บทความวิจัย

การประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

กิดาการ สายธนู และ จตุภัทร เมฆพายัพ*

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ไม่เพียงแต่เพื่อเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะและรูปแบบของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม ด้วยสถิติเชิงพรรณนา แต่ยังเพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มด้วยแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมหรือแผนภูมิควบคุม CUSUM ในบริเวณอ่าวไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2556 ผลการศึกษาพบว่าสัตว์น้ำเค็มที่ถูกจับเป็นปริมาณมากที่สุดในอ่าวไทย คือสัตว์น้ำเค็มประเภทปลา ส่วนสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง ประเภทเซฟาโลพอด และประเภทอื่นๆ ถูกจับได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน และเมื่อกำหนดให้ช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2551 เป็นช่วงเวลาที่กระบวนการอยู่ในการควบคุมแล้ว จะพบว่าค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i หรือค่าสถิติ S_i^- ของแผนภูมิควบคุม CUSUM มีค่าลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา แสดงให้เห็นว่ากระบวนการเริ่มออกนอกการควบคุมในปี พ.ศ. 2552 ดังนั้นแผนภูมิควบคุมCUSUMจึงสามารถตรวจสอบได้ว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551

คำสำคัญ: สัตว์น้ำเค็ม อ่าวไทย แผนภูมิควบคุม CUSUM

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: jatupat@buu.ac.th

Application of Statistical Process Control for Detecting of the Change of Catch of Marine Fishery in Gulf of Thailand

Kidakan Saithanu and Jatupat Mekparyup*

ABSTRACT

This study purposed not only to learn about the characteristics and patterns of catch of marine fishery with descriptive statistics but also to monitor the change of catch of marine fishery with Cumulative Sum or CUSUM control chart in Gulf of Thailand since 2001 to 2013. The results of study indicated that fish was caught in the highest while crustacean, cephalopod and others were caught in the approximate amount. Given during 2001 to 2008 be the in-control process, the negative deviation at time i or the statistic S_i^- of CUSUM control chart was decreasing since 2008 as well the process state initiated out-of-control since 2009. Thus, the CUSUM control chart was capable to detect the reduction of catch of marine fishery since 2008.

Keywords: Marine Fishery, Gulf of Thailand, CUSUM control chart

Department of Mathematics, Faculty of Science, Burapha University

*Corresponding author, email: jatupat@buu.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่บนคาบสมุทรอินโดจีนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของภูมิภาคอินโด-แปซิฟิก แหล่งประมงในน่านน้ำไทยประกอบด้วยพื้นที่ทำการประมงทะเลที่สำคัญ 2 ฝั่ง คือ ฝั่งอ่าวไทย มีระยะทางยาว 1,870 กิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 252,000 ตารางกิโลเมตร โดยเริ่มนับตั้งแต่เขตชายแดนไทยกับกัมพูชา จังหวัดตราด ไปจนจรดกับชายแดนไทยกับมาเลเซีย และฝั่งอันดามัน มีระยะทางยาว 740 กิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 126,000 ตารางกิโลเมตร โดยเริ่มนับตั้งแต่ปากแม่น้ำจั่น จังหวัดระนอง ไปจนจรดกับเขตแดนไทยกับมาเลเซีย จังหวัดสตูล [1] เนื่องจากบริเวณอ่าวไทยมีไหล่ทวีปที่กว้างใหญ่ ทำให้ได้รับตะกอนจากแม่น้ำต่างๆ ที่ไหลลงมารวมกัน พื้นท้องทะเลส่วนใหญ่เลยมีลักษณะเป็นโคลนเหลวจึงทำให้พื้นที่บริเวณอ่าวไทยมีทรัพยากรทางทะเลที่อุดมสมบูรณ์มาก ดังนั้นทรัพยากรสัตว์น้ำเค็มในน่านน้ำไทยจึงได้มาจากแหล่งทำการประมงทะเลในอ่าวไทยประมาณร้อยละ 85 และอีกประมาณร้อยละ 15 ได้จากแหล่งทำการประมงทะเลในอันดามัน

หากต้องการแบ่งประเภทของสัตว์น้ำเค็มในน่านน้ำไทย ตามลักษณะที่อยู่อาศัยและเครื่องมือที่ใช้จับสัตว์น้ำเค็ม สามารถแบ่งสัตว์น้ำเค็มออกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ทรัพยากรปลาผิวน้ำ เป็นปลาที่มีพฤติกรรมการกินอาหารอยู่บริเวณผิวน้ำ โดยกินอาหารจำพวกพืชหรือสัตว์ที่มีขนาดเล็ก เช่น แพลงตอนพืชและแพลงตอนสัตว์ และลูกปลาชนิดต่างๆ ที่ลอยอยู่ตามกระแสน้ำ ปลาผิวน้ำมีการอยู่รวมกันเป็นฝูง มีรูปร่างเพรียว มีครีบที่แข็งแรง ว่ายน้ำเร็ว เคลื่อนย้ายไปมาได้ในระยะทางไกล ปลาผิวน้ำที่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ปลาทู ปลาลัง ปลาทูแขก ปลาโอดำ ปลาอินทรี และปลาสำลี เป็นต้น ส่วนปลาผิวน้ำที่ไม่ได้นำมาบริโภคโดยตรงเนื่องจากคุณภาพไม่ดีหรือยังมีขนาดเล็กอยู่ โดยส่วนใหญ่จับได้ด้วยเครื่องมืออวนลาก คือ ปลาเป็ด

