

การบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Carbon Credit Management in Supply Chain using Geographic Information System

^{1*}ชณิชา หมอยาดี, ^{2#}ธิตี จิรวรรณกร, ^{3#}ชลิตา ตริยวานิช และ ^{4#}ปญญารักษ์ โกศลวัฒน์

^{1,2}วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

³คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี

⁴กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Received : October 2, 2022

Revised : December 13, 2022

Accepted : December 20, 2022

^{1*}Chanicha Moryadee, ^{2#}Thiti Jirawatcharakorn, ^{3#}Chalita Thriyawanich and ^{4#}Panyarak Kosanwat

^{1,2}College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University

³Faculty of Business Administration, Bangkokthonburi University

⁴Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Thai Air Force Academy

*chanicha.mo@ssru.ac.th, #s61484923013@ssru.ac.th, #chalita.thr@bkkthon.ac.th, #panyarak@rtaf.mi.th

บทคัดย่อ

จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจแห่งชาติฉบับที่ 12 ยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป้าหมายที่ 4 เพิ่มประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจก และขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่คาร์บอนเครดิตและโอกาสทางธุรกิจใหม่ที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอนเครดิตจึงมีความสำคัญ ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังไม่มีรูปแบบในการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทาน การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ มีระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบ Cloud Database โดยใช้ MySQL Server ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล และใช้การแสดงผลตำแหน่งแผนที่ต่าง ๆ ผ่าน Google Map สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานผ่านทาง Application Line โดยกลุ่มตัวอย่างมาจากการคัดเลือกโดยเฉพาะเจาะจง จำนวน 21 คน (ผู้กำหนดทางด้านนโยบายคาร์บอนเครดิตแห่งชาติ จำนวน 7 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านคาร์บอนเครดิตจำนวน 7 คน และนักธุรกิจที่มีข้อมูลเชื่อมโยงกับคาร์บอนเครดิตจำนวน 7 คน) การจัดเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยใช้เครื่องมือเป็นแบบสัมภาษณ์เชิงลึกแบบเจาะจง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพในเชิงเนื้อหาและการอภิปรายผล ผลการวิจัยกลุ่มตัวอย่างพบว่า ประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีความพึงพอใจมาก ($\bar{x} = 4.36$) ข้อค้นพบดังกล่าวสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทาน เพิ่มมูลค่าเพิ่มให้แก่คาร์บอนเครดิต สร้างโอกาสเกี่ยวกับธุรกิจใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องตามแผนยุทธศาสตร์แห่งชาติ และสามารถสร้างรายได้ให้กับองค์กรธุรกิจที่สนใจ รวมถึงประโยชน์อื่น ๆ เช่น ด้านการป้องกันสิ่งแวดล้อม หรือการลดภาษีให้แก่องค์กรต่าง ๆ

คำสำคัญ: คาร์บอนเครดิต, การบริหารจัดการโซ่อุปทาน, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Abstract

The 4th goal in the 4th strategy of Thailand 12th National Economic and Social Development Plan, to increase the efficiency of greenhouse gas reduction and the ability in adaptation to the climate change, has made value-added carbon credit and new business opportunity related to carbon credit become more significant, while there is no form of carbon credit management present. The objectives of this research were to manage carbon credit in supply chain using Geographic Information System. Developed as program computer use cloud database on MySQL Server, display maps on Google Map and send data via Line Application. The sample group was purposive sampling; a total of 21 persons included 7 carbon credit policymakers, 7 carbon credit specialist, and 7 business persons related to carbon credit. The data was gathered by using the in-depth interview and data was analyzed by using the qualitative analysis in the content and discussion. The research findings revealed that the efficiency of the carbon credit management in supply chain was at the most effective. The findings of the research can be use in carbon credit management platform in the supply chain, creating value-added carbon credit and a new business opportunity related to the national strategic plan, creating revenue for any business organizations that are interested in this opportunity including other advantages, for example, environmental protection or tax reduction for the organization.

Keywords: Carbon Credit, Supply Chain Management, Geographic Information System

1. บทนำ

สภาวะโลกร้อน (Global Warming) ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันก่อให้เกิดสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และน้ำแข็งที่ขั้วโลกละลายเร็วกว่าที่นักวิทยาศาสตร์ได้คาดการณ์เอาไว้ ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น และก่อให้เกิดสภาพอากาศที่แปรปรวนไปทั่วโลก เช่น ปรากฏการณ์ El Nino หรือปรากฏการณ์ La Nina ซึ่งก่อให้เกิดอุทกภัย วาตภัย และภัยธรรมชาติต่าง ๆ ในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น โดยมีสาเหตุหลักมาจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในแต่ละประเทศในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลากว่า 100 ปี ที่ผ่านมาที่โลกเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกนั้น จะไปรวมตัวกันที่ชั้นบรรยากาศของโลก ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจก (Greenhouse Effect) ซึ่งทำให้ชั้นบรรยากาศของโลกมีความเบาบางลง ส่งผลให้แสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านมายังพื้นโลกมีความแรงเพิ่มขึ้นและมีความร้อนที่เพิ่มตามไปด้วย ก๊าซเรือนกระจกทำให้รังสีความร้อนในย่านอินฟราเรดที่แผ่มาจากพื้นผิวโลกสะท้อนกลับไปยังผิวโลก เมื่อชนเข้ากับก๊าซเรือนกระจกแทนที่จะเดินทางออกไปสู่อวกาศทำให้โลกสะสมความร้อนไว้จึงเกิดภาวะโลกร้อน [1]

