.ศ. 2187 – 2455) มีแต่การแย่งชิงอำนาจในหมู่ผู้นำราชวงศ์ ด้วยเหตุนี้ราษฎรส่วนมากจึงตกอยู่ในสภาพยากจน ชาวไร่ชาวนาถูกขูดรีดภาษีอย่างหนัก ถูกเอารัดเอาเปรียบจากเจ้าของที่ดิน ชาวต่างชาติเข้ามาครอบงำผลประโยชน์ แผ่นดินจีนถูกคุกคามจากญี่ปุ่น ซึ่งหลังจากประเทศจีนพ่ายแพ้ต่อกองทัพญี่ปุ่นในสงครามโลกครั้งที่ 2 จีนก็กลายเป็นประเทศที่ ประชากรมีความยากจนมากอีกประเทศหนึ่งของโลก แต่หลังจากฝ่ายสัมพันธมิตรนำโดยกองทัพสหรัฐอเมริกาได้รับชัยชนะต่อฝ่ายอักษะ ในสงครามโลกครั้งที่ 2 ทำให้โลกเข้าสู่ยุคเสรีนิยมอีกครั้ง กองทัพฝ่ายอักษะ ที่ได้ยึดครองประเทศต่าง ๆ ก็ได้พาลองกำลังกลับยังประเทศของตน

เมื่อกองทัพญี่ปุ่นถอนกำลังออกจากประเทศจีน หลังจากนั้นความไม่สงบก็ได้เกิดขึ้นยังประเทศจีน ระหว่างฝ่ายเสรีนิยมที่สนับสนุนโดยสหรัฐอเมริกา กับ ฝ่ายสังคมนิยมที่สนับสนุนโดยสหภาพโซเวียต ก่อให้เกิดเป็นสงครามกลางเมือง

กำเนิดสาธารณรัฐประชาชนจีน

การสู้รบส่วนใหญ่ในสงครามกลางเมืองจีนยุติลงในปี พ.ศ. 2492 โดยพรรคคอมมิวนิสต์จีนเข้าปกครองจีนแผ่นดินใหญ่ และ พรรคก๊กมินตั๋งต้องล่าถอยไปยังเกาะไต้หวัน เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ. 2492 เหมาเจ๋อตงประกาศสถาปนาสาธารณรัฐประชาชนจีน หรือที่เรียกว่า "จีนคอมมิวนิสต์" หรือ "จีนแดง"

แผนเศรษฐกิจและสังคมซึ่งเป็นที่รู้จักกันว่า นโยบายก้าวกระโดดครั้งใหญ่ ส่งผลทำให้มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 45 ล้านคน ใน ค.ศ. 1966 เหมาเจ๋อตงและพันธมิตรทางการเมืองได้เริ่มการปฏิวัติทางวัฒนธรรม ซึ่งกินเวลาจนกระทั่งเหมาเจ๋อตงถึงแก่อสัญกรรมในอีกหนึ่งทศวรรษถัดมา ในปี ค.ศ. 1976 ถึงแม้ว่าสาธารณรัฐประชาชนจีนต้องการการเติบโตทางเศรษฐกิจเพื่อกระตุ้นการพัฒนาประเทศ รัฐบาลจีนได้เริ่มวิตกกังวลว่าการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วนี้จะมีผลกระทบในด้านลบต่อทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของประเทศ และสิ่งที่สร้างความกังวลคือบางภาคส่วนของสังคมไม่ได้รับประโยชน์จากการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศอย่างเพียงพอ

สาธารณรัฐประชาชนจีนจึงได้เริ่มดำเนินนโยบายเพื่อที่จะหิยยกประเด็นปัญหาของการแจกจ่ายทรัพยากรอย่างเท่าเทียม แต่ผลที่ออกมาในนี้ยังสามารถพบเห็นได้ ชาวนามากกว่า 40 ล้านคนถูกบังคับให้ย้ายออกจากที่ดินของตน ซึ่งเป็นเหตุปกติธรรมดาเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการเดินขบวนประท้วงและการจลาจลกว่า 87,000 ครั้งในปี พ.ศ. 2548 สำหรับประชากรส่วนใหญ่ของจีนแล้ว มาตรฐานการดำเนินชีวิตมองเห็นได้ว่าการพัฒนามาก และเริ่มมีเสรีภาพมากขึ้น แต่การควบคุมทางการเมืองยังคงดำเนินอยู่ต่อไป เช่นเดียวกับความยากจนในชนบท

เศรษฐกิจของประเทศจีน

ตั้งแต่เริ่มก่อตั้งประเทศ สาธารณรัฐประชาชนจีนใช้ระบบเศรษฐกิจแบบวางแผนจากส่วนกลางเหมือนสหภาพโซเวียต ไม่มีภาคเอกชนหรือระบอบทุนนิยม เหมา เจ๋อตง เริ่มใช้นโยบายก้าวกระโดดไกล เพื่อผลักดันประเทศให้กลายเป็นสังคมคอมมิวนิสต์ที่ทันสมัยและก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม แต่่นโยบายนี้กลับถูกมองว่าเป็นความล้มเหลวทั้งทางเศรษฐกิจและมนุษยธรรม เศรษฐกิจของประเทศจีน

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

รัฐบาลจีนได้รับอิทธิพลจากโมเดลเศรษฐกิจของสหภาพโซเวียต ซึ่งมีการก่อตั้ง Chinese Academy of Sciences ภาควิจัย ภาควิทยาศาสตร์และภาควิทยาการ โดยวางไว้ว่าหน่วยงานระดับมหาวิทยาลัยจะเน้นไปในการศึกษา หน่วยงานวิจัยจะเน้นไปในการวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ กลุ่มบริษัทจะเน้นยังภาควิทยาการผลิตร นอกจากนั้นยังมีแผนการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระยะยาว เช่น 1956 “Science and Technology Development Vision Plan” ในช่วงนี้ รัฐบาลใช้หน่วยงานวิจัยในการเน้นไปยังการสร้างขีดความสามารถในประเทศ ดังนั้นในระยะนี้ จีนได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสหภาพโซเวียต อีกทั้งยังส่งนักวิจัยไปศึกษาและนำผู้เชี่ยวชาญชาวโซเวียตจำนวน 156 คนในการมาช่วยทำโครงการในจีน ความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เริ่มปรากฏให้เห็นชัดในช่วงค.ศ. 1949-1965 แต่ในปี 1966-1976 จีนได้เผชิญกับการปฏิวัติวัฒนธรรมซึ่งกินเวลาเป็น 10 ปี ทำให้สถาบันที่ก่อตั้งขึ้นมาและวิทยาการได้สูญสลายไป

ช่วงไล่กวด (Catch-Up Phase) / ค.ศ. 1978-2012

เศรษฐกิจและสังคม

หลังสิ้นยุคเหมาเจ๋อตง ผู้นำจีนคนต่อมาคือ เต็ง เสี่ยวผิง ได้เริ่มปฏิรูปเศรษฐกิจและใช้ระบอบเศรษฐกิจแบบผสม ที่ให้ความสำคัญกับทุนนิยมมากขึ้น ด้วยนโยบายที่ว่า 1 ระเบิด 2 ระเบิด สมัยเต็ง เสี่ยวผิงนี้ ได้มีการประกาศนโยบายพัฒนาประเทศภายใต้ชื่อ “นโยบายสี่ทันสมัย” (Four Modernization) ซึ่งสานต่อจากนายกรัฐมนตรีโจวเอินไหล ในปี ค.ศ. 1978 คือ การปรับปรุงประเทศให้ทันสมัยสี่ด้านได้แก่เกษตรกรรม อุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และการทหาร - พัฒนาเกษตรกรรม อุตสาหกรรม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี - ปฏิวัติโครงสร้างการปกครองของรัฐบาลกลาง จัดตั้งองค์กรต่าง ๆ ภายในพรรค - ลดอำนาจข้าราชการ สร้างระบบเกษียณอายุ เปิดโอกาสให้คนรุ่นใหม่เข้ามาทำงาน ปราบปรามคอร์รัปชัน - ใช้ระบบสหกรณ์แทนระบบคอมมูน (Commune) ในทางการเมืองจีนยังรักษาความสัมพันธ์อันดีระหว่างประเทศ โดยใช้ “ทฤษฎีสามโลก” แบ่งโลกออกเป็นสามกลุ่ม แต่เหตุการณ์ทางการเมืองที่เป็นประวัติศาสตร์ที่ต่างปรือมากสำหรับจีนในช่วงนี้ คือ จีนถูกกล่าวหาว่าละเมิดสิทธิมนุษยชน (จนถึงทุกวันนี้) จากเหตุการณ์นองเลือดที่เกิดที่จัตุรัสเทียนอันเหมิน (Tiananmen Square protests of 1989) ซึ่งเป็นเหตุการณ์นักศึกษาประท้วงเพื่อเรียกร้องประชาธิปไตย ในวันที่ 4 มิถุนายน ค.ศ.1989

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในช่วงนี้ ประเทศจีนได้ผ่านการเปลี่ยนแปลงในด้านโครงสร้างของด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ทั้งการสร้างองค์กรใหม่หรือปฏิรูป สร้างความก้าวหน้าทางการวิจัย และเพิ่มบทบาทของความต้องการจากตลาดและเริ่มเน้นไปยังการสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีในประเทศ ในช่วง 1980s จึงเป็นช่วงที่ออกนโยบายด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในเชิงสนับสนุนการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยนโยบายเน้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างงานวิจัยและความต้องการจากตลาดเป็นสำคัญ หน่วยงานวิจัยต่าง ๆ จึงเริ่มตอบสนองและมีการร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมรวมถึงการออกมาตั้งบริษัทเอง มากไปกว่านั้น การสร้างกลุ่มและจัดโซนอุตสาหกรรมยังช่วยให้เกิดการเพิ่มขีดความสามารถและส่งเสริมให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากภาควิชาการไปยังกลุ่มอุตสาหกรรมด้วย

ในปี 1986 จีนได้เข้าสู่ระยะการพัฒนาการบินและอวกาศที่รวดเร็ว เมื่อคณะกรรมการกลางพรรคคอมมิวนิสต์จีนได้กำหนด กรอบแผนพัฒนาการวิจัยระดับสูง หรือที่เรียกว่า “แผน 863” ซึ่งมุ่งไปยังการพัฒนา 7 ด้าน คือ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคโนโลยีการบินและอวกาศ เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีเลเซอร์ เทคโนโลยีอัตโนมัติ เทคโนโลยีพลังงาน เทคโนโลยีวัสดุใหม่ และ เทคโนโลยีทางทะเล โดยมีเป้าหมายในการลดช่องว่างระหว่างจีนกับประเทศที่พัฒนาแล้ว

ปลายศตวรรษที่ 20 รัฐบาลเปลี่ยนการมุ่งเน้นจากสถาบันวิจัยไปยังบริษัทที่ผลิตนวัตกรรม มีการออกนโยบายเพื่อช่วยทั้งรัฐวิสาหกิจ บริษัทเอกชนทั้งเล็กและใหญ่เพื่อให้สร้างหน่วยวิจัยและพัฒนาภายในบริษัท โดยนโยบายนี้มีผลไปถึงช่วงทศวรรษที่ 2000s นอกจากนั้นยังได้รับความช่วยเหลือในการปฏิรูปสถาบันวิจัยและสร้างองค์กรกลาง เพื่อช่วยให้เกิดความร่วมมือของหน่วยวิจัยและอุตสาหกรรมโดยสามารถนำงานวิจัยไปใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมได้

ช่วงหลังการไล่กวด (Post Catch-Up) / ค.ศ.2012- ปัจจุบัน

เศรษฐกิจและสังคม

ปัจจุบัน จีนภายใต้การนำของประธานาธิบดี สี จิ้นผิง ได้พัฒนาเศรษฐกิจโดยมุ่งเน้นการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจประเทศเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน พร้อมทั้งนำแนวคิดเรื่องเส้นทางการค้า ที่เรียกว่า “เส้นทางสายไหม” (Silk Road) ที่ประสบความสำเร็จในอดีตมาปรับปรุงใหม่เพื่อขยายอิทธิพลทางการค้าผ่านการเชื่อมโยงของโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งและการติดต่อสื่อสาร ตลอดจนการเผยแพร่วัฒนธรรมในศตวรรษที่ 21 โดยมีชื่อเรียกใหม่ว่า “นโยบายหนึ่งแถบหนึ่งเส้นทาง” (One Belt, One Road) ภายใต้ข้อริเริ่ม Belt and Road Initiative ที่ประกาศในปลายค.ศ. 2013 ข้อริเริ่มนี้เป็นกรอบการพัฒนาเศรษฐกิจในระดับพหุภาคของจีน ซึ่งประกอบด้วย การเชื่อมโยงทางบก ที่ผ่านทั้งเอเชียกลาง เอเชียตะวันตก ตะวันออกกลาง และยุโรป และเส้นทางสายไหมที่จะผ่านมาทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และ เอเชียใต้ และ

การเชื่อมโยงทางทะเล ซึ่งเป็นเส้นทางเชื่อมโยงกับประเทศแถบภูมิภาคมหาสมุทร ซึ่งได้แก่ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โอเชียเนีย แอฟริกาเหนือ แอฟริกาตะวันตก รวมถึงมหาสมุทรอินเดีย

ในปีเดียวกัน จีนได้ประกาศแนวคิดการจัดตั้งกองทุนซึ่งนำมาสู่การจัดตั้งธนาคาร The Asian Infrastructure Investment Bank, AIIB ซึ่งมีประเทศสมาชิกร่วมก่อตั้งทั้งหมด 57 ประเทศ และในปี 2018 มีประเทศที่ได้ให้สัตยาบันแล้ว 52 ประเทศ โดยประเทศไทยเป็นหนึ่งในสมาชิกอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน ค.ศ. 2017

ในปัจจุบัน จีนมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจโลกในฐานะที่เป็นผู้ผลิตและผู้บริโภครายใหญ่ เป็นผลให้จีนพร้อมขยายอิทธิพลไปนอกภูมิภาค โดยใช้การทูตเชิงเศรษฐกิจและวัฒนธรรมหรือ Soft Power เป็นเครื่องมือ ในการสร้างเครือข่ายกับนานาประเทศ การแผ่อิทธิพลของจีนทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างจีนและอเมริกา มีความตึงเครียดมากขึ้น และประเทศนอกภูมิภาค อาทิ ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และ อินเดียได้พยายามให้สหรัฐอเมริกาเข้ามาเป็นผู้นำ ในการถ่วงดุลอำนาจกับจีน ซึ่งสอดคล้องกับทัศนะของสหรัฐอเมริกา โดยจีนได้วางแนวคิดความมั่นคงในเอเชียใหม่ว่า “ประชาชนเอเชียต้องดำเนินกิจการ ของเอเชีย แก้ปัญหาของเอเชีย และ รักษาความมั่นคงของเอเชีย ด้วยคนเอเชียเอง รวมถึงการเสริมสร้างความก้าวหน้า ของการพัฒนาาร่วมกันและการบูรณาการกันภายในภูมิภาค” (สำนักวิชาการสำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2560)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

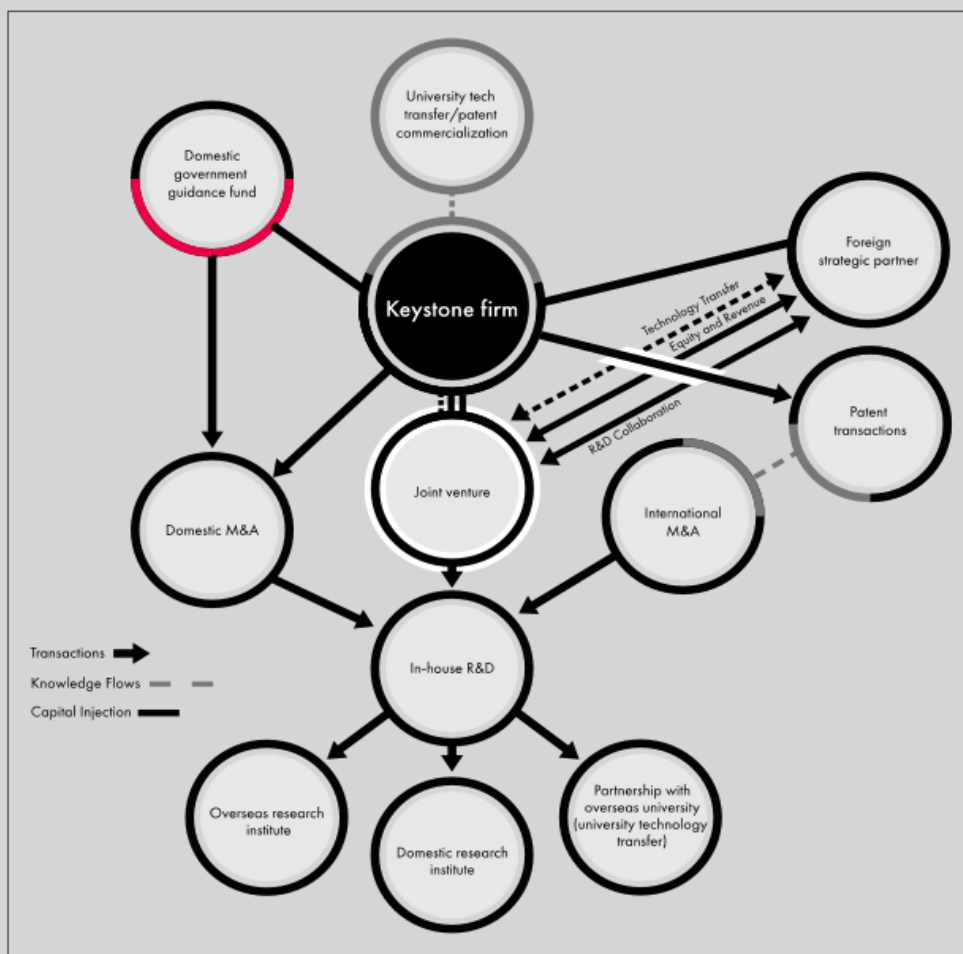
บทบาทของ FDI มีความสำคัญมากขึ้น เมื่อรัฐบาลจีนได้เปิดให้ต่างประเทศเข้ามาเปิดตลาดในประเทศจีนได้ โดยรัฐบาลเป็นผู้เลือกประเทศ ภาคอุตสาหกรรม ในขณะที่เดียวกันก็ช่วยกีดกันคู่แข่งให้โดยแลกเปลี่ยนกับการถ่ายทอด เทคโนโลยีให้กับจีน ในปัจจุบันรัฐบาลจีนได้เน้นไปยังการเติบโตด้วยนวัตกรรมและส่งเสริมให้เกิดการเผยแพร่ของเทคโนโลยีขั้นสูง (Diffusion of Frontier Technologies) นอกจากนั้นยังได้ใช้นโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในการสร้างความยั่งยืนและกระจายการพัฒนาอย่างทั่วถึง (Sustainability and Inclusiveness) ไปยังชนบทด้วยการสร้างพลังงานทดแทน เพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการเข้าถึงอินเทอร์เน็ตในที่ห่างไกล

โครงการสำคัญอีกหนึ่งที่ควบคู่ไปกับ Made in China 2025

คือ เซียนเหรินจีฮั่ว หรือ โครงการหนึ่งพันคน เป็นโครงการดึงบุคลากรระดับสูงของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแต่ละสาขาจำนวนทั้งสิ้น 1 พันคน โดยจะให้โบนัสทันทีที่ย้ายมาทำการวิจัยที่จีน 1 ล้านหยวนพร้อมจัดที่อยู่อาศัยอย่างดี จัดโรงเรียนให้แก่บุตรและที่ทำงานให้แก่คู่สมรส หลังจากนั้น หากงานวิจัยสามารถสร้างมูลค่าในเชิงพาณิชย์ได้ นักวิจัยจะได้อัตราส่วนแบ่ง 42% ซึ่งเป็นหลักเกณฑ์ระหว่างประเทศ ในส่วนที่เหลือเป็นส่วนแบ่งระหว่าง สถาบันวิจัยคู่สัญญาของจีนและต่างประเทศฝ่ายละครึ่ง ตัวอย่างโครงการนี้ได้แก่ นัก Quantum Physics ชาวออสเตรเลียซึ่งทำการวิจัยกับ NYU ในนครนิวยอร์ก ย้ายมาทำการวิจัยกับ NYU Shanghai Quantum อีกเทคโนโลยีหนึ่งที่สำคัญในโครงการนี้คือ Gene Editing Technology โดยการดึงนักวิทยาศาสตร์จีนและต่างชาติด้วยงบประมาณในช่วง 2015-2020 ถึง 12 พันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งนำมาใช้เพื่อความมั่นคงทางอาหารภายในประเทศ การเปลี่ยนวัตถุดิบทางการเกษตรให้เป็นพลังงาน และ สร้างสินค้าเกษตร ให้มีคุณภาพสูงขึ้น (ตั้งมิตรธรรม, 2560)

ยุทธศาสตร์ในการให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีชั้นนำ

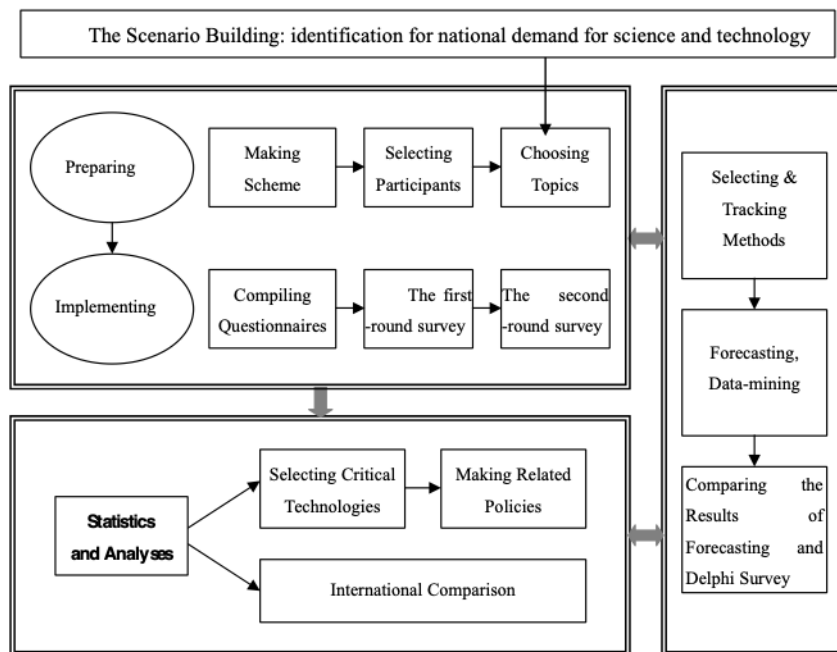
จีนได้ใช้วิธีการควบรวมและเข้าซื้อกิจการ (M&A) โดยในปี 2018 มูลค่าการรวมบริษัททางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสูงถึง \$110 พันล้าน(รูปที่ 3.2) ทั้งนี้ รัฐบาลเป็นผู้สนับสนุนให้บริษัท Baidu, Alibaba, และ Tencent ร่วมทุนในการจัดตั้งห้องปฏิบัติการข้อมูลจำนวน 19 แห่งเพื่อทำการค้นคว้าวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องกับ ICT โดยบริษัทเหล่านี้ต่างแสวงหาซื้อลิขสิทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทุกอย่างเนื่องจากมีเงินสดที่ได้จากการดำเนินกิจการที่มหาศาล ในขณะเดียวกันจีนต้องหาทางปกป้องตนเองด้วยการจัดการจัดจ้างนักกฎหมายฝ่ายสิทธิบัตรจำนวนมาก พร้อมกับเตรียมบุคลากรด้านนี้ไว้สำหรับอนาคต ผลจากการดำเนินการที่เป็นรูปธรรมคือ จีนสามารถผลิต Super Computer ได้สำเร็จ แต่ในอีกทางหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ ชื่อ หวงเค่อเสว ผู้ทำงานใน Dow Agribusiness กลับถูกจำคุกเนื่องจากถูกจับได้ว่ามีการส่งข้อมูลของบริษัทกลับไปยังจีนและยังมีข้อกล่าวหาในรูปแบบเดียวกันในเวลาต่อมา



จีนได้มุ่งเน้นในการลงทุนทรัพยากรมนุษย์และโครงสร้างพื้นฐานอย่างหนัก รวมถึงส่งเสริมการลงทุนโดยเน้นในเรื่องการใช้เงินอุดหนุนและ Non-Tariff Barrier (NTB) ประธานาธิบดีสีจิ้นผิงได้ประกาศนโยบาย Made in China 2025 ด้วยเป้าหมายในการเป็นประเทศศูนย์กลางของเทคโนโลยีขั้นสูงภายใน 10 ปีนับจากปี 2015 หัวใจสำคัญของนโยบายนี้คือการแสวงหาเทคโนโลยีในหลายอุตสาหกรรมที่เป็นฐานของอนาคตและส่งผลให้เกิดกำไร โดยเทคโนโลยีเหล่านี้จะเชื่อมโยงไปถึงขีดความสามารถของเทคโนโลยีป้องกันประเทศ

4.2. วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยีของสาธารณรัฐประชาชนจีนในปัจจุบัน