2. ทรัพยากรปลาหน้าดิน เป็นปลาที่มีพฤติกรรมการกินอาหารอยู่บริเวณพื้นท้องทะเล โดยกินอาหารจำพวกเนื้อสัตว์ เช่น ปลา กุ้ง และหมึก ปลาหน้าดินเป็นปลาที่มักเคลื่อนย้ายถิ่นได้ไม่ไกลนัก ปลาหน้าดินที่มีความสำคัญในทางเศรษฐกิจของประเทศไทยมีประมาณ 18 ชนิด ได้แก่ ปลากะพง ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว ปลาปากคม ปลาน้ำดอกไม้ ปลาเห็ดโคน ปลาตาโต ปลาสร้อยนกเขา ปลากดทะเล ปลาจวด ปลากระเบน ปลาลิ้นหมา ปลาใบขนุน ปลาดาบเงิน ปลาดุกทะเล ปลาฉลาม ปลาจักรผาน และปลายอด จาก [1]

3. ทรัพยากรสัตว์ทะเลประเภทไม่มีกระดูกสันหลังหรือสัตว์น้ำอื่นๆ ได้แก่ กุ้ง หมึก หอย ปู แมงกะพรุน ปลิงทะเล และเคย สัตว์เหล่านี้มีพฤติกรรมการกินอาหารที่แตกต่างกันไป กล่าวคือพวกกุ้งและปูจะกินอาหารที่เน่าเปื่อยตามท้องทะเล หมึกกินอาหารประเภทเนื้อสัตว์ โดยจะเป็นผู้ล่าเหยื่อจำพวกปลาและหมึกด้วยกันเอง เพราะหมึกมีตาที่มีประสิทธิภาพสูง มีฟันและครีบที่แข็งแรง พวกแมงกะพรุนและเคยจะกินอาหารจำพวกแพลงตอนพืชและแพลงตอนสัตว์ ส่วนพวกหอยจะกินอาหารโดยการกรองอาหารจำพวกแพลงตอนพืชและแพลงตอนสัตว์

ในปัจจุบันนี้สัตว์น้ำเค็มเป็นทรัพยากรประมงทะเลของบริเวณอ่าวไทยมีปริมาณลดลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องมาจาก

1. มีการทำประมงมากเกินไป ซึ่งเห็นได้จากมีการเพิ่มจำนวนเรือประมงอวนลากในอ่าวไทย ประกอบกับส่วนหนึ่งของเรืออวนลากที่เคยไปทำการประมงนอกน่านน้ำไทยได้กลับเข้ามาทำการประมงในอ่าวไทย เพราะการประกาศเขตเศรษฐกิจจำเพาะของประเทศเพื่อนบ้าน

2. มีการจับสัตว์น้ำขนาดเล็ก โดยมีการลดขนาดตาอวนลง เพื่อให้จับปลาเป็ดและปลาขนาดเล็กได้เพิ่มมากขึ้น

3. มีการทำการประมงด้วยวิธีที่ผิดกฎหมาย โดยการฝ่าฝืนทำการประมงในแหล่งและฤดูวางไข่ของสัตว์ทะเล การทำการประมงโดยใช้อวนตาถี่ หรือการทำการประมงโดยใช้ระเบิดและไฟฟ้าช็อต เป็นต้น

ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นที่จะต้องมีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย เพื่อควบคุมปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มไม่ให้มีการจับสัตว์น้ำเค็มมากจนเกินไป ซึ่งอาจเป็นการทำลายระบบนิเวศน์ทางทะเลหรือทำให้สัตว์น้ำเค็มบางชนิดสูญพันธุ์ได้ สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจับสัตว์น้ำเค็มทั้งในประเทศและต่างประเทศแบ่งออกได้เป็น 2 ด้าน ดังนี้

1. งานวิจัยที่เป็นการสร้างตัวแบบเพื่อทำนายหรือพยากรณ์ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม เช่น Miyahara และคณะ [2] ศึกษาความผันผวนของการจับหมึกเพชรในทะเลของประเทศญี่ปุ่น บริเวณเกาะสึชิมะ ในช่วงปี ค.ศ. 1989 ถึงปี ค.ศ. 2002 ด้วยการสร้างตัวแบบการถดถอยอย่างง่าย (Simple regression model) และตัวแบบการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression model) เพื่อพยากรณ์ผลการจับหมึกเพชรต่อหน่วยการลงแรงประมง (Catch per unit effort: CPUE) ซึ่งเป็นค่าดัชนีชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของปริมาณสัตว์น้ำทั้งหมดโดยมีตัวแปรอิสระ 4 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำทะเลในช่องแคบสึชิมะ ความเค็มของน้ำทะเลในช่องแคบสึชิมะ ระดับน้ำทะเลที่เกาะสึชิมะ และความแตกต่างของระดับน้ำทะเลที่เกาะคิวชู Ghani and Ahmad [3] วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามคือปริมาณปลาทะเลที่นำขึ้นบกและตัวแปรอิสระ ได้แก่ จำนวนชาวประมง จำนวนเรือประมง และจำนวนเครื่องมือจับสัตว์น้ำที่ได้รับอนุญาตด้วยตัวแบบการถดถอยพหุคูณซึ่งใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรแบบทีละขั้นตอน (Stepwise method) โดยใช้ข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากสถิติประจำปีของกรมประมงประเทศมาเลเซีย เป็นต้น

