

ผลกระทบของการลงทุนเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อความเข้มของการใช้พลังงานในประเทศไทย

The Effect of Information and Communication Technology Investment on Energy Intensity in Thailand

ชัยรัตน์ เชยสุวรรณ¹, ณัฐวุฒิ คงลำพันธุ์²

Chairat Choesawan, Natthawudh Konglumpun

Received July 24, 2019 Revised May 11, 2020 Accepted May 13, 2020

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT (ICT) กับความเข้มการใช้พลังงาน (EI) และศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยี ICTs ต่อรูปแบบการใช้พลังงานในระยะยาว โดยใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของประเทศไทย ระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560 ผลการประมาณค่าดุลยภาพระยะยาวชี้ให้เห็นว่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT (ICT) ส่งผลทางบวกต่อความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) ในระยะยาวผ่านการขยายตัวของเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ (ICT2) ด้วยความยืดหยุ่น 0.207 อย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDPP) และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (SS) ส่งผลทางบวกต่อ EI ในระยะยาวด้วยความยืดหยุ่น 0.348 และ 0.068 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ สะท้อนว่าการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการขยายตัวภาคบริการที่มีการลงทุนเทคโนโลยี ICT เป็นกุญแจสำคัญมีแนวโน้มสร้างความท้าทายต่อเป้าหมายความเข้มการใช้พลังงานของประเทศไทย

จากความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ผลการศึกษายืนยันความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจาก ICT สู่ EI และความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่าง ICT กับ SS และ GDPP ในขณะที่ EI มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกับ GDPP หมายความว่า การลงทุนเทคโนโลยี ICT นอกจากส่งผลทางตรงต่อ EI ผ่าน Technology Effect ยังส่งผลทางอ้อมต่อ EI ผ่าน Scale Effect ของ GDPP และ Structure Effect ของ SS แต่อย่างไรก็ตามพบความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่าง GDPP และ RE พร้อมกับความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจาก ICT สู่ RE ประกอบกับ RE ส่งผลทางลบต่อ EI ในระยะยาวด้วยความยืดหยุ่น 0.143 อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้การขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการลงทุนเทคโนโลยี ICT สามารถชดเชยความเข้มการใช้พลังงานด้วยการขยายสัดส่วนพลังงานทดแทน ในทางนี้ข้อค้นพบช่วยผู้กำหนดนโยบายทราบแนวทางวางแผนการใช้พลังงานของประเทศไทยในอนาคตภายใต้สมดุลระหว่างการขยายตัวทางเศรษฐกิจกับเป้าหมายความเข้มการใช้พลังงาน

คำสำคัญ : การลงทุนเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ความเข้มการใช้พลังงาน พลังงานทดแทน ภาคบริการ

^{1,2} อาจารย์ประจำภาควิชาเศรษฐศาสตร์ คณะบริหารธุรกิจเศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

Abstract

The aims of this study are to examine the causal relationship between ICT investment (ICT) and energy intensity (EI) as well as to find out how ICT investment influences the process of energy use in long run, with time series over the period 1990-2017 for the case of Thailand. The result of ARDL shows that ICT has a positive impact on EI by 0.207% in long run through an investment in software and ICT services (ICT2). Per capita GDP (GDPP) and ratio of service output to manufacturing output (SS) increase EI by 0.348% and 0.068% respectively. These reflect that service-driven economy with a rapid expansion of ICT investment tends to pose a further challenge to a goal to reduce energy intensity in Thailand.

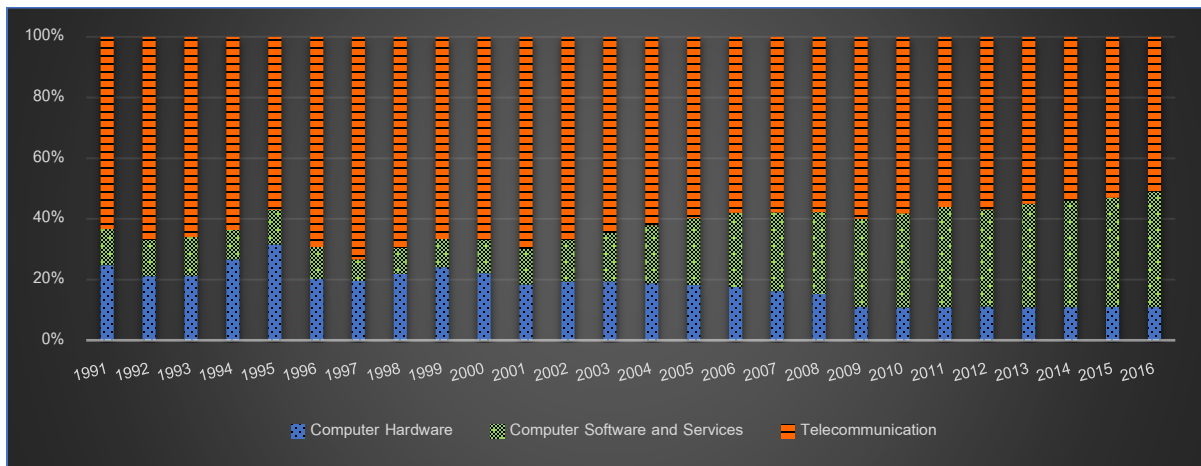
From the causal relationship analysis, there is a unidirectional causality running from ICT to EI, and bilateral causality between ICT and GDPP as well as between ICT and SS. A one-way relation running from EI to GDPP is found. This means ICT not only has a direct effect on EI via a change in technology effect but also contains indirect effects on EI through scale effect of GDPP and structure effect of SS. However, the results indicate two-way relations between GDPP, SS and RE as well as a one-way relation from ICT to RE, which suggests 1% increase in RE decreases EI by 0.143. These reflect an increase in energy intensity forced by ICT investment can be optimized by accelerating the deployment of renewable energy. In this respect, the novel findings of this study provide policy makers with a pathway to maintain a proper balance between economic expansions and energy intensity reduction goals, which would drive a future of Thailand's energy development plan.

Keywords: ICT Investment, Energy Intensity, Renewable Energy, Service Sector

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

บทนำ

เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communications Technology ICTs) มีบทบาทสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจผ่านการปรับปรุงโครงข่ายการผลิตและสร้างนวัตกรรมทางการจัดการในภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการของประเทศ ตั้งแต่ปี 2552 มีการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตความเร็วสูง (Broadband Internet) เพื่อธุรกิจและการพาณิชย์ ทำให้โครงสร้างการผลิตภาคอุตสาหกรรมและบริการมีการขยายตัวและก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจอย่างมาก เห็นได้จากจำนวนสัญญาที่ภาคการผลิตอุตสาหกรรมและบริการทำกับศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Technology Center NECTEC) ที่เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 70 ระหว่างปี 2552 ถึงปี 2559 คิดเป็นมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product GDP) กว่า 467,400 ล้านบาทต่อปี (BOT, 2019) โดยการลงทุนใน ICTs แบ่งได้เป็นสามกลุ่มคือ กลุ่มฮาร์ดแวร์ กลุ่มซอฟต์แวร์และบริการ และกลุ่มสื่อสารโทรคมนาคม สำหรับประเทศไทยก่อนปี 2552 มูลค่าการลงทุน ICT ส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 60 อยู่ในกลุ่มสื่อสารโทรคมนาคม รองลงมาเป็นกลุ่มฮาร์ดแวร์อยู่ที่ประมาณร้อยละ 24 และกลุ่มซอฟต์แวร์และบริการอีกเกือบร้อยละ 10 (ASEAN, 2018) แต่ภายหลังที่มีการพัฒนาระบบ Broadband Internet ปี 2552 การลงทุนในกลุ่มซอฟต์แวร์และบริการมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันมูลค่าการลงทุนในกลุ่มดังกล่าวมีสัดส่วนกว่าร้อยละ 30 ของการลงทุนใน ICTs ทั้งหมดและนำหน้าการลงทุนในกลุ่มฮาร์ดแวร์ตั้งแต่ปี 2556 เป็นต้นมาดังแสดงใน **แผนภาพ 1**. ด้วยความสำคัญดังกล่าว ธนาคารเพื่อการพัฒนาแห่งเอเชียคาดการณ์ว่าในปี 2573 การลงทุนใน ICT โดยเฉพาะกลุ่มซอฟต์แวร์และบริการจะกลายเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับมวลรวมการผลิตภาคอุตสาหกรรมและภาคบริการของประเทศ (ADB, 2019)



แผนภาพ 1. การลงทุน ICT จำแนกตามเทคโนโลยี

แหล่งข้อมูล: World Development Indicator (World Bank, 2018)

แต่อย่างไรก็ตาม การลงทุนเทคโนโลยี ICTs อย่างต่อเนื่อง ไม่ได้เป็นประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่ปราศจากต้นทุนเสียโอกาส การใช้เทคโนโลยี ICTs อย่างแพร่หลายในลักษณะ General Purpose Technology มีแนวโน้มทำให้ใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูงขึ้น เห็นได้จากสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในบริการเทคโนโลยี ICTs ต่อปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดของกลุ่มประเทศ OECD เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.9 ในปี 2550 เป็นร้อยละ 4.6 ในปี 2556 การเพิ่มขึ้นดังกล่าว

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

เทียบกับปริมาณไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในประเทศเยอรมันตลอดปี 2557 (Salahuddin and Alam, 2016) หากเป็นไปในทางนี้ สำนักงานพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency IEA) ให้ความเห็นว่าการขยายตัวของการลงทุนเทคโนโลยี ICTs จะทำให้เกิดปริมาณการใช้พลังงานอย่างมหาศาลในอนาคต และที่สำคัญอาจเป็นอุปสรรคอันใหญ่หลวงต่อการสร้างความมั่นคงทางพลังงานของโลก (IEA, 2018) แม้กระนั้นองค์ความรู้เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICTs กับการใช้พลังงานยังมีอยู่จำกัด โดยเฉพาะสำหรับประเทศรายได้ปานกลางที่การลงทุนและการพัฒนาเทคโนโลยี ICTs ถูกพิจารณาว่าเป็นกลไกในการขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ

ด้วยความท้าทายเกี่ยวกับความมั่นคงทางพลังงานประกอบกับผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงขึ้นอย่างต่อเนื่อง กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาวขึ้นโดยมีเงื่อนไขสำคัญในการลดอัตราการใช้พลังงานต่อมวลรวมของกิจกรรมทางเศรษฐกิจหรือความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity EI) ให้เป็นไปตามเจตจำนงร่วมของที่ประชุมกลุ่มความร่วมมือทางเศรษฐกิจเอเชียและแปซิฟิก (Asia Pacific Economic Cooperation APEC) ที่ว่าจะลดความเข้มการใช้พลังงานในกลุ่มประเทศสมาชิกลงร้อยละ 45 ในปี 2578 ต่อเนื่องถึงการรองรับเจตจำนงของประเทศที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 20-25 ในทุกภาคส่วนภายในปี 2573 (EEP, 2015) ตามประกาศในที่ประชุมภาคีสมาชิกอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเทศไทยจำเป็นต้องควบคุมและลดความเข้มของการใช้พลังงานลงอย่างน้อยร้อยละ 30 ภายในปี 2579 เท่ากับต้องมีการลดปริมาณการใช้พลังงานของประเทศลงไม่น้อยกว่าร้อยละ 25 ของปริมาณการใช้ปี 2558 ภายในปี 2579 (ONEP, 2017)

