ความพร้อมของวิสัญญีในการรับมือนโยบายไทยแลนด์ 4.0

สุดตา ปรักกโมดม*, รัฐยา คิมูระ**, พงศ์ธารา วิจิตเวชไพศาล*
*ภาควิชาวิสัญญีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
**งานพยาบาลผ่าตัด โรงพยาบาลศิริราช คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ประเทศไทย

A Readiness of Anesthesia to Handle Thailand 4.0 Initiatives

Sudta Parkkamodom*, Ratthaya Kimura**, Phongthara Vichitvejpaisal*
*Department of Anesthesiology, Faculty of Medicine, Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700 Thailand
** Operating Unit, Siriraj Hospital, Mahidol University, Bangkok 10700 Thailand

การที่มนุษย์มีอายุยืนยาวสู่สังคมผู้สูงวัย เป็นเพราะความก้าวหน้าทางการแพทย์ที่สามารถเอาชนะโรคภัยไข้เจ็บที่คอยคร่าชีวิต ความสำเร็จนี้ไม่ได้เกิดขึ้นอย่างโดดเดี่ยว แต่เดินคู่ขนานกับพัฒนาการทางเทคโนโลยีและนวัตกรรม จนนำมาสู่สังคมดิจิทัลในปัจจุบัน

การขับเคลื่อนนโยบายด้วยไทยแลนด์ 4.0 เป็นการปฏิรูประบบเศรษฐกิจที่เน้นการผลิตโดยพึ่งพาแรงงาน เครื่องจักร และทรัพยากร ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ไทยแลนด์ 4.0 จึงเป็นการสอดรับการเปลี่ยนแปลง ของสังคมคนรุ่นใหม่ ด้วยข้อมูลมหาศาลเพื่อการวิเคราะห์ หุ่นยนต์กลไกอัจฉริยะ ปัญญาประดิษฐ์ การเชื่อมโยงสรรพ สิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่แผ่ขยายครอบคลุมเป็นวงกว้างออกไปทุกวงการ

การพัฒนานวัตกรรมที่ก้าวล้ำนำสมัยด้วยแรงผลักดันอย่างรวดเร็วเช่นนี้ ได้ถูกนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับมวลมนุษยชาติโดยเฉพาะในวงการแพทย์ มีการนำหุ่นยนต์ดินสอมาช่วยดูแลผู้สูงอายุให้สามารถดำเนินชีวิตได้ในกิจวัตรประจำวัน นอกจากนี้ หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัด อิเล็กทรอนิกส์เวชระเบียน การแพทย์เฉพาะเจาะจง หรืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ช่วยในการบริหารยาระงับความรู้สึก ก็เป็นสิ่งที่สามารถนำมาปฏิบัติได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

เวชปฏิบัติเปลี่ยนวิถีนี้ จะกระตุ้นให้บุคลากรทางการแพทย์ทุกระดับ ต้องปรับตัวเตรียมพร้อมรับวิทยาการ ใหม่ๆ และก้าวเดินร่วมไปกับสังคมดิจิทัลภายใต้นโยบายไทยแลนด์ 4.0

คำสำคัญ: การระงับความรู้สึก, ไทยแลนด์ 4.0, สังคมผู้สูงวัย, สังคมดิจิทัล

Since the advancement in medicine alleviates and overcomes the life-threatening diseases, human can prolong their life to the ageing society. This is not a sole success, but runs parallel to the progress in innovative technology that brings us to the currently digital society.

By means of Thailand 4.0 Initiatives, the economics reform hanging on white and blue collars, machines and natural resources has been changing to innovation-drive bargains. Thailand 4.0 that widely diverges in every fields, seems to get along with modern society via big data and analytics, autonomous robotics, artificial intelligence and internet of things.

The fast and energetic development of these sophisticated devices has been applied to the benefits of all human beings, particularly in medicine. Robot 'Din Saw' helps to support and take care the elderly in their daily rounds. In addition, surgical-assisted robotics, electronic medical records, precision medicine or computer-assisted personalized sedation are now functional and practical with effectiveness.

This disruptive medicine arouses all health personnel for their readiness of novelty and walk hand in hand with digital society under Thailand 4.0.

Keywords: ageing society, anesthesia, digital society, Thailand 4.0

วิสัญญีสาร 2563; 46(2): 125-32. • Thai J Anesthesiol 2020; 46(2): 125-32.

Correspondence to: Phongthara Vichitvejpaisal, M.D., Ph.D. E-mail: phongthara@gmail.com
Received 20 Jun 2019, Revised 15 Jul 2019, Accepted 29 Jul 2019

ความเป็นมา

ปัจจุบันเกือบทุกประเทศกำลังเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญ เมื่อจำนวนประชากรส่วนใหญ่จัดอยู่ในสังคมผู้สูงวัย (generation, gen B) และสังคมดิจิทัล (generation, gen Y) ก่อให้เกิดความท้าทายที่ตามมา คือ ช่องว่างระหว่างคนทั้งสองกลุ่มที่มีความแตกต่างกันมาก ส่งผลกระทบต่อการบริหารบ้านเมืองทั้งในเรื่องค่าใช้จ่ายสวัสดิการ การดูแลสุขภาพ แรงงานในวัยทำงาน ผลผลิตและรายได้ต่อบุคคลของประเทศ

สังคมผู้สูงวัย เป็นกลุ่มคนที่เกิดระหว่างปี พ.ศ. 2489-2507 มีประมาณ 12 ล้านคน คนเหล่านี้เกิดภายหลังสงครามโลกครั้งที่สองสงบลง ซึ่งครอบครัวเคยประสบความลำบากในการดำเนินชีวิต จากวิกฤตเศรษฐกิจตกต่ำครั้งใหญ่ทั่วโลกในปี พ.ศ. 2472 อันนำไปสู่การเกิดสงครามโลกในที่สุด จึงเป็นกลุ่มคนที่มีชีวิตเพื่อการทำงาน มีความจงรักภักดีต่อองค์กรสูง ไม่เปลี่ยนงานบ่อย เคารพกฎเกณฑ์กติกา อดทนให้ความสำคัญกับผลงาน แม้ว่าจะต้องใช้เวลานานกว่าจะประสบความสำเร็จ อีกทั้งยังมีแนวคิดที่จะทำงานหนักเพื่อสร้างเนื้อสร้างตัว ให้ความสำคัญกับครอบครัวรองจากงาน[1,2]

