

Renewable Energy Consumption and Human Development in Thailand: Evidence from Cointegration and Causality

Chairat Choesawan¹

Faculty of Business, Economics, and Communications, Naresuan University, Thailand

Email: chairatc@nu.ac.th

Received 6 July, 2019

Revised 13 December, 2019

Accepted 20 December, 2019

Abstract

This paper is to examine the causal relationship between renewable energy consumption and human development via human development index in order to find out how renewable energy influences the process of human development in the short- and long- run. The results from ARDL model indicate that in the long run, the use of renewable energy has a positive impact on human development in Thailand. It is due to the utilization of biomass and solar energy as well as onshore wind power. Hydropower in turn shows a limit to benefit for human development process in the short- and long- run. The result of environmental condition confirms an existence of human development process from renewable energy use although carbon dioxide emissions from fossil fuel combustion has a short-run positive impact on human development in Thailand. Nonetheless, alternative pathway for participation in human development would intend to support potential emission reductions through a boost of renewable energy rather than intend to achieve emission control over a limit to the fossil fuels burning directly, in particular the use of biomass, solar energy, and onshore wind power

The result of causality confirms bidirectional relationship between renewable energy consumption and human development in Thailand. This reflects that the use of renewable energy benefits human development. Likewise, the process of human development leads to the deployment of renewable energy. However, the outcome of renewable energy tends to be not immediately existed based on the result of impulse response function, which appears over the fifth period. Besides, the result of causality also shows that unidirectional relationship between economic growth and human development is in a negative way when entering into the third period. This reflects that economic growth contributes to the process of human development partially and seems to be less important for human development process in the future. In this respect, these novel findings of the study would help policymaker to better understand alternative pathways for participation in human development index (HDI) beyond the effect of economic growth.

Keywords: Renewable Energy Consumption, Human Development, Thailand, ARDL, Impulse Response Function

JEL Classification Codes: Q43, Q56

¹ Lecturer, Faculty of Business, Economics, and Communications, Naresuan University, 99, M.9, Phitsanulok-Nakornsawan Rd, Thapho, Muang, Phitsanulok, 65000, Thailand.

Corresponding author: chairatc@nu.ac.th

การใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ของประเทศไทย หลักฐานจาก ความสัมพันธ์เชิงคุณภาพและความเป็นเหตุเป็นผล

ชัยรัตน์ เขยสุวรรณ¹

คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร ประเทศไทย

Email: chairatc@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านดัชนีการพัฒนามนุษย์เพื่อทราบถึงอิทธิพลของพลังงานทดแทนที่มีต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทยทั้งในระยะสั้นและในระยะยาว ผลลัพธ์จากแบบจำลอง ARDL ชี้ให้เห็นว่าการใช้พลังงานทดแทนส่งผลบวกต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทยในระยะยาวผ่านระดับการมีส่วนร่วมในการใช้พลังงานมวลชีวภาพและพลังงานจากแสงอาทิตย์กับพลังงานลมบนบก ส่วนการใช้พลังงานน้ำเกิดผลประโยชน์จำกัดต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทย ผลการศึกษาด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมยืนยันการเกิดขึ้นของกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยส่วนร่วมการใช้พลังงานทดแทนในระยะยาวถึงแม้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงพลังงานส่งสัญญาณบวกต่อคุณภาพชีวิตคนไทยในระยะสั้น ในทางนี้ ทางเลือกการพัฒนาคุณภาพชีวิตควรสนับสนุนการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมผ่านส่วนร่วมการใช้พลังงานมวลชีวภาพและพลังงานแสงอาทิตย์กับลมบนบกมากกว่าการควบคุมปริมาณมลพิษผ่านการจำกัดปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงโดยตรง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลยืนยันความสัมพันธ์สองทิศทางระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับดัชนีการพัฒนามนุษย์ สะท้อนให้เห็นว่าการใช้พลังงานทดแทนมีประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ในขณะที่กระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตก็ผลักดันการใช้พลังงานทดแทนด้วยเช่นกัน แต่ทั้งนี้ประโยชน์จากการใช้พลังงานทดแทนไม่เกิดขึ้นทันที จะเกิดขึ้นเมื่อเข้าสู่ปีที่ 5 ตามผลการทดสอบ Impulse Response Function ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ทิศทางเดียวระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับดัชนีการพัฒนามนุษย์ แต่ส่งผลทางลบเมื่อเข้าสู่ปีที่ 3 แสดงว่าผลประโยชน์จากการเติบโตทางเศรษฐกิจสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ ทำให้ข้อค้นพบใหม่สามารถช่วยผู้กำหนดนโยบายทำความเข้าใจเกี่ยวกับแนวทางการยกระดับดัชนีการพัฒนามนุษย์ของประเทศไทยที่เปี่ยมกว้างเหนือประเด็นการเติบโตทางเศรษฐกิจ

¹อาจารย์ คณะบริหารธุรกิจ เศรษฐศาสตร์และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยนเรศวร 99 หมู่ 9 อ.พิษณุโลก-นครสวรรค์ ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000 Corresponding author: chairatc@nu.ac.th

คำสำคัญ: การใช้พลังงานทดแทน การพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ประเทศไทย แบบจำลอง ARDL การทดสอบ Impulse Response Function

JEL Classification Codes: Q43, Q56

1. บทนำ

พลังงานเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและผลักดันการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ตลอดระยะเวลาหลายทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้ความสำคัญของพลังงานไม่จำกัดเพียงเป็นปัจจัยพื้นฐานทางการผลิต แต่ยังคงมีความสำคัญต่อการสร้างการผลิตที่ยั่งยืน (Apergis et al., 2010) และสร้างการจ้างงานในอนาคต (Ozturk and Acaravci, 2011) แต่อย่างไรก็ตามบทบาทของการใช้พลังงานในปัจจุบันกำลังถูกท้าทายด้วยเรื่องของผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนความมั่นคงทางพลังงานหากมีการกระจุกตัวของพลังงานที่เชื้อเพลิงพลังงาน (fossil fuels)

การใช้พลังงานทดแทน (renewable energy) ถูกเชื่อว่าเป็นทางออกหนึ่งในการจัดการกับความท้าทาย และทำให้เกิดประโยชน์สองประการคือการเสริมสร้างการเติบโตทางเศรษฐกิจควบคู่กับการลดผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม (IEA, 2017) มีการคาดการณ์ว่าการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้นสองเท่า ในปี 2573 จะเป็นแรงผลักดันให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (gross domestic product GDP) ของโลกเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.1 หรือประมาณ 1.3 ล้านล้านเหรียญสหรัฐเทียบเท่า GDP ของประเทศออสเตรเลียปี 2561 (IRENA, 2016) อีกทั้งยังทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ภาคพลังงานของโลกลดลงร้อยละ 45 ในปี 2573 (IRENA, 2015) เทียบเท่าปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศเม็กซิโกปี

2560 เมื่อมีการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่เป็นปกติ ผลการศึกษาการเติบโตทางเศรษฐกิจรายประเทศชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (Tiwari, 2011; Öcal and Aslan, 2013; Bhattacharya et al., 2016; Simelyte and Dudzeviciute, 2017)

แต่ผลการศึกษายังขาดข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนกับความยั่งยืนและการมีส่วนร่วมของการพัฒนา (sustainable and inclusive development) ซึ่งมีความสำคัญยิ่งต่อการจัดการพลังงานในอนาคต (Tiba and Omri, 2017) การเปลี่ยนผ่านพลังงานเชื้อเพลิงสู่พลังงานทดแทนอาจไม่จำกัดเพียงตัวแปรเชิงปริมาณเช่น รายได้ต่อหัว เมื่อพิจารณาถึงการพัฒนาที่ยั่งยืนและมีส่วนร่วม หากต่อเนื่องถึงตัวแปรเชิงคุณภาพอันมีผลต่อคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ (Kazar and Kazar, 2014) แม้กระนั้นก็มีเพียงส่วนน้อยที่ให้ความสนใจศึกษาบทบาทของการใช้พลังงานทดแทนต่อกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตในระยะยาว โดยเฉพาะผลการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรมในกลุ่มประเทศรายได้ปานกลางอย่างประเทศไทย

การใช้พลังงานทดแทนอาจส่งผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านการพัฒนาอย่างมีส่วนร่วมด้วยการเพิ่มทางเลือกการจ้างงานและอำนวยความสะดวกในการดำเนินชีวิต (Pirlogea, 2012) ทั้งด้านสิ่งอำนวยความสะดวกทางสุขภาพ การศึกษาที่มีคุณภาพ และการสื่อสารที่ทันสมัย (Kazar and Kazar, 2014)

โดยเฉพาะเมื่อพลังงานเชื้อเพลิงมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม กว่าร้อยละ 58 ของการเจ็บป่วยโรคทางเดินหายใจมีสาเหตุหลักจากกระบวนการเผาไหม้พลังงานเชื้อเพลิง (Schrag, 2013) ทำให้คาดว่าจะการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานทดแทนอาจพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านผลดีที่มีต่อสุขภาพและผลดีต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษาซึ่งท้ายสุดเมื่อแรงงานมีสุขภาพดี การศึกษามีคุณภาพ การสร้างงานที่มีประสิทธิภาพจะเกิดขึ้นและความยั่งยืนทางเศรษฐกิจก็จะตามมา (Stiglitz et al., 2009) ในมิติดังกล่าวคุณลักษณะของการใช้พลังงานมีแนวโน้มสะท้อนกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่สำคัญให้กับคนในประเทศ โดยเฉพาะเมื่อมีการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้น ด้วยเหตุนี้ความเข้าใจที่ดีในองค์ความรู้ด้านการใช้พลังงานทดแทนต่อกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตจึงเป็นแรงผลักดันให้มีการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการใช้พลังงานทดแทน การเติบโตทางเศรษฐกิจ และการพัฒนาคุณภาพชีวิตเพื่อทำให้ทราบถึงอิทธิพลของการใช้พลังงานทดแทนต่อกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศว่าเกิดขึ้นอย่างไรทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

ทำไมการศึกษามุ่งความสนใจที่ประเทศไทยในประเด็นพัฒนาคุณภาพชีวิต หากพิจารณาการพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านดัชนีการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ (human development index HDI) ที่จัดทำโดยธนาคารโลก ประเทศไทยถือได้ว่ามีค่าเฉลี่ยของดัชนีอยู่ในระดับสูงแต่จากรายงาน

ของธนาคารโลกเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลของประเทศไทยในปี 2547 กับปี 2560 พบว่าดัชนี HDI ของประเทศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งเฉลี่ยเติบโตร้อยละ 0.02 ต่อปี (HDI, 2018) ในขณะที่ระยะเวลาดังกล่าวประเทศไทยมีการเติบโตทางเศรษฐกิจที่เป็นบวกต่อเนื่องทุกปีเฉลี่ยร้อยละ 3.2 ต่อปี (BOT, 2019) จึงสะท้อนให้เห็นความจำกัดของแผนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ ในทางนี้เมื่อพิจารณาคุณลักษณะของการใช้พลังงาน การค้นหาแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตอาจมีความสำคัญมากขึ้น

งานศึกษาปัจจุบันจึงมุ่งเน้นสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการใช้พลังงานทดแทนในหลายมิติ ประการที่หนึ่งศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านดัชนีการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ซึ่งงานศึกษาที่ผ่านมาให้ความสำคัญไม่มากนักทั้งที่การใช้พลังงานก็เพื่อสร้างความสะดวกแก่กิจกรรมที่สร้างสรรค์ของมนุษย์ทั้งสิ้น โดยมีการเพิ่มเติมตัวแปรควบคุมอย่างเช่นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และการค้าระหว่างประเทศซึ่งเชื่อมโยงโดยตรงต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ และลักษณะการใช้พลังงาน ในท้ายสุดมีอิทธิพลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ประการที่สองเป็นงานศึกษาเชิงประจักษ์ของประเทศไทยที่วิเคราะห์พลังงานทดแทนจำแนกตามเทคโนโลยีพลังงานประกอบด้วย พลังงานน้ำ มวลชีวภาพ และพลังงานแสงอาทิตย์กับลมบนบก เพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับผลกระทบ

ของการใช้พลังงานทดแทนต่อกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิต และประการสุดท้ายเนื่องด้วยเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา ประกอบกับประเทศไทยพึ่งพาการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศที่มีความผันแปร การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของการใช้พลังงานทดแทน การพัฒนาคุณภาพชีวิต และการเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นสิ่งจำเป็น ทำให้เกิดความเข้าใจในผลของพลังงานทดแทนต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการเติบโตทางเศรษฐกิจ ไม่เพียงสะท้อนแนวทางการใช้พลังงานทดแทนสู่การพัฒนาทางเศรษฐกิจที่ยั่งยืนแต่ยังสามารถเสนอแนวทางและกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนไทยจากการใช้พลังงานทดแทนในอนาคตอีกด้วย

2. แนวคิดและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์พลังงานทดแทนของประเทศไทย

ประเทศไทยมีอัตราการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างปี 2548 ถึงปี 2559 โดยเฉลี่ยร้อยละ 3 ต่อปีและคาดว่าความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของไทยจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 78 จากปี 2559 ในปี 2579 (EEP, 2015) ทำให้การเพิ่มทางเลือกของแหล่งพลังงานด้วยการลงทุนในพลังงานทดแทนเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ประกอบกับประเทศไทยแสดงเจตจำนงต่อสหประชาชาติที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20-25 ภายในปี 2573 (INDC, 2016) ทำให้กระทรวงพลังงานมีการประกาศใช้

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกขึ้น โดยกำหนดว่าการใช้พลังงานทดแทนจะต้องเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 30 ของปริมาณพลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมดที่ใช้ภายในปี 2579 (AEDP, 2015) แม้กระนั้นในปี 2560 สัดส่วนพลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทยมีอยู่เพียงร้อยละ 14.1 ซึ่งจำแนกเป็นผลิตความร้อนร้อยละ 64 ผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมประมาณร้อยละ 16 และเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอีกเกือบร้อยละ 20 จากพลังงานทดแทนที่ใช้ทั้งหมด (IRENA, 2017) เพื่อบรรลุเป้าหมายในแผนพัฒนาฯ ได้ระบุรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการสนับสนุนและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนของประเทศไทยไว้ 3 ด้านคือ (1) ยกระดับความมั่นคงทางพลังงาน (2) สนับสนุนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และ (3) พัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ (IRENA, 2017) มีงานศึกษาจำนวนมากตรวจสอบบทบาทของพลังงานทดแทนต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจและชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ในทิศทางบวก แม้ก็นั่นเองก็ความรู้ดังกล่าวยังขาดความครอบคลุมในการอธิบายบทบาทของพลังงานทดแทนต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนในประเทศ เพื่อประสานรอยต่อช่องว่างแห่งความรู้ งานศึกษาปัจจุบันพยายามที่จะตรวจสอบบทบาทของการใช้พลังงานทดแทนในมิติที่กว้างขวาง

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความกังวลเกี่ยวกับการใช้พลังงานทดแทนที่มีต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจนำไปสู่การศึกษา

เกี่ยวกับความเชื่อมโยงระหว่างพลังงานทดแทนกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจจำนวนมาก เริ่มต้นบุกเบิกโดยงานศึกษาของ Apergis et al. (2010) แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาแสดงความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรทั้งสองที่มีความแตกต่างกัน ต่อมา Ozturk and Acaravci (2011) สรุปความเห็นต่อสมมติฐานความเชื่อมโยงไว้ 4 ทางด้วยกัน คือ (1) growth hypothesis คือการใช้พลังงานทดแทนมีผลเชื่อมโยงต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ แต่การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจไม่มีผลเชื่อมโยงต่อการ ใช้พลังงานทดแทน (unidirectional causality) กล่าวได้ว่านโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทนมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (2) conservative hypothesis คือการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีผลเชื่อมโยงต่อการ ใช้พลังงานทดแทน แต่การใช้พลังงานทดแทนไม่มีผลเชื่อมโยงต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (unidirectional causality) กล่าวได้ว่านโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทนไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (3) feedback hypothesis คือการใช้พลังงานและการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีผลเชื่อมโยงซึ่งกันและกัน ทั้งสองทิศทาง (bidirectional causality) ทำให้การดำเนินนโยบายส่งเสริมพลังงานทดแทนควรกระทำอย่างระมัดระวังเนื่องจากส่งผลทั้งทางบวกและทางลบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และ (4) neutrality hypothesis คือการใช้พลังงานทดแทนและการ

เจริญเติบโตทางเศรษฐกิจไม่มีผลเชื่อมโยงต่อกันและกัน

แบบจำลองสมการการผลิตมักถูกนำมาใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในงานศึกษาที่ผ่านมา ภายหลัง Kazar and Kazar (2014) อธิบายว่าความสัมพันธ์เชิงเหตุผลมีความหลากหลายขึ้นอยู่กับหลายสาเหตุ หนึ่งในนั้นคือความเชื่อมโยงเฉพาะตัวแปรเชิงปริมาณในแบบจำลองสมการการผลิตเท่านั้น วิธีการทางเศรษฐมิติก็เป็นอีกเหตุผลสำคัญ แต่ทั้งนี้ Sinha and Sen (2016) ให้น้ำหนักไปที่ความเชื่อมโยงตัวแปรเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเป็นประเด็นอันดับต้น โดยเฉพาะการเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรพลังงานที่ทำให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจ และในขณะเดียวกันลักษณะของพลังงานดังกล่าวก็มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ในระบบเศรษฐกิจ ด้วยเช่นกัน Neves et al. (2015) เสริมว่าการใช้พลังงานทดแทนสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านกระบวนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาของคนส่วนใหญ่ (inclusive development) ในหลากหลายระดับอันประกอบด้วย (1) ระดับพื้นฐาน (basic level) คือการเข้าถึงพลังงานสะอาด (modern energy service) เพื่อจัดหาลำดับเป็นพื้นฐาน เช่น น้ำสะอาด อาหาร ถูกสุขลักษณะ เป็นต้น (2) ระดับกลาง (higher level) การเข้าถึงพลังงานสะอาดในพื้นที่ เพื่อลดอุปสรรคการบริการทางสังคมของคนส่วนใหญ่ เช่น เทคโนโลยีการศึกษาทันสมัย ระบบบริการ

สุขภาพที่มีคุณภาพ เป็นต้น และ (3) ระดับสูง (top level) เมื่อเข้าถึงพลังงานสะอาดต่อเนื่อง และหลากหลาย ทำให้คนส่วนใหญ่มีสมดุลชีวิต ทำให้เกิดแหล่งพักผ่อนทางธรรมชาติที่ดีต่อสุขภาพ ส่งเสริมการดูแลสุขภาพเพื่อชีวิตที่ยืนยาว

แม้กระนั้นการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงานกับการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ยังมีไม่มาก ที่สำคัญขาดองค์ความรู้สำหรับประเทศไทยในผลระยะยาวจากลักษณะพลังงานทดแทนที่ใช้ ตัวอย่างของงานศึกษาที่ผ่านมา ประกอบด้วย Pirlogea (2012) ศึกษาผลของการใช้พลังงานเชื้อเพลิงต่อการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการใช้พลังงานเชื้อเพลิงส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ตลอดเวลาที่ทำการศึกษา ผลการศึกษานี้ตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Ouedraogo (2013) ที่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานมวลรวมกับการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ผ่านดัชนีการพัฒนามนุษย์ HDI ของธนาคารโลก Kazar and Kazar (2014) ทำการศึกษาความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพมนุษย์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็น bidirectional causality ระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับดัชนีการพัฒนามนุษย์ระหว่างปี 2523 ถึงปี 2553 ของประเทศกำลังพัฒนา 32 ประเทศ ต่อมาการศึกษาของ Sinha and Sen (2016) และ Wang et al. (2018) สนับสนุนผลการเชื่อมโยงสองทิศทางในกลุ่มประเทศเศรษฐกิจใหม่ BRIC และประเทศปาเกีสถาน

ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามงานศึกษาในอดีตให้ความสนใจการใช้พลังงานแบบมวลรวมมากกว่าการใช้พลังงานที่จำแนกตามเทคโนโลยี