1. พัฒนาการของการใช้เทคนิค Foresight ในกระบวนการออกนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม สาธารณรัฐประชาชนจีนใช้วิธีการคาดการณ์อนาคต (Foresight) โดยเริ่มใช้ใน “The 12 Years Science Development Planning made in 1956” ซึ่งนักวิทยาศาสตร์มากกว่าพันคนได้เข้าร่วมการเลือกเทคโนโลยี การจัดลำดับความสำคัญ การจัดหัวข้อ การเผยแพร่แหล่งข้อมูล โดยใช้วิธีที่ใกล้เคียงกับ Delphi survey ในปี 1983 Chinese Academy of Sciences (CAS) ได้มีการทำในระยะยาวที่ขึ้น คือ การวางแผนล่วงหน้า 15 ปีของแผนนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ค.ศ.1985-2000) ภายใต้ชื่อว่า “15 years Science and Technology Development Planning” ซึ่งทำให้เกิดกระแสการศึกษาด้านการคาดการณ์เทคโนโลยีเพิ่มขึ้นภายในประเทศ แต่ถึงอย่างไรก็ตาม ไม่พบการศึกษาการใช้เทคนิค Technology Foresight อย่างเป็นทางการจนกระทั่งปีค.ศ. 2001 เมื่อ 3 หน่วยงานวิจัยต่างเริ่มใช้ Technology Foresight พร้อมกัน โดยล่าสุดในปี 2020 จีนได้ทำวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติระยะ 5 ปี ฉบับที่ 14 (2021-2025) ด้วยวิธี Technology Foresight ซึ่งเปิดให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วม ทำให้จีนได้รับคำแนะนำกว่า 1 ล้านรายการ สำหรับข้อมูลในกระบวนการตัดสินใจ ตัวอย่างวิธีการสำรวจด้วย Technology Foresight ในปี 2003 the Institute of Policy and Management (IPM) of Chinese Academy of Sciences ได้ริเริ่มโครงการ “Technology Foresight towards 2020 in China” โดยมีจุดประสงค์คือ 1. หาเทคนิค Foresight ที่เหมาะสมกับระดับของประเทศ 2. สร้างสถานการณ์จำลองของการพัฒนาในปี 2020 โดยใช้ความต้องการด้านกลยุทธ์ชาติ และการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นตัวหลัก 3. จัดสำรวจด้วยวิธี Delphi Survey จัดลำดับความสำคัญเทคโนโลยีและให้ข้อเสนอแนะต่อการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านั้น 4. สร้างแพลตฟอร์มโต้ตอบ (Interactive platform) สำหรับความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน มหาวิทยาลัย และ หน่วยงานวิจัย รวมถึงการสร้างวิธีสื่อสารเพื่อการให้คำปรึกษาและการประสานงานของผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ 5. ส่งเสริมวัฒนธรรมแบบการมองการณ์ไกลด้วยวิธี Foresight ในประเทศจีน (Rongping & Zhongbao, 2008)



รูปที่ ก.11 แผนผังของกระบวนการ Foresight ของสาธารณรัฐประชาชนจีน (Rongping & Zhongbao, 2008)

2. กระบวนการ Foresight (Four-phase Scheme of Beijing Initiative for Technology Foresight)

กระบวนการทางด้านข้อมูลเพื่อสร้างสถานการณ์จำลองแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้ (รูปที่ ก.11)

1. ระยะสำรวจ (Survey Phase) ประกอบไปด้วย 6 ขั้นตอน คือ

- สร้างโครง (Scheme) สำหรับ Delphi Survey
- คัดเลือกผู้เข้าร่วมสำหรับการสำรวจแบบ Delphi และ สำหรับการวิเคราะห์นโยบาย
- เลือกหัวข้อทางเทคโนโลยีจาก Delphi Survey
- รวบรวมแบบสำรวจทั้งหมด
- การดำเนินการสำรวจรอบแรก
- การดำเนินการสำรวจรอบที่สอง

2. ระยะวิเคราะห์ (Analysis Phase) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนคือ

- วิเคราะห์ผลจากการสำรวจ Delphi
- คัดเลือกเทคโนโลยี
- คัดเลือกนโยบาย
- เปรียบเทียบในระดับนานาชาติ

3. ระยะติดตาม (Monitoring Phase) ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ

- เลือกเทคนิคการคาดการณ์ (forecast) สำหรับการวางแผนระยะสั้น ซึ่งต้องใช้การหา

ข้อมูลแบบ data-mining และ citation-metrics เช่นเดียวกับการหาแพลตฟอร์มที่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีที่ได้ออกไว้

- ประยุกต์วิธีในข้อแรกเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัยและมีประโยชน์ต่อเทคโนโลยีที่ได้รับคัดเลือก
- เปรียบเทียบผลการสำรวจทาง Delphi กับผลของการคาดการณ์ (forecasting) และ data

mining ซึ่งสามารถทบทวนหัวข้อและจัดการสำรวจแบบ delphi รอบใหม่ได้

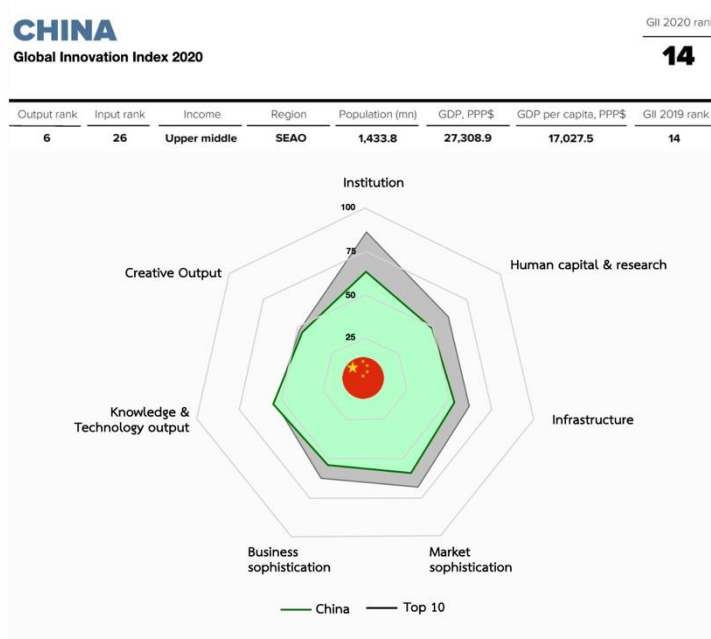
4. การสร้างสถานการณ์จำลองในปี 2020 แบ่งออกเป็น 6 สถานการณ์ คือ

1. Globalization Society
2. Industrialization Society
3. Information Society
4. Urbanization Society
5. Consumption Society
6. Circulation Society

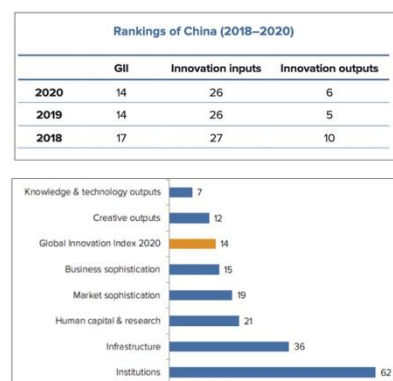
ผู้เข้าร่วมประกอบไปด้วยผู้เชี่ยวชาญจากหลายด้านเพื่อให้ได้ถึงความต้องการในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการแก้ปัญหา โดยพิมพ์ออกมาเป็นรายงานชื่อว่า “Science and Technology Demands for reconstruction of Well-off Society in China” ซึ่งมีการคาดการณ์ถึงระดับการเปลี่ยนแปลงใน 5 กลุ่มสังคมข้างต้น และวิเคราะห์ถึงความท้าทาย รวมถึงปัญหาในอนาคตระหว่างการปฏิรูปสังคมให้ดีขึ้น (Rongping & Zhongbao, 2008)

4.3 ระดับนวัตกรรมของสาธารณรัฐประชาชนจีนในปี ค.ศ. 2020

สาธารณรัฐประชาชนจีนถูกจัดให้อยู่ในอันดับที่ 14 จากการวัดดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ประจำปี 2020 โดยเมื่อเทียบกับจากปี 2018 แล้ว มีการไต่อันดับขึ้นมาจาก 17 ไปเป็นอันดับ 14 โดยการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่การส่งออกนวัตกรรมเป็นหลัก (ไต่จากอันดับ 10 ใน 2018 สู่อันดับ 6 ในปี 2020) ดังแสดงในรูปที่ ก.12 ในขณะที่การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเกิดนวัตกรรมยังอยู่ในอันดับ 26 ใกล้เคียงเดิม จุดที่ยังต้องการพัฒนาของสาธารณรัฐประชาชนจีนปรากฏชัดเจนในส่วนของการกีดกันข้อบังคับของสถาบัน (ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลยุทธ์ Forced-Technology Transfer ที่บริษัทต่างชาติจะต้องถ่ายทอดเทคโนโลยีแลกกับการขยายตลาดในจีน) การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และวิจัย มีอันดับต่ำในเรื่องการเข้าเรียนในระดับมหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นไปได้สองทาง คือ ประชาชนไปเรียนที่ต่างประเทศ หรือ ประชาชนเลือกที่จะไม่ต่อภาคมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม การพัฒนาของประเทศจีนเป็นไปอย่างรวดเร็วแต่เนื่องจากเป็นประเทศที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ การพัฒนาในทุกภาคส่วน ที่เดียวเป็นไปได้ยาก การขยายเป็น cluster ของแต่ละพื้นที่จึงเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้จีนพัฒนาศักยภาพได้ทั้งบุคลากร และนวัตกรรมของประเทศ



Global Innovation Index 2020 | ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน



รูปที่ ก.12 ดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ในปี 2020 และช่องว่างทางนวัตกรรมระหว่างประเทศ Top 10 และสาธารณรัฐประชาชนจีน (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)

4.4 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสาธารณรัฐประชาชนจีน

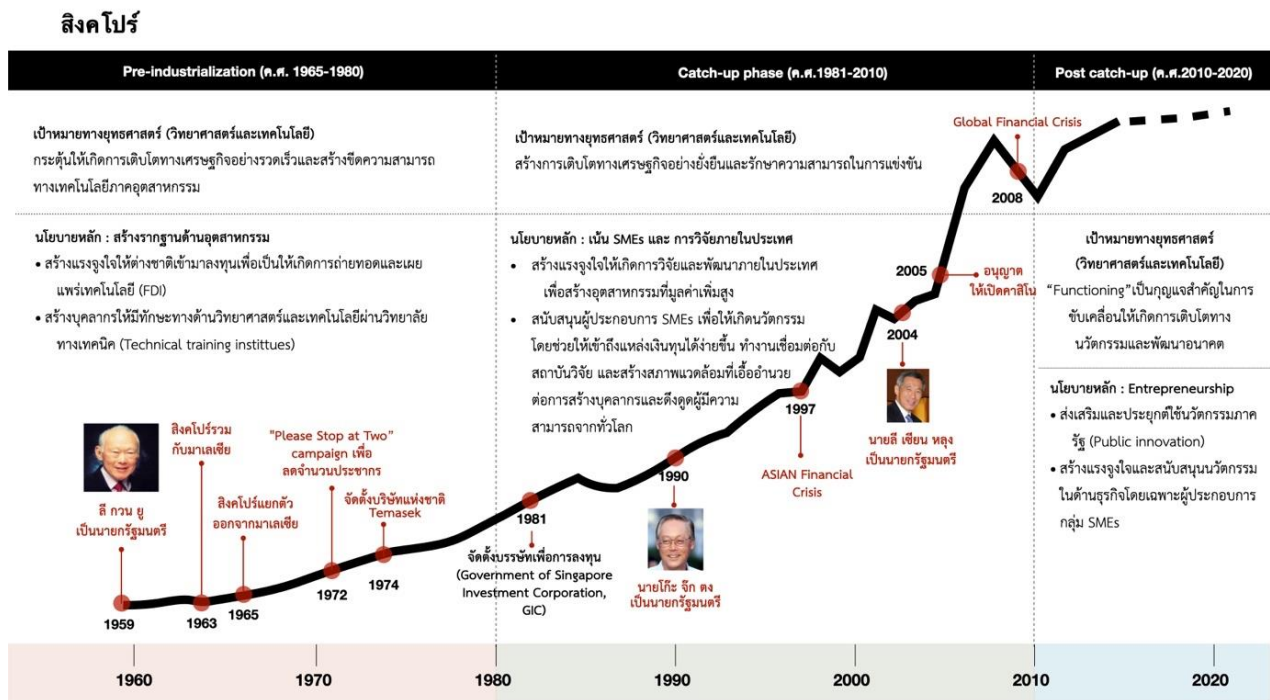
ตารางที่ ก.7 แสดงข้อมูลสรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในสาธารณรัฐประชาชนจีน

ตารางที่ ก.7 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ก่อนอุตสาหกรรม (ค.ศ.1949-1977)	- รัฐบาลจีนรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและทักษะจากสหภาพโซเวียต (USSR) - เน้นไปยังอุตสาหกรรมการป้องกันประเทศ - จัดตั้งสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาและวิจัย	การคาดการณ์อนาคตคล้าย Foresight แต่ไม่เป็นทางการ
ช่วงไถ่กวาด (ค.ศ. 1978-2012) - Transfer human resources Incentives by Government	- แบ่งโซนเทคโนโลยีขั้นสูงและสร้างแรงจูงใจเพื่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง - ปรับโครงสร้างสถาบันวิจัยและคนกลางเพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสถาบันวิจัยกับภาคอุตสาหกรรมให้แข็งแกร่งขึ้น - ถ่ายโอนเทคโนโลยีในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายโดยรับผู้เชี่ยวชาญระดับสูงและชักจูงให้นักวิจัยกลับมาจากต่างประเทศ	ค.ศ. 2001 ใช้ Technology Foresight: Delphi ในกระบวนการพัฒนานโยบายอย่างเป็นทางการ
ช่วงหลังการไถ่กวาด (ค.ศ. 2012-ปัจจุบัน) - FDI - M&A	- ใช้แรงจูงใจสถาบันเพื่อให้เกิดการขยายสถาบันทางนวัตกรรม - เพิ่มความแข็งแกร่งทางด้านการจัดการทรัพย์สินทางปัญญา - เข้าควมรวมและซื้อกิจการเทคโนโลยีชั้นนำในต่างประเทศ - เปิดให้ต่างประเทศเข้ามาลงทุนโดยแลกกับการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับประเทศจีน	ใช้ Technology Foresight: Delphi

5. ประเทศสิงคโปร์ “Innovated Late comer | ขจัดจุดด้อย สร้างจุดเด่น

แผนภาพแสดงแนวทางการพัฒนาประเทศสิงคโปร์ด้วยนโยบายทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในแต่ละช่วงนั้นแสดงในรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 เหตุการณ์สำคัญ และนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมในแต่ละช่วงเวลาของประเทศสิงคโปร์

4.1 วิวัฒนาการด้านเศรษฐกิจและสังคมกับกลยุทธ์ทางนโยบายเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ช่วงก่อนอุตสาหกรรม (Pre-Industrialization) | ค.ศ. 1965-1980

เศรษฐกิจและสังคม : เมืองท่าแห่งการลงทุน พัฒนาสู่ประเทศอุตสาหกรรม

การเมืองการปกครองสมัยนครสิงคโปร์ในปี 1960 ถือเป็นรัฐแรกของสิงคโปร์ซึ่งถูกรุกรานจากอาณานิคมต่างๆ จวบจนกระทั่งจนถึงยุคอาณานิคมของอังกฤษ ซึ่งส่ง เซอร์โทมัส สแตมฟอร์ด บิงก์เลย์ ราฟเฟิลส์มาสำรวจและปฏิรูปจากเมืองประมงเล็กๆ จนกลายเป็นเมืองแห่งการค้าและการเดินเรือ ซึ่งส่งผลต่อการก่อรูปโครงสร้างทางการเมืองตามรูปแบบรัฐสมัยใหม่

หลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ได้เกิดกระแสชาตินิยมขึ้น ประชาชนในสิงคโปร์ลุกฮือต่อต้านอังกฤษซึ่งทำให้สิงคโปร์เริ่มหันไปให้ความสำคัญกับมาเลเซียมากขึ้นเพราะมองว่ามาเลเซียสามารถทำให้สิงคโปร์ได้รับเอกราชตามไปด้วย อีกทั้งยังเห็นว่าจะได้ประโยชน์ในด้านเศรษฐกิจไปพร้อมกัน มาเลเซียเองก็กลัวปัญหาภัยคอมมิวนิสต์และต้องการถ่วงดุลกับรัฐอื่นๆ ในปี 1963 สิงคโปร์จึงได้เข้าร่วมกับสหพันธ์มาลายาซึ่งเป็นสมัยนายกรัฐมนตรีลี กวน ยู แต่ภายหลังจากนั้น ปัญหาทางด้านการเหยียดชนชาติจีนของมาเลเซียทำให้พรรคกิจประชาชนของสิงคโปร์ประกาศแยกตัวออกจากมาเลเซียในปี 1965 โดยใช้ชื่อว่าสาธารณรัฐสิงคโปร์

ในช่วงทศวรรษแรก รัฐบาลนายลี กวน ยูได้ใช้การปกครองแบบเผด็จการในโครงสร้างทางการเมืองแบบประชาธิปไตยและโครงสร้างทางเศรษฐกิจแบบชาตินิยม ที่เน้นการพัฒนาที่พึ่งพาตนเองและลดการพึ่งพิงชาติอื่นโดยเฉพาะอย่างยิ่งมาเลเซีย สิงคโปร์ได้พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของการอุปโภคบริโภค และ สาธารณูปโภค ซึ่งช่วยบรรเทาให้คนในชาติเห็นคุณค่าของการอยู่ร่วมกันอย่างเกื้อกูล การพัฒนาเศรษฐกิจในช่วงนี้ได้อิงหลักการตามแบบที่ อังกฤษเคยวางไว้ อาทิ การนำเอาความได้เปรียบในเรื่องทำเลที่ตั้งของสภาพภูมิศาสตร์และฐานะของการเป็นเมืองท่าเรือพาณิชย์และศูนย์กลางการค้าและการ

เดินเรือ เป็นตัวจุดใจการลงทุนจากต่างประเทศ เพื่อก่อให้เกิดการสร้างงานภายในประเทศ นอกจากนี้ รัฐบาลก็ได้เข้าดำเนินการด้านอุตสาหกรรมที่ภาคเอกชนไม่สามารถดำเนินการเองได้ เช่น การเคลื่อนย้ายประชาชนในเขต กัมปง (Kampongs) เข้าไปอยู่ในอาคารชุดเพื่อใช้เป็นเขตพัฒนาอุตสาหกรรม เป็นต้น

ต่อมารัฐบาลเริ่มปรับยุทธศาสตร์จากชาตินิยมไปสู่ระบบสังคมนิยมทางเศรษฐกิจอย่างช้าๆ เพราะการเข้าทำหน้าที่บริหารประเทศของนายลีควานยู ได้สร้างบรรทัดฐานทางเศรษฐกิจแบบรัฐนำซึ่งผ่านกลไกของรัฐ หรือที่เรียกได้ว่าเป็น “รัฐวิสาหกิจ” หรือระบบอุตสาหกรรมโดยรัฐ ซึ่งส่วนใหญ่จัดตั้งอยู่ในรูปของกองทุน เช่น บริษัทเทมาเส็กที่ลงทุนในอุตสาหกรรมต่างๆเป็นจำนวนมาก จนกล่าวได้ว่าแรงงานในภาคอุตสาหกรรมก็คือลูกจ้างของรัฐบาลสิงคโปร์นั่นเอง และเนื่องจากรัฐวิสาหกิจของรัฐมีหลากหลายรูปแบบซึ่งในแต่ละธุรกิจมีนัยการผูกขาดโดยรัฐ การลงทุนในนามกองทุน หรือร่วมทุนกับบริษัททั้งในและนอกประเทศ จึงเป็นกลไกสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในสิงคโปร์

ในระหว่างปี 1971-1980 รัฐบาลมุ่งเน้นยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างให้เป็นประเทศอุตสาหกรรม รวมทั้งอนุญาตให้แรงงานต่างชาติเข้ามาทำงานในภาคอุตสาหกรรมได้ กระทั่งส่งผลให้สิงคโปร์ผ่านพ้นจากวิกฤตการณ์น้ำมันโลก และภาวะเศรษฐกิจถดถอยของโลกที่เกิดขึ้นในช่วงกลางทศวรรษที่ 1970 ได้สำเร็จ

การพัฒนาระบบการเงิน การลงทุนของประเทศ

รัฐบาลสิงคโปร์ได้พัฒนาระบบเงินทุนสำรองและสินทรัพย์ของรัฐโดยมองว่าคนในแต่ละช่วงอายุต้องดูแลตนเองซึ่งการออมถือเป็นการสร้างหลักประกันให้แก่ทุกคนอย่างเท่าเทียมกัน กองทุนประกันสังคมกลางหรือ Central Provident Fund (CPF) จึงถูกจัดตั้งตั้งแต่ในปี ค.ศ. 1955 ก่อนประกาศเอกราช ต่อมาในปี ค.ศ. 1975 กระทรวงพาณิชย์ของสิงคโปร์ได้จัดตั้งกองทุนเพื่อการลงทุนของรัฐบาลสิงคโปร์ขึ้น คือ บริษัทเทมาเส็กโฮลดิ้งส์ (Temasek Holdings) ซึ่งทำการลงทุนในกิจการสิงคโปร์จำนวนมาก โดยเริ่มจากกิจการต่อเรือและการผลิต นอกจากนี้ รัฐบาลสิงคโปร์มีบริษัทลงทุนอีกแห่งคือ Government of Singapore Investment Corporation (GIC) ซึ่งทำการลงทุนเงินสำรองระหว่างประเทศเป็นหลัก (จิตรเหล้าอาพร, 2013)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในช่วง 1960s สิงคโปร์เร่งพัฒนาให้เป็นประเทศอุตสาหกรรม โดยรัฐบาลให้การต้อนรับต่อนักลงทุนชาวต่างชาติที่มีศักยภาพทางด้านองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีและการตลาด (Foreign Direct Investment, FDI) เพื่อผลักดันสินค้าอุตสาหกรรมภายในประเทศ ให้ก้าวออกไปสู่สินค้าระดับนานาชาติ ในช่วงนี้สิงคโปร์จึงพึ่งพาบริษัทต่างชาติ (Multinational corporations, MNC) ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับประเทศ รัฐบาลได้ปรับนโยบายให้สิงคโปร์กลายเป็นฐานการผลิตเพื่อการส่งออก (Export-Led Manufacturing) จึงมีการพัฒนาระบบการขนส่ง การสื่อสาร และโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็น

ในช่วงปี 1970s การลงทุนจากบริษัทต่างชาติยังเป็นส่วนสำคัญ ประเทศได้เข้าสู่การพัฒนาอุตสาหกรรมโดยใช้เทคโนโลยีเป็นหลักจากการที่รัฐบาลเน้นให้เกิดการเผยแพร่เทคโนโลยีจากบริษัทต่างชาติไปยังบริษัทภายในประเทศ พร้อมทั้งลดภาษีสำหรับอุตสาหกรรมที่สร้างหน่วยวิจัยและพัฒนาให้กับประเทศสิงคโปร์ นอกจากนี้ การเติบโตของอุตสาหกรรมทอถักภายใต้เทคโนโลยีจากบริษัทต่างชาติยังช่วยถ่ายทอดทักษะและความรู้ให้แก่คนสิงคโปร์ เมื่อรัฐบาลเห็นความสำคัญของแรงงานที่มีทักษะนี้จึงขยายการเข้าถึงการศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นประถมไปจนถึงมัธยมศึกษา และก่อตั้งสถาบันฝึกอบรมภาครัฐ และ สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น เพื่อพัฒนาทักษะแรงงานให้ไปสู่อุตสาหกรรมที่เน้นผลิตภัณฑ์เพิ่มมูลค่าสูงได้ในเวลาต่อมา ลักษณะของสถาบันอบรมจึงมีความต้องการจากภาคอุตสาหกรรมเป็นตัวนำ ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจของภาครัฐ (Government's Economic Developmental Board) กับพันธมิตรด้านอุตสาหกรรม เช่น Philips N.V., Seiko Holdings Corporation และ the French Federal of Electrical, Electronic และ Communications Industries

ช่วงไล่กวด (Catch-Up Phase) / ค.ศ. 1981-2010

เศรษฐกิจและสังคม

ในช่วง 1981-1990 เป็นช่วงสุดท้ายของรัฐบาลนายลีควนยู ซึ่งเป็นช่วงที่สิงคโปร์สามารถขึ้นมาเป็นประเทศผู้นำในภูมิภาคอาเซียน ทศวรรษนี้มีเป้าหมายที่ต้องการให้สิงคโปร์เป็นประเทศศูนย์กลางการค้าระหว่างประเทศอย่างครบวงจร อย่างไรก็ตาม ในค.ศ. 1985 สิงคโปร์ต้องเผชิญกับภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจ เนื่องจากไม่สามารถดำเนินบทบาททางการค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพดังเช่นที่ผ่านมา รัฐบาลนายลีควนยูจึงปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจแนวใหม่ โดยมุ่งไปยังอุตสาหกรรมการผลิตมูลค่าสูง ซึ่งต้องใช้เทคนิควิทยาการระดับสูง ทั้งกิจการโทรคมนาคมและสารสนเทศ ซึ่งช่วยให้สิงคโปร์สามารถพัฒนาเศรษฐกิจได้สำเร็จตามเป้าหมายได้