สังคมดิจิทัล เป็นกลุ่มคนที่เกิดระหว่างปี พ.ศ.2523 - 2543 มีประมาณ 20 ล้านคน เป็นกลุ่มคนที่โตมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์ อินเตอร์เน็ตและเทคโนโลยี มีชีวิตเพิ่งเริ่มเข้าสู่วัยทำงาน มีนิสัยชอบแสดงออก มีความเป็นตัวของตัวเองสูง มีพฤติกรรมชอบอะไรง่ายๆ ไม่ต้องเป็นทางการ ไม่ชอบเงื่อนไข ต้องการความชัดเจนในการทำงานว่า ส่งผลต่อตนเองอย่างไร ให้ความสำคัญและเวลากับครอบครัวมากกว่างาน มีแนวคิดและการทำงานในลักษณะรู้ทุกอย่างทำทุกอย่างได้เพียงลำพัง ใช้ชีวิตอยู่กับไอทีได้เป็นเวลานานๆ เพื่อการปรับปรุง ค้นหาและพัฒนาตนเอง[1,2]

สังคมทั้ง 2 กลุ่มนี้ คิดเป็นประชากรร้อยละ 50 ของประเทศที่มีประมาณ 67 ล้านคน ประเทศไทยจึงมีความจำเป็นต้องวางวิสัยทัศน์และกลยุทธ์ในการขับเคลื่อนประเทศใหม่ในรูปแบบนโยบาย '*ไทยแลนด์*' ซึ่งความเป็นจริงได้ริเริ่มมาแล้วหลายโครงการตั้งแต่ในอดีต

ไทยแลนด์ 1.0 (Thailand 1.0)[3-5]

ปี พ.ศ. 2475-2484 (Green Revolution) เริ่มต้นตั้งแต่การเปลี่ยนแปลงการปกครองจนถึงช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง การพัฒนาประเทศและเศรษฐกิจขับเคลื่อนจากการส่งออกสินค้าเกษตรและทรัพยากรธรรมชาติ มีลักษณะ เป็นสินค้าขั้นต้น (primary goods) หรือมีการแปรรูปด้วยเทคโนโลยีพื้นฐาน รัฐเน้นการลงทุนทางภาคเกษตรกรรม กสิกรรม พืชไร่ พืชสวน เน้นการส่งออกเพียงเล็กน้อย ส่วนใหญ่เป็นข้าว มันสำปะหลัง ไม้สักและดีบุก ผลลัพธ์คือ เศรษฐกิจของประเทศมีการเติบโตในระดับปานกลาง

ไทยแลนด์ 2.0 (Thailand 2.0)[3-5]

ปี พ.ศ. 2488 - 2533 (Industrial Revolution) ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สองสิ้นสุดลง ส่งผลให้ประเทศไทยขาดแคลนสินค้าแปรรูปและสินค้าอุตสาหกรรม มีการก่อตั้งกระทรวงอุตสาหกรรม โดยเริ่มจากอุตสาหกรรมเบาการใช้เครื่องจักรและเทคโนโลยีง่ายๆ ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมแปรรูปสินค้าเกษตรในประเทศและเพื่อการส่งออก

ต่อมาเมื่อมีแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2504 - 2509) และพระราชบัญญัติส่งเสริมเพื่อกิจการอุตสาหกรรม มีการกำกับขับเคลื่อนการลงทุนจากต่างประเทศอย่างจริงจัง จัดตั้งนิคมอุตสาหกรรม เกิดการเคลื่อนย้ายมาใช้ทรัพยากรและแรงงานราคาถูกในประเทศ ทำให้มีการสร้างงานและสร้างความเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ ที่จำเป็นต้องอาศัยแรงงานจำนวนมาก[3-5]

ไทยแลนด์ 3.0 (Thailand 3.0)[3-5]

ปี พ.ศ. 2534 - 2559 (Digital Revolution) เริ่มเน้นอุตสาหกรรมหนักและการส่งออก จากการเปิดตัวโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออกรวม ทั้งการเปิดเสรีการค้ากับต่างประเทศและการเปิดเสรีการเงิน ทำให้ไทยเป็นแหล่งลงทุนหลักของภูมิภาค มีการเก็งกำไรในตลาดทุนและอสังหาริมทรัพย์จนนำไปสู่หนี้ต่างประเทศจำนวนมากและเข้าสู่วิกฤตต้มยำกุ้งในกลางปี 2540

ภาครัฐเน้นการนำเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อเร่งการผลิตและการส่งออก เช่น สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ ปิโตรเคมี เกิดนิคมอุตสาหกรรมมากกว่า 59 แห่งทั่วประเทศ ส่งผลให้การส่งออกขยายตัวมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้ประเทศไทยเป็นฐานการผลิตเพื่อการส่งออกอันดับ 5 ของเอเชีย

อย่างไรก็ตามในช่วงปลายยุค ขีดความสามารถในการแข่งขันของไทยลดลง ทั้งจากปัญหาการเมือง การขาดแคลนแรงงานและค่าจ้างสูง ทำให้ประเทศไทยสูญเสียการเป็นแหล่งลงทุนของโลก หลายอุตสาหกรรมเริ่มย้ายฐานการผลิตไปประเทศเพื่อนบ้าน

ไทยแลนด์ 4.0 (Thailand 4.0)

ในช่วง พ.ศ. 2500-2536 เศรษฐกิจของไทยมีการเติบโตสูงสุดคือร้อยละ 7-8 ต่อปี แต่หลัง พ.ศ.2537 เป็นต้นมาการเติบโตสูงขึ้นเพียงร้อยละ 3-4 ต่อปีเท่านั้น นอกจากนี้ยังติดอันดับประเทศที่มีความเหลื่อมล้ำทางรายได้ค่อนข้างมาก เป็นที่มาของคำว่า 'รวยกระจุก จนกระจาย' เกิดความไม่สมดุลในการพัฒนาประเทศ[6]