2. งานวิจัยที่ใช้การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ (Statistical Process Control: SPC) ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของสัตว์น้ำเค็มซึ่งยังคงมีอยู่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากเพิ่งจะเริ่มมีการประยุกต์แผนภูมิควบคุม (Control chart) เพื่อใช้ในการตรวจสอบระบบนิเวศน์ทางทะเลเมื่อไม่นานมานี้ แผนภูมิควบคุมเป็นเครื่องมือขั้นพื้นฐานที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ Page [4] นำเสนอแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (Cumulative Sum control chart) หรือแผนภูมิควบคุม CUSUM ซึ่งเป็นแผนภูมิควบคุมที่มีการจัดการข้อมูลทุกตัวให้อยู่ในรูปของลำดับที่ของค่าของตัวอย่าง โดยพิจารณาจากทั้งข้อมูลปัจจุบันและข้อมูลในอดีต แผนภูมิควบคุม CUSUM จึงสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการได้ดี เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงด้วยขนาดเล็ก ดังนั้น หากต้องการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยของกระบวนการ เมื่อค่าเฉลี่ยของกระบวนการมีการเปลี่ยนแปลงด้วยขนาดเล็ก แผนภูมิควบคุม CUSUM จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันมาก งานวิจัยที่ประยุกต์แผนภูมิควบคุมในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณสัตว์น้ำเค็มจำพวกปลาและกุ้งอาทิ เช่น Mesnil และ Petitgas [5] แสดงการประยุกต์แผนภูมิควบคุม CUSUM เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณปลาคอดในทะเลเหนือจากโครงการ FISHBOAT ตั้งแต่ไตรมาสที่ 1 ของปี ค.ศ. 1985 ถึงปี ค.ศ. 2005 โดยกำหนดให้ข้อมูลในช่วง 10 ปีแรก คือ ปี ค.ศ. 1985 ถึงปี ค.ศ. 1994 เป็นช่วงที่กระบวนการอยู่ในการควบคุม เพื่อคำนวณหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกระบวนการ ผลการศึกษาพบว่าแผนภูมิควบคุม CUSUM สามารถตรวจสอบได้ว่าปริมาณปลาคอดในทะเลเหนือมีค่าลดลงตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999

Saithanu [6] แสดงการประยุกต์แผนภูมิควบคุมในฐานะที่เป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของ SPC เพื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณปลาโอดำของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 1994 ถึงปี ค.ศ. 2011 โดยใช้แผนภูมิควบคุม CUSUM ที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางทะเล ผลการศึกษาพบว่าแผนภูมิควบคุม CUSUM สามารถตรวจสอบได้ว่าปริมาณปลาโอดำของประเทศไทยลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 ถึงปี ค.ศ. 2011 Saithanu และ Mekparyup [7] เสนอแผนภูมิควบคุม CUSUM ซึ่งเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติ เพื่อตรวจสอบทรัพยากรปลาทูแขกของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 1994 ถึงปี ค.ศ. 2011 โดยใช้แผนภูมิควบคุม CUSUM ที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทางทะเล ผลการศึกษาพบว่าแผนภูมิควบคุม CUSUM สามารถตรวจสอบได้ว่าทรัพยากรปลาทูแขกของประเทศไทยลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 ถึงปี ค.ศ. 2011 Saithanu และ Mekparyup [8] ใช้แผนภูมิควบคุม CUSUM ที่มีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับระบบนิเวศน์ทางทะเล เพื่อตรวจสอบปริมาณสัตว์น้ำเค็มจำพวกกุ้งของประเทศไทยในช่วงปี ค.ศ. 1999 ถึงปี ค.ศ. 2012 ผลการศึกษาพบว่าแผนภูมิควบคุม CUSUM ส่งสัญญาณเตือนว่าปริมาณสัตว์น้ำเค็มจำพวกกุ้งของทะเลไทยลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2007 ถึงปี ค.ศ. 2012

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย โดยประยุกต์แผนภูมิควบคุม CUSUM ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งของการควบคุมกระบวนการเชิงสถิติหรือ SPC เพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการวางแผน เฝ้าระวัง และควบคุมปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มไม่ให้มีการจับสัตว์น้ำเค็มมากจนเกินไปจนเป็นสาเหตุในการทำลายระบบนิเวศน์ทางทะเลหรือทำให้สัตว์น้ำเค็มบางชนิดสูญพันธุ์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย ซึ่งมีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยรวบรวมข้อมูลปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยจากกลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มรายปีในอ่าวไทย (หน่วย: ตัน) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2556

2. การประเมินค่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

ในการประเมินค่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยนั้นทำได้โดยศึกษารูปแบบของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2556 (Year=1, 2, ..., 13) ซึ่งแยกตามประเภทของสัตว์น้ำเค็มที่จับได้ในอ่าวไทย ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายของ

2.1 ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมด (Total fish) โดยแยกพิจารณาตามประเภทของปลาทั้ง 3 ชนิด คือ