ในขณะเดียวกัน นายลีควนยูปรับเปลี่ยนยุทธศาสตร์จากการพัฒนาแบบสังคมนิยมมาเป็นแบบกลไกตลาด หรือเรียกได้ว่า เป็นการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่อยู่ภายใต้ระบบเศรษฐกิจกึ่งเสรี (Semi-Capitalist Economy) กล่าวคือ เมื่อการค้าของสิงคโปร์เข้าสู่ตลาดโลกมากขึ้น ความผสมผสานระหว่างความเป็นรัฐวิสาหกิจและการดำเนินธุรกิจเสรีตามแบบทุนนิยมกลายเป็นจุดแข็งของการเป็นประเทศ เพราะการที่รัฐสามารถควบคุมการดำเนินธุรกิจได้โดยตรงผ่านการผูกขาดในนามกองทุนหรือรัฐวิสาหกิจ ช่วยให้เกิดการแทรกแซงกับต่างชาติได้ดี ในขณะเดียวกัน การเปิดเสรีทางการค้าช่วยส่งเสริมภาพลักษณ์ให้ประเทศดูเป็นระบอบประชาธิปไตยยิ่งขึ้น ต่างชาติที่เข้ามาลงทุนจึงได้รับประกันทั้งความมีเสถียรภาพ ความมั่นคงของรัฐบาลพร้อมกับความเป็นประชาธิปไตยในเวลาเดียวกัน

ทศวรรษที่ 1900-2004 (สมัยรัฐบาล นายโก๊ะจ๊กตง)

การเปลี่ยนแปลงทางการเมืองเกิดขึ้นเมื่อนายโก๊ะจ๊กตงเข้ารับตำแหน่งนายกรัฐมนตรีแทนนายลีควนยูเป็นครั้งแรก ถึงแม้ว่าจะมีบุคลิกภาพที่แตกต่างออกไปก็ตาม แต่รัฐบาลยังคงรักษาแนวทางเดียวกันกับอดีตไว้ การพัฒนาเศรษฐกิจในยุค 1991-2000 มุ่งเน้นต่อการแข่งขันระดับโลกด้วยการผลิตสินค้ามูลค่าสูงด้วยความเชี่ยวชาญและชำนาญ ซึ่งเป็นการผลิตเพื่อส่งออก สิงคโปร์เริ่มลงทุนในต่างประเทศเพื่อแสวงหาตลาดการค้าขนาดใหญ่โดยเฉพาะแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียตะวันออก

ผลจากการเปิดการค้าเสรี ทำให้สิงคโปร์เผชิญกับการแข่งขันทางการค้าต่างประเทศโดยเฉพาะกับในสมาคมอาเซียนด้วยกัน จึงส่งผลให้เศรษฐกิจช่วงนั้นชะลอตัว โดยมีอัตราค่าจ้างแรงงาน ต้นทุนการผลิตการประกอบธุรกิจ ตลอดจนค่าครองชีพมีอัตราสูงขึ้น รัฐบาลนายโก๊ะจ๊กตงจึงต้องดำเนินนโยบายปรับโครงสร้างทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมให้สอดคล้องในช่วงวิกฤติที่มาเป็นระลอก คือ วิกฤติเศรษฐกิจการเงินภาคเอเชีย หรือ ดั้มยำกุ้ง ที่เริ่มขึ้นในปี 1997 ภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจในยุโรปและอเมริกาในปี ค.ศ. 2001 ปัญหาโรคซาร์สในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งได้ส่งผลกระทบให้การผลิตภาคอุตสาหกรรมและการลงทุนจากต่างชาติน้อยลง การค้าระหว่างประเทศตกต่ำร่วมกับอัตราการว่างงานที่สูงขึ้น โดยรัฐบาลใช้กลยุทธ์ในการปรับลดต้นทุนและค่าแรงให้ยืดหยุ่นขึ้น ขยายความสัมพันธ์นอกประเทศ พัฒนานวัตกรรมในอุตสาหกรรมใหม่ และสนับสนุน SME ในชาติ อย่างไรก็ตาม บทบาทของภาคเอกชนในท้องถิ่นยังไม่สามารถตั้งอยู่บนฐานการพัฒนาด้วยตนเองเหมือนกับเขตเศรษฐกิจทุนนิยมจริง เพราะยังต้องอาศัยรัฐบาลเป็นแกนนำอยู่

ในปี ค.ศ. 2005 นายลีเซียนลุง ขึ้นมาเป็นนายกรัฐมนตรีโดยให้ความสำคัญกับการสร้างความสัมพันธ์กับประเทศมหาอำนาจและอาเซียน มุ่งเน้นการปรับตัวทางเศรษฐกิจประเทศให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก และให้ความสำคัญกับการส่งเสริมนวัตกรรม การประกอบการ การวิจัยและการพัฒนา นอกจากนั้นยังมองเรื่องการดูแลในภาคสังคม ทั้งการขยายโอกาสทางการศึกษา ดูแลคนชราและผู้ที่มีรายได้น้อย นายลีเซียนลุงมีความประสงค์จะพัฒนาให้สิงคโปร์เป็นสังคมที่โปร่งใสและเปิดกว้าง โดยคำนึงถึงค่านิยมที่เป็นคุณลักษณะเฉพาะของประเทศรวมถึงการยอมรับในเชื้อชาติศาสนาที่แตกต่างกัน

อย่างไรก็ตาม การลงทุนของภาครัฐมิได้ประสบผลสำเร็จทั้งหมด การคาดการณ์ลงทุนที่ผิดพลาดเกิดขึ้น ดังกรณีของบริษัทเทมาเส็กได้ตัดสินใจซื้อกิจการในเครือชินวอเตอร์ (Shin Corp) ในปี ค.ศ. 2006 และการซื้อหุ้นในบริษัทอินโดแซทและเทลคอมเซล (Indosat and Telkomsel) ในปี ค.ศ. 2007 จนเป็นเหตุให้เกิดการต่อต้านภายในประเทศไทยและอินโดนีเซีย

ซึ่งศาลอินโดนีเซียตัดสินให้เทมาเส็กต้องถูกปรับถึง 3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ เนื่องจากละเมิดกฎหมายการผูกขาด และในปี 2008 บริษัทขาดทุนถึง 6 พันล้านดอลลาร์สหรัฐจากการลงทุนในตลาดสหรัฐอเมริกา ส่งผลให้มูลค่าหุ้นลดลงถึงร้อยละ 38 ในช่วง 9 เดือน (จิตรเหล้าอาพร, 2013)

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ในช่วงทศวรรษที่ 1980 รัฐบาลได้ส่งเสริมให้เกิดธุรกิจท้องถิ่นและมีหน่วยวิจัยและพัฒนา โดยรัฐบาลสนับสนุนทางการเงิน โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้สามารถนำงานวิจัยไปใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อผลิตสินค้าและบริการมูลค่าสูงได้ รัฐบาลเริ่มให้ทุนสำหรับโครงการภายใต้เทคโนโลยียุคใหม่ อาทิ หุ่นยนต์, Microelectronics, IT, Biotechnology, Optical and Laser technology, Engineering Science และ Material Science ในขณะเดียวกัน รัฐบาลยังจัดพื้นที่แบบกลุ่มอุตสาหกรรมและก่อตั้งอุทยานวิทยาศาสตร์ขึ้นมาเพื่อดึงดูดกลุ่มวิจัยและพัฒนาและสร้างเครือข่ายระหว่างมหาวิทยาลัยและผู้ประกอบการไปพร้อมกัน

ส่วนในด้านการเงินนั้น รัฐบาลได้โปรโมตภาคอุตสาหกรรมการลงทุน (Venture Capital Industry) เพื่อให้เกิดธุรกิจด้านนวัตกรรมมากขึ้น โดยในช่วงต้นยุค 1990s กองทุน Technopreneurship Fund หรือ “Fund of funds” ได้เกิดขึ้นจากการลงทุนภาครัฐ เพื่อให้ประเทศสิงคโปร์เป็นศูนย์กลางการลงทุนและพัฒนา นักลงทุน เป็นผลให้เกิดกลุ่ม Startups ในด้าน IT ซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีชีวภาพ, แอปพลิเคชัน และ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

ในช่วงทศวรรษที่ 1990 การสร้างนวัตกรรมกลายมาเป็นยุทธศาสตร์หลักของนโยบายประเทศภายใต้ แผนพัฒนาเทคโนโลยีแห่งชาติ 5 ปี (Five-year national technology plan) ในปี 1991 และตามมาด้วยฉบับที่สองในปี 1996 โดยรัฐบาลสิงคโปร์เพิ่มทุนให้ 2 เท่าจากปีก่อนหน้า คิดเป็นจำนวน 4 พันล้านดอลลาร์สิงคโปร์ ทิศทางของประเทศจึงหันไปสนับสนุนการเป็นเจ้าของกิจการที่มีนวัตกรรมด้วยวิทยาการและเทคโนโลยีเป็นต้นนำ (Knowledge-based innovations and technology-based entrepreneurship) พร้อมทั้งพัฒนาทรัพยากรมนุษย์โดยลงทุนในด้านการศึกษา ช่วยอบรมและยกระดับ ผู้ใช้แรงงานและเปิดรับผู้เชี่ยวชาญทั่วโลกเพื่อเข้ามาถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีให้คนในประเทศ

ช่วงหลังการไล่กวด (Post Catch-Up Phase) | ค.ศ. 2010- ปัจจุบัน

เศรษฐกิจและสังคม

ในปี 2010 เศรษฐกิจสิงคโปร์เติบโตสูงถึง 14.7% ซึ่งสร้างสถิติใหม่ในรอบ 40 ปี ผลของนโยบาย ที่ได้ออกมาในอดีตเริ่มส่งผลให้ประเทศสิงคโปร์พัฒนาเศรษฐกิจโดยใช้นวัตกรรม การลงทุน และพัฒนากลุ่มธุรกิจ SMEs เป็นหลัก สิงคโปร์ยังคงพัฒนาความสามารถในการแข่งขันด้านนวัตกรรม ทำให้กลายเป็นประเทศมีการวิจัยและพัฒนาที่แข็งแกร่ง และเป็นผู้นำในด้านการปรับนวัตกรรมมาใช้ในการจัดการภาคบริการของประเทศได้อย่างดีเยี่ยม

สิงคโปร์ได้เปลี่ยนระบบของภาครัฐไปสู่ดิจิทัลและเน้นไปยังเทคโนโลยีขั้นสูง (Frontier Technologies) ซึ่งขึ้นตรงกับ สำนักนายกรัฐมนตรี โดยมองว่านวัตกรรมจะมาช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ ด้วยการให้บริการสาธารณะที่รวดเร็ว แม่นยำ นอกจากนี้ยังเล็งเห็นถึงการพัฒนาศักยภาพมนุษย์ในประเทศโดยเน้นการเพิ่มทักษะ (Upskill and reskill) ทั้งในภาคมหาวิทยาลัยและคนทำงานในปัจจุบัน พร้อมทั้งยังสร้างเครือข่ายที่เข้มแข็งระหว่างภาครัฐ ภาควิชาการ และ ภาคอุตสาหกรรม และสนับสนุนธุรกิจที่กำลังอยู่ในช่วงพัฒนาด้วยการสร้าง sandboxes และให้การรับรองมาตรฐานแก่บริษัท

กลยุทธ์ทางนโยบายที่สนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

รัฐบาลได้สร้างนวัตกรรมในภาคธุรกิจหลายโครงการ เช่น โครงการ “Capability Voucher” ที่เกิดขึ้นในปี 2009 โดยสนับสนุนด้านการเงินแก่ธุรกิจภาค SMEs ต่อเนื่องจนมาถึงในปี 2012 โครงการขยายการสนับสนุนต่อไปยัง “Soft” Innovation เช่น นวัตกรรมทางผลผลิต (Productivity) นวัตกรรมการสร้างทรัพยากรมนุษย์ และ นวัตกรรมการบริหารจัดการการเงิน ซึ่งมักเป็นอุปสรรคที่สำคัญของธุรกิจขนาดกลางและเล็ก การสนับสนุนนี้จึงช่วยให้ผู้ประกอบการก้าวข้ามข้อจำกัดเหล่านี้ไปได้

ในปี 2016 รัฐบาลสิงคโปร์ได้ก่อตั้งบริษัทเอกชน “SGInnovate” เพื่อสร้างขีดความสามารถของ Frontier Technologies โดยเฉพาะในภาคที่ขับเคลื่อนประเทศ เช่น Digital health, และ Financial Technology นอกจากนี้บริษัท

ยังเปรียบเสมือนเป็นผู้สรรหาคัดเลือกหรือ “Curator” ในการรวมผู้เล่นหลักในแต่ละเทคโนโลยีเพื่อให้กลุ่มคนมีความสามารถได้มีการแลกเปลี่ยนและสร้างเครือข่ายจนพัฒนาไปสู่ธุรกิจได้

การนำนวัตกรรมมาใช้ในนโยบายสาธารณะ

นอกจากเป็นผู้พัฒนานวัตกรรมแล้ว สิงคโปร์ยังโดดเด่นในเรื่องการประยุกต์ใช้โดยเฉพาะ ICT และ Frontier Technology ในภาคบริการสาธารณะ โดยหน่วยงานในสิงคโปร์หลายหน่วยงานเป็นผู้ใช้งานนวัตกรรมภาครัฐเหล่านี้ ในปี 2014 รัฐบาลออกนโยบาย “Singapore’s Smart Nation Initiative” เพื่อใช้ IT, Internet of Things, Networks และ Big data มาแก้ไขปัญหาภาคบริการและนโยบายสาธารณะ เช่น การพัฒนาเครือข่ายการขนส่งสาธารณะ, การรวมศูนย์การให้บริการภาครัฐ และการสร้างการมีส่วนร่วมด้วยข้อมูลเปิดเพื่อให้ทุกคนสามารถนำไปใช้ได้อย่างอิสระบนเว็บไซต์ภาครัฐ เช่น Data.gov.sg และ DataMall นอกจากนี้ ยังมีการวางระบบโครงสร้างพื้นฐานของยุค 4.0 เช่น Smart Nation Initiative เพื่อพัฒนาระบบสาธารณะ เช่น การปรับถนนสำหรับยานพาหนะแบบไร้คนขับที่มีศักยภาพด้านๆของโลก

การส่งเสริมความยั่งยืนด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม

เนื่องจากประเทศสิงคโปร์มีทรัพยากรที่จำกัด จึงต้องพัฒนาเพื่อความยั่งยืน จึงได้สร้างพิมพ์เขียวของการพัฒนาทั้งในด้าน สังคม เศรษฐกิจ และ สิ่งแวดล้อมโดยตั้งเป้าไว้ที่ปี 2030 ยกตัวอย่างเช่น การโปรโมตผลากสีเขียวและประหยัดพลังงาน การนำสังคมไปสู่การใช้คาร์บอนต่ำด้วยโครงสร้างอาคาร และการขนส่งแบบอัจฉริยะอย่าง Smart grids, Smart buildings และ Intelligent transportation นอกจากนี้ยังออกนโยบายในด้านกฎหมายดิจิทัล สร้างหน่วยงานรัฐดิจิทัลและหน่วยงานความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (ก่อตั้งในปี 2015)

พัฒนาการศึกษาและการอบรมเพื่อพัฒนาทักษะของยุค 4.0

รัฐบาลได้ให้ทุนอุดหนุนคอร์สอบรมที่เป็นเทคโนโลยีในภาคอนาคต โดยมีกลุ่มเป้าหมายหลายกลุ่ม อาทิ เจ้าหน้าที่ภาครัฐ ลูกจ้างในกลุ่มบริษัทเทคโนโลยี หรือ การอบรมเพื่อให้มีทักษะเฉพาะ เช่น โครงการ Tech Skills Accelerator ที่รัฐบาลลงทุน \$110 ล้านเหรียญสิงคโปร์ในการช่วยเพิ่มทักษะให้แก่ลูกจ้างในองค์กร ICT โดยมีเป้าหมายในการสร้างที่อบรม 20,000 ที่ในปี 2020

5.2 วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยีของสาธารณรัฐสิงคโปร์ในปัจจุบัน

ภายใต้กระบวนการออกนโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและ นวัตกรรม สาธารณรัฐสิงคโปร์ได้เลือกใช้การคาดการณ์อนาคต (Foresight) ด้วยเทคนิคการ การกวาดสัญญาณแนวราบ (Horizon Scanning) โดยในปี 1991 รัฐบาลได้เริ่มจัดตั้งหน่วยงาน Risk Detection and Scenario Planning Office ในกระทรวงกลาโหม และได้เปลี่ยนเป็น Public Service Division (PSD) ภายใต้สำนักนายกรัฐมนตรีในปี 1995 แต่ในปี 2003 ได้เปลี่ยนชื่อเป็น Strategic Policy Office (SPO)

ก้าวสำคัญของการใช้ Foresight เกิดขึ้นในปี 2004 รัฐบาลได้มีการจัดตั้งหน่วยงาน The Risk Assessment and Horizon Scanning Programme (RAHS) โดยหน่วยงานนี้ออกแบบมาเพื่อการเก็บข้อมูลแบบ Big data จากทุกหน่วยงานในภาครัฐ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูล (Data analytics) เพื่อช่วยนำทางให้รัฐบาลวางกลยุทธ์ในอนาคตได้ RAHS ใช้การการกวาดสัญญาณแนวนอน (Horizon Scanning) เพื่อหาสัญญาณอ่อนๆ ที่ต่อไปอาจกลายเป็นเหตุการณ์สำคัญในอนาคต และตรวจจับภัยคุกคามและโอกาสที่อาจเกิดขึ้นด้วยซอฟต์แวร์เฉพาะทาง

ในปี 2009 รัฐบาลสิงคโปร์ได้จัดตั้ง the Center of Strategic Future (CSF) เพื่อนำมาช่วยหน่วยงานวางกลยุทธ์แห่งชาติ (SPO) ในการเป็น Think-tank โดยเน้นไปในส่วนที่เป็นประเด็นจุดบอด ติดตามการวิจัยอนาคตในระยะยาวแบบเปิด (open-end) และทดลองเทคนิคด้านการคาดการณ์ใหม่ๆ ในปี 2015 CSF กลายมาส่วนหนึ่งของกลุ่มกลยุทธ์ภายใต้สำนักงานนายกรัฐมนตรี โดยให้เน้นไปยังการวางลำดับสำคัญและวางยุทธศาสตร์ชาติ การสร้างความร่วมมือและการพัฒนาของภาครัฐ รวมถึงการบ่มเพาะและสร้างนวัตกรรมด้านการบริการสาธารณะ (Centre for Strategic Futures, 2021)

วิธีการทำ Foresight ของประเทศสิงคโปร์ใช้ลักษณะการจัดสัมมนา (Conference) โดยล่าสุดจัดในจัดในวันที่ 25-26 กรกฎาคม 2019 ด้วยหัวข้อ “Society 4.0” (รูปที่ ก.14) โดยสรุปได้ว่า สังคม 4.0 ที่ผู้เข้าร่วมเห็นพ้องกันนั้นคือ “A quantum society, where polarities, conflicting narratives and conflicting identities increasingly coexist” ซึ่งทำให้เกิดการอภิปรายออกเป็นอีก 3 หัวข้อ คือ

1. Empowerment and Disempowerment: เมื่อมีการใช้แพลตฟอร์มดิจิทัลมากขึ้น ทำให้ประชาชนเริ่มรู้สึกว่าคุณอื่นไม่ได้ยินสิ่งที่ตนเองคิดและไม่เป็นที่รับรู้ของสังคม

2. Varying Speeds and Registers of Time: เมื่อทุกอย่างเร็วขึ้นช่วยให้คนมีเวลาทำอย่างอื่นมากขึ้น แต่คนกลับรู้สึกว่าเวลาไม่พอ

3. Foundational and Multiple Narratives: เกี่ยวข้องการนำเสนอเรื่องราวของสื่อ โดยการเล่าเรื่องแบบพื้นฐานแบบในอดีตยังสำคัญอยู่ แต่คนยุคใหม่ก็ต้องการการรับรู้ด้านอัตลักษณ์ทั้งที่เป็นของตนและแบบกลุ่มด้วย

ทั้งนี้ ในสัมมนายังมีการแนะนำซึ่งอาจมีศักยภาพในการแก้ปัญหาข้างต้น โดยแบ่งเป็น 3 แบบดังนี้

1. High touch: การปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์หรือ “Heartware” จะทวีความสำคัญยิ่งขึ้นเมื่อเข้าสู่ยุคดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ

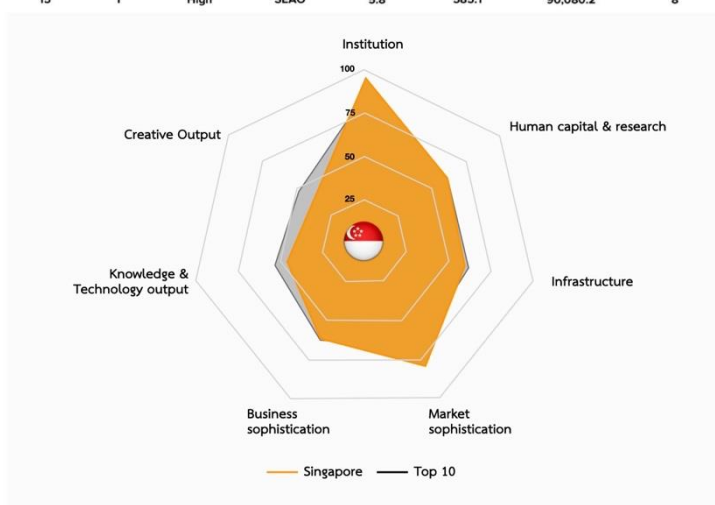
2. Synchronicity and Deceleration: ในโลกแห่งความขัดแย้ง มนุษย์จะเลือกในสิ่งที่ตรงกับตน หรือหากกลุ่มที่คล้ายคลึงที่ตรงกันและใช้ชีวิตช้าลงเพื่อช่วยในการวางแผนระยะยาวและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

3. Participation: การมีส่วนร่วมกับภาครัฐ เช่น การให้ประชาชนเข้าร่วมงานสัมมนา Foresight จะช่วยให้เห็นในมิติอื่นๆ ของสังคมได้ดียิ่งขึ้น (Centre for Strategic Futures Singapore, 2019)

5.3 ระดับนวัตกรรมของสาธารณรัฐสิงคโปร์ในปี ค.ศ. 2020

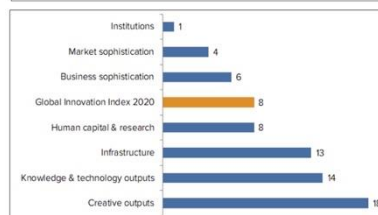
ในปี 2020 สาธารณรัฐสิงคโปร์ได้อันดับ 8 ของโลกในด้านนวัตกรรม ซึ่งนับเป็นผู้นำของโลกและในระดับกลุ่มประเทศที่มีรายได้สูงต่อประชากร เมื่อเทียบกับปี 2018 แล้ว อันดับของสิงคโปร์ร่วงจากอันดับที่ 5 ทั้งที่ยังครองอันดับ 1 ในด้าน Innovation Inputs และอันดับ 15 ของ Innovation outputs 3 ปีติดต่อกัน แสดงว่าอันดับที่ร่วงลงนี้นั้นเกิดจากประเทศอื่นที่ไต่อันดับที่สูงขึ้นแทน จากรูปที่ ก.15 เห็นได้ชัดว่า จุดแข็งของประเทศสิงคโปร์คือเสถียรภาพทางรัฐบาลที่มั่นคงเป็นอันดับ 1 ของโลกทั้งยังมีปัจจัยด้านตลาด ธุรกิจ และบุคลากร ช่วยส่งเสริมนวัตกรรมในประเทศได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม สิงคโปร์ยังมีพื้นที่ในการพัฒนาโดยเฉพาะด้านโครงสร้างพื้นฐาน การส่งออกด้านวิชาการและเทคโนโลยี รวมถึงเศรษฐกิจสร้างสรรค์ได้ต่อไปในอนาคต

Output rank	Input rank	Income	Region	Population (mn)	GDP, PPP\$	GDP per capita, PPP\$	GII 2019 rank
15	1	High	SEAO	5.8	585.1	90,080.2	8



Global Innovation Index 2020 | ประเทศสิงคโปร์

Rankings of Singapore (2018–2020)			
	GII	Innovation inputs	Innovation outputs
2020	8	1	15
2019	8	1	15
2018	5	1	15



รูปที่ ก.15 ดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) ในปี 2020 และช่องว่างทางนวัตกรรมระหว่างประเทศ Top 10 และ ประเทศสิงคโปร์ (ปรับจาก Global Innovation Index 2020)

5.4 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสิงคโปร์

ตารางที่ แสดงข้อมูลสรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสิงคโปร์