จากสภาวะเรือนกระจกดังกล่าว ทำให้นานาประเทศได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว และได้ร่วมกันทำข้อตกลงระหว่างประเทศที่เรียกกันว่า ข้อตกลงปารีส (Paris Agreement) ซึ่งเป็นความตกลงตามกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อกำหนดมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่ พ.ศ. 2563 เป็นต้นไป โดยมีการลงนามเห็นชอบร่วมกันเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2558 ซึ่งประเทศไทยก็ได้อยู่ในกลุ่มประเทศที่ทำข้อตกลงดังกล่าวด้วย โดยตั้งเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกของโลกลง เพื่อควบคุมไม่ให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเกิน 2 องศาเซลเซียส (ในปัจจุบันมีการขยับเป้าหมายลงมาที่ 1.5 องศาเซลเซียส) โดยในข้อตกลงดังกล่าวประเทศไทย

กำหนดให้มีเป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกให้ได้ต่ำกว่าระดับปกติที่ร้อยละ 7-20 ภายในปี พ.ศ. 2563 และลดให้ได้ต่ำกว่าระดับปกติที่ร้อยละ 20-25 ภายในปี พ.ศ. 2573 [2]

จากข้อตกลงดังกล่าว ประเทศไทยจึงต้องเตรียมความพร้อมในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้และภายใต้การแข่งขันการค้าที่เพิ่มขึ้น มีการกีดกันทางการค้าโดยอ้างถึงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการเจรจาการค้าระหว่างประเทศ อีกทั้งให้สอดคล้องกับวาระการพัฒนาที่ยั่งยืนของโลก ค.ศ. 2030 จึงทำให้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 มีการกำหนดค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไว้ในยุทธศาสตร์ที่ 4 การเติบโตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป้าหมายที่ 4 เพิ่มประสิทธิภาพการลดก๊าซเรือนกระจก และขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในการเตรียมความพร้อมการดำเนินการตามยุทธศาสตร์ที่กำหนดขึ้นให้เป็นไปตามกรอบระยะเวลาที่ตั้งไว้โดยเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ.2559 เป็นต้นมา ในการเก็บรวบรวมค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย

จากเป้าหมายในการลดอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงนั้น เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สามารถจับต้องได้จึงต้องนำสิ่งที่นำมาใช้ในการวัดได้คือ ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตั้งแต่เกิดของสิ่งต่าง ๆ ไปจนจบชีวิต และได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานกลางขึ้นมาใช้ทั่วโลกเรียกว่า ค่าคาร์บอนเครดิต ซึ่งเป็นค่าที่ใช้ในการอ้างอิงในการลดค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกของหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งจะมีความน้อยแตกต่างกันไปตามรูปแบบของสินค้า ธุรกิจ หรือกิจกรรมด้านอุตสาหกรรมในแต่ละประเทศ ส่งผลให้มีความต้องการทั้งที่ต้องการซื้อและที่ต้องการขายคาร์บอนเครดิต จึงทำให้เกิดตลาดคาร์บอนเครดิตขึ้น เพื่อผลประโยชน์ในทางธุรกิจทั้งด้านการแข่งขันของสินค้า ซึ่งในหลายประเทศมีแนวโน้มเกี่ยวกับด้านคาร์บอนฟุตพริ้นท์ที่เพิ่มเติมมากขึ้นในปัจจุบัน ก่อให้เกิดโครงการของหน่วยงานต่าง ๆ ในการลดค่าคาร์บอนเครดิต ในหลายรูปแบบ เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาดคาร์บอนเครดิต แต่ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการที่มีสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ คาร์บอนเครดิต เป็นสินค้าที่สามารถซื้อขายได้ และสามารถนำมาชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผู้ซื้อโดยแบ่งออกเป็นตลาดคาร์บอนภาคบังคับและภาคสมัครใจ [3] จึงทำให้เกิดช่องทางใหม่ในการดำเนินการธุรกิจด้านคาร์บอนเครดิตได้ ซึ่งในปัจจุบันมีหน่วยงานที่กำกับดูแลธุรกิจนี้คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นหน่วยงานในกำกับของรัฐ ที่เกิดขึ้นตามพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2550 [1] มีหน้าที่คอยกำกับดูแล ควบคุม และให้ความรู้แก่หน่วยงานต่าง ๆ แต่ที่ผ่านมายังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวาง อีกทั้งงบประมาณที่มีจำกัด ทำให้การประชาสัมพันธ์ต่าง ๆ ยังไม่เข้าถึงหน่วยงานโดยทั่วไป

ในปัจจุบันได้มีหน่วยงานที่เริ่มตระหนักและสนใจในการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ แต่ส่วนใหญ่ยังเป็นเพียงหน่วยงานขนาดใหญ่ไม่กี่หน่วยงานในประเทศไทย เช่น บริษัทที่ทำธุรกิจเกี่ยวกับพลังงานน้ำมัน ไฟฟ้า ปูนซีเมนต์ และอื่น ๆ แต่เป็นการทำผ่านโครงการต่าง ๆ ในรูปแบบของการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในขบวนการผลิตของหน่วยงานเท่านั้น ยังไม่มีระบบซื้อขายคาร์บอนเครดิตระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อนำมาลดค่าคาร์บอนเครดิต ทำให้การลดที่ผ่านมายังลดได้ไม่เพียงพอตามเป้าหมายที่ภาครัฐได้กำหนดไว้ ดังนั้น จึงต้องหาวิธีการเพิ่มเติมให้ค่าคาร์บอนเครดิตนั้น เป็นที่รู้จักเพิ่มมากขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณของค่าคาร์บอนเครดิต ไม่ให้จำกัดในหน่วยงานใหญ่เท่านั้น โดยให้กระจายไปยังภาคธุรกิจต่าง ๆ ทั้งหมดที่เกี่ยวข้องให้มีความรู้เกี่ยวกับค่าคาร์บอนเครดิตว่าสามารถนำมาดำเนินงานเป็นธุรกิจใหม่ที่มีประโยชน์ในหลาย ๆ ด้าน

