รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ สำหรับปี ค.ศ. 2018-2022

รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี และคณะ
วิทยาลัยการจัดการ
มหาวิทยาลัยมหิดล

มกราคม 2562

รายชื่อคณะวิจัยร่วม

วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี
ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์
รศ.ดร.ยศชนัน วงศ์สวัสดิ์
ดร. เคอิตะ โอโน
นายภวัต ตันสุรัตน์
นางสาวรพัชรศิริ พลเอกพันธุ์
นางสาวสิริขวัญ ตั้งพรโชติช่วง

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร 5

บทที่ 1 บทนำ 8

1.1 หลักการและเหตุผล 8

1.2 วัตถุประสงค์ 10

1.3 ขอบเขตการดำเนินงาน 10

บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม 11

2.1 หุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 11

2.2 เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 13

2.3 แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี [TECHNOLOGY ROADMAP] 17

บทที่ 3 ตลาดและความต้องการทางด้านสาธารณสุข 23

3.1 ตลาดและความต้องการทางด้านสาธารณสุขโดยรวม 23

3.2 ตลาดและความต้องการสำหรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 24

บทที่ 4 สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 29

4.1 สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์ 29

4.2 สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ 35

บทที่ 5 แนวทางการพัฒนาแผนที่นำทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 43

5.1 การทบทวนขอบเขตและประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 44

5.2 การศึกษาสถานภาพเพื่อประเมินโอกาสและความพร้อมของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง 44

5.3 การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี 45

5.4 การตรวจสอบและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี 45

5.5 ขั้นตอนและกระบวนการในการวิเคราะห์ 46

5.6 แผนการดำเนินงานเพื่อจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี 47

5.7 แผนการจัดกิจกรรม 48

สารบัญ

บทที่ 6 แผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ภายใต้พันธกิจของ TCELS 49

6.1 หุ่นยนต์เพื่อการตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษา และการผ่าตัด 52

6.2 หุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์ 53

6.3 หุ่นยนต์เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข และการติดตามเฝ้าระวัง 54

6.4 เครื่องมือทางการแพทย์ 55

บทที่ 7 ประเด็นเพิ่มเติมจากการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ 57

7.1 ประเด็นที่เกี่ยวข้องจากผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ 57

7.2 ประเด็นที่สังเกตเห็นจากทีมวิจัย 60

บทที่ 8 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย 62

8.1 ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นำทาง 62

8.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 63

บทที่ 9 เอกสารอ้างอิง 67

ภาคผนวก ก: รายงานการประชุมปฏิบัติการครั้งที่ 1 70

ภาคผนวก ข: รายงานการประชุมปฏิบัติการครั้งที่ 2 76

ภาคผนวก ค: รายงานการประชุมปฏิบัติการครั้งที่ 3 83

ภาคผนวก ง: รายงานการประชุมปฏิบัติการครั้งที่ 4 97

บทสรุปผู้บริหาร

ในสภาวะของอุตสาหกรรมที่มีการแข่งขันรุนแรง การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่จำเป็น เพื่อกำหนดทิศทางการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมและเป็นแผนในการจัดสรรทรัพยากรสำหรับองค์กรสนับสนุนเพื่อขับเคลื่อนและผลักดันให้อุตสาหกรรมสามารถแข่งขันได้ในอนาคต

ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) (ศลช.) ในฐานะองค์กรที่ขับเคลื่อนการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ได้มีการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี พ.ศ.2558-2562 ขึ้นเพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในประเทศไทย และเมื่อผลลัพธ์ที่วางไว้ประสบความสำเร็จ จึงได้มีการต่อยอดการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ สำหรับปี พ.ศ.2562-2565 เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพและความสามารถของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ และสร้างการบูรณาการเพื่อให้เกิดศูนย์ความเป็นเลิศในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

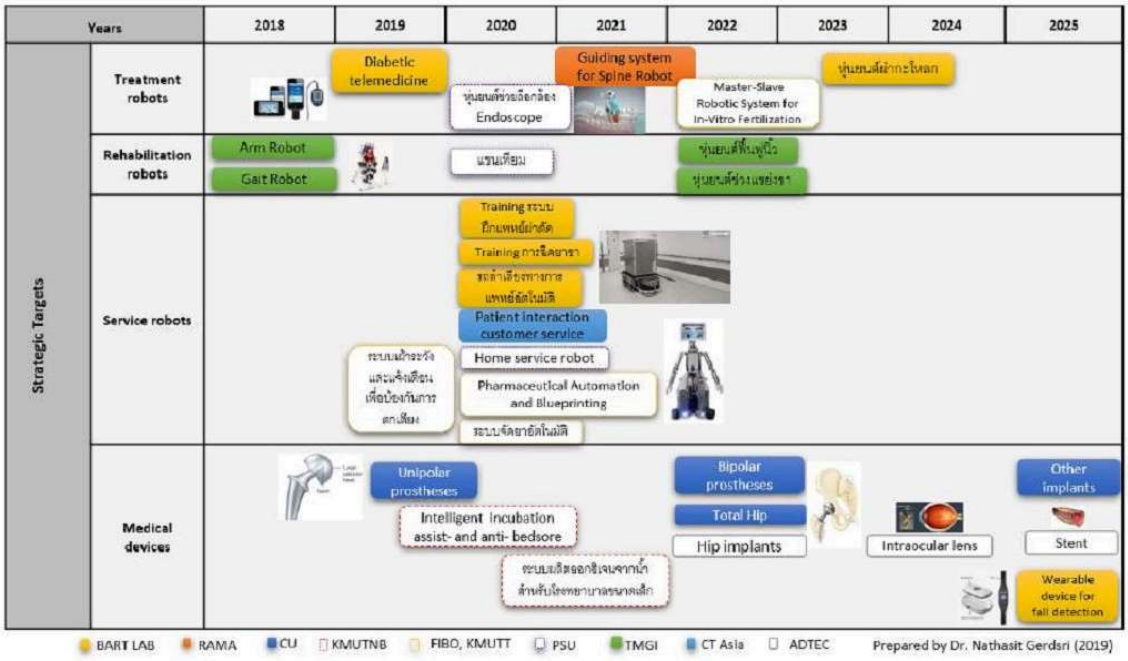
ในการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ฉบับนี้ มีการเก็บข้อมูลจากหลากหลายหน่วยงานที่มีบทบาทในอุตสาหกรรมการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ และมีการใช้ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) เพื่อเป็นเครื่องมือในการติดตามและบ่งบอกถึงระดับความก้าวหน้าของการพัฒนา

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตและการเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์ ทีมวิจัยได้แบ่งกลุ่มหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษา และการผ่าตัด (Treatment robots) กลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์ (Rehabilitation robots) กลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข และการติดตามเฝ้าระวัง (Service robots) และกลุ่มเครื่องมือแพทย์ (Medical devices) และข้อมูลในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่นำทางได้รับความสนับสนุนจาก ศูนย์เครือข่ายวิจัยประยุกต์ทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์และชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (BART Lab) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU) คณะแพทย์ศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล (Rama) สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (FIBO) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (KMUTNB) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU) บริษัท ทีเอ็มจีไอ จำกัด (TMGI) บริษัท ซีที เอเชีย โรโบติกส์ จำกัด (CT Asia) และศูนย์เทคโนโลยีทางทันตกรรมขั้นสูง (ADTEC)

จากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) (ศลช.) ได้จัดทำเป็นแผนที่นำทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีที่ทางศูนย์ได้ดำเนินการสนับสนุนโดยตรงหรือมีส่วนร่วมในการผลักดัน ซึ่งผลการจัดทำได้เป็นแผนที่นำทางฯ ระบุถึงการเป้าหมายของการพัฒนาในแต่ละช่วงเวลาดังภาพด้านล่าง โดยในระยะเวลา 1-3 ปี อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทยในกลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการรักษาจะมีนวัตกรรมเครื่องมือช่วยคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานจากระยะไกล และหุ่นยนต์ที่ช่วยถือกล้อง Endoscope ในกลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูจะเห็นแขนเทียมที่พัฒนาโดยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในกลุ่มหุ่นยนต์บริการจะมีระบบฝึกหัดแพทย์ในการผ่าตัดและระบบฝึกหัดในการฉีดยาชา จะเห็นรถลำเลียงวัสดุทางการแพทย์อัตโนมัติ ระบบโต้ตอบกับคนไข้อัตโนมัติ ระบบการเฝ้าระวังและแจ้งเตือนเพื่อป้องกันผู้ป่วยและผู้สูงอายุตกเตียง หุ่นยนต์ที่ทำการบริการผู้ป่วยที่บ้าน ระบบจัดเตรียมและจ่ายยาอัตโนมัติ ในด้านเครื่องมือแพทย์ จะเห็นนวัตกรรมด้านข้อสะโพกเทียมแบบ Unipolar prostheses ระบบช่วยเหลือและป้องกันแผลกดทับจากการนอนติดเตียง และระบบผลิตออกซิเจนจากน้ำสำหรับโรงพยาบาลขนาดเล็ก

ในระยะยาว จะเห็นนวัตกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และอุปกรณ์การแพทย์ที่เพิ่มขึ้น โดยในกลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการรักษาจะเห็นระบบนำทางของหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดกระดูกสันหลัง ระบบหุ่นยนต์ Master-slave สำหรับ In-vitro fertilization และหุ่นยนต์ผ่ากะโหลก ในกลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูจะเห็นหุ่นยนต์ฟื้นฟูนิ้วและหุ่นยนต์ช่วงแขย่งขา ส่วนกลุ่มเครื่องมือแพทย์จะได้เห็นนวัตกรรมข้อสะโพกเทียมแบบ Bipolar prostheses และ Total hip เลนส์แก้วตาเทียม ขดลวดตาข่าย Stent อวัยวะเทียมฝังในอื่น ๆ และอุปกรณ์สวมใส่เพื่อตรวจสอบการล้ม

แผนที่นำทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีเป้าหมาย



ในการเก็บข้อมูล ผู้ให้ข้อมูลยังอภิปรายถึงข้อจำกัดและความท้าทายในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ โดยผู้ให้ข้อมูลระบุในประเด็นของการยอมรับนวัตกรรมไทยของผู้ซื้อและผู้ใช้เทคโนโลยี ความต่อเนื่องของงบประมาณสนับสนุนงานวิจัย การขาดผู้เชี่ยวชาญที่สามารถสนับสนุนด้านข้อกำหนดและมาตรฐานต่าง ๆ รวมถึงสถานที่ทดสอบผลิตภัณฑ์ตามมาตรฐานและข้อกำหนดนั้น ๆ และการสนับสนุนนวัตกรรมไทยผ่านกระบวนการบัญชีนวัตกรรมไทยยังมีผลที่จำกัด

จากการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ สามารถจัดทำเป็นข้อเสนอเชิงนโยบายได้ 5 ประเด็น ได้แก่ 1) กระบวนการคัดเลือกโครงการที่ควรจะมีการกำหนดร่วมกันระหว่างผู้ผลิต ผู้ซื้อ และผู้ใช้ โดย ศลช. สามารถเป็นคนกลางเพื่อประสานงานให้เกิดเวทีในการพบปะพูดคุยระหว่างสามกลุ่มนี้ขึ้น 2) การจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศทั้งในด้านผลิตภัณฑ์ (Product champion) และด้านกระบวนการ (Process champion) 3) การจัดทำกระบะทรายสำหรับนโยบาย (Policy sandbox) เพื่อเป็นโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความพร้อมในระดับสูง (TRL 7-8) สามารถทดลองใช้ในสภาพจริงเพื่อนำผลไปปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อ 4) การศึกษาระบบนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรม (Sectoral Innovation System) เพื่อศึกษาถึงความเชื่อมโยงและการถ่ายทอดเทคโนโลยีและความรู้ระหว่างแต่ละหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ และ 5) การจัดทำนโยบายแบบองค์รวมที่ไม่ได้มองภาพแยกส่วน แต่นำเสนอข้อเสนอแนะแบบ solution ที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้งานได้เลย

บทที่ 1 : บทนำ

หลักการและเหตุผล

ในสภาวะของอุตสาหกรรมปัจจุบันที่มีการแข่งขันรุนแรงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต หลายธุรกิจมีการปรับตัวเพื่อพัฒนาต่อยอดผลิตภัณฑ์ (incremental development) และ พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่แทนที่ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ (substitution and disruptive development) เพื่อตอบสนองความต้องการทั้งในกลุ่มลูกค้าหลัก (mainstream market) และกลุ่มลูกค้าเฉพาะทาง (niche market) นอกจากการพัฒนาผลิตภัณฑ์แล้ว ยังมีการพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพทั้งในด้านต้นทุนการผลิต คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนระยะเวลาในการผลิต การพัฒนาการออกแบบและการดำเนินการด้านวิศวกรรม ความสำเร็จดังกล่าวขององค์กรเหล่านั้นต่างมีรากฐานจากการที่ผู้บริหารให้ความสำคัญกับการวิจัย และพัฒนา (research and development) และวางแผนกลยุทธ์ด้านเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ด้านธุรกิจที่ต้องการ

การวิเคราะห์จัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญ เพื่อเชื่อมโยงแผนการวิจัยและพัฒนาเข้ากับการวิเคราะห์แนวโน้มธุรกิจ ตลาด สภาวะแวดล้อมและลูกค้า โดยมีการวิเคราะห์เพื่อกำหนดตำแหน่งการแข่งขันของผลิตภัณฑ์ในแต่ละส่วนของตลาด (market) ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่จะต้องพัฒนา (product feature) การกำหนดเทคโนโลยีที่ต้องมีเพื่อรองรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ (product technology) รวมทั้งแผนการวิจัยและพัฒนาของเทคโนโลยีดังกล่าว นอกจากนี้ยังจำเป็นต้องพิจารณาถึงการพัฒนาด้านกระบวนการผลิตหรือการให้บริการควบคู่กันไป (PROCESS TECHNOLOGY) ทั้งเทคโนโลยีการผลิต การออกแบบ หรือความสามารถวิศวกรรมต่าง ๆ ที่จำเป็น ในหลายกรณีการวิเคราะห์จัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีจะรวมไปถึงการวิเคราะห์นโยบายและระบบสนับสนุนที่จำเป็น

ตามที่ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) (ศลช.) ได้จัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์เพื่อใช้เป็นกรอบการดำเนินงาน และทิศทางการขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ (Medical Robotics Technology Development Roadmap 2015 - 2019) โดยมีจุดมุ่งหมายให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าประสงค์ของโครงการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ชั้นสูง ที่ถือเป็นโครงการสำคัญ (flagship Project) ตามนโยบายการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ประเทศ (country strategy) ซึ่งแผนที่นำทางฉบับดังกล่าว ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างมาก ต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนของข้อมูลสถานะและแนวโน้มของอุตสาหกรรม รวมถึงประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ และด้านการกำหนดกรอบการบูรณาการระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อพัฒนาเครือข่าย โครงสร้างพื้นฐาน และผลิตภัณฑ์หุ่นยนต์ทางการแพทย์ ให้สามารถออกสู่ตลาดเป็นที่ยอมรับทั้งในและต่างประเทศ

อันเนื่องมาจากสถานการณ์ภายในประเทศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะนโยบายด้านเศรษฐกิจเพื่อสร้างการเติบโตของประเทศอย่างยั่งยืน ที่ปัจจุบันมุ่งเน้นการขับเคลื่อนด้วยการสร้างมูลค่าเพิ่มและนวัตกรรม และการผลักดันให้เกิดธุรกิจ SME และ STARTUP ในกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมายอย่างจริงจังจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยผลักดันอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและอุตสาหกรรม แนวโน้มการก้าวเข้าสู่การเป็นสังคมผู้สูงอายุทั้งของไทยและหลายประเทศทั่วโลก (aging society) การขยายพื้นที่ของสังคมเมือง (urbanization) การแข่งขันด้านโมเดลเศรษฐกิจที่เน้นการสร้างนวัตกรรม ฯลฯ ผนวกกับความตื่นตัวมากขึ้นของคนไทยเกี่ยวกับอุตสาหกรรมการแพทย์และสุขภาพ

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ศลช. ร่วมกับหน่วยงานพันธมิตร จึงเห็นควรทบทวนและปรับปรุงแผนที่นำทางฉบับปัจจุบัน ให้มีข้อมูลที่ทันสมัยและสามารถเสนอกรอบการดำเนินงานที่สอดคล้องกับสภาวการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไป เพื่อส่งให้การบริหารจัดการการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในอนาคตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีคณะวิจัยของวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล ซึ่งมี รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี เป็นผู้ประสานงาน จึงได้เข้ามาเป็นผู้ให้คำปรึกษาเพื่อจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ สำหรับปีค.ศ. 2018-2022

แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ สำหรับปีค.ศ. 2018-2022 จะเป็นการต่อยอดการพัฒนาจากแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ พ.ศ. 2558-2562 โดยในแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ฉบับแรก ได้สร้างให้เกิดการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ในประเทศไทย และในแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ฉบับนี้ จะมุ่งเน้นการพัฒนาศักยภาพและและความสามารถของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ และสร้างการบูรณาการเพื่อให้เกิดศูนย์ความเป็นเลิศในกระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องขึ้น

วัตถุประสงค์

- เพื่อทบทวนและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ฉบับปัจจุบันของ ศลช.[Medical Robotics Technology Roadmap 2015 - 2019] ให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน และครอบคลุมถึงอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์
- เพื่อเตรียมความพร้อมด้านเทคโนโลยี และการสนับสนุนจากภาครัฐ ให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและผู้ใช้
- เพื่อเป็นกรอบการดำเนินงานและแนวทางการขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์แบบบูรณาการ ภายใต้โครงการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ชั้นสูงของ ศลช.

ขอบเขตการดำเนินงาน

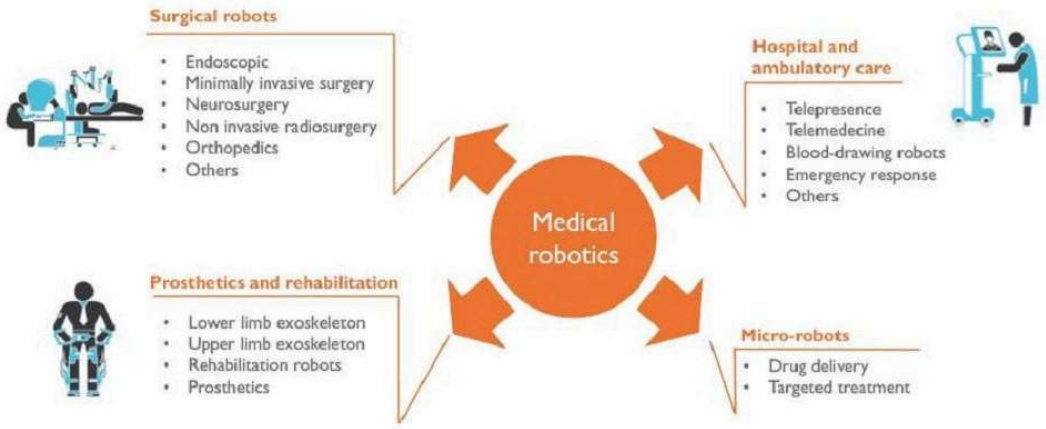
- วางกรอบการรวบรวม ศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล เพื่อจัดทำ Roadmap สำหรับปี 2018 - 2022 พร้อมทั้งนำเสนอโครงสร้าง Roadmap รวมถึงแผนการจัดทำที่ระบุขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานที่ชัดเจน
- ศึกษารวบรวมข้อมูลทั้งจาก stakeholders วรรณกรรม/บทความ สื่อต่าง ๆ แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับหุ่นยนต์การแพทย์และเครื่องมือแพทย์ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน
- ช่วยเหลือและอำนวยการจัดประชุมระดมความคิดเห็นจาก stakeholders ที่ ศลช. จะจัดขึ้นเพื่อให้สามารถรวบรวมความเห็นจากภาคส่วนต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์
- ส่งผู้แทนเข้าร่วมประชุมคณะทำงานพิจารณาร่าง Roadmap ของ ศลช. เพื่อให้ความเห็นและอธิบายหลักการและเนื้อหาของร่าง Roadmap
- ศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมด และจัดทำร่าง Roadmap ที่อย่างน้อยประกอบด้วยสาระสำคัญและองค์ประกอบตามที่กล่าวถึงข้างต้น เสนอต่อ ศลช. พิจารณา

บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรม

2.1 หุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

หุ่นยนต์ทางการแพทย์สามารถแบ่งออกได้หลายรูปแบบโดย Yole Developpment (2017) ได้แบ่งออกเป็น 4 กลุ่มดังต่อไปนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1

- Surgical robots ประกอบไปด้วย Endoscopic, Minimally invasive surgery, Neurosurgery, Non-invasive radiosurgery, Orthopedics และอื่น ๆ
- Prosthetics and rehabilitation ประกอบไปด้วย Lower limb exoskeleton, Upper limb exoskeleton, Rehabilitation robots, และ Prosthetics
- Hospital and ambulatory care ประกอบไปด้วย Telepresense, Telemedecine, Blood-drawing robots, Emergency response และอื่น ๆ
- Micro-robots ประกอบไปด้วย Drug delivery และ Targeted treatment



รูปที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มของหุ่นยนต์ทางการแพทย์

นอกจากนั้น ยังมีการจัดกลุ่มในแบบอื่นๆ อีก เช่น บริษัท Underwriter Laboratory [UL] [2017] ได้แบ่งกลุ่มไว้เป็น 7 กลุ่ม ซึ่งประกอบไปด้วย

- Minimally invasive surgical devices
- Diagnostic devices
- Advanced prosthetics
- Telepresence devices
- Hospital automation
- Personal robotic assistants
- Public health management

Schweikard and Ernst [2015] แบ่งกลุ่มออกเป็น 4 กลุ่ม คือ Robot for navigation, Robot for motive replication, Robot for imaging, และ Rehabilitation and Prosthetics

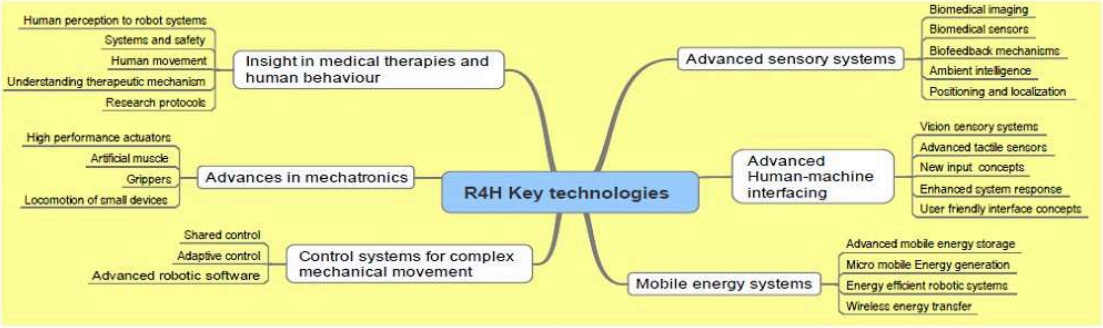
สำหรับประเทศไทย TCELS [2015] ได้แบ่งกลุ่มของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ออกมาเป็น 3 กลุ่มหลัก คือ