ทั้งนี้เพื่อจัดการกับความท้าทายดังกล่าว ความเข้าใจที่ดีเกี่ยวกับผลกระทบของการลงทุนเทคโนโลยี ICTs ต่อปริมาณการใช้พลังงานและรูปแบบพลังงานที่นำมาใช้มีแนวโน้มสำคัญสำหรับการวางแผนการใช้พลังงานของประเทศในระยะยาว ทำให้เกิดแรงผลักดันให้มีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICTs กับความเข้มของการใช้พลังงานเพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของการลงทุนเทคโนโลยี ICTs ที่มีต่อกระบวนการใช้พลังงานสำหรับประเทศไทยว่าเกิดขึ้นอย่างไร

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานศึกษานี้สนับสนุนองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยี ICTs ต่อการใช้พลังงานในสองมิติ คือ หนึ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับความเข้มของการใช้พลังงานซึ่งองค์ความรู้ในมิติดังนี้ยังมีอยู่จำกัด โดยเฉพาะสำหรับประเทศรายได้ปานกลางที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการลงทุนและการพัฒนาเทคโนโลยี ICT และสองเป็นงานศึกษาเชิงประจักษ์ของประเทศไทยที่วิเคราะห์การลงทุน ICTs ที่จำแนกตามเทคโนโลยีที่ลงทุน อันประกอบด้วย เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ และเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม เพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับผลกระทบของการลงทุนเทคโนโลยี ICTs ต่อกระบวนการใช้พลังงานของประเทศไทย

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

แนวคิดทฤษฎี งานวิจัยและกรอบความคิดของแบบจำลอง

1. กรอบแนวคิดของแบบจำลอง

แบบจำลอง IPAT ที่พัฒนาโดย Ehrlich and Holdren (1971) ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการอธิบายผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ การปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางเศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงขนาดและจำนวนประชากร แบบจำลองนี้มีข้อได้เปรียบในเรื่องการให้องค์ประกอบของผลกระทบที่ค่อนข้างชัดเจน แต่ก็มีข้อจำกัดในเรื่องคุณสมบัติเฉพาะทางคณิตศาสตร์ที่ไม่สามารถนำมาใช้ในการทดสอบสมมติฐานทางสถิติได้ ต่อมา York et al. (2003) ได้ปรับปรุงแบบจำลอง STIRPAT ให้สามารถให้ทดสอบสมมติฐานทางสถิติ พร้อมทั้งตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในแบบจำลอง ทำให้แบบจำลอง STIRPAT ได้รับความนิยอย่างกว้างขวางในการศึกษาความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงทางสังคมที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Rosa et al., 2015)

จากการใช้พลังงานถูกพิจารณาว่าเป็นสาเหตุสำคัญทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมในระยะยาว จากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (UNFCCC, 2012) ทำให้งานศึกษาที่ผ่านมาให้ความสนใจศึกษาผลกระทบที่มีต่อการใช้พลังงาน Lin and Zhao (2015) วิเคราะห์แบบจำลอง STIRPAT มาประยุกต์ใช้กับการศึกษาผลกระทบของการใช้พลังงาน โดยอาศัยกรอบแนวคิดของ Yang et al. (2014) ที่ให้ทัศนะถึงอิทธิพลของตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีต่อการใช้พลังงานในหลากหลายมิติ อาทิ การขยายตัวทางเศรษฐกิจ การเพิ่มขึ้นของประชากร การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของระบบเศรษฐกิจ การเปลี่ยนโครงสร้างประชากร ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีการผลิต พัฒนาการทางเทคโนโลยีพลังงาน ตลอดจน การปรับเปลี่ยนลักษณะพลังงานที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งต่อมาถูกจัดกลุ่มในรูปแบบผลกระทบได้สามทิศทาง คือ ผลของการขยายตัว (Scale Effect) ผลของเทคโนโลยี (Technology Effect) และผลของโครงสร้าง (Structure Effect)

เนื่องจากประเทศไทยใช้ตัวชี้วัดความเข้มของการใช้พลังงาน (อัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้พลังงานและมวลรวมของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ) เป็นเครื่องมือวางแผนความมั่นคงทางพลังงานในระยะยาว งานศึกษาปัจจุบันจึงนำตัวแบบของ Lin and Zhao (2015) และกรอบแนวคิดของ Yang et al. (2014) มาประยุกต์ใช้กับความเข้มของการใช้พลังงานแทนการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศที่ละเลยความแตกต่างเชิงโครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมระหว่างช่วงเวลา (Pokroski, 2003) ในการนี้ตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อความเข้มของการใช้พลังงานสามารถจำแนกองค์ประกอบได้ดังต่อไปนี้ องค์ประกอบที่หนึ่ง Scale Effect ชี้นำได้จากผลิตภัณฑ์มวลรวมการผลิตรายปีในประเทศต่อหัวที่สะท้อนถึงความเจริญเติบโตในกิจกรรมทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร (Islam, 1995) องค์ประกอบที่สอง Technology Effect สามารถวัดได้จากมูลค่าการลงทุนในเทคโนโลยี ICT (Pokroski, 2003) ด้วยประเทศไทยได้รับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ICTs จากต่างประเทศ ผลของเทคโนโลยี ICT ต่อความเข้มการใช้พลังงานที่แตกต่างตามประเภทเทคโนโลยีที่ลงทุนอาจมีนัยสำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการใช้พลังงาน ในการนี้การศึกษาปัจจุบันจึงพิจารณา Technology Effects ตามประเภทการลงทุนในเทคโนโลยี ICTs คือการลงทุนในฮาร์ดแวร์ การลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ส่วนองค์ประกอบสุดท้าย Structure Effect เกิดจากลักษณะการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจซึ่งพิจารณาได้ทั้งด้าน

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

เศรษฐกิจและด้านรูปแบบการใช้พลังงาน กว่าสองทศวรรษที่มวบรวมการผลิตภาคบริการของเศรษฐกิจไทยมีการขยายตัวอย่างมาก มูลค่าโดยรวมสูงกว่ามวบรวมภาคอุตสาหกรรม (ASEAN, 2018) ทำให้ในปัจจุบันสัดส่วนมวบรวมภาคบริการต่อมวบรวมการผลิตภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มเป็นตัวชี้วัดที่ดีต่อการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้มีงานศึกษาในอดีต (Tiwari, 2011; Öcal and Aslan, 2013; Bhattacharya et al., 2016; Šimelytė, and Dudzeviciūtė, 2017) ที่แสดงให้เห็นบทบาทของพลังงานทดแทนต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ทำให้การใช้พลังงานทดแทนในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการใช้พลังงานด้วยเช่นกัน (Sadorsky, 2012) ในทางนี้ สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานทั้งหมดถูกนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของรูปแบบการใช้พลังงานระหว่างพลังงานเชื้อเพลิงกับพลังงานทดแทนว่ามีผลต่อความเข้มของการใช้พลังงานในทิศทางใด

เมื่อนำแนวคิดดังกล่าวมาผนวกรวมกัน สามารถเขียนแสดงในรูปแบบจำลอง STIRPAT สำหรับงานศึกษาได้ดังต่อไปนี้

$$EI_t = \beta_0 + \beta_1 GDP_t + \beta_2 ICT_t + \beta_3 SS_t + \beta_4 RE_t + \varepsilon_t \quad .-.- \quad (1)$$

โดยที่ EI_t แสดงความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity) GDP_t แสดงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDP per capita) ICT_t แสดงมูลค่าการลงทุนในเทคโนโลยี ICT (ICT Investment) ซึ่งหลังจากนี้จะแบ่งวิเคราะห์ตามประเภทเทคโนโลยีที่ลงทุน โดยจำแนกออกเป็น $ICT_{1,t}$ สำหรับการลงทุนในฮาร์ดแวร์ $ICT_{2,t}$ สำหรับการลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และ $ICT_{3,t}$ สำหรับการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ในขณะที่ SS_t แสดงสัดส่วนของมวบรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการต่อมวบรวมผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรม (Ratio of Service Output to Manufacturing Output) RE_t แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานทั้งหมด (Ratio of Renewable Energy Consumption to Total Primary Energy) และ ε_t แสดงความคลาดเคลื่อน (Error Term) t เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงช่วงเวลาที่ใช้ในงานศึกษา

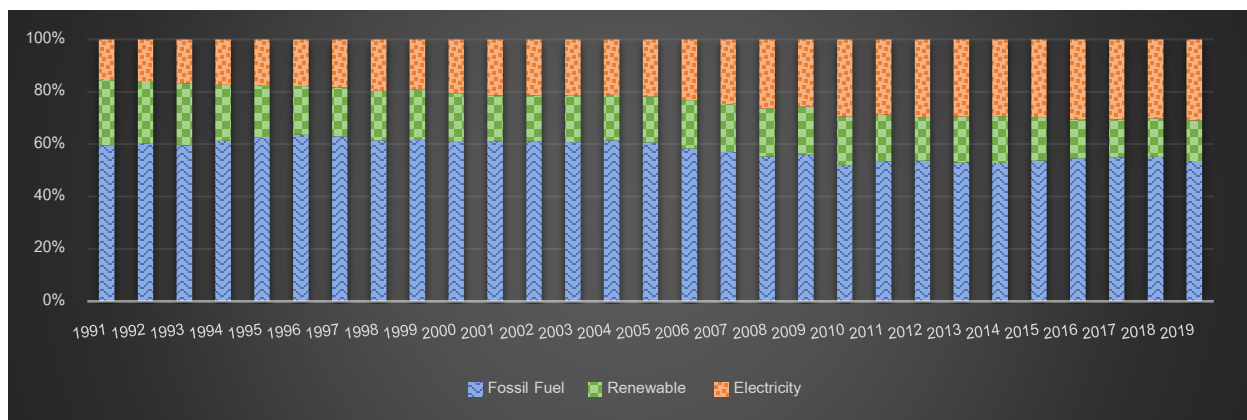
เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบเชิงพลวัตที่มีต่อตัวแปรอนุกรมเวลา ตัวแปรทั้งหมดถูกแปลงอยู่ในรูปแบบ Logarithm โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร β สะท้อนความยืดหยุ่นของความเข้มของการใช้พลังงานต่อตัวแปรต่างๆ โดยเครื่องหมายความสัมพันธ์สามารถคาดการณ์ได้ดังต่อไปนี้ ความเข้มของการใช้พลังงานต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวคาดว่าจะมีเครื่องหมายบวก ($\beta_1 > 0$) คือการเติบโตของรายได้คนในประเทศทำให้ต้องการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมากตามทฤษฎีการเติบโต Mankiw et al. (1992) และข้อสนับสนุนโดย Islam (1995) การลงทุนในเทคโนโลยี ICT คาดการณ์เครื่องหมายบวก ($\beta_2 > 0$) กล่าวคือการใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อการลงทุนในเทคโนโลยี ICT เพิ่มขึ้นตามแนวคิด Ecological Modernization ผ่านกระบวนการใช้พลังงานทางตรง (Direct Energy) และพลังงานทางอ้อม (Indirect Energy) โดย Pokroski (2003) การเปลี่ยนโครงสร้างเศรษฐกิจสู่ภาคบริการคาดว่าเครื่องหมายลบต่อความเข้มการใช้พลังงาน ($\beta_3 < 0$) คือลดความเข้มของการใช้พลังงานลง และในส่วนของเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนคาดว่าจะมีเครื่องหมายลบต่อความเข้มการใช้พลังงาน ($\beta_4 < 0$) ภายใต้ข้อเสนอของ Oh and Lee (2004) และผลการศึกษาของ Sadorsky (2012)