1. ปลาผิวน้ำ (Pelagic fish) ได้แก่ ปลาทู ปลาลัง ปลาอินทรี ปลาดาบลาว ปลาโอดำ ปลาโอลาย ปลาทูแขก ปลาแข้งไก่ ปลาสีกุน ปลาสีกุนตาโต ปลาสำลี ปลากุเรา ปลาหลังเขียว ปลากะตัก ปลากระบอก ปลาจะละเม็ดดำ ปลาจะละเม็ดขาว ปลาน้ำดอกไม้ และปลาทูน่า

2. ปลาหน้าดิน (Demersal fish) ได้แก่ ปลาจวด ปลาทรายแดง ปลาทรายขาว ปลาปาก-คม ปลาดาบเงิน ปลากะพงแดง ปลากะพงขาว ปลาตาหวาน ปลาเห็ดโคน ปลาดุกทะเล ปลากดทะเล ปลากระเบน ปลาฉลาม ปลาลิ้นหมา ปลาจักรผาน ปลายอดจาก และปลาเก๋า

3. ปลาเป็ด (Trash fish)

2.2 ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง (Crustacean) โดยแยกพิจารณาตามประเภทของสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง คือ กุ้ง (Shrimp and prawn) และปู (Crab)

2.3 ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอด (Cephalopod) โดยแยกพิจารณาตามประเภทของเซฟาโลพอด คือ หมึก (Squid and cuttlefish) และหอย (Mollusc)

2.4 ปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทอื่นๆ (Other) หมายถึง สัตว์น้ำอื่นๆ เช่น แมงกะพรุน (Jellyfish) เป็นต้น

3. การตรวจสอบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยด้วยแผนภูมิควบคุม CUSUM

ในการตรวจสอบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยโดยประยุกต์แผนภูมิควบคุม CUSUM มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อกำหนดให้กระบวนการอยู่ในการควบคุม คือ

3.1.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม (μ_0) ด้วยค่าประมาณของค่าเฉลี่ยของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม ($\overline{x}$)

3.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม (σ_0) ด้วยค่าประมาณของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม (s)

3.2 คำนวณค่าสถิติที่จะนำมาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม CUSUM

เนื่องจากในงานวิจัยนี้เป็นการใช้แผนภูมิควบคุม CUSUM เพื่อการเฝ้าระวังและป้องกัน หากทำการตรวจสอบแล้วพบว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มมีการเปลี่ยนแปลง โดยอาจจะมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมาก จึงประยุกต์ค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม CUSUM ตามคำแนะนำของ Mesnil และ Petitgas [5] ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

3.2.1 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i ซึ่งคำนวณได้จาก

$$S_i^+ = \max\left[0, S_{i-1}^+ + z_i - k\right]$$

3.2.2 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i ซึ่งคำนวณได้จาก

$$S_i^- = \min\left[0, S_{i-1}^- + z_i + k\right]$$

โดยที่ z_i เป็นค่ามาตรฐานของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม ณ จุดเวลาที่ i ซึ่งหาค่าได้จาก $z_i = \frac{x_i - \mu_0}{\sigma_0}$ เมื่อ x_i คือปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็ม ณ จุดเวลาที่ i

k เป็นค่าพารามิเตอร์ที่แสดงค่าอ้างอิงของแผนภูมิควบคุม CUSUM ซึ่งกำหนดให้ k =1.3

สำหรับค่าเริ่มต้นของ S_i^+ และ S_i^- มักจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับศูนย์ ($S_0^+ = S_0^- = 0$)

3.3 คำนวณค่าขีดจำกัดควบคุม (Control limit) ของแผนภูมิควบคุม CUSUM

ค่าพารามิเตอร์ที่แสดงช่วงของการตัดสินใจ (Decision interval) ของแผนภูมิควบคุม CUSUM (h) คือค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม CUSUM ซึ่งประกอบด้วย

1. ขีดจำกัดควบคุมบน (Upper control limit: *UCL*) มีค่าเป็น $UCL = +h$
2. เส้นกลาง (Center line: *CL*) มีค่าเป็น $CL = 0$
3. ขีดจำกัดควบคุมล่าง (Lower control limit: *LCL*) มีค่าเป็น $LCL = -h$

3.4 สร้างแผนภูมิควบคุม CUSUM

โดยนำค่าสถิติที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3.2 ซึ่งเป็นค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i และค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i มาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม CUSUM ที่มีขีดจำกัดควบคุมซึ่งคำนวณได้จากขั้นตอนที่ 3.3

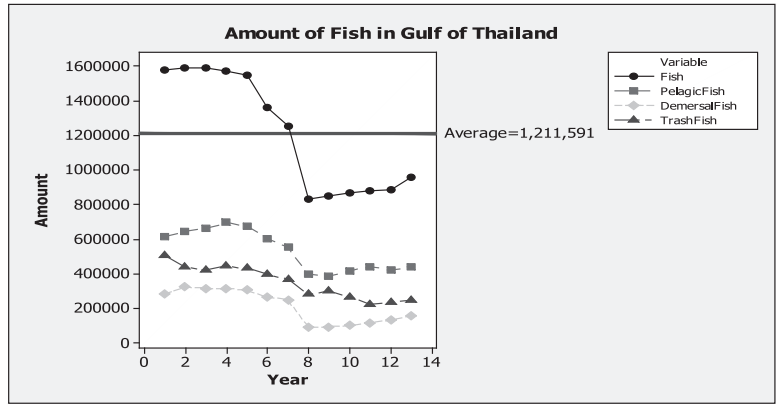
ผลการวิจัย

การประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย มีผลการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ผลการประเมินค่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