- Treatment Robots [เพื่อการตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษาและการผ่าตัด]
- Support Robots [เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์]
- Medical Service Robots [เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุขและการติดตามเฝ้าระวัง]

2.2 เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

หุ่นยนต์ทางการแพทย์เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีในหลายแขนง โดย The European Foresight Monitoring Network (2008) แบ่งกลุ่มเทคโนโลยีออกเป็นกลุ่มหลักๆ ดังนี้ (รูปที่ 2.2)

- Insight in medical therapies and human behavior
- Advances in mechatronics
- Control systems for complex mechanical movement
- Advanced sensory systems
- Advanced human-machine interfacing
- Mobile energy systems

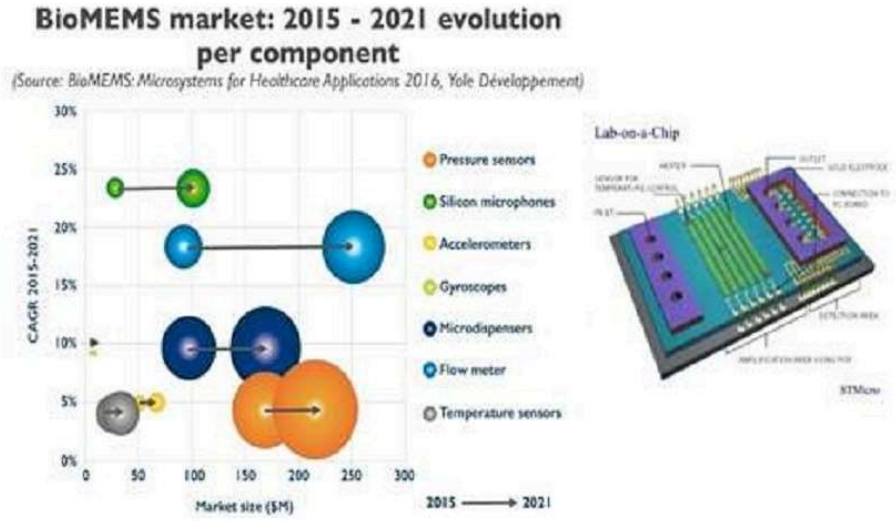


รูปที่ 2.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์

นอกจากกลุ่มเทคโนโลยีหลักแล้ว ปัจจุบันยังมีเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เข้ามาต่อยอด หรือเสริมเทคโนโลยีเดิม ยกตัวอย่างเช่น ไบโอเมมส์ (BioMEMS) เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ (3D printing) และแขนขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิค (Bionic Limbs)

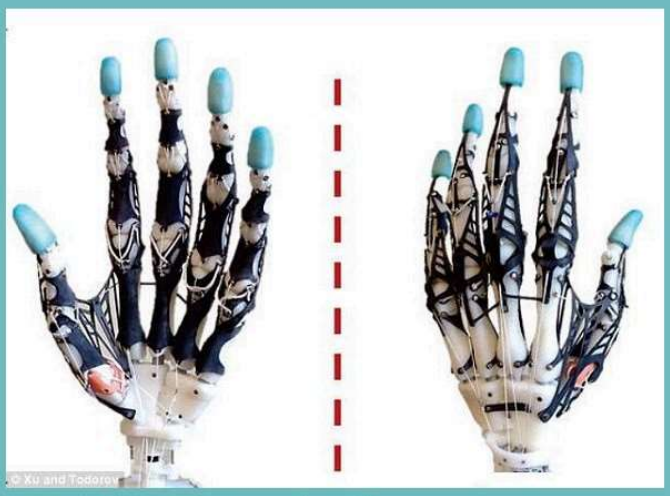
1.ไบโอเมมส์ (BioMEMS)

ไบโอเมมส์เป็นการนำเอาเครื่องกลจุลภาคมาใช้ทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพเป็นหลัก เพื่อให้สามารถทำงานด้วยความละเอียดสูงและแม่นยำทั้งในการตรวจจับ การวัด และแจ้งข้อมูล ซึ่งไบโอเมมส์เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญสำหรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์กลุ่ม Prosthetics and rehabilitation และจากข้อมูลของ Yole Developpment (2017) ไบโอเมมส์มีขนาดตลาดที่ใหญ่ที่สุด (รูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 การเติบโตและขนาดตลาดของไบโอเมมส์(BioMEMS)

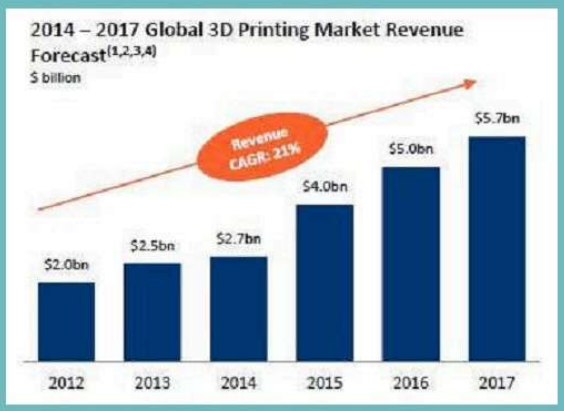
2.เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ (3D printing)

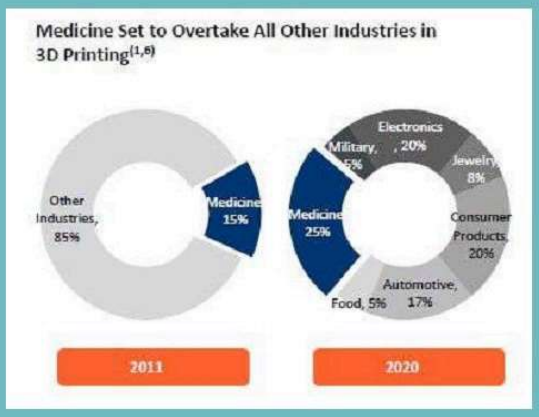


รูปที่ 2.4 กระดูกที่ถูกขึ้นรูปแบบสามมิติ
(www.dailymail.co.uk)

เทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ เป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อจำลองโมเดลเสมือนจริง โดยรายงานของ IBIS CAPITAL (2016) แสดงให้เห็นว่า ตลาดเทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดระหว่างปี 2014 - 2015

สำหรับตลาดการแพทย์โดยเฉพาะมีการเติบโตจากสัดส่วน 15% ของตลาดรวม ในปี 2015 เพิ่มเป็น 25% ในปี 2020 ดังแสดงในรูปที่ 2.4 และ รูปที่ 2.5



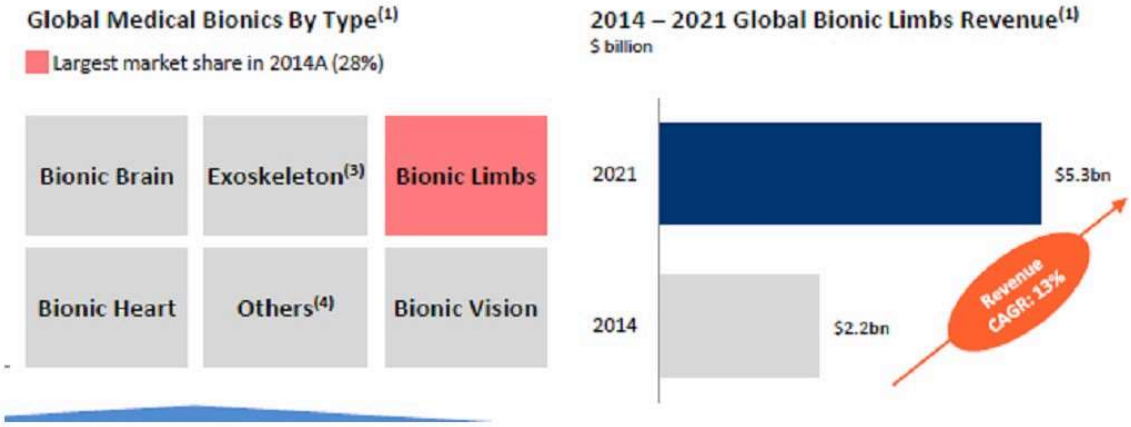


รูปที่ 2.5 ใถการเติบโตและขนาดตลาดของเทคโนโลยีการพิมพ์แบบสามมิติ
(IBIS Capital, 2016)

3.แขนขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิค [BIONIC LIMBS]

รูปที่ 2.6 ขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิค [gizmodo.com]

แขนขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิค เป็นการเชื่อมต่ออวัยวะเทียมเข้ากับระบบประสาทเพื่อที่จะสามารถสั่งการได้ใกล้เคียงกับการใช้งานโดยอวัยวะจริง [รูปที่ 2.6] แขนขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิคถือเป็นตลาดที่มีที่มีสัดส่วนสูงสุด และคาดว่าจะเติบโตถึง 13% ต่อปี จากปี 2014 ถึง 2021 ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การเติบโตของตลาดแขนขากลไฟฟ้าแบบไบโอนิค [IBIS Capital, 2016]

2.3 แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี (TECHNOLOGY ROADMAP)

แผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีคืออะไร

การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี คือ กระบวนการที่นิยมสำหรับการวางแผนและการจัดสรรทรัพยากรสำหรับการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม โดยที่องค์ประกอบและโครงสร้างมีความสัมพันธ์ในแต่ละช่วงระยะเวลา ในกระบวนการวิเคราะห์จะมีขั้นตอนการประเมินทางเชิงกลยุทธ์และเลือกเทคโนโลยีเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งผลที่ได้จากการจัดทำแผนที่นำทางนั้นจะถูกสรุปและนำไปสื่อสารให้ดำเนินการสอดคล้องกับธุรกิจหลัก (ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี, 2561) ส่งผลให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างการวิจัย การพัฒนาโครงการ ผลิตภัณฑ์หรือบริการให้เข้ากับความต้องการของกลุ่มเป้าหมาย (DeGregorio, 2000; Kostoff and Schaller, 2001)

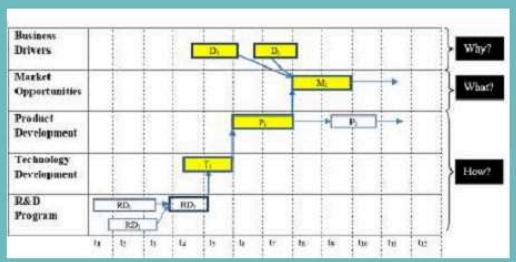
แผนที่นำทางมิใช่เป็นเพียงแค่การวางแผน แต่ยังเป็นการกำหนดวิสัยทัศน์ของผู้บริหารองค์กร (vision) เกี่ยวกับการพัฒนาองค์กรในอนาคตและแนวการดำเนินงาน (Ma et al., 2007) โดย Kim and Park (2004) มองว่าแผนที่นำทางเป็นกระบวนการที่สนับสนุนด้านการสินใจเชิงกลยุทธ์ ในขณะที่ Groenveld (1997) มองว่าแผนที่นำทางเป็นกระบวนการที่บูรณาการระหว่างการบริหารธุรกิจและการจัดการเทคโนโลยี

กระบวนการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี (TECHNOLOGY ROADMAPPING)

การทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Roadmapping) คือ กระบวนการและวิธีคิดในการจัดทำแผนกลยุทธ์สำหรับการบริหารจัดการเทคโนโลยีแบบใหม่ โดยมุ่งการผสมผสานระหว่างแผนกลยุทธ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Science & Technology Strategy) กับแผนกลยุทธ์ทางธุรกิจขององค์กร (Business Strategy) กระบวนการและวิธีคิดนี้จะเน้นการวิเคราะห์พิจารณาความเชื่อมโยงของการเปลี่ยนแปลงทางธุรกิจ (Business Drivers) ตลาด (Market) ผลิตภัณฑ์ (Product) เทคโนโลยี (Technology) การวิจัยและพัฒนา (R&D) และทรัพยากร (Resources) เข้าด้วยกันในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังที่แสดงรูปที่ 2.8

ส่วน Technology Roadmap หมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการ Technology Roadmapping ซึ่งส่วนใหญ่จะแสดงอยู่ในรูปแผนภูมิลักษณะต่างๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าใจ สะดวกต่อการสื่อสารภายในองค์กร และสามารถเสนอมุมมองการคาดการณ์ศักยภาพการเจริญเติบโตขององค์กรในอนาคตได้ ซึ่งโดยส่วนใหญ่รูปแบบของแผนที่นำทางที่นิยมใช้กันมากที่สุดจะเป็นรูปแผนภูมิลำดับชั้น (Hierarchy diagram) ดังแสดงในรูปที่ 2.8 ซึ่งเป็นแผนภูมิลำดับชั้น 2 มิติ ประกอบด้วยแกนแนวตั้งและแกนแนวนอน แกนแนวตั้งของ Roadmap ประกอบด้วยหลายๆชั้น ซึ่งหัวข้อของแต่ละชั้นสามารถปรับเพื่อให้กรอบของการพิจารณาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ส่วนแกนนอนคือกรอบเวลา ซึ่งช่วงเวลาในการนำเสนอขึ้นอยู่กับช่วงระยะเวลาวงจรชีวิตของเทคโนโลยี (Technology lifecycle) ซึ่งถ้าเทคโนโลยีที่พิจารณามีการเปลี่ยนแปลงบ่อยและรวดเร็ว กรอบระยะเวลาของแผนที่ก็มักจะสั้นไปด้วย เช่น 1-3 ปี แทนที่จะเป็น 5-7 หรือ 10 ปี เป็นต้น

ด้วยการแข่งขันทางธุรกิจในปัจจุบันมีความรุนแรง ซับซ้อน และมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นได้ทั้งจากปัจจัยภายนอก (External factors) และปัจจัยภายในองค์กร (Internal factors) ซึ่งจะส่งผลถึง Roadmap ที่องค์กรทำอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นจึงมีความสำคัญอย่างมากสำหรับองค์กรที่จะต้องปรับแก้ Roadmap อย่างทันท่วงที มิเช่นนั้นอาจส่งผลต่อการทำธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญได้



รูปที่ 2.8 โครงสร้างของ Technology roadmap (Gerdsri et al., 2018)

โดยการวิเคราะห์แผนที่นำทางเทคโนโลยี (รูปที่ 2.8) เริ่มต้นจากการพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภายนอกทั้งทางด้านสังคม (Social) เทคโนโลยี (Technology) เศรษฐกิจ (Economic) สิ่งแวดล้อม (Environmental) และ การเมือง (Politic) โดยประเมินผลกระทบของปัจจัยดังกล่าวต่อโอกาสด้านการตลาดที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยปัจจัยภายนอก เช่น ปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของธุรกิจ (Business Drivers, D1 หรือ D2) ซึ่งอาจนำไปสู่การก่อเกิดโอกาสทางธุรกิจใหม่ ๆ (M1) ได้ หาก D1/ D2 มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นเมื่อเทียบการคาดการณ์เดิม อาจทำให้ตลาด M1 เกิดขึ้นเร็วกว่าที่คิด ดังนั้นองค์กรควรพิจารณาที่จะปรับ Roadmap ให้ตอบสนองต่อตลาดเร็วขึ้น ไม่เช่นนั้นจะเสียโอกาสทางธุรกิจได้ ในทางตรงกันข้าม หาก D1/ D2 มีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงช้ากว่าการคาดการณ์เดิม ทำให้ตลาด M1 เกิดขึ้นช้ากว่าที่คิด องค์กรควรพิจารณาที่จะปรับ Roadmap ให้ตอบสนองต่อตลาดช้าลงเพื่อไม่ให้เข้าสู่ธุรกิจเร็วเกินไป

ในอีกทางหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายในก็อาจส่งผลต่อ Roadmap เช่นเดียวกัน ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ P1 ที่คาดว่าจะตอบสนองต่อตลาด M1 ในเวลา t8 โดยอาศัยเทคโนโลยี T1 ซึ่งต้องพัฒนาเสร็จในเวลา t6 หากเทคโนโลยีนี้มีการพัฒนาที่ล่าช้าออกไป ทำให้ผลิตผลิตภัณฑ์ P1 ออกสู่ตลาดมาได้ในเวลา t10 อาจทำให้องค์เสียโอกาสทางธุรกิจได้ ในขณะเดียวกัน หากการพัฒนาเทคโนโลยีสำเร็จเร็วกว่าเวลา t6 ที่วางแผนไว้ ผู้บริหารอาจตัดสินใจที่จะชะลอกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อไม่ให้ผลิตภัณฑ์ออกสู่ตลาดเร็วเกินไปซึ่งณ เวลาดังกล่าวตลาดอาจยังไม่พร้อมที่จะตอบรับ

ดังนั้น การตรวจสอบ (Monitor) และปรับ Roadmap อยู่เสมอมีความจำเป็นเป็นอย่างมาก เพื่อทันต่อสถานการณ์โดยในการทำการตรวจสอบสถานะของ Roadmap ว่ายังใช้ได้อยู่หรือต้องมีการแก้ไขหรือไม่ จึงต้องมีการจัดทีมที่จะคอยดำเนินการ (TRM operation team) เพื่อประเมินสถานะ (Impact assessment) ทั้งจากปัจจัยทั้ง 2 ด้าน ซึ่งขั้นตอนของการทำการประเมินนั้นมี 5 ขั้นตอน ดังนี้ (รูปที่ 2.11)

ขั้นตอนที่ 1 เมื่อทำ Roadmap เสร็จแล้ว และนำ Roadmap ไปใช้เพื่อเป็นแนวทางการทำงานของแต่ละหน่วยงาน โดยต้องคอยตรวจอยู่เสมอว่างานที่แต่ละส่วนทำสอดคล้องกับแผนของ Roadmap หรือไม่ เพื่อที่จะได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้อย่างถูกต้อง ซึ่งแน่นอนว่าการสื่อสาร Roadmap ให้ชัดเจนไปยังหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องนั้นสำคัญมาก

ขั้นตอนที่ 2 ตรวจสอบ [monitor] การเปลี่ยนแปลงทั้งภายในและภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงทางสังคม เทคโนโลยี เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการเมือง ซึ่งนับเป็นปัจจัยภายนอก รวมทั้ง การพัฒนาเทคโนโลยีภายในองค์กร ซึ่งเป็นปัจจัยภายใน

ขั้นตอนที่ 3 ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ซึ่งแต่ละองค์กรอาจมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจส่งผลกระทบมากกับองค์กรหนึ่ง แต่อาจจะไม่ส่งผลมากนักกับอีกองค์กรหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 สร้าง TRM signal จากการประเมินผลกระทบ ซึ่ง TRM signal จะแสดงผลออกมาใน 3 รูปแบบ คือ “การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่มีผลต่อองค์กร [Maintain]” หรือ “การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองค์กรในระดับนึง ต้องการการแก้ไขเล็กน้อย [Adjust]” หรือ “การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นมีผลต่อองค์กรอย่างมีนัยสำคัญ ต้องการการแก้ไข [Revise]”

ขั้นตอนที่ 5 ผู้บริหารตัดสินใจว่า จะทำการแก้ไข Roadmap หรือไม่ โดยหากต้องทำการแก้ไข TRM operation team ต้องทำการแจ้งให้กับแต่ละภาคส่วนขององค์กรทราบ เพื่อร่วมกันทำการแก้ไข Roadmap และหลังจากทำเสร็จก็ต้องทำการสื่อสารกับแต่ละส่วนงานเพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน

โดยสรุปแล้ว การทำความเข้าใจถึงสถานะ Roadmap ขององค์กรมีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อที่จะได้วางแผนการทำงานได้ถูกต้อง ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนแปลง ทำให้ Roadmap มีเสถียรภาพ ซึ่งในที่สุดแล้วจะส่งผลต่อความความสามารถในการแข่งขันที่ยั่งยืนขององค์กร

รูปที่ 2.9 กรอบแนวคิดในการประเมินผลกระทบต่อ Roadmap 5 ขั้นตอน [Gerdsri et al., 2018]

การประยุกต์ใช้ Roadmap นั้นมีอย่างแพร่หลาย ยกตัวอย่างเช่น Zhang และคณะ (2013) ได้ทำการวิจัย Roadmap ของเทคโนโลยี Carbon capture, utilization and storage (CCUS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่จะช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศจีน Roadmap ที่ทำออกมานี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศ โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา คือ ปี 2011- 2015, ปี 2015-2020 และปี 2020-2030

เนื่องจากโดยส่วนมากแล้ว Roadmap ถูกนำมาใช้กับสินค้าที่เป็นผลิตภัณฑ์ มิได้ถูกนำมาประยุกต์เข้ากับการบริการ Lee และคณะ (2013) จึงได้มีแนวคิดที่จะประยุกต์แนวคิดของ Roadmap เข้าสู่การบริการด้วย โดยได้ทำการวิจัยกับการพัฒนาเมืองอัจฉริยะของประเทศเกาหลีใต้ (Smart city development R&D project) งานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือด้านการจัดการที่เรียกว่า Quality function deployment (QFD) ที่ใช้จับคู่ความต้องการของลูกค้าเข้ากับฟังชั่นต่างๆ ด้านวิศวกรรมของสินค้า กระบวนการ QFD เข้ามาช่วยในส่วนของการเชื่อมโยง Roadmap ระหว่างการบริการเข้ากับอุปกรณ์ และอุปกรณ์เข้ากับเทคโนโลยี

ปี 2016 Gonzalez-Salazar และคณะ ได้จัดทำ Roadmap สำหรับเทคโนโลยีกลุ่ม Bioenergy ซึ่งประกอบด้วย biodiesel, renewable diesel, biomethane, และ biogas, waste-to-energy เป็นต้น งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยระดับประเทศเพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน มีผู้เชี่ยวชาญเข้าร่วมมากกว่า 30 ท่าน และได้สร้างกรอบแนวคิดและวิสัยทัศน์ของการพัฒนาเทคโนโลยีในกลุ่มนี้ไปจนถึงปี 2030

ในปี 2017 Khanam และ Daim ได้ทำการวิจัย Roadmap สำหรับการยอมรับเทคโนโลยี (Adoption) ของ CO2 heat pump water heater (HPWH) เทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีใหม่แต่ยังไม่ได้รับการตอบรับมากนักในตลาด Pacific Northwest ทีมวิจัยจึงได้ศึกษาว่าควรจะพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อตอบสนองต่อตลาดอย่างไร ซึ่งการสร้าง Roadmap ขึ้นมาสามารถช่วยให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องจากทั้งภาคอุตสาหกรรม หน่วยงานระดับประเทศ และองค์กร เห็นภาพได้ชัดเจนมากขึ้นและสามารถกำหนดแนวทางการทำงานให้สอดคล้องกันเพื่อที่ทำให้เกิดการยอมรับในตลาด

นอกจากการทำ Roadmap ไปประยุกต์ใช้ในบริบทอื่นๆ แล้ว ยังมีการนำ Roadmap ไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือการวิเคราะห์อื่นเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ปี 2014 Huang และคณะได้ทำการวิจัยในระดับประเทศของประเทศจีน เพื่อวางแผนให้กับ National Science, Technology and Innovation (ST&I) สำหรับเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar cell) โดยอาศัยกรอบแนวคิดของ Technology Roadmap เข้ากับกระบวนการวิเคราะห์ที่เรียกว่า Bibliometrics ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์เชิงปริมาณ อาศัยหลักสถิติและคณิตศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ดูแนวโน้มการตีพิมพ์ผลงาน หรือการอ้างอิงต่างๆ ในหัวข้อที่สนใจ

