

## การประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกจับสำหรับการทำประมงอวนล้อมจับปลาทูน่า ของไทย: กรณีปลาทูน่าทองแถบ (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758))

Application of selectivity model for Thai tuna purse seine fishing: A case of  
skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758))

วัชรพงศ์ ชุ่มชื่น

Watcharapong Chumchuen

กองวิจัยและพัฒนาประมงทะเล กรมประมง ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Marine Fisheries Research and Development Division, Department of Fisheries, Lad Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

E-mail: w.chumchuen@fisheries.go.th

### บทคัดย่อ

การเลือกจับมีความสำคัญต่อการจับสัตว์น้ำที่มีประสิทธิภาพและการบริหารจัดการทรัพยากรประมง การศึกษาครั้งนี้นำแบบจำลองการเลือกจับมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมืออวนล้อมจับของเรือสำรวจมหิดล เพื่อหาขนาดแรกจับ ( $L_c$ ) สำหรับปลาทูน่าทองแถบ และสัดส่วนของปลาทูน่าทองแถบในผลจับที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  ขนาดตลาด ( $L_s = 40.0$  เซนติเมตร) และขนาดตัวเต็มวัย ( $L_m = 43.0$  เซนติเมตร) จากการสำรวจในมหาสมุทรอินเดียในปี 2555 จับสัตว์น้ำได้ 5,559.80 กิโลกรัม เป็นปลาทูน่าทองแถบร้อยละ 70.80 (โดยน้ำหนัก) มีความยาวส้อมหาง 24.0 – 64.0 เซนติเมตร อวนที่ใช้ในการสำรวจมีค่า  $L_c$  เท่ากับ 35.8 เซนติเมตร และค่า  $L_c$  เพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนครั้งที่ปลารายน้ำชนอวนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ปลาที่จับได้มากกว่าร้อยละ 80 มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  อย่างไรก็ตาม ปลาที่จับได้ส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า  $L_s$  และ  $L_m$  ซึ่งสัดส่วนของปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับสัดส่วนของปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_s$  และ  $L_m$  ทั้งนี้ การปรับปรุง  $L_c$  ให้สอดคล้องกับ  $L_s$  และ  $L_m$  สามารถทำได้โดยการปรับโครงสร้างของอวนร่วมกับแบบจำลองการเลือกจับ เพื่อการทำประมงเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพและการบริหารจัดการทรัพยากรปลาทูน่าอย่างยั่งยืน

**คำสำคัญ:** อวนล้อมจับ ปลาทูน่าทองแถบ การเลือกจับ ขนาดแรกจับ

### Abstract

Selective catch is important for effective fishing and fishery resource management. This study applied a selectivity model to purse seine of FRV Mahidol in order to find out the size at first capture ( $L_c$ ) for skipjack tuna and the proportions of skipjack tuna in the catch with the size larger than  $L_c$ , marketable size ( $L_s = 40.0$  cm) and maturity size ( $L_m = 43.0$  cm). From the survey in the Indian Ocean in 2012, 5,559.80 kg of fish were caught including 70.80% of skipjack tuna with fork length between 24.0 and 64.0 cm. The  $L_c$  of survey net was 35.8 cm, and the value of  $L_c$  increased when the number of fish-net encountering increased. More than 80% of skipjack tuna had the size larger than  $L_c$ ; however, most of the fish caught had the size smaller than  $L_s$  and  $L_m$ . Proportion of skipjack tuna with the size larger than  $L_c$  had highly significant difference from proportions of skipjack tuna with the size larger than  $L_s$  and  $L_m$ .

Improvement of  $L_c$  to correspond to  $L_s$  and  $L_m$  can be done through net modification combined with selectivity model for effective commercial fishing and sustainable tuna resource management.

