กรมควบคุมโรค
Department of Disease Control

การพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค

ตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม

(Development and Evaluation of Innovations for Disease Prevention and Control Guided by Technology/Social Readiness Level Framework)

นางสาวฉัตรทริกา สุขพัฒนาเจริญ
นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค

Version 0.1
2025

กรมควบคุมโรค

Department of Disease Control

การพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม

(Development and Evaluation of Innovations for Disease Prevention and Control Guided by Technology/Social Readiness Level Framework)

กลุ่มนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค

กองนวัตกรรมและวิจัย

กรมควบคุมโรค

กันยายน 2568

การพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค
ตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม

(Development and Evaluation of Innovations for Disease Prevention and Control Guided by Technology/Social Readiness Level Framework)

ที่ปรึกษา

นางเบญจมาภรณ์ ภิญโญพรพาณิชย์	นักวิชาการสาธารณสุขทรงคุณวุฒิ
นายแพทย์ไผท สิงห์คำ	ผู้อำนวยการสถาบันป้องกันควบคุมโรคเขตเมือง

บรรณาธิการ

นายแพทย์อรรถเกียรติ กาญจนพิบูลวงศ์	ผู้อำนวยการกองนวัตกรรมและวิจัย
นางสาวนัยนา ประดิษฐ์สิทธิกร	รองผู้อำนวยการกองนวัตกรรมและวิจัย

ผู้จัดทำหลัก

นางสาวฉัตรทริกา สุขพัฒนาเจริญ	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ

ผู้ร่วมจัดทำ

นางสาวธวัลรัตน์ ใหม่รัตนไชยชาญ	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ
นางสาววรันยา ไสไทย	นักเทคโนโลยีสุขภาพและนวัตกรรม
นางสาวภัทรกัลยา สุขเสริฐ	นักวิชาการสาธารณสุข
นางสาวจินต์จุฑา ธูปประกายศรี	นักวิชาการสาธารณสุข

ISBN (e-Book) 978-616-11-5528-5

พิมครั้งที่ 1 กันยายน 2568

จัดทำโดย กลุ่มนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค
Disease Control Innovation Unit (DCI)
กองนวัตกรรมและวิจัย (กนว.)
Division of Innovation and Research (DIR)
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข
Disease Control (DDC), Ministry of Public Health (MOPH)
เว็บไซต์ https://ddc.moph.go.th/dir/

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ (Introduction) **5**

บทที่ 2 แนวคิดของนวัตกรรม (Concept of Innovation) **8**

2.1 นิยามนวัตกรรม 8

2.2 ประเภทของนวัตกรรม 8

2.3 ระยะการสร้างนวัตกรรม (Phase of Innovation) 10

2.4 ความคล้ายและความแตกต่างของกระบวนการวิจัยขั้นพื้นฐาน วิจัยประยุกต์ วิจัยและพัฒนา การคิดเชิงออกแบบ และการจัดการความรู้ 13

2.5 ความแตกต่างระหว่างวิจัยและพัฒนากับนวัตกรรม 23

2.6 แนวทางการสร้างนวัตกรรม (Innovation Approaches) 24

2.7 นวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค 28

2.8 กระบวนการ/วิธีการที่ใช้ในการทดสอบนวัตกรรม 30

บทที่ 3 แนวคิดการสร้างนวัตกร (Concept of Innovator Development) **59**

3.1 นิยามนวัตกร 59

3.2 ทักษะหลักของนวัตกร (Core Skill) 59

3.3 ความรู้และความเข้าใจหลัก (Core Knowledge & Literacy) 60

3.4 ความเชี่ยวชาญหลักของนวัตกร (Expertise) 61

3.5 การพัฒนาทักษะนวัตกร 62

3.6 องค์ประกอบทีมนวัตกรภาครัฐด้านการป้องกันควบคุมโรค 64

บทที่ 4 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรม (Innovation Readiness Assessment) **66**

4.1 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรมตามขอบเขตและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง 66

4.2 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรมตาม TRL/SRL 67

บทที่ 5 การประเมินผลกระทบของนวัตกรรม (Impact Assessment) **79**

5.1 ความสำเร็จของนวัตกรรมที่สร้างใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์ 79

5.2 การประเมินผลกระทบโดยใช้เกณฑ์และตัวชี้วัด 82

บทที่ 6 การพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรค ตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (Technology/Societal Readiness Level: TRL/SRL) **83**

6.1 องค์ประกอบสำคัญสำหรับการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรค 83

6.2 แนวทางการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรคตามกรอบ TRL/SRL 89

6.3 รูปแบบ/กลไลพัฒนานวัตกรรม (Innovation Pipeline) ของกรมควบคุมโรคตั้งแต่ TRL/SRL 1 - 9 94

ภาคผนวก **99**

เอกสารอ้างอิง **126**

คำนำ

ในปัจจุบัน สังคมโลกเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงและความท้าทายด้านสาธารณสุขที่มีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้น อันเนื่องมาจากการแพร่ระบาดของโรคอุบัติใหม่ ภัยพิบัติทางธรรมชาติ และวิกฤตสุขภาพที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม การพัฒนานวัตกรรมที่สามารถตอบสนองต่อสถานการณ์ดังกล่าวถือเป็นปัจจัยสำคัญและจำเป็นสำหรับการพัฒนาระบบสาธารณสุขของประเทศ

องค์ความรู้ด้านการพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค ตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (Technology/Social Readiness Level: TRL/SRL) จัดทำขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือชี้แนวทางสำหรับหน่วยงานส่วนกลางและส่วนภูมิภาคสังกัดกรมควบคุมโรคที่มีบทบาทในการสนับสนุนการสร้างนวัตกรรม การส่งเสริมศักยภาพของนักวิชาการ และการยกระดับความพร้อมของผลงานนวัตกรรมให้สามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิผล เอกสารฉบับนี้เน้นการส่งมอบกรอบแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประเมินและส่งเสริมการสร้างนวัตกรรม โดยการใช้ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (TRL/SRL) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และพัฒนานวัตกรรมที่ตอบสนองต่อความต้องการด้านการป้องกันและควบคุมโรค และการจัดการภัยพิบัติทางสาธารณสุขอย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางดังกล่าวยังให้ความสำคัญต่อการมีส่วนร่วมจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกระดับ รวมทั้งการวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันเพื่อระบุช่องว่างและอุปสรรค การใช้วิธีการทดลองในพื้นที่นำร่อง และการปรับปรุงกระบวนการให้สอดคล้องกับข้อมูลย้อนกลับ

ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการ นักวิจัย และนวัตกร และเครือข่ายทุกภาคส่วนที่มีภารกิจในการส่งเสริมสนับสนุนการขับเคลื่อนงานนวัตกรรมของกรมควบคุมโรคในการสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์การใช้งานจริง มีความยั่งยืน และสามารถขยายผลได้ทั้งในเชิงนโยบายและการปฏิบัติเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับระบบสาธารณสุขเพื่อรับมือกับความท้าทายที่จะมาถึงในอนาคตและสามารถสร้างผลกระทบเชิงบวกต่อระบบสาธารณสุขของประเทศได้อย่างยั่งยืน

กลุ่มนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค

กันยายน 2568

บทที่ 1
บทนำ (Introduction)

ความเป็นมาและความสำคัญของนวัตกรรม

ในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยต้องเผชิญกับความท้าทายด้านสุขภาพที่ซับซ้อนและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไม่ว่าจะเป็นการแพร่ระบาดของโรคติดต่อ เช่น ไข้เลือดออก วัณโรค และโรคโควิด-19 รวมถึงปัญหาโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) เช่น โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และโรคมะเร็ง ซึ่งปัจจุบันเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับต้น ๆ ของประชากรในประเทศ จากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุขพบว่า NCDs ก่อให้เกิดความสูญเสียในรูปแบบของค่ารักษาพยาบาลและแรงงานปีละหลายพันล้านบาท นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและสังคม เช่น การเพิ่มขึ้นของประชากรผู้สูงอายุและการเปลี่ยนแปลงของวิถีชีวิต ยังส่งผลกระทบโดยตรงต่อระบบสาธารณสุข ทำให้จำเป็นต้องมีการพัฒนาระบบสุขภาพที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุมมากขึ้น ดังนั้น นวัตกรรมด้านสุขภาพจึงมีบทบาทสำคัญในการช่วยจัดการกับปัญหาดังกล่าว โดยมุ่งเน้นไปที่การใช้เทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริการสุขภาพ การป้องกันโรค และการรักษาให้เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย

กรมควบคุมโรค (Department of Disease Control) มีภารกิจหลักในการป้องกันและควบคุมโรคที่ส่งผลกระทบต่อประชากรในระดับชาติ รวมถึงการลดผลกระทบจากภัยสาธารณสุขต่าง ๆ เช่น โรคติดเชื้ออุบัติใหม่ โรคที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และการจัดการภัยพิบัติ สภาพปัญหาที่ท้าทายและหลากหลายทำให้กรมควบคุมโรคต้องเร่งพัฒนานวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงาน ตัวอย่างหนึ่งที่เห็นได้ชัดคือการตอบสนองต่อสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด-19 ซึ่งกรมควบคุมโรคได้แสดงบทบาทสำคัญในการพัฒนากระบวนการติดตามผู้ป่วยและเฝ้าระวังโรคผ่านเทคโนโลยี เช่น แอปพลิเคชันหมอชนะและระบบติดตามผู้ป่วย ด้วยนโยบายดำเนินงานของกรมควบคุมโรคที่มุ่งเน้นให้เพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนานวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค โดยยึดหลักการ 4T ได้แก่ การสร้างความน่าเชื่อถือและความเชื่อมั่นในสังคม (Trust) การทำงานเป็นทีมแบบมืออาชีพและส่งเสริมผู้มีความสามารถ (Teamwork and Talent) การใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรม (Technologies) และการทำงานแบบมีเป้าหมาย (Targets) ประกอบกับการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีที่มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบบริการใหม่ ๆ อยู่เสมอ ซึ่งส่งผลให้ระบบบริการด้านสุขภาพจำเป็นต้องเร่งการพัฒนาบริการทางสุขภาพให้สามารถใช้งานได้จริงและช่วยแก้ปัญหาด้านสุขภาพของประชาชนอย่างยั่งยืน

อย่างไรก็ตาม การพัฒนานวัตกรรมด้านสุขภาพและการป้องกันควบคุมโรคของกรมควบคุมโรคยังคงเผชิญกับปัญหาและข้อจำกัดหลายด้าน หนึ่งในนั้นคือข้อจำกัดด้านการวิจัยและพัฒนา ซึ่งเกิดจากการขาดการสนับสนุนในระยะยาวสำหรับการทดลองและการทดสอบต้นแบบนวัตกรรม อีกทั้งยังขาดแนวปฏิบัติที่ชัดเจนในการสร้างนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง แม้ว่าจะมีความพยายามในการพัฒนานวัตกรรมหลายประการ เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และการใช้แอปพลิเคชันต่าง ๆ ในการติดตามและเฝ้าระวังโรค แต่ยังขาดการกำหนดกรอบการทำงานที่ชัดเจนในการสนับสนุนการพัฒนาและการประเมินผล

นวัตกรรมเหล่านั้นอย่างเป็นระบบ ส่งผลให้การพัฒนานวัตกรรมบางโครงการขาดความต่อเนื่อง และไม่สามารถนำไปใช้ได้จริงในระดับที่กว้างขวาง อีกทั้งยังขาดการบูรณาการการทำงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ทำให้การพัฒนานวัตกรรมขาดความสอดคล้องและลดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

การขาดแนวทางที่ชัดเจนนี้เป็นอุปสรรคสำคัญที่ทำให้การพัฒนานวัตกรรมไม่สามารถตอบสนองต่อความท้าทายด้านสุขภาพของประชาชนได้อย่างครบถ้วนและยั่งยืน ดังนั้นการสร้างกรอบแนวทางที่ชัดเจนในการพัฒนาและประเมินนวัตกรรมจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้กรมควบคุมโรคสามารถพัฒนานวัตกรรมที่มีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริง พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบและปรับปรุงได้อย่างต่อเนื่อง

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค ที่มีบทบาทในการสนับสนุนการขับเคลื่อนงานนวัตกรรมให้กับทุกหน่วยงานในสังกัดกรมควบคุมโรค ให้สามารถดำเนินงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถสร้างและพัฒนานวัตกรรมให้เข้ากับความต้องการ สร้างเครือข่ายเชื่อมโยงผู้คนรวมไปถึงการประสานงานระดับองค์กร ให้เข้ามาร่วมเป็นผู้สนับสนุน จนสามารถต่อยอดสู่การพัฒนานวัตกรรมผลิตภัณฑ์ กระบวน หรือบริการที่สามารถตอบปัญหา อุปสรรค หรือความท้าทายหลัก (Pain Point) ของผู้ใช้งานได้จริง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเป็นรูปธรรม ควรเริ่มจากการพัฒนากรอบแนวทางที่ชัดเจนในการสนับสนุนการพัฒนาและประเมินผลของนวัตกรรม โดยการกำหนดขั้นตอนและเกณฑ์ที่สามารถวัดผลได้ในทุกขั้นตอนของการพัฒนา ตั้งแต่การวิจัยและออกแบบต้นแบบไปจนถึงการทดลองใช้จริงในพื้นที่ เพื่อให้มั่นใจว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ได้จริงและตอบโจทย์ความต้องการของประชาชนอย่างยั่งยืน นอกจากนี้ การจัดตั้งกลไกการประเมินผลที่มีความเป็นระบบและโปร่งใสจะช่วยให้สามารถตรวจสอบและปรับปรุงนวัตกรรมได้อย่างต่อเนื่อง และมีการปรับเปลี่ยนให้สอดคล้องกับสถานการณ์และความท้าทายใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น การบูรณาการการทำงานระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนานวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ โดยกรมควบคุมโรคควรสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ องค์กรภาคเอกชน และสถาบันการศึกษา ทั้งในระดับชาติและนานาชาติ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ และทรัพยากรที่จำเป็นในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือดังกล่าวยังสามารถช่วยเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงแหล่งทุนและการสนับสนุนที่สำคัญสำหรับการพัฒนานวัตกรรม ยิ่งไปกว่านั้นการส่งเสริมการพัฒนาบุคลากรในด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมก็เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่สำคัญ โดยการจัดการฝึกอบรมและการพัฒนาทักษะให้กับเจ้าหน้าที่ของกรมควบคุมโรค เพื่อให้สามารถปรับตัวเข้ากับการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีและกระบวนการใหม่ ๆ การสร้างทีมงานที่มีทักษะและความเชี่ยวชาญเฉพาะทางจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนานวัตกรรมและนำไปใช้ในภาคปฏิบัติได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผล ท้ายที่สุดการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนในกระบวนการพัฒนานวัตกรรมจะช่วยให้การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมมีความเหมาะสมและตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

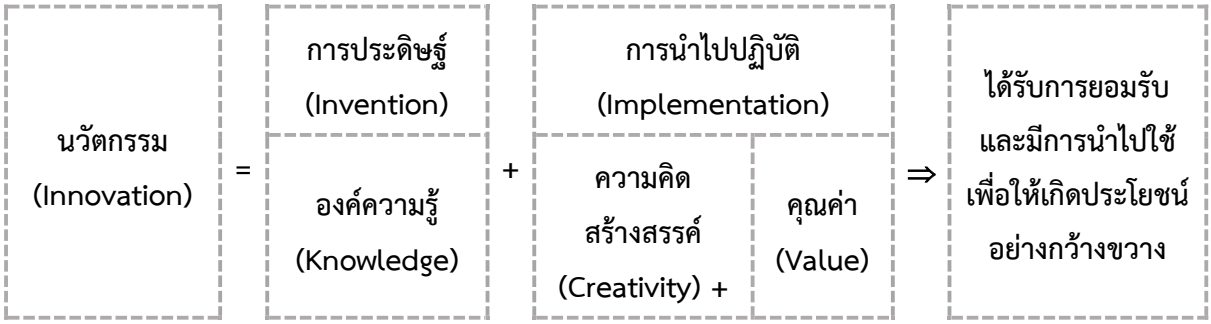
องค์ความรู้ด้านการพัฒนาและประเมินผลนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (Technology/Social Readiness Level: TRL/SRL) ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับหน่วยงานภาครัฐที่มีบทบาทในการส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างนวัตกรรม การบ่มเพาะศักยภาพของนวัตกร และการยกระดับความพร้อมของผลงานนวัตกรรมให้สามารถต่อยอดสู่การใช้งานจริง

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เอกสารฉบับนี้มุ่งเน้นการนำเสนอกรอบแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการประเมินและสนับสนุนการสร้างนวัตกรรม โดยใช้กรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (Technology/Social Readiness Level: TRL/SRL) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์และพัฒนานวัตกรรมที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการด้านการป้องกันและควบคุมโรค รวมถึงการจัดการภัยสาธารณสุขอย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางนี้ยังเน้นถึงความสำคัญของการมีส่วนร่วมจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในทุกระดับ การวิเคราะห์สถานการณ์ปัจจุบันเพื่อระบุช่องว่างและอุปสรรค การทดลองใช้ในพื้นที่นำร่อง และการปรับปรุงกระบวนการตามข้อมูลป้อนกลับ ทำให้นวัตกรรมด้านสุขภาพและการป้องกันควบคุมโรคสามารถพัฒนาและนำไปใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ

บทที่ 2
แนวคิดของนวัตกรรม (Concept of Innovation)

2.1 นิยามนวัตกรรม

นวัตกรรมคือสิ่งใหม่ (Something New) ที่สนับสนุน ส่งเสริม หรือส่งผลต่อการดำเนินงานด้านการป้องกันควบคุมโรคไม่ว่าจะทางตรงหรือทางอ้อม เกิดจากการใช้ความรู้ ความคิดสร้างสรรค์ สิ่งใหม่ในที่นี้คือไม่เคยมีผู้ใดทำมาก่อน หรือเคยทำมาแล้วในอดีต แต่นำมาพัฒนาจากของเก่าที่มีอยู่เดิม ซึ่งต้องไม่ใช่เกิดจากการลอกเลียนแบบหรือการทำซ้ำ ช่วยให้การทำงานนั้นได้ผลดีมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงกว่าเดิม หรือนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน เพื่อแก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนางาน หรือเพื่อการพัฒนาบุคลากร สามารถสร้างผลกระทบทางเศรฐกิจ/สังคม ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนสามารถวัดวิเคราะห์ได้[1-4] (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 นิยามของนวัตกรรม[1-4]

2.2 ประเภทของนวัตกรรม

ในการศึกษาและพัฒนานวัตกรรมเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการบริหารจัดการ การวางแผนพัฒนา หรือการวิเคราะห์เชิงยุทธศาสตร์ จำเป็นต้องมีการจัดประเภทนวัตกรรมให้ชัดเจน ซึ่งสามารถจำแนกได้จากหลายเกณฑ์ ได้แก่ ผลกระทบของนวัตกรรม ลักษณะของนวัตกรรม และบริบทการนำไปใช้

หากแบ่งประเภทของนวัตกรรมตามเกณฑ์ลักษณะของนวัตกรรม สามารถจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1) นวัตกรรมด้านผลิตภัณฑ์ (Product Innovation)[1]

นวัตกรรมที่เกิดจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงสังคม ชุมชน และสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นการยกระดับคุณภาพจากของเดิมที่มีอยู่ให้ดียิ่งขึ้น หรือการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในระดับโลก ประเทศ องค์กร หรือหน่วยงาน ทั้งนี้อาจอยู่ในรูปของการปรับปรุงและพัฒนารูปลักษณ์ การออกแบบ และคุณลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์ อาทิ เครื่องมือสื่อสาร ชุดทดสอบวินิจฉัย (Test Kit) อุปกรณ์ดักยุง แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Application) บัตรประจำตัวอัจฉริยะ (Smart Card) เครื่องบริการอัตโนมัติ (KIOSK) หรือหน่วยบริการเคลื่อนที่ (Mobile Unit) เป็นต้น

2) นวัตกรรมด้านกระบวนการ (Process Innovation)[1]

นวัตกรรมที่เกิดจากการพัฒนาระบบการดำเนินงานอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการดำเนินงาน เป็นนวัตกรรมขบวนการทางองค์กรที่มีการเปลี่ยนแปลงระบบบริหารจัดการ คน เงิน ของ หรือโครงสร้างของหน่วยงาน เพื่อสนับสนุนการบริการที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การจัดตั้งหน่วยบริการ การพัฒนาแนวทางการบริหารงบประมาณ การบริหารงานบุคคล เป็นต้น

3) นวัตกรรมด้านการบริการ (Service Innovation)[1]

นวัตกรรมที่เกิดจากการปรับปรุงบริการเดิมหรือการสร้างบริการใหม่ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านการป้องกันและควบคุมโรค เพื่อให้ผู้ให้บริการและผู้รับบริการสามารถเข้าถึงและใช้บริการได้รวดเร็ว สะดวก และครอบคลุมมากขึ้น รวมทั้งการพัฒนารูปแบบการให้บริการและการส่งมอบงาน เช่น การจัดทำคู่มือและมาตรฐานการบริการ การให้บริการผ่านอินเทอร์เน็ต การจัดการฐานข้อมูลเพื่อการสืบค้น การใช้แบบประเมินออนไลน์ ระบบเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (E-document) การเรียนรู้ออนไลน์ (E-learning) และระบบตอบกลับอัตโนมัติ (Chatbot)

นวัตกรรมด้านการให้บริการยังสามารถจำแนกออกเป็นอีก 5 ประเภทย่อย ตามนิยามการพัฒนาการให้บริการภาครัฐโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (ก.พ.ร.) ดังนี้

3.1) นวัตกรรมการส่งมอบบริการ (Service Delivery Innovation) การให้บริการในรูปแบบใหม่หรือรูปแบบที่แตกต่างจากเดิม (New or Different Way of Providing a Service) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของการบริการ

3.2) นวัตกรรมการบริหาร/องค์การ (Administrative or Organizational Innovation) การปรับเปลี่ยนโครงสร้างองค์กร การจัดระบบงาน หรือการสร้างกระบวนการทำงานใหม่ เพื่อเพิ่มความคล่องตัวและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน

3.3) นวัตกรรมทางความคิด (Conceptual Innovation) การสร้างมุมมองใหม่ การแสวงหาวิธีการใหม่ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหา รวมถึงการท้าทายสมมติฐานเดิม และการปรับเปลี่ยนบทบาทของผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง เพื่อผลักดันแนวคิดใหม่ให้เกิดขึ้นจริง

3.4) นวัตกรรมเชิงนโยบาย (Policy Innovation) การออกแบบหรือประยุกต์ใช้นโยบายและเครื่องมือเชิงนโยบายแบบใหม่ เพื่อก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาพการณ์ พฤติกรรม หรือผลลัพธ์ในสังคม

3.5) นวัตกรรมเชิงระบบ (Systemic Innovation) การออกแบบระบบใหม่ หรือการปรับเปลี่ยนระบบเดิมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงกว้างหรือในระดับพื้นฐาน (Systemwide Change/Fundamental Transformation) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและแบบแผนความสัมพันธ์ระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

2.3 ระยะการสร้างนวัตกรรม (Phase of Innovation)

การสร้างหรือพัฒนานวัตกรรมเป็นกระบวนการสำคัญที่มีบทบาทในการขับเคลื่อนความก้าวหน้าทางสังคม และเศรษฐกิจ ซึ่งไม่ได้เกิดขึ้นอย่างฉับพลัน แต่ต้องอาศัยการคิด การวิจัย การทดลอง และการพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยกระบวนการนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะหลัก ได้แก่

1) ระยะที่ 1 IDEA (Basic Research)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการนำแนวคิดจากระยะที่ 1 มาต่อยอดผ่านการทดลอง ประยุกต์ และพัฒนาให้มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยผลลัพธ์ในระยะนี้มักอยู่ในรูปของต้นแบบ (Prototype) หรือระบบต้นร่างที่สามารถทดสอบการทำงานเบื้องต้นได้ อาจเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือรูปแบบการให้บริการที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ หรือได้รับการปรับปรุงจากสิ่งที่มีอยู่เดิม ผ่านกระบวนการศึกษา วิจัย หรือพัฒนาอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถทำงานหรือแสดงผลได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ แม้ว่ากระบวนการในระยะนี้จะยังดำเนินการภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำกัด แต่ก็เริ่มมองเห็นศักยภาพและความเป็นไปได้ของนวัตกรรมได้ชัดเจนมากขึ้น โดยเฉพาะผ่านการวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ซึ่งเน้นการนำองค์ความรู้จากการวิจัยพื้นฐานประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาในสถานการณ์จริง หรือตอบสนองต่อความต้องการเฉพาะด้าน ทั้งนี้ กระบวนการดังกล่าวยังสามารถต่อยอดไปสู่การวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ซึ่งมีเป้าหมายในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ คิดค้นเทคโนโลยี หรือพัฒนานวัตกรรมให้พร้อมใช้งาน โดยการวิจัยในลักษณะนี้มักได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐหรือภาคเอกชนที่ต้องการผลลัพธ์เชิงประยุกต์และสามารถใช้งานได้จริง ซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1.1) การระดมและระบุไอเดีย (Idea Generation/Identification Stage) รวบรวม จัดหมวดหมู่และนำเสนอข้อมูล ระดมและรวบรวมไอเดีย บันทึกไอเดียไว้เป็นระบบ และคัดกรองไอเดียเบื้องต้น (Idea Filter)

1.2) การกำหนดแนวคิด (Concept Definition Stage) แปลงไอเดียให้กลายเป็นแนวคิดที่สามารถนำไปพัฒนาใช้งานได้จริง

2) ระยะที่ 2 INVENTION (Applied Research/Prototype Development)

ขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการต่อยอดแนวคิดจากระยะที่ 1 ผ่านการทดลอง ประยุกต์ และพัฒนาให้มีความเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ผลลัพธ์ของระยะนี้มักอยู่ในรูปแบบของต้นแบบ (Prototype) หรือระบบต้นแบบที่สามารถทดสอบการทำงานเบื้องต้นได้ ไม่ว่าจะเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือรูปแบบการให้บริการที่พัฒนาขึ้นใหม่ หรือได้รับการปรับปรุงจากสิ่งที่มีอยู่เดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยอาศัยการศึกษา วิจัย หรือพัฒนา เพื่อให้สามารถทำงานหรือแสดงผลได้ตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ แม้ว่าการดำเนินงานในระยะนี้จะยังอยู่ในสภาพแวดล้อมที่จำกัดและอยู่ภายใต้การควบคุม แต่ก็เริ่มเห็นศักยภาพและความเป็นไปได้ของนวัตกรรมได้อย่างชัดเจนมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะของ การวิจัยประยุกต์ (Applied Research) ที่มุ่งเน้นการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง โดยนำองค์ความรู้จากการวิจัยขั้นพื้นฐานมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับการใช้งานจริง และมักตอบโจทย์การแก้ปัญหาเฉพาะด้าน กระบวนการดังกล่าวยังสามารถต่อยอดไปสู่ การวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D)

ซึ่งมุ่งเน้นการค้นคว้า พัฒนาเทคโนโลยีใหม่ หรือสร้างนวัตกรรมที่พร้อมใช้งานในระดับที่กว้างขวางยิ่งขึ้น โดยมักได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐหรือภาคเอกชนที่ต้องการผลลัพธ์เชิงปฏิบัติและสามารถนำไปใช้ได้จริง ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ สังคม สาธารณสุข สิ่งแวดล้อม ความมั่นคง และชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนอย่างชัดเจนซึ่งประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

2.1) การศึกษาความเป็นไปได้และปรับแต่งแนวคิด (Concept Feasibility and Refinement Stage) ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม สร้างแบบจำลอง หรือพัฒนาต้นแบบ และการประเมินความเป็นไปได้ของแนวคิดในระยะนี้ควรถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งหากล้มเหลวในระยะต้นจะช่วยลดต้นทุนและความเสี่ยงได้มากกว่าการล้มเหลวในระยะหลัง

2.2) การจัดการเชิงกลยุทธ์และพอร์ตโฟลิโอ (Portfolio Stage) จัดสรรทรัพยากร มอบหมายความรับผิดชอบ และติดตามความคืบหน้าของนวัตกรรม และวิเคราะห์ผลกระทบร่วมของโครงการต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ขององค์กรจะบรรลุผล

3) ระยะที่ 3 INNOVATION (Product on Shelf)

ระยะนี้เป็นขั้นตอนของการนำนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นไปสู่การใช้งานจริงอย่างเต็มรูปแบบ ผ่านกระบวนการทดสอบและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง จนสามารถผลิต ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้รับการยอมรับและมีการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวาง ถือเป็นการแปลงแนวคิดหรือองค์ความรู้ให้กลายเป็นคุณค่าที่จับต้องได้ และสามารถประยุกต์ใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ นวัตกรรมในระยะนี้อาจเป็นแนวคิด วิธีการ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน หรืออาจเป็นการต่อยอดและปรับปรุงจากสิ่งที่มีอยู่เดิมให้ทันสมัยและตอบสนองต่อการใช้งานได้ดียิ่งขึ้น การนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการทำงานไม่เพียงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผล แต่ยังช่วยลดเวลาและแรงงาน พร้อมทั้งสร้างผลลัพธ์ที่คุ้มค่าและยั่งยืนมากยิ่งขึ้น กระบวนการนี้เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิดกับการสร้างนวัตกรรม (Innovation) ที่มุ่งเน้นการนำองค์ความรู้ไปพัฒนาให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม โดยมักอยู่ภายใต้กระบวนการ วิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ซึ่งเป็นการบูรณาการระหว่างการวิจัยเชิงลึกกับการพัฒนาเทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือรูปแบบการให้บริการใหม่ให้พร้อมใช้งานในระดับจริง ตัวอย่างของกิจกรรมในระยะนี้ เช่น การพัฒนายาใหม่ การออกแบบระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง หรือการสร้างผลิตภัณฑ์ต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและสามารถผลิตในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอนย่อย

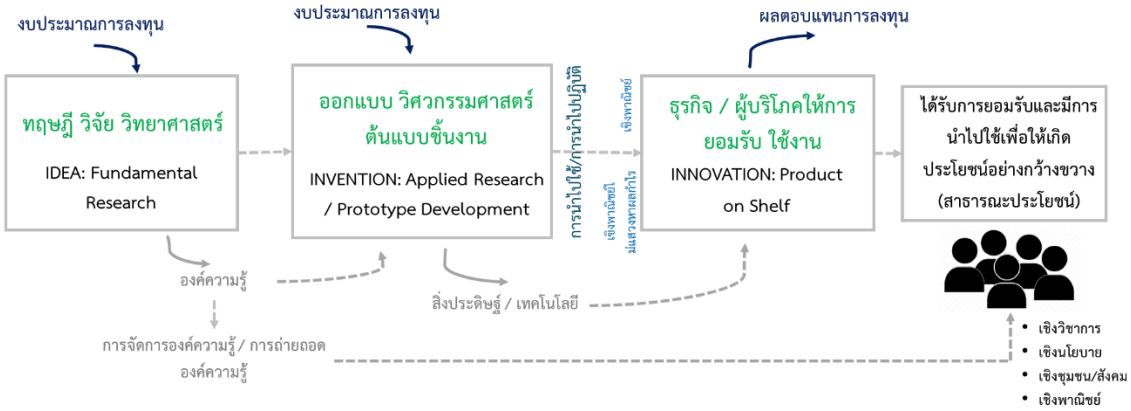
3.1) การนำไปใช้ (Deployment Stage) ออกแบบ ดำเนินการ และทดสอบแนวทางนวัตกรรม รวมถึงการวางแผนโครงการโดยละเอียด และการบริหารจัดการในขั้นตอนการออกแบบและดำเนินงานจริง

3.2) การปรับปรุงและทำให้เป็นทางการ (Refinement & Formalization Stage) เมื่อเริ่มใช้งานนวัตกรรมจริง จะพบว่ายังไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในทันที ขั้นตอนนี้เน้นการติดตามวัดผล ประเมิน และปรับปรุงแนวทางแก้ไขให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด เมื่อทุกอย่างทำงานได้อย่างสมบูรณ์แล้ว จึงจัดทำเอกสารและแนวทางปฏิบัติให้เป็นระบบ (Formalized)

3.3) การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์แบบไม่แสวงหาผลกำไร (Exploitation Stage) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการพัฒนานวัตกรรม โดยเฉพาะนวัตกรรมภาครัฐ โดยมุ่งเน้นการขยายผลและต่อยอดแนวทาง

นวัตกรรมที่พัฒนาแล้ว ผ่านการพัฒนาโมเดลธุรกิจใหม่ หรือการเข้าสู่ตลาดใหม่ ผ่านการผลักดันสู่การใช้งานในระดับนโยบาย โดยส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช.) และหน่วยงานจัดซื้อจัดจ้างของรัฐนำแนวทางการแก้ปัญหา (Solution) ที่ได้รับการพิสูจน์ผลแล้วไปใช้ประโยชน์ในวงกว้าง ทั้งนี้ เป้าหมายสำคัญของระยะดังกล่าว คือ การสร้างคุณค่าเพิ่มเติมจากนวัตกรรมที่ได้รับการพัฒนาแล้ว

โดยรวมจะเห็นได้ชัดเจนว่า ในระยะที่ 1 ถึง 2 ซึ่งครอบคลุมการศึกษา การวิจัย และการพัฒนา เปรียบเสมือนกระบวนการที่เปลี่ยน “เงินทุน” ให้กลายเป็น “องค์ความรู้” โดยการลงทุนในงานวิจัยสามารถก่อให้เกิดความเข้าใจใหม่ ๆ และสร้างองค์ความรู้ที่มีประโยชน์ต่อสังคมและวงการวิทยาศาสตร์ เมื่อเข้าสู่ระยะที่ 3 ซึ่งเป็นช่วงของ “นวัตกรรม” จะเป็นขั้นตอนสำคัญในการนำความรู้หรือเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัยมาประยุกต์ใช้ให้เกิด “มูลค่าทางเศรษฐกิจและสังคม” เกิดประโยชน์ตอบแทนสู่สังคม (Nonprofit Commercialize) ผ่านการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการที่สามารถใช้งานได้จริง กระบวนการนี้จึงมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นเศรษฐกิจและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 กระบวนการวิจัยเป็นการแปลงทรัพยากรทางการเงินให้กลายเป็นองค์ความรู้ ในขณะที่นวัตกรรมหรือการถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นกระบวนการแปลงองค์ความรู้ให้กลับมาเป็นมูลค่าทางสังคมและเศรษฐกิจ

ยิ่งไปกว่านั้น การสร้างนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพควรให้ความสำคัญกับการเข้าใจผู้ใช้อย่างลึกซึ้ง โดยยึดแนวคิด “ผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง” (Human-Centered) ผสานกับกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) และการคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ซึ่งเปิดโอกาสให้มีการทดลองซ้ำ (Iteration) และรับฟังความคิดเห็นจากผู้ใช้ในทุกขั้นตอนอย่างต่อเนื่อง กระบวนการเหล่านี้ช่วยให้สามารถ “เข้าใจโจทย์ เข้าถึงปัญหา ค้นหาทางออก และพัฒนาสิ่งใหม่” ได้อย่างเป็นระบบ นำไปสู่นวัตกรรมที่ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างแท้จริงและมีคุณค่าในทางปฏิบัติ

2.4 ความคล้ายและความแตกต่างของกระบวนการวิจัยขั้นพื้นฐาน วิจัยประยุกต์ วิจัยและพัฒนา การคิดเชิงออกแบบ และการจัดการความรู้

ในบริบทของการพัฒนานวัตกรรม กระบวนการวิจัยและแนวทางการจัดการองค์ความรู้ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์และบทบาทที่แตกต่างกันไปตามลักษณะและเป้าหมายของแต่ละกระบวนการ (ตารางที่ 1 - 2) เริ่มตั้งแต่ วิจัยขั้นพื้นฐาน ซึ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้ใหม่และทฤษฎีพื้นฐาน โดยไม่มุ่งหวังผลลัพธ์เชิงประยุกต์ในทันที แต่เป็นรากฐานสำคัญที่ช่วยให้เกิดความเข้าใจเชิงลึกในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ขณะที่วิจัยประยุกต์จะนำองค์ความรู้จากงานวิจัยขั้นพื้นฐานมาปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะด้านอย่างเป็นรูปธรรมและมีเป้าหมายที่ชัดเจนในการสร้างประโยชน์เชิงปฏิบัติ ต่อมาการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) คือการผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงลึกและการพัฒนาเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่พร้อมใช้งานจริง โดยกระบวนการนี้มุ่งเน้นการสร้างนวัตกรรมที่จับต้องได้และตอบโจทย์ความต้องการของตลาดหรือสังคมได้อย่างชัดเจน ในทางกลับกัน การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) ให้ความสำคัญกับผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง โดยใช้วิธีคิดที่เน้นการทำความเข้าใจปัญหาอย่างลึกซึ้ง ผ่านการทดลองและปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกระบวนการที่เน้นความคิดสร้างสรรค์และการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ เพื่อต่อยอดแนวคิดสู่การพัฒนาสิ่งใหม่ที่ตอบโจทย์จริงในบริบทที่เปลี่ยนแปลงได้รวดเร็ว สุดท้าย การจัดการความรู้ (Knowledge Management) คือกระบวนการรวบรวม จัดเก็บ แลกเปลี่ยน และใช้ประโยชน์จากองค์ความรู้ภายในองค์กรหรือระบบ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ การตัดสินใจ และการพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืน ทั้งนี้การจัดการความรู้เป็นกลไกสนับสนุนที่ช่วยให้ข้อมูลและความรู้สามารถถูกนำไปใช้ต่อยอดในกระบวนการวิจัยและพัฒนาหรือการคิดเชิงออกแบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยสรุปแม้กระบวนการทั้งห้าจะมีจุดมุ่งหมายร่วมกันในการสร้างสรรค์และพัฒนานวัตกรรม แต่มีความแตกต่างกันในเชิงวิธีการและเป้าหมายเฉพาะ ทั้งนี้การทำงานประสานร่วมกันของแต่ละกระบวนการจะช่วยส่งเสริมการสร้างนวัตกรรมที่ตอบโจทย์ผู้ใช้และยั่งยืนในระยะยาว

ตารางที่ 1 ความคล้ายและความแตกต่างของกระบวนการวิจัยขั้นพื้นฐาน วิจัยประยุกต์ วิจัยและพัฒนา การคิดเชิงออกแบบ และการจัดการความรู้

หัวข้อ (Topic)	การวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)
เป้าหมายหลัก	สร้างความรู้ใหม่	นำความรู้ไปใช้แก้ปัญหา	พัฒนาผลิตภัณฑ์/เทคโนโลยี	ออกแบบผลิตภัณฑ์/บริการโดยเน้นผู้ใช้	จัดการและเผยแพร่องค์ความรู้
ลักษณะเด่น	ทฤษฎี-นามธรรม	ใช้งานได้จริง	ปรับปรุง-พัฒนา	ใช้ความคิดสร้างสรรค์	บริหารจัดการข้อมูล
ขอบเขต	กว้าง อิงหลักการวิทยาศาสตร์	แคบ มุ่งเน้นการใช้งานจริง	เชื่อมโยงวิจัยกับการใช้งานจริง	เน้นการแก้ปัญหาเฉพาะด้าน	ใช้ในองค์กรหรือชุมชน
การนำไปใช้	องค์ความรู้พื้นฐาน	แก้ปัญหาเชิงเทคนิค	ผลิตภัณฑ์/นวัตกรรม	การออกแบบที่ตอบโจทย์ผู้ใช้	จัดเก็บและเผยแพร่ข้อมูล

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบกระบวนการวิจัยขั้นพื้นฐาน วิจัยประยุกต์ วิจัยและพัฒนา การคิดเชิงออกแบบ การจัดการความรู้ และนวัตกรรม

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) การศึกษาวิจัยและทฤษฎีที่มีอยู่เดิมอย่างละเอียด เพื่อระบุช่องว่างของความรู้และประเด็นที่ต้องการการศึกษาเพิ่มเติม	**การระบุปัญหาหรือความต้องการ (Problem Identification)** กำหนดปัญหาหรือความต้องการที่ชัดเจนซึ่งงานวิจัยจะมุ่งเน้นแก้ไข	**การสร้างไอเดีย (Idea Generation)** ขั้นตอนแรกของกระบวนการ R&D คือการสร้างไอเดียใหม่ ๆ ซึ่งอาจมาจากการวิจัยตลาด แนวโน้มทางเทคโนโลยี ความต้องการของลูกค้า หรือความคิดสร้างสรรค์ของพนักงาน	**ความเข้าอกเข้าใจ (Empathy)** เข้าใจความต้องการและประสบการณ์ของผู้ใช้งานอย่างลึกซึ้ง	**การแสวงหาความรู้ (Knowledge Acquisition)** การรวบรวมข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับความต้องการของผู้ใช้งาน	**การระดมและระบุไอเดีย (Idea Generation/Identification Stage)** ◦ รวบรวม จัดหมวดหมู่ และนำเสนอข้อมูล ◦ ระดมและรวบรวมไอเดีย ◦ บันทึกไอเดียไว้เป็นระบบ ◦ คัดกรองไอเดียเบื้องต้น (Idea Filter)
การพัฒนาสมมติฐาน (Hypothesis Development) จากการทบทวนวรรณกรรม นักวิจัยจะพัฒนาสมมติฐานหรือคำถามวิจัยที่มุ่งอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ไขคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่ยังไม่มีคำตอบ	**การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)** ศึกษาวิจัยที่มีอยู่เดิมเพื่อทำความเข้าใจสถานะความรู้ปัจจุบัน และระบุช่องว่างที่งานวิจัยใหม่จะเข้ามาเติมเต็ม	**การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)** หลังจากได้ไอเดีย จะมีการวิเคราะห์ความเป็นไปได้อย่างลึกซึ้ง โดยประเมินด้านเทคนิค การเงิน และความเหมาะสมทางการตลาด	**การกำหนดปัญหา (Define)** วิเคราะห์และระบุปัญหาที่แท้จริงอย่างชัดเจน	**การระบุความรู้ (Knowledge Identification)** การระบุแหล่งความรู้และองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่แท้จริง การแบ่งปันความรู้ (Knowledge	**การกำหนดแนวคิด (Concept Definition Stage)** แปลงไอเดียให้กลายเป็นแนวคิดที่สามารถนำไปพัฒนาใช้งานได้จริง

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
				Sharing) การแลกเปลี่ยนข้อมูลและความรู้ระหว่างผู้เกี่ยวข้อง ผ่านการประชุมอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ การบูรณาการความรู้เพื่อวิเคราะห์ปัญหา **(Knowledge Integration)** การระดมสมองและรวบรวมองค์ความรู้เพื่อตีความและนิยามปัญหาที่แท้จริง	
	การตั้งสมมติฐานหรือคำถามวิจัย (Formulating Hypotheses or Research Questions)	**การพัฒนาคอนเซปต์ (Concept Development)** ในขั้นตอนนี้ ไอเดียจะถูกปรับแต่งและพัฒนาเป็นคอนเซปต์ ซึ่งอาจรวมถึงการสร้าง	**การสร้างแนวคิด (Ideate)** สร้างสรรค์ไอเดียใหม่ ๆ และนวัตกรรมเพื่อแก้ไขปัญหา	**การแสวงหาความรู้จากภายนอก (Knowledge Acquisition – External)** การ	**การศึกษาความเป็นไปได้และปรับแต่งแนวคิด (Concept Feasibility and Refinement Stage)**

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
	สร้างสมมติฐานหรือคำถามวิจัยที่ชัดเจนบนพื้นฐานของปัญหาที่ระบุและความรู้ที่มีอยู่	ต้นแบบ (Prototype) แบบจำลอง หรือการจำลองสถานการณ์ เพื่อช่วยให้เห็นภาพชัดเจน		นำเข้าความรู้หรือแนวคิดจากแหล่งภายนอก **การแลกเปลี่ยนความรู้ในทีม (Knowledge Sharing – Team)** การแลกเปลี่ยนข้อมูลและความรู้ระหว่างทีมงาน **การใช้ความรู้ (Knowledge Use)** การประยุกต์ใช้ความรู้ที่มีอยู่เพื่อสร้างแนวคิดใหม่	◦ ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวคิดโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม สร้างแบบจำลอง หรือพัฒนาต้นแบบ ◦ การประเมินความเป็นไปได้ของแนวคิดในระยะนี้ควรถือเป็นกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งหากล้มเหลวในระยะต้นจะช่วยลดต้นทุนและความเสี่ยงได้มากกว่าการล้มเหลวในระยะหลัง

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
				การบูรณาการความรู้เพื่อพัฒนาแนวคิด (Knowledge Integration – Idea Creation) การรวมองค์ความรู้จากหลายแหล่งเพื่อสร้างแนวคิดใหม่	
การออกแบบการวิจัยและระเบียบวิธี (Research Design and Methodology) เลือกวิธีวิจัยที่เหมาะสมและวางแผนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ	**การออกแบบการวิจัยและระเบียบวิธี (Research Design and Methodology)** เลือกวิธีการวิจัยที่เหมาะสมและวางแผนการเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบ	**การออกแบบและพัฒนา (Design and Development)** ขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนคอนเซปต์ให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการจริง โดยมีการออกแบบอย่างละเอียด วิศวกรรม และการผสานเทคโนโลยีต่าง ๆ	**การสร้างต้นแบบ (Prototype)** พัฒนาต้นแบบเพื่อทดสอบแนวคิดเหล่านั้น	**การบูรณาการความรู้เพื่อพัฒนาต้นแบบ (Knowledge Integration – Prototype)** การรวมความรู้เพื่อออกแบบและพัฒนาต้นแบบ	

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
				การแสวงหาผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินต้นแบบ (Knowledge Acquisition – Expert Testing) การขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญภายนอกเพื่อตรวจสอบและประเมินต้นแบบ	
การทดลองหรือการสังเกต (Experimentation or Observation) ดำเนินการทดลอง สังเกตการณ์ หรือสร้างแบบจำลอง เพื่อทดสอบสมมติฐาน หรือสำรวจทฤษฎีใหม่	**การเก็บข้อมูลและการทดลอง (Data Collection and Experimentation)** เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านการทดลอง การสำรวจ การจำลองสถานการณ์ หรือกรณีศึกษา โดยดำเนินการอย่างมีระบบ ปฏิบัติตามจริยธรรม และใช้เครื่องมือที่	**การทดสอบและตรวจสอบความถูกต้อง (Testing and Validation)** ต้นแบบจะถูกทดสอบอย่างเข้มงวดเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ตรงตามข้อกำหนดทางเทคนิค ความปลอดภัย และความต้องการของผู้ใช้	**การทดสอบ (Test)** นำแนวทางแก้ไขไปทดลองใช้กับผู้ใช้จริงเพื่อตรวจสอบและปรับปรุง	**การพัฒนาความรู้จากผลลัพธ์จริง (Knowledge Development)** การเรียนรู้และต่อยอดจากผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
	น่าเชื่อถือและถูกต้อง เหมาะสมกับคำถามวิจัย				
การเก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล (Data Collection and Analysis) นักวิจัยจะเก็บข้อมูลเชิงปริมาณหรือเชิงคุณภาพ ผ่านการทดลองที่ควบคุม สถานที่จริง หรือวิธีการสังเกต แล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบความสัมพันธ์ หรือข้อมูลเชิงลึกที่สนับสนุนหรือท้าทายสมมติฐานเดิม	**การเก็บข้อมูลและการทดลอง (Data Collection and Experimentation)** เก็บรวบรวมข้อมูลผ่านการทดลอง การสำรวจ การจำลองสถานการณ์ หรือกรณีศึกษา โดยดำเนินการอย่างมีระบบ ปฏิบัติตามจริยธรรม และใช้เครื่องมือที่น่าเชื่อถือและถูกต้อง เหมาะสมกับคำถามวิจัย				**การจัดการเชิงกลยุทธ์และพอร์ตโฟลิโอ (Portfolio Stage)** ○ จัดสรรทรัพยากร มอบหมายความรับผิดชอบ และติดตามความคืบหน้าของนวัตกรรม ○ วิเคราะห์ผลกระทบร่วมของโครงการต่าง ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ขององค์กรจะบรรลุผล
การพัฒนาทฤษฎี (Theory Development) ผลการทดลองและการวิเคราะห์ถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงหรือสร้างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ใหม่ ผลการวิจัยขั้นพื้นฐานมักนำไปสู่การสร้าง	**ผลลัพธ์และข้อสรุป (Results and Conclusion)** นำเสนอผลการศึกษาอย่างชัดเจนและกระชับ พร้อมให้				**การนำไปใช้ (Deployment Stage)** ○ ออกแบบ ดำเนินการ และทดสอบแนวทางนวัตกรรม ○ รวมถึงการวางแผนโครงการโดยละเอียด และการบริหาร