ปี 2015 Jin และคณะ ได้ทำการวิจัย Roadmap ที่นำด้วยเทคโนโลยี (Technology-driven roadmap) ณ ประเทศเกาหลีใต้เพื่อวิเคราะห์หาโอกาสทางการตลาดใหม่ๆ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเอากระบวนการที่เรียกว่า Text mining และ Quality function deployment (QFD) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ Text mining คือ การค้นหาความรู้ในคลังข้อมูลที่มีอยู่มหาศาล โดยจะทำการค้นหารูปแบบ แนวทาง และความสัมพันธ์ที่ซ่อนอยู่ในคลังข้อมูลนั้น งานวิจัยนี้ยกตัวอย่างกรณีศึกษาของเทคโนโลยี Solar light-emitting diode (LED)

ดร. ณัฐสิทธ์ เกิดศรีและคณะ มีประสบการณ์ในการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีในโครงการต่างๆ เช่น

- โครงการจัดทำแผนที่นำการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อขับเคลื่อนพันธกิจเฉพาะของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ดำเนินการปี 2559
- โครงการวิเคราะห์จัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Technology and Innovation Roadmap) ในระดับอุตสาหกรรม ของกลุ่ม 6 อุตสาหกรรมหลัก นำเสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (STI) และสมาคมจัดการธุรกิจแห่งประเทศไทย (TMA) ดำเนินการปี 2556-7
- โครงการประเมินขีดความสามารถและจัดทำแผนที่นำทางการยกระดับขีดความสามารถในการวิจัยและพัฒนาวัคซีนในประเทศไทย นำเสนอต่อศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ ดำเนินการปี 2556
- โครงการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ นำเสนอต่อสถาบันยานยนต์ ดำเนินการปี 2553
- โครงการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ โทรคมนาคม และสารสนเทศ (ECTI) สำหรับจัดการกับโรคติดต่ออุบัติใหม่ นำเสนอต่อศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ดำเนินการปี 2550

รวมถึงการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีให้กับองค์กรภาคธุรกิจ เช่น บริษัทในเครือซีเมนต์ไทย, บริษัท ปตท, บริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล, บริษัท สยามแม็คโคร เป็นต้น

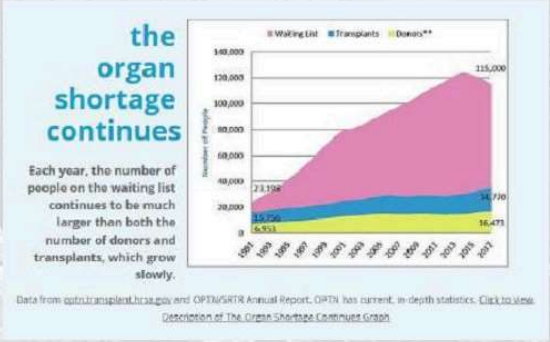
บทที่ 3
ตลาดและความต้องการทางด้านสาธารณสุข

3.1 ตลาดและความต้องการทางด้านสาธารณสุขโดยรวม

ความต้องการทางด้านสาธารณสุขมีการเติบโตขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในระดับนานาชาติและในระดับประเทศ ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณสุขของทั้งโลกคาดว่าจะเพิ่มขึ้นจาก 7 ล้านล้านเหรียญสหรัฐต่อปีในปี 2015 เป็น 8.7 ล้านล้านเหรียญสหรัฐต่อปีในปี 2020 (DELOITTE, 2018) ซึ่งเกิดขึ้นจากการขยายตัวของตลาดเกิดใหม่ ความก้าวหน้าทางด้านการรักษา ค่าแรงที่สูงขึ้น และประเด็นที่สำคัญที่สุดคือการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้สูงอายุ โดยคาดว่าจำนวนผู้ที่มีอายุเกิน 65 ปีทั่วโลกจะมีเพิ่มขึ้นเป็น 11.5% ของจำนวนประชากรทั้งหมด เนื่องจากระบบการแพทย์ที่ดีขึ้น อัตราการตายของทารกที่ลดลง และอัตราการแพร่กระจายของโรคระบาดที่ลดลง

จากประเด็นดังกล่าว จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคต่าง ๆ จึงเยอะขึ้น จากข้อมูลของสมาคมโรคไตแห่งอเมริกา (AMERICAN SOCIETY OF NEPHROLOGY: ASN) ได้รายงานจำนวนผู้ป่วยทั่วโลกจำแนกตามโรค พบว่าโรคไตเป็นโรคที่มีจำนวนผู้ป่วยมากที่สุด คือ 850 ล้านคน และรองลงมาได้แก่โรคเบาหวาน เป็นจำนวน 422 ล้านคน ซึ่งโรคเบาหวานถือเป็นโรคที่มีผลกระทบสูงและคาดว่าจะมีจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานมากขึ้นเป็น 642 ล้านคนในปี 2040 เนื่องจากการขยายตัวของเขตเมือง พฤติกรรมของผู้คนที่นั่งทำงานมากขึ้น ลักษณะของอาหาร และระดับความอ้วนเฉลี่ยของผู้คนที่สูงขึ้น

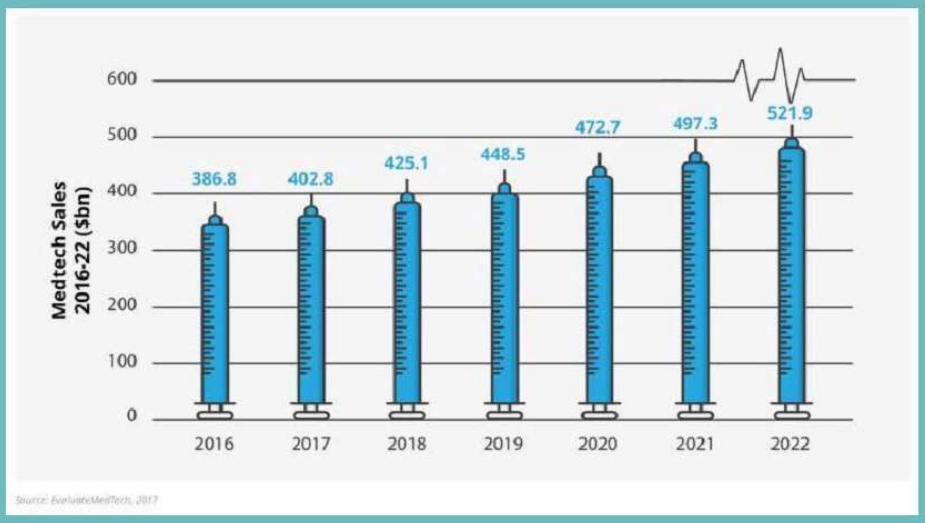
วิธีการหนึ่งในการรักษาคือการปลูกถ่ายอวัยวะ ซึ่งสามารถทำให้ผู้ป่วยกลับมาใช้ชีวิตได้ตามปกติและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น แต่ปัญหาหลักคือการขาดแคลนอวัยวะที่จะนำมาปลูกถ่าย ด้วยเหตุนี้อุปกรณ์ที่จะมาสนับสนุนการรักษารวมถึงอุปกรณ์ทางการแพทย์ในการคัดกรองและวินิจฉัยโรคจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เพราะจะทำให้ผู้ป่วยได้รับการรักษาอย่างรวดเร็วก่อนที่โรคจะลุกลาม



รูปที่ 3.1 จำนวนความต้องการการปลูกถ่ายอวัยวะและจำนวนผู้บริจาคอวัยวะ (organdonor.gov)

3.2 ตลาดและความต้องการสำหรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

ในการจะมองถึงตลาดสำหรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ เราจะเริ่มมองจากความต้องการทางด้านเทคโนโลยีการแพทย์ [Medtech] ปริมาณการขายของสินค้าด้านเทคโนโลยีการแพทย์มีการเติบโตปีละ 5.1% และจะมีมูลค่าเป็น 521.9 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี 2022 โดยกลุ่มที่ใหญ่ที่สุดได้แก่อุปกรณ์ในการวินิจฉัยภายนอกร่างกาย [In vitro diagnostics] ซึ่งจะมียอดขายอยู่ที่ 70 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี 2022 อันดับสองได้แก่เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับโรคหัวใจ [cardiology] ซึ่งจะมีมูลค่าประมาณ 62 พันล้านเหรียญสหรัฐในปี 2022 ตามมาด้วยเทคโนโลยีการดูภาพทางรังสีวินิจฉัย [diagnostic imaging] อยู่ที่ 48 พันล้านเหรียญสหรัฐ และด้านศัลยกรรมกระดูก [Orthopedics] ซึ่งมีการโตอยู่ที่ 4% ต่อปีและจะมีขนาดประมาณ 44 พันล้านเหรียญสหรัฐ [Deloitte, 2018]

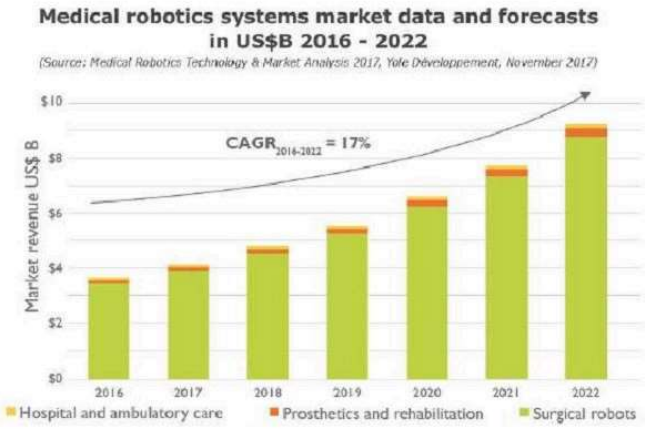


รูปที่ 3.2 ขนาดตลาดของสินค้าเทคโนโลยีการแพทย์ [Deloitte, 2018]

หุ่นยนต์ทางการแพทย์ถูกจัดอยู่ในกลุ่มหุ่นยนต์ด้านการบริการ (Service robot) ซึ่งถูกคาดการณ์ว่าจะมีมูลค่าสูงสุดในกลุ่ม โดยในปี 2018-2020 จะมีมูลค่ารวมประมาณ 7,749 ล้านดอลลาร์ (Gudrun L., 2017)

รูปที่ 3.3 ขนาดตลาดของหุ่นยนต์ทางการแพทย์ (Gudrun, 2017)

งานวิจัยของ Yole Developpment (2017) แสดงให้เห็นว่ากลุ่ม Surgical robots มีสัดส่วนใหญ่ที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม Prosthetics and rehabilitation และ Hospital and ambulatory care ตามลำดับ ซึ่งคาดการณ์ว่าในปี 2016 – 2022 จะมีการเติบโตของหุ่นยนต์ทางการแพทย์สูงถึง ถึง 17% ต่อปี



รูปที่ 3.4 การเติบโตของตลาดหุ่นยนต์ทางการแพทย์ (Yole Developpment, 2017)

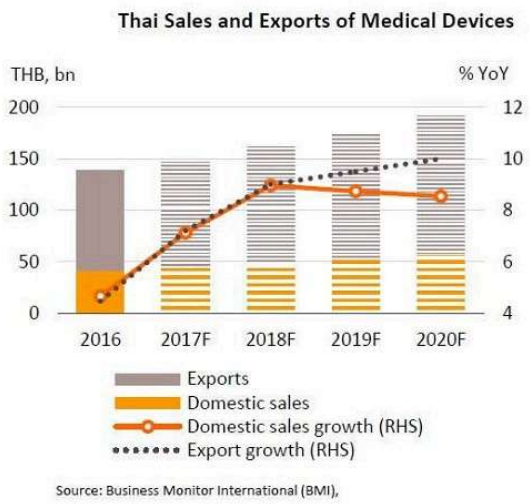
เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยขับเคลื่อน (Drivers) สำหรับตลาดหุ่นยนต์ทางการแพทย์แล้ว โดยปัจจัยขับเคลื่อนหลักๆ มีดังนี้

- การเข้าสู่สังคมสูงอายุของประชากรโลก (Aging global population) ในอนาคตประชากรโลกจะเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุมากขึ้น จากการคาดการณ์โดยกองทุนประชากรแห่งสหประชาชาติ (UNFPA) โดยในปี 2017 ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป จะมีสัดส่วนประมาณ 12% และจะเพิ่มเป็น 22% ภายในปี 2050 (UNFPA, 2017)
- แนวโน้มการขาดแคลนบุคลากรทางการแพทย์(Shortage of medical personnel) บุคลากรทางการแพทย์มีแนวโน้มจะขาดแคลนมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น มีการคาดการณ์ว่าภายในปี 2030 ประเทศสหรัฐอเมริกาจะขาดแคลนแพทย์มากกว่า 100,000 ตำแหน่ง (IHS Markit, 2017)
- การเข้ามามีส่วนร่วมของหุ่นยนต์ในกระบวนการทางการแพทย์มากขึ้น (Improved quality of robotics in routine procedures) หุ่นยนต์จะมีการพัฒนาให้เป็นระบบอัตโนมัติมากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการผ่าตัดสูงขึ้นอย่างมาก (ScienceDaily.com, 2017)
- การแข่งขันเพื่อสร้างความแตกต่างของผู้ให้การบริการทางการแพทย์ (Need for market differentiation for healthcare providers) การเกิดขึ้นของเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางแพทย์แพทย์ใหม่ๆ จะช่วยสร้างความแตกต่างของโรงพยาบาล และสถานบริการทางการแพทย์ เพื่อเป็นทางเลือกที่ดีกว่าให้กับผู้รับบริการ (Underwriter Laboratory, 2017)
- การทำให้เกิดการบริการทางการแพทย์และการรักษาใหม่ๆ (Facilitating newer procedures/therapies) การพัฒนาของเทคโนโลยีที่มากขึ้นจะช่วยผลักดันให้เกิดการบริการรูปแบบใหม่ รวมถึงวิธีการรักษาแบบใหม่ที่ดีขึ้นกว่าเดิม (Underwriter Laboratory, 2017)

สำหรับประเทศไทย ความต้องการหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง เกิดจากการเจ็บป่วยที่เพิ่มมากขึ้นของคนไทยโดยเฉพาะจำนวนผู้ป่วยจากโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคเบาหวาน และโรคมะเร็ง การมีประชากรผู้สูงอายุมากขึ้น รวมไปถึงสัดส่วนของผู้ป่วยต่างชาติมีการเข้ามาใช้บริการในไทยเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากความเชื่อมั่นในมาตรฐานการรักษา นอกจากนี้จากนโยบายรัฐบาลที่ส่งเสริมให้ ไทยเป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ หรือ Medical Hub

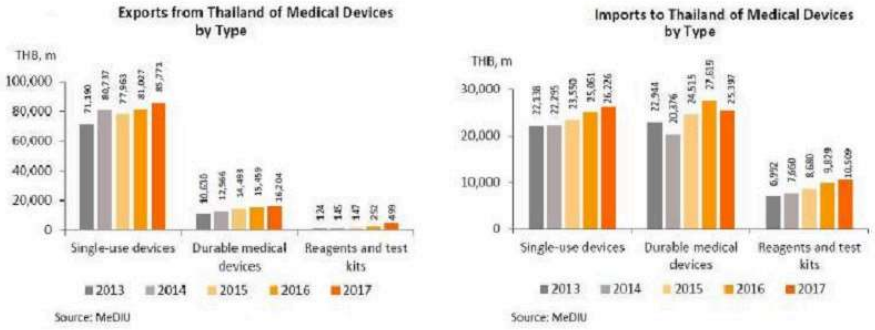
รูปที่ 3.5 จำนวนคนไข้ชาวต่างชาติ (ที่มา: ศูนย์วิจัยกสิกรไทย)

ไทยเป็นผู้นำเข้าและส่งออกเครื่องมือแพทย์ที่สำคัญที่สุดในกลุ่มอาเซียน โดยคาดการณ์ว่าในระยะ 1-3 ข้างหน้ามูลค่าการจำหน่ายเครื่องมือภายในประเทศจะขยายตัวต่อเนื่องในอัตรา 8.7% ต่อปี ส่วนมูลค่าการส่งออกจะขยายตัวในอัตราเฉลี่ย 9.5% ต่อปี



เมื่อแบ่งเครื่องมือแพทย์ตามลักษณะการใช้งาน พบว่าสามารถแบ่งได้ 3 กลุ่ม และจะเห็นได้จากรูปที่ 3.6 ว่ามูลค่าของวัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์มีมูลค่าการนำเข้าและส่งออกสูงที่สุด โดยการส่งออกที่สำคัญมักเป็นสินค้าที่มีมูลค่าเพิ่มไม่สูงมาก เช่น ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย แต่นำเข้าอุปกรณ์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูง อย่างอุปกรณ์ผ่าตัดผ่านกล้อง, อุปกรณ์ผ่าตัดอัตโนมัติ,ไหมเย็บแผล เป็นต้น

รูปที่ 3.6 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกอุปกรณ์ทางการแพทย์
[ที่มา: https://www.krungsri.com/bank/getmedia]



รูปที่ 3.7 มูลค่าการนำเข้าและส่งออกอุปกรณ์ทางการแพทย์แบ่งตามประเภทการใช้งาน
[ที่มา: https://www.krungsri.com/bank/getmedia]

นอกจากนี้เครื่องมือแพทย์เพื่อการตรวจและวินิจฉัยซึ่งจัดว่าเป็นครุภัณฑ์ทางการแพทย์ (Durable medical) ก็เป็นส่วนที่มีมูลค่าการนำเข้าสูงไม่แพ้วัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์ (Single-use device) ซึ่งแสดงตามตารางที่ 3.1

มูลค่านำเข้าเครื่องมือแพทย์ (เพื่อการตรวจสอบวินัจฉัย) ที่สำคัญของไทย จำแนกรายผลิตภัณฑ์

เครื่องมือแพทย์	มูลค่านำเข้า (ล้านบาท)				
	2555	2556	2557	2558	2559
เครื่องบันทึกคลื่นหัวใจไฟฟ้า	50.20	61.77	53.69	54.72	84.35
เครื่องกวาดตรวจด้วยอัตราโซนิก	369.02	312.68	259.63	381.25	534.14
เครื่องตรวจสอบอวัยวะโดยใช้พลังงานจากสนามแม่เหล็ก	680.87	377.47	268.78	495.16	483.94
เครื่องซินทิกราฟิค	6.13	0.07	n.a.	n.a.	16.83
เครื่องรังสีอัลตราไวโอเลตหรืออินฟราเรด	34.20	27.99	31.72	53.61	83.30
เครื่องคอมพิวเต็ดโทโมกราฟ	432.38	429.7	283.06	248.86	435.14
เครื่องเอกซเรย์สำหรับการตรวจสอบทางกายภาพของรอยเชื่อมต่อบนชุดประกอบแผงวงจรพิมพ์/แผงการเดินสายแบบพิมพ์	109.87	124.13	42.56	116.33	104.90

ที่มา : กรมศุลกากร

ตารางที่ 3.1 มูลค่าการนำเข้าเครื่องมือแพทย์ที่สำคัญของไทย

ซึ่งหากประเทศไทยสามารถผลิตสินค้าในกลุ่มดังกล่าว เพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ จะเป็นส่วนช่วยในการประหยัดค่าใช้จ่ายให้กับประเทศได้อย่างมาก

บทที่ 4
สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

สถานภาพปัจจุบันของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ได้มีความก้าวหน้าอย่างมาก ในรายงานนี้จะแบ่งออกเป็นกลุ่มหุ่นยนต์ทางการแพทย์และกลุ่มเครื่องมือแพทย์ เพื่อให้ภาพของสถานภาพและแนวโน้มของแต่ละกลุ่มมีความชัดเจนและมีรายละเอียดมากยิ่งขึ้น

4.1 สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์

ตั้งแต่เราได้เริ่มนำหุ่นยนต์มาช่วยในการเก็บชิ้นเนื้อในคนไข้ซึ่งนำทางโดยอาศัยภาพจาก CT ในปีค.ศ.1985 เทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์กว่า 30 ปีให้หลังนี้ได้พัฒนาไปไกล ครอบคลุมลักษณะงานทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง ปัจจัยที่ช่วยสนับสนุนให้ตลาดหุ่นยนต์ทางการแพทย์เติบโตขึ้นนั้นมีหลายอย่างด้วยกัน แต่อาจกล่าวได้ว่ามีปัจจัยหลักดังนี้

- การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้มีส่วนในการเพิ่มขนาดของตลาดและโอกาสทางธุรกิจ
- เทคโนโลยีก้าวหน้าเพียงพอที่จะใช้งานได้จริง
- เพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลทางการแพทย์ได้
- ลดความผิดพลาด
- ความต้องการการผ่าตัดแบบแผลเล็กเพิ่มขึ้น
- ตลาดสุขภาพผู้สูงอายุเพิ่มขึ้น
- ตลาดและผลกำไรที่ได้จากการนำหุ่นยนต์มาใช้ในการบริการทางการแพทย์เพิ่มขึ้น

ด้วยปัจจัยเหล่านี้ จึงชักจูงให้นักวิจัยและนักลงทุนเข้ามาทำตลาดหุ่นยนต์ทางการแพทย์เชิงพาณิชย์อย่างมาก และตัวเลขนี้ก็เพิ่มขึ้นต่อเนื่องทุกปี การแบ่งกลุ่มประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์นั้นอาจแบ่งได้หลายลักษณะ แต่ในที่นี่จะแบ่งตามบทบาทของหุ่นยนต์ในบริการทางการแพทย์ คือ

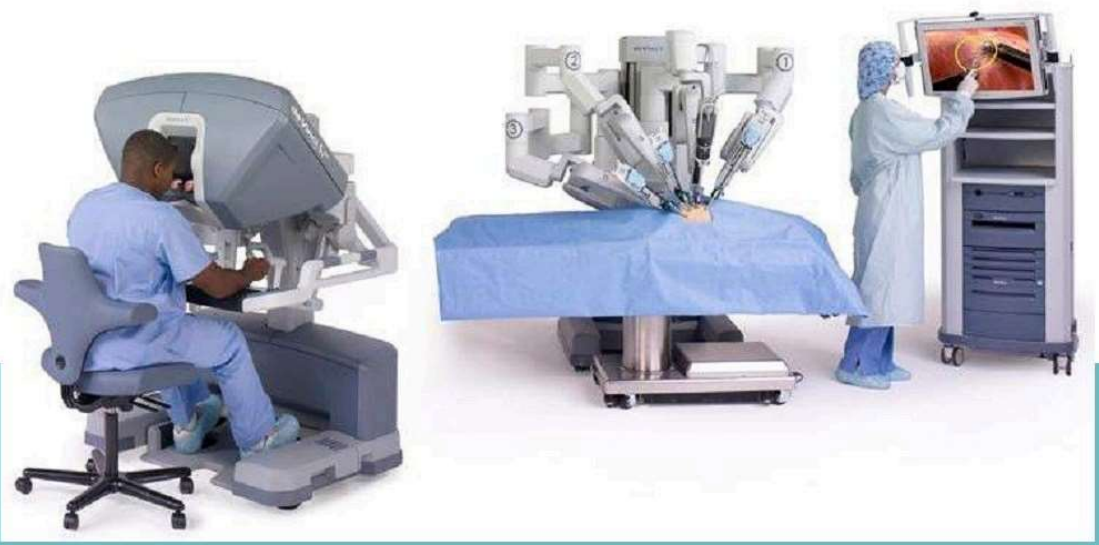
- หุ่นยนต์เพื่อการผ่าตัด
- หุ่นยนต์เพื่อการกายภาพบำบัด
- หุ่นยนต์บริการในสถานพยาบาล