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

2. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

งานศึกษาครอบคลุมอนุกรมเวลารายปีระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560 ของตัวแปรความเข้มการใช้พลังงาน ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว มูลค่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT สัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการต่อมวลรวม ผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรม และสัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานโดยรวม

โดยที่ข้อมูลความเข้มการใช้พลังงานมีหน่วย toe/\$2010 PPP GDP¹ คำนวณได้จากพลังงานที่ใช้ทั้งหมดต่อด้วยผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศราคาคงที่ปี 2553 ซึ่งแหล่งพลังงานที่ใช้ประกอบด้วย เชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหิน ลิกไนต์ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ) พลังงานทดแทน (พลังน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานหมุนเวียนดั้งเดิม) และไฟฟ้า (โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ โรงไฟฟ้าขนาดกลาง) ที่มีความแตกต่างกันในแต่ละปี **แผนภาพ 2.** แสดงสัดส่วนพลังงาน จำแนกตามแหล่งพลังงานที่ใช้ มวลรวมในประเทศต่อหัวมีหน่วยเป็น constant 2010 US\$ สัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ ภาคบริการและสัดส่วนพลังงานทดแทนมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งตัวแปรทั้งหมดนำมาจากฐานข้อมูล World Development Indicators ที่พัฒนาโดยสำนักงานวิจัยของธนาคารโลก (World Bank) ในขณะที่ตัวแปรมูลค่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทั้งสามประเภท ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์และบริการ และสื่อสารโทรคมนาคม ในหน่วย constant 2010 \$US Million นำมาจากฐานข้อมูล Digital Planet ซึ่งจัดทำโดย World Information Technology and Service Alliance WITSA ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวและมูลค่าการลงทุนในเทคโนโลยี ICT ถูกปรับให้เป็นมูลค่า ที่แท้จริงด้วยราคาปี 2553 ตามที่เสนอโดย World Bank and OECD National Accounts และให้สอดคล้องกับการ คำนวณมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการและมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคอุตสาหกรรม



แผนภาพ 2. สัดส่วนการใช้พลังงาน จำแนกตามแหล่ง ระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560

ตาราง 1. แสดงสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ของข้อมูลตัวแปรอนุกรมเวลาประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และการกระจายข้อมูล (Distribution) พบว่าเมื่อ ทดสอบโดยใช้ Jarque-Bera Statistics กับตัวแปรอนุกรมเวลาแต่ละตัว ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าตัวแปรทุกตัวมี แนวโน้มการกระจายแบบปกติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ (Probability เกินกว่า 0.05) และค่าเบี่ยงเบน

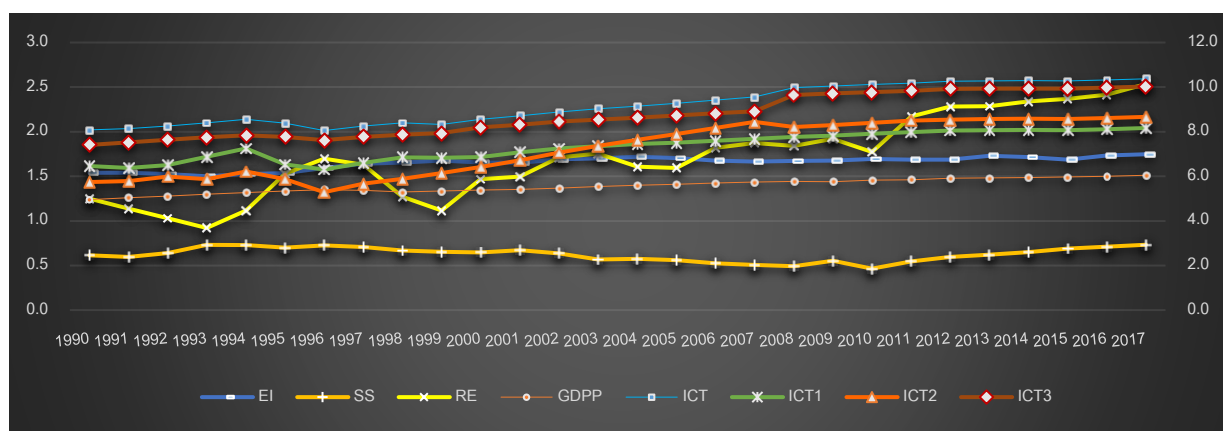
¹ แปลงจาก MJ เป็น ktoe ด้วยอัตราส่วน 1 MJ เท่ากับ 2.38845E-5 toe เพื่อให้สอดคล้องกับหน่วยของพลังงานทดแทนและปริมาณการใช้พลังงาน ทั้งหมดที่นำมาคำนวณตัวแปรสัดส่วนพลังงานทดแทน

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

มาตรฐานของตัวแปรอนุกรมเวลาแต่ละตัวมีค่าค่อนข้างต่ำ สะท้อนว่าข้อมูลมีการกระจายโดยรอบค่าเฉลี่ย เป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ทดสอบคุณสมบัติความนิ่งของข้อมูลของตัวแปรอนุกรมเวลาแต่ละตัวได้ **แผนภาพ 3.** แสดงค่าแนวโน้มของตัวแปรแต่ละตัว ระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560 ตัวแปร EI SS และ RE พิจารณาได้จากค่าด้านซ้ายมือ ส่วนตัวแปรที่เหลือพิจารณาได้จากค่าด้านขวามือ

ตาราง 1. สถิติเชิงพรรณนา

Variable	EI	GDPP	ICT	SS	RE	ICT1	ICT2	ICT3
Mean	1.650	5.566	9.198	0.625	1.712	7.335	7.254	8.728
Std. Dev.	0.072	0.314	0.860	0.077	0.458	0.623	1.215	0.950
Jarque-Bera	3.695	1.453	3.100	1.486	1.094	2.403	3.373	2.993
Probability	0.157	0.483	0.212	0.475	0.578	0.300	0.185	0.223
observation	28	28	28	28	28	28	28	28



แผนภาพ 3. ค่าแนวโน้มของตัวแปร ระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560

หมายเหตุ: ICT1 ICT2 and ICT3 คือการลงทุนในฮาร์ดแวร์ การลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ตามลำดับ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวและการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนในเทคโนโลยี ICTs กับความเข้มของการใช้พลังงานอยู่ในรูปแบบข้อมูลอนุกรมเวลารายปี ความสำคัญประการแรกของข้อมูลอนุกรมเวลาคือการทดสอบคุณสมบัติความนิ่ง (Stationarity) ของข้อมูล เพื่อป้องกันการแปรผลลัพท์สมการถดถอยที่ไม่ถูกต้อง (Spurious Regression) และความเห็นผิด (Misleading Results of Statistical hypothesis testing) ในการทดสอบสมมติฐาน งานศึกษาปัจจุบันใช้วิธีทดสอบความนิ่ง (Unit Root Tests) ที่หลากหลาย สำหรับข้อมูลที่มีความนิ่งระดับเดียวกัน จากนั้นทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration Test) ด้วย Autoregressive Distributed Lag ARDL Bounds Test ซึ่งสามารถยืนยันการเกิดขึ้นของ Cointegration ได้อย่างแข็งแกร่ง และสามารถประมาณค่าดุลยภาพระยะยาวและพลวัตระยะสั้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ (Harris and Sollis, 2003) เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (Causality Test) ระหว่างการลงทุนในเทคโนโลยี

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

ICTs กับความเข้มของการใช้พลังงานและตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้อง งานศึกษาปัจจุบันประยุกต์ใช้ Vector Error Correction Model VECM with Granger Causality Test และ Impulse Response Function IRF มาประกอบการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลและปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวนเพื่อตรวจหาทิศทางความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทั้งในระยะสั้นและระยะยาวระหว่างตัวแปร รายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1 ADF, DF-GLS, and KPSS Unit Root Tests

การทดสอบคุณสมบัติความนิ่งของข้อมูลทำได้หลายวิธีที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายคือ Augmented Dickey Fuller ADF แต่อย่างไรก็ตามการทดสอบดังกล่าวมีข้อจำกัดเชิงทฤษฎีอย่างน้อยสองประการ (Virmani, 2004) กล่าวคือประการที่หนึ่งอ่อนไหวต่อขนาดของอนุกรมเวลาและอำนาจในการทดสอบสมมติฐาน ประการที่สองระดับความเชื่อมั่นขึ้นอยู่กับระดับความล่าช้า (Lag Length Selection) และความคลาดเคลื่อนต้องมีคุณสมบัติ White Noise เท่านั้น ด้วยข้อจำกัดสองประการ งานศึกษาจึงเพิ่มเติมการทดสอบด้วย Dickey-Fuller Generalized Least Squares DF-GLS ซึ่งพัฒนาต่อยอดจากข้อจำกัดของ ADF โดย Elliott et al. (1996) สำหรับอนุกรมเวลาขนาดเล็ก

นอกจากนี้ยังนำ Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin KPSS ที่พัฒนาโดย Kwiatkowski et al. (1992) มาทดสอบยืนยันความนิ่งของตัวแปรอนุกรมเวลา เพราะการทดสอบ KPSS กำหนดสมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) แตกต่างจากสมมติฐานหลักที่ใช้ทดสอบด้วยวิธี ADF และ DF-GLS คือสมมติฐานหลักของ ADF และ DF-GLS คือการเกิด Unit Root (Non-Stationary) ในขณะที่สมมติฐานหลักของ KPSS คือการเกิด Stationary ทำให้ Power of Tests สามารถทดสอบย้อนกลับเพื่อยืนยันผลของสมมติฐานได้

3.2 ARDL Bonds Test

เพื่อตรวจสอบการเกิดขึ้นของ Cointegration งานศึกษาเลือกใช้ Bounds Test ที่พัฒนาโดย Pesaran et al. (2001) Bonds Test มีความได้เปรียบในเชิงปฏิบัติและการแปลผลลัพธ์อย่างน้อยสี่ประการ กล่าวคือประการที่หนึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการทดสอบ Cointegration ที่ตัวแปรมีอนุกรมเวลาขนาดเล็ก (Türsoy, 2017) ประการที่สองเป็นการทดสอบ Cointegration ที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีความนิ่งต่างระดับกัน ซึ่งเป็นที่กังวลสำหรับ Johansen Approach ที่ทดสอบตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีความนิ่งระดับเดียวกันเท่านั้น (Mustafa and Selassie, 2016) ประการที่สามมีการผสมรวมแนวคิด Unrestricted Error Correction (UEC) เข้าในการทดสอบ ทำให้สามารถประมาณค่าพลวัตระยะสั้นและตรวจสอบดุลยภาพระยะยาวได้พร้อมๆ กัน โดยที่คุณภาพการตรวจสอบดุลยภาพระยะยาวในแบบจำลองยังคงไม่เปลี่ยนแปลง (Uddin et al., 2013) และประการสุดท้ายไม่เกิดความลำเอียงของการประมาณค่าเมื่อมี Endogeneity เกิดขึ้นเนื่องจากประกอบด้วยตัวแปรภายในและตัวแปรภายนอกของระบบ (Harris and Sollis, 2003) ทำให้เขียนสมการ (1) ในรูปแบบจำลอง ARDL ได้ดังต่อไปนี้

$$\Delta EI_t = \beta_0 + \beta_1 EI_{t-1} + \beta_2 GDPP_{t-1} + \beta_3 ICT_{t-1} + \beta_4 SS_{t-1} + \beta_5 RE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta EI_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_7 \Delta GDPP_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_8 \Delta ICT_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_9 \Delta SS_{t-l} + \sum_{m=0}^v \beta_{10} \Delta RE_{t-m} + \varepsilon_t$$