เมื่อประเมินค่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยเพื่อศึกษารูปแบบของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มรายปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2556 (Year=1, 2, ..., 13) ซึ่งแยกตามประเภทของสัตว์น้ำเค็มที่จับได้ในอ่าวไทย ด้วยสถิติเชิงพรรณนา โดยพิจารณาจากแผนภาพการกระจายได้ผลดังนี้

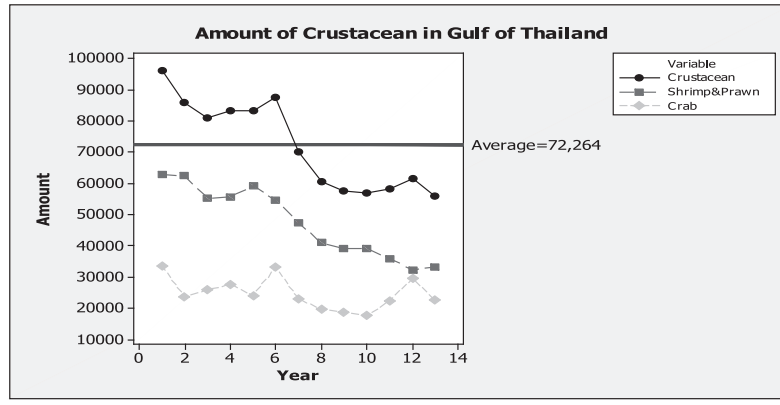
1.1 รูปแบบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดในอ่าวไทย แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดในอ่าวไทย

จากรูปที่ 1 ในภาพรวมพบว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดในช่วง 13 ปี มีค่าเท่ากับ 1,211,591 ตัน ซึ่งการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดมีปริมาณลดลงอย่างมากตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2551 (Year=6-8) ต่อจากนั้นปริมาณการถูกจับเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาถึงประเภทของสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดที่ถูกจับแล้ว พบว่าปลาผิวน้ำถูกจับมากที่สุด รองลงมาเป็นปลาหน้าดิน ส่วนปลาเป็ดมีปริมาณการถูกจับน้อยที่สุด

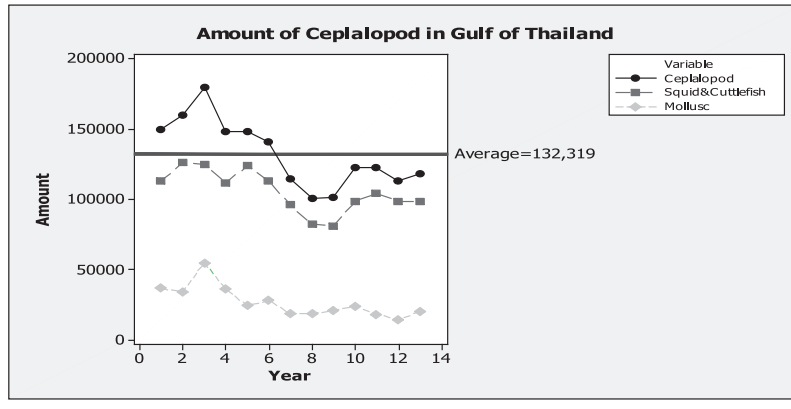
1.2 รูปแบบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งในอ่าวไทย แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งในอ่าวไทย

จากรูปที่ 2 ในภาพรวมพบว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งในช่วง 13 ปี มีค่าเท่ากับ 72,264 ตัน ซึ่งการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งมีปริมาณลดลงอย่างมากตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2553 (Year=7-10) ต่อจากนั้นปริมาณการถูกจับเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในปี พ.ศ. 2554 (Year=11) และปี พ.ศ. 2555 (Year=12) และปริมาณการถูกจับลดลงอีกในปี พ.ศ. 2556 (Year=13) และเมื่อพิจารณาถึงสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็งที่ถูกจับแล้ว พบว่ากุ้งถูกจับมากกว่าปู

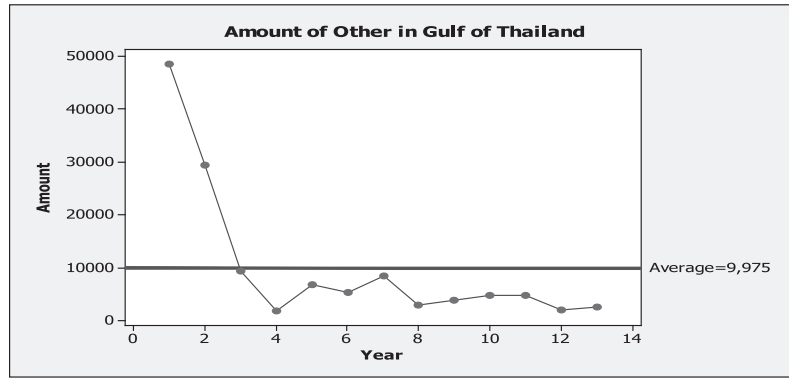
1.3 รูปแบบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอดในอ่าวไทย แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอดในอ่าวไทย