กลุ่มหุ่นยนต์ผ่าตัด

หุ่นยนต์ผ่าตัดแม้จะมีหลายลักษณะและขนาดเมื่อพิจารณาจากลักษณะทางกลของหุ่นยนต์ แต่หุ่นยนต์เหล่านี้โดยมากมีลักษณะที่คล้ายกันคือ หุ่นยนต์ถูกออกแบบให้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผ่าตัดเดิมที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น โดยการลดข้อจำกัดที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนทางการแพทย์เดิม ที่เป็นในลักษณะนี้เป็นเพราะส่วนหนึ่งมาจากขั้นตอนการรักษาถูกกำหนดและควบคุมโดยกฎหมายและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง จึงไม่เป็นการง่ายที่จะทำการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์โดยนำเสนอขั้นตอนใหม่ทั้งหมด นอกจากนั้นกฎหมายยังคงมีข้อกำหนดที่ให้แพทย์ยังคงเป็นผู้รับผิดชอบโดยตรงต่อการรักษา ดังนั้นหุ่นยนต์ผ่าตัดจึงถูกใช้งานให้สามารถทำการผ่านตัดได้ลักษณะคล้ายกับการผ่าตัดที่แพทย์ปฏิบัติอยู่แล้ว

นอกจากนี้หากพิจารณาปัจจัยสนับสนุนเชิงพาณิชย์แล้ว จะถือว่ากลุ่มหุ่นยนต์ผ่าตัดสามารถที่จะสร้างผลกำไรตอบแทนแก่สถานพยาบาลที่ลงทุนในระบบหุ่นยนต์ผ่าตัดได้เร็วและชัดเจนกว่ากลุ่มอื่น เพราะในหลายกรณีผู้ป่วยสามารถที่จะได้รับประโยชน์จากประสิทธิภาพของการผ่าตัดที่ดีขึ้นได้และเต็มใจที่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเพื่อประโยชน์ที่ตามมาทางการรักษา

ตัวอย่างหุ่นยนต์ผ่าตัดที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายที่สุดระบบหนึ่ง คือ da Vinci System ที่ผลิตโดยบริษัท Intuitive Surgical Inc. ซึ่งออกแบบมาสำหรับการผ่าตัดแบบเปิดแผลเล็ก สามารถที่จะเข้าถึงอวัยวะภายในโดยการเปิดแผลเล็กจำนวนเท่ากับจำนวนเครื่องมือที่จำเป็นเท่านั้น โดยแพทย์ผ่าตัดสามารถบังคับหุ่นยนต์ให้ทำการผ่าตัดได้โดยการบังคับอุปกรณ์ควบคุมแบบ Haptics

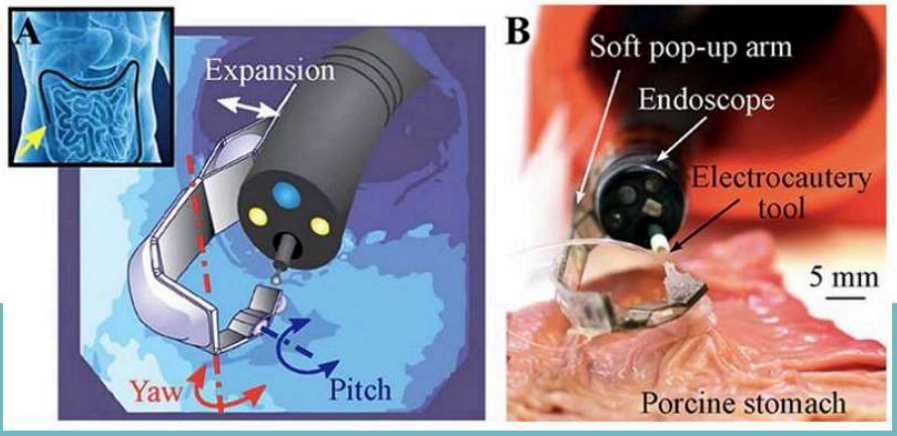


รูปที่ 4.1 หุ่นยนต์ผ่าตัด da Vinci Surgical System ของบริษัท Intuitive Surgical Inc.

จำนวนช่องเปิดที่จำเป็นต้องผ่าเพื่อสอดอุปกรณ์เข้าไปในร่างกายผู้ป่วยยิ่งมากเท่าไหร่ ยิ่งไม่เป็นผลดีต่อผู้ป่วย เพราะส่งผลต่อโอกาสติดเชื้อและระยะเวลาพักฟื้นของผู้ป่วยโดยตรง หุ่นยนต์ผ่าตัดที่สามารถจะสอดเครื่องมือหลายประเภทเข้าไปในช่องเปิดเพียงหนึ่งช่อง หรือที่เรียกว่า Single Port เป็นที่นิยมมากขึ้น ตัวอย่างเช่น Sport Surgical System โดยบริษัท Titan Medical Inc.

รูปที่ 4.2 Sport Surgical System จาก Titan Medical Inc.

นอกจากหุ่นยนต์ผ่าตัดที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแล้ว อีกกลุ่มหนึ่งที่ได้รับความสนใจและเชื่อว่าจะเป็นทางออกสำหรับหุ่นยนต์ผ่าตัดในอนาคตคือ หุ่นยนต์ที่มีแขนกลที่ยืดหยุ่น หรือ Soft Robotics ซึ่งมีเพื่อให้แพทย์สามารถที่จะเข้าถึงบริการที่เข้าถึงได้ยากได้ง่ายขึ้น โดยอาศัยการบิดตัวของกลไกเล็ก ๆ เป็นชุด ๆ ตัวอย่างงานวิจัยในด้านนี้คือ Hybrid Rigid-Soft Robotic Arm for Endoscopes ของมหาวิทยาลัย Harvard จากศูนย์วิจัย Biodesign Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา



รูปที่ 4.3 Hybrid Rigid-Soft Robotic Arm for Endoscopes
ของมหาวิทยาลัย Harvard จากศูนย์วิจัย Biodesign Lab ประเทศสหรัฐอเมริกา

กลุ่มหุ่นยนต์เพื่อการกายภาพบำบัด

หุ่นยนต์เพื่อการกายภาพบำบัดเป็นอีกกลุ่มที่มีความต้องการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญคือจำนวนผู้สูงอายุที่เริ่มมีปัญหาทางกายภาพและต้องการการดูแลรักษาให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ประกอบกับจำนวนผู้ให้บริการทางการแพทย์ด้านกายภาพบำบัดมีน้อยไม่สัมพันธ์เหมาะสมกับจำนวนผู้สูงอายุที่ต้องการการกายภาพบำบัด

รูปที่ 4.4 HAL ของ Cybernyde Co.,Ltd.

บริษัท Cybernyde จำกัดได้พัฒนาระบบ HAL ซึ่งสามารถช่วยให้ผู้ใช้สามารถที่จะเดินได้ดีขึ้น ซึ่งครอบคลุมถึงช่วยกายภาพบำบัดให้กับผู้ป่วยที่มีปัญหาในการเดิน และยังสามารถใช้ช่วยผู้ใช้งานที่ไม่มีความผิดปกติทางร่างกายให้เดินและรับแรงกดที่ขาได้มากขึ้น

นอกจากนี้ยังหุ่นยนต์ในกลุ่มนี้ยังรวมไปถึงหุ่นยนต์ที่ออกแบบมาเพื่อทดแทนอวัยวะที่หายไปของผู้พิการ เทคโนโลยีหุ่นยนต์ถูกนำมาใช้เพื่อทำให้อวัยวะทดแทนสามารถทำงานที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น ควบคุมได้ง่ายขึ้น เพื่อทำให้คุณภาพชีวิตของผู้พิการดีขึ้นตามไปด้วย เช่น แขนเทียมระบบหุ่นยนต์ Hero Arm ของบริษัท Open Bionics Inc.

รูปที่ 4.5 Hero Arm ของบริษัท Open Bionics Inc.

กลุ่มหุ่นยนต์บริการในสถานพยาบาล

เป็นที่ชัดเจนว่าในงานบริการในสถานพยาบาลนั้นมีงานหลายส่วนที่เป็นอันตรายหรือเป็นที่ไม่พึงประสงค์ต่อมนุษย์อยู่มาก เช่น การขนวัสดุเวชภัณฑ์ ขนส่งขยะชีวภาพ การบริการให้ข้อมูลผู้ป่วยพื้นฐาน นอกจากนี้งานเหล่านี้โดยมากแล้วจะถูกพิจารณาให้ได้รับค่าตอบแทนค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับค่าตอบแทนของบุคคลากรทางการแพทย์ด้านอื่น การหาแรงงานมนุษย์เพื่อทำหน้าที่เหล่านี้จึงยากที่จะหาคนที่สมัครใจทำ และสถานพยาบาลหลายแห่งยังเห็นว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องปรับลดอย่างต่อเนื่อง ปัจจัยนี้จึงเป็นแรงผลักดันสำคัญที่ทำให้เกิดการพัฒนาหุ่นยนต์ที่สามารถมาทดแทนแรงงานมนุษย์สำหรับงานบริการในสถานพยาบาลที่ไม่ได้เกี่ยวกับการรักษาผู้ป่วยโดยตรง

รูปที่ 4.7 ROBEAR: Caregiver
ของบริษัท RIKEN and Sumitomo Riko Co. Ltd.

หุ่นยนต์บริการในสถานพยาบาลจัดเป็นกลุ่มหุ่นยนต์อุปกรณ์ที่สนับสนุนการบริการทางการแพทย์ ตัวอย่างเช่นหุ่นยนต์ Hospi ของบริษัท Panasonic ที่ใช้ขนส่งเวชภัณฑ์จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง หุ่นยนต์มีจอภาพไว้สำหรับการติดต่อสื่อสารกับคน เพื่อให้เสมือนมีมนุษย์สัมพันธ์กับผู้คนในสถานพยาบาล

นอกจากงานขนส่งเวชภัณฑ์ กลุ่มหุ่นยนต์บริการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเป็นอีกกลุ่มที่มีบริษัทพัฒนาระบบหุ่นยนต์ออกสู่ตลาดค่อนข้างมาก เนื่องจากการเคลื่อนย้ายผู้ป่วยเป็นเรื่องยุ่งยากและอันตรายหากทำผิดพลาดกับทั้งผู้ป่วยและผู้เคลื่อนย้าย หุ่นยนต์ ROBEAR: Caregiver ของบริษัท RIKEN and Sumitomo Riko Co. Ltd.

รูปที่ 4.6 Hospi จาก Panasonic PCL

ข้อจำกัดในการพัฒนาและการนำหุ่นยนต์มาใช้ในงานทางการแพทย์ในปัจจุบัน

ถึงแม้ว่าหุ่นยนต์มีประโยชน์ในเชิงทฤษฎีต่องานทางการแพทย์ก็ตามก็ยังอาจกล่าวได้ว่า หุ่นยนต์ทางการแพทย์ก็ยังไม่อาจทดแทนบุคคลากรทางการแพทย์และใช้ได้ในทุกกรณี เนื่องด้วยปัญหาดังนี้ เช่น

- ความซับซ้อนและความยุ่งยากและซับซ้อนจาก ขนาดของหุ่นยนต์ ความสามารถในการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์การแพทย์เดิมที่มีในสถานพยาบาล
- ราคาที่สูงของตัวหุ่นยนต์และบริการข้างเคียงที่เกี่ยวข้องที่ต้องเพิ่มขึ้นมา
- ใช้เวลาในการเตรียมระบบนานและต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญพิเศษ
- ความไม่สะดวกในการเคลื่อนย้ายและการเข้าถึงในพื้นที่ขนาดจำกัด
- ปัญหาด้วยความปลอดภัยจากการใช้งานหุ่นยนต์
- ข้อกฎหมายที่จำกัดความสามารถในการเอาหุ่นยนต์มาใช้ เช่น ขอบเขตความรับผิดของบุคลากรทางการแพทย์และสถานพยาบาล ปัญหาทางศีลธรรม

4.2 สถานภาพและแนวโน้มอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์

อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์เป็นอุตสาหกรรมที่มีขอบเขตที่กว้างและครอบคลุมผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด โดยในรายงานนี้จะมุ่งเน้นที่ผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับการรักษาโดยใส่สิ่งปลูกฝัง (Orthopedic Implant) โดยจะแบ่งเป็นข้อสะโพกเทียมกับข้อเข่าเทียมBipolar

HIP IMPLANTS

การรักษาโดยใส่สิ่งปลูกฝัง (Orthopedic Implant) มีราคาสูงมาก และไม่มีการผลิตในประเทศ จึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศ 100% ซึ่งเป็นภาระต่อผู้ป่วย และภาครัฐอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลากว่า 20-30 ปี เช่น ข้อสะโพกเทียม (Hip Prosthesis) ข้อเข่าเทียม (Knee Prosthesis) และระบบดามกระดูกสันหลัง (Spine Stabilization) เป็นต้น โดยประเทศไทยมีมูลค่าของการนำเข้าผลิตภัณฑ์ข้อต่อเทียมต่างๆ มูลค่านับพันล้านบาทต่อปี ตัวอย่างราคาข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้าแบบ Unipolar ชุดละ 12,000 -15,000 บาท ข้อสะโพกเทียมชนิดไบโพล่า (Bipolar) ชุดละ 35,000 - 45,000 บาท และข้อสะโพกเทียมชนิดมีเบ้า (Total Hip Prosthesis) ชุดละ 70,000 – 120,000 บาท ปีหนึ่ง ๆ ศัลยแพทย์ออร์โธปิดิกส์ มีปริมาณการใช้ข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้ารองรับ ประมาณ 10,000 ข้อต่อปี (Hemi-hip prosthesis) ปริมาณการใช้ข้อสะโพกเทียมชนิดมีเบ้ารองรับ (Total hip prosthesis) 5,000 ข้อต่อปี ยิ่งไปกว่านั้นผู้ป่วยด้วยโรคข้อเสื่อมในความเป็นจริงแล้วมีจำนวนมากกว่าผู้ที่ได้รับการผ่าตัดจริง เนื่องจากต้องใช้ค่าใช้จ่ายที่สูงในการผ่าตัด ตัวอย่างผู้ป่วยที่ต้องการเปลี่ยนข้อสะโพกเทียมในประเทศไทยมีจำนวนผู้ป่วยที่ต้องการได้รับการผ่าตัดมีจำนวนประมาณ 100,000 คนปี แต่มีเพียงแค่ประมาณ 10,000 - 15,000 คนเท่านั้นที่ได้รับการผ่าตัดจริง รวมถึงประเทศเพื่อนบ้านก็จะเป็นไปในทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

The demand of the hip prostheses market		
Thailand	Malaysia	Indonesia
THEORETICAL POTENTAIL PROSTHESIS NEEDS (ESTIMATION)		
100,308	60,475	622,877
POTENTIAL MARKET-Minimum/Maximum		
3,960/10,890	1,184/4,884	2,970/7,524

ข้อมูลจากการประชุมวิชาการประจำปี 2550 ครั้งที่ 30
ราชวิทยาลัยแพทย์ออร์โธปิดิกส์แห่งประเทศไทย นำเสนอโดย ศ.นพ. พิบูลย์ อิทธิระวิวงศ์

ตารางที่ 4.1 ความต้องการข้อสะโพกเทียม

นอกจากนี้ได้มีบางงานวิจัยระบุว่าข้อสะโพกเทียมที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันนั้นเหมาะสมกับกายวิภาคคนยุโรปมากกว่าคนเอเชีย จากข้อมูล และปัญหาต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าเป็นประโยชน์อย่างมหาศาลหากประเทศไทยเราจะสามารถออกแบบข้อสะโพกเทียมของตนเองที่เหมาะสมกับกายวิภาคของคนไทย และสามารถผลิตข้อสะโพกเทียมใช้ได้เองในประเทศ นอกจากจะทำให้ลดการนำเข้าข้อเทียมแล้วผู้ป่วยอีกจำนวนมากที่ไม่สามารถเข้าถึงการรักษาจะได้รับการรักษามากขึ้น เนื่องจากต้นทุนของการผลิตเองภายในประเทศที่ถูกลงมาก

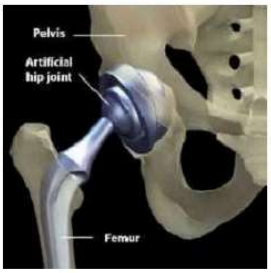
ชนิดของข้อสะโพกเทียม

ชนิดของข้อสะโพกเทียมมี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดมีเบ้า (Total Hip Prosthesis) และชนิดไม่มีเบ้า (Partial Hip Prosthesis) ซึ่งทั้งสองระบบจะแตกต่างกัน คือข้อสะโพกเทียมชนิดมีเบ้าประกอบไปด้วยก้านสะโพก (Hip stem) หัวสะโพก (Femoral Head) และเบ้าสะโพก (Acetabular Cup) ส่วนข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้าประกอบไปด้วยก้านสะโพก (Hip stem) กับหัวสะโพก (Femoral Head) เท่านั้น

ข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้าที่มีอยู่ทั่วไปในตลาดนิยมใช้อยู่ 2 แบบ คือแบบที่หัวสะโพกเป็นชิ้นเดียวกับก้านสะโพก (Simple Hip Prosthesis) และแบบที่หัวสะโพกสามารถแยกส่วนกับก้านสะโพกได้ (Modular Hip Prosthesis) ซึ่งส่วนหัวสะโพกของข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้าแบบ Modular ยังแบ่งออกเป็นสองชนิดคือ Unipolar Head และ Bipolar

ข้อสะโพกเทียมชนิดไม่มีเบ้า (Partial Hip Prosthesis) ใช้สำหรับผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพของหัวสะโพกที่หักหรือจากการเป็นโรค โดยที่ส่วนเบ้าสะโพกของผู้ป่วยยังดีอยู่ดังแสดงในรูปที่ 4.8(a) ส่วนข้อสะโพกเทียมอีกชนิดหนึ่งเป็นแบบมีเบ้า (Total Hip Prosthesis) ใช้สำหรับผู้ป่วยที่ข้อสะโพกเสื่อม และในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพบริเวณหัวสะโพกและเบ้าสะโพก จึงต้องเปลี่ยนทั้งหัวสะโพกและเบ้าสะโพกดังแสดงในรูปที่ 4.8(b) และแสดงเบ้าสะโพกเทียมในรูปที่ 4.8(c)

4.8 (a)



4.8 (b)

4.8 (c)

รูปที่ 4.8 ชนิดของข้อสะโพกเทียม

หัวสะโพกที่ใช้กันอยู่มี 2 ชนิดได้แก่หัวสะโพกแบบ Unipolar Head ซึ่งมีพื้นผิวรับโหลดจากน้ำหนักตัวผิวเดียวคือผิวทรงกลม และอีกชนิดหนึ่งคือ Bipolar Head จะมีพื้นผิวรับโหลดจากน้ำหนักตัวสองผิวคือผิวสัมผัสระหว่างหัวสะโพกด้านในกับพลาสติกและผิวทรงกลมด้านนอกดังแสดงในรูปที่ 4.9(a) แล (b) ตามลำดับ

4.9 (a)

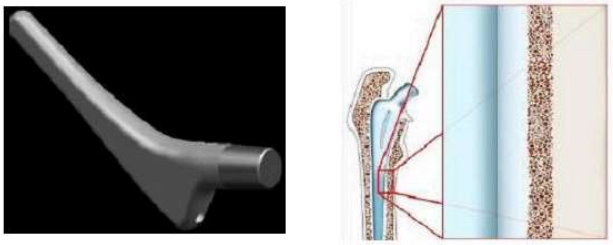
4.9 (b)

รูปที่ 4.9 ชนิดของหัวสะโพกเทียม
4.9(a) แบบUnipolar และ 4.9(b)แบบ Bipolar

ชนิดของก้านสะโพกเทียม (HIP STEM)

ส่วนประกอบของข้อสะโพกเทียมส่วนที่เป็นก้านสะโพกเทียมนี้ จะยึดติดกับกระดูกได้ 2 วิธี คือ

แบบใช้ซีเมนต์ยึด (Cemented fixation)
โดยอาศัยซีเมนต์ชนิดพิเศษทางการแพทย์ช่วยยึดตัวก้านและตัวเบ้าให้ยึดติดกับกระดูก ดังแสดงใน รูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 Cemented Hip Stem

แบบไม่ใช้ซีเมนต์ยึด (Cementless fixation)
เป็นก้านสะโพกเทียมที่ต้องใช้กระบวนการผลิตพิเศษด้วยเครื่องจักรเฉพาะทาง Vacuum Plasma Spray สำหรับอุปกรณ์ฝังในทางการแพทย์ เพื่อสร้างพื้นผิวของก้านสะโพกให้เกินความเป็นผิว Porous ของ Ti และ HA โดยการยึดก้านสะโพกจะอาศัยการเนียดแน่นของตัวก้านกับตัวกระดูก และให้เกิดการสร้างกระดูกมาหลอมรวมกับตัวข้อเทียมในอนาคต

รูปที่ 4.11 Cementless Hip Stem

แนวโน้มของเทคโนโลยีด้านข้อสะโพกเทียม

ในปัจจุบันวัสดุที่ใช้ทำส่วนประกอบของข้อสะโพกเทียมในตลาด โดยบริษัทผู้ผลิตรายใหญ่จากประเทศอเมริกา และยุโรป ได้แก่ บริษัท Zimmer, Stryker, B Braun, Johnson & Johnson, Depuy, Smith & Nephew และ Link เป็นต้น ล้วนใช้วัสดุสำหรับก้านสะโพกจากวัสดุ Bio-Compatible Grade Titanium และ CoCr Alloy

ส่วนหัวสะโพกเทียมในส่วนของพลาสติกในส่วนประกอบของหัวสะโพกเทียม จะใช้วัสดุ Bio-Compatible Grade Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) ซึ่งมีการพัฒนามาเรื่อย ๆ จาก Bio-Compatible Grade UHMWPE ธรรมดาที่มีอัตราการ Wear สูง เป็น UHMWPE ที่ผ่านการยิงรังสีแกมมา (gamma irradiation) เพื่อปรับเปลี่ยนพันธะภายในของ Ultra-high-molecular-weight polyethylene ซึ่งเป็นโพลิเอทิลีนชนิดหนึ่งกลายเป็น Cross-linked polyethylene ซึ่งผลที่เกิดขึ้นคือสามารถลด wear ได้มากขึ้นและสามารถยืดอายุการใช้งานได้มากขึ้น และล่าสุดมีการพัฒนายิงรังสีและเพิ่มวิตามินอีเข้าไปด้วยซึ่งเป็น UHMWPE ที่มีการลด wear ได้สูงสุด แต่ก็มีราคาสูงสุดเช่นกัน