ตารางที่ ก.8 สรุปสาระสำคัญของนโยบายและกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศสิงคโปร์

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ก่อนอุตสาหกรรม (ค.ศ.1965-1980) FDI & MNC	- รัฐบาลนำเข้าเทคโนโลยีผ่านการดึงดูดให้ต่างประเทศเข้ามาลงทุน - ทำให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากบริษัทต่างชาติมายังบริษัทท้องถิ่น - ทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะแรงงานสิงคโปร์ไปพร้อมกัน - การเปิดสถาบันฝึกอบรมเพื่อพัฒนาทักษะแรงงานให้ไปสู่อุตสาหกรรมมูลค่าสูงได้	N/A

ระยะของอุตสาหกรรม	กลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยี	วิธีการคัดเลือกเทคโนโลยี
ช่วงไถ่กวาด (ค.ศ 1981-2010.) - FDI - Venture Capital - M&A - Incentive: ออกนโยบายช่วยเหลือด้านภาษี	- เปลี่ยนผ่านเข้าสู่อุตสาหกรรมที่เน้นด้านเงินทุนและเทคโนโลยี - ดึงดูดให้บริษัทต่างชาติจัดตั้งหน่วยวิจัยและพัฒนาด้วยการลดภาษี - จัดตั้งกลุ่ม cluster ของอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างบริษัทต่างชาติและบริษัทท้องถิ่น รวมถึง มหาวิทยาลัยและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดกิจกรรมด้านการวิจัยและนวัตกรรมเป็นวงกว้าง - รัฐบาลสนับสนุนกลุ่ม SME ผ่านการให้เงินกู้และให้ทุน รวมถึงใช้กองทุน (venture capital funding) เข้าไปลงทุนพร้อมกับเชื่อม SMEs ให้กับภาควิจัยและพัฒนาและกลุ่มบริษัทอื่น - ลงทุนในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และดึงดูดคนต่างชาติที่มีความสามารถในการสร้างนวัตกรรมให้กับประเทศสิงคโปร์ - ซื้อภาคธุรกิจต่างประเทศผ่านการลงทุนของรัฐวิสาหกิจ	เริ่มใช้ Strategic Foresight ในปี 1980 โดยนำมาใช้ร่วมกับกระบวนการออกนโยบายในปี 2000
ช่วงหลังการไถ่กวาด (ค.ศ. 2010-ปัจจุบัน) - Joint Venture - M&A - Incentive: ออกนโยบายช่วยเหลือด้านภาษี	- รัฐบาลลงทุนและออกโครงการสนับสนุนด้านการเงินให้กับผู้ประกอบการในภาคนวัตกรรมในอุตสาหกรรมใหม่ (frontier technologies) - พัฒนาศักยภาพของบุคลากรในปัจจุบันและรุ่นใหม่ในการเปลี่ยนผ่านเข้าสู่ยุค 4.0 โดยจัดเป็นคอร์สอบรมต่างๆ - ร่วมลงทุนในองค์กรวิจัยทั่วโลก	Strategic Foresight ด้วยเทคนิคการกวาดสัญญาณแนวราบและการรวบรวมความคิดเห็นจากการจัดสัมมนา

6. วิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบของประเทศญี่ปุ่น สาธารณรัฐเกาหลี สาธารณรัฐประชาชนจีน และสาธารณรัฐสิงคโปร์

6.1 การเปรียบเทียบวิวัฒนาการด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของทั้ง 4 ประเทศ ดังแสดงในตารางที่

ก.9

ตารางที่ ก.9 การเปรียบเทียบวิวัฒนาการด้านนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของทั้ง 4 ประเทศ

ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
ก่อน อุตสาหกรรม (Pre- Industrialization)	ค.ศ. 1868-1945	ค.ศ. 1945-1959	ค.ศ. 1949-1977	ค.ศ. 1965-1980
เป้าหมายทางกลยุทธ์ของนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม	สร้างกำลังการผลิตในภาคอุตสาหกรรมนำประเทศสู่สังคมอุตสาหกรรม (industrialized society)	พัฒนารากฐานเพื่อเพิ่มขีดความสามารถด้านการเติบโตทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม	สร้างขีดความสามารถทางอุตสาหกรรมเพื่อให้เศรษฐกิจพัฒนาและฟื้นความมั่นคงของชาติ	กระตุ้นให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วและสร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีภาคอุตสาหกรรม
นโยบายที่สำคัญ	- ส่งเสริมการนำเข้าเทคโนโลยีจากประเทศพัฒนา - สนับสนุนทางด้านกฎหมายและการเงินแก่ภาคอุตสาหกรรม - จัดตั้งสถาบันภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรม (STI) เช่น สถาบันวิจัยในภาครัฐ	- การสนับสนุนจากภายนอกในการนำเข้าเทคโนโลยีและสร้างขีดความสามารถของอุตสาหกรรมภายในประเทศ - จัดตั้งสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	- รัฐบาลจีนรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีและทักษะจากสหภาพโซเวียต (USSR) - เน้นไปยังอุตสาหกรรมการป้องกันประเทศ - จัดตั้งสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาวิจัย	- สร้างแรงจูงใจให้ต่างชาติเข้ามาลงทุนเพื่อเป็นให้เกิดการถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี - สร้างบุคลากรให้มีทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านวิทยาลัยทางเทคนิค (Technical training institutes)
ช่วงไล่กวด (Catch-up phase)	ค.ศ. 1945-1970s	ค.ศ. 1960-1999	ค.ศ. 1978-2012	ค.ศ. 1981-2010
เป้าหมายทางกลยุทธ์ของนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม	ส่งเสริมและเร่งรัดให้เศรษฐกิจเกิดการเติบโตอย่างรวดเร็วเพื่อลดช่องว่างทางเทคโนโลยีและเศรษฐกิจกับสหรัฐอเมริกา โดยให้ความสำคัญกับความต้องการทางสังคมเป็นอันดับรองลงมา	รักษาระดับความแข็งแกร่งทางเศรษฐกิจด้วยการลดช่องว่างระหว่างเทคโนโลยีกับประเทศสหรัฐอเมริกา	เอื้อให้เกิดการเปลี่ยนจากระบบสังคมนิยมแบบวางแผน (Socialist planned economy) ไปสู่ระบบสังคมนิยมแบบตลาดเสรี สร้างความสามารถในการผลิตนวัตกรรมของประเทศสำหรับการเติบโตในอนาคต	สร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนและรักษาความสามารถในการแข่งขัน

ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
นโยบายที่สำคัญ	- ภาครัฐเป็นผู้สนับสนุน, แนะนำเทคโนโลยี และอำนวยความสะดวกด้านการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศให้แก่กลุ่มอุตสาหกรรมที่สำคัญ - สนับสนุนกิจกรรมด้านนวัตกรรมผ่านการระดมทุนด้านวิจัยและพัฒนา (R&D) และ การร่วมทุนระหว่างภาครัฐและเอกชน (Public Private Partnership, PPP) - ขยายการเข้าถึงการศึกษาในทุกกระดับ	- ส่งเสริมให้เกิดการรวมกลุ่มบริษัทเพื่อเร่งการถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี - ทำการคัดเลือกอุตสาหกรรมและปรับปรุงโครงสร้างใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพขึ้น (Rationalization) - สร้างขีดความสามารถด้านการวิจัยและพัฒนาจากภายในประเทศด้วยการให้ทุนแก่สถาบันวิจัยและโครงการวิจัยและพัฒนาในระดับชาติ - เพิ่มการสนับสนุนด้านการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	- แบ่งโซนเทคโนโลยีขั้นสูง และสร้างแรงจูงใจให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูง - ปรับโครงสร้างสถาบันวิจัยและคนกลางเพื่อเชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างสถาบันวิจัยกับภาคอุตสาหกรรมให้แข็งแกร่งขึ้น - ถ่ายโอนเทคโนโลยีในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายผ่านการลงทุนจากต่างประเทศ (Foreign direct investment) - ส่งเสริมอุตสาหกรรมที่สร้างนวัตกรรมโดยสร้างแรงจูงใจให้บริษัทลงทุนในการวิจัยและพัฒนา	- สร้างแรงจูงใจให้เกิดการวิจัยและพัฒนาภายในประเทศเพื่อสร้างอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง - สนับสนุนผู้ประกอบการ SMEs เพื่อให้เกิดนวัตกรรม โดยช่วยให้เข้าถึงแหล่งเงินทุนได้ง่ายขึ้น ทำงานเชื่อมต่อกับสถาบันวิจัย และสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างบุคลากรและดึงดูดผู้มีความสามารถจากทั่วโลก
ช่วงหลังการไล่กวด (Post catch-up)	ค.ศ. 1980-ปัจจุบัน	ค.ศ. 2000 - ปัจจุบัน	ค.ศ. 2012-ปัจจุบัน	ค.ศ. 2010-ปัจจุบัน
เป้าหมายทางกลยุทธ์ของนโยบายวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม	จัดการกับความท้าทายทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม	จัดการกับความท้าทายด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม และ เสริมสร้างการเติบโตทางนวัตกรรม	เป็นศูนย์กลางทางนวัตกรรมของโลก ใช้นวัตกรรมขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศ	“Functioning” เป็นกุญแจสำคัญในการขับเคลื่อนให้เกิดการเติบโตทางนวัตกรรมและพัฒนาอนาคต

ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
นโยบายที่สำคัญ	- รักษาความสามารถในการแข่งขันด้วยการสร้างความเข้มแข็งทางกิจกรรมด้านวิจัยและพัฒนาโดยเฉพาะการวิจัยพื้นฐาน - วิเคราะห์และลงทุนในเทคโนโลยีที่สำคัญในอนาคต - ปรับโครงสร้างองค์กรวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม (STI) เพื่อกระชับความสัมพันธ์ของมหาวิทยาลัยและภาคอุตสาหกรรม	- รักษาความได้เปรียบทางอุตสาหกรรม ด้วยการเพิ่มความแข็งแกร่งด้านการวิจัยพื้นฐาน การลงทุนในอุตสาหกรรมใหม่และเทคโนโลยีอนาคต - สนับสนุนกลุ่ม SMEs - พัฒนาระบบนวัตกรรมระดับชาติผ่านการร่วมมือของภาครัฐและเอกชน (Public-Private Partnerships, PPP)	- ใช้แรงจูงใจสถาบันเพื่อให้เกิดการขยายสถาบันทางนวัตกรรม - เพิ่มความแข็งแกร่งทางด้านการจัดการทรัพย์สินทางปัญญา - สร้างและส่งเสริมขีดความสามารถในการเป็นแนวหน้าทางเทคโนโลยีและ ICTs โดยสร้างโปรแกรมเฉพาะขึ้นมาเพื่อพัฒนาผู้ประกอบการเป้าหมาย - ใช้วิทยาศาสตร์และนวัตกรรมในการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม (Green growth) และชนบท	- ส่งเสริมและประยุกต์ใช้นวัตกรรมภาครัฐ (Public Innovation) - สร้างแรงจูงใจและสนับสนุนนวัตกรรมในด้านธุรกิจโดยเฉพาะผู้ประกอบการกลุ่ม SMEs

6.2 เปรียบเทียบปัจจัยแห่งความสำเร็จ “ระบบกลไกด้านนโยบายของรัฐที่เหมือนกันด้วยกลยุทธ์การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ต่างกัน” ดังแสดงในตารางที่ ก.10

ตารางที่ ก.10 การเปรียบเทียบปัจจัยแห่งความสำเร็จของทั้ง 4 ประเทศ

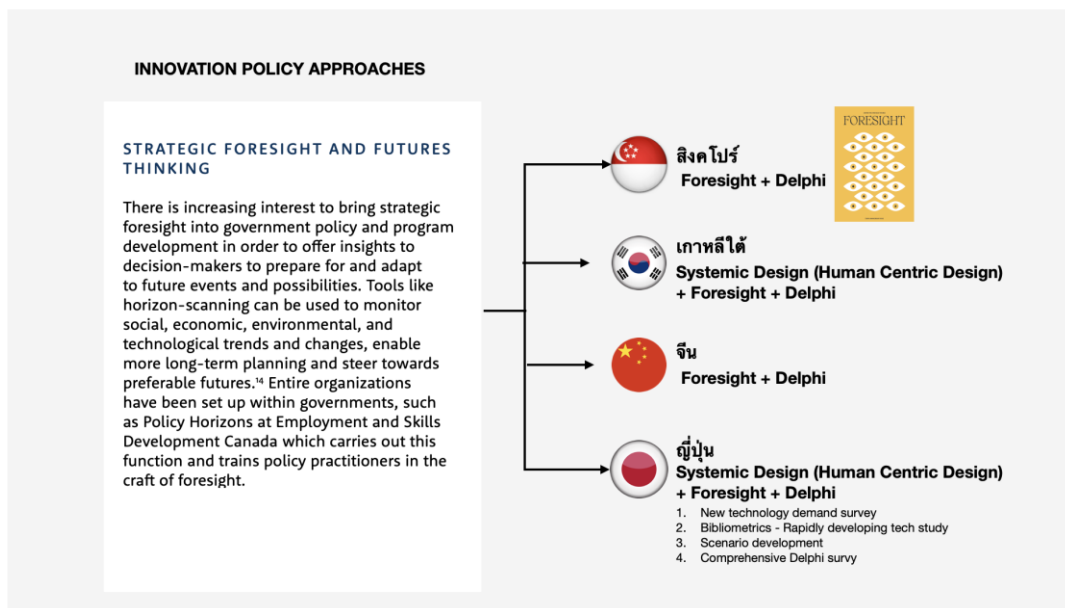
ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
1. รัฐสนับสนุนการถ่ายทอดและเผยแพร่เทคโนโลยี	รัฐบาลเริ่มต้นสนับสนุนด้วยการเน้นการนำเข้าเทคโนโลยีผ่านบริษัทต่างชาติ (MNC) จากสหรัฐอเมริกา และเริ่มพัฒนาการวิจัยภายในประเทศจนสามารถส่งออกเทคโนโลยีของตนเองได้	รัฐบาลเกาหลีได้จำกัด FDI รัฐบาลจึงหันด้วยวิธีการซื้อ License ให้กับเอกชน และเริ่มพัฒนาการวิจัยระดับประเทศร่วมกับบริษัทเอกชนขนาดใหญ่เพื่อพัฒนาเป็นเทคโนโลยีสัญชาติเกาหลี	“Technology-for-market”(2000s)” และ “Forced-Technology Strategy” รัฐบาลเปิดให้บริษัทต่างชาติเข้ามาลงทุน ได้โดยรัฐจะเป็นผู้คัดกรองบริษัทต่างชาติที่จะให้ประโยชน์กับประเทศและกีดกันบริษัทคู่แข่ง โดยบริษัทเหล่านี้จะต้องแลกการขยายตลาดในจีนด้วยการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้จีน	ในช่วงแรกรัฐบาลเปิดให้ต่างประเทศเข้ามาลงทุนและสร้างบริษัททุกภายในประเทศ สิงคโปร์เพื่อให้นำเทคโนโลยีเข้าประเทศ ต่อมาจึงสนับสนุนให้เกิดภาคการวิจัย ถ่ายทอดเทคโนโลยีและต่อยอดเทคโนโลยีจากภายในประเทศ

ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
2. สร้างบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	- ขยายมหาวิทยาลัยในภาควิศวกรรมและวิทยาศาสตร์เพื่อเปลี่ยนจากผู้รับเทคโนโลยีเป็นผู้สร้างเทคโนโลยี - ออก New Green Card เพื่อดึงดูดผู้มีความสามารถจากทั่วโลก	ปี 2015 เกาหลีมีการปฏิรูปการศึกษาด้วยการเพิ่มโปรแกรม software-education ในทุกระดับชั้นการศึกษา เพื่อสร้างคนเก่งและเพิ่มขีดความสามารถด้านบุคลากร	จีนปรับโปรแกรมการศึกษาในระดับประถมโดยเพิ่มความรู้ด้านการเงินการลงทุนตั้งแต่ปี 2011 รวมถึง AI education โดยปรับเข้าไปในทุกระดับการศึกษา	สร้างโรงเรียนโพลีเทคนิค (industry lead) เพื่อสร้างแรงงานที่มีทักษะในการเปลี่ยนไปเป็นอุตสาหกรรมมูลค่าสูง ออกวีซ่าเพื่อดึงดูดคนเก่งจากทั่วโลก มีการ up-skill และ re-skill เพื่อเตรียมบุคลากรในอนาคต
3. พัฒนาขีดความสามารถของการวิจัยภายในประเทศ	รัฐบาลส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือระหว่าง academia-industry, ช่วยอุดหนุนค่าใช้จ่ายในภาค R&D ให้กับเอกชน และลงทุนในการวิจัยในเทคโนโลยีกลุ่มใหม่ เช่น Biotechnology, Information processing และ new materials	รัฐเป็นผู้ให้ทุนแก่สถาบันวิจัยเพื่อสร้างเทคโนโลยีของประเทศ และช่วยจัดหาบุคลากรและความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรม	ในช่วง 1980s จีนได้ออกนโยบายโดยเน้นความต้องการด้านตลาด ด้วยการสร้าง infrastructure การสร้างสถาบันวิจัยพื้นฐาน แบ่งโซนเพื่อสร้างเทคโนโลยีขั้นสูงเพื่อช่วยให้เกิดการถ่ายทอดไปยังสถาบันการศึกษา	รัฐสนับสนุนสถาบันวิจัยในบริษัทผ่านการให้ทุนสนับสนุน (direct funding) และการร่วมทุน (Venture capital funding) รวมถึงการสร้าง linkage ให้ระหว่าง SMEs, สถาบันการศึกษา, และบริษัทเอกชนอื่นๆ
4. นโยบายด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมเป็นตัวหลักของนโยบายชาติ	ประเทศญี่ปุ่นเริ่มให้ความสำคัญกับ STI ตั้งแต่ยุคสร้างอุตสาหกรรมและนำมาเป็นตัวหลักในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจชาติ	เกาหลีได้ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเฉพาะในยุค 1980s โดยในปัจจุบัน เกาหลีนำนวัตกรรมมาช่วยแก้ปัญหาโดยพัฒนา Multiple-Sector-Specific และ Technology-Specific Plan	จีนเริ่มจากการสร้างเทคโนโลยีเพื่อความมั่นคงของชาติ ตามด้วยการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยปัจจุบันจีนได้เน้นด้าน Frontier Technologies เพื่อให้ศูนย์กลางแห่งนวัตกรรมใน 2030	รัฐบาลสิงคโปร์ต้องการใช้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมในการผลักดันให้ประเทศเจริญและยั่งยืน จึงนำมาเป็นตัวหลักของนโยบายชาติ
5. ให้ความสำคัญสูงสุดแก่การพัฒนา Frontier Technologies	Frontier technologies เป็นนโยบายที่สำคัญที่สุดในขณะนี้ โดยญี่ปุ่นใช้ Human-Cetred และ Holistic Crossectional Approach เพื่อนำนวัตกรรมไปใช้แก้ปัญหาทางสังคมและช่วยให้เศรษฐกิจเติบโต	Frontier Technologies เป็นนโยบายที่สำคัญอันดับต้น โดยใช้ Human-Centric Approach เพื่อยกระดับความเป็นอยู่ชีวิตให้ดีขึ้น	Frontier technologies เป็นนโยบายที่สำคัญที่สุด โดยเน้นการสร้างนวัตกรรมในด้าน smart cities, AI, smart manufacturing and intelligent vehicles	Frontier technology เป็นนโยบายหลักโดยใช้วิธี whole-of-government approach จากระดับสูงสุดของรัฐ เพื่อเพิ่มคุณภาพ ชีวิต และส่งเสริมการเติบโตของธุรกิจ

ยุคสมัย	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
6. ขยายขอบเขตของนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรม เพื่อนำไปสู่ความยั่งยืนและครอบคลุม (Inclusive) ทุกภาคส่วน	เริ่มออกนโยบายเพื่อสร้าง ความยั่งยืนและแก้ปัญหา สังคมตั้งแต่ปลาย 1960s เช่น มลพิษและสุขภาพของ ประชาชน โดยในปัจจุบัน เน้นไปในเรื่องความยั่งยืนและ ความครอบคลุม (Inclusive)	รัฐบาลเกาหลีมีเป้าหมายใน การเพิ่มคุณภาพชีวิต เพิ่ม Productivity และแก้ปัญหา สังคม	ใช้นวัตกรรมเพื่อแก้ปัญหา ด้าน สิ่งแวดล้อม สร้างความยั่งยืน และลดความยากจน	ใช้นวัตกรรม เช่น IOT, Big data ในด้านที่ไม่ใช่นวัตกรรม เช่น การให้บริการสาธารณะ แก่ประชาชน เช่น ศูนย์ข้อมูล ด้านการบริหารจัดการเงินใน SMEs
7. วิวัฒนาการของ ภาครัฐในการส่งเสริมภาควิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม	รัฐบาลเป็นผู้นำเข้าเทคโนโลยี สร้างมหาวิทยาลัย เพื่อให้ เทคโนโลยีเกิดความแพร่หลาย ต่อมาช่วยในการตั้งหน่วยงาน วิจัยที่สำคัญเพื่อสร้าง เทคโนโลยีของประเทศ ก่อนที่จะเปลี่ยนไปเป็น ผู้ส่งเสริมและสนับสนุน	รัฐบาลเริ่มต้นด้วยการอุดหนุน ค่าใช้จ่ายด้าน R&D ให้กับ บริษัทต่างๆมากกว่า 80% จนเมื่อมีการพัฒนา รัฐบาล เกาหลีเปลี่ยนไปเป็นผู้ส่งเสริม และสนับสนุนแทน	รัฐบาลเป็นผู้ควบคุมการนำเข้า และการถ่ายทอดเทคโนโลยีใน ช่วงแรก ก่อนที่จะเริ่มเปิด ตลาดเสรีมากขึ้น โดยรัฐเป็นผู้ ส่งเสริมพร้อมทั้งทำงานร่วมกับ บริษัทเอกชนขนาดใหญ่ทั้งใน ด้าน R&D และ การประยุกต์ ใช้ โดยเฉพาะใน Frontier Technologies	รัฐบาลเปิดประเทศเพื่อให้ต่าง ชาติเข้ามาลงทุน (FDI) และ เผยแพร่เทคโนโลยี พร้อมทั้ง ตั้งสถาบันการศึกษาและวิจัย ก่อนที่จะเป็นผู้สนับสนุนด้าน ทุนทั้งการเป็นผู้ให้ทุนโดยตรง และเป็นผู้ร่วมทุน

6.3 เปรียบเทียบวิธีการคัดกรองเทคโนโลยี (Technology Prioritization)

การคาดการณ์อนาคต (Foresight) เป็นเครื่องมือในการวางแผนระยะกลางถึงยาวซึ่งสามารถนำมาใช้ได้ในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับองค์กรจนถึงระดับประเทศ โดยประกอบไปด้วยเทคนิคต่างๆ เช่น การสำรวจแบบ Delphi ที่ประเทศเกาหลีและญี่ปุ่นใช้ การกวาดสัญญาณแนวราบ (Horizon Scanning) ที่ประเทศสิงคโปร์นำมาใช้ในหน่วยงานภาครัฐ การสร้างนโยบายเพื่อแก้ปัญหาจากการจำลองอนาคตของญี่ปุ่น (Problem Solution Scenario) และจีนที่เน้นการทำ Delphi ร่วมกับระบบ Systemic เพื่อหาเทคโนโลยีในอนาคตที่มีหลักฐานสนับสนุน (รูปที่ ก.16) แม้ว่าการใช้งานเครื่องมือมีเทคนิคที่แตกต่างกัน แต่ผลที่ออกมา ก็ใกล้เคียงกับบริบทของแนวโน้มโลก สิ่งสำคัญของการใช้เทคนิคนี้ คือ การหาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมกับสังคมในบริบทและเป้าหมายทิศทางของประเทศนั้น รวมถึงนำมาช่วยแก้ปัญหาและตอบสนองความต้องการทางสังคม ส่งเสริมในภาคเศรษฐกิจ และ ช่วยให้เกิดความยั่งยืนทั่วถึงทั้งในด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเพื่อนำไปสู่อนาคตที่วางไว้



รูปที่ ก.16 วิธีการคัดกรองเทคโนโลยีที่ใช้เหมือนกันของทั้ง 4 ประเทศ คือ วิธีคาดการณ์อนาคตเชิงยุทธศาสตร์ (Strategic Foresight) โดยประเทศสาธารณรัฐเกาหลีและญี่ปุ่นใช้ร่วมกับการคิดเชิงระบบ (Systemic Thinking) โดยให้ประชาชนเป็นศูนย์กลาง

6.4 เปรียบเทียบศักยภาพด้านนวัตกรรมจาก “Global Innovation Index (GII) ปี 2020”