จากรูปที่ 3 ในภาพรวมพบว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอดในช่วง 13 ปี มีค่าเท่ากับ 132,319 ตัน ซึ่งการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอดมีปริมาณลดลงอย่างมากในช่วง 3 ปี คือ ปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2551 (Year=6-8) ต่อจากนั้นปริมาณการถูกจับเพิ่มขึ้นจนถึงปี พ.ศ. 2554 (Year=11) และปริมาณการถูกจับลดลงอีกเพียงเล็กน้อยในปี พ.ศ. 2555 (Year=12) จนกระทั่งเพิ่มขึ้นเล็กน้อยอีกครั้งหนึ่งในปี พ.ศ. 2556 (Year=13) และเมื่อพิจารณาถึงสัตว์น้ำเค็มประเภทเซฟาโลพอดที่ถูกจับแล้ว พบว่าหมึกถูกจับมากกว่าหอย

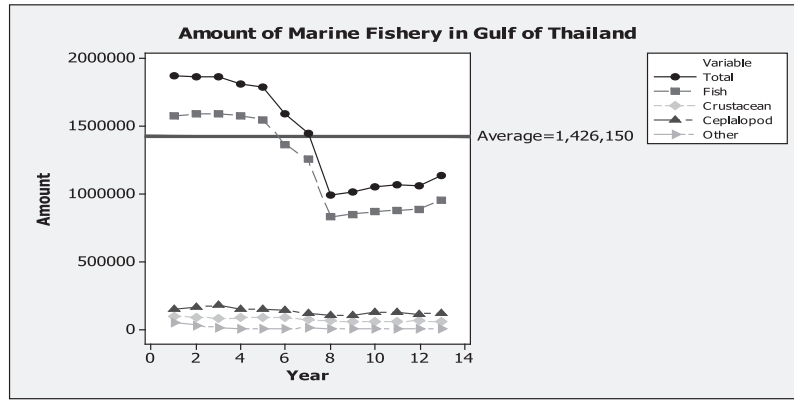
1.4 รูปแบบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทอื่นๆ ในอ่าวไทย แสดงดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทอื่นๆ ในอ่าวไทย

จากรูปที่ 4 พบว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทอื่นๆ ในช่วง 13 ปี มีค่าเท่ากับ 9,975 ตัน ซึ่งการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทอื่นๆ มีปริมาณลดลงอย่างมากในช่วง 3 ปี คือ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2545 (Year=2) จนถึงปี พ.ศ. 2547 (Year=4) ต่อจากนั้นปริมาณการถูกจับเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 (Year=5) เป็นต้นมา ซึ่งปริมาณที่ถูกจับในช่วงหลังนี้ต่ำกว่าปริมาณเฉลี่ยที่ถูกจับได้ทั้งหมดในช่วง 13 ปี

สำหรับแผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยโดยภาพรวม ซึ่งพิจารณาจากข้อมูลประเภทของสัตว์น้ำเค็มที่จับได้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2556 แสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

จากรูปที่ 5 ในภาพรวมพบว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มในช่วง 13 ปี มีค่าเท่ากับ 1,426,150 ตัน ซึ่งการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีปริมาณลดลงอย่างมากในช่วง 3 ปี คือ ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2549 (Year=6) จนถึงปี พ.ศ. 2551 (Year=8) ต่อจากนั้นปริมาณการถูกจับเพิ่มขึ้นอีกเพียงเล็กน้อย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 (Year=9) เป็นต้นมา ซึ่งปริมาณที่ถูกจับในช่วงหลังนี้ต่ำกว่าปริมาณเฉลี่ยที่ถูกจับได้ทั้งหมดในช่วง 13 ปี และเมื่อพิจารณาถึงประเภทของสัตว์น้ำเค็มทั้งหมดที่ถูกจับแล้ว พบว่าสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดถูกจับมากที่สุด ส่วนสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง ประเภทเซฟาโลพอด และประเภทอื่นๆ ถูกจับได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

2. ผลการตรวจสอบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยด้วยแผนภูมิควบคุม CUSUM

เมื่อใช้แผนภูมิควบคุม CUSUM ตรวจสอบปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย ได้ผลดังนี้

2.1 ผลการประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อกำหนดให้กระบวนการอยู่ในการควบคุม

เนื่องจากปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2548 มีค่ามากกว่าในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึงปี พ.ศ. 2556 โดยปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มเริ่มจะมีค่าลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นมา ซึ่งปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ถึงปี พ.ศ. 2556 มีค่าน้อยกว่าปริมาณเฉลี่ยของการจับสัตว์น้ำเค็มในช่วงทั้งหมด 13 ปี จึงได้กำหนดให้ช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2551 เป็นช่วงเวลาที่กระบวนการอยู่ในการควบคุมซึ่งเมื่อทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ เมื่อกำหนดให้กระบวนการอยู่ในการควบคุมแล้ว พบว่า

2.1.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าเท่ากับ

$$\bar{x} = 1{,}652{,}472.5 \text{ ตัน}$$

2.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าเท่ากับ

$$s = 306{,}254.07 \text{ ตัน}$$

2.2 ผลการคำนวณค่าสถิติที่จะนำมาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม CUSUM

เมื่อใช้ค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม CUSUM ตามคำแนะนำของ Mesnil และ Petitgas [5] โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ที่แสดงค่าอ้างอิงของแผนภูมิควบคุม CUSUM $k = 1.3$ แล้ว จะสามารถคำนวณค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม CUSUM ได้ดังนี้