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
แบบจำลองหรือกรอบแนวคิดที่อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้หลากหลาย	ข้อเสนอแนะหรือคำแนะนำที่สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง				จัดการในขั้นตอนการออกแบบและดำเนินงานจริง
การตีพิมพ์และการทบทวนโดยผู้เชี่ยวชาญ (Publication and Peer Review) ผลการวิจัยจะถูกตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ และผ่านการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขานั้น เพื่อยืนยันความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของผลการวิจัย รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักวิจัยคนอื่นนำไปต่อยอด	**การเผยแพร่และการประยุกต์ใช้ (Dissemination and Application)** ตีพิมพ์ผลงานและเผยแพร่แก่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เพื่อเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนานวัตกรรม และนำไปแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ				**การปรับปรุงและทำให้เป็นทางการ (Refinement & Formalization Stage)** ○ เมื่อเริ่มใช้งานนวัตกรรมจริงจะพบว่ายังไม่สามารถทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพในทันที ○ ขั้นตอนนี้เน้นการติดตามวัดผล ประเมิน และปรับปรุงแนวทางแก้ไขให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ○ เมื่อทุกอย่างทำงานได้อย่างสมบูรณ์แล้ว จึงจัดทำเอกสารและแนวทางปฏิบัติให้เป็นระบบ (Formalized)
	การประเมินผลและข้อเสนอแนะ (Evaluation and Feedback) หลังการนำไปใช้ งานวิจัยประยุกต์				

การวิจัยขั้นพื้นฐาน (Fundamental Research)	การวิจัยประยุกต์ (Applied Research)[5-8]	การวิจัยและพัฒนา (Research and Development - R&D)	การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[9]	การจัดการความรู้ (Knowledge Management)[9]	ระยะของนวัตกรรม (Innovation Stage)[10]
	มักมีการติดตามผล เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความสำเร็จของแนวทางแก้ไข รวมทั้งรับข้อเสนอแนะจากผู้เกี่ยวข้องเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขในกรณีจำเป็น	**การนำสู่การพาณิชย์ (Commercialization)** เมื่อผ่านการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ผลิตภัณฑ์จะถูกผลิตในระดับขนาดใหญ่และจัดจำหน่ายสู่ตลาด			**การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์แบบไม่แสวงหาผลกำไร (Exploitation Stage)** ○ เป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ โดยจะนำแนวทางนวัตกรรมไปขยายผลต่อยอด ผ่านโมเดลธุรกิจใหม่หรือเข้าสู่ตลาดใหม่ ○ เป้าหมายของระยะนี้คือการสร้างคุณค่าเพิ่มเติมจากนวัตกรรมที่พัฒนาแล้ว
		การติดตามและปรับปรุงหลังการเปิดตัว (Post-launch Monitoring and Improvement) หลังการเปิดตัวผลิตภัณฑ์ จะมีการเก็บรวบรวมข้อเสนอแนะอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขปัญหา หรืออัปเดตฟีเจอร์ต่าง ๆ ให้ดียิ่งขึ้น			

2.5 ความแตกต่างระหว่างวิจัยและพัฒนากับนวัตกรรม

แม้ว่าการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) และนวัตกรรม จะเกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ แต่ทั้งสองแนวคิดมีจุดประสงค์ กระบวนการ และผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน โดย R&D มุ่งสร้างองค์ความรู้และเทคโนโลยีใหม่ ขณะที่นวัตกรรม (Innovation) มุ่งนำองค์ความรู้นั้นไปใช้เพื่อสร้างคุณค่า (ตารางที่ 3) โดยที่ R&D ไม่จำเป็นเสมอ บางครั้งการคิดเชิงออกแบบหรือการต่อยอดจากเทคโนโลยีเดิมก็สามารถสร้างนวัตกรรมได้ องค์กรจะให้ความสำคัญกับ R&D หรือ นวัตกรรมมากกว่ากันนั้นขึ้นอยู่กับเป้าหมายขององค์กร หากเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องการเทคโนโลยีใหม่ เช่น ยา หรือ AI ต้องเน้น R&D แต่หากต้องการสร้างมูลค่าในตลาด สามารถอาจเน้นนวัตกรรมมากกว่า ในการสร้างนวัตกรรมทั้งสองกระบวนการทำงานร่วมกันเพื่อขับเคลื่อนเศรษฐกิจ ความก้าวหน้า และคุณภาพชีวิตในระยะยาว

ตารางที่ 3 ความแตกต่างระหว่าง การวิจัยและพัฒนา (R&D) และ นวัตกรรม (Innovation)

	การวิจัยและพัฒนา (R&D)	**นวัตกรรม (Innovation)**
นิยาม	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคนิคที่มีโครงสร้างชัดเจน ใช้สำหรับการค้นคว้าและพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ หรือกระบวนการใหม่ โดยเน้นการทดลองและวิจัยเพื่อสร้างพื้นฐานความรู้ที่นำไปสู่ผลลัพธ์ที่มีศักยภาพ	กระบวนการแปลงความรู้หรือไอเดียที่ได้จาก R&D หรือแหล่งอื่น ๆ ไปสู่การใช้งานจริง สร้างคุณค่าในเชิงเศรษฐกิจ สังคม หรือองค์กร นวัตกรรมไม่จำเป็นต้องเกิดจากการวิจัยใหม่ แต่เน้นที่การนำไปปรับใช้ให้เกิดผลลัพธ์ที่จับต้องได้
เป้าหมาย	- สร้างความรู้ใหม่ - ค้นพบหรือพัฒนาสิ่งที่ยังไม่เคยมีมาก่อน - สร้างฐานความรู้หรือเทคโนโลยีใหม่สำหรับใช้งานในอนาคต	- นำสิ่งที่พัฒนาขึ้นมา (รวมถึงผลลัพธ์จาก R&D) ไปใช้สร้างมูลค่า - มุ่งเน้นผลกระทบที่วัดผลได้ เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพ ลดต้นทุน หรือสร้างโอกาสในตลาด
กระบวนการ	- ใช้กระบวนการที่เป็นระบบ มีลำดับชัดเจน เช่น การตั้งคำถามวิจัย การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ การทดลอง การพัฒนาต้นแบบ - อาจไม่มีผลลัพธ์เชิงพาณิชย์ในทันที - มักดำเนินการในสถาบันวิจัย มหาวิทยาลัย หรือฝ่าย R&D ขององค์กร	- ใช้แนวทางที่ยืดหยุ่น เน้นการนำไอเดียมาพัฒนา ปรับปรุง หรือประยุกต์ใช้ - ครอบคลุมการออกแบบ การพัฒนา การผลิต การทำการตลาด และการจัดการ - เกิดขึ้นได้ในทุกส่วนขององค์กรและทุกระดับ
ผลลัพธ์	- ความรู้ใหม่ เช่น บทความวิชาการ สิทธิบัตร หรือเทคโนโลยีต้นแบบ - ผลลัพธ์อาจเป็นรากฐานให้เกิดนวัตกรรมในอนาคต	- ผลลัพธ์ที่จับต้องได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ กระบวนการใหม่ การบริการ หรือโมเดลธุรกิจใหม่ - สร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจหรือสังคม

เวลา	ใช้ระยะเวลานานในการทดลองและพัฒนา	อาจเกิดขึ้นเร็วขึ้น โดยต่อยอดจาก R&D หรือไอเดียเดิม เน้นความรวดเร็วในการออกสู่ตลาด
ความสัมพันธ์	R&D เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการนวัตกรรม: ผลงานวิจัยหรือการพัฒนาที่สำเร็จจาก R&D สามารถถูกนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงพาณิชย์หรือสังคมเพื่อสร้างนวัตกรรม	นวัตกรรมสามารถเกิดขึ้นได้จากการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงวิธีการเดิมที่มีอยู่ โดยไม่ต้องพึ่งพาการวิจัยใหม่
การนำไปใช้	อาจเป็นเพียงการพัฒนาองค์ความรู้ หรือเทคโนโลยีที่ยังไม่พร้อมใช้งานจริง	ถูกนำไปใช้งานจริงและสร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจหรือสังคม
ตัวอย่าง	- การพัฒนาสารเคมีใหม่สำหรับใช้ในวงการแพทย์ - การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในห้องทดลอง (R&D) และการนำ AI ไปใช้ในแอปพลิเคชันที่ช่วยสนับสนุนการทำงาน (Innovation)	- การผลิตยาใหม่จากสารเคมีดังกล่าวและวางจำหน่าย - การปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการสินค้าในคลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยไม่ใช้เทคโนโลยีใหม่

2.6 แนวทางการสร้างนวัตกรรม (Innovation Approaches)

แนวทางการสร้างนวัตกรรม (Innovation Approaches) มีหลากหลายรูปแบบที่ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือรูปแบบการให้บริการใหม่ๆ โดยแต่ละแนวทางเหมาะสมกับบริบทและเป้าหมายแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1) นวัตกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี (Technology-Driven Innovation)[11]

มุ่งเน้นการพัฒนานวัตกรรมโดยใช้เทคโนโลยีใหม่เป็นตัวผลักดัน เช่น การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ (AI) การใช้อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) หรือวัสดุใหม่ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ใช้สำหรับการวิจัยและพัฒนา (R&D) เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการใหม่ที่สามารถแก้ปัญหาได้ เช่น การพัฒนาแบตเตอรี่ลิเทียมเพื่อการเก็บพลังงานไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ

2) นวัตกรรมแบบปิด (Close Innovation)[12]

การพัฒนานวัตกรรมที่ดำเนินการภายในองค์กรอย่างเป็นความลับ โดยเน้นการควบคุมกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การคิดค้น การพัฒนา ไปจนถึงการผลิตและการจำหน่าย โดยไม่เปิดเผยข้อมูลหรือร่วมมือกับหน่วยงานภายนอก เพื่อปกป้องทรัพย์สินทางปัญญาและรักษาความได้เปรียบทางการแข่งขัน

3) นวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation)[13, 14]

เป็นการเปิดรับความร่วมมือจากแหล่งภายนอกองค์กร เช่น การทำงานร่วมกับคู่ค้า ชุมชน หรือบุคคลทั่วไป ใช้ทรัพยากรภายนอกและภายในร่วมกันเพื่อสร้างนวัตกรรม เช่น โครงการที่เชิญชวนให้นักพัฒนาเข้าร่วมการแข่งขัน (Hackathon)

4) นวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation)[15]

เน้นการแก้ปัญหาสังคมหรือเพิ่มคุณภาพชีวิตของประชาชน เช่น การลดความเหลื่อมล้ำ หรือการส่งเสริมความยั่งยืน มุ่งผลกระทบทางสังคมมากกว่ากำไรทางการเงิน เช่น โครงการให้บริการพลังงานแสงอาทิตย์แก่ชุมชนห่างไกล

5) การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[16-18]

กระบวนการพัฒนานวัตกรรมที่เน้นการแก้ปัญหาโดยคำนึงถึงผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง ผ่าน 5 กระบวนการ ประกอบด้วย เข้าใจความรู้สึกและความต้องการของผู้ใช้งาน (Empathize) ระบุและกำหนดปัญหา (Define) ระดมสมองสร้างไอเดีย (Ideate) สร้างต้นแบบ (Prototype) และทดสอบ (Test) เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานง่ายตามความต้องการของผู้ใช้งาน

6) นวัตกรรมเชิงทำลาย (Disruptive Innovation)[19, 20]

การสร้างนวัตกรรมที่พลิกโฉมอุตสาหกรรมหรือวิธีการทำธุรกิจแบบเดิม โดยการนำเสนอวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพและเข้าถึงได้ง่ายกว่า พลิกตลาดและเปลี่ยนวิถีการทำงานแบบเดิม เช่น การพัฒนาบริการรับชมภาพยนตร์ออนไลน์ถือเป็นนวัตกรรมด้านการบริการที่เข้ามาทดแทนรูปแบบร้านเช่าวิดีโอแบบดั้งเดิม โดยสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีดิจิทัลที่มีผลต่อพฤติกรรมผู้บริโภคและโครงสร้างอุตสาหกรรมบันเทิง

7) นวัตกรรมที่ยั่งยืน (Sustainable Innovation)[21]

เน้นการพัฒนาที่สอดคล้องกับการรักษาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลขยะอิเล็กทรอนิกส์

8) นวัตกรรมแบบประหยัด (Frugal Innovation)[22]

เน้นการพัฒนานวัตกรรมที่มีต้นทุนต่ำ แต่สามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดความซับซ้อนและใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า เช่น การพัฒนาเครื่องมือทางการแพทย์ราคาถูกสำหรับประเทศกำลังพัฒนา

9) นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation)[23]

เป็นการปรับปรุงนวัตกรรมที่มีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้น โดยไม่เปลี่ยนแปลงรูปแบบเดิมมากนัก มีความเสี่ยงต่ำและใช้เวลาในการพัฒนาน้อย เช่น การเพิ่มฟังก์ชันในสมาร์ทโฟนรุ่นใหม่

10) นวัตกรรมแบบก้าวกระโดด (Radical Innovation)[24]

เป็นการสร้างนวัตกรรมใหม่ทั้งหมดที่เปลี่ยนแปลงระบบหรือสร้างตลาดใหม่ มีความเสี่ยงสูงและต้องใช้เวลาในการพัฒนา เช่น การพัฒนาอินเทอร์เน็ตในยุคแรกเริ่ม

ตารางที่ 4 ลักษณะเด่น ข้อดี ข้อจำกัดของแนวทางการพัฒนานวัตกรรม (Innovation Approaches)

แนวทางการพัฒนานวัตกรรม	ลักษณะเด่น	ข้อดี	ข้อจำกัด	ตัวอย่างการใช้งาน
นวัตกรรมที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี (Technology-Driven Innovation)[11]	ใช้เทคโนโลยีเป็นตัวขับเคลื่อน	- เพิ่มความแม่นยำและประสิทธิภาพ - ส่งเสริมการใช้ข้อมูลขนาดใหญ่	- ต้องใช้งบประมาณสูง - ขึ้นอยู่กับการเข้าถึงเทคโนโลยี	AI วิเคราะห์ข้อมูลการแพร่ระบาด
นวัตกรรมแบบปิด (Close Innovation)[12]	เกิดขึ้นภายในองค์กร ปกป้องความลับและทรัพย์สินทางปัญญา ไม่เปิดรับความร่วมมือจากภายนอก	- ควบคุมคุณภาพและมาตรฐานได้เต็มที่ - ปกป้องทรัพย์สินทางปัญญา - สร้างความแตกต่างเฉพาะขององค์กร	- ใช้ทรัพยากรมาก (งบประมาณ บุคลากร เวลา) - ขาดมุมมองจากภายนอก - ปรับตัวช้าต่อการเปลี่ยนแปลงของตลาด	- บริษัทเภสัชกรรมพัฒนายาใหม่ในห้องปฏิบัติการภายใน - หน่วยงานรัฐพัฒนาระบบเฝ้าระวังโรคโดยไม่เปิดเผยต่อสาธารณะ - บริษัทเทคโนโลยีออกแบบอุปกรณ์สื่อสารภายในองค์กร
นวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation)[13, 14]	เปิดรับความร่วมมือจากภายนอก	- เพิ่มทรัพยากรและความรู้ - เร่งกระบวนการพัฒนา - ลดค่าใช้จ่าย	- ต้องมีระบบจัดการความร่วมมือ - ความท้าทายในการแบ่งปันทรัพย์สินทางปัญญา	การพัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลโรคระบาดร่วมกับหน่วยงาน
นวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation)[15]	มุ่งเน้นผลกระทบทางสังคม	- สร้างความยั่งยืน - เพิ่มคุณภาพชีวิต - สร้างความเท่าเทียม	- ต้องการการมีส่วนร่วมจากชุมชน - ใช้เวลาสร้างการยอมรับ	อาสาสมัครสาธารณสุขที่ใช้เทคโนโลยีสื่อสารข้อมูล

แนวทางการพัฒนานวัตกรรม	ลักษณะเด่น	ข้อดี	ข้อจำกัด	ตัวอย่างการใช้งาน
การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking)[16-18]	เน้นผู้ใช้เป็นศูนย์กลาง	- เข้าใจความต้องการแท้จริงของกลุ่มเป้าหมาย - สร้างผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือบริการใหม่ที่ตอบโจทย์ - ลดความเสี่ยงการใช้งานผิดพลาด	- ต้องการเวลาในการวิจัย - ต้องใช้ทีมที่มีความหลากหลาย	การออกแบบระบบติดตามผู้ป่วยโรคเรื้อรัง
นวัตกรรมเชิงทำลาย (Disruptive Innovation)[19, 20]	เปลี่ยนแปลงระบบ/ตลาดเดิมโดยสิ้นเชิง มักเริ่มจากสิ่งที่เรียบง่าย ราคาถูก หรือดูด้อยกว่า แต่ตอบโจทย์ผู้ใช้ใหม่ และขยายจนแทนที่สิ่งเดิม	- สร้างตลาดหรือโอกาสใหม่ - พลิกโฉมระบบบริการหรือธุรกิจ - สร้างการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบ	- เสี่ยงต่อการยอมรับของตลาด - ต้องลงทุนสูงทั้งด้านเทคโนโลยีและโมเดลธุรกิจ - อาจกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเดิม	- แอป Telemedicine ให้ประชาชนเข้าถึงแพทย์ออนไลน์ - รถยนต์ไฟฟ้าและยานยนต์ไร้คนขับ - ชุดตรวจโควิด-19 แบบ ATK ใช้เองที่บ้าน
นวัตกรรมที่ยั่งยืน (Sustainable Innovation)[21]	คำนึงถึงการใช้ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม	- ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม - สร้างผลกระทบในระยะยาว	- ต้องใช้เวลาในการประเมินผลกระทบ - อาจมีข้อจำกัดด้านงบประมาณ	ชุด PPE ที่ย่อยสลายได้
นวัตกรรมแบบประหยัด (Frugal Innovation)[22]	ใช้ทรัพยากรน้อย มุ่งแก้ปัญหาในบริบทจำกัด ให้คุ้มค่าและเข้าถึงง่าย เหมาะกับประเทศกำลังพัฒนาและพื้นที่ชนบท	- ต้นทุนต่ำ เข้าถึงได้กว้าง - เหมาะกับบริบททรัพยากรจำกัด - สนับสนุนการพัฒนาอย่างยั่งยืน	- คุณภาพหรือความซับซ้อนอาจน้อยกว่านวัตกรรมเต็มรูปแบบ - ข้อจำกัดด้านการขยายผล - อาจถูกมองว่ามีภาพลักษณ์ “ราคาถูก”	- เครื่องช่วยหายใจต้นทุนต่ำสำหรับโรงพยาบาลชุมชน - กล่องเก็บวัคซีนราคาถูกที่รักษาอุณหภูมิได้ยาวนานโดยไม่ใช้ไฟฟ้า - แอปสุขภาพบนสมาร์ทโฟนราคาประหยัดสำหรับประชาชนในชนบท

แนวทางการพัฒนานวัตกรรม	ลักษณะเด่น	ข้อดี	ข้อจำกัด	ตัวอย่างการใช้งาน
นวัตกรรมแบบค่อยเป็นค่อยไป (Incremental Innovation)[23]	การปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิม	- ความเสี่ยงต่ำ - ใช้เวลาน้อยกว่า - เหมาะสำหรับการปรับตัวกับบริบทใหม่	- ไม่เหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน - อาจไม่นำไปสู่ผลกระทบที่ก้าวกระโดด	เพิ่มฟังก์ชันในระบบติดตามสุขภาพที่มีอยู่เดิม
นวัตกรรมแบบก้าวกระโดด (Radical Innovation)[24]	สร้างสิ่งใหม่ที่เปลี่ยนแปลงระบบทั้งหมด	- ผลกระทบสูง - สร้างตลาดหรือระบบใหม่	- ความเสี่ยงสูง - ใช้เวลาและทรัพยากรมาก	ระบบเฝ้าระวังโรคระบาดผ่าน IoT

2.7 นวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรค

นวัตกรรมด้านการควบคุมและป้องกันโรคมีบทบาทสำคัญในการลดการแพร่ระบาดของโรค และเพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลสุขภาพของประชาชน ปรับปรุงการวินิจฉัยและการรักษา และเพิ่มประสิทธิภาพของระบบสาธารณสุข เทคโนโลยีใหม่ ๆ เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) วัคซีน mRNA เทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ตัดต่อและแก้ไขสารพันธุกรรม (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats: CRISPR) และแพลตฟอร์มดิจิทัล กำลังช่วยให้เราสามารถต่อสู้กับโรคระบาดได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสร้างระบบสุขภาพที่เข้มแข็งขึ้นในอนาคต โดยสามารถแบ่งออกเป็นหมวดหมู่หลักดังนี้

1) ระบบเฝ้าระวังโรค (Surveillance Systems)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการติดตาม วิเคราะห์ และพยากรณ์การระบาดของโรค เพื่อให้สามารถควบคุมการแพร่กระจายได้อย่างทันท่วงที อาทิเช่น ระบบแผนที่ GIS สำหรับระบาดวิทยา ใช้เทคโนโลยีแผนที่เชิงภูมิศาสตร์เพื่อติดตามการระบาดของโรคในแต่ละพื้นที่ การเก็บข้อมูลสุขภาพผ่านมือถือ (mHealth Data Collection) ผ่านแอปพลิเคชันมือถือที่ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถรวบรวมข้อมูลด้านสุขภาพของประชาชนในพื้นที่ห่างไกล หรือระบบเฝ้าระวังโรคด้วย AI วิเคราะห์แนวโน้มของการแพร่ระบาดเพื่อพยากรณ์และเตรียมความพร้อม

2) วัคซีนและภูมิคุ้มกัน (Vaccination & Immunization)

การพัฒนาวัคซีนเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมโรคติดเชื้อ โดยมีนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ อาทิเช่น วัคซีน mRNA (เช่น วัคซีน COVID-19) ที่ช่วยให้สามารถพัฒนาวัคซีนได้รวดเร็วและปรับปรุงให้เหมาะกับสายพันธุ์ใหม่ของเชื้อโรค เทคโนโลยีแผ่นแปะไมโครนีดเดิล (Microneedle Patch) ที่ใช้ส่งวัคซีนผ่านผิวหนังโดยไม่ต้องใช้เข็มฉีดยา ลดความเจ็บปวดและเพิ่มอัตราการเข้าถึง หรือวัคซีน DNA และนาโนเทคโนโลยีที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของวัคซีนและทำให้มีอายุการเก็บรักษานานขึ้น

3) **การวินิจฉัยและติดตามโรค (Diagnostics & Monitoring)**

เทคโนโลยีที่ช่วยให้สามารถตรวจพบโรคได้รวดเร็วและแม่นยำยิ่งขึ้น อาทิเช่น ชุดตรวจวินิจฉัยแบบเร่งด่วน (Rapid Diagnostic Tests - RDTs) ที่ใช้สำหรับโรคติดเชื้อ เช่น มาลาเรีย ไข้เลือดออก และโควิด-19 ห้องปฏิบัติการวินิจฉัยเคลื่อนที่ (Mobile Diagnostic Labs) สำหรับหน่วยปฏิบัติการวินิจฉัยที่สามารถเคลื่อนย้ายไปยังพื้นที่ห่างไกล หรือโมเดล AI สำหรับการพยากรณ์การแพร่ระบาดผ่านการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อช่วยให้หน่วยงานด้านสาธารณสุขสามารถคาดการณ์การระบาดของโรคได้

4) **การรักษาและบำบัด (Therapeutics & Treatment)**

การพัฒนายาต้านไวรัสชนิดใหม่ (Novel Antiviral Drugs) แอนติบอดีแบบโมโนโคลนอล และแนวทางการรักษาเฉพาะบุคคล หรือการพัฒนายาที่ออกฤทธิ์จำเพาะกับไวรัสชนิดใหม่ อาทิเช่น Remdesivir สำหรับโควิด-19 แอนติบอดีแบบโมโนโคลนอล (Monoclonal Antibodies) ที่ใช้ในการรักษาโรคติดเชื้อและโรคมะเร็ง หรือการแพทย์เฉพาะบุคคล (Personalized Medicine) ที่ใช้ข้อมูลพันธุกรรมของผู้ป่วยเพื่อเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสม

5) **นวัตกรรมด้านสาธารณสุขและการป้องกันโรคในชุมชน (Public Health & Community-Based Interventions)**

นวัตกรรมด้านการสื่อสารสุขภาพ และโปรแกรมเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อาทิเช่น แพลตฟอร์มสุขภาพดิจิทัล (Digital Health Platforms) ผ่านแอปมือถือและอุปกรณ์สวมใส่ที่ช่วยติดตามอาการและให้คำแนะนำด้านสุขภาพ หารใช้ AI และการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data & AI in Public Health) เพื่อการคาดการณ์แนวโน้มของโรคและจัดสรรทรัพยากรด้านสาธารณสุข หรือโครงการเจ้าหน้าที่สุขภาพชุมชน (Community Health Workers Programs) ที่ส่งเสริมให้บุคลากรสาธารณสุขระดับท้องถิ่นมีบทบาทในการดูแลสุขภาพของประชาชน

6) **การเฝ้าระวังการกลายพันธุ์ของไวรัส (Genomic Surveillance)**

การเฝ้าระวังทางพันธุกรรม หรือ Genomic Surveillance ช่วยให้เราสามารถติดตามการกลายพันธุ์ของไวรัสหรือเชื้อโรคต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำอาทิเช่น การใช้ CRISPR ในการแก้ไขพันธุกรรม ตัดแต่งพันธุกรรมของยุงเพื่อลดการแพร่กระจายของมาลาเรีย การติดตาม การกลายพันธุ์ในไวรัส ที่ทำให้เกิดโรคอื่น ๆ เช่น ไข้หวัดใหญ่ และการพัฒนาเครื่องมือในการรับมือกับการระบาด

7) **นวัตกรรมการติดตามและลดการแพร่กระจายของโรค (Disease Containment & Spread Reduction Innovations)**

เป็นกระบวนการที่ใช้เทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์ใหม่ ๆ เพื่อควบคุมและลดการแพร่กระจายของโรคในชุมชนหรือทั่วโลก โดยเฉพาะในช่วงที่เกิดการระบาดใหญ่ เช่น โรค COVID-19 และโรคติดเชื้ออื่น ๆ เทคโนโลยีที่ใช้ในการติดตามและควบคุมการแพร่กระจายของโรคมีหลายรูปแบบ โดยบางเทคโนโลยีสามารถช่วยในการตรวจจับโรคตั้งแต่ต้นทางและลดความเสี่ยงจากการแพร่กระจายได้ อาทิเช่น การติดตามผู้สัมผัสผ่านดิจิทัล (Digital Contact Tracing Apps) ผ่านแอปที่ใช้ติดตามการสัมผัสโรคในช่วงการระบาดของ

โควิด-19 อุปกรณ์สวมใส่เพื่อสุขภาพ (Wearable Health Monitors) ที่ตรวจจับสัญญาณเริ่มต้นของการติดเชื้อและติดตามสุขภาพของผู้ป่วย หรือระบบฟอกอากาศและฆ่าเชื้อ (Air Purification & Sterilization Systems) ที่กรองอากาศและรังสี UV-C ในการกำจัดเชื้อโรคในอากาศ

2.8 กระบวนการ/วิธีการที่ใช้ในการทดสอบนวัตกรรม

การสร้างนวัตกรรม 1 ชิ้น จำเป็นต้องผ่านกระบวนการทดสอบในหลายด้าน เพื่อให้มั่นใจว่านวัตกรรมนั้นมีความสมบูรณ์ ตอบโจทย์ความต้องการของผู้ใช้งาน และสามารถใช้งานได้จริง โดยการทดสอบครอบคลุมทั้งด้านประสิทธิภาพ การใช้งาน ความปลอดภัย และความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม รวมถึงการประเมินข้อจำกัดและความเป็นไปได้ในการพัฒนา เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ตอบสนองความต้องการในทุกมิติอย่างสมบูรณ์ที่สุด โดยทั่วไปจะมีการทดสอบที่สำคัญ ดังนี้

1) การทดสอบความเป็นไปได้ (Feasibility Testing)

เป็นกระบวนการสำคัญในการประเมินว่าแนวคิด โครงการ หรือผลิตภัณฑ์ สามารถพัฒนาและสร้างได้จริงในทางปฏิบัติ พิจารณาทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น การเงิน ทรัพยากร เทคโนโลยี และกฎหมาย โดยทั่วไปมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบมีดังนี้

1.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการทดสอบ

- ระบุเป้าหมายและขอบเขตของโครงการ เช่น การพัฒนาแอปพลิเคชัน ระบบเครื่องจักร หรือการเปิดตัวสินค้าใหม่
- วิเคราะห์ว่าโครงการมีผลกระทบต่อใคร และใครบ้างที่เกี่ยวข้อง

1.2. วิเคราะห์ความเป็นไปได้ใน 5 ด้าน

- ความเป็นไปได้ด้านเทคนิค (Technical Feasibility) ประเมินว่ามีเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาโครงการหรือไม่ วิเคราะห์ความสามารถของทีมงานและทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง เช่น ซอฟต์แวร์ อุปกรณ์ หรือบุคลากร เช่น การตรวจสอบว่าบริษัทมีทีมวิศวกรซอฟต์แวร์เพียงพอสำหรับพัฒนาระบบหรือไม่
- ความเป็นไปได้ด้านการเงิน (Financial Feasibility) วิเคราะห์ต้นทุนที่เกี่ยวข้อง เช่น ต้นทุนการผลิต ค่าใช้จ่ายพัฒนา และงบประมาณที่ใช้ ประเมินผลตอบแทนทางการเงิน (Return on Investment) และระยะเวลาคืนทุน เช่น วิเคราะห์ว่าการลงทุนพัฒนาโครงการมูลค่า 10 ล้านบาท จะได้กำไรภายใน 2 ปีหรือไม่
- ความเป็นไปได้ด้านการตลาด (Market Feasibility) วิเคราะห์ความต้องการของตลาด กลุ่มเป้าหมาย และคู่แข่ง ทดสอบแนวคิดผ่านการวิจัยตลาดหรือการเก็บข้อมูลป้อนกลับจากกลุ่มผู้ใช้ทดลอง (Pilot Users) การส่งแบบสอบถามเพื่อสำรวจความสนใจของผู้ใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย ซึ่งกระบวนการสำคัญ

ที่ช่วยสะท้อนมุมมองของผู้ใช้จริง ทั้งด้านประสิทธิภาพการใช้งาน ความเหมาะสม และปัญหาที่อาจเกิดขึ้น และปรับใช้ในการพัฒนานวัตกรรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้รับบริการมากยิ่งขึ้น

- ความเป็นไปได้ด้านการดำเนินงาน (Operational Feasibility) ตรวจสอบว่าโครงการสามารถดำเนินงานได้จริงในเชิงปฏิบัติหรือไม่ วิเคราะห์กระบวนการทำงาน บุคลากร และระบบที่ต้องใช้ เช่น การประเมินว่าระบบสามารถทำงานร่วมกับระบบเดิมในองค์กรได้อย่างราบรื่น
- ความเป็นไปได้ด้านกฎหมาย (Legal Feasibility) ตรวจสอบว่าโครงการหรือผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกฎหมายหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้องหรือไม่ วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับทรัพย์สินทางปัญญาหรือการอนุญาต เช่น การพิจารณาว่าผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้รับอนุมัติจาก FDA หรือไม่

1.3 การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูล

- เก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ แบบสอบถาม การวิจัยตลาด หรือการทดสอบต้นแบบ
- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประเมินโอกาส ความเสี่ยง และข้อจำกัด

1.4 การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment)

- วิเคราะห์ความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นในแต่ละด้าน เช่น ความล่าช้าในโครงการ การขาดแคลนทรัพยากร หรือผลกระทบทางการเงิน
- วางแผนวิธีลดความเสี่ยง เช่น การเพิ่มงบประมาณสำรอง

1.5 สร้างรายงานผลการทดสอบ (Feasibility Report)

- สรุปผลการประเมินทั้งหมด พร้อมแนะนำว่าควรดำเนินโครงการต่อหรือไม่
- จัดทำรายงานให้ชัดเจน ครอบคลุม และนำเสนอให้ผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง

2) การทดสอบการใช้งาน (Usability Testing)[25-27]

เป็นกระบวนการที่ช่วยประเมินว่าสินค้าหรือบริการสามารถใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ใช้งานกลุ่มเป้าหมายหรือไม่ โดยเน้นไปที่ประสบการณ์ของผู้ใช้งาน (User Experience: UX) และการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ตามผลการทดสอบ ทดลองใช้งานโดยกลุ่มเป้าหมาย เก็บข้อมูลป้อนกลับจากกลุ่มผู้ใช้ทดลอง (Pilot Users) เช่น ความง่ายในการใช้งาน การออกแบบ และประสบการณ์การใช้งาน โดยทั่วไปมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบมีดังนี้

2.1 กำหนดวัตถุประสงค์และเป้าหมายการทดสอบ

- ระบุสิ่งที่ต้องการวัด เช่น ความง่ายในการใช้งาน เวลาที่ใช้ในการทำงานสำเร็จ หรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น
- ระบุเป้าหมายเฉพาะ เช่น ต้องการทดสอบว่าผู้ใช้งานสามารถสมัครสมาชิกผ่านแอปพลิเคชันได้ภายใน 5 นาที

2.2 เลือกกลุ่มเป้าหมายผู้ทดสอบ (Participant Recruitment)

- คัดเลือกผู้ใช้งานที่มีคุณสมบัติเข้ากับกลุ่มเป้าหมาย เช่น อายุ, ประสบการณ์การใช้งาน หรือความถนัดด้านเทคโนโลยี
- จำนวนผู้ทดสอบที่แนะนำ 5 - 10 คนสำหรับรอบการทดสอบเบื้องต้น ซึ่งสามารถช่วยค้นหาประมาณ 85% ของปัญหาด้านการใช้งาน เนื่องจากการเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบเกินกว่านี้อาจทำให้ได้ข้อมูลซ้ำซ้อน และช่วยลดต้นทุนและเวลาในการทดสอบ[28, 29]

2.3 ออกแบบสถานการณ์และงานที่ต้องการทดสอบ (Test Scenarios and Tasks)

- เตรียมสถานการณ์สมมติที่ผู้ทดสอบต้องดำเนินการ
- จัดทำรายการงานที่ต้องทดสอบให้ชัดเจน พร้อมระบุขั้นตอนที่ต้องการให้ผู้ใช้งานทำ

2.4 เลือกประเภทของการทดสอบการใช้งาน

- Moderated Usability Testing การทดสอบแบบมีผู้สังเกตการณ์ที่คอยให้คำแนะนำและเก็บข้อมูล
- Unmoderated Usability Testing การให้ผู้ทดสอบดำเนินการด้วยตัวเอง
- Remote Usability Testing การทดสอบจากระยะไกลผ่านทางออนไลน์
- In-Person Usability Testing: การทดสอบแบบพบหน้าที่ห้องทดลอง

2.5 ดำเนินการทดสอบ (Conduct the Test)

- สร้างสภาพแวดล้อมที่ผู้ทดสอบรู้สึกสะดวกสบาย
- อธิบายขั้นตอนการทดสอบและแจ้งให้ผู้ทดสอบเข้าใจว่าไม่มีคำตอบที่ "ถูก" หรือ "ผิด"
- ให้ผู้ทดสอบดำเนินการตามงานที่กำหนดไว้ พร้อมบันทึกพฤติกรรมและปัญหาที่พบ

2.6 เก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล (Collect and Analyze Data)

- ข้อมูลที่ควรเก็บ
  - Qualitative Data เช่น ความคิดเห็น ความสับสน หรือพฤติกรรมของผู้ใช้งาน
  - Quantitative Data เช่น เวลาที่ใช้ในการทำงานสำเร็จ อัตราความสำเร็จ หรือจำนวนข้อผิดพลาด
- วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาจุดที่เป็นปัญหาและประเด็นที่ควรปรับปรุง

2.7 จัดทำรายงานผลการทดสอบ (Report Findings)

- สรุปผลลัพธ์ที่พบในรูปแบบที่เข้าใจง่าย เช่น รายงานพร้อมแผนภูมิหรือวิดีโอสรุป
- ระบุปัญหาหลักที่ต้องแก้ไข และเสนอแนวทางการปรับปรุง

2.8 ปรับปรุงผลิตภัณฑ์และทดสอบซ้ำ (Iterate and Retest)

- นำผลลัพธ์ไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือระบบ
- ทดสอบซ้ำเพื่อประเมินว่าปัญหาที่พบก่อนหน้านี้ได้รับการแก้ไขแล้วหรือไม่

3) การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functionality Testing)[30]

เป็นการทดสอบที่มุ่งเน้นการตรวจสอบว่าแต่ละฟังก์ชันของระบบทำงานได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อยืนยันว่าฟีเจอร์ทำงานถูกต้อง ตรวจสอบข้อผิดพลาดหรือ Bug ที่อาจเกิดขึ้น โดยจะทดสอบการทำงานต่าง ๆ ของระบบ เช่น ฟังก์ชันการค้นหา การสมัครสมาชิก การชำระเงิน และการบันทึกข้อมูล เพื่อให้มั่นใจว่าฟังก์ชันทุกส่วนทำงานได้ถูกต้องตามที่คาดหวัง โดยทั่วไปมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบมีดังนี้

ขั้นตอนและวิธีการทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functionality Testing)

3.1 กำหนดข้อกำหนดฟังก์ชันการทำงาน ก่อนเริ่มการทดสอบ ต้องเข้าใจข้อกำหนดการทำงานของระบบหรือผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจน ได้แก่

- รายการฟังก์ชันที่ระบบต้องรองรับ กรณีการใช้งานที่ต้องการทดสอบ
- ข้อกำหนดที่ต้องตรวจสอบ เช่น ความถูกต้องของผลลัพธ์ หรือความสามารถในการทำงานร่วมกับระบบอื่น

3.2 สร้างแผนการทดสอบ (Test Plan)

- กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการทดสอบฟังก์ชัน เช่น ทดสอบฟังก์ชันการลงทะเบียน การเข้าสู่ระบบ หรือการจ่ายเงินออนไลน์
- สร้างชุดกรณีทดสอบ (Test Cases) ที่ครอบคลุมฟังก์ชันที่ต้องการทดสอบ

3.3 การเลือกเครื่องมือทดสอบ เลือกเครื่องมือที่เหมาะสมในการทดสอบ

3.4 ดำเนินการทดสอบ (Test Execution)

- ทดสอบฟังก์ชันต่างๆ ตามที่ได้กำหนดในแผนทดสอบ เช่น ทดสอบการทำงานของปุ่มต่าง ๆ ทดสอบการรับข้อมูลจากฐานข้อมูล ตรวจสอบการทำงานของการคำนวณ
- ตรวจสอบผลลัพธ์ว่าตรงตามที่คาดหวังหรือไม่ เช่น ข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบต้องแสดงผลตามลำดับที่กำหนด

3.5 เก็บข้อมูลและรายงานผลการทดสอบ (Record and Report Results)

- เก็บบันทึกผลการทดสอบ โดยการระบุว่าแต่ละฟังก์ชันทำงานถูกต้องหรือไม่
- สรุปปัญหาที่พบและเสนอแนะการแก้ไข

3.6 การตรวจสอบความเข้ากันได้กับฟังก์ชันอื่น (Integration Testing) ทดสอบฟังก์ชันในการทำงานร่วมกับฟังก์ชันอื่นๆ ว่าสามารถเชื่อมต่อและทำงานร่วมกันได้อย่างราบรื่น

3.7 การทดสอบในสภาวะแวดล้อมจริง (Environment Testing) ทดสอบฟังก์ชันในสภาพแวดล้อมที่ใช้งานจริง หรือภายใต้สภาพแวดล้อมของผู้ใช้จริง

3.8 ทดสอบในสถานการณ์ที่ไม่คาดคิด (Boundary Testing) ทดสอบฟังก์ชันในสถานการณ์ที่มีการกรอกข้อมูลผิดพลาดหรือข้อมูลที่ไม่คาดคิด

3.9 การแก้ไขและทดสอบซ้ำ (Bug Fixing and Retesting) เมื่อพบข้อผิดพลาด ให้ทำการแก้ไขและทดสอบฟังก์ชันซ้ำเพื่อยืนยันว่าการแก้ไขนั้นทำให้ฟังก์ชันทำงานถูกต้อง

4) การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance Testing)[31]

การทดสอบความสามารถของนวัตกรรม เช่น ความเร็ว ความแม่นยำ หรือความทนทาน และวัดผลเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ เช่น การทดสอบระบบเว็บไซต์ว่ารองรับผู้ใช้งานจำนวนมากได้หรือไม่ การทดสอบจะขึ้นอยู่กับประเภทของนวัตกรรมที่ใช้ เช่น แอปพลิเคชันติดตามการติดต่อ การทดสอบด่วน หรือการใช้นวัตกรรมในการจัดการข้อมูลสุขภาพ โดยทั่วไปมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบมีดังนี้

4.1 กำหนดวัตถุประสงค์และเกณฑ์การประเมิน

ก่อนที่จะเริ่มการทดสอบ ควรกำหนดวัตถุประสงค์อย่างชัดเจนว่าเราต้องการทดสอบอะไร เช่น การประเมินประสิทธิภาพในการลดการแพร่กระจายของโรค ความแม่นยำในการตรวจจับผู้ติดเชื้อ หรือการประเมินการทำงานของระบบภายในสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงสูง

4.2 ออกแบบการทดสอบ (Test Design)

- การเลือกกลุ่มเป้าหมาย เช่น กลุ่มผู้ที่มีอาการเบื้องต้น ผู้ที่ไม่แสดงอาการ หรือบุคคลในพื้นที่เสี่ยงสูง
- การเตรียมเครื่องมือการทดสอบ เช่น การเตรียมชุดทดสอบไวรัส การตั้งค่าแอปพลิเคชันติดตามการติดต่อ หรือการเตรียมระบบการรวบรวมข้อมูล
- การกำหนดกรอบระยะเวลาในการทดสอบเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลที่ครอบคลุมเพียงพอ

4.3 การทดสอบประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมจริง

- ทดสอบความแม่นยำ ตรวจสอบว่าเทคโนโลยีสามารถให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำหรือไม่ เช่น ในกรณีของการทดสอบไวรัสหรือการวินิจฉัยโรค การเปรียบเทียบผลลัพธ์กับวิธีการตรวจทางห้องปฏิบัติการมาตรฐาน
- ทดสอบความเร็ว ประเมินเวลาที่ใช้ในการดำเนินการและให้ผลลัพธ์ เช่น การทดสอบไวรัสที่ต้องใช้เวลาในการให้ผลลัพธ์ หรือแอปพลิเคชันติดตามที่ต้องให้ข้อมูลโดยเร็ว
- ทดสอบความสามารถในการรับมือกับสถานการณ์จริง ทดสอบว่าเทคโนโลยีสามารถรับมือกับปริมาณข้อมูลหรือจำนวนผู้ใช้งานที่เพิ่มขึ้นในช่วงการระบาดได้อย่างไร

4.4 การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ผล

- เก็บข้อมูลการทดสอบ การบันทึกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลการติดเชื้อที่ตรวจพบ เวลาที่ใช้ในการดำเนินการ และประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในการให้ผลลัพธ์
- การวิเคราะห์ผลลัพธ์ และการประเมินผลจากข้อมูลที่เก็บได้ เช่น การวิเคราะห์ความแม่นยำในการตรวจจับโรค ความเร็วในการตอบสนอง หรืออัตราการลดการแพร่กระจายของโรค

4.5 การปรับปรุงและปรับแต่ง

เมื่อทดสอบแล้วได้ข้อมูลที่สามารถบ่งชี้ถึงข้อบกพร่องหรือจุดที่สามารถปรับปรุงได้ จะต้องทำการปรับปรุงเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ เช่น การปรับแต่งแอปพลิเคชันให้สามารถทำงานได้ดีขึ้นในสภาพแวดล้อมจริง

4.6 การทดสอบซ้ำและติดตามผล

หลังจากการปรับปรุงแล้ว ควรมีการทดสอบซ้ำในสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีหรือวิธีการสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว พร้อมทั้งควรมีการการติดตามผลหลังจากการใช้งานจริงในระยะยาวจะช่วยให้เห็นผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในสังคมและต่อสุขภาพ

5) การทดสอบความปลอดภัย (Safety Testing)[32]

วิเคราะห์และลดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน รับรองว่านวัตกรรมไม่มีผลกระทบต่อผู้ใช้งานหรือสิ่งแวดล้อม มีความปลอดภัยทั้งด้านความปลอดภัยทางกายภาพและความปลอดภัยด้านไซเบอร์

5.1 ทางกายภาพ[33] ความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ในการใช้งานจริง เพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งาน ผลิตภัณฑ์ หรือระบบที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการทดสอบเชิงกายภาพและวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น สถานที่ทำงาน หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยทั่วไปมีขั้นตอนและวิธีการทดสอบมีดังนี้

- การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis) วิเคราะห์ความเสี่ยง การประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากช่องโหว่หรือปัญหาด้านความปลอดภัยในระบบ เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญในการทดสอบ
- การตรวจสอบการปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัย (Compliance Testing) ผลิตภัณฑ์หรือระบบนั้นปฏิบัติตามมาตรฐานความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ (เช่น IEC, UL) หรือมาตรฐานความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องจักร เช่น การทดสอบผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ในด้านแรงดันไฟฟ้า ความร้อน การป้องกันไฟไหม้ และการป้องกันอุบัติเหตุจากการใช้งาน
- การทดสอบการป้องกันอันตรายจากไฟ (Fire Safety Testing) ทดสอบความสามารถด้านการต้านทานไฟหรือการหลอมละลายของวัสดุที่ใช้ในผลิตภัณฑ์
    - การทดสอบการหลอมละลาย (Flammability Testing) การทดสอบวัสดุที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ว่าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติในการต้านไฟได้ดีหรือไม่ เช่น การทดสอบการติดไฟหรือการจุดติด
    - การทดสอบการติดไฟ (Fire Resistance Testing) ใช้ในการทดสอบว่าอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์สามารถทนต่ออุณหภูมิสูงโดยไม่เกิดการติดไฟหรือระเบิดได้
- การทดสอบความปลอดภัยทางไฟฟ้า (Electrical Safety Testing) ทดสอบความปลอดภัยในการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการจ่ายไฟ

- การทดสอบการป้องกันไฟฟ้าดูด (Electric Shock Testing) ทดสอบว่าอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่ทำให้เกิดการไฟฟ้าดูดในกรณีที่ผู้ใช้งานสัมผัส
- การทดสอบการป้องกันการลัดวงจร (Short Circuit Testing) ทดสอบว่าอุปกรณ์สามารถทนต่อการลัดวงจรได้โดยไม่เกิดการเกิดไฟไหม้

o การทดสอบการป้องกันจากการใช้งานผิดวิธี (Misuse Testing) ทดสอบผลิตภัณฑ์ในกรณีที่มีการใช้งานผิดวิธี เช่น การบิดเบือนหรือการใช้งานเกินขีดจำกัดของอุปกรณ์

- การทดสอบแรงกระแทก (Impact Testing) ทดสอบว่าอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์สามารถทนต่อแรงกระแทกหรือการตกกระแทกได้หรือไม่ เช่น การทดสอบการตกจากความสูงต่าง ๆ
- การทดสอบการบิดเบือน (Torsional Testing) ทดสอบว่าอุปกรณ์สามารถทนต่อการบิดเบือนจากการใช้งานที่ผิดวิธี

o การทดสอบความปลอดภัยด้านการใช้สารเคมี (Chemical Safety Testing) ตรวจสอบความปลอดภัยในการใช้สารเคมีในผลิตภัณฑ์ เช่น การทดสอบวัสดุที่มีสารเคมีที่เป็นอันตรายหรือสามารถก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน

- การทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity Testing) ตรวจสอบว่าอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์มีสารเคมีที่เป็นพิษหรือไม่ เช่น การทดสอบวัสดุที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ว่าไม่ปล่อยสารพิษเมื่อเกิดความร้อนหรือการใช้งาน
- การทดสอบการรั่วซึมของสารเคมี (Chemical Leakage Testing) ทดสอบการรั่วไหลของสารเคมีจากภาชนะหรือบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บสารเคมี

o การทดสอบความปลอดภัยในการใช้งานในสภาพแวดล้อมพิเศษ (Environmental Safety Testing) ทดสอบผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมที่มีความเสี่ยงสูง เช่น ในสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูง ความชื้นสูง หรือในอุตสาหกรรมที่มีการใช้งานในที่อับอากาศ

- การทดสอบการทนทานต่ออุณหภูมิ (Temperature Testing) ทดสอบว่าผลิตภัณฑ์ทนทานต่ออุณหภูมิสูงหรือต่ำได้หรือไม่
- การทดสอบการทนทานต่อความชื้น (Humidity Testing) ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง

o การทดสอบความปลอดภัยจากการปนเปื้อน (Contamination Testing) ทดสอบความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์จากการปนเปื้อนของสารอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น สารเคมี เชื้อโรค หรือสิ่งสกปรก

- การทดสอบการป้องกันการปนเปื้อน (Contamination Control Testing) ตรวจสอบการป้องกันการปนเปื้อนจากสารอันตรายที่อาจปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการผลิตหรือการขนส่ง

- การทดสอบความปลอดภัยในการทำงาน (Workplace Safety Testing) ทดสอบความปลอดภัยในการทำงานในสภาพแวดล้อมที่อาจมีความเสี่ยงจากการใช้งานเครื่องมือ เครื่องจักร หรือสารเคมีที่เป็นอันตราย
    - การทดสอบการใช้เครื่องมือ (Tool Safety Testing) ตรวจสอบความปลอดภัยของเครื่องมือที่ใช้ในงาน เช่น การทดสอบเครื่องมือที่อาจมีความเสี่ยงจากการบาดเจ็บ
    - การทดสอบอุปกรณ์ป้องกัน (Protective Equipment Testing) ทดสอบอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ เช่น หมวกกันน็อค ถุงมือ หรือรองเท้าเพื่อป้องกันอันตรายจากการทำงาน
- สรุปผลการทดสอบ (Test Report)
    - สร้างรายงานผลการทดสอบความปลอดภัยที่รวมถึงข้อสรุปเกี่ยวกับความปลอดภัยของนวัตกรรม
    - รายงานปัญหาที่พบและคำแนะนำในการปรับปรุง

ตารางที่ 5 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความปลอดภัย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความปลอดภัย		
เครื่องมือทดสอบ ความทนทานทางไฟฟ้า	**เครื่องมือทดสอบอุณหภูมิ**	**เครื่องมือทดสอบการกระแทก**
เช่น เครื่องมือทดสอบการลัดวงจร หรือเครื่องมือทดสอบไฟฟ้าดูด	เช่น เครื่องมือทดสอบการทนทานต่อความร้อน เช่น เครื่องทดสอบอุณหภูมิและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	เช่น เครื่องทดสอบแรงกระแทกที่ใช้ในกระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์ต่อการตกกระแทก

5.2 ทางไซเบอร์[34-37] ตรวจสอบด้านต่างๆ เช่น การป้องกันข้อมูลรั่วไหล การป้องกันการโจมตีจากภายนอก และการตรวจสอบมาตรการรักษาความปลอดภัยที่มีอยู่ เพื่อปกป้องข้อมูลและระบบจากการโจมตีหรือภัยคุกคามต่างๆ การทำการทดสอบในหลายๆ ด้านจะช่วยให้ระบบมีความปลอดภัยและสามารถทำงานได้โดยปราศจากความเสี่ยงจากการถูกเจาะข้อมูล โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

- การวิเคราะห์ความเสี่ยง (Risk Analysis)
    - วิเคราะห์ความเสี่ยง การประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นจากช่องโหว่หรือปัญหาด้านความปลอดภัยในระบบ เพื่อกำหนดลำดับความสำคัญในการทดสอบ
    - การระบุภัยคุกคามต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น เช่น การเจาะระบบ การเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต หรือความบกพร่องในการออกแบบระบบที่เปิดโอกาสให้เกิดการบุกรุกหรือเจาะระบบได้

- การตรวจสอบการเข้าถึงระบบ (Access Control Testing)
  - ทดสอบว่า การควบคุมการเข้าถึง ของผู้ใช้งานแต่ละประเภทในระบบทำงานถูกต้องหรือไม่
  - ตรวจสอบว่าผู้ใช้ที่ไม่ได้รับอนุญาตไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลที่ไม่ควรเห็นได้ เช่น การทดสอบการเข้าถึงข้อมูลส่วนตัวของผู้ใช้งานหรือข้อมูลทางการเงิน
- ทดสอบการ ยืนยันตัวตน (Authentication) และการ อนุญาต (Authorization) เช่น การตรวจสอบการเข้าสู่ระบบด้วยรหัสผ่าน การใช้รหัส OTP และการทดสอบการยืนยันตัวตนด้วยสองขั้นตอน (Two-factor Authentication)
- การทดสอบช่องโหว่ (Vulnerability Testing)
  - ใช้เครื่องมือที่มีอยู่เพื่อค้นหาช่องโหว่ในระบบ เช่น การทดสอบช่องโหว่ทางเว็บ (Web Vulnerability Testing)
  - ทดสอบ Structured Query Language (SQL) injection ทดสอบการโจมตีที่อาศัยช่องโหว่ในคำสั่ง SQL
  - ทดสอบ Cross-Site Scripting (XSS) ตรวจสอบช่องโหว่ที่อนุญาตให้ผู้โจมตีฝังโค้ด JavaScript ที่ไม่ปลอดภัยในหน้าเว็บ
  - Cross-Site Request Forgery (CSRF) ทดสอบการโจมตีที่ทำให้ผู้ใช้งานที่เข้าสู่ระบบแล้วทำการกระทำโดยที่ไม่ตั้งใจ
  - เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบช่องโหว่ เช่น OWASP ZAP, Nessus, Acunetix
- การทดสอบการป้องกันการโจมตี (Attack Simulation Testing)
  - Penetration Testing (Pen Test) การทดสอบความปลอดภัยด้วยวิธีการที่จำลองการโจมตีโดยผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัย (ethical hackers) เพื่อตรวจสอบว่าระบบสามารถป้องกันการโจมตีจากภายนอกได้หรือไม่
  - การทดสอบการโจมตีแบบ DoS/DDoS (Denial of Service/Distributed Denial of Service) ทดสอบว่าเซิร์ฟเวอร์สามารถรับมือกับการโจมตีที่พยายามทำให้เครื่องแม่ข่าย (Server) ล่มหรือไม่
- การทดสอบความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security Testing)
  - ทดสอบว่าข้อมูลที่สำคัญเช่น ข้อมูลผู้ใช้ ข้อมูลบัตรเครดิต และข้อมูลทางการเงินได้รับการปกป้องอย่างเพียงพอ
  - การตรวจสอบการ เข้ารหัสข้อมูล (Encryption) ตรวจสอบว่าข้อมูลที่สำคัญถูกเข้ารหัสทั้งในขณะส่งและในขณะจัดเก็บ
  - ตรวจสอบการตั้งค่า การเข้าถึงข้อมูล เช่น การใช้ HTTPS ในการส่งข้อมูล การเก็บรหัสผ่านในฐานข้อมูลด้วยการเข้ารหัสที่ปลอดภัย

- การทดสอบความปลอดภัยของระบบภายนอก (External System Security Testing)
    - ทดสอบการเชื่อมต่อกับระบบภายนอก เช่น ส่วนเชื่อมโปรแกรมประยุกต์ (Application Programming Interface: API) หรือระบบที่เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลภายนอก
    - ตรวจสอบว่าไม่มีช่องโหว่ที่สามารถถูกโจมตีจากระบบภายนอกได้
    - การทดสอบ การรักษาความปลอดภัยของการเชื่อมต่อ API เช่น การตรวจสอบว่าการเรียก API ต้องการการตรวจสอบสิทธิ์ที่เหมาะสม
- การทดสอบการป้องกันการบุกรุก (Intrusion Prevention Testing)
- ทดสอบการตั้งค่าระบบป้องกันการบุกรุก (Firewall) และ ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ (Intrusion Detection/Prevention Systems: IDS/IPS) ว่ามีการป้องกันการโจมตีที่เข้ามาจากภายนอกหรือไม่
- ตรวจสอบการตั้งค่าระบบให้แน่ใจว่า การป้องกันการบุกรุก ได้รับการติดตั้งและอัพเดตอย่างสม่ำเสมอ
- การทดสอบความปลอดภัยในการสำรองข้อมูล (Backup Security Testing)
    - ตรวจสอบว่า ระบบสำรองข้อมูล (Backup) ได้รับการจัดเก็บในที่ที่ปลอดภัยและสามารถกู้คืนได้ในกรณีที่เกิดปัญหาด้านความปลอดภัย
    - ทดสอบว่า ข้อมูลสำรอง ถูกเข้ารหัสและมีการป้องกันการเข้าถึงที่ไม่พึงประสงค์
- การทดสอบการตอบสนองต่อเหตุการณ์ความปลอดภัย (Incident Response Testing)
    - ทดสอบกระบวนการตอบสนองต่อเหตุการณ์ความปลอดภัย เช่น การตรวจสอบการตั้งค่าระบบสำหรับการแจ้งเตือนในกรณีที่พบช่องโหว่หรือการบุกรุก
    - ทดสอบแผนการตอบสนองและการสืบสวนเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัย
- สรุปผลการทดสอบ (Test Report)
    - สร้างรายงานผลการทดสอบความปลอดภัยที่รวมถึงข้อสรุปเกี่ยวกับความปลอดภัยของระบบ
    - รายงานปัญหาที่พบและคำแนะนำในการปรับปรุง เช่น การแก้ไขช่องโหว่หรือการเสริมการป้องกันเพื่อป้องกันการโจมตีในอนาคต

ตารางที่ 6 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความปลอดภัยด้านไซเบอร์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความปลอดภัย				
การทดสอบช่องโหว่ในเว็บแอปพลิเคชัน	**เครื่องมือที่ใช้ในการสแกนและทดสอบช่องโหว่ของระบบ**	**เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบการเจาะระบบ**	**การดักจับและวิเคราะห์แพ็กเก็ตข้อมูลในการทดสอบความปลอดภัย**	**การทดสอบความปลอดภัยเว็บแอปพลิเคชัน**
OWASP ZAP (Zed Attack Proxy)	Nessus	Metasploit	Wireshark	Burp Suite

6) การทดสอบความเข้ากันได้ (Compatibility Testing)[38, 39]

ทดสอบว่าเทคโนโลยีหรือผลิตภัณฑ์สามารถใช้งานร่วมกับแพลตฟอร์ม อุปกรณ์ หรือซอฟต์แวร์อื่น ๆ ได้หรือไม่ เพื่อรับรองว่าไม่มีปัญหาความเข้ากันระหว่างระบบ สำหรับนวัตกรรมการป้องกันและควบคุมโรค จะเน้นการตรวจสอบว่านวัตกรรม เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ ระบบซอฟต์แวร์สุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ป้องกันโรค (เช่น หน้ากากอนามัย หรือวัคซีน) สามารถทำงานได้อย่างราบรื่นในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพ ระบบสุขภาพ หรือเครือข่ายที่ใช้ในการบริหารจัดการโรค โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

6.1 การวางแผนและกำหนดเป้าหมาย (Planning and Scope Definition)

- ระบุเป้าหมายที่ต้องการทดสอบ
  - ความเข้ากันได้กับอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีอยู่ เช่น เครื่องช่วยหายใจ หรือเซ็นเซอร์ตรวจวัดสุขภาพ
  - ความเข้ากันได้กับระบบซอฟต์แวร์ เช่น ระบบจัดการข้อมูลผู้ป่วย (Hospital Information System - HIS) หรือระบบคลาวด์
  - ความเข้ากันได้กับสภาพแวดล้อมการใช้งาน เช่น โรงพยาบาล ห้องปฏิบัติการ หรือพื้นที่ภาคสนาม
- ระบุประเภทของความเข้ากันได้ที่ต้องการทดสอบ เช่น ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ หรือวัสดุในสภาพแวดล้อมทางการแพทย์

6.2 การเตรียมสภาพแวดล้อมการทดสอบ (Environment Setup)

- จัดเตรียม อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง
  - อุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ต้องเชื่อมต่อ (เช่น เครื่องมือวัดออกซิเจน อุปกรณ์ IoT)
  - ซอฟต์แวร์ที่ใช้บริหารจัดการ เช่น HIS หรือแอปพลิเคชันบนมือถือ
  - เครือข่ายอินเทอร์เน็ตหรือเซิร์ฟเวอร์คลาวด์
- สร้าง สภาพแวดล้อมการทดสอบจำลอง (Simulation Environment) เพื่อเลียนแบบสถานการณ์ใช้งานจริง เช่น ห้องปฏิบัติการหรือพื้นที่ชุมชน

6.3 การพัฒนากรณีทดสอบ (Test Case Development) ออกแบบกรณีทดสอบที่เกี่ยวข้อง

- กรณีทดสอบการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น การทำงานของเซ็นเซอร์ตรวจวัดสุขภาพกับเครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล
- กรณีทดสอบความเข้ากันได้กับซอฟต์แวร์ เช่น การรับส่งข้อมูลจากนวัตกรรมไปยังระบบสารสนเทศโรงพยาบาล (Hospital Information System: HIS) หรือแอปพลิเคชัน
- กรณีทดสอบการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน เช่น การใช้วัคซีนในสภาพอากาศร้อนหรือเย็นจัด

6.4 การดำเนินการทดสอบ (Execution of Test Cases) ทดสอบตามกรณีที่ออกแบบไว้

- เชื่อมต่ออุปกรณ์กับระบบปฏิบัติการต่างๆ (Windows, macOS, Linux)
- ทดสอบการทำงานของนวัตกรรมร่วมกับอุปกรณ์อื่น เช่น การส่งข้อมูลจากอุปกรณ์ IoT ไปยังระบบคลาวด์
- ทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมในสถานการณ์ที่อาจพบจริง เช่น การใช้งานในชุมชนชนบทหรือพื้นที่ห่างไกล

6.5 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ (Analysis of Test Results)

- วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทดสอบ เช่น
  - ระบุข้อผิดพลาดหรือความล้มเหลวที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี
  - บันทึกข้อผิดพลาด เช่น การทำงานที่ไม่ราบรื่นเมื่อใช้งานกับระบบ HIS หรือการเชื่อมต่อที่ไม่เสถียร
- จัดทำรายงานผลการทดสอบและแนวทางการปรับปรุง

6.6 การแก้ไขและการทดสอบซ้ำ (Fixing and Retesting)

- ส่งข้อผิดพลาดที่บันทึกไว้ไปยังทีมพัฒนาเพื่อตรวจสอบและแก้ไข
- ดำเนินการทดสอบซ้ำจนกว่าผลลัพธ์จะตรงกับความต้องการ

ตารางที่ 7 ตัวอย่างกรณีการทดสอบความเข้ากันได้ (Test Scenarios for Compatibility Testing)

ความเข้ากันได้ของวัสดุ	ความเข้ากันได้กับระบบข้อมูล	ความเข้ากันได้ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน
ตรวจสอบว่าวัสดุของนวัตกรรม (เช่น หน้ากากอนามัย) ไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีหรือสารทำความสะอาดที่ใช้ในโรงพยาบาล	ทดสอบว่านวัตกรรมสามารถส่งข้อมูลสุขภาพไปยังระบบ HIS ได้โดยไม่มีปัญหา	ทดสอบว่าวัคซีนหรืออุปกรณ์สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำได้

ตารางที่ 8 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ		
โปรแกรมทดสอบอัตโนมัติ (Test Complete)	**แพลตฟอร์มทดสอบเว็บและแอป (Browser Stack)**	**เครื่องมือจำลองสภาพแวดล้อม IoT (IoT Simulation Tools)**
ทดสอบการทำงานของซอฟต์แวร์กับระบบปฏิบัติการที่แตกต่างกัน	สำหรับทดสอบเว็บแอปพลิเคชันในเบราว์เซอร์ที่แตกต่าง	ใช้ทดสอบการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ IoT กับระบบคลาวด์

7) การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability Testing)[40]

การตรวจสอบว่านวัตกรรมมีความเสถียรและสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีความผิดพลาดในระยะเวลาที่กำหนด โดยสำหรับนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและควบคุมโรค เช่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ ระบบติดตามข้อมูลสุขภาพ หรือวัสดุอุปกรณ์ทางการแพทย์ จะต้องทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานการณ์ที่หลากหลาย และรองรับการใช้งานอย่างต่อเนื่องในระยะยาว โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

7.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขต (Define Objectives and Scope)

- ระบุ เป้าหมายการทดสอบ ตรวจสอบความทนทานของอุปกรณ์เมื่อใช้งานในระยะยาว ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของระบบเก็บข้อมูลสุขภาพ ทดสอบการคงคุณสมบัติของวัสดุในสภาพการใช้งานที่หลากหลาย
- ระบุ เงื่อนไขการใช้งานจริง
- อุณหภูมิ ความชื้น หรือสภาพแวดล้อมที่อาจมีการปนเปื้อน
- ความถี่ในการใช้งาน

7.2 การวางแผนการทดสอบ (Test Planning)

- กำหนดตัวชี้วัดความน่าเชื่อถือ (Reliability Metrics) เช่น
  - Mean Time Between Failures (MTBF) ระยะเวลาที่เฉลี่ยระหว่างความล้มเหลว
  - Failure Rate หรืออัตราความล้มเหลวต่อรอบการใช้งาน
  - Service Life ระยะเวลาการใช้งานที่คาดหวัง
- วางแผน สภาพแวดล้อมการทดสอบ ที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง เช่น การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การทดสอบในพื้นที่ชุมชนหรือสถานที่ที่มีการใช้งานจริง

7.3 การออกแบบกรณีทดสอบ (Test Case Development) *ออกแบบกรณีทดสอบที่ครอบคลุมทุก*สถานการณ์

- ทดสอบความทนทานของอุปกรณ์ที่ใช้งานในสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น อุณหภูมิสูง/ต่ำ
- ทดสอบระบบเก็บข้อมูลสุขภาพโดยจำลองการใช้งานจริงในระยะเวลานาน
- ทดสอบวัสดุป้องกัน เช่น หน้ากากอนามัย หรือชุดป้องกัน ที่สัมผัสกับสารเคมีหรือไวรัส

7.4 การดำเนินการทดสอบ (Test Execution) ดำเนินการทดสอบตามแผนที่กำหนดไว้

- การทดสอบความเครียดของระบบ (Stress Testing) ทดสอบอุปกรณ์หรือระบบภายใต้สภาวะเกินขีดจำกัด เช่น ใช้งานต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง
- การทดสอบความทนทานของระบบระยะยาว (Endurance Testing) ทดสอบการทำงานในระยะเวลายาวนาน เช่น วัสดุป้องกันที่ต้องใช้งานต่อเนื่องในโรงพยาบาล
- การทดสอบภาระของระบบ (Load Testing) ทดสอบระบบจัดการข้อมูลสุขภาพเมื่อมีผู้ใช้งานจำนวนมากพร้อมกัน

7.5 การบันทึกและวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Result Recording and Analysis)

- เก็บข้อมูลเกี่ยวกับความล้มเหลวหรือปัญหาที่เกิดขึ้น เช่น อุปกรณ์หยุดทำงานเมื่อใช้งานต่อเนื่องเกินเวลาที่กำหนด หรือวัสดุเสื่อมคุณภาพเมื่อสัมผัสกับความชื้นสูง
- วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เช่น คำนวณ MTBF หรือ Failure Rate เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือ

7.6 การแก้ไขและการทดสอบซ้ำ (Fixing and Retesting)

- ส่งข้อมูลปัญหาที่พบไปยังทีมพัฒนาเพื่อทำการแก้ไข
- ทำการทดสอบซ้ำในสภาวะเดียวกันเพื่อยืนยันว่าอุปกรณ์หรือระบบได้รับการปรับปรุงให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

ตารางที่ 9 ตัวอย่างการทดสอบความน่าเชื่อถือในนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

อุปกรณ์ทางการแพทย์ (Medical Devices)	วัสดุป้องกันส่วนบุคคล (PPE)	ระบบข้อมูลสุขภาพ (Health Information Systems)
ทดสอบเครื่องวัดออกซิเจนในเลือดว่าใช้งานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีความผิดพลาด ทดสอบเครื่องช่วยหายใจในสภาวะที่มีการใช้งานต่อเนื่อง	ทดสอบหน้ากากอนามัยในสภาวะอากาศร้อนชื้นหรือพื้นที่ปนเปื้อน	ทดสอบการจัดเก็บและส่งข้อมูลผู้ป่วยในระบบ HIS ภายใต้การใช้งานพร้อมกันจากหลายจุด

ตารางที่ 10 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ		
Testing Equipment HALT/HASS	Apache JMeter	Environmental Chambers
สำหรับการทดสอบความทนทานของอุปกรณ์	สำหรับทดสอบระบบข้อมูลสุขภาพ	สำหรับทดสอบวัสดุหรืออุปกรณ์ในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุม

8) การทดสอบความสอดคล้องกับมาตรฐาน (Compliance Testing)[41]

การทดสอบความสอดคล้องกับมาตรฐาน เป็นกระบวนการตรวจสอบว่านวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นเป็นไปตามมาตรฐาน กฎระเบียบ และข้อกำหนดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค การทดสอบนี้เป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น องค์การมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization: ISO) สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration: FDA) หรือเครื่องหมายความสอดคล้องยุโรป (Conformité Européenne: CE) และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องตามกฎหมาย โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

8.1 ศึกษาข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง (Understand Requirements and Standards) ศึกษาและทำความเข้าใจข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

- มาตรฐานระดับสากล เช่น องค์การมาตรฐานสากล (International Organization for Standardization: ISO) องค์การมาตรฐานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ระหว่างประเทศ (International Electrotechnical Commission: IEC) หรือสมาคมวิศวกรรมและการทดสอบวัสดุแห่งสหรัฐอเมริกา (American Society for Testing and Materials: ASTM)
- มาตรฐานระดับประเทศ เช่น สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประเทศสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration: FDA) เครื่องหมายความสอดคล้องยุโรป (Conformité Européenne: CE) หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเทศไทย (มอก.)
- มาตรฐานเฉพาะทาง เช่น แนวทางองค์การอนามัยโลกสำหรับอุปกรณ์การแพทย์ (World Health Organization Guidelines for Medical Devices: WHO) แนวทางองค์การอนามัยโลกสำหรับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (WHO Guidelines on Personal Protective Equipment for COVID-19 and other infectious diseases: WHO PPE Guidelines) หรือแนวทางองค์การอนามัยโลกสำหรับเครื่องมือวินิจฉัย (WHO Guidelines on Diagnostics for priority diseases: WHO Diagnostics Guidelines)

8.2 การวางแผนการทดสอบ (Test Planning) *กำหนดมาตรฐานเป้าหมาย เลือกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์*

- กำหนดมาตรฐานเป้าหมาย เลือกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์
  - สำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์ เช่น ISO 13485 ระบบบริหารคุณภาพ (Quality Management System) IEC 60601 อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment)
  - สำหรับอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment: PPE) เช่น ISO 13688 (General Requirements for Protective Clothing)
  - สำหรับชุดตรวจโรค: ISO 15189 (Medical Laboratories)
- กำหนดขอบเขตการทดสอบ ประเมินว่าจะทดสอบด้านใด เช่น ความปลอดภัย ความแม่นยำ ประสิทธิภาพ หรือการทนต่อสภาพแวดล้อม

8.3 การเตรียมตัวอย่างและเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Prepare Samples and Documentation)

- จัดเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์สำหรับการทดสอบ เช่น ชุดตรวจโรคที่พร้อมใช้งาน หน้ากากอนามัยหรือชุด PPE ที่ผ่านการผลิตจริง
- จัดเตรียมเอกสารประกอบ เช่น รายละเอียดผลิตภัณฑ์ ข้อมูลด้านวิศวกรรม ใบรับรองวัสดุที่ใช้

8.4 การดำเนินการทดสอบ (Test Execution)

- ส่งตัวอย่างผลิตภัณฑ์ไปยังห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรอง (Accredited Laboratory) เพื่อดำเนินการทดสอบ
- การทดสอบเฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันควบคุมโรค
  - การทดสอบทางกายภาพ ตรวจสอบความทนทาน เช่น ความต้านทานการฉีกขาดของ PPE
  - การทดสอบประสิทธิภาพ ตรวจสอบความสามารถในการกรองเชื้อโรค (Bacterial Filtration Efficiency - BFE) ของหน้ากากอนามัย
  - การทดสอบทางเคมีหรือชีวภาพ ตรวจสอบความปลอดภัยของวัสดุว่าปราศจากสารพิษ
  - การทดสอบความแม่นยำ สำหรับชุดตรวจ เช่น การตรวจจับไวรัสหรือแอนติเจน

8.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์และตรวจสอบความสอดคล้อง (Analyze Results and Verify Compliance)

- วิเคราะห์ผลลัพธ์การทดสอบที่ได้จากห้องปฏิบัติการ
- เปรียบเทียบผลลัพธ์กับข้อกำหนดของมาตรฐาน เช่น ชุดตรวจโรคต้องมีความแม่นยำ ≥ 95% ตามข้อกำหนดของ WHO

8.6 การปรับปรุงและทดสอบซ้ำ (Improvements and Retesting)

หากผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการทดสอบ ให้ปรับปรุงตามคำแนะนำและดำเนินการทดสอบซ้ำ เช่น หากหน้ากากอนามัยไม่ผ่านการทดสอบความต้านทานการซึมผ่านของของเหลว ให้เปลี่ยนวัสดุแล้วทดสอบใหม่

8.7 การจัดทำรายงานและการรับรอง (Documentation and Certification)

- จัดทำรายงานการทดสอบ (Test Report) และส่งผลลัพธ์ให้หน่วยงานรับรองที่เกี่ยวข้อง
- ขอการรับรองจากหน่วยงาน
  - อย. (ประเทศไทย)
  - CE Mark (ยุโรป)
  - FDA Approval (สหรัฐอเมริกา)

ตารางที่ 11 ตัวอย่างกรณีการทดสอบความสอดคล้องกับมาตรฐานสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

หน้ากากอนามัย (Face Mask)	ชุดตรวจโรค (Diagnostic Kits)	ระบบติดตามสุขภาพ (Health Monitoring Systems)
ทดสอบการกรองอนุภาค (Particle Filtration Efficiency - PFE) ตามมาตรฐาน EN 149	ตรวจสอบความแม่นยำในการตรวจจับเชื้อโรคตาม ISO 13485 และ ISO 15189	ทดสอบความปลอดภัยทางไฟฟ้าของอุปกรณ์ตาม IEC 60601
ตรวจสอบการระบายอากาศ (Breathability) ตาม ISO 9237		

ตารางที่ 12 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ		
Environmental Chambers	Bacterial Filtration Test Equipment	Chemical Analysis Tools
สำหรับทดสอบในสภาวะที่ควบคุม	สำหรับทดสอบ BFE ของหน้ากาก	ตรวจสอบสารเคมีในวัสดุ

9) การทดสอบตลาด (Market Testing)[42, 43]

ทดสอบการตอบรับของตลาดผ่านการนำผลิตภัณฑ์เข้าสู่ตลาดในวงจำกัดเพื่อตรวจสอบการตอบรับจากลูกค้า เช่น การทดลองขายในกลุ่มเล็ก ๆ วิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าและการยอมรับผลิตภัณฑ์ เป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนานวัตกรรม เพื่อประเมินว่าผลิตภัณฑ์หรือบริการจะได้รับการตอบรับจากตลาดเป้าหมายอย่างไร โดยกระบวนการนี้จะช่วยให้ผู้พัฒนาทราบถึงความต้องการของตลาด ความคิดเห็นของผู้ใช้งาน และโอกาสในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ก่อนการเปิดตัวในวงกว้าง โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

9.1 การกำหนดเป้าหมาย (Define Objectives and Target Market)

- กำหนดวัตถุประสงค์การทดสอบตลาด
  - ประเมินความสนใจในนวัตกรรม เช่น ชุดตรวจโรค อุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือวัคซีน
  - ตรวจสอบราคาที่เหมาะสม
  - รวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความสะดวกในการใช้งาน
- ระบุตลาดเป้าหมาย
  - ผู้ใช้งานปลายทาง เช่น บุคลากรทางการแพทย์ ประชาชนทั่วไป หรือกลุ่มเสี่ยง
  - พื้นที่เป้าหมาย เช่น ชุมชนเมือง พื้นที่ชนบท หรือพื้นที่ที่มีการระบาดของโรค

9.2 การพัฒนาตัวต้นแบบหรือผลิตภัณฑ์ทดสอบ (Develop Prototypes or Test Products)

- จัดทำตัวต้นแบบ (Prototype) หรือผลิตภัณฑ์ในปริมาณจำกัด เช่น ชุดตรวจ COVID-19 หน้ากากอนามัยชนิดใหม่ หรือระบบติดตามสุขภาพ
- เตรียมเอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
  - ข้อมูลการใช้งาน

- ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนประสิทธิภาพ

9.3 การเลือกกลุ่มทดลอง (Select Test Market)

- ระบุพื้นที่หรือกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทดสอบ เช่น โรงพยาบาลหรือคลินิกเฉพาะ
- กลุ่มผู้ใช้งานเป้าหมาย เช่น เจ้าหน้าที่สาธารณสุขในพื้นที่ระบาด
- กลุ่มทดลองควรมีลักษณะใกล้เคียงกับตลาดเป้าหมายหลัก

9.4 การดำเนินการทดสอบตลาด (Execute Market Test)

- ดำเนินการทดสอบในพื้นที่หรือกลุ่มเป้าหมาย เช่น
  - แจกจ่ายนวัตกรรมเพื่อทดลองใช้งาน
  - การทดสอบในงานประชุมหรือสัมมนาด้านสุขภาพ
- เก็บข้อมูลที่สำคัญ เช่น
  - อัตราการตอบรับ
  - ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้งาน
  - การเปรียบเทียบกับนวัตกรรมที่มีอยู่

9.5 การวิเคราะห์และประเมินผล (Analyze and Evaluate Results)

- วิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบ เช่น
  - อัตราความพึงพอใจของผู้ใช้งาน
  - ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการปรับปรุงผลิตภัณฑ์
  - ศักยภาพของนวัตกรรมในตลาด
- ใช้ข้อมูลเพื่อพัฒนาและปรับปรุงนวัตกรรม

9.6 การทดสอบซ้ำหรือขยายขอบเขต (Iterative Testing or Scaling Up)

- หากพบปัญหา ให้ปรับปรุงผลิตภัณฑ์และดำเนินการทดสอบซ้ำในกลุ่มเป้าหมายที่ใหญ่ขึ้น
- ทดสอบการจำหน่ายในพื้นที่ใหม่หรือตลาดที่กว้างขึ้น

ตารางที่ 13 ตัวอย่างกรณีการทดสอบตลาดสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

ชุดตรวจโรค	ระบบติดตามสุขภาพ	หน้ากากอนามัยหรือวัคซีน
แจกจ่ายชุดตรวจให้กับโรงพยาบาลหรือคลินิกเพื่อประเมินความสะดวกและความแม่นยำ	ทดสอบแอปพลิเคชันในกลุ่มเป้าหมาย เช่น บุคลากรทางการแพทย์	แจกจ่ายให้กับประชาชนในพื้นที่ระบาดเพื่อประเมินความสะดวกและความพึงพอใจ
เก็บข้อมูลเกี่ยวกับความง่ายในการใช้งานโดยผู้ป่วย	รวบรวมความคิดเห็นเกี่ยวกับฟีเจอร์และการใช้งาน	

ตารางที่ 14 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ		
แบบสอบถามและแบบสำรวจ (Surveys)	Focus Groups	Analytics Tools
สำหรับเก็บข้อมูลความคิดเห็นและความพึงพอใจ	การจัดกลุ่มทดลองใช้งานเพื่อรับฟังความคิดเห็นโดยตรง	การใช้ระบบวิเคราะห์ข้อมูล เช่น Google Forms หรือ Power BI เพื่อประเมินผล

10) การทดสอบความสามารถในการขยาย (Scalability Testing)[44-46]

ทดสอบว่าสินค้าหรือระบบสามารถรองรับการเติบโตในอนาคตได้หรือไม่ เพื่อวิเคราะห์ขีดจำกัดในการขยายระบบ และเตรียมความพร้อมสำหรับการขยายขนาด เป็นกระบวนการตรวจสอบว่านวัตกรรมสามารถรองรับการเพิ่มขนาดการผลิต การใช้งาน หรือตลาดเป้าหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยการทดสอบนี้จะช่วยประเมินว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนผู้ใช้ ปริมาณการผลิต หรือขนาดการใช้งาน ผลิตภัณฑ์ยังคงทำงานได้ตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่ โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

10.1 การกำหนดเป้าหมายและตัวชี้วัด (Define Objectives and Metrics)

- กำหนดวัตถุประสงค์การทดสอบ
  - ตรวจสอบว่านวัตกรรมสามารถรองรับการผลิตจำนวนมากได้หรือไม่
  - ประเมินประสิทธิภาพเมื่อมีการเพิ่มจำนวนผู้ใช้งานพร้อมกัน
- กำหนดตัวชี้วัด (KPIs)
  - อัตราความสำเร็จของการผลิต (Yield Rate)
  - เวลาในการผลิตต่อหน่วย
  - ความเสถียรของระบบหรืออุปกรณ์เมื่อใช้งานพร้อมกัน

10.2 การวิเคราะห์ข้อจำกัดปัจจุบัน (Analyze Current Constraints)

- วิเคราะห์ข้อจำกัดในระบบหรือกระบวนการผลิต
  - ความจุของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์
  - วัตถุดิบและห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)
  - ความสามารถของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology: IT) หรือซอฟต์แวร์ที่สนับสนุน
- ระบุปัจจัยที่อาจเกิดปัญหาเมื่อขยายขนาด เช่น ความล่าช้าในการจัดส่ง หรือการทำงานของอุปกรณ์ที่ลดลงเมื่อใช้งานต่อเนื่อง

10.3 การออกแบบแผนการทดสอบ (Design a Scalability Test Plan)

- กำหนดแผนการทดสอบ
  - การเพิ่มขนาดการผลิตจาก 1,000 หน่วยเป็น 10,000 หน่วย

- การทดสอบการใช้งานพร้อมกันของผู้ใช้จาก 100 คนเป็น 1,000 คน

- กำหนดกรณีทดสอบ (Test Cases)
  - ความเร็วในการผลิตเมื่อเพิ่มกำลังการผลิต
  - ประสิทธิภาพของระบบติดตามโรคเมื่อมีการใช้งานพร้อมกัน

10.4 การเตรียมทรัพยากรและตัวอย่าง (Prepare Resources and Prototypes)

- จัดเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์หรือระบบที่ต้องการทดสอบ
- ตรวจสอบว่ามีทรัพยากรที่เพียงพอ
  - เครื่องจักรหรืออุปกรณ์สำหรับการผลิตขนาดใหญ่
  - ทีมงานสนับสนุนด้านเทคนิค
  - ระบบซอฟต์แวร์ที่พร้อมรองรับการเพิ่มจำนวนผู้ใช้

10.5 การดำเนินการทดสอบ (Execute Scalability Testing)

- ทดสอบการขยายขนาดในสถานการณ์จำลอง เช่น
  - เพิ่มจำนวนการผลิตในสายการผลิต (Production Line)
  - ทดสอบระบบติดตามโรค (Disease Monitoring System) ด้วยข้อมูลผู้ใช้จำลองจำนวนมาก
- เก็บข้อมูลที่สำคัญ เช่น
  - เวลาเฉลี่ยในการผลิตต่อหน่วย
  - ประสิทธิภาพของระบบ เช่น เวลาในการประมวลผล

10.6 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Analyze Results)

- เปรียบเทียบผลลัพธ์กับเป้าหมายที่กำหนดไว้
- ตรวจสอบว่ามีปัญหาใดที่เกิดขึ้นเมื่อขยายขนาด เช่น
  - การลดลงของคุณภาพผลิตภัณฑ์
  - ความล่าช้าในกระบวนการผลิต
  - ความล้มเหลวของระบบในกรณีการใช้งานพร้อมกัน

10.7 การปรับปรุงและการทดสอบซ้ำ (Improve and Retest)

- ปรับปรุงปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหา เช่น
  - เพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์
  - ปรับปรุงระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain)
  - อัปเกรดระบบซอฟต์แวร์
- ดำเนินการทดสอบซ้ำจนกว่าจะมั่นใจว่าระบบสามารถขยายขนาดได้อย่างเสถียร

10.8 การจัดทำรายงานและแผนขยายขนาด (Document Results and Scale-Up Plan)

- จัดทำรายงานการทดสอบที่รวมถึง
  - ข้อมูลเกี่ยวกับความสำเร็จและข้อจำกัด
  - ข้อเสนอแนะสำหรับการขยายขนาด
- พัฒนาแผนการผลิตหรือการใช้งานที่รองรับการขยายขนาดในระยะยาว

ตารางที่ 15 ตัวอย่างกรณีการทดสอบความสามารถในการขยายผล (Scalability) สำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

ชุดตรวจโรค (Diagnostic Kits)	ระบบติดตามสุขภาพ (Health Monitoring Systems)	วัคซีนหรือยารักษาโรค
ทดสอบการผลิตชุดตรวจจาก 1,000 ชุดเป็น 10,000 ชุด เพื่อประเมินความเสถียรของกระบวนการผลิต	ทดสอบระบบติดตามผู้ป่วยที่มีผู้ใช้งานเพิ่มจาก 100 คนเป็น 10,000 คนพร้อมกัน	ทดสอบกระบวนการผลิตในโรงงานต้นแบบ (Pilot Plant) ก่อนขยายไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม
ตรวจสอบว่าชุดตรวจทั้งหมดมีคุณภาพและความแม่นยำตามมาตรฐาน	ตรวจสอบเวลาการประมวลผลและความสามารถในการรองรับข้อมูล	

ตารางที่ 16 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความสามารถในการขยายผล (Scalability)		
Simulation Software	Automation Tools	Load Testing Tools
ทดสอบการใช้งานระบบในสถานการณ์จำลอง	เครื่องมือสำหรับตรวจสอบกระบวนการผลิตอัตโนมัติ	สำหรับตรวจสอบระบบ IT เช่น Apache JMeter

11) การทดสอบการผลิต (Manufacturing Testing)[47-49]

ทดลองกระบวนการผลิตเพื่อดูว่าสามารถผลิตได้ในปริมาณมากและมีคุณภาพสม่ำเสมอ และตรวจสอบต้นทุนและเวลาในการผลิต เป็นการตรวจสอบและประเมินคุณภาพในกระบวนการผลิตนวัตกรรมเพื่อให้มั่นใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด การทดสอบนี้เป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อป้องกันข้อผิดพลาดและความล้มเหลวในกระบวนการผลิต โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

11.1 การวางแผนและออกแบบการทดสอบ (Planning and Designing Test Protocols)

- ศึกษาข้อกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง เช่น
  - มาตรฐานคุณภาพ เช่น ISO 9001, ISO 13485
  - ข้อกำหนดเฉพาะของผลิตภัณฑ์ เช่น ASTM F2100 สำหรับหน้ากากอนามัย
- ออกแบบกระบวนการทดสอบให้ครอบคลุมทุกขั้นตอนการผลิต
  - การตรวจสอบวัตถุดิบ
  - การตรวจสอบกระบวนการผลิต

- การตรวจสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

11.2 การทดสอบวัตถุดิบ (Raw Material Testing)

- การตรวจสอบคุณสมบัติวัตถุดิบ (Material Properties) เช่น ตรวจสอบความสามารถในการกรองเชื้อโรคของวัสดุในหน้ากากอนามัย
- การตรวจสอบความบริสุทธิ์และความปลอดภัย เช่น ตรวจสอบความปลอดภัยของส่วนผสมในวัคซีน

11.3 การทดสอบระหว่างกระบวนการผลิต (In-Process Testing)

- ตรวจสอบคุณภาพในแต่ละขั้นตอนการผลิต เช่น
  - การประกอบ (Assembly) ตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นส่วนที่ประกอบ
  - การเคลือบหรือบรรจุ (Coating/Packaging) ตรวจสอบการเคลือบสารป้องกันเชื้อโรคหรือการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์
- ใช้เทคนิคการตรวจสอบ เช่น
  - Automated Optical Inspection (AOI) ตรวจสอบชิ้นส่วนอัตโนมัติ
  - Functional Testing: ตรวจสอบการทำงานของผลิตภัณฑ์

11.4 การทดสอบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Final Product Testing) *ตรวจสอบผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายก่อนส่งมอบ*

- การทดสอบความปลอดภัย (Safety Testing) ปราศจากข้อผิดพลาดที่อาจเป็นอันตราย
- การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance Testing)
- การทดสอบความทนทาน (Durability Testing) ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ในสภาวะต่าง ๆ

11.5 การตรวจสอบและควบคุมคุณภาพ (Quality Control and Assurance)

- ตรวจสอบตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสายการผลิตอย่างสม่ำเสมอ (Sampling Inspection)
- ใช้สถิติเพื่อประเมินความสม่ำเสมอของคุณภาพ เช่น Statistical Process Control (SPC)

11.6 การวิเคราะห์และการแก้ไขข้อผิดพลาด (Defect Analysis and Root Cause Correction)

- วิเคราะห์ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต เช่น การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ เช่น Fishbone Diagram, Pareto Analysis
- แก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุและทดสอบกระบวนการซ้ำ

11.7 การบันทึกข้อมูลและการรายงาน (Data Recording and Reporting)

- บันทึกข้อมูลการทดสอบทั้งหมด
  - อัตราส่วนข้อผิดพลาด
  - ผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์
- จัดทำรายงานส่งให้หน่วยงานกำกับดูแล เช่น อย. (ประเทศไทย) หรือ FDA (สหรัฐอเมริกา)

ตารางที่ 17 ตัวอย่างกรณีการทดสอบการผลิตสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

หน้ากากอนามัย (Face Mask)	ชุดตรวจโรค (Diagnostic Kits)	วัคซีน (Vaccines)
ตรวจสอบวัตถุดิบ เช่น ความหนาของชั้นกรอง	ทดสอบความแม่นยำของสารเคมีที่ใช้ในชุดตรวจ	ทดสอบความปลอดภัยของกระบวนการบรรจุในสภาพปลอดเชื้อ
ทดสอบการปิดผนึกขอบหน้ากากเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศ	ตรวจสอบการบรรจุภัณฑ์เพื่อรักษาคุณภาพสารเคมี	ตรวจสอบความคงตัวของวัคซีนในระหว่างการขนส่ง

ตารางที่ 18 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ใน Manufacturing Testing		
Automated Inspection Systems	Material Testing Equipment	Environmental Test Chambers
ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดในกระบวนการผลิตอัตโนมัติ	เครื่องมือสำหรับตรวจสอบคุณสมบัติวัตถุดิบ เช่น เครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมี	สำหรับจำลองสภาพแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์อาจต้องเผชิญ

12) การทดสอบสภาพแวดล้อม (Environmental Testing)[50]

กระบวนการตรวจสอบว่านวัตกรรมสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การทดสอบนี้จะช่วยประเมินว่านวัตกรรมสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะแวดล้อมที่หลากหลาย เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่น หรือแรงสั่นสะเทือน โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

12.1 การกำหนดวัตถุประสงค์การทดสอบ (Define Test Objectives)

- ระบุสภาวะแวดล้อมที่ผลิตภัณฑ์อาจต้องเผชิญ
  - ความร้อนและความเย็นสุดขั้ว
  - ความชื้นสูง
  - แรงกระแทกหรือสั่นสะเทือน
- กำหนดวัตถุประสงค์
  - ตรวจสอบว่าวัคซีนคงประสิทธิภาพในอุณหภูมิ 2-8°C หรือไม่
  - ตรวจสอบว่าหน้ากากอนามัยยังกรองฝุ่นและเชื้อโรคได้ในสภาพความชื้นสูง

12.2 การออกแบบแผนการทดสอบ (Design Test Plan)

- ระบุขั้นตอนการทดสอบและพารามิเตอร์ที่ต้องทดสอบ เช่น:
  - การทดสอบอุณหภูมิ (Temperature Testing): อุณหภูมิ -20°C ถึง 60°C
  - การทดสอบความชื้น (Humidity Testing): ความชื้น 10%-90% RH
  - การทดสอบแรงสั่นสะเทือน (Vibration Testing): ความถี่ 10-500 Hz
- ระบุระยะเวลาการทดสอบ เช่น ทดสอบในสภาวะที่กำหนดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

12.3 การเตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือทดสอบ (Prepare Equipment and Tools) *จัดเตรียมเครื่องมือ* สำหรับจำลองสภาวะแวดล้อม

- Temperature Chambers สำหรับจำลองอุณหภูมิสุดขั้ว
- Humidity Chambers สำหรับจำลองความชื้น
- Vibration Test Systems สำหรับจำลองแรงสั่นสะเทือน
- Dust Chambers สำหรับจำลองสภาวะที่มีฝุ่นละออง

12.4 การดำเนินการทดสอบ (Conduct Testing) *วางนวัตกรรมในเครื่องมือทดสอบและตั้งค่าพารามิเตอร์*ที่กำหนดไว้

- วางหน้ากากอนามัยในห้องที่มีความชื้น 90% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และตรวจสอบประสิทธิภาพการกรอง
- วางชุดตรวจโรคในอุณหภูมิ -10°C และ 50°C แล้วตรวจสอบความแม่นยำ
- ทดสอบวัคซีนในสภาวะแสง UV เพื่อประเมินความคงตัวของสารสำคัญ

12.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Analyze Results)

- เก็บข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ เช่น
  - ความเปลี่ยนแปลงของประสิทธิภาพ
  - ความเสียหายของวัสดุหรืออุปกรณ์
- เปรียบเทียบผลลัพธ์กับมาตรฐานที่กำหนด เช่น มาตรฐาน ISO หรือ ASTM สำหรับผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์

12.6 การปรับปรุงและทดสอบซ้ำ (Improve and Retest)

- หากผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการทดสอบ ให้ปรับปรุงวัสดุหรือกระบวนการผลิต
- ดำเนินการทดสอบซ้ำจนกว่าผลิตภัณฑ์จะผ่านมาตรฐานที่กำหนด

12.7 การจัดทำรายงานและการรับรอง (Document Results and Certification) *สรุปผลการทดสอบ*และจัดทำรายงานสำหรับการยื่นขอรับรองจากหน่วยงานกำกับดูแล เช่น

- อย. (ประเทศไทย)
- FDA (สหรัฐอเมริกา)

ตารางที่ 19 ตัวอย่างกรณีการทดสอบการผลิตสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

หน้ากากอนามัย (Face Mask)	ชุดตรวจโรค (Diagnostic Kits)	วัคซีน (Vaccines)
ทดสอบการกรองในสภาวะอุณหภูมิสูงและความชื้น 80%-90%	ทดสอบความเสถียรของสารเคมีที่ใช้ในชุดตรวจภายใต้อุณหภูมิสุดขั้ว	ทดสอบความคงตัวของวัคซีนในห้องแช่เย็นและแช่แข็ง
ทดสอบความทนทานต่อฝุ่นและละอองน้ำ	ทดสอบการจัดเก็บในสภาพความชื้นสูง	ทดสอบความทนทานต่อแสง UV

ตารางที่ 20 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสภาพแวดล้อม		
Temperature and Humidity Chambers	Vibration Testing Systems	Dust and Waterproof Testing Machines
สำหรับจำลองอุณหภูมิและความชื้น	สำหรับตรวจสอบผลกระทบจากการขนส่ง	สำหรับตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในสภาพที่มีฝุ่นหรือความชื้น

13) การทดสอบการบำรุงรักษา (Maintenance Testing)[51]

การทดสอบเพื่อประเมินว่านวัตกรรมสามารถรองรับการบำรุงรักษา (Maintenance) ได้อย่างเหมาะสม วิเคราะห์ว่านวัตกรรมสามารถดูแลรักษาและซ่อมแซมได้ง่ายหรือไม่ ตรวจสอบค่าใช้จ่ายและทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการบำรุงรักษา เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องและลดความเสี่ยงจากการใช้งานที่ผิดพลาดหรือการเสื่อมสภาพ โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

13.1 การกำหนดเป้าหมายการทดสอบ (Define Objectives)

- ระบุความต้องการด้านการบำรุงรักษา เช่น
  - ความง่ายในการซ่อมบำรุงหรือเปลี่ยนชิ้นส่วน
  - ความสามารถในการตรวจจับและแก้ไขข้อผิดพลาด
  - การอัปเดตซอฟต์แวร์หรือระบบ
- ตัวอย่างเป้าหมาย
  - อุปกรณ์ตรวจโรคสามารถเปลี่ยนชิ้นส่วนเซ็นเซอร์ได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องมือพิเศษ
  - ซอฟต์แวร์ติดตามสุขภาพสามารถอัปเดตฟังก์ชันใหม่ได้โดยไม่กระทบกับข้อมูลเดิม

13.2 การวางแผนการทดสอบ (Plan the Testing Process)

- ระบุประเภทของการบำรุงรักษาที่จะทดสอบ
  - การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น (Corrective Maintenance)
  - การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)
  - การปรับปรุงเพื่อรองรับการใช้งานใหม่ (Adaptive Maintenance)
  - การเพิ่มประสิทธิภาพ (Perfective Maintenance)
- จัดทำรายการตรวจสอบ (Checklist) สำหรับการบำรุงรักษา

13.3 การเตรียมอุปกรณ์และทรัพยากร (Prepare Resources and Tools)

- เตรียมอุปกรณ์สำหรับการบำรุงรักษา เช่น
  - ชุดเครื่องมือสำหรับซ่อมบำรุง
  - ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ข้อผิดพลาด
  - คู่มือการบำรุงรักษา
- จัดเตรียมผู้ทดสอบ เช่น ช่างเทคนิคหรือผู้ใช้จริง

13.4 การดำเนินการทดสอบ (Conduct the Maintenance Testing)

- ทดสอบการบำรุงรักษาในสถานการณ์จำลองที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง
  - การแก้ไขข้อผิดพลาด (Error Correction) จงใจสร้างข้อผิดพลาดในอุปกรณ์หรือซอฟต์แวร์ แล้วทดสอบความเร็วและความแม่นยำในการแก้ไข
  - การเปลี่ยนชิ้นส่วน (Component Replacement) ทดสอบความสะดวกและเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนชิ้นส่วน เช่น ฟิลเตอร์ในหน้ากากอนามัย
  - การอัปเดตซอฟต์แวร์ (Software Update) ทดสอบว่าระบบสามารถติดตั้งการอัปเดตใหม่ได้โดยไม่กระทบต่อข้อมูลเก่า
- บันทึกเวลา ความสะดวก และปัญหาที่เกิดขึ้น

13.5 การวิเคราะห์ผลลัพธ์ (Analyze Results) *ประเมินผลการทดสอบตามเกณฑ์ที่กำหนด เช่น*

- เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการบำรุงรักษา
- ความซับซ้อนของกระบวนการบำรุงรักษา
- การป้องกันข้อผิดพลาดที่เกิดซ้ำ

13.6 การปรับปรุงและแก้ไข (Improve and Optimize) วิเคราะห์ปัญหาที่พบและพัฒนาให้กระบวนการบำรุงรักษามีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น

- เพิ่มคำแนะนำในคู่มือการบำรุงรักษา
- ออกแบบอุปกรณ์ให้รองรับการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ง่ายขึ้น

13.7 การจัดทำเอกสารและรายงาน (Documentation and Reporting)

- จัดทำเอกสารที่สรุปขั้นตอนและผลการทดสอบ รวมถึงคำแนะนำสำหรับการบำรุงรักษาในอนาคต
- นำผลการทดสอบไปปรับใช้ในการฝึกอบรมผู้ใช้งานหรือทีมบำรุงรักษา

ตารางที่ 21 ตัวอย่างกรณีการทดสอบการบำรุงรักษาสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

อุปกรณ์ตรวจโรค (Diagnostic Equipment)	**ระบบติดตามสุขภาพ (Health Monitoring Systems)**	**วัสดุป้องกันส่วนบุคคล (PPE)**
ทดสอบการเปลี่ยนเซ็นเซอร์ตรวจวัด	ทดสอบการอัปเดตซอฟต์แวร์เวอร์ชันใหม่	ทดสอบความง่ายในการทำความสะอาดและเปลี่ยนส่วนประกอบ เช่น ฟิลเตอร์
ทดสอบการแก้ไขข้อผิดพลาดของซอฟต์แวร์	ตรวจสอบว่าการสำรองข้อมูล (Backup) ทำได้อย่างถูกต้อง	

ตารางที่ 22 ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสภาพแวดล้อม		
Diagnostic Tools	Simulation Software	Maintenance Checklists and Manuals
ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์ข้อผิดพลาดในระบบ	ใช้จำลองสถานการณ์การบำรุงรักษา	เอกสารช่วยแนะนำการบำรุงรักษา

14) การทดสอบผู้ใช้ปลายทาง (End-User Testing)[25, 52-55]

กระบวนการประเมินว่านวัตกรรมสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้จริงได้หรือไม่ โดยเฉพาะในนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและควบคุมโรค เช่น อุปกรณ์การแพทย์ ซอฟต์แวร์สำหรับติดตามสุขภาพ หรือผลิตภัณฑ์ป้องกันโรคติดต่อ (เช่น หน้ากากอนามัยหรือชุด PPE) การทดสอบนี้ช่วยระบุปัญหาและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งานจริงในวงกว้าง โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

14.1 การกำหนดเป้าหมายการทดสอบ (Define Objectives)

- ระบุเป้าหมายการทดสอบ
  - ประเมินความสะดวกในการใช้งาน
  - ตรวจสอบการตอบสนองต่อสถานการณ์จริง
  - ประเมินความเข้าใจในคำแนะนำการใช้งาน
  - ทดสอบความเหมาะสมในสถานการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน
- ตัวอย่างการระบุเป้าหมาย
  - หน้ากากอนามัยควรใช้งานง่ายและป้องกันการแพร่กระจายของโรคในสถานที่แออัด
  - ซอฟต์แวร์ติดตามสุขภาพควรใช้งานง่ายสำหรับผู้สูงอายุ

14.2 การระบุผู้ใช้เป้าหมาย (Identify Target Users)

- คัดเลือกกลุ่มผู้ใช้งานปลายทางที่ตรงกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น
  - บุคลากรทางการแพทย์
  - ผู้ป่วยหรือผู้ที่ต้องการการดูแลสุขภาพ
  - บุคคลทั่วไปในพื้นที่เสี่ยง
- กำหนดจำนวนผู้เข้าร่วมทดสอบ (แนะนำ 10 - 50 คนสำหรับการทดสอบเบื้องต้น) เนื่องจากช่วยให้ได้ข้อมูลที่หลากหลายและครอบคลุมพฤติกรรมการใช้งานที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบและลดความเสี่ยงในการพลาดปัญหาที่อาจเกิดขึ้น[28, 56, 57]

14.3 การเตรียมเครื่องมือและแผนการทดสอบ (Prepare Tools and Test Plan)

- เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ เช่น
  - นวัตกรรม ที่พร้อมสำหรับการทดสอบ
  - แบบสอบถาม เพื่อเก็บข้อมูลความพึงพอใจ
  - คู่มือการใช้งาน หรือคำแนะนำสำหรับผู้ใช้งาน
- จัดทำแผนการทดสอบที่ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับ
  - สถานที่และเวลาทดสอบ
  - ขั้นตอนการใช้งานที่ต้องการประเมิน

14.4 การดำเนินการทดสอบ (Conduct Testing)

- นำเสนอผลิตภัณฑ์หรือระบบให้ผู้ใช้ปลายทางทดลองใช้งาน

- ตัวอย่างกิจกรรม
  - ทดสอบการสวมใส่หน้ากากอนามัยในสถานการณ์จริง เช่น การเดินในที่แออัด
  - ทดสอบการใช้งานแอปพลิเคชันติดตามสุขภาพ เช่น การบันทึกข้อมูลอาการประจำวัน
- สังเกตพฤติกรรมผู้ใช้งาน เช่น
  - เวลาที่ใช้ในการทำความเข้าใจการใช้งาน
  - ความยากลำบากหรือปัญหาที่พบ

14.5 การเก็บข้อมูลและข้อเสนอแนะ (Collect Data and Feedback)

- เก็บข้อมูลจาก
  - การสัมภาษณ์ ผู้ใช้งาน
  - แบบสอบถาม ความพึงพอใจ
  - การสังเกต การใช้งานจริง
- ตัวอย่างคำถามในแบบสอบถาม
  - คุณรู้สึกว่านวัตกรรมนี้ใช้งานง่ายหรือไม่
  - มีปัญหาอะไรบ้างระหว่างการใช้งาน

14.6 การวิเคราะห์ผล (Analyze Results)

- ประเมินผลการทดสอบโดยพิจารณาจาก
  - ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้
  - จำนวนข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน
  - ความสอดคล้องของผลิตภัณฑ์กับสถานการณ์จริง
- ตัวอย่างผลลัพธ์
  - ผู้ใช้งาน 80% พบว่าซอฟต์แวร์ใช้งานง่าย แต่ 20% พบปัญหาด้านการตั้งค่าภาษา

14.7 การปรับปรุงและทดสอบซ้ำ (Improve and Retest)

- นำผลการทดสอบมาปรับปรุงผลิตภัณฑ์ เช่น
  - ปรับปรุงคู่มือการใช้งานให้ชัดเจนขึ้น
  - แก้ไขข้อบกพร่องในระบบหรืออุปกรณ์
- ทดสอบกับผู้ใช้กลุ่มเดิมหรือกลุ่มใหม่เพื่อยืนยันการแก้ไข

ตารางที่ 23 ตัวอย่างกรณีการทดสอบการผลิตสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

หน้ากากอนามัย (Face Mask)	ชุดตรวจโรค (Diagnostic Kits)	วัคซีน (Vaccines)
ให้บุคคลทั่วไปทดลองใส่หน้ากากเป็นเวลา 8 ชั่วโมงและประเมินความสบาย	ให้ผู้ป่วยจำลองการใช้งานจริง เช่น การป้อนข้อมูลสุขภาพประจำวัน	ทดสอบกับเจ้าหน้าที่โรงเรียนหรือสนามบินเพื่อประเมินความสะดวกในการใช้งาน
สอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการออกแบบและการป้องกัน	สังเกตว่าผู้ใช้งานเข้าใจฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ดีเพียงใด	

15) การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing (UAT))[27, 52, 58-60]

การให้ผู้ใช้งานจริงทดลองใช้ผลิตภัณฑ์หรือระบบเพื่อประเมินว่าตรงกับความต้องการและใช้งานได้จริงหรือไม่ เพื่อเก็บฟีดแบคจากผู้ใช้งานปลายทาง และรับรองว่าผลิตภัณฑ์เหมาะสมกับตลาด เช่น การให้ลูกค้ากลุ่มทดลองใช้ผลิตภัณฑ์ก่อนเปิดตัว โดยทั่วไปมีขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

15.1 กำหนดวัตถุประสงค์ ระบุเป้าหมายของการทดสอบ เช่น ตรวจสอบว่านวัตกรรมสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างครบถ้วนหรือไม่

15.2 ระบุผู้เข้าร่วมการทดสอบ คัดเลือกผู้ใช้งานที่เป็นตัวแทนของกลุ่มเป้าหมาย (End-Users) เช่น เจ้าหน้าที่สาธารณสุข ผู้เชี่ยวชาญด้านโรคติดต่อ และประชาชนในพื้นที่เสี่ยง

จำนวนผู้เข้าร่วม: 10 - 50 คนสำหรับการทดสอบเบื้องต้น

15.3 ออกแบบกรณีทดสอบ (Test Cases) สร้างสถานการณ์ที่ครอบคลุมการใช้งานจริง เช่น การใช้อุปกรณ์หรือซอฟต์แวร์เพื่อตรวจสอบการระบาดของโรค ระบุผลลัพธ์ที่คาดหวังในแต่ละกรณี

15.4 เตรียมการสำหรับการทดสอบ จัดเตรียมทรัพยากร เช่น นวัตกรรมที่พร้อมใช้งาน คู่มือการใช้งาน และระบบสนับสนุน และแจ้งผู้เข้าร่วมเกี่ยวกับขั้นตอนและวัตถุประสงค์

15.5 ดำเนินการทดสอบ ให้ผู้เข้าร่วมทดลองใช้นวัตกรรมในสถานการณ์ที่กำหนด เก็บรวบรวมความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในระหว่างการใช้งาน

15.6 วิเคราะห์ผลการทดสอบ ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผลลัพธ์จริงกับผลลัพธ์ที่คาดหวัง วิเคราะห์ข้อผิดพลาดหรือปัญหาที่ผู้ใช้งานพบ

15.7 สรุปผลและปรับปรุง นำข้อมูลจากการทดสอบมาปรับปรุงนวัตกรรมให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ดีขึ้น

ตารางที่ 24 ตัวอย่างวิธีการเก็บข้อมูลสำหรับนวัตกรรมการป้องกันควบคุมโรค

แบบสอบถามความพึงพอใจ	การสังเกตพฤติกรรม	การสัมภาษณ์
ให้ผู้เข้าร่วมตอบคำถามเกี่ยวกับประสบการณ์การใช้งาน	บันทึกปฏิกิริยาของผู้ใช้งานในระหว่างการใช้งาน	สอบถามความคิดเห็นเพิ่มเติมหลังการใช้งาน

กระบวนการทั้งหมดนี้จะช่วยให้นวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพสูง มีความสมบูรณ์ในทุกมิติ ทั้งในด้านการใช้งาน ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย และความคุ้มค่า พร้อมสำหรับการนำไปใช้จริงในตลาดหรือสังคมได้อย่างมั่นใจ

บทที่ 3
แนวคิดการสร้างนวัตกร (Concept of Innovator Development)

3.1 นิยามนวัตกร

นวัตกร (Innovator) คือบุคคลที่มีความรู้ ความสามารถ และความคิดสร้างสรรค์ในการริเริ่มทำสิ่งใหม่ ทั้งในแง่แนวคิด วิธีการ หรือผลิตภัณฑ์ โดยสามารถเข้าใจและประยุกต์ใช้ความรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการรับมือกับอุปสรรคระหว่างการพัฒนานวัตกรรมได้อย่างชาญฉลาด นวัตกรมักกล้าเสี่ยงและกล้าคิดต่างในเชิงสร้างสรรค์เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ไม่เคยมีมาก่อน เช่น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่สร้างขึ้นใหม่ หรือการปรับปรุงผลิตภัณฑ์เดิมโดยใช้กระบวนการพิสูจน์แนวคิด (Proof of Concept) เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเปลี่ยนแนวคิดให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการจริง ทั้งนี้ นวัตกรยังถือว่ามีบทบาทสำคัญในกระบวนการตัดสินใจและการขับเคลื่อนนวัตกรรมอย่างยั่งยืน[61]

3.2 ทักษะหลักของนวัตกร (Core Skill)

การเป็นนวัตกรที่มีประสิทธิภาพในการสร้างนวัตกรรมภาครัฐหรือในการป้องกันและควบคุมโรค จำเป็นต้องมีทักษะหลายด้านที่ช่วยเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และสามารถพัฒนานวัตกรรมได้สำเร็จ ทักษะเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องจำกัดเฉพาะทักษะทางเทคนิค แต่ยังรวมถึงทักษะที่เกี่ยวข้องกับการทำงานร่วมกับผู้อื่น การแก้ปัญหา และการปรับตัวในสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป

1) ทักษะการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)[17]

การคิดอย่างไม่จำกัดและสามารถหาทางเลือกใหม่ ๆ หรือวิธีการที่แตกต่างจากเดิมในการแก้ปัญหา ช่วยให้นวัตกรสามารถพัฒนาแนวทางใหม่ ๆ หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่สามารถแก้ไขปัญหาหรือท้าทายที่มีอยู่ได้ เช่นทักษะการระดมสมอง (Brainstorming) การคิดแบบ "outside-the-box"

2) ทักษะการวิเคราะห์และแก้ปัญหา (Analytical and Problem-Solving Skills)[62]

ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลและสถานการณ์เพื่อหาปัญหาและพัฒนาแนวทางแก้ไขที่เหมาะสม ช่วยให้สามารถเข้าใจปัญหาที่ซับซ้อนและแนวทางใหม่ ๆ หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ที่มีประสิทธิภาพได้ เช่นทักษะการประเมินข้อมูลทางระบาดวิทยา การใช้เครื่องมือวิเคราะห์ข้อมูล

3) ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration and Teamwork)[63]

ความสามารถในการทำงานร่วมกับคนหลากหลายประเภท ทั้งในและนอกองค์กรเพื่อสร้างความร่วมมือในการพัฒนานวัตกรรม เช่น ชุมชน หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และผู้เชี่ยวชาญจากหลายสาขา เช่น ทักษะการทำงานในทีมข้ามสายงาน การจัดการความขัดแย้ง การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ

4) ทักษะการสื่อสาร (Communication Skills)[64]

การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพทั้งภายในทีมและกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ รวมถึงการนำเสนอแนวคิดและผลลัพธ์ของนวัตกรรม การสื่อสารที่ดีช่วยให้ข้อมูลถูกถ่ายทอดอย่างชัดเจนและสามารถสร้างการยอมรับจากผู้ที่เกี่ยวข้องได้ เช่นทักษะ การนำเสนองาน การเขียนรายงาน การสื่อสารผ่านช่องทางดิจิทัล

5) ทักษะการคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)[65]

ความสามารถในการเข้าใจและเชื่อมโยงส่วนต่าง ๆ ของระบบที่ซับซ้อนและหาวิธีที่เป็นองค์รวมในการแก้ไขปัญหา การคิดเชิงระบบช่วยให้นวัตกรเห็นภาพรวมของปัญหาและหลีกเลี่ยงการแก้ปัญหาที่เป็นแค่การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า เช่นทักษะการวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการระบาดของโรค การสร้างกลยุทธ์การป้องกันที่เป็นองค์รวม

6) ทักษะการจัดการโครงการ (Project Management Skills)[66]

การวางแผน การจัดสรรทรัพยากร การติดตามผล และการบริหารจัดการเวลาในการพัฒนานวัตกรรม ช่วยให้การพัฒนาและการนำไปใช้ของนวัตกรรมเสร็จสมบูรณ์ตามระยะเวลาและงบประมาณที่กำหนด เช่น ทักษะการบริหารทรัพยากร การติดตามผลการดำเนินงาน การประเมินความเสี่ยง

7) ทักษะด้านความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Adaptability and Resilience)

ความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงและทนทานต่ออุปสรรคและความท้าทายที่เกิดขึ้นในกระบวนการสร้างนวัตกรรม ความยืดหยุ่นช่วยให้นวัตกรสามารถปรับกลยุทธ์หรือแนวทางตามข้อจำกัดหรือความท้าทายใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้น เช่น ทักษะการปรับแผนการพัฒนาเทคโนโลยีที่ไม่สามารถใช้ได้ตามแผนเดิม

8) ทักษะการประเมินผลและการเรียนรู้ (Evaluation and Learning Skills)[67]

การประเมินผลกระทบและประสิทธิภาพของนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้สามารถเรียนรู้และปรับปรุงในอนาคต การประเมินผลช่วยให้สามารถตรวจสอบว่าแนวทางที่นำไปใช้ได้ผลหรือไม่ และจะต้องปรับปรุงในด้านใดบ้าง เช่น ทักษะการใช้เครื่องมือประเมินผลการระบาดของโรค การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองใช้

3.3 ความรู้และความเข้าใจหลัก (Core Knowledge & Literacy)

นวัตกร (Innovator) จำเป็นต้องมีองค์ความรู้และความเข้าใจที่ครอบคลุมหลากหลายด้านเพื่อให้สามารถสร้าง พัฒนา และนำเสนอนวัตกรรมที่มีคุณค่าและใช้งานได้จริง พัฒนานวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพ สร้างคุณค่าให้กับสังคม และนำไปสู่ความสำเร็จในเชิงธุรกิจได้อย่างยั่งยืน โดยสามารถแบ่งออกเป็น 6 หมวดหลัก[17, 62, 64, 68] ดังนี้

1) **ด้านเทคโนโลยีและการพัฒนา (Technology and Development)**

มีความรู้เกี่ยวกับการพัฒนาและออกแบบเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมทางเครื่องมือ การใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) การพัฒนาแอปพลิเคชัน AI หรือ IoT ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้น ๆ

2) **ด้านการออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience (UX) Designer)**

มีความรู้ความเข้าใจด้านการออกแบบประสบการณ์การใช้งานของเครื่องมือหรือนวัตกรรมให้เหมาะสมกับผู้ใช้ มีความรู้ความสามารถในการออกแบบอินเตอร์เฟซ การทำงานร่วมกับผู้ใช้ในเชิงลึก (User-Centered Design) ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้น ๆ

3) **ด้านการเงินและการบริหารจัดการ (Finance and Management)**

มีความรู้ความเข้าใจด้านงบประมาณ การจัดสรรทรัพยากร และการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ และการจัดการความเสี่ยง ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้น ๆ

4) **ด้านกฎหมายและจริยธรรม (Legal and Ethics)**

มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อกฎหมายและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม มีความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายการสาธารณสุขและจริยธรรมในการวิจัยและการพัฒนานวัตกรรม

5) **ด้านการประเมินผล (Evaluation and Impact Assessment)**

มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบของนวัตกรรมในระยะยาวและสั้น สามารถวัดประสิทธิภาพการดำเนินงาน ที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรมนั้น ๆ ได้

3.4 ความเชี่ยวชาญหลักของนวัตกร (Expertise)

นวัตกร (Innovator) จำเป็นต้องมีความเชี่ยวชาญในหลายด้านเพื่อให้สามารถสร้าง พัฒนา และนำเสนอนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพและสร้างคุณค่าได้อย่างแท้จริง ความเชี่ยวชาญหลักของนวัตกรสามารถแบ่งออกเป็น 6 หมวดสำคัญ ดังนี้

1) **การคิดเชิงกลยุทธ์และการแก้ปัญหา (Strategic Thinking & Problem-Solving)**[69]

ความสามารถในการสร้างวิสัยทัศน์สำหรับกลยุทธ์นวัตกรรม วิเคราะห์ปัญหา และพัฒนาวิธีแก้ไขที่สร้างมูลค่าใหม่ให้กับองค์กร

2) **ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)**[70]

การนำมุมมองใหม่มาปรับใช้ในงาน เช่น การคิดเชิงออกแบบ หรือการทดลองเพื่อสร้างผลลัพธ์ที่แปลกใหม่

3) **การจัดการข้อมูลและการตัดสินใจโดยใช้ข้อมูล (Data-Driven Decision-Making)**[69]

ใช้ข้อมูลวิเคราะห์แนวโน้มตลาดและประเมินแนวคิดนวัตกรรม เช่น การใช้ข้อมูลผู้บริโภคและผลการดำเนินงาน

4) **การสื่อสารและความร่วมมือ (Communication & Collaboration)**[69]

สร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างทีมข้ามสายงานและบริหารความคิดในทีม

5) **การสร้างและทดลองแนวคิด (Experimentation)**[70]

นำความคิดใหม่ไปสู่การพัฒนาต้นแบบหรือทดสอบเพื่อลดความเสี่ยงและหาวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสม

6) **ความเชี่ยวชาญด้านเทคนิค (Technical Expertise)**[69]

เข้าใจวิธีการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น การจัดการทรัพยากรนวัตกรรม และการนำโซลูชันใช้จริง นวัตกรที่ประสบความสำเร็จมักมีแนวคิดที่ล้ำสมัย กล้าทดลองสิ่งใหม่ และสามารถสร้างนวัตกรรมที่เปลี่ยนแปลงโลกได้ บุคคลต้นแบบที่มีอิทธิพลในด้านนวัตกรรม อาทิเช่น

ศ.นพ. ประเวศ วะสี เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดการพัฒนาระบบสุขภาพที่มีความยั่งยืนในประเทศไทย โดยมุ่งเน้นการสร้างระบบสุขภาพชุมชนที่สามารถแก้ไขปัญหาสุขภาพของประชาชนได้ในระดับพื้นฐาน เขาได้รับการยกย่องในฐานะผู้นำที่ส่งเสริมการคิดเชิงกลยุทธ์และการมีส่วนร่วมของชุมชนในการพัฒนาสุขภาพ รวมถึงการขับเคลื่อนการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับ "สุขภาพชุมชน" ที่ให้ความสำคัญกับการป้องกันโรคมากกว่าการรักษา

ดร. ธีระ วรธนารักษ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมการแพทย์ที่มีส่วนสำคัญในการพัฒนาอุปกรณ์การแพทย์ที่ใช้ในระบบการวินิจฉัยและการรักษาโรค โดยเฉพาะในด้านการพัฒนาระบบตรวจวินิจฉัยโรคและเครื่องมือที่ใช้ในการรักษาโรคที่มีความซับซ้อน เขามีบทบาทสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมทางการแพทย์ที่มีความทันสมัยและสามารถใช้ได้ในระดับโลก

ดร. สุวิทย์ เมษินทรีย์ เป็นผู้ริเริ่มและผลักดันนโยบายด้านการพัฒนาเศรษฐกิจและเทคโนโลยีที่เชื่อมโยงกับการพัฒนาสุขภาพ โดยเฉพาะในการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์และสาธารณสุขภายในประเทศ การคิดเชิงกลยุทธ์ของเขามุ่งเน้นการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่สามารถขับเคลื่อนระบบสุขภาพของไทยให้มีความยั่งยืน

3.5 การพัฒนาทักษะนวัตกร

การเป็นนวัตกรที่ประสบความสำเร็จไม่เพียงแค่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์หรือความรู้ทางเทคโนโลยีเท่านั้น แต่ยังต้องมีทักษะหลากหลายที่สามารถพัฒนาได้ผ่านการเรียนรู้ การฝึกฝนและประสบการณ์ ซึ่งปัจจุบันทางสำนักงาน ก.พ. และมหาวิทยาลัยในประเทศไทย ได้มีการจัดตั้งหลักสูตรสำคัญเพื่อการพัฒนาความเชี่ยวชาญด้านนวัตกรรม รายละเอียดดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 หลักสูตร/รายวิชาภายใน (สำนักงาน ก.พ.) และหลักสูตรภายนอก

หลักสูตร/รายวิชาภายใน (สำนักงาน ก.พ.)[71]	หลักสูตรภายนอก
1. เพื่อการพัฒนา Hard Skills - การพัฒนาการคิด - Project Management สำหรับข้าราชการระดับปฏิบัติการ และข้าราชการระดับบริหาร - Data Analytics - การคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) - ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรม - การคิดวิเคราะห์ (Analytical Skill) - นวัตกรรมกับการทำงานภาครัฐ - การขับเคลื่อนนวัตกรรมในองค์กร (Driving innovation) - การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม - การออกแบบนวัตกรรมบริการ - การบริหารจัดการเชิงกลยุทธ์และการวัดผลงาน - การบริหารการเปลี่ยนแปลงในยุค Disruption และ Agility - Agile & Scrum แนวคิดการทำงานขององค์กรยุคใหม่ - การคิดอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ (Systematic and Creative Thinking)	**1. หลักสูตรปริญญาโท การบริหารนวัตกรรมและเทคโนโลยี (MTT)** จากวิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ หลักสูตรนี้มุ่งเน้นการผสมผสานองค์ความรู้ด้านการบริหารจัดการและเทคโนโลยี เพื่อสร้างผู้นำและผู้ประกอบการที่สามารถประยุกต์นวัตกรรมในบริบทที่หลากหลาย[72] **2. หลักสูตรภาวะผู้นำ การจัดการและนวัตกรรม (LMI)** จากสถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA) ซึ่งเน้นการพัฒนาผู้นำด้านนวัตกรรม การจัดการ และความยั่งยืน พร้อมเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการจัดการองค์การ[73]
2. เพื่อการพัฒนา Soft Skills - การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ - การสื่อสารและการประสานงาน - มนุษยสัมพันธ์ในการทำงาน - การคิดเชิงวิพากษ์และการจัดการปัญหา - ภาวะผู้นำในการทำงานกับผู้อื่นอย่างสมดุล (Working with People) - การโค้ชเพื่อศักยภาพและประสิทธิภาพในการทำงาน	**3. หลักสูตรนวัตกรรมและการแปรรูปทางดิจิทัล (dX)** ระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่มุ่งเน้นการพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยีดิจิทัลและการสร้างนวัตกรรมในยุคเศรษฐกิจดิจิทัล[74] **4. สถาบันนวัตกรรมบูรณาการ**แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีการจัดโปรแกรมและกิจกรรมที่เน้นการพัฒนานวัตกรรมสำหรับนิสิตและบุคคลทั่วไป เพื่อสนับสนุนการคิดเชิงสร้างสรรค์และพัฒนาศักยภาพในการแก้ปัญหาผ่านโครงการที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม[75]

3.6 องค์ประกอบทีมนวัตกรภาครัฐด้านการป้องกันควบคุมโรค

การสร้างนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จในภาครัฐด้านการป้องกันควบคุมโรคต้องการทีมที่มีความหลากหลายทั้งในแง่ของความเชี่ยวชาญและทักษะ ซึ่งองค์ประกอบหลักของทีมนวัตกรควรประกอบด้วย[62-64]

1) ผู้นำโครงการ (Project Leader)

รับผิดชอบในการกำหนดทิศทางของโครงการและการตัดสินใจสำคัญ มักจะเป็นบุคคลที่มีประสบการณ์ในด้านการจัดการโครงการสาธารณสุขหรือการพัฒนานวัตกรรม มีทักษะการบริหารจัดการโครงการ การตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ และการสื่อสาร

2) ผู้เชี่ยวชาญด้านสาธารณสุข (Public Health Expert)

ให้ความรู้และคำแนะนำในด้านการป้องกันควบคุมโรค เป็นผู้มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการควบคุมโรค การระบาดวิทยา หรือการวางนโยบายด้านสาธารณสุข มีความรู้ความเข้าใจลึกซึ้งเกี่ยวกับโรคติดต่อ ระบบสุขภาพ และปัญหาสาธารณสุข

3) นักเทคโนโลยีและนักพัฒนา (Technology and Development Expert)

รับผิดชอบในการพัฒนาและออกแบบเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมทางเครื่องมือ อาจเป็นนักวิจัยหรือผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีที่สามารถพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการควบคุมโรคได้ มีความสามารถในการพัฒนาเทคโนโลยี การใช้ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) การพัฒนาแอปพลิเคชัน AI หรือ IoT

4) นักวิจัยและนักวิเคราะห์ข้อมูล (Research and Data Analyst)

รับผิดชอบเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และประเมินผลกระทบจากนวัตกรรมที่พัฒนา อาจเป็นนักสถิติ นักระบาดวิทยา หรือผู้เชี่ยวชาญด้านการวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพ มีทักษะในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ การทำวิจัยและการใช้เครื่องมือวิจัย

5) นักออกแบบประสบการณ์ผู้ใช้ (User Experience (UX) Designer)

รับผิดชอบ ออกแบบประสบการณ์การใช้งานของเครื่องมือหรือนวัตกรรมให้เหมาะสมกับผู้ใช้ อาจเป็นนักออกแบบที่สามารถทำให้เทคโนโลยีเป็นมิตรและใช้งานง่ายสำหรับผู้ใช้ทุกกลุ่ม มีความเชี่ยวชาญในการออกแบบอินเตอร์เฟซ การทำงานร่วมกับผู้ใช้ในเชิงลึก (User-Centered Design)

6) ผู้เชี่ยวชาญด้านการมีส่วนร่วมของชุมชน (Community Engagement Expert)

ทำงานร่วมกับชุมชนเพื่อให้การนำนวัตกรรมไปใช้เกิดผลกระทบเชิงบวก เป็นผู้มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการพัฒนาชุมชนและการส่งเสริมการมีส่วนร่วม มีทักษะการทำงานร่วมกับชุมชน การสร้างความตระหนักรู้ และการสนับสนุนให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการออกแบบนวัตกรรม

7) ผู้เชี่ยวชาญด้านการสื่อสารและการตลาด (Communication and Marketing Expert)

ทำหน้าที่ในการสื่อสารและประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับนวัตกรรมให้กับกลุ่มเป้าหมาย เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างการรับรู้และการสื่อสารการเปลี่ยนแปลง มีทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การสร้างกลยุทธ์ทางการตลาด (Campaign) การประชาสัมพันธ์ และการใช้สื่อสังคมออนไลน์

8) ผู้เชี่ยวชาญด้านการเงินและการบริหารจัดการ (Finance and Management Expert)

รับผิดชอบด้านงบประมาณ การจัดสรรทรัพยากร และการบริหารจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพเป็นผู้มีประสบการณ์ในการจัดการโครงการที่มีงบประมาณและทรัพยากรจำกัด มีทักษะการบริหารงบประมาณ การจัดการทรัพยากร การจัดการความเสี่ยง

9) ผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายและจริยธรรม (Legal and Ethics Expert)

ให้คำแนะนำเกี่ยวกับข้อกฎหมายและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล อาจเป็นนักกฎหมายที่มีความเชี่ยวชาญด้านกฎหมายสุขภาพและการคุ้มครองข้อมูล มีความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายการสาธารณสุขและจริยธรรมในการวิจัยและการพัฒนานวัตกรรม

10) ผู้เชี่ยวชาญด้านการประเมินผล (Evaluation and Impact Assessment Expert)

ประเมินผลกระทบของนวัตกรรมในระยะยาวและสั้น อาจเป็นนักวิจัยที่มีทักษะในการวัดผลทางสังคมและผลกระทบทางสุขภาพ การทำงานร่วมกันของทีม มีทักษะการประเมินผลและการวัดประสิทธิภาพการดำเนินงาน

บทที่ 4

การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรม (Innovation Readiness Assessment)

4.1 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรมตามขอบเขตและผลกระทบของการเปลี่ยนแปลง

นวัตกรรมสามารถแบ่งออกเป็นระดับต่าง ๆ ตาม ขอบเขต และ ผลกระทบ ของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมี 4 ระดับหลักดังนี้[19, 76-78]

1) นวัตกรรมเชิงปรับปรุง (Incremental Innovation)

เป็นการพัฒนาและปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพหรือคุณภาพที่ดีขึ้น โดยไม่เปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นฐานหรือวิธีการหลัก ซึ่งมีความเสี่ยงต่ำ ใช้ทรัพยากรไม่มาก สามารถสร้างความต่อเนื่องและยั่งยืนได้ แต่ผลกระทบอาจไม่กว้างขวาง ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงคุณภาพวัคซีนหรือยา และการเพิ่มประสิทธิภาพระบบเฝ้าระวังโรคด้วยการประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI)

2) นวัตกรรมเชิงปฏิรูป (Reformative Innovation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงระบบที่ยังคงรักษาโครงสร้างหลักไว้ แต่มีการพัฒนาวิธีการทำงานหรือการให้บริการในเชิงลึก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและขยายโอกาสการเข้าถึงบริการ ก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้างและจำเป็นต้องอาศัยการสนับสนุนจากหลายภาคส่วน ตัวอย่างเช่น การปรับระบบบันทึกข้อมูลผู้ป่วยจากรูปแบบเอกสารสู่ระบบดิจิทัล หรือการจัดตั้งศูนย์บริการการแพทย์ทางไกล (Telemedicine) สำหรับประชาชนในพื้นที่ห่างไกล

3) นวัตกรรมเชิงเปลี่ยนแปลง (Transformational Innovation)

เป็นการเปลี่ยนแปลงเชิงรากฐานที่ปรับโครงสร้างหรือกระบวนการที่มีอยู่ให้เกิดแนวทางใหม่ทั้งหมด โดยมุ่งสร้างระบบหรือวิธีการทำงานที่แตกต่างไปจากเดิมอย่างสิ้นเชิง ลักษณะเด่นคือมีความเสี่ยงสูง ต้องใช้ทรัพยากรจำนวนมาก แต่ก่อให้เกิดผลกระทบที่ยั่งยืนและต่อเนื่องในระยะยาว ตัวอย่างเช่น การปรับเปลี่ยนจากระบบการวินิจฉัยโรคแบบดั้งเดิมไปสู่การใช้ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจ หรือการกำหนดนโยบายสุขภาพที่ให้ความสำคัญกับการป้องกันโรคโดยอาศัยระบบดิจิทัลเป็นกลไกหลัก

4) นวัตกรรมเชิงพลิกโฉม (Disruptive Innovation)

เป็นการสร้างนวัตกรรมที่ทำให้แนวทางหรือระบบเดิมล้าสมัย โดยอาศัยเทคโนโลยีหรือแนวคิดใหม่ที่สามารถเปลี่ยนแปลงทั้งตลาดหรือระบบได้อย่างสิ้นเชิง มีศักยภาพในการพลิกโฉมอุตสาหกรรมหรือระบบที่มีอยู่เดิม ลักษณะเด่นคือมีทั้งความเสี่ยงและโอกาสสูง ตัวอย่างเช่น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Blockchain เพื่อการติดตามและกระจายวัคซีนอย่างโปร่งใสและตรวจสอบได้ หรือการใช้เทคโนโลยี IoT ในการสร้างระบบเฝ้าระวังโรคอัตโนมัติ ทั้งนี้ การเลือกใช้ระดับของนวัตกรรมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น

- ทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น งบประมาณ เทคโนโลยี บุคลากร
- ความพร้อมขององค์กร เช่น ความยืดหยุ่น ความเข้าใจในเทคโนโลยี

- เป้าหมายระยะสั้นและระยะยาว เช่น การแก้ปัญหาเร่งด่วนหรือการสร้างความยั่งยืน

ตารางที่ 26 ตัวอย่างการนำไปใช้ในภาครัฐด้านการป้องกันควบคุมโรค

ระดับนวัตกรรม	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้
เชิงปรับปรุง	พัฒนาคู่มือการป้องกันโรคสำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุขให้เข้าใจง่ายขึ้น
เชิงปฏิรูป	เปลี่ยนระบบลงทะเบียนผู้ป่วยจากเอกสารเป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์
เชิงเปลี่ยนแปลง	ใช้ AI ช่วยคาดการณ์การระบาดและวางแผนการกระจายวัคซีน
เชิงพลิกโฉม	พัฒนาแอปพลิเคชันที่รวมบริการสุขภาพ การแจ้งเตือนโรคระบาด และการดูแลสุขภาพ

4.2 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรมตาม TRL/SRL

1) Technology Readiness Level (TRL)[79-82]

ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (TRL) เป็นกรอบการทำงานที่ใช้เพื่อประเมินและกำหนดสถานะของเทคโนโลยีในกระบวนการพัฒนาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ TRL มีทั้งหมด 9 ระดับ (รูปที่ 3 และตารางที่ 27) โดยเริ่มจาก TRL 1 ซึ่งเป็นการสังเกตและบันทึกหลักการพื้นฐานของเทคโนโลยี โดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการทำศึกษาเบื้องต้นเพื่อเข้าใจหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี จากนั้นเป็น TRL 2 และ TRL 3 ซึ่งเป็นการสร้างแนวคิดนวัตกรรม (Product/Process/Service) ในห้องปฏิบัติการเพื่อพิสูจน์ความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีนั้น ๆ

ในระดับ TRL 4 และ TRL 5 เทคโนโลยีจะต้องได้รับการทดสอบในสภาพแวดล้อมที่มีความควบคุม เพื่อยืนยันว่าแนวคิดนั้นสามารถทำงานได้จริงภายใต้สภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้น หลังจากนั้นใน TRL 6 จะเป็นการทดสอบเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง หรือที่เรียกว่าการทดสอบในสนาม (Field Testing) เพื่อประเมินประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของเทคโนโลยี ในขั้นตอนนี้ต้องมีการจัดทำต้นแบบและทดสอบการใช้งานจริง เพื่อดูว่ามีปัญหาใด ๆ ที่ต้องแก้ไขก่อนที่จะนำไปผลิตจริง

สุดท้ายใน TRL 7 TRL 8 และ TRL 9 เทคโนโลยีจะเข้าสู่ขั้นตอนของการทดสอบในสภาพแวดล้อมการทำงานจริง รวมถึงการทดสอบการผลิตและการใช้งานจริงในเชิงพาณิชย์ TRL 7 เป็นการทดสอบต้นแบบในสถานการณ์จริงเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการผลิตจำนวนมาก (การทดสอบในพื้นที่นำร่อง) ในขณะที่ TRL 8 จะเน้นที่การทดสอบระบบทั้งหมดและการประเมินการทำงานของระบบแบบบูรณาการ และ TRL 9 คือระดับสูงสุด ซึ่งหมายถึงเทคโนโลยีที่ได้ผ่านการทดสอบทั้งหมดและพร้อมที่จะนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมการทำงานจริงได้เต็มรูปแบบ นอกจากนี้ TRL ยังช่วยให้ผู้พัฒนาเทคโนโลยีสามารถประเมินความเสี่ยงและวางแผนการพัฒนาในระยะยาวได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) Societal Readiness Level (SRL)[79-82]

เป็นกรอบการประเมินที่ใช้วัดระดับการยอมรับของสังคมต่อนวัตกรรมทางสังคม เช่น โครงการเชิงสังคม เทคโนโลยี ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ หรือการแทรกแซงที่ต้องการบูรณาการเข้าสู่สังคม SRL ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยให้ผู้พัฒนาและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเข้าใจถึงความพร้อมและการยอมรับของกลุ่มเป้าหมาย โดยสามารถนำข้อมูลนี้ไปปรับปรุงการออกแบบและการจัดการโครงการนวัตกรรมเพื่อให้เกิดการยอมรับหรือการประยุกต์ใช้ที่เหมาะสมในสังคม SRL มีทั้งหมด 9 ระดับที่ครอบคลุมตั้งแต่การระบุปัญหาเบื้องต้นไปจนถึงการยอมรับและขยายผลในวงกว้าง (รูปที่ 3 และตารางที่ 1) โดยเริ่มจาก SRL 1 ซึ่งเป็นการชี้ปัญหาและบ่งชี้ความพร้อมของ (คนใน) สังคม จากนั้นเป็น SRL 2 ซึ่งเป็นการกำหนดปัญหาเสนอแนวทางการแก้ปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น พร้อมระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องในโครงการ และ SRL 3 ซึ่งเป็นการทดสอบเบื้องต้นของแนวทางแก้ไขที่เสนอร่วมกันกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง

ในระดับ SRL 4 และ TRL 5 เป็นการตรวจสอบแนวทางแก้ปัญหาโดยการทดสอบนำร่องในพื้นที่เพื่อยืนยันผลกระทบตามที่คาดว่าจะเกิดขึ้น และได้รับการตรวจสอบโดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง หลังจากนั้นใน SRL 6 ผลการศึกษานำไปประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมอาน และดำเนินการกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นและผลกระทบที่เป็นไปได้

สุดท้ายใน SRL 7 SRL 8 และ SRL 9 จะเข้าสู่ขั้นตอนของการทดสอบซ้ำ การปรับปรุงและการขยายผลโครงการ SRL 7 เป็นการทดสอบซ้ำในพื้นที่ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อการปรับปรุงโครงการ ในขณะที่ SRL 8 จะเน้นที่การสร้างการยอมรับของสังคม และ SRL 9 คือระดับสูงสุด แนวทางการแก้ปัญหาของโครงการได้รับการพิสูจน์ว่าใช้ได้จริงและสามารถนำไปประยุกต์ได้กับพื้นที่อื่นที่มีสภาวะคล้ายกัน การใช้กรอบ SRL ช่วยให้สามารถประเมินความพร้อมทางสังคมและออกแบบโครงการให้สอดคล้องกับความต้องการของสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ระดับของนวัตกรรมสามารถแบ่งได้ด้วย TRL (Technology Readiness Level) ซึ่งเป็นกรอบการวัดระดับความพร้อมของเทคโนโลยี โดย TRL ใช้แบ่งออกเป็น 9 ระดับ ตามความก้าวหน้า ตั้งแต่การวิจัยพื้นฐานจนถึงการนำไปใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การแบ่งระดับของนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคด้วย TRL เป็นแนวทางที่มีประโยชน์ในการวิเคราะห์สถานะความพร้อมของนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นในกระบวนการควบคุมและป้องกันโรค รายละเอียดดังตารางที่ 27

รูปที่ 3 ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอรับของสังคม (Technology/Social Readiness Level: TRL/SRL)

ตารางที่ 27 ระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม (Technology Readiness Level/Societal Readiness Level: TRL/SRL)

TRL/SRL	การดำเนินการ (Operation)	หลักฐานสนับสนุนผลการดำเนินงาน (Evidence)	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (Possible Output)
TRL/SRL 1 นวัตกรศึกษาหลักการพื้นฐาน ค้นคว้าผลการศึกษาหรือองค์ความรู้จากงานวิจัยและสืบค้นสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี พร้อมทั้งระบุและชี้ปัญหา พร้อมทั้งประเมินเบื้องต้นเกี่ยวกับความพร้อมของสังคมต่อการเปลี่ยนแปลง (Basic Principle Observed and Reported + Identifying Problem and Identifying Societal Readiness)	○ ศึกษาหลักการพื้นฐานที่สำคัญของเทคโนโลยี (วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ การแพทย์ ฯ) ○ ศึกษาความต้องการใช้เทคโนโลยี กลุ่มผู้ใช้ รูปแบบการใช้งาน (Intend to Use) ○ ศึกษาค้นคว้างานการศึกษา/งานวิจัย สิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี	○ สรุปผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review) ○ แผนที่สิทธิบัตร (Patent Mapping)/ภูมิหลังทรัพย์สินทางปัญญา (IP Background) ที่เกี่ยวข้อง ○ รายงานผลการค้นคว้า สรุปเปรียบเทียบเทคโนโลยี นวัตกรรม หรือ สินค้าที่ใช้เทคโนโลยี	○ สรุปผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature Review) ○ แผนที่สิทธิบัตร (Patent Mapping) ○ Review Article (เขียนเชิงวิชาการ)
TRL/SRL 2 นวัตกร/นักพัฒนาแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี พร้อมกำหนดปัญหา เสนอแนวทางแก้ไข และคาดการณ์ผลกระทบ รวมถึงระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง (Technology Concept and/or Application Formulated + Formulation of Problem, Proposed Solution(s) and Potential Impact, Expected Societal Readiness, and Identifying Relevant Stakeholders for the Project)	○ ตั้งสมมติฐาน กำหนดกรอบแนวคิด สร้างโจทย์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยี ○ กำหนดรายละเอียดการศึกษา และปัญหาที่ต้องแก้ไข/พิสูจน์ ○ ระบุผู้ที่ได้รับประโยชน์/การใช้ประโยชน์เทคโนโลยี	○ กำหนดโจทย์ ขอบเขตการสร้างนวัตกรรม ออกแบบการและการทดสอบความใช้ได้ของนวัตกรรม ○ ระบุข้อกำหนดทางกฎหมาย/ระเบียบข้อบังคับ/และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ○ สรุปแนวคิด ระบุความท้าทายและความเป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยีสู่ผลิตภัณฑ์ ○ กำหนดกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์เทคโนโลยี	○ ข้อเสนอ (Proposal) การสร้าง/พัฒนาเทคโนโลยีสู่นวัตกรรม ○ แนวคิดหลัก (Concept Idea) เพื่อการระดมสมอง
TRL/SRL 3 นวัตกร ดำเนินการสร้างและทดสอบ เพื่อพิสูจน์แนวคิด/สมมติฐาน และ ดำเนินการทดสอบเบื้องต้นของแนวทางแก้ไขโดยทำงานร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Analytical and	○ ดำเนินการสร้างและทดสอบผ่านการสร้างนวัตกรรมต้นแบอย่างง่าย (Low-Fidelity Prototype or Diagram of an Early-Stage Design Concept) เพื่อพิสูจน์	○ ผลการทดสอบตามแผนที่ออกแบบสอดคล้องกับข้อทางกฎหมายมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง ○ ผลการทดสอบยืนยันความใช้ได้ของเทคโนโลยี ความเป็นไปได้เชิงธุรกิจ (Viability) ความต้องการ	○ ผลงานนวัตกรรมเผยแพร่สู่สาธารณะ ○ ผลงานวิจัยนำเสนอในการประชุมทางวิชาการ