ส่วนหัวสะโพกเทียมในส่วนของโลหะจะใช้วัสดุ CoCr Alloy เป็นส่วนใหญ่ และมีแนวโน้มจะใช้วัสดุประเภท Ceramic มากขึ้นเนื่องจากคุณสมบัติในการทนการเสียดสี และลด Corrosion ได้ดีกว่า แต่วัสดุ Ceramic ก็จะมีราคาแพงกว่าเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีบางบริษัทผู้ผลิตที่พยายามลด wear ด้วยการเคลือบผิวของชิ้นส่วนหัวสะโพกเทียม (Femoral Head) ด้วยการชุบเคลือบผิวชั้นงานให้มีคุณสมบัติเป็น Ceramic ที่ผิวด้วยวัสดุ TiN ซึ่งมีความแข็งแรงทนทาน ความลื่น ความเรียบผิวที่ดี โดยวัสดุที่เคลือบผิวเมื่อเคลื่อนที่สัมผัสกับ UHMWPE จะลดการสึกหรอได้ดีขึ้นกว่าวัสดุที่ไม่ได้เคลือบผิว

KNEE IMPLANTS

ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีมูลค่าของการนำเข้าผลิตภัณฑ์ข้อต่อเทียมต่าง ๆ เป็นราคาที่สูงมาก ซึ่งประเทศไทยเรายังไม่มีรายงานว่ามีผู้ผลิตรายใดสามารถผลิตข้อต่อเทียมเหล่านี้ของร่างกายได้เอง โดยเฉพาะข้อเข่าซึ่งเป็นข้อต่อส่วนหนึ่งของร่างกายที่มีความซับซ้อนและมีกลไกการเคลื่อนไหวที่ซับซ้อนมากที่สุด นับเป็นอวัยวะที่ทั้งคนไทย และคนต่างชาติทั่วโลกมีการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมเป็นจำนวนมาก และหากมองในแง่ของการนำผลงานไปใช้ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม เราต้องสามารถผลิตใช้ได้เองในประเทศไทยด้วย อย่างไรก็ตามขบวนการผลิตข้อเทียมทางการแพทย์มีความจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตขั้นสูง (Advance Manufacturing) ซึ่งต้องการความเที่ยงตรงและแม่นยำในการผลิต ตลอดจนขบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้คุณภาพชิ้นงานที่ดี และเนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำข้อต่อเทียมต่างๆ นั้นเป็นวัสดุที่กัดขึ้นรูปได้ยาก (Hard-to-cut Material) เช่น โลหะกลุ่มโครเมียม (Cobalt-Chrome alloy) และโลหะกลุ่มไททาเนียม (Titanium alloy) เป็นต้น ประกอบกับในปัจจุบันยังไม่มีผู้ผลิตข้อเข่าเทียมในประเทศไทย จึงยังไม่มีเทคโนโลยีในการผลิตทางด้านนี้ในประเทศไทย

การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าของผู้สูงอายุส่วนใหญ่เป็นการรักษาโดยใช้สิทธิ์การเบิกค่ารักษาพยาบาลจากกองทุนสวัสดิการรักษาพยาบาลของรัฐ ได้แก่ กองทุนหลัก ประกันสุขภาพถ้วนหน้า (บัตรทอง) กองทุนสวัสดิการข้าราชการ และ กองทุนประกันสังคม ซึ่งผู้ป่วยสามารถเบิกค่ารักษาพยาบาล ค่าอวัยวะ เทียม (ข้อเข่าเทียม) และอุปกรณ์ในการบำบัดรักษาโรคได้โดยผ่านทาง กองทุน ซึ่งสามารถเบิกได้ในอัตราที่แต่ละกองทุนกำหนดไว้ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.2 จำนวนข้อเข่าเทียมที่เบิกจ่ายภายใต้สวัสดิการรักษาพยาบาลของภาครัฐพบว่า ในปี พ.ศ.2549 จนถึงปี พ.ศ.2553 มีการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมไปแล้วทั้งสิ้น 39,549 ข้อ โดยในปี พ.ศ.2549 มีการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมจำนวน 4,356 ข้อ ปี พ.ศ.2550 จำนวน 5,802 ข้อ ปี พ.ศ.2551 จำนวน 6,908 ข้อ ปี พ.ศ.2552 จำนวน 7,110 ข้อ และในปี พ.ศ.2553 จำนวน 15,373 ข้อ ทั้งนี้กองทุนสวัสดิการข้าราชการจะมีจำนวนการเบิกข้อเข่าเทียมมากเป็นอันหนึ่ง รองลงมา คือ สวัสดิการหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ และสวัสดิการประกันสังคม ตามลำดับ

ประเภทกองทุน	ข้อเข่าชนิดที่ส่วนรับน้ำหนักเคลื่อนไหวได้ (ข้อ : บาท)	ข้อเข่าชนิดที่ส่วนรับน้ำหนักไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ (ข้อ : บาท)
หลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า	50,000	50,000
สวัสดิการข้าราชการ	75,000	50,000
ประกันสังคม	75,000	50,000

ตารางที่ 4.2 อัตราค่าอุปกรณ์อวัยวะเทียมในการบำบัดรักษาโรคที่สามารถเบิกได้ของระบบหลักประกันสุขภาพถ้วนหน้า สวัสดิการข้าราชการ และประกันสังคม

ประเภทของข้อเข่าเทียม

ในปัจจุบัน ข้อเข่าเทียมที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมี 2 ชนิดได้แก่ชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาไม่เคลื่อนที่ (Fixed Bearing) และชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาเคลื่อนที่ (Mobile Bearing) โดยทั้งสองชนิดนั้นมีข้อดีข้อเสียต่างกัน ในชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาไม่เคลื่อนที่ (Mobile Bearing) มีการเคลื่อนที่ได้เหมือนเข่าธรรมชาติมากกว่าเนื่องจากสามารถหมุนรอบแกนแนวดิ่งได้ (Internal/External rotation) และมีอัตราการเกิดความสึกหรอน้อยกว่าข้อเข่าเทียมชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาไม่เคลื่อนที่ (Fixed Bearing) แต่อนุภาคที่เกิดจากการสึกหรอของข้อเข่าเทียมชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาเคลื่อนที่ (Mobile Bearing) มีขนาดเล็กกว่า จึงเพิ่มโอกาสเกิดการติดเชื้อ Osteolytic และทำให้เกิดโรคกระดูกพรุน ส่งผลให้สาหรับผู้สูงอายุนั้นข้อเข่าเทียมชนิดส่วนรองรับกระดูกโคนขาไม่เคลื่อนที่ (Fixed Bearing) มีความเหมาะกับผู้สูงอายุมากกว่า ด้วยราคาที่ถูกกว่า มีโอกาสเสี่ยงต่อการติดเชื้อน้อยกว่า แต่ฟังค์ชั่นการทำงานของทั้งสองประเภทยังคงคล้ายกันคือมีฟังค์ชั่น posterior-stabilized component โดยการออกแบบให้ส่วน Tibia component ให้มีระบบ Cam ทำหน้าที่คล้าย posterior cruciate ligament (PCL) กล่าคือป้องกันการป้องกันไม่ให้กระดูกต้นขา (Femur) เคลื่อนที่ไปด้านหน้ามากเกินกระดูกหน้าแข้ง (Tibia)

ข้อเข่าเทียมชนิด Fixed-bearing

ลักษณะเหมือนข้อเข่าเทียมชนิดหมุนได้ทุกประการ เพียงแต่ส่วนที่เป็นพลาสติกจะอยู่นิ่ง ซึ่งข้อเทียมชนิดนี้จะมีราคาที่ย่อมเยาว์กว่า และจากการศึกษาวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติพบว่าผลการรักษาที่ได้จะไม่แตกต่างกับการใช้ข้อเข่าเทียมชนิดหมุนได้ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของอายุการใช้งาน หรือคุณภาพของการใช้งาน รวมทั้งผู้ป่วยสามารถงอและเหยียดเข่าได้ไม่ต่างกัน นอกจากนั้นแล้ว การเลือกใช้ข้อเข่าเทียมชนิด Fixed-bearing จะทำให้แพทย์สามารถทาแผลผ่าตัดให้มีขนาดที่เล็กกว่า การใช้ ข้อเข่าเทียมชนิดหมุนได้อีกด้วย

รูปที่ 4.12 ข้อเข่าเทียมชนิด Fixed-bearing

เข่าเทียมชนิด Mobile-bearing

ข้อเข่าเทียมชนิดหมุนได้ (Mobile-bearing) เป็นข้อเข่าเทียมที่มีส่วนที่เป็นพลาสติกที่สามารถหมุนได้ ซึ่งในทางทฤษฎีจะทำให้สามารถลดการสึกหรอของพลาสติกได้ดีขึ้น เหมาะกับผู้ป่วยที่มีอายุน้อย หรือนักกีฬาที่จำเป็นต้องได้รับการผ่าตัดข้อเข่าเทียม

รูปที่ 4.13 ข้อเข่าเทียมชนิด Mobile-bearing

แนวโน้มของเทคโนโลยีด้านข้อเข่าเทียม

เทคโนโลยีด้านวัสดุที่ใช้สำหรับทำข้อเข่าเทียม (IMPLANT MATERIALS)

ชิ้นส่วนโลหะที่ใช้ทำข้อเข่าเทียมทำจากไทเทเนียม โคบอลต์โครเมียม และชิ้นส่วนพลาสติกทำจาก โพลิเอทิลีนชนิดมีน้ำหนักโมเลกุลสูงพิเศษ (Ultra-high molecular weight polyethylene) นอกจากนี้ผู้ผลิตบางรายยังมีการพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของข้อเข่าอีกทำให้ทนทาน ลดการสึกหรอ อายุใช้งานมากขึ้นโดยใช้วัสดุที่ทำจาก เซรามิ และ Zirconium เป็นต้น

(a) (b) (c)

รูปที่ 4.14 วัสดุข้อเข่าเทียม
(a) CoCr (b) Ceramic (c) Zirconium

เทคโนโลยีด้านการยึดข้อเข่าเทียม (IMPLANT FIXATION)

วิธีการยึดข้อเข่าเทียมทำได้ 2 วิธีหลักๆคือ 1) การยึดแบบ Cemented คือใช้ Bone cement (polymethylmethacrylate) เป็นตัวประสานยึด Femur และ Tibia component เข้ากับกระดูก และ 2) การยึดแบบ Cementless ไม่ได้ใช้ Bone Cement ยึดกระดูกแต่ใช้วิธีการ Press fit Femur และ Tibia component ลงในกระดูก และยังเคลือบผิวด้วย hydroxyapatite เพื่อให้กระดูกเกิดการ Growth เข้ามาเกาะกระดูกอย่างแข็งแรง

รูปที่ 4.15 แสดงผิวเคลือบด้วย hydroxyapatite

เทคโนโลยีด้านการเคลือบข้อเข่าเทียม

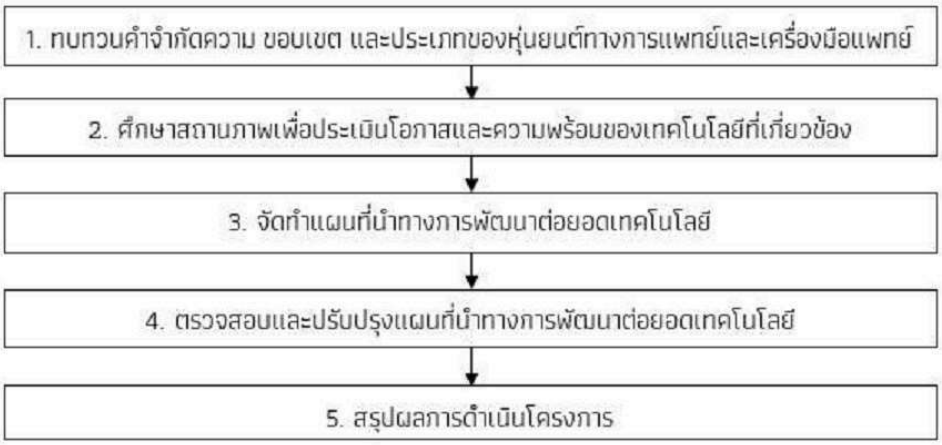
ปัจจุบันข้อเข่าเทียมมักจะเป็นโลหะ CoCr ที่ผลิตและขัดผิวด้วยวิธี Polishing ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความลื่น ความเรียบผิวที่ละเอียดจนสามารถลดการสึกหรอของการเสียดสีขณะใช้งานได้แต่ก็มีบางบริษัทที่พยายามเพิ่มประสิทธิภาพของชิ้นส่วนข้อเข่าเทียมให้ดียิ่งขึ้นไปอีกเช่นการเพิ่มการชุบเคลือบผิวชิ้นงานด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงทนทาน ความลื่น ความเรียบผิว ที่ดีกว่าเดิมขึ้นไปอีกเช่นการชุบด้วยวัสดุ TiN เป็นต้น

รูปที่ 4.16 แสดงข้อเข่าเทียม
ที่ชุบผิวชิ้นงานด้วย TiN

บทที่ 5
แนวทางการพัฒนาแผนที่นำทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

โครงการนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ฉบับปัจจุบันของ ศลช. ให้มีความทันสมัย สอดคล้องกับสถานการณ์และครอบคลุมถึงอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ เพื่อใช้เป็นกรอบการดำเนินงานและแนวทางการขับเคลื่อนการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์แบบบูรณาการ และยังเป็นการเตรียมความพร้อมด้านเทคโนโลยีและการสนับสนุนจากภาครัฐ ให้สอดคล้องกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรมและผู้ใช้งานอีกด้วย

ในการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

5.1 การทบทวนขอบเขตและประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

ในการทบทวนคำจำกัดความ ขอบเขต และประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ จะดำเนินการจากการทบทวนข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรม

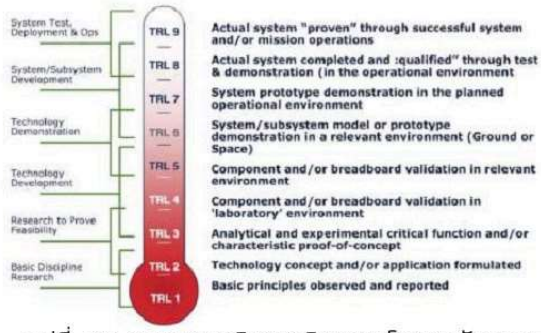
5.2 การศึกษาสถานภาพเพื่อประเมินโอกาสและความพร้อมของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

ในการประเมินเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ เพื่อระบุเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่มีศักยภาพสามารถนำมาต่อยอดในแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีได้ โดยจะพิจารณาในสองประเด็น ได้แก่ โอกาสทางด้านการตลาด และความพร้อมของเทคโนโลยี

โอกาสทางด้านการตลาด จะสะท้อนถึงศักยภาพและความต้องการของตลาดที่มีต่อเทคโนโลยีและนวัตกรรมนั้น ๆ ซึ่งอาจจะดูได้จากมูลค่าของนวัตกรรม หรือความเป็นไปได้ในเชิงธุรกิจ ซึ่งในบริบทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์นี้ จะดูจากจำนวนผู้ป่วยหรือปริมาณการเบิกจ่ายอุปกรณ์จากภาครัฐในปัจจุบัน

ในด้านความพร้อมของเทคโนโลยี จะวัดโดยใช้ระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology Readiness Level: TRL) เป็นเกณฑ์ในการประเมินความพร้อมของแต่ละเทคโนโลยี ดังแสดงในรูปที่ 5.2

เมื่อประเมินโอกาสทางด้านการตลาดและความพร้อมของเทคโนโลยีแล้ว เทคโนโลยีที่มีโอกาสทางด้านการตลาดและความพร้อมสูงจะถูกเลือกมาใส่ในแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี



รูปที่ 5.2 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์กรอบลักษณะและตัวชี้วัดระดับความคืบหน้าการพัฒนาเทคโนโลยี (Mankins, 2009)

ในการประเมินโอกาสทางด้านการตลาดและความพร้อมของแต่ละเทคโนโลยี จะดำเนินการโดยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนั้นโดยตรงทำการประเมิน (self-evaluation) และทบทวนกับการประเมินโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลางที่มาจากทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยนักวิจัย ผู้ใช้เทคโนโลยี ผู้กำหนดนโยบาย ภาคธุรกิจ และภาคการศึกษา

5.3 การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี

แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี จะเป็นการแสดงถึงความเชื่อมโยงระหว่างปัจจัยขับเคลื่อนทางด้านธุรกิจ (Business driver) และเทคโนโลยี โดยโครงสร้างของแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีที่จะใช้มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้ รูปที่ 5.3

ในการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี จะจัดทำโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลางที่มาจากทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยนักวิจัย ผู้ใช้เทคโนโลยี ผู้กำหนดนโยบาย ภาคธุรกิจ และภาคการศึกษา

รูปที่ 5.3 กรอบแนวคิดการวิเคราะห์จัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี

5.4 การตรวจสอบและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี

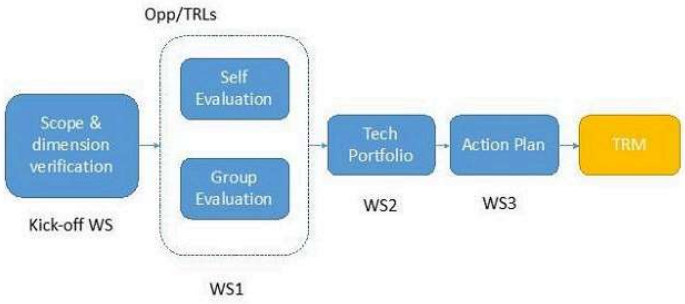
แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีที่ได้จากขั้นตอน 5.3 จะถูกนำมาทวนสอบและปรับปรุง เพื่อให้แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีนั้นสะท้อนกับความเป็นจริง และตรงกับทิศทางในการพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทย

ในการตรวจสอบและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี จะดำเนินการโดยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญกลางที่มาจากทุกภาคส่วน ซึ่งประกอบไปด้วยนักวิจัย ผู้ใช้เทคโนโลยี ผู้กำหนดนโยบาย ภาคธุรกิจ และภาคการศึกษา

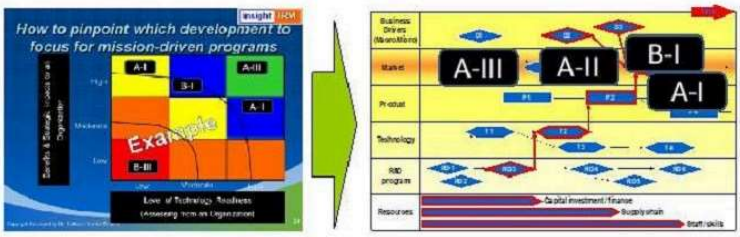
5.5 ขั้นตอนและกระบวนการในการวิเคราะห์

ขั้นตอนและกระบวนการวิเคราะห์เพื่อสร้างแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีจะสอดคล้องกับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยในข้างต้น โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- ทำการศึกษาและตรวจสอบขอบเขตและประเภทของหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ เพื่อกำหนดกลุ่มเทคโนโลยีและส่วนประกอบของเทคโนโลยีที่จะทำการประเมิน เพื่อนำไปสู่การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี
- ทำการประเมินเทคโนโลยีและส่วนประกอบของเทคโนโลยีแต่ละตัว โดยประเมินจากโอกาสทางด้านการตลาด และความพร้อมของเทคโนโลยี โดยทำการประเมินด้วยผู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีนั้นโดยตรง เทียบกับการประเมินจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญในอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์
- นำผลการประเมินโอกาสทางด้านการตลาดและความพร้อมของเทคโนโลยีที่ได้ มาจัดทำ Technology portfolio เพื่อให้เห็นภาพรวมของศักยภาพของแต่ละเทคโนโลยี
- เลือกเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ มากำหนดแผนปฏิบัติการ (Action plan) ของสิ่งที่จะต้องทำเพิ่มเติม เพื่อให้เทคโนโลยีนั้นมีความพร้อมในการใช้งาน
- นำรายการของเทคโนโลยีที่มีศักยภาพ พร้อมกับแผนปฏิบัติการ มาจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี



รูปที่ 5.4 กระบวนการในการวิเคราะห์



รูปที่ 5.5 การแปลงจาก Strategic Portfolio เป็นแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี

5.6 แผนการดำเนินงานเพื่อจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี

ในการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี มีแผนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5.1 แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ช่วงเวลา (เดือน)				
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1 จัดหาผู้เชี่ยวชาญเป็นคณะที่ปรึกษา และคณะทำงาน TRM ประกอบด้วยตัวแทนภาคอุตสาหกรรม ภาครัฐ และสถาบันศึกษา/วิจัย	▬				
2 ศึกษารวบรวมข้อมูลจาก วรรณกรรม/บทความ สื่อต่าง ๆ แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับหุ่นยนต์การแพทย์และเครื่องมือแพทย์ทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน		▬	▬		
3 จัดการสัมมนาเพื่อชี้แจงโครงการ และกำหนดขอบเขตและกรอบโครงสร้างแผนที่			▬		
4 สัมมนาเพื่อวิเคราะห์โอกาสและความพร้อมของเทคโนโลยี				▬	
5 ประชุมคณะทำงาน ร่างแผนที่นำทาง				▬	
6. ประชุมคณะทำงานทวนสอบและปรับปรุงแผนที่นำทาง					▬
6 ประชุมคณะทำงาน กำหนดเทคโนโลยี และนโยบายส่งเสริม					▬
7 วิเคราะห์จัดทำเป็น TRM และเอกสารประกอบเพื่อเผยแพร่					▬
8 สรุปผลและนำเสนอผู้เกี่ยวข้อง					▬★

5.7 แผนการจัดกิจกรรม

ในการดำเนินงานเพื่อให้ได้ข้อมูลในการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี คณะผู้จัดทำได้กำหนดแผนการจัดกิจกรรม โดยแบ่งออกเป็น 4 กิจกรรมหลัก ดังต่อไปนี้

- การประชุมเริ่มต้นโครงการ (Kick-off project) เป็นการจัดประชุมร่วมกับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในทุกภาคส่วน ทั้งในกลุ่มของภาคการวิจัยและภาคธุรกิจ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะสอบทวนขอบเขตของการวิเคราะห์และสร้างให้ทุกคนเข้ามามีส่วนร่วมกับโครงการนี้ โดยจะจัดในช่วงต้นเดือนตุลาคม 2561
- การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 (Workshop 1) มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการประเมินโอกาสทางด้านการตลาดและความพร้อมของเทคโนโลยีแต่ละตัว เพื่อจัดทำ Technology Portfolio โดยผู้เข้าร่วมจะประกอบไปด้วยผู้เข้าร่วมในการประชุมครั้งแรก และกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ประกอบไปด้วยตัวแทนจาก ศลช. ตัวแทนจากภาคการศึกษา ตัวแทนจากภาคธุรกิจทั้งไทยและต่างประเทศ ตัวแทนจากวิชาชีพทางด้านสาธารณสุข ผู้กำหนดนโยบาย และนักวิจัยจากสถาบันวิจัย โดยจะจัดในช่วงปลายตุลาคม 2561
- การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 (Workshop 2) มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยี มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ร่างแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีเมื่อจบการประชุมเชิงปฏิบัติ ผู้เข้าร่วมจะประกอบไปด้วยกลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ได้เข้าร่วมในการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 1 โดยจะจัดในช่วงต้นเดือนพฤศจิกายน 2561
- การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 3 (Workshop 3) มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบและปรับปรุงแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีที่ได้จาก การประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 เพื่อให้ได้แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีตัวสุดท้าย โดยผู้เข้าร่วมจะเป็นกลุ่มเดียวกับการประชุมเชิงปฏิบัติการครั้งที่ 2 และจะจัดในช่วงปลายเดือนธันวาคม 2561