**Keywords:** purse seine, skipjack tuna, selectivity, size at first capture

## บทนำ

การเลือกจับ (selectivity) ในการทำประมงเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้การจับสัตว์น้ำเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้เกิดการทำประมงอย่างยั่งยืน เช่น การเลือกจับสัตว์น้ำที่มีชนิดและขนาดที่ผู้บริโภคหรือตลาดมีความต้องการ และการเลือกจับสัตว์น้ำที่ไม่อยู่ในระยะก่อนวัยเจริญพันธุ์ การจับสัตว์น้ำแบบเลือกจับยังก่อให้เกิดการลดปริมาณของสัตว์น้ำพลอยจับ (bycatch) จากการทำประมง ทั้งในรูปแบบของสัตว์น้ำพลอยจับโดยชนิด (bycatch by species) หรือสัตว์น้ำพลอยจับโดยขนาด (bycatch by size) ซึ่งทั้ง 2 รูปแบบอาจเป็นชนิดหรือขนาดของสัตว์น้ำที่ตลาดไม่มีความต้องการหรือมีมูลค่าที่ต่ำ เมื่อสัตว์น้ำในกลุ่มนี้ถูกจับจากการทำประมง อาจถูกนำมาใช้ประโยชน์ในลักษณะของปลาเบ็ด (trash fish) หรืออาจถูกทิ้งไปในทะเล (discard) จากเหตุผลทางเศรษฐศาสตร์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งนับว่าเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรประมงที่ขาดประสิทธิภาพและขาดความยั่งยืน

สำหรับการเลือกจับสามารถแบ่งออกเป็น การเลือกจับของเครื่องมือประมง (fishing gear) และเทคนิคการทำประมง (fishing technique) ซึ่งรวมไปถึงการเลือกช่วงเวลาหรือพื้นที่ที่ทำประมง เป็นต้น Prado (1992) ได้รวบรวมการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการเลือกจับของเครื่องมืออวนลาก อวนติดตา และเบ็ด ซึ่งในอดีตได้มีการพัฒนาแบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมือประมงเหล่านี้มาโดยตลอด สำหรับการศึกษาลักษณะการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับเป็นสิ่งที่ยากทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ต่างจากการศึกษาในเครื่องมือประมงอื่นๆ เช่น อวนลาก (Joksimović *et al.*, 2002) อวนติดตา (Jude *et al.*, 2002) และเบ็ด (Balasubramanian *et al.*, 2016) อย่างไรก็ตาม ได้มีการคิดค้นแบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูน่าและเผยแพร่ในปี 2559 (Chumchuen *et al.*, 2016) ซึ่งรายละเอียดการคำนวณของแบบจำลองการเลือกจับที่อธิบายไว้นั้น อาจมีลักษณะที่ค่อนข้างยากในการทำความเข้าใจและการนำไปประยุกต์ใช้ ดังนั้นการนำแบบจำลองดังกล่าวมาใช้พัฒนาการทำประมงอวนล้อมจับของประเทศไทยจึงอาจมีความเป็นไปได้น้อย การศึกษารุ่นนี้เป็นแนวทางในการนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ และมีการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณของแบบจำลองดังกล่าวให้เข้าใจง่ายขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาการทำประมงด้วยเครื่องมืออวนล้อมจับของเรือประมงพาณิชย์ในประเทศไทยต่อไป

การศึกษารุ่นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาขนาดแรกจับ (size at first capture) สำหรับปลาทูน่าทองแถบ (*Katsuwonus pelamis* (Linnaeus, 1758)) จากการนำแบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูน่าที่ใช้ในการสำรวจ และเพื่อศึกษาสัดส่วนของปลาทูน่าทองแถบในผลจับระหว่างปลาที่มีขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่าขนาดแรกจับ ขนาดตลาด (marketable size) และขนาดตัวเต็มวัย (maturity size)



Table 1 Specifications of panels of tuna purse seine used by FRV Mahidol

Part	Panel no.	Material	Mesh size (mm)	Thickness (D)	Length (m)	Hanging (%)	Mesh depth (no. of mesh)
Bunt	1	PA	150	*	103.40	68	5
	2	PA	100	300	103.40	68	20
	3	PA	90	210	103.40	68	200
	4	PA	90	180	103.40	68	200
	5	PA	90	160	103.40	68	200
	6	PA	90	140	103.40	68	200
	7	PA	90	120	103.40	68	200
	8	PA	90	90	103.40	68	1300
	9	PA	150	150	103.40	68	50
	10	PE	150	300	103.40	68	5
Wing	11	PE	150	300	26.60	70	5
	12	PA	100	300	26.60	70	20
	13	PA	90	120	26.60	70	100
	14	PA	90	90	26.60	70	2300
	15	PA	150	150	26.60	70	50
	16	PE	150	300	26.60	70	5
	17	PA	90	90	26.60	70	2400
	18	PE	150	300	27.35	72	5
	19	PA	100	300	27.35	72	20
	20	PA	90	120	27.35	72	100
	21	PA	90	90	27.35	72	100
	22	PA	90	60	27.35	72	2300
	23	PA	90	90	27.35	72	100
	24	PA	150	150	27.35	72	50
	25	PE	150	300	27.35	72	5
	26	PA	90	60	27.35	72	2400
	27	PE	150	300	56.20	74	5
	28	PA	105	120	56.20	74	50
	29	PA	105	90	56.20	74	100
	30	PA	105	60	56.20	74	100
	31	PA	105	46	56.20	74	2000
	32	PA	105	60	56.20	74	100
	33	PA	105	90	56.20	74	100
	34	PA	150	150	56.20	74	50
	35	PE	150	300	56.20	74	5
Body	36	PE	150	300	1,140.00	75	5
	37	PA	105	120	1,140.00	75	50
	38	PA	105	90	1,140.00	75	100
	39	PA	105	60	1,140.00	75	100
	40	PA	105	46	1,140.00	75	800
	41	PES	210	70	1,140.00	75	700
	42	PA	150	90	1,140.00	75	100
	43	PA	150	150	1,140.00	75	50
	44	PE	150	300	1,140.00	75	5

Note: PA: Polyamide, PE: Polyethylene, PES: Polyester, \*braided PA  $\varnothing$  7 mm

Table 1 (Continuation)

Part	Panel no.	Material	Mesh size (mm)	Thickness (D)	Length (m)	Hanging (%)	Mesh depth (no. of mesh)
Wing	45	PE	150	300	57.00	75	5
	46	PA	105	120	57.00	75	50
	47	PA	105	90	57.00	75	100
	48	PA	150	60	57.00	75	100
	49	PA	105	46	57.00	75	2000
	50	PA	105	60	57.00	75	100
	51	PA	150	90	57.00	75	100
	52	PA	150	150	57.00	75	50
	53	PE	150	300	57.00	75	5
	54	PE	150	300	27.35	72	5
	55	PA	105	120	27.35	72	50
	56	PA	105	90	27.35	72	100
	57	PA	150	60	27.35	72	100
	58	PA	105	46	27.35	72	1900
	59	PA	105	46	27.35	72	1800
	60	PE	150	300	27.35	72	5
	61	PA	105	120	27.35	72	50
	62	PA	105	90	27.35	72	100
	63	PA	105	60	27.35	72	1900
	64	PA	105	60	27.35	72	1700

Note: PA: Polyamide, PE: Polyethylene, PES: Polyester, \*braided PA  $\varnothing$  7 mm

## 2.2 ข้อมูลสัตว์น้ำจากการทำประมง

สุ่มตัวอย่างปลาทูลำท้อที่จับได้โดยใช้สวิงขนาดใหญ่ (brailer) ตักปลาจากก้นชั่งในชั้นตอนสุดท้ายของการกู้วน แล้วเก็บข้อมูลความยาวส้อมหาง (fork length,  $L$ ) และน้ำหนักตัว (body weight,  $W$ ) ของตัวอย่างปลาแต่ละตัว รวมทั้งบันทึกปริมาณปลาทูลำท้อที่จับได้ทั้งหมดที่จับได้จากการทำประมงแต่ละครั้ง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณสัดส่วนของปลาทูลำท้อที่จับได้ในผลจับระหว่างปลาที่มีขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่าขนาดแรกจับของปลาตามความยาวส้อมหาง ( $L_c$  หรือ  $L_{50}$ ) ขนาดตลาด ( $L_s = 40$  เซนติเมตร) (Fonteneau *et al.*, 2013) และขนาดตัวเต็มวัย ( $L_m = 43$  เซนติเมตร) (ISSF, 2018)

## 2.3 ข้อมูลลักษณะรูปร่างของปลาทูลำท้อ

เนื่องจากไม่มีข้อมูลลักษณะรูปร่างของปลาทูลำท้อที่จับได้จากการทำประมง ได้แก่ ความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด (maximum body girth,  $G$ ) ความลึกของลำตัว (body depth,  $2h$ ) และความหนาของลำตัว (body width,  $2b$ ) ดังนั้น จึงใช้ข้อมูลจากการวัดขนาดรูปร่างของปลาทูลำท้อที่จับได้ ณ ท่าเทียบเรือประมงในจังหวัดคาโงชิมะ (Kagoshima) ประเทศญี่ปุ่น ในเดือนพฤศจิกายน 2557 ประกอบด้วย ความยาวส้อมหาง น้ำหนักตัว ความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด ความลึกของลำตัว และความหนาของลำตัว เพื่อใช้คำนวณในแบบจำลองการเลือกจับ โดยสมมติ (assumed) ให้ปลาทูลำท้อที่จับได้มาจากมหาสมุทรอินเดียและมหาสมุทรแปซิฟิกมีรูปร่างที่ไม่ต่างกัน