รูปที่ ก.17 ได้แสดงให้เห็นถึงการจัดอันดับของ GI I ซึ่งประเทศผู้นำโลก 5 อันดับแรกประกอบไปด้วยประเทศ สวิตเซอร์แลนด์ สวีเดน สหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และ เนเธอร์แลนด์ ในขณะที่ ประเทศสิงคโปร์ (อันดับ 8) และเกาหลีใต้ (อันดับ 10) ติดอยู่ใน 10 อันดับแรกของโลก ตามมาด้วยจีน (อันดับ 14) และญี่ปุ่น (อันดับ 16) ที่อยู่ในส่วน 20 อันดับแรกของโลก ซึ่งทั้ง 4 ประเทศจัดว่าเป็นประเทศที่มีรายได้ต่อประชากรสูงและเป็นผู้นำทางนวัตกรรมโดยแต่ละประเทศมีจุดแข็งที่ต่างกัน อาทิ ในประเทศสิงคโปร์มีจุดแข็งทางด้านสภาพแวดล้อมและโครงสร้างที่เอื้อต่อการสร้างนวัตกรรมโดยเฉพาะความเสถียรภาพทางการเมือง ในขณะที่เกาหลีใต้มีจุดเด่นในเรื่องการพัฒนาการศึกษาและการวิจัยและตลาดกับปัจจัยที่เอื้อต่อการสร้างนวัตกรรม เช่นเดียวกับกับประเทศญี่ปุ่นที่มี ปัจจัยเอื้อในด้านการตลาด โครงสร้างพื้นฐาน และการทำธุรกิจ ในทางตรงกันข้าม จีนมีจุดแข็งในด้าน Output มากกว่า Input อย่างการส่งออกนวัตกรรมทั้ง ส่วนเทคโนโลยี และ นวัตกรรมสร้างสรรค์ ส่วนสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการทำธุรกิจถูกลดระดับลงไปเนื่องจากการควบคุมด้านกฎระเบียบในเรื่องการลงทุนของต่างประเทศที่ต้องจ่ายอภยถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับประเทศจีน

Global Innovation Index: 2020	GII RANK : TOP 5	เปรียบเทียบ GII ของ 4 ประเทศ				
ดัชนีนวัตกรรมโลก (GII) หรือ Global Innovation Index ได้รับการจัดทำร่วมกันโดยมหาวิทยาลัย Cornell สถาบัน INSEAD และองค์การทรัพย์สินทางปัญญาโลก (World Intellectual Property Organization-WIPO) โดยมุ่งเน้นการวัดศักยภาพด้านนวัตกรรมจากดัชนีปัจจัยย่อยเข้าทางนวัตกรรม (Input) และดัชนีย่อยทางผลผลิตนวัตกรรม (Output)	1  Switzerland 2  Sweden 3  USA 4  UK 5  Netherlands	<table><tr><td> 8th  สิงคโปร์ </td><td> 10th  เกาหลีใต้ </td></tr><tr><td> 14th  จีน </td><td> 16th  ญี่ปุ่น </td></tr></table>	8th  สิงคโปร์	10th  เกาหลีใต้	14th  จีน	16th  ญี่ปุ่น
8th  สิงคโปร์	10th  เกาหลีใต้					
14th  จีน	16th  ญี่ปุ่น					
 ประเทศไทย อันดับที่ 44						

ที่มา: Global Innovation Index (https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/2020/)

รูปที่ ก.17 การเปรียบเทียบอันดับจากการวัดดัชนีโลก (GII) ประกอบไปด้วยประเทศผู้นำนวัตกรรม (5 อันดับแรก) และ อันดับของประเทศ สิงคโปร์ เกาหลี จีน ญี่ปุ่น และ ประเทศไทย

6.5 เปรียบเทียบการเลือกกลุ่มเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technologies)

ตารางที่ แสดงข้อมูลเปรียบเทียบการเลือกกลุ่มเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technologies) ของประเทศ สิงคโปร์ เกาหลี จีน และญี่ปุ่น

ตารางที่ ก.11 การเปรียบเทียบการเลือกกลุ่มเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technologies) ของทั้ง 4 ประเทศ

หัวข้อ	ญี่ปุ่น	สาธารณรัฐเกาหลี	สาธารณรัฐประชาชนจีน	สาธารณรัฐสิงคโปร์
กลุ่มเทคโนโลยีชั้นนำ (Frontier Technologies)	- Society 5.0 – Intelligent transport, smart manufacture, integrated material, smart food chain, smart production, community care system, environment info. Platform - Database, Data utilisation, IP, regulation - Foster Industry 4.0	- Smart manufacturing (Made in China 2025) - Smart cities - Big data - Artificial intelligence - Blockchain technology - Intelligent Vehicles	- Korea 4.0 (Human-centric) - Intelligent robots - Smart manufacturing - Advanced IT & AI - Internet of Things - Fin Tech - Cloud computing - Multiple (smart and open Government)	- Intelligent Nation : Smart city, ICT , infocomm industry - Smart Nation initiative : National digital ID, e-Payments, Smart sensor platform, Smart public transport, seamless public services - Infocomm Media: Big data & analytics, Internet of Things, Future comms, Cybersecurity, robotics,

				immersive infocomm media 4. Digital economy 5. Research, Innovation & Enterprise 2020 : Manufacutring, Health& Biomedical sciences, Sustainability+Urban solution, autonomous 6. National Cyber Security Masterplan 2018
เครื่องมือที่ใช้	Strategic Foresight (Stenberg & Nagano, 2009; Cuhls, 2004)	Strategic Foresight (Rongping & Zhongbao, 2008; Li , 2009)	Strategic Foresight (Choi & Choi, 2015; Shevchenko & Stukach , 2017)	Strategic Foresight (Shevchenko & Stukach , 2017; Kuosa, 2011; Zahraei, et al., 2020)

เมื่อพิจารณาจากโดยอิงจากภาพของประวัติศาสตร์ สังคม เศรษฐกิจ แล้ว นับว่าประเทศทั้ง 4 มีความเกี่ยวข้องกันไม่ทางใดก็ทางหนึ่ง โดยเฉพาะการแผ่อิทธิพลของประเทศญี่ปุ่นในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งต้องมีการฟื้นฟูประเทศหลังสงคราม การพัฒนาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมจึงตามมาพร้อมกับการเปลี่ยนจากยุคเกษตรกรรมไปสู่ยุคอุตสาหกรรม ถึงแม้ว่าการก้าวเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมจะไม่พร้อมกันอันเนื่องมาจากปัจจัยภายในประเทศ แต่ยุทธศาสตร์ในช่วงยุคแรกมีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ การถ่ายทอดเทคโนโลยีเกิดจากประเทศที่เจริญแล้วถ่ายทอดมายังประเทศที่กำลังพัฒนา โดยวิธีการของประเทศญี่ปุ่นและสิงคโปร์เหมือนกันคือ การเปิดให้ชาวต่างชาติเข้ามาลงทุนและเปิดบริษัทข้ามชาติ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี และทักษะของคนในประเทศ ในขณะที่เกาหลีและจีนต่างซื้อเทคโนโลยีเข้ามาโดยเกาหลีได้เน้นหนักไปยังการซื้อ License และนำมาพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีของประเทศตน

นโยบายที่ส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยีต่างถูกผลักดันมาจากการพัฒนาเศรษฐกิจในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการส่งเสริมการส่งออกของประเทศเกาหลี สิงคโปร์ และญี่ปุ่น หรือจะเป็นการส่งเสริมภาคการวิจัยในทุกประเทศ หากแต่ถ้า ลักษณะของการปกครอง และการเมืองที่ต่างกัน ทำให้การสนับสนุนของภาครัฐมีความต่างกันด้วย ถึงแม้ว่าในเกาหลีและญี่ปุ่นจะมีการใช้กลุ่มนายทุน และบริษัทเอกชนเป็นตัวนำเพื่อช่วยให้เกิดการกระจายเทคโนโลยีไปยังบริษัทอื่น ยุทธศาสตร์นี้ทั้งสองประเทศมีความต่างกัน เพราะญี่ปุ่นมีการสนับสนุนกลุ่ม SMEs ควบคู่ไปด้วย ในขณะที่เกาหลีได้ไม่ได้เน้นกลุ่ม SMEs จนสร้างความเหลื่อมล้ำให้กับสังคม ในปัจจุบัน ในส่วนประเทศจีนและสิงคโปร์นั้นมีความคล้ายคลึงกันในแง่เผด็จการของรัฐในทางการเมืองร่วมกับการใช้การค้าเสรีแบบทุนนิยมมาผลักดันทางเศรษฐกิจ แต่เนื่องจากประเทศสิงคโปร์เป็นประเทศที่เล็ก ทั้งยังเป็นท่าเรือ ทำให้สิงคโปร์เน้นหนักในการเป็นศูนย์กลางการค้า การลงทุน เพื่อดึงดูดให้ต่างชาติเข้ามา จึงทำให้ประเทศสิงคโปร์ต้องพึ่งพาเงินทุนต่างชาติและได้รับผลกระทบจากวิกฤติการณ์เศรษฐกิจมากกว่าประเทศจีน ข้อดีคือ ความเร็วของสิงคโปร์ในลักษณะมาที่หลังดังกล่าว จึงเป็นจุดเด่นโดยเฉพาะการพัฒนาด้านวิทยาการที่ล้ำหน้าไปกว่าประเทศอื่นๆ ในส่วนของประเทศจีนที่มีลักษณะใหญ่กว่า การสร้างโครงสร้างพื้นฐานจึงต้องใช้เงินทุนเป็นจำนวนมาก จีนจึงพัฒนาได้ช้ากว่าประเทศสิงคโปร์

ในส่วนการพัฒนาบุคลากรในปัจจุบันของทั้ง 4 ประเทศ มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ มีการปฏิรูปภาคการศึกษาโดยนำโปรแกรมที่เป็นฐานในยุค 4.0 เข้าไปในระบบการศึกษาตั้งแต่ประถมไปจนถึงระดับมหาวิทยาลัย อย่างไรก็ตาม ในอดีต เป้าหมายในการผลิตบุคลากรอาจแตกต่างกันไปเช่น ในประเทศสิงคโปร์เน้นการพัฒนากลุ่มวิชาชีพ เพื่อให้เป็นแรงงานที่มีทักษะในการทำอยู่ในภาคอุตสาหกรรมเป็นหลัก หลังจากที่แรงงานเหล่านี้ได้รับการพัฒนาทักษะในระดับสูงแล้วจึงเกิดการส่งเสริมผู้ประกอบการ

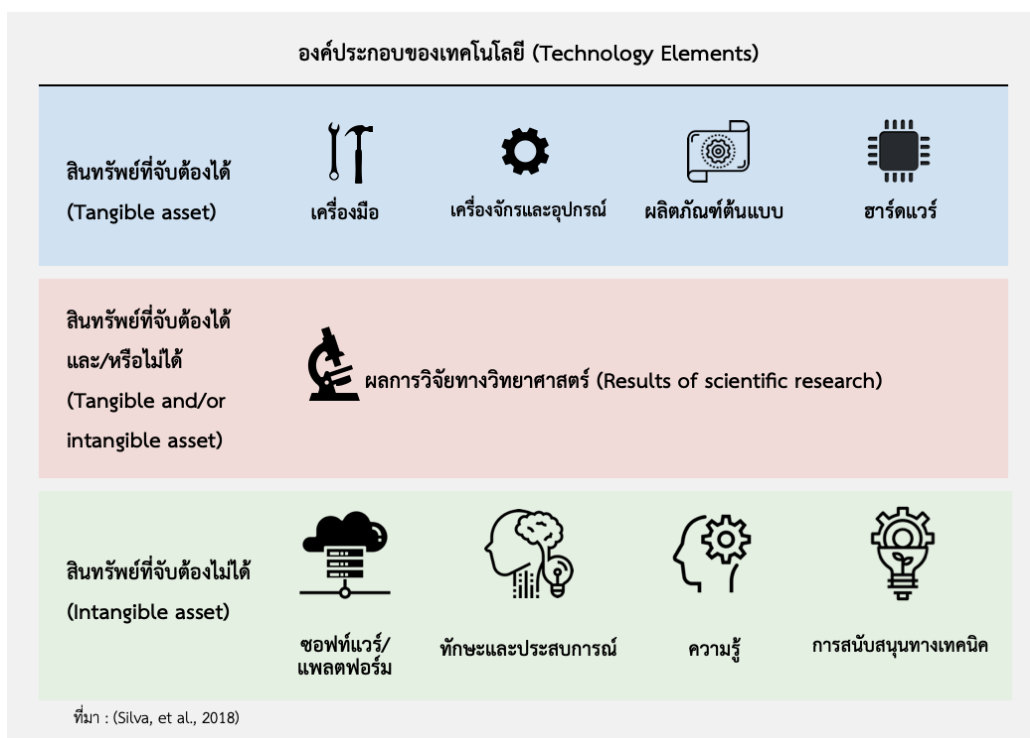
ด้านนวัตกรรมจนถึงปัจจุบันซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับเกาหลีในปัจจุบัน จึงทำให้เกิด Start Ups ทั้งสองประเทศ แต่ประเทศญี่ปุ่นเน้นการสร้างบุคลากรทั้งทางวิจัยและพัฒนาทางด้านวิชาการเพื่อไปร่วมสร้างนโยบายให้กับประเทศ

การเข้าสู่ยุค 4.0 เป็นโจทย์ที่สำคัญระดับโลก ประเทศทั้ง 4 ปรับตัวด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงไม่ต่างกัน แต่มีวาระที่ต่างกันตามเป้าหมายของประเทศ วิธีการเลือกเทคโนโลยีด้วยวิธี Strategic Foresight กลายเป็นมาตรฐานในการช่วยกำหนดทิศทางเมื่อประเทศผู้นำนวัตกรรมต่างใช้ สิ่งที่น่าสนใจคือ เป้าหมายในการใช้ Foresight นี้ถึงแม้จะนำมาช่วยในการสร้างนโยบายเพื่อตอบสนองสังคมในอนาคต แต่รูปแบบการวางนโยบายที่ออกมาก็มีความต่างกัน ประเทศญี่ปุ่นเน้นไปยัง Society 5.0 ที่พยายามนำเทคโนโลยีมาช่วยเหลือผู้สูงอายุที่จะมากขึ้นในอนาคตอันใกล้ เช่นเดียวกับประเทศเกาหลีที่ต้องการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้นด้วยนวัตกรรม ส่วนในสิงคโปร์เน้นหนักไปในด้านเป็นผู้นำด้านนวัตกรรมและการวิจัยที่พยายามมองปัญหาที่เกิดจากเทคโนโลยีในเชิงแนวคิดและพฤติกรรมที่เปลี่ยนไป ในขณะที่จีนมุ่งไปยังการเป็นผู้นำของนวัตกรรมโลกและลดคนจนในประเทศเป็นหลักซึ่งก็ยังคงคำนึงถึงสังคมในอนาคตและให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการสร้างนโยบายล่าสุดด้วย ทั้งนี้ ทั้ง 4 ประเทศต่างมีเป้าหมายและทิศทางที่ชัดเจนซึ่งสามารถนำมาเป็นตัวอย่างเพื่อศึกษาถึงข้อดีข้อเสียในการปรับใช้ได้ อย่างไรก็ตาม สำหรับประเทศไทยนั้นมีความท้าทายหลายด้าน ทั้งในฝั่งการเมืองการปกครอง เศรษฐกิจและสังคม การพัฒนาบุคลากรและความเจริญก้าวหน้าในทางเทคโนโลยีและนวัตกรรม และลักษณะของภาคธุรกิจที่บริษัทต่างชาติเริ่มย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่ค่าแรงถูกกว่าและทรัพยากรมากกว่า รวมถึง กลุ่มธุรกิจขนาดใหญ่ภาคเอกชนที่ส่งผลโดยตรงต่อทิศทางของนโยบายประเทศ จึงทำให้ประเทศมีหลายประเด็นในการผลักดันและจัดระเบียบให้เดินไปในทิศทางเดียวกันต่อไป

ภาคผนวก ข. การเลือกและการถ่ายทอดเทคโนโลยี (นโยบายและปัจจัยที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ)

1. องค์ประกอบหลักในการเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยี

บริบทของการถ่ายทอดเทคโนโลยีนั้น คำว่า เทคโนโลยีมิได้เป็นเพียงชื่อขายเครื่องจักรของภาคอุตสาหกรรมเท่านั้น แต่ยังรวมถึงยังรวมถึงสินทรัพย์ที่จับต้องได้และ/หรือจับต้องไม่ได้ด้วย ผลงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่จดสิทธิบัตร และสินทรัพย์ที่จับต้องไม่ได้ด้วย ไม่ว่าจะเป็นแบบไม่เป็นการ เช่น ซอฟต์แวร์หรือแพลตฟอร์มที่ดาวน์โหลดกันใช้ทั่วประเทศ คอร์สเรียนที่ส่งผ่านความรู้ การแชร์ในโลกออนไลน์ถึงเคล็ดลับวิธีการต่างๆ การซื้อขายแอปพลิเคชัน การใช้แพลตฟอร์มคลาวด์ แพลตฟอร์มค้าขายสินค้าและบริการทางออนไลน์ หรือจะเป็นแบบทางการที่เกิดจากการจ้างงานที่ช่วยฝึกให้พนักงานมีทักษะเพิ่มขึ้น สิ่งเหล่านี้ได้แสดงให้เห็นว่า คำว่าเทคโนโลยีนี้ในปัจจุบันไม่ได้หมายถึงพวกเครื่องจักรอีกต่อไป แต่เป็นสิ่งที่จับต้องได้ยากและมีการใช้แพร่หลายอย่างรวดเร็วระดับโลก ดังแสดงในรูปที่ ข.1 และ ข.2



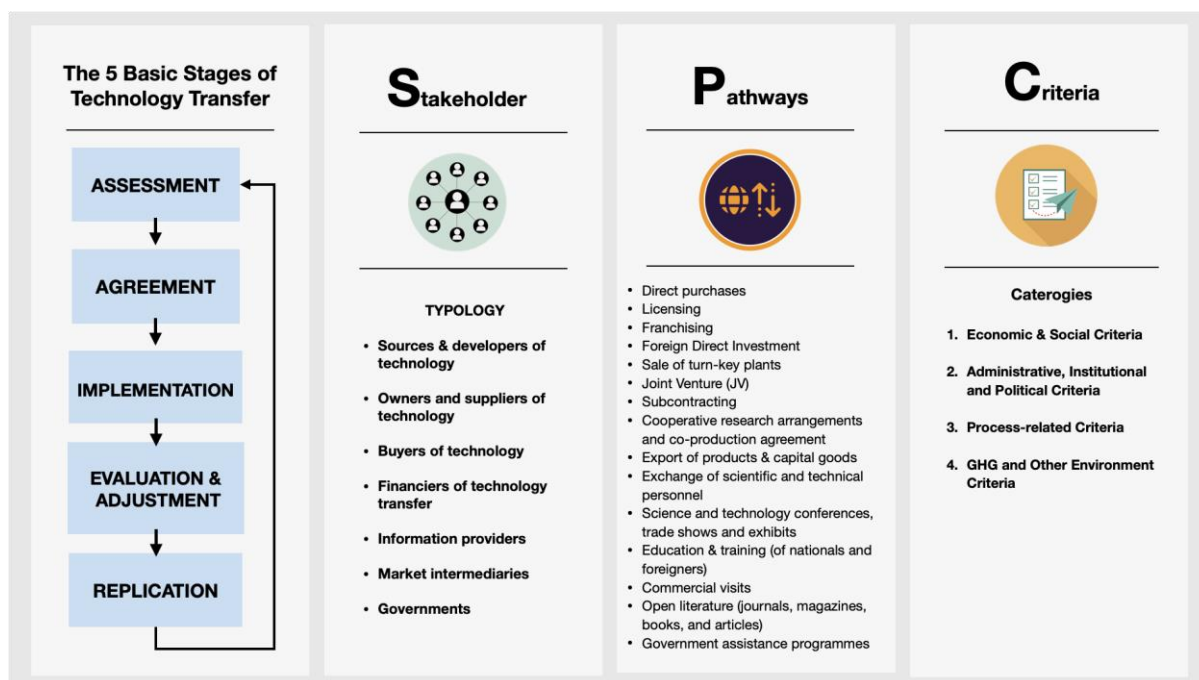
รูปที่ ข.1 องค์ประกอบของเทคโนโลยี (Technology Elements)

1.1 ขั้นตอนในการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ทั้งเป็นผู้รับและถ่ายทอด) มีดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการประเมินสถานการณ์ (Assessment) เป็นขั้นตอนที่ระบุความต้องการและเป้าหมายที่แท้จริง
2. ขั้นตอนการทำสัญญา (Agreement) ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเลือกช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี
3. ขั้นตอนการประยุกต์ใช้งาน (Implementation) เมื่อได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยีแล้ว ผู้รับนำไปใช้งานจริง
4. ขั้นตอนการประเมินผลและปรับปรุง (Evaluation and Adjustment) โดยส่วนใหญ่การใช้งานจริงมัก

จะมีการปรับเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมหรือแพลตฟอร์มของผู้รับ ขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนที่ต้องตรวจสอบและประเมินเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด

5. ขั้นตอนการจำลองแบบ (Replication) หลังจากที่ได้ปรับปรุงเทคโนโลยีที่รับมาแล้ว เป็นขั้นตอนการจำลองแบบเพื่อให้สามารถสร้างใช้เองได้



รูปที่ ข.2 สรุปองค์ประกอบหลักในการเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.2 ผู้ที่มีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจ/ออกนโยบายเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยี การถ่ายทอดเทคโนโลยีต้องอาศัยการดำเนินการของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่างๆ (stakeholders) ซึ่งประกอบไปด้วย ผู้พัฒนาเทคโนโลยี เจ้าของเทคโนโลยี ผู้ผลิต ผู้ซื้อ ผู้รับเทคโนโลยี ผู้ใช้เทคโนโลยี (เช่น บริษัทเอกชน องค์กร หรือ ผู้บริโภค) นักลงทุนและผู้บริจาค ภาครัฐ องค์กรระหว่างประเทศ และ องค์กรไม่แสวงหากำไร ถึงแม้ว่าบางเทคโนโลยีอาจส่งผ่านโดยตรงระหว่างเอเจนซีของรัฐบาลหรือการถ่ายทอดโดยตรงภายในองค์กร แต่การประสานงานและความร่วมมือระหว่างภาคต่างๆ เช่น ที่ปรึกษาทางธุรกิจ สถาบันการเงินเป็นสิ่งจำเป็นต่อความสำเร็จในการถ่ายทอดซึ่งภาครัฐสามารถสนับสนุนได้ในส่วนนี้ (ตารางที่ ข.1)

ตารางที่ ข.1 บทบาทหน้าที่และการตัดสินใจหรือการออกนโยบายที่จะส่งอิทธิพลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี

(ปรับจาก Metz, et al., 2000)

ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders)	เป้าหมาย/แรงจูงใจ (Motivations)	การตัดสินใจหรือนโยบายที่ส่งผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี
รัฐบาล - ระดับประเทศ - ระดับจังหวัด - ระดับชุมชน/ท้องถิ่น	- เป้าหมายด้านการพัฒนา - เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม - เป้าหมายด้านการแข่งขัน - เป้าหมายด้านความมั่นคง	- นโยบายภาษี (รวมถึงภาษีด้านการลงทุน) - นโยบายนำเข้า/ส่งออก - นโยบายทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรม - นโยบายการสร้างขีดความสามารถและการศึกษา - การพัฒนาสถาบันและระเบียบข้อบังคับ - บทบัญญัติกฎหมายสินเชื่อ (Direct credit provision)

ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders)	เป้าหมาย/แรงจูงใจ (Motivations)	การตัดสินใจหรือนโยบายที่ส่งผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี
ธุรกิจเอกชน (Private-sector business) - บริษัทข้ามชาติ - บริษัทระดับประเทศ - บริษัทระดับท้องถิ่น/กิจการขนาดเล็ก (รวมถึง ผู้ผลิต ผู้ใช้ ผู้จัดการจำหน่าย และ นักการเงินของเทคโนโลยี)	- ผลประโยชน์/กำไร - ส่วนแบ่งทางการตลาด - ผลตอบแทนการลงทุน (ROI)	- การวิจัยและพัฒนาทางเทคโนโลยี/ - การตัดสินใจทางการค้า - การตัดสินใจด้านการตลาด - การตัดสินใจด้านการลงทุน - นโยบายการพัฒนาทักษะ/ขีดความสามารถ - โครงสร้างของการรับข้อมูลจากภายนอก - การตัดสินใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี - ตัวเลือกของช่องทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยี - นโยบายด้านการกีดกัน (ผู้ผลิต, นักการเงิน) - การเลือกเทคโนโลยี (ผู้จำหน่าย, ผู้ใช้งาน)
ผู้ให้ทุน (Donors) - ธนาคารเพื่อการพัฒนา ระหว่างประเทศ (พหุภาคี) - กองทุนสิ่งแวดล้อมโลก - หน่วยงานช่วยเหลือทวิภาคี	- เป้าหมายการพัฒนา (Development goal) - เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม - ผลตอบแทนการลงทุน (ROI)	- การเลือกโครงการและการออกแบบเกณฑ์คัดเลือก - การตัดสินใจด้านการลงทุน - การออกแบบและจัดส่งความช่วยเหลือทางเทคนิค - ข้อกำหนดในการจัดซื้อ - ข้อกำหนดในเงื่อนไขการปฏิรูป (Conditional reform requirements)
สถาบันระหว่างประเทศ - WTO - UNCSD - OECD	- เป้าหมายการพัฒนา (Development goal) - เป้าหมายด้านสิ่งแวดล้อม - การกำหนดนโยบาย - การประชุมเพื่อหารือด้านนโยบาย (International dialogue)	- การเน้นไปยังนโยบายและเทคโนโลยี - การเลือกผู้เข้าร่วมในที่ประชุม (forums) - ตัวเลือกรูปแบบในการเผยแพร่ข้อมูล

ผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholders)	เป้าหมาย/แรงจูงใจ (Motivations)	การตัดสินใจหรือนโยบายที่ส่งผลต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี
การวิจัย/ภาคบริการที่เชื่อมต่อ (extension) - สถาบันวิจัย/ห้องปฏิบัติการ - มหาวิทยาลัย - ภาคบริการที่เชื่อมต่อการวิจัย	- ความรู้พื้นฐาน - การวิจัยประยุกต์ - การสอน - การถ่ายทอดความรู้ - การรับรู้ความน่าเชื่อถือ (Perceived credibility)	- การกำหนดวาระการวิจัย (Research agenda) - การวิจัยและพัฒนาทางเทคโนโลยี/การตัดสินใจทางการค้า - การตัดสินใจในการถ่ายทอดเทคโนโลยี - ตัวเลือกของช่องทางในการถ่ายทอดเทคโนโลยี
สื่อ/กลุ่มสาธารณะ - ทีวี หนังสือพิมพ์ โซเชียลมีเดีย - โรงเรียน - กลุ่มชุมชน - กลุ่ม NGOs	- การเผยแพร่ข้อมูล - การให้การศึกษา - การตัดสินใจร่วมกัน (Collective decisions) - สวัสดิการส่วนรวม (Collective welfare)	- การยอมรับในโฆษณา - การโปรโมตในเทคโนโลยีที่ได้รับเลือก - หลักสูตรการศึกษา *การล๊อบบี้ทางนโยบายที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี
ผู้บริโภครายบุคคล - ในเมือง / ศูนย์กลาง - ชนบท/รอบนอก	- สวัสดิการ - สาธารณูปโภค - การลดค่าใช้จ่าย	- การตัดสินใจในการเลือกซื้อ - การตัดสินใจที่จะเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับเทคโนโลยี - การเลือกช่องทางการเรียนรู้หรือรับข้อมูล - การจัดอันดับความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลที่ได้มา

1.3 ช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นช่องทางเดียวกันกับการขยายตลาดในต่างประเทศ ซึ่งมีหลากหลายขึ้นอยู่กับภาคส่วนของอุตสาหกรรม สถานการณ์ของประเทศ และ ประเภทของเทคโนโลยี ทั้งยังขึ้นอยู่กับช่วงการพัฒนาของเทคโนโลยี เช่น เทคโนโลยี ที่ ยังอยู่'ในช่วงพัฒนา ใช้คนละช่องทางกับเทคโนโลยี ที่ อยู่'ในระยะใกล้'ออกสู่ตลาด เป็นต้น รายละเอียดของช่องทางการถ่ายทอดแบ่งออกเป็น

1. ระดับของการถ่ายทอด

- Government-driven pathways: เป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยมีรัฐบาลเป็นผู้ริเริ่มโดยใช้นโยบายเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย
- Private-sector-driven pathways: เป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบซื้อขายระหว่างภาคเอกชนโดยระดับนี้กลายมาเป็นช่องทางหลักของการถ่ายทอดเทคโนโลยี
- Community-driven pathways: การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับองค์กรระดับท้องถิ่นซึ่งใช้การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจของชุมชนเป็นหลัก

2. ช่องทางของการถ่ายทอด (Pathway)

2.1 ช่องทางทั่วไป (General Channels): การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบไม่เกี่ยวข้องกันตลาดและไม่ต้องมีส่วนร่วมจากแหล่งที่มา ประกอบไปด้วย

- การเปลี่ยนงาน (Labor mobility)
- การให้การศึกษา หรือ ฝึกอบรม
- การเข้าถึงข้อมูลทางเทคนิค เช่น ในสิทธิบัตร งานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
- การพัฒนาแหล่งข้อมูลแบบเปิด (Open source technology development) ซึ่งเป็นรูปแบบที่

กำเนิดขึ้นจากอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์และกระจายไปสู่อุตสาหกรรมอื่นๆ

- การเผยแพร่เทคโนโลยี (Spillover effects) เป็นการเผยแพร่อย่างไม่เป็นทางการจากผู้ใช้คนหนึ่งไปยังคนอื่นๆในประเทศเดียวกัน ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบการเปลี่ยนงาน อย่างไรก็ตาม วิธีนี้ต้องอาศัยความสามารถในการดูดซับเทคโนโลยีภายในประเทศด้วย

2.2 การลอกเลียนแบบ (Reverse Engineering) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการพัฒนาเทคโนโลยีที่นำมาใช้โดยหน่วยงานต่างๆ และเป็นเส้นทางที่เร็วที่สุดในการถ่ายทอดเทคโนโลยีโดยการนำเข้าโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการถ่ายทอดอย่างเป็นทางการ

2.3 ช่องทางอย่างเป็นทางการ Formal Channels: การถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้กระทำตามกระบวนการที่วางแผนไว้ และ ได้รับความยินยอมจากเจ้าของเทคโนโลยี โดยมักอยู่ในรูปแบบกลยุทธ์ทางการขยายตลาดในต่างประเทศ เพื่อเพิ่มความเข้าใจและช่วยให้มองเห็นภาพที่ง่ายขึ้น ผู้วิจัยจึงเทียบเคียงจากกลยุทธ์การขยายจากตลาดภายในประเทศสู่ตลาดต่างประเทศ ซึ่งแบ่งเป็น 3 หมวดใหญ่ๆ ดังนี้

2.3.1 Trade-based entry mode: ในระยะเริ่มต้น บริษัทสามารถใช้การค้าขายกับต่างประเทศเป็นหลัก ซึ่งจะเน้นการส่งออกสินค้าทั้งทางตรง (Direct exporting) และ ทางอ้อม (Indirect exporting) หรือการเลือกการส่งขายวัตถุดิบ หรือ ชิ้นส่วนที่มีคุณภาพตามมาตรฐานของลูกค้า และการรับจ้างให้บริการหรือทำงานให้กับบริษัทต่างชาติ (global sourcing and outsourcing)

2.3.2 Contract-based entry mode คือ การยึดหลักตามสัญญา ซึ่งนับได้ว่าเป็นการลงทุนทางอ้อม สามารถทำได้หลายลักษณะ คือ

- การมอบใบอนุญาตการผลิต (Licensing agreement) หมายถึง บริษัทเป็นเจ้าของเครื่องหมายการค้า (licensor) และอนุญาตให้บริษัทอื่นในต่างประเทศทำการผลิตสินค้าหรือบริการ และ ทำการจำหน่ายสินค้าหรือบริการดังกล่าว ภายใต้การควบคุมคุณภาพของกิจการและบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายเหล่านั้น โดยจะต้องจ่ายค่าธรรมเนียมให้แก่บริษัทแม่ เช่น บริษัท Coca-Cola จากประเทศสหรัฐอเมริกาได้จำหน่ายสิทธิให้บริษัท ไทยน้ำทิพย์ จำกัด เพื่อให้ผลิตและจำหน่ายเครื่องดื่มคั่วและเครื่องดื่มในเครือ โคคา โคล่าในประเทศไทย

- แฟรนไชส์ (Franchising) เมื่อบริษัทสามารถขายสินค้าหรือบริการในประเทศแล้ว ประสบความสำเร็จในระดับหนึ่งและต้องการขยายธุรกิจนั้นไปต่างประเทศ บริษัทสามารถตกลงทำสัญญาให้สิทธิแก่ Franchisee หรือบริษัทผู้ซื้อสิทธิ (ผู้ถือสิทธิ) ในการประกอบธุรกิจ โดยให้สิทธิยกชุด ทั้งเครื่องหมายการค้า สินค้า ระบบงาน ความช่วยเหลือทางการตลาด การฝึกอบรมถ่ายทอดความรู้ให้บุคลากร การควบคุมคุณภาพ รวมทั้งให้ความช่วยเหลือด้านอื่นๆ ซึ่งแตกต่างจาก licensing ตรงที่ว่า licensing จะได้รับลิขสิทธิ์หรือได้สิทธิเพียงบางส่วนเท่านั้น เช่น McDonald's, Seven-Eleven, Hertz เป็นต้น

- สัญญาการจัดการ (Management contract) บริษัทสามารถออกสู่ตลาดต่างประเทศได้โดยการรับจ้างบริหารงานตามสัญญา เช่น การบริหารโรงแรม ซึ่งในการออกไปรับการบริหารงานนั้น จะมีการถ่ายทอดเทคโนโลยีองค์ความรู้ต่างๆ เพื่อพัฒนาบุคลากรในประเทศนั้นๆเพื่อพัฒนาธุรกิจอย่างยั่งยืนด้วย

- สัญญาจ้างผลิต (Contract manufacturing/Subcontracting) คือ การที่บริษัททำสัญญากับธุรกิจหรือโรงงานอุตสาหกรรมในตลาดต่างประเทศ เพื่อจ้างให้เป็นตัวแทนในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตสินค้าสำเร็จรูปพร้อมจำหน่ายหรืออาจจะผลิตสินค้าสำเร็จรูปพร้อมประกอบ (Completely knocked down) เพื่อส่งมอบให้ผู้จ้างผลิตดำเนินการประกอบเป็นสินค้าสำเร็จรูป เช่น บริษัท Apple Inc. ได้จ้างให้บริษัท Foxconn ในประเทศจีนผลิตสินค้าให้ แต่หน้าที่ทำการตลาดยังคงเป็นของบริษัท Apple Inc. เป็นต้น

- สัญญาอื่นๆ เช่น การถ่ายทอดเทคโนโลยีและองค์ความรู้ร่วมกัน (Technology transfer projects) หรือหากเป็นบริษัทก่อสร้างอาจทำสัญญาแบบจ้างเหมาเบ็ดเสร็จ (Turn-key projects) เช่น การสร้างโรงงานแบบเบ็ดเสร็จเริ่มตั้งแต่การออกแบบ วางแผน ก่อสร้าง ติดตั้งเครื่องจักร โดยบริษัทจะต้องให้การอบรมบุคลากรจนสามารถใช้เครื่องจักรได้จนกระทั่งเดินเครื่องจักรผลิตสินค้า จากนั้นจึงโอนโรงงานให้แก่เจ้าของโครงการที่จ้างบริษัท

2.3.3 Investment-based entry mode (หรือที่เรียกว่า Foreign Direct Investment, FDI) เป็นกลยุทธ์ที่ใช้การลงทุนโดยตรงกับประเทศนั้นเป็นหลัก และเนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง บริษัทจะต้องมีศักยภาพด้านการเงินและมีบุคลากรที่มีความสามารถสูง พร้อมทั้งมีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง จึงจะสามารถใช้วิธีนี้ได้ โดยประกอบไปด้วย

- การร่วมทุน (Joint venture) หมายถึง การร่วมทุนระหว่าง 2 บริษัทขึ้นไปมาร่วมกันดำเนินธุรกิจในการผลิตสินค้าหรือบริการ ซึ่งอยู่ในรูปของการใช้เงินร่วมลงทุน และ/หรือ ร่วมใช้เทคโนโลยี ตลอดจนทักษะความรู้ความชำนาญ (Know-how) ในการผลิต การตลาด และ การจัดการ โดยทั้งสองฝ่ายต่างมีส่วนร่วมในการบริหารงาน รับผิดชอบความเสี่ยง และ จัดสรรผลประโยชน์ตามที่ตกลงกัน ตัวอย่างเช่น บริษัท Sony ร่วมทุนกับบริษัท Ericsson จัดตั้งบริษัท SonyEricsson ขึ้น เพื่อเสริมสร้างความแข็งแกร่งในธุรกิจโทรคมนาคม (โดยในปี 2011 บริษัท Sony ได้ทำการซื้อหุ้นทั้งหมดจาก Ericsson จึงเหลือแต่เพียง Sony Mobile)

- การสร้างสายการผลิตเอง (Wholly-owned subsidiary) หรือที่เรียกว่า Multinational Company (MNC) เป็นกลยุทธ์ที่บริษัทแม่ลงทุนตั้งฐานการผลิตเองในต่างประเทศทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วบริษัทแม่จะจัดตั้งบริษัทในต่างประเทศนี้เป็นบริษัทในเครือ โดยที่เจ้าของบริษัทแม่ถือหุ้นเองทั้งหมด ตัวอย่างเช่น บริษัท General motor (GM) ประเทศสหรัฐอเมริกาเข้ามาลงทุนตั้งโรงงานประกอบรถยนต์ในเมืองไทย เพื่อเป็นศูนย์กลางผลิตรถยนต์ในภูมิภาคเอเชีย เป็นต้น

- การเข้าซื้อครองธุรกิจ (Business Acquisition) เป็นการเข้าสู่ตลาดระหว่างประเทศที่ใช้การควบรวมกิจการโดยมักเกิดขึ้นเมื่อบริษัทระหว่างประเทศต้องการควบรวมกิจการกับธุรกิจท้องถิ่น ซึ่งมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

1. การควบรวมกิจการ (Merger) เป็นรูปแบบควบรวมกิจการตั้งแต่ 2 ธุรกิจขึ้นไปให้เป็นธุรกิจเดียว เพื่อเพิ่มความแข็งแกร่งในการทำธุรกิจและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน โดย จะรวมการบริหาร การดำเนินงาน ตลอดจนสินทรัพย์และส่วนของทุน ของทั้งสองธุรกิจเข้าด้วยกันเป็นธุรกิจเดียว

2. การเข้าถือครองสิทธิ์ (Acquisition) โดยบริษัทระหว่างประเทศเข้าไปซื้อกิจการท้องถิ่นเพื่อใช้ทรัพยากรทางธุรกิจ เช่น ใช้เทคโนโลยี โรงงาน เครื่องจักร ทรัพย์สินค่า เป็นต้น ซึ่งมีจุดมุ่งหมายในการเป็นเจ้าของธุรกิจท้องถิ่น ได้อำนาจและสิทธิในการบริหารและควบคุม ซึ่งรูปแบบนี้เรียกว่าเป็น “Win-win situation”

3. การเข้ายึดครอง (Takeover) เป็นวิธีการเข้าซื้อหุ้นหรือซื้อกิจการเพื่อให้ได้สิทธิ์ทั้งการบริหารและการเป็นเจ้าของธุรกิจ ลักษณะการซื้อจะเหมือนกันกับการเข้าถือครองสิทธิ์ แต่ต่างกันตรงการยึดครองเพื่อให้ผู้ซื้อเป็นเจ้าของแต่ผู้เดียว ดังนั้น ผู้ถูกซื้อมักจะไม่มีมติเกี่ยวกับการถูกซื้อหรือถูกเข้าครอบครอง

- พันธมิตรทางธุรกิจและ/หรือพันธมิตรทางเทคโนโลยี (Business Strategic Alliance/Technology alliances) คือ รูปแบบที่ใช้ความร่วมมือระหว่าง 2 บริษัท/องค์กรขึ้นไปโดยทำข้อตกลงกัน มีเป้าหมายและจุดประสงค์ร่วมกัน ก่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเทคโนโลยี ความรู้ ทักษะในการปฏิบัติงาน ตลอดจนการสนับสนุนซึ่งกันและกันในการดำเนินธุรกิจ เป็นการสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันในตลาดระหว่างประเทศ รวมถึงการสร้างการให้บริการที่ดีขึ้นร่วมกันใช้ทรัพยากรและแชร์ความเสี่ยงภายใต้เป้าหมายเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น สายการบินระหว่างประเทศที่รวมตัวกัน เรียกว่า Star Alliance ประกอบไปด้วยสายการบิน 10 สายการบินทั่วโลก หรือ ความร่วมมือระหว่างบริษัทเอกชนกับมหาวิทยาลัย /สถาบันวิจัย เป็นต้น

แรงจูงใจที่สำคัญของการเป็นพันธมิตรทางธุรกิจ แบ่งเป็น 4 ลักษณะ คือ

1. Defend: การป้องกันธุรกิจและปกป้องตลาดธุรกิจหลักที่ตนเองเป็นผู้นำอยู่ โดยเป็นพันธมิตรกับผู้นำตลาดในธุรกิจอื่นๆ เช่น Kodak ผู้ผลิตฟิล์มเป็นพันธมิตรกับบริษัท Cannon ซึ่งเป็นผู้ผลิตกล้องถ่ายรูป เป็นต้น
2. Catch up: การสร้างพันธมิตรเพื่อไล่กวดให้บริษัทตนเองสามารถแข่งขันกับผู้นำตลาดได้ เช่น บริษัทเนสท์เล่ (Nestle) ที่เป็นบริษัทยักษ์ใหญ่ในการผลิตอาหารของโลกแต่ในผลิตภัณฑ์อาหารเช้า ผู้นำตลาดคือ Kellogg's ดังนั้น เนสท์เล่ จึงเข้าร่วมเป็นพันธมิตรกับบริษัท General Mills เป็นต้น
3. Remain: การเป็นพันธมิตรเพื่อสร้างความแข็งแกร่งให้กับการดำเนินงานที่ไม่ใช่ธุรกิจหลัก เพื่อให้ธุรกิจเสริมของบริษัทสามารถครองความเป็นผู้นำของตนเองไว้ เช่น บริษัท General Electric (GE) ซึ่งมีธุรกิจหลักคือพลังงาน แต่สินค้าประเภทเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นสินค้าในระดับต้นๆ จึงเลือกเป็นพันธมิตรกับบริษัทที่เป็นผู้นำอย่าง ฮิตาชิ ซัมซุง มัสซิจิตะ เป็นต้น
4. Restructure: การหาพันธมิตรอันเนื่องมาจากการทำธุรกิจเสริมที่นอกเหนือไปจากความเชี่ยวชาญของตนจึงทำให้ประสบปัญหา ซึ่งอาจมาจากการขาดความเชี่ยวชาญ เทคโนโลยี หรือ ความรู้ ดังนั้น ความเชี่ยวชาญของพันธมิตรจะสามารถช่วยปรับปรุงโครงสร้างองค์กรหรือธุรกิจที่ล้มเหลวให้ดีขึ้น

2.3.4 การเริ่มต้นธุรกิจใหม่ทั้งระบบ (Greenfield operation/ Investment) คือ รูปแบบการเริ่มธุรกิจใหม่ทั้งหมดโดยได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลท้องถิ่นเป็นรูปแบบการเข้าตลาดแบบสัมปทานรับเหมาเบ็ดเสร็จ โดยประเทศที่กำลังพัฒนาจะเสนอข้อเสนอที่น่าสนใจเพื่อให้ธุรกิจจากต่างประเทศเข้ามาลงทุนในประเทศนั้นๆ โดยรัฐบาลอาจจะช่วยสนับสนุนในด้านต่างๆ เช่น อาจจะมีการเสนอข้อเสนอที่เป็นประโยชน์และโอกาสทางธุรกิจให้กับบริษัทระหว่างประเทศที่ต้องการเข้าไปลงทุน เช่น ทรัพยากรมนุษย์ ที่ดิน ซัพพลายเออร์ โรงงาน ระบบสนับสนุน เทคโนโลยี และการวัดเว้นภาษี เป็นต้น

ตารางที่ ข.2 ประเด็นสำคัญสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกช่องทางการถ่ายทอดเทคโนโลยี (ปรับจาก Metz, et al., 2000)

ช่องทาง (Pathway)	ประเด็นสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกช่องทาง
การซื้อขายโดยตรง (Direct sales)	- ภาชนะนำเข้า - การโฆษณา - ความเข้ากันได้ของผลิตภัณฑ์ (Product compatibility) - การรับรองมาตรฐาน (Standards & certification) - การบริการหลังการขายและการฝึกอบรม - ความสามารถของผู้จัดจำหน่าย - ระดับของ System integration ที่จำเป็นก่อนการนำไปใช้งาน - การประกันภัยความรับผิดชอบจากผลิตภัณฑ์ (Product liability insurance)
การทำธุรกิจเฉพาะโครงการ (Turn-key contract)	- ความสามารถด้านเทคโนโลยีในประเทศ - การเสนอราคาแข่งขันระหว่างประเทศ - ภาชนะนำเข้า - การฝึกอบรมผู้ซื้อ

ช่องทาง (Pathway)	ประเด็นสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกช่องทาง
	- การทุจริตคอร์รัปชัน
บริษัทแม่ตั้งบริษัทโดยลงทุนสร้างสายการผลิตเองและเป็นเจ้าของทั้งหมด (Wholly owned subsidiaries)	- สามารถรับความเสี่ยงด้านการเงินได้ - นโยบายภาครัฐด้านการลงทุนต่างประเทศ - การคาดการณ์ขนาดของตลาดในประเทศ - ภาษีส่งออก - การส่งผลกำไรกลับประเทศ (Repatriation of profits)
การร่วมทุน (Joint ventures)	- สามารถรับความเสี่ยงด้านการเงินได้ - สามารถปกป้องทรัพย์สินทางปัญญาได้ - การคาดการณ์ขนาดของตลาดในประเทศ - การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับตลาด (Product adaptation) - การระบุ ประเมิน และเจรจาต่อรองกับหุ้นส่วน - นโยบายการลงทุนในต่างประเทศของภาครัฐ - ภาษีส่งออก - การส่งผลกำไรกลับประเทศ (Repatriation of profits)
การมอบใบอนุญาต (Licensing agreements)	- การปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา - ตลาดในประเทศในอนาคตและยุทธศาสตร์ในการเป็นบริษัทข้ามชาติ (MNC) - สามารถรับความเสี่ยงทางการเงินได้
การกู้ยืมผ่านธนาคารเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (Multilateral development lend)	- ความจำเป็นในการดำเนินการปฏิรูปเชิงโครงสร้าง - การค้าประกันและความน่าเชื่อถือทางเครดิตของรัฐบาลและผู้กู้ - อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและการเงินจากการลงทุน - กระบวนการจัดหา (Procurement procedures)
ความช่วยเหลือในการพัฒนาและการจัดหาเงินทุนอื่นๆ (Development aid and other grant financing i.e. GEF)	- วาระทางการเมืองของประเทศผู้บริจาค - การจัดลำดับความสำคัญของหน่วยงานพหุภาคี (Multilateral agency priorities) - ความสามารถของประเทศผู้รับในการตัดสินใจจากข้อมูลทางเลือก - การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในประเทศผู้รับ

ช่องทาง (Pathway)	ประเด็นสำคัญและปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกช่องทาง
การจับคู่ matching, การประชุม, สัมมนา หรือ การติดต่อคู่ค้าทางอื่นๆ	- ความสามารถในการเข้าร่วมประชุมหรือสัมมนา - ความพร้อมของทรัพยากรทดแทน - การเข้าถึงข้อมูลและวิธีการสื่อสาร - การปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา

2. นโยบายที่เกี่ยวข้องกับการเลือกและการถ่ายทอดเทคโนโลยี

การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศกำลังพัฒนา ไม่ได้หมายถึงการเลือกวิธีการที่เหมาะสมเพียงเท่านั้น แต่ยังรวมถึงการพิจารณาผลกระทบที่ได้รับจากเทคโนโลยีเหล่านั้นด้วย เพื่อให้ได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับโครงสร้างของสิ่งแวดล้อมในประเทศ จึงจำเป็นต้องมีความชำนาญในการประเมินค่าของเทคนิคการผลิต เชี่ยวชาญในการเจรจาต่อรอง ทั้งในระดับเอกชนและประเทศ มีความรู้ทางวิชาการสูง และมีนโยบายทางอุตสาหกรรมที่มีการวางลำดับความสำคัญของการนำเข้าเทคโนโลยี ซึ่งช่วยให้เกิดเป็นอำนาจต่อรองราคาของกลุ่มอุตสาหกรรมเอกชน

ตารางที่ ข.3 ได้แสดงแนวคิดของการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากนักเศรษฐศาสตร์ระดับโลก โดยบางคนเน้นการสร้างกำไรจากนวัตกรรม ผลกระทบทางสังคม การใช้เทคโนโลยีระดับกลางสำหรับประเทศกำลังพัฒนา การมีจรรยาบรรณการใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมเป็นกลยุทธ์หลักของการพัฒนาประเทศ เป็นต้น นอกจากนี้ ตารางที่ ข.4 ได้แสดงการใช้เครื่องมือทางนโยบายเพื่อส่งเสริมให้เกิดการสร้างและถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศ ซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจของอุปสรรคต่าง ๆ อย่างรอบด้านก่อนที่จะตัดสินใจคัดเลือกเทคโนโลยีและพัฒนาในขั้นต่อไป

ตารางที่ ข.3 ตัวอย่างของแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากนักเศรษฐศาสตร์ (พงค์สวัสดิ์, 2543)