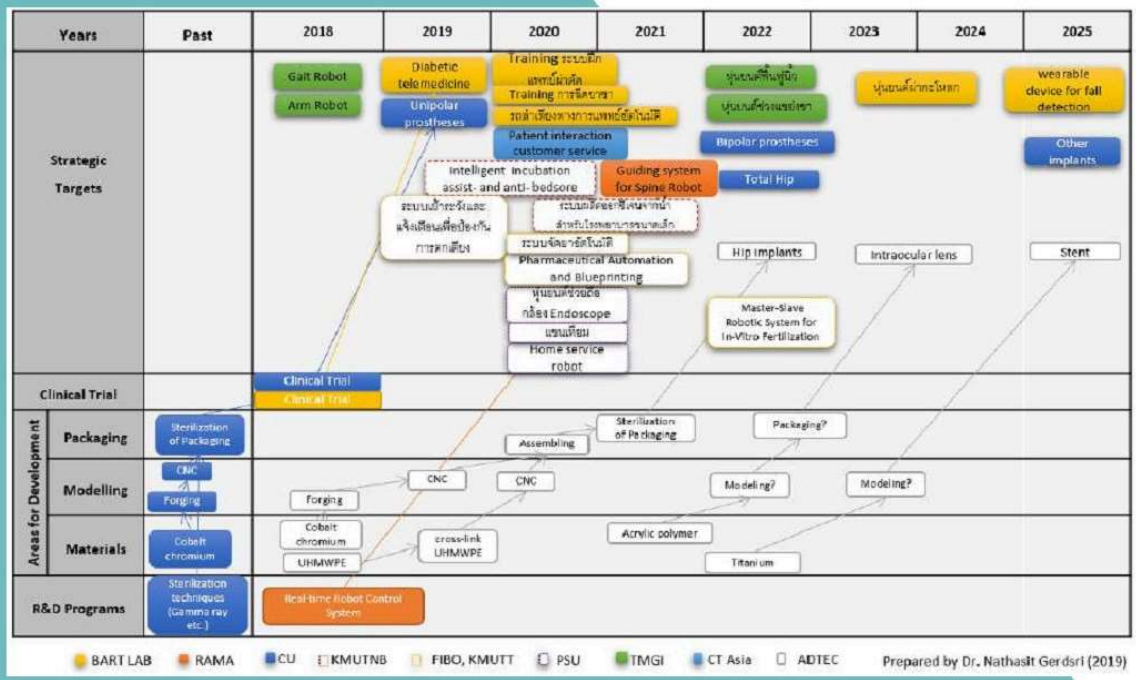
	Activities	Participants	Output	Date
Kick-off Project	- Scope Verification - Rally for buy-in	1.Research Sector 2.Business Sector	- Domain Confirmation	Early of Oct
Workshop 1	Research Portfolio Development - Opportunity analysis - Technology readiness assessment	1.TCELS Reps (1-2) 2.Academic Reps (2) 3.Business (MNC and Thai) (3-4) 4.Medical Professional (2) + hospital (1) + อาชีพอื่นๆ อีก (1-2) 5.Policy Maker (1-2) 6.Researcher (2) เช่น สวทช และ นักวิจัยในอุตสาหกรรม	- Portfolio of market attractive and readiness	Late of Oct
Workshop 2	Crafting a Roadmap	Same group of workshop 1	- Draft of TRM	Early of Nov
Workshop 3	Revision and Confirmation of the roadmap	Small group of workshop 1	- Final TRM	Late of Nov

ตารางที่ 5.2 แผนการจัดกิจกรรม

บทที่ 6

แผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ภายใต้พันธกิจของ TCELS

จากการประชุมหารือกับกลุ่มผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่างๆ ทางทีมวิจัยสามารถนำข้อมูลมาสร้างแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีได้ดังรูปที่ 6.1 ซึ่งประกอบไปด้วยเป้าหมายเชิงกลยุทธ์ (STRATEGIC TARGETS) ที่ได้มีการวางแผนไว้ในระยะสั้น (ปี 2018-2021) และระยะกลาง (ปี 2022-2025) พร้อมกับกระบวนการของการพัฒนาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายเชิงกลยุทธ์นั้น



รูปที่ 6.1 แผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีจากการประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ

กระบวนการในการพัฒนาเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ตามเป้าหมายเชิงกลยุทธ์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

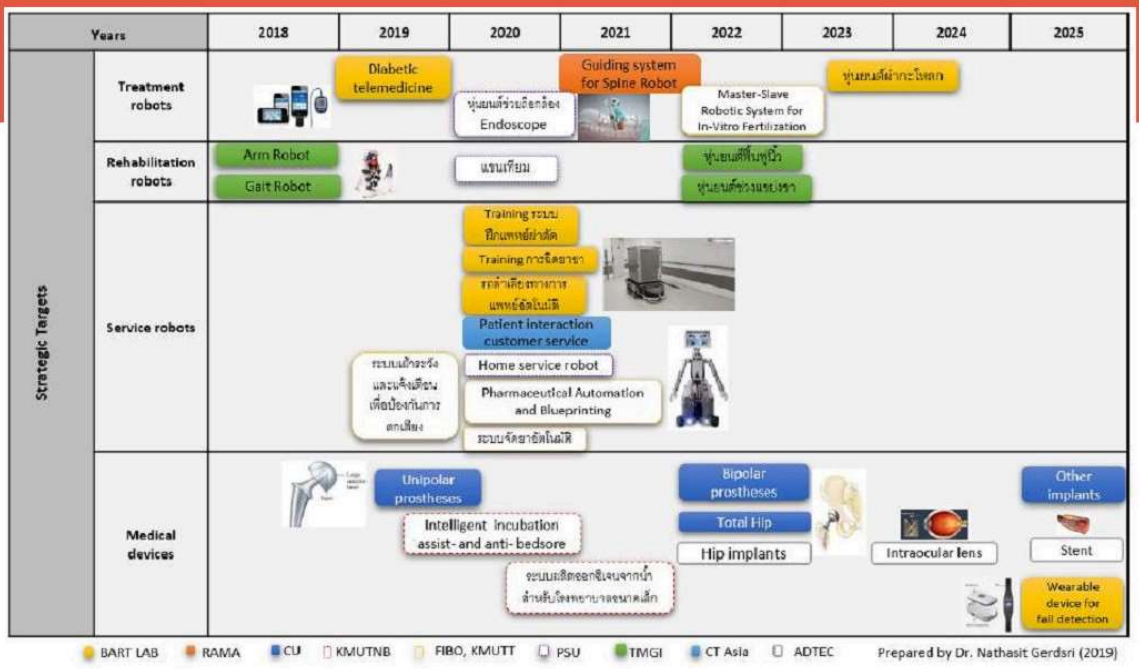
- การพัฒนางานวิจัย (R&D Program)
- การพัฒนาต่อยอดในด้านต่างๆ (Area for Development) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อย ได้แก่ วัสดุ (Materials) การขึ้นรูป (Modeling) และการบรรจุหีบห่อ (Packaging)
- การทดลองทางคลินิก (Clinical Trial)

จากการประชุมเชิงปฏิบัติการ ทีมวิจัยได้ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ที่ได้มีแผนการพัฒนาจากหน่วยงานทั้งหมด 9 หน่วยงาน ได้แก่

- ศูนย์เครือข่ายวิจัยประยุกต์ทางเทคโนโลยีหุ่นยนต์และชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (BART LAB)
- ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (CU)
- คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล (RAMA)
- สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (FIBO, KMUTT)
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (KMUTNB)
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (PSU)
- บริษัท ทีเอ็มจีไอ จำกัด (TMGI)
- บริษัท ซีที เอเซีย โรโบติกส์ จำกัด
- ศูนย์เทคโนโลยีทางทันตกรรมขั้นสูง (ADTEC)

จากข้อมูลที่ได้ ทีมวิจัยได้จัดกลุ่มผลิตภัณฑ์ทั้งหมดตามความสำคัญในการวิจัยพัฒนา และการประยุต์ใช้ ได้เป็น 4 กลุ่ม ดังรูปที่ 6.2 ซึ่งประกอบด้วย

- หุ่นยนต์เพื่อการตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษา และการผ่าตัด (Treatment robots)
- หุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์ (Rehabilitation robots)
- หุ่นยนต์เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข และการติดตามเผ้าระวัง (Service robots)
- เครื่องมือทางการแพทย์ (Medical devices)



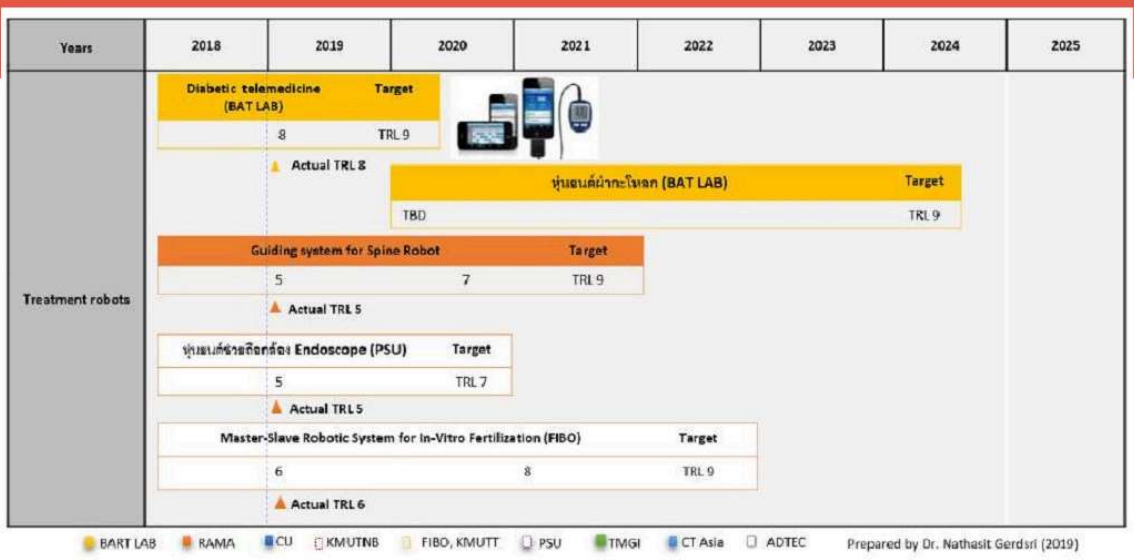
รูปที่ 6.2 แผนที่นำทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์และเทคโนโลยีเป้าหมาย ของแต่ละกลุ่ม
[Treatment , Rehabilitation , Service , Medical Robotic]

จากรูปที่ 6.2 จะเห็นได้ว่าแต่ละหน่วยงานจะมีการวางแผนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ภาพการพัฒนาชัดเจนยิ่งขึ้น ทีมวิจัยจึงได้นำทฤษฎีระดับความพร้อมของเทคโนโลยี (Technology readiness level: TRL) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเขียนแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี เพื่อจะพิจารณาความพร้อมและความต้องการการสนับสนุนของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลา

ผลิตภัณฑ์ที่กล่องเป็นเส้นทึบ คือผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการสนับสนุนจาก ศลช. ได้แก่ผลิตภัณฑ์จากมหาวิทยาลัยมหิดล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริษัท TMGI บริษัท CT Asia และ ADTEC ส่วนผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกล่องเส้นประ คือผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้รับการสนับสนุนจาก ศลช. ได้แก่ ผลิตภัณฑ์จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

รายละเอียดการพัฒนาของผลิตภัณฑ์ในแต่ละกลุ่มมีรายละเอียดดังนี้

6.1 หุ่นยนต์เพื่อการตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษา และการผ่าตัด



รูปที่ 6.3 เป้าหมายและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เพื่อ
การตรวจคัดกรอง การวินิจฉัย การรักษา และการผ่าตัด

ในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วย 3 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- หุ่นยนต์ทำการตรวจวินิจฉัยโรคเบาหวานระยะทางไกล (Diabetic telemedicine) เป็นหุ่นยนต์ที่ทำการวินิจฉัยโรคเบาหวานด้วยการทดสอบที่เท้า ปัจจุบันกำลังทดลองทางคลินิก มีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 7 คาดว่าจะมีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายในปี 2020
- ระบบนำทางของหุ่นยนต์สนับสนุนการผ่าตัดกระดูกสันหลัง (Guiding system for Spine Robot) เป็นการพัฒนาระบบนำทางให้มีการควบคุมตามเวลาจริง (Real-time control system) ในปัจจุบันมีการทำต้นแบบแล้ว มีความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 5 และคาดว่าจะมีความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายในปี 2021
- หุ่นยนต์ผ่ากะโหลก เป็นแผนของการพัฒนาหุ่นยนต์ในอนาคต คาดว่าจะเริ่มดำเนินการวิจัยในปี 2020 และจะเสร็จสิ้นในปี 2024
- หุ่นยนต์ช่วยถือกล้อง Endoscope ปัจจุบันกำลังทำต้นแบบในห้องแลป (Lab prototype) มีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 5 คาดว่าจะมีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 7 ในปี 2020
- Master-Slave Robotic System for In-Vitro Fertilization ปัจจุบันมีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 6 คาดว่าจะมีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 9 ในปี และพร้อมจำหน่ายในปี 2022

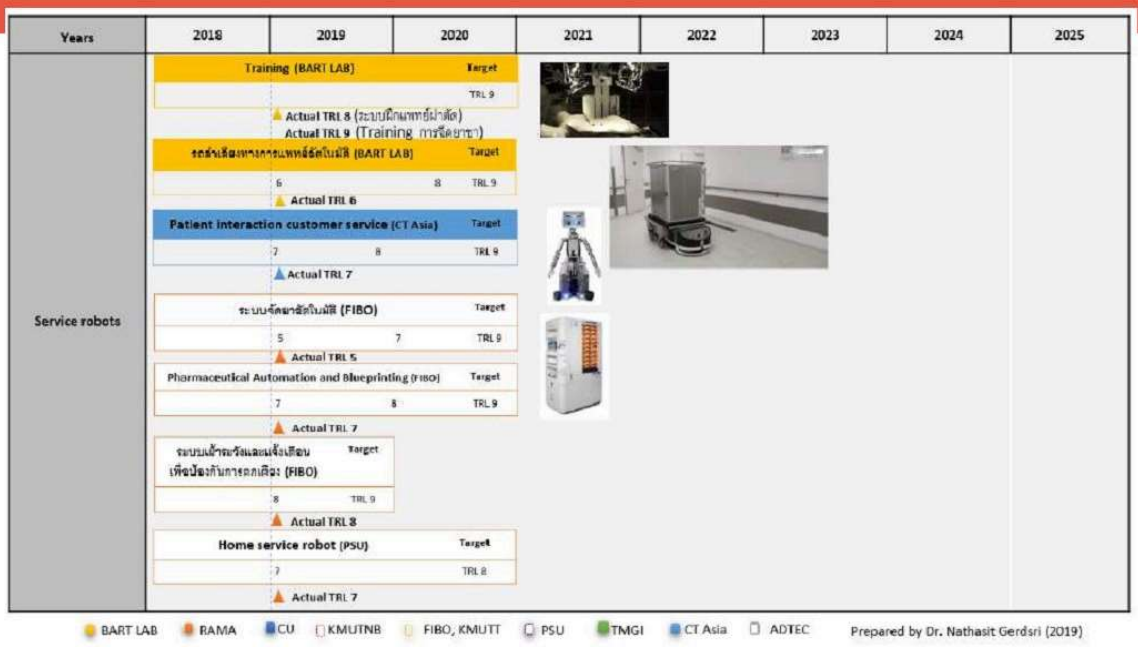
6.2 หุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์

รูปที่ 6.4 เป้าหมายและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีของหุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์

หุ่นยนต์เพื่อการฟื้นฟูทางการแพทย์ มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นเป้าหมายเชิงกลยุทธ์อยู่ 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- หุ่นยนต์ฟื้นฟูเดิน (Gait robot) เป็นหุ่นยนต์ที่สนับสนุนผู้ป่วยที่มีปัญหาด้านการเดินในการฝึกเดิน ปัจจุบันได้มีการวิจัยเสร็จสิ้นและมีการจัดจำหน่ายแล้ว
- หุ่นยนต์ฟื้นฟูการเครื่องไหวแขน (Arm robot) เป็นหุ่นยนต์ที่ฟื้นฟูสมรรถภาพในการเคลื่อนไหวแขนของผู้ป่วยที่เป็นอัมพฤกษ์ ปัจจุบันได้มีการวิจัยเสร็จสิ้นและมีการจัดจำหน่ายแล้ว
- หุ่นยนต์ฟื้นฟูนิ้ว ผลิตภัณฑ์นี้ได้มีการวางแผนเริ่มทำวิจัยในปี 2019 และคาดว่าจะแล้วเสร็จภายในปี 2022
- หุ่นยนต์ช่วงแขย่งขา ผลิตภัณฑ์นี้ได้มีการวางแผนเริ่มทำวิจัยในปี 2019 และคาดว่าจะแล้วเสร็จภายในปี 2022
- แขนเทียม (Artificial arm) ปัจจุบันผ่านขั้นตอนทำ prototype แล้ว โดยมีความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 5 คาดว่าจะมีระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 7 ในปี 2020

6.3 หุ่นยนต์เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข และการติดตามเฝ้าระวัง



รูปที่ 6.5 เป้าหมายและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีของหุ่นยนต์ เพื่อการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุข และการติดตามเฝ้าระวัง

ผลิตภัณฑ์ที่เป็นเป้าหมายในกลุ่มนี้มี 5 ผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วย

- กลุ่มการฝึกอบรม ประกอบไปด้วย 2 ผลิตภัณฑ์ย่อย ได้แก่

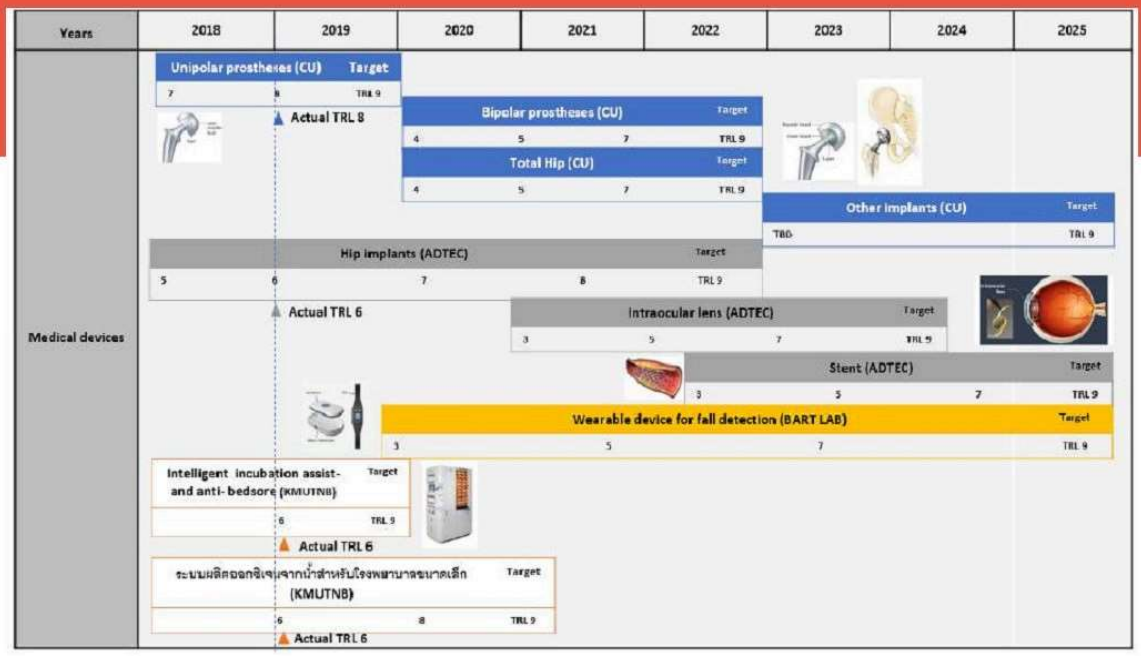
  a.ระบบฝึกแพทย์ผ่าตัด เป็นหุ่นยนต์ที่ใช้ในการฝึกการผ่าตัดด้วยกล้อง ในปัจจุบันได้มีการทดสอบการใช้งานกับนักศึกษาแพทย์แล้ว มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ที่ระดับ 8 และคาดว่าจะถึงระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายภายในปี 2020

  b.ระบบฝึกการฉีดยาชาใต้ตา เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีความพร้อมที่จะจำหน่ายและอยู่ใน ช่วงการหาหุ้นส่วนทางธุรกิจ มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ที่ระดับ 9 และคาดว่าจะพร้อมจำหน่ายในปี 2020

- รถลำเลียงทางการแพทย์อัตโนมัติ เป็นหุ่นยนต์เพื่อลำเลียงวัสดุการทางแพทย์ในโรงพยาบาล ปัจจุบันได้มีการทดลองใช้ที่ศูนย์การแพทย์กาญจนภิเษก มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 6 คาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และสามารถจำหน่ายได้ในปี 2020
- หุ่นยนต์ดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วย (Patient interaction customer service) เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถโต้ตอบกับผู้ป่วยได้ ได้มีการพัฒนามาหลายรุ่น ในปัจจุบันมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 7 และคาดว่าจะพัฒนาจนมีระดับความพร้อมอยู่ที่ระดับ 9 ภายในปี 2020
- รถลำเลียงทางการแพทย์อัตโนมัติ เป็นหุ่นยนต์เพื่อลำเลียงวัสดุการทางแพทย์ในโรงพยาบาล ปัจจุบันได้มีการทดลองใช้ที่ศูนย์การแพทย์กาญจนภิเษก มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 6 คาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และสามารถจำหน่ายได้ในปี 2020

- หุ่นยนต์ดูแลผู้สูงอายุและผู้ป่วย (Patient interaction customer service) เป็นหุ่นยนต์ที่สามารถโต้ตอบกับผู้ป่วยได้ ได้มีการพัฒนามาหลายรุ่น ในปัจจุบันมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 7 และคาดว่าจะพัฒนาจนมีระดับความพร้อมอยู่ที่ระดับ 9 ภายในปี 2020
- ระบบจัดยาอัตโนมัติ ปัจจุบันมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 5 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายภายในปี 2020
- Pharmaceutical Automation and Blueprinting -PharmaSim ปัจจุบันมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายภายในปี 2020
- ระบบเฝ้าระวังและแจ้งเตือนเพื่อป้องกันการตกเตียง (Never Ever Falls – NEFs) มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายภายในปี 2020
- หุ่นยนต์บริการในบ้าน (Home service robot) มีการร่วมมือกับ Toyota ปัจจุบันมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 8 ในปี 2020

6.4 เครื่องมือทางการแพทย์



รูปที่ 6.6 เป้าหมายและระดับความพร้อมของเทคโนโลยีของเครื่องมือทางการแพทย์

ในกลุ่มเครื่องมือทางการแพทย์ มีผลิตภัณฑ์ที่เป็นเป้าหมายอยู่ 8 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- Unipolar prostheses เป็นข้อสะโพกเทียม ปัจจุบันกำลังอยู่ในช่วงการทดลองทางคลินิกมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายในปี 2019
- Bipolar prostheses เป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดจาก Unipolar prostheses ปัจจุบันมีแบบแล้ว มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 4 คาดว่าจะเริ่มทำการวิจัยในปี 2020 และจะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 9 ในปี 2022