3. วิธีการศึกษาวิจัย

3.1 แนวคิดของแบบจำลอง

แม้ว่าที่ผ่านมาความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงานกับการเติบโตทางเศรษฐกิจมักถูกศึกษาผ่านตัวแบบสมการการผลิตที่พัฒนาโดย Stern (2000) และต่อยอดโดย Apergis et al. (2010) แต่การประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวเกิดข้อถกเถียงอย่างกว้างขวาง เกี่ยวกับความสัมพันธ์ที่ขาดความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรเชิงคุณภาพที่เกี่ยวข้อง (Kazar and Kazar, 2014) ทำให้การพิจารณาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลด้วยสมการการผลิตขาดภาพสะท้อนที่ชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ ทั้งที่โดยมากการเข้าถึงพลังงานที่หลากหลายก็เพื่อลดอุปสรรคการเข้าถึงบริการทางสังคม เช่น การศึกษา ระบบสุขภาพ เป็นต้น เพื่อให้เกิดกิจกรรมที่สร้างสรรค์แก่มนุษย์ทั้งสิ้น (Sinha and Sen, 2016)

การใช้พลังงานทดแทนที่หลากหลายและเข้าถึงง่ายเป็นกลไกทำให้เกิดส่วนร่วมในการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนส่วนใหญ่ Neves et al. (2015) นำเสนอไว้ 3 ระดับ งานศึกษานี้มุ่งความสนใจที่ส่วนร่วมระดับกลางและระดับสูง เพราะต่อเนื่องโดยตรงถึงดัชนีการพัฒนา

คุณภาพมนุษย์ HDI (ด้านรายได้ ด้านการศึกษา ด้านสุขภาพ ด้านสิ่งแวดล้อม) การมีส่วนร่วมระดับกลางเกี่ยวข้องกับการเข้าถึงพลังงานทดแทนที่สามารถลดอุปสรรคในการพัฒนาบริการทางสังคม คุณภาพทางการศึกษา และการเข้าถึงบริการทางสุขภาพ เช่น การใช้พลังงานทดแทนเพื่อเพิ่มพูนความรู้เทคโนโลยีในสถานศึกษา การใช้พลังงานทดแทนจากวัสดุในพื้นที่ผลิตความร้อนและไฟฟ้าเพื่อยกระดับคุณภาพการให้บริการในสถานพยาบาลขนาดกลางและขนาดเล็ก เป็นต้น เมื่อการใช้พลังงาน

ทดแทนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดแหล่งพักผ่อนทางธรรมชาติที่ดีต่อสุขภาพ การมีส่วนร่วมระดับสูงจะกระตุ้นให้คนส่วนใหญ่ดูแลรักษาสุขภาพมากขึ้นด้วยคาดหวังชีวิตที่ยืนยาว จะผลักดันให้การใช้พลังงานทดแทนมากขึ้นในอนาคต

เมื่อนำแนวคิดพื้นฐานดังกล่าวมาพิจารณาสามารถพัฒนาเป็นแบบจำลองเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาคุณภาพชีวิตของมนุษย์ การใช้พลังงานทดแทน และการเติบโตทางเศรษฐกิจ ได้ดังต่อไปนี้

$$HDI_t = \beta_0 + \beta_1 RE_t + \beta_2 GDP_t + \beta_3 CO2_t + \beta_4 TR_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

โดยที่ HDI_t แสดงการพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านดัชนีการพัฒนากุณภาพมนุษย์ (human development index) RE_t แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด (ratio of renewable energy consumption to total final energy consumption) และมีการจำแนกตามเทคโนโลยีพลังงานที่ใช้ GDP_t แสดงการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจผ่านผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (gross domestic product) $CO2_t$ แสดงตัวชี้วัดเชิงคุณภาพทางสิ่งแวดล้อมผ่านปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (carbon dioxide emissions from fossil fuel based consumption) TR_t แสดงตัวชี้วัดเชิงคุณภาพทางสังคมผ่านสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (ratio

of trade value to GDP) และ ε_t แสดงค่าความคลาดเคลื่อน (error term)

เหตุที่ต้องมีการควบคุมตัวแปร $CO2_t$ และ TR_t ในแบบจำลองเพื่อป้องกัน specification bias ที่จะเกิดขึ้นหากมีการละเลยตัวแปรที่เกี่ยวข้องไป โดยเฉพาะตัวแปรที่เชื่อมโยงทั้งการใช้พลังงานทดแทน การใช้พลังงานเชื้อเพลิง และการเติบโตทางเศรษฐกิจ ซึ่งในท้ายที่สุดจะส่งผลโดยตรงและโดยอ้อมต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Kazar and Kazar, 2014) ตัวอย่างเช่นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากเชื้อเพลิงฟอสซิลมีผลต่อคุณภาพชีวิตผ่านปัญหาด้านสุขภาพ ในขณะที่การค้าระหว่างประเทศมีแนวโน้มที่จะเกิดโอกาสการมีงานทำผ่านการลงทุนเทคโนโลยีพลังงาน เปิดทางเลือกในการใช้ทรัพยากร และสามารถสร้างรายได้ให้คนในประเทศ

ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร β สะท้อนเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนของแต่ละตัวแปรต่อการเปลี่ยนของดัชนีการพัฒนาคูณภาพมนุษย์ เครื่องหมายความสัมพันธ์ค่าการันต์ได้ดังต่อไปนี้ การใช้พลังงานทดแทนต่อการพัฒนาคูณภาพมนุษย์ค่าความมีเครื่องหมายเป็นบวก ($\beta_1 > 0$) คือสัดส่วนของการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้นเป็นผลดีต่อการพัฒนาคูณภาพชีวิตผ่านการมีส่วนร่วมในการพัฒนาหลายระดับ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจคาดการณ์เครื่องหมายบวก ($\beta_2 > 0$) การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากพลังงานเชื้อเพลิงคาดว่าจะมีผลทางลบต่อการพัฒนาคูณภาพมนุษย์ ($\beta_3 < 0$) ส่วนสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศคาดหวังประโยชน์ทางบวกต่อการพัฒนาคูณภาพมนุษย์ ($\beta_4 > 0$)

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

งานศึกษานี้ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของประเทศไทยระหว่างปี 2533 ถึงปี 2560 โดยตัวแปรการพัฒนาคูณภาพชีวิตนำมาจากดัชนีการพัฒนาคูณภาพมนุษย์ human development index (HDI) จัดทำโดยโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ ผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศในหน่วยดอลลาร์สหรัฐและสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศในหน่วยเปอร์เซ็นต์ของ GDP นำมาจากฐานข้อมูล world development indicator โดยปรับให้เป็นราคาคงที่ ณ ปี 2553 ปริมาณการใช้พลังงานทดแทนและปริมาณการใช้เชื้อเพลิงพลังงานสามารถรวบรวมได้จากฐานข้อมูล bp statistical reviews โดยทั้งหมดถูกแปลงอยู่ในหน่วย million tonnes of oil

equivalent (Mtoe) พลังงานทดแทนกำหนดตามขอบเขตเทคโนโลยีที่ใช้ประกอบด้วยพลังงานน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลาง (RE1) มวลชีวภาพ (RE2) และพลังงานแสงอาทิตย์กับลมบนบก (RE3) ในขณะที่เชื้อเพลิงพลังงานที่จำแนกตามเทคโนโลยีประกอบด้วยน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์คำนวณมาจากปริมาณการปล่อยเชื้อเพลิงพลังงาน (น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน) ซึ่งรวบรวมได้จากฐานข้อมูล bp statistical reviews แสดงในหน่วย metric tonnes of carbon dioxide ตัวแปรทั้งหมดยกเว้น HDI ถูกแปลงให้เป็น logarithmic form เพื่อหลีกเลี่ยงผลเชิงพลวัตที่มีต่อตัวแปรอนุกรมเวลาและ normalization ตัวแปร GDP และ CO2 ด้วยจำนวนประชากรให้เป็น ตัวแปรต่อหัว (per capita) เพื่อควบคุมอิทธิพลการเปลี่ยนแปลงเชิงประชากรจำนวนประชากรได้มาจากฐานข้อมูล world development indicator

ก่อนนำตัวแปรอนุกรมเวลามาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลได้มีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง (structural break) งานศึกษาพบว่าตัวแปรทุกตัวมีความเป็นไปได้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง ด้วยเงื่อนไขเวลาที่ต่างกัน **Figure 1** แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร HDI RE GDP CO2 และ TR ระหว่างปี 2534-2560 การศึกษาชี้ให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของ GDP CO2 และ TR น่าจะเกิดขึ้นหลังปี 2540 ในขณะที่ช่วงเวลา

ดังกล่าวไม่แสดงหลักฐานการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของตัวแปร HDI และ RE การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของตัวแปรทั้งสอง

อาจเกิดขึ้นหลังปี 2552 ทั้งนี้รายละเอียดจะนำเสนอในผลการศึกษา unit root ต่อไป



Figure 1. Graph of Differenced HDI, RE, GDP, CO2, and TR from 1991 to 2017

Source: Calculated

3.3 เครื่องมือทางเศรษฐมิติที่ใช้ในการศึกษา

เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการพัฒนาคุณภาพชีวิต การใช้พลังงานทดแทน และการเติบโตทางเศรษฐกิจ เริ่มต้นการทดสอบ unit root โดยใช้ Zivot-Andrews unit root test สำหรับตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง ตามด้วยการทดสอบ cointegration โดย autoregressive distributed lag ARDL bounds test ที่ให้ผลการ

ทดสอบที่แข็งแกร่งกรณีอนุกรมเวลามีความนิ่งระดับด้วยกัน การตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเหตุผล (causality) ทำได้โดยใช้ vector error correction model VECM with Granger causality test ด้วยข้อจำกัดของ VECM ในการอธิบายการสนองตอบและขนาดความแข็งแกร่งเมื่อมีการเบี่ยงเบนที่ไม่คาดคิด (shock) งานศึกษาจึงประยุกต์ใช้ variance decomposition analysis VDA และ impulse response function IRF ประกอบการวิเคราะห์

3.3.1 Zivot- Andrews Unit Root Structural Break Test

การทดสอบ unit root ทำได้หลายวิธี ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายประกอบด้วย ADF (Dickey and Fuller, 1979) KPSS (Kwiatkowski et al., 1992) และ DF-GLS (Elliott et al., 1996) เป็นต้น อย่างไรก็ตามการทดสอบดังกล่าวไม่สามารถให้ข้อมูลความถี่กรณีอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างแบบแฝงได้ Zivot and Andrews (2002) พัฒนาการตรวจสอบคุณสมบัติความถี่

ของตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและแบ่งการทดสอบออกเป็นสามส่วนคือส่วนที่หนึ่งทดสอบการเปลี่ยนช่วงเวลาในค่าคงที่ ส่วนที่สองทดสอบการเปลี่ยนช่วงเวลาในแนวโน้ม และส่วนที่สามทดสอบการเปลี่ยนช่วงเวลาทั้งในค่าคงที่และในแนวโน้ม โดยการทดสอบแสดงได้ดังต่อไปนี้ กำหนดให้ x_t แทนตัวแปรอนุกรมเวลา (เช่น HDI RE GDP CO2 และ TR)

$$\Delta x_t = a + ax_{t-1} + bt + cDU_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \mu_t \quad (2)$$

$$\Delta x_t = b + bx_{t-1} + ct + bDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \mu_t \quad (3)$$

$$\Delta x_t = c + cx_{t-1} + ct + dDU_t + dDT_t + \sum_{j=1}^k d_j \Delta x_{t-j} + \mu_t \quad (4)$$

โดยที่ DU_t แทนตัวแปรหุ่นที่แสดงการเปลี่ยนในค่าคงที่ ส่วน DT_t แทนตัวแปรหุ่นที่แสดงการเปลี่ยนในแนวโน้ม โดยกำหนดให้ null hypothesis คือ $c = 1$ ภายใต้การทดสอบค่าสถิติ t ข้างเดียว เนื่องจากสมมติฐานหลักแสดงการเกิดขึ้นของ unit root สำหรับแนวโน้มของอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง (Zivot and Andrews, 2002) หาก null hypothesis ถูกปฏิเสธแสดงว่า อนุกรมเวลาที่มีความถี่เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง ณ จุดใดจุดหนึ่งในช่วงเวลา

3.3.2 ARDL Bounds Test

งานศึกษาประยุกต์ใช้ bounds test ที่พัฒนาโดย Pesaran et al. (2001) ARDL bounds test มีข้อได้เปรียบหลายประการ กล่าวคือหนึ่งเหมาะสำหรับการตรวจสอบ cointegration สำหรับตัวแปรที่มีอนุกรมเวลาขนาดเล็ก สองเป็นไปได้สำหรับตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีความถี่ต่างระดับ order of integration ซึ่งเป็นที่กังวลมากสำหรับ Engle and Granger (1987) และ Johansen (1991) อีกทั้งให้ผลการตรวจสอบที่แข็งแกร่งหากตัวแปรอนุกรมเวลาที่มีความถี่ระดับเดียวกัน ประการที่สาม มีการนำแนวคิด unrestricted error correction มาประมาณพลวัตระยะสั้นและดุลยภาพระยะยาว

พร้อมๆกัน โดยยังคงคุณภาพของคุณภาพระยะยาวในแบบจำลอง และประการสุดท้ายไม่ทำให้เกิดความลำเอียงของค่าประมาณการณเมื่อแบบจำลองเผชิญกับ endogeneity เนื่องจากประกอบทั้งตัวแปรภายในและตัวแปรภายนอก

ในระบบ เมื่อรวมการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างแบบแฝงในตัวแปรอนุกรมเวลาสมการ ARDL สามารถเขียนอธิบายได้ดังต่อไปนี้

$$\Delta HDI_t = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 HDI_{t-1} + \beta_3 RE_{t-1} + \beta_4 GDP_{t-1} + \beta_5 CO2_{t-1} + \beta_6 TR_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_7 \Delta HDI_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_8 \Delta RE_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_9 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_{10} \Delta CO2_{t-l} + \sum_{m=0}^u \beta_9 \Delta TR_{t-m} + \varepsilon_t \quad (5)$$

$$\Delta RE_t = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 RE_{t-1} + \beta_3 HDI_{t-1} + \beta_4 GDP_{t-1} + \beta_5 CO2_{t-1} + \beta_6 TR_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_7 \Delta RE_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_8 \Delta HDI_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_9 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_{10} \Delta CO2_{t-l} + \sum_{m=0}^u \beta_9 \Delta TR_{t-m} + \varepsilon_t \quad (6)$$

$$\Delta GDP_t = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 GDP_{t-1} + \beta_3 RE_{t-1} + \beta_4 HDI_{t-1} + \beta_5 CO2_{t-1} + \beta_6 TR_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_7 \Delta GDP_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_8 \Delta RE_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_9 \Delta HDI_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_{10} \Delta CO2_{t-l} + \sum_{m=0}^u \beta_9 \Delta TR_{t-m} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$\Delta CO2_t = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 CO2_{t-1} + \beta_3 RE_{t-1} + \beta_4 GDP_{t-1} + \beta_5 HDI_{t-1} + \beta_6 TR_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_7 \Delta CO2_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_8 \Delta RE_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_9 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_{10} \Delta HDI_{t-l} + \sum_{m=0}^u \beta_9 \Delta TR_{t-m} + \varepsilon_t \quad (8)$$

$$\Delta TR_t = \beta_0 + \beta_1 D + \beta_2 TR_{t-1} + \beta_3 RE_{t-1} + \beta_4 GDP_{t-1} + \beta_5 CO2_{t-1} + \beta_6 HDI_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_7 \Delta TR_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_8 \Delta RE_{t-j} + \sum_{k=0}^r \beta_9 \Delta GDP_{t-k} + \sum_{l=0}^s \beta_{10} \Delta CO2_{t-l} + \sum_{m=0}^u \beta_9 \Delta HDI_{t-m} + \varepsilon_t \quad (9)$$

โดยที่ HDI แทนดัชนีการพัฒนากุณภาพมนุษย์ RE GDP และ CO2 แทนค่า log ของสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายทั้งหมด ค่า log ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ ราคาคงที่ต่อหัว และค่า log ของปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหัว TR แทนค่า log ของสัดส่วนการค้าระหว่างประเทศต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ ณ ราคาคงที่ Δ แสดงการเปลี่ยนแปลงลำดับที่หนึ่ง D เป็นตัวแปรหุ่นที่รวมในแบบจำลองเพื่อควบคุมการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง และ ε

คือค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ภายใต้ข้อสมมติการกระจายแบบปกติ

การเลือก lag order ที่เหมาะสมเพื่อลดความอ่อนไหวของค่าสถิติที่ใช้ทดสอบเป็นสิ่งสำคัญ ค่า optimal lag order สามารถหาได้จาก lag ที่มีค่า Akaike information criteria (AIC) และ Schwartz Bayesian criteria (SBC) อย่างใดอย่างหนึ่งน้อยที่สุด ค่าสถิติ F ที่แสดงความสัมพันธ์ร่วมของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในลำดับที่หนึ่งถูกนำมาใช้ทดสอบสมมติฐาน null hypothesis คือ $\beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6$

= 0 (ไม่มี cointegration เกิดขึ้น) ทั้งนี้ Pesaran et al. (2001) เสนอการทดสอบสมมติฐานด้วยวิธีการ two asymptotic critical values กำหนดให้มีค่าขอบเขตบน (upper critical bound) และค่าขอบเขตล่าง (lower critical bound) โดยมีหลักทดสอบว่าหากค่าสถิติ F เกินกว่าค่าขอบเขตบนสรุปมีความสัมพันธ์ระยะยาวตลอดอนุกรม คือมี cointegration เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในอนุกรมเวลานั้น หากค่าสถิติ F มีค่าน้อยกว่าขอบเขตล่างสรุปไม่มีความสัมพันธ์ระยะยาวเกิดขึ้น หรือไม่มี cointegration ระหว่างตัวแปรในอนุกรมเวลา และหากค่าสถิติ F ที่ได้มีค่าอยู่ระหว่างขอบเขต

บนและขอบเขตล่าง ไม่สามารถสรุปการเกิดขึ้นของความสัมพันธ์ระยะยาวได้

3.3.3 VECM Granger Causality

การตรวจสอบเชิงเหตุผลระหว่างตัวแปรเพื่อกำหนดทิศทางความสัมพันธ์สามารถทำได้โดยใช้แบบจำลอง VECM ซึ่งตัวแปรทุกตัวในอนุกรมเวลาเป็นตัวแปรภายในระบบสมการ ตัวแปรตอบสนอง (response variable) ถูกอธิบายด้วย lags ของตัวเองและ lags ของตัวแปรภายในตลอดจน lags ของค่าความคลาดเคลื่อนแบบจำลอง VECM สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{bmatrix} HDI_t \\ RE_t \\ GDP_t \\ CO2_t \\ TR_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_4 \\ \alpha_5 \end{bmatrix} + \sum_{i=1}^p \begin{bmatrix} \alpha_{11i} & \alpha_{12i} & \alpha_{13i} & \alpha_{14i} & \alpha_{15i} \\ \alpha_{21i} & \alpha_{22i} & \alpha_{23i} & \alpha_{24i} & \alpha_{25i} \\ \vdots & \ddots & \dots & \dots & \vdots \\ \alpha_{51i} & \alpha_{52i} & \alpha_{53i} & \alpha_{54i} & \alpha_{55i} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} HDI_{t-1} \\ RE_{t-1} \\ GDP_{t-1} \\ CO2_{t-1} \\ TR_{t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ \rho_4 \\ \rho_5 \end{bmatrix} ECT_{t-1} + \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \end{bmatrix} \quad (10)$$

โดยที่ ECT_{t-1} แสดงความเร็วในการ convergence จากระยะสั้นสู่ดุลยภาพระยะยาว หากมีสัญญาณเป็นลบและมีนัยสำคัญสามารถยืนยันการเกิดขึ้นของ long run causality ในขณะที่ short run causality พิจารณาได้จากความสัมพันธ์ร่วมของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรในลำดับที่หนึ่ง หากมี causality เกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาวสรุปว่ามีความสัมพันธ์เชิงเหตุผลอย่างแข็งแกร่งระหว่างตัวแปรในอนุกรมเวลาชุดนั้น (Oh and Lee, 2004)

3.3.4 Variance Decomposition Analysis VDA and Impulse Response Function IRF

งานศึกษาประยุกต์ใช้ generalized impulse response function เพื่อตรวจสอบผลตอบสนองของตัวแปรต่อการเบี่ยงเบนที่ไม่คาดหวังของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เครื่องมือนี้นำไปสู่การระบุลักษณะของทิศทางความสัมพันธ์ได้อย่างชัดเจนว่า เมื่อตัวแปรเกี่ยวข้องมีการเบี่ยงเบนไม่คาดหวังเกิดขึ้นจะส่งผลสนองตอบต่อตัวแปรที่สนใจในทางบวกหรือทางลบ งานศึกษายังใช้ variance decomposition analysis ในการวัดระดับความ