นักเศรษฐศาสตร์	แนวคิด	รายละเอียด
Joseph Schumpeter (Austria)	ปัจจัยสำคัญของการพัฒนา คือ นวัตกรรมและความสามารถของผู้ประกอบการ	ผู้ประกอบการที่มีความคิดริเริ่มจะเป็นผู้ที่เลือกสรรนวัตกรรมและนำเทคโนโลยีไปใช้ก่อนผู้อื่นและหาช่องทางที่ทำให้เกิดกำไรได้ จึงทำให้เกิดผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจของประเทศ
Semond de Sismondi (France)	นวัตกรรมส่งผลกระทบต่อสังคม	Semond เห็นด้วยกับการนำนวัตกรรมเข้ามาเพื่อลดต้นทุนการผลิต และราคาที่ถูกลงจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์เต็มที่ แต่ไม่เห็นว่าจะทำให้ผู้บริโภคซื้อผลผลิตมากขึ้น ในทางกลับกันเทคโนโลยีทำให้เกิดปัญหาการว่างงานเมื่อนำมาใช้แทนแรงงานคนซึ่งเทคโนโลยีที่แพงมีแต่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่เท่านั้นที่ลงทุนได้ อุตสาหกรรมขนาดเล็กที่ไม่สามารถแข่งขันก็จะล้มหายไป นอกจากนั้นหากผลผลิตมากเกินไปความต้องการย่อมจะนำไปสู่วิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจได้
George M. Foster (U.S.A)	การพัฒนาเทคโนโลยีควรเป็นไปตามการเปลี่ยนแปลงทางสังคม	การพัฒนาเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนซึ่งต้องเกิดขึ้นพร้อมๆ กับการเปลี่ยนแปลงขนบธรรมเนียม พฤติกรรมของประชาชนในสังคม มากกว่าการเปลี่ยนแปลงด้านวัตถุหรือเทคนิคใหม่ๆ

นักเศรษฐศาสตร์	แนวคิด	รายละเอียด
E.F. Schamacher (UK)	เทคโนโลยีระดับกลางเหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนา	การเลือกใช้เทคโนโลยีระดับกลางนั้นเหมาะสมกับประเทศกำลังพัฒนาเนื่องจากไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีเทคนิคและวิธีการที่ง่ายและเหมาะสมกับความสามารถของแรงงานส่วนใหญ่ในประเทศโดยยังคงมีคุณภาพการผลิตที่สูงกว่าการผลิตแบบพื้นฐาน และเนื่องจากการใช้ต้นทุนในการดำเนินงานที่ต่ำกว่าเทคโนโลยีระดับสูงเป็นจำนวนมาก ย่อมกระจายออกไปได้กว้างขวาง จึงสามารถควบคุมและดำเนินการได้โดยคนทั่วไปแม้ไม่มีทักษะในทางเทคโนโลยีมาก่อน
Saint Simon (France)	ใช้เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ	เป็นผู้ส่งเสริมให้มีผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคและวิทยาศาสตร์ โดยได้เสนอแผนสภาพอุตสาหกรรมโดยมีนักวิทยาศาสตร์และนักอุตสาหกรรมเป็นผู้วางแผนเศรษฐกิจในฝรั่งเศสในช่วงการปฏิวัติฝรั่งเศสช่วงคริสต์ศตวรรษที่ 17-18
Mesarovic (Serbia) และ Pastel	พัฒนาสังคมให้มีจรรยาบรรณก่อนนำเทคโนโลยีระดับสูงมาใช้ในประเทศกำลังพัฒนา	ในการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการผลิต ควรคำนึงถึงกรรมวิธีในการผลิตด้วยปริมาณทรัพยากรที่น้อยที่สุดแต่ให้ผลผลิตที่ใช้ได้ยาวนาน ไม่ใช่การผลิตที่มุ่งหวังแต่กำไรสูงสุดเป็นเกณฑ์ นอกจากนั้นยังต้องปลูกฝังคนในสังคมให้เกิดจรรยาบรรณใหม่ ให้รู้จักนัยของการประหยัด และภาคภูมิใจในการอนุรักษ์มากกว่าการฟุ้งเฟ้อ
Friedrich List & Adam Maller (Germany)	การปกป้องคุ้มครองอุตสาหกรรมเป็นหน้าที่ของรัฐบาล	การพัฒนาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีเป็นพลังทางสังคมที่ช่วยทำให้เกิดการพัฒนาแรงงานและทุนให้เหมาะสม โดยไม่ได้ขึ้นกับความสามารถในการผลิตเพียงอย่างเดียว แต่รัฐบาลควรจะเข้าแทรกแซงเพื่อคุ้มครองด้านการค้าด้วยการตั้งกำแพงภาษีเพื่อปกป้องทรัพยากรของชาติ และปกป้องคุ้มครองอุตสาหกรรมที่เพิ่งเกิดใหม่ (Infant Industry)
Frances Stewart (UK)	การเปรียบเทียบเทคนิคและการกำหนดขนาดการผลิต (Scale) เป็นส่วนสำคัญในการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับประเทศกำลังพัฒนา	การเลือกเทคโนโลยีสำหรับประเทศใดประเทศหนึ่ง ต้องเปรียบเทียบเทคนิคต่างๆ ว่าเป็นลักษณะที่ใช้ทุนเป็นส่วนใหญ่ (Capital Intensive) หรือแรงงานเป็นส่วนใหญ่ (Labor Intensive) รวมถึงการกำหนดขนาดในการผลิต (Scale Of Production) เนื่องจากตลาดส่วนใหญ่ในประเทศกำลังพัฒนายังมีขนาดเล็ก การเลือกใช้โรงงานขนาดเล็กย่อมเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะนำเทคโนโลยีเข้าไปในประเทศใดก็ตามจะก่อให้เกิดปัญหาระบบเศรษฐกิจทวิลักษณ์ (Dualism) คือแบบสมัยใหม่ (Modern) และ แบบเก่า (Traditional) ซึ่งแบ่งแยกระหว่างความเจริญในเขตเมือง (Urban) และชนบท (Rural) ทำให้เกิดการจ้างงานในเมืองและชนบทมีอัตราไม่เท่ากัน จึงเป็นปัญหาในด้านการกระจายรายได้ โดยบุคคลที่ร่ำรวยจะเป็นคนกลุ่มน้อยในสังคมเท่านั้น

นักเศรษฐศาสตร์	แนวคิด	รายละเอียด
Gustav Ranis (USA)	เทคโนโลยีที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับสภาพของประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ ความพอใจในเทคโนโลยี และ ระยะเวลาที่มีความต้องการใช้เทคโนโลยี	ในการคัดเลือกเทคโนโลยีผู้ซื้อควรจะเข้าใจถึงองค์ประกอบด้านสภาพของประเทศ ทรัพยากรธรรมชาติที่มี ความพอใจในเทคโนโลยีและระยะเวลาที่ต้องการใช้เทคโนโลยี เพื่อตรวจสอบว่าเทคโนโลยีสมควรจะเป็นระดับเล็ก กลาง หรือสูง ควรจะซื้อเทคโนโลยีสมัยใหม่ (Modern technology) หรือการซื้อแบบมือสอง (Second hand) เป็นต้น

ตารางที่ ข.4 เครื่องมือทางนโยบายที่ส่งเสริมให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Policy Tools For Creating and Enabling Environment for Technology Transfer)

เครื่องมือทางนโยบาย (Policy tool)	อุปสรรค (Barrier Addressed)	ส่วนที่เกี่ยวข้อง (Relevance) : Pathway*, Sectors**, and Stages***
ระบบนวัตกรรมแห่งชาติและโครงสร้างพื้นฐานของเทคโนโลยี		
- สร้างขีดความสามารถทางด้านนวัตกรรมให้กับบริษัทต่างๆ - สร้างสถาบันการศึกษาทางด้านเทคนิคด้านวิทยาศาสตร์ - อำนวยความสะดวกทางเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้วยการปรับเปลี่ยนรูปแบบหรือระบบเครือข่ายเทคโนโลยี รวมถึง การเงิน การตลาด องค์กร การฝึกอบรม และ ความสัมพันธ์ของลูกค้าและผู้จำหน่าย	- ขาดศูนย์วิจัยและพัฒนาในการประยุกต์เทคโนโลยี - ขาดสถาบันพัฒนาความรู้และทักษะ - ขาดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรม และเทคนิคในภาคเอกชน - ขาดเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการทดสอบและวิจัย - ขาดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างยุทธศาสตร์และการพัฒนาตลาด - ขาดการรวมกลุ่มแบบ forum เพื่อสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐและอุตสาหกรรม	- ช่องทาง: Primary private-sector driven pathways - ภาคส่วน: Primary buildings, energy, and industrial sectors - ขั้นตอน (Stages) : ทุกขั้นตอน

เครื่องมือทางนโยบาย (Policy tool)	อุปสรรค (Barrier Addressed)	ส่วนที่เกี่ยวข้อง (Relevance) : Pathway*, Sectors**, and Stages***
โครงสร้างพื้นฐานทางสังคมและการสร้างการตระหนักรู้ผ่านแนวทางการมีส่วนร่วมในชุมชน		
- เพิ่มขีดความสามารถขององค์กรระดับท้องถิ่นเพื่อให้เลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ - สร้างองค์กรที่เป็นธุรกิจเพื่อสังคมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีและทักษะให้ชุมชน - สร้างกลไกและกระบวนการเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี	- การเลือกเทคโนโลยีไม่ตรงกับลำดับความสำคัญของการพัฒนาท้องถิ่น - ภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ขัดแย้งกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ - วัฒนธรรม ภาษาและการสร้างความสัมพันธ์ในระยะยาวกับชุมชน	- ช่องทาง: ทุกช่องทาง - ภาคส่วน: เทคโนโลยีการประยุกต์ซึ่งใช้ได้กับทุกภาคส่วน - ขั้นตอน: การประเมินเชิงเปรียบเทียบ (Assessment), ประเมินผล (Evaluation) และ การสร้างแบบจำลองเทคโนโลยี (Replication Stages)
การสร้างขีดความสามารถของสถาบันและทรัพยากรบุคคล		
- สร้างขีดความสามารถของบริษัท องค์กรอิสระ หน่วยงานกำกับดูแล, สถาบันการเงิน, และ ผู้บริโภค	- ไม่สามารถที่จะประเมิน เลือก นำเข้า พัฒนา และ ประยุกต์เทคโนโลยีที่เหมาะสมได้ - ขาดแคลนข้อมูล - ขาดประสบการณ์ด้านการจัดการ - ปัญหาด้านวัฒนธรรม ภาษา และการสร้างความสัมพันธ์ในระยะยาว - เทคโนโลยีก่อให้เกิดผลลัพธ์ที่จำกัดเนื่องจากไม่มีการสร้างความสามารถในระยะยาวของการรักษาระดับการสร้างนวัตกรรม - ไม่สามารถร่วมทุนกับองค์กรอื่นเพื่อขยายการเรียนรู้และบูรณาการได้	- ช่องทาง: ทุกช่องทาง - ภาคส่วน: ทุกภาคส่วน - ขั้นตอน: ขั้นตอนการประเมินเชิงเปรียบเทียบ (Assessment) และการประยุกต์ใช้ (Implementation)

เครื่องมือทางนโยบาย (Policy tool)	อุปสรรค (Barrier Addressed)	ส่วนที่เกี่ยวข้อง (Relevance) : Pathway*, Sectors**, and Stages***
<i>กรอบนโยบายเศรษฐกิจมหภาค (Macroeconomic policy frameworks)</i>		
- ให้การสนับสนุนทางการเงินโดยตรง เช่น เงินทุน เงินอุดหนุน การจัดหาอุปกรณ์หรือบริการ เงินกู้ และการค้าประกันเงินกู้ - ให้การสนับสนุนด้านการเงินในทางอ้อม เช่น การลดภาษีการลงทุน เป็นต้น - ปรับปรุงนโยบายการค้าและการลงทุนจากต่างประเทศเพื่อไม่ให้เกิดการเสียเปรียบ - ปรับปรุงกฎระเบียบภาคการเงินเพื่อให้เอื้อต่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี	- ยากต่อการเข้าถึงแหล่งทุน - ขาดเงินทุนระยะยาว - ภาษีนำเข้าสูง - มีอัตราเงินเฟ้อ ดอกเบี้ยที่สูงหรือไม่เสถียร - มีนโยบายด้านภาษีทั้งในและระหว่างประเทศที่ไม่เสถียร - ความเสี่ยงด้านการลงทุน - มีกฎระเบียบด้านการธนาคารที่เยอะเก้นไปหรือมีการกำกับดูแลที่ไม่เพียงพอ - สิ่งจูงใจให้ธนาคารบิดเบือนต่อการรับความเสี่ยง - ธนาคารที่มีเงินทุนที่ไม่ดี - ความเสี่ยงจากการถูกยึดคืน	- ช่องทาง: เกี่ยวข้องกับทุกช่องทาง โดยเฉพาะภาคเอกชน - นโยบาย: นโยบายการค้าและการลงทุนในต่างประเทศ โดยเฉพาะในภาคเอกชน - ขั้นตอน: การประเมินเชิงเปรียบเทียบและการสร้างแบบจำลองเทคโนโลยี
<i>สถาบันกฎหมายแห่งชาติ (National Legal Institutions)</i>		
- สร้างความเข้มงวดด้านการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญาของประเทศ - สร้างการบริหาร กระบวนการทางกฎหมายที่เข้มงวดเพื่อให้เกิดความโปร่งใส การสร้างการมีส่วนร่วมในการกำหนดนโยบายกำกับดูแล และการตรวจสอบอย่างอิสระ - เพิ่มความเข้มงวดทางสถาบันกฎหมายเพื่อลดความเสี่ยง	- ขาดการปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา - มีความเสี่ยงด้านการทำสัญญา ด้านทรัพย์สิน ด้านกฎหมาย - การคอร์รัปชัน	- ช่องทาง : ทุกช่องทาง - ภาคส่วน : ทุกภาคส่วน - ขั้นตอน : ขั้นตอนการทำสัญญา (Agreement)

เครื่องมือทางนโยบาย (Policy tool)	อุปสรรค (Barrier Addressed)	ส่วนที่เกี่ยวข้อง (Relevance) : Pathway*, Sectors**, and Stages***
<i>การรับรองมาตรฐาน</i>		
- สร้างมาตรฐานและกรอบนโยบายทางสถาบันเพื่อให้เกิดการบังคับใช้ - สร้างขั้นตอนในการออกใบรับรองให้กับสถาบัน (certification) รวมถึงการทดสอบและวัดผล	- ขาดข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพและคุณลักษณะของเทคโนโลยีและผู้ผลิต - ขาดหน่วยงานของรัฐที่มีความสามารถในการควบคุมดูแล หรือ โปรโมทเทคโนโลยี - ขาดสถาบันควบคุมดูแลและมาตรฐานทางเทคนิค	- ช่องทาง: ทุกช่องทาง - ภาคส่วน : อาคร การคมนาคม อุตสาหกรรม และ พลังงาน - ขั้นตอน : การประเมินเชิงเปรียบเทียบ (Assessment)
<i>การพิจารณาผลกระทบ (Equity considerations)</i>		
- จัดทำเครื่องมือวิเคราะห์และฝึกอบรมเพื่อประเมินผลกระทบทางสังคม - ต้องมีการประเมินผลกระทบทางสังคมก่อนที่จะเลือกเทคโนโลยี - สร้างกลไกชดเชยสำหรับผู้สูญเสียประโยชน์	- ไม่มีการพิจารณาผลกระทบทางสังคมอย่างเพียงพอ - ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียบางส่วนอาจทำให้สังคมแย่ลงจากการถ่ายทอดเทคโนโลยี	- ช่องทาง: ทุกช่องทาง - ภาคส่วน : ทุกภาคส่วน - ขั้นตอน : การประเมินเชิงเปรียบเทียบ (Assessment)
<i>สิทธิในการใช้ทรัพยากร (ที่ดิน)</i>		
- ตรวจสอบผลกระทบของเทคโนโลยีในด้านการมสิทธิในทรัพย์สิน (Property right) สิทธิในการดำเนินงานต่างๆ เช่น ให้ชุมชนมีส่วนร่วม หรือ สิทธิในการชดเชยให้แก่ผู้สูญเสียประโยชน์	- ไม่มีการคุ้มครองสิทธิในการใช้ทรัพยากรที่เพียงพอ	- ช่องทาง: ทุกช่องทาง - ภาคส่วน : ทุกภาคส่วนที่ใช้ต้องใช้ที่ดิน
<i>การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี</i>		
- พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์และการศึกษาโดยสร้างสถาบันวิจัยภาครัฐ ให้ทุนวิจัย และสร้างระบบการศึกษาด้านอาชีวะและด้านเทคนิคให้แข็งแกร่ง - ลงทุนโดยตรงในการวิจัยและพัฒนา	- ไม่มีการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาอย่างเพียงพอ - ไม่มีโครงสร้างพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาอย่างเพียงพอ	- ช่องทาง: ช่องทางที่ขับเคลื่อนด้วยรัฐบาลและชุมชน - ภาคส่วน: ทุกภาคส่วน - ขั้นตอน: ขั้นการประเมินเชิงเปรียบเทียบ (Assessment) และขั้นสุดท้าย คือ การสร้างแบบจำลอง (Replication)

3. อุปสรรคในการถ่ายทอดเทคโนโลยี

อุปสรรคในการเลือกและถ่ายทอดเทคโนโลยีอาจเกิดขึ้นระหว่างทางซึ่งมีความแตกต่างกันตามลักษณะของภาคอุตสาหกรรม ลักษณะของประเทศที่พัฒนาหรือกำลังพัฒนาหรือกำลังอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่าน อุปสรรคเหล่านี้มีตั้งแต่การขาดแคลนข้อมูล บุคลากร ไม่เพียงพอ ปัญหาทางการเมืองและเศรษฐกิจ เช่น ขาดแคลนด้านทุน มีค่าใช้จ่ายสูง ไม่รู้ราคาที่แท้จริง และ นโยบายที่กีดกันด้านการค้า เป็นต้น นอกจากนี้ ยังอาจขาดความรู้ความเข้าใจถึงความต้องการที่แท้จริงของคนในพื้นที่ ข้อจำกัดด้านธุรกิจ เช่น ความเสี่ยงทางด้านต้นทุนทางการเงิน และ ข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับสถาบัน เช่น ไม่มีกฎหมายที่ปกป้องอย่างเพียงพอ (Metz, et al., 2000) ตัวอย่างของปัญหาที่เกิดขึ้นกับการรับเทคโนโลยีของประเทศกำลังพัฒนามี ดังนี้

3.1 เทคโนโลยีที่ประเทศกำลังพัฒนารับเข้ามามักจะไม่เหมาะสมกับสภาพทั่วไปภายในประเทศ เช่น เทคโนโลยีที่เน้นไปในการใช้วัตถุดิบที่หายาก หรือ ไม่ได้คำนึงถึงสภาพองค์ประกอบสังคม เช่น การกระจายรายได้ที่ไม่เท่าเทียมกัน ซึ่งทำให้ภาคการผลิตมีความโน้มเอียงไปยังการผลิตสินค้าฟุ่มเฟือยเพื่อตอบโจทย์ตลาดบน จึงต้องใช้เทคโนโลยีของประเทศที่เจริญแล้วเป็นผลให้ต้องพึ่งพาต่างชาติ เป็นต้น

3.2 ระบบที่ต้องพึ่งพาต่างชาติเสมอ (Technological Dependence) นั้นหมายถึงว่า การที่สามารถซื้อชิ้นส่วนประกอบต่างๆ จากต่างประเทศได้นั้น ทำให้ไม่จำเป็นต้องพยายามสร้างหรือค้นคว้าวิจัยและพัฒนาด้วยตนเอง ลักษณะนี้มักเกิดขึ้นจากการซื้อเทคโนโลยีเข้ามาแบบสำเร็จรูป หรือ การเข้าร่วมหุ้นกับบริษัทต่างชาติเพราะเชื่อว่า เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นในประเทศมีความเสี่ยงต่อการลงทุนมากกว่าการซื้อเข้าจากต่างประเทศ หรือ ความเชื่อในศักยภาพของบุคลากรในประเทศว่าด้อยกว่าต่างประเทศ ถึงแม้ว่าในระยะสั้น เทคโนโลยีจากต่างประเทศจะให้ผลประโยชน์ทางธุรกิจในประเทศ แต่ในระยะยาวก็สามารถบั่นทอนความก้าวหน้าของประเทศ ในทางกลับกัน หากได้ใช้ความสามารถภายในประเทศ ถึงแม้ว่าจะมีอยู่จำกัดหรือไม่มีประสิทธิภาพที่เพียงพอก็ตาม ในระยะยาว จุดอ่อนนี้จะเป็นจุดที่ทำให้เกิดการตระหนักและมุ่งพัฒนาความสามารถในประเทศให้สูงขึ้นพร้อมกับได้เทคโนโลยีที่เหมาะสมอีกด้วย

3.3 การซื้อขายเทคโนโลยีส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นในตลาดไม่สมบูรณ์ คือ 1. ฝ่ายผู้ขายได้เปรียบในการต่อรองราคาอาจเนื่องมาจากผู้ขายมีจำนวนน้อยหรือมีเพียงเจ้าเดียวในตลาด 2. ผู้ซื้อขาดความสามารถทางวิชาการขั้นพื้นฐานที่จำเป็นแก่การรับเอาเทคโนโลยีบางประเภทที่ต้องการ ยิ่งกว่านั้น ราคาที่จ่ายออกไปยังแสดงถึงการขาดความรู้ความชำนาญทั้งในด้านวิชาการ การเงิน กฎหมาย และทางการค้าอีกด้วย ทำให้เกิดเป็นลักษณะของตลาดผูกขาดหรือกึ่งผูกขาดโดยสามารถสังเกตในรูปแบบได้ ดังนี้

- ผู้ขายเทคโนโลยีสามารถตั้งข้อตกลงและเงื่อนไขต่างๆ ได้แต่เพียงผู้เดียว ข้อตกลงเหล่านี้มักจะทำให้อัตราผลตอบแทนสูงแก่ผู้ขายเพื่อคุ้มของการเป็นเจ้าตลาด

- ผลตอบแทนนี้ไม่ได้มาในรูปแบบกำไร เกิดจากการลงทุนเท่านั้น (ถ้าผู้ขายมีหุ้นอยู่ในบริษัทผู้รับ) แต่ยังมีกำไรจากการขายสินค้าขั้นกลาง (intermediate goods) ได้แก่ พวกอุปกรณ์ อะไหล่ และ บริการทางวิชาการแก่ผู้รับด้วย

- ผู้ขายจะได้รับทั้งผลกำไรสูงและการคุ้มครองฐานะเจ้าตลาด โดยการจำกัดเสรีภาพทางการค้าของบริษัทผู้รับเทคโนโลยีด้วยเงื่อนไขที่บีบบังคับในสัญญาซึ่งเป็นสิ่งเบื้องต้นของการซื้อเทคโนโลยี และ โดยความสามารถของผู้ขายเทคโนโลยีในการเปลี่ยนแปลงโยกย้ายกำไร จากแหล่งหนึ่งไปยังแหล่งอื่นอย่างง่ายดาย

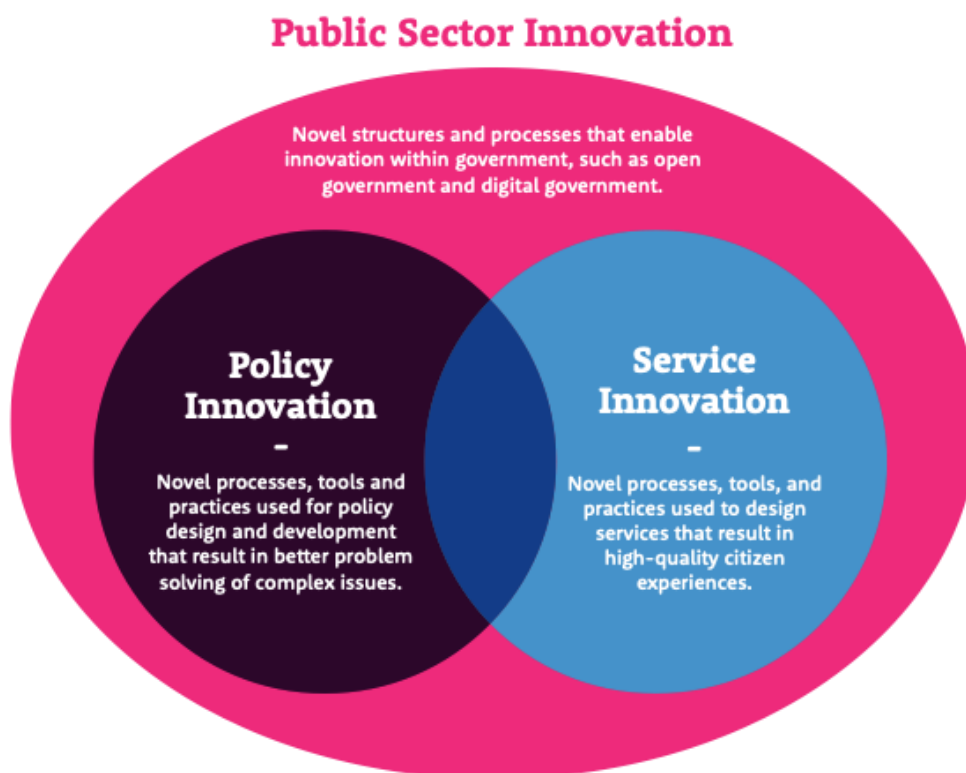
ดังนั้น ไม่ว่าในกรณีใดๆก็ตาม ผู้วางนโยบายและนักค้นคว้าจะต้องคำนึงถึงความได้เปรียบจากการผูกขาด ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการพิจารณาถึงต้นทุนและประโยชน์จากการซื้อขายเทคโนโลยี โดยต้องนำข้อสังเกตดังกล่าวไปคิดรวมในราคาต้นทุนด้วย นอกจากนี้ การวัดต้นทุนทางสังคมก็เป็นสิ่งสำคัญ แม้ว่าจะยุ่งยากและซับซ้อนก็ตาม (พงศ์สวัสดิ์, 2543)