จากเหตุผลดังกล่าว นับเป็นความท้าทายที่รัฐบาลต้องใส่ใจเร่งรัดผลักดันประเทศไปสู่เศรษฐกิจรูปแบบใหม่ ที่จะส่งผลให้เกิดมูลค่าเพิ่มจากผลิตภัณฑ์ด้วยบริการที่มีคุณภาพสูงขึ้น นั่นคือ การนำเข้าสู่วาระ 'ไทยแลนด์ 4.0'[7] ด้วย การพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจรูปแบบใหม่ (New Economy Model, NEM หรือ Value-based Economy) ภายใต้ หลักการปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ที่ประชาชนสามารถสร้างรายได้ได้ด้วยตนเอง มีการปฏิรูปโครงสร้างในทุกมิติ ไม่ว่า จะเป็นภาคธุรกิจการเกษตร การศึกษาและแรงงาน เปลี่ยนแปลงจากระบบเศรษฐกิจที่เน้นการผลิตโดยพึ่งพาแรงงาน เครื่องจักรและทรัพยากร ไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Innovation Drive Economy) สร้างเครือข่ายความสัมพันธ์กับสถาบันวิจัยระดับโลก ประสานความร่วมมือกับภาคเอกชน สถาบันการศึกษา และ สถาบันการเงินให้มากขึ้น มีความเป็น 'ประชารัฐ (Civil state)' เพื่อเป้าหมายการเป็นประเทศชั้นนำ ภายในปี พ.ศ. 2575 สู่การเปลี่ยนแปลงใน 3 มิติที่สำคัญคือ[5,8]

1) เปลี่ยนจากการผลิตสินค้าโภคภัณฑ์ ไปสู่สินค้าเชิงนวัตกรรม

2) เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนด้วยอุตสาหกรรม ไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

3) เปลี่ยนจากการมุ่งเน้นการผลิตสินค้า ไปสู่การบริการมากขึ้น

การขับเคลื่อนเศรษฐกิจและภาคธุรกิจอุตสาหกรรมภายใต้รูปแบบไทยแลนด์ 4.0 นั้น เป็นไปตามแผนการ พัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) โดยเริ่มจากภายใน คือ การยกระดับนวัตกรรม เพื่อสร้างความเข้มแข็งให้แก่ผู้ประกอบการ ชุมชนและเครือข่ายในทุกภาคส่วนของประเทศ และการเชื่อมโยงกับภายนอก ทั้งในระดับภูมิภาค เช่น กลุ่มประเทศอาเซียนและระดับโลก เช่น ประเทศในกลุ่มประชาคมยุโรป เป็นต้น โดยมุ่งเน้น 5 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย ดังนี้ [9]

กลุ่มที่ 1 กลุ่มอาหาร เกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพ (Food, Agriculture & Bio-Tech) โดยเปลี่ยนจากการทำเกษตรแบบธรรมดาเป็นเกษตรสมัยใหม่ (Smart Farming) สิ่งสำคัญคือจะทำยังไงให้เกิดความสมดุลในการผลิตให้ความต้องการซื้อและขายพอดีกัน ผลผลิตที่เหลือจะนำไปแปรรูปเปลี่ยนไปตามความต้องการของตลาด

กลุ่มที่ 2 กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพและเทคโนโลยีทางการแพทย์ (Health, Wellness & Bio-Med) การกำหนดมาตรฐานมุ่งสู่การบริการที่ทรงคุณค่าที่ผ่านการตรวจสอบรับรองคุณภาพ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและมี ประสิทธิภาพ

กลุ่มที่ 3 กลุ่มเครื่องมืออุปกรณ์อัจฉริยะ หุ่นยนต์และระบบเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม (Smart Devices, Robotics & Mechatronics)

กลุ่มที่ 4 กลุ่มดิจิทัล การเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ปัญญาประดิษฐ์ และเทคโนโลยีสมองกล ฝังตัว (Digital, Internet of Things, Artificial Intelligence & Embedded Technology)

กลุ่มที่ 5 กลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ วัฒนธรรม และบริการที่มีมูลค่าสูง (Creative, Culture & High Value Services) การเปลี่ยนแปลงจากอุตสาหกรรมขนาดเล็ก (Small and Medium Enterprises, SME) ที่ต้องอาศัยการช่วยเหลือจากรัฐเป็น Smart Enterprises และ Startup หรือบริษัทเกิดใหม่ที่มีศักยภาพสูง โดยการนำเอานวัตกรรมเข้ามาช่วยเพิ่มจุดแข็งและคุณค่าให้ธุรกิจ

ไทยแลนด์ 4.0 กับการปฏิวัติอุตสาหกรรม[10]

นโยบายไทยแลนด์ 4.0 เป็นผลจากการที่รัฐบาลได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) ผนวกกับการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 นับเป็นความต่อเนื่องของนโยบายการพัฒนา ประเทศเป็นครั้งแรกของประเทศไทย ทั้งนี้เพื่อให้ประชาชนมีความ 'มั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน' และที่สำคัญเพื่อสื่อสาร เชิงยุทธศาสตร์ให้ประชาคมโลกทราบว่า ประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุคดิจิทัลอย่างเต็มรูปแบบ สอดคล้องกับแนวทาง การพัฒนาของประเทศชั้นนำของโลก

ในขณะเดียวกัน โลกของเราก็มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมเพื่อผลิตสินค้าและบริการมาแล้ว 3 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2403 (ค.ศ. 1760) เรียกว่า 'ยุคเครื่องจักรไอน้ำ' ครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ. 2413 (ค.ศ. 1870) เรียกว่า 'ยุคพลังงานไฟฟ้า' ครั้งที่ 3 ในปี พ.ศ. 2503 (ค.ศ. 1960) เรียกว่า 'ยุคดิจิทัล' ซึ่งคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทอย่าง มาก และในปัจจุบันโลกกำลังก้าวสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 เรียกว่า 'ยุคการเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต' ที่กิจกรรมทางเศรษฐกิจและสังคมถูกหล่อหลอมเป็นเนื้อเดียวกันด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี[10,11]

การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งนี้ ส่งผลต่อการจัดสรรทรัพยากรและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างในทุกมิติ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดกระบวนการ ตลอดห่วงโซ่อุปทานและการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง ทำให้สามารถนำสินทรัพย์มาใช้ประโยชน์ได้สูงสุดและคุ้มค่ามากที่สุด อาศัยการบูรณาการที่สำคัญๆ คือ[12]