- Unipolar prostheses เป็นข้อสะโพกเทียม ปัจจุบันกำลังอยู่ในช่วงการทดลองทางคลินิกมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายในปี 2019
- Bipolar prostheses เป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดจาก Unipolar prostheses ปัจจุบันมีแบบแล้ว มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 4 คาดว่าจะเริ่มทำการวิจัยในปี 2020 และจะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 9 ในปี 2022
- Total Hip เป็นผลิตภัณฑ์ต่อยอดจาก Unipolar prostheses ปัจจุบันมีแบบแล้ว มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 4 คาดว่าจะเริ่มทำการวิจัยในปี 2020 และจะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 9 ในปี 2022
- อวัยวะเทียมฝังในอื่น ๆ (Other implants) เป็นแผนงานต่อจากการพัฒนาข้อสะโพกเทียม โดยวางแผนว่าจะเริ่มทำการวิจัยภายในปี 2022
- สะโพกเทียม (Hip implants) ปัจจุบันกำลังศึกษาเทคโนโลยีที่ทำให้วัสดุมีความแข็งแรงทนทานมากยิ่งขึ้น มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 6 และคาดว่าจะมีระดับความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายในปี 2020
- เลนส์แก้วตาเทียม (Intraocular lens) ปัจจุบันมีความรู้ทางด้านเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง แต่ติดปัญหาการหาบริษัทที่จะทำการผลิต มีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 3 มีแผนที่จะเริ่มทำการวิจัยในปี 2011 และคาดว่าจะมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 9 ภายในปี 2024
- ขดลวดตาข่าย (Stent) ปัจจุบันมีองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องอยู่ในระดับหนึ่ง คิดเป็นระดับความพร้อมของเทคโนโลยีในระดับ 3 วางแผนว่าจะเริ่มทำการวิจัยในปี 2022 และจะมีระดับความพร้อมอยู่ในระดับ 9 ในปี 2025
- อุปกรณ์สวมใส่เพื่อตรวจสอบการล้ม (Wearable device for fall detection) ปัจจุบันมีองค์ความรู้ในระดับหนึ่ง คิดเป็นระดับความพร้อมทางเทคโนโลยีในระดับ 3 มีแผนที่จะเริ่มทำการวิจัยในปี 2020 และจะมีระดับความพร้อมอยู่ในระดับ 9 ในปี 2025
- Intelligent incubation assist- and anti- bedsore ปัจจุบันผ่านการศึกษานำร่องเรียบร้อย (Pilot study) โดยมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 6 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายภายในกลางปี 2019
- ระบบผลิตออกซิเจนจากน้ำสำหรับโรงพยาบาลขนาดเล็ก ปัจจุบันกำลังทดสอบระบบ โดยมีระดับความพร้อมของเทคโนโลยีอยู่ในระดับ 6-7 และคาดว่าจะมีความพร้อมอยู่ในระดับ 9 และพร้อมจำหน่ายกลางปี 2020

บทที่ 7

ประเด็นเพิ่มเติมจากการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์

นอกเหนือจากแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์แล้ว ในกระบวนการการจัดทำแผนที่นำทาง ผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการได้ยกประเด็นที่เกี่ยวข้องและมีผลโดยตรงกับการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ไว้ดังต่อไปนี้

7.1 ประเด็นที่เกี่ยวข้องจากผู้เข้าร่วมประชุมเชิงปฏิบัติการ

- การยอมรับของผู้ใช้งานและผู้ซื้อ

ผู้ประกอบการและผู้ผลิตนวัตกรรมเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ประสบปัญหาว่าไม่สามารถแข่งขันในตลาดเมื่อผลิตสินค้าเสร็จได้ เนื่องจากไม่ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในประเทศ และหน่วยงานที่เป็นผู้จัดซื้อก็มีการกำหนดคุณลักษณะที่ไม่สอดคล้องกับบริบทของผู้ผลิตในประเทศ

- ความต่อเนื่องของงานวิจัยขึ้นกับงบประมาณสนับสนุนในแต่ละช่วงเวลา

  นักวิจัยประสบปัญหาด้านเงินทุนสนับสนุนงานวิจัย เนื่องจากกระบวนการพัฒนาวิจัยหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ใช้ระยะเวลานาน และใช้เงินทุนวิจัยเป็นปริมาณมาก นักวิจัยส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิจัยในภาคการศึกษาไม่สามารถที่จะขอทุนวิจัยอย่างต่อเนื่องได้ ทำให้ความก้าวหน้าของงานวิจัยจึงขึ้นกับปริมาณทุนสนับสนุนที่ได้รับในแต่ละช่วง

- การกำหนดหัวข้อวิจัยขึ้นกับความสนใจของผู้วิจัยเป็นหลัก

  งานวิจัยส่วนใหญ่จะพัฒนาขึ้นจากความสนใจหรือความเชี่ยวชาญของผู้วิจัยเป็นหลัก ไม่ได้ตั้งต้นจากโอกาสความเป็นไปได้ทางการตลาด ซึ่งนักวิจัยก็ตระหนักถึงประเด็นนี้ แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูลดังกล่าว

- การพัฒนาใช้เวลานานเนื่องจากความเข้าใจในข้อกำหนดและมาตรฐาน

  นักวิจัยส่วนใหญ่มีความเชี่ยวชาญในด้านเทคนิค แต่ขาดความรู้ความเข้าใจในข้อกำหนดและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่ตนพัฒนา ทำให้จำเป็นต้องใช้เวลานานในการทำความเข้าใจและปรับผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับข้อกำหนดของมาตรฐาน

- การใช้ประโยชน์จากบัญชีนวัตกรรมไทยยังจำกัด

บัญชีนวัตกรรมไทย เป็นบัญชีที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็น บัญชีสินค้าหรือบริการนวัตกรรม ที่ให้หน่วยงานภาครัฐที่สนใจสามารถจัดซื้อจัดจ้าง ได้ผ่านวิธีกรณีพิเศษ โดยเชิญชวนให้ผู้ประกอบการไทยที่มีการพัฒนานวัตกรรม ที่มาจากการวิจัยหรือพัฒนาภายในประเทศ สามารถขอขึ้นทะเบียนในบัญชีดังกล่าวได้ โดยสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) เป็นหน่วยงาน ตรวจสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์และบริการนวัตกรรมที่ขอขึ้นทะเบียนบัญชีนวัตกรรมไทย และสำนักงบประมาณเป็นหน่วยงานตรวจสอบราคา และจัดทำบัญชีนวัตกรรม

รัฐบาลได้มีการบังคับใช้บัญชีนวัตกรรมกับการจัดซื้อจัดจ้างของโรงพยาบาลที่สังกัดกระทรวงสาธารณสุข โรงพยาบาลในสังกัดมหาวิทยาลัย และโรงพยาบาลรัฐบาลทั้งหมด โดยกำหนดให้ซื้อผลิตภัณฑ์ในบัญชีนวัตกรรมเป็นสัดส่วนอย่างน้อยร้อยละ 30 จากมูลค่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมด โดยเทียบจากมูลค่าที่ซื้อผลิตภัณฑ์ที่มีรายการตรงกับผลิตภัณฑ์ในบัญชีนวัตกรรมในปีที่ผ่านมา

จากการเก็บข้อมูลพบว่าการจัดซื้อส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นการจัดซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมด้านหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ แต่เป็นการจัดซื้อผลิตภัณฑ์ทั่วไป เนื่องด้วยปัจจัยดังต่อไปนี้

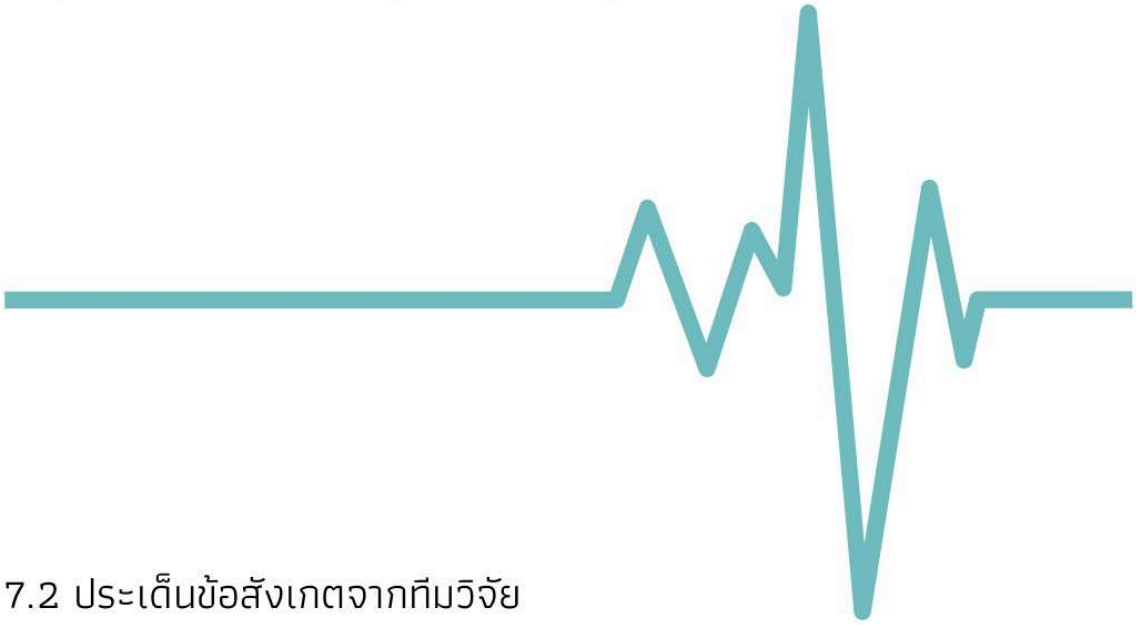
1.ไม่คุ้นเคยในการใช้งาน เนื่องจากไม่ได้มีการจัดอบรมและให้ความรู้ เพื่อสร้างความคุ้นเคยและความมั่นใจให้กับบุคลากรทางการแพทย์

2.ไม่มั่นใจในคุณภาพสินค้า เนื่องจากยังไม่เชื่อมั่นในระบบมาตรฐานรับรอง ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ทำให้หลายโรงพยาบาลเกิดแรงต่อต้านด้านการใช้งานกับคนไข้

3.ด้านมาตรการการคัดเลือกผลิตภัณฑ์เข้ามาในบัญชี มีข้อสงสัยจำนวนมาก ทั้งกระบวนการและมาตรฐานในการคัดเลือก

- บางสถานพยาบาลเปิดโอกาสให้มีการทดลองใช้ผลิตภัณฑ์

  ผลิตภัณฑ์ทุกผลิตภัณฑ์จะต้องมีการทดลองใช้ในสภาพแวดล้อมจริง แต่ปัญหาที่มักจะพบเจอคือไม่มีหน่วยงานที่เปิดให้ผลิตภัณฑ์ที่ยังไม่เสร็จสมบูรณ์มาใช้ เป็นปัญหาของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ แต่ในปัจจุบันพบว่ามีหน่วยงานบางที่ที่ให้โอกาสผลิตภัณฑ์ได้มาทดลองใช้ เช่น การทดลองใช้เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติที่โรงพยาบาลศิริราช และการใช้หุ่นยนต์ลำเลียงยาอัตโนมัติที่ศูนย์การแพทย์กาญจนาภิเษก เป็นต้น



7.2 ประเด็นข้อสังเกตจากทีมวิจัย

จากการเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ทีมวิจัยได้มีข้อสังเกตดังต่อไปนี้

- หลายหน่วยงานหาวิธีการแก้ปัญหาที่พบด้วยตนเอง ถึงแม้จะมีผู้อื่นได้แก้ปัญหานั้นมาแล้ว

  กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลาย ๆ ผลิตภัณฑ์ พบว่ามีขั้นตอนและกระบวนการที่มีความใกล้เคียงกัน และประสบปัญหาระหว่างการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่คล้าย ๆ กัน แต่เนื่องจากไม่ได้มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างหน่วยงาน ทำให้หน่วยงานหนึ่งจะต้องหาทางแก้ปัญหาด้วยตนเอง ถึงแม้ว่าจะมีหน่วยงานอื่นได้แก้ปัญหานั้นเรียบร้อยแล้ว ทำให้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นไปได้ช้า

- นักวิจัยมีความกังวลในประเด็นด้านการเปิดรับของตลาดและการเจาะตลาด

  นักวิจัยส่วนใหญ่มีมุมมองว่าตลาดสำหรับผลิตภัณฑ์ไทยนั้นยังค่อนข้างจำกัด ผู้ซื้อและผู้ใช้ยังไม่เปิดรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตในประเทศ ทำให้สินค้าไม่สามารถเจาะเข้าไปในตลาดเพื่อที่จะแข่งขันกับผลิตภัณฑ์จากต่างประเทศได้

- ขนาดตลาดไม่เท่ากับขนาดของตลาดที่สามารถเจาะได้
  การพิจารณาเลือกเป้าหมายผลิตภัณฑ์ที่จะพัฒนา โดยประเมินจากขนาดของตลาดที่มีอยู่ อาจไม่เหมาะสมเนื่องจากการตัดสินใจซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องการยอมรับของบุคลากรทางการแพทย์ซึ่งอาจจะส่งผลให้เห็นว่าโอกาสทางธุรกิจตลาดมีขนาดน่าสนใจ แต่ในความจริงแล้วอุปกรณ์ดังกล่าวอาจไม่มีโอกาสทางการตลาดเลย เนื่องจากเป็นเครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวบุคลากรไม่ได้เปิดใจยอมรับผิดตภัณฑ์ใหม่นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์เดิมที่คุ้นชินอยู่

- มุมมองของผู้ใช้งานที่มีต่อหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ที่ผลิตโดยผู้ผลิตไทยมีการเปิดรับมากขึ้น
  จากการเก็บข้อมูล พบว่าผู้ใช้งานเริ่มมีการเปิดรับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ที่พัฒนาและผลิตโดยผู้ผลิตไทยมากขึ้น โดยมีข้อกำหนดว่าจะต้องมีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

- ความสนใจในการพัฒนาของชุมชนนักวิจัยไทยยังขาดความต่อเนื่อง
  การพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทยอาศัยอยู่บนความสนใจและความเชี่ยวชาญของนักวิจัยแต่ละกลุ่มเป็นหลัก แต่ไม่ได้มีการมองภาพว่าจะนำเสนอคำตอบ (Solution) อะไรให้กับผู้ใช้งาน งานของแต่ละหน่วยงานไม่ได้มีการบูรณาการเชื่อมโยงเข้าหากัน ทำให้ผู้ใช้มีความยากลำบากในการทำการบูรณาการด้วยตนเอง

- ชุมชนผู้พัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทยยังมีขนาดเล็ก
  ชุมชนของนักวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ รวมถึงนักวิจัยในส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องยังมีขนาดค่อนข้างเล็ก และไม่ได้ทำงานร่วมกัน ทำให้ความสามารถในการขับเคลื่อนนวัตกรรมทางด้านหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ในประเทศไทยจึงค่อนข้างจำกัด

- ผู้เล่นและความสัมพันธ์ในระบบนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องยังไม่ครบถ้วน
  ในการพัฒนานวัตกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ ทำงานสอดประสานกันเพื่อสนับสนุนให้การพัฒนานวัตกรรมเกิดขึ้น เกิดเป็นระบบนวัตกรรมเฉพาะส่วน (Sectoral Innovation System) แต่จากการเก็บข้อมูลพบว่าในระบบยังขาดหน่วยงานที่ทำบทบาทในบางตำแหน่ง และปฏิสัมพันธ์ของหน่วยงานที่มีอยู่แล้วก็ไม่ได้มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่สูงที่สุด

บทที่ 8 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

จากกระบวนการจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ทีมวิจัยมีข้อเสนอแนะเชิงนโยบายดังต่อไปนี้

8.1 ข้อเสนอแนะที่เกี่ยวข้องกับแผนที่นำทาง

แผนที่นำทางการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์นี้ เป็นแผนที่ที่จัดทำขึ้นสำหรับอนาคตข้างหน้า แต่ผลลัพธ์ที่กำหนดไว้ในแผนที่จะไม่เกิดขึ้นหากปราศจากการติดตามความก้าวหน้าของแต่ละโครงการภายในแผนที่นำทางอย่างเป็นระบบ ด้วยเหตุนี้ จึงควรจะต้องมีการพัฒนาระบบเพื่อสังเกตและติดตามความก้าวหน้าของโครงการภายในแผนที่นำทาง ที่สามารถแจ้งเตือนได้เมื่อโครงการมีความก้าวหน้าที่แตกต่างจากแผนที่ที่ได้กำหนดไว้จนจำเป็นจะต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนที่นำทางใหม่

8.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

จากข้อสังเกตที่ได้จากผู้เข้าร่วมการประชุมเชิงปฏิบัติการ และจากทีมวิจัยเอง นำมาสู่ข้อเสนอแนะเพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางด้านหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ ดังต่อไปนี้

- กระบวนการในเลือกโครงการ

ในการเลือกโครงการ ควรจะเลือกโครงการที่มีโอกาสความเป็นไปได้ในทางตลาด ซึ่งควรจะเป็นความเป็นไปได้ที่แท้จริงที่มาจากมุมมองของผู้ใช้งาน ดังนั้นในการเลือกหัวข้อโครงการ ควรจะเป็นการประชุมร่วมกันระหว่างผู้ผลิต ผู้ซื้อ และผู้ใช้ ซึ่ง ศลช. สามารถเป็นคนกลางที่จัดให้เกิดการพบปะพูดคุยกันระหว่างผู้ผลิต ผู้ซื้อ และผู้ใช้ได้

เมื่อมีการเลือกโครงการที่จะสนับสนุนแล้ว ศลช.ควรจะมีส่วนร่วมในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ซื้อและผู้ใช้งานต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และบริการนั้น ๆ เพื่อลดอุปสรรคด้านความเชื่อมั่นต่อสินค้าในประเทศ ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสนับสนุนและยืนยันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

- การสร้างศูนย์ความเป็นเลิศ (Center of Excellence) และ Process Champion

การจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศในผลิตภัณฑ์เฉพาะกลุ่ม เป็น Product Champion เช่น ศูนย์ความเป็นเลิศในวัสดุฝังใน เป็นต้น จะทำให้เทคโนโลยีมีการพัฒนาต่อยอด และเป็นศูนย์กลางในการรวบรวมความรู้และเผยแพร่ความรู้ให้กับนักวิจัยที่มีความสนใจในผลิตภัณฑ์กลุ่มนี้ เพื่อทำให้การวิจัยและพัฒนามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

นอกจากนั้น ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะมีหลายกระบวนการที่มีความใกล้เคียงกัน และมีความเกี่ยวข้องกับมาตรฐานตัวเดียวกัน ถ้าสามารถจัดให้มีหน่วยงานหรือองค์กรที่มีความสามารถเฉพาะในแต่ละกระบวนการ (Process champion) จัดตั้งขึ้นมาเป็นศูนย์ความเป็นเลิศ และให้คำปรึกษากับหน่วยงานอื่น เพิ่มเติมจาก Product champion จะทำให้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศ สามารถจัดตั้งเป็นกลุ่มตามกระบวนการหรือลักษณะเฉพาะ โดยในแต่ละกลุ่มมีหลายหน่วยงานที่ทำวิจัยในรูปแบบที่ใกล้เคียงกันมาทำงานร่วมกัน ในลักษณะ Hub and Spoke เพื่อให้เกิดการบูรณาการเกิดขึ้น เช่น จัดตั้งเป็นกลุ่มวัสดุฝังใน ซึ่งมีหน่วยงานที่จัดทำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวัสดุฝังใน และผู้ใช้งาน มาร่วมกันอยู่ในกลุ่มนี้ เป็นต้น

นอกจากนี้ ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาจจะมีการใช้ส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนที่ใกล้เคียงกัน ถ้ามีการจัดทำรายชื่อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมาตรฐานที่ผู้พัฒนาผลิตภัณฑ์อื่นสามารถนำมาใช้ต่อยอดได้เลย จะทำให้กระบวนการพัฒนาเป็นไปได้เร็วมากขึ้น

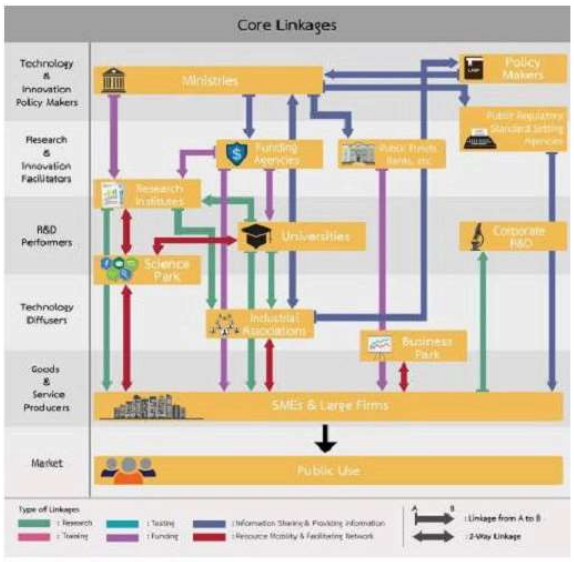
- จัดทำกระบะทรายสำหรับนโยบาย (Policy Sandbox)

ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่มีความพร้อมในระดับสูงแล้ว (TRL 7-8) จำเป็นจะต้องมีผู้ที่นำมาใช้ในสภาพแวดล้อมจริง หรือ lead user แต่ที่ผ่านมาพบปัญหาว่าหน่วยงานส่วนใหญ่ไม่พร้อมที่จะเป็น lead user ทำให้กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์เกิดการหยุดชะงัก

ด้วยเหตุนี้ ถ้ามีหน่วยงานที่พร้อมจะเป็นพื้นที่สำหรับผลิตภัณฑ์ในกลุ่มนี้ ให้ได้ทดลองใช้งานในสถานการณ์จริง เช่น การทดลองใช้เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติที่โรงพยาบาลศิริราช จะทำให้ผลิตภัณฑ์สามารถพัฒนาจนสามารถออกสู่ตลาดได้

เพื่อให้มีหน่วยงานที่พร้อมจะทดสอบผลิตภัณฑ์ ศลช. ควรจะจัดเตรียมผลประโยชน์หรือสิทธิพิเศษให้กับหน่วยงานที่ยินดีจะทดสอบผลิตภัณฑ์ เช่น มีการให้ทุนสนับสนุนกับหน่วยงานในการทำงานร่วมกับนักวิจัยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ หรือมีการสนับสนุนงบประมาณการจัดซื้อผลิตภัณฑ์เมื่อผลิตภัณฑ์พัฒนาสำเร็จแล้ว เป็นต้น

- มีการศึกษาระบบนวัตกรรมสำหรับอุตสาหกรรม (Sectoral Innovation System)



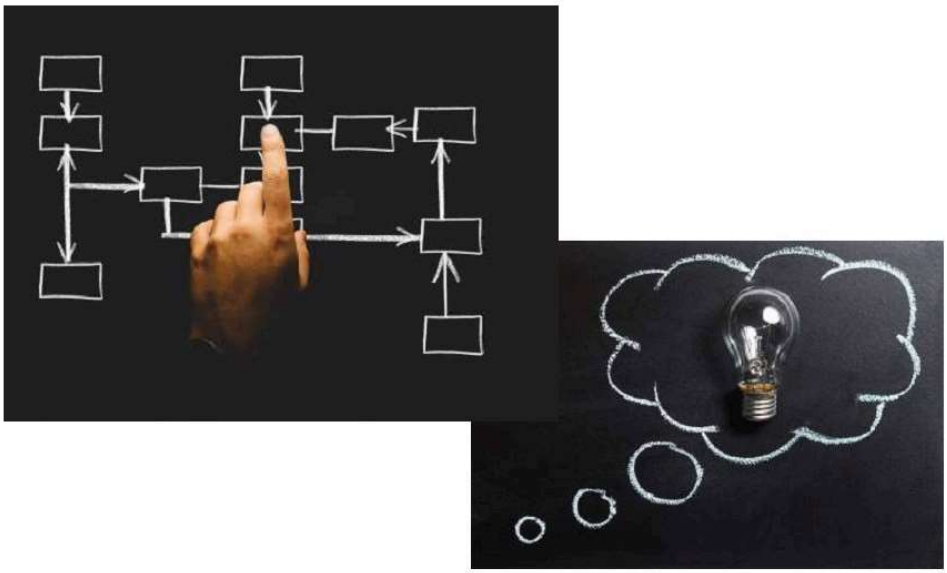
รูปที่ 8.1 ตัวอย่างระบบนวัตกรรมของอุตสาหกรรม

ในการพัฒนานวัตกรรมอย่างมีประสิทธิภาพจะเกิดจากการถ่ายทอดองค์ความรู้และทำงานร่วมกันระหว่างหน่วยงานที่มีหน้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่เกิดขึ้น ซึ่งระบบนวัตกรรมนี้จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วน ได้แก่หน่วยงานที่ทำหน้าที่ภายในระบบนวัตกรรม และความเชื่อมโยงระหว่างแต่ละหน่วยงาน

แต่จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้น พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างหลาย ๆ กลุ่มหน่วยงานยังมีอุปสรรค ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาด้านระบบนวัตกรรมของอุตสาหกรรมหุ่นยนต์ทางการแพทย์และเครื่องมือแพทย์ เพื่อจะสามารถระบุถึงกลุ่มหน่วยงานที่ขาดหายไปจากระบบนวัตกรรม และความเชื่อมโยงที่ยังคงมีอุปสรรคอยู่

- การจัดทำนโยบายแบบองค์รวม

ในการเลือกโครงการสำหรับการสนับสนุน ควรจะมองเป็นการตอบโจทย์เชิงบูรณาการให้กับผู้ใช้งาน (integrated solutions) ซึ่งจะประกอบไปด้วยหลายส่วนประกอบที่อาจจะพัฒนามาจากหลายองค์กร นำมารวมกันเป็น solution ที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้ได้เลย ตัวอย่างของโครงการเช่นนี้ได้แก่ ทุนบูรณาการเทคโนโลยีทางการแพทย์ (MED TECH Excellence Fund) เป็นต้น



บทที่ 9 เอกสารอ้างอิง

DEGREGORIO, G. (2000). TECHNOLOGY MANAGEMENT VIA A SET OF DYNAMICALLY LINKED ROADMAPS. IN ENGINEERING MANAGEMENT SOCIETY, 2000. PROCEEDINGS OF THE 2000 IEEE (PP. 184-190). IEEE.