ในการลดอุปสรรคนี้ ภาครัฐสามารถสร้างตัวกลาง (Technology intermediation) ขึ้นมาเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากข้อมูลการจัดการ เทคโนโลยี และ การเงิน ซึ่งมีผลต่อขั้นตอนในการสร้างนวัตกรรม เพื่อช่วยให้เกิดการเชื่อมโยงและสร้างเครือข่ายระหว่างสถาบันและช่วยในการค้นหา ประเมิน และ เผยแพร่เทคโนโลยี พร้อมทั้งยังสามารถสร้างกลไกเพื่อปิดช่องโหว่ที่เกิดขึ้นในระบบได้ ตัวอย่างของตัวกลาง เช่น หน่วยงานเฉพาะของรัฐ องค์กรอิสระ หน่วยงานประสานของมหาวิทยาลัย

ศูนย์เทคโนโลยีระดับภูมิภาค เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบัน (พ.ศ.2564) ประเทศไทยมีสำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (NIA) เป็นตัวกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นองค์การมหาชน

4. เครื่องมือในการคัดเลือกเทคโนโลยีเพื่อนำไปสู่การออกแบบนโยบาย

เนื่องจากการคัดเลือกหรือระบุเทคโนโลยีนั้น เป็นส่วนหนึ่งของทั้งกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและการออกแบบนโยบาย และ การใช้เครื่องมือ Foresight ที่ทั้ง 4 ประเทศใช้ในการคัดเลือกเทคโนโลยีนั้นเป็นหนึ่งในเครื่องมือจากนวัตกรรมทางด้านนโยบายเพื่อนำไปสู่การออกแบบนโยบาย (policy design) ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดและข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ผู้อ่านได้ทำการศึกษาเชิงลึกต่อไป โดยรูปที่ ข.3 ได้แสดงความแตกต่างของนิยามคำว่า “นวัตกรรมภาครัฐ (Public Sector Innovation)” ซึ่งเป็นภาพใหญ่ของแพลตฟอร์มภาครัฐ โดยประกอบไปด้วย นวัตกรรมทางนโยบาย (Policy Innovation) และ นวัตกรรมการให้บริการ (Service Innovation)

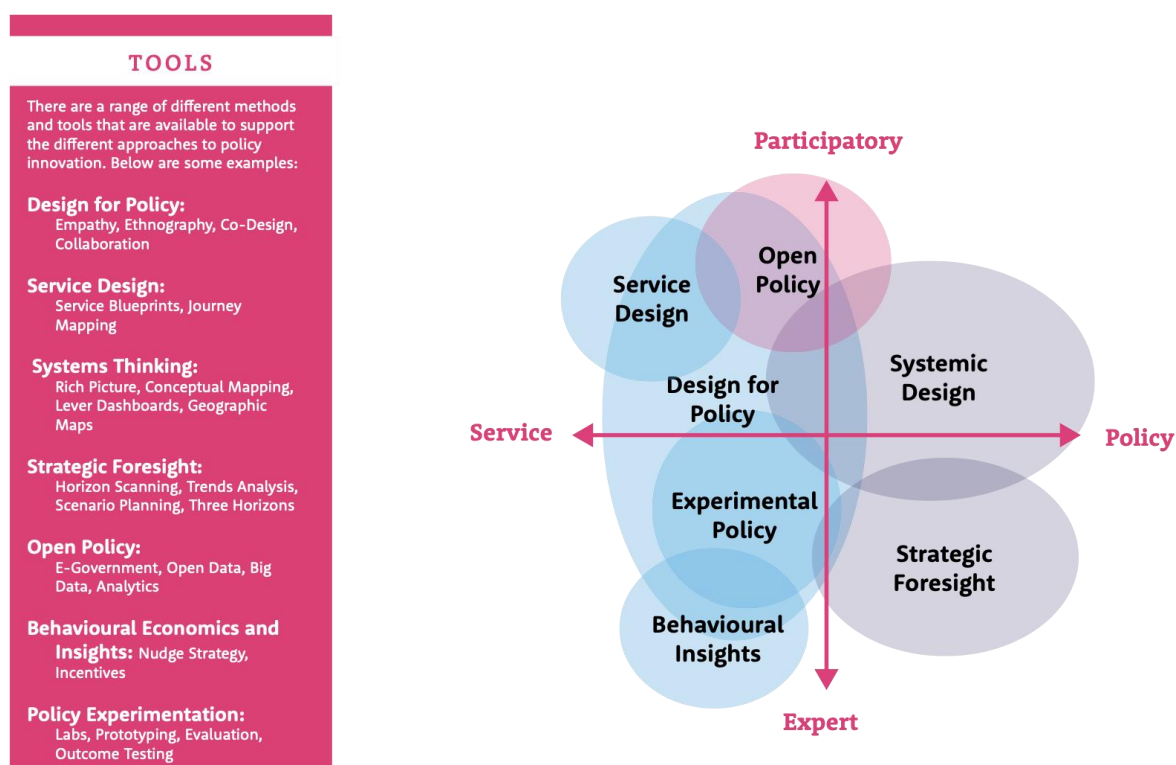


รูปที่ ข.3 นิยามของคำว่า Public Sector Innovation, Policy Innovation, และ Service Innovation

ตารางที่ ข.5 ความแตกต่างของการออกแบบโมเดลนโยบายในปัจจุบันและนวัตกรรมการออกแบบนโยบาย

จาก: โมเดลนโยบายในปัจจุบัน (Current policy model)	ไปสู่: การออกแบบนโยบาย (Design for policy)
ต่อต้านความซับซ้อน	ยอมรับความซับซ้อน
มุ่งเน้นไปที่ปัญหา (Reactive: ปัญหาเกิดก่อนแล้วจึงแก้แบบเชิงรับ)	มุ่งเน้นไปที่วิสัยทัศน์ (Proactive : ป้องกันการเกิดปัญหาล่วงหน้าแบบเชิงรุก)
เน้นไปยังระบบ	เน้นไปยังประชาชน
การกระทำฝ่ายเดียว ไม่มีเครือข่าย	สร้างเครือข่ายพันธมิตร
เป็นนโยบายอำนวยความสะดวก (Facilitation)	เป็นนโยบายที่ให้บริการและดูแล (stewardship)
เน้นกลยุทธ์	เน้นผลกระทบ

แนวทางไปสู่การสร้างนวัตกรรมทางนโยบาย (Approaches to Policy Innovation) ในการออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรมนั้น มีแนวทางที่หลากหลายและมีกรอบการทำงานที่ซ้อนทับหรือแชร์เครื่องมือและกระบวนการร่วมกัน แต่มีสาขาการศึกษาที่แตกต่าง และ การนำไปใช้ในกระบวนการที่ต่างกัน รูปที่ ข.4 ได้แสดงถึง เครื่องมือ และ ภาพรวมของนวัตกรรมทางนโยบาย ซึ่งประกอบไปด้วยแนวทางหลักที่ใช้ตามสเปกตรัมของผู้เข้าร่วมออกแบบ (design with) ไปถึงผู้เชี่ยวชาญ (design for) และ การให้บริการประชาชน (public-facing) ไปยังการออกแบบนโยบาย (government-facing) (The Brookfield Institute for Innovation + Entrepreneurship (BII+E) , 2018)



รูปที่ ข.4 แผนที่ของกรอบและแนวทางไปสู่การออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม โดยมีการใช้เครื่องมือ วิธีการร่วมกัน

ตารางที่ ข.6 แนวทางการออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม

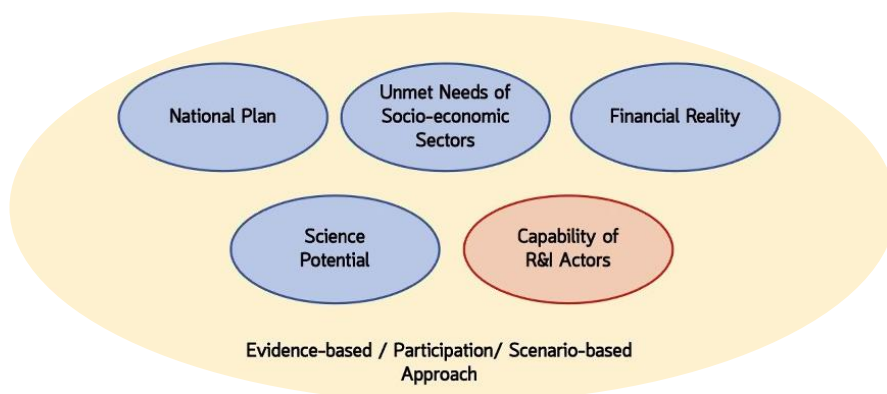
แนวทางการออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม	รายละเอียด/ เครื่องมือ
1. การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)	การคิดเชิงออกแบบเป็นกระบวนการที่ใช้มนุษย์เป็นศูนย์กลาง โดยใช้การทดสอบหาการแก้ปัญหาที่คล่องตัว และใช้การร่วมมือระหว่างภายในและภายนอกภาครัฐโดยเฉพาะประชาชน นอกจากนี้ยังมี การออกแบบเพื่อให้บริการ (Service Design) ประชาชนได้ดียิ่งขึ้น โดยนำมาจากการออกแบบแพลตฟอร์มดิจิทัล ที่เน้นด้านประสบการณ์การใช้งาน User Experience (UX) และ User Interface (UI) เครื่องมือ: Empathy, Ethnography, Co-Design, Collaboration, Service Blueprints, Journey Mapping
2. การคิดเชิงระบบ (System Thinking or Systemic Design)	การคิดเชิงระบบ ช่วยให้เห็นภาพใหญ่ที่ซับซ้อนและการเชื่อมโยงพึ่งพาอาศัยกันและกัน ซึ่งการเปลี่ยนหนึ่งปัจจัยทำให้เกิดผลกระทบไปยังปัจจัยอื่น เครื่องมือ: Rich Picture, Conceptual Mapping, Lever Dashboards, Geographic Maps
3. การคาดการณ์อนาคต (Strategic Foresight and Futures Thinking)	การคาดการณ์อนาคต เป็นที่นิยมในการออกแบบนโยบายภาครัฐในปัจจุบันเพื่อเสนอข้อมูลเชิงลึกให้กับผู้ที่ต้องทำการตัดสินใจ (Decision Makers) เพื่อวางแผนไปสู่อนาคตของประเทศ เครื่องมืออย่าง Horizon-scanning สามารถใช้ในการดูเทรนด์ด้านสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และ เทคโนโลยี ซึ่งช่วยให้สามารถวางแผนในระยะยาวได้ เครื่องมือ: Horizon Scanning, Trends Analysis, Scenario Planning, Three Horizons
4. นโยบายแบบเปิดให้มีส่วนร่วม (Open and Digitally Enabled Policy)	เครื่องมือทางด้านดิจิทัลช่วยให้ลดช่องว่างระหว่างประชาชนและภาครัฐ ทำให้การพัฒนานโยบายใกล้เคียงกับความต้องการของประชาชนมากขึ้น ซึ่งแพลตฟอร์มทางดิจิทัลช่วยให้เกิดการสำรวจมุมมองของประชาชนได้ง่ายขึ้น เช่น การจัดลำดับความสำคัญ เป็นต้น เครื่องมือ: E-Government, Open Data, Big Data, Analytics
5. การออกแบบเชิงพฤติกรรม (Behavioural Economics and Insights)	การใช้เครื่องมือทางจิตวิทยาเพื่อสร้างพฤติกรรมใหม่ของประชาชน ช่วยให้การออกนโยบายได้ผลลัพธ์ในทิศทางที่ต้องการ เช่น การสนับสนุนการบริจาคอวัยวะ เป็นต้น เครื่องมือ: Nudge Strategy, Incentives

แนวทางการออกแบบนโยบายด้วยนวัตกรรม	รายละเอียด/ เครื่องมือ
6. นโยบายเชิงการทดลอง (Experimental Policy)	วิธีนี้เน้นไปยังการออกนโยบายโดยใช้หลักฐานประกอบ (Evidence-based policy) ซึ่งเป็นการทดสอบผลกระทบของนโยบายในความเป็นจริง เพื่อให้รู้ว่าได้ผลหรือไม่ได้ผลและนำไปประกอบการตัดสินใจ โดยส่วนใหญ่มักทำในห้องปฏิบัติการเป็นหลัก เครื่องมือ: Labs, Prototyping, Evaluation, Outcome Testing

5. ตัวอย่างการจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้น

5.1 แนวทางเบื้องต้นในการจัดลำดับเทคโนโลยี

ในการจัดลำดับเทคโนโลยีหรือวิทยาการที่มีความจำเป็นสำหรับการพัฒนาประเทศตามแผน ววน. เพื่อให้ได้มาซึ่งหัวข้อที่เหมาะสมกับการจัดทำ Technology transfer roadmap นั้น ที่ปรึกษาโครงการได้ให้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดลำดับที่เหมาะสมต่อไปในโครงการ โดยกำหนดให้มีเกณฑ์ 5 เกณฑ์ ดังที่แสดงในรูปที่ ข.5 ได้แก่



รูปที่ ข.5 แนวทางเบื้องต้นในการจัดลำดับเทคโนโลยี

- National plan หรือแผนระดับชาติ ซึ่งจะเป็นนโยบายสำคัญที่จะกำหนดแผน ววน. รวมถึงแผนการพัฒนาประเทศอื่น ๆ ที่อาจเชื่อมโยงไปสู่การพัฒนาทางด้าน ววน. เฉพาะทางได้เช่นกัน
- Unmet needs of socio-economic sectors หรือความต้องการของภาคส่วนเศรษฐกิจและสังคม โดยจะสามารถสะท้อนได้ถึงช่องว่างของเทคโนโลยีที่แท้จริง รวมถึงผลกระทบเชิงบวกจากเทคโนโลยีใหม่
- Financial reality หรือความเป็นไปได้ทางการเงิน เป็นอีกปัจจัยที่ต้องพิจารณาเพื่อให้มั่นใจว่าจะสามารถคัดเลือกเทคโนโลยีที่มีขอบเขตการใช้งานอยู่ในความเป็นไปได้ของทั้งภาครัฐและเอกชน
- Science potential หรือความเป็นไปได้ทางวิทยาการ จะแสดงถึงความพร้อมของผู้รับและผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี นั่นคือผู้รับจะต้องมีศักยภาพสูงเพียงพอที่จะเรียนรู้เทคโนโลยีใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยีจะต้องทำหน้าที่ในการถ่ายทอดองค์ความรู้ได้ในรูปแบบที่ผู้รับสามารถเรียนรู้และต่อยอดได้ในอนาคต

- Capability of R&I actors หรือศักยภาพผู้เล่นในวงการ ววน. ซึ่งมีความสำคัญ เนื่องจากผู้เล่นที่เกี่ยวข้องเปรียบเสมือนระบบนิเวศนวัตกรรมที่จะช่วยส่งเสริมและสนับสนุนกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศโดยอาจหมายถึงรวมถึงภาครัฐ และผู้ประกอบการเอกชนที่เกี่ยวข้องด้วย

ซึ่งการจัดลำดับนี้จะต้องใช้เกณฑ์การตัดสินใจที่สามารถอ้างอิงได้จากข้อมูลประเภทต่าง ๆ ได้แก่ ข้อมูลเชิงประจักษ์ การแสดงความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (Participation) และการพิจารณาสถานการณ์เป็นฐาน (Scenario-based approach) ทั้งนี้ คณะทำงานเห็นว่า เพื่อให้กระบวนการคัดเลือกเป็นไปโดยสอดคล้องกับระเบียบวิธีการดำเนินการในโครงการ จึงเห็นว่าควรจะใช้การตัดสินใจบนฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์

5.2 เกณฑ์การจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้นเบื้องต้น

คณะทำงานได้จัดทำเกณฑ์เพื่อใช้ในการจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้นเบื้องต้น โดยได้พิจารณาจากข้อเสนอแนะของที่ปรึกษาโครงการ เพื่อให้สามารถร่างเกณฑ์เบื้องต้นที่ครอบคลุมในทุกมิติเมื่อพิจารณาบริบทของประเทศ และได้ใช้ผลการศึกษาจากบทความตีพิมพ์ในระดับนานาชาติ มาพิจารณาร่วมกัน และสังเคราะห์ได้เป็นเกณฑ์และรายละเอียดดังที่แสดงในตารางที่ ข.7

ตารางที่ ข.7 ตัวอย่างการออกแบบเกณฑ์การจัดลำดับเทคโนโลยีที่ควรมุ่งเน้น

ลำดับที่	เกณฑ์การเลือกเทคโนโลยี	คำอธิบาย	ระดับคะแนน	คำนิยามของระดับคะแนน
1	ความสำคัญในแผนระดับชาติ	เทคโนโลยีที่มีความสำคัญจะถูกบรรจุอยู่ในแผนระดับชาติ ซึ่งอาจหมายถึง แผนยุทธศาสตร์ชาตินโยบายและยุทธศาสตร์ด้าน อววน. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เป็นต้น	5	เทคโนโลยีถูกบรรจุอยู่ในแผนยุทธศาสตร์ชาติ และแผนอื่นในระดับชาติ รวมเป็นจำนวนมากกว่า 3 แผน
			3	เทคโนโลยีถูกบรรจุอยู่ในแผนระดับชาติ เป็นจำนวน 1-2 แผน
			1	เทคโนโลยีไม่ถูกบรรจุอยู่ในแผนระดับชาติ
2	ความเป็นไปได้ในการจัดหาทรัพยากร	ความต้องการทรัพยากรอยู่ในขอบเขตที่เป็นไปได้สำหรับหน่วยงาน / เครือข่ายในประเทศ ซึ่งทรัพยากรดังกล่าวรวมถึง งบประมาณ บุคลากร และเวลา เพื่อรองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	5	เทคโนโลยีมีความต้องการทรัพยากรอยู่ในขอบเขตที่เป็นไปได้ทั้งในระยะสั้น และระยะยาว โดยมีหน่วยงานในประเทศที่มีบุคลากรพร้อมอยู่แล้ว และได้บรรจุงบประมาณที่จำเป็นอยู่ในแผนแล้ว
			3	ปัจจุบันยังขาดความพร้อมทางทรัพยากรที่เทคโนโลยีต้องการ แต่อยู่ในขอบเขตที่เป็นไปได้ในระยะยาว โดยได้บรรจุอยู่ในแผนของหน่วยงานในประเทศที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อแล้ว

ลำดับที่	เกณฑ์การเลือกเทคโนโลยี	คำอธิบาย	ระดับคะแนน	คำนิยามของระดับคะแนน
		ความต้องการทรัพยากรอยู่ในขอบเขตที่เป็นไปได้สำหรับหน่วยงาน/ประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยี พร้อมจะลงทุนให้ ซึ่งทรัพยากรดังกล่าวรวมถึง งบประมาณ บุคลากร และเวลา เพื่อเป็นผู้ถ่ายทอดเทคโนโลยี	1	ปัจจุบันยังขาดความพร้อมทางทรัพยากรที่เทคโนโลยีต้องการ และจำเป็นจะต้องดำเนินการวางแผนการจัดหาทรัพยากรดังกล่าว เพื่อรองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี
			5	หน่วยงาน/ประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีพร้อมจะลงทุนทรัพยากรร่วมกัน เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่หน่วยงานในประเทศไทย และได้สร้างความร่วมมือไว้แล้ว
			3	หน่วยงาน/ประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยีพร้อมจะลงทุนทรัพยากรร่วมกัน หากประเทศไทยสามารถเสนอกลไกหรือข้อตกลงที่เอื้อประโยชน์ให้ได้มากขึ้น ซึ่งอาจได้สร้างความร่วมมือไว้แล้วหรือไม่ก็ได้
			1	หน่วยงาน/ประเทศที่เป็นเจ้าของเทคโนโลยียังไม่พร้อมจะลงทุนทรัพยากร และประเทศไทยจำเป็นจะต้องจัดหาทรัพยากรให้เป็นส่วนใหญ่
3	โอกาสและแนวโน้มทางด้านเทคโนโลยี	เทคโนโลยีแสดงถึงโอกาสในการพัฒนา และมีการถูกกล่าวถึงในรายงานแนวโน้มด้านเทคโนโลยีของโลก (เช่น ฐานข้อมูล Frost & Sullivan ฐานข้อมูล McKinsey ฐานข้อมูล Gartner รายงานของ World Economic Forum เป็นต้น)	5	เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของแนวโน้มด้านเทคโนโลยีของโลก และได้แสดงถึงโอกาสในการพัฒนา โดยถูกกล่าวถึงในรายงานในฐานข้อมูลจำนวนมากกว่า 5 ฐานข้อมูล
			3	เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของแนวโน้มด้านเทคโนโลยีของโลก และได้แสดงถึงโอกาสในการพัฒนา โดยถูกกล่าวถึงในรายงานในฐานข้อมูลจำนวน 2-4 ฐานข้อมูล
			1	เทคโนโลยีไม่ปรากฏอยู่ในรายงานในฐานข้อมูล

ลำดับที่	เกณฑ์การเลือกเทคโนโลยี	คำอธิบาย	ระดับคะแนน	คำนิยามของระดับคะแนน
		เทคโนโลยีปรากฏอยู่ในข้อมูลหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence-based result) ซึ่งหมายถึงผลการวิเคราะห์บรรณมิติ (Bibliometric survey) และฐานข้อมูลสิทธิบัตร	5	เทคโนโลยีปรากฏอยู่ในผลการวิเคราะห์บรรณมิติ และฐานข้อมูลสิทธิบัตร โดยอยู่ใน 5 อันดับแรกของผลการวิเคราะห์หัวข้อ (Topic) นั้น ๆ
			3	เทคโนโลยีปรากฏอยู่ในผลการวิเคราะห์บรรณมิติ และ/หรือฐานข้อมูลสิทธิบัตร โดยอยู่ใน 10 อันดับแรกของผลการวิเคราะห์หัวข้อ (Topic) นั้น ๆ
			1	เทคโนโลยีไม่ปรากฏอยู่ในการวิเคราะห์บรรณมิติ และฐานข้อมูลสิทธิบัตร
4	ผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคม	ผลกระทบในระยะสั้นต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ เช่น การเติบโตของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product; GDP) การส่งเสริมและพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) การลดความเหลื่อมล้ำในสังคมไทย เป็นต้น	5	เทคโนโลยีส่งผลกระทบอย่างมาก
			3	เทคโนโลยีส่งผลกระทบปานกลาง
			1	เทคโนโลยีส่งผลกระทบน้อย
5	ศักยภาพในการรับถ่ายทอดเทคโนโลยี	หน่วยงานในประเทศที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ทั้งภาครัฐและเอกชน มีเครือข่ายความสัมพันธ์ทาง ววน. อยู่แล้ว	5	ปัจจุบันได้มีเครือข่ายความร่วมมือในด้านเทคโนโลยีนี้แล้ว และมีแนวโน้มการยกระดับความสัมพันธ์และเพิ่มจำนวนความร่วมมือกับหน่วยงานอื่น
			3	ปัจจุบันได้มีเครือข่ายความร่วมมือในด้านเทคโนโลยีนี้แล้ว แต่ยังไม่มีแนวโน้มการดำเนินการต่อในระยะยาวที่ชัดเจน
			1	ปัจจุบันมีเครือข่ายความร่วมมือในด้านเทคโนโลยีนี้น้อย หรือไม่มี

ลำดับที่	เกณฑ์การเลือกเทคโนโลยี	คำอธิบาย	ระดับคะแนน	คำนิยามของระดับคะแนน
		หน่วยงานในประเทศที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ทั้งภาครัฐและเอกชน มีศักยภาพที่จะรับถ่ายทอดเทคโนโลยี นั่นคือมีการดำเนินการวิจัยเบื้องต้นแล้ว และสามารถยกระดับ TRL ได้สูง	5	ปัจจุบันมีหน่วยงานที่มีความพร้อมที่จะรับถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ และกำลังดำเนินการวิจัยเบื้องต้นอยู่ โดยมี TRL ไม่ต่ำกว่า 4
			3	ปัจจุบันมีหน่วยงานที่มีความพร้อมที่จะรับถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้ และกำลังดำเนินการวิจัยเบื้องต้นอยู่ โดยมี TRL ต่ำกว่า 4
			1	ปัจจุบันยังขาดหน่วยงานที่มีความพร้อมที่จะรับถ่ายทอดเทคโนโลยีนี้