1) ข้อมูลมหาศาลเพื่อการวิเคราะห์ (Big Data and Analytics)

2) หุ่นยนต์กลไกอัจฉริยะ (Autonomous Robotics)

3) การสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation)

4) ระบบบูรณาการทั้งแนวตั้งและแนวดิ่ง (Horizontal and vertical System Integration)

5) การเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต (Internet of Things หรือ IOT)

6) ระบบความปลอดภัยในโลกไซเบอร์ (Cyber Security)

7) คลาวด์เซิร์ฟเวอร์หรือแหล่งเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ (Cloud server)

8) การผลิตแบบตอบสนองลูกค้าเฉพาะราย (Additive Manufacturing) และ

9) การส่งผ่านข้อมูลเสมือนจริง (Augmented Reality)

ดังนั้น หากจะเปรียบเทียบกันแล้ว นโยบายไทยแลนด์ 4.0 มีความคล้ายคลึงและสอดคล้องกับการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 จนแยกกันไม่ออก นี่เป็นสิ่งที่ยืนยันว่าประเทศไทยไม่ได้นิ่งนอนใจที่นำนวัตกรรมมาใช้ในการก้าวไปพร้อมๆ กับสังคมโลก

ไทยแลนด์ 4.0 กับแผนงานทางด้านสาธารณสุข สุขภาพและเทคโนโลยีทางการแพทย์

ไทยแลนด์ 4.0 มีจุดประสงค์เพื่อผลักดันให้ประเทศไทยเป็นจุดเชื่อมต่อทางการแพทย์ (Medical Hub) ของ ประเทศในกลุ่มอาเซียนภายในปี พ.ศ. 2568 โดยมีแผนพัฒนาดังนี้[13]

แผนพัฒนาระยะเวลา 1-5 ปี ได้แก่ การใช้ยาต้นแบบเพื่อทดแทนการนำเข้า การใช้ชีววัตถุประเภทเภสัชภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์อาหารสมุนไพรและเครื่องสำอางเพื่อสุขภาพ อุปกรณ์การแพทย์อัจฉริยะ หุ่นยนต์เพื่อช่วยคนพิการ ศูนย์บำบัดฟื้นฟูผู้สูงอายุและการท่องเที่ยวเชิงสุขภาพ

แผนพัฒนาระยะเวลา 5-10 ปี การใช้ยาชีววัตถุเพื่อรักษามะเร็งและโรคภูมิแพ้ ผลิตวัคซีน ชุดตรวจวินิจฉัยที่ มีคุณภาพ ศักยภาพเชิงพาณิชย์ หุ่นยนต์ทางการแพทย์ สถานพักฟื้นดูแลผู้สูงวัย ศูนย์สุขภาพดิจิทัล อุปกรณ์เพื่อการ ตรวจวินิจฉัยอัตโนมัติและการรักษาทางการแพทย์แบบเฉพาะเจาะจง (Precision Medicine)

แผนพัฒนาระยะเวลา 10-15 ปี การใช้ยาระดับชีวโมเลกุล ผลิตชีววัตถุวัคซีนขั้นสูง หุ่นยนต์และเครื่องมือผ่าตัดการแพทย์ อุปกรณ์การแพทย์ชนิดฝัง สถาบันผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านเพื่อการรักษาที่มีเป้าหมาย

จะเห็นได้ว่า หุ่นยนต์ทางการแพทย์เป็นเป้าหมายสำคัญในแผนพัฒนางานทางด้านสาธารณสุข เนื่องจากเป็นนวัตกรรมที่มีพัฒนาการและความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วตลอดระยะเวลาหลายปีที่ผ่านมา อันเป็นผลจากการบูรณาการองค์ความรู้ทางคอมพิวเตอร์ที่ทำให้หุ่นยนต์ฉลาดขึ้น

การพัฒนาหุ่นยนต์ทางการแพทย์ จำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานการบูรณาการจากหลายส่วน อาทิ การใช้ปัญญาประดิษฐ์ ข้อมูลมหาศาลและคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ และการเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

1) ปัญญาประดิษฐ์ เป็นซ๊อพแวร์คอมพิวเตอร์ที่มีรูปแบบการเรียนรู้ขั้นสูง สามารถประสานข้อมูลอย่างสลับซับซ้อนเป็นร่างแหโยงใยกันคล้ายปมเซลล์ประสาทสมองของมนุษย์ ปัญญาประดิษฐ์ถูกนำไปใช้ในการตรวจรักษาผู้ป่วยแบบเฉพาะเจาะจง ด้วยรูปแบบการรักษาที่ผ่านการบูรณาการ การวิเคราะห์และการประมวลผลอย่างมีหลักการเป็นเหตุเป็นผลในการวางแผนการรักษาผู้ป่วยเฉพาะราย สามารถรวบรวมและวิเคราะห์ควบคู่ไปกับข้อมูลของผู้ป่วยเพื่อการวินิจฉัยและทำนายรอยโรคได้อย่างถูกต้องแม่นยำ[14]

2) ข้อมูลมหาศาลและคลาวด์เซิร์ฟเวอร์ เป็นเทคโนโลยีในการจัดเก็บข้อมูลทุกชนิดทุกประเภทในฐานข้อมูลที่ออกแบบเป็นเครือข่าย (cluster) ตามลำดับชั้น (tier) เช่น ข้อมูลการเจ็บป่วยของประชากรตั้งแต่แรกเกิดจนเสียชีวิต แพทย์ไม่ต้องเสียเวลาซักถามประวัติการเจ็บป่วยในอดีตจากตัวผู้ป่วย แต่สามารถเรียกข้อมูลมาใช้ประกอบในการวินิจฉัยโรคหรือรักษาได้ เป็นต้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการรักษาพยาบาล นอกจากนี้ด้วยเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ก้าวหน้ามากขึ้นจะ ทำให้สามารถนำข้อมูลการรักษาผู้ป่วยมาประมวล เพื่อค้นหาวิธีการรักษาที่ดีที่สุดที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละรายได้ เป็นวิธีการรักษาผู้ป่วยแบบเฉพาะเจาะจง [15]

3) การเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เกิดขึ้นจากการฝังอุปกรณ์สื่อสารไว้ในสิ่งของต่างๆ เพื่อส่งหรือรับสัญญาณสู่ระบบหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น อุปกรณ์บันทึกกิจกรรมที่มีผลต่อสุขภาพ สามารถนับก้าวที่เดิน ความถี่ และระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย หรือการไปอยู่ในสถานที่ที่มีสภาพแวดล้อมเป็นอันตราย โดยจะส่งต่อข้อมูลเหล่านี้ให้กับแพทย์ประจำตัว เพื่อการวิเคราะห์พร้อมแนะนำการปรับพฤติกรรม ต่อไป หรือกรณีผู้ป่วยที่เจ็บป่วยเรื้อรัง ก็สามารถได้รับการติดอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณชีพ ตรวจจับการพลัดตกจากเตียง แจ้งเหตุฉุกเฉินไปยังโรงพยาบาลเพื่อให้ส่งทีมแพทย์ฉุกเฉินเข้ามาช่วยดูแลได้ทันเวลา[16]

มีการประมาณการว่าภายในระยะเวลา 20 ปี ประเทศไทยมีความต้องการกำลังคนหลายสาขามาร่วมกันพัฒนานวัตกรรมหุ่นยนต์ ได้แก่ เทคโนโลยีชีวการแพทย์

วิศวกรชีวการแพทย์ วิศวกรหุ่นยนต์การแพทย์ เภสัชผลิตยาและวัคซีน นักออกแบบอุปกรณ์ทางการแพทย์และช่างซ่อมหุ่นยนต์ทางการแพทย์

หุ่นยนต์ช่วยให้แพทย์สามารถทำผ่าตัดได้โดยการเจาะรูเล็กๆ เพื่อผ่านกล้องเข้าไปในร่างกายผู้ป่วย แล้วขยายภาพอวัยวะภายในให้ปรากฏบนหน้าจอ จากนั้นแพทย์สามารถบังคับแขนกลหรือเครื่องมือผ่าตัดให้ดำเนินการตามขั้นตอนการผ่าตัดได้อย่างแม่นยำถูกต้อง ลดความผิดพลาดและช่วยให้ผู้ป่วยออกจากโรงพยาบาลได้เร็วขึ้น เช่น การผ่าตัดสมองด้วยหุ่นยนต์ Microscope navigation with ZEISS KINEVO® 900 / Leica Arveo[17] ที่สามารถช่วยนำทางค้นหาจุดผิดปกติและแสดงรายละเอียดให้เห็นหลอดเลือดได้ชัดเจนมากขึ้น เช่นเดียวกับหุ่นยนต์ the da Vinci Xi, the da Vinci X and the da Vinci SP[18] ซึ่งเริ่มต้นด้วยเป็นหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดระบบทางเดินปัสสาวะ ปัจจุบันได้นำมาใช้ผ่าตัดต่อมทอนซิลและผ่าตัดใต้ลิ้นและได้รับการยอมรับจาก FDA แล้ว หรือการนำหุ่นยนต์ดินสอมาช่วยดูแลผู้ป่วยที่บ้าน ช่วยเตือนให้รับประทานยา คอยตรวจจับอาการผิดปกติของผู้ป่วย และยังสามารถส่งสัญญาณติดต่อสื่อสารขอความช่วย เหลือไปยังห้องฉุกเฉินของโรงพยาบาลได้ด้วย

หุ่นยนต์ดินสอ

ด้วยความรู้ของวงการแพทย์และวิศวกรไทยในระดับโลกกับต้นทุนการผลิตหุ่นยนต์ของประเทศไทยที่ไม่สูงนัก ภายใต้การประสานความร่วมมือของหน่วยงานภาครัฐ มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชน ทำให้บริษัท ซีที เอเชีย โรโบติกส์ จำกัด โดยคุณเฉลิมพล ปุณโณทก สามารถพัฒนาหุ่นยนต์ไทยตัวแรกชื่อ ‘หุ่นยนต์ดินสอ’[19]

หุ่นยนต์ดินสอ เป็นหุ่นยนต์ทางการแพทย์ที่มีความสามารถ เป็นเพื่อนผู้สูงวัย ด้วยนวัตกรรมเรืองแสง สามารถตรวจจับมองเห็นผู้สูงอายุลุกจากเตียงในเวลากลางคืน แล้วส่งข้อมูลให้ญาติผู้ป่วยทราบ หุ่นยนต์ยังสามารถช่วยเหลือผู้ป่วยเข้าห้องน้ำ หรือตรวจจับวัดระดับการเต้นของหัวใจที่ผิดปกติ พร้อมแจ้งเตือนก่อนที่ผู้สูงวัยจะรู้ตัว นอกจากนี้ยัง เป็นหุ่นยนต์บันเทิงที่ชวนร้องเพลง เต้นรำแก้เหงาได้

ศิริราชได้นำเอาหุ่นยนต์ดินสอมานำร่อง ในการดูแลผู้ป่วยมะเร็งต่อมไทรอยด์ เนื่องจากผู้ป่วยเหล่านี้ ภายหลังการผ่าตัดต่อมไทรอยด์ไปแล้ว มีความจำเป็นต้องได้รับการรักษาต่อเนื่องต่อโดยการกินไอโอดีน 131 ซึ่งต้องมีการจำกัดพื้นที่ในห้องแยกพิเศษ โดยแต่ละเดือนมีผู้ป่วยมารับไอโอดีนจำนวน 40-50 คน ซึ่งแต่ละวันแพทย์พยาบาลต้องมีหน้าที่เข้าไปดูแลผู้ป่วยกลุ่มนี้ประมาณ 4-5 ครั้ง แม้จะเข้าไปอยู่ในจุดที่ปลอดภัยแล้ว แต่การนำเอาหุ่นยนต์ดินสอเข้ามาช่วยงาน จะทำให้สะดวกยิ่งขึ้น เนื่องจากหุ่นยนต์ดินสอเป็นเหมือนวิดีโอคอล ที่เชื่อมต่อข้อมูลผู้ป่วยมายังโทรศัพท์มือถือ ของผู้ดูแล เพื่อเตือนเรื่องการรับประทานยา รวมถึงเป็นแหล่งรวมความบันเทิงให้กับผู้ป่วยอยู่ในตัวเดียวกัน มีทั้งเกม เพลงหนัง ละคร ต่างๆ รวมถึงสอนเรื่องการออกกำลังกายด้วย[20]