แข็งแกร่งสนองตอบของตัวแปรที่สนใจ โดยองค์ความรู้เรื่องระดับความแข็งแกร่งสนองตอบและทิศทางที่กำหนดการสนองตอบถูกพิจารณาว่าสามารถช่วยออกแบบนโยบายเพื่อใช้วางแผนการใช้พลังงานทดแทนในอนาคตทั้งในมิติด้านการพัฒนาคุณภาพมนุษย์และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ

4. ผลการศึกษา

4.1 ผลการทดสอบ Unit Root

ผลการศึกษาเชิงประจักษ์เริ่มด้วยค่าสถิติเชิงพรรณนาที่แสดงใน Table 1. ตัวแปรอนุกรมเวลาทุกตัวมีการกระจายแบบปกติ (probability > 0.05) และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่ค่อนข้างต่ำกระจายโดยรอบค่าเฉลี่ย ทำให้การทดสอบ unit root เพื่อหาระดับความนิ่งของตัวแปรอนุกรมเวลาสามารถทำได้

Variable	HDI	RE	GDP	CO2	TR	RE1	RE2	RE3
Mean	0.672	2.161	26.290	1.187	4.707	0.451	1.340	0.316
Std. Dev.	0.056	0.209	0.314	0.312	0.211	0.043	0.318	0.137
Jarque-Bera	2.289	1.911	1.453	2.641	3.418	3.433	1.348	3.132
Probability	0.318	0.385	0.483	0.266	0.181	0.179	0.509	0.163
observation	28	28	28	28	28	28	28	28

Table 1. Descriptive Statistics

Source: Author's estimations

Note: RE1 RE2 and RE3 indicate hydropower, biomass as well as solar energy and onshore wind power

ระดับความนิ่งของตัวแปรอนุกรมเวลาทดสอบโดยใช้ DF-GLS ซึ่งเหมาะกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีขนาดเล็ก (Elliott et al., 1996) Table 2. แสดงว่าตัวแปรอนุกรมเวลาทุกตัวมีคุณสมบัติความนิ่งเมื่อ level of integration เท่ากับ 1 (first difference) แต่อย่างไรก็ตามผลการทดสอบใน Table 2. ยืนยันการเกิดขึ้นของการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างเมื่อทดสอบโดยใช้ Zivot-Andrews โดยตัวแปรอนุกรมเวลาทั้งหมดมีคุณสมบัติความนิ่ง ณ ระดับ first difference

ภายใต้ช่วงเวลาโครงสร้างเปลี่ยนที่แตกต่างกัน

HDI มีการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างในปี 2551 สอดคล้องกับช่วงเวลาที่โครงสร้างของ RE เปลี่ยนในขณะที่ตัวแปรอื่นๆ GDP CO2 และ TR เปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างช่วงระหว่างปี 2540 – 2541 มีความเป็นไปได้ว่า HDI และ RE เพิ่งเริ่มมีเปลี่ยนโครงสร้างหลังวิกฤติการเงินครั้งล่าสุดหรือวิกฤติซับพาร์ม (2008-2009) ส่วน GDP CO2 และ TR มีโครงสร้างที่เปลี่ยนตั้งแต่ช่วงวิกฤติเศรษฐกิจ

ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรือวิกฤติ
ต้มยำกุ้ง (1997-1998)

เมื่อพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงาน
ทดแทนแยกตามเทคโนโลยีพลังงาน พบว่า
กลุ่มพลังงานน้ำ RE1 มีการเปลี่ยนแปลงเชิง

โครงสร้างตั้งแต่ปี 2541 ส่วนกลุ่มมวล
ชีวภาพ RE2 และกลุ่มพลังงานแสงอาทิตย์
กับลมบนบก RE3 เพิ่งเห็นแนวโน้มการ
เปลี่ยนเชิงโครงสร้างหลังปี 2551-2552

Table 2. DF-GLS Unit Root Test and Zivot-Andrews Unit Root with Structural Break Test

Variable	DF-GLS Test Statistic		Zivot-Andrews Structural Break Test Statistic			
	At Level t-stat (prob)	At First Difference t-stat (prob)	At level t-stat (prob)	Time Break	At First Difference t-stat (prob)	Time Break
HDI	0.048 (0.962)	-1.980** (0.06)	-3.298 (0.178)	2008	-5.907*** (0.003)	2008
RE	-0.065 (0.949)	-3.177*** (0.004)	-3.140 (0.376)	2007	-7.389*** (0.006)	2008
GDP	0.215 (0.832)	-3.305*** (0.003)	-4.533 (0.428)	1999	-5.478*** (0.003)	1997
CO2	-0.332 (0.742)	-3.510*** (0.002)	-4.191 (0.236)	1998	-5.409** (0.049)	1997
TR	-1.023 (0.314)	-5.994*** (0.000)	-3.336 (0.296)	2001	-6.278** (0.024)	1997
RE1	-0.446 (0.981)	-3.963** (0.026)	1.080 (0.161)	2001	-3.257* (0.095)	1998
RE2	-0.306 (0.762)	-3.655*** (0.002)	-0.193 (0.928)	2007	-3.723*** (0.010)	2008
RE3	0.193 (0.928)	3.584** (0.013)	0.795 (0.954)	2007	2.880* (0.061)	2007

Source: Author's estimations

Notes: 1) *** shows the level of 1% significance level, ** shows the level of 5% significance level, and * indicates the level of 10% significance level

2) RE1 RE2 and RE3 indicate hydropower, biomass as well as solar energy and onshore wind power

4.2 ผลการวิเคราะห์ Cointegration ด้วย Bounds Test

งานศึกษาเลือกใช้เกณฑ์ AIC ในการ
กำหนด optimal lag order ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่
เหมาะสมสำหรับข้อมูลอนุกรมเวลาขนาด
เล็ก (Lütkepohl, 2006) ผลการวิเคราะห์
cointegration ของตัวแปรอนุกรมเวลาแสดง
ใน Table 3. ด้วยค่าสถิติ F มีค่าเกินกว่าค่า
ขอบเขตบนของ Pesaran et al. (2001) การ

วิเคราะห์ cointegration ซึ่งให้เห็นการเกิดขึ้น
ของความสัมพันธ์ระยะยาวในดัชนีการ
พัฒนาคุณภาพมนุษย์ สัดส่วนการใช้พลังงาน
ทดแทน การเติบโตทางเศรษฐกิจ ปริมาณ
การปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และสัดส่วน
การค้าระหว่างประเทศ

แต่อย่างไรก็ตามผลการวิเคราะห์ไม่มี
ข้อสรุปชัดเจนเกี่ยวกับการใช้พลังงาน
ทดแทนแยกตามเทคโนโลยี โดยเฉพาะใน

กลุ่มพลังงานน้ำ RE1 และกลุ่มมวลรวม เช่นนี้การศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลจึง
ชีวภาพ RE2 ส่วนกลุ่มพลังงานแสงอาทิตย์ ถูกจำกัดเฉพาะสัดส่วนการใช้พลังงาน
กับลมบนบก RE3 ไม่พบหลักฐานที่ยืนยันว่า ทดแทนมวลรวม (RE)
มีความสัมพันธ์ระยะยาวเกิดขึ้น เมื่อเป็น

Table 3. Results of ARDL Cointegration Bounds Test

Dependent Variable	F Statistic	95% Lower Bound	95% Upper Bound	Cointegration
F (HDI-RE GDP CO2 TR)	5.536	2.620	3.793	Yes
F (RE-HDI GDP CO2 TR)	7.357	2.620	3.793	Yes
F (GDP-HDI RE CO2 TR)	4.529	2.620	3.793	Yes
F (CO2-HDI RE GDP TR)	5.237	2.620	3.793	Yes
F (TR-HDI RE GDP CO2)	3.999	2.620	3.793	Yes
F (RE1-HDI GDP CO2 TR)	2.842	2.620	3.793	Inconclusive
F (RE2-HDI GDP CO2 TR)	2.954	2.620	3.793	Inconclusive
F (RE3-HDI GDP CO2 TR)	1.976	2.620	3.793	No

Source: Author's estimations

Notes: 1) Critical value of upper and lower bounds are obtained from Narayan (2005)

2) RE1 RE2 and RE3 indicate hydropower, biomass as well as solar energy and onshore wind power

4.3 ผลการวิเคราะห์ระยะสั้นและระยะยาว ด้วยแบบจำลอง ARDL และ ECM

ความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงาน
ทดแทนกับดัชนีการพัฒนามนุษย์ของคนไทยมี
ความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิงระหว่างผลการ
ประมาณค่าระยะสั้นและระยะยาว โดยผลการ
ประมาณค่าระยะสั้นพบความสัมพันธ์ทางลบ
ระหว่างตัวแปรทั้งสอง ในขณะที่ผลการ
ประมาณค่าระยะยาวกลับพบความสัมพันธ์ใน
ทิศทางบวก แสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

ผลประมาณค่าพลวัตระยะสั้นด้วย
แบบจำลอง unrestricted error correction
(Table 4.) แสดงว่ามีความสัมพันธ์ทางลบ
ระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับดัชนีการ
พัฒนามนุษย์ด้วยค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.094

สัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นร้อยละ 1
ทำให้ดัชนีการพัฒนามนุษย์เปลี่ยนแปลงลดลง
0.094 พบว่าพลังงานน้ำและมวลชีวภาพส่งผล
ต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต เป็นด้วยพลังงาน
น้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางเป็นสิ่งที่คนส่วน
ใหญ่เข้าถึงได้ยาก ประกอบกับน้ำต้นทุนที่ถูก
นำมาใช้เป็นพลังงานสามารถใช้พัฒนาคุณภาพ
ชีวิตคนส่วนใหญ่ในด้านอื่นได้ดีกว่า เช่น น้ำเพื่อ
การเกษตร น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค เป็นต้น
จากรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี
2557 และ 2560 (TAES, 2014 ;2017) พบว่า
พลังงานทดแทนที่ได้จากพลังงานน้ำมีเพียงร้อย
ละ 5 ของพลังงานทดแทนที่ใช้ทั้งหมด คิดเป็น
อัตราการขยายตัวน้อยกว่าร้อยละ 2 ระหว่างปี
2553-2560 ส่วนมวลชีวภาพที่นำมาใช้ผลิตความ

ร้อนคิดเป็นร้อยละ 10 ของพลังงานทดแทนที่ใช้ในระหว่างปี 2553-2557 ส่วนใหญ่ได้จากโรงงานน้ำตาล และโรงงานเอื้อกระดาษ ทำให้การสร้างส่วนร่วมพัฒนากับคนส่วนใหญ่เกิดขึ้นจำกัด

แต่ในทางตรงกันข้ามผลประมาณค่าพลวัตระยะยาวด้วยแบบจำลอง ARDL (Table 4.) แสดงว่าการใช้พลังงานทดแทนส่งผลบวกต่อดัชนีการพัฒนามนุษย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ด้วยสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ดัชนีการพัฒนามนุษย์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 0.087 การที่พลังงานทดแทนสามารถเพิ่มดัชนีการพัฒนามนุษย์ได้ในระยะยาว เป็นด้วยมีการเปลี่ยนเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ผลการวิเคราะห์เทคโนโลยีพลังงานในระยะยาว (disaggregated model) พบว่ามวลชีวภาพและพลังงานแสงอาทิตย์กับลมบนบกมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตคนไทยด้วยค่าสัมประสิทธิ์ 0.054 และ 0.025 เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจด้วยคนส่วนใหญ่สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีพลังงานทั้งสองได้ง่ายจึงนำไปสู่การสร้างส่วนร่วมในการพัฒนาได้หลายระดับ สอดคล้องกับรายงานพลังงานทดแทนของประเทศไทยปี 2560 (TAES, 2017) ที่แสดงว่าระหว่างปี 2556-2560 ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 6.2 ต่อปี โดยอยู่ในรูปความร้อนจากมวลชีวภาพของเหลือใช้ทางการเกษตร (ยอดและใบอ้อย ชังข้าวโพด ฟางข้าว) แสงอาทิตย์ และขยะ มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 62.4 รองลงมาเป็นพลังงานไฟฟ้าจาก

แสงอาทิตย์ ลมบนบก และมวลชีวภาพจากวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่ (เปลือกปาล์ม กะลามะพร้าว เศษไม้) คิดเป็นร้อยละ 21.1 และเชื้อเพลิงชีวภาพอีกร้อยละ 16.5 ทำให้การเพิ่มคุณภาพบริการสุขภาพด้วยการใช้พลังงานทดแทนในพื้นที่มาผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้าเป็นสิ่งที่คาดหวังได้ เช่นเดียวกับการพัฒนาคุณภาพการศึกษาผ่านการใช้แหล่งพลังงานที่เกิดจากส่วนร่วมในการใช้พลังงานทดแทนของสถานศึกษา

สำหรับการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจกับดัชนีการพัฒนามนุษย์แสดงความสัมพันธ์ทางลบทั้งในระยะสั้นและระยะยาว อาจเป็นด้วยรายได้ต่อหัวที่เพิ่มขึ้นมีการกระจุกตัว ทำให้ส่งผลจำกัดต่อดัชนีการพัฒนามนุษย์ซึ่งชี้วัดรายได้ต่อหัวของคนส่วนใหญ่ เช่นเดียวกับการค้าระหว่างประเทศที่แสดงความสัมพันธ์ทางลบอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีการพัฒนามนุษย์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว แต่อย่างไรก็ตามผลการศึกษาชี้ให้เห็นความน่าสนใจของการลดคุณภาพสิ่งแวดล้อมกลับส่งผลทางบวกต่อดัชนีการพัฒนามนุษย์ของคนไทย สะท้อนว่าเมื่อมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ทำให้ดัชนีการพัฒนามนุษย์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 0.029

นอกจากนี้ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นการเกิดขึ้นของดุลยภาพระยะยาวในดัชนีคุณภาพมนุษย์ ที่ค่าสัมประสิทธิ์คิดลบเท่ากับ -0.313 สะท้อนว่าเมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องหันเหจากดุลยภาพ ความเร็วในการดึงกลับเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาวมีค่าเท่ากับร้อยละ 31.3

เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงและความน่าเชื่อถือของค่าประมาณการ งานศึกษาได้รวบรวมเครื่องมือทางสถิติในการทดสอบ 1) functional form misspecification 2) normality 3) endogeneity 4) serial correlation และ 5) heteroskedasticity และแสดงใน **Table 4**. โดยผลการทดสอบยืนยันความกลมกลืนของแบบจำลอง

นอกจากนี้งานศึกษามีการทดสอบ stability ของแบบจำลอง aggregated renewable energy โดยใช้ cumulative sum CUSUM and cumulative sum of squares CUSUMSQ โดยผลการทดสอบใน **Figure 2**. แสดงความนิ่งของค่าประมาณการทั้งระยะสั้นและระยะยาวตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา สะท้อนจากค่าประมาณการที่อยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่าง

Table 4. Estimated Long Run and Short Run Coefficients of the HDI using the ARDL Approach

Variable	Aggregated Renewable Energy Model			Disaggregated Renewable Energy Model		
	Coefficient	t-Statistic	Probability	Coefficient	t-Statistic	Probability
Long Run Dynamic Results						
RE	0.087***	5.529	0.000	-	-	-
RE1	-	-	-	-0.017*	-2.041	0.059
RE2	-	-	-	0.054***	5.190	0.000
RE3	-	-	-	0.025***	2.971	0.008
GDP	-0.048*	-2.129	0.057	-0.037***	-5.841	0.000
CO2	0.026	1.059	0.277	0.034	2.016	0.174
TR	-0.053***	-3.882	0.008	-0.036	-0.700	0.492
Short Run Dynamic Results						
Δ RE	-0.094**	-2.713	0.022	-	-	-
Δ RE1	-	-	-	-0.032*	-1.962	0.065
Δ RE2	-	-	-	-0.049*	-2.041	0.059
Δ RE3	-	-	-	0.017	0.829	0.420
Δ GDP	-0.058***	-4.986	0.000	-0.064***	-2.949	0.009
Δ CO2	0.029*	2.196	0.052	0.032**	2.693	0.017
Δ TR	-0.027*	-1.956	0.079	-0.022	-0.368	0.717
CointEq (-1)	-0.313***	-4.807	0.000	-0.429***	-5.184	0.000
Adjusted R Square			0.831			0.643
F-Statistic (0.000)			317.720			124.145(0.000)
Serial Correlation (χ^2)			1.244 (0.527)			0.081 (0.773)
Heteroskedasticity (χ^2)			1.862 (0.185)			1.416 (0.237)
Normality (χ^2)			1.810 (0.404)			1.706 (0.426)
RESET (χ^2)			2.218 (0.136)			1.617 (0.190)

Source: Author's estimations

Notes: 1) ***, **, and * indicate the level of significance at 1%, 5%, and 10% respectively

2) RE1 RE2 and RE3 indicate hydropower, biomass as well as solar energy and onshore wind power

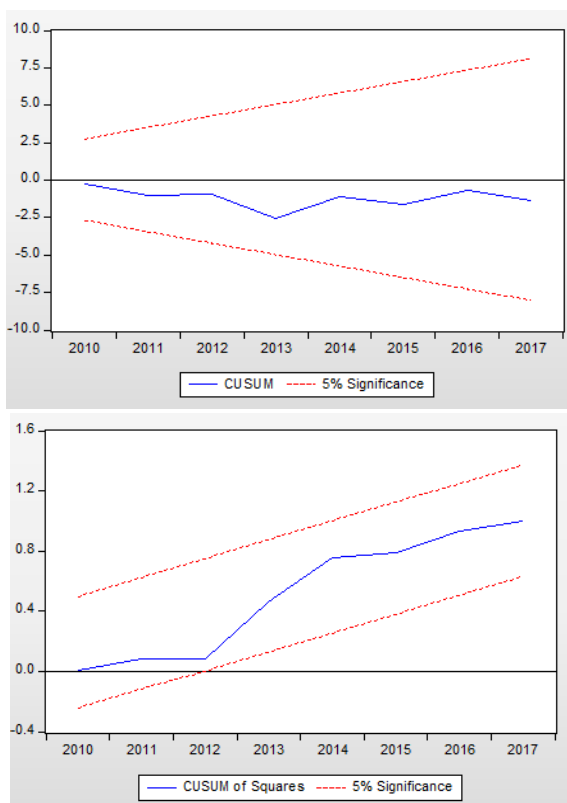


Figure 2. Plots of CUSUM and CUSUMSQ

Source: Calculated

4.4 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ด้วย VECM Granger Causality

ผลลัพธ์จากแบบจำลอง VECM แสดงดัง **Table 5.** พบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสองทิศทางระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตในระยะยาวซึ่งสอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง ARDL เป็นเพราะว่า การใช้พลังงานทดแทนสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านการมีส่วนร่วมของคนส่วนใหญ่ในการลดอุปสรรคการพัฒนาคุณภาพการศึกษา และเพิ่มคุณภาพการเข้าถึง

บริการสุขภาพ (ส่วนร่วมระดับกลาง) ในทางเดียวกันระดับการพัฒนาคุณภาพชีวิตก็มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนที่มากขึ้นในอนาคต อาจเกิดจากการมีส่วนร่วมพัฒนาพลังงานทดแทนของคนส่วนใหญ่ในพื้นที่ กระตุ้นให้คนดูแลสุขภาพมากขึ้นและคาดหวังต่อการมีชีวิตที่ยืนยาว ทำให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่อง (ส่วนร่วมระดับสูง)

แต่ทั้งนี้งานศึกษาพบเพียงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทิศทางเดียวจากการเติบโตทางเศรษฐกิจสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิต และจากคุณภาพสิ่งแวดล้อมสู่การใช้พลังงานทดแทน

Table 5. Results of VECM Granger Causality

Variable	Long Run Causality (χ^2)	Short Run Causality (χ^2)				
	ECM _{t-1}	HDI	RE	GDP	CO2	TR
HDI	-0.328** (0.033)	-	-7.649*** (0.006)	-3.175* (0.075)	0.181 (0.671)	0.230 (0.632)
RE	-2.769* (0.092)	3.174* (0.076)	-	1.726 (0.189)	3.032* (0.085)	0.218 (0.641)
GDP	-0.688 (0.417)	0.041 (0.838)	0.664 (0.415)	-	0.601 (0.889)	1.204 (0.174)
CO2	2.121 (0.195)	0.781 (0.377)	0.034 (0.853)	1.452 (0.228)	-	0.047 (0.827)
TR	-1.990 (0.207)	0.058 (0.738)	2.561 (0.109)	0.137 (0.711)	2.640 (0.104)	-

Source: Author's estimations

Note: ***, **, and * indicate the level of significance at 1%, 5%, and 10% respectively

4.5 ผลการวิเคราะห์ Impulse Response และ Variance Decomposition ของ HDI และ RE

การสนองตอบของตัวแปร HDI ที่เกิดจากการเบี่ยงเบนของตัวแปร HDI RE และ GDP แสดงบน **Figure 3**. ผลการศึกษาชี้ให้เห็นการเบี่ยงเบนของ HDI ทำให้ระดับการพัฒนาคุณภาพชีวิตในระยะยาวมีแนวโน้มลดต่ำลงพร้อมกับส่วนเบี่ยงเบนของ GDP ส่งผลลบเช่นเดียวกัน สะท้อนให้เห็นว่ารูปแบบการพัฒนา HDI ที่มุ่งการเติบโตทางเศรษฐกิจจากรายได้ต่อหัวมีแนวโน้มจำกัดการพัฒนา HDI ในอนาคต วัดระดับความแข็งแกร่งโดยใช้ variance decomposition (**Table 6**). ยืนยันว่าตัวแปร HDI ในปัจจุบันอธิบาย HDI ในอนาคตได้ลดลงจากร้อยละ 82 เหลือเพียงร้อยละ 73 ภายในระยะเวลา 10 ปี ตัวแปร GDP ในปัจจุบันก็เช่นเดียวกันอธิบายตัวแปร HDI ในอนาคตได้ลดลงจากร้อยละ 7 เหลือเพียงร้อยละ 3 ภายในระยะเวลา 10 ปี

การเบี่ยงเบนของ RE ตรงกันข้ามส่งผลบวกต่อระดับการพัฒนาคุณภาพชีวิตในอนาคตเมื่อเวลาผ่านไปห้าปี แสดงให้เห็นว่าแม้การใช้พลังงานทดแทนนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพชีวิตในอนาคตได้ การเปลี่ยนแปลงระดับการพัฒนา ยังไม่เกิดขึ้นทันที **Table 6**. ยืนยันว่าตัวแปร RE ในปัจจุบันอธิบายตัวแปร HDI ในอนาคตได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6 ในปีที่ 5 เป็นร้อยละ 18 ในปีที่ 10 ในทางเดียวกันการเบี่ยงเบนของ HDI ก็สามารถผลักดันให้เกิดการใช้พลังงานทดแทนเมื่อเวลาผ่านไปห้าปีเช่นกัน เป็นการสะท้อนว่าด้วยคุณภาพการศึกษา และความคาดหวังสุขภาพที่ดีเพื่อชีวิตที่ยืนยาว นำไปสู่การเพิ่มระดับการใช้พลังงานทดแทนที่ต่อเนื่อง ตัวแปร HDI ในปัจจุบันจึงอธิบายตัวแปร RE ในอนาคตได้เพิ่มขึ้น จากร้อยละ 9 ในปีที่ 5 เป็นเกือบร้อยละ 16 ในปีที่ 10 (**Table 7**). ในทางนี้ ยืนยันบทบาทของตัวแปร RE ต่อระดับการพัฒนา HDI ในอนาคต

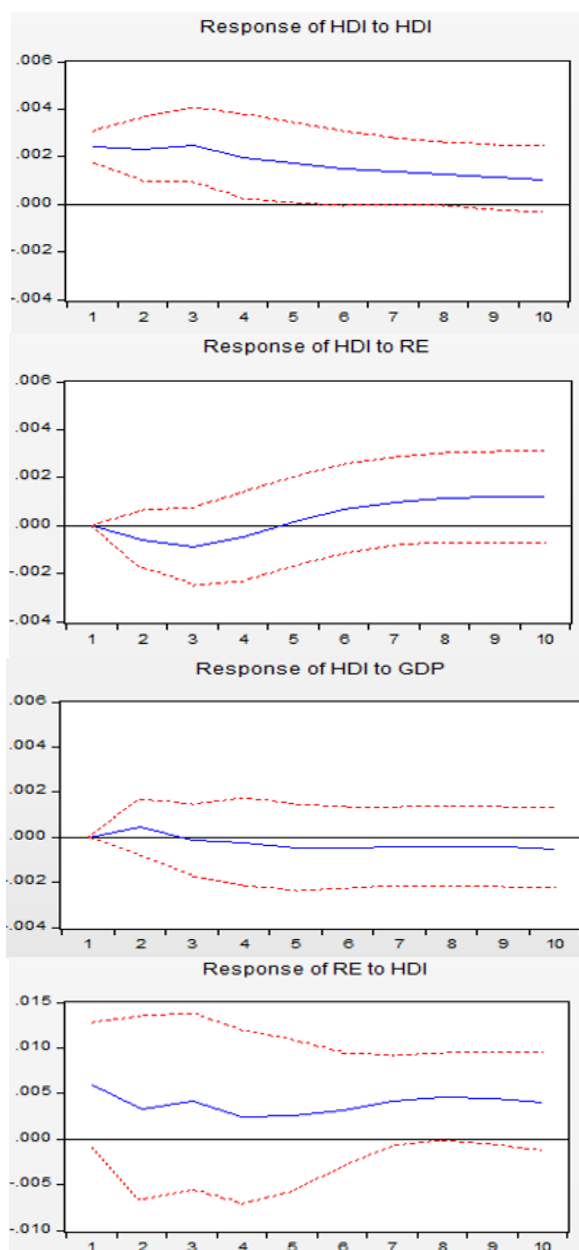


Figure 3. Results of Impulse Response Function
Source: Calculated

Table 6. Results of Variance Decomposition of HDI

Period	S.E.	HDI	RE	GDP	CO2	TR
1	0.0023	100.00	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.0036	80.815	4.586	8.866	1.421	4.312
3	0.0046	82.539	3.493	9.619	1.004	3.345
4	0.0051	84.092	2.406	9.112	1.022	3.368
5	0.0054	82.156	5.829	7.007	1.660	3.348
6	0.0057	81.725	7.648	5.252	2.156	3.219
7	0.0060	78.471	11.761	4.326	2.469	2.973
8	0.0063	76.952	14.430	3.206	2.672	2.740
9	0.0065	74.537	16.984	2.994	2.941	2.544
10	0.0067	73.305	18.189	2.783	3.335	2.388

Source: Author's estimations

Table 7. Results of Variance Decomposition of RE

Period	S.E.	HDI	RE	GDP	CO2	TR
1	0.0178	8.895	91.105	0.000	0.000	0.000
2	0.0250	7.325	86.809	2.877	2.026	0.963
3	0.0274	6.381	87.740	3.262	1.704	0.913
4	0.0285	8.453	84.001	3.358	3.277	0.911
5	0.0290	8.939	82.699	3.421	4.044	0.897
6	0.0293	9.865	81.175	4.126	3.955	0.879
7	0.0299	11.428	78.512	5.038	4.168	0.851
8	0.0306	13.171	75.361	5.733	4.919	0.814
9	0.0313	14.642	72.536	6.257	5.788	0.777
10	0.0320	15.580	70.608	6.667	6.399	0.746

Source: Author's estimations

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ความเชื่อมโยงระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับความยั่งยืนของการพัฒนาทางเศรษฐกิจถูกพิจารณาว่าสำคัญยิ่งต่อการจัดการใช้พลังงานในอนาคต ทั้งนี้ไม่ควรจำกัดที่รายได้ต่อหัวที่มักให้ความสำคัญโดยงานศึกษาในอดีต แต่ควรต่อเนื่องถึงตัวแปรเชิงคุณภาพซึ่งมีผลต่อคุณภาพชีวิตระยะยาวของคนในประเทศ งานศึกษาปัจจุบันจึงมุ่งสนับสนุนองค์ความรู้ด้านการใช้พลังงานทดแทนในสามด้านคือ หนึ่ง ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตเพื่อทราบถึงอิทธิพลของการใช้พลังงานทดแทนในอนาคต สองเป็นงานศึกษาเชิงประจักษ์ของ

ประเทศไทยที่วิเคราะห์การใช้พลังงานทดแทนจำแนกตามเทคโนโลยีทั้งสามคือ พลังงานน้ำ มวลรวมชีวภาพ และพลังงานแสงอาทิตย์กับลม บนบก และสามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างของการใช้พลังงานทดแทน เพื่อให้เกิดความเข้าใจในผลกระทบของการใช้พลังงานทดแทนต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต และการเติบโตทางเศรษฐกิจตลอดช่วงเวลา

ผลการวิเคราะห์ unit root ยืนยันความนิ่งของตัวแปรอนุกรมเวลาในระดับเดียวกันที่ first difference และชี้ให้เห็นหลักฐานการเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้าง ตัวแปร GDP CO2 และ TR เกิดขึ้นช่วงเวลาหลังปี 2540 ในขณะที่ตัวแปร RE และ HDI เกิดขึ้นหลังปี 2552 มี

ความเป็นไปได้ว่าหากไม่พิจารณาผลต่อเนื่องถึงตัวแปร HDI การวิเคราะห์การใช้พลังงานทดแทนจะขาดความครอบคลุมและอาจเกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์บทบาทพลังงานทดแทนต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจในระยะยาว

การวิเคราะห์ cointegration ด้วย bounds test แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระยะยาวในตัวแปร HDI RE GDP CO2 และ TR ซึ่งนำไปสู่การประมาณค่าดุลยภาพระยะยาวและพลวัตระยะสั้น ผลศึกษาพบว่าการใช้พลังงานทดแทนส่งผลทางลบต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตในระยะสั้น แต่ส่งผลทางบวกในระยะยาว เนื่องจากในระยะสั้นพลังงานน้ำ (RE1) ไม่มีผลให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตจากส่วนร่วมของคนส่วนใหญ่ ในขณะที่พลังงานจากมวลชีวภาพ (RE2) และพลังงานแสงอาทิตย์และลมบนบก (RE3) กลับทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตในระยะยาว ผลลัพธ์สะท้อนความเป็นไปได้ถึงส่วนร่วมพัฒนาของคนส่วนใหญ่ในการใช้มวลชีวภาพในพื้นที่และสนับสนุนพลังงานธรรมชาติอย่างเช่นพลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลมบนบก ในการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนไทย พลังงานน้ำทำให้เกิดการพัฒนาคุณภาพชีวิตทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่จำกัดอาจเป็นด้วยน้ำต้นทุนที่นำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนสามารถนำไปใช้เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตในด้านอื่นๆ อีกว่าตัวอย่างเช่น น้ำต้นทุนใช้พัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านการเป็นปัจจัยการผลิตของภาคเกษตรและภาคอุตสาหกรรม และน้ำต้นทุนนำไปใช้พัฒนา