--- (2)

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

$$\Delta GDP_t = \beta_0 + \beta_1 GDP_{t-1} + \beta_2 EI_{t-1} + \beta_3 ICT_{t-1} + \beta_4 SS_{t-1} + \beta_5 RE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta GDP_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_7 \Delta EI_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_8 \Delta ICT_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_9 \Delta SS_{t-l} + \sum_{m=0}^v \beta_{10} \Delta RE_{t-m} + \varepsilon_t \quad \dots (3)$$

$$\Delta ICT_t = \beta_0 + \beta_1 ICT_{t-1} + \beta_2 EI_{t-1} + \beta_3 GDP_{t-1} + \beta_4 SS_{t-1} + \beta_5 RE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta ICT_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_7 \Delta EI_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_8 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_9 \Delta SS_{t-l} + \sum_{m=0}^v \beta_{10} \Delta RE_{t-m} + \varepsilon_t \quad \dots (4)$$

$$\Delta SS_t = \beta_0 + \beta_1 FS_{t-1} + \beta_2 EI_{t-1} + \beta_3 GDP_{t-1} + \beta_4 ICT_{t-1} + \beta_5 RE_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta SS_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_7 \Delta EI_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_8 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_9 \Delta ICT_{t-l} + \sum_{m=0}^v \beta_{10} \Delta RE_{t-m} + \varepsilon_t \quad \dots (5)$$

$$\Delta RE_t = \beta_0 + \beta_1 RE_{t-1} + \beta_2 EI_{t-1} + \beta_3 GDP_{t-1} + \beta_4 ICT_{t-1} + \beta_5 SS_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_6 \Delta RE_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_7 \Delta EI_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_8 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_9 \Delta ICT_{t-l} + \sum_{m=0}^v \beta_{10} \Delta SS_{t-m} + \varepsilon_t \quad \dots (6)$$

โดยที่ Δ แสดงการเปลี่ยนแปลงลำดับที่หนึ่ง (First Difference Operator) และ ε_t คือค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายใต้ข้อสมมติการกระจายแบบปกติ การเลือก lag order ที่เหมาะสมเพื่อลดความอ่อนไหวของค่าสถิติในการตรวจสอบ Cointegration เป็นสิ่งสำคัญและพิจารณาได้จากเกณฑ์ Akaike Information Criteria (AIC) และ Schwartz Bayesian Criteria (SBC) (Lutkepohl, 2006) ค่าสถิติ F มักถูกนำมาใช้ทดสอบสมมติฐานหลัก $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$ (No Cointegration) แต่ทั้งนี้ Pesaran et al. (2001) เสนอว่าการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธี Two Asymptotic Criteria Values เกิดประสิทธิภาพในการทดสอบมากกว่า มีการกำหนดค่าขอบเขตบน (Upper Criteria Bound) และกำหนดค่าขอบเขตล่าง (Lower Criteria Bound) โดยมีหลักเกณฑ์ในการทดสอบคือการเกิดขึ้นของความสัมพันธ์ระยะยาว (Existence of Cointegration Relationship) ตลอดจนอนุกรมเวลาเมื่อค่าสถิติ F ที่ได้มีค่าเกินกว่าค่าขอบเขตบน ค่าสถิติ F ที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าขอบเขตล่างแสดงผลว่าไม่เกิดความสัมพันธ์ระยะยาวขึ้น (No Evidence of Cointegration Relationship) แต่ถ้าค่าสถิติ F ที่ได้มีค่าระหว่างค่าขอบเขตบนและค่าขอบเขตล่าง แสดงผลว่าไม่สามารถสรุปเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระยะยาวได้ (Inconclusive Result of Cointegration Relationship)

3.3 VECM Granger Causality Test and Impulse Response Function

การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสามารถทำได้โดยใช้แบบจำลอง VECM เมื่ออนุกรมเวลาที่มีความนิ่งระดับเดียวกันซึ่งพิจารณาว่าตัวแปรทุกตัวเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องภายในระบบ โดยมีตัวแปรตอบสนองอธิบายด้วย Lag Length Selection ของตัวแปรภายในและความคลาดเคลื่อน สำหรับแบบจำลอง VECM ที่สอดคล้องกับสมการ (1) แสดงได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} EI_t \\ GDP_t \\ ICT_t \\ SS_t \\ RE_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^p \begin{bmatrix} \alpha_{11i} & \alpha_{12i} & \alpha_{13i} & \alpha_{14i} & \alpha_{15i} \\ \alpha_{21i} & \alpha_{22i} & \alpha_{23i} & \alpha_{24i} & \alpha_{25i} \\ \vdots & \ddots & \dots & \dots & \vdots \\ \alpha_{51i} & \alpha_{52i} & \alpha_{53i} & \alpha_{54i} & \alpha_{55i} \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} EI_{t-1} \\ GDP_{t-1} \\ ICT_{t-1} \\ SS_{t-1} \\ RE_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ \rho_5 \end{bmatrix} ECT_{t-1} + \begin{bmatrix} \vartheta_1 \\ \vartheta_2 \\ \vartheta_3 \\ \vartheta_4 \\ \vartheta_5 \end{bmatrix} \quad (7)$$

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

โดยที่ ECT_{t-1} แสดงความเร็วในการ Convergence จากระยะสั้นสู่ดุลยภาพระยะยาว หากมีสัญลักษณ์เป็นลบและมีนัยสำคัญสามารถยืนยันการเกิดขึ้นของ Long Run Causality ในขณะที่ Short Run Causality พิจารณาได้จากความสัมพันธ์ร่วมของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในลำดับที่หนึ่ง หากมี Causality เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาวภายใต้การทดสอบสามารถสรุปว่ามีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอย่างแข็งแกร่งระหว่างตัวแปรในอนุกรมเวลาชุดนั้น (Oh and Lee, 2004) เพื่อวิเคราะห์การตอบสนองระหว่างตัวแปรและเพื่อยืนยันความสัมพันธ์ของตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางใด เหมาะสมกับกรอบแนวคิดหรือไม่ การวิเคราะห์ Impulse Response Function เป็นสิ่งจำเป็น

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาจำแนกได้เป็น 4 ส่วน ประกอบด้วย (1) ผลการทดสอบคุณสมบัติความนิ่ง (2) ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (3) ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปร และ (4) ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวนระหว่างตัวแปร รายละเอียดผลการศึกษาแสดงดังต่อไปนี้

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Tests)

การทดสอบคุณสมบัติความนิ่งของแต่ละตัวแปร โดยวิธี ADF DF-GLS และ KPSS เริ่มจากการทดสอบข้อมูลระดับ Order of Integration เท่ากับ 0 หรือ $I(0)$ การศึกษาพบว่าเมื่อทดสอบด้วย ADF มีเพียงตัวแปรสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (SS) ที่นิ่ง ณ ระดับ Level $I(0)$ ด้วยนัยสำคัญทางสถิติ 0.10 แต่อย่างไรก็ตามไม่สามารถยืนยันผลด้วยการทดสอบ DF-GLS และการทดสอบย้อนกลับด้วย KPSS สาเหตุหนึ่งที่ทำให้ตัวแปร SS ไม่ stationary อาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของมวลรวมภาคบริการ ณ ราคาคงที่เมื่อเทียบกับการเพิ่มขึ้นของมวลรวมภาคอุตสาหกรรมในช่วงระยะเวลาสิบปีที่ผ่านมา ซึ่งสนับสนุนด้วยค่าแนวโน้มของตัวแปร SS ที่แสดงในแผนภาพ 3.

เมื่อทำการทดสอบความนิ่งผลต่างระดับที่หนึ่ง First Difference $I(1)$ ด้วย DF-GLS และ KPSS (ตาราง 2.) การศึกษาพบว่าตัวแปรทุกตัวมีคุณสมบัติความนิ่งผลต่าง ตัวแปร ความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) มีความนิ่งที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 เมื่อทดสอบด้วย DF-GLS และ 0.05 เมื่อทดสอบย้อนกลับด้วย KPSS เช่นเดียวกันกับตัวแปรผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (GDPP) การลงทุนเทคโนโลยี ICT (ICT) และ สัดส่วนพลังงานทดแทน (RE) ที่มีคุณสมบัติความนิ่งผลต่างระดับที่หนึ่ง สะท้อนว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยแบบจำลอง ARDL และ Bounds Test มีความแข็งแกร่งในการทดสอบ Cointegration

เมื่อพิจารณาการลงทุน ICTs จำแนกตามกลุ่มเทคโนโลยี การลงทุนเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ (ICT1) การลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ (ICT2) และการลงทุนเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม (ICT3) พบว่าปราศจากคุณสมบัติความนิ่งที่ระดับ $I(0)$ ทั้งสามการทดสอบ แต่เมื่อทำการทดสอบข้อมูลความนิ่งผลต่างระดับที่หนึ่ง $I(1)$ ด้วยวิธี DF-GLS และ KPSS การศึกษาพบว่า ICT1 และ ICT2 มีคุณสมบัติความนิ่งผลต่าง ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 สำหรับ DF-GLS และ 0.05 สำหรับ KPSS เช่นเดียวกับตัวแปร ICT3 ในทางนี้ผลการทดสอบในตาราง 2. ยืนยันว่าข้อมูลตัวแปรการลงทุน ICTs ทุกตัวมีความนิ่งระดับเดียวกันคือความนิ่งผลต่างระดับที่หนึ่ง $I(1)$ สามารถหาความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวด้วย Bounds test ได้

ตาราง 2. ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วย ADF, KPSS, and DF-GLS Unit Root Tests

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

Variable	ADF Test Statistic		KPSS Test Statistic		DF-GLS Test Statistic	
	At Level t-stat (Prob)	At First Difference t-stat (Prob)	At Level t-stat (Crit)	At First Difference t-stat (Crit)	At Level t-stat (Prob)	At First Difference t-stat (Prob)
EI	2.262 (0.1916)	-4.256*** (0.0027)	0.553 (0.4630)	0.078** (0.4630)	-1.092 (0.7041)	-4.319*** (0.0002)
GDP	-1.674 (0.4321)	-3.557** (0.0143)	0.678 (0.4630)	0.147** (0.4630)	-1.544 (0.4961)	-3.517*** (0.0016)
ICT	-0.286 (0.9146)	-4.066*** (0.0043)	0.636 (0.4630)	0.149** (0.4630)	-0.286 (0.9146)	-4.122*** (0.0004)
SS	-2.939* (0.0568)	-4.8960*** (0.0006)	0.632 (0.4630)	0.236** (0.4630)	-2.886 (0.0107)	-4.919*** (0.0000)
RE	0.446 (0.9806)	-6.112*** (0.0000)	0.648 (0.4630)	0.212** (0.4630)	-0.3060 (0.7619)	-4.957*** (0.0005)
ICT1	0.307 (0.9734)	-1.212 (0.2444)	0.651 (0.4630)	0.225** (0.4630)	-2.357 (0.0315)	-7.650*** (0.0000)
ICT2	-0.584 (0.8584)	-4.119*** (0.0038)	0.614 (0.4630)	0.148** (0.4630)	-0.781 (0.4436)	-4.171*** (0.0003)
ICT3	-0.436 (0.8890)	-4.527*** (0.0014)	0.644 (0.4630)	0.114** (0.4630)	-0.055 (0.9564)	-4.527*** (0.0014)