ไทยแลนด์ 4.0 กับงานระงับความรู้สึก

ปัจจุบัน บุคลากรทางด้านงานระงับความรู้สึกต้องทำความคุ้นเคยใกล้ชิดกับการใช้หุ่นยนต์บริการทางการแพทย์มากยิ่งขึ้นเรื่อยๆ ด้วยนโยบายไทยแลนด์ 4.0 วงการวิสัญญีต้องเตรียมความพร้อมในการรับมือวิทยาการใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ทั้งนี้เพราะบุคลากรผู้ให้และผู้รับบริการงานระงับความรู้สึกเป็นกลุ่มคนในสังคมดิจิทัลเช่นเดียวกัน

บุคลากรยุคดิจิทัล ต้องคอยสอดแทรกนำเสนอประสานนวัตกรรมต่างๆ เหล่านี้เข้ามาในองค์กรอย่างใจเย็นและค่อยเป็นค่อยไป ในขณะที่กลุ่มบุคลากรผู้สูงวัยต้องเปิดใจกว้างในการยอมรับ เรียนรู้ทำความเข้าใจกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ชี้แนะและเสริมความคิดอย่างสร้างสรรค์ เพื่อมีส่วนร่วมในการมุ่งมั่นพัฒนาประเทศไปพร้อมๆ กัน

Computer-assisted Personalized Sedation (CAPS)[21]

บริษัท Johnson & Johnson ได้พัฒนา The first anesthetic machine learning ที่ส่งผลต่อวงการ วิสัญญี โดยตรง เรียกอุปกรณ์นี้ว่า Computer-assisted Personalized Sedation (CAPS) ชื่อการค้าคือ SEDASYS® ซึ่งเป็นอุปกรณ์ใช้ในการบริหาร propofol ทางหลอดเลือดดำอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้การระงับความรู้สึกผู้ป่วยแบบ moderate sedation กับผู้ป่วย ASA class I-II ที่มีอายุมากกว่า 18 ปี ภายใต้การควบคุมดูแลจากวิสัญญีแพทย์ หรือวิสัญญีพยาบาล เครื่องมือได้ผ่านการรับรองจากองค์การอาหารและยาของอเมริกา (FDA) ในปีพ.ศ. 2556-2558[21]

เครื่องสามารถปรับขนาดยาหรือเพิ่ม flow ของออกซิเจนตามการเปลี่ยนแปลงของค่าต่างๆ ได้เอง เช่น หากพบว่าผู้ป่วยไม่ขยับข้อมือตามเสียงที่ส่งผ่านเครื่องจะแปลความหมายว่า ระดับ sedation ลึกเกินไปกว่าที่ต้องการและจะทำการปรับลดขนาดยาลง หรือถ้าพบว่าระดับความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดแดง หรือระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงสิ้นสุดการหายใจออกมีการเปลี่ยนแปลงที่แสดงว่าผู้ป่วยหายใจน้อยลง เครื่องจะปรับเพิ่ม flow ของออกซิเจนและปรับลดขนาดยาหรือหยุดยาทันที และจะสามารถปรับเพิ่มขึ้นได้อย่างค่อยเป็นค่อยไปเมื่อปัญหาดังกล่าวหมดไป[22]

ในทางตรงข้าม หากเครื่องพบว่าระดับ sedation ตื้นหรือน้อยเกินไป เครื่องก็จะปรับเพิ่มขนาดยาขึ้นให้ตาม ความเหมาะสม จนในที่สุดเครื่องจะเรียนรู้และปรับค่าต่างๆ ให้สอดคล้องกับผู้ป่วยแต่ละราย ในกรณีฉุกเฉินที่อาจมีเหตุการณ์ไม่คาดคิดใดๆ เกิดขึ้น ระบบจะมีสัญญาณเตือนที่บอกให้บุคลากรทางการแพทย์ที่อยู่ในบริเวณนั้น ทำการแก้ไขผู้ป่วยได้อย่างเร่งด่วน

Mobile health technology[23]

เทคโนโลยีรูปแบบ mobile application หรือ mHealth (mobile health technology) ซึ่งได้รับการออก แบบและพัฒนาจากกลุ่มบุคคลหลายอาชีพรวมตัวกันเรียกว่า แฮกกาธอน (Hackathon) ที่ต่างนำความคิด (pitch) ของตนมาสร้างสรรค์ผลิตนวัตกรรม ที่สามารถนำไปแก้ไขปัญหาเชิงเทคนิคและเชิงสังคมในวงการต่างๆ[23]

ตัวอย่างเช่น โทรศัพท์มือถือหรือนาฬิกาอัจฉริยะ ที่ผู้ใช้สามารถป้อนข้อมูล อายุ เพศ น้ำหนัก ส่วนสูงให้ ซ๊อพแวร์ช่วยคำนวณวิเคราะห์และให้คำแนะนำว่า ตนเองมีความเสี่ยงเป็นโรคอ้วน หรือขาดอาหารหรือไม่ หรือการช่วยวินิจฉัยโรคหวัดธรรมดา โดยสอบถามอาการเจ็บป่วยพร้อมรับภาพผนังด้านหลังลำคอของผู้ใช้ ส่งเข้าโปรแกรมเพื่อ วิเคราะห์วินิจฉัยว่าเป็นโรคหวัดธรรมดาหรือลำคออักเสบติดเชื้อที่ต้องกินยารักษา หากพบว่าเป็นเพียงโรคหวัดธรรมดา ก็สามารถให้คำแนะนำดูแลรักษาเบื้องต้นได้ด้วยตนเอง แต่หากผู้ใช้ไม่มั่นใจ ผู้ใช้ยังสามารถส่งข้อมูลไปให้แพทย์ผู้เชี่ยวชาญช่วยประเมินวินิจฉัยและให้คำปรึกษาเพิ่มเติมได้

mHealth ยังมีการประยุกต์นำระบบปัญญาประดิษฐ์ไปใช้ในโรงพยาบาลที่มีผู้ป่วยมากเกินขีดจำกัด ซึ่งช่วยลดภาระงานลงได้มาก เพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลรักษาผู้ป่วย และน่าจะเป็นนวัตกรรมที่นำมาใช้ในงานระงับความรู้สึก ดูแลผู้ป่วยก่อน ระหว่างและหลังการผ่าตัด ตลอดจนการดูแลผู้ป่วยในหน่วยงานระงับปวดและหออภิบาล[24]

Electronic Health Records (EHR) หรือ Electronic Medical Records (EMR)

เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ (EHR/EMR) คือ แนวความคิดใหม่ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสารสนเทศด้านสุขภาพอย่างเป็นระบบ ใช้ทดแทนเวชระเบียนในรูปแบบกระดาษที่ทำงานด้วยมือ โดยข้อมูลของผู้ป่วยจะถูกเก็บในรูปแบบของดิจิทัล ซึ่งสามารถแบ่งปันข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลโดยการเชื่อมโยงผ่านเครือข่ายของระบบสารสนเทศ (enterprise) และระบบแลกเปลี่ยนสารสนเทศ (exchange) ประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับประชากรศาสตร์ (demographics) ประวัติการรักษา การให้ยา (medication) และการแพ้ (allergies) การฉีดยาสร้างภูมิคุ้มกัน (immunization) ผลตรวจ วิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ (laboratory results) ภาพถ่ายเอกซเรย์ สัญญาณชีพ (vital signs) ตลอดจนข้อมูลส่วน บุคคล อาทิ อายุ น้ำหนักและส่วนสูง

เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ถือเป็นแหล่งข้อมูลด้านการดูแลผู้ป่วยที่มีความปลอดภัยสูง ช่วยในการตัดสินใจของแพทย์ โดยสามารถเข้าถึงข้อมูลบันทึกสุขภาพของผู้ป่วย และข้อมูลอื่นๆ เช่น การเรียกเก็บเงิน การจัดการคุณภาพ การรายงานผลลัพธ์ การวางแผนทรัพยากรและสาธารณะ การเฝ้าระวังและการรายงานโรค ซึ่งผ่านการประมวลผลด้วยคลาวด์เซิร์ฟเวอร์และการเชื่อมโยงสรรพสิ่งด้วยเครือข่ายอินเตอร์เน็ต ซึ่งเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการจัดทำเอกสารโดยเฉลี่ย 15 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ ช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์มีเวลามุ่งเน้นไปที่ผู้ป่วย อย่างไรก็ตาม แพทย์บางท่าน แย้งว่า ช่วงเวลาในการเรียนรู้และการใช้เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์นั้นสูงเกินไป เสียเวลาในการป้อนข้อมูลและบันทึก ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำให้แพทย์ต้องหันเหความสนใจจากผู้ป่วย[25]

หลายๆ ประเทศ ต่างให้ความสนใจกับเวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์อย่างจริงจัง ในประเทศแคนาดาได้มีพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลและเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ (Personal Information Protection and Electronic Documents Act; PIPEDA)[26] ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543

ในประเทศสหรัฐอเมริกามีกฎหมายสนับสนุนให้มีการใช้เวชระเบียนอิเล็กทรอนิกส์ ภายในระยะเวลา 10 ปีโดย ในปี พ.ศ. 2555 รัฐได้ประกาศ Patient Protection and Affordable Care Act (PPACA) ให้มีผลบังคับและมี มาตรการลงโทษผู้ไม่ปฏิบัติตามในปี พ.ศ. 2557[27]

ในสหภาพยุโรป ในปี พ.ศ. 2559 รัฐสภายุโรป (a regulation of the European Parliament and of the Council) ได้ผ่านกฎระเบียบว่าด้วยการคุ้มครองข้อมูลทั่วไป เพื่อปกป้องการประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคลรวมในเรื่องการดูแลสุขภาพโดยมีผลบังคับใช้ในปี พ.ศ. 2561[28]

สรุป

เป้าหมายการขับเคลื่อนประเทศด้วยไทยแลนด์ 4.0 คือ การก้าวไปสู่การเป็น 'ประเทศที่มีรายได้สูง' ด้วย นวัตกรรมที่มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ ซึ่งหากประเทศไทยสามารถขับเคลื่อนไปได้จริง จะทำให้ภาพรวม เศรษฐกิจไทยหลุดพ้นจากกับดักประเทศที่มีรายได้ปานกลางและสามารถลดการพึ่งพาต่างชาติ ลดความเหลื่อมล้ำต่างๆ สร้างความสมดุลทางเศรษฐกิจและสังคมให้เกิดความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

แม้ว่าในระยะเริ่มต้น แต่ละหน่วยงานภาครัฐจะวางกรอบนโยบายไทยแลนด์ 4.0 อย่างผิวเผิน อย่างไรก็ตาม ในการทำให้นโยบายเป็นรูปธรรมขึ้นมาได้นั้น ทุกคนต้องช่วยกันพยายามคิดค้นนวัตกรรมใหม่ๆ ที่มีคุณค่าสูงออกมา โดยเฉพาะวงการแพทย์ ต้องช่วยผลักดันด้วยการสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ทั้งด้านการฝึกอบรม เงินทุนสนับสนุน กำลังใจ และความเชื่อมั่นอย่างเต็มที่ ด้วยเวชปฏิบัติเปลี่ยนวิถีนี้จะกระตุ้นให้บุคลากรทางการแพทย์ทุกระดับปรับตัวเตรียมพร้อมรับวิทยาการใหม่ๆ และก้าวเดินร่วมไปกับสังคมดิจิทัลในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