TRL/SRL	การดำเนินการ (Operation)	หลักฐานสนับสนุนผลการดำเนินงาน (Evidence)	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (Possible Output)
Experimental Critical Function and/or Characteristic Proof-of-Concept + Initial Testing of Proposed Solution(s) Together with Relevant Stakeholders)	สมมติฐานและแนวคิดการพัฒนาเทคโนโลยี (ในห้องปฏิบัติการ) ○ ระบุเทคนิคการออกแบบ/พัฒนาเทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์ ○ วิเคราะห์ทางเลือกที่เป็นไปได้ในการพัฒนาเทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์ ○ ศึกษาข้อกำหนดทางกฎหมาย เกณฑ์ความปลอดภัยที่ต้องดำเนินการ มาตรฐานที่ต้องดำเนินเกี่ยวกับสารเคมีและการทดลองในมนุษย์/สัตว์ ○ ศึกษามาตรฐานและข้อกำหนดของเทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์	ของผู้ใช้ (Desirability) ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค (Feasibility) ความง่ายในการใช้งาน (Usability) ความถูกต้องตามหลักจริยธรรม (Ethical) และความยั่งยืน (Sustainability) หรือส่วนประกอบของเทคโนโลยีระดับห้องปฏิบัติการ (Proof-of-Concept) ○ เทคนิคการออกแบบ/พัฒนาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ ○ รายละเอียดข้อกำหนดทางกฎมหาย และหมายฐานที่เกี่ยวข้องต้องดำเนินการ	○ รายงานการออกแบบและการทดสอบฉบับสมบูรณ์ (Full Report)
TRL/SRL 4 นวัตกรทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีในสภาวะแวดล้อมของห้องปฏิบัติการ และทดสอบนำร่องในพื้นที่เพื่อประเมินความเป็นไปได้และผลกระทบที่คาดการณ์ไว้ โดยตรวจสอบร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Technology Validated in a Laboratory Environment + Problem Validated through Pilot testing in Relevant Environment to Substantiate Proposed Impact and Societal Readiness)	○ การศึกษาองค์ประกอบสำคัญของเทคโนโลยี (Key Element) และทดสอบการทำงานร่วมกันระดับห้องปฏิบัติการ ○ การทดสอบด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ	○ วิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ○ ผลการทดสอบองค์ประกอบของเทคโนโลยีว่าทำงานร่วมกันได้ในระดับห้องปฏิบัติการ ○ ผลการทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ ตามข้อกำหนดทางเทคนิคและสถิติ ทำซ้ำได้ ○ ประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Analysis & Management)	○ ผลการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ

TRL/SRL	การดำเนินการ (Operation)	หลักฐานสนับสนุนผลการดำเนินงาน (Evidence)	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (Possible Output)
TRL/SRL 5 นวัตกรทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะแบบที่ใกล้เคียงกับสภาวะแวดล้อมจริง และดำเนินการตรวจสอบผลกระทบจากการทดสอบนำร่อง เพื่อให้ได้รับการยืนยันจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Technology Validated in a Relevant Environment + Proposed Solution(s) Validated, and Now by Relevant Stakeholders in the Area)	○ การศึกษาองค์ประกอบสำคัญ และทดสอบการทำงานร่วมกันระดับห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง เพื่อทดสอบความปลอดภัยและความเชื่อถือได้ของเทคโนโลยี ○ เก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องทางเทคนิค ○ รู้ความต้องการและประสิธิภาพการใช้งานที่คาดหวังของผู้ใช้เทคโนโลยี ○ ขออนุญาตเพื่อดำเนินการตามข้อกฎหมายและมาตรฐานผลิตภัณฑ์	○ วิธีการทดสอบที่เป็นมาตรฐาน ○ ผลการทดสอบองค์ประกอบของเทคโนโลยีด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง ○ ผลการทดสอบภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริงทำซ้ำได้ ○ ผลการทดสอบผ่านการประเมินความเที่ยงตรง (Accuracy Evaluation)	○ ผลการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง
TRL/SRL 6 นวัตกรสาธิตการทำงานของต้นแบบผลิตภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการภายใต้สถาวะแวดล้อมใกล้เคียงกับการใช้งานจริง และนำผลการศึกษามาประยุกต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมจริง พร้อมรับข้อเสนอแนะเบื้องต้นและประเมินผลกระทบเพิ่มเติม (Technology model or prototype demonstrate in a relevant environment + Solution(s) demonstrated in relevant environment and in co-operation with relevant stakeholders to gain initial feedback on potential impact)	○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ผ่านการสาธิตการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ○ พัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานด้านคุณลักษณะการใช้งาน (Function) และการออกแบบ (Design)	○ วิธีการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์สามารถพิสูจน์การใช้งาน และทำซ้ำได้ (Reproducibility) ภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริงเทียบกับข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ○ ประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Analysis & Management)	○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ○ ผลการสาธิต / ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง

TRL/SRL	การดำเนินการ (Operation)	หลักฐานสนับสนุนผลการดำเนินงาน (Evidence)	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (Possible Output)
TRL/SRL 7 นวัตกรสาธิตการทำงานของต้นแบบผลิตภัณฑ์ในสถาวะการใช้งานจริง และทดสอบซ้ำในพื้นที่จริงร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อการปรับปรุงโครงการให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น (Prototype Demonstrates Operational Environment + Refinement of Project and/or Solution and, if Needed, and Retesting in Relevant Environment with Relevant Stakeholders)	○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ผ่านการสาธิตการใช้งานภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงกับการใช้งานจริง ○ ระบุสภาวะการใช้งานจริง (ไม่ควบคุมปัจจัยที่ส่งผลต่อความสำเร็จ/ล้มเหลว) ○ พัฒนา/แก้ไขต้นแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งานด้านคุณลักษณะการใช้งาน (Function) และการออกแบบ (Design) ○ ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ ○ ปรับปรุง/แก้ไขตามความคาดหวังของผู้ใช้	○ วิธีการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐาน ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ในสภาวะแวดล้อมการทำงานจริง (Operational Environment) ใกล้เคียงการใช้งานจริงตามข้อกำหนดทางเทคนิค (Specification) ที่ตั้งไว้ และสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ ○ หลักฐานการยอมรับของผู้ใช้ที่มีต่อต้นแบบผลิตภัณฑ์ ○ ประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Analysis & Management)	○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง ○ การยอมรับของผู้ใช้เทคโนโลยี
TRL/SRL 8 เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์ผ่านการทดสอบและสาธิต มีความพร้อมในการใช้งาน มุ่งเน้นการสร้างการยอมรับจากสังคมในวงกว้าง (Actual Technology Completed and Qualified through Test and Demonstration + Proposed Solution(s) a well as a Plan for Societal Adaptation Complete and Qualified)	○ ผลิตภัณฑ์ผ่านการทดสอบคุณภาพการใช้งานตามมาตรฐานของลูกค้า และ/หรือมาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง / กฎหมายที่เกี่ยวข้อง ○ มีการบูรณาการ (Intergrade) ผลิตภัณฑ์เข้ากับระบบของลูกค้า/ผู้ใช้งาน ○ ศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ (Technology Adoption)	○ ผลการทดสอบคุณภาพเทคโนโลยีหรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องตามกฎหมาย ○ รายงานผลการทดสอบ พร้อมปัจจัยสำหรับทดสอบเสถียรภาพของผลิตภัณฑ์ (Shelf Life) ○ ผลการศึกษาการยอมรับเทคโนโลยีของผู้ใช้ (Technology Adoption) ○ ประเมินและบริหารจัดการความเสี่ยง (Risk Analysis & Management)	○ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ○ การถ่ายทอดเทคโนโลยี
TRL/SRL 9 มีการใช้เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง และได้รับการพิสูจน์แล้วว่าใช้งานได้จริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ	○ ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับและนำไปใช้จริงอย่างต่อเนื่อง มีปริมาณ	○ ผลิตภัณฑ์มีจำหน่ายในท้องตลาดหรือหลักฐานการนำไปใช้จริงในเชิงพาณิชย์หรือในเชิงสาธารณประโยชน์	○ แผ่นพับประชาสัมพันธ์ (Brochure) ○ แคตตาล็อก (Catalog) ○ ผลิตภัณฑ์

TRL/SRL	การดำเนินการ (Operation)	หลักฐานสนับสนุนผลการดำเนินงาน (Evidence)	ผลผลิตที่เกิดขึ้น (Possible Output)
บริบทอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน (Actual Technology/Product Qualified through Successful Mission Operations + Actual Project Solution(s) Proven in Relevant Environment)	○ มีการบูรณาการ (Intergrade) ผลิตภัณฑ์เข้ากับระบบของลูกค้า/ผู้ใช้งานลูกค้า และ/หรือผู้ใช้หรือความถี่ในการใช้งานเพิ่มขึ้น ○ ติดตามผลการใช้ผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องตามระยะเวลาที่เหมาะสม ○ ปรับปรุง/แก้ไขปัญหาตามที่คาดหวัง หากมีข้อเสนอแนะจากผู้ใช้	○ ข้อมูลแสดงการยอดรับหรือการใช้งานอย่างต่อเนื่องของผู้บริโภค	

ชื่อนวัตกรรม:	**สาขา OECD:**	**เลขที่ทรัพย์สินทางปัญญา**	
นักประดิษฐ์/นวัตกร:	**หน่วยงาน:**	**(ถ้ามี):**	TRL/SRL .....
TRL/SRL 1 ศึกษาหลักการพื้นฐาน ค้นคว้างานผลการศึกษาและองค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสืบค้นสิทธิบัตรที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี ชี้ปัญหาและบ่งชี้ความพร้อมของ (คนใน) สังคม **ผลผลิต (Output)** ○ การทำแผนที่สิทธิบัตร (Patent Mapping) ○ บทความทบทวนวรรณกรรม/บทความเชิงทบทวน (Review Article)	**TRL/SRL 4** ทดสอบการทำงานของนวัตกรรมต้นแบบ *(Level 1 Feasibility Prototype)* ในพื้นที่นำร่องโดยทีมนวัตกร/ทีมพัฒนาเพื่อยืนยันผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้น **ผลผลิต (Output)** ○ ผลการทดสอบประสิทธิภาพ (Performance) ○ ผลการทดสอบความใช้ได้ของเทคโนโลยี ความเป็นไปได้เชิงธุรกิจ (viability) ความต้องการของผู้ใช้ (Desirability) ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค (Feasibility) ความง่ายในการใช้งาน (Usability) ความถูกต้องตามหลักจริยธรรม (Ethical) และ ความยั่งยืน (Sustainability)	**TRL/SRL 6** พัฒนาสาธิตการทำงานของต้นแบบผลิตภัณฑ์ *(Level 3 Demonstration Prototype)* ประยุต์ใช้ในสิ่งแวดล้อมอื่นและดำเนินการกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ข้อเสนอแนะเบื้องต้นและเกิดผลกระทบที่เป็นไปได้ **ผลผลิต (Output)** ○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง	**TRL/SRL 8** เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์ผ่านการทดสอบและสาธิต มีความพร้อมในการใช้งาน เสร็จสมบูรณ์และมีความเหมาะสม **ผลผลิต (Output)** ○ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ○ การถ่ายทอดนวัตกรรม/เทคโนโลยี
TRL/SRL 2 พัฒนาแนวคิดด้านเทคโนโลยี และ/หรือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี กำหนดสาเหตุของปัญหา เสนอแนวทางการแก้ปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ระบุผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง **ผลผลิต (Output)** ○ ข้อเสนอแนะโครงการ/โครงการเสนอ/แผนโครงการ (Proposal) ○ แนวคิดหลัก/แนวคิดตั้งต้น (Concept Idea) เพื่อการระดมสมอง			
TRL/SRL 3 การออกแบบ สร้างต้นแบบอย่างง่าย (Low-fidelity Prototype or Diagram of an Early-Stage Design Concept) และการทดสอบความใช้ได้ของนวัตกรรมต้นแบบ/แนวทางการแก้ไขปัญหา ความเป็นไปได้เชิงธุรกิจ (Viability) ความต้องการของผู้ใช้ (Desirability) ความเป็นไปได้เชิงเทคนิค (Feasibility) ความง่ายในการใช้งาน (Usability) ความถูกต้องตามหลักจริยธรรม (Ethical) และ ความยั่งยืน (Sustainability) ที่เสนอร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องเพื่อพิสูจน์แนวคิด/สมมติฐาน **ผลผลิต (Output)** ○ ผลงานนวัตกรรมต้นแบบได้รับการเผยแพร่สู่สาธารณะ ○ ผลงานนวัตกรรมนำเสนอในการประชุมทางวิชาการ ○ รายงานการออกแบบ สร้าง และทดสอบนวัตกรรมต้นแบบฉบับสมบูรณ์ (Full Report)	**TRL/SRL 5** ทดสอบการทำงานของนวัตกรรมต้นแบบ *(Level 2 Preliminary Product Prototype)* โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ **ผลผลิต (Output)** ○ ผลการทดสอบการทำงานของเทคโนโลยีด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการภายใต้สภาวะแวดล้อมใกล้เคียงการใช้งานจริง	**TRL/SRL 7** สาธิตการทำงานของต้นแบบผลิตภัณฑ์ (*Level 4 Pre-Production Prototype or Final Prototype)* ในสถาวะการใช้งานจริง ทดสอบซ้ำในพื้นที่ร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย **ผลผลิต (Output)** ○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานได้จริง ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ภายใต้สภาวะแวดล้อมการใช้งานจริง ○ การยอมรับของผู้ใช้นวัตกรรม/เทคโนโลยี	**TRL/SRL 9** มีการใช้เทคโนโลยี/ผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่อง ใช้งานได้จริงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่อื่นที่มีสภาวะคล้ายกัน **ผลผลิต (Output)** ○ รายงานนำเสนอการขยายผลและการประยุกต์ใช้ในพื้นที่อื่น ○ แผ่นพับประชาสัมพันธ์ (Brochure) ○ แคตตาล็อก (Catalog) ○ ผลิตภัณฑ์
IDEA: Fundamental Research	INVENTION: Applied Research/Prototype Development		INNOVATION: Product on Shelf
Knowledge Development: Proof-of-Concept	Technology Development: Proof-of-Principle		Business Deployment: Proof-of-Performance

รูปที่ 4 TRL/SRL Canvas มาใช้ประเมินระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีด้วยตอนเอง ตนเอง (Self-Assessed Technology Readiness Level Canvas)

ตารางที่ 28 ความก้าวหน้าของโครงการนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคตามระดับ TRL

ระดับ TRL	คำอธิบาย	ตัวอย่างการใช้งานในด้านการป้องกันควบคุมโรค				
		วัคซีน	ระบบติดตามโรคระบาดด้วย IoT (Internet of Things)	ชุดตรวจโรคแบบรวดเร็ว (Rapid Diagnostic Test - RDT)	ระบบ AI สำหรับคาดการณ์การระบาดของโรค	แอปพลิเคชันติดตามสุขภาพประชาชน (Health Tracking App)
TRL 1	การสังเกตหลักการพื้นฐาน (Basic Principles Observed)	การศึกษาหลักการของเชื้อโรค เช่น โครงสร้างโปรตีนของไวรัสเพื่อค้นหาจุดเป้าหมายในการพัฒนาวัคซีน	ศึกษาหลักการพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้ IoT ในการเก็บข้อมูลสุขภาพ เช่น การใช้อุปกรณ์เซนเซอร์เพื่อตรวจจับสัญญาณชีพ	ค้นคว้ากลไกทางชีวภาพของโรคเพื่อพัฒนาชุดตรวจ เช่น ตรวจโปรตีนจากเชื้อโรค	ศึกษาอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลระบาดวิทยา	ศึกษาพฤติกรรมการใช้แอปของประชาชนและความต้องการพื้นฐาน
TRL 2	การกำหนดแนวคิดของเทคโนโลยีและการประยุกต์ใช้ (Technology Concept Formulated)	การพัฒนาแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับเครื่องตรวจโรคที่เร็วและแม่นยำ หรือแอปพลิเคชันติดตามโรคระบาด	พัฒนาแนวคิดสำหรับระบบเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับอุณหภูมิร่างกายและแจ้งเตือนเมื่อมีไข้	พัฒนาแนวคิดการตรวจแบบพกพาที่ให้ผลรวดเร็วในเวลาไม่เกิน 15 นาที	พัฒนาโมเดล AI สำหรับการคาดการณ์การแพร่กระจายของโรค	พัฒนาแนวคิดแอปพลิเคชันที่สามารถเก็บข้อมูลสุขภาพ เช่น การวัดอุณหภูมิและอาการเบื้องต้น
TRL 3	การพิสูจน์แนวคิดในห้องปฏิบัติการ (Experimental Proof of Concept)	การทดลองต้นแบบวัคซีนหรืออุปกรณ์ตรวจโรคในห้องปฏิบัติการ เช่น การทดสอบวัคซีนกับเซลล์ในหลอดทดลอง	ทดสอบต้นแบบเซนเซอร์ในห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินความแม่นยำ	ทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการ เช่น ตรวจตัวอย่างเลือดหรือสารคัดหลั่ง	ทดสอบโมเดลในสถานการณ์จำลอง เช่น การใช้ข้อมูลการแพร่ระบาดในอดีต	พัฒนาและทดสอบต้นแบบในกลุ่มเล็ก เช่น เจ้าหน้าที่สาธารณสุข
TRL 4	การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการหรือสภาพแวดล้อมจำลอง	ทดสอบเครื่องตรวจโรคในสภาพแวดล้อมที่จำลองการใช้งานจริง	ทดสอบเซนเซอร์ในสภาพแวดล้อมจำลอง เช่น	ทดสอบในห้องทดลองเพื่อปรับปรุงความถูกต้อง (Accuracy) = ความไว + ความจำเพาะ (Sensitivity)	ปรับปรุงโมเดลโดยใช้ข้อมูลจากแหล่งจริง เช่น ระบบเฝ้า	ทดลองแอปกับกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ชุมชน

ระดับ TRL	คำอธิบาย	ตัวอย่างการใช้งานในด้านการป้องกันควบคุมโรค				
		วัคซีน	ระบบติดตามโรคระบาดด้วย IoT (Internet of Things)	ชุดตรวจโรคแบบรวดเร็ว (Rapid Diagnostic Test - RDT)	ระบบ AI สำหรับคาดการณ์การระบาดของโรค	แอปพลิเคชันติดตามสุขภาพประชาชน (Health Tracking App)
	(Technology Validated in Lab)		การติดตั้งในห้องเรียนหรือสำนักงาน		ระวังโรคของกระทรวงสาธารณสุข	
TRL 5	การตรวจสอบในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงจริง (Technology Validated in Relevant Environment)	การทดสอบวัคซีนหรืออุปกรณ์กับอาสาสมัครในสถานพยาบาลหรือพื้นที่ควบคุมโรค	ทดลองใช้งานระบบในโรงเรียนหรือชุมชนเพื่อตรวจสอบการทำงานในสภาพแวดล้อมจริง	ทดลองใช้งานกับตัวอย่างจากผู้ป่วยจริงในพื้นที่ควบคุม	ทดลองใช้งานในพื้นที่ทดลอง เช่น จังหวัดนำร่อง	ประเมินการใช้งานและปรับปรุงแอปในพื้นที่ที่มีโรคระบาด
TRL 6	การทดลองในสภาพแวดล้อมจริง (Prototype Demonstrated in Relevant Environment)	ใช้ต้นแบบวัคซีนหรือเครื่องมือในการปฏิบัติการจริงในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรค	ติดตั้งระบบในพื้นที่ระบาดจริง เช่น โรงพยาบาลสนามหรือพื้นที่ควบคุมโรค	ทดลองใช้ในหน่วยบริการสุขภาพ เช่น โรงพยาบาลชุมชนหรือคลินิกเคลื่อนที่	นำระบบ AI ไปใช้งานในพื้นที่ที่มีการระบาดจริง โดยเชื่อมโยงกับข้อมูลเรียลไทม์	นำแอปไปใช้งานในพื้นที่จริงที่มีการระบาด เช่น ศูนย์ดูแลผู้ป่วย
TRL 7	การทดสอบระบบในสภาพการปฏิบัติการจริง (System Demonstrated in	ระบบติดตามโรคระบาดแบบเรียลไทม์ที่ทดลองใช้งานจริงในหน่วยงานสาธารณสุขหรือพื้นที่เสี่ยง	ประยุกต์ใช้ระบบในเขตเมืองที่มีประชากรหนาแน่น พร้อมติดตามประสิทธิภาพ	ใช้ชุดตรวจในพื้นที่ที่มีการระบาดสูงเพื่อประเมินความเสถียร	บูรณาการระบบ AI เข้ากับศูนย์เฝ้าระวังโรคระดับชาติ	บูรณาการแอปเข้ากับระบบเฝ้าระวังของหน่วยงานรัฐ

ระดับ TRL	คำอธิบาย	ตัวอย่างการใช้งานในด้านการป้องกันควบคุมโรค				
		วัคซีน	ระบบติดตามโรคระบาดด้วย IoT (Internet of Things)	ชุดตรวจโรคแบบรวดเร็ว (Rapid Diagnostic Test - RDT)	ระบบ AI สำหรับคาดการณ์การระบาดของโรค	แอปพลิเคชันติดตามสุขภาพประชาชน (Health Tracking App)
	Operational Environment)					
TRL 8	เทคโนโลยีที่เสร็จสมบูรณ์และผ่านการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง (System Complete and Qualified)	วัคซีนที่ผ่านการทดสอบความปลอดภัยและประสิทธิภาพ และได้รับการรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	ระบบผ่านการตรวจสอบคุณภาพและพร้อมใช้งานจริงในระดับประเทศ	ผ่านการรับรองมาตรฐานจากหน่วยงานกำกับดูแล เช่น อย. หรือ WHO	รับรองระบบโดยหน่วยงานผู้เชี่ยวชาญและใช้ในแผนกลยุทธ์ของรัฐบาล	รับรองคุณภาพและปล่อยใช้งานในระดับประเทศ
TRL 9	เทคโนโลยีที่พร้อมใช้งานในวงกว้าง (Actual System Proven in Operational Environment)	วัคซีนหรืออุปกรณ์ป้องกันโรคที่ผลิตในเชิงพาณิชย์และนำไปใช้งานในระดับประเทศ	ระบบถูกใช้งานเชิงพาณิชย์และบูรณาการกับแพลตฟอร์มสุขภาพของรัฐบาล	ผลิตและจำหน่ายชุดตรวจเพื่อใช้งานในระดับสากล	ขยายการใช้งานระบบในระดับประเทศและเผยแพร่โมเดลในระดับสากล	ประชาชนใช้งานแอปในวงกว้างและเป็นส่วนหนึ่งของระบบสาธารณสุข

บทที่ 5
การประเมินผลกระทบของนวัตกรรม (Impact Assessment)

5.1 ความสำเร็จของนวัตกรรมที่สร้างใหม่และการนำไปใช้ประโยชน์

การนำนวัตกรรมที่ได้ดำเนินการ หรือจัดทำขึ้นใหม่ หรือมีการนำนวัตกรรมเดิมที่มีอยู่มาพัฒนาต่อยอดให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ เพื่อไปใช้ในการปฏิบัติงาน หรือทำประโยชน์ให้กับกลุ่มเป้าหมายหรือประชาชนโดยทั่วไปในการนั้น ๆ เพื่อการแก้ปัญหาหรือปรับปรุง/พัฒนางาน หรือกลยุทธ์ นโยบาย ฯลฯ แล้วเกิดประโยชน์ที่เห็นเป็นรูปธรรมชัดเจนสามารถวัดวิเคราะห์ได้โดยการแสดงให้เห็นหลักฐานเชิงประจักษ์ในแง่ของการใช้ประโยชน์ของนวัตกรรมนั้น ๆ เช่น รูปถ่าย หนังสือเชิญ หนังสือแสดงความต้องการ หรือเอกสารที่แสดงได้ว่ามีการนำผลงานวนวัตกรรมไปใช้จริง หรืออาจวัดและประเมินทั้งเชิงปริมาณ และ/หรือเชิงคุณภาพที่เปรียบเทียบจากก่อนและหลังการมีหรือใช้นวัตกรรมที่จัดทำขึ้น ซึ่งการใช้ประโยชน์งานนวัตกรรมสามารถจำแนกได้ 4 มิติ ได้แก่ การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย การใช้ประโยชน์เชิงชุมชน/สังคม และการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์[83] รายละเอียดดังนี้ (ตารางที่ 29)

1) การใช้ประโยชน์เชิงวิชาการ

การอ้างอิงผลงานที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ (ไม่นับการตีพิมพ์วารสารวิชาการ) หรือการเผยแพร่ให้ความรู้ในกรอบของผลงานนวัตกรรมให้กับหน่วยงานต่าง ๆ โดยการพิจารณาจากการอ้างอิงผลงานนวัตกรรมโดยบุคคลหรือนักวิชาการอื่น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ในเชิงปริมาณด้วยจำนวนและความถี่ในการอ้างอิง ดังนั้น การอ้างอิงจึงมี 4 ประเภท คือ

- การอ้างอิงในวารสารใน/หรือต่างประเทศ (ซึ่งปัจจุบันมีหน่วยบริการตรวจสอบการอ้างอิงได้)
- การนำไปอ้างอิงในการจัดทำหนังสือ หรือรายงานของหน่วยงานระดับกรม
- การนำไปอ้างอิงของหน่วยงานในระดับรัฐวิสาหกิจ
- การอ้างอิงโดยบริษัทมหาชน

2) การใช้ประโยชน์เชิงนโยบาย

นวัตกรรมสร้าง/คิดค้นผ่านการมีส่วนร่วมของประชาชนโดยใช้เครื่องมือใหม่ เป็นการคิดค้นออกแบบ หรือกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ ภารกิจ เป้าประสงค์ใหม่ขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นถึงวิสัยทัศน์หรือวางทิศทางใหม่ในการนำพาองค์การในอนาคต เช่น การสร้างนโยบายแบบเปิด หรือการสร้างนโยบายร่วมกันจากทุกภาคส่วน รับฟังเสียงของประชาชน ดึงความคิด ภูมิปัญญาจากประชาชนวงกว้างมาร่วมกันออกแบบนโยบายการหาแนวทางการแก้ปัญหาและออกนโยบายใหม่ การสร้างทักษะและความรู้ด้านนโยบายแก่ประชาชน และ การสร้างแรงบันดาลใจในการคิดนโยบายใหม่ ๆ ผ่านการทดลองและทดสอบ เช่น นโยบายห้องปฏิบัติการนวัตกรรมภาครัฐ (Government Innovation Lab) พิจารณาจากการมีหลักฐานการนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการบริหาร/กำหนดนโยบาย

3) การใช้ประโยชน์เชิงชุมชน/สังคม

การถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากงานนวัตกรรมในชุมชน/ท้องถิ่น ได้รับหนังสือเรียนเชิญให้ความรู้จากชุมชน/องค์กร/หน่วยงานในพื้นที่ต่าง ๆ

4) การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

ผลิตภัณฑ์ที่ใช้กับผู้บริโภคหรือผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้น (ได้ปรับปรุงให้ดีขึ้น/เป็นสิ่งใหม่ หรือของใหม่) ต่อโลก ต่อประเทศ องค์กร หรือหน่วยงานของตนเอง เป็นการปรับปรุงปรับเปลี่ยนรูปลักษณ์และการออกแบบของสินค้าและผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องมือสื่อสาร ชุดทดสอบต่างๆ (Test Kit) อุปกรณ์กับดักยุง Mobile Application บัตรประจำตัวบุคคลแบบ Smart Card เครื่อง KIOSK หน่วยบริการเคลื่อนที่ (mobile unit) พิจารณาจากการมีหลักฐานการเจรจาทางธุรกิจ ไม่นับการยื่น/จดทะเบียนคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา

ตารางที่ 29 เอกสาร/หลักฐานการนำไปใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์	เอกสาร/หลักฐาน
1. เชิงวิชาการ พิจารณาจากการอ้างอิงผลงานที่มีการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ	1) การอ้างอิงใน (อย่างใดอย่างหนึ่ง) • อ้างอิงในวารสารใน/หรือต่างประเทศ • อ้างอิงในการจัดทำหนังสือ หรือรายงานของหน่วยงานระดับกองขึ้นไป • อ้างอิงของหน่วยงานในระดับรัฐวิสาหกิจ • อ้างอิงโดยบริษัทมหาชน 2) การนำเสนอผลงานนวัตกรรมในเวทีวิชาการระดับภูมิภาค ระดับชาติ และนานาชาติ (อย่างใดอย่างหนึ่ง) • หนังสือเชิญประชุมนำเสนอผลงานนวัตกรรม • ใบประกาศเข้าร่วมการนำเสนอผลงานนวัตกรรม
2. เชิงนโยบาย พิจารณาจากการมีหลักฐานการนำข้อมูลไปประกอบการตัดสินใจในการบริหาร/กำหนดนโยบาย	การนำเสนอในเวทีผู้บริหารเพื่อประกอบการตัดสินใจบริหาร/กำหนดนโยบาย โดยแนบเอกสารแนบประกอบด้วย (ต้องครบทั้ง 3 ข้อ) 1) รายงานสรุปการประชุมที่มีมติจากผู้บริหารเห็นชอบให้ดำเนินการต่อ และ/หรือผลักดันสู่นโยบายจากของหน่วยงาน 2) ภาพการนำเสนอในเวทีผู้บริหาร 3) แผนการปฏิบัติงาน (Action Plan) สำหรับการผลักดันสู่นโยบายจากผู้บริหารของหน่วยงาน
3. เชิงชุมชน/สังคม พิจารณาจากการมีหลักฐานการถ่ายทอดผลงานนวัตกรรมในชุมชน/ท้องถิ่น หรือได้รับเชิญให้ความรู้จากชุมชน/องค์กร/หน่วยงานในพื้นที่ต่าง ๆ	การนำเสนอถ่ายทอดผลงานนวัตกรรมสู่สัง/ชุมชน โดยเอกสารแนบประกอบด้วย (อย่างใดอย่างหนึ่ง) 1) หนังสือเรียนเชิญให้ความรู้จากชุมชน/องค์กร/ หน่วยงานในพื้นที่ต่าง พร้อมแนบหนังสือการตอบรับหนังสือเชิญนั้น 2) รายงานสรุปผลการถ่ายทอดผลงานนวัตกรรมในชุมชน 3) แผนการติดตามและประเมินผลความใช้ได้ของนวัตกรรมในชุมชน (Usability Testing Protocol) 4) รายงานสรุปผลการติดตาม (User Feedback Report) และประเมินผลความใช้ได้จริงของนวัตกรรมในชุมชน (Usability Evaluation) โดยประเมินทั้งเชิงปริมาณ และ/หรือเชิงคุณภาพที่เปรียบเทียบจากก่อนและหลังการมีหรือใช้นวัตกรรมที่จัดทำขึ้น
4. เชิงพาณิชย์ พิจารณาจากการมีหลักฐานการเจรจาทางธุรกิจ ไม่นับการยื่น/จดทะเบียนคุ้มครองทรัพย์สินทางปัญญา	การประสบความสำเร็จการเจรจาทางธุรกิจ (ต้องครบทั้ง 2 ข้อ) 1) แนบเอกสารสัญญาคู่ค้าทางธุรกิจ ระบุสัดส่วนการรับผิดรับชอบและการแบ่งปั่นผลประโยชน์ต่างตอบแทนอย่างชัดเจน โดยที่หน่วยงานกรมควบคุมโรคจะต้องเป็นหนึ่งในผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่รับผลประโยชน์ต่างตอบแทนนั้น 2) รูปภาพประกอบการเจราทางธุรกิจ

5.2 การประเมินผลกระทบโดยใช้เกณฑ์และตัวชี้วัด

การประเมินว่ามี ผลกระทบมากน้อยแค่ไหน จากนวัตกรรมในแง่มุมต่างๆ (เศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมหรือระบบต่าง ๆ) สามารถทำได้ผ่านหลายวิธีการที่ใช้เกณฑ์และเครื่องมือประเมินผลที่เหมาะสม

1) การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจ (Economic Impact Assessment)

การวัดผลกระทบทางเศรษฐกิจเน้นการประเมินว่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากนวัตกรรมสามารถส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจในระดับใด เช่น การสร้างงานใหม่ การเพิ่มผลิตภาพ หรือการเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ ผ่านการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (Cost-Benefit Analysis) การวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐกิจ (Economic Impact Analysis) เช่น การประเมินการนำเทคโนโลยีใหม่เข้ามาในอุตสาหกรรม เช่น การใช้หุ่นยนต์ในการผลิต หรือการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีราคาถูกลง

2) การวิเคราะห์ผลกระทบทางสังคม (Social Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบทางสังคมจะเน้นไปที่ผลลัพธ์ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ของประชาชน เช่น การปรับปรุงคุณภาพชีวิต ความเสมอภาคในสังคม หรือการส่งเสริมการเข้าถึงเทคโนโลยี ผ่านการสำรวจความคิดเห็น การสัมภาษณ์เชิงลึก การวิจัยเชิงสังเกต เช่น การวิเคราะห์ผลกระทบจากการพัฒนานวัตกรรมด้านการแพทย์ เช่น การใช้แอปพลิเคชันสุขภาพในการตรวจสอบและติดตามการรักษาของผู้ป่วย

3) การประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment)

การประเมินผลกระทบที่เกิดจากนวัตกรรมต่อสิ่งแวดล้อมเช่น การลดการใช้พลังงาน การลดมลพิษ หรือการสนับสนุนการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน ผ่านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental Impact Assessment: EIA) เช่น การพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน เช่น การใช้พลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนการใช้พลังงานจากแหล่งที่ไม่สามารถทดแทนได้

โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น ขนาดและขอบเขตของผลกระทบ ความยั่งยืนและระยะเวลาในการเกิดผลกระทบ การใช้ เกณฑ์และตัวชี้วัด จะช่วยในการระบุและวัดผลกระทบที่เกิดจากนวัตกรรมในแต่ละด้าน ดังนี้

- ขนาดของผลกระทบ (Magnitude) วัดว่าเปลี่ยนแปลงในขนาดไหน เช่น การเพิ่มหรือลดปริมาณของบางสิ่ง (จำนวนคนที่ได้รับประโยชน์ ปริมาณมลพิษที่ลดลง ฯลฯ)
- ระยะเวลา (Duration) ผลกระทบที่เกิดขึ้นจะอยู่แค่ระยะสั้นหรือยาวนาน เช่น ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ยั่งยืนกว่าหรือไม่
- ขอบเขต (Scope) วัดว่าผลกระทบครอบคลุมกลุ่มประชากรหรือลักษณะทางภูมิศาสตร์กว้างแค่ไหน เช่น ผลกระทบจากนวัตกรรมทางการแพทย์ที่สามารถเข้าถึงประชาชนในพื้นที่ห่างไกลได้มากขึ้น
- ตัวอย่าง การใช้เทคโนโลยี AI ในการวินิจฉัยโรค ถ้าผลกระทบในด้านสุขภาพคือการเพิ่มความแม่นยำในการวินิจฉัย ก็จะต้องพิจารณาขนาดและขอบเขตของผลกระทบ เช่น ความแม่นยำในการวินิจฉัย (ตัวชี้วัดขนาด) และจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับประโยชน์จากเทคโนโลยีนี้ (ตัวชี้วัดขอบเขต)

บทที่ 6
การพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรค
ตามกรอบระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและระดับการยอมรับของสังคม
(Technology/Societal Readiness Level: TRL/SRL)

6.1 องค์ประกอบสำคัญสำหรับการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรค

การสร้างนวัตกรรมในภาครัฐโดยเฉพาะในด้านการป้องกันควบคุมโรค จำเป็นต้องมีระบบสนับสนุนที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุมหลายด้าน ทั้งการสนับสนุนทางด้านทรัพยากร การเชื่อมโยงระหว่างหน่วยงาน และการพัฒนาศักยภาพของบุคลากร เพื่อให้การดำเนินงานสามารถผลักดันการพัฒนานวัตกรรมอย่างยั่งยืน และมีผลกระทบเชิงบวกต่อสาธารณสุข ระบบสนับสนุนนี้จะประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 ด้านหลัก ประกอบด้วย

1) ด้านการเงินและงบประมาณ (Financial and Budgetary Support)[62, 64]

การจัดสรรงบประมาณและทรัพยากรทางการเงินสำหรับการพัฒนานวัตกรรม ทั้งในด้านการวิจัย การพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยี รวมถึงการดำเนินการนำไปใช้ในพื้นที่ การมีทรัพยากรทางการเงินที่เพียงพอและการบริหารจัดการงบประมาณที่มีประสิทธิภาพสามารถทำให้โครงการมีความยั่งยืนและสามารถขยายผลได้

<u>วิธีการ</u>

- การจัดสรรงบประมาณจากงบภาครัฐหรือการจัดหาเงินทุนจากแหล่งอื่น ๆ เช่น การร่วมมือกับภาคเอกชน การตรวจสอบและประเมินการใช้จ่ายงบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ
- ส่งเสริมการระดมทุนจากแหล่งทุนที่หลากหลายจากหน่วยงานระหว่างประเทศ ภาคเอกชน และหน่วยงานภาครัฐ เช่น WHO และ UNDP

2) ด้านข้อมูลและการวิจัย (Data and Research Support)[63]

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีคุณภาพและการทำวิจัยที่จำเป็นสำหรับการพัฒนานวัตกรรม โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจสถานการณ์ การศึกษาผลกระทบและการประเมินผลการดำเนินการ ข้อมูลที่แม่นยำและการวิจัยที่มีคุณภาพช่วยให้การตัดสินใจในการพัฒนานวัตกรรมมีความถูกต้องและสามารถตอบโจทย์ปัญหาได้

<u>วิธีการ</u>

- การเก็บข้อมูลทางระบาดวิทยาและข้อมูลสาธารณสุขจากแหล่งต่าง ๆ
- การดำเนินการวิจัยโดยการร่วมมือกับสถาบันวิจัยหรือองค์กรที่มีความเชี่ยวชาญ
- พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านข้อมูล เช่น การเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์ ระบบการวิเคราะห์ข้อมูล (AI)
- ปรับปรุงระบบความปลอดภัยของข้อมูล

3) ด้านกฎหมายและนโยบาย (Legal and Policy Support)[65]

กรอบนโยบายที่สนับสนุนการพัฒนานวัตกรรม พร้อมด้วยกฎหมายและระเบียบข้อบังคับที่เกี่ยวข้อง เป็นปัจจัยสำคัญที่เอื้อต่อการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมไปใช้ในภาครัฐอย่างเป็นรูปธรรมและมีประสิทธิภาพ นโยบายและกฎหมายที่เอื้อต่อการนำนวัตกรรมไปใช้ช่วยให้เกิดการบังคับใช้อย่างถูกต้องและมีความโปร่งใส รวมถึงการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและจริยธรรม

<u>วิธีการ</u>

- ออกนโยบายที่เอื้อต่อการพัฒนานวัตกรรมให้สามารถทดลองใช้นวัตกรรมในพื้นที่เฉพาะ
- ปรับปรุงกฎหมายให้เหมาะสมกับสถานการณ์ใหม่
- การมีข้อกำหนดที่ชัดเจนในเรื่องการคุ้มครองข้อมูลและจริยธรรม

4) ด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Engagement and Collaboration Support)[62, 63]

การมีส่วนร่วมจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องในการพัฒนานวัตกรรม ไม่ว่าจะเป็นภาครัฐ ชุมชน ภาคเอกชน และหน่วยงานด้านการวิจัย การทำงานร่วมกันในลักษณะของความร่วมมือ (Co-Creation) ช่วยให้การพัฒนาและการนำไปใช้มีความครอบคลุมและได้รับการยอมรับจากทุกภาคส่วน

<u>วิธีการ</u>

- จัดกิจกรรมสื่อสารประโยชน์และการอบรมเพื่อสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับนวัตกรรมและการนำไปใช้ในองค์กร
- พัฒนาเครือข่ายระหว่างหน่วยงานภาครัฐ ชุมชน ผู้เชี่ยวชาญ และภาคเอกชน
- การสร้างกลไกการทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานภาครัฐและองค์กรภาคเอกชน
- การจัดเวทีเพื่อรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากชุมชนและกลุ่มเป้าหมาย
- การฝึกอบรมและพัฒนาศักยภาพของบุคลากรทั้งในภาครัฐและชุมชนในการใช้นวัตกรรม
- สร้างแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อการแลกเปลี่ยนข้อมูลและทรัพยากร

5) ด้านทรัพยากรมนุษย์ (Human Resources Support)[65, 84]

การพัฒนาและเสริมสร้างทักษะของบุคลากรที่เกี่ยวข้องในการพัฒนานวัตกรรม เช่น การฝึกอบรมเพื่อพัฒนาทักษะด้านเทคโนโลยี การวิจัย และการทำงานร่วมกัน บุคลากรที่มีทักษะ ความรู้ที่เหมาะสม มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนพัฒนาและการนำนวัตกรรมไปประยุกต์ใช้ในภาครัฐอย่างมีประสิทธิภาพ

<u>วิธีการ</u>

- พัฒนาทักษะบุคลากรผ่านการฝึกอบรมและการศึกษา
- สร้างช่องทางสำหรับการแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์
- ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยหรือสถาบันอบรมเพื่อพัฒนาทักษะเฉพาะทาง
- การสร้างแรงจูงใจ เช่น สวัสดิการและความก้าวหน้าในอาชีพ

ตารางที่ 30 รูปแบบและวิธีการสนับสนุน

แพลตฟอร์มดิจิทัล	โครงการพัฒนาศักยภาพ	การสนับสนุนด้านนโยบาย	การสร้างพื้นที่ทดลอง (Sandbox Zones)
สร้างระบบออนไลน์สำหรับการจัดการข้อมูล การประชุม และการแลกเปลี่ยนความรู้	จัดโปรแกรมอบรมระยะสั้นและทุนการศึกษาเพื่อพัฒนาบุคลากร	ประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ไขปัญหาด้านกฎหมายและนโยบาย	อนุญาตให้นำร่องโครงการในพื้นที่จำกัดเพื่อทดลองประสิทธิภาพ

ตารางที่ 31 ปัจจัยความสำเร็จและอุปสรรคของการสร้างนวัตกรรมภาครัฐด้านการป้องกันควบคุมโรค[64, 76, 85]

ปัจจัยความสำเร็จ	อุปสรรคที่สำคัญ	แนวทางจัดการที่เกี่ยวข้อง
1. การสนับสนุนจากผู้นำองค์กร (Leadership Support) - ผู้นำที่มีวิสัยทัศน์สามารถผลักดันและให้การสนับสนุนที่ชัดเจนต่อการพัฒนานวัตกรรม - การสร้างแรงบันดาลใจและสร้างความเชื่อมั่นให้กับทีมงาน - *<u>แนวทางจัดการ</u>* ส่งเสริมการพัฒนาผู้นำด้วยการอบรมและโครงการพัฒนาภาวะผู้นำที่เกี่ยวข้องกับนวัตกรรม	**1. ข้อจำกัดทางงบประมาณ (Budget Constraints)** การจัดสรรงบประมาณไม่เพียงพออาจส่งผลให้โครงการเกิดความล่าช้าและไม่สามารถดำเนินงานต่อเนื่องได้	- จัดลำดับความสำคัญของโครงการ การคัดเลือกโครงการที่มีศักยภาพและผลกระทบสูงเพื่อลงทุนก่อน - แสวงหาทุนสนับสนุนภายนอก การสร้างความร่วมมือกับภาคเอกชน องค์กรไม่แสวงหาผลกำไร หรือแหล่งทุนระหว่างประเทศ เช่น องค์การอนามัยโลก (WHO) หรือธนาคารโลก - ลดต้นทุนด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม การใช้เทคโนโลยีที่ประหยัดและตอบโจทย์ เช่น แอปพลิเคชันมือถือสำหรับติดตามการระบาด - ตั้งคณะทำงานด้านงบประมาณ เพื่อบริหารทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2. การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Engagement) - การสร้างเครือข่ายระหว่างหน่วยงานรัฐ ชุมชน และภาคเอกชน - การรับฟังความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งานจริง	**2. การต่อต้านการเปลี่ยนแปลง (Resistance to Change)** บุคลากรบางกลุ่มอาจมีความกังวลหรือไม่เข้าใจประโยชน์ของนวัตกรรม	สร้างการมีส่วนร่วมของบุคลากร การเปิดโอกาสให้บุคลากรมีส่วนร่วมตั้งแต่กระบวนการวางแผน เพื่อสร้างความเป็นเจ้าของร่วม การสื่อสารที่ชัดเจน การให้ข้อมูลหรือความรู้เกี่ยวกับประโยชน์และผลกระทบเชิงบวกของนวัตกรรมผ่านช่องทางต่าง ๆ เช่น การประชุมหรือสื่อภายใน การฝึกอบรมและการฝึกปฏิบัติ (Workshop) จัดโปรแกรมพัฒนาทักษะที่

ปัจจัยความสำเร็จ	อุปสรรคที่สำคัญ	แนวทางจัดการที่เกี่ยวข้อง
- *แนวทางจัดการ* จัดประชุมเชิงปฏิบัติการเพื่อสร้างการมีส่วนร่วมอย่างต่อเนื่อง		เกี่ยวข้อง เพื่อให้บุคลากรรู้สึกมั่นใจในการใช้งานนวัตกรรม สร้างทีมผู้นำการเปลี่ยนแปลง แต่งตั้งผู้สนับสนุนภายในองค์กรที่ช่วยผลักดันการเปลี่ยนแปลง
3. ทรัพยากรที่เพียงพอ (Adequate Resources) การจัดสรรงบประมาณและบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ - *แนวทางจัดการ* วางแผนจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมและเพิ่มความสามารถในการระดมทุนจากแหล่งทุนภายนอก	**3. ความซับซ้อนทางกฎหมาย (Legal Complexities)** กฎหมายบางฉบับอาจล้าสมัยหรือเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนานวัตกรรม	- การปรับปรุงกฎหมายและระเบียบที่ล้าสมัย ทำงานร่วมกับหน่วยงานนิติบัญญัติหรือผู้เชี่ยวชาญด้านกฎหมายเพื่อปรับปรุงกรอบกฎหมายให้สอดคล้องกับนวัตกรรม - การกำหนดแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน พัฒนาคู่มือการปฏิบัติงานที่ช่วยให้บุคลากรเข้าใจกฎหมายที่เกี่ยวข้อง - สร้างคณะกรรมการที่ปรึกษาด้านกฎหมาย รวมผู้เชี่ยวชาญเพื่อช่วยให้คำปรึกษาด้านข้อกฎหมายในระหว่างการพัฒนานวัตกรรม - การใช้ Sandbox Policy ทดลองใช้นวัตกรรมในพื้นที่จำกัดเพื่อปรับปรุงก่อนการใช้งานจริง
4. การใช้ข้อมูลและเทคโนโลยี (Data and Technology Integration) การเก็บและใช้ข้อมูลเพื่อวิเคราะห์และออกแบบนวัตกรรมให้ตรงกับปัญหา - *แนวทางจัดการ* พัฒนาแพลตฟอร์มข้อมูลที่เข้าถึงง่ายและปลอดภัย	**4. ข้อจำกัดทางเทคโนโลยีและข้อมูล (Technology and Data Limitations)** ระบบเทคโนโลยีที่ไม่รองรับหรือการขาดข้อมูลที่ไม่เพียงพอ	- ลงทุนในเทคโนโลยีใหม่ วางแผนการลงทุนด้านเทคโนโลยีและโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ระบบคลาวด์สำหรับจัดเก็บข้อมูล - สร้างระบบการจัดการข้อมูล พัฒนาระบบที่สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ - การพัฒนาความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยี ฝึกอบรมบุคลากรเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีใหม่ - การจัดการความมั่นคง และความปลอดภัยของข้อมูล (Data Security) สร้างมาตรการป้องกันข้อมูลรั่วไหล เช่น การเข้ารหัสข้อมูล
5. กรอบนโยบายและกฎหมายที่ชัดเจน (Policy and Legal Framework) กฎหมายและ	**5. การขาดบุคลากรที่มีทักษะเฉพาะทาง (Lack of Skilled Personnel)** ขาด	- การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ จัดโปรแกรมอบรมระยะสั้นและระยะยาวเพื่อพัฒนาความสามารถเฉพาะด้าน เช่น

ปัจจัยความสำเร็จ	อุปสรรคที่สำคัญ	แนวทางจัดการที่เกี่ยวข้อง
นโยบายที่เอื้อต่อการพัฒนานวัตกรรมและการใช้งาน - *แนวทางจัดการ* การปรับปรุงนโยบายและกฎหมายให้มีความทันสมัยและสอดคล้องกับความต้องการ	ผู้เชี่ยวชาญด้านนวัตกรรมเทคโนโลยี และการควบคุมโรค	การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบระบบหรือการใช้ AI - สร้างแรงจูงใจในการทำงาน เพิ่มสวัสดิการหรือสร้างโอกาสความก้าวหน้าเพื่อดึงดูดและรักษาบุคลากรที่มีศักยภาพ - การสรรหาบุคลากรจากภายนอก ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยหรือศูนย์วิจัยในการจัดหาผู้เชี่ยวชาญ - ใช้เครือข่ายความร่วมมือ ประสานงานกับหน่วยงานอื่น ๆ เพื่อยืมทรัพยากรบุคลากรหรือสร้างโครงการร่วม

การสนับสนุนทางการเงินและงบประมาณ (Financial Support)	การสนับสนุนด้านข้อมูลและการวิจัย (Data and Research)	การสนับสนุนด้านกฎหมายและนโยบาย (Legal and Policy Support)	การสนับสนุนด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย (Stakeholder Engagement and Collaboration)	การสนับสนุนด้านทรัพยากรมนุษย์ (Human Resources Support)
- จัดสรรงบประมาณสำหรับการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม - การสนับสนุนทุนจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน - การตรวจสอบและประเมินการใช้งบประมาณอย่างมีประสิทธิภาพ - สนับสนุนงบประมาณจากภาครัฐและแหล่งทุนอื่น ๆ สำหรับการวิจัยและการพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการป้องกันและควบคุมโรค	- การเก็บข้อมูลระบาดวิทยาและสาธารณสุข - การทำวิจัยและพัฒนาเครื่องมือหรือเทคโนโลยีใหม่ - การร่วมมือกับสถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัย - การเก็บข้อมูลและทำการวิจัยร่วมกับสถาบันวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ในประเทศ	- การพัฒนานโยบายภาครัฐที่สนับสนุนนวัตกรรมด้านสุขภาพ - การออกกฎหมายที่ช่วยเสริมสร้างการพัฒนานวัตกรรม - การพัฒนากรอบกฎหมายสำหรับการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล - การสร้างกรอบกฎหมายและนโยบายที่สนับสนุนการนำไปใช้ของนวัตกรรมภาครัฐในด้านสุขภาพ	- การสร้างเครือข่ายระหว่างภาครัฐ ชุมชน และภาคเอกชน - การฝึกอบรมและการพัฒนาความสามารถของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย - การสร้างช่องทางสื่อสารและรวบรวมข้อเสนอแนะจากภาคส่วนต่าง ๆ - การสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ชุมชน และภาคเอกชนในการพัฒนาและนำไปใช้เทคโนโลยีใหม่ ๆ	- การพัฒนาทักษะของบุคลากรด้านการวิจัยและเทคโนโลยี - การฝึกอบรมในด้านการป้องกันควบคุมโรคและการใช้เทคโนโลยีใหม่ - การสร้างระบบการพัฒนาความรู้และการเรียนรู้ตลอดชีวิต - การพัฒนาทักษะของบุคลากรที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ทุกองค์ประกอบของระบบสนับสนุนทำงานร่วมกัน				
การฝึกอบรมบุคลากร			การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	
การพัฒนานวัตกรรมมีความยั่งยืนและสามารถใช้งานได้จริงในสังคม				

รูปที่ 5 องค์ประกอบสำคัญในการพัฒนานวัตกรรมด้านการเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรค ของกรมควบคุมโรค

6.2 แนวทางการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรคตามกรอบ TRL/SRL

การพัฒนานวัตกรรมในภาคสาธารณสุขถือเป็นหัวใจสำคัญในการรับมือกับความท้าทายด้านโรคติดต่อและโรคไม่ติดต่อที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยกรมควบคุมโรคได้จัดทำแนวทางการพัฒนานวัตกรรมที่ครอบคลุมตั้งแต่วิสัยทัศน์ โครงสร้างการกำกับดูแล กระบวนการพัฒนา การประเมินผล และการขยายผล เพื่อให้การดำเนินงานเกิดประสิทธิภาพสูงสุดและสอดคล้องกับบริบทประเทศไทย[86] เริ่มจากการกำหนดวิสัยทัศน์และนิยาม ของคำว่า “นวัตกรรม” ให้ชัดเจน โดยยึดตามนิยามสากลของภาคสาธารณสุขว่า “การสร้างและนำไปใช้ของกระบวนการ นโยบาย ผลิตภัณฑ์ โปรแกรม หรือระบบแบบใหม่ที่ส่งผลต่อสุขภาพและความเสมอภาค” ทั้งนี้ การกำหนดนิยามที่ชัดเจนช่วยให้การคัดกรองข้อเสนอนวัตกรรมตรงเป้าหมายและสามารถวัดผลได้ พร้อมเชื่อมโยงกับกรอบยุทธศาสตร์ DDC 4.0 และยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี เพื่อใช้เป็นกรอบทิศทางการขับเคลื่อนในระดับกรมและเขตสุขภาพ

กระบวนการพัฒนานวัตกรรมออกแบบให้มีท่อพัฒนา (Innovation Pipeline) โดยบูรณาการการประเมินระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Levels: TRL) และระดับการยอมรับของสังคม (Societal Readiness Levels: SRL)[79-82] เป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากกรอบ TRL/SRL เป็นกรอบการวัดระดับความพร้อมของเทคโนโลยีและการยอมรับของสังคม ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของแนวคิดจนถึงการนำไปใช้งานจริง โดยในแต่ละระดับ (TRL/SRL 1 – TRL/SRL 9) จะมีการทดสอบที่แตกต่างกันไปเพื่อให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีพร้อมสำหรับการใช้งานจริงในแต่ละขั้นตอน ช่วยให้สามารถประเมินระยะการพัฒนาเทคโนโลยีได้อย่างเป็นระบบ โดยมั่นใจว่านวัตกรรมจะได้รับการพัฒนาและนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความพร้อมทั้งด้านเทคโนโลยีและการยอมรับทางสังคม ก่อนนำไปทดลองใช้หรือขยายผล เพื่อผลกระทบที่ดีที่สุดต่อสุขภาพสาธารณะ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (รูปที่ 6)

TRL/SRL 1	TRL/SRL 2	TRL/SRL 3	TRL/SRL 4	TRL/SRL 5	TRL/SRL 6	TRL/SRL 7	TRL/SRL 8	TRL/SRL 9
การสังเกตและรายงานหลักการพื้นฐาน	การกำหนดแนวคิดเทคโนโลยี	การพิสูจน์แนวคิดด้วยการทดลอง	การพิสูจน์ความถูกต้องของเทคโนโลยีในห้องปฏิบัติการ	การพิสูจน์ความถูกต้องของเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง	การสาธิตเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง	การสาธิตต้นแบบระบบในสภาพแวดล้อมปฏิบัติการจริง	ระบบสมบูรณ์และผ่านการรับรอง	ระบบจริงผ่านการพิสูจน์ในสภาพแวดล้อมปฏิบัติการ
ไอเดีย: งานวิจัยพื้นฐาน			**การประดิษฐ์ การพัฒนาต้นแบบ**				**นวัตกรรม ผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย**	
การพัฒนาความรู้			**การพัฒนาเทคโนโลยี**				**การนำไปใช้ทางธุรกิจ**	

รูปที่ 6 ภาพรวมเส้นทางการพัฒนานวัตกรรม จาก TRL 1 ถึง TRL 9

1) การสร้างโครงสร้างพื้นฐาน (จาก TRL 1 ถึง TRL 3)

มุ่งเน้นการวิจัยและการสร้างแนวคิด ในช่วงเริ่มต้นควรมุ่งเน้นไปที่การวิจัยขั้นพื้นฐาน (TRL 1) และการพัฒนาแนวคิดและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี (TRL 2) ซึ่งรวมถึงการร่วมมือกับสถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัยเพื่อสำรวจแนวทางแก้ไขนวัตกรรมในการควบคุมโรค การพัฒนาการทดสอบแนวคิด (TRL 3) ควรทำการทดสอบแนวคิดในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันความเป็นไปได้ของเทคโนโลยี ซึ่งต้องการการสนับสนุนด้านเงินทุนและทรัพยากรเพื่อสนับสนุนต้นแบบในช่วงเริ่มต้นและการทดลอง

TRL 1 การสังเกตและรายงานหลักการพื้นฐาน (Basic Principles Observed and Reported)	**TRL 2 การกำหนดแนวคิดเทคโนโลยี (Technology Concept Formulated)**	**TRL 3 การพิสูจน์แนวคิดด้วยการทดลอง (Experimental Proof of Concept)**
การสำรวจและตรวจสอบหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ศึกษาทฤษฎีหรือการวิจัยพื้นฐานเพื่อยืนยันว่ามีศักยภาพที่จะนำไปต่อยอดได้ *Ex. การทดลองในห้องปฏิบัติการเบื้องต้น*	การสร้างแนวคิดหรือแนวทางการออกแบบเบื้องต้น วิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางทฤษฎีของแนวคิด *Ex. การพัฒนาโมเดลทางคณิตศาสตร์ หรือจำลองด้วยซอฟต์แวร์*	การสร้างและทดสอบต้นแบบในระดับห้องทดลอง (Proof of Concept) ยืนยันว่าแนวคิดสามารถใช้งานได้ในสภาพแวดล้อมที่ควบคุม *Ex. การทดลองในอุปกรณ์ต้นแบบย่อส่วน*
ไอเดีย/งานวิจัยพื้นฐาน (IDEA: Fundamental Research)		
การพัฒนาความรู้/การพิสูจน์แนวคิด (Knowledge Development: Proof-of-Concept)		

องค์ความรู้	**ระบบงานบริการภายในกองนวัตกรรมและวิจัย**				**ผลผลิต (Output)**	
						หลักฐาน (Evidence)
องค์ความรู้ งานวิจัยพื้นฐาน (Fundamental Research) งานวิจัยประยุกต์ (Apply Research) การจัดการความรู้ (Knowledge Management)	งานวิจัยปกติ/งานวิจัยทั่วไป (Regular research)	งานวิจัยจากงานประจำ (R2R)	การจัดการความรู้ (KM)	→	**องค์ความรู้ (Knowledge)**	○ รายงานฉบับสมบูรณ์ (Full Report) ○ สิ่งพิมพ์/การตีพิมพ์/การเผยแพร่ผลงาน (Publication) ○ ผลิตภัณฑ์วิชาการ (คู่มือ แนวทาง หลักสูตร)

รูปที่ 7 การสร้างโครงสร้างพื้นฐาน (จาก TRL 1 ถึง TRL 3)

2) การพัฒนาต้นแบบและการทดสอบ (จาก TRL 4 ถึง TRL 6)

การตรวจสอบองค์ประกอบและระบบ (TRL 4) และต้องทดสอบต้นแบบทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (TRL 5) การมีพันธมิตรกับหน่วยงานภาครัฐ องค์กรสุขภาพสาธารณะและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในภาคเอกชนเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มั่นใจว่าเทคโนโลยีตรงตามข้อกำหนดในการใช้งานด้านสุขภาพการทดสอบการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง (TRL 6) ควรมุ่งเน้นการสาธิตต้นแบบในสถานการณ์การใช้งานจริง เช่น โรงพยาบาล สถาบันสุขภาพสาธารณะ และชุมชน เพื่อยืนยันความสามารถในการใช้เทคโนโลยีในการควบคุมโรค ตลอดจนการปรับปรุงและการใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง (TRL 7) มุ่งเน้นการปรับปรุงและนำระบบไปใช้งานในสภาพแวดล้อมการดำเนินงานจริง ซึ่งอาจรวมถึงการทดสอบนวัตกรรมในเขตพื้นที่ เมือง หรือภูมิภาคที่ได้รับผลกระทบจากการระบาดของโรค

TRL 4 การพิสูจน์ความถูกต้องของเทคโนโลยีในห้องปฏิบัติการ (Technology Validated in Laboratory)	TRL 5 การพิสูจน์ความถูกต้องของเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Technology Validated in Relevant Environment)	TRL 6 การสาธิตเทคโนโลยีในสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง (Technology Demonstrated in Relevant Environment)	TRL 7 การสาธิตต้นแบบระบบในสภาพแวดล้อมปฏิบัติการจริง (System Prototype Demonstration in Operational Environment)
การพัฒนาและทดสอบต้นแบบในห้องปฏิบัติการที่จำลองสภาพแวดล้อมการใช้งานจริงทดสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องของเทคโนโลยีในระดับที่ซับซ้อนขึ้น *Ex. ทดสอบอุปกรณ์ในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง*	การนำต้นแบบไปทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริง (Relevant Environment) ตรวจสอบความเหมาะสมและประสิทธิภาพในระดับใหญ่ขึ้น *Ex. ทดลองในห้องปฏิบัติการที่จำลองเงื่อนไขจริง เช่น อุณหภูมิ ความดัน*	การทดสอบต้นแบบในสภาพแวดล้อมจริง (Field Testing) วิเคราะห์ความเสถียร ความปลอดภัยและความสามารถในการใช้งานจริงหรือทดลองอุปกรณ์ในสนามจริงหรือ *Ex. พื้นที่จำลอง เช่น โรงงานทดลอง*	การทดสอบระบบต้นแบบในสถานการณ์ใช้งานจริงอย่างสมบูรณ์ วิเคราะห์ความสามารถของระบบแบบครบวงจร (Integrated System Testing) *Ex. การติดตั้งและทดสอบระบบในพื้นที่ปฏิบัติงานจริง เช่น สถานที่ผลิตจริง*
การประดิษฐ์/งานวิจัยประยุกต์/การพัฒนาต้นแบบ (INVENTION: Applied Research/Prototype Development)			
การพัฒนาเทคโนโลยี/การพิสูจน์หลักการ (Technology Development: Proof-of-Principle)			

แนวทางแก้ปัญหาใหม่หรือทางเลือก (New-/Alternative Solution)	ระบบงานบริการภายในกองนวัตกรรมและวิจัย		ผลผลิต (Output)	
				หลักฐาน (Evidence)
การวิจัยและพัฒนา (Research and Development Innovation)	- ให้คำปรึกษาการการหาเครือข่าย - ให้คำปรึกษาวิธีการทดสอบนวัตกรรม - บริการวิเคราะห์โอกาสและความสอดคล้องของนวัตกรรมกับนโยบายของหน่วยงาน	→	○ ผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) ○ กระบวนการ (Process Innovation) ○ การบริการ (Service Innovation)	○ รายงานฉบับสมบูรณ์ (Full Report) ○ ต้นแบบเพื่อประเมินความเป็นไปได้ (Feasibility Prototype, TRL 4) ○ ต้นแบบผลิตภัณฑ์เบื้องต้น (Preliminary Product Prototype, TRL 5) ○ ต้นแบบสาธิตการทำงาน (Demonstration Prototype, TRL 6) ○ ผลการสาธิต/ทดสอบต้นแบบผลิตภัณฑ์ (Pre-Production Prototype or Final Prototype (TRL 7) ภายใต้สภาวะแวดล้อมการใช้งานจริง ○ ผลิตภัณฑ์วิชาการ (คู่มือ แนวทาง หลักสูตร)

รูปที่ 8 การพัฒนาต้นแบบและการทดสอบ (จาก TRL 4 ถึง TRL 7)

3) การนำไปใช้และขยายผล (จาก TRL 8 ถึง TRL 9)

เทคโนโลยีที่ได้รับการพัฒนาและผ่านการทดสอบจนถึงระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีระดับ 8 (Technology Readiness Level – TRL 8) ควรได้รับการส่งเสริมให้เข้าสู่กระบวนการบูรณาการใช้งานอย่างเต็มรูปแบบ และนำไปปรับใช้ในระดับประเทศและภูมิภาค (TRL 9) ภายใต้ระบบการควบคุมและเฝ้าระวังโรคของประเทศ ผ่านการตรวจสอบองค์ประกอบของเทคโนโลยีอย่างละเอียดรอบด้าน ทดสอบประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการใช้งานจริง ตลอดจนประเมินความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการด้านการจัดการสุขภาพของประชาชนในวงกว้าง การทดสอบในระยะสุดท้ายควรครอบคลุมกระบวนการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ รวมถึงการรับฟังข้อคิดเห็นจากผู้เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของเทคโนโลยีให้สูงยิ่งขึ้น รวมทั้งควรมีการดำเนินการเชิงรุกเพื่อผลักดันให้เทคโนโลยีดังกล่าวเข้าสู่การขับเคลื่อนเชิงนโยบาย และได้รับการสนับสนุนการนำไปใช้ประโยชน์ในระดับประเทศอย่างเป็นรูปธรรม ในการนี้ สมควรส่งเสริมให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ (สปสช.) สำนักงานคณะกรรมการสุขภาพแห่งชาติ (สช.) รวมถึงหน่วยงานด้านการจัดซื้อจัดจ้างของรัฐ พิจารณานำเทคโนโลยีหรือแนวทาง (Solution) ที่ผ่านการพิสูจน์แล้ว ไปขยายผลและประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างกว้างขวางในระบบสุขภาพของประเทศ

<table>
<tr><th colspan="3">TRL 8 ระบบสมบูรณ์และผ่านการรับรอง (System Complete and Qualified)</th><th colspan="2">TRL 9 ระบบจริงผ่านการพิสูจน์ในสภาพแวดล้อมปฏิบัติการ (Actual System Proven in Operational Environment)</th></tr>
<tr><td colspan="3">การทดสอบเทคโนโลยีแบบเต็มรูปแบบในเงื่อนไขการใช้งานจริง
ตรวจสอบว่าเทคโนโลยีผ่านมาตรฐานและข้อกำหนดทั้งหมด
Ex. การรับรองมาตรฐาน เช่น ISO หรือการทดสอบรับรองในอุตสาหกรรม</td><td colspan="2">การใช้งานจริงในตลาดหรือในองค์กร
เก็บข้อมูลป้อนกลับจากกลุ่มผู้ใช้ทดลอง (Pilot Users)
จากการใช้งานจริงและปรับปรุงตามความเหมาะสม
Ex. การดำเนินงานในเชิงพาณิชย์ เช่น การติดตามผลการใช้งาน</td></tr>
<tr><th colspan="5">นวัตกรรม/ผลิตภัณฑ์พร้อมจำหน่าย (INNOVATION: Product on Shelf)</th></tr>
<tr><th colspan="5">การนำไปใช้ทางธุรกิจ/การพิสูจน์ประสิทธิภาพ (Business Deployment: Proof-of-Performance)</th></tr>
<tr><th rowspan="2">การนำไปใช้และขยายผล</th><th rowspan="2">ระบบงานบริการภายในกองนวัตกรรมและวิจัย</th><th rowspan="2"></th><th colspan="2">ผลผลิต (Output)</th></tr>
<tr><th></th><th>หลักฐาน (Evidence)</th></tr>
<tr><td>การวิจัยและพัฒนานวัตกรรม (Research and Development Innovation)</td><td>- ให้คำปรึกษาการจด สิทธิบัตร (Patent)
- ให้คำปรึกษาการวางแผนการตลาด
- ให้คำปรึกษาการรับรองมาตรฐาน (Standard Certification)
ให้คำปรึกษาวิชาการ Academic Consulting
Full Text Finder
DDC CLEARANCE
การตรวจวิจัยทางด้าน SCIENTIFIC
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย Ethics Committee</td><td>→</td><td>○ ผลิตภัณฑ์ (Product Innovation)
○ กระบวนการ (Process Innovation)
○ การบริการ (Service Innovation)</td><td>○ ผลิตภัณฑ์วิชาการ (คู่มือ แนวทาง หลักสูตร)
อักขราวิสุทธิ์
QUALITY ASSURANCE</td></tr>
</table>

รูปที่ 9 การนำไปใช้และขยายผล (จาก TRL 8 ถึง TRL 9)

เมื่อเข้าสู่ระยะการนำไปใช้จริงและขยายผล จะใช้การทดสอบภาคสนามแบบ Hybrid Effectiveness-Implementation[87] ซึ่งเป็นวิธีวิจัยที่ผสมผสานการประเมินทั้งประสิทธิผลของนวัตกรรม และกระบวนการนำไปใช้จริง พร้อมกัน วิธีนี้ช่วยลดช่องว่างระหว่างการวิจัยและการปฏิบัติ ลดเวลาที่ต้องใช้จากแนวคิดหรือต้นแบบสู่การใช้งานจริง และสามารถย่นระยะเวลาจากงานวิจัยสู่ปฏิบัติการ ควบคู่ไปกับการวางแผนจัดการอุปสรรคด้านกฎระเบียบและนโยบาย หรือข้อจำกัดทางกฎหมายอาจทำให้นวัตกรรมไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันที วัฒนธรรมและพฤติกรรมผู้ใช้ และการบูรณาการกับระบบบริการสุขภาพที่มีอยู่ เพื่อให้การขยายผลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้นวัตกรรมในการควบคุมโรคและสุขภาพสาธารณะสามารถนำไปใช้ได้จริง ภาครัฐควรส่งเสริมการร่วมมือระหว่างสถาบันภาครัฐ บริษัทเอกชน องค์กรวิจัย และองค์กรที่ไม่ใช่ภาครัฐ เพื่อให้สามารถเข้าถึงทรัพยากรที่หลากหลาย รวมถึงความเชี่ยวชาญและแหล่งเงินทุนตลอดกระบวนการพัฒนา นอกจากนี้ยังควรบูรณาการความเชี่ยวชาญจากหลายสาขา เพื่อให้มั่นใจว่านวัตกรรมสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริงในภาคส่วนต่าง ๆ ขององค์กรหรือสังคม เช่น การบูรณาการผู้เชี่ยวชาญจากวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ และสังคมศาสตร์ ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านสุขภาพ

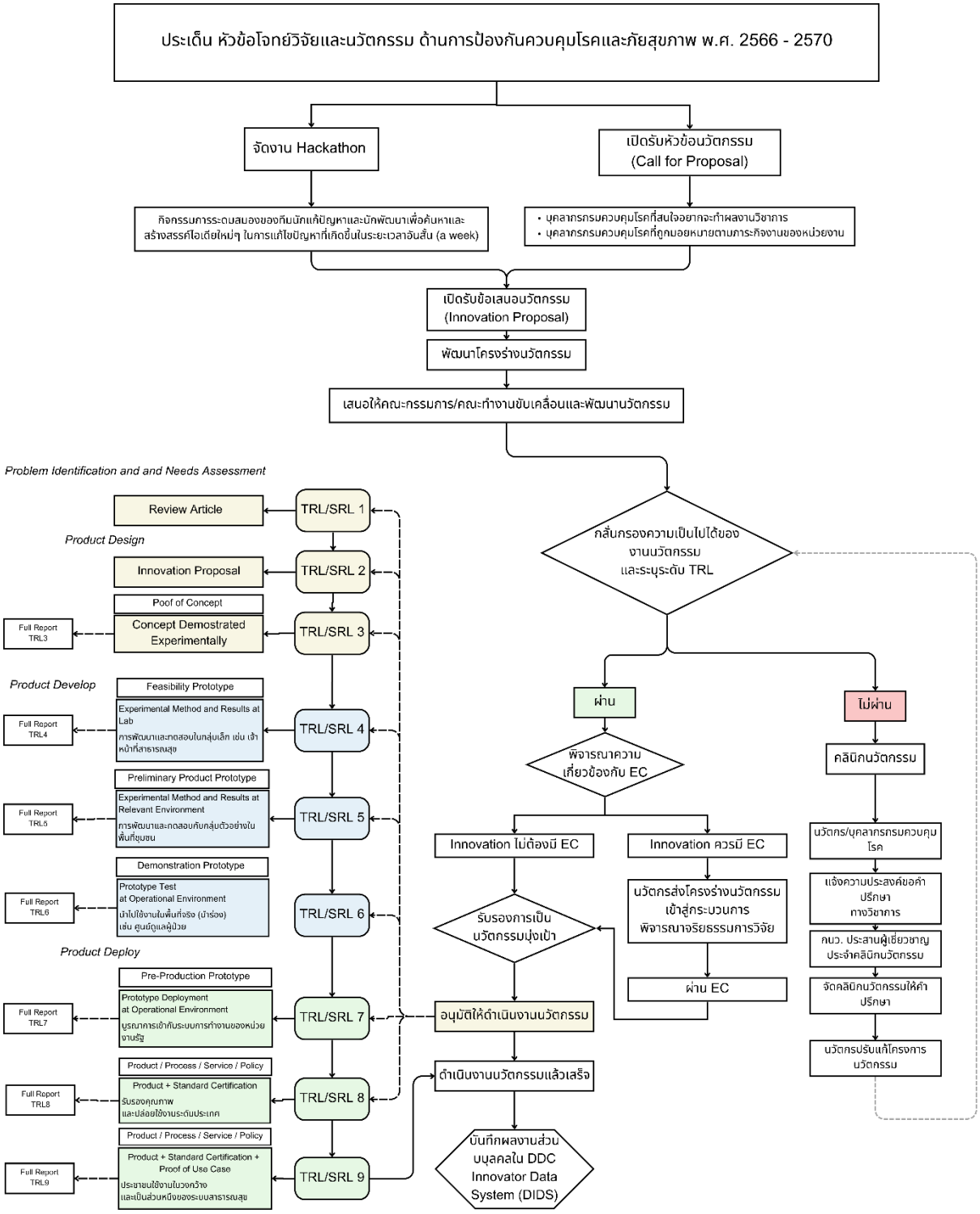
สุดท้าย การดำเนินงานทั้งหมดต้องอยู่บนพื้นฐานของตัวชี้วัดผลกระทบและการเรียนรู้ต่อเนื่อง โดยกำหนดแผนการติดตามประเมินผลรายไตรมาส ใช้หลักการประเมินผลการนำงานวิจัยหรือนวัตกรรมไปใช้ในชุมชนหรือระบบสาธารณสุข (Reach, Effectiveness, Adoption, Implementation, Maintenance: RE-AIM)[88] เป็นกรอบหลัก ได้แก่ การประเมินความสามารถในการเข้าถึง (Reach) การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรม (Effectiveness) การประเมินการยอมรับจากหน่วยงานหรือบุคลากร (Adoption) การประเมินผลการนำไปปฏิบัติตามแบบแผนหรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ (Implementation) และการประเมินความยั่งยืนการใช้นวัตกรรม (Maintenance) เพื่อให้สามารถเรียนรู้และปรับปรุงนวัตกรรมอย่างต่อเนื่อง เชื่อมโยงกับกรอบ ประเมินบริบท Consolidated Framework for Implementation Research (CFIR)[89] ซึ่งเป็นตัวกำหนดบริบทที่สำคัญของการนำงานวิจัยหรือโปรแกรมไปใช้จริง และสนับสนุนการวิเคราะห์และเข้าใจปัจจัยความสำเร็จของการดำเนินงานประกอบด้วย 5 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ คุณสมบัติของนวัตกรรม (Intervention Characteristics) สิ่งแวดล้อมภายนอกที่ส่งผลต่อการนำไปใช้ (Outer Setting) สิ่งแวดล้อมภายในองค์กร (Inner Setting) ลักษณะของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง (Characteristics of Individuals) และกระบวนการนำไปใช้ (Process) การบูรณาการ CFIR[89] เข้ากับ RE-AIM[88] ช่วยให้กรมควบคุมโรคสามารถประเมินทั้ง ผลลัพธ์เชิงปฏิบัติการและปัจจัยเชิงบริบท พร้อมกัน ในขณะเดียวกัน การดำเนินงานทุกขั้นตอนต้องคำนึงถึง จริยธรรม ความเป็นส่วนตัว และความปลอดภัยของข้อมูล โดยเฉพาะในโครงการดิจิทัลเฮลท์หรือที่เกี่ยวข้องกับ AI ซึ่งอาจเก็บหรือวิเคราะห์ข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล การปฏิบัติตามหลักสากลเหล่านี้ช่วยสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้และประชาชน พร้อมป้องกันผลกระทบด้านกฎหมายหรือความเสี่ยงต่อข้อมูล

6.3 รูปแบบ/กลไลพัฒนานวัตกรรม (Innovation Pipeline) ของกรมควบคุมโรคตั้งแต่ TRL/SRL 1 - 9

ที่ผ่านมายังไม่มีกระบวนการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรคที่ชัดเจน มีเพียงความพยายามในการสร้างหลักสูตรการอบรมที่เน้นพัฒนาศักยภาพบุคลากร ทั้งพี่เลี้ยงนวัตกรรม (Coach) และนวัตกร (Innovator) สำหรับบริการที่มีอยู่ในกองนวัตกรรมและวิจัย (กนว.) เห็นได้ชัดว่ากระบวนการสนับสนุนงานนวัตกรรมยังคงขาดอีกหลายปัจจัยทั้งการสนับสนุนทางการเงิน ด้านข้อมูลและการวิจัย (เชิงวิชาการ) ด้านกฎหมายและนโยบาย และด้านการมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เพื่อให้กระบวนการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรคมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถถูกผลักดันให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม จึงขอเสนอรูปแบบ/กลไกการพัฒนานวัตกรรม (Innovation Pipeline) ของกรมควบคุมโรคโดยยึดกรอบ TRL/SRL ตั้งแต่ TRL/SRL 1 – 9 ดังนี้

กลไกการสนับสนุนงานนวัตกรรมของกรมควบคุมโรค เริ่มจากคัดเลือกที่มาขอโจทย์จากประเด็นหัวข้อโจทย์วิจัยและนวัตกรรมด้านการป้องกันควบคุมโรคและภัยสุขภาพ พ.ศ. 2566 – 2570 ที่กองนวัตกรรมและวิจัย (กนว.) ได้จัดทำขึ้น ซึ่งได้มีการรวบรวมกรอบ ทิศทางงานวิจัยและนวัตกรรมที่สามารถนำไปใช้แก้ปัญหาสำคัญ และตอบโจทย์ความต้องการของประเทศ ตามแผนด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม พ.ศ. 2566 – 2570 ของประเทศ และเป้าหมายการลดโรคและภัยสุขภาพ ตามยุทธศาสตร์ชาติด้านการป้องกันควบคุมโรคและภัยสาธารณสุข ระยะ 20 ปี จากนั้นประชาสัมพันธ์หัวข้อหรือโจทย์ที่ยังคงมีความต้องการไปยังผู้ที่สนใจ ทั้งผ่านทาง 1.1) การกิจกรรมการระดมความคิดและพัฒนานวัตกรรมอย่างเข้มข้นภายในระยะเวลาจำกัด (Hackathon) หรือ 1.2) มุ่งเน้นการรับแนวคิดจากนักวิจัย นักวิชาการ และภาคเอกชน จากนั้น2) เปิดรับข้อเสนอนวัตกรรม (Innovation Proposal) จากผู้ที่สนใจเหล่านั้นและเข้าสู่ 3) กระบวนการพัฒนาโครงร่างนวัตกรรม 4) เสนอให้คณะกรรมการขับเคลื่อนนวัตกรรมพิจารณาและกลั่นกรองความเป็นไปได้ของนวัตกรรม 4.1) หากที่ไม่ผ่านการกลั่นกรองความเป็นไปได้ของงงานนวัตกรม นวัตกรสามารถแจ้งความประสงค์ขอรับบริการปรึกษาทางวิชาการผ่านกระบวนการของคลินิกนวัตกรรม พร้อมทั้งแจ้งสถานะของการดำเนินงานนวัตกรรม และหัวข้อที่ต้องการปรึกษา จากนั้นทาง กนว. จะทำการประสานผู้เชี่ยวชาญประจำคลินิกนวัตกรรม เพื่อจัดคลินิกให้คำปรึกษา นวัตกรปรับแก้โครงการนวัตกรรมและเสนอให้คณะกรรมการขับเคลื่อนและพัฒนานวัตกรรมกลั่นกรองความเป็นไปได้ของงานนวัตกรรมอีกครั้งหนึ่ง 4.2) ในกรณีที่ผ่านการกลั่นกรองจะเข้าสู่ 5) กระบวนการพิจารณาความเกี่ยวข้องกับจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (Ethics Committee: EC) 5.1) หากการสร้างนวัตกรรมนั้นไม่มีความจำเป็นต้องขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ทีมนวัตกรจะได้รับการอนุมัติให้ดำเนินงานนวัตกรรมโดยคณะกรรมการขับเคลื่อนนวัตกรรม 5.2) ในกรณีที่มีความจำเป็นจะต้องขอการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ให้ดำเนินการตามกระบวนการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยต่อไป (หน่วยบริการโดยสำนักงานเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยกรมควบคุมโรค) 6) เมื่อดำเนินงานแล้วเสร็จให้ทำการประเมินระดับความพร้อมของงานนวัตกรรมที่ได้จัดทำขึ้นผ่าน Self-Assessed Technology Readiness Level Canvas (รูปที่ 4) หรือศึกษาเพิ่มเติมจากบทที่ 4 ข้อที่ 4.2 การประเมินระดับความพร้อมของนวัตกรรมและระดับการยอมรับของสังคมตาม TRL/SRL จากนั้น

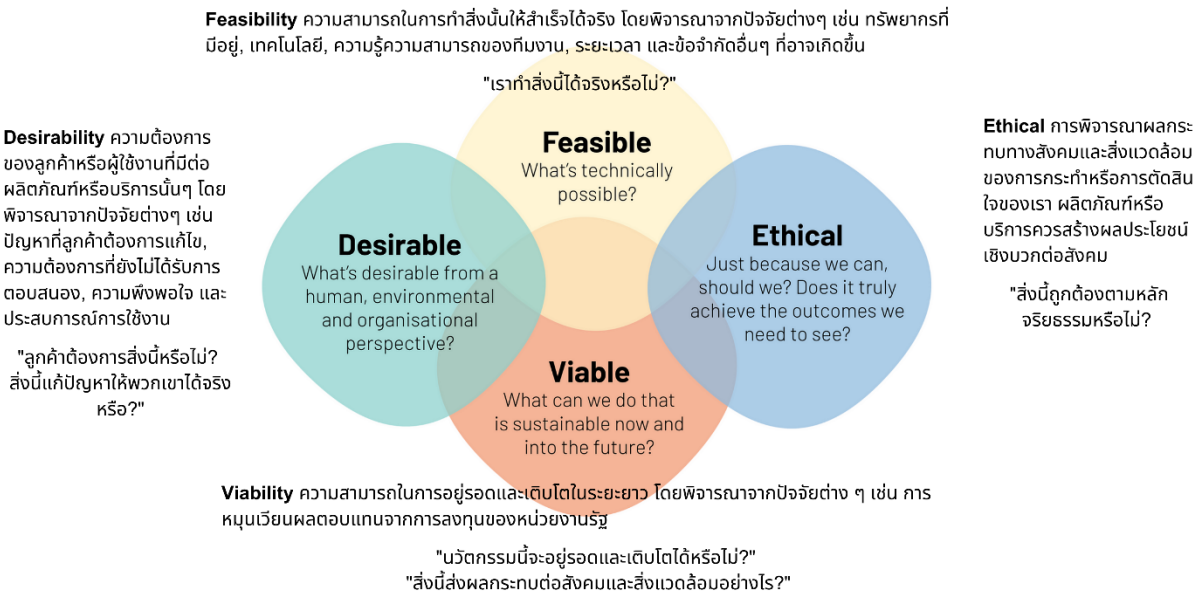
7) บันทึกผลงานส่วนบุคคลในระบบ (DDC Innovator Data System: DIDS) ถือเป็นการสิ้นสุดกระบวนการ (รูปที่ 10)



รูปที่ 10 รูปแบบ/กลไกการพัฒนานวัตกรรม (Innovation Pipeline) พัฒนานวัตกรรม ของกรมควบคุมโรค

สำหรับการพัฒนานวัตกรรมของกรมควบคุมโรคตามกรอบ TRL/SRL 1 – 9 สามารถปรับใช้การบูรณาการแนวคิดนวัตกรรมเพื่อสังคม (Social Innovation) แนวคิดนวัตกรรมแบบเปิด (Open Innovation)[13, 14] และการวิจัยพัฒนา (Research and Development) เน้นสร้างการมีส่วนร่วม (Inclusiveness) ด้วยการเปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกกลุ่มมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนาการทำงานร่วมกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย รวมถึงผู้ปฏิบัติงานภาครัฐ ชุมชน และผู้ที่ได้รับผลกระทบ[15] เสริมสร้างการรับรู้และการมีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนานวัตกรรม และสร้างความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐ องค์กรภาคประชาสังคม และภาคเอกชน พร้อมทั้งเปิดรับความร่วมมือและความเชี่ยวชาญจากภายนอกเพื่อช่วยให้การออกแบบและพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล มุ่งเน้นการแก้ปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อสังคมในวงกว้าง (Social Impact) ผลลัพธ์ต้องสามารถดำเนินการได้ในระยะยาว ใช้ทรัพยากร ความรู้ และเทคโนโลยีจากหลายภาคส่วน (Integration) ตอบโจทย์ความต้องการของประชาชน (Human-centered)[63] เพื่อการสร้างนวัตกรรมที่สามารถตอบสนองต่อปัญหาทางสังคมอย่างยั่งยืน (Sustainable Innovation)[21] และสามารถปรับตัวได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน รวมทั้งสามารถทดลองปรับปรุงเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดผ่านกระบวนการที่เน้นการปฏิบัติจริงและการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน โดยมีขั้นตอนการทำงานที่ชัดเจนและเชื่อมโยงกันในแต่ละมิติ ดังนี้

ระยะที่ 1 ไอเดีย (IDEA) เป็นระยะที่ทำให้ไอเดียเกิดเป็นรูปธรรมมากขึ้นมีที่มาที่ไปชัดเจน อ้างอิงผลการศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบผ่านการทบทวนวรรณกรรม (Literature Review) หรือการทำแบบสำรวจข้อมูล (Survey Research) เก็บข้อมูลทั้งปฐมภูมิ (Primary Data) และทุติยภูมิ (Secondary Data) จัดทำเป็นบทความปริทัศน์ (Review Article) บทความวิชาการประเภทหนึ่งที่สรุป ประเมิน และสังเคราะห์งานวิจัยที่มีอยู่เกี่ยวกับหัวข้อใดหัวข้อหนึ่ง โดยนำเสนอภาพรวมของสถานะความรู้ในหัวข้อนั้น โดยเน้นให้เห็นถึงข้อตกลง ความขัดแย้ง และแนวโน้มใหม่สำหรับการพัฒนาต่อไป (TRL/SRL 1) จากนั้นร่าง Hypothesis ว่าอยากจะทำอะไรเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน ระบบ ผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น ทำอย่างไร และทำเมื่อไหร จัดทำเป็นข้อเสนอการพัฒนานวัตกรรม (Innovation Proposal) ที่อ้างอิงจาก Review Article ที่ได้จัดทำมาก่อนหน้า (TRL/SRL 2) จากนั้นลงมือการพิสูจน์แนวคิดนั้นเบื้องต้นด้วยการใช้แบบจำลองอย่างง่ายเพื่อให้แน่ใจว่าแนวคิดหรือสมมติฐานที่ตั้งขึ้นมีความเป็นไปได้ทั้งเชิงความเป็นไปได้ (Feasibility) ความอยู่รอดหรือความยั่งยืน (Viability) ความต้องการ (Desirability) และจริยธรรม (Ethical) (รูปที่ 11) จากนั้นจัดทำรายงานผลการออกแบบ สร้าง และทดสอบนวัตกรรมต้นแบบที่ได้รับการพิสูจน์แนวคิดฉบับสมบูรณ์ หรือสามารถเรียบเรียงโดยอ้างอิงและต่อยอดจากผลการศึกษาวิจัยก่อนหน้า (Fundamental Research) ทั้งนี้ต้องมั่นใจไว้ว่าผลการวิจัยดังกล่าวครอบคลุมประเด็นที่ต้องการพัฒนาหรือแก้ไข และพิสูจน์แล้วว่าแนวคิดที่ได้กล่าวในผลการศึกษาวิจัยนั้นได้รับการพิสูจน์ (TRL/SRL 3) และพร้อมสำหรับการพัฒนานวัตกรรมในระยะที่ 2 ต่อไป



รูปที่ 11 ความเป็นไปได้ (Feasibility) ความอยู่รอดหรือความยั่งยืน (Viability) ความต้องการ (Desirability) และจริยธรรม (Ethical)

ระยะที่ 2 การประดิษฐ์ (INVENTION) เป็นระยะการพัฒนานวัตกรรมให้สามารถใช้งานได้จริงผ่านการทดสอบความใช้ได้ของนวัตกรรมนั้น ๆ กับกลุ่มเป้าหมายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ตั้งแต่ระดับกลุ่มเจ้าหน้าที่สาธารณสุขหรือกลุ่มทีมนวัตกรรมเอง (TRL/SRL 4) ขยายสู่การทดสอบความใช้ได้ของนวัตกรรมกับกลุ่มเป้าหมายระดับพื้นที่ชุมชน (TRL/SRL 5) และยกระดับการยอมรับเข้าสู่การใช้งานจริงในพื้นที่นำร่องหรือศูนย์บริการนำร่อง เช่น ศูนย์ดูแลผู้ป่วย (TRL/SRL 6) โดยที่กระบวการหรือวิธีที่ใช้ในการทดสอบนวัตกรรมมีหลายวิธี ประกอบด้วยการทดสอบความเป็นไปได้ (Feasibility Testing) การทดสอบการใช้งาน (Usability Testing) การทดสอบฟังก์ชันการทำงาน (Functionality Testing) การทดสอบประสิทธิภาพ (Performance Testing) การทดสอบความปลอดภัย (Safety Testing) การทดสอบความเข้ากันได้ (Compatibility Testing) การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability Testing) การทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing) จากนั้นเพิ่มความพร้อมให้กับงานนวัตกรรม (Product/Process/Service) ก่อนการนำไปใช้จริง (TRL 7) เริ่มจากบูรณาการเข้ากับระบบการทำงานของหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง และทำการทดสอบความปลอดภัย (Safety Testing) การทดสอบความเข้ากันได้ (Compatibility Testing) การทดสอบความน่าเชื่อถือ (Reliability Testing) การทดสอบความสอดคล้องกับมาตรฐาน (Compliance Testing) การทดสอบตลาด (Market Testing) การทดสอบความสามารถในการขยาย (Scalability Testing) การทดสอบการผลิต (Manufacturing Testing) การทดสอบสภาพแวดล้อม (Environmental Testing) การทดสอบการบำรุงรักษา (Maintenance Testing) และการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (User Acceptance Testing) หรือศึกษาเพิ่มเติมจากบทที่ 2 ข้อที่ 2.8 กระบวนการ/วิธีที่ใช้ในการทดสอบนวัตกรรม และพิสูจน์แล้วว่านวัตกรรม (Product/Process/Service) ที่สร้างหรือพัฒนาขึ้นนั้นได้รับการพิสูจน์และพร้อมสำหรับการนำไปใช้จริงในระยะที่ 3 ต่อไป

ระยะที่ 3 INNOVATION เป็นระยะที่สร้างความเชื่อมั่นและเพื่อให้มั่นใจได้ว่านวัตกรรมนั้นพร้อมสำหรับการนำไปใช้จริง ได้รับการทดสอบถึงผลกระทบที่จะต้องคำนึงถึงครบทุกด้าน และผ่านการรับรองมาตรฐานคุณภาพที่เกี่ยวข้อง เช่น มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) มาตรฐาน ISO 13485 สำหรับอุปกรณ์ทางการแพทย์ หรือสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) (TRL/SRL 8) และระดับความพร้อมขั้นสุดท้ายคือการนำไปใช้จริงกับประชาชนในวงกว้างและควรเป็นส่วนหนึ่งของระบบสาธารณสุขของประเทศไทย (TRL/SRL 9)

ภาคผนวก

ตัวอย่างผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่ายภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรมของ กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค

การพัฒนานวัตกรรมด้านการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรค และภัยสุขภาพ บ่มเพาะและสนับสนุนอย่างใกล้ชิดตลอดในช่วง 4 ปีที่ผ่านมา ปรับใช้การกรอบแนวคิดเชิงออกแบบ (Design Thinking) และ Co-Creation โดยยึดผู้ใช้งานเป็นศูนย์กลาง (Human Centered Approach) เริ่มตั้งแต่การเข้าอกเข้าใจและกำหนดปัญหา ค้นหาสาเหตุปัญหาที่แท้จริงและมีคุณค่าต่อผู้ใช้งาน ต่อด้วยการระดมสมองเพื่อสร้างสรรค์ไอเดียใหม่ ๆ การสร้างต้นแบบและทดสอบอย่างรวดเร็วกับผู้ใช้งาน และสุดท้ายการพัฒนาไอเดียเหล่านั้นให้มีความยั่งยืนและสอดคล้องกับบริบทของระบบสาธารณสุขไทย

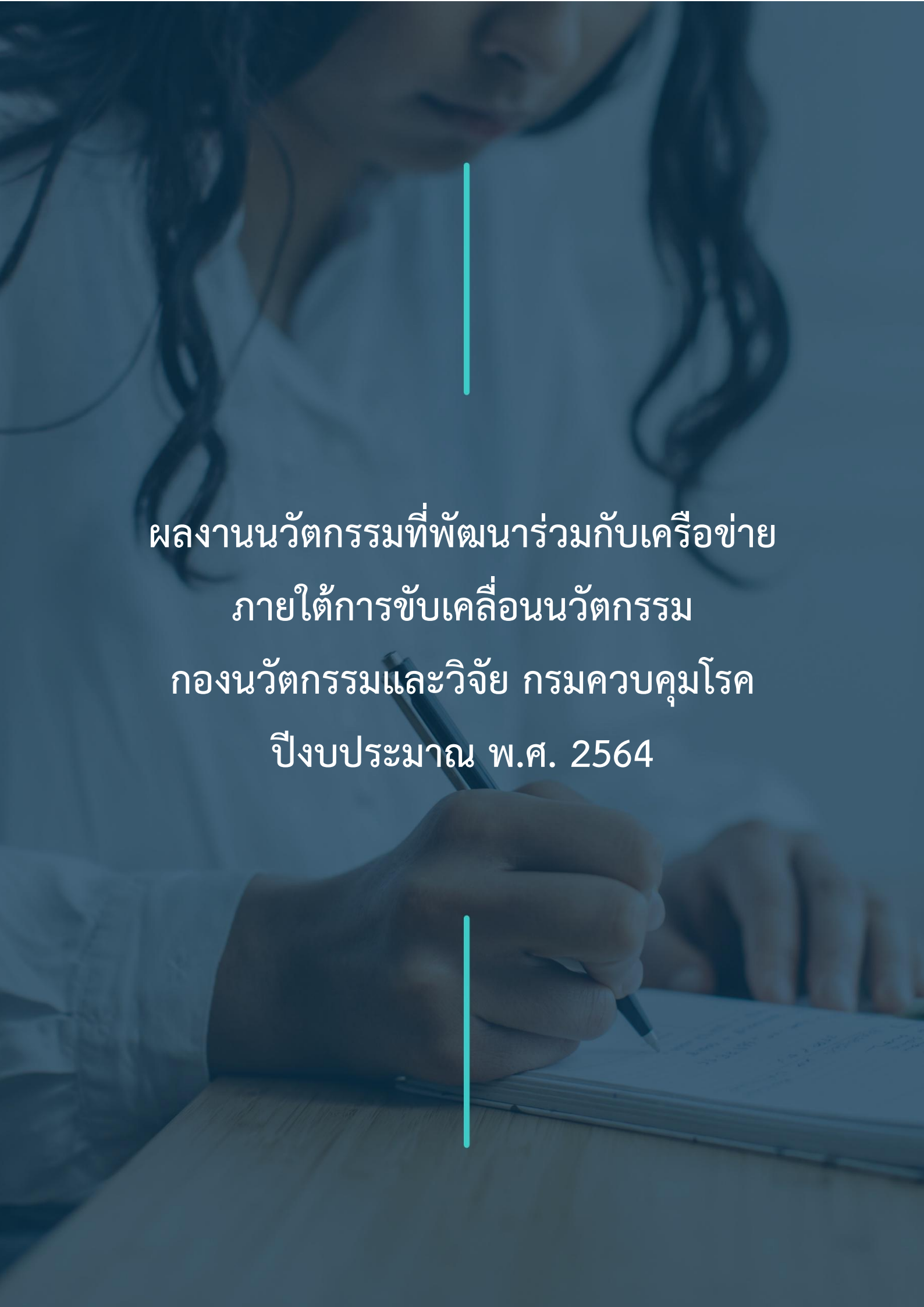
ตารางที่ 1 ตัวอย่างผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่ายภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรมของกองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	รายละเอียด	หน่วยงาน
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564			
1	Safeside box และ Safeside dashboard	พัฒนาต้นแบบกล่องจับสัญญาณที่ใช้ในการติดตามข้อมูลจากรถโดยสาร และ ระบบแสดงผลสถานการณ์การเคลื่อนที่ของรถยนต์และการแจ้งเตือนอุบัติเหตุในการส่งข้อมูลแบบทันต่อสถานการณ์ ซึ่งในภายหลังคือ “Safeside box” และ “Safeside dashboard” พร้อมทดสอบการทำงานของอุปกรณ์	กองนวัตกรรมและวิจัย
2	iHealthy Work Screening Solution	พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ คือ แอปลิเคชัน คัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นของกลุ่มอาการโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ (MSD) และระบบ visualization ออกมาเป็นแอปลิเคชัน Well life “iHealthy Work Screening Solution” พร้อมทดสอบการทำงานของเครื่องมือ	กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
3	Easy Lab Line Chatbot	พัฒนาต้นแบบ Line chatbot “ Easy-Lab” เครื่องมือให้คำปรึกษาด้านการเก็บตัวอย่างสิ่งส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการในกรณีพบการระบาดของโรค	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565			
1	ต้นแบบรถเข็นปรับนอนได้ ที่เคลื่อนย้าย	ต้นแบบรถเข็นปรับนอนได้ ที่เคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ทุกสถานการณ์ สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 100 Kg. ปรับสูง-ต่ำ/	สถาบันราชประชาสมาสัย

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	รายละเอียด	หน่วยงาน
	ผู้ป่วยได้ทุกสถานการณ์	ปรับนั่ง-นอน ช่วยผ่อนแรง กันน้ำกันสนิม มีระบบล็อคล้อและง่ายต่อการรักษา	
2	Application “คิด SAFE KIDs	พัฒนาต้นแบบแอปพริเคชัน “คิด SAFE KIDs เราคิดเพื่อเด็กไทย ปลอดภัยบนท้องถนน” ระบบจัดการขนส่งและเส้นทาง (Main and Feeder System) “ลดการบาดเจ็บเสียชีวิตจากการจราจรทางถนนของกลุ่มนักเรียนอายุน้อยกว่า 15 ปี ในการเดินทางไป-กลับโรงเรียน”	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น
3	ข้อมูลวัคซีน DT ในแอปพริเคชันหมอพร้อม	พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ คือ การเพิ่มวัคซีน DT ในแอปพริเคชันหมอพร้อม โดยเพิ่มขั้นตอนการ LOG-IN ด้วยใบหน้า การเพิ่มประวัติการได้รับวัคซีนคอตีบและบาดทะยัก (DT) ตั้งแต่จำนวนเข็ม วันที่ฉีด หน่วยบริการที่ได้รับวัคซีน ซึ่งสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์ได้ รวมถึงการเพิ่มฟังก์ชัน CHAT BOT การให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัคซีน และการแจ้งเตือนนัดหมายการฉีดวัคซีนครั้งต่อไป	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 นครสวรรค์
4	Line Chatbot with OCR	ต้นแบบเครื่องมือ “ระบบจองคิวนัดรับบริการของหน่วยกามโรคฯ Line Chatbot with OCR” Disease control Songkhla smart services Queue	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา
5	I-Reader I-Reading by AI	พัฒนาต้นแบบโปรแกรม I-Reader I-Reading by AI เป็นกระบวนการวินิจฉัย - นัดหมายแพทย์ ผู้เชี่ยวชาญ โดยแพทย์โรงพยาบาลชุมชนสามารถอัพโหลดภาพฟิล์ม X-ray เข้าโปรแกรมให้ AI ประเมินความเสี่ยงของโรค มี Popup แจ้งเตือนการซักประวัติเสี่ยงจากการประกอบอาชีพ ส่งต่อแพทย์ B-reader ได้โดย แพทย์ B-reader สามารถอ่านผลและให้คำปรึกษาผ่าน I-Reader ได้ทันที	กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม
6	ระบบการแสดงสถานะห้องน้ำและการแบ่งโซนห้องน้ำที่ว่าง	พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ คือ จอแสดงผลระบุสถานะห้องน้ำและการแบ่งโซนห้องน้ำที่ว่าง แบบออนไลน์ เครื่องกดบัตรด่วน ใช้จองคิวห้องน้ำ แอลกอฮอล์เจลล้างมือและทิชชูไร้สัมผัส ก๊อกน้ำอัตโนมัติ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกใช้งานแบบไร้การสัมผัส	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ชลบุรี

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	รายละเอียด	หน่วยงาน
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566			
1	Condom for me ถุงยางฟรี Delivery ถึงบ้าน	พัฒนาต้นแบบ Condom For Me Platform to EMPOWER Youth to Have Safe Sex	กองโรคเอดส์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์
2	Bot Health Station: BHS	พัฒนาต้นแบบ Mobile Checkup Units to Personal Health Data	โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชปัว
3	Health Connect Boxset 1	พัฒนาต้นแบบ Primary Care Unit tool for NCD Screening	สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี
ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567			
1	Digital Disease Surveillance (DDS)	พัฒนาต้นแบบระบบคืนข้อมูลเฝ้าระวังโรค ที่หลากหลายในกลุ่มเจ้าหน้าที่ระบาดวิทยาใน สสจ.สงขลา ทำให้ไม่สามารถคืนข้อมูลเฝ้าระวังโรคให้ตรงกับความต้องการของทุกคนได้	กองระบาดวิทยา
2	แอปพริเคชันจำแนกเห็ดพิษ	พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันจำแนกเห็ดพิษ เพื่อช่วยให้ประชาชนสามารถจำแนกเห็ดพิษได้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษจากการรับประทานเห็ดพิษ (Mushroom Poisoning) ในพื้นที่จ.น่าน	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 จังหวัดเชียงใหม่
3	Mission to road safety	พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนสำหรับเด็กและเยาวชน ให้มีทัศนคติในการขับขี่ที่ปลอดภัยมากขึ้น การใช้ข้อมูลความเสี่ยง และจุดอันตราย	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 จังหวัดนครสวรรค์
4	OV-ONE STOP SERVICE	พัฒนาต้นแบบระบบสนับสนุน/เครื่องมือตรวจและกำจัดพยาธิใบไม้ตับในปลาร้า ปลาส้มดิบก่อนรับประทานในพื้นที่ที่มีการติดเชื้อสูง ของจังหวัดมหาสารคาม	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น
5	สมุดเชื่อมใจ	พัฒนาต้นแบบสมุดเชื่อมใจเพื่อให้บุคคลในสังคมมีความตระหนักรู้ถึงยาเสพติดว่าเป็นสิ่งที่ไม่ดี ไม่เป็นที่ยอมรับในสังคม ทำให้เกิดความรู้สึกไม่ปลอดภัย หวาดกลัว เลือก	โรงพยาบาลธัญญารักษ์เชียงใหม่

ลำดับที่	ชื่อนวัตกรรม	รายละเอียด	หน่วยงาน
		ปฏิบัติ ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกไม่มั่นใจ ลดทอนคุณค่าตนเอง หวาดกลัวการเข้าสังคม และไม่เข้ารับการรักษา	
6	นวัตกรรมพ่นสารเคมีควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย	พัฒนาต้นอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor Residual Spraying: IRS) ที่ใช้ในภาระกิจควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ได้ทางเลือกใหม่ที่ฉีดพ่นได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องอัดลม ลดขั้นตอนการทำงานลง 50% (ฉีดพ่นควบคุมโรคได้เร็วขึ้น) และน้ำหนักเบาลง 30% (ลดความเมื่อยล้าจากการทำงาน)	สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ชลบุรี



ผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่าย ภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรม กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

Safeside box และ Safeside dashboard

การพัฒนาต้นแบบกล่องจับสัญญาณสำหรับติดตามข้อมูลจากรถโดยสาร พร้อมระบบแสดงผลสถานการณ์การเคลื่อนที่ของรถยนต์และแจ้งเตือนอุบัติเหตุ มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการขนส่งสาธารณะ และสนับสนุนการบริหารจัดการการจราจรอย่างมีประสิทธิภาพ ต้นแบบนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์ Safeside Box สำหรับเก็บและส่งข้อมูลการเคลื่อนที่ของรถแบบเรียลไทม์ และระบบ Safeside Dashboard สำหรับแสดงผลข้อมูลและแจ้งเตือนกรณีเกิดอุบัติเหตุหรือเหตุการณ์ฉุกเฉิน กล่องจับสัญญาณจะบันทึกข้อมูล เช่น ความเร็ว การเบรก การเลี้ยว และตำแหน่งรถแบบเรียลไทม์ ส่งต่อไปยัง Dashboard เพื่อให้ผู้ควบคุมระบบสามารถติดตามสถานการณ์ การเคลื่อนที่ และพฤติกรรมการขับขี่ได้ทันที ระบบยังสามารถแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ช่วยให้สามารถตอบสนองต่อเหตุฉุกเฉินได้รวดเร็ว การพัฒนาต้นแบบ Safeside Box และ Safeside Dashboard นี้ช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้โดยสาร ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน และสนับสนุนการจัดการระบบขนส่งสาธารณะที่มีประสิทธิผล นอกจากนี้ยังได้ทำการ ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ เพื่อประเมินความเสถียร ความแม่นยำ และความพร้อมใช้งานในสถานการณ์จริง

โดย กองนวัตกรรมละวิจัย

iHealthy Work Screening Solution

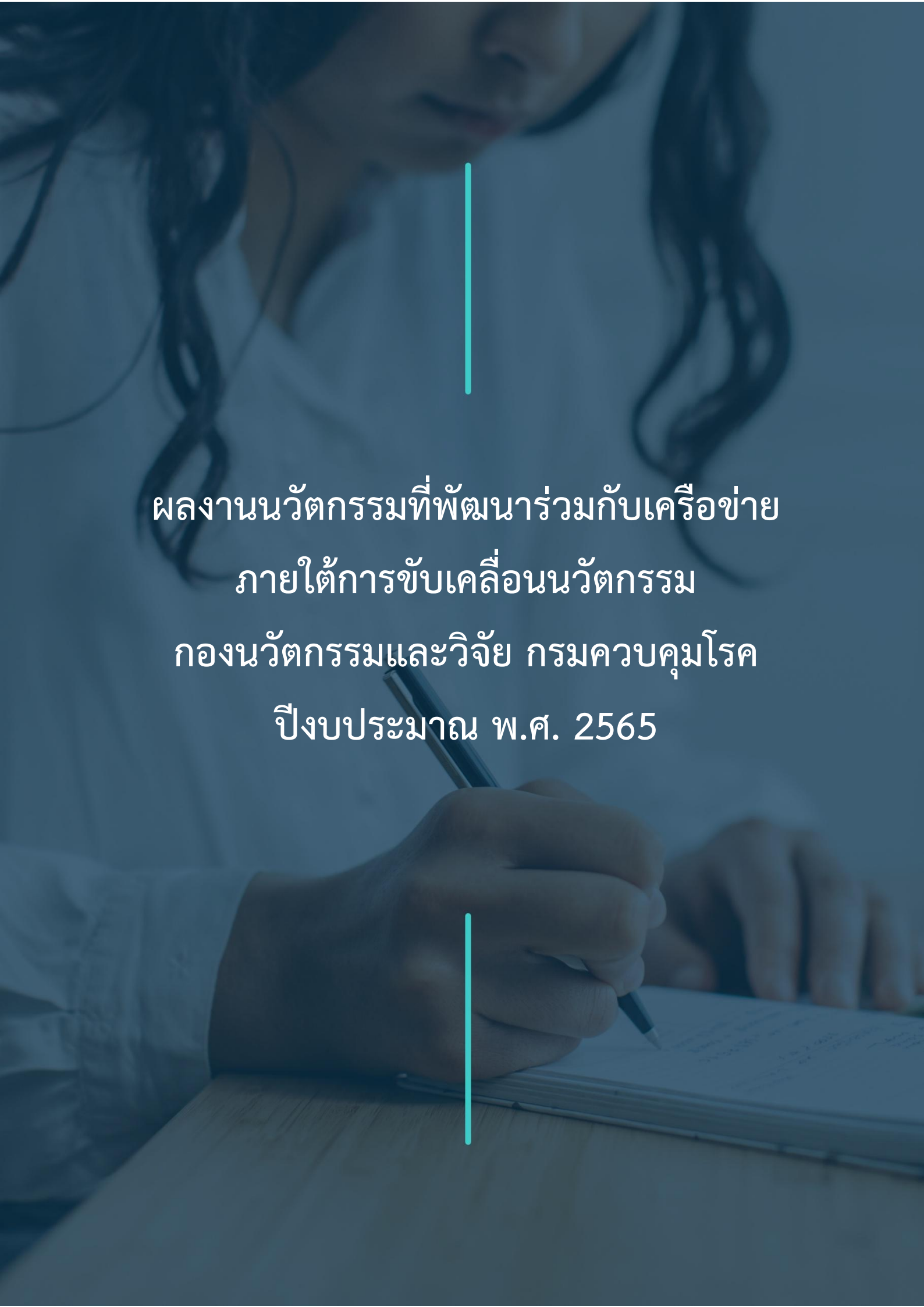
พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ แอปพลิเคชันคัดกรองความเสี่ยงเบื้องต้นของกลุ่มอาการโรคกระดูกและกล้ามเนื้อ (Musculoskeletal Disorders: MSD) ภายใต้ชื่อ Well Life “iHealthy Work Screening Solution” มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังและป้องกันโรค MSD ในกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน โดยให้ผู้ใช้สามารถประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของตนเองผ่านแอปพลิเคชันได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และเป็นมาตรฐาน ต้นแบบนี้ประกอบด้วยระบบ Visualization ที่สามารถแสดงผลข้อมูลความเสี่ยงในรูปแบบกราฟิกและแผนผัง เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับผู้ใช้และผู้บริหารองค์กร เพื่อให้เห็นภาพรวมของความเสี่ยงในระดับบุคคลและระดับองค์กรได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ ยังมีการทดสอบการทำงานของเครื่องมือเพื่อประเมินความถูกต้อง ความแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งานจริง การพัฒนาต้นแบบ Well Life “iHealthy Work Screening Solution” จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตระหนักถึงความเสี่ยงต่อโรค MSD และปรับพฤติกรรมการทำงานได้ทันเวลา รวมถึงช่วยให้องค์กรสามารถวางมาตรการป้องกันและจัดการสุขภาพแรงงานได้อย่างมีประสิทธิผล ส่งผลให้ลดอุบัติการณ์โรค MSD และเพิ่มคุณภาพชีวิตการทำงานอย่างยั่งยืน

โดย กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม

Easy Lab Line Chatbot

การพัฒนาต้นแบบ Line Chatbot “Easy-Lab” มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการให้คำปรึกษาด้านการเก็บตัวอย่างสิ่งส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะในกรณีพบการระบาดของโรค ต้นแบบนี้ออกแบบให้สามารถให้ข้อมูลและคำแนะนำเชิงปฏิบัติแก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุข บุคลากรห้องปฏิบัติการ และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ Easy-Lab สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง การจัดเก็บ การขนส่งตัวอย่างอย่างปลอดภัย รวมถึงข้อควรระวังด้านความปลอดภัยทางชีวภาพ ช่วยลดความสับสนและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นในสถานการณ์ฉุกเฉิน นอกจากนี้ Chatbot ยังสามารถให้คำแนะนำเชิงมาตรฐานตามแนวทางกรมควบคุมโรคและองค์การอนามัยโลก ทำให้บุคลากรสามารถปฏิบัติงานได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ การพัฒนาต้นแบบ Easy-Lab จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการตอบสนองต่อสถานการณ์การระบาด ลดความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน และส่งเสริมมาตรฐานการจัดการตัวอย่างทางห้องปฏิบัติการอย่างปลอดภัยและถูกต้อง

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 นครราชสีมา



ผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่าย ภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรม กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

รถเข็นปรับนอนได้ ที่เคลื่อนย้ายผู้ป่วยได้ทุกสถานการณ์

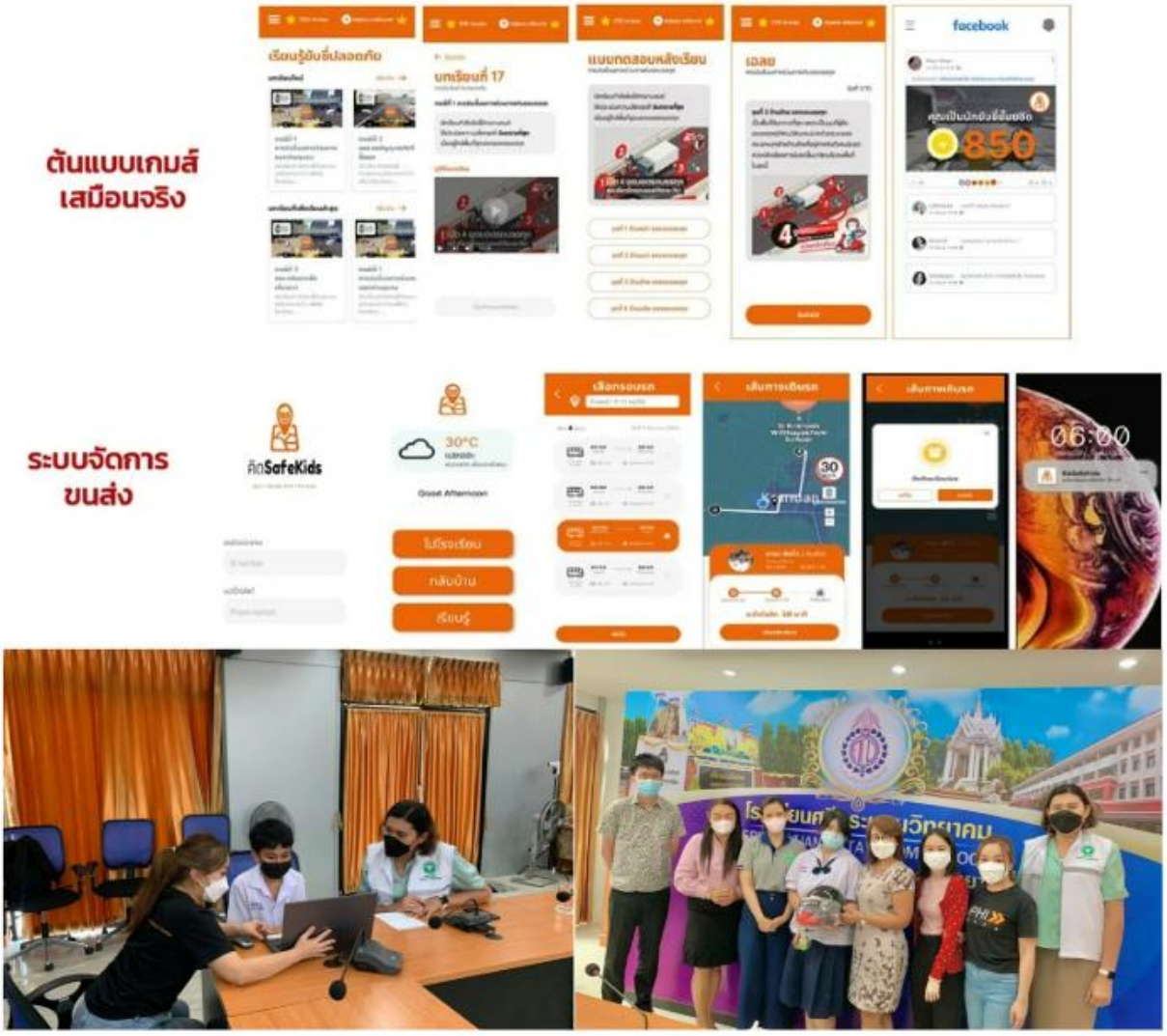
พัฒนาต้นแบบ รถเข็นปรับนอนได้สำหรับผู้ป่วย มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของบุคลากรทางการแพทย์ในโรงพยาบาล ต้นแบบนี้ออกแบบให้สามารถปรับเอนนอนตามสภาพร่างกายของผู้ป่วย และเคลื่อนย้ายได้ในทุกสถานการณ์ ทั้งในห้องพักผู้ป่วย ห้องฉุกเฉิน หรือระหว่างหน่วยงานภายในโรงพยาบาล นวัตกรรมนี้ช่วยให้การเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเป็นไปอย่างราบรื่น ลดแรงกดและแรงตึงที่เกิดขึ้นกับร่างกายของบุคลากร ลดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุและการบาดเจ็บ เช่น ปวดหลังหรือกล้ามเนื้อฉีกขาด รวมถึงเพิ่มความสะดวกและปลอดภัยต่อผู้ป่วยเอง ต้นแบบรถเข็นปรับนอนได้จึงไม่เพียงเป็นเครื่องมือช่วยงานทางคลินิก แต่ยังเป็นการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยและสวัสดิภาพของบุคลากรและผู้ป่วยในโรงพยาบาล

โดย สถาบันราชประชาสมาสัย

Application “คิด SAFE KIDs”

การพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชัน “คิด SAFE KIDs: เราคิดเพื่อเด็กไทย ปลอดภัยบนท้องถนน” มีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างความปลอดภัยในการเดินทางของเด็กนักเรียนอายุต่ำกว่า 15 ปี โดยเน้นการลดการบาดเจ็บและการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุจราจรทางถนนในเส้นทางไป-กลับโรงเรียน ต้นแบบนี้มีฟังก์ชันระบบจัดการขนส่งและเส้นทาง (Main and Feeder System) ซึ่งสามารถวางแผนเส้นทางการเดินทางที่ปลอดภัยทั้งเส้นทางหลักและเส้นทางต่อเชื่อม ตลอดจนติดตามการเคลื่อนที่ของนักเรียนแบบเรียลไทม์ เพื่อให้ผู้ปกครองและครูสามารถตรวจสอบความปลอดภัยของเด็กได้ นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังให้ข้อมูลคำแนะนำด้านความปลอดภัยในการเดินทาง เช่น จุดเสี่ยง จุดข้ามถนน และเวลาที่ควรระมัดระวัง การพัฒนาต้นแบบนี้ช่วยเพิ่มความตระหนักรู้เรื่องความปลอดภัยทางถนนให้กับเด็ก นักเรียน ผู้ปกครอง และชุมชนรอบโรงเรียน พร้อมทั้งสร้างมาตรฐานการจัดการขนส่งที่เป็นระบบและสามารถติดตามได้ ส่งผลให้การเดินทางไป-กลับโรงเรียนมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุจราจรในกลุ่มนักเรียนอายุน้อยกว่า 15 ปีอย่างมีประสิทธิผล

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น



ระบบการแสดงสถานะห้องน้ำและการแบ่งโซนห้องน้ำที่ว่าง

พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ ระบบห้องน้ำอัจฉริยะแบบไร้สัมผัส มีเป้าหมายเพื่อเพิ่มความสะดวก ปลอดภัย และสุขอนามัยในการใช้ห้องน้ำสาธารณะ โดยผสานเทคโนโลยีหลากหลายเข้าด้วยกันเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงบริการได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย ต้นแบบประกอบด้วย จอแสดงผลระบุสถานะห้องน้ำและการแบ่งโซนห้องน้ำที่ว่างแบบออนไลน์ ทำให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบและเลือกใช้ห้องน้ำได้ทันที นอกจากนี้ยังมีเครื่องกดบัตรด่วนสำหรับจองคิวห้องน้ำ ลดการรอคิวและความแออัดภายในพื้นที่ รวมถึงการติดตั้งแอลกอฮอล์เจลล้างมือและทิชชูแบบไร้สัมผัส และ ก๊อกน้ำอัตโนมัติ เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อจากการสัมผัสพื้นผิว การออกแบบอุปกรณ์ทั้งหมดให้ ใช้งานแบบไร้การสัมผัส (Touchless) ช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อและส่งเสริมสุขอนามัยส่วนบุคคล ตลอดจนสร้างความมั่นใจให้ผู้ใช้ในการเข้าห้องน้ำสาธารณะ ต้นแบบนี้จึงไม่เพียงเป็นนวัตกรรมด้านความสะดวกและประสิทธิภาพ แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการยกระดับมาตรฐานสุขอนามัยและความปลอดภัยในพื้นที่สาธารณะ

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ชลบุรี

ข้อมูลวัคซีน dT ในแอปพลิเคชันหมอพร้อม

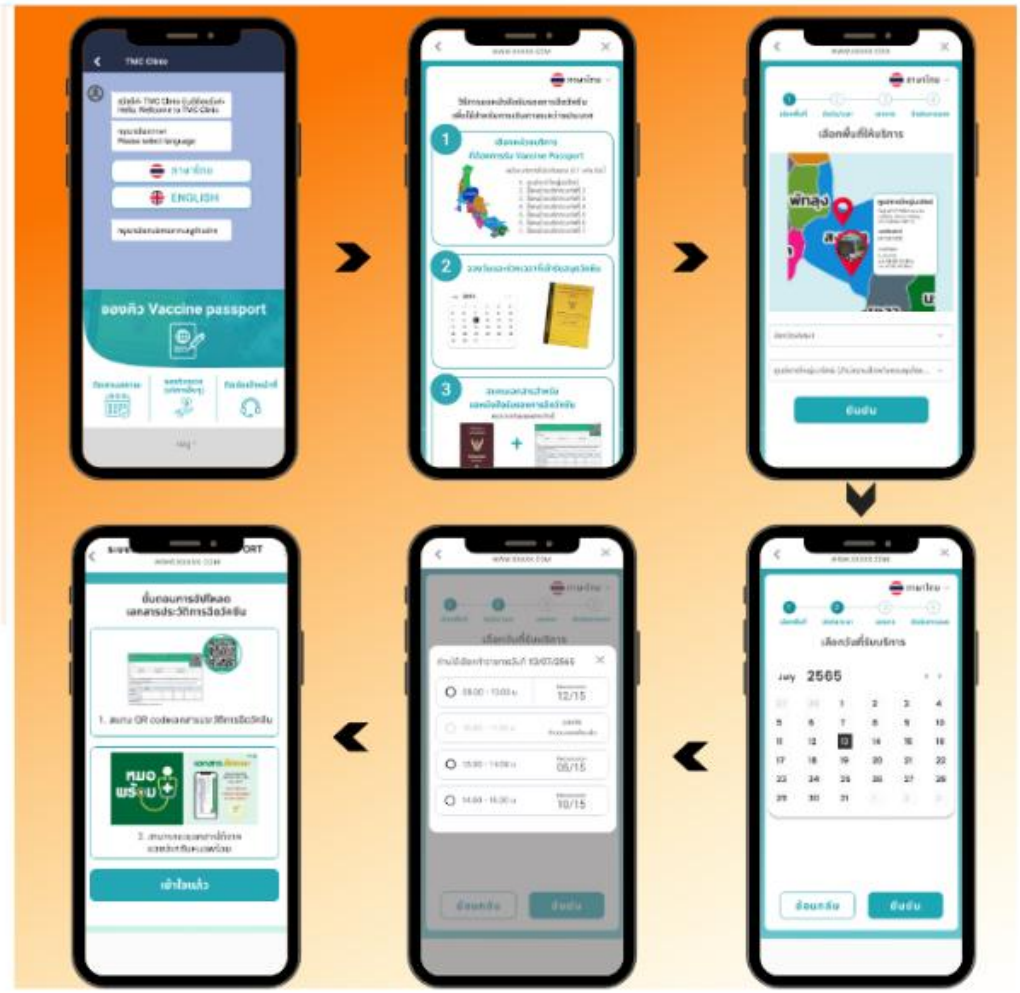
การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือโดยการ เพิ่มวัคซีน dT ในแอปพลิเคชันหมอพร้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อเสริมสร้างระบบบริหารจัดการข้อมูลวัคซีนให้ครอบคลุมและใช้งานสะดวกยิ่งขึ้น โดยต้นแบบนี้ได้ปรับปรุงและเพิ่มฟังก์ชันหลายด้านเพื่อรองรับความต้องการของผู้ใช้ เริ่มจากการเพิ่มขั้นตอนการ เข้าสู่ระบบด้วยใบหน้า (Face Login) เพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูลส่วนบุคคล รวมถึงการเพิ่มข้อมูล ประวัติการได้รับวัคซีนคอตีบและบาดทะยัก (dT) ทั้งจำนวนเข็ม วันที่ฉีด และหน่วยบริการที่ได้รับวัคซีน ผู้ใช้สามารถดาวน์โหลดข้อมูลเหล่านี้เป็นไฟล์เพื่อนำไปใช้งานหรือเก็บเป็นหลักฐานส่วนตัวได้ นอกจากนี้ ต้นแบบยังเพิ่ม ฟังก์ชัน Chatbot สำหรับให้ข้อมูลเกี่ยวกับวัคซีน เช่น ประโยชน์ ความเสี่ยง และคำแนะนำการฉีดวัคซีนอย่างปลอดภัย รวมถึงสามารถเพิ่มประวัติของบุคคลในครอบครัว เพื่อให้ผู้ปกครองสามารถติดตามและจัดการการฉีดวัคซีนของบุตรหลานได้อย่างสะดวก และระบบยังสามารถ แจ้งเตือนนัดหมายการฉีดวัคซีนครั้งต่อไป เพื่อให้ผู้ใช้ไม่พลาดการเข้ารับบริการตามกำหนด การพัฒนาต้นแบบนี้ช่วยให้ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลวัคซีนได้อย่างครบถ้วน รวดเร็ว และสะดวก พร้อมสร้างความมั่นใจในความปลอดภัยของการเก็บข้อมูลส่วนบุคคล อีกทั้งยังสนับสนุนให้ประชาชนปฏิบัติตามแผนการฉีดวัคซีนได้อย่างมีประสิทธิผล

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 นครสวรรค์

Line Chatbot with OCR”

พัฒนาต้นแบบเครื่องมือ “ระบบจองคิวนัดรับบริการของหน่วยกามโรคฯ Line Chatbot with OCR” เป็นนวัตกรรมที่ผสานเทคโนโลยีแชทบอต (Chatbot) และการรู้จำอักขระด้วยคอมพิวเตอร์ (Optical Character Recognition: OCR) เพื่ออำนวยความสะดวกให้ผู้รับบริการสามารถจองคิวเข้ารับบริการของหน่วยกามโรคผ่านช่องทางไลน์แอดของศูนย์หาดใหญ่นวรัตน์ ต้นแบบนี้อนุญาตให้ผู้รับบริการบันทึกข้อมูลโดยการอัปโหลดรูปถ่ายหรือถ่ายภาพเอกสารต่าง ๆ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลโดยใช้ระบบแปลข้อความอัตโนมัติ จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งต่อไปยังเว็บระบบจองคิว เพื่อบันทึกและยืนยันการนัดหมาย นอกจากนี้ ระบบยังสามารถดึงข้อมูลผู้รับบริการในรูปแบบ Excel จากเว็บ ไปคัดลอกและวางในระบบ Intervac พร้อมทั้งจัดทำรายงานที่เกี่ยวข้องได้โดยอัตโนมัติ การพัฒนาต้นแบบเครื่องมือนี้ช่วยลดขั้นตอนการทำงานซ้ำซ้อน ลดความผิดพลาดจากการกรอกข้อมูลด้วยตนเอง เพิ่มความรวดเร็วในการให้บริการ และอำนวยความสะดวกแก่ผู้รับบริการอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเสริมสร้างการจัดการข้อมูลที่เป็นระบบและสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ ทำให้หน่วยงานสามารถบริหารจัดการการนัดหมายและบริการเชิงรุกได้อย่างมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

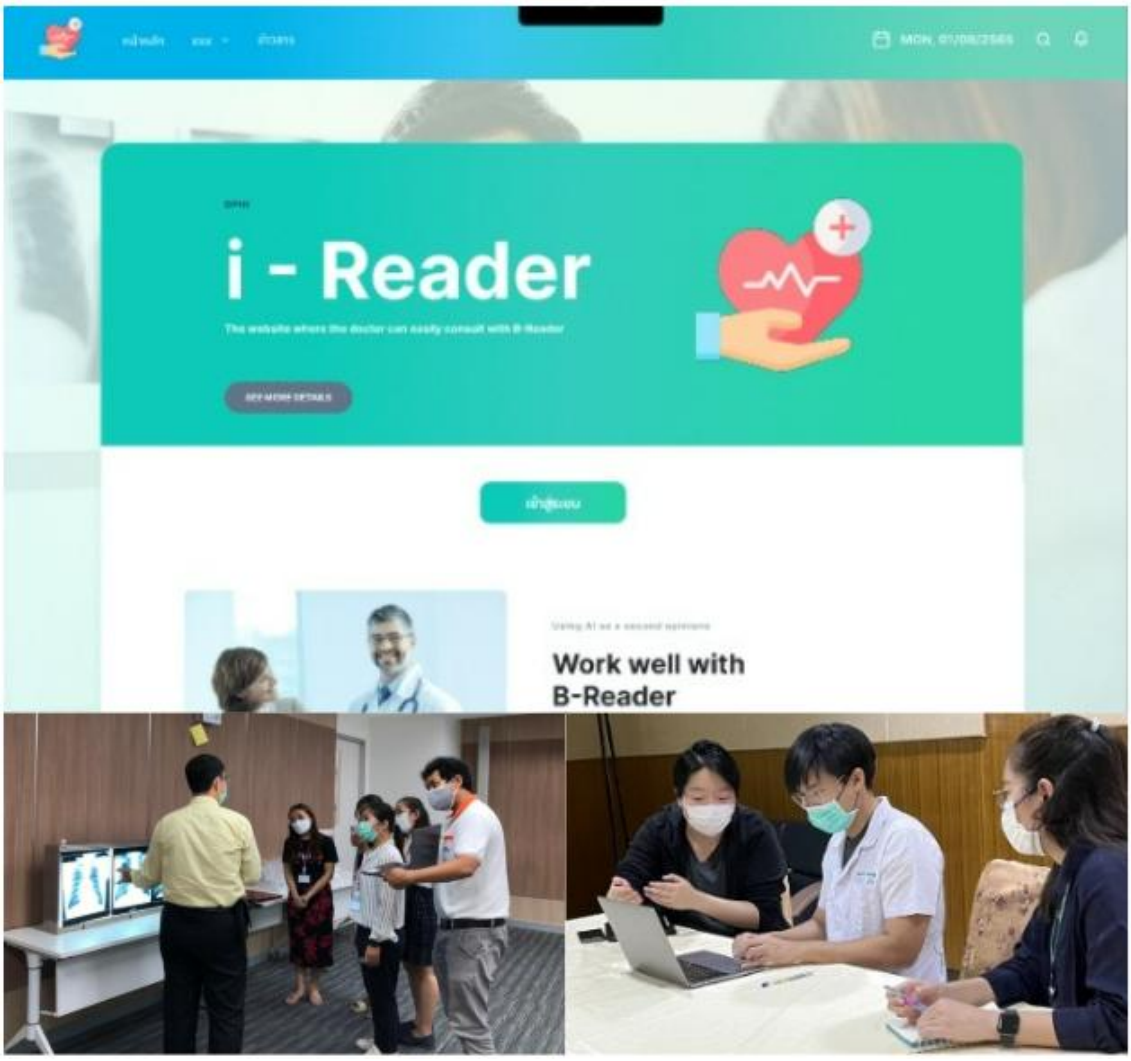
โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 12 สงขลา

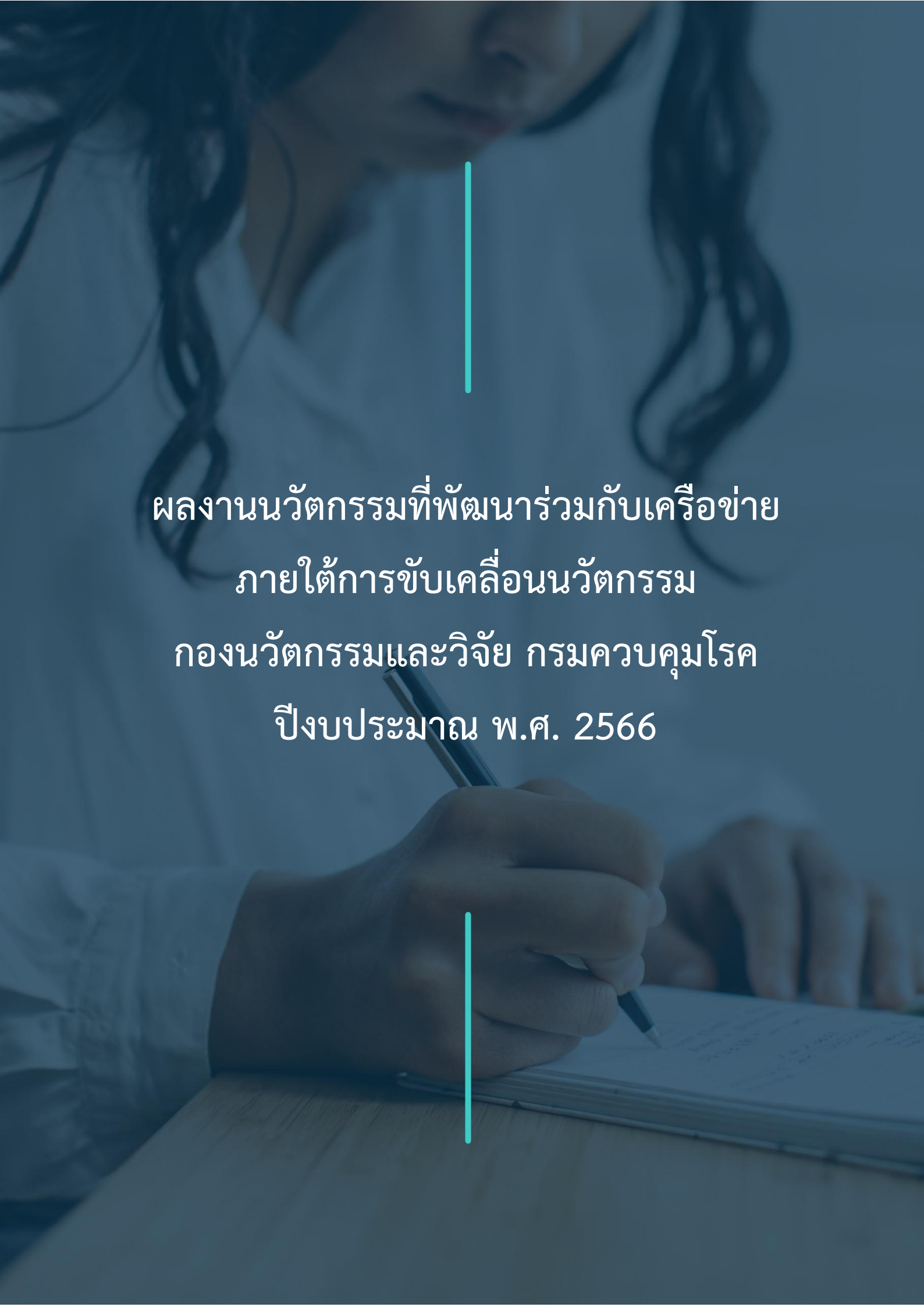


I-Reader I-Reading by AI

การพัฒนาต้นแบบโปรแกรม I-Reader / I-Reading by AI เป็นนวัตกรรมด้านการแพทย์ที่ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อสนับสนุนกระบวนการวินิจฉัยโรคจากภาพถ่ายรังสี (X-ray) และการนัดหมายแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โปรแกรมนี้ออกแบบมาเพื่อให้แพทย์ในโรงพยาบาลชุมชนสามารถอัปโหลดภาพฟิล์ม X-ray เข้าสู่ระบบ เพื่อให้ AI ทำการประเมินความเสี่ยงของโรคได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากการวิเคราะห์ภาพแล้ว โปรแกรมยังมีระบบ Popup แจ้งเตือน ให้แพทย์ทำการซักประวัติความเสี่ยงจากการประกอบอาชีพหรือปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความครบถ้วนของข้อมูลการวินิจฉัย หากพบกรณีที่ต้องการความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ แพทย์สามารถส่งต่อข้อมูลไปยังแพทย์ B-reader ผ่านระบบได้โดยตรง ซึ่งแพทย์ B-Reader จะสามารถอ่านผล วิเคราะห์ และให้คำปรึกษาผ่าน I-Reader ได้แบบเรียลไทม์ ต้นแบบนี้จะช่วยลดระยะเวลาการส่งต่อและรอผลวินิจฉัย เพิ่มความแม่นยำในการประเมินความเสี่ยง และทำให้ผู้ป่วยได้รับการดูแลที่เหมาะสมอย่างทันท่วงที โดยเฉพาะในพื้นที่ชนบทที่ขาดแคลนแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ นอกจากนี้ยังเป็นการยกระดับระบบบริการทางการแพทย์ให้ทันสมัย สอดคล้องกับแนวโน้มการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อเพิ่มคุณภาพการรักษาในอนาคต

โดย กองโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม



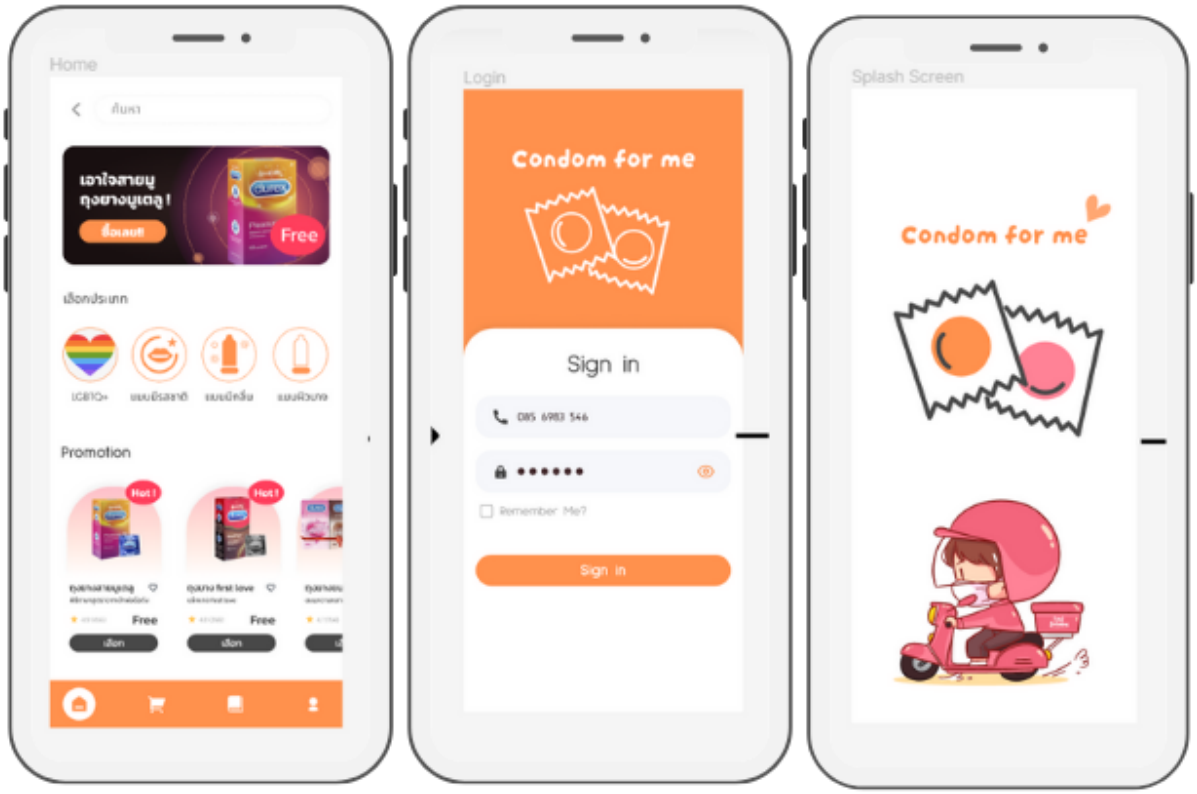


ผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่าย ภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรม กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

Condom For Me Platform

พัฒนาต้นแบบ “Condom For Me” Platform มีเป้าหมายเพื่อเสริมพลัง (Empower) เยาวชนให้มีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการมีเพศสัมพันธ์อย่างปลอดภัย ผ่านแพลตฟอร์มที่ออกแบบให้เข้าถึงง่าย ใช้งานสะดวก และตอบสนองต่อวิถีชีวิตและพฤติกรรมของคนรุ่นใหม่ แพลตฟอร์มนี้จะเป็นแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับการป้องกันโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์ (STIs) และการคุมกำเนิด โดยเน้นให้เยาวชนสามารถเลือกและเข้าถึงถุงยางอนามัยได้อย่างมั่นใจ ปลอดภัย และเป็นส่วนตัว พร้อมทั้งมีเนื้อหาเชิงให้ความรู้แบบเข้าใจง่าย เช่น วิดีโอสั้น อินโฟกราฟิก และบทความที่ใช้ภาษาที่เป็นมิตรกับเยาวชน นอกจากการให้ข้อมูล แพลตฟอร์มยังมีระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support) และพื้นที่สำหรับแลกเปลี่ยนความคิดเห็นอย่างสร้างสรรค์ เพื่อสร้างทัศนคติที่ถูกต้องเกี่ยวกับเพศสัมพันธ์และการเคารพสิทธิของตนเองและผู้อื่น การพัฒนาต้นแบบนี้จึงไม่เพียงเป็นเครื่องมือป้องกันความเสี่ยงด้านสุขภาพ แต่ยังเป็นส่วนสำคัญในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตและความมั่นใจในตัวเองของเยาวชน ท้ายที่สุด “Condom For Me” Platform จะช่วยลดอัตราการติดเชื้อทางเพศสัมพันธ์ การตั้งครรภ์ไม่พร้อม และปัญหาสุขภาพทางเพศอื่น ๆ พร้อมสร้างสังคมที่เปิดกว้าง รับฟัง และให้ความสำคัญกับสุขภาวะทางเพศของคนรุ่นใหม่อย่างยั่งยืน