หมายเหตุ: 1) *** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10

2) p-value สำหรับทดสอบสมมติฐาน ADF Unit Root Test ใช้สถิตินำเสนอโดย MacKinnon (1996) และ asymptotic critical values สำหรับทดสอบสมมติฐาน KPSS ใช้สถิตินำเสนอโดย Kwiatkowski, Phillips, Schmidt, and Shin (1992)

3) ICT1 ICT2 and ICT3 คือการลงทุนในฮาร์ดแวร์ การลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ตามลำดับ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

2. ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (ARDL Cointegration Bounds Test)

ผลการทดสอบคุณสมบัติความนิ่งของข้อมูลอยู่ระดับเดียวกันคือ $I(1)$ ทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวด้วยวิธี ARDL Bounds Test เหมาะสมและแข็งแกร่งในการทดสอบ งานศึกษาเลือกใช้เกณฑ์ AIC ในการกำหนดระดับความล่า (Lag Length Selection) ที่เหมาะสมด้วยอนุกรมเวลามีขนาดเล็ก (Lütkepohl, 2006) งานศึกษาพบว่าตัวแปร EI GDPP ICT และ SS มีความล่าอยู่ที่ระดับ 1 ในขณะที่ตัวแปร RE มีความล่าอยู่ที่ระดับ 2 ส่วนตัวแปร ICT1 ICT2 และ ICT3 มีความล่าที่เหมาะสมอยู่ที่ 1

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว Cointegration ของตัวแปรอนุกรมเวลาแสดงใน ตาราง 3. ด้วยสถิติ F มีค่าเกินกว่าค่าขอบเขตบนของ Pesaran et al. (2001) ที่ 4.01 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวเกิดขึ้นในตัวแปร EI ตัวแปร GDPP ตัวแปร ICT ตัวแปร SS และ ตัวแปร RE ณ ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อจำแนกการลงทุน ICTs ตามเทคโนโลยี งานศึกษาพบว่ามีเพียงการลงทุนเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ (ICT1) เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวเกิดขึ้น ในขณะที่การลงทุนเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม (ICT3) ไม่ปรากฏความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวแต่ประการใด ส่วนการลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ (ICT2) ยังหาข้อสรุปไม่ได้เกี่ยวกับความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว ในการนี้ทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรการลงทุนเทคโนโลยี ICT ถูกจำกัดเฉพาะตัวแปรเทคโนโลยีมวลรวม

ตาราง 3. ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาวด้วย ARDL Cointegration Bounds Test

Model	F Statistic	95% Lower Bound	95% Upper Bound	Cointegration
$F_{EI} (EI GDPP ICT SS RE)$	4.036	2.86	4.01	Cointegration
$F_{GDPP} (GDPP EI ICT SS RE)$	4.724	2.86	4.01	Cointegration
$F_{ICT} (ICT EI GDPP SS RE)$	4.029	2.86	4.01	Cointegration
$F_{SS} (SS EI GDPP ICT RE)$	4.792	2.86	4.01	Cointegration
$F_{RE} (RE EI GDPP ICT SS)$	5.423	2.86	4.01	Cointegration
$F_{ICT1} (ICT1 EI GDPP SS RE)$	5.756	2.86	4.01	Cointegration
$F_{ICT2} (ICT2 EI GDPP SS RE)$	2.923	2.86	4.01	Inconclusive
$F_{ICT3} (ICT3 EI GDPP SS RE)$	2.221	2.86	4.01	No Cointegration

หมายเหตุ: 1) Critical values of upper and lower bounds พิจารณาตามข้อเสนอของ Narayan (2005)

2) ICT1 ICT2 and ICT3 คือการลงทุนในฮาร์ดแวร์ การลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ตามลำดับ

ผลการประมาณค่าพลวัตระยะสั้นด้วยแบบจำลอง UECM (ตาราง 4.) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ทางลบระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT (ΔICT) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) ด้วยค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ -0.026 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 เมื่อมีการลงทุนเทคโนโลยี ICT เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ความเข้มของการใช้พลังงานในประเทศไทยลดลงร้อยละ 0.026 สาเหตุหลักของการลดลงมาจากการลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ ($\Delta ICT2$) แสดงในแบบจำลอง Disaggregated ICTs $\Delta ICT2$ มีความสัมพันธ์ทางลบกับ EI ด้วยค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ -0.148 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 แม้ว่าจะมีการเพิ่มของความเข้มการใช้พลังงานอยู่บ้างจากการลงทุนเทคโนโลยีฮาร์ดแวร์

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

($\Delta ICT1$) ภายใต้อาสมประสิทธิ์เท่ากับ +0.069 แต่ทั้งนี้การลงทุน ICT2 ทำให้เกิดการปรับปรุงผลผลิตภาพการผลิตได้ด้วยการลดปัจจัยพลังงาน เป็นไปได้ว่าปัจจัยพลังงานอาจถูกทดแทนด้วยปัจจัยทุน ICT2 ตัวอย่างเช่น การลงทุนในโครงข่ายระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมโยงการทำงานบนเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ไร้สายของสินค้าอุตสาหกรรม ทำให้กระบวนการค้าปลีกค้าส่งสินค้าสำเร็จรูปและการขนส่งสามารถถูกควบคุมได้จากทางไกล การกระจายสินค้าสามารถทำได้อย่างทั่วถึงในเวลาเดียวกัน ซึ่งเป็นเหตุให้การใช้พลังงานทางตรง (Direct Energy Effect) มีแนวโน้มลดลงในระยะสั้น สอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบความสัมพันธ์ทางลบระหว่างการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจสู่ภาคบริการ (ΔSS) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) ด้วยค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ -0.167 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนให้เห็นว่าการขยายตัวของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคบริการในผลิตภัณฑ์มวลรวมการผลิตของประเทศ มีส่วนอย่างมากต่อการลดปริมาณการใช้พลังงานทางตรง มีความเชื่อว่าภาคบริการใช้พลังงานทางตรงน้อยกว่าภาคอุตสาหกรรม (Chan et al., 2012; Sue, 2007) แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับระยะสั้นการขยายตัวของรายได้คนในประเทศยังมีส่วนผลักดันให้เกิดการใช้พลังงาน สืบเนื่องจากความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ($\Delta GDPP$) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) แสดงค่าสมประสิทธิ์เท่ากับ +0.033 อย่างมีนัยสำคัญ 0.05

ผลการประมาณค่าดุลยภาพระยะยาวด้วยแบบจำลอง ARDL (ตาราง 4.) สะท้อนให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน ในระยะยาวมีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT (ICT) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยการลงทุนเทคโนโลยี ICT เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.119 หรือเพิ่มขึ้นกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการขยายตัวของการลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ (ICT2) ที่เกิดขึ้นในระยะยาวพิจารณาได้จากแบบจำลอง Disaggregated ICTs แต่อย่างไรก็ตามจากเมื่อพิจารณาแผนภาพ 2. แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างการใช้พลังงานของประเทศไทย พลังงานไฟฟ้ามีสัดส่วนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงพลังงานและพลังงานทดแทนในรอบระยะเวลาสิบปี สะท้อนว่าการลงทุน ICT2 และปัจจัยพลังงานไฟฟ้ามีแนวโน้มเป็นปัจจัยประกอบในกิจกรรมทางเศรษฐกิจในระยะยาว เป็นไปได้ว่าระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ที่ทันสมัยและแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ไร้สายที่พัฒนามาพร้อมกับความต้องการใช้พลังงานทางอ้อม (Indirect Energy Effect) จากไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นสำหรับการให้บริการสารสนเทศที่มีการเชื่อมโยงเครือข่าย เช่น ดาต้าเซ็นเตอร์ เป็นต้น ซึ่งค่อนข้างสอดคล้องกับ Salahuddin and Alam (2016) ที่พบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเทคโนโลยี ICT มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในกลุ่มประเทศ OECD

มากกว่านั้น งานศึกษายังพบว่า มีความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศต่อหัว (GDPP) กับความเข้มของการใช้พลังงาน แสดงค่าสมประสิทธิ์เท่ากับ +0.348 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันพบความสัมพันธ์ทางบวกเกิดขึ้นระหว่างสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (SS) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) ด้วยค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ +0.068 ที่นัยสำคัญทางสถิติ 0.10 การเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์มวลรวมภาคบริการกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นในระยะยาว เป็นการสะท้อนว่าในระยะยาวกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศขับเคลื่อนด้วยภาคบริการผลักดันความต้องการใช้พลังงานในปริมาณที่มาก แต่ในทางตรงข้ามการเปลี่ยนรูปแบบลักษณะการใช้พลังงานกลับส่งผลต่อความเข้มของการใช้พลังงาน พบความสัมพันธ์ทางลบ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

ระหว่างสัดส่วนพลังงานทดแทน (RE) กับความเข้มของการใช้พลังงาน (EI) ด้วยค่าความยืดหยุ่นเท่ากับ -0.143 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สะท้อนว่าถ้าปราศจากการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนอย่างจริงจัง การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจสู่ภาคบริการเพิ่มขึ้นแต่เพียงอย่างเดียวไม่อาจลดความเข้มของการใช้พลังงานในประเทศลงได้

นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นการเกิดขึ้นของดุลยภาพระยะยาวในความเข้มของการใช้พลังงาน สัมประสิทธิ์ Cointegration ติดลบเท่ากับ -0.276 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.01 สะท้อนว่าเมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องมีการหันเหออกจากดุลยภาพความเข้มของการใช้พลังงาน ความเร็วในการดึงกลับเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวจะมีค่าเท่ากับร้อยละ 27.6

เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือของค่าประมาณการดุลยภาพระยะยาวและพลวัตระยะสั้น งานศึกษาได้รวบรวมเครื่องมือทางสถิติในการทดสอบ 1) Functional Form Misspecification 2) Normality 3) Endogeneity 4) Serial Correlation และ 5) Heteroskedasticity และแสดงได้ดัง ตาราง 4. โดยผลการทดสอบยืนยันความกลมกลืนและความเหมาะสมของแบบจำลอง นอกจากนี้งานศึกษามีการทดสอบ Stability ของแบบจำลองโดยใช้ Cumulative Sum CUSUM และ Cumulative Sum of Squares CUSUMSQ โดยผลการทดสอบของแบบจำลองทั้งสองแสดงใน แผนภาพ 4. สะท้อน Stability ของค่าประมาณการทั้งระยะสั้นและระยะยาวตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา เนื่องด้วย CUSUM and CUSUMSQ ของค่าประมาณการอยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่าง