1. UNITED NATIONS. World Population Prospects 2017[Internet]. [cited 2018 Dec 5]. Available from: https://population.un.org/wpp/Graphs/DemographicProfiles/
2. Twenge MJ. Generation me - revised and updated: Why today's young Americans are more confident, assertive, entitled--and more miserable than ever before.1st ed. New York: ATRIA paperback; 2014.
3. Jones C, Pimdee P. Innovative ideas: Thailand 4.0 and the fourth industrial revolution [Internet]. Asian International Journal of Social Sciences, 2017; 17(1):4-32[Internet]. [cited 2019 Jan 5]. Available from; https://aijss.org/wp-content/uploads/2018/03/aijss20170101PDF.pdf
4. Puncreobutr V. The policy drive of Thailand 4.0. St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences 2017; 3(1):91-102.
5. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ กระทรวงสาธารณสุข. สรุป Thailand 4.0 ด้านสาธารณสุข. 23 มกราคม 2560[Internet]. [cited 2019 Jun 13]. Available from; https://ict.moph.go.th/upload_file/files/f458b9e53681c00be9b974f6f22e8f76.pdf.
6. Thailand 4.0 คืออะไร นโยบายนี้จะช่วยพัฒนาประเทศของเราได้อย่างไร [Internet]. [cited 2019 Jun 13] Available from: http://fms.bru.ac.th/wp-content/uploads/2018/02/Dr.preecha.pdf
7. พิมพ์เขียวและแผนปฏิบัติการขับเคลื่อน Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน 21 ธันวาคม 2559. [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. Available from; http://digital.forest.ku.ac.th/TFCC/TCERN2017/PW/Thailand_40_PM.pdf
8. สุวิทย์ เมษินทรีย์. แนวคิดเกี่ยวกับประเทศไทย 4.0 [Internet]. [cited 2019 Jun 13] Available from: http://planning2.mju.ac.th/goverment/20111119104835_planning/Doc_25590823143652_358135.pdf.
9. กองงานวิจัยประกันคุณภาพการศึกษา. จาก 10 อุตสาหกรรมแห่งอนาคต สู่ 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย. พิมพ์เขียว Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน. พฤศจิกายน 2559.30-47. [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. https://www.nstda.or.th/th/nstda-doc-archives/thailand-40/11625-blueprint-thailand-4.
10. บันทึกการลงทุน. การปฏิวัติอุตสาหกรรม ครั้งที่ 4: เทคโนโลยีพลิกโลก. [Internet]. Finnomena. 13/12/18. [cited 2019 May 30]. Available from: https://www.facebook.com/valuewaynjr/
11. กระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. ยุทธศาสตร์การพัฒนาอุตสาหกรรมไทย 4.0 ระยะเวลา 20 ปี (พ.ศ. 2560 –2579). [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/industry_plan/thailandindustrialdevelopmentstrategy4.0.pdf.
12. Opierzynski R. Managing Today to Shape Tomorrow's World. Productivity Conference 2015. Future Management. 2015;119: 11-18. [Internet]. [cited 2019 Jul 13]. https://www.slideshare.net/FTPI/ebook-productivity-conference-2015-54684178.
13. กางแผนดันไทย Medical Hub Service แห่ง Asean เพื่อพัฒนาประเทศให้เป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ [Internet]. S-Curve Hub. [cited 2019 May 20]. Available from: https://scurvehub.com/article/detail/83
14. สำนักงานที่ปรึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.ประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงวอชิงตัน. AI และ Robotics เทคโนโลยีมาแรงในวงการแพทย์และเทคโนโลยีชีวภาพ. [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. Available from: http://ost.thaiembdc.org/th1/2018/04/ai-และ-robotics-เทคโนโลยีมาแรง.
15. Rose N. Advancing Precision Medicine Using Cloud-Based Informatics [Internet]. Genetic engineering & biotechnology news. [cited 2019 Jun 13]. Available from: https://www.genengnews.com/insights/advancing-precision-medicine-using-cloud-based-informatics/
16. เฉลิมพล ปุณโณทก. นวัตกรรมเคลื่อนธุรกิจ'ซีที เอเซีย โรโบติกส์. TMA 55th Anniversary. 2559 ธันวาคม 6. [cited 2019 May 20]. Available from: https://www.tma.or.th/2016/news_detail.php?id=140
17. Laboratory evaluation of a robotic operative microscope: A visualization platform for neurosurgery. NeuroNews [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. Available from: https://neuronewsinternational.com/zeiss-kinevo-visualisation-platform-for-neurosurgery/
18. U.S. FDA Clears da Vinci SP for Certain Transoral Otolaryngology Procedures. Intuitive Surgical, Inc [Internet]. [cited 2019 Jun 13]. Available from: https://isrg.intuitive.com/node/16811/pdf.

19. ไทยรัฐฉบับพิมพ์. “ดินสอ” หุ่นยนต์สัญชาติไทย ดังไกลระดับโลก. 2561 พ.ค.19 [cited 2019 May 27] Available from. https://www.thairath.co.th/news/business/entrepreneur/1285166
20. อภิวรรณ เสาเวียง. ศิริราชเปิดตัว “หุ่นยนต์ดินสอมินิ” เสาร์ที่ 27 เมษายน 2562 เวลา 09.30 น. [cited 2019 May 27] Available from. https://www.dailynews.co.th/article/705988.
21. Sedates®, Computer-assisted personalized sedation system, clinical user guide/operator’s manual. [cited 2019 May 27] Available from: https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf8/P080009c.pdf.
22. Sedasys machines: Are they the future of anesthesia? [cited 2019 May 20] Available from: https://xenonhealth.com/sedasys-machines-future-anesthesia/.
23. Pathanasethpong A, Soomlek C, Morley K. et al. Tackling Regional Public Health Issues Using Mobile Health Technology: Event Report of an mHealth Hackathon in Thailand. JMIR Mhealth Uhealth2017;10: e155. doi: 10.2196/mhealth.8259 PMCID: PMC5662787.
24. World Health Organization. mHealth New horizons for health through mobile technologies. Global Observatory for eHealth series – Vol.3. Printed in Switzerland. ISBN 978 92 4 1564250.
25. What Are Some Pros and Cons of Using Electronic Charting (EMR)? [Internet]. [cited 2019 May 27] Available from; https://www.registerednursing.org/answers/pros-cons-using-electronic-charting/Communication from the commission to The European Parliament, The council, The European.
26. McNairn CH. Consolidated Insurance Companies Act of Canada and Regulations [internet]. Butterworths Canada, 2010. [cited 2019 May 27]. Available from; https://books.google.co.th/books?id=Rw9LAQAAIAAJ&q=Personal+Information+Protection+and+Electronic+Documents+Act;+PIPEDA&dq.
27. Little KS. The Electronic Medical Records (EMR) Mandate. 2013, January 31. [cited 2019 May 27]. Available from; https://www.healthcarelaw-blog.com/the-electronic-medical-records-emr-mandate/
28. European commission. Economic and social committee and the Committee of the regions. [internet]. Brussels, 25.4.2018. COM (2018) 233 final. [cited 2019 May 27]. Available from: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/ehealth/docs/com2018_233_en.pdf.