2.2.1 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i (S_i^+) ซึ่งคำนวณค่าให้ผลแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i (S_i^+)

ปี	i	x_i	z_i	z_i-k	S_i^+
2544	1	1,871,737	0.71596	-0.584	0
2545	2	1,862,679	0.68638	-0.6136	0
2546	3	1,860,263	0.67849	-0.6215	0
2547	4	1,806,078	0.50156	-0.7984	0
2548	5	1,784,590	0.4314	-0.8686	0
2549	6	1,593,387	-0.1929	-1.4929	0
2550	7	1,447,898	-0.668	-1.968	0
2551	8	993,148	-2.1529	-3.4529	0
2552	9	1,010,657	-2.0957	-3.3957	0
2553	10	1,051,402	-1.9627	-3.2627	0
2554	11	1,064,772	-1.919	-3.219	0
2555	12	1,061,847	-1.9285	-3.2285	0
2556	13	1,131,486	-1.7012	-3.0012	0

2.2.2 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i (S_i^-) ซึ่งคำนวณค่าให้ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i (S_i^-)

ปี	i	x_i	z_i	z_i+k	S_i^-
2544	1	1,871,737	0.71596	2.01596	0
2545	2	1,862,679	0.68638	1.98638	0
2546	3	1,860,263	0.67849	1.97849	0
2547	4	1,806,078	0.50156	1.80156	0
2548	5	1,784,590	0.4314	1.7314	0
2549	6	1,593,387	-0.1929	1.10707	0
2550	7	1,447,898	-0.668	0.63201	0
2551	8	993,148	-2.1529	-0.8529	-0.8529
2552	9	1,010,657	-2.0957	-0.7957	-1.6486
2553	10	1,051,402	-1.9627	-0.6627	-2.3112
2554	11	1,064,772	-1.919	-0.619	-2.9302
2555	12	1,061,847	-1.9285	-0.6285	-3.5588
2556	13	1,131,486	-1.7012	-0.4012	-3.9599

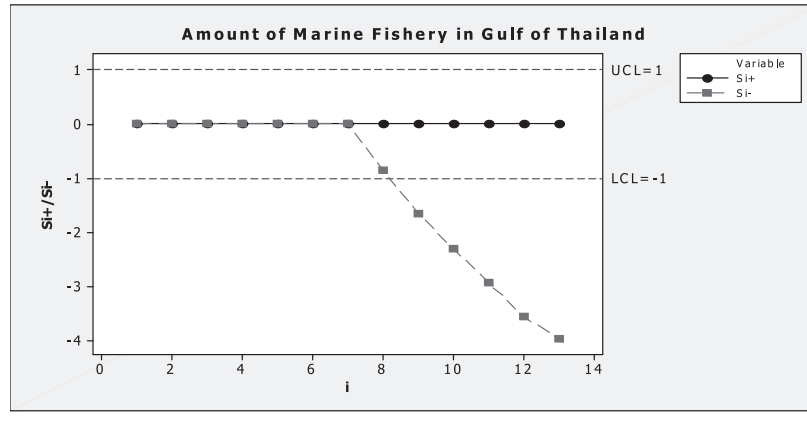
2.3 ผลการคำนวณค่าขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม CUSUM

เมื่อใช้ค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม CUSUM ตามคำแนะนำของ Mesnil และ Petitgas [5] โดยกำหนดให้พารามิเตอร์ที่แสดงช่วงของการตัดสินใจของแผนภูมิควบคุม CUSUM $h = 1$ จะได้ขีดจำกัดควบคุมของแผนภูมิควบคุม CUSUM ดังนี้

1. ขีดจำกัดควบคุมบนมีค่าเท่ากับ $UCL = 1$
2. เส้นกลางมีค่าเท่ากับ $CL = 0$
3. ขีดจำกัดควบคุมล่างมีค่าเท่ากับ $LCL = -1$

2.4 ผลการสร้างแผนภูมิควบคุม CUSUM

เมื่อนำค่าสถิติของแผนภูมิควบคุม CUSUM ทั้ง 2 ค่า คือค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i (S_i^+) และค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ (S_i^-) มาพล็อตลงในแผนภูมิควบคุม CUSUM ที่มีขีดจำกัดควบคุมคือ $UCL/LCL = \pm 1$ แล้ว จะได้แผนภูมิควบคุม CUSUM ที่แสดงถึงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภูมิควบคุม CUSUM ของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

จากรูปที่ 6 พบว่าค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าบวก ณ จุดเวลาที่ i หรือ S_i^+ ทุกค่ามีค่าอยู่ภายในขีดจำกัดควบคุม ขณะที่ค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i หรือ S_i^- จะอยู่ภายในขีดจำกัดควบคุมในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2551 และหลังจากนั้นคือตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552 เป็นต้นมา S_i^- มีค่าลดลงน้อยกว่าขีดจำกัดควบคุมล่าง จึงแสดงให้เห็นว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยออกนอกการควบคุมตั้งแต่ปีพ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2556

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยสามารถสรุปและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

การประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดังนี้

1. สัตว์น้ำเค็มที่ถูกจับเป็นปริมาณมากที่สุดในอ่าวไทย คือสัตว์น้ำเค็มประเภทปลา ส่วนสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง ประเภทเซฟาโลพอด และประเภทอื่นๆ ถูกจับได้ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

2. ในช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2548 มีปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมากและปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยเริ่มมีค่าลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2549 เป็นต้นมา ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมด โดยจะเห็นได้จากสัตว์น้ำเค็มประเภทสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง ประเภทเซฟาโลพอด และประเภทอื่นๆ มีปริมาณการถูกจับของแต่ละปี ในช่วง 13 ปี ใกล้เคียงกัน

3. ถ้ากำหนดให้ช่วงปี พ.ศ. 2544 ถึงปี พ.ศ. 2551 เป็นช่วงเวลาที่กระบวนการอยู่ในการควบคุมแล้ว ค่าเฉลี่ยของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าเท่ากับ 1,652,472.5 ตัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าเท่ากับ 306,254.07 ตัน

4. เมื่อกำหนดให้พารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม CUSUM มีค่า $k = 1.3$ และ $h = 1$ แล้ว แผนภูมิควบคุม CUSUM สามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยได้กล่าวคือปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยมีค่าลดลงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 เป็นต้นมา แต่เริ่มออกนอกการควบคุมตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ซึ่งจะพิจารณาได้จากค่าเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบ ณ จุดเวลาที่ i หรือ S_i^- มีค่าน้อยกว่าค่าขีดจำกัดควบคุมล่าง ($LCL = -1$)

อภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัย “การประยุกต์การควบคุมกระบวนการเชิงสถิติสำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย” สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. แผนภูมิควบคุม CUSUM สามารถตรวจสอบได้จริงว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยเริ่มมีค่าลดลงอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2550 ถึงปี พ.ศ. 2551 และลดลงเรื่อยมาจนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2556 ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับแผนภาพการกระจายของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยที่พบว่ามีค่าลดลงตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2548 ถึงปี พ.ศ. 2551 โดยเกิดขึ้นเนื่องมาจากสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบอีกว่าปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในแต่ละปีตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เป็นต้นมามีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ซึ่งหากทราบถึงสาเหตุของการลดลงของปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดแล้วก็จะสามารถนำผลที่ได้นี้ไปใช้ในการวางแผน หรือป้องกันไม่ให้มีการจับสัตว์น้ำเค็มประเภทปลาทั้งหมดมากเกินไปจนอาจทำให้ปลาทะเลบางชนิดสูญพันธุ์ได้

2. สามารถใช้งานวิจัยนี้เป็นตัวชี้แนะหรือข้อแนะนำในการพัฒนาแผนภูมิควบคุม CUSUM เพื่อใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทยได้ โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของแผนภูมิควบคุม CUSUM เช่น ในกรณีที่ทราบข้อมูลเบื้องต้นว่ามีการจับสัตว์น้ำเค็มในปริมาณที่ค่อยๆ เพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการตรวจสอบกระบวนการที่มีการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยขนาดปานกลางหรือขนาดใหญ่อาจทำการปรับค่าพารามิเตอร์ที่แสดงค่าอ้างอิงเป็น $k = 0.5$ และค่าพารามิเตอร์ที่แสดงช่วงของการตัดสินใจเป็น $h = 2$ ได้

3. สามารถขยายผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ได้ โดยนำแผนภูมิควบคุม CUSUM ไปตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มทางฝั่งอันดามันได้

4. สามารถนำผลที่ได้จากงานวิจัยไปเผยแพร่ให้กับกลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ที่ได้จัดสรรเงินเพื่ออุดหนุนการทำวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 เพื่อสนับสนุนการวิจัยนี้ และขอขอบคุณกลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง ศูนย์สารสนเทศ กรมประมง เป็นอย่างสูงที่อนุเคราะห์ให้ข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการจับสัตว์น้ำเค็มในอ่าวไทย

เอกสารอ้างอิง

1. Maejo University 2016. Fisheries Law. Available from http://lms.mju.ac.th/Fisheris_Law/lesson2.php. 5 October 2015. (in Thai)
2. Miyahara, K., Ota, T., Kohno, N., Ueta, Y., and Bower, J. R. 2005. Catch fluctuations of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE based on analysis of environmental factors. *Fisheries Research.* 72(1): 71-79.
3. Ghani, I. M. M., and Ahmad, S. 2010. Stepwise multiple regression method to forecast fish landing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* 8: 549-554.
4. Page, E. S. 1954. Continuous inspection schemes. Biometrika 41(1/2): 100-115.
5. Mesnil, B., and Petitgas, P. 2009. Detection of changes in time-series of indicators using CUSUM control charts. *Aquatic Living Resources.* 22(2): 187.
6. Saithanu, K., Unmueng, P., and Mekparyup, J. 2014. Detecting Change of Longtail Tuna Quantity in Thailand with CUSUM Control Chart. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics.* 10(5): 657-661.
7. Saithanu, K., and Mekparyup, J. 2015. Monitoring Stock of Round Scads in Thailand with CUSUM Control Chart. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics.* 11(1): 427-430.
8. Saithanu, K., and Mekparyup, J. 2015. Using CUSUM Control Chart to Detect Change of Shrimp and Prawn Catch In Thailand. *Global Journal of Pure and Applied Mathematics.* 11(2): 671-674.

ได้รับบทความวันที่ 8 สิงหาคม 2559
ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 17 พฤศจิกายน 2559