ตาราง 4. ผลการประมาณค่าดุลยภาพระยะยาวและพลวัตระยะสั้นด้วยแบบจำลอง ARDL และ UECM

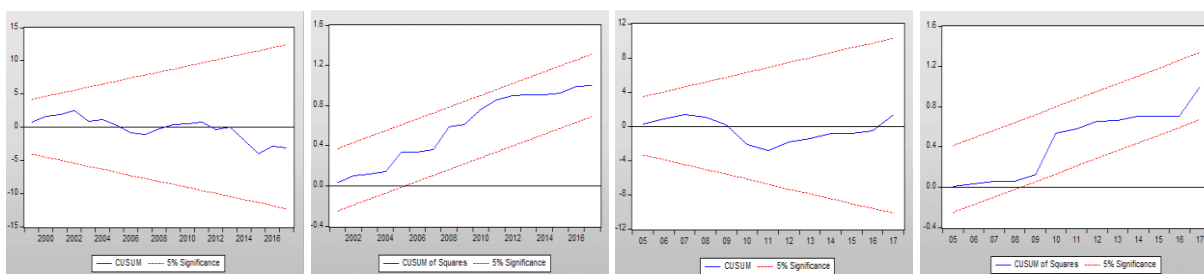
Variable	ICT Model			Disaggregated ICTs Model		
	Coefficient	t-Statistic	Probability	Coefficient	t-Statistic	Probability
Long Run Dynamic Results Of EI						
GDPP	0.348	2.289	0.039	0.567	2.570	0.034
ICT	0.119	3.824	0.002	-	-	-
SS	0.068	1.820	0.084	0.046	2.714	0.026
RE	-0.143	-3.917	0.000	-0.183	-2.117	0.067
ICT1	-	-	-	0.149	1.061	0.319
ICT2	-	-	-	0.207	3.209	0.012
ICT3	-	-	-	-0.036	-0.871	0.409
Short Run Dynamic Results of EI						
Δ GDPP	0.033	2.699	0.018	0.091	5.087	0.000
Δ ICT	-0.026	-2.580	0.022	-	-	-
Δ SS	-0.167	-2.959	0.0097	-0.347	-3.954	0.004
Δ RE	0.018	3.156	0.006	0.039	4.157	0.000
Δ ICT1	-	-	-	0.069	2.499	0.037
Δ ICT2	-	-	-	-0.148	-3.899	0.004
Δ ICT3	-	-	-	-0.033	-1.437	0.188
CointEq (-1)	-0.276	-3.466	0.002	-0.255	-6.07	0.000

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

Adjusted R Square	0.873	0.784
F-Statistic	40.976 (0.000)	21.399 (0.000)
Serial Correlation (χ^2)	1.319 (0.571)	1.048 (0.124)
Heteroskedasticity (χ^2)	1.161 (0.273)	1.180 (0.269)
Normality (χ^2)	1.245 (0.536)	1.642 (0.386)
RESET (F)	0.439 (0.668)	2.589 (0.126)

หมายเหตุ: 1) *** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10

2) ICT1 ICT2 and ICT3 คือการลงทุนในฮาร์ดแวร์ การลงทุนในซอฟต์แวร์และบริการ และการลงทุนในสื่อสารโทรคมนาคม ตามลำดับ



แผนภาพ 4. กราฟ CUSUM and CUSUMSQ สำหรับแบบจำลอง ICT และ Disaggregated ICTs

3. ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (VECM Granger Causality Test)

ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรในแบบจำลอง VECM Granger Causality แสดงดังตาราง 5. เห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่ศึกษามีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวเกิดขึ้นจากการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการสู่ความเข้มของการใช้พลังงาน (สอดคล้องกับผลลัพธ์ของแบบจำลอง ARDL) ในขณะเดียวกันมีความสัมพันธ์สองทิศทาง (สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน) ระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ เท่ากับว่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT เป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการใช้พลังงานได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางนี้การปรับลดการลงทุนเทคโนโลยี ICT มีแนวโน้มทำให้ความเข้มการใช้พลังงานลดลงได้

แต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์สองทิศทางเกิดขึ้นระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว และความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจากความเข้มของการใช้พลังงานสู่ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว เป็นการสะท้อนว่าการปรับลดการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานลดลง พร้อมกับการลดลงของรายได้คนในประเทศทั้งทางตรง (จากการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT) และทางอ้อม (จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ปัจจัยพลังงาน) ในทางนี้การบรรลุป้าหมายความเข้มของการใช้พลังงานด้วยการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT แลดูขาดความคุ้มค่า

ในทางตรงกันข้าม พบความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวกับสัดส่วนพลังงานทดแทน และความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจากการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการสู่สัดส่วนพลังงานทดแทน ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสะท้อนว่าสัดส่วนพลังงานทดแทนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

ความเข้มของการใช้พลังงานทางอ้อม สอดคล้องกับผลลัพธ์ของแบบจำลอง ARDL ที่ว่าการเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทนทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานลดลง

ตาราง 5. ผลการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลด้วย VECM Granger Causality

Variable	VECM Granger Causality χ^2 -Stat (Prob)				
	EI	GDPP	ICT	SS	RE
EI	-	0.203 (0.903)	4.628 [*] (0.098)	5.817 [*] (0.054)	2.605 (0.843)
GDPP	13.767 ^{***} (0.001)	-	22.299 ^{***} (0.000)	4.271 (0.118)	6.276 ^{**} (0.043)
ICT	1.274 (0.528)	6.315 ^{**} (0.042)	-	12.326 ^{***} (0.002)	4.033 (0.133)
SS	1.306 (0.520)	1.399 (0.496)	6.986 ^{**} (0.030)	-	1.437 (0.487)
RE	1.063 (0.587)	5.851 [*] (0.053)	6.225 ^{**} (0.044)	9.762 ^{***} (0.007)	-

หมายเหตุ: *** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ** นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ * นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10

4. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวน (Impulse Response Function)

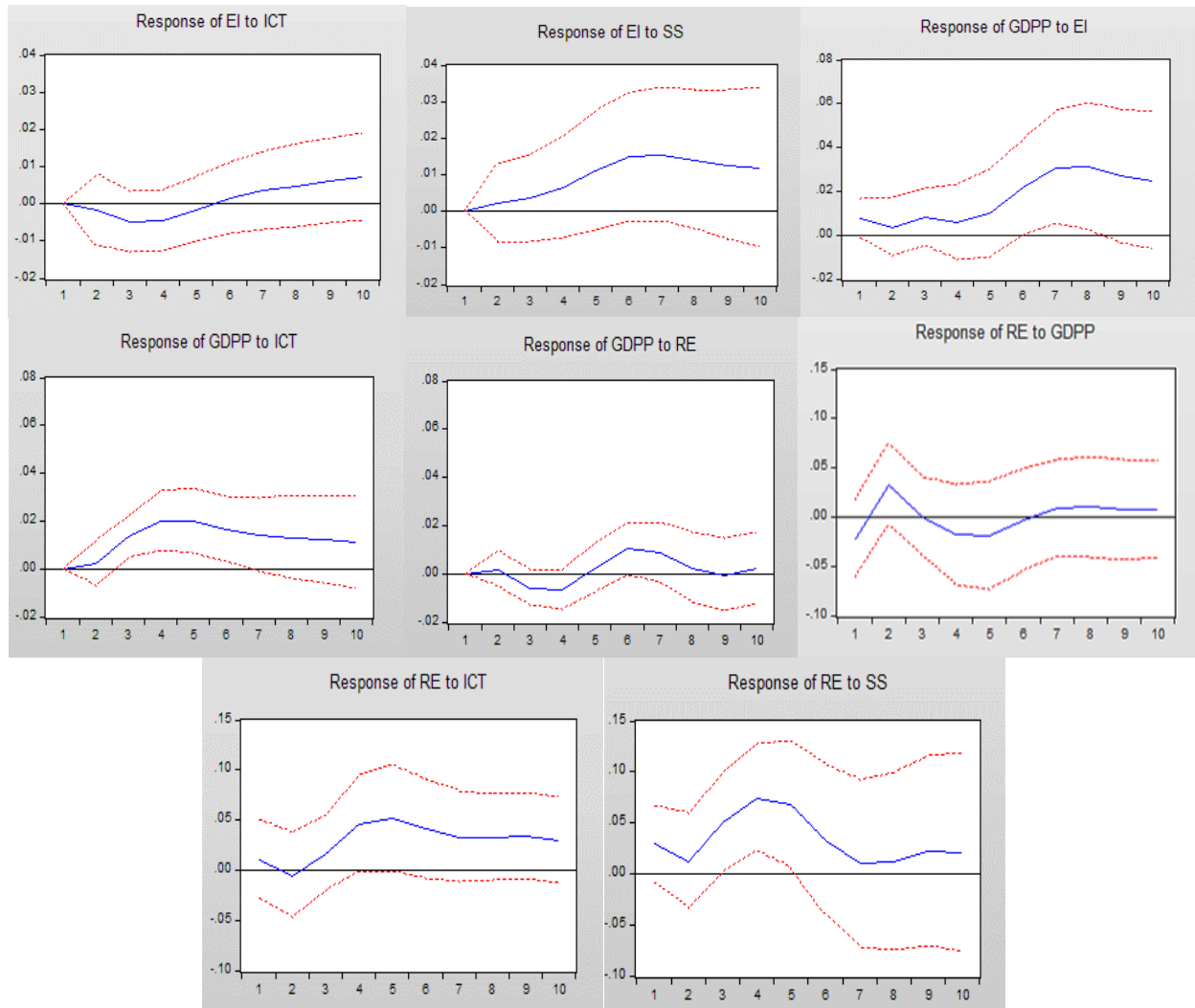
จากความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการใช้พลังงานเกิดจากการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ ในขณะเดียวกันความเข้มของการใช้พลังงานก็กระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวด้วย และพร้อมกันนั้นการลงทุนเทคโนโลยี ICT และมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนพลังงานทดแทน ในทางนี้การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวนระหว่างตัวแปรดังกล่าวมีความสำคัญ โดยกำหนดให้ตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องคงที่ ผลการทดสอบแสดงในแผนภาพ 5.

เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงฉับพลัน (shock) ของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ความเข้มของการใช้พลังงานจะสนองตอบด้วยการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปีที่ 3 เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการที่ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องถึงปีที่ 6 แล้วค่อยๆ คงที่นานๆ จดดูภาพ เป็นการยืนยันว่าในระยะยาวความเข้มของการใช้พลังงานมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (ผลทางตรง) ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงฉับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวมีการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นถึงปีที่ 4 และค่อยๆ เข้าสู่ดูสภาพ ส่วนการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 5 ปีและค่อยๆ ชะลอตัว สะท้อนให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นได้ผ่านทางการเปลี่ยนแปลงรายได้ของคนในประเทศ (ผลทางอ้อม) แต่การเพิ่มขึ้นดังกล่าวเกิดขึ้นภายในระยะเวลา 5 ปีแรก

เมื่อพิจารณาการสนองตอบของสัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ พบว่าสัดส่วนพลังงานทดแทนมีความผันผวนในระยะแรกและค่อยๆ ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปีที่สองเป็นต้นไป จนกระทั่งเข้าสู่ปี 6 สัดส่วนพลังงานทดแทนค่อนข้างคงที่สำหรับการเปลี่ยนแปลงของการลงทุนเทคโนโลยี ICT และลดลงรวดเร็วเข้าสู่ดูสภาพสำหรับการเปลี่ยนสัดส่วนมวลรวม

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

ผลิตภัณฑ์ภาคบริการ เป็นการสะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ส่งผลต่อสัดส่วนพลังงานทดแทนในระยะยาว ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการสนองตอบของสัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการเปลี่ยนแปลงมวลรวมในประเทศต่อหัวเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและมีการปรับตัวขานานสู่จุดดุลยภาพในระยะยาวเช่นกัน



แผนภาพ 5. ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวนด้วย IRFs

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การลงทุนเทคโนโลยี ICT มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนการพัฒนาทางเศรษฐกิจ แต่การขยายตัวของเทคโนโลยีดังกล่าวเป็นประโยชน์ที่ไม่ปราศจากต้นทุนเสียโอกาสเนื่องจากแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น งานศึกษาปัจจุบันมุ่งสนับสนุนองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยี ICT ต่อการใช้พลังงานในสองมิติ คือ มิติที่หนึ่งความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับความเข้มของการใช้พลังงาน (เชื้อเพลิงพลังงาน พลังงานทดแทน ไฟฟ้า) ซึ่งยังขาดการศึกษาสำหรับประเทศไทยได้ปานกลางที่กำลังขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการลงทุนเทคโนโลยี ICT และมิติที่สองงานเชิงประจักษ์สำหรับประเทศไทยที่วิเคราะห์การลงทุน ICT จำแนกตามเทคโนโลยี (เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์ เทคโนโลยีซอฟต์แวร์ และเทคโนโลยีสื่อสารโทรคมนาคม) เพื่อให้ทราบรายละเอียดผลกระทบการลงทุนเทคโนโลยี ICTs ที่มีต่อการใช้พลังงานของประเทศไทย พร้อมกับการสร้างความเข้าใจในรูปแบบการใช้พลังงานของประเทศไทยผ่านตัวแปรทางเศรษฐกิจในองค์ประกอบของผลกระทบ 3 ทิศทางคือ ผลการขยายตัว (Scale Effect) ผลเทคโนโลยี (Technology Effect) และผลเชิงโครงสร้าง (Structure Effect)

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติความนิ่ง (Unit Root Tests) ยืนยันว่าข้อมูลอนุกรมเวลาทุกตัวแปรมีความนิ่งระดับผลต่าง I(1) เหมือนกันทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงดุลยภาพระยะยาว (Cointegration) ด้วย ARDL Bounds Test มีความเหมาะสมและมีความแข็งแกร่ง พบการเกิด Cointegration ของตัวแปรความเข้มการใช้พลังงาน (EI) ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว (GDPP) การลงทุนเทคโนโลยี ICT (ICT) สัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (SS) และสัดส่วนพลังงานทดแทน (RE) แต่ทั้งนี้ผลการศึกษาไม่ยืนยันการเกิด Cointegration ของการลงทุน ICTs จำแนกตามเทคโนโลยี ทำให้การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (Causal Relationship) ระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับความเข้มของการใช้พลังงาน EI ถูกจำกัดในรูปแบบเทคโนโลยีมวลรวม

เมื่อประมาณค่าพลวัตระยะสั้นและดุลยภาพระยะยาวด้วยแบบจำลอง UECM และ ARDL พบว่า การลงทุนในเทคโนโลยี ICT ส่งผลต่อความเข้มของการใช้พลังงานแตกต่างกันในระยะสั้นและในระยะยาว โดยในระยะสั้นมีความสัมพันธ์ทางลบระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับความเข้มของการใช้พลังงาน แต่ในระยะยาวกลับพบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างตัวแปรทั้งสอง สาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของการใช้พลังงานเกิดจากการลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการ แม้ว่าการลงทุนเทคโนโลยีซอฟต์แวร์และบริการมีแนวโน้มปรับลดการใช้พลังงานทางตรง (เชื้อเพลิงพลังงาน) ในระยะสั้น แต่ในระยะยาวการขยายตัวของเทคโนโลยีดังกล่าวอย่างต่อเนื่องผลักดันความต้องการใช้พลังงานทางอ้อม (พลังงานไฟฟ้า) สำหรับให้บริการสารสนเทศที่มีการเชื่อมโยงเป็นโครงข่าย เช่น ดาต้าเซ็นเตอร์ ระบบปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ในรูปแบบดิจิทัลแพลตฟอร์ม แอปพลิเคชันบนอุปกรณ์ไร้สาย เป็นต้น สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนพลังงานไฟฟ้าต่อการใช้พลังงานทั้งหมดของประเทศในช่วงระยะเวลาสิบปีที่ผ่านมา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Salahuddin and Alam (2016) ที่ศึกษาผลกระทบของเทคโนโลยี ICT ต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศเศรษฐกิจใหม่ 19 ประเทศ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

เช่นเดียวกับตัวแปรสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการที่มีความสัมพันธ์ทางลบต่อความเข้มของการใช้พลังงานในระยะสั้น แต่กลับส่งผลทางบวกต่อความเข้มของการใช้พลังงานในระยะยาว เป็นการสะท้อนให้เห็นการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของเศรษฐกิจไทยสู่ภาคบริการ ไม่ได้ทำให้ความต้องการใช้พลังงานลดลงในระยะยาว ในทางนี้อาจต่อเนื่องถึงข้อจำกัดของประเทศไทยในการยกระดับให้กลายเป็น “เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy)” ในอนาคตหากพลังงานที่ใช้ยังคงสัดส่วนในลักษณะเดิม

งานศึกษายังพบความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวกับความเข้มของการใช้พลังงานทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว กล่าวคือรายได้ของคนในประเทศเพิ่มขึ้นผลักดันให้เกิดการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่อย่างไรก็ดี สามารถชดเชยด้วยการเปลี่ยนรูปแบบลักษณะการใช้พลังงาน งานศึกษาพบความสัมพันธ์ทางลบระหว่างสัดส่วนพลังงานทดแทนกับความเข้มของการใช้พลังงาน

ผลการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจากการลงทุนเทคโนโลยี ICT สู่ความเข้มของการใช้พลังงาน สอดคล้องกับผลลัพธ์ของแบบจำลอง ARDL แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลให้รายละเอียดกระบวนการใช้พลังงานในมิติที่กว้างขวางขึ้น คือพบความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT กับสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการและผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว อีกทั้งมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวเกิดขึ้นจากความเข้มของการใช้พลังงานสู่ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ทั้งนี้เป็นการสะท้อนว่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT นอกจากส่งผลทางตรงในรูปแบบ Technology Effect ต่อความเข้มของการใช้พลังงานแล้ว ยังมีผลทางอ้อมต่อความเข้มของการใช้พลังงานผ่านการเปลี่ยนแปลงรายได้ของคนในประเทศ Scale Effect และการขยายตัวของภาคบริการ Structure Effect อีกด้วย รายได้ของคนในประเทศเพิ่มขึ้นผลักดันให้เกิดการลงทุนในเทคโนโลยี ICT ในขณะเดียวกันการเติบโตเทคโนโลยี ICT ก็ผลักดันให้ภาคบริการมีการขยายตัวมากขึ้น สุดท้ายทำให้ความต้องการใช้พลังงานของประเทศเพิ่มขึ้นจากทั้งการลงทุนเทคโนโลยี ICT และการขยายตัวของภาคบริการอันเกิดจากเทคโนโลยี ICT ในทางนี้ผลการศึกษาค้นคว้าชี้ให้เห็นความท้าทายที่มีต่อเป้าหมายความเข้มการใช้พลังงานของประเทศไทย เมื่อประเทศขับเคลื่อนเศรษฐกิจสู่ภาคบริการที่มีการลงทุนเทคโนโลยี ICT เป็นกุญแจสำคัญ

ในทางตรงกันข้าม งานศึกษาพบความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่างผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวและสัดส่วนพลังงานทดแทน พร้อมกับความสัมพันธ์ทิศทางเดียวจากการลงทุนเทคโนโลยี ICT สู่สัดส่วนพลังงานทดแทน มีความเป็นไปได้ว่าตัวแปรสัดส่วนพลังงานทดแทนจะเป็นสะพานเชื่อมให้เกิดสมดุลระหว่างการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ (การขยายตัวของภาคบริการที่ขับเคลื่อนด้วยการลงทุนเทคโนโลยี ICT และก่อให้เกิดรายได้ให้กับคนในประเทศ) กับการเพิ่มขึ้นของความเข้มการใช้พลังงาน (การขยายตัวของปริมาณการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้า ที่รวดเร็วว่าการขยายตัวของกิจกรรมทางเศรษฐกิจ)

เมื่อทำการวิเคราะห์ปฏิริยาตอบสนองต่อความแปรปรวนซึ่งเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในอนาคต ผลการศึกษาแสดงว่าถ้ามีการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ความเข้มของการใช้พลังงานจะสนองตอบด้วยการปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ปีที่ 3 เป็นต้นไป ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงฉับพลันของสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานสนองตอบด้วยการปรับตัวเพิ่มต่อเนื่องถึงปีที่ 6 และค่อยๆ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

คงที่ขนาดจุดดุลยภาพ เป็นการยืนยันว่าความเข้มของการใช้พลังงานมีการปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ (ผลทางตรงต่อความเข้มของการใช้พลังงาน) ส่วนการเปลี่ยนแปลงฉบับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัวปรับตัวสูงขึ้นถึงปีที่ 4 และคงที่เข้าสู่ดุลยภาพ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงฉบับพลันของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว ก็ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานปรับตัวเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่เฉพาะในช่วง 5 ปีแรกและค่อยๆ ชะลอตัวลง สะท้อนว่าการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทำให้ความเข้มของการใช้พลังงานปรับตัวเพิ่มขึ้นผ่านรายได้ของคนในประเทศที่เปลี่ยนไป (ผลทางอ้อมต่อความเข้มของการใช้พลังงาน) ภายในระยะเวลา 5 ปีแรกเท่านั้น ในทางนี้การวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองสรุปว่าการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT มีผลทางตรงต่อการสนองตอบความเข้มของการใช้พลังงานมากกว่าผลทางอ้อมที่ส่งผ่านทางการเปลี่ยนแปลงรายได้คนในประเทศ

แม้กระนั้นเมื่อพิจารณาการสนองตอบของสัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการเปลี่ยนแปลงฉบับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ พบว่าสัดส่วนพลังงานทดแทนมีการปรับตัวเพิ่มอย่างต่อเนื่องสำหรับการเปลี่ยนแปลงการลงทุนเทคโนโลยี ICT และปรับตัวลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเข้าสู่ปีที่ 6 สำหรับการเปลี่ยนสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ ในขณะที่การสนองตอบของสัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการเปลี่ยนแปลงมวลรวมในประเทศต่อหัวเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและปรับตัวเข้าสู่จุดดุลยภาพ เป็นการสะท้อนว่าการลงทุนเทคโนโลยี ICT ที่ปราศจากการให้ความสำคัญต่อการขยายตัวของสัดส่วนพลังงานทดแทน นอกจากจะทำทลายเป้าหมายความเข้มของการใช้พลังงานแล้ว ยังส่งผลการเปลี่ยนแปลงรายได้ของคนในประเทศเมื่อภาคบริการมีการขยายตัว โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในระยะเวลา 6 ปีแรก