DELOITTE (2018). 2018 GLOBAL LIFE SCIENCES OUTLOOK: INNOVATION LIFE SCIENCES IN THE FOURTH INDUSTRIAL REVOLUTION: EMBRACE, BUILD, GROW.

GERDSRI, N., PUENGRUSME, S., VATANANAN, R., & TANSURAT, P. (2018). CONCEPTUAL FRAMEWORK TO ASSESS THE IMPACTS OF CHANGES ON THE STATUS OF A ROADMAP. JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY MANAGEMENT.

GLOBAL HEALTHTECH INVESTMENT REPORT (2016). INVESTMENT BANKING. IBIS CAPITAL.

GONZALEZ-SALAZAR, M. A., VENTURINI, M., POGANIETZ, W. R., FINKENRATH, M., KIRSTEN, T., ACEVEDO, H., & SPINA, P. R. (2016). DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGY ROADMAP FOR BIOENERGY EXPLOITATION INCLUDING BIOFUELS, WASTE-TO-ENERGY AND POWER GENERATION & CHP. APPLIED ENERGY, 180, 338-352.

GROENVELD, P. (1997), 'ROADMAPPING INTEGRATES BUSINESS AND TECHNOLOGY', RESEARCH-TECHNOLOGY MANAGEMENT, SEPT-OCT., 40 (5), PP. 48-55.

GUDRUN L. (2017) GLOBAL SERVICE ROBOT MARKET UP TO 2020. IFR PRESS CONFERENCE. INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS.

JOEY, A.M. VAN B., ARJAN, R., AND MAURITS, B. (2008). ROBOTICS FOR HEALTHCARE THE EUROPEAN FORESIGHT MONITORING NETWORK.

HUANG, L., ZHANG, Y., GUO, Y., ZHU, D., & PORTER, A. L. (2014). FOUR DIMENSIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY PLANNING: A NEW APPROACH BASED ON BIBLIOMETRICS AND TECHNOLOGY ROADMAPPING. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE, 81, 39-48.

IHS MARKIT (2017). THE COMPLEXITIES OF PHYSICIAN SUPPLY AND DEMAND: PROJECTIONS FROM 2015 TO 2030. ASSOCIATION OF AMERICAN MEDICAL COLLEGES.

JIN, G., JEONG, Y., & YOON, B. (2015). TECHNOLOGY-DRIVEN ROADMAPS FOR IDENTIFYING NEW PRODUCT/MARKET OPPORTUNITIES: USE OF TEXT MINING AND QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT. ADVANCED ENGINEERING INFORMATICS, 29(1), 126-138.

KIM, H.Y. AND PARK, Y.T. (2004), 'DEVELOPMENT AND APPLICATION OF WEB-BASED TECHNOLOGY ROADMAP: QFD AND SCENARIO PLANNING APPROACH', PROCEEDINGS OF THE KOREAN INSTITUTE OF INDUSTRIAL ENGINEERS, SEOUL, PP. 110-116.

KHANAM, M., & DAIM, T. U. (2017). A REGIONAL TECHNOLOGY ROADMAP TO ENABLE THE ADOPTION OF CO2 HEAT PUMP WATER HEATER: A CASE FROM THE PACIFIC NORTHWEST, USA. ENERGY STRATEGY REVIEWS, 18, 157-174.

KOSTOFF, R. N., & SCHALLER, R. R . (2001). SCIENCE AND TECHNOLOGY ROADMAPS. IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT, 48(2), 132-143.

LARGE MULTICENTER STUDY SHOWS HIGH SUCCESS RATE FOR ROBOTIC PCI PROCEDURES (2017). SOCIETY FOR CARDIOVASCULAR ANGIOGRAPHY AND INTERVENTIONS. WWW.SCIENCEDAILY.COM/RELEASES/2017/05/170512125835.HTM

LEE, J. H., PHAAL, R., & LEE, S. H. (2013). AN INTEGRATED SERVICE-DEVICE-TECHNOLOGY ROADMAP FOR SMART CITY DEVELOPMENT. TECHNOLOGICAL FORECASTING AND SOCIAL CHANGE, 80(2), 286-306.

MA, X., XIONG, J., GUI, L., LIU, C. AND ZHANG, W. (2007), 'A JOINT EU-CHINA ROADMAP FOR MOBILE MULTIMEDIA INDUSTRY: THE PRELIMINARY RESULTS', 7TH INTERNATIONAL CONFERENCE IN COMPUTATIONAL SCIENCE (ICCS), 27-30 MAY, BEIJING, REPRINTED IN LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE, VOL. 4490/2007, SPRINGER, BERLIN.

MANKINS, J. C. (2009). TECHNOLOGY READINESS ASSESSMENTS: A RETROSPECTIVE. ACTA ASTRONAUTICA, 65(9-10), 1216-1223.

MEDICAL ROBOTICS TECHNOLOGY & MARKET ANALYSIS REPORT (2017). YOLE DEVELOPPMENT.

MEDICAL ROBOTS WHITE PAPER (2017). “ADDRESSING REGULATORY CONSIDERATION FOR MEDICAL ROBOTIC DEVICES”. UNDERWRITER LABORATORY COMPANY REPORT.

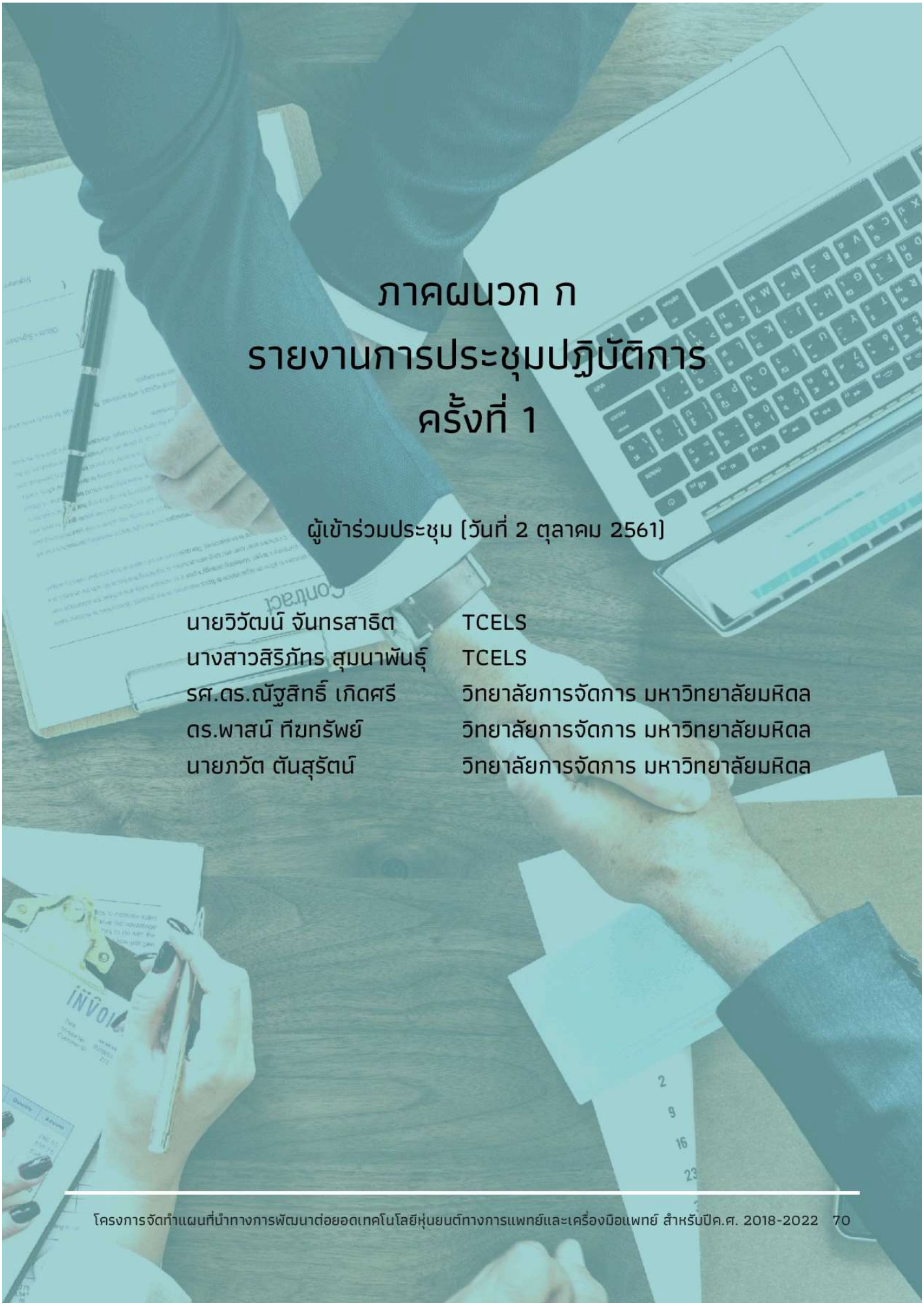
POPULATION OVERVIEW STATISTICS (2017), “AGEING”. THE UNITED NATIONS POPULATION FUND.

SCHWEIKARD, A. AND ERNST, F. (2015). MEDICAL ROBOTICS, SPRINGE., SWITZERLAND.

ZHANG, X., FAN, J. L., & WEI, Y. M. (2013). TECHNOLOGY ROADMAP STUDY ON CARBON CAPTURE, UTILIZATION AND STORAGE IN CHINA. ENERGY POLICY, 59, 536-550.

แผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยีหุ่นยนต์ทางการแพทย์ (2015). ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์ (องค์การมหาชน) (THAILAND CENTER OF EXCELLENCE FOR LIFE SCIENCES).

ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี. การจัดทำแผนที่นำทางการพัฒนาเทคโนโลยี : TECHNOLOGY ROADMAPPING. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2561.



ภาคผนวก ก
รายงานการประชุมปฏิบัติการ
ครั้งที่ 1

ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 2 ตุลาคม 2561)

นายวิวัฒน์ จันทรสาธิต	TCELS
นางสาวสิริภัทร สุมนาพันธุ์	TCELS
รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นายภวัต ตันสุรัตน์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาคผนวก ข
รายงานการประชุมปฏิบัติการ
ครั้งที่ 2

ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 24 ตุลาคม 2561)

ดร.ทรงพล องค์วัฒนกุล	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล(BART LAB)
นพ.สรยุทธ ชำนาญเวช	คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี
นพ.ภาริส วงศ์แพทย์	บริษัท ทีเอ็มจีไอ จำกัด
ดร.ไพรัช ตั้งพรประเสริ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.ชัญญาพันธ์ วิรุฬห์ศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายถนอมเกียรติ จันทร์จิรจิตร	TCELS
นางสาวสิริภัทร สุมนาพันธุ์	TCELS
รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นายภวัต ตันสุรัตน์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวสิริขวัญ ตั้งพรโชติช่วง	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาคผนวก ค
รายงานการประชุมปฏิบัติการ
ครั้งที่ 3

ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 8 พฤศจิกายน 2561)

ภญ.กรภัทร ตรีสารศรี	ผอ. กองควบคุมเครื่องมือแพทย์ อย.
ภญ.ภาวินี ส่งเสริม	เภสัชกรชำนาญการ กองควบคุมเครื่องมือแพทย์ อย.
นายธเนศ วิริยะเมธานนท์	วิศวกรชีวการแพทย์ กองควบคุมเครื่องมือแพทย์ อย.
นพ.ปานเนตร ปางพุฒิพงศ์	รองอธิบดีกรมการแพทย์
นพ.อากาศ พัฒนเรืองไล	ที่ปรึกษา กรมการแพทย์
นางปองขวัญ พีรพัฒนโภคิน	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ กรมการแพทย์
รศ.นพ.เชิดชัย นพมณีจำรัสเลิศ	รองผู้อำนวยการโรงพยาบาลศิริราช
นางนริศา มัณฑางกูร	หัวหน้ากลุ่มงาน สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ
นายธีระ ริมปีรังษี	ผู้อำนวยการฝ่ายมาตรฐานและคุณภาพ EEI
นายรัตน์ศักดิ์ ทองอิ่ม	ผู้จัดการแผนกรับรองผลิตภัณฑ์ EEI
ศ.โกวิท คำพิทักษ์	ภาควิชาสูติศาสตร์และนรีเวชวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มข.
นายเฉลิมพล ปุณโณทก	บริษัท ซีที เอเซีย โรโบติกส์ จำกัด
KEITA ONO, DR.-ING.	คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (BART LAB)
นพ.สรยุทธ ชำนาญเวช	คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี

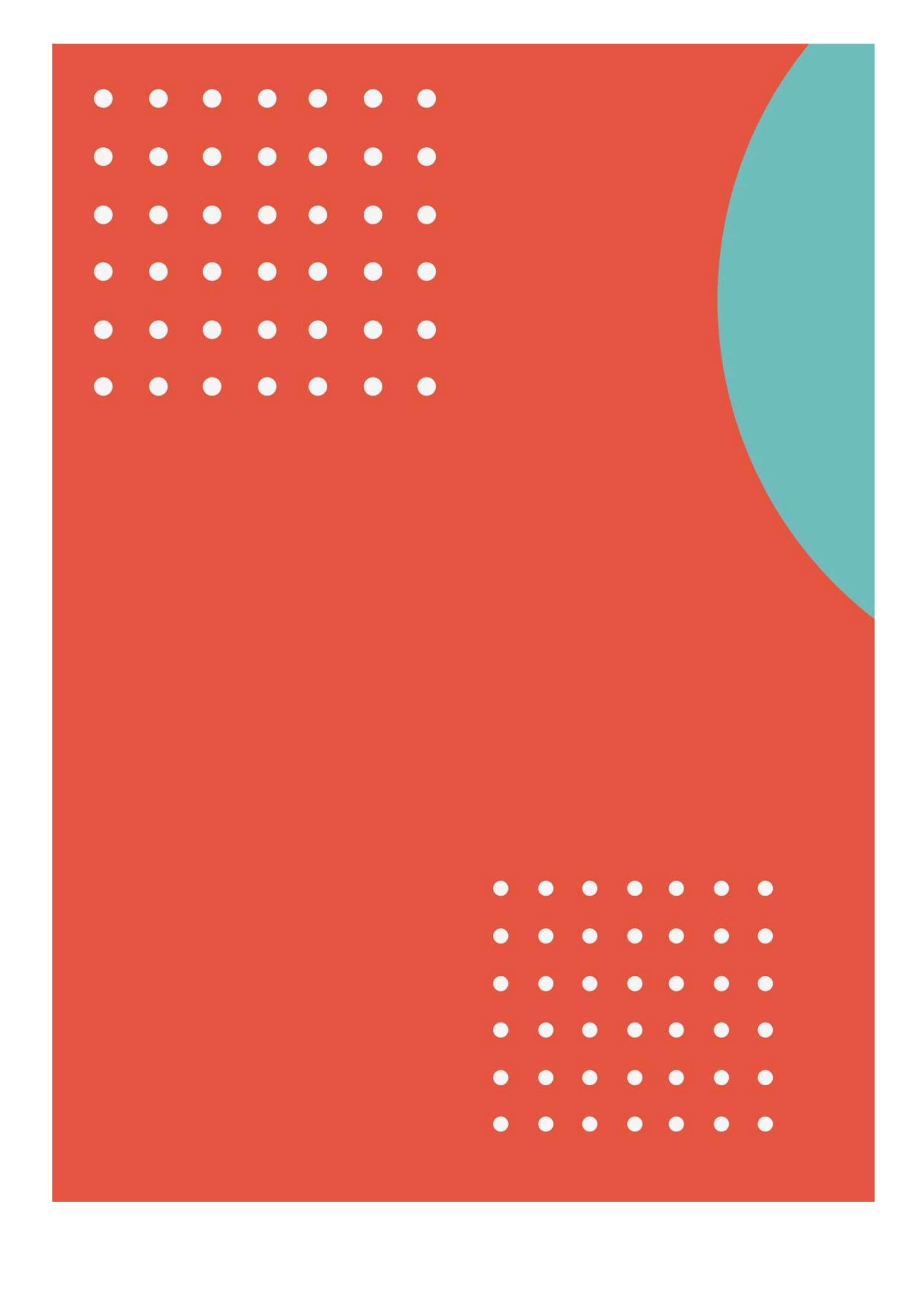
ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 8 พฤศจิกายน 2561)

นพ. ภาริส วงศ์แพทย์	บริษัท บริษัท ทีเอ็มจีไอ จำกัด
ผศ.ดร. ไพรัช ตั้งพรประเสริฐ	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยคณะ
ผศ.ดร. ชัญญาพันธ์ วิรุพห์ศรี	วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นายธเนศ อังศุวัฒนากุล	วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ดร.ศรายุทธ เอี่ยมคง	ที่ปรึกษาอาวุโส สวทช.
ดร.ศิรศักดิ์ เทพาคำ	รองผู้อำนวยการ TCELS
นางสาวรัตนา วรปัสสุ	ผอ. ADTEC & ROBOMED
นายวิวัฒน์ จันทรสาธิต	ADTEC & ROBOMED
นายถนอมเกียรติ จันทร์จิรจิตร	ADTEC & ROBOMED
นางสาวสิริภัทร สุมนาพันธุ์	ADTEC & ROBOMED
นางสาวธณิกานต์ ประชุม	ADTEC & ROBOMED
รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นายภวัต ตันสุรัตน์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวรพัชรศิริ พลเอกพันธุ์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวสิริขวัญ ตั้งพรโชติช่วง	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาคผนวก ง
รายงานการประชุมปฏิบัติการ
ครั้งที่ 4

ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 10 มกราคม 2562)

คุณวินิจ ฤทธิ์ฉิ้ม	กรรมการผู้จัดการ บริษัท ออโธพีเซีย จำกัด
คุณนัยนา วรรณวิสูตร	บริษัท ออโธพีเซีย จำกัด
รศ. ดร. สุรสิทธิ์ ปิยะศิลป์	ประธานหลักสูตรวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ. ดร. พฤทธิกร สมิตไมตรี	รองหัวหน้าภาควิชาฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
นายบูรณางค์ ศุขสมิติ	รองหัวหน้าโครงการ ITC สถาบันพลาสติก
ดร. วงศกร พูนพิริยะ	นักวิเคราะห์อาวุโส ฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย สวทช.
รศ. ดร. นิพนธ์ ธีรอำพน	ผู้อำนวยการ สถาบันวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นายเมธี พฤฒิสาลิกร	COO BUSINESS UNITS, N HEALTH
นายวิทชัย พิตระเจริญ	MANAGER PRODUCT SPECIALIST, N HEALTH
น.ส. ดนิตา เมืองหงษ์	SUPERVISOR DIGITIZATION SOLUTION, N HEALTH
นายธนวัฒน์ ไทยแก้ว	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม

ผู้เข้าร่วมประชุม (วันที่ 10 มกราคม 2562)

นางสาวประภาพร สุขเกษม	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนปฏิบัติการ สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม
ผศ.ดร. บุญรัตน์ โล่ห์วงศ์วัฒน	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศ.ดร. ฉัตรเฉลิม อิศรางกูร ณ อยุธยา	คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล
ผศ.ดร. สุเมธ อ่ำชิต	คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ดร. ปราการเกียรติ ยังคง	สถาบันวิทยาการหุ่นยนต์ภาคสนาม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
น.ส. รัตนา วรปัสสุ	ผอ. ADTEC & ROBOMED ศูนย์ความเป็นเลิศด้านชีววิทยาศาสตร์
นายถนอมเกียรติ จันทร์จิรจิตร	ADTEC & ROBOMED
นางสาวสิริภัทร สุมนาพันธุ์	ADTEC & ROBOMED
นางสาวธณิกานต์ ประชุม	ADTEC & ROBOMED
นางสาววัลลดา เครือวัลย์	ADTEC & ROBOMED
รศ.ดร.ณัฐสิทธิ์ เกิดศรี	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.พาสน์ ทีฆทรัพย์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นายภวัต ตันสุรัตน์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวรพัชรศิริ พลเอกพันธุ์	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล
นางสาวสิริขวัญ ตั้งพรโชติช่วง	วิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล