



แนวโน้มน้ผลจับ การจำแนกสตัค พลวัตประชากร และปริมาณการจับที่
เหมาะสมของปลา *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) ในอ่าวไทย



สนรยา กุลกัลยา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

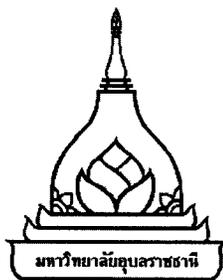
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



TREND ANALYSIS, STOCK DETERMINATION,
POPULATION DYNAMICS AND OPTIMUM YIELDS OF
INDO-PACIFIC MACKEREL *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)
IN THE GULF OF THAILAND

SONTAYA KOOLKALYA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY
MAJOR IN AGRICULTURE
FACULTY OF AGRICULTURE
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY
ACADERMIC YEAR 2016
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์

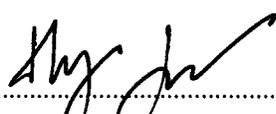
เรื่อง แนวโน้มผลจับ การจำแนกสต็อค พลวัตประชากร และปริมาณการจับที่เหมาะสมของปลาหู
Rastrelliger brachysoma (Bleeker, 1851) ในอ่าวไทย

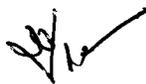
ผู้วิจัย นายสนธยา กุลกัลยา

คณะกรรมการสอบ

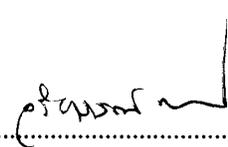
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน	ประธานกรรมการ
ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกต	กรรมการ
รองศาสตราจารย์ ดร.ปราณีต งามเสนห์	กรรมการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แหลมคม	กรรมการ
ดร.ชัยวุฒิ กรุดพันธ์	กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....
(ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกต)


.....
(รองศาสตราจารย์ธีระพล บันสิทธิ์)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์


.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2559

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก หมายเลขทุน PHD/0172/2554) ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณหน่วยงานดังกล่าวมา ณ ที่นี้

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาถ่ายทอดองค์ความรู้ รวมทั้งให้แนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ ในระหว่างการดำเนินการศึกษา และการจัดทำวิทยานิพนธ์ในระดับปริญญาเอกฉบับนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรานีต งามเสน่ห์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนาทิพย์ แผลมคม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธี แก้วเนิน ประธานกรรมการควบคุมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.ชัยวุฒิ กรุดพันธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างสูง ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และให้ความอนุเคราะห์ในด้านต่าง ๆ เป็นอย่างยิ่ง ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา พยุหะ อาจารย์ ดร.อัจฉรา จุฑาเกตุ อาจารย์ ดร.จรุงจิต กรุดพันธ์ ดร.พิสิฐ ภูมิคง คุณวชิระ กว้างขวาง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรศักดิ์ สวัสดิ์ อาจารย์ ดร.ปิยะเทพ อวทะกุล อาจารย์สุรียา อุดตัง อาจารย์อมรรัตน์ รังสิวิวัฒน์ คุณกนกวรรณ ม่วงมิตร คุณสายฝน แก้วดอนรี คุณเดชณรงค์ โพธิ์ศรี คุณอนุสร แซ่ต่าง คุณนิรันดร์ วารินทร์ รวมถึงนักศึกษา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีท่านอื่น ๆ และบุคลากรประจำคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำ ในระหว่างการศึกษา และการจัดทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา รวมทั้งขอขอบพระคุณ Dr.Clive Trueman, Dr.Milton, J. Andy และ Dr.Matthew Cooper ที่ให้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุในห้องปฏิบัติการ the National Oceanography Centre เมือง Southampton และช่วยกรุณาให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ผลด้วย

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา ครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทวิชามาจนถึงปัจจุบันนี้ รวมทั้งขอขอบคุณนางสาวอุมารินทร์ มัจฉาเกื้อ ภรรยาของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจสำคัญที่อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของการศึกษาในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบพระคุณ คณาจารย์ และขอขอบคุณนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณีทุกท่านที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือด้านต่าง ๆ ตลอดการศึกษาระดับปริญญาเอกเป็นอย่างดี

สนธยา ภูลภักยา

ผู้วิจัย

บทคัดย่อ

- เรื่อง : แนวโน้มผลจับ การจำแนกสต็อค พลวัตประชากร และปริมาณการจับที่เหมาะสมของปลาหู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) ในอ่าวไทย
- ผู้วิจัย : สนธยา กุลกัลยา
- ชื่อปริญญา : ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
- สาขาวิชา : เกษตรศาสตร์
- อาจารย์ที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์ ดร.ทวนทอง จุฑาเกตุ
- คำสำคัญ : ปลาหู, การจำแนกสต็อค, การเติบโต, ระดับการทำการประมงที่เหมาะสม

การประมงทะเลของประเทศไทยมีพัฒนาการอย่างมากและยาวนานมาตั้งแต่ก่อนปี พ.ศ. 2490 ผลจับจากการประมงทะเลไทยประกอบด้วยปลาผิวน้ำ และปลาหน้าดิน และสัตว์น้ำทะเลชนิดอื่น ๆ ในบรรดาปลาผิวน้ำ ปลาหู *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) เป็นสัตว์น้ำที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และเป็นปลาทะเลที่ประชาชนทั่วไปนิยมบริโภคและเข้าถึงได้มากที่สุด ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรประมงทะเลในอ่าวไทยอย่างยั่งยืน งานวิจัยครั้งนี้จึงดำเนินการศึกษาวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (ก) ตรวจสอบความแปรปรวน และตรวจสอบแนวโน้ม รวมทั้งรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาในอ่าวไทย (โดยเฉพาะปลาหู) และ (ข) เพื่อจำแนกสต็อคของปลาหูในอ่าวไทย และเมื่อได้ข้อค้นพบการศึกษาในวัตถุประสงค์ที่สองแล้วนั้น จึงนำผลดังกล่าวมาประเมินการเติบโต และการตาย ของปลาหูแต่ละสต็อคในอ่าวไทยเพื่อประเมินหา ระดับการทำการประมงที่เหมาะสมในการทำการประมงปลาหูแต่ละสต็อคในอ่าวไทยซึ่งเป็น วัตถุประสงค์ข้อที่สามของการศึกษาในครั้งนี้

ความแปรปรวน แนวโน้ม และรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาหูทะเลในอ่าวไทยได้ดำเนินการศึกษาโดยใช้ข้อมูลผลจับปลาหูทะเล 35 ชนิด/กลุ่ม รายปี จำนวน 26 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2552 ผลการศึกษาปรากฏว่าการทำการประมงในอ่าวไทยนั้นพัฒนาจนเลยจุดอิ่มตัวมาแล้ว และกำลังเข้าสู่สภาวะไม่มั่นคง เพราะบางต่อการล่มสลายของทรัพยากรเป็นอย่างมาก โดยผล การศึกษายังพบว่าปลาหูมีความแปรปรวนของผลจับในระยะยาวต่ำที่สุด ขณะที่ผลจับมีปริมาณมาก นอกจากนี้ปลาหูยังมีแนวโน้มของผลจับที่เพิ่มขึ้นถึง พ.ศ. 2547 และผลจับมีแนวโน้มลดลงมาตั้งแต่ บัดนั้นเป็นต้นมา

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุดูองเพื่อการจำแนกสต็อคปลาหูในอ่าวไทยพบว่าสามารถ จัดจำแนกสต็อคปลาหูออกได้เป็น 4 สต็อคตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ สต็อคอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สต็อคอ่าวไทยตอนบน สต็อคอ่าวไทยตอนกลาง และสต็อคอ่าวไทยตอนล่าง นอกจากนี้ผลการศึกษา

การติดตามองค์ประกอบธาตุรองจากแก่นกลางกระดูกถึงขอบกระดูกของปลาหูกยังแสดงผลให้เห็นว่าปลาหูกแต่ละสปีชีส์ใช้ชีวิตอยู่ในแต่ละสปีชีส์เฉลี่ยร้อยละ 63 (เพศผู้) และร้อยละ 83 (เพศเมีย) ของช่วงชีวิตปลาแต่ละตัว

ค่าพารามิเตอร์การเติบโตจากแบบจำลองของ von Bertalanffy พบว่ามีความแตกต่างกันระหว่างสปีชีส์ปลาหูกต่าง ๆ ยืนยันได้ถึงการแยกกันจริงระหว่างสปีชีส์ปลาหูกสปีชีส์ต่าง ๆ ในอ่าวไทย ผลการศึกษาถึงระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมของสปีชีส์ปลาหูกในอ่าวไทยฝั่งตะวันออกมีค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมระหว่าง 134.56-192.23 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.65-1.00 ต่อปี ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.35-5.16 ต่อปี สำหรับอ่าวไทยตอนบนมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมระหว่าง 134.47-206.88 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ต่อปี ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.86-4.77 ต่อปี อ่าวไทยตอนกลางมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมระหว่าง 143.41-220.63 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 ต่อปี ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.29-3.81 ต่อปี ส่วนอ่าวไทยตอนล่างมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมระหว่าง 123.27-189.64 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.64-1.00 ต่อปี ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.47-5.42 ต่อปี

ผลทั้งหมดที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบและเห็นภาพร่างของสภาวะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย โดยเฉพาะปลาหูกที่ได้ศึกษาค้นพบข้อมูลจำนวนสปีชีส์ปลาหูกในอ่าวไทย และข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมสำหรับปลาหูกแต่ละสปีชีส์ ซึ่งผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้สำหรับการจัดการประมง เพื่อให้มีทรัพยากรปลาหูกในอ่าวไทยไว้ใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ABSTRACT

TITLE : TREND ANALYSIS, STOCK DETERMINATION, POPULATION DYNAMICS AND OPTIMUM YIELD OF INDO-PACIFIC MACKEREL *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) IN THE GULF OF THAILAND

AUTHOR : SONTAYA KOOLKALYA

DEGREE : DOCTOR OF PHILOSOPHY (AGRICULTURE)

MAJOR : AGRICULTURE

ADVISOR : PROF. TUANTONG JUTAGATE, Ph.D.

KEYWORDS : SHORT MACKEREL, STOCK IDENTIFICATION, GROWTH, OPTIMUM FISHING LEVEL

Thailand's marine fisheries have been intensively developed since 1950s. Catches are comprised of the pelagic and demersal fishes as well as other aquatic animals. Among the pelagic species, short-mackerel *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) is the species that has created significant economic value as well being the most consumed marine fish in the country. An aiming to be a protocol for sustainable management of marine fisheries resources in the Gulf of Thailand (GoT), the three objectives of this research were to (a) examine the variations, trends and patterns of the catches from marine fisheries in the GoT, in particular the short-mackerel, (b) identify the stock assembly of the short-mackerel in the GoT, and (c) estimate the growth and mortality rates to optimize the fishing pressure of each stock of the short-mackerel in the GoT, The findings from the second objective also further acted as the baseline for the third objective

Variations, trends and patterns of marine fish catches in the GoT were examined using the annual catch data of 35 species/groups of marine fishes for 26 years between 1984 and 2009. The results showed that fishing in the GoT has developed beyond the mature state and is presently in an unstable state in danger of collapsing. The results also showed that the short-mackerel had the lowest long-term variability of catch, while the catch was high. Trend analysis exhibited the trend of increase in the catch of the short-mackerel until 2004, followed by a decrease.

Analysis of trace elements indicated that there were four stocks of short-mackerel in four areas in the GoT, the Eastern-GoT stock, the Upper-GoT stock, the Central-GoT stock and the Lower-GoT stock. Tracking the trace elemental compositions and concentrations along the sectioned otolith from the core to the edge revealed that the short-mackerels are at their designated stock for approximately 63% and 83% of the life spans of males and females respectively.

The growth parameters of von Bertalanffy growth model were different stock by stock, which also implied separation of each stock of short-mackerel in the GoT. Examination of the optimum utilization level of short-Mackerel stock in the Eastern-GoT showed a reasonable length at first capture (L_c) of between 134.56 and 192.23 millimeters. The exploitation rate (E) should have been between 0.65 and 1.00 per year and the appropriate fisheries mortality instantaneous rate (F) should have been 3.35 and 5.16 per year. For the Upper-GoT stock, L_c was between 134.47 and 206.88 millimeters. E should have been between 0.60 and 1.00 per year, and F should have been 2.86 and 4.77 per year. For the Central-GoT stock, L_c was between 143.41 and 220.63 millimeters. Exploitation rate should have been between 0.60 and 1.00 per year, and F should have ranged from 2.29 to 3.81 per year. For the Lower-GoT stock, L_c was between 123.27 and 189.64 millimeters. E should have been between 0.64 and 1.00 per year, and F should have ranged from 3.47 to 5.42 per year.

This study illustrated the situation of the marine fish resources in the GoT, in particular the short-mackerel, as well its stock assembly and the way forward for optimum exploitation. These findings can be applied in the sustainability of short-mackerel in the GoT.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	4
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
1.6 ระยะเวลาการศึกษา	5
1.7 พื้นที่ศึกษา	5
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การประมงทะเลของไทยในภาพรวม	6
2.2 การประมงในอ่าวไทย	8
2.3 การประมงปลาทูในอ่าวไทย	9
2.4 อนุกรมวิธาน ลักษณะรูปร่าง ที่อยู่อาศัย และการแพร่กระจายของปลาทู	11
2.5 การศึกษาชีววิทยาปลาทูในอ่าวไทย	13
2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดุกหูของปลา	15
2.7 ความรู้เกี่ยวกับสต็อคปลา และการจำแนกสต็อคโดยใช้ข้อมูลจากกระดุกหูปลา	22
2.8 การศึกษาพลวัตประชากรปลาสำหรับการจัดการประมง	25
2.9 การประเมินหาปริมาณการจับที่เหมาะสมในการทำการประมงปลา	29
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 สถานที่ในการศึกษา	35
3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	37

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 การรวบรวมข้อมูล	38
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล	39
บทที่ 4 การศึกษาสภาวะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย	
4.1 คำนำ	43
4.2 อุปกรณ์และวิธีการ	45
4.3 ผลการศึกษา	49
4.4 วิจารณ์ผล	61
4.5 สรุป	64
บทที่ 5 การจำแนกสต็อกปลาในอ่าวไทย	
5.1 คำนำ	66
5.2 อุปกรณ์และวิธีการ	69
5.3 ผลการศึกษา	73
5.4 วิจารณ์ผล	84
5.5 สรุป	88
บทที่ 6 การเติบโตและระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย	
6.1 คำนำ	89
6.2 อุปกรณ์และวิธีการ	90
6.3 ผลการศึกษา	99
6.4 วิจารณ์ผล	109
6.5 สรุป	112
บทที่ 7 บทสรุป	
7.1 คำนำ	113
7.2 สถานการณ์ปลาทะเลในอ่าวไทย	114
7.3 การจำแนกสต็อกปลาในอ่าวไทย	115
7.4 การเติบโตและระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย	117
7.5 แนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรปลาในอ่าวไทย	117
7.6 ประเด็นที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม	119
7.7 สรุป	119

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	121
ภาคผนวก	
ก กิจกรรมการปฏิบัติงานภาคสนาม	142
ข การเตรียมตัวอย่างกระดูกหู	145
ค การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบธาตุรองในกระดูกหูปลาหู	148
ง การศึกษาอายุและการเติบโตของปลาหู	150
จ บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ	152
ฉ ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ	161
ประวัติผู้วิจัย	175

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ผลจับสัตว์น้ำทะเลของไทยในปี พ.ศ. 2557 (หน่วยเป็นตัน)	2
2.1	ตัวอย่างผลการประเมินสภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำรายชนิดในพื้นที่อ่าวไทย	8
4.1	ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนร้อยละ (% of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่าง ๆ จากอ่าวไทย	51
5.1	พื้นที่เก็บตัวอย่าง เพศ ความยาวลำตัวเฉลี่ย (Mean) พร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และจำนวนตัวอย่าง (n) ปลาทุที่ใช้ในการศึกษารั้งนี้	70
5.2	การคัดเลือกธาตุต่าง ๆ เพื่อการวิเคราะห์จำแนกสต่อคปลาทุในอ่าวไทย	74
5.3	ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่พบในกระดูกปลาทุ (หน่วยเป็น mmol element \cdot mol $^{-1}$ Ca)	75
5.4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (MANOVA) ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่	77
5.5	ผลการตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้องค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกปลาทุ	80
5.6	ผลการติดตามองค์ประกอบธาตุตั้งแต่เกิดจนถูกจับเพื่อระบุช่วงชีวิต (ร้อยละ) ที่ปลาทุเข้ามาอาศัยอยู่ในพื้นที่ต่างๆ	82
5.7	ผลการตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยทั้งกระดูกปลาทุ	84
6.1	ความยาวเฉลี่ย \pm ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวอย่างปลาทุที่นำมาศึกษาจำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง	91
6.2	การตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกปลาทุ	100
6.3	สมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวของปลาทุสต่อคต่าง ๆ ในอ่าวไทย และผลการทดสอบรูปแบบการเติบโต	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6.4	ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุ จำแนกตามเพศและพื้นที่ศึกษา	102
6.5	ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) และความยาวสูงสุด (L_{∞}) ของปลาทูสต็อคต่าง ๆ ในอ่าวไทย	103
6.6	ค่าอายุสมมติเมื่อความยาวตัวปลาทุเท่ากับศูนย์ (t_0) ของปลาทูสต็อคต่าง ๆ ในอ่าวไทย	103
6.7	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาทูสต็อคต่าง ๆ ในอ่าวไทย	104
6.8	ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ และค่าสัมประสิทธิ์การโดยการประมง (ต่อปี) ในแต่ละสต็อคปลาทุ	105
6.9	ขนาดแรกจับ (L_c) อัตราการใช้ประโยชน์ (E) และระดับการทำประมง (F) ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสต็อคปลาทุ	108

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์	5
2.1	องค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำจากเรือประมงพื้นบ้าน และเรือประมงพาณิชย์	7
2.2	ลักษณะทั่วไปของปลาทุ	12
2.3	กระดูกหูของปลาชนิดต่าง ๆ	16
2.4	โครงสร้างของกระดูกหู (otoliths) มีลักษณะเป็นผลึกแบบ aragonite crystals	16
2.5	กายวิภาคของช่องหูชั้นในปลาและตำแหน่งของกระดูกหูชั้นต่าง ๆ	17
2.6	รายละเอียดของโครงสร้างของหูชั้นในของปลา	17
2.7	ความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ที่พบในกระดูกหูของปลา (ไม่รวม C, O, N, Ra และ Th)	18
2.8	เส้นทางการเข้าสู่สมในกระดูกหูของตัวอย่างธาตุต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ	20
2.9	งานวิจัยที่เกี่ยวกับกระดูกหูในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่นำเสนอในงาน the third international symposium on fish otolith research and application	21
2.10	ผลการใช้ความเข้มข้นขององค์ประกอบเคมี (Ba, Sr, Mn) จำแนกแหล่งกำเนิดของปลา shad (<i>Alosa sapidissima</i>) ในแม่น้ำสามสายในสหรัฐอเมริกา	24
2.11	เส้นโค้งการเติบโตในรูปของความยาวที่ประมาณได้จากแบบจำลอง Von Bertalanffy	28
2.12	การแบ่งช่วงชีวิตต่าง ๆ ของสัตว์น้ำที่ถูกทำการประมง	29
2.13	ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ที่ระดับต่าง ๆ ของค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) เมื่อสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) มีการเปลี่ยนแปลง	31
2.14	ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ที่ระดับต่าง ๆ ของค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) เมื่อขนาดแรกจับ (L _c) มีการเปลี่ยนแปลง	32
2.15	ไอโซเปิลด์ไออะแกรมสองมิติของปลา plaice <i>Pleuronectus platessa</i>	33
2.16	การประเมินสภาวะการประมงในรูปผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ตามวิธีการของ Gulland (1969: 1-153)	34
3.1	พื้นที่ศึกษาอ่าวไทย และการแบ่งเขตการเก็บตัวอย่างปลาทุ (เส้นประแสดงการแบ่งเขตเป็นสี่เขต คือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก พื้นที่อ่าวไทยตอนใน พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง) จุดสีแดงแสดงสถานที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง	36

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3.2	แนวคิดของ Artificial Neural Network (ANN) ในรูปแบบที่เป็น Self-Organizing Map (SOM)	40
4.1	การจัดเรียงข้อมูลผลจับปลาทะเลสำหรับการวิเคราะห์เพื่อการศึกษาสภาวะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย	45
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างผลจับเฉลี่ยของปลาทะเลกับค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (CV) ของปลาทะเล 35 ชนิดที่จับได้จากอ่าวไทย	49
4.3	การแพร่กระจายของความแปรปรวนระยะสั้น Absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาทะเล 35 ชนิด/กลุ่มที่จับได้จากอ่าวไทย	50
4.4	แนวโน้มผลจับของปลาทะเล 35 ชนิด/กลุ่มจากอ่าวไทยในช่วงปี พ.ศ. 2527-2552 ซึ่งวิเคราะห์โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation)	57
4.5	รูปแบบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผลจับปลาทะเลในอ่าวไทย วิเคราะห์โดย Self organizing map (SOM) เส้นทึบแสดงถึงการจัดกลุ่มตามความแตกต่างกันขององค์ประกอบของผลจับปลาในด้านน้ำหนัก	59
4.6	การแพร่กระจายขององค์ประกอบผลจับในด้านน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแต่ละชนิดในแต่ละคริสต์เตอร์ ชื่อย่อของปลาแต่ละชนิดตรวจสอบได้ในตารางที่ 4.1	60
5.1	การแพร่กระจายของปลาทุ สี่แดงหมายถึงพื้นที่ที่พบปลาทุชุกชุม	66
5.2	ผลจับปลาทุย้อนหลัง แสดงถึงความผันผวนของผลจับในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2524 – 2556	67
5.3	จุดเก็บตัวอย่างปลาทุในอ่าวไทย	69
5.4	การจัดวางตัวอย่างชิ้นส่วนของกระดูกหูดัดขวาง (ซึ่งฝังอยู่ในเรซิน) บนสไลด์แก้วเพื่อการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุ (ICP-MS: inductively coupled plasma mass spectrometer) วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน NIST 612 และ NIST 610 ถูกจัดวางไว้บริเวณกึ่งกลางสไลด์แก้ว	72
5.5	การตั้งค่าการยิงลำแสงเลเซอร์เป็นจุด (spot) เริ่มตั้งแต่แก่นกลางกระดูกหู (Primodium/core) เป็นแนวยาวเรื่อยไปจนถึงพื้นที่ขอบกระดูกหู	72

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.6	ความแตกต่างของปริมาณธาตุต่าง ๆ 8 ธาตุในบริเวณขอบกระดูกหู ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างในอ่าวไทย	77
5.7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่าง (1 = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2 = อ่าวไทยตอนใน 3 = อ่าวไทยตอนกลาง และ 4 = อ่าวไทยตอนล่าง)	77
5.8	การจัดจำแนกกลุ่มของปลาหู (ก) คือปลาหูเทศผู้ ข) คือปลาหูเทศเมีย) ที่จับมาได้จากพื้นที่ 4 แห่งในอ่าวไทย (1 = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2 = อ่าวไทยตอนใน 3 = อ่าวไทยตอนกลาง และ 4 = อ่าวไทยตอนล่าง) โดยวิธีการวิเคราะห์จำแนก (linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหูปลาหู	79
5.9	การติดตามองค์ประกอบธาตุในกระดูกหูปลาหู EGT = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก UGT = อ่าวไทยตอนบน MGT = อ่าวไทยตอนกลาง และ LGT = อ่าวไทยตอนล่าง	81
5.10	การจัดจำแนกกลุ่มของปลาหู (ก) คือปลาหูเทศผู้ ข) คือปลาหูเทศเมีย) ที่จับมาได้จากพื้นที่ 4 แห่งในอ่าวไทย (1 = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2 = อ่าวไทยตอนใน 3 = อ่าวไทยตอนกลาง และ 4 = อ่าวไทยตอนล่าง) โดยวิธีการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งกระดูกหูปลาหู	83
5.11	รูปแบบการไหลของกระแสในอ่าวไทย 4 รูปแบบ ใน 4 ช่วงเวลาในรอบปี และพบว่าอ่าวไทยตอนกลาง เป็นรอยต่อระหว่างกระแสน้ำหลายกระแส	87
6.1	รายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกหูปลาหู	90
6.2	พื้นที่ศึกษาอ่าวไทย และการแบ่งเขตการเก็บตัวอย่างปลาหู (เส้นประแสดงการแบ่งเขตเป็นสี่เขต คือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก พื้นที่อ่าวไทยตอนใน พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง) จุดสีแดงแสดงสถานที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง	92
6.3	การตัดกระดูกหูในแนวขวาง (Transverse section)	93
6.4	การนับวงวันโดยโปรแกรม ImageJ	93

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.5	การคำนวณหาอายุของปลาโดยวิธี The ageing method based on increment thickness	94
6.6	ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและความยาวของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย	104
6.7	ผลจับต่อหน่วยทดแทนที่สัมพันธ์ของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทยในสภาวะการณ์ปัจจุบัน ลูกครแสดงถึงระดับการใช้ประโยชน์ ณ เวลาปัจจุบัน	106
6.8	ผลจับต่อหน่วยทดแทนที่สัมพันธ์ของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทยเมื่อผันแปรขนาดแรกจับและระดับการใช้ประโยชน์	107

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาการวิจัย

การประมงทะเลของประเทศไทยมีพัฒนาการมายาวนานมากกว่า 100 ปีมาแล้ว ผลจับส่วนใหญ่เป็นปลาฉลามน้ำ การประมงทะเลของไทยนั้นในขั้นแรกเป็นการจับสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่ง ปากแม่น้ำ หรือใกล้เกาะ เพื่อการบริโภคในครัวเรือน ก่อนที่จะมีการแลกเปลี่ยนสัตว์น้ำที่จับได้มากกว่าความต้องการกับสินค้าชนิดอื่นโดยก่อน พ.ศ. 2460 การประมงทะเลเป็นการทำการประมงแบบดั้งเดิม (Traditional fisheries) (เจริญ นิตธิธรรมยง, 2543: 79-96) จากการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงทะเลอย่างมากทั้งในด้านระยะเวลาที่ยาวนาน และปริมาณการจับสัตว์น้ำที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ประกอบรวมทั้งความต้องการสัตว์น้ำเพื่อการบริโภคและเพื่อประโยชน์ต่าง ๆ โดยมนุษย์ยังคงมีเพิ่มขึ้นสูงตลอดเวลา ทำให้เกิดแรงกดดันทางการประมงอย่างมากกับทรัพยากรประมงทะเลอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ผลทำให้ทรัพยากรสัตว์น้ำลดลงเป็นอย่างมากอันเนื่องมาจากผลของแรงกดดันจากการลงแรงประมงที่มากเกินไป จำนวนสัตว์น้ำที่มีขนาดเล็กและปลาเบ็ดถูกจับในปริมาณมากซึ่งรวมถึงสัตว์น้ำที่มีค่าทางเศรษฐกิจขนาดเล็ก การเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัยที่สำคัญของสัตว์น้ำ การนำเอาเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้ในการทำประมงในช่วงเวลาย้อนหลังไป 30 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งการขาดการควบคุมการเพิ่มจำนวนของเรือประมง จนนำไปสู่การทำประมงผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม (IUU) ในน่านน้ำไทย (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 6)

แหล่งประมงของทะเลไทยที่สำคัญมีสองพื้นที่ใหญ่คือทางฝั่งทะเลอันดามัน และฝั่งทะเลอ่าวไทย สถานภาพปัจจุบันของทรัพยากรประมงทะเลและแหล่งที่อยู่อาศัยในน่านน้ำไทยพบว่าอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมอย่างมากโดยพิจารณาหลักฐานจากการลดลงของอัตราการจับสัตว์น้ำ (CUPE) จากการสำรวจด้วยเรือสำรวจของกรมประมงด้วยเครื่องมืออวนลาก ซึ่งมีค่าลดลงทั้งจากฝั่งทะเลอันดามัน และทะเลฝั่งอ่าวไทย โดยในอ่าวไทยผลจับสัตว์น้ำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน (พ.ศ. 2557) เหลือเพียงร้อยละ 9 ของอัตราการจับสัตว์น้ำแรกเริ่มสำรวจ (พ.ศ. 2503) ส่วนในพื้นที่ฝั่งทะเลอันดามัน ผลจับสัตว์น้ำ ณ ช่วงเวลาปัจจุบัน (พ.ศ. 2557) เหลือเพียงร้อยละ 25 ของอัตราการจับสัตว์น้ำแรกเริ่มสำรวจ และนอกจากนี้ระดับการลงแรงประมงจากทั้งสองพื้นที่ทำการประมงใหญ่นี้พบว่ามีค่าเท่ากับหรือมากกว่าระดับที่จะเกิดผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (MSY) แล้วทั้งสิ้น โดยในอ่าวไทยพบว่าระดับการลงแรงประมงเกินกว่าระดับการลงแรงประมงเพื่อให้ได้ผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนถึงร้อยละ 27 และในทะเลอันดามันพบว่า

ระดับการลงแรงประมงเกินกว่าระดับการลงแรงประมงเพื่อให้ได้ผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนถึงร้อยละ 16.5 (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 13-14)

ผลจับสัตว์น้ำของกองเรือประมงไทยในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณทั้งสิ้น 1.56 ล้านตัน ร้อยละ 67.1 เป็นการจับสัตว์น้ำในอ่าวไทย ร้อยละ 26.4 เป็นการจับจากทะเลอันดามัน และร้อยละ 6.5 เป็นการจับจากนอกลำน้ำไทย ปริมาณการจับส่วนใหญ่มาจากเรือประมงพาณิชย์ (ฝั่งทะเลอ่าวไทยร้อยละ 87.8 และฝั่งทะเลอันดามันร้อยละ 85.9) ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลจับสัตว์น้ำทะเลของไทยในปี พ.ศ. 2557 (หน่วยเป็นตัน)

ทรัพยากร	อ่าวไทย		ทะเลอันดามัน		นอกลำน้ำไทย
	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์	ประมงพื้นบ้าน	ประมงพาณิชย์	
สัตว์น้ำหน้าดิน	88,155	461,995	24,927	184,304	
ปลากระดูก	0	189,789	0	38,592	
ปลาผิวน้ำอื่น ๆ	39,071	266,625	32,998	130,239	
รวม	127,226	918,409	57,925	353,135	
รวม	1,045,635		411,060		101,165
รวมทั้งสิ้น	1,557,860				

ที่มา: กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย (2559: 18)

ในบรรดาปลาผิวน้ำ ปลาทุเป็นสัตว์น้ำที่สร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ และเป็นปลาทะเลที่ประชาชนทั่วไปนิยมบริโภคและเข้าถึงได้มากที่สุด ซึ่งการทำประมงปลาทุนั้นมีทั้งฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน โดยแหล่งการประมงปลาทุฝั่งอ่าวไทยแบ่งออกเป็น 4 แหล่ง ได้แก่ คือบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ซึ่งมีปริมาณการจับร้อยละ 40, บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ร้อยละ 30), บริเวณตอนใน (ร้อยละ 20) และ บริเวณอ่าวไทยตอนใต้ (ร้อยละ 10) (ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์, 2542: 51-56) โดยมีปริมาณผลจับในฝั่งอ่าวไทยคิดเป็น 85,260 เมตริกตัน ใน พ.ศ. 2551 (กรมประมง, 2555: เว็บไซต์) ซึ่งลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับปริมาณผลจับอย่างน้อยช่วง 3 ปีก่อนหน้านั้น คือ 95,668, 111,865 และ 117,218 เมตริกตัน ใน พ.ศ. 2550 2549 และ 2548 ตามลำดับ ทำให้เกิดคำถามที่ว่าปลาทุที่เคยมีอุดมสมบูรณ์ในน่านน้ำไทยหายไปไหน

นับตั้งแต่งานสอบสวนปลาทุที่ได้ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2506-2508 นั้น การศึกษาดังกล่าวถือได้ว่าเป็นแม่บทการศึกษาและทำความเข้าใจของปลาทุในอ่าวไทยเป็นต้นมา ซึ่งได้มีการศึกษาเกี่ยวกับปลาทุอย่างต่อเนื่องทั้งในอ่าวไทยและอันดามัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านชีวประวัติสัตว์น้ำ (ประภา วัฒนกุล, 2538: 1-16; ไพเราะ ศุภชากรณ์, 2541: 1-92; รัตนา มั่นประสิทธิ์, 2544: 1-22)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพื่อประเมินสภาวะทรัพยากรประมง พบว่ามีการศึกษาและทำการประเมินอย่างต่อเนื่องในสต็อกปลาทุในบริเวณทะเลอันดามัน (วีระ บุญรักษ์, 2527: 1-41; วีระ บุญรักษ์, 2537: 281-295; วีระ บุญรักษ์ และจำลอง ชนะสิทธิ์, 2539: 537-555; วีระ บุญรักษ์ และคณะ, 2542: 119-132) สำหรับในอ่าวไทย ชูจิต ตันติเศวตรรัตน์ (2533: 1-27) ได้ทำการประเมินศักยภาพการผลิตโดยใช้แบบจำลองผลจับถาวรสูงสุดในช่วง พ.ศ. 2521 - 2530 พบว่าอยู่ที่ประมาณ 106,000 เมตริกตันต่อปี และจากการประเมินล่าสุด สมหญิง เปี่ยมสมบูรณ์ (2536: 681-688) รายงานว่า การทำการประมงปลาทุอยู่ในระดับที่มากเกินไปในความหมายทางเศรษฐศาสตร์ โดยระดับที่เหมาะสมอยู่ในช่วงประมาณ 76,000 ถึง 81,000 เมตริกตันต่อปี และถึงแม้ว่านักวิชาการประมงจะเปรียบเทียบให้ระดับดังกล่าวน้อยกว่าระดับผลจับถาวรสูงสุด แต่เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่มีอยู่ในข้อมูลผลจับอันเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน จึงทำให้มีความเหมาะสมที่จะถือวาระดับที่เหมาะสมในเชิงเศรษฐศาสตร์เท่ากับระดับผลจับถาวรสูงสุด (Christensen, 2010: 105-110) ซึ่งแสดงว่าการประมงปลาทุในอ่าวไทยโดยรวมเกินศักยภาพการผลิตแล้ว นอกจากนี้การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในองค์ประกอบความยาวในผลจับของปลาทุในอ่าวไทย พบว่า ความยาวเฉลี่ยของปลาทุที่จับได้มีแนวโน้มที่ลดลง (อุษา ศรีเรืองชีพ, 2540: 1-68) แสดงให้เห็นว่าการประมงปลาทุในอ่าวไทยในปัจจุบันมีการจับปลาทุที่มีขนาดเล็กเกินไปมาใช้ประโยชน์ (Growth overfishing)

ถึงแม้ว่าปริมาณผลจับที่เหมาะสมจะมีการประเมินทั้งในบริเวณอ่าวไทยและอันดามัน แต่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่าในการทำการประมงแบบเสรี การควบคุมปริมาณผลจับจะให้ผลสัมฤทธิ์ที่ดีกว่าการกำหนดขนาดเครื่องมือ (อาทิเช่นตาอวน) หรือกำหนดขนาดแรกจับ (Jutagate et al., 2012: 35-53) ซึ่ง คำรที สมใจวงศ์ (2533: 1-28) ได้รายงานถึงช่วงขนาดตาอวนที่ 4 ซม. ว่ามีความเหมาะสมในการทำประมงปลาทุด้วยอวนล้อมจับในอ่าวไทย อย่างไรก็ตามด้วยลักษณะการทำการประมงจากหลากหลายเครื่องมือและอาศัยข้อมูลเพื่อการประเมินที่ได้จากข้อมูลการแพร่กระจายความถี่ของความยาว อาจจะเป็นสาเหตุเกิดความคลาดเคลื่อนของผลการประเมินได้จากอคติของการเลือกจับของเครื่องมือ ถึงแม้ว่าจะมีการปรับแต่งค่าประเมินแล้ว (Beddington and Kirkwood, 2005: 163-170) ซึ่งเป็นเหตุปกติในการประเมินอายุและขนาดในแต่ละอายุของปลาทุในประเทศไทยที่ผ่านมา ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า การวางแผนการจัดการประมงที่เหมาะสมและให้มีประสิทธิภาพต้องการข้อมูลพื้นฐานที่แม่นยำ น่าเชื่อถือโดยเฉพาะเรื่องของการประเมินอายุและขนาดในแต่ละอายุของสัตว์น้ำ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญที่สุดในการประเมินสภาวะทรัพยากรประมง (Campana, 2001: 197-242) การที่มีแหล่งประมงปลาทุในอ่าวไทยเป็น 4 แหล่งใหญ่ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังทำให้เกิดคำถามว่าปลาทุแต่ละแหล่งประมง จัดว่าเป็นสต็อกเดียวกันทั้งอ่าวหรือไม่ ซึ่งแต่ละสต็อกก็จะมีขบวนการทางพลวัตประชากร (การเติบโต, การตาย และการทดแทนที่) ที่แตกต่างกันไป ซึ่งที่ผ่านมา ได้มีผลการศึกษาทางพันธุกรรมโดยใช้ LDH Isozyme พบว่าปลาทุในบริเวณอ่าวไทยตอนในมี 2 สต็อก อยู่ร่วมกัน

(รัตนา ผลธัญญา, 2528: 318-330) ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการทรัพยากรประมงอย่างยั่งยืน งานวิจัยครั้งนี้จึงทำการประเมินอายุและขนาดในแต่ละอายุของปลาทุ โดยการอ่านวงวันจากกระดูกหู ซึ่งยอมรับว่าให้ค่าที่น่าเชื่อถือกว่าการประเมินจากข้อมูลการแพร่กระจายความถี่ของความยาว (Campana, 2001: 197-242; Begg et al., 2005: 477-483) และทำการแยกสต็อกของปลาทุโดยการอาศัยองค์ประกอบของธาตุรองที่อยู่ในกระดูกหู (Campana et al., 1995: 115-120; Begg et al., 2005: 477-483) และทำการประเมินพลวัตประชากรของแต่ละสต็อก พร้อมทั้งประเมินค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมโดยการประเมินจากผลจับต่อหน่วยทดแทนที่และมวลชีวภาพต่อหน่วยทดแทนที่ โดยใช้แบบจำลองของ Beverton and Holt (1957: 1-19) ในบริเวณอ่าวไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ประเทศไทยสามารถจับปลาทุได้มากที่สุดของประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

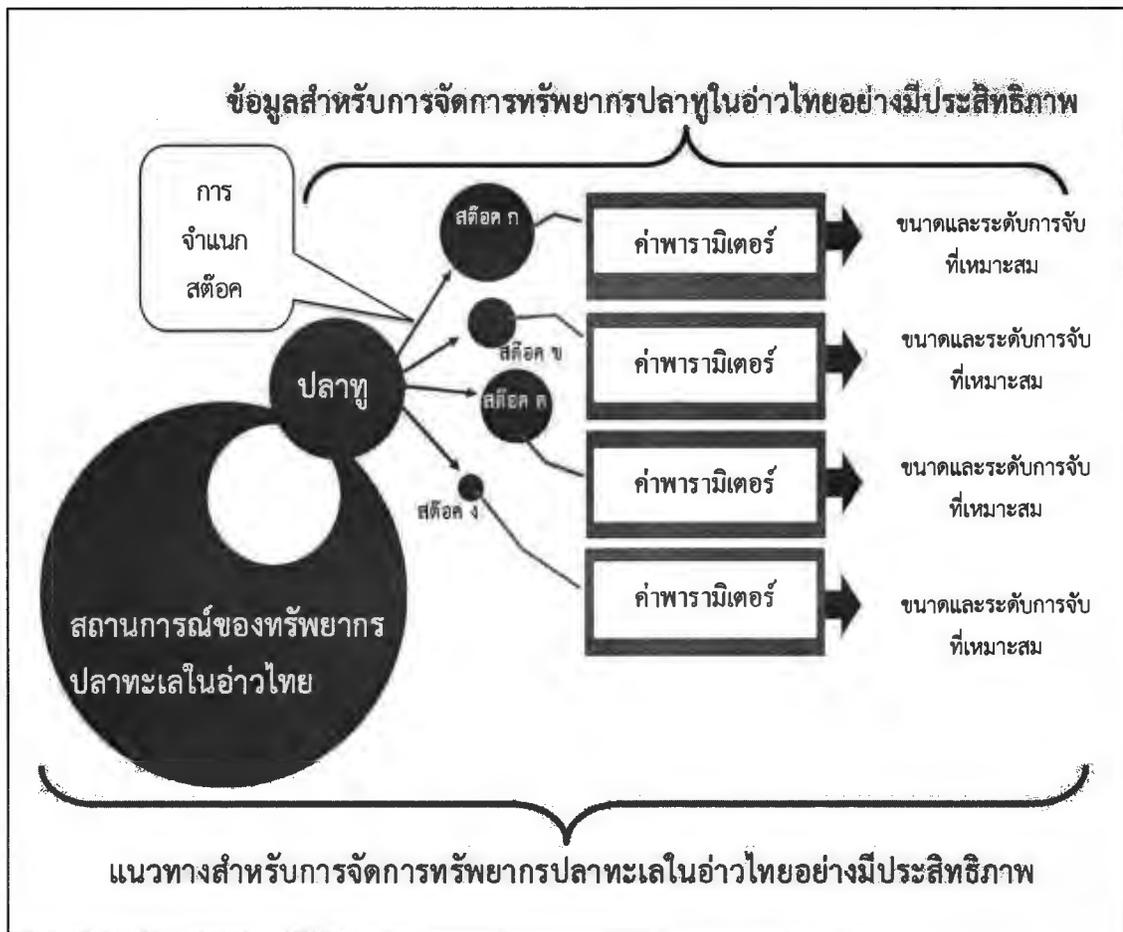
- 1.2.1 เพื่อทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประชากรปลาในอ่าวไทย
- 1.2.2 เพื่อจำแนกสต็อกของปลาทุในอ่าวไทย
- 1.2.3 เพื่อประเมินอายุ การเติบโต และการตาย ของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย
- 1.2.4 เพื่อประเมินหาขนาด และปริมาณการจับที่เหมาะสมในการทำการประมงปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

- 1.3.1 ทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทยมีความสมดุล และมีผลจับคงที่
- 1.3.2 สต็อกของปลาทุในอ่าวไทยไม่สามารถจำแนกได้มากกว่า 1 สต็อก
- 1.3.3 อายุ การเติบโต การตาย และขนาด และปริมาณการจับที่เหมาะสมของปลาทุในอ่าวไทย ไม่มีความแตกต่างกัน

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ศึกษาสถานการณ์ของทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย และใช้ปลาทุเป็นต้นแบบในการศึกษาการจำแนกสต็อก และระดับทำการประมงที่เหมาะสมของแต่ละสต็อก (ระดับทำการประมงที่เหมาะสม ดำเนินการศึกษาในมิติของขนาดแรกจับที่เหมาะสม และระดับปริมาณการจับที่เหมาะสม ของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย) โดยมีกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย แสดงไว้ในภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัยเพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

องค์ความรู้ของสถานะทรัพยากรปลาทูทะเลในพื้นที่อ่าวไทย และองค์ความรู้เกี่ยวกับสต็อกปลาทูในบริเวณอ่าวไทย ขนาดความยาวแรกจับที่เหมาะสม และปริมาณการจับที่เหมาะสมเพื่อใช้สำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรประมงปลาทูในบริเวณอ่าวไทย

1.6 ระยะเวลาการศึกษา

เก็บตัวอย่าง และข้อมูลจากตัวอย่างในช่วงเวลา พ.ศ. 2555 ถึง 2557

วิเคราะห์ผลและจัดทำรายงานการศึกษาในช่วงเวลา พ.ศ. 2558 ถึง 2560

1.7 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่อ่าวไทย

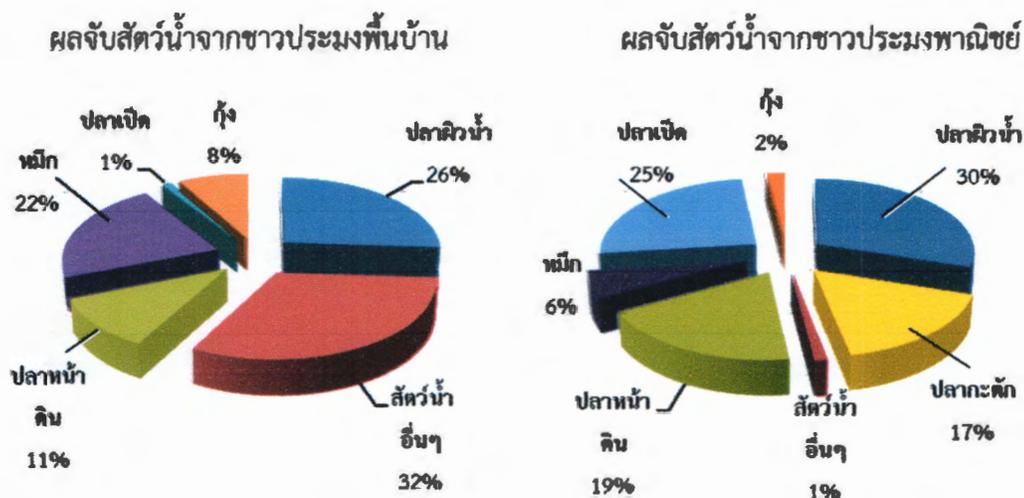
บทที่ 2

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประมงทะเลของไทยในภาพรวม

การประมงทะเลของไทยในภาพรวมมีผลจับจากทะเลอ่าวไทย ทะเลอันดามัน พื้นที่ทับซ้อน และทะเลนอกน่านน้ำ ซึ่งสามารถผลิตสัตว์น้ำได้ประมาณ 1,557,860 ตันต่อปีในปัจจุบัน ซึ่งในบรรดาแหล่งประมงต่าง ๆ เหล่านี้ ในทะเลอ่าวไทยมีผลผลิตสัตว์น้ำสูงที่สุด ประมาณ 1,045,635 ตันต่อปี ผลจับจากทะเลทั้งหมดมาจากการทำการประมง 2 รูปแบบคือ การทำการประมงพื้นบ้าน และการทำการประมงเชิงพาณิชย์ ในภาพรวมนั้นพบว่าแหล่งทำการประมงในอ่าวไทยมีส่วนของผลผลิตจากการทำการประมงพื้นบ้าน และการทำการประมงเชิงพาณิชย์ มีค่าร้อยละ 12 และ 88 ตามลำดับ ในขณะที่แหล่งประมงทะเลอันดามันมีส่วนของผลผลิตจากการทำการประมงพื้นบ้าน และการทำการประมงเชิงพาณิชย์ มีค่าร้อยละ 14 และ 86 ตามลำดับ (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 18)

ชนิดสัตว์น้ำที่จับได้จากแหล่งประมงทั้งหมดพบว่าสัตว์น้ำหน้าดิน (ปลาหน้าดิน และสัตว์น้ำหน้าดินชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด) มีสัดส่วนสูงที่สุดร้อยละ 49 ซึ่งจำแนกย่อยได้เป็นผลผลิตจากทะเลอ่าวไทย ร้อยละ 35 และจากทะเลอันดามันร้อยละ 14 ของผลจับทั้งหมด ในส่วนของปลาผิวน้ำนั้นพบว่าปริมาณผลผลิตรวมมีสัดส่วนเป็นร้อยละ 45 ของผลจับสัตว์ทะเลทั้งหมดของประเทศไทย โดยเป็นผลจับจากอ่าวไทยร้อยละ 32 และจากทะเลอันดามันร้อยละ 13 ของผลจับรวมทั้งหมด ส่วนผลจับที่เหลืออีกร้อยละ 6 เป็นผลจับจากทะเลนอกน่านน้ำ (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 18) สัดส่วนขององค์ประกอบชนิดสัตว์น้ำที่ถูกจับได้ด้วยการประมงพื้นบ้านและการประมงพาณิชย์ก็มีความแตกต่างกัน โดยการประมงพื้นบ้านมักจับปลาผิวน้ำ (ยกเว้นปลากระตัก) และสัตว์น้ำรวมอื่น ๆ ได้ในสัดส่วนที่สูง ในขณะที่การประมงพาณิชย์จะจับปลาหน้าดิน ปลาผิวน้ำ (รวมปลากระตัก) และปลาเปิดได้ในสัดส่วนที่สูง (ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำจากเรือประมงพื้นบ้าน และเรือประมงพาณิชย์

ที่มา: กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย (2559: 19)

ในกลุ่มสัตว์น้ำหน้าดินที่ถูกจับโดยการประมงพื้นบ้านมักถูกทำการประมงด้วยอวนติดปูม้า อวนติดตาอื่น ๆ ลอบ (ลอบปลา ลอบหมึก และลอบปู) เบ็ด อวนครอบหมึก อวนช้อนหมึก และอวนรุน ส่วนที่ถูกจับด้วยการประมงพาณิชย์มักถูกจับด้วยอวนลากคู่ อวนลากแผ่นตะเฆ่ อวนลากคานถ่าง และอวนรุน ส่วนปลาฉลามน้ำเค็มมือที่ใช้ในการประมงพื้นบ้านได้แก่ อวนล้อมติด อวนติดตา และอวนโป๊ะ สำหรับการประมงพาณิชย์ใช้เครื่องมืออวนล้อมจับ (อวนดำ อวนดำประกอบแสงไฟล่อ และอวนล้อมซั้ง) ส่วนปลากะตักซึ่งเป็นปลาที่จับได้มากในทั้งอ่าวไทยและทะเลอันดามันนั้นส่วนมากถูกจับได้โดยการทำการประมงเชิงพาณิชย์โดยใช้เครื่องมืออวนล้อมปลากะตัก อวนครอบปลากะตัก และอวนช้อนปลากะตัก (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 70-71)

ในปัจจุบันการประมงทะเลของไทยประสบปัญหาและความท้าทายหลายประการด้วยกัน สรุปประเด็นได้คือ มีการจับสัตว์น้ำมากเกินไป เนื่องจากมีจำนวนเรือประมงมากเกินไป และการทำการประมงมีศักยภาพในการจับสัตว์น้ำที่สูงเกินไป โดยเฉพาะกองเรือพาณิชย์ รวมทั้งมีการทำการประมงแบบผิดกฎหมาย ขาดการรายงาน และไร้การควบคุม (IUU) เนื่องจากการบังคับใช้กฎหมายการประมงไม่มีประสิทธิภาพ มีการจับลูกสัตว์น้ำเศรษฐกิจมาใช้ประโยชน์ในปริมาณมาก เนื่องจากมีความต้องการปลาเปิดในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำเพิ่มขึ้น และเครื่องมือประมงมักจะมีขนาดตาอวนเล็ก มีความขัดแย้งระหว่างชาวประมงพื้นบ้านและชาวประมงพาณิชย์ เนื่องจากการแข่งขันจับสัตว์น้ำที่มีสถานะเสื่อมโทรมอยู่แล้ว เกิดความเสื่อมโทรมของแหล่งที่อยู่อาศัยสัตว์น้ำ ข้อมูลสารสนเทศด้านการประมงไม่เพียงพอ รวมทั้งศักยภาพในการจัดการประมงไม่เพียงพอ ซึ่งประเด็นปัญหาและความท้าทายเหล่านี้กำลังถูกดำเนินการแก้ไขปัญหา และเสริมสร้างแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรประมงของ

ประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพอย่างเร่งด่วนในปัจจุบัน (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 70-71)

2.2 การประมงในอ่าวไทย

การประมงในอ่าวไทยมีมานานกว่า 100 มาแล้ว หากแต่การประมงเชิงพาณิชย์ถือว่าได้เริ่มต้นเมื่อ ปี พ.ศ. 2468 ตั้งแต่มีการนำอวนตังเก (Chinese purse seine) เข้ามาใช้ในประเทศไทย (เจริญนิติธรรมยง, 2543: 79-96; Tokrisna, 2006: 95) อ่าวไทยถือว่าเป็นแหล่งประมงที่มีกำลังผลิตสัตว์น้ำสูงมาก ผลผลิตสัตว์น้ำในปี พ.ศ. 2557 มีผลผลิตถึง 1,045,635 ตัน เป็นสัตว์น้ำหน้าดินร้อยละ 53 (550,150 ตัน) และปลาผิวน้ำร้อยละ 47 (495,485 ตัน) ใน พ.ศ. 2557 ในอ่าวไทยมีเรือที่ทำการประมงสัตว์น้ำดินอยู่ 28,273 ลำ ทำการประมงปลาผิวน้ำ 3,202 ลำ และทำการประมงปลากะตัก 1,027 ลำ และจากผลการประเมินผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (Maximum sustainable yield: MSY) ในอ่าวไทยพบว่ามีปริมาณผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนของสัตว์น้ำหน้าดินอยู่ที่ 794,771 ตัน ซึ่งผลการประเมินชี้ให้เห็นว่าการลงแรงประมงในปัจจุบันมากกว่าระดับที่เหมาะสมร้อยละ 32.8 ดังนั้นจึงควรลดการลงแรงประมงในสัตว์ทะเลหน้าดินลง สำหรับปลาผิวน้ำผลการประเมินผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (Maximum sustainable yield: MSY) ในอ่าวไทยพบว่ามีปริมาณผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนของปลาผิวน้ำอยู่ที่ 248,176 ตัน ซึ่งผลการประเมินสอดคล้องกับการประเมินในสัตว์น้ำหน้าดินคือชี้ให้เห็นว่าการลงแรงประมงในปัจจุบันมากกว่าระดับที่เหมาะสมร้อยละ 27 ดังนั้นจึงควรลดการลงแรงประมงในปลาผิวน้ำลง เช่นเดียวกัน (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 70-75)

การประเมินผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (Maximum sustainable yield: MSY) ในสัตว์น้ำรายชนิดในอ่าวไทย (ตารางที่ 2.1) พบว่าปลาผิวน้ำทุกชนิดมีการใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินควร (ยกเว้นปลาหลังเขียว *Sardinella gibbosa*) สัตว์น้ำหน้าดินทุกชนิดยกเว้นปลาแป้น (*Photopetoralis bindus*) และหมึกกล้วย (*Photololigo chinensis* และ *P. duvaucelii*) มีการใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินควร ส่วนปลากะตักมีรายงานว่ามีการใช้ประโยชน์มากเกินไปจนเกินควรเพียงเล็กน้อย (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 76-80)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างผลการประเมินสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำรายชนิดในพื้นที่อ่าวไทย

สัตว์น้ำ	ชื่อสามัญ	สถานะ	ปี	การอ้างอิง
<i>Megalopsis cordyla</i>	แซ่งไก่	ลงแรงเกินร้อยละ 50	2550	ปิยโชค สีนอนันต์ และคณะ (2555: 1-40)
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	ลั้ง	ลงแรงเกินร้อยละ 10	2550	กฤษฎา ธงศิลา และคณะ (2555: 1-45)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างผลการประเมินสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำรายชนิดในพื้นที่อ่าวไทย (ต่อ)

สัตว์น้ำ	ชื่อสามัญ	สถานะ	ปี	การอ้างอิง
<i>Sardinella gibbosa</i>	หลังเขี้ยว	ลงแรงต่ำร้อยละ 20	2550	นันทชัย บุญจร และคณะ (2556: 1-45)
<i>Priacanthus tayenus</i>	ตาหวาน	ลงแรงเกินร้อยละ 70	2534	FAO (1995: 1-200)
<i>P. tayenus</i>	ตาหวาน	ลงแรงเกินร้อยละ	2550	อำนาจ คงพรหม และคณะ (2553)
<i>Nemipterus hexodon</i>	ทรายแดง	ลงแรงเกินร้อยละ 46	2534	FAO (1995: 1-200)
<i>Saurida undosquamis</i>	ปากคม	ลงแรงเกินร้อยละ 64	2534	FAO (1995: 1-200)
<i>S. elongata</i>	ปากคม	ลงแรงเกินร้อยละ 54	2534	FAO (1995: 1-200)
<i>Photopetoralis bindus</i>	แป้น	ลงแรงเกินร้อยละ 50	2550	สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล และคณะ (2556: 1-49)

ที่มา: กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย (2559: 77-78)

2.3 การประมงปลาทูในอ่าวไทย

ในปี พ.ศ. 2553 ผลจับปลาทูทั่วโลกอยู่ที่ประมาณ 3 แสนตัน (FAO, 2010: Web-Site) ซึ่งปีดังกล่าวผลจับปลาทูจากอ่าวไทยมี 91,470 ตัน (กรมประมง, 2555: เว็บไซต์) ดังนั้นผลจับปลาทูจากอ่าวไทยจึงประมาณการคิดเป็นปริมาณ หนึ่งในสามของผลจับปลาทูทั่วโลก จากผลจับดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของทรัพยากรปลาทูในอ่าวไทยได้อย่างชัดเจน สำหรับการทำการประมงปลาทูนั้นในสมัยก่อน (ก่อนปี พ.ศ. 2400) การทำการประมงปลาทูนิยมใช้เครื่องมือ โปะซึ่งเป็นเครื่องมือประจำที่สามารถจับปลาทูได้มากที่สุด หลังจากนั้นได้มีการนำเครื่องมืออวนตั้งเกมาใช้อ่าวไทย ในระหว่างปี พ.ศ. 2470 ถึง 2480 เป็นผลทำให้ชาวประมงไทยหันมาใช้เครื่องมือชนิดนี้จับปลาทูเพิ่มมากขึ้น ระยะต่อมาเรือที่มีเครื่องยนต์เข้ามาใช้อ่าวไทยเพิ่มมากขึ้น และในปี พ.ศ. 2496 ชาวประมงก็เริ่มนำเครื่องมืออวนติดซึ่งเป็นอวนทำจากไนลอนเข้ามาใช้และได้รับความนิยมแพร่หลาย จนทำให้จำนวนโปะมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ

ส่วนฤดูทำการประมงปลาทูนั้นในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันออกไปเนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเริ่มจากเดือนตุลาคม ถึง กุมภาพันธ์ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเริ่มจากเดือนมีนาคม ถึง ตุลาคม ในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ นั้น มีผลทำให้ไม่สามารถทำการประมงปลาทูในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันตกได้ เรือที่ทำการประมงปลาทูจะเคลื่อนย้ายไปทำการจับทางฝั่งตะวันออกซึ่งคลื่นลมสงบ และในทางตรงข้าม ชาวประมงจะย้ายกลับมาทำการประมงปลาทูในบริเวณฝั่งตะวันตกเมื่อถึงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งบริเวณฝั่งตะวันออกมีคลื่นลมจัด สำหรับบริเวณอ่าวไทยตอนในนั้น ไม่ค่อยมีผลกระทบเนื่องจากลมมรสุม ดังนั้นฤดูทำการประมงในบริเวณนี้จึงยาวนาน

กว่า 2 ฝั่ง ที่กล่าวมาแล้ว คือเริ่มทำการประมงจากเดือนสิงหาคม จนถึง ปลายเดือนมกราคม จากนั้นก็จะทำการเคลื่อนย้ายตามฝูงปลาที่เดินทางไปยังบริเวณอื่น ๆ ต่อไป

จากข้อมูลจากสถิติการประมงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2505 ถึง 2519 และ ระหว่าง พ.ศ. 2524 ถึง 2556 พบว่าในปี พ.ศ. 2508 ผลจับปลาที่มีปริมาณสูงสุดถึง 85,116 เมตริกตัน หลักจากนั้นปริมาณการจับได้ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2519 ปริมาณการจับเพียง 29,419 เมตริกตัน และบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกมีปริมาณการจับต่อหน่วย และปริมาณการจับทั้งหมดสูงกว่าเขตอื่น ๆ (Chantarasri, 1977: 113-121) และระหว่างช่วง พ.ศ. 2524 ถึง 2556 มีปริมาณการจับปลาสูงสุด 136,005 ตัน ในปี พ.ศ. 2554

ขนาดของปลาที่เข้าไปที่เข้ามาอยู่ในข่ายการประมง มีพิสัยของความยาวเฉลี่ย 21.5 เซนติเมตร (Hongskul, 1974: 293-342) โดยปลาในอ่าวไทยมีรุ่นเด่นชัดอยู่ 2 รุ่น ปลาที่รุ่นแรกจะเข้าอยู่ในข่ายการประมงในเดือนพฤษภาคม ด้วยฐานนิยมของความยาวเท่ากับ 15.5 เซนติเมตร และถูกจับจนถึงเดือนเมษายนและพฤษภาคมของปีต่อมา (Hongskul, 1974: 293-342) ส่วนรุ่นที่สองไม่มีการรายงานถึงขนาดแรกจับที่จับได้

สถานการณ์การประมงปลาในอ่าวไทยมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา จากการประเมินสถานการณ์ประมงปลาในอ่าวไทยโดยอาศัยทฤษฎีของการประเมินประชากร ได้ดำเนินมาแล้วหลายครั้ง โดยใช้ข้อมูลของช่วงระยะเวลาและวิธีการแตกต่างกันดังปรากฏในรายงานของ Kurogane et al. (1970: 67-91), Hongskul (1974: 293-342), Menasveta et al. (1973: 1-68) และ SCSP (1978: 1-70) ยกตัวอย่างเช่น Kurogane et al. (1970: 67-91) และ Hongskul (1974: 293-342) ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลในปี พ.ศ. 2505 ถึง 2513 ทำการประเมินสภาวะการประมงจาก Yield per recruit mode ซึ่งสรุปผลได้ว่า สถานการณ์ประมงปลาในขณะนั้นยังไม่ถึงขั้นที่ถูกจับมากเกินไป (Over exploitation) และยังสามารถเพิ่มปริมาณการจับขึ้นอีกเล็กน้อย ด้วยการลดขนาดปลาที่ถูกจับเริ่มแรกจากขนาด 14 เซนติเมตร (อายุ 4 เดือน) มาเป็นขนาด 12 เซนติเมตร (อายุ 3 เดือน) แล้วจะมีผลทำให้ Yield เพิ่มขึ้นอีกประมาณร้อยละ 20 แต่ในทางเศรษฐกิจแล้วยังเป็นไปได้ เนื่องจากปลาขนาดเล็กกว่า 14.0 เซนติเมตร เป็นปลาที่ไม่มีราคา เนื่องจากคนไทยไม่นิยมบริโภคในช่วงเวลานั้น การที่จะเพิ่ม Yield จึงควรจะทำให้การเพิ่มปริมาณแรงงานประมง (Fishing effort) ซึ่งผู้ที่ทำการศึกษาค้นคว้าได้แนะนำไว้ว่าจำนวนแรงงานประมงที่ใช้ไม่ควรจะเพิ่มมากไปกว่าปริมาณในปี พ.ศ. 2509

Menasveta et al. (1973: 1-68) ได้ทำการวิเคราะห์สถิติปริมาณการจับและการลงแรงงานในปี พ.ศ. 2505 ถึง 2513 และนำมาประเมินศักยภาพในการผลิตสูงสุด (Potential yield) ซึ่งปรากฏว่าได้ประมาณ 90,000 เมตริกตันซึ่งมากกว่าที่ Kurogane et al. (1970: 67-91) ได้ประเมินไว้ถึงร้อยละ 28 และศักยภาพในการผลิตสูงสุดที่ประเมินได้นี้มีค่ามากกว่าผลจับรายปีโดยเฉลี่ย และผลจับรายปีของทุก ๆ ปี ยกเว้นปี พ.ศ. 2509 จากผลการประเมินนี้ แสดงให้เห็นว่าสภาวะการประมงปลาในช่วงปี

พ.ศ.2505 ถึง 2513 นั้น ยังไม่ถึงขั้นที่ทำการจับเป็นปริมาณมากกว่าที่ธรรมชาติจะอำนวยให้ได้และยังพอที่จะมีมูลค่าทางที่จะเพิ่มผลการจับมากขึ้นอีกเล็กน้อย โดยการเพิ่มปริมาณแรงงานประมงที่ใช้ในการจับ

ทั้งนี้ในการประชุมและร่วมทำการวิจัยเกี่ยวกับทรัพยากรปลาที่เมืองปีนังประเทศมาเลเซีย เมื่อเดือนพฤศจิกายน 2520 ได้ทำการประเมินประชากรปลาในอ่าวไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยใช้ข้อมูลสถิติปริมาณการจับและการจับและการลงแรงงานในปี พ.ศ. 2510 ถึง 2519 ทำการประเมินแยกเป็น 2 เขต คืออ่าวไทยฝั่งตะวันตก และฝั่งตะวันออก (SCSP 1978: 1-70) ซึ่งปรากฏว่าปริมาณการจับปลาทางเขตการประมงอ่าวไทยฝั่งตะวันตกได้ลดลงอย่างรวดเร็วนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 เป็นต้นมา ปริมาณการจับในปี พ.ศ. 2517 มีปริมาณเพียง 21,000 เมตริกตัน ซึ่งเป็นปริมาณต่ำสุด ผลการประเมินศักยภาพในการผลิตสูงสุด ปรากฏว่าได้ประมาณ 25,000 เมตริกตัน ซึ่งน้อยกว่าปริมาณการจับโดยเฉลี่ยของปี พ.ศ. 2510 ถึง 2519 จึงเชื่อว่าสภาวะการประมงปลาทางฝั่งนี้ในระยะหลังได้ทำการจับเกินกว่าศักยภาพการผลิตสูงสุดไปแล้ว

สำหรับการจับปลาในเขตอ่าวไทยฝั่งตะวันออกนี้มีความเชื่อว่าการลงแรงประมงยังน้อยกว่าที่ควรและประมาณว่าศักยภาพการผลิตสูงสุดไม่ควรจะน้อยกว่า 7,000 ตัน ซึ่งเป็นปริมาณการจับสูงสุดในปี พ.ศ. 2516 ซึ่ง Hongskul (1974: 293-342) ก็ได้ประเมินสถานการณ์เป็นแนวโน้มเช่นเดียวกัน แต่ก็ได้เน้นว่าแม้จะมีโอกาสที่จะทำการจับปลาทางฝั่งนี้เพิ่มมากขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณการลงแรงงาน แต่ทว่ายังมีปัจจัยต่าง ๆ ที่ยังน่าสงสัยอยู่ ดังนั้นการส่งเสริมการจับจึงควรระมัดระวังให้ไตร่ตรองเพิ่มเติมเสียก่อน

2.4 อนุกรมวิธาน ลักษณะรูปร่าง ที่อยู่อาศัย และการแพร่กระจายของปลา

ปลาที่อยู่ในสกุล *Rastrelliger* มีชื่อพ้องหลายชนิดแต่ชื่อที่มีสถานะมีเพียง 3 ชนิด คือ ปลา *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) ปลาลัง *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1816) และ ปลาลังปากจิ้งจก *Rastrelliger faughni* Matsui, 1967 ซึ่งมีการแพร่กระจายอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน แต่มีความแตกต่างกันของลักษณะรูปร่าง และสัณฐานต่าง ๆ การตรวจเอกสารในที่นี้กล่าวถึงข้อมูลทางชีววิทยา ของปลาชนิด *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) (ภาพที่ 2.2) เพียงชนิดเดียว ในพื้นที่อ่าวไทย ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ ทั้งนี้การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของปลาสามารถจัดลำดับตาม The Integrated Taxonomic Information System (2012: : เว็บไซต์) ได้ดังนี้

Kingdom Animalia

Phylum Chordata

Class Actinopterygii

Order Perciformes

Family Scombridae

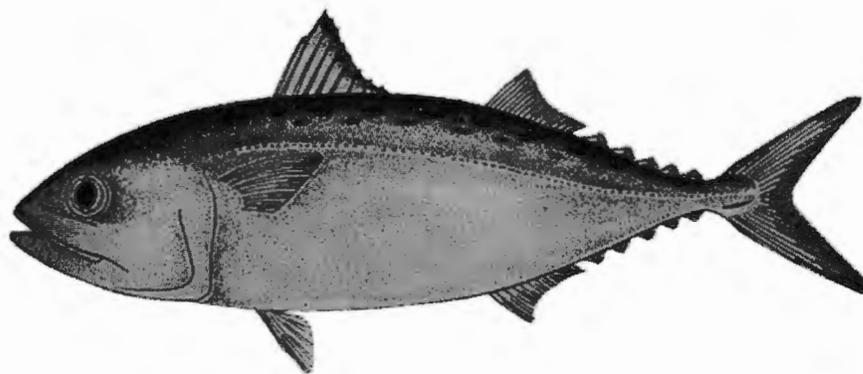
Genus *Rastrelliger*

Species *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)

Synonym(s): *Rastrelliger neglectus* (van Kampen, 1907)

Scomber brachysoma Bleeker, 1851

Scomber neglectus van Kampen, 1907



ภาพที่ 2.2 ลักษณะทั่วไปของปลาทุ

ที่มา: Collette and Nauen (1983: 46)

Collette and Nauen (1983: 1-137) บรรยายไว้ว่า ปลาทุเป็นปลาที่มีรูปร่างลำตัวแบบ Fusiform ลำตัวลึกลึกมาก ความลึกลำตัววัดบริเวณปลายแผ่นปิดเหงือกมีสัดส่วนประมาณ 1 ใน 4 ของความยาวซอ้มหาง ขนาดความลึกของหัวใกล้เคียงกับขนาดของความลึกลำตัว มีระนาบตัดขวางลำตัวเป็นวงรี (Oval) มีเกล็ดขนาดปานกลางปกคลุมตลอดลำตัว มีเส้นข้างลำตัว 1 เส้น ยาวตั้งแต่แผ่นปิดเหงือกถึงคอดหาง ปากอยู่ปลายส่วนหัว มีระดับกลางระนาบลำตัว (terminal) ครีบเดี่ยวของปลาทุ มีครีบหลังสองตอน ครีบหลังมีก้านครีบแข็ง 8-11 ก้าน และมีก้านครีบอ่อน 12 ก้าน ครีบหลังที่เป็นก้านครีบแข็งมีสีเหลืองขอบดำ มีครีบย่อย (Finlets) ถัดจากครีบหลัง 5 ครีบ มีครีบกัน (Anal fin) ที่ไม่มีก้านครีบแข็งแต่มีก้านครีบอ่อน 12 ก้าน มีสีเหลือง ถัดจากครีบกันมีครีบย่อย (Finlets) 5 ครีบ ครีบหางเป็นแบบ Forked มีสีเหลืองเช่นกัน ส่วนครีบคู่ของปลาทุเป็นครีบอกกับครีบท้อง ซึ่งมีก้านครีบเป็นก้านครีบอ่อนทั้งคู่และมีสีม่วง สีลำตัวของปลาทุ ด้านหลังมีสีเข้ม อาจเป็นสีน้ำเงินแกมเขียวหรือ

เขี้ยวมะกอก ด้านท้องเป็นสีเงิน ปลาทุมมีลักษณะเฉพาะตัวคือภายในปากมีซี่กรองเหงือก (Gill rakers) ยาวมากเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปิดปากปลา และ มี Bristles อยู่บนซี่กรองเหงือกอันที่ยาวที่สุด Bristles ที่พบมีเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ 150-240 อัน ขึ้นอยู่กับขนาดของปลา ปลาทุมเป็นปลาที่ไม่มีฟันที่กระดุก เพดานปากซึ่งทำให้แตกต่างจากปลาในสกุล *Scomber* ซึ่งเคยเป็นสกุลเดิมของปลาทุม

ปลาทุมเป็นปลาผิวน้ำ พฤติกรรมรวมอยู่กันเป็นฝูงที่มีขนาดใกล้เคียงกัน เป็นปลาทะเลที่สามารถทนการเปลี่ยนแปลงของความเค็มน้ำได้เล็กน้อย และมีการอพยพ (ในทะเลเท่านั้น) อาศัยอยู่ผิวน้ำในเขตชายฝั่งทะเล (Neritic zone) (Riede, 2004: 1-329) ในความลึกน้ำประมาณ 15 ถึง 200 เมตร (Al Sakaff and Esseen, 1999: 43-47) และในอุณหภูมิระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส (FAO-FIGIS, 2005: Web-Site) ปลาทุมมีพื้นที่แพร่กระจายพบอยู่ตามชายฝั่งทะเลในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไปจนถึงตอนเหนือของทวีปออสเตรเลีย ในอ่าวไทยพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในบริเวณจังหวัดชายทะเลของอ่าวไทย ตั้งแต่จังหวัดตราดจนถึงจังหวัดสุราษฎร์ธานี และเรื่อยไปจนถึงจังหวัดสงขลา ส่วนใหญ่พบในระดับน้ำทะเลลึกไม่เกิน 30 เมตร พบมากในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนบน รองมาก็เป็นบริเวณอ่าวไทยตอนใน และอ่าวไทยฝั่งตะวันออก

2.5 การศึกษาชีววิทยาปลาทุมในอ่าวไทย

ชีวประวัติของปลาทุมได้เริ่มศึกษามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2500 ภายใต้ชื่อโครงการว่า “งานสอบสวนปลาทุม” เป็นโครงการแรกๆ ที่ดำเนินการศึกษาทางด้านทรัพยากรสัตว์น้ำของไทย ภาระงานของโครงการในช่วงแรกประกอบด้วย งานสอบสวนสถิติชีวิต งานติดเครื่องหมายปลาทุม งานศึกษาเกี่ยวกับแหล่งวางไข่ของปลาทุม งานศึกษาเกี่ยวกับแหล่งค่อนและอาหารปลาทุม และ งานศึกษาเกี่ยวกับการแยกประชากรปลาทุมในอ่าวไทย ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 งานสอบสวนปลาทุมได้แบ่งแยกหน่วยการศึกษาเกี่ยวกับปลาทุมออกเป็น 4 หน่วยงานย่อย คือ หน่วยงานวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับสถิติชีวิต และสถิติปริมาณการจับ และการลงแรงงานประมง หน่วยงานศึกษาชีวประวัติของปลาทุม ปลาทุม-ลึง หน่วยงานติดเครื่องหมายปลาทุม หน่วยงานศึกษาแยกประชากรปลาทุมในอ่าวไทย องค์ความรู้ต่าง ๆ ของการดำเนินการดังกล่าว อธิบายโดยสรุป ได้ตามลำดับ ดังนี้

2.5.1 การวางไข่ของปลาทุมในอ่าวไทย

ฤดูการวางไข่มี 2 ช่วง คือ ช่วงระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคม และสิงหาคมถึงกันยายน (อุรุพันธุ์ บุญประกอบ, 2508: 115-151) แม่ปลาไข่สุกพร้อมที่จะผสมพันธุ์อยู่อาศัยระหว่างความลึกจากผิวน้ำ 18 ถึง 25 เมตร (อุรุพันธุ์ บุญประกอบ และยอดยิ่ง เทพธรรานนท์, 2516: 379-406) ปลาทุมวางไข่ในเวลาพลบค่ำและตอนกลางคืน (สุทธิชัย ฤทธิธรรม และคณะ, 2555: 176-189) การสำรวจปริมาณไข่และลูกปลาวัยอ่อนพบชุกชุมในบริเวณนอกฝั่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานีออกไปประมาณ 10 ถึง 40 ไมล์ บริเวณดังกล่าวนี้คาดว่าจะแหล่งวางไข่แหล่งใหญ่

ของปลาทุในอ่าวไทย สำหรับบริเวณอื่น ๆ เช่นบริเวณอ่าวไทยตอนใน ก็สำรวจพบแต่มีปริมาณน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งดังกล่าว (อรุพันธ์ บุญประกอบ, 2508: 115-151, 2511: 13-40; สง่า วัฒนชัย และโอภาส เดชารักษ์, 2516: 95-132; โอภาส เดชารักษ์ และสง่า วัฒนชัย, 2516: 11-46; อรุพันธ์ บุญประกอบ, 2516: 203-242) ส่วนบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออกนั้นก็ได้เคยมีการสำรวจพบไข่และลูกวัยอ่อนกระจายอยู่ทั่วไปเช่นเดียวกัน (Matsui, 1963: 59-69)

ขนาดแรกเริ่มของปลาทุตัวเมียที่สามารถวางไข่ได้ มีความยาวเหยียด 17.5 เซนติเมตร แต่ส่วนใหญ่จะวางไข่ในช่วงความยาวตั้งแต่ 18.7-20.0 เซนติเมตร สำหรับตัวผู้จะผลิตน้ำเชื้อออกมาผสมพันธุ์ได้ตั้งแต่ขนาดความยาว 16.5 เซนติเมตร (อรุพันธ์ บุญประกอบ, 2516: 203-242) ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะฟักเป็นตัวโดยใช้เวลา 20 ถึง 27 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 27 ถึง 31°C (อรุพันธ์ บุญประกอบ และยอดยิ่ง เทพธรรานนท์, 2516: 379-406) ความตกของไข่ของปลาทุที่มีความยาว 19.0-20.8 เซนติเมตร (ซึ่งนับรวมทั้งไข่ขนาดเล็กมากด้วยนั้น) มีปริมาณอยู่ระหว่าง 200,000 ถึง 500,000 ฟอง แต่ถ้าเป็นไข่ที่มีการพัฒนาต่อไปเป็นไข่ที่จะมีการปล่อยออกมาแล้ว จะมีปริมาณอยู่ระหว่าง 100,000 ถึง 166,000 ฟอง ปลาทุตัวหนึ่ง ๆ จะวางไข่มากกว่า 1 ครั้ง และประมาณว่าจะปล่อยไข่ออกมาครั้งละ 20,000 ถึง 30,000 ฟอง (อรุพันธ์ บุญประกอบ, 2511: 13-40; Dhebtaranon, 1971: 1-15)

2.5.2 อาหารและการกินอาหาร

ปลาทุเป็นสัตว์ที่กินแพลงค์ตอนทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร ลูกวัยอ่อนของปลาทุกินพวก Crustaceans โดยเฉพาะพวก Copepods (พบในลูกปลาขนาด 2 ถึง 4 มิลลิเมตร) ปลาทุขนาด 4.1 ถึง 5.5 มิลลิเมตร พบ Diatom จำพวก *Thalassiosira* เป็นส่วนใหญ่อยู่ในกระเพาะ ส่วนปลาทุขนาดใหญ่กินทั้ง Phytoplankton และ Zooplankton ซึ่งเป็น Diatom ร้อยละ 69.85 Dinoflagellate ร้อยละ 15.5 และอื่น ๆ ร้อยละ 14.65 (อำพัน เหลือสินทรัพย์, 2508: 152-161)

2.5.3 การเดินทาง

ผลจากการทดลองติดเครื่องหมายปลาทุโดยใช้เครื่องหมายแบบลูกศร พบว่าปลาทุขนาดใหญ่มีการเดินทางจากบริเวณอ่าวไทยตอนในนับตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ลงไปยังบริเวณอ่าวไทยตะวันตก ซึ่งสันนิษฐานว่าเป็นการเดินทางเพื่อวางไข่ (Spawning migration) ปลาทุขนาดเล็กมีการเดินทางจากแหล่งวางไข่ในบริเวณอ่าวไทยตะวันตกนับตั้งแต่ประมาณเดือนมิถุนายน ค่อย ๆ เดินทางขึ้นไปยังบริเวณอ่าวไทยตอนในเพื่อหาอาหาร และจากนั้นก็ลงมาทางฝั่งตะวันตกอีก (ดำหริห์ สมใจ วงษ์ และสมศักดิ์ จุลละสร, 2511a: 58-70, b: 248-281, c: 282-324) ปลาทุทางฝั่งตะวันออกของอ่าวไทยส่วนหนึ่งมีการเดินทางวนเวียนอยู่ภายในบริเวณดังกล่าว และอีกส่วนหนึ่งมีการเดินทางขึ้นมายังบริเวณอ่าวไทยตอนใน นอกจากนี้ยังสันนิษฐานว่าปลาทุในบริเวณฝั่งนี้จะมีการเดินทางข้ามเขตระหว่างเขตน่านน้ำไทย กัมพูชา และเวียดนาม (วิชัย ชมจรรย์ และคณะ, 2508: 28-144; Somjaiwong and

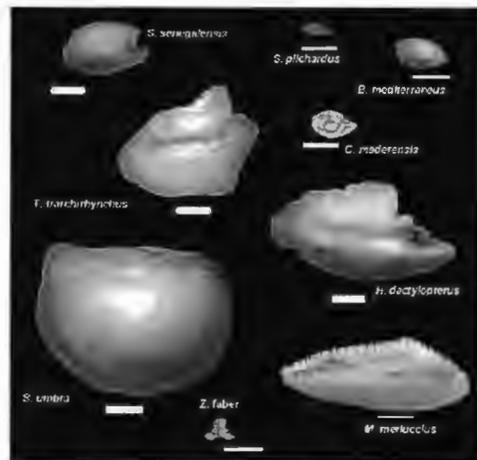
Chullasoen, 1972: 287-296) อัตราการเดินทางโดยเฉลี่ยของปลาทุเมื่อประเมินออกมาแล้ว ปลาทุเดินทางโดยเฉลี่ยวันละประมาณ 1.13 ไมล์ทะเล (1.855 กิโลเมตร) ซึ่งเป็นอัตราเฉลี่ยต่ำสุด (ดำริห์ สมใจวงศ์ และสมศักดิ์ จุลละสร, 2511ค: 282-324) ทั้งนี้ผลจากการผลิตเครื่องหมายยังไม่ปรากฏหลักฐานว่าปลาทุในอ่าวไทยที่ถูกจับขึ้นมานั้นมีมากกว่า 1 Stock (ดำริห์ สมใจวงศ์ และสมศักดิ์ จุลละสร, 2511ก: 58-70, ข: 248-281, ค: 282-324)

2.5.4 อายุและการเจริญเติบโต

จากการศึกษาที่ผ่านมาปรากฏว่าไม่สามารถจะทำการศึกษาอายุจากโครงสร้างส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายโดยเฉพาะเกล็ดได้ (อันธิประชา อิศรางกูร ณ อยุธยา และ ไพบุลย์ นัยเนตร, 2508: 14-27) ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของปลาทุในอ่าวไทย จึงทำการศึกษาจากข้อมูลการแพร่กระจายของขนาด และข้อมูลการติดเครื่องหมาย (ประกอบ สุคนธมาน และคณะ, 2511: 41-57; Somjaiwong et al., 1971: 1-17; Hongskul, 1974: 293-342) ซึ่งผลการศึกษาปรากฏว่า การเจริญเติบโตของปลาทุรุ่นแรกมีการเจริญเติบโตช้ากว่าปลาทุรุ่นที่ 2 กล่าวคือค่า K (Growth coefficient) ของปลาทุรุ่นที่ 1 และรุ่นที่ 2 เท่ากับ 0.297 และ 0.345 ตามลำดับ และค่า L (Maximum length) เท่ากับ 19.96 และ 19.62 เซนติเมตร ตามลำดับ ปลาทุในอ่าวไทยมีการเจริญเติบโตเร็วมาก ปลาทุขนาดเล็กมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วกว่าปลาทุขนาดใหญ่ ปลาทุอายุประมาณ 4 เดือน (ความยาวประมาณ 14 เซนติเมตร) ก็เริ่มเข้ามาอยู่ในข่ายการประมงให้ถูกจับได้แล้ว และขนาดของปลาทุที่ถูกจับโดยการประมงซึ่งมีขนาดความยาว 16.0 ถึง 17.0 เซนติเมตร นั้น ก็มีอายุเพียง 6 เดือนเท่านั้น หลังจากปลาทุอายุ 1 ปีแล้ว อัตราการเจริญเติบโตจะช้าลงมาก และเชื่อว่าปลาทุส่วนใหญ่มีอายุไม่เกิน 2 ปี และส่วนใหญ่ที่ถูกจับโดยการประมงนั้นมีอายุไม่เกิน 1 ปี

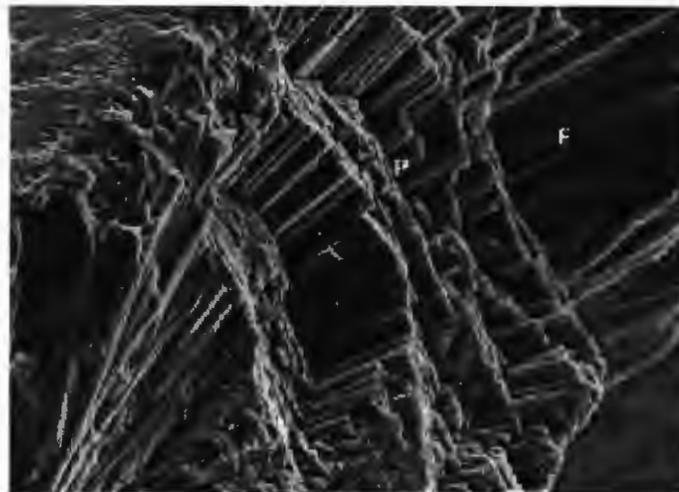
2.6 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกระดูกของปลา

กระดูกหู (Otoliths) (ภาพที่ 2.3) เป็นชิ้นส่วนกระดูกสีขาวประกอบด้วยผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนต (calcium carbonate crystals) และสารประกอบอินทรีย์ที่มีกำเนิดมาจากโปรตีน พบในหูชั้นในของปลากระดูกแข็ง (Teleostean fish) ทุกชนิด ซึ่งโดยปกติแล้วผลึกของแคลเซียมคาร์บอเนตที่พบเป็นโครงสร้างของ Otoliths ของปลากระดูกแข็งจะเป็นรูปทรงแบบ Aragonite crystals (ภาพที่ 2.4)



ภาพที่ 2.3 กระจุกหูของปลาชนิดต่าง ๆ

ที่มา: Lombarte et al. (2006: 148)

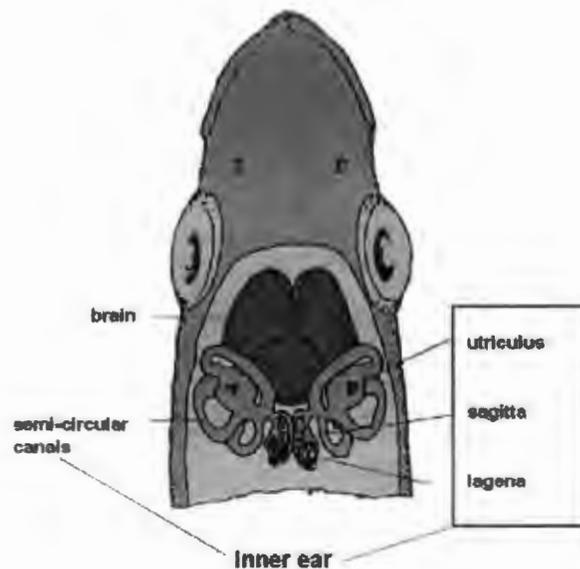


ภาพที่ 2.4 โครงสร้างของกระจุกหู (otoliths) มีลักษณะเป็นผลึกแบบ aragonite crystals

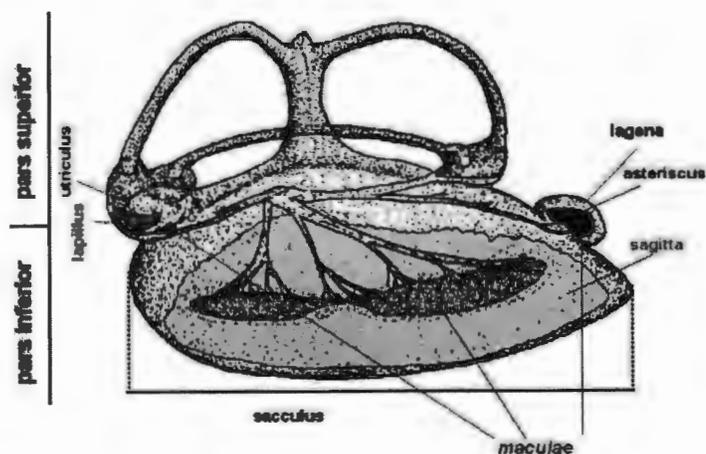
ที่มา: Morales-Nin (1987: 256)

กระจุกหูที่พบในหูชั้นในของปลากระดุกแข็งอยู่ในอวัยวะที่เป็นส่วนหนึ่งของหูชั้นในของปลาที่เรียกว่า Otolithic ซึ่งมีทั้งหมด 3 คู่ คือ Utricule, Lagena และ Saccule (ภาพที่ 2.5) เป็นอวัยวะที่เป็นเยื่อหุ้มล้อมรอบกระจุกหูแต่ละชิ้นไว้ เยื่อต่าง ๆ เหล่านี้มีพื้นที่ที่มีเซลล์ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึกเป็นจำนวนมาก เรียกพื้นที่นี้ว่า Macula พื้นที่ส่วนนี้มีความสัมพันธ์กับส่วนที่แบนของกระจุกหู (ส่วนที่เรียกว่า Sulcus acusticus) ตำแหน่งของอวัยวะส่วนที่กล่าวมานี้มีตำแหน่งอยู่ที่ด้านท้ายของกะโหลกศีรษะปลา

ในปลานั้น หูชั้นในทำหน้าที่พื้นฐาน 2 อย่าง คือ รับรู้เกี่ยวกับเสียง และรับรู้เกี่ยวกับการทรงตัว การทำงานใน 2 ระบบนี้มีอิทธิพลร่วมกันทำให้โครงสร้างของหูชั้นในสามารถแบ่งตามกายวิภาคได้เป็น 2 ส่วนเช่นกัน (ภาพที่ 2.6) คือ หูชั้นในส่วนบน ประกอบด้วยส่วน Utriculus และท่อที่เรียกว่า semicircular canals ทำหน้าที่ส่วนใหญ่คือการทรงตัว หูชั้นในส่วนล่าง ประกอบด้วย Lagena และ Sacculus ทำหน้าที่รับเสียง โดยมีกระดูกหูทำหน้าที่รับและส่งต่อสัญญาณเสียงไปยังระบบประสาท



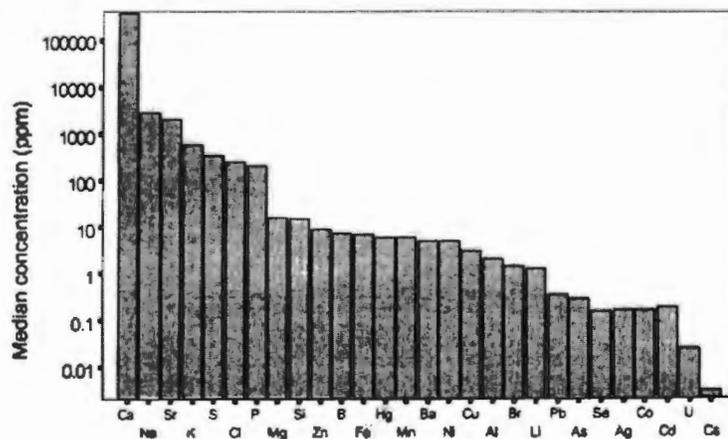
ภาพที่ 2.5 กายวิภาคของช่องหูชั้นในปลาและตำแหน่งของกระดูกหูชั้นต่าง ๆ
ที่มา: Secor et al. (1992: 20)



ภาพที่ 2.6 รายละเอียดของโครงสร้างของหูชั้นในของปลา
ที่มา: Lombarte (1990: 20)

กระดูกหูที่พบในปลากระดูกแข็งมี 3 คู่ ประจําอยู่ตาม Utricule, Lagena และ Sacculle ส่วนละ 1 คู่ มีชื่อตามลำดับคือ Lapillus, Asteriscus และ Sagitta กระดูกหูชิ้นที่มีขนาดใหญ่ มีรูปร่างหลากหลายที่สุด และมักถูกนำมาใช้ศึกษาทางชีววิทยาของปลา คือ Sagitta ในการศึกษาทางด้านชีววิทยาประมง กระดูกหูของปลากระดูกแข็งเป็นชิ้นส่วน และเป็นเครื่องมือที่สำคัญมากในการทำ ความเข้าใจในรูปแบบชีวิต และประชากรของปลา เนื่องจากกระดูกหูของปลามีส่วนที่เรียกว่า วงการเติบโต (Growth ring/ annuli) มีลักษณะไม่แตกต่างจากวงปีที่พบในต้นไม้เนื้อแข็ง Growth ring หรือ annuli นี้จะบันทึกข้อมูลของอายุปลา และการเติบโตตั้งแต่เกิด (Date of hatch) จนตาย ในวงการเติบโตนี้สามารถระบุได้ละเอียดถึงวงการเติบโตในรอบวัน (Daily growth ring) ซึ่งจะเห็นได้ชัดในช่วงปีแรกของชีวิตปลา (โดยมองใต้กล้อง Microscope) นอกจากนี้องค์ประกอบทางเคมีที่พบในกระดูกหูของปลาก็สร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ มากมาย เช่น ข้อมูลของการเกิด ข้อมูลการเติบโต ข้อมูลที่ใช้ในการจําแนกประชากร (หรือสต็อก) ข้อมูลการอพยพ ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำ เป็นต้น

กระดูกหูประกอบด้วยสารประกอบที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างทางชีววิทยา และโครงสร้างทางแร่ธาตุ ส่วนประกอบหลักของกระดูกหูคือ แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) และธาตุต่าง ๆ (Elements) ที่มีรายงานในปี พ.ศ. 2542 อีก 31 ชนิด (Campana, 1999: 263-297) องค์ประกอบธาตุหลักประกอบด้วย แคลเซียม อ็อกซิเจน และ คาร์บอน (ซึ่งรวมกันเป็นสารประกอบที่เรียกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต: CaCO_3) ธาตุที่เหลือสามารถจําแนกได้เป็นสองกลุ่ม กลุ่มที่ 1 เป็นธาตุที่พบมีความเข้มข้นอยู่มากกว่า 100 ppm เรียกว่า minor elements ได้แก่ Na Sr K S N Cl และ P และกลุ่มที่ 2 เป็นธาตุที่พบมีความเข้มข้นอยู่น้อยกว่า 100 ppm เรียกว่า Trace elements ตัวอย่างเช่น Mg Si Zn B เป็นต้น (ภาพที่ 2.7)

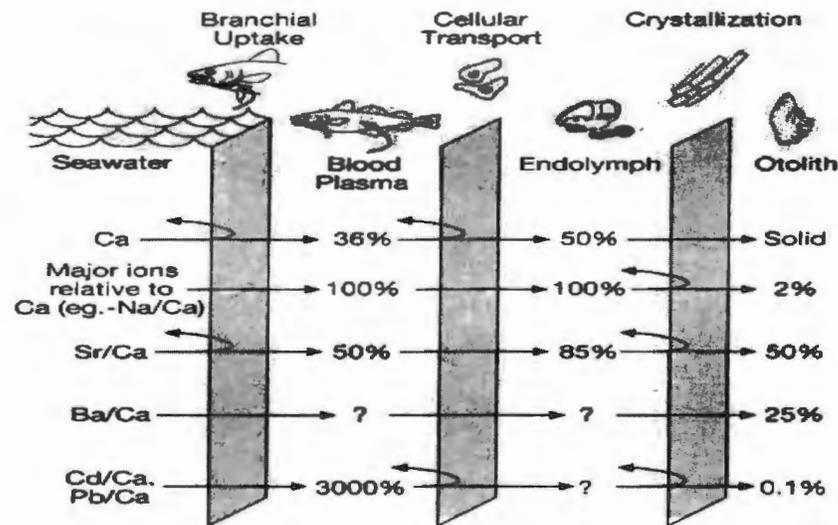


ภาพที่ 2.7 ความเข้มข้นของธาตุต่าง ๆ ที่พบในกระดูกหูของปลา (ไม่รวม C, O, N, Ra และ Th)

ที่มา: Campana (1999: 264)

สำหรับสัดส่วนของสารประกอบและธาตุต่าง ๆ ในกระดูกหุปลานั้นมีรายงานในหลายชนิดปลาซึ่งมีความแตกต่างกัน เช่น Thorrold et al. (1997: 102-111) รายงานว่า ในปลา *Micropogonias undulatus* นั้นมี แคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 96.2 (โดยน้ำหนัก) และมีธาตุอื่น ๆ ร้อยละ 0.73 และสารประกอบอินทรีย์ร้อยละ 3.1 ในขณะที่การศึกษาทางด้าน Spectrum elemental assays มีหลายรายงานกล่าวถึงความเข้มข้นของ Trace และ Minor elements ที่พบในกระดูกหุปลานั้น มีไม่เกินร้อยละ 1 (Edmonds et al., 1992: 39-51; Sie and Thresher, 1992: 357-379; Proctor et al., 1995: 511-526; Severin et al., 1995: 269-283) และมีสารประกอบโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 3-4 (ช่วงต่ำสุด-สูงสุดคือร้อยละ 1-8) (Degens et al., 1969: 105-113; Asano and Mugiya, 1993: 201-205; Hoff and Fuiman, 1993: 209-219)

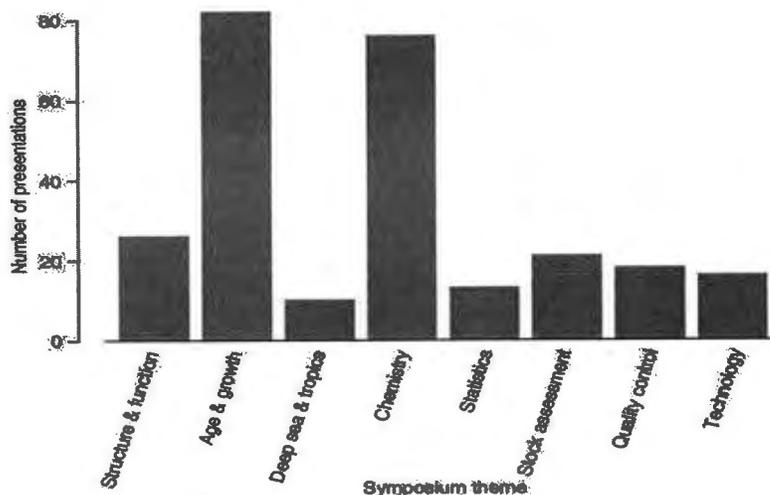
การเกิดผลึกและองค์ประกอบของธาตุในกระดูกหุปลาแตกต่างจากกระบวนการเกิดของกระดูกที่เป็นโครงร่างของร่างกาย หรือแม้กระทั่งแตกต่างจากกระบวนการสร้างเปลือกของหอย หรือโครงร่างแข็งของปะการัง เนื่องจากพื้นผิวสัมผัสของกระดูกหุไม่ได้สัมผัสโดยตรงกับพื้นที่ที่มีกระบวนการสะสมของสารคาร์บอเนต (Region of calcification) นอกจากนี้ยังมีกระบวนการที่ลดการเกิด calcification ใน Endolymph (ของเหลวในช่องหูที่ล้อมรอบกระดูกหูอยู่) ด้วย (Campana, 1999: 263-297; Payan et al., 1997: 1905-1912) ดังนั้นจึงถือได้ว่า กระบวนการ Calcification จึงเป็นสิ่งที่ยากออกได้โดยอิสระกับของเหลวที่อยู่ในช่องหูที่ล้อมรอบกระดูกหูอยู่ (Campana, 1999: 263-297) จากการศึกษาบทความอย่างหลากหลายของ Campana (1999: 263-297) ได้กล่าวว่า กระบวนการ Biomineralization ที่พบในกระดูกหุอาจถูกควบคุมโดยสารประกอบโปรตีนที่เรียกว่า โอโทลิน (Otolin) ซึ่งถูกตั้งชื่อโดย Degens et al. (1969: 105-113) และอัตราการเกิดผลึก รวมทั้งชนิดของผลึกที่เป็นแบบ Aragonite crystals ของสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) อาจถูกควบคุมโดยสารประกอบโปรตีนที่พบเป็นส่วนประกอบในกระดูกหุ สำหรับกลไก Biomineralization นั้น การที่ธาตุต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำจะสามารถเข้าไปสะสมในกระดูกหุได้ต้องผ่านพื้นที่ 3 ส่วน คือ 1) น้ำ-เหงือก/ลำไส้ 2) เลือด-Endolymph และ 3) Endolymph-Crystal แสดงได้ดังภาพที่ 2.8 โดยแหล่งของแร่ธาตุหลักในกระดูกหุเกิดจากการรับแร่ธาตุจากน้ำเป็นหลัก รับจากอาหารมีเพียงส่วนน้อย (Campana, 1999: 263-297; Olsson et al., 1998: 321-350; Hoff and Fuiman, 1995: 578-591; Simkiss, 1974: 1-12; Farrell and Campana, 1996: 103-109)



ภาพที่ 2.8 เส้นทางการเข้าสะสมในกระดูกหูของตัวอย่างธาตุต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ
ที่มา: Campana (1999: 267)

การใช้กระดูกหูของปลาเพื่อเป็นเครื่องมือในการศึกษาทางชีววิทยา และนิเวศวิทยาของปลา มีมาตั้งแต่ 113 ปีที่แล้ว นับตั้งแต่นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Reibisch (Reibisch, J.) ได้ค้นพบวงการเติบโต (Annuli) ในปี พ.ศ. 2442 (Campana, 1999: 263-297) และนอกจากนี้ ในปี พ.ศ. 2514 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Pannella ยังได้ค้นพบลักษณะที่แสดงถึงการเจริญเติบโตในรอบวันในกระดูกหูของปลาด้วย (Campana, 1999: 263-297; Jones, 1992: 1-11) ส่งผลให้การใช้ประโยชน์ของกระดูกหูปลาในการศึกษาชีววิทยาของปลามีความสำคัญอย่างมาก (Campana, 1999: 263-297) สาเหตุที่กระดูกหูใช้ประโยชน์ได้ดีทั้งในการเป็นเครื่องเก็บรักษาเวลา (Timekeeper) และผู้เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในช่วงชีวิตของปลา (Environmental recorder) เนื่องจากเหตุผลสองประการคือ 1) กระดูกหูมีความเสถียรสูง เนื่องจากไม่ใช่เซลล์ และไม่ใช่องค์ประกอบของเซลล์ ดังนั้นจึงเป็นชิ้นส่วนที่ไม่มีการดูดซับกลับสู่ร่างกาย หรือนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดต่อไป ไม่มีการสลายตัว กระบวนการเมตาบอลิซึมมีอิทธิพลต่อสถานะของกระดูกหูน้อยมาก (Metabolically inert) (Campana and Neilson, 1985: 1014-1032) 2) การสะสมของธาตุส่วนน้อย (Trace element) และ Stable isotope ในกระดูกหูของปลาในช่วงระหว่างการเติบโตของแต่ละช่วงของชีวิตปลา สะท้อนให้เห็นภาพของปัจจัยทางกายภาพและทางเคมีของสิ่งแวดล้อมที่อยู่ล้อมรอบตัวปลาในช่วงเวลานั้น ๆ (Fowler et al., 1995a: 1421-1430, b: 1431-1441; Gillanders and Kingsford, 1996: 13-20) ถึงแม้ว่าจะมีปัจจัยด้านสรีรวิทยาของปลาเข้ามาควบคุมกระบวนการนี้ด้วยก็ตาม (Kalish, 1989: 151-178; Farrell and Campana, 1996: 103-109) อย่างไรก็ตามสองเหตุผลนี้ทำให้กระดูกหูปลานำมาซึ่งการศึกษาวิจัยในประเด็นต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น ในปี

พ.ศ. 2547 มีการประชุมเกี่ยวกับการศึกษากระดูกหูในปลา (The third international symposium on fish otolith research and application) พบว่ามีการศึกษากระดูกหูของปลาในศาสตร์แขนงต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย อาทิ การศึกษาด้านโครงสร้าง และกลไกการทำงาน การศึกษาด้านอายุและการเติบโต การศึกษาถึงสถานะในห่วงโซ่อาหาร (Tropics) ในเขตนํ้าลึก การศึกษาทางด้านองค์ประกอบเคมี การศึกษาทางด้านสถิติ การศึกษาด้านการประเมินสภาวะทรัพยากร การศึกษาด้านการควบคุมคุณภาพ และเทคโนโลยี (ภาพที่ 2.9)



ภาพที่ 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวกับกระดูกหูในสาขาวิชาต่าง ๆ ที่นำเสนอในงาน the third international symposium on fish otolith research and application
ที่มา: Begg et al. (2004: 478)

ในปี พ.ศ. 2548 มีบทวิจารณ์ (Review) บทหนึ่งเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของกระดูกหูปลา รายงานว่าในช่วงที่ตีพิมพ์บทวิจารณ์นั้นมีบทความวิจัย และวิชาการที่เกี่ยวข้องกับกระดูกหูปลามากถึง 200 บทความต่อปี และจากการจำแนกบทความจำนวน 862 บทความตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542 ถึงปี พ.ศ. 2547 มีประเด็นที่ใช้กระดูกหูของปลาเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบในวิธีการวิจัย (Methods) ใน 3 ประเด็นหลัก คือ 1) โครงสร้างขนาดเล็กของกระดูกหู (Otolith microstructure) (ร้อยละ 24) 2) การเติบโตและอายุในรอบปี (Annual age and growth) (ร้อยละ 23) และ 3) การให้เหตุผลเกี่ยวกับการศึกษาด้านการคำนวณอายุ และการเปรียบเทียบวิธีการการคำนวณอายุ (Age validation and ageing method comparisons) (ร้อยละ 10) นอกจากนี้ยังมีประเด็นรองอีกหลายประเด็น เช่น การศึกษาเกี่ยวกับพลวัตประชากร (Population dynamics) (ร้อยละ 6) การขยายขนาดของกระดูกหู (Otolith allometry) (ร้อยละ 4) เป็นต้น (Campana, 2005a: 485-495) จากข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็น

เห็นถึงการใช้ประโยชน์ได้ดีของกระดูกหูในการศึกษาด้านการเติบโตและคำนวณหาอายุปลาอย่างไรก็ตามในวงการศึกษาด้านชีววิทยาประมง ประเด็นที่สำคัญที่สามารถใช้กระดูกหูของปลาเป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบ หรือหาข้อเท็จจริง มีหลายประเด็น เช่น การจำแนกสต็อก (Stock identification) ประวัติการอพยพ (Migration history) การคำนวณเกี่ยวกับอายุ (Age determination) การสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับประวัติสิ่งแวดล้อม (Reconstruction of environmental history) มลภาวะ (Pollution) สิ่งบ่งชี้ทางสรีรวิทยา (Physiological indicators) และการทำเครื่องหมายทางเคมี (Chemical marking) (Campana, 1999: 263-297)

2.7 ความรู้เกี่ยวกับสต็อกปลา และการจำแนกสต็อกโดยใช้ข้อมูลจากกระดูกหูปลา

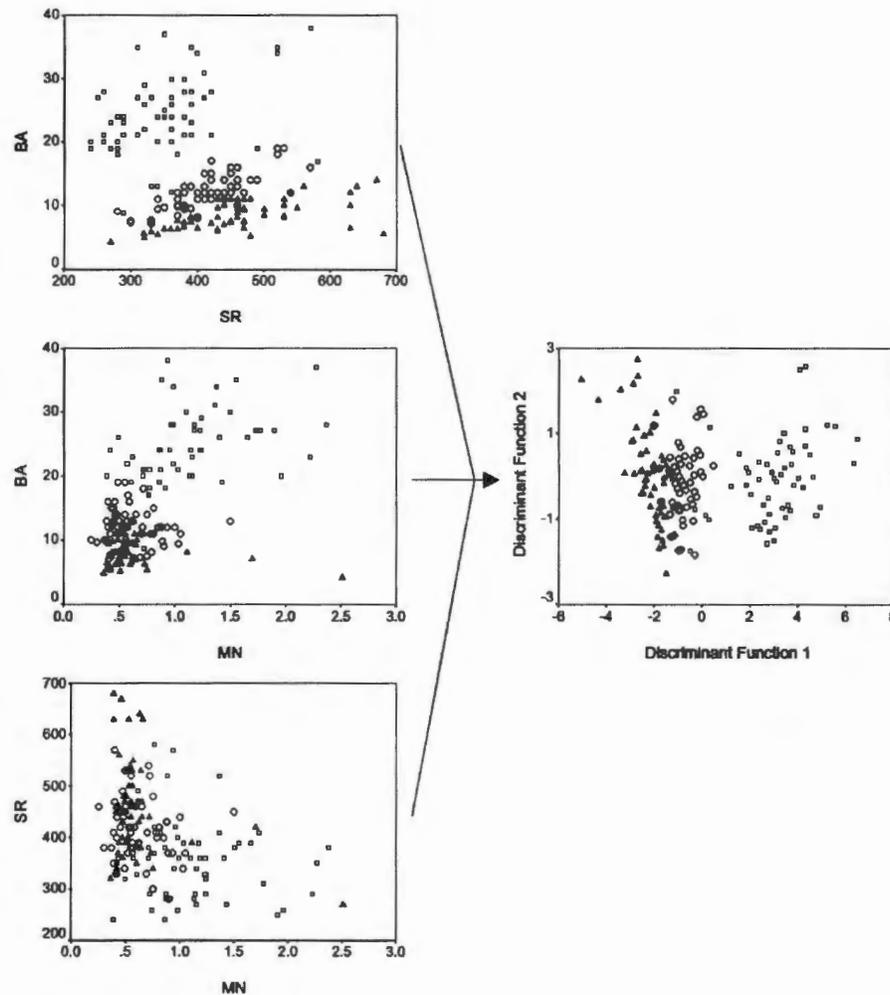
ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์การประมง คำว่า “สต็อก (Unit stock)” เป็นคำที่สำคัญที่เกิดจากแนวคิดที่ใช้สื่อถึงกลุ่มของปลาที่มีลักษณะเฉพาะของกลุ่มที่เหมือนกันในประเด็นของต้นกำเนิด (Origin) กลุ่มประชากร (Demographics) และ ความเป็นไปในชีวิต (Fate) (Waldman, 2005: 7-16) ในการศึกษาทางด้านการประเมินสภาวะทรัพยากรปลา ซึ่งเป็นศาสตร์ที่ต้องการข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ของปลาแต่ละสต็อกนั้น การจำแนกสต็อก (Stock identification) จึงเป็นเรื่องที่สำคัญในอันดับต้น ๆ และต้องดำเนินการเป็นอันดับแรก สำหรับการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และการวางมาตรการบริหารจัดการสต็อกปลาแต่ละสต็อก

การจำแนกสต็อก เป็นกระบวนการแยกแยะกลุ่มปลา (Individuals) ที่สามารถแบ่งแยกออกจากกันได้ ในมิติของเวลา (Time) และพื้นที่ (Space) โดยอาศัยลักษณะที่สื่อถึงความใกล้ชิดกันของปลาแต่ละตัว (Congeners) ดังนั้นสต็อกปลาที่จำแนกได้จะมีลักษณะเฉพาะของสต็อกที่แน่นอน ซึ่งใช้เป็นรากฐานสำหรับการบริหารจัดการสต็อกปลานี้ได้ ลักษณะเฉพาะของสต็อกดังกล่าว ได้แก่ 1) ปลาในสต็อกเดียวกันจะมีลักษณะทางชีวประวัติที่เฉพาะของสต็อก เช่น มีแหล่งวางไข่เดียวกัน ที่เป็นถิ่นเฉพาะของสต็อก 2) ปลาในสต็อกเดียวกันจะประสบสภาวะที่มีอิทธิพลต่อการอยู่รอดเหมือนกัน ๆ กัน เช่น เผชิญกับผู้ล่ารูปแบบเดียวกัน (ผู้ล่าชนิดเดียวกัน ปริมาณเท่า ๆ กัน) 3) ปลาในสต็อกเดียวกันจะมีการปรับตัวด้านลักษณะทางสัณฐานวิทยา และลักษณะทางพันธุกรรม เป็นแบบเฉพาะของสต็อกเอง เพื่อให้อยู่รอดในสถานการณ์ของสภาพแวดล้อมที่สต็อกดำรงชีวิตอยู่ และ 4) ปลาในสต็อกเดียวกันจะมีความเหมือนกันในเรื่องของความชุกชุม และลักษณะเฉพาะทางชีวประวัติ ที่ตอบสนองต่ออิทธิพลต่อการอยู่รอดที่ไม่ได้เกิดจากธรรมชาติ เช่น การทำการประมง และมลภาวะในแหล่งที่อยู่อาศัย

การจำแนกสต็อกปลาในปัจจุบัน มีหลายวิธีการ และหลายแนวคิด ดังเช่น วิธีการมาตรฐาน ได้แก่การจำแนกสต็อกโดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Meristics and morphometrics) การติดเครื่องหมาย (Traditional tags) และการใช้ชนิดของปรสิตเป็นเครื่องมือในการจำแนกสต็อก (Parasites as natural tags) และวิธีการใหม่ ๆ เช่นการใช้องค์ประกอบเคมีในกระดูกหูเป็นเครื่องมือ

ในการจำแนกสต็อค (Otolith chemistry) การใช้ประโยชน์จากข้อมูลทางด้านพันธุศาสตร์ (Molecular genetics) และการใช้เครื่องหมายอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic tags) ซึ่งวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ ล้วนเป็นเครื่องมือที่สำคัญที่นักวิทยาศาสตร์การประมงสามารถพิจารณาเลือกใช้ได้ตามสถานการณ์ในการดำเนินการจำแนกสต็อคปลา เพื่อใช้เป็นฐานในการศึกษาในประเด็นอื่น ๆ ต่อไป เช่น การศึกษาด้านพลวัตประชากร หรือการประเมินสภาวะทรัพยากรปลา

ในกลุ่มปลาที่มีวัฏจักรชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กัน องค์กรประกอบเคมีในกระดูกหูสามารถใช้เป็นเครื่องหมายธรรมชาติในการจำแนกปลาที่อยู่ในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ กันนั้นออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ สองปัจจัยหลักที่สนับสนุนหลักการนี้เกิดจากลักษณะเฉพาะของกระดูกหูปลา คือ 1) กระดูกหูเฉื่อยขาดกระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) กล่าวคือสารเคมีในกระดูกหูไม่ถูกดูดซึมกลับเข้าสู่กระแสเลือด หรือถูกเซลล์นำกลับมาใช้อีก หรือไม่มีปฏิกิริยากับสารใดอีก 2) ปริมาณ/ชนิด ของสารเคมีที่เข้ามาสะสมอยู่ในกระดูกหูในระหว่างที่กระดูกหูค่อย ๆ เพิ่มขนาดตามการเติบโตของสัตว์น้ำจะสะท้อนให้เห็นถึงลักษณะทางกายภาพและเคมีของสิ่งแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ ณ เวลานั้น ๆ จากสองปัจจัยดังกล่าว องค์กรประกอบเคมีที่พบในกระดูกหูปลาจึงสามารถใช้เป็นเครื่องหมายทางชีววิทยา (Biological tag) ที่ใช้เป็นเครื่องมือจำแนกกลุ่มของปลาที่ใช้ชีวิตในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันได้ (แม้เพียงบางช่วงของชีวิต) ดังแสดงในภาพที่ 2.10 ซึ่งดำเนินการศึกษาในปลา shad (*Alosa sapidissima*) โดย Thorrold et al. (1998: 1826-1835)



ภาพที่ 2.10 ผลการใช้ความเข้มข้นขององค์ประกอบเคมี (Ba, Sr, Mn) จำแนกแหล่งกำเนิดของปลา shad (*Alosa sapidissima*) ในแม่น้ำสามสายในสหรัฐอเมริกา
ที่มา: Thorrold et al. (1998, 1833); Campana (2005b: 228)

การใช้องค์ประกอบทางเคมีในกระดูกหูจำแนกกลุ่มปลาแพร่หลายมากทั้งในปลาน้ำจืดและในปลาทะเล ในปลาทะเล หลายงานวิจัยได้ดำเนินการในปลาชนิดต่าง ๆ (ตัวอย่างเช่น Edmonds et al., 1992: 39-51; Gunn et al., 1992: 1-36; Sie and Thresher, 1992: 357-379; Campana et al., 1994: 1942-1950; Milton et al., 1997: 283-291; Volk et al., 2000: 251-266; Gillanders, 2002: 215-223; Secor et al., 2001: 245-253)

การใช้องค์ประกอบเคมี เป็นเครื่องหมายธรรมชาติสำหรับการจำแนกสต็อกปลา มีข้อสมมุติฐานหลัก 3 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสมมุติฐานเดียวกันกับการศึกษาการจำแนกสต็อกโดยวิธีการทางพันธุศาสตร์ และสัณฐานวิทยา (Wood et al., 1989: 2108-2120; Wirgin et al., 1997: 2814-2826; Campana,

2005b: 227-245) สมมุติฐานดังกล่าวอธิบายได้ตามลำดับคือ 1) ปลาแต่ละสปีชีส์มีลักษณะจำเพาะ และตัวบ่งชี้ที่เหมือนกัน (There are characteristic and reproducible markers for each group) 2) ปลาทุกกลุ่ม ที่มีอยู่ในสต็อกผสมจะถูกจำแนกได้ (All possible groups contributing to the group mixture have been characterized) และ 3) ตัวบ่งชี้ที่ใช้จำแนกสต็อก ยังคงความเสถียรถึงแม้สต็อกจะแยกออกจากกัน หรือ ยังผสมกันอยู่ (The marker remains stable over the interval between characterization and mixing)

กล่าวโดยสรุป ธาตุปริมาณน้อยที่จำเพาะ และไอโซโทป ได้มารวมตัวกันในกระดูกหูในทุกเวลาที่ปลาและกระดูกหูมีการเติบโต ปริมาณธาตุ และไอโซโทปเหล่านี้สื่อถึงลักษณะทางกายภาพ และลักษณะทางเคมีของน้ำที่ปลาอาศัยอยู่ในช่วงเวลาอายุนั้น ๆ และเมื่อปลาเปลี่ยนที่อยู่อาศัยใหม่ ลักษณะขององค์ประกอบทางเคมีในกระดูกหูก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะขององค์ประกอบทางเคมีของน้ำในแหล่งอาศัยใหม่นั้น ความแตกต่างของปริมาณธาตุเหล่านี้เรียกว่า ลายพิมพ์ธาตุ (“Elemental fingerprint”) เป็นเครื่องมือตามธรรมชาติที่ใช้ในการระบุตัวตนของกลุ่มปลาได้ ถือได้ว่าเป็นเครื่องหมายธรรมชาติที่เสถียร เป็นรูปแบบเดียวกันในปลาชนิดเดียวกัน และมีความแตกต่างกันระหว่างปลาแต่ละสต็อก และยังเป็นเครื่องหมายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ แต่ในระยะเวลาสั้น ๆ ลายพิมพ์ธาตุนี้มีความเสถียรมาก ส่งผลให้มันเป็นเครื่องมือที่ดีในการติดตามร่องรอยการเคลื่อนที่ของปลา และนอกจากนี้ ลายพิมพ์ธาตุในแกนใจกลางของกระดูกหูยังสามารถใช้ในการจำแนกแหล่งพักตัวของปลา (ที่พักตัวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน) ได้ การพัฒนาทางเทคโนโลยีการศึกษากระดูกหูปลาในช่วงเวลาที่ผ่านมาได้ส่งผลให้การศึกษาและการใช้ประโยชน์เกี่ยวกับลายพิมพ์ธาตุในปลามีการพัฒนาไปอย่างมาก และส่งผลให้เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการตัดสินใจจำแนกสต็อกปลาอย่างกว้างขวางของนักวิทยาศาสตร์การประมงทั่วโลก

2.8 การศึกษาพลวัตประชากรปลาสำหรับการจัดการประมง

การศึกษาพลวัตประชากรสัตว์น้ำเป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของประชากรสัตว์น้ำชนิดที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ (ปรีชา สมมณี, 2520ข: 1-107) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสัตว์น้ำที่จำเป็นสำหรับการศึกษาพลวัตประชากรสัตว์น้ำ ในเบื้องต้นได้แก่ ค่าพารามิเตอร์การเติบโต ค่าพารามิเตอร์การตาย (ทั้งการตายรวม การตายโดยธรรมชาติ และการตายโดยการทำการประมง) เป็นค่าพารามิเตอร์เบื้องต้นที่สำคัญสำหรับการประเมินสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ ต่อไปซึ่งรายละเอียดของแต่ละค่าพารามิเตอร์ อธิบายรายละเอียดได้ตามลำดับ ดังนี้

2.8.1 อายุ และการเติบโต

ข้อมูลอายุ และการเจริญเติบโตของปลา หรือการประมาณค่าขนาดตัวตามอายุของปลา ไม่เพียงจะมีความสำคัญกับการศึกษาทางด้านชีววิทยา (Biology of fish) หรือชีวประวัติของปลา (Life history of fish) เท่านั้น แต่ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินสภาวะทรัพยากร เนื่องจากการประเมินสภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำทุกวิธีจำเป็นต้องใช้ข้อมูลองค์ประกอบอายุ และนำพาไปสู่ข้อมูลของเวลาเกิด อัตราการเติบโต อายุแรกเริ่มเจริญพันธุ์และวางไข่ อัตราการทดแทน ที่ หรืออายุ (ขนาด) ที่เข้ามาในข่ายการประมง เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการจัดการทรัพยากรปลาอย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาการเติบโตสามารถกระทำได้หลากหลายวิธีการ อาทิเช่นการศึกษาการเพิ่มขนาดลำตัวโดยใช้วิธีติด หรือทำเครื่องหมายและจับคืน (Mark and recapture method) การศึกษาวงใน ส่วนแข็งในร่างกาย (เช่นกระดูกแข็งส่วนต่าง ๆ หรือในกระดูกหู) การติดตามการแพร่กระจายของขนาดสัตว์น้ำ (ฐานข้อมูลความยาว) เป็นต้น

การศึกษาวงในกระดูกหูของปลาเป็นวิธีหนึ่งซึ่งสามารถใช้ศึกษาอายุปลาอย่างตรงไปตรงมาได้ วงในกระดูกหูปลาเกิดขึ้นทุกวัน ดังนั้นจึงเรียกวงนี้ว่าวงวัน กระบวนการสร้างวงวัน (Daily increment) ของปลาในเขตร้อนเกิดจากการสะสมของแคลเซียม คาร์บอเนต ในรูปของผลึกแบบ aragonite และสารอินทรีย์ในรอบ 24 ชั่วโมงเกิดเป็นแถบสว่างและแถบมืดเมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ โดยชั้นที่มีการสะสมของแคลเซียม คาร์บอเนต จะแสดงแถบสว่างขนาดกว้างเรียกว่า Accretion zone หรือ Incremental zone ส่วนชั้นสะสมของสารอินทรีย์จะเกิดเป็นแถบมืดซึ่งแคบกว่าเรียกว่า Discontinuous zone (Secor et al., 1992: 19-57) การศึกษาช่วงเวลาการสร้างวงวันพบรายงานว่าวงวันสร้างในช่วงเย็นของวันแรกที่ปลาฟักออกจากไข่ (Jenkins and Davis, 1990: 93-104) ช่วงเวลาที่ใช้ในการสร้างวงวันที่สมบูรณ์เท่ากับ 24 ชั่วโมง (Campana and Neilson, 1985: 1014-1032) ซึ่งการสร้างวงวันสมบูรณ์ใน 24 ชั่วโมงนี้ยังพบมีรายงานในปลาหลายชนิดทั้งจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการ และการศึกษาจากปลาในธรรมชาติ อาทิเช่นปลา *Thunnus maccoyii* ในมหาสมุทรอินเดีย (Jenkins and Davis, 1990) และปลา *Trachurus symmetricus* จากน่านน้ำชิลี (Araya et al., 2003: 471-475) และปลาอื่น ๆ อีกหลากหลายชนิด

แบบจำลองที่นิยมใช้ในการศึกษาการเติบโตของสัตว์น้ำซึ่งได้แก่ แบบจำลองของ Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938: 181-213) (สมการที่ 2.1)

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad (2.1)$$

เมื่อ

L_t = ความยาวของปลาที่มีอายุ t

k = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

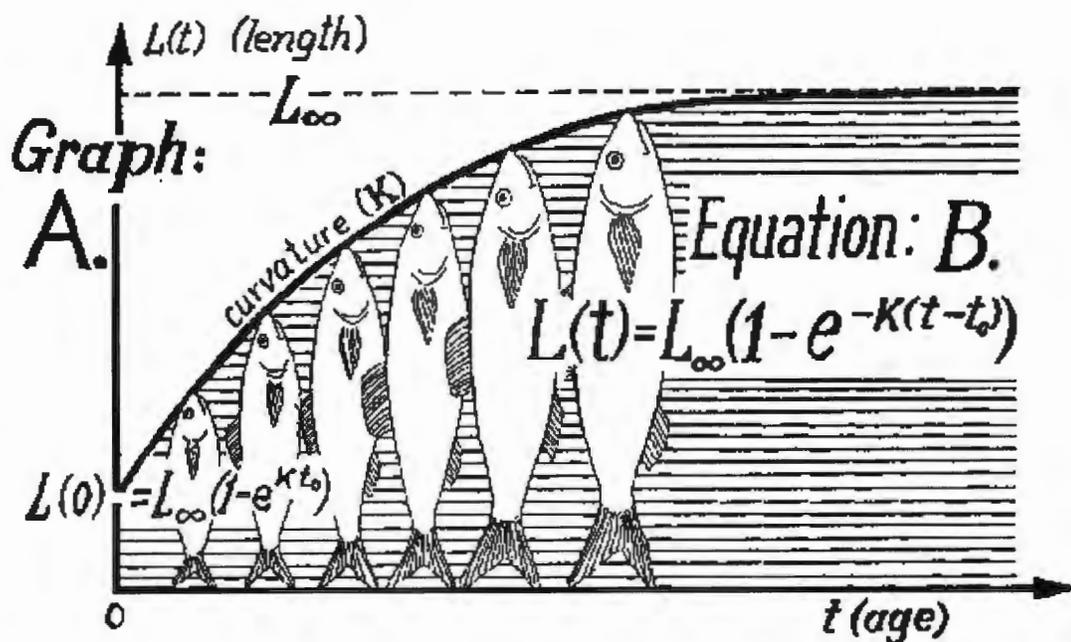
L_∞ = ความยาวสูงสุดของปลา (Maximum length)

t = อายุของสัตว์

t_0 = อายุสมมติของปลาที่มีความยาวเป็นศูนย์

การกำเนิดของแบบจำลองนี้มีพื้นฐานมาจากแนวความคิดที่อิงกระบวนการทางสรีรวิทยาของสัตว์น้ำอันได้แก่ กระบวนการเมตาบอลิซึม (Metabolism) อันประกอบด้วย การเติบโตเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการสร้าง (Anabolism) และกระบวนการสลาย (Catabolism) โดยมีข้อสมมุติฐานดังนี้ (Bertalanffy, 1938: 181-213) คือ อัตราการสร้าง เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิวในการดูดซับอาหาร อัตราการสลาย เป็นสัดส่วนโดยตรงกับมวลสารหรือน้ำหนักของสิ่งมีชีวิต และรูปแบบการเติบโตเป็นแบบไฮเพอร์โบลิก

แบบจำลอง Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1938: 181-213) ดังกล่าว เป็นแบบจำลองที่สอดคล้องกับรูปแบบการเติบโตของสัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะปลา นอกจากนี้ยังมีโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ที่ค่อนข้างพื้นฐาน มีตัวแปร (ค่าพารามิเตอร์) นำเข้า เพียง 3 ค่า ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ความโค้ง (K) ความยาวสูงสุดของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ หรือความยาวอนันต์ (L_∞) และอายุของสัตว์น้ำที่มีความยาวลำตัวเป็นศูนย์ (t_0) ลักษณะของเส้นโค้งที่ประมาณได้จากแบบจำลองนี้ดังกล่าวมาแล้วว่าสอดคล้องกับรูปแบบการเติบโตของสัตว์น้ำหลายชนิดโดยเฉพาะปลา อธิบายลักษณะเส้นโค้งได้คือ ความยาวของปลาจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาดำเนินไป และความยาวจะเพิ่มขึ้นด้วยอัตราที่ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสัตว์น้ำมีความยาวเท่ากับความยาวอนันต์ (L_∞) และอัตราการเติบโตจะเข้าใกล้ศูนย์ (กล่าวคือการเพิ่มขนาดลำตัวมีค่าน้อยมากเมื่อสัตว์น้ำมีอายุมากขึ้น) เส้นโค้งดังกล่าวจะมีลักษณะแบบโค้งซิกมอยด์ (ภาพที่ 2.11)



ภาพที่ 2.11 เส้นโค้งการเติบโตในรูปของความยาวที่ประมาณได้จากแบบจำลอง Von Bertalanffy

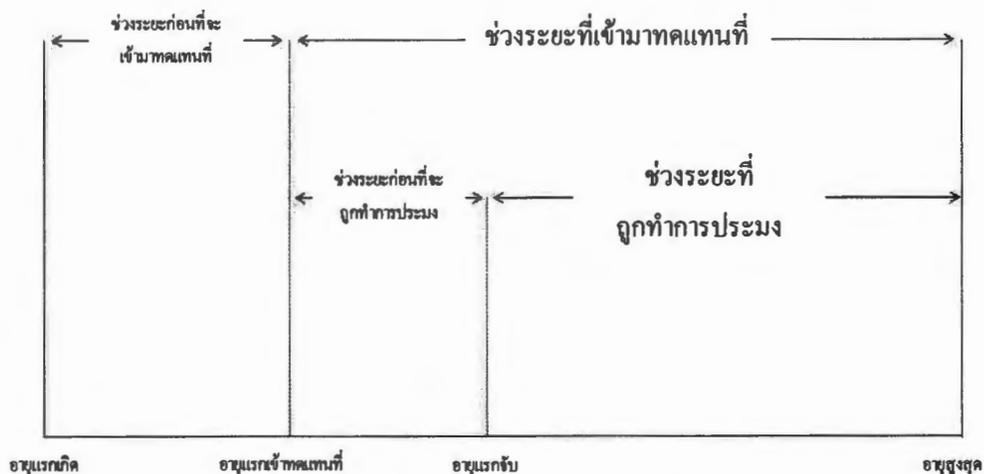
ที่มา: Sparre and Venema (1998: 48)

2.8.2 การตาย

การตาย (Mortality) ในทางวิทยาศาสตร์การประมง โดยเฉพาะทางชีววิทยาประมง ถือว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงของประชากรสัตว์น้ำที่มีผลทำให้เกิดการลดลงของประชากรสัตว์น้ำในธรรมชาติ การตายในสัตว์น้ำที่ถูกนำขึ้นมาใช้ประโยชน์มีสองปัจจัยหลัก ได้แก่ การตายโดยธรรมชาติ (M) และการตายโดยการประมง (F) ซึ่งผลรวมของทั้งสองปัจจัยเราเรียกว่าการตายรวม (Z) การตายโดยธรรมชาติของสัตว์น้ำเป็นการตายที่เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ ในธรรมชาติที่ไม่เกี่ยวข้องกับการทำการประมงสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ เช่น การสิ้นอายุขัย การถูกล่าโดยผู้ล่า การขาดอาหาร การเกิดโรคระบาด ภาวะมลพิษในแหล่งอาศัย และสาเหตุอื่น ๆ การตายโดยธรรมชาติดีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดสัตว์น้ำ ขนาดและอายุสัตว์น้ำ และแหล่งอาศัยของสัตว์น้ำ แต่ในการศึกษาเกี่ยวกับพลวัตประชากรเราประมาณการณ์ได้ว่าการตายโดยธรรมชาติดีค่าเกือบคงที่ตลอดช่วงชีวิตของสัตว์น้ำสต็อกใดสต็อกหนึ่ง ส่วนการตายโดยการประมงเป็นการตายของสัตว์น้ำซึ่งเกิดจากการที่สัตว์น้ำถูกจับโดยเครื่องมือประมง (ทั้งที่ตั้งใจจับเป็นสัตว์น้ำเป้าหมาย และทั้งที่ไม่ตั้งใจจับแต่พลอยติดมากับเครื่องมือประมง) การตายโดยการประมงก็มีความแตกต่างกันระหว่างสต็อกสัตว์น้ำขึ้นอยู่กับขนาดและอายุของสัตว์น้ำ ชนิดเครื่องมือที่ทำการประมง และแรงกดดันของการทำการประมง

2.9 การประเมินหาปริมาณการจับที่เหมาะสมในการทำการประมงปลา

การประเมินหาปริมาณการจับที่เหมาะสมในการทำการประมงปลานั้นมักใช้แบบจำลองผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่เป็นเครื่องมือในการศึกษา หุ่นจำลองผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ (Yield per recruit model: Y/R) เป็นหุ่นจำลอง (Model) ที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของประชากรปลา รุ่นใดรุ่นหนึ่ง โดยอาศัยการประมวลผลของข้อมูลพื้นฐานทางพลวัตประชากรที่สำคัญ 3 ประการ คือ การเติบโต การตาย และการทดแทนที่ โดยหุ่นจำลองนี้จะทำการทำนายผลจับซึ่งสัมพันธ์กับการตาย (อันเนื่องจากการทำการประมง) และความยาวแรกจับของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ เมื่อมีการผันแปรของตัวแปรระดับการตายในธรรมชาติ และค่าพารามิเตอร์การเติบโตเปลี่ยนแปลงไปในระดับต่าง ๆ (Welcome, 2001: 1-358; ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 118-121) วัตถุประสงค์ของแบบจำลองนี้ เพื่อที่จะหามาตรการการทำการประมงที่จะทำให้ผลจับของสัตว์น้ำรุ่นใดรุ่นหนึ่งมีน้ำหนักมากที่สุด (Maximum yield per recruit) โดยหุ่นจำลองนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผลจับสัตว์น้ำตลอดช่วงชีวิตการประมง (Fishable life span; ภาพที่ 2.12) จากกลุ่มสัตว์น้ำที่เกิดในปีเดียวกันที่เข้ามารวมในสต็อกที่มีการทำการประมง โดยเริ่มตั้งแต่เวลาที่สัตว์น้ำเข้ามาในสต็อก (อายุแรกเข้าทดแทนที่) จนกระทั่งสัตว์น้ำมีอายุมากที่สุด ซึ่งจะทำให้สัตว์น้ำแก่ตายเองโดยธรรมชาติ



ภาพที่ 2.12 การแบ่งช่วงชีวิตต่าง ๆ ของสัตว์น้ำที่ถูกทำการประมง

ที่มา: Beverton and Holt (1957: 200); ทวนทอง (2547: 114)

หุ่นจำลองผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ (Yield per recruit model: Y/R) เป็นหุ่นจำลอง (Model) ที่ได้เสนอโดย Beverton and Holt (1957: 1-533) โดยหุ่นจำลองนี้เป็นหุ่นจำลองที่อธิบายภาวะของกลุ่มสัตว์น้ำและผลผลิตในภาวะที่แบบแผนการประมงไม่เปลี่ยนแปลงเป็นระยะเวลานาน (ปรีชา สมมณี, 2520ข: 1-107; มาลา สุพงษ์พันธ์ และเจริญ นิตธิธรรมยง, 2544: 1-517) และสัตว์น้ำ

จะได้รับระดับทำการประมงที่คงที่นี้ตลอดอายุขัยนับแต่แรกเข้ามาทดแทนที่ในสต็อก ซึ่งในหุ่นจำลองของ Beverton and Holt (1957: 1-533) นี้ต้องอาศัยข้อสมมุติดังต่อไปนี้

(1) อัตราการเติบโตคงที่และไม่เปลี่ยนแปลงตามขนาดประชากร และเป็นการเติบโตแบบ Isometric

(2) สัตว์น้ำที่เข้ามาทดแทนที่ในรุ่นเดียวกันนั้นฟักออกมาจากไข่ในวันเดียวกัน

(3) เมื่อสัตว์น้ำเข้ามาอยู่ในสต็อกที่มีการทำการประมง อัตราการตายโดยธรรมชาติและการประมงมีค่าคงที่

(4) ปริมาณสัตว์น้ำที่เข้ามาทดแทนที่คงที่ และไม่เปลี่ยนแปลงตามขนาดสต็อกของพ่อแม่พันธุ์

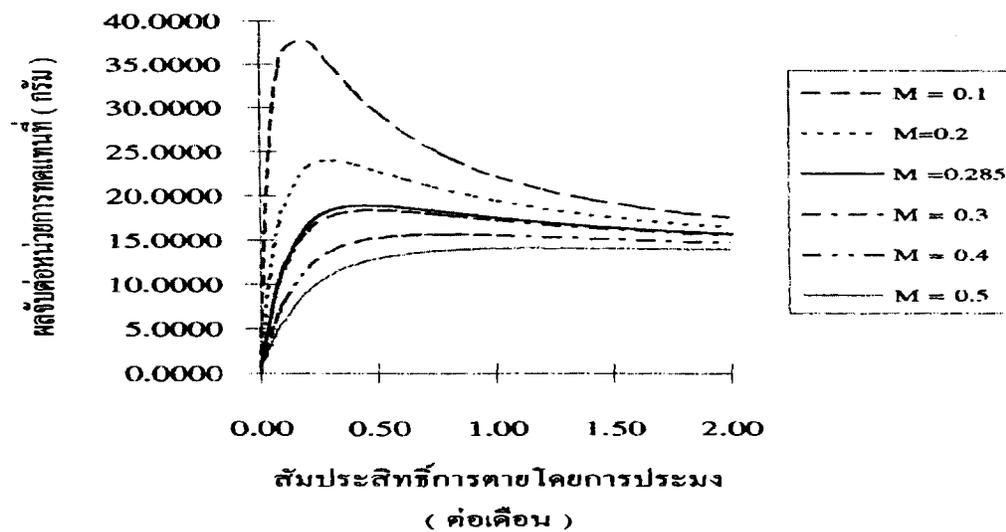
(5) สัตว์น้ำในสต็อกมีการผสมผสานกันอย่างสมบูรณ์ภายในกลุ่มสัตว์น้ำชนิดพันธุ์เดียวกัน

(6) การทดแทนที่และการเลือกจับของเครื่องมือเป็นแบบขอบตัดตรง (Knife-edge)

อย่างไรก็ตามเนื่องด้วยสภาวะการทำการประมงอย่างหนักในหลาย ๆ สต็อกสัตว์น้ำการเลือกรูปแบบการทดแทนที่ที่เป็นแบบขอบตัดมาใช้เป็นรูปแบบในการศึกษามักทำให้เกิดข้อจำกัดในการประเมิน ทำให้ในปัจจุบันความน่าจะเป็นในการเลือกจับสัตว์น้ำในแต่ละขนาดได้ถูกนำมาใช้เป็นหลักในการประเมิน (Pauly and Soriano, 1986: 491-495; Amarasinghe and Sriya, 2002: 215-228; ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 117)

ดังนั้น จะเห็นได้ว่า ในการจัดการทรัพยากรประมงโดยใช้หุ่นจำลองผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่นั้น ค่าพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ ได้แก่ ปริมาณการลงแรงงานการประมง (หรือค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง) และอายุ (หรือขนาด) แรกจับ เป็นหลัก

ในกรณีของปริมาณการลงแรงประมงนั้น ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติด้วย ซึ่ง จะเห็นได้ว่าในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติต่ำ ($M < 0.5$) ปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่จะเพิ่มขึ้นตามปริมาณการลงแรงประมงที่เพิ่มขึ้นในระยะหนึ่ง หลังจากที่เคยระดับที่สูงสุดมาแล้วเมื่อมีการปรับเพิ่มปริมาณการลงแรงประมงขึ้นไปอีก ปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่จะค่อย ๆ ลดลง (ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 118) (ภาพที่ 2.13)

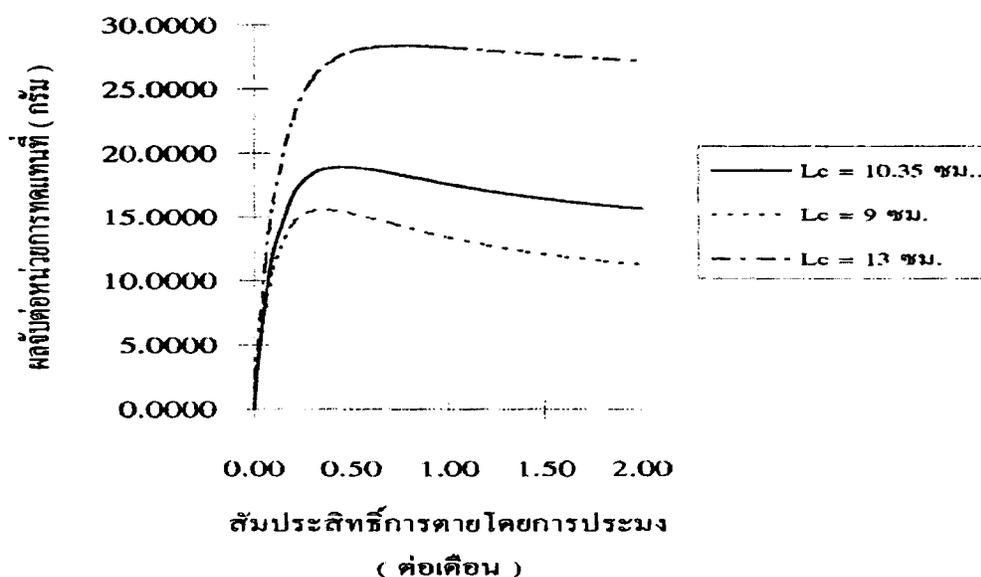


ภาพที่ 2.13 ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ที่ระดับต่าง ๆ ของค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) เมื่อสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) มีการเปลี่ยนแปลง
ที่มา: ทวนทอง จุฑาเกตุ (2547: 118)

จากภาพที่ 2.13 แสดงให้เห็นว่า ณ ที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติต่ำ เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ กับ สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง จะเป็นเส้นโค้งที่มีจุดยอด การเพิ่มปริมาณการลงแรงประมงไม่จำเป็นต้องได้ปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าทางซ้ายของจุดยอดนั้นจำนวนสัตว์น้ำที่ถูกจับมีน้อยและยังมีสัตว์น้ำคงเหลืออยู่ในสต็อกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเมื่อมีการเพิ่มปริมาณการลงแรงประมงมากขึ้น สัตว์น้ำที่ถูกจับได้จะเพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นมากกว่าน้ำหนักที่สูญเสียไป (จากการตายโดยธรรมชาติ) ในขณะที่ทางขวามือของเส้นโค้งจำนวนสัตว์น้ำในสต็อกมีเหลืออยู่น้อยส่วนมากจะถูกจับไปก่อนที่สัตว์น้ำจะมีโอกาสที่จะเติบโต และตัวที่มีขนาดใหญ่ได้ถูกจับไปใช้ประโยชน์เกือบหมด ทำให้อัตราการตายโดยธรรมชาติสูง การที่เพิ่มปริมาณการลงแรงประมงจึงเป็นแค่การที่จับเอาสัตว์น้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์ก่อนที่สัตว์น้ำนั้นจะตายไปโดยธรรมชาติ ดังนั้นปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการลงแรงประมงเพิ่มขึ้นจนถึงระดับหนึ่งเท่านั้น และจะเข้าสู่ขีดจำกัดบน เป็นเส้นโค้งแบบมีขีดจำกัด (ปริชาสมมติ, 2520ข: 1-107; ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 119)

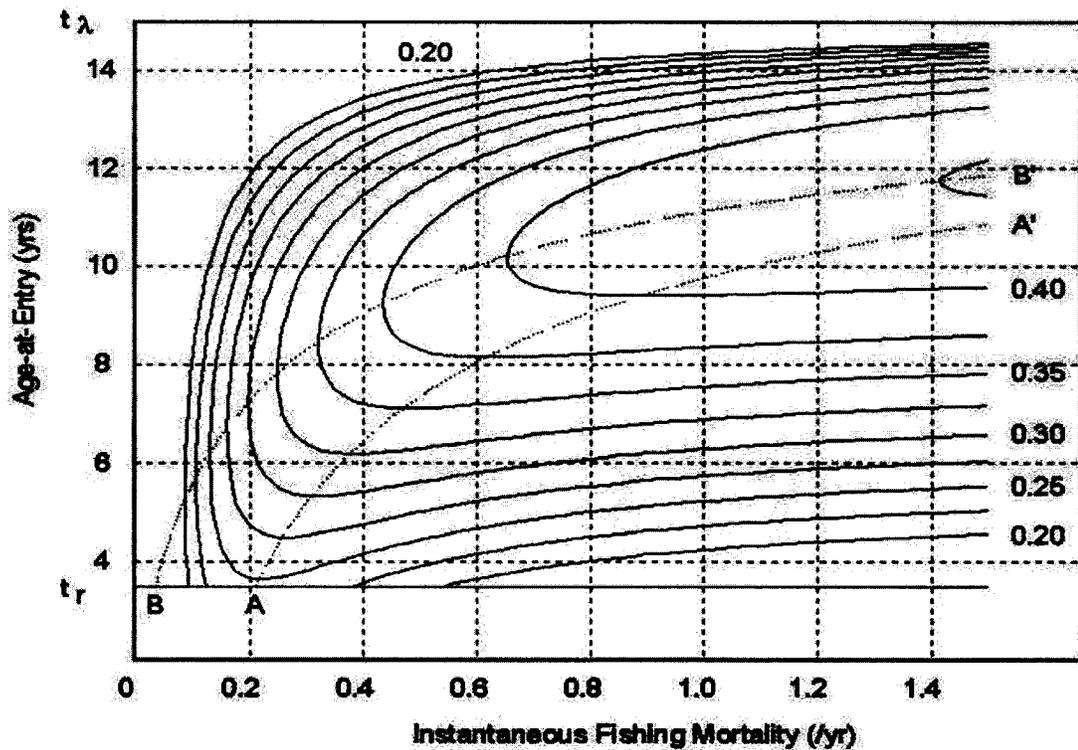
ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ อายุหรือขนาดแรกจับนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดตาอวน ซึ่งถ้าหากว่าค่าสัมประสิทธิ์การตาย (ทั้งโดยธรรมชาติ และการประมง) มีค่าคงที่แล้ว ในระยะแรกผลจับจะเพิ่มขึ้นตามอายุแรกจับ เพราะอัตราการตายต่ำกว่าอัตราการเติบโต แต่เมื่อถึงจุด

หนึ่ง ถึงแม้มีการเพิ่มขึ้นของอายุแรกจับปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่จะลดลง เนื่องจากใน
ระยะหลังนี้อัตราการตายสูงกว่าอัตราการเติบโต และผลจับจะเท่ากับศูนย์เมื่ออายุแรกจับเท่ากับอายุ
สูงสุดของสัตว์น้ำชนิดนั้น ๆ เนื่องจากสัตว์น้ำจะตายโดยธรรมชาติไปหมดแล้ว (ตำริห์ สมใจวงศ์,
2534: 1-61; ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 119) (ภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ระดับต่าง ๆ ของค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง
(F) เมื่อขนาดแรกจับ (L_c) มีการเปลี่ยนแปลง
ที่มา: ทวนทอง จุฑาเกตุ (2547: 119)

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่สามารถแสดงในรูปภาพสองมิติ (Yield
isopleth diagram) ในรูปแบบความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการ
ประมง และอายุ (หรือขนาด) แรกจับ ซึ่งเสนอไว้โดย Beverton and Holt (1957: 1-533)
ไดอะแกรมนี้มีประโยชน์ในการวางมาตรการควบคุมการประมง เพราะจากไดอะแกรม เราจะทราบถึง
ระดับการตายโดยการประมงที่เหมาะสม กับอายุ (ขนาด) แรกจับที่เหมาะสม (ปรีชา สมมณี, 2520ก:
1-46; ทวนทอง จุฑาเกตุ, 2547: 119-121) นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลจับต่อหน่วย
การทดแทนที่ยังสามารถแสดงในรูปภาพสองมิติโดยค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงจะอยู่ใน
แกนนอน และอายุ (ขนาด) แรกจับ จะอยู่ในแกนตั้ง ส่วนปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่จะอยู่
บนแนวเส้นคอนทัวร์ (Contour line) (ภาพที่ 2.15)



ภาพที่ 2.15 ไอโซเปล็อตไดอะแกรมสองมิติของปลา plaice *Pleuronectus platessa*
ที่มา: Beverton and Holt (1957: 300)

จากภาพที่ 2.15 เป็นตัวอย่างของการศึกษาในปลา Plaice บริเวณทะเลเหนือ ที่เสนอโดย Beverton and Holt (1957: 1-533) ซึ่งปริชา สมมติ (2520ข: 1-107) และ ทวนทอง จุฑาเกตุ (2547: 121) ได้อธิบายว่า เส้นโค้ง AA' เป็นเส้นที่แสดงสภาวะสำหรับอายุแรกจับที่มากที่สุดกับอัตราการตายโดยการประมงที่น้อยที่สุด และเป็นเส้นที่แสดงระดับการตายโดยการประมงที่เหมาะสมกับอายุแรกจับที่กำหนดไว้ สำหรับเส้นโค้ง BB' แสดงสภาวะสำหรับอายุแรกจับที่น้อยที่สุดและอัตราการตายโดยการประมงสูงสุด จะทำให้ทราบถึงอายุ (ขนาด) แรกจับที่ก่อให้เกิดปริมาณผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่สูงสุด จากการตายโดยการประมงในระดับที่กำหนดไว้

Gulland (1969: 1-153) ได้เสนอตารางการประเมินสภาวะการประมงในรูปผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่เพื่ออำนวยความสะดวกในการคำนวณค่าดังแสดงในภาพที่ 2.16 ซึ่งในตารางดังกล่าว นอกจากผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่แล้ว ยังสามารถใช้ประเมินมวลชีวภาพต่อหน่วยการทดแทนที่ (Biomass per recruitment: B/R) จำนวนสัตว์น้ำที่ถูกจับต่อหน่วยการทดแทนที่ (Number per recruit: N/R) ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ (Catch per recruitment: C/R) และน้ำหนักเฉลี่ยของผลผลิตรายปี (W)

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ในการศึกษา

3.1.1 อ่าวไทย

อ่าวไทย มีพิกัดอยู่ที่ 10°N, 101°E มีพื้นที่ 300,858.76 ตารางกิโลเมตร ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยทอดยาว 1,840 กิโลเมตร ผ่านจังหวัด ตรวาท จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพมหานคร สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี และนราธิวาส มีความลึกเฉลี่ย 45 เมตร จุดที่ลึกที่สุดลึกเพียง 80 เมตร มีน้ำจืดจำนวนมากไหลมาจากแม่น้ำต่างๆ ทำให้น้ำทะเลในอ่าวไทยมีระดับความเค็มต่ำ มีตะกอนสูง และมีกำลังผลิตสูง จึงมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรประมงมาก การเก็บตัวอย่างปลาในการศึกษาครั้งนี้มีการเก็บในพื้นที่อ่าวไทยที่แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (ระยอง จันทบุรี และตราด) 2) พื้นที่อ่าวไทยตอนใน (ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี) 3) พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง (ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร และสุราษฎร์ธานี) และ 4) พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง (นครศรีธรรมราช สงขลา พัทลุง ปัตตานี และนราธิวาส) โดยแต่ละพื้นที่ถือเป็นพื้นที่แหล่งประมงที่สำคัญของปลา (ภาพที่ 3.1)

3.1.2 คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

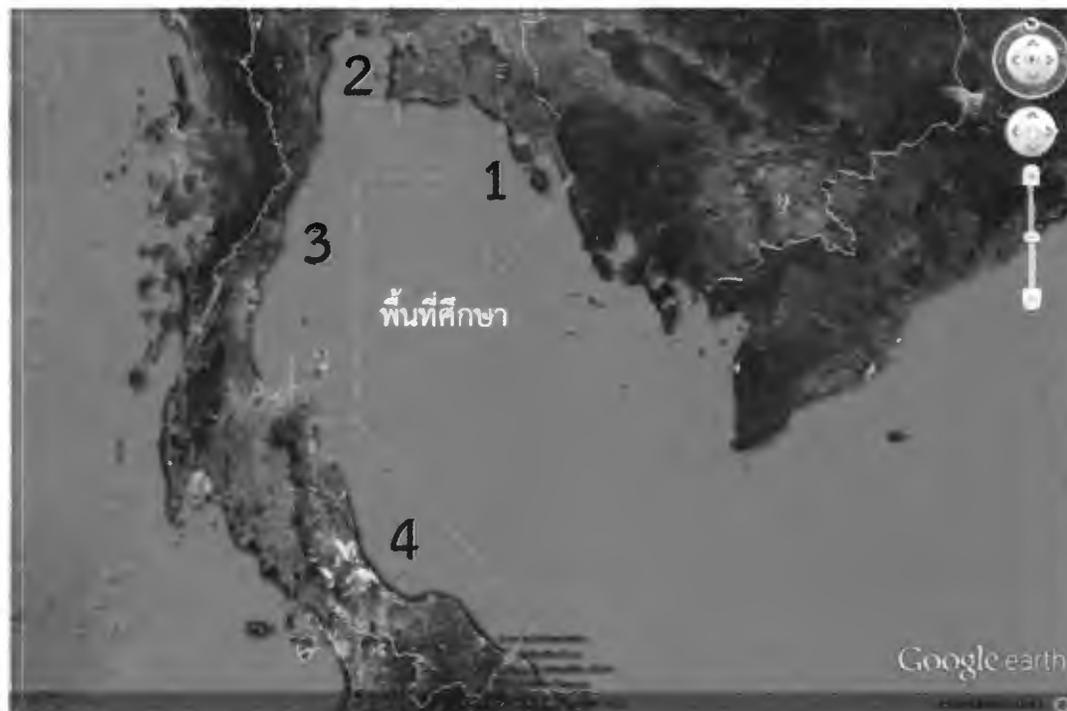
ดำเนินการศึกษาในส่วนของการศึกษาในห้องปฏิบัติการบางส่วน เช่น การเก็บกระดุกหูจากตัวอย่างปลา การทำความสะอาดกระดุกหู การตัดกระดุกหู เป็นต้น

3.1.3 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี

ดำเนินการศึกษาในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ เช่นการเก็บกระดุกหูจากตัวอย่าง การทำความสะอาดกระดุกหูปลา การตัดกระดุกหู การฝนกระดุกหู การอ่านวงวันจากกระดุกหู การวิเคราะห์ข้อมูล การเขียนบทความทางวิชาการ การจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ เป็นต้น

3.1.4 ห้องปฏิบัติการ The National Oceanography Centre, University of Southampton เมือง Southampton

ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบธาตุในกระดุกหูปลาโดยใช้เครื่อง Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) และได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบธาตุในกระดุกหูปลาเพื่อการจำแนกสปีชีส์เบื้องต้น



ภาพที่ 3.1 พื้นที่ศึกษาอ่าวไทย และการแบ่งเขตการเก็บตัวอย่างปลาหู (เส้นประแสดงการแบ่งเขตเป็นสี่เขต คือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก พื้นที่อ่าวไทยตอนใน พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง) จุดสีแดงแสดงสถานีที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 ข้อมูลผลจับปลาทะเลจากรายงานกรมประมง (สถิติการประมงแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2527 ถึง 2552 เป็นชุดข้อมูลที่ต่อเนื่อง 26 ปี)

3.2.2 อุปกรณ์ชั่งวัดปลา

3.2.3 อุปกรณ์ผ่าตัด

3.2.4 Plastic forceps

3.2.5 Plastic centrifuge tubes

3.2.6 ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น ร้อยละ 6

3.2.7 Epoxy resin and hardener

3.2.8 Resin blocks

3.2.9 Low speed diamond wheel saw, South Bay Technology, Inc., model 650

3.2.10 สไลด์แก้ว

3.2.11 Crystalbond mounting wax

3.2.12 Hotplate

3.2.13 กระจกทราย เบอร์ละเอียด (2000-3000)

3.2.14 ปากกาเขียนกระจก

3.2.15 กล้องจุลทรรศน์แบบรายละเอียดสูง (Compound microscope) และแบบสเตอริโอ (Stereo microscope) พร้อมกล้องถ่ายภาพจากกล้องจุลทรรศน์แบบดิจิทัล

3.2.16 Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) และสารเคมีที่เกี่ยวข้อง

3.2.17 ตัวอย่างปลาหู (ตัวเต็มวัยที่จับได้จากแหล่งประมงต่างๆในอ่าวไทย และปลาหูวัยอ่อนซึ่งได้จากการเพาะพันธุ์)

3.2.18 โปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ

3.3 การรวบรวมข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์แนวโน้มน้ำผลจับปลาทะเล

การวิเคราะห์แนวโน้มน้ำผลจับปลาทะเลในอ่าวไทยดำเนินการโดยใช้ข้อมูลผลจับปลาทะเลจากอ่าวไทยระหว่างปี พ.ศ. 2527-2552 ซึ่งดำเนินการจัดเก็บรายปีโดยกรมประมง และรายงานในเอกสารชื่อ “สถิติการประมงแห่งประเทศไทย” ข้อมูลดังกล่าวใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มน้ำผลจับปลาทะเลจากอ่าวไทย เพื่อให้ทราบถึงความเป็นไปของแนวโน้มน้ำผลจับ และสถานการณ์ปัจจุบันของปลาทะเล โดยเฉพาะปลาทุ ซึ่งได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 4 ของรายงานฉบับนี้

3.3.2 จำแนกสต็อคปลาทุในอ่าวไทย

ดำเนินการรวบรวมตัวอย่างปลาทุที่จับได้จากชาวประมงชายฝั่งใน 4 พื้นที่การประมงที่สำคัญ คือ 1) พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2) พื้นที่อ่าวไทยตอนใน 3) พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ 4) พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง ปลาทุที่ดำเนินการรวบรวมพื้นที่การประมงละ 100 ตัวอย่าง ทำการชั่งน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) และวัดความยาวรายตัว (หน่วยเป็นมิลลิเมตร) จำแนกเพศ หลังจากนั้นดำเนินการรวบรวมกระดูกของปลาทุแต่ละตัว เก็บใส่หลอดพลาสติก (Plastic centrifuge tubes) หลังจากนั้นทำการเตรียมตัวอย่างกระดูกโดยการล้างด้วยน้ำสะอาด ฝั่งให้แห้ง แล้วทำการฝังกระดูกทูลงในเรซิน หลังจากนั้นตัดกระดูกด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed diamond wheel saw, South Bay Technology, Inc., model 650) ตัวอย่างที่ตัดแล้วทำการวางลงและติดปะบนแผ่นสไลด์ ขัดแผ่นกระดูกที่ตัดแล้วจนแผ่นกระดูกมีความหนาอยู่ในระดับ 250 - 450 ไมครอน จากนั้นนำกระดูกที่ผ่านการเตรียมตัวอย่างด้วยวิธีดังกล่าวนำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุต่าง ๆ ที่อยู่ในกระดูกตัวอย่างด้วยเครื่องมือ Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) ณ ห้องปฏิบัติการ the National Oceanography Centre เมือง Southampton สหราชอาณาจักร โดยตัวอย่างปลาทุที่นำกระดูกมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ ใช้ปลาทุที่มีขนาดความยาวลำตัวที่ใกล้เคียงกัน และในแต่ละพื้นที่ใช้ปลาทุวิเคราะห์แยกเพศเพศละ 6-9 ตัวอย่าง ดังนั้นตัวอย่างปลาทุที่ใช้สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุสำหรับการวิเคราะห์จำแนกสต็อค จึงมีจำนวนทั้งสิ้น 55 ตัวอย่างจากพื้นที่ต่าง ๆ 4 พื้นที่ในอ่าวไทย (พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก พื้นที่อ่าวไทยตอนใน พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง) ข้อมูลองค์ประกอบธาตุในกระดูกที่ได้ นำมาวิเคราะห์ เพื่อการจำแนกสต็อคของปลาทุในอ่าวไทยต่อไป โดยรายละเอียดส่วนที่ 2 นี้ อธิบายไว้ในบทที่ 5

3.3.3 การศึกษาอายุและการเติบโตของปลาทุแต่ละสต็อคในอ่าวไทย

ดำเนินการตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกปลาทุเพื่อดำเนินการพิสูจน์ว่าปลาทุมีการสร้างวงวันในกระดูกจริงหรือไม่ โดยนำปลาทุวัยอ่อนที่ทราบอายุมาตรวจสอบจำนวนวงวันในกระดูก โดยนำตัวอย่างลูกปลาทุมาเก็บตัวอย่างกระดูกภายใต้กล้องกำลังขยายต่ำ (Stereo

Microscope) เมื่อพบตัวอย่างกระดูกหู ดำเนินการปรับแสงให้เห็นวงวันอย่างชัดเจน และถ่ายภาพกระดูกหูดังกล่าวด้วยกล้องดิจิทัล และนำภาพถ่ายดังกล่าวมาดำเนินการนับจำนวนวงวันเพื่อยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกหูปลาหูดังกล่าว

สุ่มเลือกกระดูกหูจากตัวอย่างปลาหูให้ครอบคลุมทุกขนาดความยาวลำตัว มาจำนวน 30 ตัวอย่างต่อเพศและต่อพื้นที่ประมง (4 พื้นที่) ซึ่งรวมแล้วใช้ตัวอย่างปลาหูทั้งหมด 240 ตัวอย่าง การเตรียมตัวอย่างกระดูกหูดำเนินการเช่นเดียวกับหัวข้อที่ 3.3.2 คือ ล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง แล้วทำการฝังกระดูกหูลงในเรซิน หลังจากนั้นตัดกระดูกหูด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed diamond wheel saw, South Bay Technology, Inc., model 650) ตัวอย่างที่ตัดแล้วทำการวางลงและติดปะบนแผ่นสไลด์ ชัดแผ่นกระดูกหูที่ตัดแล้วจนแผ่นกระดูกหูมีความหนาอยู่ในระดับ 250 - 450 ไมครอน ชิ้นกระดูกหูดังกล่าวดำเนินการถ่ายรูปด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง แล้วอ่านค่าวงวันในกระดูกหูด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป (โปรแกรม ImageJ) (Rasband, 1997: Web-Site) ตามวิธีการ ageing based on increment thickness (Ralston and Miyamoto, 1981: 83-88, 1983: 523-535; Ralston, 1976: 990-994, 1985: 14-15) โดยใช้ผู้อ่านจำนวน 3 คน ข้อมูลค่าวงวันดังกล่าว เปลี่ยนหน่วยให้เป็นสัดส่วนของปีซึ่งรวบรวมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์การเติบโต ค่าพารามิเตอร์การตาย และระดับการทำประมงที่เหมาะสมของสต็อกปลาหูในแต่ละพื้นที่ประมงในอ่าวไทยต่อไป ซึ่งรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 6

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

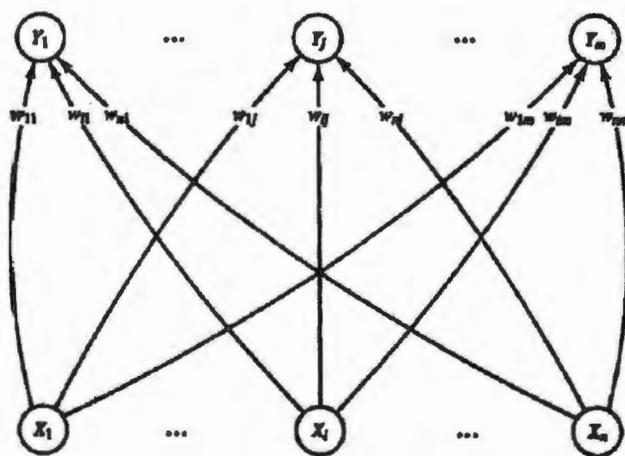
3.4.1 การวิเคราะห์แนวโน้มผลจับปลาทะเล

ข้อมูลผลจับปลาทะเลนำมาวิเคราะห์ในสามประเด็นคือ 1) การวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลจับ 2) การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลจับรายตัว และ 3) การวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับ (การจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงขององค์ประกอบผลจับ)

การวิเคราะห์ ความแปรปรวนของผลจับ แบ่งเป็นการวิเคราะห์ความแปรปรวนระยะสั้นและความแปรปรวนระยะยาว ความแปรปรวนระยะสั้นวิเคราะห์โดยศึกษาค่า Coefficient of variation (CV) (ค่าความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ) ของผลจับปลาส่วนความแปรปรวนระยะยาวแบ่งเป็นความแปรปรวนระยะยาวโดยตรง (Absolute variation: U_a) และความแปรปรวนเทียบเคียง (Relative variation: U_r) โดยมีสูตรการคำนวณแสดงได้ดังรายละเอียดในบทที่ 4

จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลารายตัว ใช้สถิติในการวิเคราะห์คือ Spearman's rank correlation ส่วนการวิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับ (การจัดกลุ่มตามความคล้ายคลึงขององค์ประกอบผลจับ) ใช้สถิติในการวิเคราะห์คือ Artificial Neural

Network (ANN) ในรูปแบบที่เป็น Self-Organizing Map (SOM) (Kohonen, 1995: 1-501) ซึ่งจะเป็นการวิเคราะห์การจัดกลุ่มของตัวแปร (ภาพที่ 3.2) (ในที่นี้คือน้ำหนักของผลจับปลาแต่ละชนิด/กลุ่ม) ตามหน่วยข้อมูล (ในที่นี้คือ ปี) ในรูปภาพ 2 มิติ โดยแสดงผลด้วยการเรียงต่อกันของรูปหกเหลี่ยม (Hexagonal lattice) ที่เรียกว่า Kohonen Mapping (KM) ซึ่งถ้าตัวแปรเป็นกลุ่ม (Cluster) ที่มีลักษณะใกล้เคียงกันจะมีการแสดงผลการกระจายตัวของหน่วยข้อมูล (ปี) อยู่ในพื้นที่ที่ใกล้เคียงกันใน Kohonen Map และถ้าตัวแปรมีลักษณะต่างกัน การแสดงออกของผลลัพธ์จะวางตัวในตำแหน่งที่ห่างออกไป ระยะห่างขึ้นอยู่กับระดับของความแตกต่างของกลุ่มตัวแปร โดยแต่ละหน่วย (Neuron: n) ในรูปหกเหลี่ยมจะเรียกว่าหน่วยที่มองเห็น (Visual Unit: VU) อันเป็นผลมาจากข้อมูลตัวอย่างนำเข้า (Sampling Unit: SU) ซึ่งในที่นี้ คือ ปริมาณของผลจับปลาแต่ละชนิด/กลุ่ม ในแต่ละหน่วยข้อมูล (คือ ปี)



ภาพที่ 3.2 แนวคิดของ Artificial Neural Network (ANN) ในรูปแบบที่เป็น Self-Organizing Map (SOM)

ที่มา: Kohonen (1995: 100)

3.4.2 การจำแนกสต็อกปลาในอ่าวไทย

การจำแนกสต็อกปลาโดยใช้องค์ประกอบทางเคมีในกระดูกหูได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลองค์ประกอบของธาตุรองที่อยู่ในกระดูกหูของปลาที่ตรวจสอบได้ นำมาพิจารณาความแตกต่างของธาตุต่างๆ ในแต่ละปัจจัย (อาทิ เพศของปลา แหล่งประมง พื้นที่ต่าง ๆ ในกระดูกหู เป็นต้น) โดยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของธาตุต่างๆ ที่จะคัดเลือกมาเป็นตัวแปรควบคุมในการวิเคราะห์การจำแนก

กลุ่ม ซึ่งจะวิเคราะห์ด้วยวิธี Linear Discriminant Analysis (LDA) เพื่อการจำแนกสต็อกของปลาทุ ในอ่าวไทยต่อไป

Linear Discriminant Analysis (LDA) เป็นเครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ จำแนกกลุ่ม การวิเคราะห์แบบจำแนกจะเป็นการสร้างฟังก์ชันขึ้นมาเพื่อการใช้ทำนายการเป็นสมาชิก ในกลุ่มโดยใช้ตัวแปรต่างๆ (ที่คาดว่ามียุทธพลต่อการจำแนกกลุ่ม) เป็นตัวแปรควบคุมที่ใช้สำหรับการ ทำนายนั้น โดยการสร้างฟังก์ชันจะเป็นการสร้างตัวแปรใหม่ขึ้นมาโดยมีลักษณะเป็นฟังก์ชันเส้นตรง ที่ เกิดจากตัวแปรควบคุม โดยฟังก์ชันใหม่ที่ประมาณได้นี้ จะมีหลายมิติสามารถพิจารณาประกอบกันเพื่อ การแบ่งกลุ่มได้ ปรกตินักวิจัยจะใช้เพียง 2 ถึง 3 ฟังก์ชัน (2 มิติ ถึง 3 มิติ) เพื่อการอธิบายและ แสดงผลตัวอย่างการวิเคราะห์การจำแนกสต็อกปลา แสดงได้ดังภาพที่ 2.8 ในบทที่ 2 สำหรับ รายละเอียดเพิ่มเติมจะอธิบายอย่างละเอียดในบทที่ 5

3.4.3 การศึกษาอายุและการเติบโตของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

ดำเนินการทดสอบรูปแบบการเติบโตของปลาทุแต่ละสต็อก รวมทั้งประมาณค่า สัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุจากผู้อ่านกระดูกหูทั้ง 3 คน จากนั้นนำข้อมูลวง วนที่คำนวณเป็นสัดส่วนของปีที่เก็บได้ดังรายละเอียดในหัวข้อ 3.3.3 (เป็นค่าเฉลี่ยของการอ่านอายุ จากผู้อ่านทั้ง 3 คน) นำมาประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตต่าง ๆ (ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ของการ เจริญเติบโต (K) และความยาวสูงสุดของปลา (L_{∞}) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เป็น เส้นตรงโดยเมนู Analysis of length-at-age data ในโปรแกรม Fisat II (FAO, 2006-2016: Web-Site) หลังจากนั้นดำเนินการสร้างสมการการเติบโตโดยใช้แบบจำลองการเติบโตของ von Bertalanffy (1938: 181-213) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการเจริญเติบโตของ ปลาในรูปฟังก์ชันของอายุ ของปลาทุแบบรวมเพศในแต่ละสต็อก ทั้งนี้การหาค่าพารามิเตอร์การเติบโต (K) และค่าความยาวสูงสุด (L_{∞}) ใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้ง (Non-linear estimation) จากข้อมูล อายุปลาทุ ณ ขนาดความยาว (ความยาวตลอดลำตัว: TL) ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม FISAT II (FAO- ICLARM Stock Assessment Tools) (FAO, 2006-2016: Web-Site)

จากนั้นดำเนินการเปรียบเทียบอัตราการเติบโตระหว่างเพศ และระหว่างสต็อกว่ามี ความแตกต่างกันหรือไม่โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ANCOVA (Analysis of covariance)

3.4.4 การศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากร รวมทั้งระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

ประเมินอัตราการตายรวม (Z) ของปลาทุใช้วิธีการของ Hoenig (1982: 1-10) ประเมินอัตรา การตายโดยธรรมชาติ (M) ตามวิธีการของ Pauly (1980: 175-192) โดยอาศัยค่าความยาวสูงสุด (L_{∞}) ค่าพารามิเตอร์การเติบโต (K) และ อุณหภูมิของน้ำ (T) เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายในธรรมชาติ

(M) และประเมินอัตราการตายโดยการทำการประมง (F) โดยการลบอัตราการตายรวม (Z) ด้วยอัตราการตายในธรรมชาติ (M)

จากนั้นวิเคราะห์ขนาด และปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการทำการประมงปลาทุแต่ ละสต็อคดำเนินการวิเคราะห์โดยโดยนำค่าพารามิเตอร์การเติบโต และการตายเป็นข้อมูลนำเข้า เพื่อเปรียบเทียบผลจับต่อหน่วยทดแทนที่ และมวลชีวภาพต่อหน่วยทดแทนที่ โดยใช้แบบจำลองของ Beverton and Holt (1957: 1-533) โดยผันแปรความยาวแรกจับและปริมาณการลงแรงงานประมง โดยจะอธิบายขั้นตอนอย่างละเอียดในบทที่ 6

บทที่ 4

การศึกษาสถานะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย

4.1 คำนำ

ความต้องการทรัพยากรทางทะเลของโลกที่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้เกิดความวิตกกังวลเกี่ยวกับสถานภาพของทรัพยากรดังกล่าว มีรายงานถึงระดับการใช้ประโยชน์ของปลาทะเลว่า สัตว์ปลาทะเลถึงร้อยละ 30 ของสัตว์ปลาทั้งโลกได้ถูกใช้ประโยชน์เกินกำลังการผลิต หรือ เกินระดับการทำการประมงที่เหมาะสม (Overfishing) ไปแล้ว และอีกร้อยละ 57 ถูกทำการประมงเกือบถึงระดับที่เกินกำลังการผลิต (FAO, 2012: 1-209) ดังนั้น การทำความเข้าใจเกี่ยวกับอิทธิพลของการประมงต่อทรัพยากรประมง และพลวัตของทรัพยากรประมง ควรได้รับการตระหนักถึงความสำคัญต่อการบริหารจัดการทรัพยากรประมง ทั้งในระดับพื้นที่ขนาดเล็กตั้งแต่พื้นที่น่านน้ำของแต่ละประเทศ ไปจนถึงระดับพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งเป็นระบบนิเวศที่กว้างกว่าน่านน้ำของแต่ละประเทศ (Tremblay-Boyer et al., 2011: 169-185; Conti et al., 2012: 1-12) การเข้าใจถึงผลกระทบของการประมงที่มีต่อสัตว์น้ำในระดับพื้นที่ขนาดเล็ก จะส่งเสริมการจัดการทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่การเข้าใจถึงผลกระทบของการประมงต่อทรัพยากรสัตว์น้ำในระบบนิเวศขนาดใหญ่จะสามารถวินิจฉัยถึงรูปแบบการตอบสนองของระบบนิเวศที่มีต่อระดับการทำการประมง ทั้งในเชิงพื้นที่ (spatial) และในเชิงเวลา (temporal) (Conti et al., 2012: 1-12; Pauly, 2007: 290-295)

อ่าวไทย เป็นระบบนิเวศทางทะเลขนาดใหญ่ (Large marine ecosystem) เป็นสมาชิกของระบบนิเวศทางทะเลขนาดใหญ่ซึ่งมีอยู่ 62 ระบบนิเวศทั่วโลก และนอกจากนี้ อ่าวไทยยังมีกำลังผลิตทางการประมงสูงมาก ติดอยู่ใน 5 อันดับสูงสุดของระบบนิเวศทางทะเลที่มีกำลังการผลิตทรัพยากรประมงสูง (Christensen, 1998: 128-142) ในปี พ.ศ. 2547 ผลผลิตประมงทะเลของไทยที่ได้จากการจับมีปริมาณถึง 2.6×10^6 ตัน ซึ่งเป็นผลผลิตจากอ่าวไทยร้อยละ 68.5 ที่เหลือเป็นผลผลิตจากทะเลอันดามัน (Lymer et al., 2008: 1-51) และเช่นเดียวกับระบบนิเวศทางทะเลขนาดใหญ่อื่นๆ ผลผลิตประมงของอ่าวไทยลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะปลาหน้าดิน ผลจับต่อหน่วยการลงแรงประมง (Catch-per-unit effort, CPUE) ของอ่าวไทยจากการสำรวจโดยเครื่องมือประมงอวนลากหน้าดินลดลงจาก 298 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในปี พ.ศ. 2504 ลงมาเหลือ จาก 20 กิโลกรัมต่อชั่วโมงในช่วงหลังจากปี พ.ศ. 2533 (Stobutzki et al., 2006: 130-142) อย่างไรก็ตาม พบว่ามีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของผลจับทรัพยากรประมงเล็กน้อย โดยเฉพาะปลาหน้าดิน หลังจากที่ผ่านมาการลดปริมาณลงอย่างมากในช่วงปี พ.ศ. 2523 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสองประเด็นคือ จากการดำเนินการจัดการประมงในรูปแบบต่าง ๆ ของกรมประมง

ทำให้ทรัพยากรประมงฟื้นตัวขึ้น (Lymer *et al*, 2008: 1-51; Stobutzki *et al*, 2006: 130-142) หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนชนิดสัตว์น้ำเป้าหมายของชาวประมงจากปลาหน้าดิน มาเป็นปลาผิวน้ำ ตามรูปแบบพัฒนาการประมงในอดีตที่ผ่านมาของอ่าวไทย (Christensen, 1998: 128-142) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าผลของการเปลี่ยนแปลงของประชาคมปลาในอ่าวไทยส่งผลต่อความผันผวนในผลจับปลา ทะเล การเปลี่ยนแปลงนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน และซับซ้อน แต่สามารถอธิบายได้โดยอาศัยความเข้าใจ ในพลวัตของการประมงที่มีอยู่ในพื้นที่ของระบบนิเวศนั้นๆ มีหลายรายงานที่แสดงถึงการใช้ประโยชน์ ที่เกินกำลังผลิตของทรัพยากรประมง (Overexploitation) ในทรัพยากรประมงสปีชีส์ต่างๆส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประชาคมปลาในระยะยาวในหลายระบบนิเวศทางทะเล (Tremblay-Boyer *et al.*, 2011: 169-185; Conti *et al.*, 2012: 1-12; Christensen, 1998: 128-142; Hyun *et al.*, 2005: 382-389) และนอกจากนี้ยังมีรายงานถึงการใช้ประโยชน์จากปริมาณผลจับปลาทะเลรายชนิด หรือรายกลุ่ม ในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัด (Indicator) สำหรับการตรวจสอบบอก เหตุถึงระดับการตอบสนองของประชาคมปลาต่อแรงกดดันทางการประมงได้ (Conti *et al.*, 2012: 1-12; Hyun *et al.*, 2005: 382-389; Pauly *et al.*, 1998: 860-863)

ข้อมูลเกี่ยวกับผลจับ และปริมาณการลงแรงประมงในอ่าวไทยมีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 จากการสำรวจ และข้อมูลจากเรืออวนลากพาณิชย์ (Pauly, 1979: 1-35) การตรวจสอบเผ่าะวังผลจับปลา ทะเลในประเทศไทยเริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2514 แต่การดำเนินงานยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากข้อจำกัดของงบประมาณและบุคลากร จนเมื่อ พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา การดำเนินงานในส่วน ดังกล่าวจึงมีความเป็นระบบ ระเบียบมากขึ้น และสามารถดำเนินการเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมทุก ทำเรือในจังหวัดต่างๆของประเทศไทยที่มีอาณาเขตติดทะเล ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจนี้ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณผลจับปลา และองค์ประกอบผลจับ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้วิเคราะห์ค่าความ แปรปรวน และแนวโน้มของการทำการประมง และยังสามารถใช้ประโยชน์ได้ต่อไปในการคาดการณ์ สถานภาพของประชาคมปลาในอนาคต (Conti *et al.*, 2012: 1-12; Hyun *et al*, 2005: 382-389; Vivekanandan and Krishnakumar, 2010: 380-387; Jutagate *et al*, 2012: 35-53) เมื่อไม่มีการดำเนินการใดๆที่เกี่ยวกับการศึกษาแนวโน้ม รูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลา และการเปลี่ยนแปลงของประชาคมปลา ในอ่าวไทยมาก่อน การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบ ความแปรปรวนในรอบปีของผลจับปลารายชนิด หรือรายกลุ่ม โดยใช้ข้อมูลผลจับระยะยาว และเพื่อ ดำเนินการจัดรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาทะเลในระยะยาว ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถที่จะช่วยทั้งการประเมินสถานะของการทำประมงในอ่าวไทย และยังช่วยเป็นข้อมูล ประกอบการตัดสินใจวางแผน และการจัดการประมงในอ่าวไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย (Baisre, 2000: 1-26) และจากธรรมชาติของการประมงในอ่าวไทยที่ไม่มีการเลือกจับสัตว์น้ำชนิดหนึ่ง ชนิดใด (Christensen, 1998: 128-142) ดังนั้นข้อมูลจากผลจับปลาจากอ่าวไทยจึงเป็นเครื่องบ่งชี้ที่

แสดงถึงลักษณะของประชาคมปลาในอ่าวไทยได้เป็นอย่างดี ผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้ในการพัฒนารูปแบบของการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

4.2 อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลผลจับปลาทะเลในอ่าวไทย ในประเด็นต่างๆ สามารถอธิบายได้ตามลำดับ ดังนี้

4.2.1 ชุดข้อมูล

ชุดข้อมูลผลจับปลาทะเลจากอ่าวไทยเรียงลำดับตามเวลา (รายปี) นำมาจากรายงานประจำปีของกรมประมงชื่อเรื่อง “สถิติการประมงแห่งประเทศไทย” เป็นข้อมูลจากการสำรวจผลจับทรัพยากรประมงจาก 16 จังหวัดรอบอ่าวไทย การสำรวจใช้แผนการสุ่มตัวอย่างแบบ Stratified random sampling ในการสำรวจ 3 รูปแบบคือ การสำรวจโดยวิธีสุ่มตุม การสำรวจผลผลิตหมู่บ้านประมงทะเล และการสำรวจปริมาณและมูลค่าสัตว์น้ำ ณ ทำขึ้นปลาน้ำเค็ม (Fishery statistics analysis and research group, 2010: 1-145) สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ผลจับปลาทะเลรายปีจำแนกเป็นรายชนิดหรือรายกลุ่ม เป็นชุดข้อมูลที่ได้มาจากรายงานดังกล่าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2527 ถึง 2552 (เป็นชุดข้อมูลที่ต่อเนื่อง 26 ปี) ข้อมูลดังกล่าวนำมาจัดเรียงตามรูปแบบแถว และคอลัมน์ ในแถวเป็นชุดข้อมูลน้ำหนักของปลาแต่ละชนิดรายปี ส่วนในคอลัมน์เป็นชุดข้อมูลปลาที่จำแนกเป็นรายชนิด หรือกลุ่ม ตามภาพที่ 4.1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	YEAR	RAB	RAK	SCC	CHS	THT	EUS	DES	MEC	CAR	CAC
2	1984	96126	29670	7887	670	38357	30998	27475	5927	16489	23061
3	1985	107350	35807	9773	2183	45589	35644	25667	5706	49454	17174
4	1986	99629	40926	12467	2481	46404	43976	23947	17392	38320	18720
5	1987	104039	37611	13110	3497	63877	32477	41842	17580	33347	22978
6	1988	99535	20221	13319	4118	91620	49869	14016	19907	44465	11931
7	1989	103471	28000	10395	4181	80596	44350	17263	19749	42043	12063
8	1990	78279	22176	9995	5531	101397	54915	10676	13884	38841	19972
9	1991	64156	17849	7549	5640	79227	58763	22747	12335	35928	15451
10	1992	96598	31577	8414	5550	72277	84887	42525	18067	42531	21851
11	1993	76997	35986	11085	6010	39396	67402	46186	18581	42224	19581
12	1994	82021	50898	9904	7352	32006	67827	38394	20809	55616	37080
13	1995	112280	45338	10660	9897	38824	48121	54641	9723	47456	36449
14	1996	92765	21328	9360	2741	32347	47125	52648	5217	44365	24533
15	1997	91622	19276	8875	2715	29127	42557	47498	4027	41356	22188
16	1998	107083	19393	9480	4724	34805	44027	57893	7981	35599	24931
17	1999	125175	26912	9826	6598	45818	56888	56461	7374	35668	25966
18	2000	120882	21902	8566	7493	53407	46054	67902	7433	30831	29075
19	2001	106600	14620	9684	6038	55522	38400	67144	2388	41716	21080

ภาพที่ 4.1 การจัดเรียงข้อมูลผลจับปลาทะเลสำหรับการศึกษาสภาวะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย

4.2.2 การคำนวณค่าความแปรปรวนของผลจับ

ความแปรปรวนระยะยาว (ผลต่างเฉลี่ยของความแปรปรวนในรอบ 26 ปี) สามารถตรวจสอบได้โดยใช้สัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation, CV) ของผลจับปลาทะเลแต่ละชนิด/กลุ่ม ในช่วงระยะเวลาที่ดำเนินการศึกษา (พ.ศ. 2527 ถึง 2552) เมื่อคำนวณค่าความแปรปรวนระยะยาวของปลาทะเลแต่ละชนิด/กลุ่ม ได้แล้ว นำค่าดังกล่าวมาแสดงความสัมพันธ์กับผลจับเฉลี่ย (ต่อปี) (ดำเนินการแปลงค่าทั้งคู่ด้วย ลอการิทึมฐานธรรมชาติ, ln) ของปลาแต่ละชนิด/กลุ่ม เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ว่าเป็นไปในลักษณะใด และจะสามารถแบ่งกลุ่มปลาตามระดับความสัมพันธ์ดังกล่าวได้หรือไม่ ส่วนความแปรปรวนระยะสั้น (ผลต่างของผลจับระหว่างปี) นั้น ได้ดำเนินการคำนวณ 2 ค่า คือ ค่าความแปรปรวนโดยตรง (Absolute variation, U_a) กับค่าความแปรปรวนเทียบเคียง (Relative variation, U_r) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณ ดังนี้

$$U_a = \frac{|dy|}{y} = 100 \times \frac{\text{mean}|y_i - y_{i-1}|}{y} \% \quad (4.1)$$

เมื่อ

y = ค่าเฉลี่ยของผลจับปลาทะเล (ชนิดที่พิจารณา) ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา

y_i และ y_{i-1} = ผลจับปลาทะเล (ชนิดที่พิจารณา) ในปีที่พิจารณา และผลจับปลาดังกล่าวในปีก่อนหน้า

$$U_r = 100 \times 2 \times \left(\left(1 - \frac{1}{10^r} \right) / \left(1 + \frac{1}{10^r} \right) \right) \% \quad (4.2)$$

เมื่อ

r = ค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างค่าผลจับที่แปลงค่าแล้ว ซึ่งคำนวณโดยสมการด้านล่างนี้ (สมการที่ 4.3)

$$r = \sum_{i=2}^n |\log_{10}(y_i/y_{i-1})| / (n-1) \quad (4.3)$$

เมื่อ

n = ช่วงเวลาที่ดำเนินการศึกษา

4.2.3 การวิเคราะห์แนวโน้ม

การวิเคราะห์แนวโน้มของผลจับปลารายปีระยะเวลา 26 ปี พิจารณาโดยการประยุกต์ใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation coefficient หรือ Spearman's rho ใช้สัญลักษณ์ r_s เป็นวิธีที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือข้อมูล 2 ชุด โดยที่ตัวแปร หรือข้อมูล 2 ชุดนั้น อยู่ในรูปของข้อมูลในมาตราจัดอันดับ (Ordinal scale) ในที่นี้ข้อมูลมาตราจัดอันดับชุดที่ 1 เป็นข้อมูลของผลจับรายปีของปลาชนิดใดชนิดหนึ่ง และข้อมูลชุดที่ 2 เป็นข้อมูลลำดับที่ของปี ตั้งแต่ปีที่ 1-26 (พ.ศ. 2527 เป็นปีที่ 1, พ.ศ. 2528 เป็นปีที่ 2 ไปจนถึง พ.ศ. 2552 เป็นปีที่ 26) และหากระหว่างที่ดำเนินการตรวจสอบแนวโน้มของผลจับปลาชนิดใดชนิดหนึ่งและพบว่าแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลง การจะตัดสินใจว่าแนวโน้มผลจับปลาชนิดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงจริงหรือไม่สามารถตรวจสอบ และตัดสินใจได้โดยการคำนวณ และเปรียบเทียบค่า r_s^2 หากค่าดังกล่าวของรูปแบบแนวโน้มใดมีค่ามากที่สุด ตัดสินใจได้ว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาชนิดนั้น ๆ เป็นไปตามรูปแบบที่มีค่า r_s^2 ที่มีค่าสูงที่สุด ซึ่งค่า r_s^2 คำนวณได้จากสมการด้านล่าง

$$r_s^2 = (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2) / n \quad (4.4)$$

เมื่อ

n_1 เป็นจำนวนปีในแนวโน้มที่ 1

r_1 เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนในแนวโน้มที่ 1

n_2 เป็นจำนวนปีในแนวโน้มที่ 2

r_2 เป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนในแนวโน้มที่ 2

n เป็นจำนวนปีทั้งหมดที่ดำเนินการศึกษา

4.2.4 การจัดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาทะเล

การจัดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาทะเลในอ่าวไทยตามระยะเวลา (Temporal) สามารถกระทำได้ด้วยการจัดกลุ่ม (Clustered) ของปีพ.ศ. ที่มีองค์ประกอบของผลจับปลาคล้ายคลึงกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน โดยการจัดกลุ่มใช้วิธีการ Self Organizing Map (SOM) (Kohonen, 2001: 1-501) เนื่องจากวิธีการดังกล่าวเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่เพื่อการจัดกลุ่ม (Kohonen, 2001: 1-501) วิธีการดังกล่าวเป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป และมีผลสำเร็จสูงในการจัดรูปแบบและแสดงผลของข้อมูลสถิติผลจับสัตว์น้ำที่มีระยะเวลานาน (ทั้งในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำจืด และระบบนิเวศน์ทะเล) และข้อมูลที่มีความซับซ้อน แต่ยังคงมีความแตกต่างกัน (Conti et al., 2012: 1-12; Hyun et al., 2005: 382-389; Jutagate et al., 2012: 35-53)

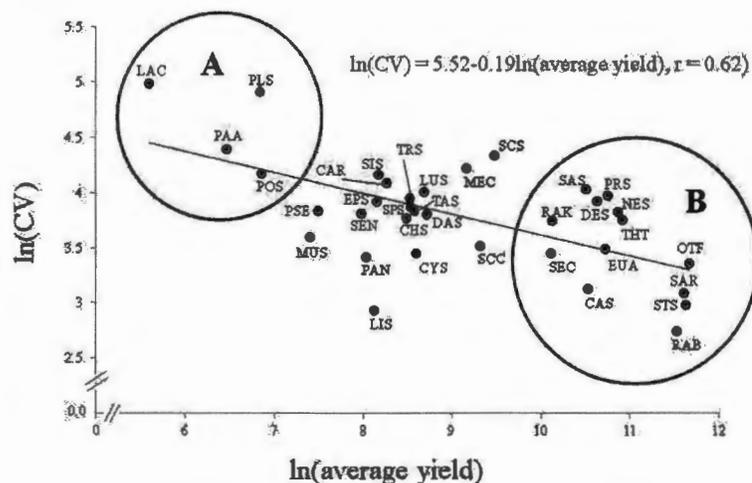
วิธีการ SOM นั้นประกอบด้วย ชั้นข้อมูลนำเข้าที่ประกอบขึ้นมาจากหน่วยตัวอย่าง และ ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ที่ประกอบขึ้นจากการเรียงลำดับของหน่วยตัวอย่างของข้อมูลนำเข้า ในรูปแบบ ตารางสองมิติ ซึ่งข้อมูลนำเข้า และข้อมูลผลลัพธ์สื่อถึงกันได้ด้วยค่าน้ำหนัก (ในรูปค่าเวกเตอร์ (Vector) ที่คำนวณได้จากการดำเนินการของโปรแกรม (Kohonen, 2001: 1-501; Lek and Guégan, 1999: 65-73) ในการศึกษาครั้งนี้ ข้อมูลผลจับปลาในแต่ละชนิด (และกลุ่ม ในกรณีปลาเลย) ระหว่างระยะเวลา 26 ปี (พ.ศ. 2527 ถึง 2552) ได้ถูกกำหนดให้เป็นเวกเตอร์ x_i (Vector x_i) ซึ่งเป็นเวกเตอร์นำเข้า (ชั้นข้อมูลนำเข้า) ในกระบวนการดำเนินการของ SOM หลังจากนั้น ระบบของ SOM จะดำเนินการจัดวางชุดของข้อมูลนำเข้า (Vector x_i) ให้รวมกันเป็นชุดของเวกเตอร์แสดงผล (ชั้นข้อมูลผลลัพธ์) หลักการทำงานของกระบวนการ SOM คือการแยกหมวดหมู่ของเวกเตอร์นำเข้า (Input vectors, vector x_i) และแสดงรายละเอียด (Described) ชุดข้อมูลในแผนที่ผลลัพธ์ด้วยวิธีการตรวจสอบความคล้ายคลึงของตัวอธิบาย(Descriptors) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ น้ำหนักของผลจับปลาแต่ละชนิด (หรือแต่ละกลุ่ม) เมื่อข้อมูลชุดใดๆ (Input vectors ใด ๆ) มีความคล้ายกันของชุดข้อมูลมากจะถูกนำมาจัดวางไว้ในหน่วย หรือยูนิต (Unit) เดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน และเมื่อชุดข้อมูลแต่ละชุดมีความแตกต่างกันก็จะถูกจัดวางในยูนิตที่ห่างไกลกันออกไปตามแต่ค่าของความแตกต่าง ยิ่งมีความแตกต่างกันมากก็ยิ่งถูกจัดวางให้ห่างกันมาก การแสดงผลในข้อมูลนำเข้าออกเป็นภาพสองมิติประกอบด้วยยูนิต (Unit) 1 ยูนิตมีลักษณะเป็นรูปหกเหลี่ยม แต่ละยูนิตจัดเรียงกันคล้ายโครงข่ายรังผึ้งกลายเป็นแผนที่แสดงผลของข้อมูลนำเข้า (Park et al., 2006: 247-257) จำนวนยูนิตที่เหมาะสมสามารถคำนวณได้ตามสมการ $5\sqrt{n}$ โดยที่ n คือจำนวนชุดข้อมูลในข้อมูลนำเข้า ในการศึกษาครั้งนี้ คือ 26 ปี หลังจากการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของข้อมูลผลจับปลาทะเลโดยใช้ SOM แล้ว จึงดำเนินการวิเคราะห์กลุ่ม (Clustering) ขององค์ประกอบผลจับปลาในแต่ละปี จำนวน 26 ปี ที่ได้จัดแบ่งความคล้ายคลึงไว้แล้วโดย SOM โดยใช้วิธี Ward's linkage method ดำเนินการกับค่าข้อมูลนำเข้าจาก SOM ดังกล่าว ทั้งนี้การติดตั้งโปรแกรม SOM นี้ สามารถดาวน์โหลดได้ที่เวปไซต์ www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox (Vesanto, 2000: 40-49) การวิเคราะห์ข้อมูล และการแสดงผลการศึกษาทั้งหมดในการศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรม R (R Development Core Team, 2009: Web-Site) เป็นโปรแกรมหลักในการดำเนินการ โดยเฉพาะการวิเคราะห์ความคล้ายคลึง (Analysis of similarities) เพื่อตรวจสอบว่าความแตกต่างกันจริงระหว่างกลุ่ม หรือคริสต์เตอร์ (Clusters) ที่ได้จากวิธี Ward's linkage method ได้ดำเนินการโดยใช้สถิติ ANOSIM จากไฟล์ (Library) 'vegan' (Oksanen et al., 2006: 1-264) ซึ่งดำเนินการโดยโปรแกรม R

4.3 ผลการศึกษา

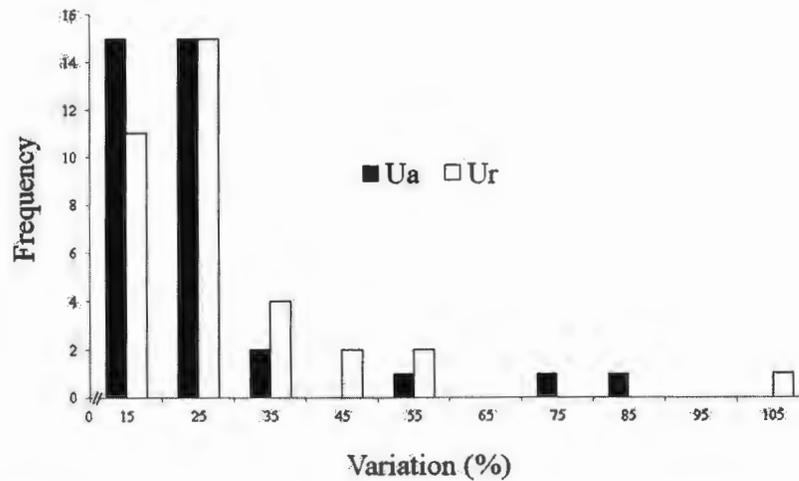
4.3.1 ความแปรปรวน และแนวโน้มของผลจับปลาในอ่าวไทย

นอกจากกลุ่มปลาเลย (Other foodfish) เป็นกลุ่มซึ่งมีปลาที่ใช้เป็นอาหารได้แต่มีปริมาณน้อยหลายๆชนิดปะปนกันอยู่ในกลุ่มนี้แล้ว ปลาในครอบครัว Carangidae Sciaenidae และ Lutjanidae เป็นครอบครัวที่มีสมาชิก (ชนิด) หลากหลายสูงกว่าปลาในครอบครัวอื่นๆ และนอกจากนี้ ปลาในครอบครัว Engraulidae และ Clupeidae เป็นปลาครอบครัวที่มีผลจับสูงกว่าปลาในครอบครัวอื่นๆ (สามารถศึกษารายละเอียดได้ในตารางที่ 1) ความแปรปรวนระยะยาว (CV) ของผลจับปลาในอ่าวไทยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 15.53 - 146.16 แต่ส่วนใหญ่ของค่าดังกล่าวจะเกาะกลุ่มกันอยู่ในช่วงร้อยละ 15 - 81 (ตารางที่ 4.1) ความสัมพันธ์ระหว่าง ความแปรปรวนระยะยาวและค่าเฉลี่ยผลจับปลา (รายปี) ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (ค่าทั้งคู่ผ่านการแปลงค่าด้วย \ln -transformation) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในทางลบ (negative trend) และมีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์สูง ($r = 0.62$) จากการศึกษาความสัมพันธ์ในครั้งนี้ สามารถจำแนกปลาที่จับได้ในอ่าวไทยออกมาได้เป็นสองลักษณะที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน (ภาพที่ 4.2)

สำหรับความแปรปรวนระยะสั้น (ความแปรปรวนในช่วงปีต่อปีได้แก่ U_a และ U_r) พบว่าปลาที่จับได้จากอ่าวไทยมีความแปรปรวนระยะสั้นกระจายตัวเบ้ขวาอยู่ระหว่างร้อยละ 10 - 90 สำหรับ U_a และร้อยละ 12 - 109 สำหรับ U_r (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.3) ค่าเฉลี่ยของ U_a และ U_r มีค่าเท่ากับร้อยละ 25 และ 28 ตามลำดับ และค่าทั้งคู่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (t -test; $\alpha < 0.05$) โดย U_r มีค่าสูงกว่า U_a แสดงถึงผลจับปลาจะยังมีความผันผวนมากขึ้นเมื่อผลจับปลามีค่าลดลงมากขึ้น



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างผลจับเฉลี่ยของปลาทะเลกับค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปร (CV) ของปลาทะเล 35 ชนิดที่จับได้จากอ่าวไทย



ภาพที่ 4.3 การแพร่กระจายของความแปรปรวนระยะสั้น Absolute (U_a) and relative (U_r) ของผล
จับปลาทะเล 35 ชนิด/กลุ่มที่จับได้จากอ่าวไทย

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย

Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Dasyatidae & Myliobatidae							
Rays*	DAS	E	D	6,150.54 \pm 2,749.34 (26)	44.70	25.59	26.07
Family Carcharhinidae							
<i>Carcharhinus</i> spp.	CAR	E	D	3,893.65 \pm 2,319.56 (26)	59.57	23.52	23.41
Family Muraenesocidae							
<i>Muraenesox</i> spp.	MUS	P	D	1,646.12 \pm 598.14 (26)	36.34	22.69	22.77
Family Engraulidae							
<i>Stolephorus</i> spp.	STS	O	P	111,120.04 \pm 21,872.32 (26)	19.68	10.22	12.06
Family Chirocentridae							
<i>Chirocentrus</i> spp.	CHS	P	P	4,858.42 \pm 2,110.65 (26)	43.44	23.26	27.16

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย (ต่อ)

Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Clupeidae							
<i>Sardinella</i> spp.	SAR	O	P	109,262.58 \pm 23,915.87 (26)	21.89	12.02	12.66
Family Ariidae							
<i>Tachysurus</i> spp.	TAS	P	D	5,296.15 \pm 2,454.47 (26)	46.34	26.37	32.12
Family Plotosidae							
<i>Plotosus</i> spp.	PLS	E	D	934.39 \pm 1,270.91 (26)	136.02	74.49	52.23
Family Synodontidae							
<i>Saurida</i> spp.	SAS	O	D	36,723.81 \pm 20,751.50 (26)	56.51	24.94	27.00
Family Mugilidae							
<i>Liza</i> spp.	LIS	P	P	3,378.39 \pm 634.02 (26)	18.77	14.86	16.07
Family Latidae							
<i>Lates calcarifer</i>	LAC	P	D	269.19 \pm 393.46 (26)	146.16	89.64	108.99

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย (ต่อ)

Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Serranidae							
<i>Epinephelus</i> spp.	EPS	P	D	3,475.12 \pm 1,742.49 (26)	50.14	15.53	21.53
Family Priacanthidae							
<i>Priacanthus</i> spp.	PRS	O	D	46,875.73 \pm 24,947.79 (26)	53.22	16.42	19.81
Family Sillaginidae							
<i>Sillago</i> spp.	SIS	O	D	3,532.89 \pm 2,277.53 (26)	64.47	27.17	30.11
Family Carangidae							
<i>Decapterus</i> spp.	DES	O	P	41,351.69 \pm 20,921.80 (26)	50.59	21.21	33.71
<i>Megalaspis cordyla</i>	MEC	O	P	9,557.12 \pm 6,499.02 (26)	68.00	30.98	40.63
<i>Caranx</i> spp.	CAS	O	P	37,419.27 \pm 8,567.71 (26)	22.90	15.52	16.91
<i>Selar crumenophthalmus</i>	SEC	O	P	24,666.08 \pm 7,788.74 (26)	31.58	18.76	21.62

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย (ต่อ)

Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
<i>Seriolina nigrofasciata</i>	SEN	O	P	2,930.04 \pm 1,326.05 (26)	45.26	24.41	23.90
<i>Parastromateus niger</i>	PAN	O	P	3,082.35 \pm 938.40 (26)	30.44	22.48	24.25
Family Lutjanidae							
<i>Lutjanus spp.</i>	LUS	P	D	5,937.00 \pm 3262.15 (26)	54.95	29.58	34.17
Family Nemipteridae							
<i>Nemipterus spp.</i>	NES	O	D	52,259.46 \pm 24,043.14 (26)	46.01	14.63	18.27
Family Polynemidae							
<i>Polynemus spp.</i>	POS	P	P	952.00 \pm 617.25 (26)	64.84	38.18	48.05
Family Sciaenidae							
<i>Sciaena spp.</i>	SCS	P	D	13,041.73 \pm 9,960.03 (26)	76.37	18.99	22.87
Family Sphyraenidae							
<i>Sphyraena spp.</i>	SPS	P	P	5,116.77 \pm 2,442.48 (26)	47.73	19.29	19.61

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย (ต่อ)

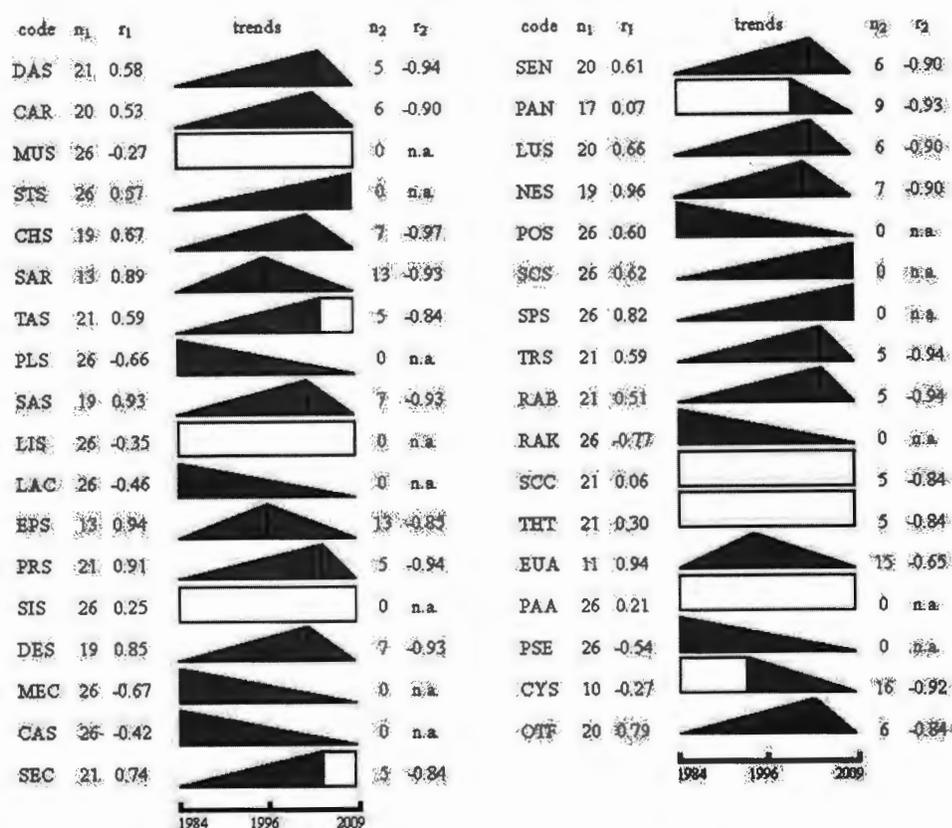
Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Trichiuridae							
<i>Trichiurus</i> spp.	TRS	P	D	5,031.00 \pm 2,625.42 (26)	52.18	21.72	26.36
Family Scombridae							
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	RAB	O	P	100,248.27 \pm 15,563.76 (26)	15.53	11.69	12.78
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	RAK	O	P	24,914.81 \pm 10,515.30 (26)	42.21	24.05	23.58
<i>Scomberomorus commerson</i>	SCC	P	P	11,160.15 \pm 3,750.16 (26)	33.60	16.94	17.55
<i>Thunnus tonggol</i>	THT	O	P	54,678.92 \pm 23,414.88 (26)	42.82	21.06	25.03
<i>Euthynnus affinis</i>	EUA	O	P	45,395.15 \pm 14,879.92 (26)	32.78	19.39	21.03
Family Stromateidae							
<i>Pampus argenteus</i>	PAA	E	P	645.77 \pm 525.34 (26)	81.35	58.28	54.12
Family Psettodidae							
<i>Psettodes erumei</i>	PSE	P	D	1,798.35 \pm 832.59 (26)	46.30	21.85	24.70

ตารางที่ 4.1 ลักษณะทางชีวประวัติ (Life history strategies; equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), สภาพแวดล้อมที่อาศัย (ปลาผิวน้ำ (pelagic: P), ปลาหน้าดิน (demersal: D) ผลจับเฉลี่ยรายปีพร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation (SD), n = จำนวนปีที่ใช้คำนวณ), สัมประสิทธิ์การกระจาย (coefficient of variation, CV) และดัชนีความแปรปรวนระยะสั้น (percentage of absolute (U_a) and relative (U_r) ของผลจับปลาชนิด/กลุ่มต่างๆจากอ่าวไทย (ต่อ)

Scientific name/group	Abbreviations	Life history strategies	Environment	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Cynoglossidae							
<i>Cynoglossus</i> spp.	CYS	P	D	5,410.15 \pm 1,696.58 (26)	31.36	15.18	16.00
Mixed taxa							
Other foodfish	OTF			116,274.08 \pm 33,392.20 (26)	28.72	15.48	16.53

Note * Rays include *Dasyatis* spp. and *Aetobatus* spp.

การเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาในอ่าวไทยสามารถอธิบายได้สามแนวโน้ม (ภาพที่ 4.4) แบบแรกเป็นแนวโน้มที่ผลจับมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาที่ศึกษา (26ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 ถึง 2552) ปลาที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้ได้แก่ ปลาลัง (*R. kanagurta*) ปลาชังไก่ (*M. cordyla*) กลุ่มปลาสิกุล (*Caranx spp.*) กลุ่มปลาทุเร (Polynemus spp.) ปลากระพงขาว (*L. calcarifer*) กลุ่มปลาดุกทะเล (*Plotosus spp.*) และปลาจักรฆาน (*P. erumei*)



ภาพที่ 4.4 แนวโน้มผลจับของปลาทะเล 35 ชนิด/กลุ่มจากอ่าวไทยในช่วงปี พ.ศ. 2527-2552 ซึ่งวิเคราะห์โดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman's rank correlation) หมายเหตุ: สัญลักษณ์ซึ่งเรียงจากด้านซ้ายไปขวา ประกอบด้วย ชื่อย่อ (Code) ของปลาแต่ละกลุ่ม จำนวนปีที่อยู่ในแนวโน้มช่วงแรก (n₁) ค่าสัมประสิทธิ์ของสเปียร์แมนในช่วงที่หนึ่ง (r₁) ลักษณะของแนวโน้ม (Trends) จำนวนปีที่อยู่ในแนวโน้มช่วงที่สอง (n₂) และค่าสัมประสิทธิ์ของสเปียร์แมนในช่วงที่สอง (r₂) ตามลำดับ แนวโน้มที่เป็นจริงทางสถิติ ($p < 0.05$) จะแสดงด้วยแถบสีทึบ และแนวโน้มที่ยังไม่เป็นจริงทางสถิติ ($p > 0.05$) จะแสดงด้วยแถบสีขาว และ n.a. แสดงถึงการที่ไม่สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมนในแนวโน้มที่ 2 ได้ เนื่องจากผลจับแสดงลักษณะแนวโน้มเดียว รายละเอียดของชื่อย่อแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

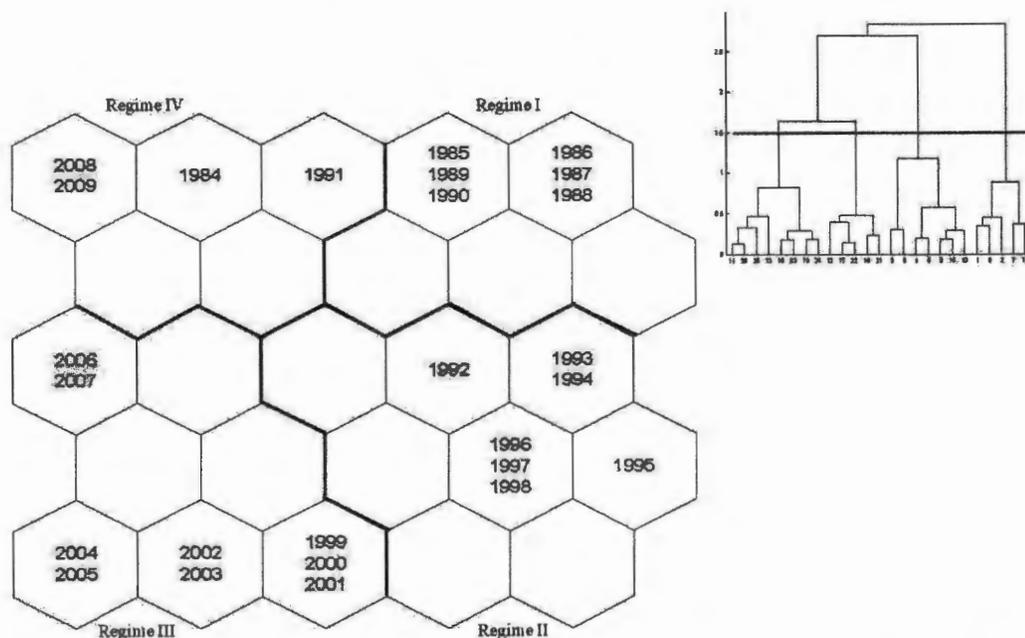
แนวโน้มน้ำที่สองเป็นกลุ่มปลาที่มีแนวโน้มน้ำผลจับเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดและลดลง ปลาในกลุ่มนี้มี 15 ชนิด/กลุ่ม (รวมทั้งปลากลุ่มฉลาม และกระเบน) จากปลา 35 ชนิด/กลุ่ม ที่จับได้จากอ่าวไทย คิดเป็น ร้อยละ 43 ช่วงเวลาที่พบว่าปลาส่วนมากมีแนวโน้มน้ำลดลง (หลังจากมีค่าขึ้นสูงสุดสูงสุดแล้ว) ได้แก่ ช่วงระหว่าง พ.ศ. 2545 ถึง 2547 ตัวอย่างปลาในกลุ่มนี้ได้แก่ *R. brachysoma*, *Seriolina nigrofasciata*, *Decapterus* spp., *Lutjanus* spp., and *Chirocentrus* spp.

แนวโน้มน้ำสุดท้ายเป็นกลุ่มปลาที่มีผลจับเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มปลา กะตัก (*Stolephorus* spp.) กลุ่มปลาสาก (*Sphyraena* spp.) และกลุ่มปลาจวด (*Sciaena* spp.) นอกจากนี้ยังมีปลาอีก 10 ชนิด/กลุ่มที่ไม่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน เช่น *Scomberomorus commerson*, *T. tonggol*, *Liza* spp., *Pampus argenteus*, *Sillago* spp. and *Muraenesox* spp.

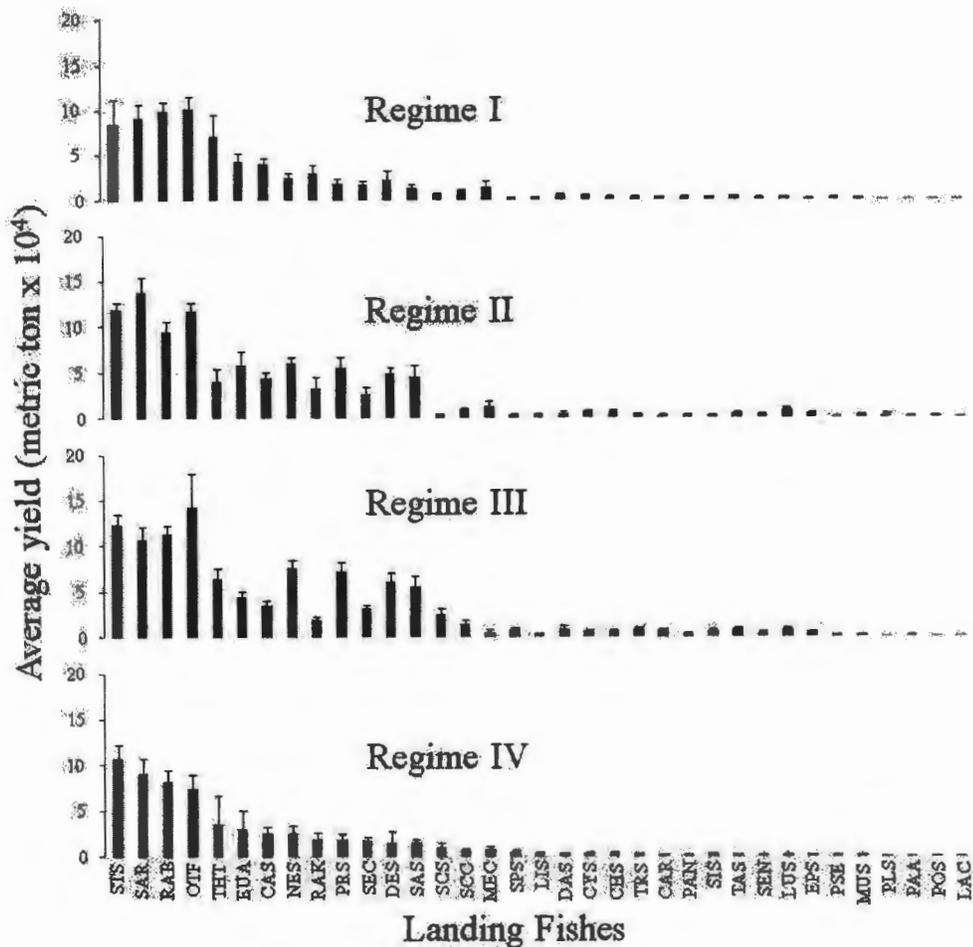
4.3.2 การจัดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลาในอ่าวไทย

จากการตรวจสอบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบผลจับปลาทะเลในอ่าวไทย ภายในช่วงเวลา 26 ปี โดยใช้โปรแกรม SOM ร่วมกับ Ward's linkage method สามารถจำแนกความคล้ายคลึงขององค์ประกอบผลจับปลาทะเลในอ่าวไทยได้เป็นสี่ช่วงเวลา (จากการทดสอบว่าทั้งสี่ช่วงเวลามีองค์ประกอบผลจับแตกต่างกันจริงใช้สถิติ ANOSIM test ที่ $P\text{-value} < 0.001$ จากการคำนวณ 1000 รอบ) ซึ่งภายหลังจากนี้ต่อไป ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ได้จัดจำแนกไว้นี้จะใช้ชื่อเรียกว่า "Regime" ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบผลจับทั้งสี่ช่วงเวลามีความสอดคล้องกันตามลำดับเวลา (ภาพที่ 4.5) โดยช่วงเวลาแรก (Regime I) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2528-2533 ช่วงเวลาที่สอง (Regime II) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2535-2541 ช่วงเวลาที่สาม (Regime III) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2542-2550 และช่วงเวลาสุดท้าย (Regime IV) อยู่ระหว่าง พ.ศ. 2551-2552 และนอกจากนี้ องค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำจากอ่าวไทยในปี พ.ศ. 2527 และ พ.ศ. 2534 ได้ถูกจัดจำแนกว่ามีความคล้ายกับองค์ประกอบผลจับปลาในช่วงเวลาที่ 4 (Regime IV) ด้วย ทั้งนี้องค์ประกอบปลาในแต่ละช่วงเวลาดังกล่าวแสดงไว้ในภาพที่ 4.6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าชนิดปลา หรือกลุ่มปลาที่มีปริมาณมากและมีอิทธิพลส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบผลจับปลาในอ่าวไทยมีเพียง 10-15 ชนิด/กลุ่ม เท่านั้น หากไม่รวมนับปลาเลยแล้ว ปริมาณผลจับปลาที่มีมากที่สุดสามอันดับแรกในองค์ประกอบผลจับปลาในอ่าวไทยคือกลุ่มปลา กะตัก (*Stolephorus* spp.) กลุ่มปลาหลังเขียว (*Sardinella* spp.) และปลาหู (*R. brachysoma*) ซึ่งทั้งสามชนิด/กลุ่ม เป็นปลาผิวน้ำขนาดเล็ก ในบรรดาปลาทั้งสามชนิด/กลุ่มดังกล่าว กลุ่มปลา กะตัก เป็นกลุ่มปลาที่มีผลจับเพิ่มปริมาณขึ้นจากช่วงเวลาที่หนึ่ง (Regime I) สู่ช่วงเวลาที่สอง (Regime II) และช่วงเวลา之三 (Regime III) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในช่วงเวลาที่สี่ (Regime IV) ผลจับปลา กะตักมีแนวโน้มน้ำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้มีปลาอีก 11 ชนิด/กลุ่ม ที่มีปริมาณมากใน องค์ประกอบในผลจับ (มีผลจับเฉลี่ยมากกว่า 1×10^4 ตันต่อปี) มี 4 ชนิด/กลุ่ม จาก ปลา 11 ชนิด/กลุ่มดังกล่าว ที่ไม่มีความแตกต่างของปริมาณผลจับในแต่ละช่วงเวลา (Regime I-IV) ได้แก่

T. tonggol, *Euthynnus affinis*, *Caranx* spp. และปลาลัง (*R. kanagurta*) ในทางกลับกัน มีปลา 6 ชนิด/กลุ่ม ที่มีปริมาณผลจับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงเวลาระยะที่ 4 (Regime IV) (เมื่อเทียบกับช่วงเวลาในระยะที่ 2 (Regime II) และ 3 (Regime III)) ปลากลุ่มนี้ได้แก่ ปลาทรายแดง (*Nemipterus* spp.) ปลาตาโตตาหวาน (*Priacanthus* spp.) (*Selar crumenophthalmus*) (*Decapterus* spp.) ปลาปากคม (*Saurida* spp.) และ ปลาอินทรี (*S. commerson*) ส่วนปลาจวด (*Sciaena* spp.) พบว่ามีผลจับสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาในระยะที่ 3 (Regime III)



ภาพที่ 4.5 รูปแบบการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผลจับปลาทะเลในอ่าวไทย วิเคราะห์โดย Self organizing map (SOM) เส้นทึบแสดงถึงการจัดกลุ่มตามความแตกต่างกันของ องค์ประกอบของผลจับปลาในด้านน้ำหนัก



ภาพที่ 4.6 การแพร่กระจายขององค์ประกอบผลจับในด้านน้ำหนักเฉลี่ยของปลาแต่ละชนิดในแต่ละครัสเตอร์ ชื่อของปลาแต่ละชนิดตรวจสอบได้ในตารางที่ 4.1

ในกลุ่มปลาที่มีผลจับน้อยกว่า 1×10^4 ตันต่อปี มีอยู่ 20 ชนิด/กลุ่ม สามารถจัดจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่หนึ่ง เป็นปลาที่ไม่แสดงความแตกต่างของผลจับระหว่างช่วงเวลาทั้งสี่ มีจำนวน 9 ชนิด/กลุ่ม ได้แก่ *M. cordyla*, *Cynoglossus* spp., *P. niger*, *P. erumei*, *Muraenesox* spp., *Plotosus* spp., *P. argenteus*, *Polynemus* spp. and *L. calcarifer* ส่วนกลุ่มที่สอง เป็นกลุ่มปลาที่มีความแตกต่างของผลจับระหว่างช่วงเวลาทั้งสี่ และส่วนมากมีผลจับสูงสุดในช่วงระยะเวลาที่ 2-3 (Regime II-III) และมีผลจับลดลงในช่วงเวลาระยะที่ 4 (Regime IV) มี 11 ชนิด/กลุ่ม ได้แก่ *Sphyraena* spp., *Liza* spp., rays, *Chirocentrus* spp., *Trichiurus* spp., *Carcharhinus* spp., *Sillago* spp., *Tachysurus* spp., *S. nigrofasciata*, *Lutjanus* spp. และ *Epinephelus* spp.

4.4 วิจารณ์ผล

ความผันผวนของความชุกชุม หรือความหนาแน่นของของทรัพยากรสัตว์น้ำธรรมชาติที่ถูกใช้ประโยชน์โดยมนุษย์มักจะเกิดจากแรงกดดันจากการทำการประมง หรืออาจเกิดจากการที่สัตว์น้ำมีขนาดลำตัว และช่วงอายุลดลง หรืออาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเติบโต และอัตราการรอดชีวิตในธรรมชาติของสัตว์น้ำแต่ละชนิด ตลอดจนถึงความไม่เสถียรของประชากรสัตว์น้ำดังกล่าว ในช่วงวัยอ่อน และวัยรุ่น (Anderson, 2008: 835-839) ซึ่งสาเหตุทั้งหมดทั้งปวงนี้จะแสดงผลพวงสู่ความผันผวนของผลจับสัตว์น้ำ ซึ่งหากมีข้อมูลผลจับสัตว์น้ำชนิดต่างๆ ในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งย้อนหลังไปในอดีตภายในระยะเวลายาวนานพอควรแล้ว ข้อมูลดังกล่าวมีความสามารถพอที่จะแสดงขอบเขตของความผันแปรของผลจับสัตว์น้ำ และสามารถใช้สำหรับวิเคราะห์ วินิจฉัย สถานการณ์ประมงในพื้นที่ดังกล่าว ณ ช่วงเวลาปัจจุบันได้ (Baisre, 2000: 1-26) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการใช้ข้อมูลย้อนหลังของผลจับปลาทะเล 35 ชนิด/กลุ่ม ในอ่าวไทยตลอด 26 ปี (ระหว่าง พ.ศ. 2527 ถึง 2552) ดังนั้น ข้อมูลดังกล่าวอาจจะอธิบาย และแสดงภาพคร่าวๆ ของความเป็นไปของการทำการประมงปลาทะเลในอ่าวไทยระหว่างเกือบสามสิบปีที่ผ่านมาได้

ความแปรปรวนระยะยาวของผลจับปลาแต่ละชนิดอธิบายได้โดยสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation, CV) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวชี้วัด (เชิงอ้อม) ขนาดของความผันแปรของผลจับปลาแต่ละชนิดในรอบ 26 ปี เมื่อนำค่า CV ดังกล่าว มาสร้างความสัมพันธ์กับค่าน้ำหนักเฉลี่ยรายปีของปริมาณผลจับปลาแต่ละชนิด/กลุ่ม บ่งชี้ว่า สามารถแบ่งกลุ่มปลาออกได้เป็น 2 กลุ่ม ในที่นี้จะใช้สัญลักษณ์ว่า กลุ่ม A และ กลุ่ม B (ภาพที่ 4.2) ซึ่งสัมพันธ์เชื่อมโยงกับชีวประวัติของปลาในแต่ละกลุ่ม (Winemiller, 2005: 872-885; Montaña et al., 2011: 282-296) กล่าวคือปลากลุ่ม A และปลากลุ่ม B มีรูปแบบชีวประวัติที่แตกต่างกัน กลุ่ม A เป็นปลาที่ประกอบด้วยสมาชิกที่มีรูปแบบชีวประวัติแบบ Equilibrium และ Periodic ปลาที่มีรูปแบบชีวประวัติแบบ Equilibrium เป็นปลาที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม และแรงกดดันจากการทำการประมง (Winemiller, 2005: 872-885; Mims and Olden, 2013: 50-62) ทำให้ปลากลุ่มนี้มีค่า CV สูง ส่วนปลาที่มีรูปแบบชีวประวัติแบบ Periodic ถึงแม้จะเป็นปลาที่มีการเกิดทดแทนในแหล่งประมงในปริมาณสูง แต่มักมีความผันแปรของการเกิดทดแทนมากมากระหว่างปีต่อปี ซึ่งส่งผลต่อความผันผวนของผลจับปลาด้วยเช่นกัน (Winemiller, 2005: 872-885; Montaña et al., 2011: 282-296)

ในกลุ่ม B ปลาทั้งหมดมีรูปแบบชีวประวัติแบบ Opportunistic เป็นปลาที่มีค่า CV ต่ำ และมีความเสถียรของผลจับ (ผลจับปลาในรูปของน้ำหนักมีค่าสูงด้วย) ปลาในกลุ่มนี้เป็นปลาที่มีการเกิดทดแทนที่เข้าสู่แหล่งประมงสูง และใช้เวลาสั้น อีกทั้งยังปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างดี (Montaña et al., 2011: 282-296; Mims and Olden, 2013: 50-62) สำหรับความแปรปรวนระยะสั้น U_r (Relative annual variation) มีค่ามากกว่า U_a (Absolute variation) อย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ บ่งชี้ว่า ผลจับปลาที่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงแบบผกผันกับความแปรปรวนระยะสั้น หมายความว่าผลจับปลาในอ่าวไทยจะลดน้อยลง และผลจับปลาจะมีความผันผวนมากขึ้น (Buijse et al., 1991: 305-322)

การวิเคราะห์แนวโน้มของผลจับสัตว์น้ำทั้งหมดในอ่าวไทยในภาพรวม ระหว่าง พ.ศ. 2493 ถึง 2547 แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสองครั้งในอ่าวไทยในช่วงเวลาดังกล่าว กล่าวคือ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงของผลจับสองครั้ง ซึ่งปรกติจะพบลักษณะดังกล่าวในพื้นที่ประมง หรือระบบนิเวศที่มีผลจับปลาผิวน้ำขนาดเล็กได้เป็นจำนวนมากและเป็นองค์ประกอบหลักในผลจับ (Conti et al., 2012: 1-12) เช่น อ่าวไทยนี้ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อดำเนินการวิเคราะห์แนวโน้มดังกล่าวให้ละเอียดถึงระดับชนิด/กลุ่ม ของปลา กลับพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลจับปลา มีความหลากหลายมากกว่า (ภาพที่ 4.4) ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีปลาผิวน้ำขนาดเล็กบางชนิด ได้แก่ *Sadinella* spp., *Decapterus* spp. and *Chirocentrus* spp มีแนวโน้มปริมาณผลจับเพิ่มมากขึ้น ตั้งแต่ปีแรกของชุดข้อมูล (พ.ศ. 2527) ไปจนถึงประมาณ พ.ศ. 2547 หลังจากนั้น ผลจับปลาดังกล่าว มีแนวโน้มลดลง และลดลงเรื่อยๆจนถึงชุดข้อมูลสุดท้ายที่ดำเนินการศึกษา (พ.ศ. 2552) มีเพียงกลุ่มปลากระตัก (*Stolephorus* spp.) เท่านั้นที่มีผลจับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตั้งแต่ชุดข้อมูลปีแรกจนถึงชุดข้อมูลปีสุดท้าย

มีปลาประมาณครึ่งหนึ่งขององค์ประกอบผลจับปลาในอ่าวไทยที่มีผลจับค่อยๆเพิ่มขึ้นในระยะแรก เพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด และหลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง บ่งบอกได้ถึงแนวโน้มที่ปลาดังกล่าวอยู่ภายใต้แรงกดดันของการทำการประมงแบบไม่ยั่งยืน และเกินอัตราการผลิตในธรรมชาติ จนในปัจจุบัน ปลาชนิด/กลุ่มดังกล่าวอยู่ในสถานะที่ผลจับมีแนวโน้มลดต่ำลงอย่างมาก (Conti et al., 2012: 1-12; Pauly et al., 2005: 5-12) ผลที่ตรวจสอบพบนี้บ่งชี้ว่าไม่เพียงแต่ปลาผู้ล่าขนาดใหญ่ และปลาหน้าดินในอ่าวไทย ที่ถูกทำการประมงเกินศักยภาพการผลิต (Overexploitation) (Lymer et al., 2008: 1-51; Stobutzki et al., 2006: 130-142, Chotiyaputta et al., 2002: 223-238) แต่ปลาผิวน้ำก็มีแนวโน้มถูกทำการประมงเกินศักยภาพการผลิตเช่นเดียวกัน สอดคล้องกับรายงานที่ว่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2533 เป็นต้นมา สัตว์น้ำมากกว่า ร้อยละ 80 ในอ่าวไทยถูกทำการประมงในระดับสูงมาก มีระดับการใช้ประโยชน์ (Exploitation ratios) เกิน 0.8 ไปแล้ว ทั้งๆที่ระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมของสัตว์น้ำควรอยู่ระหว่าง 0.3 and 0.55 (Gulland, 1988: 1-322)

การพัฒนาการประมงพาณิชย์ในอ่าวไทยเริ่มมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมาหลังจากนำเข้าเครื่องมืออวนลากเข้ามาทดลองใช้ (Lymer et al., 2008: 1-51; Chuenpakdee and Pauly, 2003: 337-353) หลังจากนั้นสัญญาณอันตรายเกี่ยวกับการทำการประมงในสัตว์น้ำที่มีอันดับชั้นในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศต่ำลงเรื่อยๆ (หมายถึง ปลาผู้ล่าขนาดใหญ่จับได้ลดจำนวนลง แต่จับปลาขนาด

เล็กที่กินพืช หรือแพลงก์ตอน ถูกจับได้มากขึ้น (Pauly, 1998: 860-863) ก็ได้ถูกรายงานในปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา (Christensen, 1998: 128-142; Phasuk, 1987: 324-404) ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวก็สอดคล้องกับองค์ประกอบผลจับปลาในช่วงเวลา Regime I ของการศึกษาในครั้งนี้ที่พบว่า ปลาหน้าดินบางชนิดได้หายไปจากองค์ประกอบผลจับ เช่น *Anodontostoma* spp., *Silago sihama*, and *Pomadasys* spp. (Chotiyaputta et al., 2002: 223-238) โดยรวมถึงปลาผู้ล่าขนาดใหญ่ซึ่งมีสถานอยู่บนยอดปิระมิดในกฎการถ่ายทอดพลังงานในระบบนิเวศทางทะเล ที่มีลักษณะทางชีวประวัติที่บอบบาง (สืบพันธุ์ได้ช้า) ได้แก่ ฉลาม เป็นต้น (Ward-Paige et al., 2012: 1844-1869) ก็มีผลจับลดลงด้วยเช่นกัน กล่าวคือมีผลจับน้อยกว่า 0.1 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ในช่วงเวลา Regime I นี้ (Chotiyaputta et al., 2002: 223-238)

หลังจากนั้นในช่วงปี พ.ศ. 2533 เป็นต้นมา ก็เป็นยุคแห่งการจับปลาผิวน้ำ เนื่องจากปลาหน้าดินเหลือน้อย ปลาผิวน้ำที่จับได้มากขึ้น ก็มีกลุ่มปลาทุ-ลิ่ง (*Rastrelliger* spp.) และกลุ่มปลาเกตุ (Stolephorus spp) เป็นปลาชนิดที่สำคัญในองค์ประกอบผลจับ (Chotiyaputta et al., 2002: 223-238; Chuenpakdee and Pauly, 2003: 337-353) ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวสอดคล้องกับองค์ประกอบผลจับใน Regime II (ระหว่าง พ.ศ. 2535-2541) ประมาณการได้ว่า ในช่วง Regime II นี้ น้ำหนักมวลรวมของปลาหน้าดินใน ปี พ.ศ. 2538 ลดลงไปเหลือไม่ถึงร้อยละ 8 ของน้ำหนักปลามวลรวมในปี พ.ศ. 2508 (Stobutzki et al., 2006: 130-142)

ในช่วงเวลา Regime III ระหว่าง พ.ศ. 2542-2550 ปลาหลายๆชนิด/กลุ่ม แสดงจุดสูงสุดของผลจับเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมา (กล่าวคือปลาหลายๆชนิด/กลุ่ม มีปริมาณผลจับเฉลี่ยสูงสุดใน Regime III นี้) ไม่ใช่แต่เฉพาะผลจับปลาผิวน้ำเท่านั้น ปลาหน้าดินหลายชนิดก็มีผลจับเพิ่มขึ้นด้วยซึ่งรวมถึง กลุ่มปลาทรายแดง (*Nemipterus* spp.) กลุ่มปลาตาโตตาหวาน (*Priacanthus* spp.) และกลุ่มปลาปากคม (*Saurida* spp.) ซึ่งผลจับ (ในเชิงน้ำหนัก) เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด และมีบทบาทสำคัญขึ้นในองค์ประกอบผลจับช่วง Regime III นี้ หลังจากผลจับลดลงเหลือน้อยมากในองค์ประกอบผลจับช่วง Regime I (Sanitmajjaro et al., 2007: 1-59; Rungpan and Buluedaj, 2012: 1-47) ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่า เมื่อมีการเปลี่ยนสัตว์น้ำเป้าหมายสำหรับการทำการประมงจากปลาหน้าดินมาเป็นปลาผิวน้ำในช่วง พ.ศ. 2533 (ช่วงรอยต่อระหว่าง Regime I และ Regime II) ทำให้แรงกดดันจากการทำการประมงปลาหน้าดินลดลง ประชากรปลาหน้าดินหลายๆชนิดจึงฟื้นตัวขึ้น และเริ่มถูกทำการประมงอีกครั้งหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตาม มีอีกประเด็นหนึ่งที่สำคัญ กล่าวคือ มีการประมาณการว่า ร้อยละ 60 ของผลจับปลาใน Regime III นี้ ถูกจับตั้งแต่ออยู่ในระยะก่อนเข้าทดแทนที่ (Pre-recruitment stage) ปลาในกลุ่มนี้มีทั้งปลาผิวน้ำ ได้แก่ กลุ่มปลาลังเขียว (*Sardinella* spp.) ปลาทุ (*R. brachysoma*) และปลาลัง (*R. kanagurta*) และปลาหน้าดิน ได้แก่ กลุ่มปลาปากคม (*Saurida* spp.) และกลุ่มปลาตาโตตาหวาน (*Priacanthus* spp.) (Boonjorn et al., 2012: 1-43;

Saikliang and Lheknim, 2013: 1-40; Thongsila et al., 2012: 1-38; Sinanun et al., 2012a: 1-44; Kongprom et al., 2010: 1-42)

ดังนั้นการลดลงของผลจับปลาหลายชนิดในปีถัด ๆ มา (Regime IV) เป็นผลพวงของการนำปลาระยะก่อนทอดแทนที่ (Pre-recruited) หลายชนิดนี้ขึ้นมาใช้ประโยชน์ (Saikliang and Lheknim, 2013: 1-40) นอกจากนี้ยังมีการรายงานถึงการทำการประมงปลากะตักในปี พ.ศ. 2551 ที่พบว่ามีลูกปลาที่สำคัญทางเศรษฐกิจวัยอ่อนอย่างน้อย 9 ชนิดเป็นสัตว์น้ำพลอยถูกจับติดขึ้นมาด้วย (Sinanun et al., 2012b: 1-44) ส่วนในประเด็นที่พบว่าองค์ประกอบผลจับสัตว์น้ำจากอ่าวไทยในปี พ.ศ. 2527 และ พ.ศ. 2534 ที่ได้ถูกจัดจำแนกว่ามีความคล้ายกับองค์ประกอบผลจับปลาในช่วงเวลาที่ 4 (Regime IV) ด้วยนั้นยังไม่มีคำอธิบายที่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตาม ใน พ.ศ. 2527 อาจเป็นผลพวงสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เนื่องจากในช่วงเวลานั้นเกิดปรากฏการณ์ El Niño ที่รุนแรงมากในทะเลจีนใต้ในช่วงปี พ.ศ. 2526 ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝน และปริมาณน้ำท่าที่ไหลลงสู่ทะเล ที่มีปริมาณน้อยลง ส่งผลต่อปริมาณสารอาหารที่จะไหล (Nutrient load) ลงสู่พื้นที่ชายฝั่งทะเล (Lorpittayakorn et al., 2012: 1-12) ทำให้ผู้ผลิตเบื้องต้นในระบบนิเวศ ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชขาดสารอาหารที่จะใช้ในการเจริญเติบโต จึงส่งผลให้มีปริมาณน้อยลง (Bhatla et al., 2006: 93-103) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการขาดแหล่งอาหาร และเกิดการหยุดชะงักการเติบโตของสต็อกปลาต่างๆในอ่าวไทยได้ โดยเฉพาะปลาฉลามน้ำ (Bhatla et al., 2006: 93-103) นอกจากนี้การหมุนเวียนของกระแสน้ำที่ผิดปกติในอ่าวไทยที่พบรายงานไว้ในปี พ.ศ. 2527 ก็อาจส่งผลต่อการแพร่กระจายตัวของผู้ผลิตเบื้องต้นในอ่าวไทย และส่งผลกระทบต่อสต็อกปลาต่าง ๆ ในอ่าวไทยได้ (Chao et al., 1996: 51-93)

4.5 สรุป

สรุปได้ว่า สภาวะการประมงในอ่าวไทยผ่านจุดสูงสุดมาแล้ว และอยู่ในสถานะที่ไม่มั่นคง ขั้ววิตกกังวลในสภาวะทรัพยากรสัตว์น้ำไม่ควรจะเพ่งไปที่เฉพาะปลาหน้าดิน เนื่องจากปลาฉลามน้ำก็มีความไม่มั่นคงของสภาวะทรัพยากรด้วยเช่นกัน ถึงแม้ปลาฉลามน้ำขนาดเล็กจะมีปริมาณผลจับที่มาก และมีความแปรปรวนของผลจับต่ำ แต่การจับปลาระยะก่อนเข้ามอดแทนที่ (Pre-recruited) ในปริมาณมากเป็นดัชนีชี้วัดว่าเกิดการทำการประมงเกินศักยภาพการผลิต (Growth overfishing) ขึ้นแล้ว ในกรณีที่ยังไม่มีข้อขัดแย้งระหว่างประเทศเกี่ยวกับทรัพยากรปลาสต็อกร่วม (Straddling stocks) (Chuenpakdee and Pauly, 2003: 337-353) เกิดขึ้นในพื้นที่นี้ สื่อถึงว่าจำเป็นต้องสร้างระบบตรวจสอบที่เข้มแข็งสำหรับตรวจสอบการทำการประมงที่ผิดกฎหมาย และขาดการรายงาน และตรวจสอบการทำการประมงที่ซับซ้อนในพื้นที่อ่าวไทยนี้ และนอกจากนี้เครื่องมือทำการประมงที่ทำลายล้าง ซึ่งดำเนินการโดยการทำการประมงขนาดเล็กบางชนิด (Lymer et al., 2008: 1-51) ควรถูกห้ามทำการประมง ควรสนับสนุน

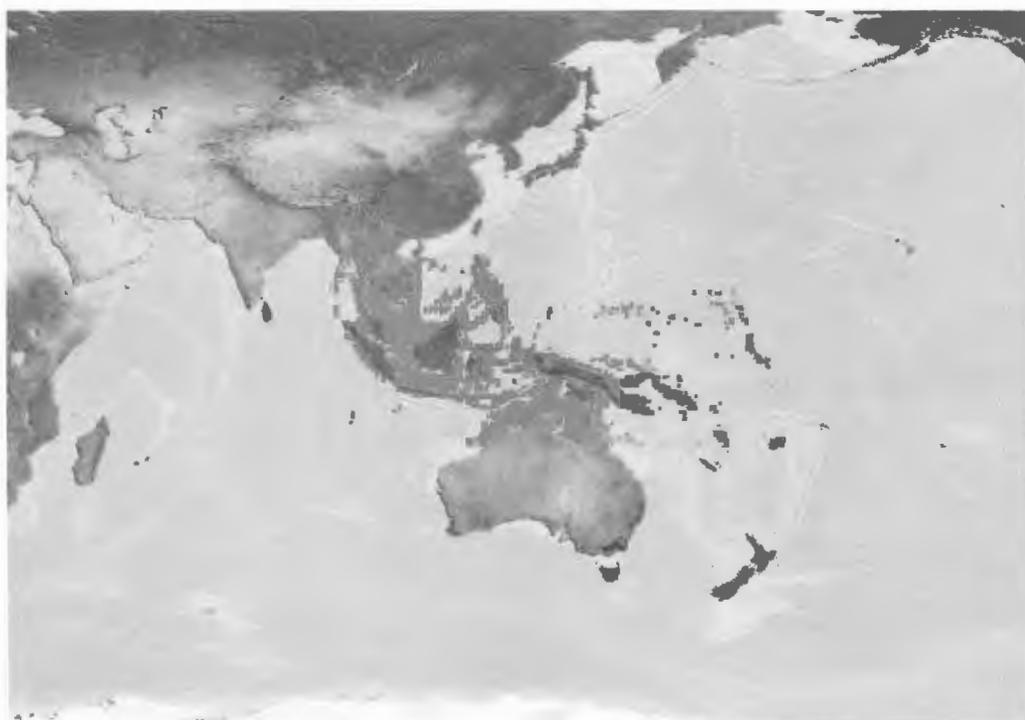
มาตรการห้ามทำการประมงในพื้นที่และช่วงเวลาที่เหมาะสม (Paterson et al., 2012: 1-16) ประเด็นเรื่องอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อประชากรสัตว์น้ำ และการทำการประมงในอ่าวไทยควรเร่งศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจน ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ได้นำเสนอตีพิมพ์ในวารสารทางวิชาการระดับนานาชาติ แสดงได้ดังภาพผนวก จ

บทที่ 5

การจำแนกสติกปลาในอ่าวไทย

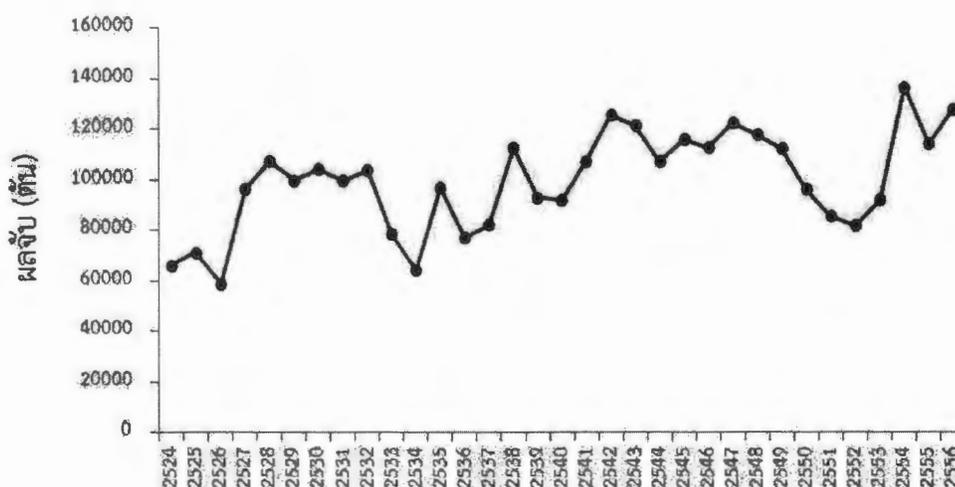
5.1 คำนำ

ปลาทู เป็นปลาผิวน้ำเศรษฐกิจของไทย ปลาทูพบแพร่กระจายอยู่บริเวณพื้นที่มหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออกตอนกลาง ไปถึงมหาสมุทรแอตแลนติกตะวันตกตอนกลาง (Al Sakaff and Esseen, 1999: 43-47) (ภาพที่ 5.1) ปลาชนิดนี้มีพฤติกรรมรวมฝูงอาศัยอยู่ในน้ำที่มีอุณหภูมิประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส พบได้ในสภาพแวดล้อมทั้งที่เป็นในเขตน้ำกร่อยใกล้ฝั่ง และพื้นที่ห่างฝั่งออกไป เป็นปลาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูง และเป็นปลาที่เป็นองค์ประกอบหลักในผลจับปลาทะเลเชิงเศรษฐกิจของไทย ซึ่งทำให้การประมงของไทยยังสามารถดำเนินการอยู่ได้ นอกจากนี้ปลาทูยังมีความสำคัญกับชาวประมงพื้นบ้านที่ใช้เรือทำการประมงขนาดเล็กชายฝั่ง (ส่วนมากจะประกอบ การประมงโดยใช้อวนลอย) อีกด้วย ปลาทูจึงถือเป็นทรัพยากรที่สำคัญที่สร้างรายได้สนับสนุนความเป็นอยู่ของชาวประมงขนาดเล็กในพื้นที่ที่มีปลาทูแพร่กระจายอาศัยอยู่ โดยเฉพาะในประเทศไทย ที่มีปลาทูอาศัยอยู่อย่างชุกชุม นอกจากนี้ปลาทูยังเป็นอาหารที่ประชาชนนิยมบริโภค และเข้าถึงง่าย



ภาพที่ 5.1 การแพร่กระจายของปลาทู สีแดงหมายถึงพื้นที่ที่พบปลาทูชุกชุม

ปลาในอ่าวไทยเป็นสัตว์น้ำเป้าหมายสำหรับการทำการประมงมาตั้งแต่ก่อน ปี พ.ศ. 2453 แล้ว จึงจะเห็นได้ว่าปลาในอ่าวไทยถูกทำการประมงมาเป็นระยะเวลายาวนาน (มากกว่า 100 ปี) จากการตรวจสอบประวัติการประมงปลาในอ่าวไทยนั้นพบว่า ผลจับปลาจากอ่าวไทยมีค่าสูงสุดในปี พ.ศ. 2554 (ปริมาณ 136,005 เมตริกตัน) เทียบกับในปัจจุบัน (พ.ศ. 2556) ผลจับปลาในอ่าวไทยมีค่าอยู่ที่ 127,206 เมตริกตัน และมีมูลค่า 5,202,430 บาท (กลุ่มวิจัยและวิเคราะห์สถิติการประมง, 2560: Web-Site) ทั้งนี้ ปลาเคยมีผลจับลดลงอย่างมากในปี พ.ศ. 2524-26 พ.ศ. 2534-37 และ 2550-2553 ตามลำดับ (ภาพที่ 5.2)



ภาพที่ 5.2 ผลจับปลาย้อนหลัง แสดงถึงความผันผวนของผลจับในช่วงเวลาต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2524 - 2556

ในอ่าวไทยนั้น ถึงแม้จะมีการศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ ในเรื่องเกี่ยวกับชีวประวัติ และรูปแบบการจัดการในปลาที่นานเป็นเวลานาน (ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2493) (Piumsombun, 1992: 1-150) แต่ปลาที่เริ่มมีสัญญาณบ่งบอกถึงการถูกทำการประมงเกินกำลังผลิตในธรรมชาติ (Overfishing) ในปี พ.ศ. 2520 (Piumsombun, 1992: 1-150) ซึ่งก็อยู่ในช่วงก่อนที่ผลจับปลาจะลดลงอย่างมากในช่วง พ.ศ. 2524-26 (ภาพที่ 5.2) หลังจากนั้นมา ผลจับปลาที่มีความผันผวนมาโดยตลอด โดยมีแนวโน้มการลดต่ำของผลจับตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ควรให้ความสนใจและศึกษาให้ชัดเจนถึงการเปลี่ยนแปลงไปของประชากรปลาในอ่าวไทย โดยเฉพาะประเด็นเกี่ยวกับ “สต็อก” ของปลาในอ่าวไทย ซึ่งถึงแม้จะมีการศึกษามาพอสมควร เช่น การศึกษาเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ประชากร การศึกษาการแพร่กระจายของปลาวัยอ่อน การศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายโดยวิธีการติดเครื่องหมาย ซึ่งแสดงหลักฐานถึงการที่ปลามีมากกว่า 1 สต็อกในอ่าวไทย แต่อย่างไรก็ตาม ในข้อเท็จจริง ปลาในอ่าวไทยถูกบริหารจัดการโดยมุ่งบริหารจัดการปลาเฉพาะสต็อกที่วางไข่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง

ได้แก่ หมู่เกาะอ่างทอง แต่ปัจจุบันเริ่มมีการบริหารจัดการที่โน้มเอียงไปกับแนวคิดที่ว่าปลาในอ่าวไทยมีหลายสต็อก โดยจะเห็นได้ว่าเริ่มมีมาตรการปิดอ่าวไทยตอนในซึ่งคาดว่าเป็นแหล่งเลี้ยงตัวอ่อนหรือเป็นแหล่งวางไข่อีกแหล่งหนึ่งของสต็อกปลาในอ่าวไทย แต่อย่างไรก็ตาม ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับสต็อกปลาในอ่าวไทยยังมีความคลุมเคลืออยู่ ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อสร้างภาพที่ชัดเจนเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าว ซึ่งข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับสต็อกปลานี้เป็นประโยชน์อย่างมากในการบริหารจัดการทรัพยากรปลาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสร้างความชัดเจนให้กับการศึกษาทางด้านพลวัตประชากร ลักษณะทางชีววิทยา และกำลังผลิตของปลาในแต่ละสต็อก (Begg et al., 1999: 1-8) ซึ่งการศึกษาประเด็นต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีความสำคัญที่จะทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรปลาในอ่าวไทยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถจะเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างความยั่งยืนให้กับทรัพยากรปลาในอ่าวไทย

ในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์การประมงนั้น มีแนวทาง และวิธีการมากมายที่สามารถใช้ในการเก็บข้อมูลเพื่อการศึกษาจำแนก หรือศึกษาโครงสร้างสต็อกสัตว์น้ำ ตัวอย่างเช่นการใช้ข้อมูลการแพร่กระจายและความชุกชุม การใช้ความแตกต่างของสรีระ หรือลักษณะที่นับ-วัดได้ (Morphometrics and meristics) อื่น ๆ การใช้การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ทางชีววิทยา การศึกษาด้านพันธุศาสตร์ประชากร หรือการศึกษาด้วยวิธีติดเครื่องหมาย (Tagging) เป็นต้น (Pawson and Jennings, 1996: 203-217) ซึ่งในบรรดาวิธีการจำแนกสต็อกโดยการติดเครื่องหมายธรรมชาติ (Natural tags methods) นั้น การศึกษาองค์ประกอบของธาตุในกระดูกปลาถือเป็นวิธีการที่ประสบความสำเร็จในปลาหลากหลายชนิดในพื้นที่ต่าง ๆ (Campana et al., 2000: 343-357; Ashford et al., 2008: 135-146; Steer et al., 2010: 369-381) เนื่องจากองค์ประกอบธาตุในกระดูกปลาเกิดจากอิทธิพลของสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ในแต่ละช่วงชีวิต (ทั้งปัจจัยทางฟิสิกส์ และปัจจัยทางเคมี) และธาตุต่างๆเหล่านี้จะเฉื่อยต่อกระบวนการเมตาบอลิซึม (Elsdon et al., 2008: 297-330) การเติบโตขึ้นเรื่อย ๆ ของกระดูกหูพร้อม ๆ กับการเติบโตของปลาทำให้กระดูกหูสร้างข้อมูลที่เป็นช่วงเวลา (Timescale information record) สอดคล้องกับประสบการณ์ในช่วงชีวิตต่าง ๆ ของปลา และสามารถเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ในแต่ละช่วงชีวิตได้ตั้งแต่เกิดจนถูกจับ (Campana, 1999: 263-297)

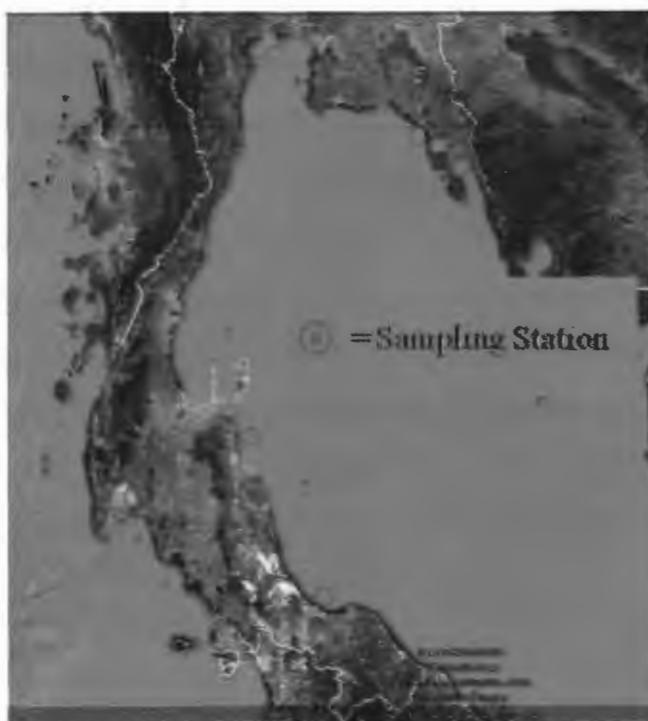
จากความจำเป็นที่ต้องทราบรายละเอียดเกี่ยวกับสต็อกปลาดังได้กล่าวมาข้างต้น การศึกษาในครั้งนี้จึงดำเนินการเพื่อสร้างความชัดเจนเกี่ยวกับสต็อกปลาในอ่าวไทย โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุที่อยู่ในกระดูกปลาจำนวน 7 ธาตุ โดยจำแนกสต็อกปลาด้วยสองวิธีการคือ วิธีที่หนึ่งดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุในบริเวณพื้นที่ขอบของกระดูกปลาซึ่งมีข้อมูลขององค์ประกอบธาตุที่สื่อไปถึงสภาพแวดล้อมที่ปลาทูอาศัยอยู่ในช่วงเวลาก่อนที่จะถูกจับขึ้นมาใช้ประโยชน์ และเป็นองค์ประกอบธาตุในกระดูกซึ่งเป็นตัวแทนของสภาพแวดล้อมในพื้นที่เก็บตัวอย่างนั้น ๆ ส่วนวิธีที่สองเป็นการศึกษา

องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยของทั้งก้อนกระดูกู ภายใต้แนวความคิดที่ว่าหากปลาที่มีประสบการณ์ในชีวิตที่เหมือนกันแล้ว (เกิด อาศัย หากิน อยู่ในพื้นที่เดียวกัน) องค์ประกอบของธาตุในกระดูกูจะไม่มี ความแตกต่างกัน (Campana, 1999: 263-297) การศึกษาทั้งสองวิธีการดำเนินการเพื่อวัตถุประสงค์ในการ จำแนกสต็อคปลาในอ่าวไทย

5.2 อุปกรณ์และวิธีการ

5.2.1 การเก็บตัวอย่างปลา

เก็บตัวอย่างปลาจากสี่พื้นที่หลักในอ่าวไทยได้แก่ อ่าวไทยฝั่งตะวันออก (เก็บตัวอย่าง จาก จังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี) อ่าวไทยตอนบน (เก็บตัวอย่างจากจังหวัดสมุทรสงครามและ จังหวัดสมุทรสาคร) อ่าวไทยตอนกลาง (เก็บตัวอย่างจากจังหวัดนครศรีธรรมราช) และอ่าวไทย ตอนล่าง (เก็บตัวอย่างจากจังหวัดสงขลา/ปัตตานี) (ภาพที่ 5.3) โดยการคัดเลือกตัวอย่างปลาที่ใช้ใน การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุใช้ปลาที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ดำเนินการวัดความยาว (ความยาวตลอด ลำตัว TL) และแยกเพศ หลังจากนั้นทำการเก็บกระดูกูจากตัวอย่างดังกล่าวเก็บใส่หลอดพลาสติก ขนาดเล็กเพื่อนำกลับมาเตรียมตัวอย่างกระดูกูสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุต่อไป รายละเอียดเกี่ยวกับ ขนาดความยาวลำตัว และจำนวนตัวอย่างแต่ละเพศ ในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางที่ 5.1



ภาพที่ 5.3 จุดเก็บตัวอย่างปลาในอ่าวไทย

ตารางที่ 5.1 พื้นที่เก็บตัวอย่าง เพศ ความยาวลำตัวเฉลี่ย (Mean) พร้อมส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และจำนวนตัวอย่าง (n) ปลาหูที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	เพศ	L _{tl} (mm)		จำนวน n
		Mean	SD	
อ่าวไทยฝั่งตะวันออก	ผู้	167	12	7
Eastern GoT (EGT)	เมีย	185	2.8	9
อ่าวไทยตอนใน	ผู้	151	14	7
Upper GoT (UGT)	เมีย	185	7.7	8
อ่าวไทยตอนกลาง	ผู้	175	5.5	6
Middle GoT (MGT)	เมีย	187	1.6	6
อ่าวไทยตอนล่าง	ผู้	181	7.2	6
Lower GoT (LGT)	เมีย	184	4.3	6
รวมทั้งหมด				55

5.2.2 การเตรียมกระดูกหูปลาเพื่อการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ

เตรียมตัวอย่างกระดูกหูโดยใช้กระดูกหูด้านใดฝั่งหนึ่ง (ในที่นี้ใช้ด้านซ้ายของตัวปลา) ขั้นตอนแรกนำกระดูกหูมาทำความสะอาด โดยนำน้ำกลั่นมาล้างเศษเนื้อเยื่อออก หลังจากนั้นแช่ตัวอย่างกระดูกหูในน้ำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เพื่อขจัดเศษเนื้อเยื่อชิ้นเล็กชิ้นน้อยที่เกาะติดแน่นอยู่กับกระดูกหูให้หลุดออกไป หลังจากนั้นนำยาไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง นำกระดูกหูมาขัดล้างด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่ง และฝังตัวอย่างไว้ให้แห้งสนิท หลังจากนั้นนำกระดูกหูมาหล่อในเรซิน (Epoxy resin) จากนั้นนำเรซินที่มีกระดูกหูดังกล่าวมาตัดในแนวขวาง (Transverse section) ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Slow-speed diamond wheel saw) ให้มีความหนาประมาณ 250 - 450 ไมครอน นำแผ่นเรซินที่ผ่านการตัดแล้วมาปะติดกับสไลด์แก้ว จากนั้นส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 4-10 เท่า เมื่อพบว่าแก่น (Primodium/core) ของกระดูกหูยังไม่ปรากฏให้นำกระดาษทรายที่มีความละเอียดสูง (เบอร์ P2000 ถึง P2500) มาขัดผิวหน้าของกระดูกหู (ซึ่งตัดขวางไว้แล้ว) ให้ลึกลงไปจนกระทั่ง แก่น (Primodium/core) ของกระดูกหูปรากฏเห็นได้ชัด หลังจากนั้นนำแผ่นสไลด์ดังกล่าวเก็บใส่กล่องเก็บสไลด์เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุต่อไป

5.2.3 การวิเคราะห์ธาตุในกระดูกปลาหู

การวิเคราะห์ธาตุต่างๆในกระดูกปลาหูนั้นดำเนินการโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุ (ICP-MS: inductively coupled plasma mass spectrometer) รุ่น Thermo X-Series II ICP-MS ร่วมกับเครื่องยิงแสงเลเซอร์ (New Wave UP193FX laser ablation) ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการ the National Oceanography Centre เมือง Southampton สหราชอาณาจักร หลักการทำงานของเครื่องมือคือ ใช้แสงเลเซอร์ยิงไปยังผิวหน้าของกระดูกหูที่ผ่านการตัด และฝนจนถึงแก่นกลาง (Primodium) แล้ว (ภาพที่ 5.4) โดยให้แสงเลเซอร์ตกลงในพิกัดที่ต้องการ จากนั้นไอจากกระดูกหูที่ถูกเผาไหม้โดยแสงเลเซอร์ที่ระเหยจากพิกัดของกระดูกหูที่เลือกจะไหลผ่านไปยังตัววัดปริมาณธาตุของเครื่อง ICP-MS ทำให้ทราบข้อมูลปริมาณธาตุต่างๆ ที่ดำเนินการตรวจวัดได้จากกระดูกหูในพิกัดต่าง ๆ ที่ต้องการทราบ โดยการเริ่มต้นดำเนินการเริ่มต้นด้วยการตั้งค่าเครื่องยิงแสงเลเซอร์ให้ยิงลำแสงเป็นจุด (Spot) เริ่มตั้งแต่แก่นกลางกระดูกหู (Primodium/core) เป็นแนวยาวเรื่อยไปจนถึงพื้นที่ขอบกระดูกหู (ภาพที่ 5.5) โดยตั้งค่าให้ลำแสงมีความกว้าง 35 ไมโครเมตร มีระยะห่างระหว่างแต่ละจุดประมาณ 10 ไมโครเมตร ส่วนการตั้งค่าพารามิเตอร์อื่นๆของเครื่องยิงแสงเลเซอร์ เครื่อง ICP-MS และการคำนวณค่าปริมาณธาตุต่างๆ ปฏิบัติตามวิธีการที่ได้อธิบายไว้ใน Longmore et al. (2010: 591-605) และ Longmore et al. (2011: 209-224) ซึ่งอธิบายได้โดยย่อ ดังนี้ แสงเลเซอร์ปรับให้มีความแรง 10 Hz ก่อนที่จะเริ่มวิเคราะห์ปริมาณธาตุในกระดูกปลาหู ทำการตรวจสอบค่าปริมาณธาตุต่างๆในวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Reference materials) เสียก่อน ในที่นี้ใช้วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน NIST 612 และ NIST 610 ซึ่งเป็นวัสดุอ้างอิงมาตรฐานที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย (Pearce et al., 1997: 115-144; Jochum and Stoll, 2008: 147-168) จากนั้นจึงดำเนินการตรวจสอบธาตุต่าง ๆ ในพิกัดต่าง ๆ ในกระดูกหู และเมื่อตรวจวัดธาตุต่าง ๆ ในกระดูกหูครบจำนวน 10 ตัวอย่างแล้ว จะทำการตรวจสอบค่าปริมาณธาตุต่าง ๆ ในวัสดุอ้างอิงมาตรฐานอีกครั้งหนึ่งก่อนจะเริ่มวิเคราะห์ตัวอย่างชุดต่อไป ธาตุต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ ได้แก่ ลิเทียม (Li) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) สตรอนเชียม (Sr) แบเรียม (Ba) ตะกั่ว (Pb) และยูเรเนียม (U) การคำนวณค่าปริมาณธาตุต่างๆเหล่านี้คำนวณเป็นค่าความเข้มข้นของธาตุต่างๆในธาตุแคลเซียม (^{44}Ca) (Campana 1999: 263-297) ในหน่วย ppm (Part per million) หลังจากนั้นนำค่าเหล่านี้มาคำนวณแปลงหน่วยความเข้มข้นเป็น มิลลิโมลของธาตุนั้น ๆ ต่อ โมลแคลเซียม (mmol mol^{-1}) เพื่อใช้เทียบเคียงกับผลการศึกษาอื่น ๆ ได้ต่อไป



ภาพที่ 5.4 การจัดวางตัวอย่างชิ้นส่วนของกระดูกหูดคขวาง (ซึ่งฝังอยู่ในเรซิน) บนสไลด์แก้วเพื่อการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ธาตุ (ICP-MS: inductively coupled plasma mass spectrometer) วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน NIST 612 และ NIST 610 ถูกจัดวางไว้บริเวณกึ่งกลางสไลด์แก้ว



ภาพที่ 5.5 การตั้งค่าการยิงลำแสงเลเซอร์เป็นจุด (spot) เริ่มตั้งแต่แก่นกลางกระดูกหูด (Primodium/core) เป็นแนวยาวเรื่อยไปจนถึงพื้นที่ขอบกระดูกหูด

5.2.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ปริมาณธาตุแต่ละธาตุถูกแปลงค่าในรูป $\log(x+1)$ โดย x คือปริมาณธาตุต่าง ๆ เพื่อปรับค่าให้ใกล้เคียงการกระจายตัวแบบโค้งปกติ และเพื่อความแปรปรวนแต่ละปัจจัยมีลักษณะที่เป็น Homogeneous จากนั้นดำเนินการเลือกวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุในบริเวณขอบกระดูกหู (เฉลี่ยจาก Spot สามจุดจากขอบกระดูกหู ตัวอย่างเช่น จุดที่ 9, 10 และ 11 ในภาพที่ 5.5) เพื่อเป็นค่าอ้างอิงของสภาพแวดล้อมที่ปลาอาศัยอยู่ก่อนถูกจับ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) เพื่อตรวจสอบความแตกต่างของค่าความเข้มข้นของธาตุต่างๆ (ธาตุ:Ca ในพื้นที่ขอบกระดูกหู) ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่าง (4 พื้นที่) และระหว่างเพศของปลา หลังจากนั้นดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA: Principal Component Analysis) เพื่อดูว่าธาตุใดมีอิทธิพลต่อการแบ่งกลุ่มบ้าง จึงจะดำเนินการคัดเลือกธาตุนั้นมาทำการวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) สัตว์คปลาหูในอ่าวไทยต่อไป โดยการคัดเลือกธาตุต่างๆมาวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) นั้นนอกจากจะพิจารณาผลการวิเคราะห์ PCA แล้ว จะดำเนินการตรวจสอบเอกสารเพื่อคัดเลือกธาตุที่มีความเสถียรไม่มีอิทธิพลจากกระบวนการทางสรีรวิทยาเข้ามากระทบต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบธาตุ (Sturrock et al., 2014: 245-264) หรือเป็นธาตุที่มีรายงานว่าประสบความสำเร็จในการจัดจำแนกสัตว์ในปลาชนิดอื่นๆมาแล้ว

หลังจากเลือกธาตุต่างๆได้แล้ว จึงดำเนินการวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) แบบแยกเพศ เพื่อลดอิทธิพลของความแตกต่างทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกันของปลาแต่ละเพศ (Sturrock et al., 2012: 245-264) โดยดำเนินการวิเคราะห์สองวิธีการคือ วิเคราะห์เฉพาะปริมาณธาตุเฉลี่ยที่พบบริเวณขอบกระดูกหู (เฉลี่ยจาก spot สามจุดจากขอบกระดูกหู ตัวอย่างเช่น จุดที่ 9, 10 และ 11 ในภาพที่ 5.5) และวิเคราะห์ปริมาณธาตุเฉลี่ยที่พบในกระดูกหูทั้งหมด (ปริมาณธาตุเฉลี่ยจากจุดกึ่งกลางกระดูกหู จนถึงขอบกระดูกหู ตัวอย่างเช่น จุดที่ 1 - 11 ในภาพที่ 5.5) หลังการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีจะดำเนินการตรวจสอบความแม่นยำของการจัดจำแนกด้วยวิธี Jackknife (Leave-one-out) และอธิบายผลด้วยตารางการจัดจำแนก (Cross-validated classification table)

5.3 ผลการศึกษา

5.3.1 การคัดเลือกธาตุ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA: Principal Component Analysis) ร่วมกับการตรวจสอบเอกสาร เพื่อคัดเลือกธาตุต่างๆมาใช้ในการจัดจำแนกสัตว์คปลาหู แสดงผลการคัดเลือกได้ดังตารางที่ 5.2 ซึ่งสรุปแล้ว ธาตุที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำแนกสัตว์ค มี 8 ธาตุ คือ ลิเทียม (Li) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สตรอนเซียม (Sr) และ แบเรียม (Ba)

ตารางที่ 5.2 การคัดเลือกธาตุต่าง ๆ เพื่อการวิเคราะห์จำแนกสดีอคปลาทุในอ่าวไทย

ธาตุ	การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (ปัจจัยเด่น 5 อันดับแรก)		การวิเคราะห์จากเอกสาร*	ธาตุที่ใช้ในการวิเคราะห์จำแนกสดีอคปลาทุ
	เพศผู้	เพศเมีย		
ลิเทียม (Li)	✓	✓	✓	✓
โซเดียม (Na)	✓	✓		
แมกนีเซียม (Mg)		✓	✓	✓
โพแทสเซียม (K)	✓	✓	✓	✓
โครเมียม (Cr)				
แมงกานีส (Mn)	✓		✓	✓
โคบอลต์ (Co)				
นิกเกิล (Ni)			✓	✓
ทองแดง (Cu)			✓	✓
สังกะสี (Zn)				
สตรอนเซียม (Sr)	✓	✓	✓	✓
แบเรียม (Ba)			✓	✓
ตะกั่ว (Pb)			✓	
ยูเรเนียม (U)				

* Sturrock et al. (2014: 245-264), (2012: 766-795); Kang et al., (2014: 240-249); Proctor et al. (1995: 511-526); Thresher et al. (1994: 817-840)

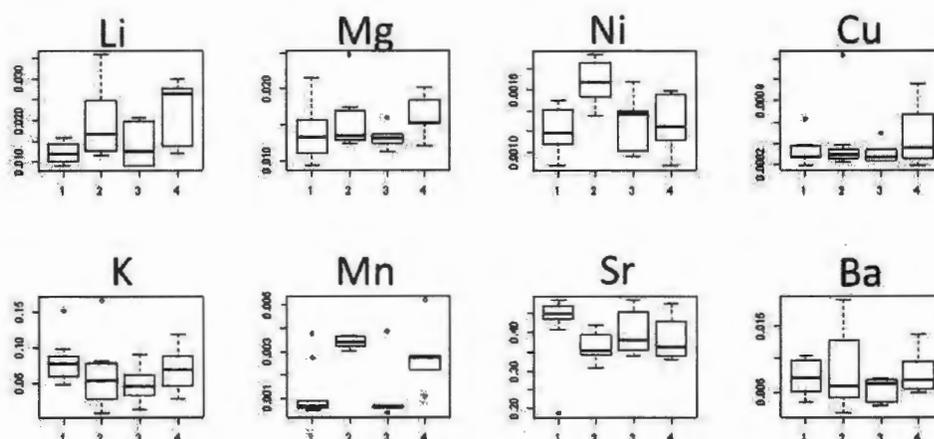
ค่าเฉลี่ยของปริมาณธาตุรองที่เลือกแสดงได้ดังตารางที่ 5.3 และภาพที่ 5.6 หลังจากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปร (MANOVA) โดยใช้สถิติ "Wilks" แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุต่างๆระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่จริง ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5.4 และภาพที่ 5.7

ตารางที่ 5.3 ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่พบในกระดูกหอยลาย (หน่วยเป็น mmol element* mol^{-1} Ca)

A: Male: Primodium									
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca	
EGT	6.00±1.34 ^{ns}	58.05±10.00 ^{ns}	334.35±117.07 ^{ns}	9.94±2.88 ^{ns}	5.00±0.49 ^{ns}	1.43±0.65 ^{ns}	2,608.29±348.37 ^{ns}	69.26±55.83 ^{ns}	
UGT	5.70±2.92 ^{ns}	67.00±13.71 ^{ns}	295.48±66.28 ^{ns}	10.47±5.28 ^{ns}	5.60±1.07 ^{ns}	1.72±0.51 ^{ns}	2,908.38±220.30 ^{ns}	46.73±20.61 ^{ns}	
MGT	6.28±1.77 ^{ns}	58.22±11.37 ^{ns}	331.79±96.41 ^{ns}	7.29±3.70 ^{ns}	5.43±0.99 ^{ns}	1.47±0.24 ^{ns}	2,953.83±472.03 ^{ns}	106.37±60.95 ^{ns}	
LGT	5.52±0.40 ^{ns}	69.87±16.52 ^{ns}	264.76±91.76 ^{ns}	11.74±5.38 ^{ns}	4.47±1.06 ^{ns}	3.18±4.39 ^{ns}	2,657.33±303.63 ^{ns}	54.76±23.98 ^{ns}	
B: Male: Edge									
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca	
EGT	8.46±3.35 ^b	19.01±4.85 ^{ns}	285.42±182.82 ^{ns}	6.25±2.97 ^b	4.58±1.10 ^{ab}	0.76±0.17 ^{ns}	3,469.62±967.96 ^a	43.85±20.57 ^{ns}	
UGT	4.91±1.66 ^c	24.47±3.06 ^{ns}	259.82±80.54 ^{ns}	19.30±7.69 ^a	5.23±1.05 ^a	1.16±0.27 ^{ns}	2,677.14±263.26 ^b	63.69±22.23 ^{ns}	
MGT	5.60±2.47 ^{bc}	22.83±3.29 ^{ns}	232.10±84.22 ^{ns}	5.88±3.90 ^b	4.91±0.78 ^{ab}	1.16±0.27 ^{ns}	3,713.17±1,005.83 ^a	49.60±12.06 ^{ns}	
LGT	11.76±3.11 ^a	23.92±5.55 ^{ns}	202.65±70.40 ^{ns}	7.35±4.92 ^b	3.93±0.42 ^b	2.04±2.74 ^{ns}	3,077.39±556.24 ^{ab}	66.78±29.60 ^{ns}	

ตารางที่ 5.3 ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่พบในกระดูกหุปลา (หน่วยเป็น mmol element* mol^{-1} Ca) (ต่อ)

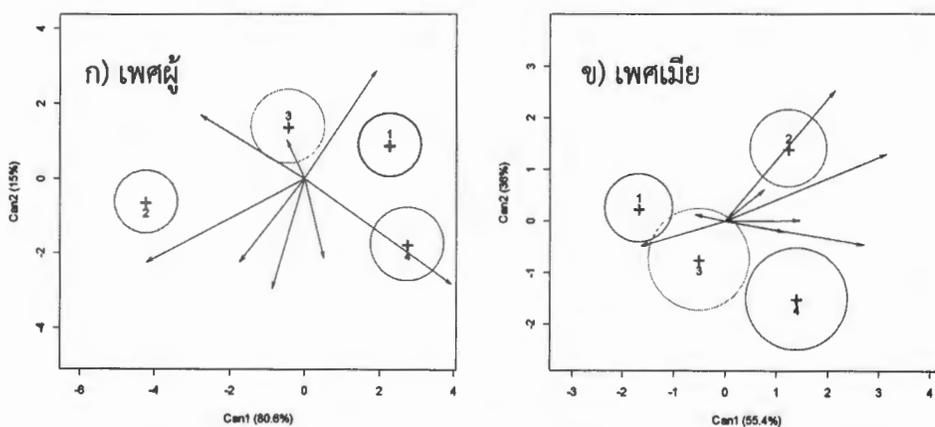
C: Female: Primodium									
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca	
EGT	4.23±0.49 ^{ns}	69.10±17.10 ^{ns}	276.02±67.59 ^{ns}	6.93±2.99 ^b	4.46±0.58 ^b	1.48±0.43 ^{ns}	2,856.96±807.26 ^{ns}	50.47±39.98 ^{ns}	
UGT	5.17±1.05 ^{ns}	64.01±8.13 ^{ns}	222.42±77.27 ^{ns}	14.47±2.79 ^a	5.23±0.67 ^a	1.88±1.19 ^{ns}	2,562.08±404.76 ^{ns}	46.68±37.33 ^{ns}	
MGT	4.85±1.06 ^{ns}	85.57±38.06 ^{ns}	259.98±56.05 ^{ns}	5.56±3.34 ^b	4.20±0.67 ^b	1.56±0.54 ^{ns}	3,079.72±633.06 ^{ns}	61.98±49.19 ^{ns}	
LGT	5.83±2.15 ^{ns}	63.17±10.20 ^{ns}	298.31±127.22 ^{ns}	12.44±3.54 ^a	4.43±0.77 ^b	1.73±1.03 ^{ns}	2,941.72±335.47 ^{ns}	64.23±42.37 ^{ns}	
D: Female: Edge									
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca	
EGT	4.93±0.98 ^c	19.47±5.65 ^{ns}	201.89±88.12 ^{ns}	3.87±3.77 ^b	4.08±0.70 ^c	1.16±0.48 ^{ns}	3,710.89±996.08 ^{ns}	56.87±21.32 ^{ns}	
UGT	7.97±3.77 ^{ab}	22.02±6.05 ^{ns}	158.10±132.93 ^{ns}	10.84±0.73 ^a	5.66±0.68 ^a	1.47±1.25 ^{ns}	2,887.67±432.49 ^{ns}	66.40±50.09 ^{ns}	
MGT	5.64±2.10 ^{bc}	18.78±2.29 ^{ns}	119.50±67.07 ^{ns}	3.57±4.28 ^b	4.39±0.90 ^c	1.10±0.38 ^{ns}	3,327.33±756.19 ^{ns}	43.23±14.42 ^{ns}	
LGT	9.27±3.17 ^a	22.93±4.16 ^{ns}	175.21±82.75 ^{ns}	8.88±4.25 ^a	4.30±0.94 ^b	1.70±1.09 ^{ns}	3,131.33±743.29 ^{ns}	63.05±26.42 ^{ns}	



ภาพที่ 5.6 ความแตกต่างของปริมาณธาตุต่าง ๆ 8 ธาตุในบริเวณขอบกระดุกหู ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างในอำเภอไทย

ตารางที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (MANOVA) ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้ง 4 พื้นที่

df	MANOVA	
	F	p
Edge (male)	4.93	<0.01
Edge (female)	2.54	<0.01



ภาพที่ 5.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบหลายตัวแปร (MANOVA) ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่าง (1 = อำเภอไทยฝั่งตะวันออก 2 = อำเภอไทยตอนใน 3 = อำเภอไทยตอนกลาง และ 4 = อำเภอไทยตอนล่าง)

5.3.2 การวิเคราะห์จัดจำแนกสตัคปลาทุโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากองค์ประกอบธาตุจากขอบกระดูกงู

การวิเคราะห์จัดจำแนกสตัคปลาทุโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากองค์ประกอบธาตุจากขอบกระดูกงูดำเนินการภายใต้สมมติฐานว่าหากปลาอาศัยอยู่ในพื้นที่เดียวกันเป็นระยะเวลาานพอควรแล้วปลาในสตัคเดียวกันจะมีความคล้ายคลึงของรูปแบบการดำเนินชีวิต ชีวประวัติ ค่าพารามิเตอร์ทางชีววิทยา และได้รับอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และแรงกดดันจากการทำการประมงเหมือนกัน และแตกต่างกันระหว่างสตัคต่างๆ (Tanner et al., 2012: 198-205; Chittaro et al., 2010: 243-254; Waldman, 2005: 7-16) การศึกษาดำเนินการเพื่อการจำแนกสตัคนี้กระทำได้จากการวิเคราะห์จัดจำแนก (LDA, linear discriminant analysis) องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากบริเวณขอบกระดูกงูปลาทุ (แยกเพศ) พบว่าสมการจัดจำแนก (2 มิติ) แสดงได้ดังนี้

เพศผู้

$$\text{LDA1} = - (248.70 \times \text{Li}) + (269.81 \times \text{Mg}) + (2.69 \times \text{K}) + (291.75 \times \text{Mn}) + (3,673.50 \times \text{Ni}) + (188.39 \times \text{Cu}) - (12.13 \times \text{Sr}) + (287.68 \times \text{Ba}) \quad (5.1)$$

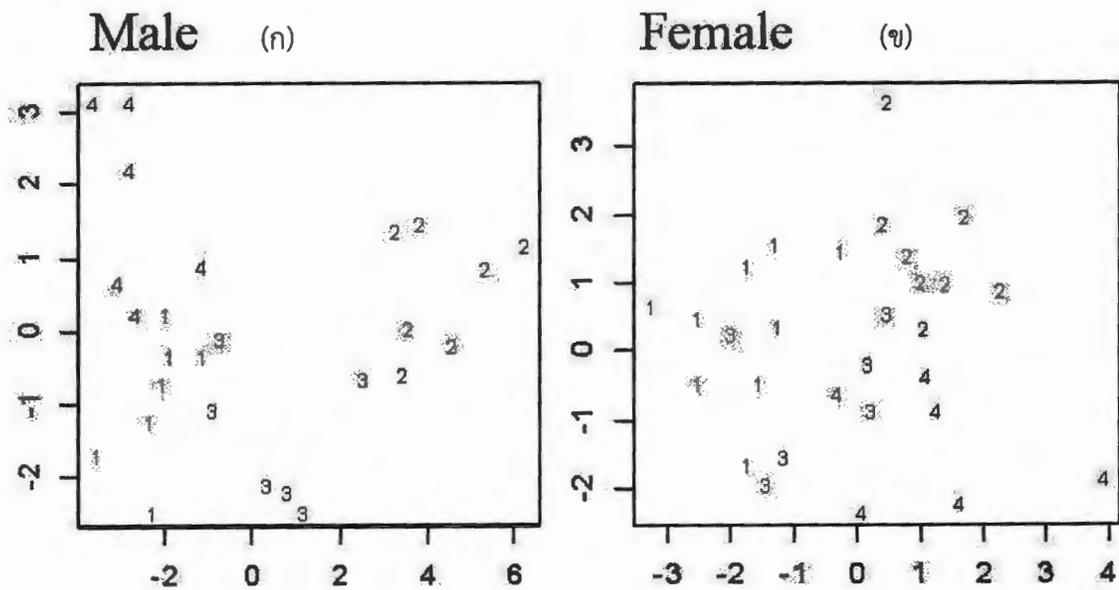
$$\text{LDA2} = (110.68 \times \text{Li}) + (17.41 \times \text{Mg}) - (17.68 \times \text{K}) + (425.63 \times \text{Mn}) - (1,347.19 \times \text{Ni}) + (453.12 \times \text{Cu}) - (4.00 \times \text{Sr}) + (210.05 \times \text{Ba}) \quad (5.2)$$

เพศเมีย

$$\text{LDA1} = (169.45 \times \text{Li}) + (104.81 \times \text{Mg}) - (16.34 \times \text{K}) + (266.29 \times \text{Mn}) + (545.77 \times \text{Ni}) + (1,978.22 \times \text{Cu}) - (6.34 \times \text{Sr}) - (154.86 \times \text{Ba}) \quad (5.3)$$

$$\text{LDA2} = - (178.62 \times \text{Li}) - (152.78 \times \text{Mg}) + (26.97 \times \text{K}) + (348.17 \times \text{Mn}) + (4,824.63 \times \text{Ni}) - (2,653.76 \times \text{Cu}) - (2.26 \times \text{Sr}) + (245.11 \times \text{Ba}) \quad (5.4)$$

จากสมการการจัดจำแนกดังกล่าวสามารถแสดงภาพสองมิติของการจัดจำแนกตามสมการดังกล่าวได้ดังภาพที่ 5.8



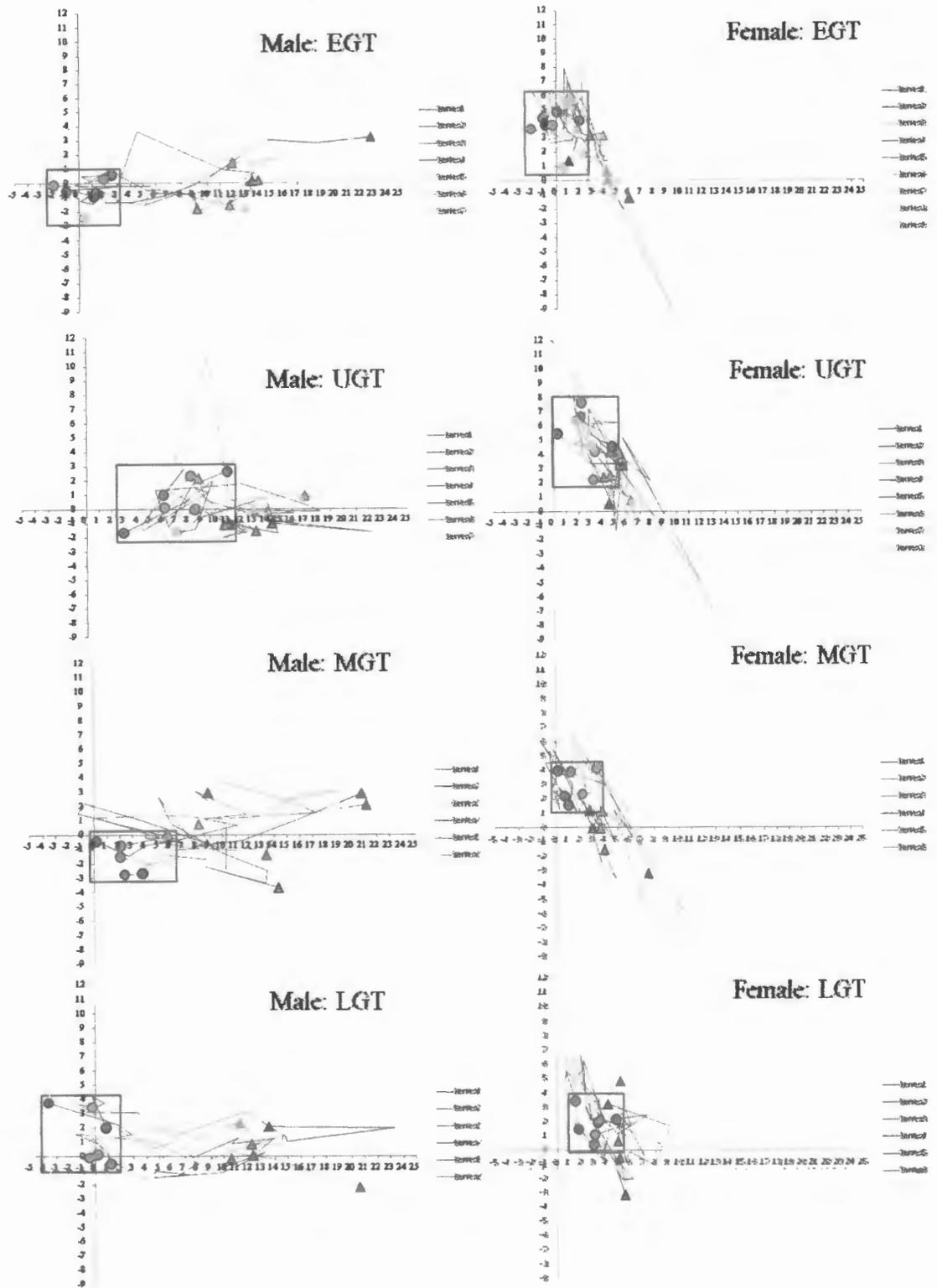
ภาพที่ 5.8 การจัดจำแนกกลุ่มของปลาทุ (ก) คือปลาทุเพศผู้ ข) คือปลาทุเพศเมีย ที่จับมาได้จากพื้นที่ 4 แห่งในอำเภอไทย (1 = อำเภอไทยฝั่งตะวันออก 2 = อำเภอไทยตอนใน 3 = อำเภอไทยตอนกลาง และ 4 = อำเภอไทยตอนล่าง) โดยวิธีการวิเคราะห์จำแนก (linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหูปลาทุ

เมื่อนำสมการที่ได้ไปดำเนินการตรวจสอบความแม่นยำของการจำแนกกลุ่มพบว่ามีความแม่นยำสูง ทั้งในปลาเพศผู้ (ความถูกต้องรวมทั้งหมดร้อยละ 89) และปลาเพศเมีย (ความถูกต้องรวมทั้งหมดร้อยละ 86) โดยในเพศผู้มีความถูกต้องสูงที่สุด (ร้อยละ 100) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 4 (อำเภอไทยตอนล่าง) และมีความถูกต้องน้อยที่สุด (ร้อยละ 67) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 3 (อำเภอไทยตอนกลาง) ส่วนในเพศเมียมีความถูกต้องสูงที่สุด (ร้อยละ 100) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 2 (อำเภอไทยตอนใน) และมีความถูกต้องน้อยที่สุด (ร้อยละ 67) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 3 อำเภอไทยตอนกลาง) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5.5

ตารางที่ 5.5 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้องค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหูปลาหู

พื้นที่เก็บตัวอย่าง (Collection location group)	การจัดจำแนกเข้ากลุ่มอย่างถูกต้อง (Predicted group membership) (ร้อยละ)			
	1	2	3	4
ปลาเพศผู้				
1	100	0	0	0
2	0	100	0	0
3	33	0	67	0
4	17	0	0	83
ปลาเพศเมีย				
1	89	0	11	0
2	0	100	0	0
3	16.5	16.5	67	0
4	0	0	17	83

จากการตรวจสอบช่วงเวลาในชีวิตของปลาหูที่อาศัยอยู่แหล่งประมงต่างๆ (4 พื้นที่เก็บตัวอย่างจากการศึกษาในครั้งนี้) โดยใช้สมการที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหูปลาหู ติดตาม (Track) องค์ประกอบธาตุตั้งแต่เกิด (องค์ประกอบธาตุบริเวณแก่นกลาง (Primodium/core) กระดูกหู) จนถึงกระทั่งถูกจับขึ้นมา (องค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหู (Edge) ของกระดูกหู) (แสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 5.9) พบว่า ปลาหูอาศัยอยู่ในแหล่งประมงนั้น ๆ ก่อนจะถูกจับคิดเป็นร้อยละ 63 ของช่วงชีวิตในปลาหูเพศผู้ และร้อยละ 83 ของช่วงชีวิตในปลาเพศเมีย พื้นที่ที่ปลาหูอาศัยอยู่นานที่สุดได้แก่พื้นที่อ่าวไทยตอนบนในปลาเพศผู้ (ร้อยละ 76 ของช่วงชีวิต) และพื้นที่อ่าวไทยตอนล่างในปลาเพศเมีย (ร้อยละ 90 ของช่วงชีวิต) รายละเอียดแสดงไว้ในตารางที่ 5.6



ภาพที่ 5.9 การติดตามองค์ประกอบธาตุในกระดุกหูปลาทู EGT = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก
 UGT = อ่าวไทยตอนบน MGT= อ่าวไทยตอนกลาง และ LGT = อ่าวไทยตอนล่าง

ตารางที่ 5.6 ผลการติดตามองค์ประกอบธาตุตั้งแต่เกิดจนถูกจับเพื่อระบุช่วงชีวิต (ร้อยละ) ที่ปลาทุเข้ามาอาศัยอยู่ในพื้นที่ต่างๆ

พื้นที่เก็บตัวอย่าง	ช่วงชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งประมง (ร้อยละ)			
	เพศผู้		เพศเมีย	
	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
1	56	14	89	9
2	76	13	82	12
3	50	7	72	18
4	70	10	90	15
เฉลี่ย	63	11	83	14

5.3.2 การวิเคราะห์จัดจำแนกสติกปลาทุโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากองค์ประกอบธาตุจากทั้งกระดูกหู

การวิเคราะห์จัดจำแนกสติกปลาทุโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากองค์ประกอบธาตุจากทั้งกระดูกหูนี้ อยู่ภายใต้ข้อสมมติฐานว่าหากปลาทุในช่วงเวลาตลอดชีวิต (ตั้งแต่เกิด = องค์ประกอบธาตุบริเวณแก่นกลาง Primodium/core จนกระทั่งถูกจับ = องค์ประกอบธาตุบริเวณขอบกระดูกหู) เหมือน ๆ กัน แล้ว (เกิดในพื้นที่ใกล้เคียงกัน เติบโตและหาอาหารอยู่ใกล้ๆกัน) องค์ประกอบธาตุเฉลี่ย (จากแก่นกลางกระดูกหูจนถึงขอบกระดูกหู) ไม่ควรมีความแตกต่างกันในสติกเดียวกัน แต่ควรจะแตกต่างกันระหว่างปลาแต่ละสติก และสามารถจำแนกปลาทุในอ่าวไทยออกเป็นสติกต่างๆตามความคล้ายคลึงและความแตกต่างของวัฏจักรชีวิตปลาทุนี้ได้

จากการวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งหมด (จาก Spot ตั้งแต่จุดกึ่งกลาง (Primodium/core) ถึงขอบ (Edge)) ของกระดูกหูปลาทุ (แยกเพศ) พบว่าสมการจัดจำแนก (2 มิติ) แสดงได้ดังนี้

เพศผู้

$$\text{LDA1} = - (291.04 \times \text{Li}) + (151.08 \times \text{Mg}) - (2.80 \times \text{K}) + (457.18 \times \text{Mn}) + (2,423.78 \times \text{Ni}) + (750.46 \times \text{Cu}) + (12.92 \times \text{Sr}) - (180.92 \times \text{Ba}) \quad (5.5)$$

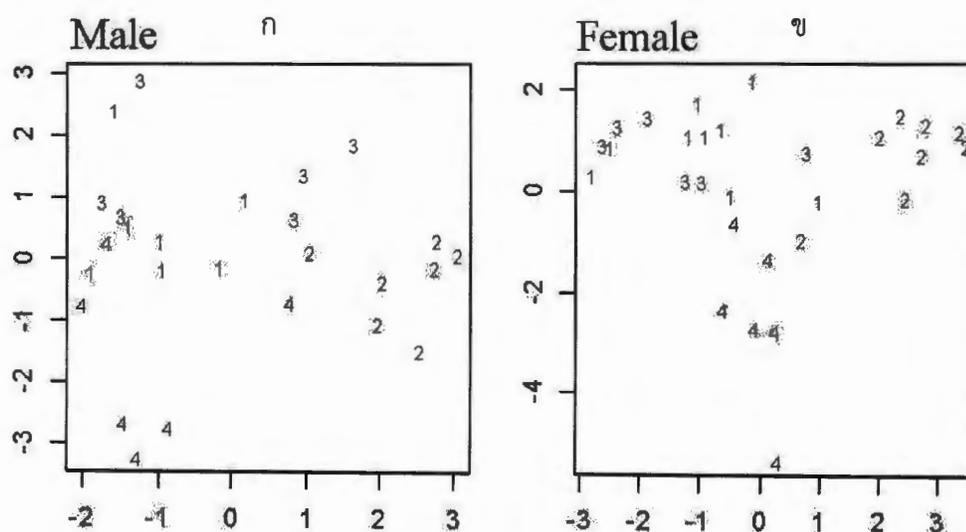
$$\text{LDA2} = - (90.05 \times \text{Li}) - (34.56 \times \text{Mg}) + (32.08 \times \text{K}) - (517.74 \times \text{Mn}) + (2,514.74 \times \text{Ni}) - (1,595.21 \times \text{Cu}) + (10.11 \times \text{Sr}) + (134.89 \times \text{Ba}) \quad (5.6)$$

เพศเมีย

$$\text{LDA1} = - (35.86 \times \text{Li}) + (19.65 \times \text{Mg}) + (0.59 \times \text{K}) + (561.09 \times \text{Mn}) + (4,268.58 \times \text{Ni}) + (1,201.11 \times \text{Cu}) - (16.62 \times \text{Sr}) - (25.87 \times \text{Ba}) \quad (5.7)$$

$$\text{LDA2} = - (220.44 \times \text{Li}) + (24.44 \times \text{Mg}) - (3.16 \times \text{K}) - (979.22 \times \text{Mn}) + (4,536.23 \times \text{Ni}) + (2,801.77 \times \text{Cu}) - (19.94 \times \text{Sr}) + (178.49 \times \text{Ba}) \quad (5.8)$$

จากสมการการจัดจำแนกดังกล่าวสามารถแสดงภาพสองมิติของการจัดจำแนกตามสมการดังกล่าวได้ดังภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 การจัดจำแนกกลุ่มของปลา (ก) คือปลาเพศผู้ (ข) คือปลาเพศเมีย ที่จับมาได้จากพื้นที่ 4 แห่งในอ่าวไทย (1 = อ่าวไทยฝั่งตะวันออก 2 = อ่าวไทยตอนใน 3 = อ่าวไทยตอนกลาง และ 4 = อ่าวไทยตอนล่าง) โดยวิธีการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งกระดูกหูปลา

เมื่อนำสมการที่ได้ไปดำเนินการตรวจสอบความแม่นยำของการจำแนกกลุ่มพบว่ามีความแม่นยำค่อนข้างสูง ทั้งในปลาเพศผู้ (ความถูกต้องรวมทั้งหมดร้อยละ 85) และปลาเพศเมีย (ความถูกต้องรวมทั้งหมดร้อยละ 86) โดยในเพศผู้มีความถูกต้องสูงที่สุด (ร้อยละ 100) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 2 (อ่าวไทยตอนบน) และมีความถูกต้องน้อยที่สุด (ร้อยละ 83) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 3 (อ่าวไทยตอนกลาง) ส่วนในเพศเมียมีความถูกต้องสูง (ร้อยละ 89) ที่สุดในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 1 (อ่าวไทยฝั่งตะวันออก) และมีความถูกต้องน้อยที่สุด (ร้อยละ 83) ในพื้นที่เก็บตัวอย่างที่ 3 และ 4 (อ่าวไทยตอนกลาง และตอนล่าง) ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการตรวจสอบความแม่นยำของการวิเคราะห์จำแนก (Linear discriminant analysis) โดยใช้ข้อเท็จประกอบธาตุเฉลี่ยทั้งกระดูกปลาทุ

พื้นที่เก็บตัวอย่าง (Collection location group)	การจัดจำแนกเข้ากลุ่มอย่างถูกต้อง (Predicted group membership) (ร้อยละ)			
	1	2	3	4
ปลาเพศผู้				
1	86	0	14	0
2	0	100	0	0
3	17	0	83	0
4	17	17	0	67
ปลาเพศเมีย				
1	89	11	0	0
2	0	88	0	12
3	0	17	83	0
4	17	0	0	83

5.4 วิจารณ์ผล

การคัดเลือกธาตุที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) นั้นมีความสำคัญมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีการศึกษาพบว่าธาตุบางธาตุได้รับอิทธิพลทางสรีระวิทยาแตกต่างกันในปลาแต่ละเพศ และแต่ละขนาด (Sturrock et al., 2014: 245-264) การศึกษาครั้งนี้จึงได้ลดความผันแปรของข้อมูลจากอิทธิพลดังกล่าวโดยใช้ตัวอย่างปลาทุขนาดใกล้เคียงกัน และ

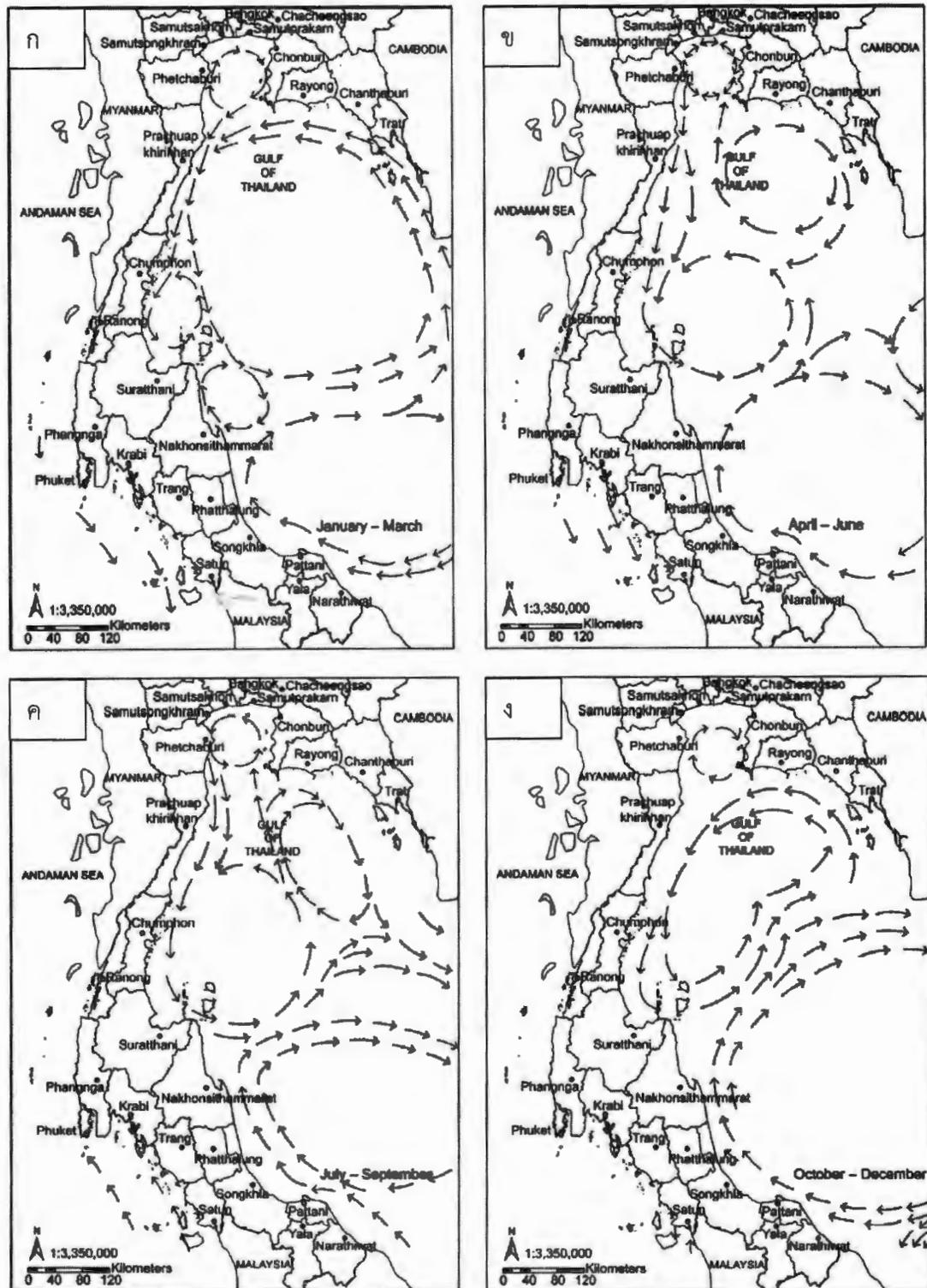
ดำเนินการวิเคราะห์แบบแยกเพศ โดยได้ดำเนินการคัดเลือกธาตุต่างๆ จากการตรวจสอบธาตุที่แสดงอิทธิพลในการจำแนกกลุ่มสูงสุด 5 ธาตุแรก (แยกวิเคราะห์ครั้งละเพศ) จากธาตุทั้งหมดจำนวน 14 ธาตุ เป็นขั้นตอนแรก จากนั้นจึงดำเนินการตรวจเอกสารเพื่อยืนยันถึงการใชธาตุที่ประสบความสำเร็จในการใช้วิเคราะห์จำแนกกลุ่มในปลาทะเลต่างๆ ที่รายงานไว้ในพื้นที่ต่างๆ สรุปผลการคัดเลือกธาตุได้ 8 ธาตุ ซึ่งมี ดังนี้ลิเทียม (Li) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) สังกะสี (Zn) สตรอนเซียม (Sr) แบเรียม (Ba)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรขององค์ประกอบธาตุในพื้นที่เก็บตัวอย่างต่าง ๆ พบว่าปลาเพศผู้ และปลาเพศเมียมีความแตกต่างขององค์ประกอบธาตุระหว่างพื้นที่ ($p < 0.01$) ซึ่งจากการตรวจสอบการกระจายตัวของค่า Canonical score เปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ต่างๆ พบว่ามีการกระจายตัวของค่าที่แตกต่างกันทั้งเพศผู้และเพศเมีย (ภาพที่ 5.7) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า ธาตุที่คัดเลือกมาทั้งหมด 8 ธาตุนี้ สามารถใช้ในการวิเคราะห์กลุ่มได้

สำหรับการจำแนกสต็อคปลาในอ่าวไทยนั้น พบว่าการใช้องค์ประกอบของธาตุทั้ง 8 ธาตุ (ทั้งองค์ประกอบธาตุจากเฉพาะขอบกระดูกหู และองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งกระดูกหู) นำมาวิเคราะห์จำแนก (LDA, linear discriminant analysis) ประสบความสำเร็จในการจำแนกปลาออกเป็น 4 สต็อค ใน 4 พื้นที่การทำประมง ได้แก่ สต็อคอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สต็อคอ่าวไทยตอนบน สต็อคอ่าวไทยตอนกลาง และสต็อคอ่าวไทยตอนล่าง โดยปลาทุกแต่ละสต็อคใช้ช่วงชีวิตมากกว่าร้อยละ 30 ของช่วงชีวิตทั้งหมดอาศัยอยู่ในแหล่งประมงแต่ละแหล่ง จากการวิเคราะห์จำแนกองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งกระดูกหูพบที่มีความคล้ายคลึงของวัฏจักรชีวิตปลาสูง (โดยเฉพาะปลาจากสต็อคอ่าวไทยตอนบนมีความคล้ายคลึงของวัฏจักรชีวิตสูงถึงร้อยละ 88 และร้อยละ 100 ในเพศเมียและเพศผู้ตามลำดับ) เป็นที่น่าสังเกตว่า ในเขตการประมงที่ 3 และ 4 (อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง) มีปลาที่วัฏจักรชีวิตค่อนข้างแตกต่างกันมากกว่าสต็อคอื่นๆ อาจสื่อถึงการแพร่กระจายของตัวอ่อนปลาจากหลายๆพื้นที่ในอ่าวไทยมารวมฝูงกันเป็นสต็อคเดียวกันในสต็อคปลาอ่าวไทยตอนกลาง และตอนล่างนี้ นอกจากนี้ อ่าวไทยตอนกลางยังเป็นพื้นที่วางไข่ปลาที่สำคัญ มีสภาวะที่เหมาะสมในการเลี้ยงตัวอ่อน การพบว่ามีปลาที่วัฏจักรชีวิตค่อนข้างแตกต่างกันนี้อาจเกิดจากการเคลื่อนย้ายปลาจากพื้นที่อื่น ๆ มาผสมพันธุ์วางไข่ในพื้นที่นี้

แหล่งวางไข่ที่สำคัญของปลาในอ่าวไทยพบในพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง แต่จากการวิเคราะห์จำแนกสต็อคที่พบว่ามีปลาถึง 4 สต็อคในอ่าวไทยนี้สื่อถึงว่ามีแหล่งวางไข่อื่นๆ นอกจากในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Puthy and Kristofersson (2007: 1-65), Try (2007: 1-53) และ Matsui (1970: 1-33) ที่รายงานว่าปลาน่าจะมีแหล่งวางไข่อีกแหล่งหนึ่งในพื้นที่ชายฝั่งของราชอาณาจักรกัมพูชา จากการสำรวจของโครงการ NAGA ในปี พ.ศ. 2502-2504 พบลูกปลาวัยอ่อนของปลาเป็นปริมาณถึง 100-1,000 ตัวต่อพื้นที่ 1,000 ตารางเมตร ในพื้นที่เกาะรง (Koh Rong)

ราชอาณาจักรกัมพูชา (Matsui, 1970: 1-33) ประกอบกับการที่ลมมรสุม 2 ทิศทาง (ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ) ที่พัดผ่านอ่าวไทย ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของกระแสน้ำในอ่าวไทย ใน 4 รูปแบบ (Singkran, 2014: 149-159, Pollution Control Department, 1996: 40-49 ภาพที่ 5.10) อาจทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายลูกปลาวัยอ่อนจากแหล่งอนุบาลไปสู่พื้นที่ต่างๆในอ่าวไทยโดยเฉพาะอ่าวไทยตอนกลางซึ่งเป็นพื้นที่เปิด และเป็นทางผ่านของลมมรสุมทั้งลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้พื้นที่บริเวณนี้เป็นรอยต่อของกระแสน้ำหลายกระแสน้ำ (Singkran, 2014: 149-159, Pollution Control Department, 1996: 40-49 ภาพที่ 5.10) ส่วนอ่าวไทยตอนบนซึ่งเป็นพื้นที่กึ่งปิด อิทธิพลของลมมรสุมและกระแสน้ำมีผลน้อยมากต่อการแพร่กระจายของปลาทูวัยอ่อนและวัยรุ่น จึงพบว่าไม่มีความแตกต่างของวัฏจักรชีวิตปลาทูสต็อคนี้



ภาพที่ 5.11 รูปแบบการไหลของกระแสน้ำในอ่าวไทย 4 รูปแบบ ใน 4 ช่วงเวลาในรอบปี และพบว่า อ่าวไทยตอนกลาง เป็นรอยต่อระหว่างกระแสหลายกระแส
ที่มา: Singkran (2014: 149-159); Pollution Control Department (1996: 49)

5.5 สรุป

ปลาทุในอ่าวไทยสามารถจำแนกได้เป็น 4 สต็อกตามรูปแบบองค์ประกอบธาตุในขอบกระดุกทุ และองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตของปลา โดยปลาทุใช้ชีวิตในแต่ละสต็อกมากกว่าร้อยละ 50 ของช่วงชีวิตทั้งหมด สต็อกปลาทุในอ่าวไทยตอนบนมีวัฏจักรชีวิตที่มีความเฉพาะตัวสูง และไม่ปะปนกับปลาทุในพื้นที่อื่นๆ ส่วนสต็อกปลาทุในอ่าวไทยตอนกลางมีแหล่งที่มาของลูกปลาวัยอ่อนที่หลากหลายซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลลมมรสุม และกระแสน้ำที่ไหลผ่านมายังพื้นที่นี้ การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับสต็อกปลาทุนี้ควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ประชากร โดยควรศึกษาในลักษณะแยกเพศ นอกจากนี้การศึกษาระบุแหล่งวางไข่ และการใช้พื้นที่วางไข่ (วางไข่แยกกัน หรือใช้พื้นที่วางไข่ร่วมกันระหว่างสต็อกปลาทุ) ก็ควรเป็นประเด็นที่ควรดำเนินการต่อไป นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์ทางชีววิทยาและพลวัตประชากรของปลาทุแต่ละสต็อกก็เป็นประเด็นสำคัญสำหรับการบริหารจัดการประมงปลาทุในแต่ละสต็อก ซึ่งในประเด็นนี้ได้ดำเนินการศึกษาในครั้งนี้ โดยรายละเอียดแสดงไว้ในบทที่ 6

บทที่ 6

การเติบโตและระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

6.1 คำนำ

ปลาทุ *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) เป็นปลาผิวน้ำในอ่าวไทยที่ถูกจับได้มากเมื่อเทียบกับบรรดาผลจับปลาผิวน้ำชนิดที่มีความสำคัญและมีคุณค่าทางเศรษฐกิจในอ่าวไทย ปลาทุที่จับได้ในอ่าวไทย มีปริมาณมากใกล้เคียงกับปลาอีกสองกลุ่มได้แก่ ปลากระตัก และปลาหลังเขียว ปลาทุถูกจับนำมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมากในช่วงเวลาที่ผ่านมามากกว่า 60 ปี ปัจจุบันนี้ผลจับปลาทุมีความผันผวนมากกว่าที่ผ่านมาในอดีต ทั้งที่มีการดำเนินการวางมาตรการต่าง ๆ เพื่อบริหารจัดการปลาทุในธรรมชาติ เช่น มาตรการปิดอ่าว มาตรการห้ามใช้เครื่องมือบางประเภทสำหรับจับปลาทุในฤดูวางไข่ เป็นต้น สื่อให้เห็นว่าทรัพยากรปลาทุที่หลากหลายแหล่งที่มา และบางกลุ่มถูกนำขึ้นมาใช้ประโยชน์เต็มที่แล้ว สอดคล้องกับผลการศึกษาของงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระดับการใช้ประโยชน์จากปลาทุในบริเวณอ่าวไทยที่ส่วนใหญ่รายงานว่าเกินระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมแล้ว (SCSP 1978: 1-70) จากองค์ความรู้เกี่ยวกับ พลวัตประชากร และการทำการประมง ของปลาทุในอ่าวไทยในช่วงเวลาที่ผ่านมา หน่วยงานที่เกี่ยวข้องมักให้ความสำคัญกับสต็อกปลาทุที่มีแหล่งกำเนิดและหากินในบริเวณพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง (บริเวณแหล่งวางไข่ หมู่เกาะอ่างทอง และพื้นที่ใกล้เคียง) แต่จากการจำแนกสต็อกปลาทุในอ่าวไทยซึ่งดำเนินการดังรายละเอียดที่แสดงไว้ในบทที่ 5 ซึ่งระบุไว้ชัดเจนแล้วว่าปลาทุในอ่าวไทย (โดยเฉพาะน่านน้ำไทย) มี 4 สต็อก ดังนั้นการศึกษาทางด้านพลวัตประชากร และระดับการใช้ประโยชน์ของปลาทุในอดีตที่ผ่านมาอาจสื่อได้ถึงเพียงสต็อกปลาทุในอ่าวไทยตอนกลางนี้เท่านั้น และส่งผลให้สต็อกปลาทุอื่น ๆ ในพื้นที่อ่าวไทยยังขาดข้อมูลเบื้องต้นที่เหมาะสมสำหรับการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ พลวัตประชากร (การเติบโต การตาย) และระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสม (ขนาดแรกจับ และระดับทำการประมงที่เหมาะสม) ของปลาทุแต่ละสต็อกก็ยังคงไม่มีความชัดเจน เนื่องจากสัตว์น้ำแต่ละสต็อกต่างก็มีค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางชีววิทยา พลวัตประชากร และการทำการประมงที่แตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อความชัดเจนของภาพสภาวะทรัพยากรปลาทุในอ่าวไทย และเพื่อการบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพที่จะให้ทรัพยากรปลาทุคงมีอยู่ และสามารถนำมาใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องและตลอดไป การศึกษาบทนี้ (บทที่ 6) จึงได้ทำการศึกษพลวัตประชากรปลาทุในอ่าวไทยในแต่ละสต็อก (ในส่วนของสภาวะทรัพยากรและการประมง) รวมถึงขนาดตาอวนที่เหมาะสม ที่จะนำมาใช้ทำการประมงในบริเวณอ่าวไทย สำหรับปลา

ทูแต่ละสต็อค ซึ่งผลของการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการอนุรักษ์ บริหาร และจัดการทรัพยากรปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทยในอนาคตโดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน คือ เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทย เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย (ทั้งจากสาเหตุทางธรรมชาติและการประมง) ของปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทย เพื่อศึกษาระดับการประมงที่เหมาะสมสำหรับปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทย โดยการวิเคราะห์แบบจำลองผลจับต่อหน่วยทดแทนที่ และเพื่อหาขนาดที่เหมาะสมในการทำการประมงปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทย

6.2 อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการศึกษาการเติบโต การตาย และระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทูแต่ละสต็อคในอ่าวไทย มีขั้นตอนการดำเนินการสามารถอธิบายได้ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

6.2.1 การตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกหูปลาทู

เพื่อดำเนินการพิสูจน์ว่าปลาทูมีการสร้างวงวันในกระดูกหูจริงหรือไม่ ปลาทูวัยอ่อนที่ทราบอายุ (3, 6, 9, 12, 15, 20 และ 30 วัน) ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งสมุทรสาครได้ถูกนำมาตรวจสอบจำนวนวงวันในกระดูกหู โดยนำตัวอย่างลูกปลาทูมาเก็บตัวอย่างกระดูกหูภายใต้กล้องกำลังขยายสูง (Compound microscope) เมื่อพบตัวอย่างกระดูกหูดำเนินการปรับแสงให้เห็นวงวันอย่างชัดเจน และถ่ายภาพกระดูกหูดังกล่าวด้วยกล้องดิจิทัล และนำภาพถ่ายดังกล่าวมาดำเนินการนับจำนวนวงวันเพื่อยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกหูปลาทูดังกล่าว (รายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบยืนยัน แสดงไว้ดังภาพที่ 6.1)



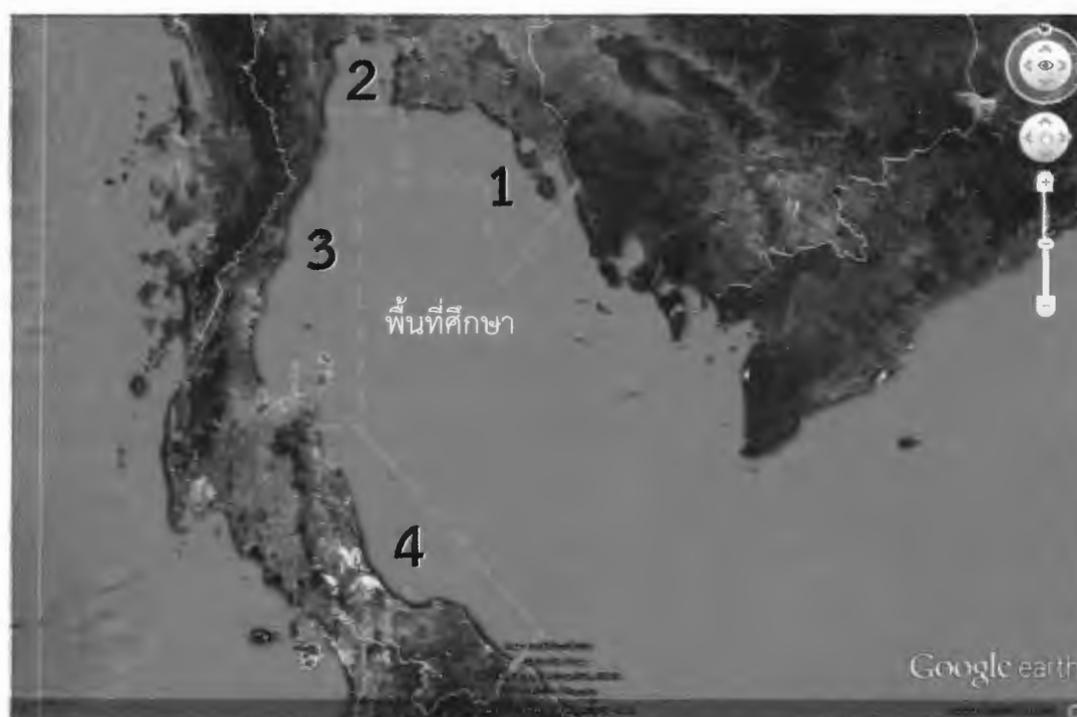
ภาพที่ 6.1 รายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดูกหูปลาทู

6.2.2 ตัวอย่างปลาทุแต่ละสต็อคเพื่อศึกษาค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากร

ปลาทุที่นำมาใช้ศึกษาเกี่ยวกับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ทางพลวัตประชากรในครั้งนี้ใช้จำนวนตัวอย่าง 30 ตัวอย่างต่อเพศต่อสต็อค ดังนั้นจึงมีตัวอย่างที่นำมาศึกษาทั้งหมด 240 ตัวอย่าง (30 ตัว x 2 เพศ x 4 สต็อค) ตัวอย่างที่นำมาใช้เป็นตัวอย่างที่มีการกระจายของขนาดตั้งแต่เล็กสุดถึงใหญ่สุดที่ถูกทำประมงได้ในแหล่งทำการประมงต่าง ๆ รายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่างที่ใช้ดำเนินการศึกษาในบทนี้แสดงไว้ในตารางที่ 6.1 จากนั้นตัวอย่างปลาทุในแต่ละพื้นที่ในอ่าวไทย (ภาพที่ 6.2) (ได้แก่ อ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง) ซึ่งดำเนินการวัดขนาดความยาว (ความยาวตลอดลำตัว หน่วยเป็นมิลลิเมตร) และชั่งน้ำหนัก (หน่วยเป็นกรัม) รายตัวแล้วนั้น นำมาผ่ากะโหลกศีรษะเพื่อเก็บกระดูกหูชั้นที่เรียกว่า ซาจิสตา (Sagitta) ซึ่งเป็นกระดูกหูคู่ที่มีชิ้นที่ใหญ่ที่สุดในบรรดากระดูกหูทั้งสามคู่ และเป็นคู่ที่ได้รับการเชื่อถือในการใช้ศึกษาอายุของปลาชนิดต่าง ๆ จากนักวิทยาศาสตร์การประมง ตัวอย่างกระดูกหูนำมาเก็บไว้ในหลอดพลาสติกขนาดเล็กเพื่อนำไปเตรียมตัวอย่างในห้องปฏิบัติการต่อไป

ตารางที่ 6.1 ความยาวเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของตัวอย่างปลาทุที่นำมาศึกษา จำแนกตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง

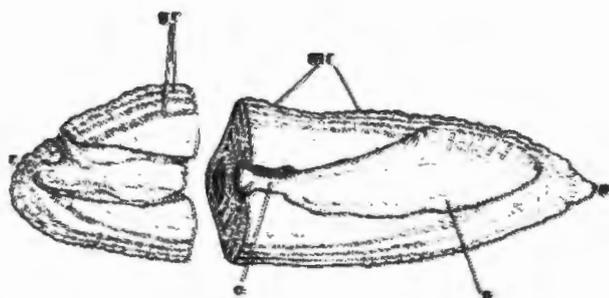
พื้นที่ศึกษา	เพศ	จำนวนตัวอย่าง	ความยาวตลอดลำตัว (มม.)±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อ่าวไทยตะวันออก	ผู้	30	171.20±9.26
อ่าวไทยตอนบน	ผู้	30	175.17±21.70
อ่าวไทยตอนกลาง	ผู้	30	177.63±14.30
อ่าวไทยตอนล่าง	ผู้	30	179.43±6.52
อ่าวไทยตะวันออก	เมีย	30	185.47±14.61
อ่าวไทยตอนบน	เมีย	30	186.17±14.07
อ่าวไทยตอนกลาง	เมีย	30	187.57±15.11
อ่าวไทยตอนล่าง	เมีย	30	184.17±6.87



ภาพที่ 6.2 พื้นที่ศึกษาอ่าวไทย และการแบ่งเขตการเก็บตัวอย่างปลาหู (เส้นประแสดงการแบ่งเขตเป็นสี่เขต คือ พื้นที่อ่าวไทยฝั่งตะวันออก พื้นที่อ่าวไทยตอนใน พื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง และ พื้นที่อ่าวไทยตอนล่าง) จุดสีแดงแสดงสถานีที่ดำเนินการเก็บตัวอย่าง

6.2.3 การเตรียมกระดูกหูปลาหูสำหรับใช้เก็บข้อมูลอายุ

ตัวอย่างกระดูกหูฝั่งซ้ายของปลาแต่ละตัว นำมาหล่อในเรซิน และนำมาตัดผ่านในแนวขวาง (Transverse section) (ภาพที่ 6.3) ด้วยเครื่องตัดความเร็วต่ำ (Low speed weal saw) ให้เป็นแนวขนานกับจุดกึ่งกลางกระดูกหู ให้ชิ้นของกระดูกหูที่ตัดได้มีความหนาประมาณ 1,000 ไมโครเมตร ตัวอย่างกระดูกหูที่ผ่านการตัดแล้วนำมาปะติดกับแผ่นสไลด์แก้ว ทำการเขียนระบุรายละเอียดของตัวอย่าง ชัดด้วยกระดาษทรายที่มีความละเอียดสูง (3 - 0.3 ไมโครเมตร) เพื่อลบรอยขีดข่วนที่เกิดจากการตัด และเพื่อให้ชิ้นกระดูกหูบางลงจนสามารถมองเห็นวงวันชัดเจน ขัดกระดูกหูจนเห็นวงวันชัดเจนจึงหยุดขัด ทั้งนี้ควรหมั่นสังเกตส่วนของแกนกลางกระดูกหู (Primodium) เมื่อพบว่าส่วนของแกนกลางกระดูกหูเริ่มปรากฏ ควรหยุดขัดก่อนที่ส่วนของ Primodium จะถูกขัดหายไป เนื่องจากบริเวณนี้เป็นจุดตั้งต้นของวงวัน (Daily ring) ของปลา จากนั้นทำความสะอาดตัวอย่างกระดูกหูที่ขัดแล้วด้วยน้ำกลั่น และเช็ดให้แห้งด้วยกระดาษที่อ่อนนุ่ม และซับน้ำได้ดี เมื่อแห้งแล้วเก็บไว้ในกล่องให้ปลอดภัยจากการแตกหัก ในอุณหภูมิห้อง

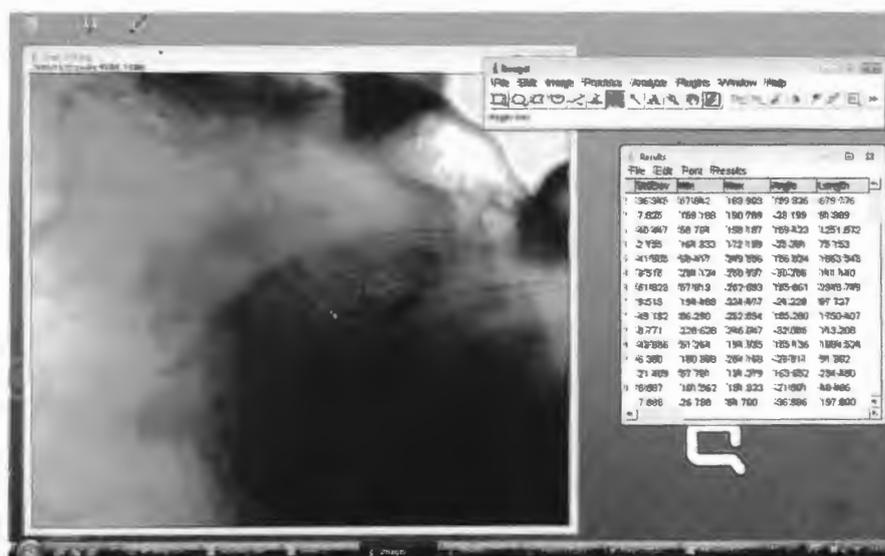


ภาพที่ 6.3 การตัดกระดูกหูในแนวขวาง (Transverse section)

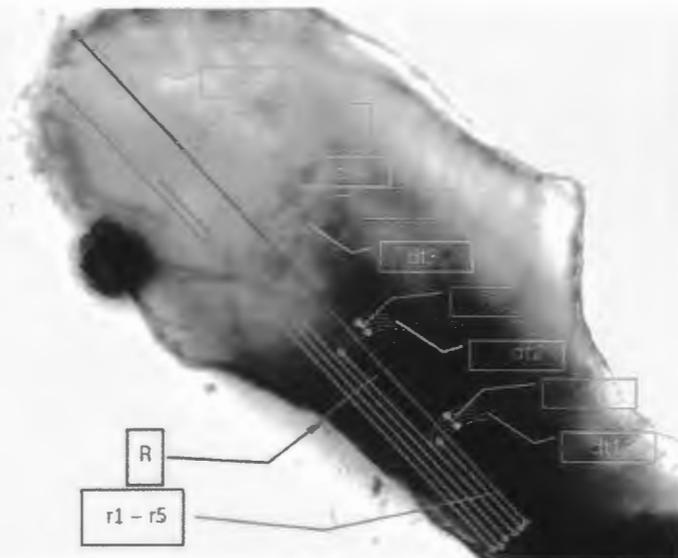
ที่มา: Morales-Nin (1992: 1-52)

6.2.4 การเก็บข้อมูลอายุปลาจากกระดูกหูปลา

ถ่ายภาพวงวันบนกระดูกหูปลาด้วยกล้องดิจิทัล ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เลนส์ประกอบ กำลังขยาย 10 เท่า นำภาพถ่ายของกระดูกหูแต่ละภาพมาปรับความสว่างและความคมชัด นับตัวอย่างจำนวนวงวัน (โดยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ (Rasband, 1997: Web-Site) ภาพที่ 6.4) และคำนวณจำนวนวงวันทั้งหมดตามวิธี Ageing based on increment thickness (Ralston and Miyamoto, 1981: 83-88, 1983: 523-535; Ralston, 1976: 990-994, 1985: 14-15) โดยจำนวนวงวันทั้งหมด คำนวณได้จากจำนวนวงวันที่นับได้ในบริเวณที่เห็นชัดเจนตามการอธิบายในภาพที่ 6.5 โดยกำหนดให้มีผู้อ่านอายุปลาจำนวน 3 คน



ภาพที่ 6.4 การนับวงวันโดยโปรแกรม ImageJ



ภาพที่ 6.5 การคำนวณหาอายุของปลาโดยวิธี The ageing method based on increment thickness

6.2.5 ลักษณะของข้อมูล

ลักษณะของข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลข้อมูลอายุปลาตามความยาวต่าง ๆ ของปลาทุกตัวที่เก็บตัวอย่างจากในอ่าวไทยในพื้นที่ที่ดำเนินการจำแนกสต็อคซึ่งเป็นผลการศึกษาที่ได้จากการศึกษาองค์ประกอบธาตุในกระดูกหูปลาในบทก่อนหน้า (บทที่ 5) โดยสต็อคปลาจำแนกไว้เป็น 4 สต็อค ได้แก่ สต็อคจากอ่าวไทยฝั่งตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง

6.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลปลาทุกตัวสต็อค ตามลำดับหัวข้อ ดังนี้

6.2.6.1 ทดสอบรูปแบบการเติบโต

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลา และทดสอบรูปแบบการเติบโต โดยใช้สมมติฐานหลักที่ว่า การเจริญเติบโตเป็นแบบไอโซเมตริก (isometric growth) กล่าวคือ รูปร่างและความถ่วงจำเพาะของสัตว์ไม่เปลี่ยนแปลง การเจริญเติบโตของทุกส่วนของลำตัวปลาเป็นสัดส่วนกันตลอดเวลาที่มีการเจริญเติบโต และน้ำหนักตัวจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวยกกำลังสาม ดังสมการที่ (6.1)

$$W = qL^n \quad (6.1)$$

เมื่อ

W = น้ำหนักของสัตว์ (กรัม)

q = ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)

L = ความยาวของสัตว์ (ซม.)

n = ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต

การทดสอบรูปแบบการเติบโตว่าเป็นไฮโซเมตริกหรือไม่ โดยการทดสอบค่า n ในสมการ (1) โดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

6.2.6.2 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุ

ดำเนินการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุที่อ่านได้จากผู้อ่านทั้ง 3 คน ตามสมการที่ (6.2)

$$CV = 100 * \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij} - X_j)^2}{R-1}}}{X_j} \quad (6.2)$$

เมื่อ

CV = ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปร

X_{ij} = อายุครั้งที่ i ที่อ่านได้จากปลาตัวที่ j

X_j = ค่าเฉลี่ยของอายุที่อ่านได้ของปลาตัวที่ j

R = จำนวนครั้งในการอ่านอายุ

6.2.6.3 การเปรียบเทียบอัตราการเติบโตระหว่างเพศ และระหว่างสต็อก

เพื่อตรวจสอบว่าอัตราการเติบโตระหว่างปลาทุเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงดำเนินการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ANCOVA (Analysis of covariance) และหากพบว่าอัตราการเติบโตระหว่างปลาทุเพศผู้และเพศเมียในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) จะดำเนินการวิเคราะห์ประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตต่าง ๆ (ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต และความยาวสูงสุดของปลา) แบบรวมเพศ

เพื่อทดสอบว่าอัตราการเติบโตของปลาในแต่ละสต็อกมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงดำเนินการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ANCOVA (Analysis of covariance) เช่นเดียวกัน

6.2.6.4 ค่าพารามิเตอร์การเติบโต

ค่าเฉลี่ยของการอ่านอายุจากผู้อ่านทั้ง 3 คน นำมาประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตต่าง ๆ (ได้แก่ ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต และความยาวสูงสุดของปลา) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงโดยเมนู Analysis of length-at-age data ในโปรแกรม Fisat II หลังจากนั้นดำเนินการสร้างสมการการเติบโตโดยใช้แบบจำลองการเติบโตของ von Bertalanffy (1938: 181-213) ซึ่งเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการเจริญเติบโตของปลาในรูปฟังก์ชันของอายุ โดยมีสมมติฐานว่ากลุ่มประชากรปลาที่ศึกษามีการเจริญเติบโตแบบไอโซเมตริก ซึ่งจะได้แบบจำลองการเติบโตในรูปความยาวและอายุดังสมการที่ (6.3)

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-K(t-t_0)}] \quad (6.3)$$

เมื่อ

L_t = ความยาวของปลาที่มีอายุ t

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

L_∞ = ความยาวสูงสุดของปลา

t = อายุของสัตว์

t_0 = อายุสมมติของปลาที่มีความยาวเป็นศูนย์

การหาค่าพารามิเตอร์การเติบโต (K) และค่าความยาวสูงสุด (L_∞) ใช้วิธีการประมาณค่าเส้นโค้ง (non-linear estimation) จากข้อมูลอายุปลา ณ ขนาดความยาว (ความยาวตลอดลำตัว: TL) ต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรม FISAT II (FAO-ICLARM Stock Assessment Tools) (FAO, 2006-2016: Web-Site)

สำหรับค่าอายุสมมติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0) นั้น การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลทางชีวประวัติ โดยใช้ความยาวที่เพิ่งเริ่มฟักออกมาเป็นตัว พบว่าปลา มีความยาวแรกเกิดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.29 ± 0.115 มิลลิเมตร (สุทธิชัย และคณะ, 2555) จึงอาศัยสมการความสัมพันธ์ของ Gulland (1969: 1-154) ในการคำนวณหาอายุสมมติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0) ดังสมการที่ (6.4)

$$t_0 = (1/K) \ln([L_\infty - L_0]/L_\infty) \quad (6.4)$$

เมื่อ

L_∞ = ความยาวสูงสุดของปลา

L_0 = ความยาวที่ไข่เริ่มฟักออกมาเป็นตัว

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

6.2.6.5 ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตาย

ประเมินอัตราการตายรวม (Z) ของปลาทุกใช้วิธีการของ Hoenig (1982: 1-10)

ตั้งสมการที่ (6.5)

$$Z = 1/(c_1 * (t_{\max} - t_c)) \quad (6.5)$$

เมื่อ

Z = อัตราการตายรวม

t_{\max} = อายุสูงสุดของสัตว์น้ำ

t_c = อายุแรกจับของสัตว์น้ำ

c_1 = ค่าคำนวณจากฟังก์ชันของขนาดตัวอย่าง

ประเมินอัตราการตายโดยธรรมชาติ (M) ตามวิธีการของ Pauly (1980: 175-192) โดยอาศัยค่าความยาวสูงสุด (L_∞) ค่าพารามิเตอร์การเติบโต (K) และ อุณหภูมิของน้ำ (T) เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายในธรรมชาติ (Z) ตั้งสมการที่ (6.6)

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_\infty + 0.6543 \log K + 0.46341 \log T \quad (6.6)$$

เมื่อ

M = อัตราการตายโดยธรรมชาติ

L_∞ = ความยาวสูงสุดของปลา

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

T = อุณหภูมิของน้ำ

โดยที่อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในอ่าวไทยพบว่ามีค่าอยู่ที่ 29.17 องศาเซลเซียส (กองสำรวจแหล่งประมง, 2521: 7) ซึ่งเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ และอุณหภูมิน้ำไปแทนค่าในสมการที่ (6.6) ก็จะสามารถประมาณค่าอัตราการตายโดยธรรมชาติ (M) ของปลาทุแต่ละสต็อคได้ และเนื่องจากอัตราการตายรวม ประกอบด้วยสองสาเหตุคือการตายโดยธรรมชาติ และการตายโดยการทำการประมงดังนั้นจึงสามารถประเมินอัตราการตายจากการทำการประมง (F) ของปลาทุแต่ละสต็อค (และเพศ) ได้ด้วยการลบอัตราการตายรวม (Z) ด้วยอัตราการตายโดยธรรมชาติ (M) ดังสมการที่ 6.7

$$F=Z-M \quad (6.7)$$

6.2.6.5 แบบจำลองผลจับต่อหน่วยทดแทนที่ (Yield per recruit model)

แบบจำลองผลจับต่อหน่วยทดแทนที่ (Yield per recruitment model) หรือแบบจำลองไดนามิกพูล (Dynamic pool model) จะเป็นแบบจำลองที่ใช้ประเมินผลการประมงและใช้เป็นแนวทางในการวางมาตรการในการจัดการประมง เพื่อให้การประมงอยู่ในระดับที่ผลจับจากสัตว์ในรุ่นใดรุ่นหนึ่งมีน้ำหนักรวมมากที่สุด (Maximum yield per recruitment) หรืออยู่ในระดับที่มีกำไรมากที่สุด (Manimum economic yield) (ปรีชา, 2520ก ข: 1-107) โดยจะทำการวิเคราะห์ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ของปลาทุตามวิธีของ Beverton and Holt (1957: 1-533) ซึ่งปรับปรุงโดย Gulland (1969: 1-154) ได้ให้สมการความสัมพันธ์ไว้ดังสมการที่ (6.8)

$$Y/R = F e^{-M(t_c-t_r)} W_\infty [1/Z - 3S/Z + K + 3S^2/Z + 2K + S^2/Z + 3K] \quad (6.8)$$

เมื่อ

$$S = e^{-k(t_c-t_0)}$$

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

t_0 = อายุสมมติของปลาที่มีความยาวเป็นศูนย์

t_c = อายุแรกจับของปลา

t_r = อายุของปลาที่เข้ามาทดแทนที่

W_∞ = น้ำหนักสูงสุดของตัวปลา

F = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง

M = สัมประสิทธิ์การตายในธรรมชาติ

Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม

6.2.6.7 ขนาดแรกจับที่เหมาะสม

ทำการวิเคราะห์ค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมที่จะทำการประมงปลาในอ่าวไทยตามแบบจำลองของ Beverton and Holt (1957: 1-533) ตามสมการที่ (6.9)

$$Y/R = FRW_{\infty} e^{-M(tc-tr)} \sum (U_n e^{-nK(tc-t_0)}/F+M+nK) \quad (6.9)$$

เมื่อ

R = หน่วยการทดแทนที่

$U_n = U_0 = 1, U_1 = -3, U_2 = 3, U_3 = -1$

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

t_0 = อายุสมมติของปลาที่มีความยาวเป็นศูนย์

t_c = อายุแรกจับของปลา

t_r = อายุของปลาที่เข้ามาทดแทนที่

W_{∞} = น้ำหนักสูงสุดของตัวปลา

F = สัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง

M = สัมประสิทธิ์การตายในธรรมชาติ

จากสมการ (9) นี้ได้ดัดแปลงนำไปประเมินหาขนาดแรกจับที่เหมาะสมด้วยการวิเคราะห์หาปริมาณผลจับตามแต่ละขนาดแรกจับที่แตกต่างกันออกไป โดยเปลี่ยนจากอายุแรกจับเป็นความยาวแรกจับแล้วประเมินหาผลจับแต่ละขนาดปลา ซึ่งดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์จากเมนู Beverton & Holt Y/R Analysis ของโปรแกรม Fisat II

6.3 ผลการศึกษา

จากการดำเนินการศึกษารูปแบบการเติบโต ฟังก์ชันการเติบโต การตาย และระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย ตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาข้างต้นแล้วนั้นผลการศึกษาดังกล่าวสามารถอธิบายได้ตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

6.3.1 การตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดุกหูปลาทุ

ผลสรุปจากการตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดุกหูปลาทุ ยืนยันได้ว่าปลาทุมีการสร้างวงวัน (Daily ring) ในกระดุกหูจริง หลังจากนั้นวงวันจะเพิ่มขึ้นทุกวันตลอดการเติบโตของปลา แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 6.2

ตารางที่ 6.2 การตรวจสอบยืนยันการสร้างวงวันในกระดุกหูกปลา

อายุลูกปลาหลังจากฟักออกจากไข่ (วัน)	จำนวนวงวันที่นับได้จากกระดุกหูก (วง)	ตัวอย่างภาพถ่าย
3	2	
5	4	
12	11	
15	14	
20	19	

6.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักร

ผลสรุปจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักร รวมทั้งตรวจสอบรูปแบบการเติบโต (ถ้าการเจริญเติบโตของปลาในอ่าวไทยเป็นแบบไอโซเมตริก ค่า b ในสมการต้องมีค่าเท่ากับ 3 ดังนั้น จึงทำการทดสอบค่า b ทางสถิติแบบ t -test ของปลาในแต่ละสต็อก ของปลาจากทั้ง 4 สต็อก ผลสรุปแสดงได้ดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 สมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวของปลาทุสต็อคต่าง ๆ ในอ่าวไทย และผลการทดสอบรูปแบบการเติบโต

พื้นที่ศึกษา	สมการในรูปฟังก์ชันยกกำลัง	ค่า b (p)
อ่าวไทยตะวันออก	$W = 0.00001 TL^{3.02}$	= 3 (0.05)
อ่าวไทยตอนบน	$W = 0.0001 TL^{2.56}$	≠ 3 (0.05)
อ่าวไทยตอนกลาง	$W = 0.0007 TL^{2.22}$	≠ 3 (0.05)
อ่าวไทยตอนล่าง	$W = 0.00002 TL^{2.90}$	= 3 (0.05)

จากตารางที่ 6.3 พบว่าการเจริญเติบโตของปลาทุในอ่าวไทยในพื้นที่ อ่าวไทยตอนบน และอ่าวไทยตอนกลางไม่เป็นไปตามรูปแบบไอโซเมตริก เนื่องจากการทดสอบทางสถิติค่า b ในสมการมีค่าไม่เท่ากับ 3 (จากการทดสอบทางสถิติแบบ t-test ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95) แต่จากการตรวจสอบการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวปลาทุในพื้นที่อ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนล่าง และพื้นที่อื่น ๆ รวมทั้งจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง (Froese et al., 2013: 1-7) พบยืนยันว่า ปลาทุมีการเติบโตเป็นแบบไอโซเมตริก สอดคล้องกับข้อกำหนดของแบบจำลองการเติบโตของ von Bertalanffy (1938: 181-213) ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้อธิบายการเติบโตของปลาทุแต่ละสต็อคในอ่าวไทยได้ ส่วนสาเหตุที่ทำให้ค่า b ในสมการที่คำนวณได้จากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าไม่เท่ากับ 3 นั้น เกิดจากการเลือกจับของเครื่องมือประมงในปลาทุที่สุ่มตัวอย่าง ทำให้ปลาทุขนาดเล็กกว่าที่เครื่องมือประมงจะจับได้ (ขนาดเล็กกว่าขนาดแรกจับ) ไม่ถูกนำมารวมในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จึงอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ b ไม่เท่ากับ 3 นอกจากนี้ค่าสัมประสิทธิ์ a และ b จากสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวนั้นยังสื่อได้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของร่างกายของปลาทุในแต่ละสต็อคและอาจมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละสต็อคซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ค่า b ไม่เท่ากับ 3 ได้ในปลาทุบางสต็อคได้ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลทางชีวประวัติของปลาชนิดนี้ยืนยันแล้วว่ามีการเติบโตแบบไอโซเมตริก ดังนั้นแบบจำลองของ von Bertalanffy (1938: 181-213) จึงสามารถใช้อธิบายการเติบโตของปลาทุในการศึกษาครั้งนี้ได้

6.3.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุ

จากดำเนินการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลาทุที่อ่านได้จากผู้อ่านทั้ง 3 คน ตามสมการที่ 2 นั้นพบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 17.79-23.27 (แสดงได้ดังตารางที่ 6.4)

ตารางที่ 6.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลา จําแนกตามเพศและพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา	ค่าสัมประสิทธิ์ของความผันแปรของการอ่านอายุปลา \pm ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
อ่าวไทยตะวันออก	23.27 \pm 16.31
อ่าวไทยตอนบน	21.30 \pm 15.04
อ่าวไทยตอนกลาง	17.79 \pm 11.66
อ่าวไทยตอนล่าง	19.85 \pm 12.34
เฉลี่ย	20.55 \pm 14.30

6.3.3 การเปรียบเทียบอัตราการเติบโตระหว่างเพศ และระหว่างสต็อค

เพื่อตรวจสอบว่าอัตราการเติบโตระหว่างปลาเพศผู้และเพศเมียมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงดำเนินการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ANCOVA (Analysis of covariance) พบว่าอัตราการเติบโตระหว่างปลาเพศผู้และเพศเมียในแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ทั้งนี้เพื่อควมมีประสิทธิภาพ และง่ายสำหรับการนำผลการศึกษานี้ไปใช้ในการบริหารจัดการ การศึกษาครั้งนี้จึงดำเนินการวิเคราะห์ประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโตต่าง ๆ (ได้แก่ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต และความยาวสูงสุดของปลา) แบบรวมเพศ

และเพื่อทดสอบว่าอัตราการเติบโตของปลาในแต่ละสต็อคมีความแตกต่างกันหรือไม่ จึงดำเนินการทดสอบด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม ANCOVA (Analysis of covariance) เช่นเดียวกัน และพบว่าไม่มีความแตกต่างของอัตราการเติบโตของปลาทั้งสองเพศระหว่างสต็อคต่าง ๆ แต่เนื่องจากผลการศึกษาค้นคว้าประกอบทางเคมีในกระดูกปลาแต่ละพื้นที่เก็บตัวอย่างยืนยันว่าปลาทุกพื้นที่ (อ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง) มีรูปแบบองค์ประกอบทางเคมีในกระดูกแตกต่างกันสามารถจําแนกได้เป็น 4 สต็อค ดังนั้นในการศึกษาในบทนี้จึงจะดำเนินการวิเคราะห์อายุและการเติบโตของปลาแบบรวมเพศจําแนกเป็น 4 สต็อคตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง

6.3.3 อายุและการเจริญเติบโต

ข้อมูลความยาวและอายุ (ที่อ่านได้จากกระดูก) ของปลานำเข้าโปรแกรม Fisat II เพื่อใช้ประมาณค่าพารามิเตอร์การเจริญเติบโตตามวิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเส้นตรงโดยเมนู Analysis of length-at-age data ในโปรแกรม Fisat II ซึ่งได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) และความยาวสูงสุด (L_{∞}) ของปลาทุสตีอค์ต่าง ๆ ใน
อ่าวไทย

สต็อก	ค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K)/ปี \pm ความคลาดเคลื่อน มาตรฐาน	ค่าความยาวสูงสุด (L_{∞}) (มม) \pm ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
อ่าวไทยตะวันออก	3.95 ± 2.01^a	192.23 ± 8.25^a
อ่าวไทยตอนบน	2.70 ± 1.80^b	206.88 ± 18.00^b
อ่าวไทยตอนกลาง	2.44 ± 0.99^c	220.63 ± 15.77^c
อ่าวไทยตอนล่าง	4.39 ± 2.81^d	189.64 ± 5.67^d

หมายเหตุ: ตัวอักษรกำกับค่าค่าสัมประสิทธิ์การเติบโตและค่าความยาวสูงสุดในแนวตั้งถ้าต่างกันแสดงถึงมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ทดสอบด้วยวิธีการทดสอบสัดส่วนความเป็นไปได้)

สำหรับค่าอายุสมมุติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0) นั้น การศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ข้อมูลทางชีวประวัติ โดยใช้ความยาวที่ไข่เริ่มฟักออกมาเป็นตัว ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่แท้จริงและถูกต้อง และพบว่าปลาทุสตีอค์ มีความยาวแรกเกิดเฉลี่ยอยู่ที่ 2.29 ± 0.115 มิลลิเมตร (สุทธิชัย ฤทธิธรรม และคณะ, 2555: 176-189) จึงอาศัยสมการความสัมพันธ์ของ Gulland (1969: 1-154) ประมาณได้ค่าอายุสมมุติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0) แสดงไว้ในตารางที่ 6.6

ตารางที่ 6.6 ค่าอายุสมมุติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0) ของปลาทุสตีอค์ต่าง ๆ ใน
อ่าวไทย

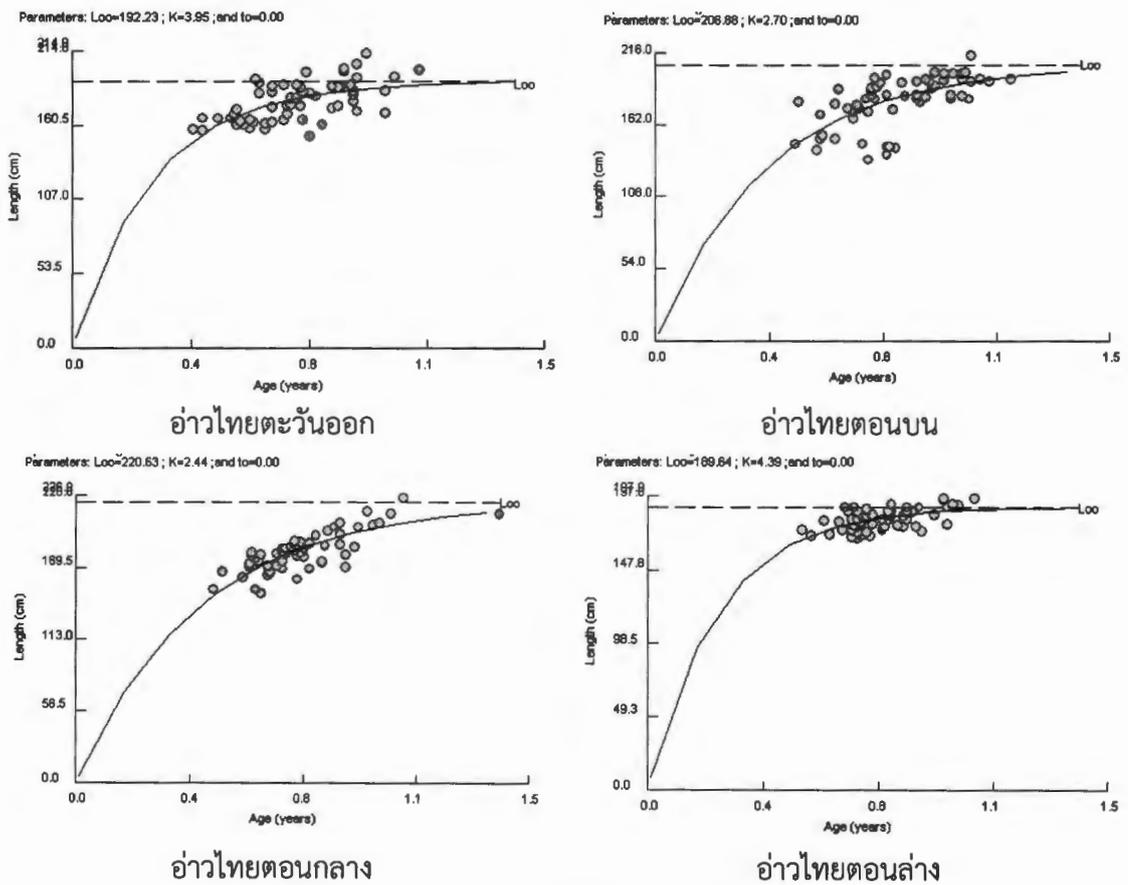
สต็อก	ค่าอายุสมมุติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์ (t_0)
อ่าวไทยตะวันออก	-0.003
อ่าวไทยตอนบน	-0.004
อ่าวไทยตอนกลาง	-0.004
อ่าวไทยตอนล่าง	-0.003

เมื่อนำผลการประเมินค่าพารามิเตอร์การเติบโตของปลาทุสตีอค์ที่ได้ดำเนินการมาแล้ว (K, L_{∞} และ t_0) มาแทนค่าในแบบจำลองการเติบโตของ von Bertalanffy (1938: 181-213) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและอายุของปลาทุสตีอค์จะได้สมการแสดงไว้ในตารางที่ 6.7 โดยได้คำนวณ

ค่า Growth performance indices (ϕ') ไว้เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการคำนวณไว้ในตารางดังกล่าวด้วย และจากสมการความสัมพันธ์ดังกล่าวนำมาแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและอายุของปลาทุกลูกในอำเภอไทย แต่ละพื้นที่ศึกษา แสดงในภาพที่ 6.6

ตารางที่ 6.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวและน้ำหนักของปลาทุกลูกต่าง ๆ ในอำเภอไทย

พื้นที่ศึกษา	von Bertalanffy growth function	ϕ'
อำเภอไทยตะวันออก	$L_t = 192.23[1 - e^{-(3.95(t-0.003)}]$	5.16
อำเภอไทยตอนบน	$L_t = 206.88[1 - e^{-(2.70(t-0.004)}]$	5.06
อำเภอไทยตอนกลาง	$L_t = 220.63[1 - e^{-(2.44(t-0.004)}]$	5.08
อำเภอไทยตอนล่าง	$L_t = 189.64[1 - e^{-(4.39(t-0.003)}]$	5.20



ภาพที่ 6.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอายุและความยาวของปลาแต่ละสต็อคในอำเภอไทย

6.3.4 ค่าพารามิเตอร์การตาย

ผลการประมาณค่าอัตราการตายรวม (Z) ของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทยโดยอาศัยข้อมูลอายุสูงสุดของตัวอย่างตามวิธีของ Hoenig (1982: 1-10) และการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (M) โดยใช้โมเดลของ Pauly (1980: 175-192) และการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (F) ตามสมการที่ (6.7) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) ของปลาทุสต็อกต่าง ๆ ในอ่าวไทยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.03-3.99 ต่อปี สัมประสิทธิ์การตายในธรรมชาติระหว่าง 2.15-2.69 ต่อปี และสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมงอยู่ระหว่าง 0.88-1.30 ต่อปี ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การตายต่าง ๆ แสดงได้ดังตารางที่ 6.8 ซึ่งใช้พิจารณาได้ว่า อัตราการตายรวม การตายโดยธรรมชาติ และการตายโดยการประมงของปลาทุแต่ละสต็อกมีความแตกต่างกัน

ตารางที่ 6.8 ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ และค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ต่อปี) ในแต่ละสต็อกปลาทุ

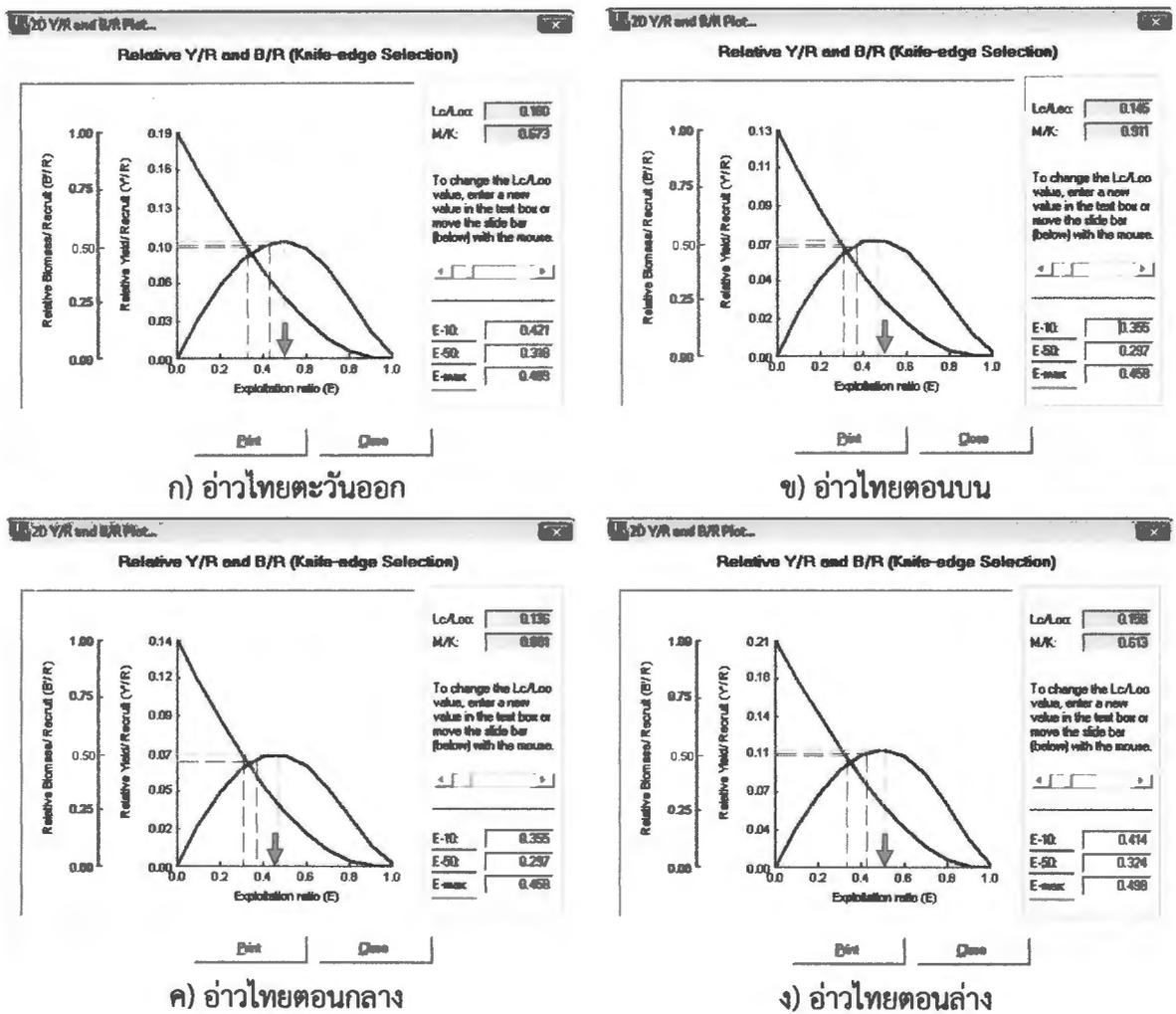
สต็อก	ค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)	ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยธรรมชาติ (ต่อปี)	ค่าสัมประสิทธิ์การตายโดยการประมง (ต่อปี)
อ่าวไทยตะวันออก	5.16	2.66	2.50
อ่าวไทยตอนบน	4.77	2.46	2.31
อ่าวไทยตอนกลาง	3.81	2.15	1.66
อ่าวไทยตอนล่าง	5.42	2.69	2.73

6.3.5 ระดับการทำการประมงที่เหมาะสม และขนาดแรกจับที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

จากการวิเคราะห์ระดับการทำการประมง ณ ปัจจุบันโดยใช้ข้อมูลขนาดแรกจับที่ 30 มิลลิเมตร ตามรายงานของ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ (2557: 28) ผลการวิเคราะห์สรุปว่าทุกสต็อกปลาทุมีการใช้ประโยชน์ (Exploitation ratio: E) (ซึ่งสื่อถึงระดับทำการประมง) อยู่ในจุดที่เกินระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมไปแล้ว (ภาพที่ 6.7) โดยในสต็อกปลาทุอ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และ อ่าวไทยตอนล่าง มีระดับการใช้ประโยชน์ (ระดับทำการประมง) ที่จะให้ได้ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่สูงที่สุด (E_{max}) อยู่ที่ 0.49, 0.46, 0.46 และ 0.50 ตามลำดับ และมีระดับการใช้ประโยชน์ที่จะคงเหลือมวลชีวภาพปลาทุครั้งหนึ่งในสต็อกไว้ในธรรมชาติ ($E_{0.5}$) เพื่อผลิตลูกพันธุ์เข้ามาทดแทนที่เท่ากับ 0.32, 0.30, 0.30 และ 0.32 ตามลำดับ รวมทั้งมีระดับการใช้ประโยชน์ที่จะคงเหลือมวลชีวภาพปลาทุร้อยละ 10 ในสต็อกไว้ในธรรมชาติ ($E_{0.1}$) เพื่อผลิตลูกพันธุ์เข้า

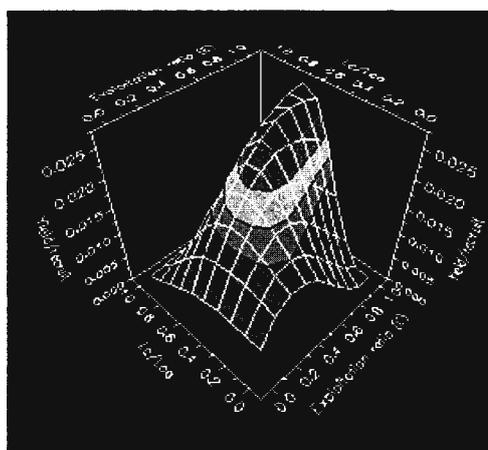
มาทดแทนที่เท่ากับ 0.42, 0.36, 0.36 และ 0.41 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ ณ ปัจจุบันที่คำนวณได้จากการนำค่าอัตราการตายโดยการประมงหารด้วยค่าอัตราการตายรวม (ตารางที่ 6.8) พบมีค่าอยู่ที่ 0.49, 0.49, 0.44 และ 0.50 ในสต็อกปลาทุอ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และ อ่าวไทยตอนล่าง ตามลำดับ

ดังนั้นจึงสรุปว่า ณ การทำการประมงปัจจุบัน ในทุกสต็อกปลานั้นมีค่าระดับการใช้ประโยชน์เกินกว่าระดับการใช้ประโยชน์ที่จะคงเหลือมวลชีวภาพปลาทุอครั้งหนึ่งในสต็อกไว้ในธรรมชาติ ($E_{0.5}$) หรือแม้กระทั่งคงเหลือมวลชีวภาพปลาทุอร้อยละ 10 ในสต็อกไว้ในธรรมชาติ ($E_{0.1}$) เพื่อผลิตลูกพันธุ์เข้ามาทดแทนที่แล้วทั้งสิ้นทุกสต็อก ภาพที่ 6.7 และโดยส่วนมากค่าอัตราการใช้ประโยชน์ปัจจุบันได้ผ่านเลยจุดที่จะได้รับผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่สูงสุดไปแล้ว

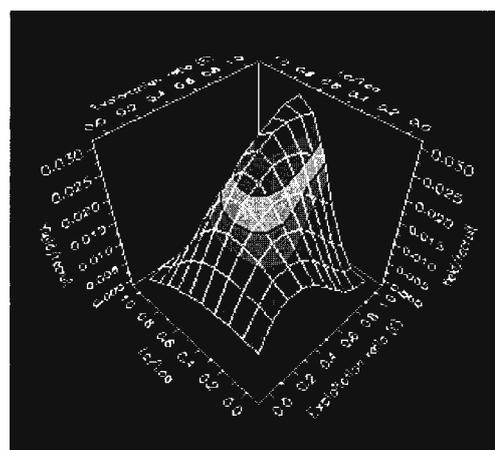


ภาพที่ 6.7 ผลจับต่อหน่วยทดแทนที่สัมพันธ์ของปลาทุอแต่ละสต็อกในอ่าวไทยในสภาวะการณปัจจุบัน ลูกสรแสดงถึงระดับการใช้ประโยชน์ ณ เวลาปัจจุบัน

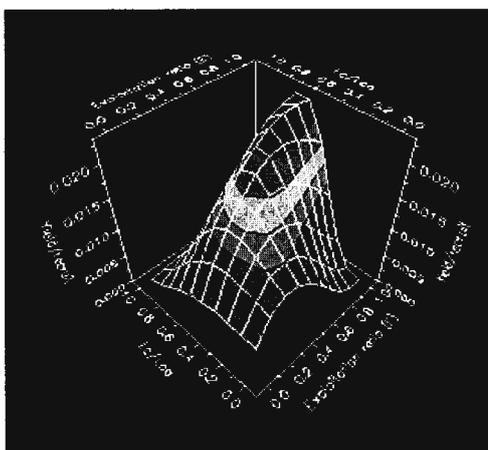
จากผลการวิเคราะห์ระดับการใช้ประโยชน์ และขนาดแรกจับที่เป็นอยู่ในปัจจุบันทำให้ทราบรายละเอียดของสถานการณ์การทำการประมงได้บางประการ แต่เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการบริหารจัดการปลาทูแต่ละสต็อกในอนาคตจึงดำเนินการวิเคราะห์ช่วงของระดับการใช้ประโยชน์และขนาดแรกจับที่เหมาะสมของปลาทูแต่ละสต็อกไว้ ณ ที่นี้ ซึ่งระดับการใช้ประโยชน์ และขนาดแรกจับที่เหมาะสมของปลาทูแต่ละสต็อกแสดงได้ดังภาพที่ 6.8 และตารางที่ 6.9 ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมของปลาทูสต็อกอ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่างมีค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมอยู่ที่ 0.65-0.7 เท่าของความยาวลำตัวสูงสุด (L_{∞}) ซึ่งผลจากการคำนวณช่วงความยาวที่เหมาะสมจากสัดส่วนดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 6.9 สำหรับอัตราการใช้ประโยชน์ที่จะทำให้ได้ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่สูงที่สุดของปลาทูทั้ง 4 สต็อกอยู่ที่ระดับ 0.6-1



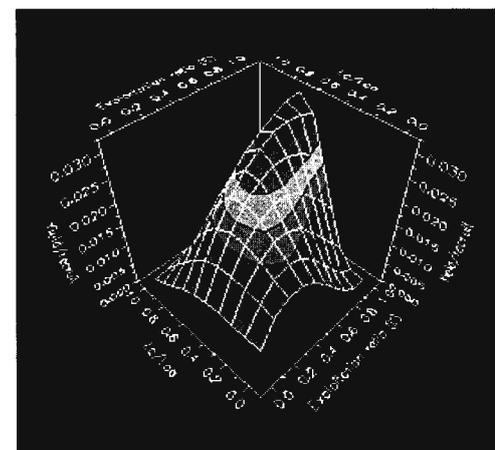
ก) อ่าวไทยตะวันออก



ข) อ่าวไทยตอนบน



ค) อ่าวไทยตอนกลาง



ง) อ่าวไทยตอนล่าง

ภาพที่ 6.8 ผลจับต่อหน่วยทดแทนที่สัมพันธ์ของปลาทูแต่ละสต็อกในอ่าวไทยเมื่อผันแปรขนาดแรกจับและระดับการใช้ประโยชน์

ตารางที่ 6.9 ขนาดแรกจับ (L_c) อัตราการใช้ประโยชน์ (E) และระดับการทำประมง (F) ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละสต็อกปลา

สต็อก	L_c/L_α	L_c (มิลลิเมตร)	E	F
อ่าวไทยตะวันออก	0.70-1.00	134.56-192.23	0.65-1.00	3.35-5.16
อ่าวไทยตอนบน	0.65-1.00	134.47-206.88	0.60-1.00	2.86-4.77
อ่าวไทยตอนกลาง	0.65-1.00	143.41-220.63	0.60-1.00	2.29-3.81
อ่าวไทยตอนล่าง	0.65-1.00	123.27-189.64	0.64-1.00	3.47-5.42

นอกจากนี้ ตามหลักวิชาการด้านการจัดการประมง เราสามารถหาขนาดของสัตว์น้ำที่คุ้มค่าที่สุดที่เราจะนำมาใช้ประโยชน์ ถ้าเรานำทรัพยากรสัตว์น้ำขึ้นมาใช้ประโยชน์เมื่อมีอายุวิกฤตซึ่งเป็นอายุที่สัตว์มีอัตราการเพิ่มของน้ำหนักเท่ากับอัตราการตายในธรรมชาติ จะเป็นการที่นำเอาทรัพยากรขึ้นมาใช้ประโยชน์ที่เกิดประโยชน์สูงสุด (ปรีชา, 2520 ก ข: 1-107) ซึ่งสามารถหาอายุวิกฤตได้จากสมการ ดังนี้

$$t_y = t_0 + (1/K) [(3K + M) / M] \quad (6.10)$$

เมื่อ

t_y = อายุวิกฤตของปลา

t_0 = ค่าอายุสมมุติเมื่อความยาวตัวปลาเท่ากับศูนย์

K = ค่าพารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต

M = อัตราการตายโดยธรรมชาติ

ซึ่งพบว่าในสภาวะการประมงปัจจุบันของแต่ละสต็อก เราจะได้อายุวิกฤตของปลาเท่ากับ 1.38, 1.59, 1.80 และ 1.34 ปี และมีความยาวเท่ากับ 191.41, 201.93, 213.06 และ 189.20 มิลลิเมตร ในสต็อกปลาทูฝั่งอ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง ตามลำดับ ซึ่งปัจจุบันจะพบว่าผลจับปลาทูมีขนาดเล็กกว่าขนาดความยาววิกฤตดังกล่าวทั้งสิ้น ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการพิจารณาปรับเพิ่มค่าความยาวแรกจับให้เหมาะสมกับปลาทูแต่ละสต็อกในอนาคต โดยที่ควรมีมาตรการควบคุมการจับปลาทูขนาดใหญ่ที่เป็นพ่อแม่พันธุ์ในช่วงที่ปลาทูมีการสืบพันธุ์วางไข่ประกอบด้วย

6.4 วิจารณ์ผล

ข้อมูลอายุ และการเติบโตของสัตว์น้ำเป็นข้อมูลที่สำคัญสำหรับการศึกษาทางด้านพลวัตประชากร การประเมินสภาวะทรัพยากร และการบริหารจัดการประมง สำหรับสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ (Campana, 2001: 197-242) โดยปกติแล้วในปลาเขตร้อนข้อมูลอายุดังกล่าวมักได้มาจากการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบความยาวของปลา ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวต้องใช้ตัวอย่างปลาเป็นจำนวนมากและมีขั้นตอนการวิเคราะห์ที่ซับซ้อน และอาจยังต้องเก็บตัวอย่างปลาให้ครอบคลุมทุกขนาด เป็นระยะเวลาอย่างน้อย 12 เดือน (Hoenig et al., 1987: 343-352) สาเหตุที่การประเมินอายุปลาในเขตร้อนมักนิยมวิเคราะห์จากฐานข้อมูลความยาวของสัตว์น้ำนั้นเนื่องจากในอดีตมีความเชื่อว่าส่วนแข็งของปลาโดยเฉพาะกระดูกหูไม่สามารถใช้ตรวจสอบวงปีได้ (Srinoparatwatana, 2009) แต่อย่างไรก็ตาม ด้วยวิธีการที่พัฒนาขึ้น รวมทั้งการตรวจพบโครงสร้างวงวันในกระดูกหูของปลา (Pannella, 1971: 1124-1127) ทำให้ปัจจุบันเราสามารถวิเคราะห์อายุของปลาในเขตร้อนได้ ซึ่งการศึกษารังนี้ที่สามารถดำเนินการวิเคราะห์อายุ และการเติบโตของปลาหูได้เนื่องมาจากการใช้ประโยชน์จากวิธีการอ่านวงวันจากกระดูกหูที่ได้รับการพัฒนาดังกล่าว โดยการใช้วิธีตัดขวางกระดูกหูให้เป็นแผ่นชิ้นบาง ขัดกระดูกหูจนใสและสามารถมองเห็นวงวันได้ ร่วมกับการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ImageJ (Rasband, 1997 - 2014: Web-Site) เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบจำนวนวงวัน จากนั้นข้อมูลอายุของปลาจากวงวันก็จะสามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้ตามวิธี The ageing method based on increment thickness (Ralston and Miyamoto, 1981: 83-88, 1983: 523-535; Ralston, 1976: 990-994, 1985: 14-15)

การยืนยันถึงการเกิดขึ้นของวงวันเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่แสดงว่าวงวันเกิดขึ้นในกระดูกหูวันละ 1 วงจริง และเป็นข้อมูลที่จะสามารถยืนยันได้ว่าจำนวนวงที่อ่านได้จากกระดูกหูเป็นที่แน่ใจได้ว่าเป็นตัวแทนของวงวันที่แท้จริง (Campana, 2001: 197-242) ซึ่งการดำเนินการตรวจสอบยืนยันการเกิดขึ้นของวงวันมีอยู่หลายวิธีการ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ได้เลือกดำเนินการตรวจสอบการเกิดขึ้นของวงวันในกระดูกหูลูกปลาจากลูกปลาที่ทราบอายุที่แท้จริง (เป็นลูกปลาที่เกิดในโรงเพาะฟักที่ทราบอายุที่แท้จริง) และจากการตรวจสอบยืนยันได้ว่าจำนวนวงที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับจำนวนวันที่ลูกปลาฟักออกมาจากไข่ ซึ่งสอดคล้องกับหลาย ๆ รายงานที่ได้ดำเนินการศึกษาในลักษณะดังกล่าวในปลาเขตร้อนชนิดอื่น ๆ เช่นปลากระบอก (Radtko, 1984: 186-191) ปลานิล (Tanaka et al., 1981: 459-466) และปลากะตัก (Brothers et al., 1976: 1-8) เป็นต้น ดังนั้นจึงสามารถแน่ใจได้ว่าจำนวนวงวันที่อ่านได้จากกระดูกหูปลาหูในการศึกษาในครั้งนี้เป็นอายุวันที่แท้จริงของปลาหูตัวเต็มวัยที่เก็บตัวอย่างได้จากอ่าวไทย ซึ่งเชื่อมโยงถึงความแม่นยำของสมการการเติบโตที่วิเคราะห์ได้จากงานวิจัยในครั้งนี้

จากข้อกำหนดของการวิเคราะห์สมการการเติบโตจากบบจำลองของ von Bertalanffy ที่ว่าสัตว์น้ำต้องมีรูปแบบการเติบโตเป็นแบบไฮโซเมตริก (von Bertalanffy, 1938: 181-213) และสามารถตรวจสอบว่าสัตว์น้ำชนิดใดมีรูปแบบการเติบโตเป็นแบบไฮโซเมตริกได้โดยการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ b จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับขนาดลำตัวซึ่งจากการศึกษาในปลาหูครั่งนี้พบว่า การเจริญเติบโตของปลาหูในอ่าวไทยในพื้นที่ อ่าวไทยตอนบน และอ่าวไทยตอนกลางไม่เป็นไปตามรูปแบบไฮโซเมตริก เนื่องจากการทดสอบทางสถิติค่า b ในสมการมีค่าไม่เท่ากับ 3 (จากการทดสอบทางสถิติแบบ t -test ที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 95) แต่จากการตรวจสอบข้อมูลทางชีวประวัติพบยืนยันว่าปลาหูมีรูปแบบการเติบโตเป็นแบบไฮโซเมตริก (Fishbase.org, 2017: Web-Site; ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และคณะ, 2557: 1-46) สอดคล้องกับข้อกำหนดของแบบจำลองการเติบโตของ von Bertalanffy (1938: 181-213) ดังนั้นจึงสามารถใช้แบบจำลองดังกล่าวสามารถนำมาใช้อธิบายการเติบโตของปลาหูแต่ละสต็อกในอ่าวไทยได้ ส่วนสาเหตุที่ทำให้ค่า b ในสมการที่คำนวณได้จากตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าไม่เท่ากับ 3 นั้น เกิดจากการเลือกจับของเครื่องมือประมงในปลาหูที่สุ่มตัวอย่าง ทำให้ปลาหูขนาดเล็กกว่าที่เครื่องมือประมงจะจับได้ (ขนาดเล็กกว่าขนาดแรกจับ) ไม่ถูกนำมารวมในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จึงอาจทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ b ไม่เท่ากับ 3 และนอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ a และ b จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวนั้นสื่อได้ถึงความสำเร็จของร่างกายสัตว์น้ำได้ด้วย ซึ่งความสำเร็จของร่างกายที่แตกต่างกันระหว่างสต็อกปลาหูนี้อาจส่งผลถึงความแตกต่างกันของค่าสัมประสิทธิ์ b ในสต็อกปลาหูต่าง ๆ และอาจส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ b ในปลาหูบางสต็อกไม่เท่ากับ 3 แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูลทางชีวประวัติของปลาหูชนิดนี้ยืนยันแล้วว่า มีรูปแบบการเติบโตแบบ ไฮโซเมตริก ดังนั้น แบบจำลองของ von Bertalanffy (1938: 181-213) จึงสามารถใช้อธิบายการเติบโตของปลาหูในการศึกษาครั้งนี้ได้

ค่า Growth performance indices (ϕ') ที่คำนวณได้จากการศึกษาจากฐานอายุ (Age base) ครั้งนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 5.06-5.20 ซึ่งพบว่า มีค่าค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับค่าที่ประมาณได้จากฐานความยาว (length base) ของสัตว์น้ำ ซึ่งปกติมีค่าประมาณอยู่ในช่วง 2.48-3.28 เฉลี่ย 2.94 (Fishbase.org, 2017: Web-Site) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับค่า Growth performance indices (ϕ') จากการศึกษปลาหูที่เก็บตัวอย่างจากอ่าวไทยตอนกลางที่คำนวณจากฐานข้อมูลอายุซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.08 (ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และคณะ, 2557: 1-46) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันกับการศึกษาในครั้งนี้ โดยเฉพาะปลาหูในพื้นที่อ่าวไทยตอนกลางพบว่า มีค่า Growth performance indices (ϕ') รวมทั้งค่าสัมประสิทธิ์การเติบโต (K) และความยาวสูงสุด (L_{∞}) ที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างสองผลการศึกษา (ผลการศึกษครั้งนี้ และผลการศึกษาของ ศันสนีย์ ศรีจันทร์งาม และคณะ, 2557: 1-46) สื่อให้เห็นถึงความแม่นยำของการศึกษาอายุและการเติบโตของปลาด้วยฐานข้อมูลอายุ

การศึกษาพลวัตประชากรได้แก่ การตาย และระดับทำการประมงที่เหมาะสมของปลาทุ มี การศึกษามาพอสมควร ในการศึกษาครั้งนี้ การตายรวมที่ศึกษาได้ในครั้งนี้มีค่า 3.81-5.42 โดยมีค่า อัตราการตายโดยธรรมชาติอยู่ระหว่าง 2.15-2.69 (ต่อปี) และอัตราการตายเนื่องมาจากการทำการ ประมงอยู่ระหว่าง 1.66-2.73 (ต่อปี) ซึ่งสำหรับในอ่าวไทยมีรายงานจากข้อมูลปี พ.ศ. 2523-2528 ปลาทุในอ่าวไทยมีอัตราการตายโดยธรรมชาติเท่ากับ 0.35 (ต่อเดือน) และอัตราการตายโดยการ ประมงมีค่า 0.827 (ต่อเดือน) และเมื่อนำมาวิเคราะห์ขนาดที่เหมาะสมสำหรับการประมงของปลาทุ พบว่ามีขนาดอยู่ระหว่าง 134-175 มิลลิเมตร (ดำหริห์ สมใจวงศ์, 2533: 1-28) ซึ่งจะพบว่าผล การศึกษามีข้อแตกต่างกันเล็กน้อยโดยค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากรที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษา ครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าค่าที่รายงานโดยดำหริห์ สมใจวงศ์ (2533: 1-28) แต่อย่างไรก็ตามความแตกต่าง ดังกล่าวอาจมีสาเหตุเนื่องด้วยข้อมูลนำเข้าเกิดจากวิธีการศึกษาที่ต่างกัน (การวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ ฐานข้อมูลอายุ ส่วนการวิเคราะห์ของดำหริห์ สมใจวงศ์ (2533: 1-28) ใช้ฐานข้อมูลความยาว) รวมทั้ง ช่วงเวลาที่ต่างกันก็อาจส่งผลต่อค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากรต่าง ๆ ได้

เมื่อเปรียบเทียบกับค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากรของปลาทุในฝั่งอันดามันพบว่าจาก การศึกษาของวีระ บุญรักษ์ และ จำลองชนะสิทธิ์ (2539: 1-20) ในช่วงปี พ.ศ. 2522-2536 รายงาน ค่าอัตราการตายโดยธรรมชาติเท่ากับ 3.12 (ต่อปี) อัตราการตายโดยการประมงเท่ากับ 7.60 (ต่อปี) อัตราการใช้ประโยชน์ 0.71 (ต่อปี) อัตราการใช้ประโยชน์ที่จะได้รับผลจับต่อหน่วยทดแทนที่สูงสุดอยู่ ที่ 0.921 (ต่อปี) และขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่ามากกว่า 178 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งผลการวิเคราะห์ ของ บุญรักษ์ และ จำลองชนะสิทธิ์ (2539: 1-20) นี้ก็มีค่าแตกต่างจากผลการศึกษาในครั้งนี้เล็กน้อย เช่นเดียวกันเนื่องจากอิทธิพลของ ความแตกต่างของพื้นที่ ช่วงเวลาศึกษา และวิธีการได้มาซึ่งข้อมูล นำเข้า แต่ความแตกต่างนั้นมีไม่มากเนื่องจากเป็นปลาชนิดเดียวกัน และอาศัยอยู่ในแหล่งประมงพื้นที่ ใกล้กัน

การศึกษานี้ที่พบขนาดแรกจับที่เหมาะสมตามที่คำนวณได้ตามทฤษฎีจะได้ค่าเป็นช่วงขนาด ความยาวที่อาจต้องดำเนินการพิจารณาขนาดที่ปลาทุสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้มาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่ง จากรายงานของ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ (2557: 28) ได้รายงานว่าขนาดของพ่อแม่พันธุ์ปลาทุมิขนาด ตั้งแต่ 160 มิลลิเมตรขึ้นไป ดังนั้นการกำหนดขนาดที่เหมาะสมในทางการจัดการประมงจำเป็นต้อง พิจารณาจากข้อมูลทั้งสองประเด็นนี้ร่วมกัน นอกจากนี้ในบางสถานการณ์ เช่น ประเด็นเรื่องการจับ ปลาทุที่มีขนาดใหญ่ที่พร้อมสืบพันธุ์วางไข่ ในพื้นที่ และช่วงเวลาปลาทุมิกิจกรรมการสืบพันธุ์วางไข่ก็ ควรได้รับการพิจารณาถึงระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมด้วยเช่นเดียวกัน

6.5 สรุป

ค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากร (การเติบโต การตาย ขนาดแรกจับที่เหมาะสม ระดับการทำ การประมงที่เหมาะสม) ที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่มีความแตกต่างกันระหว่างสต็อก ปลาในอ่าวไทยและยืนยันได้ถึงการแยกกันจริงระหว่างสต็อกปลาสต็อกต่าง ๆ ในอ่าวไทย การศึกษาพลวัตประชากรปลาทูแบบจำแนกสต็อกในอ่าวไทยครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ ทางพลวัตประชากรแต่ละสต็อกที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทู แต่ละสต็อกในอ่าวไทย โดยปลาทูในอ่าวไทยตะวันออกมีค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 134.56-192.23 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.65-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึง ระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.35-5.16 (ต่อปี) สำหรับอ่าว ไทยตอนบนมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 134.47-206.88 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่ เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.86-4.77 (ต่อปี) อ่าวไทยตอนกลางมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่า ระหว่าง 143.41-220.63 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อ ได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.29-3.81 (ต่อปี) ส่วน อ่าวไทยตอนล่างมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 123.27-189.64 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.64-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่ เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.47-5.42 (ต่อปี)

บทที่ 7

บทสรุป

7.1 คำนำ

ทรัพยากรปลาทะเลเป็นทรัพยากรที่สำคัญกับประชาชนเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะประชาชนที่อยู่ในประเทศที่มีพื้นที่ติดทะเล ปลาทะเลนอกจากจะเป็นแหล่งความมั่นคงทางอาหารของประชาชนในประเทศแล้ว ยังเป็นแหล่งสร้างรายได้ที่สำคัญอีกประการหนึ่งด้วย ในปี พ.ศ. 2546 มูลค่าจากผลผลิตประมงมีสัดส่วนถึงร้อยละ 2 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Tokrisna, 2006: 43-56) นอกจากนั้นกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรปลาทะเลในแง่มุมต่าง ๆ ก่อให้เกิดธุรกิจที่เกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งสร้างงาน สร้างอาชีพ และรายได้ให้กับประชาชนเป็นจำนวนมหาศาล ดังนั้น จากหลาย ๆ สาเหตุนี้ ทรัพยากรปลาทะเลจึงถือเป็นปัจจัยที่สำคัญที่เสริมสร้างความมั่นคงให้กับประชาชนทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และสังคม แต่จากความสำคัญของทรัพยากรปลาทะเลดังกล่าวส่งผลให้เกิดการใช้ประโยชน์ทรัพยากรกลุ่มนี้อย่างมาก และมากขึ้นเรื่อย ๆ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ปลาทะเลในประเทศไทยถูกทำการประมงมามากกว่า 100 ปี แต่ได้ถูกทำการประมงเชิงพาณิชย์มาประมาณ 60 ปีมาแล้ว โดยในแหล่งประมงที่สำคัญของไทยจำแนกได้ 3 แหล่งใหญ่ ๆ คือ แหล่งประมงในอ่าวไทย แหล่งประมงฝั่งทะเลอันดามัน และแหล่งประมงในพื้นที่ทับซ้อนและการประมงนอกน่านน้ำของประเทศไทย เมื่อพิจารณาผลจับปลาในอดีตที่ผ่านมา ผลผลิตประมงของไทยมีมากในปี พ.ศ. 2530 ที่ปริมาณ 2.54 ล้านตัน และในปี พ.ศ. 2538 ที่ปริมาณ 3.57 ล้านตัน (Tokrisna, 2006: 43-56) ซึ่งจากบรรดาทั้งสามแหล่งนี้ แหล่งประมงในอ่าวไทยถือว่าเป็นแหล่งประมงที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดมีผลผลิตประมาณ 1.05 ล้านตันในปัจจุบัน (พ.ศ. 2557) (กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย, 2559: 18) ในขณะที่ผลการประเมินผลจับสูงสุดที่ยั่งยืน (Maximum sustainable yield: MSY) ในอ่าวไทย ปี พ.ศ. 2557 พบว่ามีปริมาณผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนของสัตว์น้ำหน้าดินอยู่ที่ 794,771 ตัน และมีปริมาณผลจับสูงสุดที่ยั่งยืนของปลาผิวน้ำอยู่ที่ 248,176 ตัน

การประมงของไทยประสบปัญหาการทำประมงเกินศักยภาพการผลิตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 (Tokrisna, 2006: 43-56) หลังจากนั้นเป็นต้นมาชาวประมงไทยต้องปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่ผันผวนของทรัพยากรประมงตลอดมา ทั้งในแง่การปรับเปลี่ยนเครื่องมือประมง การเสาะหาแหล่งประมงแหล่งใหม่ ๆ แม้กระทั่งการพัฒนาเทคโนโลยีการทำประมงให้ทันสมัยมากยิ่งขึ้น ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีผลสร้างแรงกดดันต่อสถานะทรัพยากรประมงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งสื่อถึงความจำเป็นที่

ต้องมีการบริหารจัดการทรัพยากรประมงทะเลของไทยที่จำเป็นต้องดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ และทันต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ในบรรดาผลผลิตสัตว์น้ำที่ประเทศไทยจับได้นั้น ในอ่าวไทย ปลาผิวน้ำเป็นองค์ประกอบเด่นในผลจับปลาทะเลที่จับขึ้นมาได้ ทั้งนี้ชนิดปลาผิวน้ำชนิดเด่นได้แก่ ปลากะตัก ปลาหู และปลาหลังเขียว ซึ่งในกรณีปลาทูนั้น เป็นปลาที่มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตประชาชนไทยมาช้านาน การศึกษาในอดีตที่ผ่านมาพบว่าการกระจายตัวของสต็อกปลาทูอยู่หลายสต็อกในอ่าวไทย หากแต่การบริหารจัดการทรัพยากรปลาทูที่ผ่านมาเน้นความสนใจในสต็อกปลาทูฝั่งอ่าวไทยตอนกลางที่พบว่ามีแหล่งวางไข่ขนาดใหญ่อยู่ในพื้นที่นี้ แต่ทั้งนี้ผลผลิตปลาทูที่จับได้จากทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก อ่าวไทยตอนบน และอ่าวไทยตอนล่างก็มีปริมาณไม่น้อยเช่นเดียวกัน ซึ่งการลดลงของปริมาณผลจับปลาทูในอ่าวไทย อาจมีสาเหตุเนื่องมาจากการไม่ได้รับการบริหารจัดการที่เหมาะสมของปลาทูแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

จากสถานการณ์ทั้งหมดที่กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาวิจัยในครั้งนี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของประชากรปลาในอ่าวไทย (โดยเฉพาะปลาทู) และเพื่อจำแนกสต็อกของปลาทูในอ่าวไทย โดยมีวัตถุประสงค์ต่อเนื่องคือ เพื่อประเมินอายุ การเติบโต และการตาย ของปลาทูแต่ละสต็อกในอ่าวไทย และ เพื่อประเมินหาขนาด และระดับการทำการประมงที่เหมาะสมในการทำการประมงปลาทูแต่ละสต็อกในอ่าวไทย ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะทำให้ทราบและเห็นภาพร่างของสภาวะทรัพยากรปลาทะเลในอ่าวไทย และเป็นแนวทางในการบริหารจัดการปลาทูแต่ละสต็อกในอ่าวไทย รวมทั้งยังเป็นแนวทางในการศึกษาการจำแนกสต็อก และการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทะเลชนิดอื่น ๆ ต่อไป

7.2 สถานการณ์ปลาทะเลในอ่าวไทย

ภาพกว้าง ๆ ของสภาวะการประมงในอ่าวไทยได้ดำเนินการอธิบายโดยใช้ข้อมูลผลจับปลาทะเลรายปี จำนวน 26 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2527-2552 โดยใช้ผลจับปลาทั้งหมด 35 ชนิด/กลุ่ม จากผลการศึกษาพบว่า ปลาทู (*Rastrelliger brachysoma*) มีความแปรปรวนของผลจับ (ในระยะยาว CV) ต่ำที่สุด ที่ประมาณร้อยละ 15.53 ในขณะที่ผลจับปลากะพงขาวมีความแปรปรวนของผลจับในระยะยาวมากที่สุด (ร้อยละ 146.16) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความแปรปรวนระยะยาวของผลจับปลากับปริมาณผลจับปลาพบว่ามีความสัมพันธ์ที่สูง ($r = 0.62$) โดยความแปรปรวนมีแนวโน้มมีค่าต่ำเมื่อผลจับปลามีปริมาณมาก (Negative trend) ซึ่งสื่อเชื่อมโยงได้ถึงลักษณะทางชีวประวัติของปลาแต่ละชนิด/กลุ่ม สำหรับความแปรปรวนระยะสั้น ค่าความแปรปรวนระยะสั้นเทียบเคียง (Relative variation) มีค่าสูงกว่าความแปรปรวนระยะสั้นแท้จริง (Absolute variation) ซึ่งมีค่าร้อยละ 28 และ 25 ตามลำดับ ซึ่งสื่อความหมายว่าความผันผวนของผลจับปลาทะเลนี้จะมีมากขึ้นเมื่อผลจับลดต่ำลงเรื่อย ๆ

จากการวิเคราะห์แนวโน้มผลจับรายชนิด/กลุ่มของปลาทะเลทั้ง กลุ่มของปลาทะเลทั้ง 35 ชนิด/กลุ่มโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation) พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของผลจับ 3 รูปแบบ ได้แก่ผลจับมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง 7 ชนิด/กลุ่ม ผลจับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง 3 ชนิด/กลุ่ม ผลจับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดแล้วมีแนวโน้มลดลง พบ 15 ชนิด/กลุ่ม และนอกจากนี้ยังมีปลาที่มีผลจับไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอนทางสถิติอีก 10 ชนิด

สำหรับรูปแบบ (Patterns) การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบผลจับปลาทะเลในอ่าวไทยนั้น วิเคราะห์โดยใช้สถิติ Self Organizing Map (SOM) พบว่ารูปแบบการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบผลจับสามารถจำแนกได้ตามช่วงจังหวะเวลาได้แก่ ช่วงเวลาที่หนึ่งอยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2528-2533 ช่วงเวลาที่สองอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2535-2541 ช่วงเวลาที่สามอยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2550 และช่วงเวลาที่สี่อยู่ระหว่างปี พ.ศ. 2551-2552 ซึ่งความแตกต่างของแต่ละช่วงเวลานั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผลจับ (น้ำหนัก) ของปลาทะเลชนิด/กลุ่มต่าง ๆ ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับพัฒนาการของการประมงในอ่าวไทย ซึ่งโดยสรุปภาพรวมนั้นผลปรากฏว่าการทำการประมงในอ่าวไทย นั้นพัฒนาจนเลยจุดอิ่มตัว (Mature state) มาแล้ว และกำลังเข้าสู่สภาวะไม่มั่นคง เพราะบางต่อการล่มสลายของทรัพยากรเป็นอย่างมาก

7.3 การจำแนกสต็อคปลาในอ่าวไทย

จากความสำคัญของการทำการประมงปลาในอ่าวไทย และความไม่ชัดเจนเกี่ยวกับการจำแนกสต็อคปลาในอ่าวไทยซึ่งเชื่อมโยงถึงความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลที่จะใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรปลาในอ่าวไทยอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ปลาถูกทำการประมงเกินกำลังผลิต (Overfished) มาตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2520 และผลจับปลาทุกก็มีความแปรปรวนตลอดมานับตั้งแต่ช่วงเวลานั้น ทั้งนี้การบริหารจัดการทรัพยากรปลาในอ่าวไทยที่เคยมีมาในอดีตจนถึงปัจจุบัน มุ่งเน้นการควบคุมปริมาณการจับ และขนาดแรกจับ รวมถึงการห้ามทำการประมงในช่วงฤดูวางไข่ในพื้นที่อ่าวไทยตอนกลาง ซึ่งอย่างไรก็ตามมาตรการดังกล่าวมุ่งเน้นบริหารจัดการเฉพาะปลาสต็อคที่ปรากฏพบในพื้นที่อ่าวไทยตอนกลางและตอนบนเท่านั้น จึงเป็นที่กังวลถึงสภาวะทรัพยากรของปลาสต็อคอื่น ๆ ที่คาดว่าจะมีมากกว่า 1 สต็อคในอ่าวไทย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาจำแนกสต็อคปลาในอ่าวไทยโดยใช้องค์ประกอบธาตุในกระดูกปลา

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ปลาทั้งหมด 55 ตัวอย่าง ซึ่งเก็บจากพื้นที่ต่าง ๆ ในอ่าวไทยได้แก่ อ่าวไทยตะวันออก อ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยตอนกลาง และอ่าวไทยตอนล่าง ตัวอย่างดังกล่าวได้ดำเนินการเก็บกระดูกและจัดเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ธาตุรอง การวิเคราะห์ธาตุรองใช้เครื่องวิเคราะห์ธาตุ (Thermo X-Series II ICP-MS) ที่ประกอบด้วยเครื่องยิงเลเซอร์ (New Wave UP193FX laser

ablation system) ซึ่งตั้งอยู่ที่ห้องปฏิบัติการ the National Oceanography Centre เมือง Southampton สหราชอาณาจักร หลังจากทีวิเคราะห์ได้ความเข้มข้นของปริมาณธาตุรองต่าง ๆ มาแล้วจึงดำเนินการแปลงหน่วยความเข้มข้นเป็น มิลลิโมลของธาตุรองนั้น ๆ ต่อโมลแคลเซียม (mmol mol^{-1}) และใช้สถิติการวิเคราะห์ความแปรปรวนพหุคูณ (Multivariate Analysis of Variance, MANOVA) และการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis, PCA) เพื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณองค์ประกอบธาตุรองต่าง ๆ ระหว่างพื้นที่เก็บตัวอย่าง และคัดเลือกธาตุรองที่มีความสำคัญในการจัดจำแนกกลุ่ม (รวมทั้งการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องด้วย) หลังจากนั้นใช้สถิติในการจำแนกกลุ่ม (Linear discriminant function analysis, LDFA) ดำเนินการจัดจำแนกตัวอย่างปลาหูออกเป็นสต็อคต่าง ๆ

ผลการวิเคราะห์พบว่าสามารถจัดจำแนกสต็อคปลาหูออกได้เป็น 4 สต็อคตามพื้นที่เก็บตัวอย่าง ได้แก่ สต็อคอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สต็อคอ่าวไทยตอนบน สต็อคอ่าวไทยตอนกลาง และสต็อคอ่าวไทยตอนล่าง ซึ่งผลการจัดจำแนกนี้มีความสอดคล้องกันทั้งปลาหูเพศผู้และปลาหูเพศเมียโดยองค์ประกอบธาตุรองที่ใช้ในการจัดจำแนกคือ ลิเทียม (Li) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สตรอนเซียม (Sr) และแบเรียม (Ba) ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์จัดจำแนกโดยวิธีการใช้องค์ประกอบธาตุเฉพาะบริเวณขอบกระดูกหู และวิธีการใช้องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งก้อนกระดูกหูได้ผลการจัดจำแนกสอดคล้องกัน และมีความแม่นยำค่อนข้างสูงในการจัดจำแนกปลาหูแต่ละตัวเข้าแต่ละกลุ่มสต็อค (ร้อยละ 89 ในเพศผู้ และร้อยละ 79 ในเพศเมีย สำหรับวิธีการใช้องค์ประกอบธาตุเฉพาะบริเวณขอบกระดูกหู และ ร้อยละ 85 ในเพศผู้ และร้อยละ 86 ในเพศเมียสำหรับวิธีการใช้องค์ประกอบธาตุเฉลี่ยจากทั้งก้อนกระดูกหู) นอกจากนี้ผลการศึกษการติดตามองค์ประกอบธาตุรองจากแก่นกลางกระดูกหูถึงขอบกระดูกหูของปลาแต่ละตัวอย่างยังแสดงผลให้เห็นว่าปลาหูแต่ละสต็อคใช้ชีวิตอยู่ในแต่ละสต็อคเฉลี่ยร้อยละ 63 (เพศผู้) และ ร้อยละ 83 (เพศเมีย) ของช่วงชีวิตปลาแต่ละตัว ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้เกิดความเข้าใจในลักษณะทางชีววิทยา และโครงสร้างสต็อค และเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญสำหรับการศึกษาทางด้านพลวัตประชากรของปลาหูแต่ละสต็อคได้ต่อไป ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการบริหารจัดการทรัพยากรปลาหูในอ่าวไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

7.4 การเติบโตและระดับการทำประมงที่เหมาะสมของปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย

ค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากร (การเติบโต การตาย ขนาดแรกจับที่เหมาะสม ระดับการทำประมงที่เหมาะสม) ที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ให้ผลที่มีความแตกต่างกันระหว่างสต็อกปลาทุในอ่าวไทยและยืนยันได้ถึงการแยกกันจริงระหว่างสต็อกปลาทุสต็อกต่าง ๆ ในอ่าวไทย การศึกษาพลวัตประชากรปลาทุแบบจำแนกสต็อกในอ่าวไทยครั้งนี้สามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากรแต่ละสต็อกที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทย โดยปลาทุในอ่าวไทยตะวันออกมีค่าขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 134.56-192.23 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.65-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.35-5.16 (ต่อปี) สำหรับอ่าวไทยตอนบนมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 134.47-206.88 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.86-4.77 (ต่อปี) อ่าวไทยตอนกลางมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 143.41-220.63 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 2.29-3.81 (ต่อปี) ส่วนอ่าวไทยตอนล่างมีขนาดแรกจับที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 123.27-189.64 มิลลิเมตร ค่าอัตราการใช้ประโยชน์ควรอยู่ระหว่าง 0.64-1.00 (ต่อปี) ซึ่งสื่อได้ถึงระดับอัตราการตายโดยการประมง (F) ที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 3.47-5.42 (ต่อปี)

7.5 แนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทุในอ่าวไทย

จากการศึกษาสถานการณ์ผลจับปลาทะเล (บทที่ 4) สรุปได้ว่า สถานะการประมงปลาทะเลในอ่าวไทยผ่านจุดสูงสุดมาแล้ว และปัจจุบันสถานการณ์ของทรัพยากรปลาทะเลอยู่ในสถานะที่ไม่มั่นคง ขั้ววิตกกังวลในความไม่เสถียรภาพของสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำไม่มีแต่เฉพาะปลาหน้าดิน เนื่องจากปลาผิวน้ำก็มีความไม่มั่นคงของสถานะทรัพยากรด้วยเช่นกัน ถึงแม้ปลาผิวน้ำขนาดเล็กจะมีปริมาณผลจับที่มาก และมีความแปรปรวนของผลจับต่ำ แต่การจับปลาระยะก่อนเข้ามาทดแทนที่ (Pre-recruited) ในปริมาณมากเป็นดัชนีชี้วัดว่าเกิดการทำการประมงเกินศักยภาพการผลิต (Growth overfishing) ขึ้นแล้ว รวมทั้งในกรณีการทำประมงในพื้นที่แหล่งประมงทับซ้อนที่ขณะนี้ยังไม่มีข้อขัดแย้งระหว่างประเทศเกี่ยวกับทรัพยากรปลาสต็อกร่วม (Straddling stocks) (Chuenpakdee and Pauly, 2003: 337-353) เกิดขึ้นในพื้นที่อ่าวไทยนี้ สื่อถึงว่าจำเป็นต้องสร้างระบบตรวจสอบที่เข้มแข็งสำหรับตรวจสอบการทำประมงที่ผิดกฎหมาย และขาดการรายงาน และไร้การควบคุม สำหรับการตรวจสอบการทำประมงที่ซับซ้อนในพื้นที่อ่าวไทยนี้ และนอกจากนี้ เครื่องมือทำการประมงที่ทำลายล้าง ซึ่งดำเนินการโดยการทำการประมงขนาดเล็กบางชนิด (Lymer

et al., 2008: 1-51) ควรถูกห้ามทำการประมงด้วยเช่นกัน รวมทั้งควรสนับสนุนมาตรการห้ามทำการประมงในพื้นที่และช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับสัตว์น้ำ (Paterson et al., 2012: 1-16) รวมทั้งประเด็นเรื่องอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อประชากรสัตว์น้ำและการทำการประมงในอ่าวไทยควรเร่งศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจน

จากองค์ความรู้ที่ศึกษาได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุ และการศึกษาชีวประวัติ (การเติบโต) สามารถยืนยันได้ว่าปลาทุมี 4 สต็อกได้แก่ สต็อกอ่าวไทยฝั่งตะวันออก สต็อกอ่าวไทยตอนบน สต็อกอ่าวไทยตอนกลาง และสต็อกอ่าวไทยตอนล่าง ซึ่งจากการศึกษาขององค์ประกอบธาตุรองในกระดูกหูปลาทุทั้ง 4 แหล่งเก็บตัวอย่าง สรุปได้ว่าปลาทุในอ่าวไทยสามารถได้เป็น 4 สต็อกตามรูปแบบองค์ประกอบธาตุในขอบกระดูก และองค์ประกอบธาตุเฉลี่ยตลอดช่วงชีวิตของปลา โดยปลาทุแต่ละสต็อกใช้ชีวิตในแต่ละสต็อกเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 50 ของช่วงชีวิตทั้งหมด สต็อกปลาทุในอ่าวไทยตอนบนมีวัฏจักรชีวิตที่มีความเฉพาะตัวสูง และไม่ปะปนกับปลาทุในพื้นที่อื่น ๆ ส่วนสต็อกปลาทุในอ่าวไทยตอนกลางมีแหล่งที่มาของลูกปลาวัยอ่อนที่หลากหลายซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลลมมรสุม และกระแสน้ำที่ไหลผ่านมายังพื้นที่นี้

จากการศึกษาพลวัตประชากรและสถานะการประมงปลาทุในอ่าวไทยจากฐานข้อมูลอายุในสภาวะการณ์ปัจจุบันพบว่าทุกสต็อกปลาทุมีการใช้ประโยชน์ที่สูงเกินระดับที่เหมาะสมไปแล้ว และมีขนาดแรกจับที่ต่ำมาก ซึ่งจากผลการวิเคราะห์เห็นได้ว่าสต็อกปลาทุในอ่าวไทยส่วนใหญ่มีระดับการใช้ประโยชน์ (ระดับทำการประมง) เลย์ผ่านระดับการใช้ประโยชน์ที่ทำให้ได้มวลชีวภาพสูงสุด (E_{max}) ไปแล้ว โดยขนาดแรกจับของปลาทุในสต็อกเหล่านี้อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับขนาดความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำจะมีได้ (L_{α}) และขนาดแรกจับดังกล่าวยังเป็นขนาดที่เล็กกว่าขนาดวิกฤติในทุกสต็อก ซึ่งจากการวิเคราะห์อายุ การเติบโต และระดับการทำการประมงที่เหมาะสมสำหรับปลาทุแต่ละสต็อกในอ่าวไทยมีแนวโน้มว่าการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทุแต่ละสต็อกควรมีการปรับขนาดแรกจับให้เหมาะสม โดยขั้นแรกจำเป็นต้องปรับขนาดแรกจับให้เพิ่มขึ้น (ไม่จับปลาเล็ก) เพื่อที่จะทำให้ได้ผลจับต่อหน่วยการทดแทนที่ (YPR) ที่สูงขึ้น รวมทั้งปรับระดับการใช้ประโยชน์ (ระดับการทำการประมง) ให้เหมาะสมสำหรับปลาทุแต่ละสต็อกด้วย โดยในขั้นแรกจำเป็นต้องลดระดับการใช้ประโยชน์ลงมาก่อน สำหรับขนาดแรกจับที่เหมาะสมแต่ละสต็อกตามที่คำนวณได้ตามทฤษฎีในครั้งนี้ได้ค่าเป็นช่วงขนาดความยาวที่อาจต้องดำเนินการพิจารณาขนาดที่ปลาทุสามารถสืบพันธุ์วางไข่ได้มาพิจารณาร่วมด้วยในการวางแผนการจัดการประมง ซึ่งจากรายงานของ จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ (2557: 28) ได้รายงานว่ขนาดของพ่อแม่พันธุ์ปลาทุขนาดตั้งแต่ 160 มิลลิเมตรขึ้นไป ดังนั้นการกำหนดขนาดที่เหมาะสมในการจัดการประมงจำเป็นต้องพิจารณาจากข้อมูลทั้งสองประเด็นนี้ร่วมกัน นอกจากนี้ในบางสถานการณ์ เช่น ประเด็นเรื่องการจับปลาทุที่มีขนาดใหญ่ที่พร้อมสืบพันธุ์วางไข่ ในพื้นที่ และ

ช่วงเวลาที่ปลาทูมีกิจกรรมการสืบพันธุ์วางไข่ก็ควรได้รับการพิจารณาถึงระดับการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมด้วยเช่นเดียวกัน

7.6 ประเด็นที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม

การศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม ระบบนิเวศน์ ประชาคมสัตว์น้ำ และการบริหารจัดการทรัพยากรสัตว์น้ำในรูปแบบ Ecology-based fisheries management เป็นประเด็นที่ควรมีการดำเนินการ รวมทั้งการศึกษาถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศต่อประชากรสัตว์น้ำและการทำการประมงในอ่าวไทยควรเร่งศึกษาเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนเช่นเดียวกัน

การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับ สัตว์คปลาทูนี้ควรให้ความสนใจเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์ประชากร โดยควรศึกษาในลักษณะแยกเพศ นอกจากนี้การศึกษาระบุแหล่งวางไข่ และการใช้พื้นที่วางไข่ (วางไข่แยกกัน หรือใช้พื้นที่วางไข่ร่วมกันระหว่างสัตว์คปลาทู) ก็ควรเป็นประเด็นที่ควรดำเนินการต่อไป นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์ทางชีววิทยาอื่น ๆ และการศึกษาต่อเนื่องในด้านพลวัตประชากรของปลาทูแต่ละสต็อคก็เป็นประเด็นสำคัญสำหรับการบริหารจัดการประมงปลาทูในแต่ละสต็อคต่อไป

7.7 สรุป

กล่าวโดยสรุป สภาวะทรัพยากรปลาทะเลของอ่าวไทยผ่านจุดที่ให้ผลผลิตสูงสุดมาแล้วและอยู่ในช่วงการทำการประมงที่เกินศักยภาพการผลิต การดำเนินการศึกษาจำแนกสัตว์คปลาทูในอ่าวไทยยืนยันจากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุรองในกระดูกหู และผลการศึกษาชีวประวัติ (การเติบโต) สามารถยืนยันการจำแนกสัตว์คปลาทูออกเป็น 4 สต็อค คือ สัตว์คอ่าวไทยตะวันออก สัตว์คอ่าวไทยตอนบน สัตว์คอ่าวไทยตอนกลาง และสัตว์คอ่าวไทยตอนล่าง ซึ่งแต่ละสต็อคมีค่าพารามิเตอร์ทางพลวัตประชากรแตกต่างกัน โดยปลาทูทุกสต็อคมีระดับการใช้ประโยชน์ที่ยังเพิ่มได้ และขนาดแรกจับของปลาทูในสต็อคเหล่านี้อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงในบางสต็อค (สัตว์คอ่าวไทยตะวันออก และสัตว์คอ่าวไทยตอนล่าง) จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงเสนอแนะว่าควรมีการพิจารณาปรับเพิ่มระดับการใช้ประโยชน์ปลาทูทุกสต็อค โดยปรับค่าความยาวแรกจับของสัตว์คอ่าวไทยตะวันออกและสัตว์คอ่าวไทยตอนล่างให้เหมาะสมเนื่องจากขนาดแรกจับของปลาทูในสต็อคเหล่านี้อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับขนาดความยาวสูงสุดที่สัตว์น้ำจะมีได้ นอกจากนี้การศึกษาเพิ่มเติมในประเด็นที่สนับสนุนรูปแบบการจัดการ Ecology-based fisheries management และการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับลักษณะทางชีวประวัติอื่น ๆ ของปลาทูแต่ละสต็อค

เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิง

- กรมประมง. (2555). “สถิติการประมงปี พ.ศ. 2551”, สถิติการประมงแห่งประเทศไทย.
<http://www.fisheries.go.th/it-stat>. 25 กุมภาพันธ์, 2559.
- กรมประมงและศูนย์บัญชาการแก้ไขปัญหาการทำประมงผิดกฎหมาย. แผนการบริหารจัดการประมงทะเลของประเทศไทย นโยบายแห่งชาติด้านการจัดการประมงทะเล พ.ศ. 2558-2562.
 กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2559.
- กฤษณา ธงศิลา และคณะ. การประเมินสถานะทรัพยากรปลาลัง (*Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817)) ในอ่าวไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, 2555.
- กองสำรวจแหล่งประมง. การศึกษาด้านสมุทรศาสตร์ฟิสิกส์บริเวณอ่าวไทยตอนบนปี 2517-2518.
 กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2521.
- จารุมาศ เมฆสัมพันธ์. ภาวะวิกฤตปลาทูด้วยฐานความรู้ของสังคมไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2557.
- เจริญ นิตธิธรรมยง. “ประวัติการประมงไทย”, ใน *ชีววิทยาประมง*. ธนิชฐา ทรพรพันธ์ (บก.). น.79-96. กรุงเทพมหานคร: รั้วเขียว, 2543.
- ชูจิต ตันติเศวตรรัตน์. “สถานะทรัพยากรปลาทูในอ่าวไทยตอนในและอ่าวไทยฝั่งตะวันตก”, ใน *รายงานวิชาการฉบับที่ 5/2533*. กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2533.
- ดำริห์ สมใจวงษ์. “ขนาดตาอวนล้อมจับที่เหมาะสมในการทำประมงปลาทู”, ใน *รายงานวิชาการฉบับที่ 2/2533*. กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2533.
- _____. “การศึกษาพลวัตประชากรปลาลังเขียว *Sardinella gibbosa* (Bleeker, 1849) ในบริเวณอ่าวไทย”, ใน *รายงานวิชาการที่ กปส. 5/2534*. น.1-61. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนบน กรมประมง, 2534.
- ดำริห์ สมใจวงษ์ และ สมศักดิ์ จุลละสร. “การทดลองติดเครื่องหมายปลาทูขี้เลี้ยงไว้ในกระชัง”, ใน *รายงานประจำปี งานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ.2509 – 2510 ภาค 1*. น.58 – 70. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2511ก.
- _____. “รายงานสรุปผลการจับคืนและสีของเครื่องหมายที่เหมาะสมจะใช้ติดกับปลาทู”, ใน *รายงานประจำปี งานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2509-2510 ภาค 2*. น.248-281. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2511ข.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- _____ . “การเดินทางและการประเมินอัตราเร็วในการเดินทางของปลาทุ” ใน รายงานประจำปี งานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ.2509 – 2510 ภาค 2. น.282-324. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2511ค.
- ทวนทอง จุฑาเกตุ. การจัดการประมง. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2547.
- นันทชัย บุญจร และคณะ. การประเมินสถานะทรัพยากรปลาหลังเขียวชนิด *Sardinella gibbosa* (Bleeker, 1849) ในอ่าวไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, 2556.
- ประกอบ สุคนธมาน, ชูจิต ตันติเศวตรรัตน์ และ อูชา ศรีเรืองชีพ. “อายุและการเจริญเติบโตของปลาทุ ทางฝั่งตะวันตกของอ่าวไทย”, ใน รายงานประจำปี งานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2509 – 2510 ภาค 1. น.41 -57. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2511.
- ประภา วัฒนกุล. แหล่งและฤดูวางไข่ของปลาทุบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตกตอนบน (ประจวบคีรีขันธ์ – ชุมพร). กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2538.
- ปรีชา สมมณี. การจัดการทรัพยากรประมง. กรุงเทพมหานคร: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2520ก.
- _____ . พลวัตประชากร. กรุงเทพมหานคร: คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2520ข.
- ปิยโชค สีนอนันต์ และคณะ. การประเมินสถานะทรัพยากรปลาแซงโก้ (*Megalopsis cordyla* (Linnaeus, 1758) ในอ่าวไทย พ.ศ. 2550. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนา ประมงทะเล กรมประมง, 2555.
- ไพเราะ ศุทธากรณ์. ลักษณะทางชีววิทยาของปลาทุ (*Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)) ทางฝั่งอันดามัน. กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2541.
- มาลา สุขพงษ์พันธุ์ และ เจริญ นิตธิธรรมยง (แปล). “การประเมินผลสถานะทรัพยากรสัตว์น้ำในเขตร้อน เล่มที่ 1: คู่มือ โดย เพียร์ สปาร์ และ ซีเบรอน วินีมา”, ใน เอกสารวิชาการประมงโดยเอฟ เอโอ ฉบับที่ 306/1 ปรับปรุงครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: องค์การอาหารและการเกษตร แห่งสหประชาชาติ สำนักงานภูมิภาคเอเชียและแปซิฟิก, 2544.
- ยุพินท์ วิวัฒน์ชัยเศรษฐ์. “งดจับปลาในฤดูวางไข่เพื่อลูกหลานไทยจะได้มีกิน”, วารสารการประมง. 52(1): 51-56; มกราคม, 2542.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- รัตนา ผลธัญญา. “การศึกษาอนุประชากรบริเวณอ่าวไทยตอนใน จาก LDH Isozyme”, ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2528. น.318-330. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2528.
- รัตนา มั่นประสิทธิ์. “ความสมบูรณ์เพศในรอบปีของปลาทุ *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) และปลาลัง *R. kanagurta* (Cuvier, 1817) บริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก”, ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 9/2544. น.1-22. กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2544.
- วิชัย ชมจรรย์ คำรพี สมใจวงศ์ และรัตนะ บุณนาค. “การอพยพย้ายถิ่นและการเจริญเติบโตของปลาทุในอ่าวไทย”, ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. น.28 – 114. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2508.
- วีระ บุญรักษ์. “การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับสภาวะทรัพยากรประมงปลาทุทางฝั่งทะเลอันดามัน ปี 2517 – 2524”, ใน รายงานวิชาการ. กรุงเทพมหานคร: กองประมงทะเล กรมประมง, 2527.
- _____. “สภาวะทรัพยากรประมงปลาทุทางฝั่งทะเลอันดามันตอนล่าง”, ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2537. น.281-295. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2537.
- วีระ บุญรักษ์ และจำลอง ชนะสิทธิ์. “สภาวะทรัพยากรและการประมงปลาทุทางฝั่งทะเลอันดามัน พ.ศ. 2522 – 2536”, ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2539. น.537-555. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2537.
- วีระ บุญรักษ์, จำลอง อุบลสุวรรณ และสนธยา บุญสุข. “ผลการออกมาตรการอนุรักษ์ปลาทุ โดยการปิดอ่าวพักทางฝั่งทะเลอันดามัน พ.ศ. 2528 – 2540”, ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2542. น.119-132. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2542.
- สง่า วัฒนชัย และโอภาส เดชารักษ์. “รายงานการสำรวจแหล่งวางไข่และฤดูวางไข่ของปลาทุในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ปี พ.ศ. 2512 – 2513”, ใน รายงานทางวิชาการ หน่วยงานอนุรักษ์ปลาฉลาม ปี พ.ศ. 2511 – 2515 ภาค 1. น.95-132. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2516.
- สมหญิง เปี่ยมสมบูรณ์. “การจัดการทรัพยากรประมงปลาทุในอ่าวไทยเพื่อผลตอบแทนแก่สังคมสูงสุด”, ใน รายงานการสัมมนาวิชาการประจำปี 2536. น.681-688. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2536.
- สุทธิชัย ฤทธิธรรม พรรณติยา ใจอ่อน และวรรต สุขสวัสดิ์. “การวางไข่ของปลาทุ *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) จากพ่อแม่พันธุ์ที่เลี้ยงในระบบน้ำหมุนเวียน” ใน รายงานการประชุมวิชาการกรมประมงประจำปี 2555. น.176-189. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2555.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สุวรรณทนา ทศพรพิทักษ์กุล และคณะ. การประเมินสภาวะทรัพยากรปลาเป็นกระดาน (*Photopectoralis bindus* (Valenciennes, 1835)) ในอ่าวไทย. กรุงเทพมหานคร: สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, 2556.
- อันธิ์ประชา อิศรางกูร ณ อยุธยา และ ไพบุลย์ นัยเนตร. “จุดกำเนิดและลำดับขั้นของความน่าจะเป็นเกิดของเกสิดปลาทุในอ่าวไทย”, ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. น.14-27. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2508.
- อุรุพันธ์ บุญประกอบ. “การวิเคราะห์ไขปลาลอยน้ำและลูกวัยอ่อนของปลาจำพวกปลาทุลงในบริเวณอ่าวไทย และการศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของไขและลูกวัยอ่อน”, ใน เอกสารวิชาการฉบับที่ 4. น.115-151. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2508.
- _____. “รายงานผลการปฏิบัติงานศึกษาแหล่งวางไข่และฤดูการวางไข่ของปลาทุในอ่าวไทย ประจำปี 2508-2509”, ใน รายงานประจำปี งานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2509 – 2510 ภาค 1. น.13 – 40. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2511.
- _____. “การอนุรักษ์ทรัพยากรปลาทุ”, ใน รายงานวิชาการ หน่วยงานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2511 – 2515 ภาค 1. น.203-242. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2516.
- อุรุพันธ์ บุญประกอบ และยอดยิ่ง เทพรานนท์. 2516. “การทดลองผสมเทียมและลักษณะไขและลูกวัยอ่อนของปลาทุ”, ใน รายงานทางวิชาการ หน่วยงานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2511 – 2515 ภาค 2. น.379 – 406. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2516.
- อุษา ศรีเรืองชีพ. “การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาวของปลาทุที่จับได้ในอ่าวไทยระหว่าง พ.ศ. 2511-2537”, ใน รายงานวิชาการฉบับที่ 2/2540. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์พัฒนาอ่าวไทยตอนกลาง กรมประมง, 2540.
- อำนาจ คงพรหม และคณะ. การประเมินสภาวะทรัพยากรปลาดาวจูด (*Priacanthus tayenus* Richardson, 1846) ในอ่าวไทย. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง, 2553.
- อำพัน เหลือสินทรัพย์. “การศึกษาเกี่ยวกับการกินอาหารของปลาทุในอ่าวไทย ปี 2506”, ใน เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 4. น.152-161. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2508.
- โอภาส เดชารักษ์ และ สง่า วัฒนชัย. “รายงานผลการสำรวจแหล่งวางไข่ของปลาทุในบริเวณอ่าวไทยฝั่งตะวันตก พ.ศ. 2511-2512”, ใน รายงานวิชาการ หน่วยงานอนุรักษ์ปลาผิวน้ำ พ.ศ. 2511-2515 ภาค 1. น.11-46. กรุงเทพมหานคร: กรมประมง, 2516.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Amarasinghe, U.S. and Sriya, I.D.P. "Aspects of the Biology and Fishery of Malabar Sprat *Ehirava fluviatilis* (Osteichthyes: Clupeidae) in Bolgoda, Sri Lanka" **Asian Fish. Sci.** 15(3): 215-228; 1 September, 2002.
- Anderson, C.N.K. and et al. "Why Fishing Magnifies Fluctuations in Fish Abundance", **Nature.** 452: 835-839; 17 April, 2008.
- Araya, M. Medina, M. and Arancibia, H. "Preliminary Result of Empirical Validation of Daily Increments in Otoliths of Jack Mackerel *Trachurus symmetricus* (Ayres, 1855) Marked with Oxytetracycline", **Scientia Marina.** 67(4): 471-475; December, 2003.
- Asano, M. and Mugiya, Y. "Biochemical and Calcium-Binding Properties of Water-Soluble Proteins Isolated from Otoliths of the Tilapia, *Oreochromis niloticus*", **Comparative Biochemistry and Physiology part B.** 104: 201-205; April, 1993.
- Ashford, J.R. and et al. "Otolith Chemistry Indicates Population Structuring by the Antarctic Circumpolar Current", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.** 65(2): 135-146; February, 2008.
- Baisre J.A. **Chronicles of Cuban Marine Fisheries (1935-1995). Trend Analysis and Fisheries Potential.** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2000.
- Beddington, J.R. and Kirkwood, G.P. "The Estimation of Potential Yield and Stock Status Using Life-history Parameters", **Philosophical Transaction of the Royal Society B.** 360(1453): 163-170; 29 January, 2005.
- Begg, G.A. and et al. "Otolith Research and Application: Current Directions in Innovation and Implementation", **Marine and Freshwater Research.** 56(4): 477-483; 22 July, 2005.
- Begg, G.A., Friedland K.D. and Pearce, J.B. "Stock Identification and Its Role in Stock Assessment and Fisheries Management: An Overview", **Fisheries Research** 43(1-3): 1-8; October, 1999.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Bertalanffy, L.von. "A Quantitative Theory of Organic Growth (Inquiries on Growth Laws II)", **Human Biology**. 10(2): 181-213; May, 1938.
- Beverton, R.J.H. and Holt, S.J. **On the Dynamics of Exploited Fish Populations**. London: Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1957.
- _____. "A Review of Methods for Estimating Mortality Rates in Exploited Fish Populations, with Special Reference to Sources of Bias in Catch Sampling", **Rapp.P.-V.Réun.CIEM**. 140(1): 67-83; January, 1956.
- _____. **Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Part II, Tables of yield function**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1966.
- Bhatla, R., Mohanty, U.C. and Raju, P.S.V. "The Variability of Indian Ocean Surface Metrological Fields During Summer Monsoon in El Nino/La Nina years", **Indian Journal of Geo – Marine Sciences**. 35(2): 93-103; June, 2006.
- Boonjorn, N. and et al. **Stock Assessment of Goldstripe Sardinella, *Sardinella gibbosa* (Bleeker, 1849) Resources in the Gulf of Thailand**. Bangkok: Department of Fisheries, Thailand, 2012.
- Buijse, A.D., Densen, W.L.T.van. and Machiels, M.A.M. "Characteristics in The Annual Variation of Yield from Professional Fisheries in Freshwater Bodies of the Temperate and the Tropical Zones", In **Catch and Effort Sampling Strategies: Their Applications in Freshwater Fisheries Management**. Cowx, I.G. Editor. p.305-322. Oxford: Fishing News Book, 1991.
- Campana, S.E. "Accuracy, Precision and Quality Control in Age Determination, Including a Review of the Use and Abuse of Age Validation Methods", **Journal of Fish Biology**. 59(1): 197-242; January, 2011.
- Campana, S.E., Gagnagé, J.A. and McLaren, J.W. "Elemental Fingerprinting of Fish Otolith Using ID-ICPMS", **Marine Ecology Progress Series**. 122(2): 115-120; 15 June, 1995.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Campana, S.E. "Chemistry and Composition of Fish Otoliths: Pathways, Mechanisms and Applications", **Marine Ecology Progress Series**. 188(4): 263-297; 3 November, 1999.
- _____. "Otolith Science Entering the 21st Century", **Marine and Freshwater Research**. 56(3): 485-495; 22 July, 2005a.
- _____. "Otolith Elemental Composition as a Natural Marker of Fish Stocks". In **Stock Identification Methods**. Cadrin, S.X., Friedland, K.D. and Waldman, J.R. Editors. p.227-245. New York: Academic Press, 2005b.
- Campana, S.E. and Neilson, J.D. "Microstructure of Fish Otoliths", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 42(5): 1014-1032; May, 1985.
- Campana, S.E., Fowler, A.J. and Jones, C.M. "Otolith Elemental Fingerprinting for Stock Identification of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Using Laser Ablation ICPMS", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 51(9): 1942-1950; September, 1994.
- Campana, S.E. and et al. "Otolith Elemental Fingerprints as Biological Tracers of Fish Stocks", **Fisheries Research**. 46(2): 343-357; May, 2000.
- Chantarasri, D. **Synopsis of Biological Data on Pla Tu, the Indo-Pacific Chub, Mackerel (*Rastrelliger neglectus*)**. Penang: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1977.
- Chao, S.Y., Shaw, P.T. and Wu, S.Y. "El Niño Modulation of the South China Sea Circulation", **Progress in Oceanography**. 38(1): 51-93; January, 1996.
- Chittaro, P.M. and et al. "Using Otolith Chemistry to Investigate Population Structure of Quillback Rockfish in Puget Sound", **Northwest Science**. 84(3): 243-254; July, 2010.
- Chotiyaputta, C., Nootmorn, P. and Jirapunpipat, K. "Review of Cephalopod and Fish Community in the Gulf of Thailand", **Bulletin of Marine Science**, 71(1): 223-238; July, 2002.
- Christensen, V. "MEY = MSY", **Fish and Fisheries**. 11(1): 105-110; March, 2010.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Christensen, V. "Fishery-Induced Changes in a Marine Ecosystem: Insight from Models of the Gulf of Thailand", **Journal of Fish Biology**. 53(Supplement sA): 128–142; December, 1998.
- Chuenpakdee, R. and Pauly, D. "Development of Fisheries in the Gulf of Thailand Large Marine Ecosystem: Analysis on an Unplanned Experiment", In **Large marine ecosystems of the world**. Hempel, G. and Sherman, K. Editors. p.337-353. Amsterdam: Elsevier, 2003.
- Collette, B.B. "Scombridae. Tunas (also, Albacore, Bonitos, Mackerels, Sea fishes, and Wahoo)", In **FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Vol. 6. Bony Fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), Estuarine Crocodile**. Carpenter, K.E. and Niem, V. Editors. p.3721-3756. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 2001.
- Collette, B.B. and Nauen, C.E. **FAO Species Catalogue Vol. 2: Scombrids of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of Tunas, Mackerels, Bonitos and Related Species Known to Date**. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1983.
- Conti, L. and et al. "Long-Term Changes and Recurrent Patterns in Fisheries Landings from Large Marine Ecosystems (1950–2004)", **Fisheries Research**. 119– 120: 1–12; May, 2012.
- Degens, E.T., Deuser, W.G. and Haedrich, R.L. "Molecular Structure and Composition of Fish Otoliths", **Marine Biology**. 2(2): 105-113; January, 1969.
- Dhebtaranon, Y. "*Rastrelligor's* Spawning off the Western Coast of the Gulf of Thailand During of First Spawning Season", In **Annual Report Marine Fisheries Laboratory**. Department of Fisheries Editor. p. 31-41. Bangkok: Mimeographed, 1971.
- Edmonds, J.S. and et al. "Trace Elements in the Otoliths of Yellow-Eye Mullet (*Aldrichetta forsteri*) as an Aid to Stock Identification", **Fisheries Research**. 13(1): 39-51; January, 1992.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Elsdon, T.S. and et al. "Otolith Chemistry to Describe Movements and Life-History Parameters of Fishes: Hypotheses, Assumptions, Limitations and Inferences. *Oceanography and Marine Biology*. 46(1): 297–330; January, 2008.
- FAO. **Report of the Third Thailand/FAO/DANIDA Workshop on Fishery Research Planning in the Gulf of Thailand**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1995.
- _____. **Fisheries and Aquaculture Software. FISAT II - FAO-ICLARM Stock Assessment Tool**. Rome: FAO Fisheries and Aquaculture Department, 2006.
- _____. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2012**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.
- _____. (2010). "*Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)", **Species Fact Sheets**. <http://www.fao.org/fishery/species/2477/en>. 22 May, 2017.
- FAO-FIGIS. (2005). "Chapter: *Rastrelliger brachysoma*.", **A World Overview of Species of Interest to Fisheries**. <http://www.fao.org/figis/servlet/species?fid=2477>. 22 May, 2017.
- Farrell, J. and Campana S.E. "Regulation of Calcium and Strontium Deposition on the Otoliths of Juvenile Tilapia, *Oreochromis niloticus*", **Comparative Biochemistry and Physiology**. 115(2): 103-109; October, 1996.
- Fishery statistics analysis and research group. **Manual of Marine Fisheries Survey in 2010**. Bangkok: Department of Fisheries; Thailand, 2010.
- Fowler, A.J. and et al. "Experimental Assessment of the Effect of Temperature and Salinity on Elemental Composition of Otoliths Using Solution-Based ICPMS", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 52(7):1421-1430; July, 1995.
- Gillanders, B.M. and Kingsford, M.J. "Elements in Otoliths May Elucidate the Contribution of Estuarine Recruitment to Sustaining Coastal Reef Populations of a Temperate Reef Fish", **Marine Ecology Progress Series**. 141(4): 13-20; October, 1996.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Gillanders, B.M. "Connectivity Between Juvenile and Adult Fish Populations: Do Adults Remain Near Their Recruitment Estuaries?", **Marine Ecology Progress Series**. 240(3): 215–223; September, 2002.
- Gulland, J.A. **Manual of Methods for Fish Stock Assessment Part1: Fish Population Analysis**. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1969.
- _____. **Beyond, MSY. A Consideration of Definitions of Management Objectives**. Hobart: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources, 1988.
- Gunn, J.S. and et al. "Electron Probe Microanalysis of Fish Otoliths - Evaluation of Techniques for Studying Age and Stock Discrimination", **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. 158(1): 1–36; June, 1992.
- Hoff, G.R. and Fuiman, L.A. "Morphometry and Composition of Red Drum Otoliths: Changes Associated with Temperature, Somatic Growth Rate and Age", **Comparative. Biochemistry and Physiology**. 106(2): 209-219; October, 1993.
- _____. "Environmentally Induced Variation in Elemental Composition of Red Drum (*Sciaenops ocellatus*) otoliths", **Bulletin of Marine Science**. 56(2): 578-591; March, 1995.
- Hongskul, V. "Population Dynamics of Pla Tu, *Rastrelliger neglectus* (van Kampen) in the Gulf of Thailand", **Proceedings of Indo-Pacific Fisheries Council**. 15(11): 293-342; November, 1974.
- Hoenig, J.M. "Estimating Mortality Rate from the Maximum Observed Age", **ICES. Conference and Meeting**. 5(1): 1-5; November, 1982.
- Hoenig, J.M. and et al. "Data Acquisition for Length-Based Stock Assessment Report of Working Group 1", In **ICLARM Conference Proceedings on Length-Based Methods in Fisheries Research**. ICLARM Editor. p. 343–352. Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1987.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Hyun, K. and et al. "Using an Artificial Neural Network to Patternize Long-Term Fisheries Data from South Korea", **Aquatic. Sciences.** 67(3): 382-389; September, 2005.
- Jenkins, G.P. and Davis, T.L.O. "Age, Growth Rate, and Growth Trajectory Determined from Otolith Microstructure of Southern Bluefin Tuna *Thunnus maccoyii* Larvae", **Marine Ecology Progress Series.** 63(2): 93-104; May, 1990.
- Jochum, K.P. and Stoll, B. "Reference Materials for Elemental and Isotopic Analysis by LA-(MC)-ICP-MS: Successes and Outstanding Needs", In **Laser Ablation-ICP-MS in the Earth Sciences, Current Practices and Outstanding Issues. Mineralogical Association of Canada (MAC) Short Course Series.** Sylvester, P. Editor. p.147-168. Van-couver: Mineralogical Association of Canada, 2008.
- Jones, C.M. "Development and Application of the Otolith Technique", In **Otolith Microstructure Examination and Analysis.** Stevenson, D.K. and Campana, S.E. Editors. p.1-11. Ottawa: Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 1992.
- Jutagate T. and et al. "Variations, Trends and Patterns of Fish Landings in Large Tropical Reservoirs", **Lakes & Reservoirs: Research & Management.** 17(1): 35-53; March, 2012.
- Kalish, J.M. "Otolith Microchemistry: Validation of the Effects of Physiology, Age and Environment on Otolith Composition", **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.** 132(3): 151-178; December, 1989.
- Kohonen, T. **Self-Organizing Maps.** Berlin: Springer-Verlag, 2001.
- Kongprom, A. and et al. **Stock Assessment of Purple-Spotted Bigeye (*Priacanthus tayenus* Richardson, 1846) in the Gulf of Thailand.** Bangkok: Department of Fisheries, Thailand, 2010.
- Kurogane, K. and et al. "On the Population Dynamics of the Indo-Pacific Mackerel (*Rastrelliger neglestus* van Kampen) of the Gulf of Thailand", **Bulletin of Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.** 12(67): 67-91; January, 1971.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Lek, S. and Guégan, J.F. “Artificial Neural Networks as a Tool in Ecological Modeling, an Introduction”, **Ecological Modelling**. 120(2-3): 65–73; August, 1999.
- Lombarte, A. **Efectos Ambientales y Fitogenéticos en la Morfología del Laberinto Auditivo de los Peces Teleósteos**. Doctor’s Thesis: Universidad Autónoma de Barcelona, 1990.
- Lombarte, A. and et al. “A Web-Based Environment from Shape Analysis of Fish Otoliths. The AFORO database”, **Scientia Marina**. 70(1): 147-152; January, 2006.
- Longmore, C. and et al. “A Comparison of Otolith Microchemistry and Otolith Shape Analysis for the Study of Spatial Variation in a Deep-Sea Teleost, *Coryphaenoides rupestris*”, **Environmental Biology of Fishes**. 89(3–4): 591–605; November, 2010.
- _____. “Otolith Geochemistry Indicates Life-Long Spatial Population Structuring in a Deep-Sea Fish, *Coryphaenoides rupestris*”, **Marine Ecology Progress Series**. 435(2): 209-224, 22 August, 2011.
- Lorpittayakorn, P. and et al. “Influence of ENSO Events on Coastal Rainfall Distribution in the Gulf of Thailand”, **Journal of Science and Technology**. 20(1): 1-12; January-March, 2012.
- Lymer, D. and et al. **A Review and Synthesis of Capture Fisheries Data in Thailand – Large Versus Small-Scale Fisheries**. Bangkok: FAO Regional Office for Asia and the Pacific, 2008.
- Matsui, T. “The Larvae of *Rastrelliger*”, In **Ecology of the Gulf of Thailand and the South China Sea**. Southeast Asia Research Programme Editor. p.59-69. California: Southeast Asia Research Programme, 1963.
- _____. “Description of the Larvae of *Rastrelliger* (mackerel) and a Comparison of the Juveniles and Adults of the Species *R. kanagurta* and *R. brachysoma*”, In **NAGA Report; Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961, Vol.5: Part1**. NAGA Editor. P.1-33. California: University of California, 1970.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Menasveta, D., Shindo, S. and Chullasorn, S. “Pelagic Fishery Resources of the South China Sea and Prospects for Their-Development”, In **SCS/DEV/73/6**. FAO Editor. p. 1-68. Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1973.
- Milton, D.A. and et al. “Identifying the Spawning Estuaries of the Tropical Shad, Terubok *Tenualosa toli*, Using Otolith Microchemistry”, **Marine Ecology Progress Series**. 153(3): 283–291; 10 July, 1997.
- Mims, M.C. and Olden, J.D. “Fish Assemblages Respond to Altered Flow Regimes via Ecological Filtering of Life History Strategies”, **Freshwater Biology**. 58(1): 50-62; January, 2013.
- Montaña, C.G., Choudhary, S.K. and Dey, S. “Compositional Trends of Fisheries in the River Ganges, India”, **Fisheries Management and Ecology**. 18(4): 282–296; August, 2011.
- Morales-Nin, B. “Influence of Environmental Factors on Microstructure of Otoliths of Three Demersal Fish Species Caught off Namibia”, **African. Journal of Marine Science**. 5(1): 255–262; January, 1987.
- Morales-Nin, B.. **Determination of Growth in Bony Fishes from Otolith Microstructure**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1992.
- Oksanen, J. and et al. **Vegan: Community Ecology Package. R package version 1.8–3**. Vienna: r-project, 2006.
- Olsson, P.E., Kling P. and Hogstrand, C. “Mechanisms of Heavy Metal Accumulation and Toxicity in Fish”, In **Metal Metabolism in Aquatic Environments**. Langston, W.J. and Bebianno, M.J. Editors. p. 321-350. London: Chapman and Hall, 1998.
- Pannella, G. “Fish Otoliths: Daily Growth Layers and Periodical Patterns”, **Science**. 173(4002): 1124-1127; September, 1971.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Park, Y.S. and et al. "Application of a Self-Organizing Map to Select Representative Species in Multivariate Analysis: a Case Study Determining Diatom Distribution Pattern Across France", **Ecological Informatics**. 1(3): 247-257; November, 2006.
- Paterson, C.J. and et al. "Fisheries Refugia: a Novel Approach to Integrating Fisheries and Habitat Management in the Context of Small-Scale Fishing Pressure", **Ocean and Coastal Management**. 85(B): 214-229; December, 2013.
- Pauly, D. **Theory and Management of Tropical Multispecies Stocks: A Review, with Emphasis on the Southeast Asian Demersal Fisheries**. Manila: International Center for Living Aquatic Resources Management, 1979.
- _____. "On the Interrelationships Between Natural Mortality, Growth Parameters and Mean Environmental Temperature in 175 Fish Stocks", **Journal du Conseil/Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer**. 39(3): 175-192; July, 1980.
- _____. "The Sea Around Us Project: Documenting and Communicating Global Fisheries Impacts on Marine Ecosystems", **AMBIO**. 36(4): 290-295; June, 2007.
- Pauly, D. and Soriano, M.L. "Some Practical Extension to Beverton and Holt' Relative Yield per Recruit model", In **The First Asian Fisheries Forum**. Maclean, J.L, Dizon, L.B. and Hosillo, L.V. Editors. p.491-495. Manila: Asian Fisheries Society, 1986.
- Pauly, D. and et al. "Fishing Down Marine Food Webs", **Science**. 279(1): 860-863; January, 1998.
- Pauly, D., Watson, R. and Alder, J. "Global Trends in World Fisheries: Impacts on Marine Ecosystems and Food Security", **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B**. 360(1453): 5-12; January, 2005.
- Pawson, M.G. and Jennings, S. "A Critique of Methods for Stock Identification in Marine Capture Fisheries", **Fisheries. Research**. 25(3-4): 203-217; March, 1996.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Payan, P. and et al. "Ionic Composition of Endolymph in Teleosts: Origin and Importance of Endolymph Alkalinity", **Journal of Experimental Biology**. 200(13): 1905-1912; July, 1997.
- Pearce, N.J.G. and et al. "A Compilation of New and Published Major and Trace element Data for NIST SRM 610 and NIST SRM 612 Glass Reference Materials", **Geostandards Newsletter**. 21(1): 115-144, June, 1997.
- Phasuk B. "Marine Fisheries in Thailand Waters", In **The Future of the Thai Fisheries**, SEAFDEC Editor. p.324-404. Bangkok: SEAFDEC, 1987.
- Piumsombun, S. **Bio-Economic Modeling of Pla-tu in the Gulf of Thailand**. Doctor's Thesis: Simon Fraser University, 1992.
- Pollution Control Department. **Oil Spill Prevention and Mitigation**. Bangkok: Integrated Promotion Technology Limited, 1996.
- Proctor, C.H. and et al. "Stock Structure of the Southern Bluefin Tuna *Thunnus maccoyi*: an Investigation Based on Probe Microanalysis of Otolith Composition", **Marine Biology**. 122(4): 511-526; June, 1995.
- Puthy E.M and Kristofersson, D.M. **Marine Fisheries Resources Management Potential for Mackerel Fisheries of Cambodia**. Iceland: The United Nations University, 2007.
- R Development Core Team. (2009)"The R Manuals", **R Project**. <http://cran.r-project.org/manuals.html>. 14 May, 2009.
- Ralston, S. "Age Determination of a Tropical Reef Butterfly Fish Utilizing Daily Growth Rings of Otoliths", **Fishery Bullentin**. 74(4): 990-994; July, 1976.
- Ralston, S. and Miyamoto, G.T. "Estimation of the Age of a Tropical Reef Fish Using the Density of Daily Growth Increments", In **Proceedings of the Fourth International Coral Reef Symposium**. Gomez, E.D. and et al. Editors. p.83-88. Queson: University of Philippines, 1981.
- _____. "Analyzing the Width of Daily Otolith Increment to Age the Hawaiian Snapper *Pristipomoides filamentosus*", **Fishery Bulletin**. 81(3): 523-535; February, 1983.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Ralston, S.. “A Novel Approach to Ageing Tropical Fish”, *ICLARM Newsletter*. 8(1): 14-15; January, 1985.
- Rasband, W.S. **ImageJ**. Bethesda, MD: National Institute of Health, 1997.
- Riede, K. **Global Register of Migratory Species - from Global to Regional Scales: Final Report of the R&D-Project 808 05 081**. Bonn: Federal Agency for Nature Conservation, 2004.
- Rungpan, S. and Buluedaj, C. **Fishery Resources in the Middle Gulf of Thailand Surveyed by Otter Board Trawl during 2004-2005**. Bangkok: Department of Fisheries Thailand, 2012.
- Saikliang, P. and Lheknim, V. **Assessment of Fisheries Status by Using Sustainable Fisheries Indicators, Case Study: Indo-Pacific Mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) in the Gulf of Thailand**. Bangkok: Department of Fisheries Thailand, 2013.
- Sakaff, H. al and Esseen, M. “Occurrence and Distribution of Fish Species off Yemen (Gulf of Aden and Arabian Sea)”, *Naga, The ICLARM Quarterly*. 22(1): 43-47, January-March, 1999.
- Sanitmajjaro, W. and et al. **Marine Resources Caught by Fishery Research Vessel in the Southern Gulf of Thailand, 2006**. Bangkok: Department of Fisheries Thailand, 2007.
- SCSP. **Report of the Workshop on the Biology and Resources of Mackerels (*Rastrelliger* spp.) and Round Scads (*Decapterus* spp.) in the South China Sea-Part I**. Manila: South China Sea Fisheries Development and Coordination Programme (SCSP), 1978.
- Secor, D.H., Dean, J.M. and Laban, E.H. “Otolith Removal and Preparation for Microstructural Examination”, In **Otolith Microstructure Examination and Analysis**. Stevenson, D.K. and Campana, S.E. Editors. p.19-57. Ottawa: Department of Fisheries and Oceans, 1992.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Secor, D. H. and et al. "Identification of Riverine, Estuarine, and Coastal Contingents of Hudson River Striped Bass Based Upon Otolith Elemental Fingerprints", **Marine Ecology Progress Series**. 211(1): 245–253; 14 February, 2001.
- Severin, K.P., Carroll, J. and Norcross, B.L. "Electron Microprobe Analysis of Juvenile Walleye Pollock, *Theragra chalcogramma*, Otoliths from Alaska: A Pilot Stock Separation Study", **Environmental Biology of Fish**. 43(3): 269-283; July, 1995.
- Sie, S.H., and Thresher, R.E. "Micro-PIXE Analysis of Fish Otoliths: Methodology and Evaluation of First Results for Stock Discrimination", **International Journal of PIXE**. 2(3): 357-379; 16-18 July, 1992.
- Simkiss, K. "Calcium Metabolism of Fish in Relation to Ageing", In **The Ageing of Fish** Bagenal T.B. Editors. p.1-12. Surrey: Unwin Brothers Ltd., 1974.
- Sinanun, P. and et al. **Stock Assessment of *Saurida elongata* (Temminck & Schlegel, 1846) and *S. undosquamis* (Richardson, 1848) in the Gulf of Thailand**. Bangkok: Department of Fisheries, Thailand, 2012a.
- _____. **Anchovy Fisheries in the Gulf of Thailand**. Bangkok: Department of Fisheries, Thailand, 2012b.
- Singkran, N. "Contingency Plan Improvement for Managing Oil Spills in the Coastal Waters of Thailand", **Marine Pollution Bulletin**. 89(1-2) 149–159; 15 December, 2014.
- Somjaiwong, D., Chullasorn, S. and Supongpan, S. "Assessment on Growth and Mortality Rates of Indo-Pacific Mackerel (*Rastrelliger neglectus*) from Tagging Data in 1969 in the Gulf of Thailand", In **The 3rd Symposium on Marine Fisheries organized**. Marine Fisheries Laboratory Editor. p.1-17. Bangkok: Marine Fisheries Laboratory, 1971.
- Somjaiwong, D. and Chullasorn, S. "Tagging Experiments on the Indo-Pacific Mackerel *Rastrelliger neglectus* in the Gulf of Thailand (1960-1965)", **Proceeding of IPFC**. 15(11): 287-296; November, 1972.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Sparre, P. and Venema, S.C. **Introduction to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. Manual.** Rome: Food Agriculture Organization of the United Nations, 1998.
- Srinoparatwatana C. **Population Biology of Two Key Fish Species and the Dynamics and Management of the Trap Fishery in Beung Borapet, Thailand.** Doctor's thesis: Edith Cowan University, 2009.
- Steer, M.A. and et al. "Stock Discrimination of Southern Garfish (*Hyporhamphus melanochir*) by Stable Isotope Ratio Analysis of Otolith Aragonite", **Environmental Biology of Fish.** 89(3-4): 369–381; November, 2010.
- Stobutzki, I. and et al. "Decline of Demersal Coastal Fisheries Resources in Three Developing Asian Countries", **Fisheries Research.** 78(2-3): 130–142; May, 2006.
- Sturrock, A.M. and et al. "Can Otolith Elemental Chemistry Retrospectively Track Migrations in Fully Marine Fishes?", **Journal of Fish Biology.** 81(2): 766–795; July, 2012.
- _____. "Physiological Influences Can Outweigh Environmental Signals in Otolith Microchemistry Research", **Marine Ecology Progress Series.** 500(1): 245–264; 17 March, 2014.
- Tanner, S.E. and et al. "Testing an Otolith Geochemistry Approach to Determine Population Structure and Movements of European Hake in the Northeast Atlantic Ocean and Mediterranean Sea", **Fisheries Research.** 125-126: 198–205, August, 2012.
- The Integrated Taxonomic Information System. (2012). "*Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851)", **Fish taxonomy.** <http://www.itis.gov/>. 22 May, 2017.
- Thongsila, K. and et al. **Stock Assessment of Indian Mackerel *Rastrelliger kanagurta* (Cuvier, 1817) in the Gulf of Thailand.** Bangkok: Department of Fisheries, Thailand, 2012.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Thorrold, S.R., Jones, C.M. and Campana, S.E. "Response of Otolith Microchemistry to Environmental Variations Experienced by Larval and Juvenile Atlantic Croaker (*Micropogonias undulatus*)", **Limnology and Oceanography** 42(1): 102-111; January, 1997.
- Thorrold, S.R. and et al. "Trace Element Signatures in Otoliths Record Natal River of Juvenile American Shad (*Alosa sapidissima*)", **Limnology and Oceanography**. 43(8): 1826–1835; December, 1998.
- Thresher, R.E. and et al. "An Evaluation of Electron-Probe Microanalysis of Otoliths for Stock Delineation and Identification of Nursery Areas in a Southern Temperate Groundfish, *Nemadactylus macropterus* (Cheilodactylidae)", **Fishery Bullentin**. 92(2): 817-840; 11 April, 1994.
- Tokrisna, R. "Renewal Fishery Resource Abundance and Poverty Eradication for Coastal Fishermen in Thailand": In **A Collection Book in Honor of Associate Professor Dr. Ruangrai Tokrisna**. Somporn Isvilanonda Editors. p.43-56. Bangkok: Kasetsart University, 2006.
- Tremblay-Boyer, L. and et al. "Modelling the Effects of Fishing on the Biomass of the World's Oceans from 1950 to 2006", **Marine Ecology Progress Series**. 442(4): 169–185; 5 December, 2011.
- Try, I. **The Fish Stocks and Habitats of Regional, Global, and Transboundary Significance in the South China Sea**. Phnom Penh: Ministry of agriculture, forestry and fisheries, Cambodia, 2007.
- Vesanto, J. **Neural Network Tool for Data Mining: SOM Toolbox**. Oulu: TOOLMET, 2000.
- Vivekanandan, E. and Krishnakumar, P.K. "Spatial and Temporal Differences in the Coastal Fisheries Along the East Coast of India", **Indian Journal of Geo – Marine Sciences**. 39(3): 380-387; September, 2010.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Volk, E.C. and et al. "Otolith Chemistry Reflects Migratory Characteristics of Pacific Salmonids: Using Otolith Core Chemistry to Distinguish Maternal Associations with Sea and Freshwaters", **Fisheries Research**. 46(1-3): 251–266; May, 2000.
- Waldman, J.R. "Definition of Stocks: an Evolving Concept", In **Stock Identification Methods. Applications in Fishery Science**. Cadrin, S.X., Friedland, K.D. and Waldman, J.R. Editors. p.7-16. London: Academic Press, 2005.
- Ward-Paige, C.A. and et al. "Recovery Potential and Conservation Options for Elasmobranchs", **Journal of Fish Biology**. 80(5): 1844-1869; April, 2012.
- Welcomme, R.L. **Inland Fisheries: Ecology and Management**. Oxford: Fishing News Books, 2001.
- Winemiller, K.O. "Life history Strategies, Population Regulation and Implications for Fisheries Management", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 62(4): 872–885; April, 2005.
- Wirgin, I.I. and et al. "Mixed-Stock Analysis of Atlantic Coast Striped Bass (*Morone saxatilis*) Using Nuclear DNA and Mitochondrial DNA Markers", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 54(2): 2814–2826; February, 1997.
- Wood, C.C., Rutherford, D.T. and McKinnell, S. "Identification of Sockeye Salmon (*Oncorhynchus nerka*) Stocks in Mixed-Stock Fisheries in British Columbia and Southeast Alaska Using Biological Markers", **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. 46(12): 2108–2120; December, 1989.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
กิจกรรมการปฏิบัติงานภาคสนาม



ตัวอย่างปลาทุ



ตัวอย่างปลาทุ



ตัวอย่างปลาทุ



การเก็บข้อมูลความยาวและน้ำหนักลำตัว



การเก็บข้อมูลความยาวและน้ำหนักลำตัว



การเก็บข้อมูลความยาวและน้ำหนักลำตัว



การวัดความยาวลำตัวปลาทุ



การเก็บข้อมูลน้ำหนักตัวปลาทุ

ภาพที่ ก.1 ตัวอย่างปลาทุและการเก็บข้อมูลความยาวและน้ำหนักลำตัว



การจำแนกเพศปลา (เพศเมีย)



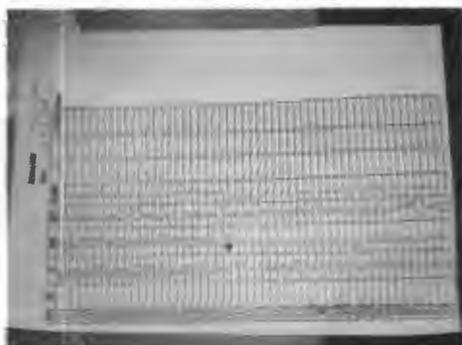
การจำแนกเพศปลา (เพศผู้)



การเก็บตัวอย่างกระดูกปลา



ตำแหน่งของกระดูกปลา



กระดานบันทึกข้อมูลภาคสนาม



หลอดพลาสติกสำหรับเก็บรักษากระดูก



การทำความสะอาดกระดูกปลา



กระดูกที่ทำความสะอาดแล้ว

ภาพที่ ก.2 การจำแนกเพศ และการเก็บกระดูกจากกะโหลกปลา

ภาคผนวก ข
การเตรียมตัวอย่างกระดูก



น้ำยาเรซิน



การผสมน้ำยาเรซินเหลว



แบบสำหรับหล่อเรซินให้แข็งตัว



การหล่อเรซินครั้งที่ 1



ชิ้นกระดูกหุปลาทุ



การวางชิ้นกระดูกหุลงในเรซิน



กระดูกหุในเรซินที่พร้อมตัด



การขีดเส้นวางแนวเพื่อตัดกระดูกหุ

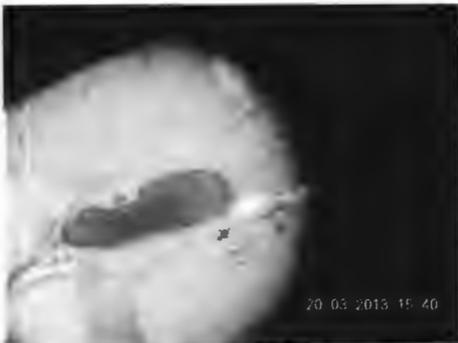
ภาพที่ ข.1 การหล่อกระดูกหุลงเรซิน



การตัดกระดูกปลา



การตัดกระดูกปลา



ภาพกระดูกปลาที่ยังไม่ผ่านการตัด



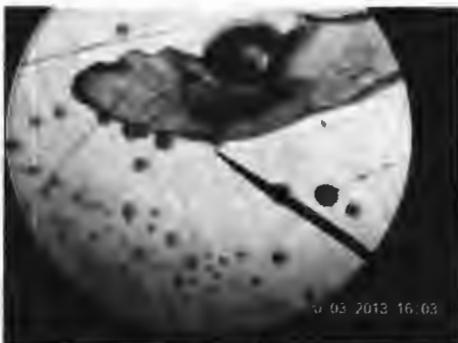
ภาพกระดูกปลาที่ยังไม่ผ่านการตัด



กระดาศทรายที่ใช้ตัดกระดูกปลา



การตัดกระดูกปลา



ภาพกระดูกปลาที่ผ่านการตัดแล้ว



ภาพกระดูกปลาที่ผ่านการตัดจนบางเกินไป

ภาพที่ ข.2 การตัดกระดูกปลาและการตัด

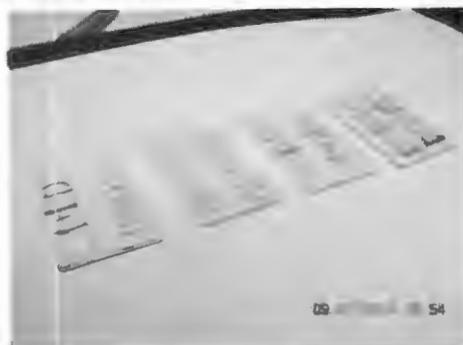
ภาคผนวก ค
การวิเคราะห์องค์ประกอบธาตุรองในกระดูกหูกปลาทู



การเตรียมสไลด์สำหรับเครื่องวิเคราะห์ธาตุ



การจัดเรียงชั้นกระดุกหลบบนสไลด์



สไลด์และตัวอย่างที่พร้อมสำหรับเครื่องวิเคราะห์ธาตุ



สไลด์และตัวอย่างที่พร้อมสำหรับเครื่องวิเคราะห์ธาตุ



การนำตัวอย่างชั้นกระดุกหลูเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์ธาตุ



เครื่องวิเคราะห์ธาตุ LA-ICP-MS



การตั้งค่าสำหรับวิเคราะห์ห้องค์ประกอบธาตุ



พิกัดต่าง ๆ บนชั้นกระดุกหลูที่ดำเนินการวิเคราะห์ธาตุ

ภาพที่ ค.1 การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบธาตุในกระดุกหลูปลาทุ

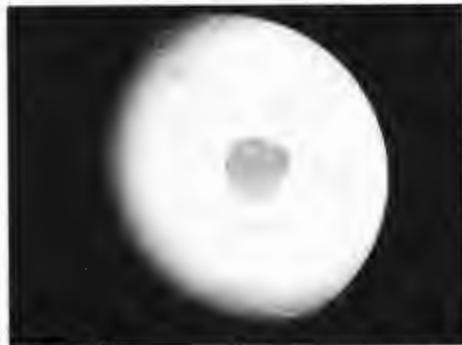
ภาคผนวก ง
การศึกษาอายุและการเติบโตของปลาทุ



การตรวจสอบอายุ (วงวัน) ในลูกปลาที่ทราบอายุ



ลูกปลาที่ทราบอายุ



ลักษณะชั้นกระดูกที่พบในลูกปลาที่ทราบอายุ



ลักษณะชั้นกระดูกที่พบในลูกปลาที่ทราบอายุ



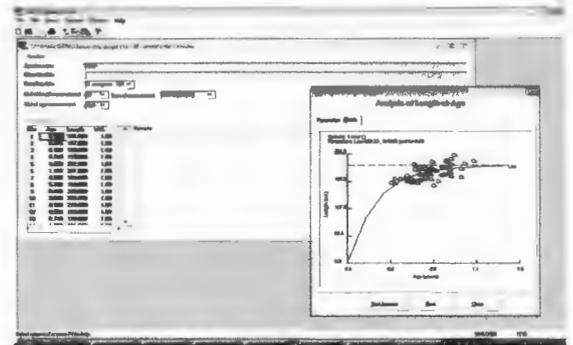
ภาพกระดูกที่นำมาอ่านอายุ (วงวัน)



ภาพกระดูกที่นำมาอ่านอายุ (วงวัน)



โปรแกรม ImageJ ที่ใช้ในการตรวจสอบอายุ (วงวัน)



โปรแกรม FISAT II ที่ใช้ในการวิเคราะห์การเติบโต

ภาพที่ ง.1 การศึกษาอายุและการเติบโตของปลาทุ

ภาคผนวก จ

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ

Chronicle of marine fisheries in the Gulf of Thailand: variations, trends and patterns

Sontaya Koolkalya^{1,3}, Amonsak Sawusdee² & Tuantong Jutagate^{1,*}

¹Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani, Thailand 34190

²School of Engineering and Resources, Walailak University, Thasala, Nakhon Si Thammarat, Thailand 80161

³Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang, Chanthaburi, Thailand 22000

*[E-mail: tuantong.j@ubu.ac.th]

Received 21 April 2014; revised 27 August 2014

A comprehensive picture of marine fisheries in the Gulf of Thailand (GoT), within Thailand's boundary, has been described by using fish landing data for 26 years, between 1984 and 2009. Thirty-five (35) species/groups of fish landings were used in analysis. *Rastrelliger brachysoma* showed the lowest long-term variation (CV) in fish landings at 15.53% and the highest CV was observed in *Lates calcarifer* at 146.16%. The relationship between CV and fish landings showed a negative trend with a high correlation ($r = 0.62$) and was associated with species life-history strategies. For short-term variations, the means of the relative variation (28%) were higher than the absolute variation (25%), indicating a higher uncertainty when catches are low. Three trends in fish landings were analyzed by Spearman's rank correlation. Seven (7) and 3 species/groups trended to decrease and increase, respectively, over the studied period. Meanwhile, 15 species/groups showed a trend of inversion, i.e. increased then decreased. The self-organizing map was used to cluster patterns of fish landings, which indicated temporal trends of chronological order, i.e. 1985-1990, 1992-1998, 1999-2007 and 2008-2009.

[Keywords: Fish landings, Long-term variation, Short-term variations, Rank correlation, Self organizing maps]

Introduction

Growing demand of fishery resources is raising awareness and concern regarding their states, in which 30% of marine fish stocks are completely overfished and 57% are close to being overfished¹. Thus, understanding the effects of fishing and the dynamic revolution of fishery resources should be consciously increasing, both in the jurisdiction waters of individual countries and in the larger scale ecosystems, for effective resource management^{2,3}.

Gulf of Thailand (GoT), one of sixty two Large Marine Ecosystems (LMEs), is among the top five LMEs in terms of marine fishery production⁴. Average total annual production of marine capture fisheries in Thailand in 2004 was about 2.6×10^6 tonnes, in which the production from the GoT contributed about 68.5 percent, with the remaining from the Andaman Sea⁵. Similar to LMEs elsewhere, a declining in biomass fishery resources has been observed in the GoT, in particular the demersal species^{4,5}. Many reports show that overexploitation of fishery stocks can promote

long-term changes of fish community in marine ecosystems^{2,3,4,6} and the amount of fish landings in each individual species or groups at any given time could serve as a suitable 'indicator' for monitoring community level responses to fishing pressures^{3,6,7}.

Information on catch and effort in the GoT started in the 1960s from experimental and commercial trawlings⁸. Monitoring programs of marine fish landings in Thailand was started in 1971. Data *per se* is allowed direct analysis on variations and trends of the fisheries and could be further used to foresee status fish communities in the future^{3,6,9,10}. Present study is to examine the annual variations and trends in fish landing of individual species in the GoT in Thai sector as well as analyze the pattern of fish landings composition over the studied period. On the basis of multispecies fisheries in GoT⁴, the fish landings essentially represent the actual spectrum of species composition. Results from the study can be used to make a step toward more effective management of marine fish resources in the GoT.

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ

Materials and Methods

Time series of annual marine fisheries landings from the GoT were available from the Thailand's fisheries statistics yearbook, reported by the Department of Fisheries (www.fisheries.go.th/it-stat/yearbook). In this study, time series of landing of each individual fish species/groups were extracted from 26 years (i.e. 1984-2009). The data were arranged by the matrix of year and 35 fish species/groups on fish landings.

Long-term variations (i.e. characteristic in annual variations of yield of fish species/groups) were detected by using coefficient of variation (CV) of fish landings. Correlation between the CV and average annual fish landing (both in \ln -transformed) was tested and then classified fish species into groups according to the levels of relationship. Two indices of short-term variations¹¹, i.e. inter-annual variations, were applied viz., the index of absolute variation (U_a) and the relative variation (U_r) as,

$$U_a = \frac{dy}{y} = 100 \times \frac{\text{mean}|y_t - y_{t-1}|}{y} \%$$

where y = mean value of long-term fish landings data; y_t and y_{t-1} = fish landings in a given year and previous year, respectively, and

$$U_r = 100 \times 2 \times \left(\left(1 - \frac{1}{10^r} \right) / \left(1 + \frac{1}{10^r} \right) \right) \%$$

where r = mean of absolute difference of log transferred catches, as calculated by:

$$r = \sum_{i=2}^n |\log_{10}(y_i/y_{i-1})| / (n-1)$$

where n = duration of time series data.

Trend analysis of annual fishery landings was examined by applying Spearman's rank correlation³. Discontinuity of trend was indicated by the most significant turning point, which yielded the maximum weight rank (r_s^2), as calculated by:

$$r_s^2 = (n_1 r_1^2 + n_2 r_2^2) / n$$

where n_1 is a number of years in the first sub-series, r_1 is Spearman's r for the first sub-series, n_2 is number of years in the second sub-series, r_2 is Spearman's r for the second sub-series and n is total study years.

Temporal patterns of fish landing in the GoT were clustered, using the self organizing map (SOM¹²). SOM is an unsupervised artificial neural

network learning method for analyzing, clustering and modeling various types of large databases¹². Samples, i.e. 26 years of fish landings, with similar species composition and weight of individual fish landing were classified in the same or neighbor output map units^{12,13}. After the SOM analysis, Ward's linkage method was additionally applied for the purpose of clustering the map units. The SOM software package is available at www.cis.hut.fi/projects/somtoolbox¹⁴. All statistical calculations and graphics were done using the R Program¹⁵. Analysis of similarities (ANOSIM) was used to test statistical differences among clusters of similar SOM cells, using the library 'vegan' in Program R¹⁶.

Results

Variations and trends of fish landings:

Other than the mixed taxa in the other foodfish, fishes from Family Carangidae, Sciaenidae and Lutjanidae were the highest diverse species, and the catches of family Engraulidae and Clupeidae contributed largely in fish landings (Figure 1). Long-term variation (i.e. CV) ranged between 15.53% and 146.16%, but was more concentrated between 15% and 81% (Figure 2). The species with the lowest long-term variations (i.e. most stable in fish landings) and highest variations (i.e. high fluctuations in fish landings) were *Rastrelliger brachysoma* (15.53%) and *Lates calcarifer* (146.16%), respectively. Relationship between CV and average annual fish landings, both in \ln -transformed, showed a negative trend with a high correlation ($r = 0.62$). From this relationship, two extreme groups of fish landings were classified (Figure 3). In the short-term (i.e. inter-annual) variations, distributions of both U_a and U_r were both positive skewed and ranged between 10%–90% and 12%–109%, respectively (Figure 4). The mean values of U_a and U_r were 25% and 28%, respectively, and they were significantly different (t -test; P -value < 0.05).

Three trends in fish landings in the Thai sector of the GoT were observed (Figure 5). The first trend was species/groups of fish that had their fish landing continuously decreased during the considered period (1984-2009). They were *R. kanagurta*,

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

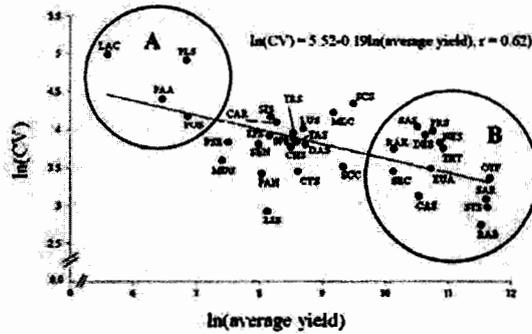


Fig. 1—Relationship between the average yearly yield and the coefficient of variation (CV) of yearly yield for the 35 fish species/group from the fisheries landings in the Gulf of Thailand. Two extreme patterns of association between average and CV of biomass are contrasted with envelopes.

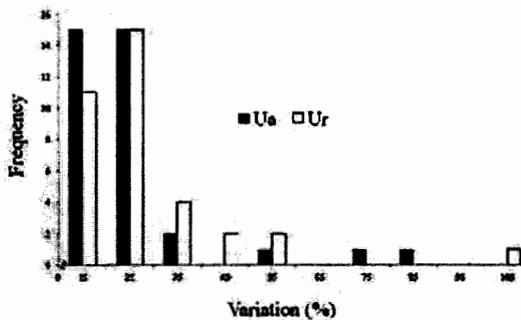


Fig. 2—Distributions of absolute (U_a) and relative (U_r) short-term variations of fish landings in the Gulf of Thailand.

Megalaspis cordyla, *Cararx* spp., *Polynemus* spp., *L. calcarifer*, *Plotosus* spp. and *Psettodes erumei*. The second trend was the trend inversion, which was characterized by an opposite sign of rank correlation, i.e. increased then decreased. Fifteen (15) out of 35 species/ groups, including sharks and rays, showed this trend, in which the inversion was mostly observed between 2002 and 2004. Members of this trend were, for example, *R. brachysoma*, *Sertolina nigrofasciata*, *Decapterus* spp., *Lutjanus* spp., and *Chirocentrus* spp. Lastly, the increased trend was observed in three species viz., *Stolephorus* spp., *Sphyraena* spp. and *Sciaena* spp. In addition, no significant monotonic trend was observed in 10 species/groups, e.g. *Scomberomorus commerson*, *T. tonggol*, *Liza* spp., *Pampus argenteus*, *Sillago* spp. and *Muraenesox* spp.

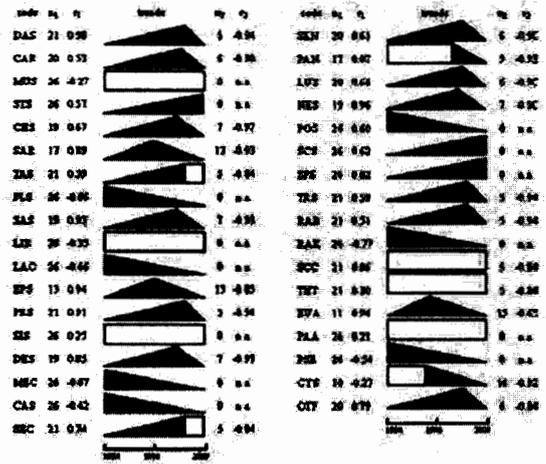


Fig. 3—Trends in fish landings in the Gulf of Thailand from 1984 to 2009. Monotonic trends were detected by Spearman's rank correlation. From the left: Fish abbreviations, number of years in the first sub-series (n_1), Spearman's r for the first sub-series (r_1), representation of the trend, number of years in the second sub-series (n_2), Spearman's r for the second sub-series (r_2). Significant trends are filled in shaded grey. White shapes represent non-significant trends. For detail of abbreviations of fish landing see Table 1.

Patterns of fish landings:

The output map units of SOM was 25 (i.e. 5 rows x 5 columns), which yielded the lowest quantization (0.085) and topographic (0.000) errors. According to the SOM analysis incorporated with Ward's linkage method, four (4) clusters of fish landing, which hereafter called "regime", were identified (ANOSIM test, P -value < 0.001, based on 1000 permutations) and exhibited temporal trends into time progression (■). The first regime (Regime I) was between 1985 and 1990. Regimes II and III were from 1992 to 1998 and 1999 to 2007, respectively. The last regime (Regime IV) was between 2008 and 2009. Interestingly, fish landings of 1984 and 1991 were grouped with Regime IV. ■ showed the contribution of each species/group in each regime.

Discussion

Variation in abundance of the exploited populations can be caused by fishing pressure, decreasing body size and age of a stock, growth and survival rate of the species, as well as unstabilizing

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

Table 1 Life History Strategies (LHS) (equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), environment (Envir.) (pelagic: P, demersal: D), average yield (with standard deviation (SD), n = number of year), coefficient of variation (%) (CV) and indices (%) for absolute (U_a) and relative (U_r) short-term variations of fish landings in the Gulf of Thailand.

Scientific name/group	Abbr.	LHS	Envir.	Average yield \pm SD (n)	CV	U_a	U_r
Family Dasyatidae & Myliobatidae							
Rays*	DAS	E	D	6,150.54 \pm 2,749.34 (26)	44.70	25.59	26.07
Family Carcharhinidae							
<i>Carcharhinus</i> spp.	CAR	E	D	3,893.65 \pm 2,319.56 (26)	59.57	23.52	23.41
Family Muraenesocidae							
<i>Muraenesox</i> spp.	MUS	P	D	1,646.12 \pm 598.14 (26)	36.34	22.69	22.77
Family Engraulidae							
<i>Stolephorus</i> spp.	STS	O	P	111,120.04 \pm 21,872.32 (26)	19.68	10.22	12.06
Family Chirocentridae							
<i>Chirocentrus</i> spp.	CHS	P	P	4,858.42 \pm 2,110.65 (26)	43.44	23.26	27.16
Family Clupeidae							
<i>Sardinella</i> spp.	SAR	O	P	109,262.58 \pm 23,915.87 (26)	21.89	12.02	12.66
Family Arlidae							
<i>Tachysurus</i> spp.	TAS	P	D	5,296.15 \pm 2,454.47 (26)	46.34	26.37	32.12
Family Plotosidae							
<i>Plotosus</i> spp.	PLS	E	D	934.39 \pm 1,270.91 (26)	136.02	74.49	52.23
Family Synodontidae							
<i>Saurida</i> spp.	SAS	O	D	36,723.81 \pm 20,751.50 (26)	56.51	24.94	27.00
Family Mugilidae							
<i>Liza</i> spp.	LIS	P	P	3,378.39 \pm 634.02 (26)	18.77	14.86	16.07
Family Latidae							
<i>Lates calcarifer</i>	LAC	P	D	269.19 \pm 393.46 (26)	146.16	89.64	108.99
Family Serranidae							
<i>Epinephelus</i> spp.	EPS	P	D	3,475.12 \pm 1,742.49 (26)	50.14	15.53	21.53
Family Priacanthidae							
<i>Priacanthus</i> spp.	PRS	O	D	46,875.73 \pm 24,947.79 (26)	53.22	16.42	19.81
Family Sillaginidae							
<i>Sillago</i> spp.	SIS	O	D	3,532.89 \pm 2,277.53 (26)	64.47	27.17	30.11
Family Carangidae							
<i>Decapterus</i> spp.	DES	O	P	41,351.69 \pm 20,921.80 (26)	50.59	21.21	33.71
<i>Megalaspis cordyla</i>	MEC	O	P	9,557.12 \pm 6,499.02 (26)	68.00	30.98	40.63
<i>Caranx</i> spp.	CAS	O	P	37,419.27 \pm 8,567.71 (26)	22.90	15.52	16.91
<i>Selar crumenophthalmus</i>	SEC	O	P	24,666.08 \pm 7,788.74 (26)	31.58	18.76	21.62
<i>Seriolina nigrofasciata</i>	SEN	O	P	2,930.04 \pm 1,326.05 (26)	45.26	24.41	23.90
<i>Parastromateus niger</i>	PAN	O	P	3,082.35 \pm 938.40 (26)	30.44	22.48	24.25
Family Lutjanidae							
<i>Lutjanus</i> spp.	LUS	P	D	5,937.00 \pm 3262.15 (26)	54.95	29.58	34.17
Family Nemipteridae							
<i>Nemipterus</i> spp.	NES	O	D	52,259.46 \pm 24,043.14 (26)	46.01	14.63	18.27

Table 1 Life history strategies (LHS) (equilibrium: E, periodic: P and opportunistic: O), environment (Envir.) (pelagic: P, demersal: D), average yield (with standard deviation (SD), n = number of year), coefficient of variation (%) (CV) and indices (%) for absolute (U_a) and relative (U_r) short-term variations of fish landings in the Gulf of Thailand (Cont.).

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

1306

INDIAN J. MAR. SCI., VOL.44, NO.9 SEPTEMBER 2015

Scientific name/group	Abbr.	LHS	Envir.	Average yield \pm SD (n)	CV	U_s	U_r
Family Polynemidae							
<i>Polynemus</i> spp.	POS	P	P	952.00 \pm 617.25 (26)	64.84	38.18	48.05
Family Scaenidae							
<i>Scaena</i> spp.	SCS	P	D	13,041.73 \pm 9,960.03 (26)	76.37	18.99	22.87
Family Sphyraenidae							
<i>Sphyraena</i> spp.	SPS	P	P	5,116.77 \pm 2,442.48 (26)	47.73	19.29	19.61
Family Trichiuridae							
<i>Trichiurus</i> spp.	TRS	P	D	5,031.00 \pm 2,625.42 (26)	52.18	21.72	26.36
Family Scombridae							
<i>Rastrelliger brachysoma</i>	RAB	O	P	100,248.27 \pm 15,563.76 (26)	15.53	11.69	12.78
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	RAK	O	P	24,914.81 \pm 10,515.30 (26)	42.21	24.05	23.58
<i>Scomberomorus commerson</i>	SCC	P	P	11,160.15 \pm 3,750.16 (26)	33.60	16.94	17.55
<i>Thunnus tonggol</i>	THT	O	P	54,678.92 \pm 23,414.88 (26)	42.82	21.06	25.03
<i>Euthynnus affinis</i>	EUA	O	P	45,395.15 \pm 14,879.92 (26)	32.78	19.39	21.03
Family Stromateidae							
<i>Pampus argenteus</i>	PAA	E	P	645.77 \pm 525.34 (26)	81.35	58.28	54.12
Family Psettodidae							
<i>Psettodes erumei</i>	PSE	P	D	1,798.35 \pm 832.59 (26)	46.30	21.85	24.70
Family Cynoglossidae							
<i>Cynoglossus</i> spp.	CYS	P	D	5,410.15 \pm 1,696.58 (26)	31.36	15.18	16.00
Mixed taxa							
Other foodfish	OTF	-	-	116,274.08 \pm 33,392.20 (26)	28.72	15.48	16.53

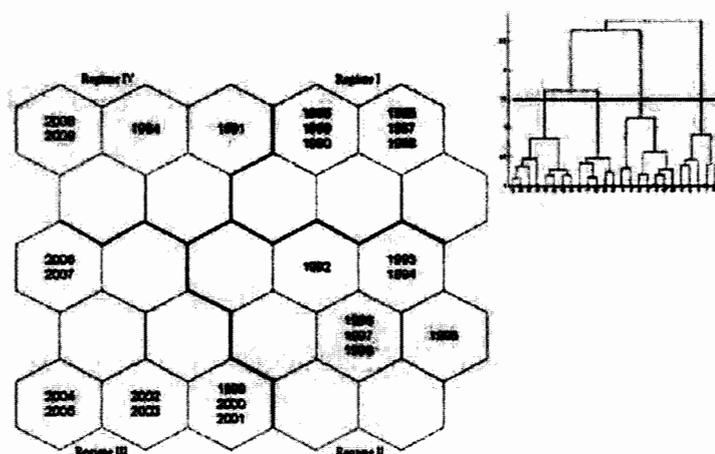


Fig. 4—Patterning of fish landings in the Gulf of Thailand (by year) using self organizing map (SOM) network. The similarity among SOM cells was studied using hierarchical clustering agglomerate by Ward method to identify the cluster number. Bold lines indicate separated clusters.

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

of juvenile populations¹⁷, which are consequent to

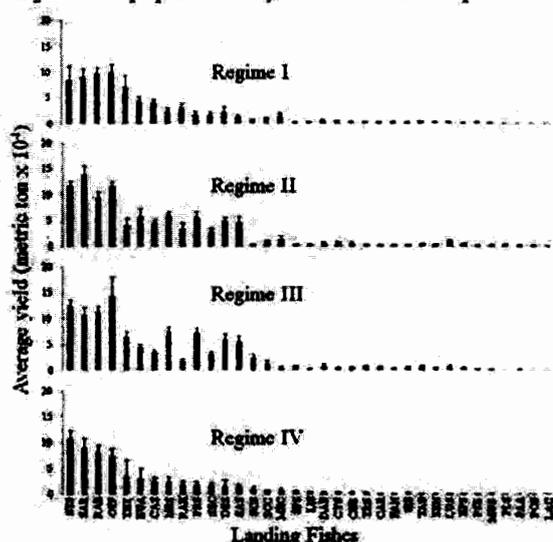


Fig. 5—Contribution of average yields of each fish landing in each regime of study area (i.e. the Gulf of Thailand). For detail of abbreviations of fish landing see Table 1.

the fluctuation in fish landings. If sufficiently long time series in fish landings are available, it is possible to mark the fluctuation in fish landings and allow diagnosing of the present state of the fishery¹⁸. Twenty six (26) years of fish landing data of 35 species/groups were used in this study, therefore, a coherent picture of the fisheries in the Gulf of Thailand (GoT) for over the past *c.a.* 30 years could be elucidated.

The CV is served as an indicator of the relative magnitude of inter-annual fluctuations and it is clear that the classified group A and B () showed an association to life-history strategies^{19,20}. According to the relationship between CV and fish landings (), Group A fishes comprised of the equilibrium and periodic strategists. Equilibrium fish are always sensitive to variable fishing pressures and environment^{19,21} and these causes make them show a high magnitude of inter-annual fluctuations in fish landings. Meanwhile, periodic fish, although associated with high compensatory reserve, tend to show high inter-annual recruitment variation and cause the variation in catches^{19,20}. Group B fishes are all opportunistic life-history strategists. These species had low CV and exhibited relative stable fish landings because of their high demographic resilience and they can maintain

viable populations in various environmental conditions^{20,21}. For short term variation, the average relative annual variation (U_r) was significantly higher than the index of absolute variation (U_a). This indicated, in general, that the short-term variation of the fish landings in the GoT was inversely related to yield, resulting in a higher uncertainty when catches are low¹¹.

Trend analysis of the whole fisheries in the Gulf of Thailand, from 1950 – 2004, showed a distinct two-phase of increase trend landings series, which is commonly found in associated marine ecosystems where small pelagic are the most abundant component of landings³. However, when the information was refined into species/groups, trends in the fish landings of individuals were diversified (). In this study, there were increase trends of small pelagic species, such as *Sardinella* spp., *Decapterus* spp. and *Chirocentrus* spp. until around 2004, and then they declined. They then decline continuously until the last year of data series, i.e. 2009. Only the landings of *Stolephorus* spp. maintained the increase trend. The trend of inversion of almost half of fish landing species/groups, considered in this study, implies the trend of fish stocks collapsing under unsustainable exploitation pressure^{3,22}. This could be the alarm that not only the large predators and demersal species have been at a high risk of overexploitation^{5,23,24} but also the pelagic ones. During 1990s, over 80% of the species in GoT had exploitation ratios greater than 0.8²³, in which the optimum range should between 0.3 and 0.55²⁵.

The development of the fisheries in GoT had started in the 1960s after the introduction of trawl fisheries^{5,26}. Then the alarm of fishing down the food web, i.e. depletion of large predatory fish and increasing of small herbivorous species in fish landing⁷, was observed in 1980s^{4,27}, the period of Regime I, and some demersal species disappeared from the catch, e.g., *Anodontostoma* spp., *Silago sihama*, and *Pomadasys* spp.²⁴. This also included the top predator with low reproductive potential as sharks²⁸, which its catch-per-unit-effort drastically declined to less than 0.1 kg-hr⁻¹ during this period²⁴. Then during 1990s, it becomes the era of pelagic species which included *Rastrelliger* spp. and *Stolephorus* spp. dominating in catches^{24,26} as observed in Regime II, i.e. from 1992 – 1998. It was also estimated that, during Regime II period, the total biomass of the demersal fishes in 1995 had

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

dropped to less than 8% of the 1965 estimates²³.

In Regime III, many species/groups showed the highest average fish landing, compared to other regimes. It was not only the increases in fish landings of the pelagic species but also the demersal ones. These included *Nemipterus* spp., *Priacanthus* spp. and *Saurida* spp., which become higher value stock in average fish landings, after their decline in Regime I period, and now contribute more in catches in terms of weight^{29,30}. This cause could be partially explained by the shifting of the target species to pelagic fish during 1990s. However, this could also be an illusion of high catches in this regime, because more than 60% of fish landing of many species/groups were in pre-recruitment stage. This evidence was observed both in the pelagic species such as *Sardinella* spp. *R. brachysoma* and *R. kanagurta* and in the demersal species such as *Saurida* spp. and *Priacanthus* spp.³¹⁻³⁵. Thus, the decline of many fish landings in the recent years, i.e. Regime IV, could be attributed by the harvesting of these pre-recruited fish³². There was also reported that at least 9 economically important fish juveniles had been substantially caught by anchovy fisheries in 2008³⁶. There is no clear explanation on the involvement of 1984- and 1991- fish landings to Regime IV. However, in 1984, it could be likely related to the climate, i.e. the El Niño, which caused disruption to the fishery stocks, in particular the pelagic species³⁷. A very strong El Niño effect was in the South China Sea in 1983³⁸. It caused a lessening of coastal rainfall in GoT, following a decline in nutrient load to the coast³⁹, which consequent is lead to low levels of primary productivity³⁷. Also, the anomalous circulation fields in the GoT were observed in 1984 and could effect distribution of primary productivity in the gulf and then affected the fish stocks³⁹.

Conclusion

Fisheries in the GoT are currently beyond mature and are in a vulnerable state. Concern should not be focused only to the demersal species but also the pelagic ones. Although the small pelagic species showed low variation and still maintain their level in fish landings, high contribution of pre-recruited fish in their catches indicates growth-overfishing. The absence of international conflicts over straddling stocks²⁶ should fully authorize a monitoring program on the illegal unreported and

unregulated fishing, which must be more strengthened. Destructive fishing gears from small scale fisheries⁵ must be banned and fisheries refugia must be promoted⁴⁰.

Acknowledgement

S. Koolkalya is grateful to the Royal Golden Jubilee Ph.D. Program of the Thailand Research Fund (Grant No. PHD/0172/2554) for supporting his Ph.D. study.

References

- 1 FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), *The state of world fisheries and aquaculture 2012*, (FAO, Rome) 2012, pp. 209.
- 2 Tremblay-Boyer, L., Gascuel, D., Watson, R., Christensen, V. & Pauly, D., Modelling the effects of fishing on the biomass of the world's oceans from 1950 to 2006, *Mar Ecol Prog Ser*, 442(2011) 169-185.
- 3 Conti, L., Grenouillet, G., Lek, S. & Scardi, M., Long-term changes and recurrent patterns in fisheries landings from Large Marine Ecosystems (1950-2004), *Fish. Res.*, 119-120(2012) 1-12.
- 4 Christensen, V., Fishery-induced changes in a marine ecosystem: Insight from models of the Gulf of Thailand, *J. Fish Biol.*, 53(1998) 128-142.
- 5 Lymer D, Funge-Smith S, Khemakorn P, Naruepon S & Ubolratana S, *A review and synthesis of capture fisheries data in Thailand*, (FAO, Bangkok) 2008, pp. 51.
- 6 Hyun, K., Song, M.Y., Kim, S. & Chon, T.S., Using an artificial neural network to patternize long-term fisheries data from South Korea, *Aquat. Sci.*, 67(2005) 382-389.
- 7 Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F., Fishing down marine food webs, *Science*, 279(1998) 860-863.
- 8 Pauly D., *Theory and management of tropical multispecies stocks: A review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries*. ICLARM Studies and Reviews 1, (International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila) 1979, pp. 35.
- 9 Vivekanandan, E. & Krishnakumar, P.K., Spatial and temporal differences in the coastal fisheries along the east coast of India, *Indian J. Mar. Sci.*, 39(2010) 380-387.
- 10 Jutagate, T., Srichareonndham, B., Lek, S., Amarasinghe, U.S. & De Silva, S.S., Variations, trends and patterns of fish landings in large tropical reservoirs, *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 17(2012) 35-53.
- 11 Buijse A D, van Densen W L T & Machiels M A M, Characteristics in the annual variation of yield from professional fisheries in freshwater bodies of the temperate and the tropical zones: A mechanistic view, in: *Catch and effort sampling strategies: Their applications in freshwater fisheries management*, edited by I. G. Cowx, (Fishing News Book, London) 1991, pp. 305-322.
- 12 Kohonen T, *Self-Organizing maps*, (Springer-Verlag, Berlin) 2001, pp. 501.
- 13 Lek, S. & Guégan, J.F., Artificial neural networks as a tool in ecological modeling, an introduction, *Ecol. Model.*, 120 (1999) 65-73.

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

- 14 Vesanto J, Neural network tool for data mining: SOM Toolbox, paper presented at the *Symposium on Tool Environments and Development Methods for Intelligent Systems (TOOLMET2000)*, Oulu, 2000.
- 15 R Development Core Team, The R Manuals, Available from URL: <http://cran.r-project.org/manuals.html>, Accessed 14 May 2009.
- 16 Oksanen J, Kindt R, Legendre P & O'Hara R B, *vegan: Community ecology package. R package version 1.8-3*, (r-projccct.org) 2006, pp. 264.
- 17 Anderson, C.N.K., Hsieh, C.H., Sandin, S.A., Hewitt, R., Hollowed, A., Beddington, J., May, R.M. & Sugihara, G., Why fishing magnifies fluctuations in fish abundance, *Nature*, 452(2008) 835-839.
- 18 Baisre J A, *Chronicles of Cuban marine fisheries (1935-1995): Trend analysis and fisheries potential*, (FAO, Rome) 2000, pp. 26.
- 19 Winemiller, K.O., Life history strategies, population regulation and implications for fisheries management, *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 62(2005) 872-885.
- 20 Montaña, C.G., Choudhary, S.K., Dey, S. & Winemiller, K.O., Compositional trends of fisheries in the River Ganges, India, *Fish. Manag. Ecol.*, 18(2011) 282-296.
- 21 Mims, M.C. & Olden, J.D., Fish assemblages respond to altered flow regimes via ecological filtering of life history strategies, *Freshwat. Biol.*, 58(2013) 50-62.
- 22 Pauly, D., Watson, R. & Alder, J., Global trends in world fisheries: Impacts on marine ecosystems and food security, *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.*, 360(2005) 5-12.
- 23 Stobutzki, I.C., Silvestre, G.T., Abu Talib, A., Krongprom, A., Supongpan, M., Khemakorn, P., Armada, N. & Garces, L.R., Decline of demersal coastal fisheries resources in three developing Asian countries, *Fish. Res.*, 78(2006) 130-142.
- 24 Chotiyaputta, C., Nootmorn, P. & Jirapunpipat, K., Review of cephalopod and fish community in the Gulf of Thailand, *Bull. Mar. Sci.*, 71(2002) 223-238.
- 25 Gulland J A, Beyond MSY: A Consideration of Definitions of Management Objectives (WG-CSD-87/12): A mechanistic view, in: *The first meeting of the working group for the development of a conservation strategy*, (Hobart, Australia) 1988, pp. 299-322.
- 26 Chuenpakdee R & Pauly D, Development of fisheries in the Gulf of Thailand large marine ecosystem: Analysis on an unplanned experiment: A mechanistic view, in: *Large marine ecosystems of the world*, edited by G. Hempel & K. Sherman, (Elsevier, Amsterdam) 2003, pp. 337-353.
- 27 Phasuk B, Marine fisheries in Thailand waters: A mechanistic view, in: *Future of the Thai fisheries*, (SEAFDEC, Bangkok) 1987, pp. 324-404 (in Thai).
- 28 Ward-Paige, C.A., Keith, D.M., Worm, B. & Lotze, H.K., Recovery potential and conservation options for elasmobranchs, *J. Fish Biol.*, 80(2012) 1844-1869.
- 29 Sanitmajjaro W, Kongprom A, Khongchai N & Vibunpant K, *Marine resources caught by fishery research vessel in the Southern Gulf of Thailand, 2006*, (Department of Fisheries, Thailand) 2007, pp.59 (in Thai).
- 30 Rungpan S & Buluedaj C, *Fishery resources in the Middle Gulf of Thailand surveyed by otter board trawl during 2004-2005*, (Department of Fisheries, Thailand) 2012, pp. 47 (in Thai).
- 31 Boonjorn N, Noranarttragoon P, Sanitmajjaro W & Pankaew K, *Stock assessment of Goldstripe sardinella, Sardinella gibbosa (Bleeker, 1849) resources in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2012, pp. 43 (in Thai).
- 32 Saikiang P & Lheknim V, *Assessment of fisheries status by using sustainable fisheries indicators, case study: Indo-Pacific mackerel, Rastrelliger brachysoma (Bleeker, 1851) in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2013, pp. 40 (in Thai).
- 33 Thongsila K, Sinanun T, Noranarttragoon P, Boonjorn N & Khemakorn P, *Stock assessment of Indian mackerel Rastrelliger kanagurta (Cuvier, 1817) in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2012, pp. 34 (in Thai).
- 34 Sinanun P, Sinanun T, Chaimeesook K, Augsornpa-ob U & Kongprom A, *Stock assessment of Saurida elongata (Temminck & Schlegel, 1846) and S. undosquamis (Richardson, 1848) in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2012, pp. 62 (in Thai).
- 35 Kongprom A, Chuapun C, Augsornpa-ob U, Sinanun T, Khongchai N, Phoonsawat R, *Stock assessment of Purple-spotted Bigeye (Pracaanthus tayenus Richardson, 1846) in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2010, pp. 42 (in Thai).
- 36 Sinanun P, Sinanun T, Noranarttragoon P, Boonjorn N & Tossapornpitakul S, *Anchorovy fisheries in the Gulf of Thailand*, (Department of Fisheries, Thailand) 2012, pp. 56 (in Thai).
- 37 Bhatla, R., Mohanty, U.C. & Raju, P.S.V., The variability of Indian Ocean Surface meteorological fields during summer monsoon in El Nino/La Nina years, *Indian J. Mar. Sci.*, 35(2006) 93-103.
- 38 Chao, S.Y., Shaw, P.T. & Wu, S. Y., El Niño modulation of the South China Sea circulation, *Prog. Oceanog.*, 38(1996) 51-93.
- 39 Lorpittayakorn, P., Tungdharm, N., Tarnchalanukit, W. & Sojisuporn, P., Influence of ENSO events on coastal rainfall distribution in the Gulf of Thailand, *Journal of Science and Technology*, 20(2012) 1-12 (in Thai).
- 40 Paterson, J.C., Pernetta, J.C., Siraraksophon, S., Kato, Y., Barut, N.C., Saikiang, P., Vibol, O., Chee, P.E., Nguyen, T.T.N., Perbowo, N., Yunanda, T. & Armada, N., *Fisheriesrefugia: A novel approach to integrating fisheries and habitat management in the context of small-scale fishing pressure*, *Ocean Coast. Manage.*, 85(2013) 214-229.

ภาพที่ จ.1 บทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

ภาคผนวก ฉ

ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ

Stock determination and growth of the short mackerel *Rastrelliger brachysoma* in the Gulf of Thailand

Sontaya Koolkalya^{1,3}, Clive Trueman² and Tuantong Jutagate¹

¹Faculty of Agriculture, Ubon Ratchathani University, Warin Chamrap, Ubon Ratchathani, Thailand 34190,

²Ocean and Earth Science, National Oceanography Centre Southampton, University of Southampton, Waterfront Campus, European Way, Southampton SO14 3ZH, UK,

³Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Muang, Chanthaburi, Thailand 22000

The short mackerel *Rastrelliger brachysoma* is the major commercial importance marine fish in the GoT. However, the management regimes of this fish is based on the single stock in the whole GoT, which somehow not suitable. This study was performed aim to identify stock-structures of *R. brachysoma* and growth parameters of each stock in the GoT using an otolith approach. The 55 and 240 *R. brachysoma* otolith sections were used to analyze the micro-chemical data and growth parameters, respectively. For the results, the edge otoliths micro-chemical structures from 4 sample sites (i.e. Eastern, Upper, Central, and Lower of GoT) were clearly separated for both sexes (MANOVA, $p < 0.01$). The LDFA using 8 micro-chemical structures, i.e. Li:Ca, Mg:Ca, K:Ca, Mn:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Sr:Ca, Ba:Ca, in edge zone showed high classification accuracy of *R. brachysoma* to their collected locations (89 % for male and 79% for female). Furthermore, the LDFA results, using micro-chemical structures of whole sagittal, also showed high classification accuracy in both fish sex (85 for male and 86% for female). Meanwhile, growth parameters also showed significant differentiation among fish stocks. Outputs from this study showed that *R. brachysoma* in the GoT comprise 4 stock and will be led to clearly understand in biological characteristics and population dynamics of each stock and consequent to efficiency management of *R. brachysoma* in the GoT.

1. Introduction

Short mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851), found in the central east Pacific Ocean throughout the west central Atlantic Ocean (Al Sakaff and Esseen, 1999). This schooling fish was found in water with temperature range between 20° and 30°C, in both estuarine habitats and off shore areas. *R. brachysoma* was a high market value species and was support economically throughout its distribution range. In the Gulf of Thailand, where as this fish found highly abundance. This species was become to an important key fish in the domestic diet of the Thai people. In the GoT, *R. brachysoma* was become to the main target species before 1950s (Marine Fishery Laboratory, 1965). In the GoT, the height volume of *R. brachysoma* catches found in 1999 with 125,175 metric ton. Compared by 2012, catch volume of this species was decreased to 113,659 metric ton and made a total value 132,362,131\$ (Fishery statistics analysis and research group, 2013).

Although, in the GoT, there are a number of scientific studies on life history and management regulations which was take action on this species first since 1950s (Marine Fishery Laboratory, 1965, Piumsombun, 1992), but, since 1977, *R. brachysoma* found evidence of overfishing (Piumsombun, 1992) and the catch was decreased and fluctuated over time after 1977 and made more concern in stocks status and sustain usage level of this fish. Although, there are previous study results (i.e. population genetic, larva distribution and tagging-recapture studies) were showed evidences of several *R. brachysoma* stocks found in The Gulf (Marine Fishery Laboratory, 1965; Maila-iad *et al.*, 2006; Srinulgray, 2008). In fact, Short

ภาพที่ ๑.1 รำบบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ

51 mackerel in the Gulf was managed focus on a single stock consideration. Previously, there
 52 were several regulations such as season and area closed and prohibited some kind of fishing
 53 gears (i.e. engine boat with trawl net, surrounding net, falling and lift net and gill net) during
 54 Feb. 15-May 15 in only one main known spawning area (i.e. central-western part of the
 55 Gulf). In 2014-2516, the DoF (Department of Fishery, Thailand) made a decision to test same
 56 regularities in the upper area of the Gulf during June 1-July 31 meanwhile stocks
 57 identification in the gulf body was still unclear. For solving this problem, study on identify
 58 this fish stocks were needed to confirm and rising information of short mackerel stocks in
 59 The Gulf. Knowledge of each individual stock is valuable to efficiency management in this
 60 fish. Further benefit, this stock identification knowledge could be made clearly understand in
 61 population dynamics, biological characteristics and productivity rates of a species in each
 62 stock (Begg et al., 1999). All these were important for sustainable management of *R.*
 63 *brachysoma*.

64
 65 In fisheries science consideration, a numerous type of method and data have been applied to
 66 determined stock in marine fish populations (i.e. distribution and abundance data,
 67 morphometrics and meristics, life history parameters, population genetics and tagging)
 68 (Pawson and Jennings, 1996). Among these methods, the powerful method was used in recent
 69 time is an otolith approach. Otolith micro-chemistry has been used successfully to stock
 70 identity (Campana et al., 2000; Ashford et al., 2008; Steer et al., 2010). A composition in
 71 otolith is influenced by the physical and chemical properties of the environment with a
 72 metabolically inert structure (Eldson et al., 2008). That characteristic made a timescale
 73 information record on life histories of fish and making it possible to retrieve information on
 74 environmental conditions experienced by individual fish from hatching to capture (Campana,
 75 1999; Tanner et al., 2012; Cameron et al., 2016). Meanwhile otolith structure were
 76 successfully used for growth parameter analysis (ref) because it's constancy increment
 77 pattern during otolith growth and that can relate with fish age and fish length (ref).

78
 79 The present study aim to resolved stock structure and growth parameter of short mackerel,
 80 *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851), in The Gulf of Thailand based on otolith
 81 geochemistry and otolith microstructure. Multivariate comparisons of geochemical variables
 82 from primodium and edge zones in otoliths and growth parameters based on otolith increment
 83 were used to identification of separated short mackerel stock in the gulf of Thailand.

84 85 **2. Materials and methods**

86 **2.1. Fish sampling**

87 Short mackerel, *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851), specimens were collected in the
 88 GoT at four locations which were Eastern GoT (EGT: 11°46'02.62" N, 102°15'58.26" E), Upper
 89 GoT (UGT: 13°19'45.49" N, 100°27'17.81" E), Middle GoT (MGT: 9°34'25.43" N, 100°21'10.87" E)
 90 and Lower GoT (LGT: 7°10'49.58" N, 101°28'40.01" E) (Fig. 1). Total length, body weight and
 91 sex of 240 individuals were record (Table 1). Then, the pair of otolith (i.e. sagitta) was
 92 extracted. Each sagitta were rinsed with water, cleaned from adhering tissue, dried and stored
 93 in plastic micro-centrifuge tubes.

94 95 **2.2. Otolith sagitta preparation processing**

96 The pair of sagitta from each individual was prepared. Each was embedded in epoxy resin. A
 97 transverse section was taken through the mid-plane of each sagitta using a slow-speed
 98 diamond wheel saw continuously lubricated with Milli-Q water. Sections were polished down
 99 using silicon carbide paper (P2000→P2500), rinsed with Milli-Q water, until otolith

ภาพที่ ๑.1 รำงบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

100 primodium was found. The Left sagitta used for micro-element analysis and the right sagitta
101 were kept and taken for age and growth study.

102

103 **2.3 Otolith sectioned micro-element analysis**

104 The elemental of 55 left otolith sections (Table 1) was measured using a New Wave
105 UP193FX laser ablation system coupled to a Thermo X-Series II ICP-MS (ICP-MS:
106 inductively coupled plasma mass spectrometer) located at the National Oceanography Centre,
107 Southampton, UK. The laser software was used to spotting points (35 μm diameter) crossing
108 the primodium (larval) along the dorsal edge (adult) of the sectioned sagitta. The laser
109 operating parameters, measurements procedure and elements concentration calculation were
110 follow by Longmore et al. (2010) and Longmore et al. (2011). Briefly, a 10 Hz pulse rate for
111 the laser ablated (i.e. ablating sagitta material) was set. Before and after each otoliths series
112 transect, certified reference materials, the NIST 612 and 610 standards (Pearce et al. 1997;
113 Jochum and Stoll 2008), were analysed using the same laser parameters used for the
114 sectioned otoliths. All data were internally normalised to the ^{44}Ca (Campana 1999). The
115 following elements were acquired: ^7Li , ^{24}Mg , ^{39}K , ^{55}Mn , ^{60}Ni , ^{65}Cu , ^{88}Sr and ^{137}Ba . Data were
116 processed using the standard sample bracketing technique. The elements concentration
117 detected in the otoliths were expressed relative to the concentration of calcium.

118

119 **2.4. Statistical analysis for stock identification**

120 Each element:Ca was Log (x+1) transformed in order to achieve normality and homogeneity
121 of variances. Analysis of variance (ANOVA) and Multivariate analysis of variance
122 (MANOVA) were used to assess transformed value (element:Ca) variation among collection
123 locations. Then, the principal component analysis (PCA) was used to display the geochemical
124 data of the sectioned otolith (i.e. edge zone) material to obtain the relative importance of each
125 variable to the separation patterns observed. Linear discriminant function analysis (LDFA)
126 was used to classify individual fish to their collection locations using geochemical values at
127 sagitta edges and average values from core to edge (i.e. whole otolith value). Classification
128 accuracy of the discriminant functions was evaluated by calculating cross-validated
129 classification success using a jackknife (leave-one-out) approach. The linear discriminant
130 function analysis (LDFA) was also used to tracking life history of individual fish from each
131 stock. The function using sagitta geochemical structure from spot at core or primodium zone
132 (i.e. birth point) and along to edges (i.e. death point) zone to created each LDFA value/spot.
133 Then, life history profile of short mackerel (individuals in each stock) was illustrated using
134 each LDFA value /spot from birth point to death point.

135

136 **2.5 Aging**

137 The 240 right sagitta sections (Table 1) were observed with a compound microscope at $\times 4$,
138 $\times 10$ and $\times 40$. Images were captured with a digital camera for analysis daily ring using ImageJ
139 (Rasband, 1997 – 2014). Ageing based on increment thickness (Ralston and Miyamoto, 1981,
140 1983; Ralston, 1976, 1985) was performed to determined age of each individual by two
141 readers.

142

143 **2.6. Statistical analysis for age and growth**

144 The coefficient of variation (CV) was calculated to test precision of age reading
145 between the three readers (Campana 2001) as follow:

146

ภาพที่ ฉ.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

$$CV=100*\frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^R (X_{ij}-X_j)^2}{R-1}}}{X_j}$$

147 where, R is the number of times each fish is aged; X_{ij} and X_j are the i^{th} age estimation of the j^{th}
 148 fish and the average age calculated for the j^{th} fish, respectively.

149 The length-at-age datasets of males and females *R. brachysoma* were fitted by non-
 150 linear least-squares to estimate the growth parameters *viz.*, the asymptotic length (L_{∞}), and the
 151 growth coefficient (K). Then, the growth of *R. brachysoma* presented by the modified von
 152 Bertalanffy's growth function (modified VBGF; Fabens, 1965), which is fitted the length-at-
 153 age data to ensure that the curve passed through the known size at birth (Neer et al., 2005).

$$L_t = L_0 + (L_{\infty} - L_0)(1 - e^{-Kt})$$

154 where; L_0 is the size at birth, which is about 2.29 mm for *R. brachysoma*, (Rittitum et al.,
 155 2012); L_t is the length at time t . The modified VBGF curves, between males and females,
 156 were compared by mean of likelihood ratio test, in which likelihood ratios are calculated by
 157 using the residual sum-of-squares and are tested against chi-square (χ^2) statistics (Kimura
 158 1980). Data analyses were conducted by using Program R (R Development Core Team 2016)
 159 and Package 'fishmethods' in Program R (Nelson, 2012)

160

161 3. Results

162 3.1 The element structures and the relative importance

163 The structures of 8 elements (i.e. Li:Ca, Mg:Ca, K:Ca, Mn:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Sr:Ca and
 164 Ba:Ca) from otolith edge zone were analyzed using ANOVA and MANOVA. For the
 165 ANOVA results in male samples, four elements (i.e. Li:Ca, Mn:Ca, Ni:Ca and Sr:Ca) showed
 166 significantly differentiation among collection locations meanwhile three elements (Li:Ca,
 167 Mn:Ca and Ni:Ca) showed differentiation among collection locations for female (table 2).
 168 Among collection locations, for both sexes, Li:Ca value showed highest at LGT and lowest at
 169 UGT. Meanwhile Mn:Ca value was highest at UGT and lowest at MGT. In addition, Ni:Ca
 170 value was highest at UGT (for both sex) and lowest at LGT (for male) and EGT (for female).
 171 Especially for male, Sr:Ca value was highest at MGT and lowest at UGT. By MANOVA test,
 172 significant differences in the otolith edge geochemical structures were found among the
 173 collection locations in both fish sexes (table 3). Meanwhile significant differences in the
 174 otolith primodium geochemical structures among the collection locations also found in
 175 female samples but not in male samples (table 3).

176 From principal component analysis (PCA) results (fig. 2), the relative importance of variables
 177 (i.e microelement) to the separation patterns were observed. Two variables (i.e. Sr:Ca and
 178 K:Ca) showed highly fluctuated among sites for both sexes. Li:Ca, Mg:Ca, K:Ca, Mn:Ca and
 179 Ni:Ca, showed positive correlation and trend to separate UGT out of other collection
 180 locations for male, meanwhile Cu:Ca and Ba:Ca trend to separate EGT out of other collection
 181 locations. Sr:Ca trend to separate EGT and MGT out of other collection locations. For
 182 female, Li:Ca, Mn:Ca, Ni:Ca, and Ba:Ca trend to separate EGT out of other collection
 183 locations, meanwhile Mg:Ca, K:Ca, Cu:Ca and Sr:Ca trend to separate MGT out of other
 184 collection locations.

185

186 3.2 Stocks discrimination

187 The discrimination model using geochemical structures (8 elements: Li:Ca, Mg:Ca, K:Ca,
 188 Mn:Ca, Ni:Ca, Cu:Ca, Sr:Ca and Ba:Ca) in edge otolith zone showed high classification
 189 accuracy of *R. brachysoma* to their collection locations. The overall correct classification
 190 accuracy of *R. brachysoma* to their collection locations with cross validated accuracies of
 191 89% for male samples and 86% for female samples (table 4). Furthermore, the LDFA results,

ภาพที่ ฉ.1 ร้างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

192 using micro-chemical structures of whole sagittal, also showed high classification accuracy in
193 both fish sex (85% for male and 86% for female).

194

195 3.3 Stocks tracking

196 The result of LDFA Tracking from core zone (i.e. birth point) to edge zone (i.e. death point)
197 of each sectioned otolith (i.e. each individual fish) showed complexity of fish life span in
198 each collected locations (fig. 3). The results highlighted that *R. brachysoma* in each stock (i.e.
199 Eastern, upper, middle and lower stocks) comprised individual fish from different origin of
200 the larvae but grouped together at least last 41% (male) and 67% (female) of their life span.

201

202 3.4 Age and growth

203 A daily ring formation were test from the rearing larval samples of any given ages and related
204 to the rearing days of each samples was confirmed that the daily ring was formed every day.
205 Thus, 204 adult sagittae section samples were clear to be counted the daily ring and can be
206 useful for aging and growth analysis. The length of 204 adult short mackerel separated by
207 stock (i.e. collection location) was showed in table 1.

208 The overall precision of the daily ring counts was high among the readers with the CV of
209 $20.55 \pm 14.30\%$. The modified VBGF was fitted to mean size of length-at-age data using
210 nonlinear least-squares yielded L_{∞} of 192.23 ± 8.25 , 206.88 ± 18.00 , 220.63 ± 15.77 and
211 189.64 ± 5.67 cm for short mackerel stock in EGT, UGT, MGT and LGT respectively and the
212 K parameters of the modified VBGF of fish stock in EGT, UGT, MGT and LGT were
213 3.95 ± 2.01 , 2.70 ± 1.80 , 2.44 ± 0.99 and $4.39 \pm 2.81 \text{ year}^{-1}$ respectively (table 5). The modified
214 VBGF of fish stock was showed in fig. 4.

215 The σ' -values of each stock was showed in table 5. The results from likelihood ratio test
216 showed that there was statistical different in overall models and in terms of K and L_{∞} among
217 4 model (table 6).

218

219 Discussion

220 Otolith geochemical signatures are used in a wide variety of studies in marine ecology and
221 fisheries science (Campana, 1999). Concentrations microchemistries of otolith core
222 (primodium) zone have been applied to determine the origin of marine fish (Engstedt et al.,
223 2010) meanwhile concentrations microchemistries of otolith edge have been applied to
224 classification of marine fish (Tanner et al., 2012). In this study, Both ANOVA and
225 MANOVA results also showed the differentiation in concentrations of otolith edge
226 microchemistry between collecting sites. The environmental and anthropogenic physiologies
227 were found the main effect (Tanner et al., 2012). The result can be related to distinct
228 physiochemical properties of the ocean water in the habitats (i.e. collection location)
229 occupied by individuals of *R. brachysoma* during the different life history stages (Tanner et
230 al., 2012) or reflecting physiological change occurring during ontogeny or variability in
231 feeding habits and diet of the different life history stage (Tanner et al., 2012; Sturrock et al.
232 2015).

233

234 The PCA and LDFA result also suggests the useful of otolith edge microchemistry to apply
235 used for identify the stocks of *R. brachysoma*. All fish gender dataset were classified with
236 high accuracy to their collection locations suggest that at least 4 stocks of *R. brachysoma*
237 in the GoT. However, The minimal error rate (i.e. 11% for male and 14 % for female) were
238 found, that can be explained by reasonable reason (Tanner et al., 2012) that individuals
239 moved to the collecting sites shortly prior to capture and that the residence time was not
240 sufficient to acquire the site-specific signatures. Alternatively, these errors may simply reflect

ภาพที่ ฉ.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

241 the fact that environmental conditions at the two locations were not sufficiently distinct to
242 generate unique geochemical values in fish otolith (ref).

243

244 Although main spawning area of *R. brachysoma* was reported located in middle gulf of
245 Thailand (MGT) (Chamchang, 1991; Maila-iad et al., 2006; Saitakon et al, 2006), this study
246 showed stock tracking from core-to-edge can identified variety of life history pattern of each
247 stock in the GoT and showed a high exchange rate of larva sources between all collection
248 sites. The larva dispersal pattern agree with the another reports (Sojisuporn et al., 2010). In
249 the Gulf, Spawning season of short mackerel was reported in MGT during April-May
250 (Chamchang, 1991; Maila-iad et al., 2006; Saitakon et al, 2006) and assumes that there was
251 same period in other spawning ground (for example, in Cambodia cost spawning ground). *R.*
252 *brachysoma* spawning ground was report in cost of Cambodia (Puthy and Kristofersson,
253 2007; Ing, 2007; Matsui, 1970). In addition, the 1959 to 1961 Naga Expedition collected 100
254 to 1,000 larvae per 1,000m³ just off Koh Rong, Cambodia (Matsui, 1970). The cycles of sea
255 water current in the GoT also resulting lava dispersal (Singkran, 2014; Sojisuporn et al.,
256 2010). During this period, there are many strong and complexity cycles of sea water currents
257 across the Gulf. The confuse direction of many currents cycle in the gulf pass through the
258 Gulf body (Singkran, 2014; Sojisuporn et al., 2010) and probably transported young and
259 juvenile fish from various spawning sources exchange to area along their passed (Sojisuporn
260 et al., 2010).

261

262 Difficulty aging of tropical fish for the past caused by a lack of patterns in the marginal
263 increments of the otolith annual ring, with indicated that the checks could not be validated as
264 corresponding to annuli (Srinoparatwatana, 2009). However, in the present time, with
265 advance techniques, daily ring can be an option and are readable after papered the thin, clear
266 and transparent section otolith (Jutagate *et al.*, 2013). In this study, daily ring were obviously
267 observed from the larval samples of any given ages and equal to the rearing days of each
268 samples. This was confirmed that the daily ring was formed every day. From otolith section,
269 daily ring can be read using the imageJ program (Rasband, 1997 – 2014) coupled with the
270 ageing method based on increment thickness (Ralston and Miyamoto, 1981, 1983; Ralston,
271 1976, 1985). The results from growth analysis showed the growth parameters, in term of K
272 and L_∞, of *R. brachysoma* were significantly difference (p<0.05) among 4 stocks (i.e. EGT,
273 UGT, MGT and LGT stock).

274 Outputs from this study will clear identification stock of short mackerel to 4 stocks. The
275 aging and growth output in each stock can be led to clearly understand in biological
276 characteristics and population dynamics of each stock and consequent to efficiency
277 management of *R. brachysoma* in the GoT. There are also valuables for combating IUU
278 fisheries in the GoT. Outputs were also usefully for accuracy MSY and optimum sustainable
279 yield estimation of each *R. brachysoma* stock in the GoT. However, further study need to
280 focus on population genetic study in this fish and each sex should be analysis separately. So
281 if analyzing on mitochondrial DNA expects population differences but if analyzing general
282 alleles or Y-chromosome data expect limited to no population differences. For management
283 assumption, prediction of “share” or “separate” spawning ground can be investigating by
284 analysis the variances of primodium microchemistry from female, with catch from spawning
285 ground at spawning time.

286

287 References

288 Al Sakaff, H., Esseen ,M.. 1999. Occurrence and distribution of fish species off Yemen (Gulf
289 of Aden and Arabian Sea). Naga ICLARM Q. 22(1), 43-47.

ภาพที่ ฉ.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

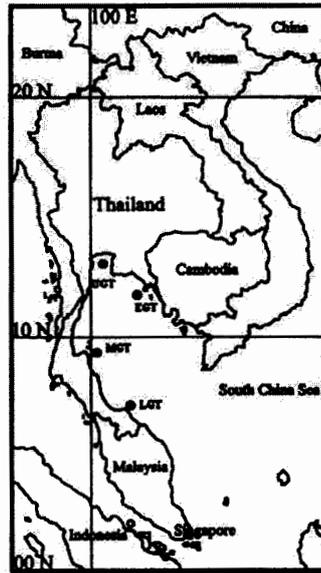
- 290 Ashford, J.R., Jones, C.M., Hofmann, E.E., Moreno, C.A., Duhamel, G., Williams, R., 2008.
 291 Otolith chemistry indicates population structuring by the Antarctic Circumpolar
 292 Current. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 65, 135–146.
- 293 Begg, G.A., Friedland, K.D., Pearce, J.B., 1999. Stock identification and its role in stock
 294 assessment and fisheries management: an overview. *Fish. Res.* 43, 1–8.
- 295 Cameron L., Baumgartner L., Butler G., Bucher D., Lou D. 2016. Using otolith
 296 microchemistry to differentiate between stocked and unstocked Australian bass
 297 (*Percales novemaculeata*). *Fish. Res.* 183, 86-91.
- 298 Campana, S.E., 1999. Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and
 299 applications. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 188, 263–297.
- 300 Campana, S.E., Chouinard, G.A., Hanson, J.M., Fréchet, A., Brattey, J., 2000. Otolith
 301 elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fish. Res.* 46, 343–357.
- 302 Chamchang, C. 1991. Species composition of Ichthyoplankton in the western Gulf of
 303 Thailand. Proceeding the seminar on fisheries 1991, Department of fisheries, Bangkok
 304 (Thailand), 486-551 (in Thai).
- 305 Elsdon, T.S., Wells, B.K., Campana, S.E., Gillanders, B.M., Jones, C.M., Limburg, K.E.,
 306 Secor, D.H., Thorrold, S.R., Walther, B.D., 2008. Otolith chemistry to describe
 307 movements and life-history parameters of fishes: hypotheses, assumptions, limitations
 308 and inferences. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 46, 297–330.
- 309 Engstedt, O., Stenroth, P., Larsson, P., Ljunggren, L., Elfman, M., 2010. Assessment of natal
 310 origin of pike (*Esox lucius*) in the Baltic Sea using Sr:Ca in otoliths. *Environ. Biol.*
 311 *Fishes* 89 (3–4), 547–555.
- 312 Fishery statistics analysis and research group. 2013. The marine fisheries statistics 2011,
 313 (Department of Fisheries, Thailand), 145 pp.
- 314 Ing, T. 2007. National report on the fish stocks and habitats of regional, global, and
 315 transboundary significance in the South China Sea. fisheries administration, ministry of
 316 agriculture, forestry and fisheries, Cambodia., 51 pp.
- 317 Jochum K.P., Stoll B. 2008. Reference materials for elemental and isotopic analyses by LA-
 318 (MC)-ICP-MS: Successes and outstanding needs. In: Laser ablation ICP-MS in the
 319 Earth sciences: Current practices and outstanding issues (P. Sylvester, Ed.),
 320 Mineralogical Association of Canada Short Course Series. 40, 147-168.
- 321 Longmore C., Fogarty K., Neat F.C., Brophy D., Trueman C.N., Milton J.A., Mariani S.
 322 2010. A comparison of otolith microchemistry and otolith shape analysis for the study
 323 of spatial variation in a deep-sea teleost, *Coryphaenoides rupestris*. *Environ Biol*
 324 *Fishes.* 89, 591–605.
- 325 Longmore C., Trueman C.N., Neat, F., O’Gorman E.J., Milton J.A., Mariani, S. 2011.
 326 Otolith geochemistry indicates life-long spatial population structuring in a deep-sea
 327 fish, *Coryphaenoides rupestris*. *Mar Ecol Prog Ser.* 435, 209–224.
- 328 Maila-iad, P., Pinputtasin, C., Sereeruk. 2006. Reproductive biology of chub mackerel and
 329 Indian mackerel in the upper Gulf of Thailand. Technical paper No. 13/2006. Marine
 330 fisheries Research and development bureau, Department of fisheries, Ministry of
 331 Agriculture and cooperatives, 26 pp. (in Thai).
- 332 Marine fisheries laboratory. 1965. Report on mackerel investigations 1963-1965,
 333 (Department of Fisheries, Thailand), 210 pp. (in Thai)
- 334 Matsui, T. 1970. Description of the larvae of *Rastrelliger* (mackerel) and a comparison of the
 335 juveniles and adults of the species *R. kanagurta* and *R. brachysoma*. *Naga Reports*,
 336 Vol. 5, Part1, 1-33.
- 337 Pawson, M.G., Jennings, S. 1996. A critique of methods for stock identification in marine
 338 capture fisheries. *Fish. Res.* 25, 203–217.

ภาพที่ ฉ.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

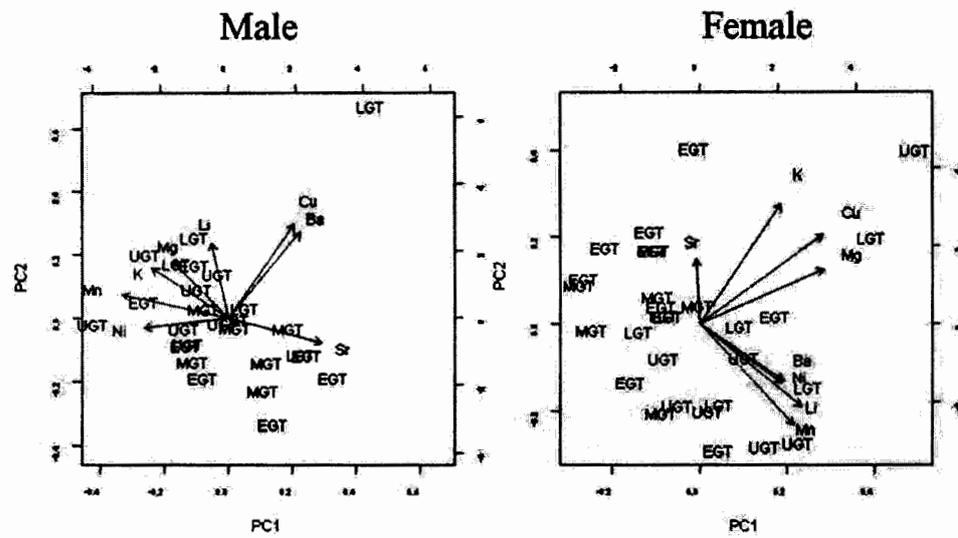
- 339 Pearce N.J.G., Perkins W.T., Westgate J.A., Gorton M.P., Jackson S.E., Neal C.R., Chenery
 340 SP (1997) A compilation of new and published major and trace element data for NIST
 341 SRM 610 and NIST SRM 612 glass reference materials. *Geostand Newsl.* 21, 115–144.
- 342 Piumsombun, S. 1992. Bio-economic modeling of Pla-tu in the Gulf of Thailand, Ph.D.
 343 Thesis, Simon Fraser University, Canada, 258 pp.
- 344 Puthy E.M., Kristofersson D.M. 2007. Marine fisheries resource management potential for
 345 mackerel fisheries of Cambodia. Fishery training programme, the United Nations
 346 University, Iceland. 65 pp.
- 347 Rittitum, S., Jai-on, P. and Suksawat, V. 2012. Spawning of short-body mackerel *Rastrelliger*
 348 *brachysoma* (Bleeker, 1851): Brood stock raised in water recirculation system.
 349 Proceeding of the annual conference on fisheries 2012, Bangkok. 176-189. (in Thai).
- 350 Rasband, W. S. (1997–2014). *ImageJ*. Bethesda, MD: National Institute of Health.
- 351 Ralston, S., and G. T. Miyamoto. 1981. Estimation of the age of a tropical reef fish using the
 352 density of daily growth increments, p. 83-88. In E. D. Gomez, C. E. Birkeland, R. W.
 353 Buddemeier, R. E. Johannes, J. A. Marsh, Jr., and R. T. Tsuda (eds.). *The reef and man.*
 354 Proceedings of the fourth international coral reef symposium. Vol. 1. Marine Science
 355 Center, University of Philippines, Queson City.
- 356 Ralston, S., and G. T. Miyamoto. 1983. Analyzing the width of daily otolith increment to age
 357 the Hawaiian snapper *Pristipomoides filamentosus*. *Fish. Bull.*, U.S. 81:523-535.
- 358 Ralston, S. 1976. Age determination of a tropical reef butterfly fish utilizing daily growth
 359 rings of otoliths. *Fish. Bull.*, U.S. 74: 990-994.
- 360 Ralston, S. 1985. A novel approach to ageing tropical fish. *ICLARM Newsletter*. 8(1): 14-15.
- 361 Saitakon T., Songkaew, N., Chotithammo, S., Vechprasit, S. 2006. Reproductive biology of
 362 short mackerel *Rastrelliger brachysoma* (Bleeker, 1851) and Indian mackerel *R.*
 363 *kanagurta* (Cuvier, 1817) in the southern Gulf of Thailand. Technical paper No.
 364 14/2006. Marine fisheries research and development bureau, Department of fisheries,
 365 Ministry of Agriculture and Cooperatives. 39 pp. (in Thai).
- 366 Singkran, N. 2014. Contingency plan improvement for managing oil spills in the coastal
 367 waters of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 89, 149–159.
- 368 Sojisuporn, P., Morimoto, A., Yanagi, T., 2010. Seasonal variation of sea surface current in
 369 the Gulf of Thailand. *Coastal marine Science*. 34(1), 91-102.
- 370 Srinoparatwatana, C. 2009. Population Biology of Two Key Fish Species and the Dynamics
 371 and Management of the Trap Fishery in Beung Borapet, Thailand. Ph.D. thesis, Edith
 372 Cowan University, Perth.
- 373 Srinulgray, T. 2008. Genetic diversity of short mackerel *Rastrelliger brachysoma* populations
 374 in the Gulf of Thailand and Andaman Sea. M.Sc. Thesis. Chulalongkorn University.
 375 112 pp. (in Thai).
- 376 Steer, M.A., Halverson, G.P., Fowler, A.J., Gillanders, B.M., 2010. Stock discrimination of
 377 Southern Garfish (*Hyporhamphus melanochir*) by stable isotope ratio analysis of otolith
 378 aragonite. *Environ. Biol. Fish.* 89, 369–381.
- 379 Sturrock, A. M., Hunter, E., Milton, J. A., EIMF, Johnson, R.C., Waring, C. P., Trueman, C.
 380 N. 2015. Quantifying physiological influences on otolith microchemistry. *Methods*
 381 *Ecol Evol.* 6, 806–816.
- 382 Tanner S. E., Vasconcelos, R. P., Cabral, H. N., Thorrold, S. R. 2012. Testing an otolith
 383 geochemistry approach to determine population structure and movements of European
 384 hake in the northeast Atlantic Ocean and Mediterranean Sea. *Fish. Res.* 125-126, 198-
 385 205.
- 386 Jutagate, T., Phomikong, P., Avakul, P. and Saowakoon, S. 2013. Age and growth
 387 determinations of chevron snakehead *Channa striata* by otolith reading. The
 388 proceedings of 51st Kasetsart University annual conference.

ภาพที่ ฉ.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

389

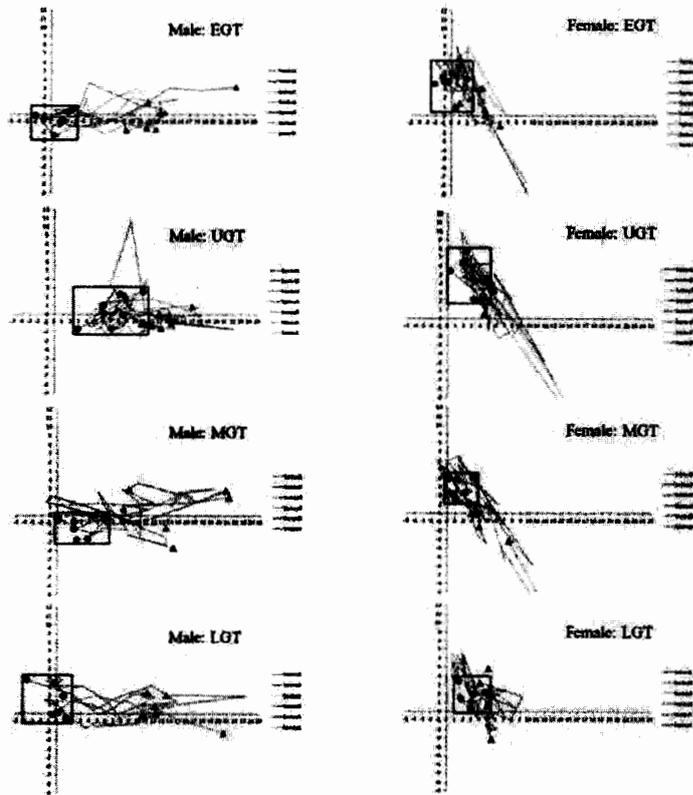


390 Fig. 1
 391
 392
 393
 394

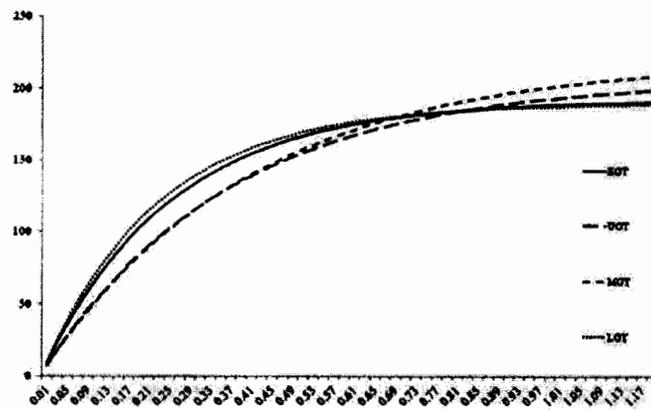


395 Fig. 2
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403

ภาพที่ ๑.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)



404
 405 Fig. 3
 406
 407



408
 409 Fig. 4
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416

ภาพที่ ฉ.1 ร้างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

417 **Table 1**
 418 Collection location, sex, mean and standard deviation (SD) of fish total length (TL) in mm
 419 and sample size (n) of *Rastrelliger brachysoma*.
 420

Collection location (abbreviation)	Sex	Otolith microstructure analysis			Otolith microchemistry analysis		
		TL(mm)		n	TL(mm)		n
		Mean	SD		Mean	SD	
Eastern GoT (EGT)	male	171	9	30	167	12	7
	female	175	22	30	185	3	9
Upper GoT (UGT)	male	178	14	30	151	14	7
	female	179	7	30	185	8	8
Middle GoT (MGT)	male	186	15	30	175	6	6
	female	186	14	30	187	2	6
Lower GoT (LGT)	male	188	15	30	181	7	6
	female	184	7	30	184	4	6
Total				240			55

421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428

429
 430 **Table 2** Mean untransformed concentrations and standard deviations (SD) of trace elements ratioed to Ca ($\mu\text{mol element}^* \text{mol}^{-1} \text{Ca}$) per sample
 431 location used in analysis
 432

	A: Male: Primodium							
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca
EGT	6.00±1.34 ^{ab}	58.05±10.00 ^{ab}	334.35±117.07 ^{ab}	9.94±2.88 ^{ab}	5.00±0.49 ^{ab}	1.43±0.65 ^{ab}	2,608.29±348.37 ^{ab}	69.26±55.83 ^{ab}
UGT	5.70±2.92 ^{ab}	67.00±13.71 ^{ab}	295.48±66.28 ^{ab}	10.47±5.28 ^{ab}	5.60±1.07 ^{ab}	1.72±0.51 ^{ab}	2,908.38±220.30 ^{ab}	46.73±20.61 ^{ab}
MGT	6.28±1.77 ^{ab}	58.22±11.37 ^{ab}	331.79±96.41 ^{ab}	7.29±3.70 ^{ab}	5.43±0.99 ^{ab}	1.47±0.24 ^{ab}	2,953.83±472.03 ^{ab}	106.37±60.95 ^{ab}
LGT	5.52±0.40 ^{ab}	69.87±16.52 ^{ab}	264.76±91.76 ^{ab}	11.74±5.38 ^{ab}	4.47±1.06 ^{ab}	3.18±4.39 ^{ab}	2,657.33±303.63 ^{ab}	54.76±23.98 ^{ab}

433

	B: Male: Edge							
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca
EGT	8.46±3.35 ^b	19.01±4.85 ^{ab}	285.42±182.82 ^{ab}	6.25±2.97 ^b	4.58±1.10 ^{ab}	0.76±0.17 ^{ab}	3,469.62±967.96 ^a	43.85±20.57 ^{ab}
UGT	4.91±1.66 ^c	24.47±3.06 ^{ab}	259.82±80.54 ^{ab}	19.30±7.69 ^a	5.23±1.05 ^b	1.16±0.27 ^{ab}	2,677.14±263.26 ^b	63.69±22.23 ^{ab}
MGT	5.60±2.47 ^{ab}	22.83±3.29 ^{ab}	232.10±84.22 ^{ab}	5.88±3.90 ^b	4.91±0.78 ^{ab}	1.16±0.27 ^{ab}	3,713.17±1,005.83 ^a	49.60±12.06 ^{ab}
LGT	11.76±3.11 ^a	23.92±5.55 ^{ab}	202.65±70.40 ^{ab}	7.35±4.92 ^b	3.93±0.42 ^b	2.04±2.74 ^{ab}	3,077.39±556.24 ^{ab}	66.78±29.60 ^{ab}

434

	C: Female: Primodium							
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca
EGT	4.23±0.49 ^{ab}	69.10±17.10 ^{ab}	276.02±67.59 ^{ab}	6.93±2.99 ^b	4.46±0.58 ^b	1.48±0.43 ^{ab}	2,856.96±807.26 ^{ab}	50.47±39.98 ^{ab}
UGT	5.17±1.05 ^{ab}	64.01±8.13 ^{ab}	222.42±77.27 ^{ab}	14.47±2.79 ^a	5.23±0.67 ^a	1.88±1.19 ^{ab}	2,362.08±404.76 ^{ab}	46.68±37.33 ^{ab}
MGT	4.85±1.06 ^{ab}	85.57±38.06 ^{ab}	259.98±56.05 ^{ab}	5.56±3.34 ^b	4.20±0.67 ^b	1.56±0.54 ^{ab}	3,079.72±633.06 ^{ab}	61.98±49.19 ^{ab}
LGT	5.83±2.15 ^{ab}	63.17±10.20 ^{ab}	298.31±127.22 ^{ab}	12.44±3.54 ^a	4.43±0.77 ^b	1.73±1.03 ^{ab}	2,941.72±335.47 ^{ab}	64.23±42.37 ^{ab}

435

	D: Female: Edge							
	Li/Ca	Mg/Ca	K/Ca	Mn/Ca	Ni/Ca	Cu/Ca	Sr/Ca	Ba/Ca
EGT	4.93±0.98 ^c	19.47±5.65 ^{ab}	201.89±88.12 ^{ab}	3.87±3.77 ^b	4.08±0.70 ^a	1.16±0.48 ^{ab}	3,710.89±996.08 ^{ab}	56.87±21.32 ^{ab}
UGT	7.97±3.77 ^{bc}	22.02±6.05 ^{ab}	158.10±132.93 ^{ab}	10.84±0.73 ^a	5.66±0.68 ^a	1.47±1.25 ^{ab}	2,887.67±432.49 ^{ab}	66.40±50.09 ^{ab}
MGT	5.64±2.10 ^{bc}	18.78±2.29 ^{ab}	119.50±67.07 ^{ab}	3.57±4.28 ^b	4.39±0.90 ^a	1.10±0.38 ^{ab}	3,327.33±756.19 ^{ab}	43.23±14.42 ^{ab}
LGT	9.27±3.17 ^a	22.93±4.16 ^{ab}	175.21±82.75 ^{ab}	8.88±4.25 ^a	4.30±0.94 ^b	1.70±1.09 ^{ab}	3,131.33±743.29 ^{ab}	63.05±26.42 ^{ab}

436

ภาพที่ ๑.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

437 **Table 3**
 438 Results of MANOVA examining variation of geochemical signatures in the otolith
 439 primodium and edge of *Rastrelliger brachysoma* among the collection locations in the GoT.
 440

df	MANOVA	
	F	p
Primodium (male)	1.12	0.37
Primodium (female)	2.59	<0.01
Edge (male)	4.93	<0.01
Edge (female)	2.54	<0.01

441

442

443 **Table 4**

444 Cross-validated classification results of discriminant function analysis of *Rastrelliger*
 445 *brachysoma* collected in the GoT. Individuals were classified to a collection location based
 446 on the geochemical signature of the otolith edge material (A) and the whole otolith (B).
 447 Values in bold represent individuals correctly classified to their collection location.
 448

A: the geochemical signature of the otolith edge material								
Collection location group	Male				Female			
	Predicted group membership (%)				Predicted group membership (%)			
	EGT	UGT	MGT	LGT	EGT	UGT	MGT	LGT
Eastern GoT (EGT)	100	0	0	0	89	0	11	0
Upper GoT (UGT)	0	100	0	0	0	100	0	0
Middle GoT (MGT)	33	0	67	0	16.5	16.5	67	0
Lower GoT (LGT)	17	0	0	83	0	0	17	83

B: the geochemical signature of the whole otolith								
Collection location group	Male				Female			
	Predicted group membership (%)				Predicted group membership (%)			
	EGT	UGT	MGT	LGT	EGT	UGT	MGT	LGT
Eastern GoT (EGT)	86	0	14	0	89	11	0	0
Upper GoT (UGT)	0	100	0	0	0	88	0	12
Middle GoT (MGT)	17	0	83	0	0	17	83	0
Lower GoT (LGT)	17	17	0	67	17	0	0	83

449

450

451 **Table 5**

452 Growth parameters and mortality rate of 4 socks *Rastrelliger brachysoma* in the GoT. TL = total
 453 length, K = growth coefficient, L_{∞} = asymptotic length, SD = standard deviation.
 454

Stocks	Average size TL±SD	n	K(/yr) ± SD	L_{∞} (mm) ± SD	ϕ'
Eastern GoT (EGT)	178.33±14.10	60	3.95±2.01	192.23±8.25	5.16
Upper GoT (UGT)	180.67±18.96	60	2.70±1.80	206.88±18.00	5.06
Middle GoT (MGT)	182.60±15.42	60	2.44±0.99	220.63±15.77	5.08
Lower GoT (LGT)	181.80±7.059	60	4.39±2.81	189.64±5.67	5.20

455

456

457

458

ภาพที่ ๑.1 ร่างบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

459 **Table 6**
 460 The results from likelihood ratio test
 461

Tested stocks	K		L _{cc}		Overall	
	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
Eastern GoT (EGT) vs Upper GoT (UGT)	188.65	<0.01	165.50	<0.01	130.85	<0.01
Eastern GoT (EGT) vs Middle GoT (MGT)	227.83	<0.01	215.05	<0.01	87.47	<0.01
Eastern GoT (EGT) vs Lower GoT (LGT)	36.28	<0.01	35.28	<0.01	31.28	<0.01
Upper GoT (UGT) vs Middle GoT (MGT)	57.45	<0.01	82.27	<0.01	53.52	<0.01
Upper GoT (UGT) vs Lower GoT (LGT)	117.52	<0.01	104.82	<0.01	31.98	<0.01
Middle GoT (MGT) vs Lower GoT (LGT)	237.48	<0.01	110.20	<0.01	74.97	<0.01

462
 463
 464
 465
 466

ภาพที่ ๑.1 รำงบทความที่เตรียมการจะตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารระดับนานาชาติ (ต่อ)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายสนธยา กุลกัลยา
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2545-2548 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การประมง พ.ศ. 2541-2544 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาประมง
ประวัติการทำงาน	2549-ปัจจุบัน คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี
ตำแหน่ง	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000