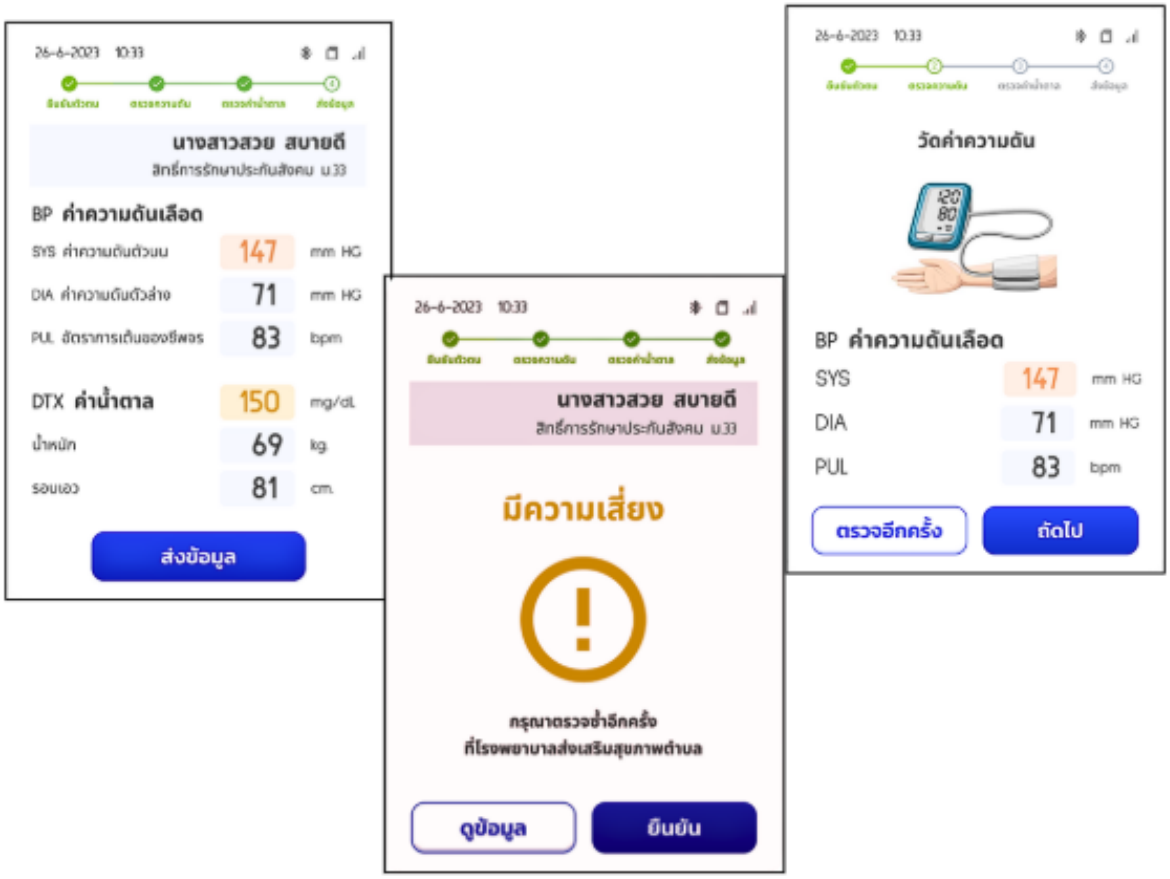
โดย กองโรคเอดส์และโรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์



HCB1 Solution

พัฒนาต้นแบบ Primary Care Unit Tool for NCD Screening เป็นแนวทางเสริมศักยภาพของหน่วยบริการปฐมภูมิในการคัดกรองโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases: NCDs) ซึ่งเป็นกลุ่มโรคที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นสาเหตุสำคัญของการเจ็บป่วยและการเสียชีวิตของประชาชน การมีเครื่องมือและระบบสนับสนุนที่เหมาะสมจะช่วยให้บุคลากรสาธารณสุขสามารถคัดกรองและติดตามสุขภาพของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ต้นแบบนี้มุ่งเน้นการออกแบบให้ใช้งานง่าย เหมาะสมกับบริบทของพื้นที่ และสามารถเชื่อมโยงข้อมูลสุขภาพเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลส่วนกลางได้ทันที ทำให้สามารถวิเคราะห์ ประเมิน และติดตามความเสี่ยงของโรค NCDs ได้อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังเป็นช่องทางให้ประชาชนได้รับข้อมูลสุขภาพของตนเอง เพื่อสร้างความตระหนักและกระตุ้นให้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในทางที่ส่งเสริมสุขภาพ ด้วยเครื่องมือนี้ หน่วยบริการปฐมภูมิจะมีศักยภาพในการป้องกัน คัดกรอง และเฝ้าระวังโรค NCDs ได้อย่างยั่งยืน ลดภาระของระบบสาธารณสุขในระยะยาว และสร้างความเข้มแข็งให้กับชุมชนในด้านการดูแลสุขภาพเชิงรุก

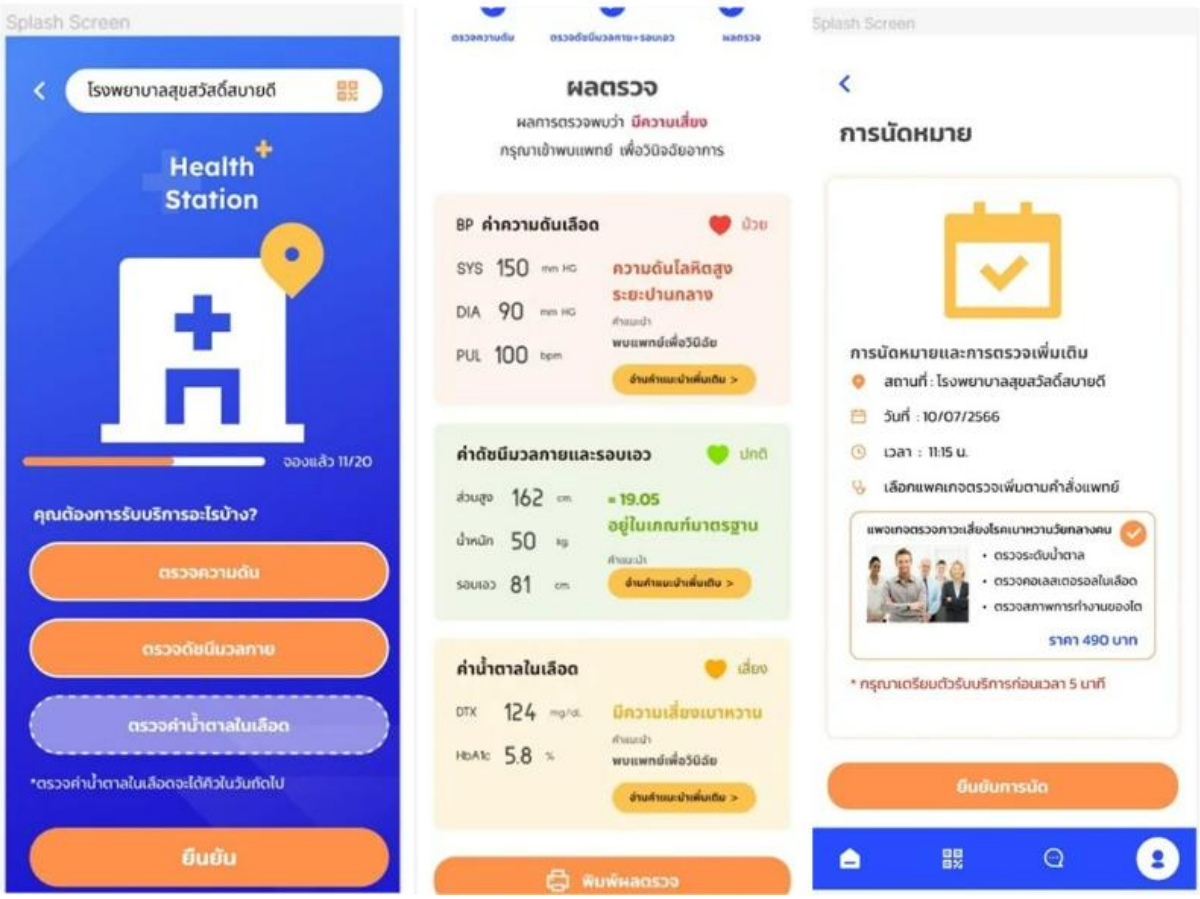
โดย สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดชลบุรี

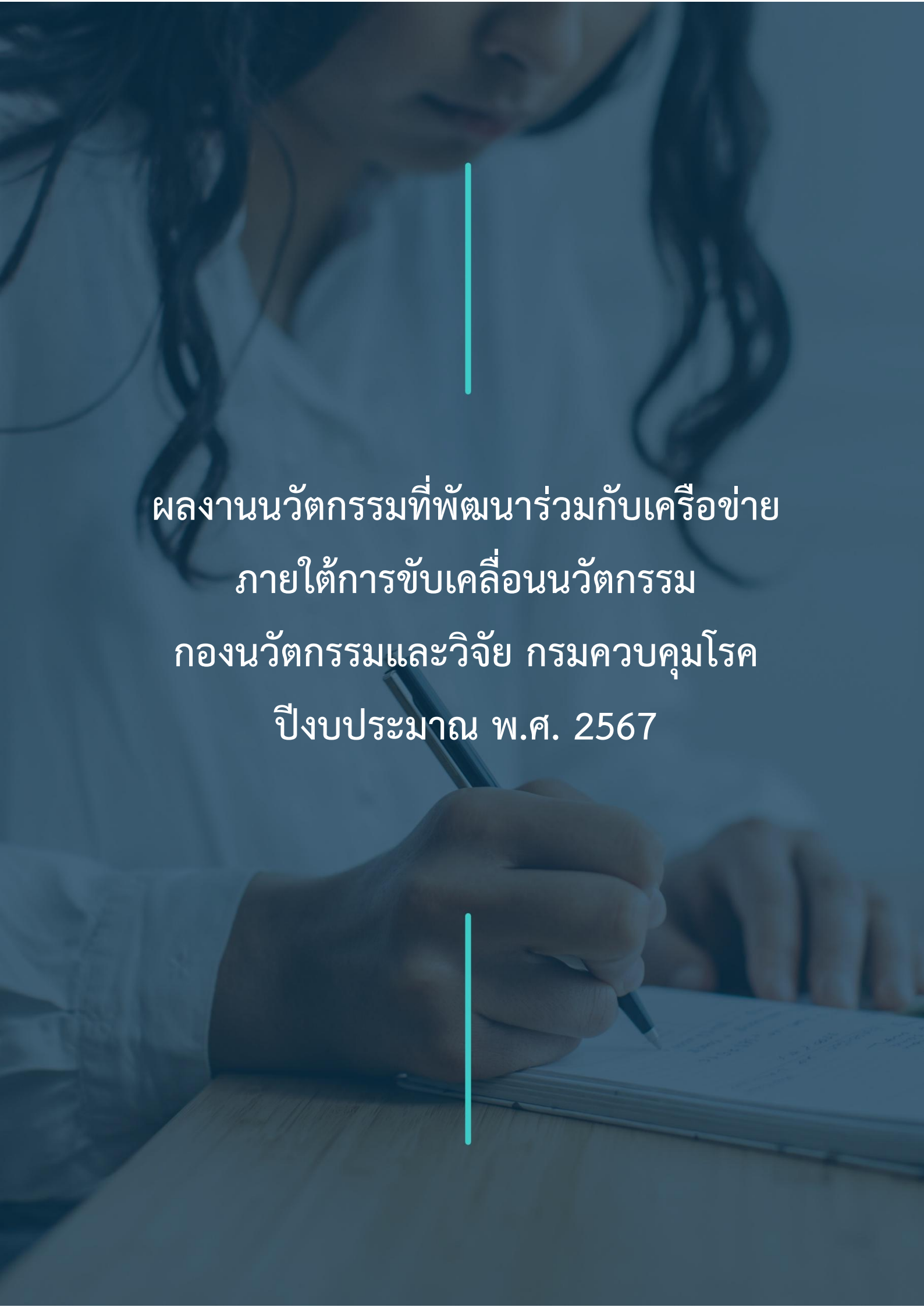


Med-Tech Team

การพัฒนาต้นแบบ Mobile Check-up Units to Personal Health Data เป็นนวัตกรรมที่มุ่งเน้นให้ประชาชนสามารถเข้าถึงบริการตรวจสุขภาพได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และครอบคลุม โดยใช้หน่วยตรวจสุขภาพเคลื่อนที่ที่เชื่อมโยงข้อมูลเข้าสู่ระบบฐานข้อมูลสุขภาพส่วนบุคคล ทำให้ประชาชนสามารถรับรู้สถานะสุขภาพของตนเองได้อย่างถูกต้องและทันเวลา เมื่อได้รับข้อมูลสุขภาพของตนเอง ประชาชนเกิดความตระหนักรู้ เห็นความสำคัญของการดูแลสุขภาพ และพร้อมปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้ชีวิตในทางที่ดีขึ้น ไม่เพียงแต่เพื่อประโยชน์ของตนเอง แต่ยังส่งผลดีต่อครอบครัวและคนรอบข้าง ซึ่งจะนำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นทั้งในระดับบุคคลและชุมชน นวัตกรรมนี้จึงเป็นทั้งเครื่องมือและแรงขับเคลื่อนที่สำคัญในการเสริมสร้างสุขภาวะอย่างยั่งยืน โดยเน้นให้ประชาชนเป็นศูนย์กลางของการดูแลสุขภาพตนเอง ผ่านการเข้าถึงข้อมูลที่ถูกต้อง และการใช้ข้อมูลนั้นเพื่อการตัดสินใจในชีวิตประจำวัน

โดย โรงพยาบาลสมเด็จพระยุพราชปัว



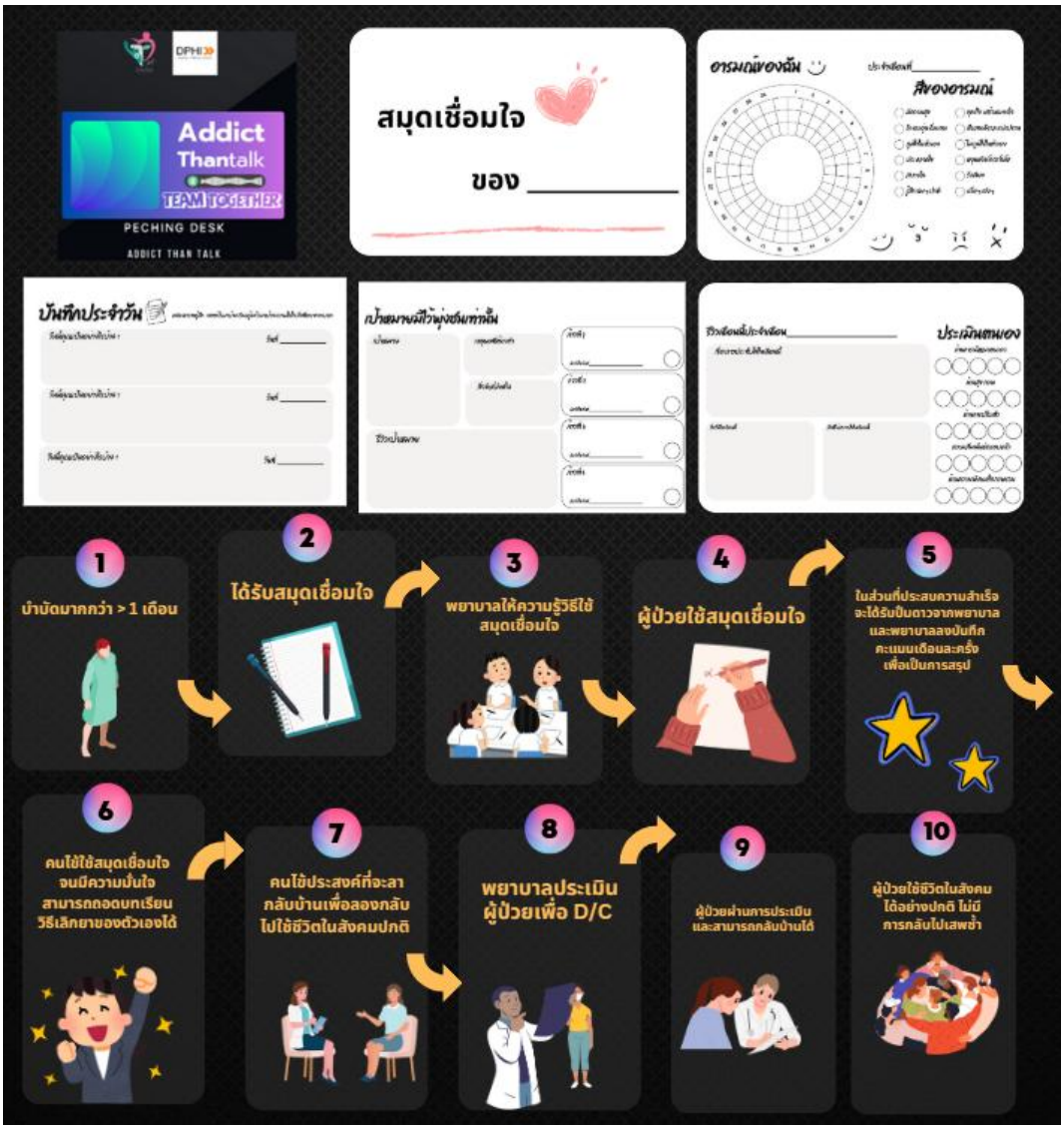


ผลงานนวัตกรรมที่พัฒนาร่วมกับเครือข่าย ภายใต้การขับเคลื่อนนวัตกรรม กองนวัตกรรมและวิจัย กรมควบคุมโรค ปีงบประมาณ พ.ศ. 2567

สมุดเชื่อมใจ

พัฒนาต้นแบบ “สมุดเชื่อมใจ” มีเป้าหมายเพื่อสร้างเครื่องมือสื่อสารเชิงบวกที่ช่วยลดการตีตรา (Stigma) และการเลือกปฏิบัติต่อผู้ที่เคยหรือกำลังมีปัญหายาเสพติด ในปัจจุบันสังคมยังมีทัศนคติที่มองว่ายาเสพติดเป็นสิ่งไม่ดีและไม่เป็นที่ยอมรับ ส่งผลให้ผู้ใช้หรือผู้ป่วยรู้สึกไม่ปลอดภัย หวาดกลัวการเข้าสังคม ขาดความมั่นใจ และถูกลดทอนคุณค่าในตนเอง ความรู้สึกเหล่านี้ทำให้หลายคนลังเลหรือหลีกเลี่ยงการเข้ารับการบำบัดรักษา ต้นแบบ “สมุดเชื่อมใจ” จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือสร้างความเข้าใจร่วมกันระหว่างผู้ป่วย ครอบครัว ชุมชน และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยเน้นการให้ข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับการฟื้นฟู การดูแล และสิทธิของผู้ป่วย เพื่อสร้างความตระหนักว่าผู้ที่ผ่านการบำบัดสามารถกลับมาใช้ชีวิตในสังคมได้อย่างมีคุณค่าและปลอดภัย การใช้สมุดเชื่อมใจจะช่วยฟื้นฟูความสัมพันธ์และความไว้วางใจระหว่างผู้ป่วยกับสังคม ลดทัศนคติด้านลบ และสร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการฟื้นฟูอย่างยั่งยืน ในขณะเดียวกันยังเป็นช่องทางให้หน่วยงานด้านสาธารณสุขและชุมชนร่วมกันสนับสนุนให้ผู้ป่วยเข้าถึงการรักษาและการดูแลต่อเนื่องได้มากขึ้น

โดย รพ.ธัญญารักษ์เชียงใหม่



แอปพลิเคชันจำแนกเห็ดพิษ

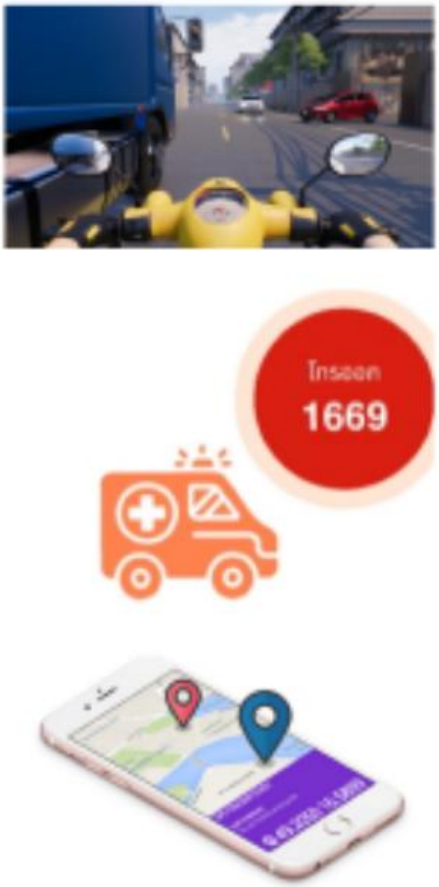
พัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันจำแนกเห็ดพิษ มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ประชาชนในจังหวัดน่านสามารถจำแนกเห็ดพิษออกจากเห็ดที่รับประทานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย เนื่องจากพื้นที่จังหวัดน่านมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง ทำให้มีทั้งเห็ดที่รับประทานได้และเห็ดพิษขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละปีมีรายงานผู้ป่วยจากโรคอาหารเป็นพิษที่เกิดจากการรับประทานเห็ดพิษ (Mushroom Poisoning) อยู่เป็นประจำ แอปพลิเคชันต้นแบบนี้จะใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Recognition) และฐานข้อมูลชนิดเห็ดที่ครอบคลุมเห็ดในท้องถิ่น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถถ่ายภาพและได้รับผลการจำแนกเบื้องต้นว่ามีความเป็นพิษหรือไม่ พร้อมทั้งให้ข้อมูลประกอบเกี่ยวกับลักษณะเด่นของเห็ด วิธีสังเกตและข้อควรระวัง นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาความรู้ด้านความปลอดภัยในการเก็บและบริโภคเห็ด รวมถึงช่องทางแจ้งเตือนกรณีพบเห็ดพิษในพื้นที่ การพัฒนาต้นแบบนี้จะช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอาหารเป็นพิษจากการบริโภคเห็ดพิษ เพิ่มความมั่นใจให้กับประชาชนในการเลือกบริโภค และส่งเสริมให้เกิดการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพในระดับชุมชนอย่างยั่งยืน

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 1 เชียงใหม่

Mission to Road Safety

การพัฒนาต้นแบบแอปพลิเคชันเพิ่มความปลอดภัยบนท้องถนนสำหรับเด็กและเยาวชน มีเป้าหมายเพื่อเสริมสร้างทัศนคติและพฤติกรรมการขับขี่ที่ปลอดภัยในกลุ่มเยาวชน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุทางถนนสูง แอปพลิเคชันนี้จะผสานการให้ความรู้ ความเข้าใจ และการสร้างแรงจูงใจในการขับขี่อย่างปลอดภัย ผ่านเนื้อหาแบบโต้ตอบ กิจกรรมเสมือนจริง (Simulation) และเกมการเรียนรู้ นอกจากนี้ แอปพลิเคชันยังใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Geospatial Data) ในการระบุและแสดง “จุดอันตราย” หรือพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง พร้อมแจ้งเตือนผู้ใช้แบบเรียลไทม์ เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถเตรียมความพร้อมและลดความเสี่ยงได้ทันที ข้อมูลเหล่านี้จะถูกรวบรวมจากสถิติอุบัติเหตุในพื้นที่ ข้อมูลจากหน่วยงานความปลอดภัยทางถนน และการรายงานจากผู้ใช้แอปพลิเคชัน ต้นแบบนี้จะไม่เพียงช่วยลดความเสี่ยงของการเกิดอุบัติเหตุ แต่ยังเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนนในกลุ่มเยาวชนอย่างยั่งยืน ส่งเสริมให้การเดินทางบนท้องถนนมีความปลอดภัยมากขึ้น ทั้งต่อผู้ขับขี่เองและผู้ใช้ถนนคนอื่น ๆ

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 นครสวรรค์

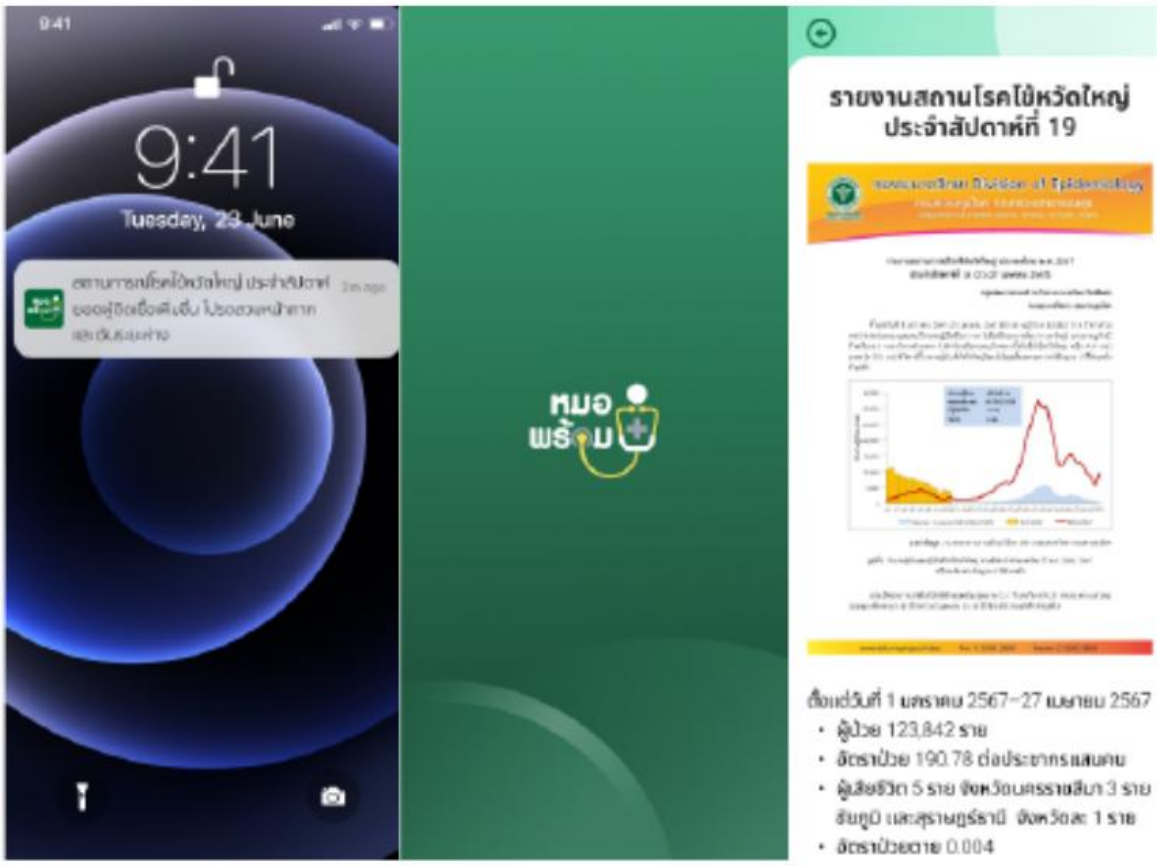


DIGITAL PLATFORM

Digital Disease Surveillance (DDS)

พัฒนาต้นแบบระบบคืนข้อมูลเฝ้าระวังโรค เป็นแนวทางเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการสื่อสารและการใช้ประโยชน์จากข้อมูลด้านระบาดวิทยาในจังหวัดสงขลา ปัจจุบันเจ้าหน้าที่ระบาดวิทยาในสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด (สสจ.) สงขลา มีความหลากหลายทั้งด้านบทบาทหน้าที่ ประสบการณ์ และความต้องการใช้ข้อมูล ทำให้ระบบคืนข้อมูลที่ใช้อยู่ไม่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของทุกคนได้อย่างครบถ้วน ต้นแบบระบบใหม่นี้จะถูกออกแบบให้มีความยืดหยุ่น สามารถปรับรูปแบบและเนื้อหาการนำเสนอข้อมูลให้สอดคล้องกับความต้องการเฉพาะของกลุ่มผู้ใช้งานแต่ละกลุ่ม โดยมีฟังก์ชันการเลือกตัวชี้วัด รูปแบบรายงาน และการแสดงผลข้อมูลในลักษณะต่าง ๆ เช่น แผนที่เชิงโต้ตอบ (Interactive Map) กราฟสถิติ หรือสรุปเชิงวิเคราะห์ เพื่อให้เจ้าหน้าที่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการได้อย่างมีประสิทธิภาพ การพัฒนาต้นแบบนี้จะช่วยให้การคืนข้อมูลเฝ้าระวังโรคเป็นไปอย่างรวดเร็ว ตรงประเด็น และตอบโจทย์ความต้องการของเจ้าหน้าที่ทุกระดับ ส่งผลให้การวางแผนและการควบคุมโรคในพื้นที่มีความแม่นยำและทันท่วงที อันจะช่วยยกระดับคุณภาพของระบบเฝ้าระวังโรคและการป้องกันควบคุมโรคในจังหวัดสงขลาให้มีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

โดย กองระบาดวิทยา



OV-ONE STOP SERVICE

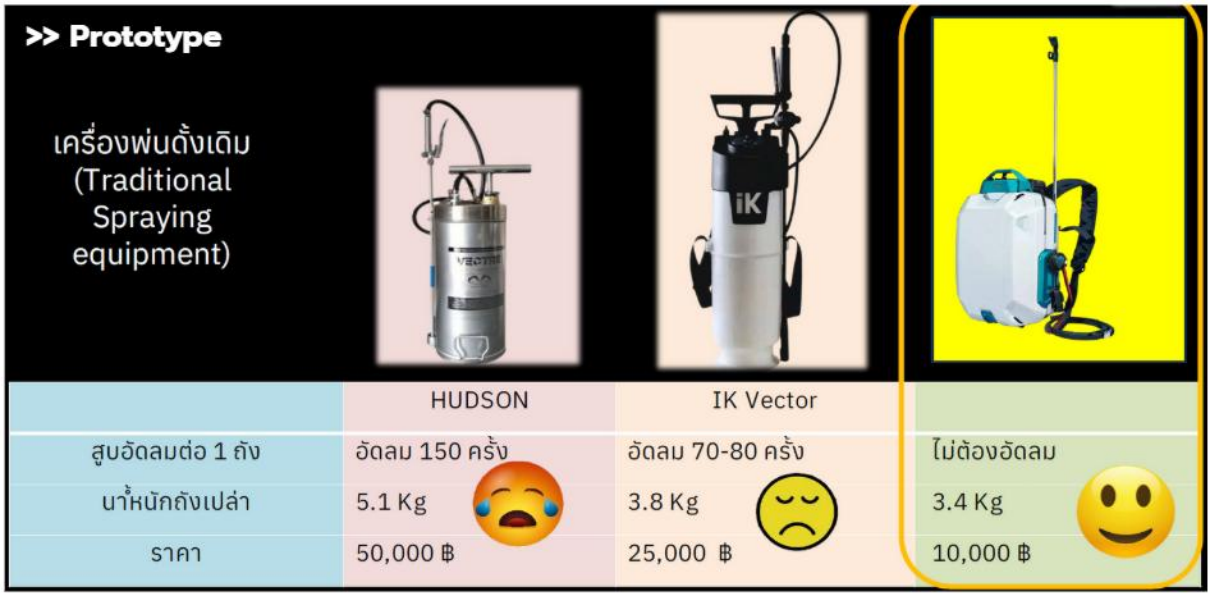
พัฒนาต้นแบบระบบสนับสนุนและเครื่องมือตรวจรวมถึงกำจัดพยาธิใบไม้ตับในปลาร้าและปลาส้มดิบก่อนการบริโภค เป็นนวัตกรรมที่มุ่งลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อพยาธิใบไม้ตับ ซึ่งเป็นปัญหาสาธารณสุขสำคัญในหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะในจังหวัดมหาสารคามที่มีอัตราการติดเชื้อสูง การบริโภคปลาร้าหรือปลาส้มดิบที่ปนเปื้อนตัวอ่อนของพยาธิใบไม้ตับ เป็นปัจจัยเสี่ยงหลักที่นำไปสู่การเกิดโรคและภาวะแทรกซ้อนร้ายแรง เช่น มะเร็งท่อน้ำดี ต้นแบบนี้ถูกออกแบบให้สามารถตรวจหาการปนเปื้อนของพยาธิใบไม้ตับในผลิตภัณฑ์ปลาร้าและปลาส้มดิบได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ และใช้งานง่ายในระดับชุมชน ควบคู่ไปกับกระบวนการกำจัดเชื้อที่คงรสชาติและคุณภาพของอาหารดั้งเดิม เพื่อให้ประชาชนสามารถบริโภคได้อย่างปลอดภัย นอกจากจะช่วยลดการแพร่กระจายของโรคในพื้นที่เสี่ยงสูงแล้ว ระบบและเครื่องมือนี้ยังเป็นสื่อกลางในการสร้างความตระหนักรู้ด้านความปลอดภัยทางอาหารและสุขภาพในชุมชน ส่งเสริมให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการบริโภคอย่างยั่งยืน ซึ่งจะช่วยลดภาระของระบบสาธารณสุขและยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนในจังหวัดมหาสารคามและพื้นที่ใกล้เคียงอย่างมีนัยสำคัญ

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น

นวัตกรรมพ่นสารเคมีควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย

พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ฉีดพ่นสารเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor Residual Spraying: IRS) เป็นนวัตกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย โดยออกแบบให้เป็นทางเลือกใหม่ ที่สามารถฉีดพ่นได้ง่ายขึ้น โดยไม่ต้องใช้ระบบอัดลมเหมือนอุปกรณ์เดิม จึงช่วยลดขั้นตอนการทำงานลงได้ถึงร้อยละ 50 ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถฉีดพ่นเพื่อควบคุมโรคได้รวดเร็วขึ้น นอกจากนี้ ต้นแบบดังกล่าวยังถูกออกแบบให้มีน้ำหนักเบาลงร้อยละ 30 เมื่อเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานในปัจจุบัน ช่วยลดความเมื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงานระหว่างการฉีดพ่นในพื้นที่ปฏิบัติการที่มักมีสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศท้าทาย คุณสมบัติเหล่านี้จะช่วยให้เจ้าหน้าที่สาธารณสุขสามารถทำงานได้คล่องตัวขึ้น ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น และเพิ่มประสิทธิผลของมาตรการควบคุมโรคในชุมชน การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์นี้จึงไม่เพียงเป็นการปรับปรุงเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานเท่านั้น แต่ยังเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติการ ลดภาระทางกาย และเพิ่มความรวดเร็วในการป้องกันและควบคุมการแพร่ระบาดของโรคไข้มาลาเรียได้อย่างมีนัยสำคัญ

โดย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ชลบุรี



เอกสารอ้างอิง

(1) Galindo-Rueda, F. Oslo manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. In *National Bureau of Statistics of China, OECD-NBS International Training Workshop on Innovation Statistics. Xi'an, China*, 2019; pp 16-18.

(2) West, M. A.; Farr, J. L. *Innovation and creativity at work: Psycological and organizational strategies*; John wiley, 1990.

(3) Drucker, P. F. *Innovation and entre-preneurship: practice and principles*; Harper & Row, 1986.

(4) Rogers, E. Diffusion of Innovations 5th. Free press: 2003.

(5) Creswell, J. W.; Creswell, J. D. *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*; Sage publications, 2017.

(6) Trochim, W. M.; Donnelly, J. Research methods knowledge base. 2006. *Mason, OH: Atomic Dog Publishing* **2010**.

(7) Patton, M. Utilization-focused evaluation. SAGE Publications. *Inc., California* **2008**.

(8) Baskerville, R. L. Investigating information systems with action research. *Communications of the association for information systems* **1999**, *2* (1), 19.

(9) Numprasertchai, S.; Numprasertchai, H. The Integration of Knowledge Management and Design Thinking for Improving Problem-Solving Skills: A Case Study of a Service Agency. *Development* **2024**, *23*, 25.

(10) Du Preez, N. D.; Louw, L. A framework for managing the innovation process. In *PICMET'08-2008 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*, 2008; IEEE: pp 546-558.

(11) FREEMAN, C. SOETE, L. The economics of industrial innovation. Cambridge, Mass.: MIT Press: 1997.

(12) Chesbrough, H. The logic of open innovation: managing intellectual property. *California management review* **2003**, *45* (3), 33-58.

(13) Chesbrough, H. W. Open innovation: The new imperative for creating and profiting from technology. *Harvard Business School* **2003**.

(14) Chesbrough, H. W. The era of open innovation. *Managing innovation and change* **2006**, *127* (3), 34-41.

(15) Mulgan, G. The process of social innovation. Innovations: technology, governance, globalization, 1 (2), 145-162. 2006.

(16) Brown, T. Change by Design Harper Business. *New York Business Week* **2009**.

(17) Brown, T. Change by design: How design thinking creates new alternatives for business and society. *Collins Business* **2009**.

(18) Cross, N. *Design thinking: Understanding how designers think and work*; Bloomsbury Publishing, 2023.

(19) Christensen, C. M. *The innovator's dilemma: when new technologies cause great firms to fail*; Harvard Business Review Press, 2015.

(20) Christensen, C. M. The innovator's dilemma. harvard business school press. *Boston, MA* **1997**.

(21) Schaltegger, S.; Wagner, M. Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: categories and interactions. *Business strategy and the environment* **2011**, *20* (4), 222-237.

(22) Radjou, N. Jugaad Innovation: Think Frugal, Be Flexible, Generate Breakthrough Growth. John Wiley & Sons: 2012.

(23) Tushman, M. L.; Anderson, P. Technological discontinuities and organizational environments. In *Organizational innovation*, Routledge, 2018; pp 345-372.

(24) Leifer, R. *Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts*; Harvard Business School Press, 2000.

(25) Rubin, J.; Chisnell, D. *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests*; John Wiley & Sons, 2011.

(26) Albert, B.; Tullis, T. *Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics*; Newnes, 2013.

(27) Standardization, I. O. f. *Ergonomics of Human System Interaction: Usability, Definitions and Concepts*; ISO, 2018.

(28) Nielsen, J. Why you only need to test with 5 users. Useit. com Alertbox: 2000.

(29) Dumas, J. F.; Redish, J. C. *A practical guide to usability testing*; Greenwood Publishing Group Inc., 1993.

(30) Myers, G. J.; Sandler, C.; Badgett, T. *The art of software testing*; John Wiley & Sons, 2011.

(31) Organization, W. H. *COVID-19 strategic preparedness and response plan: monitoring and evaluation framework, 11 May 2021*; World Health Organization, 2021.

(32) Nelson, L.; Wysopal, C.; Zovi, D.; Dustin, E. The Art of Software Security Testing. Addison Wesley: 2007.

(33) ISO, E. 12100: 2010: Safety of machinery—General principles for design—Risk assessment and risk reduction. *Reference Source* **2010**.

(34) Schneier, B. *Secrets and lies: digital security in a networked world*; John Wiley & Sons, 2015.
(35) Hope, P.; Walther, B. *Web security testing cookbook: systematic techniques to find problems fast*; " O'Reilly Media, Inc.", 2008.
(36) Stuttard, D. The Web Application Hacker's Handbook: Finding and Exploiting Security Flaws. *Wade Alcorn* **2011**.
(37) Vacca, J. R. *Computer and information security handbook*; Newnes, 2012.
(38) Binder, R. *Testing object-oriented systems: models, patterns, and tools*; Addison-Wesley Professional, 2000.
(39) Dustin, E.; Rashka, J.; Paul, J. *Automated software testing: introduction, management, and performance*; Addison-Wesley Professional, 1999.
(40) Lyu, M. R. Software reliability engineering: A roadmap. In *Future of Software Engineering (FOSE'07)*, 2007; IEEE: pp 153-170.
(41) Dharavath, D.; Maddi, R. ISO standards of medical devices. *World Journal of Current Medical and Pharmaceutical Research* **2022**, 33-39.
(42) Keller, P.; Kotler, P. Marketing Management ((15th Edit). USA: Pearson Education Limmited: 2016.
(43) Kotler, P. et Keller, KL (2016) Marketing management. Pearson.
(44) Menasce, D. A.; Almeida, V. A. *Capacity Planning for Web Performance: metrics, models, and methods*; Prentice-Hall, Inc., 1998.
(45) Organization, W. H. *Practical guidance for scaling up health service innovations*; World Health Organization, 2009.
(46) Harer, J. Process Validation for Medical Device Manufacturing. In *Medical Devices and In Vitro Diagnostics: Requirements in Europe*, Springer, 2023; pp 1-30.
(47) Karthika, B.; Vijayakumar, A. ISO 13485: Medical devices–quality management systems, requirements for regulatory purposes. In *Medical Device Guidelines and Regulations Handbook*, Springer, 2022; pp 19-29.
(48) Karmacharya, J. B. Good manufacturing practices (GMP) for medicinal products. *Promising Pharmaceuticals* **2014**, *101*.
(49) Sandle, T.; Saghee, M. R. Cleanroom Management in Pharmaceuticals and Healthcare. **2013**.
(50) Teferra, M. N. ISO 14971-medical device risk management standard. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET)* **2017**, *3* (3), 83-87.

(51) Adewumi, A.; Misra, S.; Omoregbe, N. Evaluating open source software quality models against ISO 25010. In *2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing*, 2015; IEEE: pp 872-877.
(52) Nielsen, J. *Usability engineering*; Morgan Kaufmann, 1994.
(53) Organization, W. H. *WHO standards for quality, safety and efficacy of health products: stakeholder feedback report*; World Health Organization, 2023.
(54) Administration, F. a. D. Applying Human Factors and Usability Engineering to Medical Devices Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Devices and Radiological Health, Evaluation, O. o. D., Eds.; 2016.

(55) Jokela, T. M. ISO 9241-210 Human-centred design for interactive systems: Mitä se on? **2010**.

(56) Faulkner, L. Beyond the five-user assumption: Benefits of increased sample sizes in usability testing. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* **2003**, *35*, 379-383.
(57) Virzi, R. A. Refining the test phase of usability evaluation: How many subjects is enough? *Human factors* **1992**, *34* (4), 457-468.
(58) Kaplan, R. S. Strategy maps: Converting intangible assets into tangible outcomes. *Harvard Business School* **2004**.
(59) Software; Society, S. E. S. C. o. t. I. C. *IEEE standard for software and system test documentation*; IEEE, 2008.
(60) Royce, W. W. Managing the development of large software systems. proceedings of IEEE WESCON. *Los Angeles* **1970**, 328-388.
(61) Pacharaporn Uyooyuen, A. P., and Sira Sriyothin. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเป็นนวัตกร : กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ PUNN. การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านการบริหารกิจการสาธารณะ ครั้งที่ *4 "การบริหารกิจการสาธารณะภายใต้ประเทศไทย 4.0"* **2017**, 827 - 833.
(62) Bason, C. *Leading public sector innovation*; Bristol: Policy Press, 2010.
(63) OECD. *Fostering Innovation in the Public Sector*; 2017.
(64) Mulgan, G.; Albury, D. Innovation in the public sector. *Strategy Unit, Cabinet Office* **2003**, *1* (1), 40.
(65) Senge, P. M. The fifth discipline: The art and practice of the learning organization. *Currency Doubleday* **1990**, *371*.

(66) Institute, P. M. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). 2000; Project Management Institute.
(67) Patton, M. Q. *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*; Sage publications, 2014.
(68) OECD, O. *Public Procurement for Innovation*; OECD Secretariat., 2017.
(69) *What Role Do Senior Leaders Play in Achieving Innovation Strategy?* Spalding University Online, https://online.spalding.edu/blog/role-senior-leaders-play-achieving-innovation-strategy (accessed 11 December 2024).
(70) *Five Discovery Skills that Distinguish Great Innovators*. Harvard Business School, https://www.library.hbs.edu/working-knowledge/five-discovery-skills-that-distinguish-great-innovators (accessed 11 December 2024).
(71) *OCSC Learning Space*. สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (สำนักงาน ก.พ.), https://learningportal.ocsc.go.th/learningspace (accessed 12 December 2024).
(72) *Master of Science Program in Innovation and Technology Management (MTT)* วิทยาลัยนวัตกรรม มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, https://www.citu.tu.ac.th/mtt/ (accessed 11 December 2024).
(73) *Master of Science (Organization Science and Catalyst) Program*. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA), https://nida.ac.th/master/organization-science-catalyst/ (accessed 11 December 2024).
(74) *Bachelor of Science Program in Digital Transformation & Innovation (dX)*. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, https://www.citu.tu.ac.th/dx/ (accessed 11 December 2024).
(75) *School of Integrated Innovation, Chulalongkorn University*. สถาบันนวัตกรรมบูรณาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, https://www.chula.ac.th/academic/school-of-integrated-innovation/ (accessed 11 December 2024).
(76) Bason, C. *Leading public design: How managers engage with design to transform public governance*; Copenhagen Business School [Phd], 2017.
(77) Publishing, O. *The innovation imperative in the public sector: Setting an agenda for action*; OECD Publishing, 2015.
(78) Rogers, E. M.; Singhal, A.; Quinlan, M. M. Diffusion of innovations. In *An integrated approach to communication theory and research*, Routledge, 2014; pp 432-448.
(79) Héder, M. From NASA to EU: the evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *The Innovation Journal* **2017**, *22* (2), 1-23.

(80) เอกสิทธิ์, ศ. ด. ส. นวัตกรรม: วิจัย พัฒนา และ ใช้ประโยชน์ วางกลยุทธ์การวิจัยที่สร้างผลกระทบทางเศรษฐกิจสังคมด้วย TRL/SRL (Innovation: Research, Development and Deployment (RD&D) TRL&SRL-guided researches with socioeconomic implications) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
(81) *Technology Readiness Levels (TRL).* NASA, https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/technology-readiness-levels/ (accessed 12 December 2024).
(82) Mankins, J. C. Technology readiness levels: A white paper. *http://www. hq. nasa. gov/office/codeq/trl/trl. pdf* **1995**.
(83) การใช้ประโยชน์งานวิจัย. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.), (accessed 12 December 2024).
(84) World Health Organization. Health workforce requirements for universal health coverage and the sustainable development goals.(human resources for health observer, 17). **2016**.
(85) Eggers, W. D.; Singh, S. K. *The Public Innovator's Playbook: Nurturing bold ideas in government*; Deloitte/Harvard Kennedy School's Ash Institute, 2009.
(86) Organization, W. H. Recovery toolkit: Supporting countries to achieve health service resilience: A library of tools and resources available during the recovery period of a public health emergency. In *Recovery toolkit: supporting countries to achieve health service resilience: a library of tools and resources available during the recovery period of a public health emergency*, 2016.
(87) Curran, G. M.; Bauer, M.; Mittman, B.; Pyne, J. M.; Stetler, C. Effectiveness-implementation hybrid designs: combining elements of clinical effectiveness and implementation research to enhance public health impact. *Medical care* **2012**, *50* (3), 217-226.
(88) Glasgow, R. E.; Vogt, T. M.; Boles, S. M. Evaluating the public health impact of health promotion interventions: the RE-AIM framework. *American journal of public health* **1999**, *89* (9), 1322-1327.
(89) Damschroder, L. J.; Aron, D. C.; Keith, R. E.; Kirsh, S. R.; Alexander, J. A.; Lowery, J. C. Fostering implementation of health services research findings into practice: a consolidated framework for advancing implementation science. *Implementation science* **2009**, *4* (1), 50.