ทั้งนี้ หากต้องการให้มีการนำระบบซื้อขายคาร์บอนเครดิตมาใช้งานมากขึ้น ต้องเริ่มต้นที่ผู้ซื้อและผู้ขายคาร์บอนเครดิตต้องมีการกำหนดคุณสมบัติและขั้นตอนปฏิบัติต่าง ๆ ในการเข้าสู่ธุรกิจด้านนี้ที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐานเดียวกัน มีหน่วยงานที่ให้ความรู้และคำปรึกษาที่ถูกต้อง เพื่อเป็นการขยายฐานตลาดคาร์บอนเครดิตให้มีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้มีการซื้อขายคาร์บอนเครดิตเพิ่มขึ้นไปด้วย จึงควรมีระบบในการซื้อขายคาร์บอนเครดิตขึ้นมารองรับการทำงานให้สะดวกและมีประสิทธิภาพในการซื้อขาย ซึ่งจะส่งผลให้คาร์บอนเครดิตเป็นสินค้าที่มีมูลค่าตลาดที่สูงขึ้น (Value Add) ตามหลัก

ของอุปสงค์ อุปทานโดยทั่วไป และตลาดยังเป็นตลาดใหม่ที่ยังมีจำนวนผู้เล่นไม่มาก จึงเป็นช่องทางในการทำธุรกิจที่ยังมีโอกาสในการดำเนินธุรกิจอีกยาวไกล

พิจารณาในส่วนของบริษัทที่จะได้รับจากการพัฒนาระบบซื้อขายคาร์บอนเครดิตนั้น จะพบว่าทางด้านการเงินเป็นปัจจัยสำคัญในการจูงใจให้เข้าสู่ธุรกิจด้วยเช่นกัน จากเป้าหมายระยะสั้นที่ต้องการลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ลงตามข้อตกลงปารีสในปี พ.ศ. 2563 ที่ร้อยละ 7-20 นั้น ถึงปัจจุบันยังไม่สามารถทำได้ใกล้เคียงกับเป้าหมายดังกล่าวในทุกประเทศ และมีความพยายามเพิ่มเป้าหมายให้เป็นในอนาคตภายใน 50 ปีข้างหน้าจะเป็นโลกที่ไม่มีค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์เลย (Race to Zero) [5] ซึ่งกำลังมีความพยายามให้ไปสู่จุดนั้นให้ได้ ดังนั้นต้องมีมาตรการที่เข้มข้นและจริงจังมากขึ้น โดยมูลค่าตลาดคาร์บอนเครดิตเบื้องต้นนั้น จากอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2562 ที่ 250 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ [6] และราคาอ้างอิงตลาดของค่าคาร์บอนเครดิตอยู่ที่ตันละประมาณ 600 บาท จะเห็นว่าในเบื้องต้นมีมูลค่า 150,000 ล้านบาท/ปี โดยประมาณหากต้องการทำตามเป้าหมายที่กำหนด โดยยังไม่รวมไปถึงค่าคาร์บอนเครดิตที่ตัวเลขดังกล่าวนี้ ยังเป็นค่าคาร์บอนเครดิตเฉพาะกิจกรรมที่สามารถวัดค่าได้บางอย่างเท่านั้น แต่ยังมีค่าคาร์บอนเครดิตอีกจำนวนมากยังไม่ได้ทำการศึกษา

จากตัวเลขคาร์บอนเครดิตดังกล่าว ยังเป็นตลาดภายในประเทศไทยเพียงเท่านั้น แต่คาร์บอนเครดิตยังสามารถขายเป็นสินค้าในตลาดระดับโลกได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากเป็นสินค้าที่ทั่วโลกมีความต้องการ โดยเฉพาะในประเทศที่มีความต้องการซื้อคาร์บอนเครดิตอีกเป็นจำนวนมาก เช่น จีน อเมริกา อินเดีย เป็นต้น จากปริมาณที่แต่ละประเทศปล่อยค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ออกมานั้น ก็สามารถอนุมานได้ว่าตลาดนั้นมีขนาดใหญ่มาก และมีมูลค่าเรียกได้ว่าไม่จำกัด ทางด้านการเงินนั้นอาจจะเป็นช่องทางให้ประเทศไทยสามารถหารายได้จากการซื้อขายคาร์บอนเครดิตเพิ่มขึ้นได้อีกช่องทางหนึ่ง เนื่องจากประเทศไทยมีภาพลักษณ์ของผู้ขายคาร์บอนเครดิต เพราะไม่ใช่ประเทศอุตสาหกรรมหลัก อีกทั้ง รัฐบาลเล็งเห็นถึงความสำคัญของค่าคาร์บอนเครดิต เนื่องจากมีการกำหนดเป้าหมายการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตามข้อตกลงปารีส จึงทำการกำหนดเพิ่มเติมสิทธิประโยชน์ในด้านการลดหย่อนภาษีให้แก่หน่วยงานต่าง ๆ ที่สามารถลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ [7] ตามพระราชบัญญัติว่าด้วยการยกเว้นรัษฎากร (ฉบับที่ 514) พ.ศ. 2554 [8] และเพื่อเป็นแรงจูงใจให้หน่วยงานต่าง ๆ เข้าสู่ตลาดคาร์บอนเครดิตเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นประโยชน์จากการลดค่าคาร์บอนเครดิต [9] ตลอดจนยังมีประโยชน์ในด้านอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ความรับผิดชอบต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหน่วยงาน ประชาสัมพันธ์หน่วยงาน ลดช่องว่างในการคิดกันทางการค้าระหว่างประเทศได้ในบางรายการสินค้า [10] และหน่วยงานสามารถซื้อ ขาย ค่าคาร์บอนเครดิตได้ ในกรณีที่มีความต้องการค่าคาร์บอนเครดิตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น [11] ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้บริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีระบบการจัดการฐานข้อมูลแบบ Cloud Database โดยใช้ MySQL Server ในการบริหารจัดการฐานข้อมูล และใช้การแสดงผลตำแหน่งแผนที่ต่าง ๆ ผ่าน Google Map สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานผ่านทาง Application Line

2. ขอบเขตงานวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ หน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในตลาดคาร์บอนเครดิต โดยหน่วยงานจะต้องสามารถวัดค่าคาร์บอนเครดิตของหน่วยงานได้ โดยคัดเลือกมาจากข้อมูลสถิติจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ที่มีการจัดเก็บค่าคาร์บอนเครดิตไว้

3. แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ความหมายของคาร์บอนเครดิต

คาร์บอนเครดิต คือ สิทธิที่เกิดจากการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการที่บุคคลหรือองค์กรได้ดำเนิน โครงการหรือมาตรการที่มีเป้าหมาย เพื่อลดการปล่อยก๊าซ

คาร์บอนไดออกไซด์ หรือก๊าซเรือนกระจกสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งสิทธิดังกล่าวนี้สามารถวัดปริมาณ และสามารถนำไปซื้อขายในตลาดซื้อขายคาร์บอนเครดิตได้ [12] อธิบายแบบง่าย คือ ก๊าซต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (จำนวนคาร์บอน) ที่แต่ละองค์กรสามารถลดได้ต่อปี และหากปล่อยคาร์บอนน้อยกว่าเกณฑ์จะถูกตราค่าเป็นเงิน ก่อนจะถูกขายเป็นเครดิตให้กับองค์กรอื่นได้

ตามข้อตกลงในพิธีสารเกียวโตได้กำหนดกลไกต่าง ๆ ให้ประเทศพัฒนาแล้วต้องลดปริมาณการปล่อยก๊าซที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดภาวะโลกร้อน หนึ่งในกลไกคือ การซื้อขายมลพิษ หรือ คาร์บอนเครดิตกับประเทศที่กำลังพัฒนา เพราะประเทศที่พัฒนาแล้วกำลังอยู่ในภาวะที่ไม่สามารถลดก๊าซที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจกลงตามที่กำหนดไว้ได้

3.2 การบริหารจัดการในโซ่อุปทาน (Supply Chain Management)

การบริหารจัดการในโซ่อุปทานเป็นกระบวนการในการดูแลและควบคุมกระบวนการขับเคลื่อนของสินค้าจากการผลิตและบริการให้กับลูกค้าหรือจากต้นน้ำ (Upstream) ไปสู่ปลายน้ำ (Downstream) เป้าหมายของการจัดการโซ่อุปทานคือการปรับปรุงประสิทธิภาพของโซ่อุปทาน เพื่อช่วยในการลดต้นทุนและการเติบโตของธุรกิจที่เกี่ยวข้องอย่างยั่งยืน [13]

3.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบสารสนเทศที่ออกแบบมา เพื่อใช้รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลของพื้นที่ ทั้งที่ตั้งและรายละเอียดคุณลักษณะของพื้นที่นั้น ตลอดจนการสืบค้นข้อมูลและแสดงผลสารสนเทศ ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จึงมีใช้เพียงแผนที่หรือภาพถ่ายเท่านั้น แต่เป็นฐานข้อมูลซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ [14]

3.3.1 ฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยฐานข้อมูล 2 ลักษณะคือ

ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือฐานข้อมูลเชิงภาพ (Spatial or Graphic Database) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือฐานข้อมูลเชิงภาพ เป็นฐานข้อมูลแสดงลักษณะหรือสัญลักษณ์ของวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ของธรรมชาติต่าง ๆ ที่ปรากฏบนพื้นที่โลกในเชิงตำแหน่ง ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่มีโครงสร้างข้อมูล 2 ประเภทคือ

3.3.1.1 โครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์ (Raster Structure) แสดงในรูปของตารางกริดสม่ำเสมอ โดยส่วนใหญ่เป็นกริดสี่เหลี่ยมจัตุรัส ซึ่งบางครั้งเรียกว่า จุดภาพ (Pixel) หรือ องค์ประกอบของภาพ (Picture Elements) แต่ละกริดซึ่งอ้างอิงตำแหน่งเป็นแถวและคอลัมน์ โดยมีตัวเลขที่แสดงชนิด หรือค่าข้อมูลที่ระบุคุณสมบัติที่สนใจ

3.3.1.2 โครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์ (Vector Structure) ใช้การจัดเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่ง (x,y) แทนลักษณะของแผนที่ (Map Feature) ได้แก่ จุด (Point) เส้น (Line) และอาณาบริเวณ (Polygon) ส่วนใหญ่นิยมใช้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีลักษณะไม่ต่อเนื่อง เช่น ลำน้ำ ถนน เป็นต้น

3.3.2 ฐานข้อมูลลักษณะเชิงอรรถาธิบาย (Attribute Database)

ฐานข้อมูลลักษณะสัมพันธ์ เป็นฐานข้อมูลที่อธิบายลักษณะ หรือคุณสมบัติของข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยเก็บข้อมูลทั้งเชิงคุณภาพและเชิงตัวเลขที่เกี่ยวข้องไว้ในระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) ต่าง ๆ เช่น dBase, Oracle, Sybase, Microsoft Access เป็นต้น ระบบการจัดการฐานข้อมูลนี้จะทำหน้าที่จัดการ และประมวลผลข้อมูลที่จะบอกคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ การเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ากับข้อมูลลักษณะสัมพันธ์จะใช้รหัสร่วม (Common Key Code)

3.4 Google Map

Google Map คือ บริการของ Google ที่ให้บริการเทคโนโลยีด้านแผนที่ประสิทธิภาพสูง ใช้งานง่าย และให้ข้อมูลของธุรกิจในท้องถิ่น ได้แก่ ที่ตั้งของธุรกิจ รายละเอียดการติดต่อและเส้นทาง การขับขี่ โดยบริการแผนที่นี้เริ่มต้นให้บริการตั้งแต่กลางปีคริสต์ศักราช เป็นบริการฟรีจัดให้แก่ผู้ใช้ทั่วโลก ส่วนประกอบที่สำคัญที่ดึงดูดผู้ใช้งานเป็นอย่างมาก คือ แผนที่

และภาพถ่ายดาวเทียมคุณภาพดีซึ่งครอบคลุมพื้นผิวโลก ในมาตราส่วนต่าง ๆ ตามความเหมาะสม และสามารถนำไปซ้อนทับในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [15] เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ มีองค์ประกอบทั้ง 5 องค์ประกอบ คือ

3.5.1 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) คือ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น Digitizer, Plotter, Printer เป็นต้น หน้าที่หลักของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์คือ หน่วยรับข้อมูล หน่วยประมวลผลกลาง และ หน่วยแสดงผล

3.5.2 โปรแกรม (Software) คือ ชุดของคำสั่งที่สามารถสั่งให้ระบบทำงานได้ เช่น โปรแกรมสำเร็จรูป ARCVIEW ARCGIS ARCMAP เป็นต้น ซึ่งมีฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับการนำเข้า การจัดเก็บ และการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.3 ข้อมูล (Data) ข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยจะถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูล ซึ่งประเภทข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแบ่งได้ 2 ประเภทคือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) หรือข้อมูลภาพกราฟิก และข้อมูลเชิงอรรถาธิบาย (Attribute Data) โดยแสดงในรูปตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญลักษณ์ ข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลคุณลักษณะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันรวมอยู่ในลักษณะของข้อมูลพื้นที่

3.5.4 บุคลากร (People Ware) คือ ผู้ที่ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยบุคลากรหลายฝ่าย อาทิเช่น ฝ่ายบันทึกข้อมูล ฝ่ายเทคนิค ฝ่ายวิเคราะห์ ข้อมูล ฝ่ายบริหาร ซึ่งบุคลากรเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3.5.5 กระบวนการทำงาน (Process) คือ การกำหนดขั้นตอนในการทำงานให้สอดคล้องกัน แต่ละขั้นตอนมีกระบวนการที่แตกต่างกัน ผู้ปฏิบัติงานจึงต้องเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้เกิดมาตรฐานขององค์กรและรองรับการทำงานได้อย่างเป็นปกติ

4. การดำเนินการวิจัย

4.1 การกำหนดปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบัน คาร์บอนเครดิตเป็นเรื่องที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษจากทั่วโลก ในประเทศไทยรัฐบาลได้ให้การสนับสนุนและออกพระราชบัญญัติจัดตั้งองค์กรขึ้นมา เพื่อช่วยในการขับเคลื่อนคาร์บอนเครดิต โดยมีชื่อว่า องค์กรการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ซึ่งมีหน้าที่ในการกำกับดูแลขั้นตอนการดำเนินงานทั้งหมดที่เกี่ยวข้องทางด้านคาร์บอนเครดิตในภาคธุรกิจที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ องค์กรดังกล่าวยังมีข้อจำกัดและยังไม่เป็นที่แพร่หลาย เนื่องจากมีการรับรู้ในกลุ่มที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ดังนั้น เพื่อรองรับการขยายตัวทางด้านคาร์บอนเครดิต จึงควรมีการพัฒนาการจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อตอบสนองต่อตลาดคาร์บอนเครดิตในอนาคต ซึ่งเป็นตลาดที่เปิดกว้างทั่วโลก

4.2 การวิเคราะห์

จากปัญหาข้างต้น จึงได้ทำการวิเคราะห์ความต้องการได้ ดังนี้

4.2.1 ระบบเพื่อการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทาน

4.2.2 ระบบฐานข้อมูลที่ใช้งานง่าย ปลอดภัย สะดวกในการเข้าถึงข้อมูลได้ตลอดเวลา

4.2.3 การแสดงผลข้อมูลที่ใช้งานง่าย ถูกต้อง และแม่นยำ

4.2.4 ความสะดวกในการสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งาน โดยต้องมีความทันสมัยและมีค่าบริการต่าง ๆ ที่เหมาะสม

4.2.5 ระบบความปลอดภัยต่าง ๆ ในการเข้าใช้งานระบบ

4.2.6 ใช้ต้นทุนในการพัฒนาไม่สูง เน้นโปรแกรมที่มีลักษณะเป็น Free License

4.3 การออกแบบ

จากข้อมูลที่ได้ในการวิเคราะห์ จึงได้ออกแบบระบบมีรายละเอียด ดังนี้

4.3.1 พัฒนาระบบเป็นแบบ Windows Application เป็นระบบปฏิบัติการมาตรฐานที่ใช้กันแพร่หลาย

4.3.2 ระบบฐานข้อมูลแบบ Cloud Database บน MySQL Server (Free License) เป็นฐานข้อมูลที่มีการใช้งานแพร่หลาย และไม่มีค่าใช้จ่ายลิขสิทธิ์ของระบบฐานข้อมูล

4.3.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ GIS โดยแสดงข้อมูลแผนที่ผ่าน Google Map (Free License) เป็นแผนที่ที่ได้รับความนิยม และมีความทันสมัยของรูปถ่าย

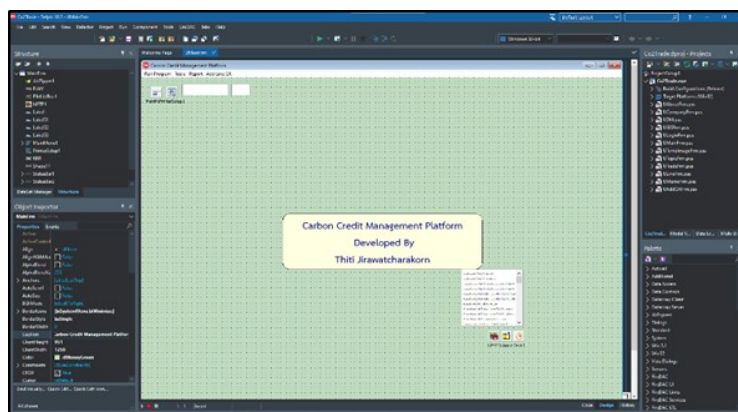
4.3.4 การสื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ใช้งาน ใช้การส่งผ่าน Application Line เป็นโปรแกรมที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย สะดวกในการใช้ติดต่อสื่อสาร

4.3.5 การจัดทำรายงานต่าง ๆ ในระบบใช้งานผ่าน Microsoft Excel เป็นโปรแกรมที่ผู้ใช้งานส่วนใหญ่สามารถใช้งานได้ และสะดวกในการแก้ไขแบบรายงานได้ง่ายและรวดเร็ว

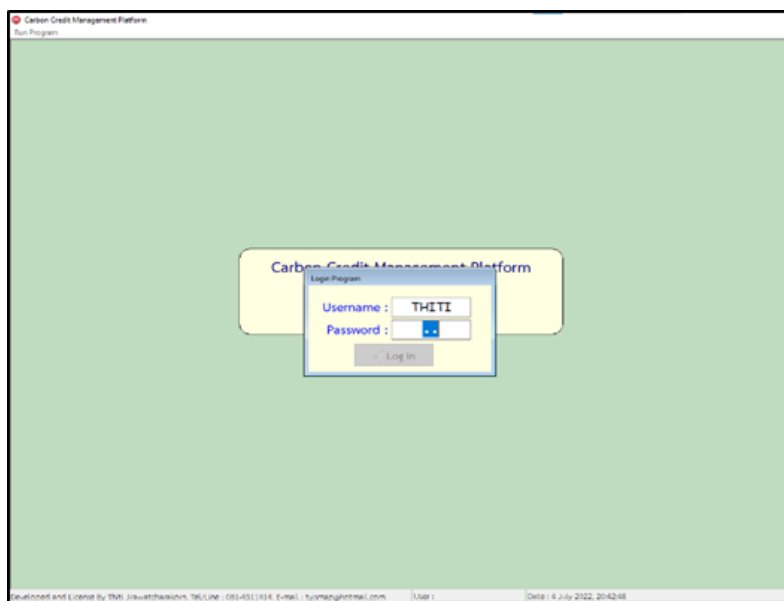
4.3.6 มีระบบการเข้าใช้งานก่อนเข้าระบบทุกครั้ง เพื่อยืนยันการเข้าใช้งานและบันทึกประวัติการเข้าใช้งานระบบ เพื่อตรวจสอบการเข้าใช้งานย้อนหลัง

4.4 การพัฒนาและทดสอบ

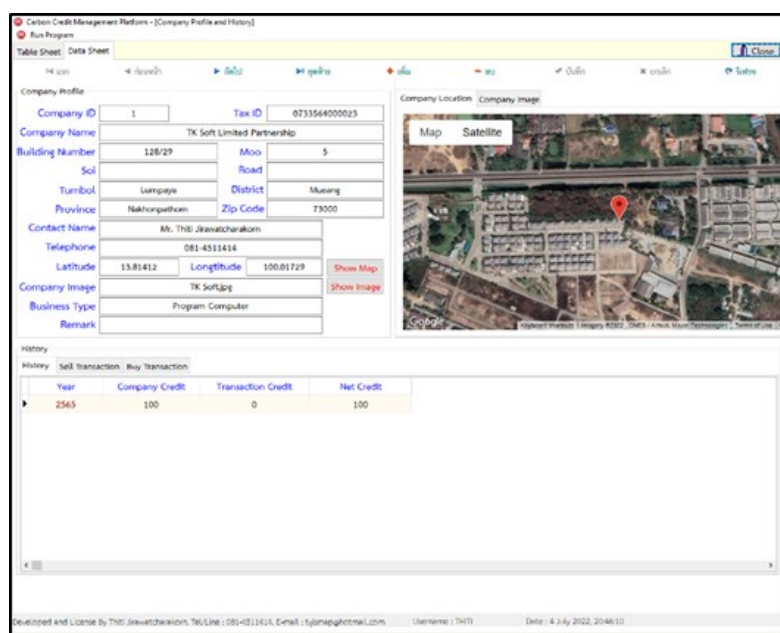
ในส่วนของการพัฒนาระบบ จะใช้โปรแกรม Delphi 10.3.3 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาหลักและใช้ Library Google Map ในการแสดงผลแผนที่ต่าง ๆ ทำการเชื่อมต่อระบบฐานข้อมูล MySQL Server ไปที่ Server ที่ให้บริการ โดยผู้วิจัย เป็นผู้ดำเนินการพัฒนาระบบเองทั้งหมด ดังแสดงตามรูปที่ 1, 2 และ 3



รูปที่ 1 หน้าจอเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา



รูปที่ 4 หน้าจอหลักของระบบพร้อมการยืนยันการเข้าใช้งาน



รูปที่ 5 หน้าจอแสดงรายชื่อบริษัทพร้อมตำแหน่งที่ตั้งบน Google Map

Carbon Credit Management Platform - (Carbon Credit Trading System)

Run Program

Enter User:

Tab: All Transaction | Sell Transaction | Buy Transaction

Transaction ID	Transaction Date	Type	Seller ID	Buyer ID	Credit	Price/Unit	Total Price	Status
220702-1340	02/07/2022	Sell	1		50	500	25000	Waiting
220702-1338	02/07/2022	Buy		1	100	100	10000	Waiting

Add Transaction

Transaction ID: 220702-1340 Date: 02/07/2022

Type: Sell

Seller ID: 1 TK Soft Limited Partnership

Buyer ID:

Offer Credit: 50 Price/Unit: 500

Total Price: 25000 Baht

Remark:

Status: Waiting

Developed and Licensed By: Thiti Jirawatcharakorn, Tel/Line : 081-4511414, E-mail : tjirawatchar@gmail.com Username : Thiti Date : 4 July 2022, 20:11:51

รูปที่ 6 หน้าจอแสดงรายการซื้อขายคาร์บอนเครดิต

Contact

Message : Count : 0 character

Status :

Send Message

รูปที่ 7 หน้าจอการส่งข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานผ่าน Application Line

Company ID : 1 Tax ID : 0733564000023

Company Name : TK Soft Limited Partnership

Building Number : 128/29 Moo : 5

Soi : Road :

Tumbol : Lumpaya District : Mueang

Province : Nakhonpathom Zip Code : 73000

Contact Name : Mr. Thiti Jirawatcharakorn Tel : 081-4511414

Business Type : Program Computer

Remark :

Transaction ID	Date	Type	Credit	Price/Unit	Total Price	Status
220702-1340	02/07/2022	Sell	50	500	25000	Waiting
220702-1338	02/07/2022	Buy	100	100	10000	Waiting

รูปที่ 8 หน้าจอแสดงรายงานต่าง ๆ บนโปรแกรม Microsoft Excel

4.5 การติดตั้งระบบ

ทำการติดตั้งโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ในระบบปฏิบัติการแบบ Windows 10 และเปิดใช้งานระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานให้กับกลุ่มตัวอย่างได้ทดลองเข้าใช้งาน โดยมีการกำหนดชื่อผู้ใช้งานและรหัสผ่านพื้นฐาน โดยผู้วิจัยได้มีการนำเสนอและแนะนำวิธีการใช้งานพื้นฐาน หลังจากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างใช้งานได้ทดลองการใช้งานตามปกติ จากนั้นได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และการให้คะแนนประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทาน

5. ผลการวิจัย

จากการประเมินโดยใช้แบบสัมภาษณ์ในหัวข้อประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตใน โซ่อุปทาน ซึ่งมีการให้คะแนนความพึงพอใจ (1-5) โดยกลุ่มตัวอย่างมาจากการคัดเลือกโดยเฉพาะเจาะจง จำนวน 21 คน (ผู้กำหนดทางด้านนโยบายคาร์บอนเครดิตแห่งชาติ จำนวน 7 คน ผู้เชี่ยวชาญด้านคาร์บอนเครดิต จำนวน 7 คน และนักธุรกิจที่มีข้อมูลเชื่อมโยงกับคาร์บอนเครดิต จำนวน 7 คน) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน คือ ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานฯ

ชื่อรายการ	X	S.D.	ความพึงพอใจ
1. ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (ออกแบบ, อักษร, สี)	4.33	0.46	มาก
2. ความง่ายในการใช้งาน	3.87	0.32	มาก
3. ระบบข้อมูลบริษัท	4.33	0.46	มากที่สุด
4. ระบบการซื้อขาย	4.60	0.47	มากที่สุด
5. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	4.93	0.24	มากที่สุด
6. ความเร็วในการทำงานของระบบ	4.53	0.48	มากที่สุด
7. การนำระบบไปใช้งานจริง	3.93	0.43	มาก

6. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{x}=4.36$) โดยเรียงตามคะแนนความพึงพอใจในประสิทธิภาพด้านต่าง ๆ จากมากไปน้อย ตามลำดับได้ ดังนี้ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ($\bar{x}=4.93$) ระบบการซื้อขาย ($\bar{x}=4.60$) ความเร็วในการทำงานของระบบ ($\bar{x}=4.53$) ระบบข้อมูลบริษัท ($\bar{x}=4.33$) ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (User Interface) ($\bar{x}=4.33$) การนำระบบไปใช้งานจริง ($\bar{x}=3.93$) และความง่ายในการใช้งาน ($\bar{x}=3.87$)

ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทาน โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิตในโซ่อุปทานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถต่อยอด หรือพัฒนาเพิ่มเติมได้ ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้นของการบริหารจัดการ

7. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อมูลคาร์บอนเครดิตต่าง ๆ ในปัจจุบันยังมีไม่มาก และจำกัดอยู่ในกลุ่มบริษัทที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น ข้อมูลในการทดลองระบบดังกล่าว จึงเป็นข้อมูลสมมุติขึ้นในการทดสอบระบบ ซึ่งอาจทำให้การใช้งานยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น หากมีการนำค่าข้อมูลหรือหน่วยงานต่าง ๆ จริงในการใช้งานจะทำให้การบริหารจัดการต่าง ๆ มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งค่าและข้อมูลทั้งหมดมาจากองค์กรภาครัฐที่มีหน้าที่ในการบริหารจัดการคาร์บอนเครดิต ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิ จึงต้องมีการตรวจสอบและประสานงานข้อมูลให้ถูกต้อง

ระบบบริหารจัดการคาร์บอนเครดิต สามารถนำไปใช้ดำเนินงานธุรกิจที่เกี่ยวข้องได้หลากหลาย และสามารถพัฒนาต่อยอดเป็นตลาดคาร์บอนเครดิตเครดิตได้ โดยธุรกิจด้านคาร์บอนเครดิตกำลังเป็นที่นิยม และมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงรวมไปถึงยังไม่ค่อยมีการแข่งขัน จึงเป็นโอกาสให้แกผู้ที่สนใจที่จะเริ่มประกอบธุรกิจทางด้านคาร์บอนเครดิตใช้เป็นเครื่องมือในการดำเนินธุรกิจต่อไปได้

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา. (2565). ภาวะเรือนกระจก. Retrieved on March 10, 2022, from <http://climate.tmd.go.th/content/article/10>
- [2] สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2565). รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม. Retrieved on March 10, 2022, from <http://www.onep.go.th/>
- [3] องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (2565). ตลาดคาร์บอนคืออะไร. Retrieved on May 5, 2022, from <http://carbonmarket.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y29uY2VwdF9tYXJrZXQ=>
- [4] Government, T. (1997). Royal Decree establishing the Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization) BE 2550. Retrieved on May 15, 2022, from <https://policy.asiapacificenergy.org/node/3999>
- [5] United Nation Climate Change. (2015). Race to Zero Campaign. Retrieved on May 15, 2022, from <https://unfccc.int/climate-action/race-to-zero-campaign>
- [6] The Union of Concerned Scientists. (2013). Retrieved on March 22, 2022, from <https://www.ucsusa.org/resources/each-countrys-share-co2-emissions>
- [7] Fullarton, A. R. (2016). Renewable Energy Credits as Tax Deductions: Tax Accounting for the Renewable Energy (Electricity) Act 2000. Retrieved on May 5, 2022, from https://www.academia.edu/34794405/Renewable_Energy_Credits_as_Tax_Deductions_Tax_Accounting_for_the_Renewable_Energy_Electricity_Act_2000
- [8] Government, T. (2011). Royal Decree on Tax Exemption B.E. 2554. No. 514. May 15, 2022, from <https://www.rd.go.th/publish/fileadmin/>
- [9] Dong, Y. H. a. F. (2019). China's Carbon Market Development and Carbon Market Connection. *MDPI Journals*, 12(9): 1663.
- [10] Sebastian Lang, M. B. S. L. (2018). What future for the voluntary carbon offset market after Paris? An explorative study based on the Discursive Agency Approach. *Climate Policy*. *Climate Policy*. 19: 414 - 426.
- [11] Ministry of Energy. (2019). Alternative Energy. *Annual Report 2015*. Department of Alternative Energy Development and Efficiency (DEDE), Ministry of Energy. Bangkok: Thailand.

- [12] Organization, T. G. G. M. O. P. Carbonmarket. (2019). Retrieved on March 10, 2022, from <http://carbonmarket.tgo.or.th/>.
- [13] Ahmad Rezaee, F. D., Behnam Fahimnia and Benita Beamon. (2015). Green supply chain network design with stochastic demand and carbon price. *Ann Oper Res*. 250: 463 - 485.
- [14] Tongkaw, S. (2017). GIS Application Management for Disabled People. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 226, International Research and Innovation Summit (IRIS2017) 6 -7 May 2017, Melaka: Malaysia.
- [15] อรรถพล อินทรสุวรรณ, ปกรณ์ เมฆแสงสวย และ สถาพร มนต์ประภัตร. (2561). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์ศักยภาพการให้บริการไปรษณีย์: กรณีศึกษาจังหวัดกาญจนบุรี. *วารสารอักษรศาสตร์*. 47(1) : 345-376. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.