ข้อเสนอแนะ

จากผลการประมาณค่าดุลยภาพระยะยาว ผลการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการลงทุนเทคโนโลยี ICT สัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศต่อหัว และสัดส่วนพลังงานทดแทนกับความเข้มของการใช้พลังงาน และผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาตอบสนองระหว่างตัวแปร สามารถสรุปเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายที่ได้จากงานศึกษาปัจจุบันดังต่อไปนี้

1. การลงทุนเทคโนโลยี ICT ส่งผลต่อความเข้มของการใช้พลังงานทั้งทางตรงและทางอ้อม ทางตรงผ่านการขยายตัวของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ทางอ้อมผ่านการขยายตัวของภาคบริการและการเปลี่ยนแปลงรายได้ของคนในประเทศ ประกอบกับเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงฉบับพลันของการลงทุนเทคโนโลยี ICT ส่งผลต่อการสนองตอบของความเข้มการใช้พลังงานในระยะยาว ทำให้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มประสิทธิภาพ (อนุรักษ์) การใช้พลังงานในเทคโนโลยี ICT เพื่อรองรับการขยายตัวของภาคบริการที่มีการใช้อุปกรณ์ IT และซอฟต์แวร์เป็นตัวขับเคลื่อนหลัก ดังนั้นกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานควรกำหนดมาตรการ “ฉลาก(ประหยัดพลังงาน)ผลิตภัณฑ์ IT และซอฟต์แวร์” เพื่อแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ IT ยังเป็นการสร้างความตระหนักให้กับทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคเทคโนโลยี ICT อีกทางหนึ่ง แม้ว่าในปัจจุบันแผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2560-2564 กำหนดมาตรการติดฉลากเบอร์ 5 แสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า 22 ชนิด และ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

อุปกรณ์ทำความร้อน 8 ชนิด แต่อย่างไรก็ตามยังไม่ครอบคลุมถึงอุปกรณ์ IT ที่มีผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์เป็นส่วนประกอบในการปฏิบัติการ ทำให้การวิเคราะห์วงจรชีวิตพลังงาน (Life Cycle Energy Analysis) ของอุปกรณ์ดังกล่าวที่ใช้กำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพในปัจจุบันไม่ครอบคลุมถึงการใช้พลังงานของผลิตภัณฑ์ซอฟต์แวร์ในอุปกรณ์ IT

2. เนื่องจากสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการส่งผลต่อความเข้มการใช้พลังงาน ทำให้การขยายตัวภาคบริการมาพร้อมกับการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้น ดูเหมือนว่าการยกระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกลุ่มเศรษฐกิจภาคบริการจะเป็นตัวแปรสำคัญในเป้าหมายความเข้มการใช้พลังงาน ดังนั้นกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานควรผนวกการใช้พลังงานของภาคบริการเป็นส่วนหนึ่งของแผนปฏิบัติการอนุรักษ์พลังงาน โดยในปัจจุบันกระทรวงพลังงานได้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานใน 4 กลุ่มเศรษฐกิจหลัก คือ หนึ่งภาคอุตสาหกรรม สองภาคอาคารควบคุม สามภาคบ้านอยู่อาศัย และสี่ภาคขนส่ง ซึ่งยังขาดความชัดเจนในการอนุรักษ์พลังงานของภาคบริการ แม้ว่าภาคอาคารควบคุม จะกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานรวม โรงพยาบาล สถานศึกษา โรงแรม และศูนย์การค้า แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานดังกล่าวยังไม่ครอบคลุมถึง อาคารสำนักงาน ศูนย์ข้อมูลโครงข่าย อาคารการค้าปลีกค้าส่ง ศูนย์กระจายสินค้า ซึ่งมีแนวโน้มที่จะขยายตัวอย่างต่อเนื่อง จากการเปลี่ยนแปลงฉับพลันของสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการที่ส่งผลต่อการสนองตอบความเข้มการใช้พลังงานทันทีในช่วงแรก

3. จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล การเปลี่ยนรูปแบบการใช้พลังงานด้วยการเพิ่มสัดส่วนพลังงานทดแทน สามารถควบคุมความเข้มการใช้พลังงานของประเทศได้ ประกอบกับสัดส่วนพลังงานทดแทนส่งผลต่อการลงทุนเทคโนโลยี ICT และสัดส่วนมวลรวมผลิตภัณฑ์ภาคบริการ ในทางนี้นอกจากกระทรวงพลังงานควรสนับสนุนการเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนในภาพรวมของประเทศแล้ว ควรส่งสัญญาณให้ผู้ผลิตตระหนักถึงมาตรฐานการใช้พลังงานทดแทนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ IT ดังนั้นกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานควรมีมาตรการช่วยเหลือหรือให้เงินอุดหนุนแก่ผู้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ IT เพื่อเร่งให้มีการลงทุนเทคโนโลยีพลังงานทดแทนและบริหารจัดการมาตรฐานพลังงานทดแทนของอุปกรณ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์ IT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

เอกสารอ้างอิง

- ADB. (2019). Asian Development Bank 2018 Annual Report: Working Together for a Prosperous, Inclusive, Resilient, and Sustainable Asia and the Pacific. Retrieved February 2019, from <https://www.adb.org/sites/default/files/institutional-document/496016/adb-annual-report-2018.pdf>.
- ASEAN. (2018). ASEAN Investment Report 2018: Foreign Direct Investment and the Digital Economy in ASEAN. The ASEAN Secretariat and United Nations Conference on Trade and Development, Jakarta, Indonesia. Retrieved January 2019, from <https://asean.org/storage/2018/11/ASEAN-Investment-Report-2018-for-Website.pdf>
- Bhattacharya, M., Paramati, S.R., Ozturk, I., and Bhattacharya, S. (2016). The Effect of Renewable Energy Consumption on Economic Growth: Evidence from Top 38 Countries. *Applied Energy*, 162, 733-741.
- BOT. (2019). Investments in 3G and 4G Technology Projects in Thailand. Focused and Quick Issue 139, Monetary Policy Group. Bank of Thailand.
- Chan, C. A., Gyax, A., Wong, E., Leckie, C. A., Nirmalathas, A., and Kilper, D. (2012). Methodologies for Assessing the Use-Phase Power Consumption and Greenhouse Gas Emissions of Telecommunications Network Services. *Environmental Science and Technology*, 485-492.
- EEP. (2015). Energy Efficiency Plan 2015. Retrieved April 2018, from <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/EEP2015.pdf>
- Ehrlich, P., and Holdren, J.P. (1971). Impact of Population Growth. *Science New Series*, 171(3977), 1212-1217.
- Elliott, G., Stock, J.H., and Rothenberg, T.J. (1996). Efficient Tests for an Autoregressive Unit Root, *Econometrica*, 64(4), 813-836.
- Harris, R., and Sollis, R. (2003). *Applied Time Series Modeling and Forecasting*. Wiley & Sons, West Sussex, UK.
- IEA. (2018). World Energy Outlook 2018. Retrieved January 2019, from <https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/process-engineering/separation-processes-laboratory-dam/documents/education/ccs%20notes/World%20Energy%20Outlook%202018.pdf>
- Islam, N. (1995). Growth empirics: a panel data approach. *The Quarterly Journal of Economics*, 110(4), 1127-1170.

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

- Kwiatowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P., and Shin, Y. (1992). Testing the Null Hypothesis of Stationarity Against the Alternative of a Unit Root: How Sure Are We That Economic Time Series Have a Unit Root. *Econometrica*, 54(3), 159-178.
- Lin, B., and Zhao, H. (2015). Energy Efficiency and Conservation in China's Chemical Fiber Industry. *Journal of Cleaner Production*, 103, 345-352.
- Lutkepohl, H. (2006). Structural Vector Autoregressive Analysis for Cointegrated Variables. Chapter of *Modern Econometric Analysis: Surveys on Recent Developments*, Springer, Berlin, Germany.
- Mankiw, N.G., Romer, D., and Weil, D.N. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437.
- Mustafa, M., and Selassie, H. (2016). Macroeconomic Dynamics of Income Growth: Evidence from ARDL Bound Approach, GMM and Dynamic OLS. *European Journal of Business, Economics and Accountancy*, 4(5), 32-47.
- Öcal, O., and Aslan, A. (2013). Renewable Energy Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Oh, W., & Lee, K. (2004). Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing the Causality Relation. *Journal of Policy Modeling*, 26(8-9), 973-981.
- ONEP. (2017). Second Biennial Update Report of Thailand. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. Retrieved May 2018, from https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/347251_Thailand-BUR2-1-SBUR%20THAILAND.pdf
- Pesaran, M.H., Shin, Y., and Smith, R.J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationships. *Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Rosa, E.A., Rudel, T.K., York, R., and Jorgenson, A. (2015). The Human Anthropogenic Driving Forces of Global Climate Change. Chapter of *Climate Change and Society: Sociological Perspectives*, Oxford University Press, New York, US.
- Pokrovski, V.N., (2003). Energy in the Theory of Production. *Energy*, 28; 769-788.
- Sadorsky, P. (2012). "Correlations and Volatility Spillovers between Oil Prices and the Stock Prices of Clean Energy and Technology Companies". *Energy Economics*, 34, 248-255.
- Salahuddin, M., and Alam, K. (2016). Information and Communication Technology, Electricity Consumption and Economic Growth in OECD Countries: A Panel Data Analysis. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 76, 185-193.

ปีที่ 11 ฉบับที่ 21 มกราคม – มิถุนายน 2563

- Šimelytė, A., and Dudzevičiūtė, G. (2017). Consumption of Renewable Energy and Economic Growth. Conference paper: Contemporary Issues in Business, Management and Education, EISSN 2029-7963.
- Suh, S. (2007). Indirect Emissions from Services and its Applications for Energy Use and Greenhouse Gas Emissions. *Energy and Environmental Science*, 451-468.
- Tiwari, A.K. (2011). A Structural VAR Analysis of Renewable Energy Consumption, real GDP, and CO2 Emissions: Evidence from India. *Economic Literature*, 31(2), 1793-1806.
- Türsoy, T. (2017). Causality between Stock Prices and Exchange Rates in Turkey: Empirical Evidence from the ARDL Bounds Test and a Combined Cointegration Approach. *International Journal of Financial Studies*, 5(1), 1-10.
- Uddin, S.G., Sjo, B., and Shahbaz, M. (2013). The Casual Nexus between Financial Development and Economic Growth in Kenya. *Economic Modelling*, 35, 701-707.
- UNFCCC. (2012). Report on the Twenty-First Meeting of the Least Developed Countries Expert Group. United Nations Framework Convention on Climate Change. Retrieved May 2017, from <https://unfccc.int/resource/docs/2012/sbi/eng/07.pdf>
- Virmani, V. (2004). Unit Root Tests: Results from Recent Tests Applied to Select Indian Macroeconomic Variables. Indian Institute of Management Ahmedabad, Gujarat, India.
- World Bank. (2018). Investment in ICT in Infrastructure Project Database of World Development Indicator. World Bank Group. Retrieved April 2019, from <http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>.
- Yang, Y., Cai, W., and Wang, C. (2014). Industrial CO2 Intensity, Indigenous Innovation and R&D Spillovers in China's Provinces. *Applied Energy*, 131, 117-127.
- York, R., Rosa, E.A., and Dietz, T. (2003). Footprints on the Earth: The Environmental Consequences of Modernity. *American Sociological Review*, 68(2), 279-300.