คุณภาพชีวิตผ่านการเป็นน้ำอุปโภคบริโภคให้ภาคครัวเรือน เป็นต้น

ทั้งนี้พบความสัมพันธ์เชิงเหตุผลสองทิศทางระหว่างการใช้พลังงานทดแทนกับการพัฒนาคุณภาพชีวิต เป็นด้วยการใช้พลังงานทดแทนสามารถพัฒนาคุณภาพชีวิตผ่านการมีส่วนร่วมในการลดอุปสรรคการพัฒนาคุณภาพการศึกษา การเพิ่มคุณภาพการเข้าถึงบริการสุขภาพ และในขณะเดียวกันระดับการพัฒนาคุณภาพชีวิตก็มีผลต่อการใช้พลังงานทดแทนที่เพิ่มขึ้นในอนาคต แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงระดับคุณภาพชีวิตมิได้เกิดขึ้นทันที ผลการศึกษา impulse response และ variance decomposition ชี้ให้เห็นว่าระดับการใช้พลังงานทดแทนในปัจจุบันสามารถอธิบายการพัฒนาคุณภาพชีวิตในอนาคตได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 6 เป็นร้อยละ 18 เมื่อเวลาผ่านไป 5 ปี ส่วนระดับการพัฒนาคุณภาพชีวิตในปัจจุบันก็อธิบายการใช้พลังงานทดแทนในอนาคตได้เพิ่มขึ้นเช่นกันจากร้อยละ 9 ในปี 5 เป็นเกือบร้อยละ 16 ในปี 10 สะท้อนว่าด้วยคุณภาพการศึกษาและความคาดหวังสุขภาพที่ดีเพื่อชีวิตที่ยืนยาว นำไปสู่การใช้พลังงานทดแทนอย่างต่อเนื่อง เป็นการยืนยันบทบาทของพลังงานทดแทนต่อระดับการพัฒนา HDI ในอนาคต

ผลการศึกษา ARDL ยังพบว่า การเติบโตทางเศรษฐกิจส่งผลทางลบต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตทั้งในระยะสั้นและระยะยาว การศึกษา impulse response และ variance decomposition ชี้ให้เห็นว่าระดับการพัฒนา

คุณภาพชีวิตในปัจจุบันอธิบายการพัฒนาคุณภาพชีวิตในอนาคตได้น้อยลงจากร้อยละ 82 เหลือเพียงร้อยละ 73 ภายในระยะเวลา 10 ปี เช่นเดียวกับระดับการเติบโตทางเศรษฐกิจส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตในอนาคต กล่าวคืออธิบายได้ลดลงจากร้อยละ 7 เหลือเพียงร้อยละ 3 ภายในระยะเวลา 10 ปี หมายความว่า การพัฒนาคุณภาพชีวิตยังรับผลพวงที่เป็นประโยชน์จากการเติบโตทางเศรษฐกิจอยู่บ้าง แต่ผลพวงที่เป็นประโยชน์จะมีความสำคัญลดลงตามลำดับในอนาคตซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Pirlogea (2012) ที่ศึกษากับกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ในทางนี้นำไปสู่ข้อสนับสนุนแนวทางการพัฒนาดัชนีคุณภาพมนุษย์ HDI ของประเทศไทยควรเปิดกว้างมากกว่าประเด็นการเติบโตทางเศรษฐกิจ

ผลการศึกษาด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อมยืนยันการเกิดขึ้นของความสัมพันธ์เชิงเหตุผลทิศทางเดียวระหว่างการพัฒนาคุณภาพชีวิตกับการใช้พลังงานทดแทน แม้ว่าผลการศึกษาแสดงว่า ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อพัฒนาคุณภาพชีวิตระยะสั้นก็ตาม อาจเป็นเพราะคนไทยส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับภาคการผลิตและภาคบริการที่มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงพลังงาน ในทางนี้ การลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์มีแนวโน้มส่งผลโดยตรงต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตในทันที มีความเป็นไปได้ว่าแนวทางการพัฒนาคุณภาพชีวิตควรสนับสนุนการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมผ่าน

ส่วนร่วมในการใช้พลังงานมวลชีวภาพและพลังงานแสงอาทิตย์กับลมนบนมากกว่าการควบคุมปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านการจำกัดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงโดยตรง

การค้าระหว่างประเทศก็เช่นเดียวกันส่งผลทางลบต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sinha and Sen (2016) ที่ศึกษากับกลุ่มประเทศเศรษฐกิจใหม่ BRICS ที่เป็นเช่นนี้มีได้หมายความว่า การค้าระหว่างประเทศไม่มีประโยชน์ต่อเศรษฐกิจของประเทศ หากแต่ประโยชน์ที่ได้รับจากการค้าระหว่างประเทศในมิติคุณภาพชีวิตมีจำกัด อาจด้วยการกระจุกตัวเฉพาะกลุ่ม เช่น ผู้ส่งออก ธุรกิจขนาดใหญ่ การขนส่งระหว่างประเทศ เป็นต้น นโยบายการค้าที่เปิดโอกาสให้กลุ่มธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็กได้เข้าถึงการค้าระหว่างประเทศ ตลอดจนส่งเสริมผู้ประกอบการขนส่งได้เชื่อมโยงระบบโลจิสติกส์ระหว่างประเทศ จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมคุณภาพชีวิตของคนไทยผ่านการค้าระหว่างประเทศ เพื่อให้สมดังเจตนารมณ์ของแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี ที่ว่า “การพัฒนาที่ไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง (inclusive growth in economic and human development)”

References

- Apergis, N., Payne, J.E., Menyah, K., and Wolde-Rufael, Y. (2010). On the causal dynamics between emissions, nuclear energy, renewable energy, and economic growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- AEDP. (2015). Alternative energy development plan. Retrieved September, 2015, from <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/ENG/AEDP2015ENG.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). Thailand's key macroeconomic chart pack. Retrieved June, 2019, from https://www.bot.or.th/Thai/Statistics/Graph/Chart_Pack/Chart%20Pack.pdf
- Dickey, D.A., and Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74, 427-431.
- EEP. (2015). Energy efficiency plan 2015. Retrieved August, 2015, from <http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/EEP2015.pdf>
- Elliott, G., Stock, J.H., and Rothenberg, T.J. (1996). Efficient tests for an autoregressive unit root. *Econometrica*, 64(4), 813-836.
- Engle, R., and Granger, W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica*, 55(2), 251-276.
- HDI. (2018). Human development indices and indicators. Retrieved May, 2018, from http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf.
- IEA. (2017). Tracking clean energy progress 2017. Retrieved August, 2017, from <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/TrackingCleanEnergyProgress2017.pdf>.
- INDC. (2016). Analysis of intended nationally determined contributions. Retrieved June, 2016, from <https://www.climatelinks.org/file/2104/download?token=ICW6yp8i>
- IRENA. (2015). Renewable energy capacity statistics 2015. Retrieved June, 2015, from <https://www.irena.org/publications/2015/Jun/Renewable-Energy-Capacity-Statistics-2015.pdf>
- IRENA. (2016). Renewable energy statistics 2016. Retrieved July, 2016, from <https://www.irena.org/publications/2016/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2016.pdf>
- IRENA. (2017). Renewable energy outlook Thailand. Retrieved May, 2017, from https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Nov/IRENA_Outlook_Thailand_2017.pdf
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing for cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, 59(6), 1551-1580.
- Kazar, G., and Kazar, A. (2014). The renewable energy production-economic development nexus. *International Journal of Trade, Economics, and Finance*, 2, 251-253.
- Kwiatkowski, D., Phillips, P.C., Schmidt, P., and Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54, 159-178.
- Lütkepohl, H. (2006). Chapter 6 forecasting with VARMA model. *Handbook of Economic Forecasting*, 1, 287-325.
- Narayan, P. (2005). The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. *Applied Economics*, 37(17), 1979-1990.

- Neves, A., Leal, V., and Lourenço. (2015). A methodology for sustainable and inclusive local energy planning. *Sustainable Cities and Society*, 17, 110-121.
- Öcal, O., and Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption-economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 494-499.
- Oh, W., and Lee, K. (2004). Energy consumption and economic growth in Korea: testing the causality relation. *Journal of Policy Modeling*, 26(8-9), 973-981.
- Ouedraogo, N.S. (2013). Energy consumption and human development: evidence from a panel cointegration in Cambodia. *Ecological Indicator*, 57, 324-330.
- Ozturk, I., and Acaravci, A. (2011). Electricity consumption and real GDP causality nexus: evidence from ARDL bounds testing approach for 11 MENA countries. *Applied Energy*, 88(8), 2885-2892.
- Pesaran, M.H., Shin, Y., and Smith, R.J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-326.
- Pirloge, C. (2012). The human development relies on energy: panel data evidence. *Procedia Economics and Finance*, 3, 496-501.
- Schrag, D.P. (2013). Links between energy, air quality, and human health: the role of public health in the energy-climate challenge. Public Health Linkages with Sustainability by Institute of Medicine of the National Academies. *The National Academies Press*, D.C.
- Šimelytė, A., and Dudzeviciūtė, G. (2017). Consumption of renewable energy and economic growth. Conference paper: Contemporary Issues in Business, Management and Education, EISSN 2029-7963.
- Sinha, A., and Sen, S. (2016). Atmospheric consequences of trade and human development: a case of BRIC countries. *Atmospheric Pollution Research*, 7, 980-989.
- Stern, P.C. (2000). New environmental theories: toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *Journal of Social Issues*, 56(3), 407-424.
- Stiglitz, J., Sen, A., and Fitoussi, J.P. (2009). The measurement of economic performance and social progress revisited: reflections and overview. *Sciences Po Publications*, 33, 1-66.
- TAES. (2017). Thailand alternative energy situation 2017 (in Thai). Retrieved December, 2019, from https://www.dede.go.th/download/stat61/Thailand_Alternative_Energy_Situation_2017.pdf
- TAES. (2014). Thailand alternative energy situation 2014 (in Thai). Retrieved December, 2019, from <https://data.go.th/DatasetDetail.aspx?id=44e5ccff-392c-4d05-b0c0-698e4992dcca&AspxAutoDetectCookieSupport=1>
- Tiba, S., and Omri, A. (2017). Literature survey on the relationships between energy, environment, and economic growth. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 1129-1146.
- 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.
- Wang, Z., Danish, Z.B., and Wang, B. (2018). Renewable energy consumption, economic growth and human development index in Pakistan: evidence from simultaneous equation model. *Journal of Cleaner Production*, 184, 1081-1090.
- Zivot, E., and Andrews D. (1992). Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit root hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics*, 10(3), 251-270.