## 2.4 แบบจำลองการเลือกจับ (selectivity model)

การคำนวณเพื่อประมาณค่าการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทุ่นในการศึกษาครั้งนี้ ใช้แบบจำลองการเลือกจับจากการศึกษาของ Chumchuen *et al.* (2016) ซึ่งมีแนวคิดและหลักในการคำนวณดังนี้

กลไกการเลือกจับสัตว์น้ำของเครื่องมืออวนล้อมจับเริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการรวบรวมสายमानเสร็จสมบูรณ์และสัตว์น้ำถูกขังอยู่ในวงอวน ซึ่งรูปทรงของวงอวนในน้ำมีลักษณะคล้ายทรงครึ่งลูกโลก (hemisphere) (ภาพที่ 3) โดยในช่วงเวลาดังกล่าวเนื้ออวนอาจมีลักษณะเป็นจีบ (pleats) จากการที่สายคร่าวล่างของผืนอวนถูกรวบเข้ามาอยู่ด้วยกัน และในกรณีที่เส้นรอบวงด้านบนของทรงครึ่งลูกโลกมีความยาวมากกว่า 4 เท่าของเส้นแแกนในแนวตั้งที่อยู่บนผืนอวน (meridian) หรือความยาวของผืนอวนในแนวตั้งจากสายคร่าวบนลงไปจนถึงสายคร่าวล่าง ทำให้สายทุ่นที่ผูกติดกับสายคร่าวบนมีลักษณะย่น (ruffled) อย่างไรก็ตาม ลักษณะรูปร่างของตาอวนมีความแข็งแรงและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้จากการว่ายน้ำชนของปลา เนื่องจากตาอวนได้รับแรงดึงจากการรวบรวมปิดถุงอวนและการกู่อวนขึ้นบนเรือ ซึ่งกลไกดังกล่าวเกิดขึ้นในกรณีที่การทำประมงไม่ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมและกระแสน้ำที่รุนแรง อันมีผลทำให้เกิดการม้วนตัวและพันกันของผืนอวน

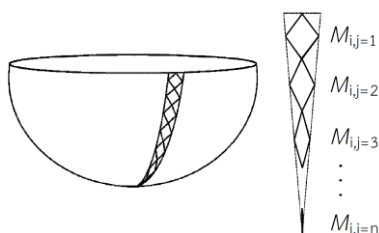


Figure 3 Model of purse seine and mesh shapes after pursing procedure is finished ( $M_{ij}$  means mesh size at horizontally  $i$ -th and vertically  $j$ -th position)

ทั้งนี้ ความยาวของผืนอวนในแนวตั้งจากสายคร่าวบนลงไปจนถึงสายคร่าวล่าง ( $V$ ) ก่อนการรวบรวมสายमान สามารถคำนวณได้จากผลรวมของความสูงของตาอวน ( $2H$ ) ที่เรียงต่อกันในแนวตั้ง ดังสมการต่อไปนี้

$$V = \sum 2H_j \quad (1)$$

เมื่อ  $H_j = \frac{1}{2}$  ความสูงของตาอวนตำแหน่งที่  $j$  ในแนวตั้ง

โดย  $H$  สามารถคำนวณได้จากขนาดตาอวน ( $M$ ) ความกว้างของตาอวน ( $2B$ ) และอัตราย่น (hang-in ratio,  $I$ ) ของตาอวน จากสมการที่ (2)–(6)

$$\text{จาก} \quad \left(\frac{1}{2}M\right)^2 = B^2 + H^2 \quad (2)$$

$$\text{ได้} \quad H^2 = \left(\frac{1}{2}M\right)^2 - B^2 \quad (3)$$

$$\text{เมื่อ} \quad B = (1 - I) \left(\frac{1}{2}M\right) \quad (4)$$

$$\text{ดังนั้น} \quad H^2 = \left(\frac{1}{2}M\right)^2 - [(1 - I) \left(\frac{1}{2}M\right)]^2 \quad (5)$$

$$\text{และ} \quad H = \left\{ \left(\frac{1}{2}M\right)^2 - [(1 - I) \left(\frac{1}{2}M\right)]^2 \right\}^{1/2} \quad (6)$$

กรณีที่มีอวนมีลักษณะเป็นทรงครึ่งลูกโลก ความกว้างของตาอวน ( $2B'$ ) คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$B' = B \times \cos\{[1 - (V - v_j)/V] \times [(90 \times \pi)/180]\} \quad (7)$$

หรือ  $B' = B \times \cos(v_j/V \times 1/2\pi) \quad (8)$

เมื่อ  $v_j =$  ความยาวในแนวตั้งระหว่างสายคร่าวบนลงไปจนถึงตาอวนที่  $J$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ (9)

$$v_j = \sum_j 2H_j \quad (9)$$

และความสูงของตาอวน ( $2H'$ ) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (10)

$$H' = [(1/2M)^2 - B'^2]^{1/2} \quad (10)$$

ทั้งนี้ ภาพตัดขวางของลำตัวปลาที่มีขนาดใหญ่ที่สุด (maximum body section) เป็นส่วนที่มีความยาวเส้นรอบลำตัว และมีลักษณะคล้ายรูปวงรี (ellipse) ที่มีความสูง  $2h$  และความกว้าง  $2b$  ซึ่งเส้นรอบวงรีหรือเส้นรอบลำตัวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (11) และ (12)

$$G = \pi(b + h)\{1 + 3a/[10 + (4 - 3a)^{1/2}]\} \quad (11)$$

$$a = [(b - h)/(b + h)]^2 \quad (12)$$

เมื่อ  $G =$  ความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด

$$h = 1/2 \text{ ความลึกของลำตัว}$$

$$b = 1/2 \text{ ความหนาของลำตัว}$$

แบบจำลองการเลือกจับใช้ความน่าจะเป็นของปลาที่ติดอยู่ในอวน เมื่อปลาที่มีขนาดลำตัวที่แน่นอนว่ายน้ำชนอวน ทำให้ปลาเจอกับตาอวนที่มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกันจากตำแหน่งหนึ่งไปยังตำแหน่งอื่น ๆ บนผืนอวน ทั้งนี้ แบบจำลองการเลือกจับพิจารณาเพียงกรณีที่ปลาและตาอวนอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกัน และเป็นตำแหน่งที่ปลาสามารถว่ายน้ำผ่านตาอวนได้ง่ายที่สุด สำหรับกรณีที่ปลาและตาอวนอยู่ในตำแหน่งที่ไม่ตรงกันนั้น เมื่อปลาว่ายน้ำมาเจอกับตาอวนที่มีความแข็งแรงและไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้จากการว่ายน้ำชนของปลาตามที่อธิบายไว้แล้วในตอนต้น ทำให้ปลาชนตาอวนด้วยแรงจากการว่ายน้ำและส่งผลให้ปลาเคลื่อนที่เข้าไปอยู่ในตำแหน่งที่ตรงกับตาอวนในที่สุด

จากข้อกำหนดดังกล่าว สามารถนำมาพิจารณาว่าปลาที่ว่ายน้ำชนตาอวนนั้น มีขนาดของ  $G$  ที่เล็กกว่า เท่ากับ หรือใหญ่กว่าตาอวน โดยขนาดของ  $G$  และขาของตาอวน สามารถแสดงได้ด้วยสมการวงรี (13) และสมการเส้นตรง (14) ตามลำดับ (ภาพที่ 4)

$$(X^2/b^2) + (Y^2/h^2) = 1 \quad (13)$$

$$Y = (H/B)X + H \quad (14)$$

เมื่อ  $X$  และ  $Y =$  ค่าพารามิเตอร์ของสมการทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป

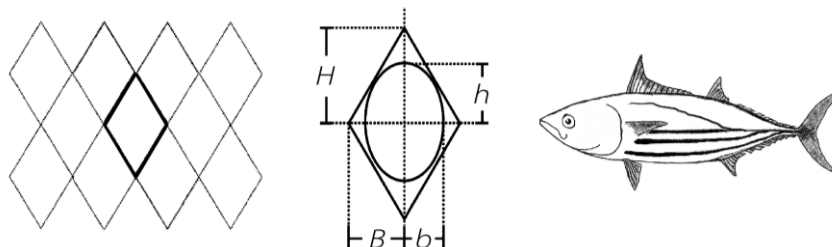


Figure 4 Parameters of mesh ( $H$  and  $B$ ) and maximum body section of fish ( $h$  and  $b$ ) used for selectivity calculation

โดยเมื่อแทนค่า  $Y$  จากสมการที่ (14) ในสมการที่ (13) จะได้

$$(X^2/b^2) + \{[(H/B)X + H]^2/h^2\} = 1 \quad (15)$$

สามารถเขียนสมการที่ (15) ให้อยู่ในรูปสมการกำลังสอง (quadratic equation) ได้ดังนี้

$$(H^2/B^2 + h^2/b^2)(X^2) + 2(H^2/B)(X) + (H^2 - h^2) = 0 \quad (16)$$

ทั้งนี้ สมการกำลังสองมีรูปแบบโดยทั่วไป คือ

$$c(X^2) + d(X) + e = 0 \quad (17)$$

จากสมการที่ (16) และ (17)  $c$   $d$  และ  $e$  มีค่าดังสมการที่ (18)–(20)

$$c = H^2/B^2 + h^2/b^2 \quad (18)$$

$$d = 2(H^2/B) \quad (19)$$

$$e = H^2 - h^2 \quad (20)$$

ตามหลักคณิตศาสตร์ของสมการกำลังสอง สามารถหาค่า  $X$  ได้โดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$X = \{[-d \pm (d^2 - 4ce)]^{1/2}\} / 2c \quad (21)$$

ทั้งนี้ สมการที่ (21) ประกอบด้วยค่า ดิสคริมีแนนต์ (discriminant,  $D$ ) คือ

$$D = d^2 - 4ce \quad (22)$$

หรือ 
$$D = [2(H^2/B)]^2 - 4[H^2/B^2 + h^2/b^2][H^2 - h^2] \quad (23)$$

สามารถนำค่า  $D$  จากสมการที่ (23) มาใช้อธิบายกลไกการเลือกจับได้จาก 3 กรณี ดังต่อไปนี้

กรณีที่ 1 เมื่อ  $D < 0$  แสดงว่า สมการวงรีและสมการเส้นตรงไม่มีจุดที่ตัดกัน ซึ่งหมายถึง เส้นรอบลำตัวของปลาไม่ซ้อนทับกับขาของตาอวนหรือปลามีขนาดเล็กกว่าตาอวน ดังนั้น ปลาจึงหลุดออกจากวงอวน

กรณีที่ 2 เมื่อ  $D = 0$  แสดงว่า สมการวงรีและสมการเส้นตรงมีจุดที่ตัดกัน 1 จุด ซึ่งหมายถึง เส้นรอบลำตัวของปลาทับกับขาของตาอวนหรือปลามีขนาดเท่ากับตาอวน ดังนั้น ปลาจึงติดอยู่ในวงอวน



กรณีนี้ 3 เมื่อ  $D > 0$  แสดงว่า สมการวงรีและสมการเส้นตรงมีจุดที่ตัดกัน 2 จุด ซึ่งหมายถึง เส้นรอบลำตัวของปลาซ้อนทับกับขาของตาอวนหรือปลามีขนาดใหญ่กว่าตาอวน ดังนั้น ปลาจึงติดอยู่ในวงอวน

ทั้งนี้ ความน่าจะเป็นที่ปลาติดอยู่ในวงอวนสำหรับตาอวนตำแหน่งที่  $i$  ในแนวนอน และ  $j$  ในแนวตั้ง สามารถแทนได้ด้วยสัญลักษณ์  $P_{ij}$  โดยมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 ซึ่งหมายถึงปลาหลุดออกจากวงอวนหรือปลาติดอยู่ในวงอวน ตามลำดับ โดยพื้นที่ของตาอวนตำแหน่งที่  $P_{ij}$  คือ  $A_{ij}$  ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$A_{ij} = 2(B'_{ij} \times H'_{ij}) \quad (24)$$

เมื่อ  $B'_{ij} = \frac{1}{2}$  ความกว้างของตาอวนตำแหน่งที่  $i$  ในแนวนอน และ  $j$  ในแนวตั้ง หลังจากถุงอวนถูกปิดแล้ว

$H'_{ij} = \frac{1}{2}$  ความสูงของตาอวนตำแหน่งที่  $i$  ในแนวนอน และ  $j$  ในแนวตั้ง หลังจากถุงอวนถูกปิดแล้ว

ภายใต้ข้อตกลงที่ว่า ปลาสามารถว่ายน้ำขึ้นตาอวนได้ทุกตำแหน่งด้วยความน่าจะเป็นที่เท่ากัน ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ปลาติดอยู่ในวงอวน (retention probability,  $R$ ) ของตาอวนทุกตา รวมกัน คือ

$$R = [\sum \sum (A_{ij} P_{ij})] / \sum \sum A_{ij} \quad (25)$$

ทั้งนี้ ปลาที่อยู่ในวงอวนหลังจากการรวบรวมสายमानเสร็จสิ้นแล้ว อาจไม่ว่ายน้ำขึ้นอวนเลยหรืออาจว่ายน้ำขึ้นอวนได้หลายครั้ง ดังนั้น ความน่าจะเป็นที่ปลาตัวดังกล่าวถูกจับ ( $S$ ) เมื่อพิจารณาถึงจำนวนครั้งที่ปลาว่ายน้ำขึ้นอวน ( $k$ ) สามารถคำนวณได้ตามสมการของ Matsuoka (2008) ดังนี้

$$S = R^k \quad (26)$$

เนื่องจากความน่าจะเป็นที่ปลาถูกจับเปลี่ยนแปลงตามขนาดของปลาหรือความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด ซึ่งกล่าวได้ว่า  $S$  เปลี่ยนแปลงตามค่า  $h$  และ  $b$  (หรือค่า  $G$ ) ดังนั้น จึงใช้ตัวแปร  $G$  อธิบายถึงค่าการเลือกจับที่มีต่อความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด โดย  $G_0$ ,  $G_{50}$  และ  $G_{100}$  คือ ค่าการเลือกจับที่ระดับร้อยละ 0, 50 และ 100 ตามลำดับ ทั้งนี้  $G_{50}$  หมายถึง ขนาดแรกจับของปลาตามความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด ( $G_c$ )

สำหรับการหาค่าของตัวแปร  $V$  และ  $v$  ตั้งแต่เริ่มการปล่อยอวนจนกระทั่งขั้นตอนการรวบรวมสายमानเสร็จสมบูรณ์นั้น ในขั้นตอนที่ 1 เมื่อผืนอวนถูกปล่อยลงสู่ น้ำก่อนการรวบรวมสายमान สามารถคำนวณค่า  $2B$  และ  $2H$  ของตาอวนแต่ละตาจากค่า  $M$  และ  $I$  แล้วคำนวณหาค่า  $V$  และ  $v$  โดยใช้สมการที่ (1) (4) (6) และ (9) สำหรับในขั้นตอนที่ 2 เมื่อผืนอวนมีลักษณะเป็นวงและอยู่ระหว่างขั้นตอนการรวบรวมสายमान ค่า  $2B'$  ของตาอวนตำแหน่ง  $v_j$  เปลี่ยนแปลงไปตามค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้จาก  $(V - v_j)/V$  (ตาอวนบนสุดที่ติดกับสายคร่าวบน มีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 1 และตาอวนล่างสุดที่ติดกับสายคร่าวล่างมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0) และค่า  $2H'$  คำนวณได้จาก  $2B'$  แล้วคำนวณค่า  $V$  และ  $v$  ใหม่ และในขั้นตอนที่ 3 เมื่อรวบรวมสายमानเสร็จสมบูรณ์แล้ว คำนวณค่า  $2B'$  และ  $2H'$  ใหม่โดยใช้สมการที่ (8) และ (10) จากค่า  $V$  และ  $v$  ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนเหล่านี้เป็นการประมาณค่าทางคณิตศาสตร์จากรูปร่างของตาอวน เมื่ออนุมานรูปร่างของวงอวนในน้ำที่เป็นทรงกระบอกในตอนแรก แล้วเปลี่ยนเป็นทรงกรวย และกลายเป็นทรงครึ่งลูกโลกในที่สุด (Chumchuen et al., 2016) ในทางทฤษฎี การคำนวณค่า  $2B'$  และ  $2H'$  ในขั้นตอนที่ 3 ต้องทำซ้ำจนค่า  $V$  ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหมายถึงคร่าวล่างถูกปิดอย่างสมบูรณ์และวงอวนมีรูปร่างเหมือนครึ่งลูกโลก ทั้งนี้ การทดสอบเบื้องต้นพบว่า การคำนวณซ้ำในขั้นตอนที่ 3 มีค่า  $V$  เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าร้อยละ 1 เมื่อเปรียบเทียบกับ

ค่า  $V$  ที่ได้จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 3 ในครั้งแรก ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงเลือกใช้การคำนวณเพียง 3 ขั้นตอน

## 2.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

### 2.5.1 ค่าตัวแปรของปลาทูลำท้อแถบที่ใช้ในแบบจำลองการเลือกจับ

แบบจำลองการเลือกจับได้กล่าวถึง  $h$  และ  $b$  ในสมการที่ (11)–(23) ซึ่งตัวแปรทั้งสองสัมพันธ์กับ  $G$  ในการคำนวณดังกล่าวได้จำลองสถานการณ์ (simulation) โดยใช้ค่า  $b$  ระหว่าง 0.1–10.0 เซนติเมตร ซึ่งทำให้ค่า  $h$  และ  $G$  เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยสามารถคำนวณค่า  $h$  ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้ค่าเฉลี่ยของสัดส่วนระหว่าง  $h$  และ  $b$  (หรือ  $h/b$ ) ที่ได้จากการศึกษาลักษณะรูปร่างของกลุ่มตัวอย่างปลา ทั้งนี้ การนำค่าเฉลี่ยของ  $h/b$  ไปใช้ในการจำลองสถานการณ์ จำเป็นต้องทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $h/b$  และ  $L$  ด้วยวิธี Simple linear regression analysis ที่ระดับนัยสำคัญ ( $\alpha$ ) เท่ากับ 0.05 (Zar, 2010) เพื่อทดสอบว่าสัดส่วนระหว่างความลึกและความหนาของลำตัวปลามีการเปลี่ยนแปลงตามความยาวส้อมหางของปลาหรือไม่ โดยการประมาณค่าการเลือกจับตามแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นนั้น ลักษณะรูปร่างของปลาทูลำท้อแถบไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อปลา มีความยาวของลำตัวที่แตกต่างกัน หรือ  $h/b$  ไม่มีความสัมพันธ์กับ  $L$

### 2.5.2 สัดส่วนของปลาทูลำท้อแถบที่จับได้ตามขนาดแรกจับ ขนาดตลาด และขนาดตัวเต็มวัย

แปลงค่า  $G_0$ ,  $G_{50}$  และ  $G_{100}$  เป็นค่า  $L_0$ ,  $L_{50}$  และ  $L_{100}$  โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่าง  $L$  และ  $G$  ของปลาทูลำท้อแถบ แต่เนื่องจากการทำประมงไม่มีการเก็บข้อมูลความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุดของปลา ดังนั้น การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงใช้สมการดังกล่าวของ Chumchuen *et al.* (2016) ที่ได้มาจากปลาทูลำท้อแถบส่วนใหญ่ที่มีความยาวส้อมหางอยู่ในช่วง 25.0–60.0 เซนติเมตร (range = 23.5–83.0 cm;  $n = 4,720$ ;  $r = 0.930$ ;  $p < 0.001$ ) ดังต่อไปนี้

$$L = 1.23G + 8.43 \quad (27)$$

พิจารณาขนาดเลือกจับที่ได้เมื่อปลาว่ายน้ำชนวนหลายครั้งกับการกระจายความถี่ของความยาวส้อมหางของปลาทูลำท้อแถบที่จับได้โดยใช้ Sturges rule (Sturges, 1926) จากการประมาณค่าของปลาทั้งหมดที่จับได้จากการสุ่มตัวอย่าง ตามสมการดังต่อไปนี้

$$Q_R = Q_S/Q_C \quad (28)$$

$$N_C = N_S/Q_R \quad (29)$$

เมื่อ  $Q_R$  = สัดส่วนของตัวอย่างปลาที่สุ่มมาจากผลจับ

$Q_S$  = ปริมาณของตัวอย่างปลาที่สุ่มมาจากผลจับ (กิโลกรัม)

$Q_C$  = ปริมาณของปลาในผลจับ (กิโลกรัม)

$N_C$  = จำนวนของปลาในผลจับ (ตัว)

$N_S$  = จำนวนของตัวอย่างปลาที่สุ่มมาจากผลจับ (ตัว)

หลังจากนั้น หาสัดส่วนของปลาทูลำท้อแถบที่จับได้จากการทำประมงที่มีขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่า  $L_c$ ,  $L_s$  และ  $L_m$  แล้วทดสอบความแตกต่างของสัดส่วนระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Chi-square test และ Tukey-type multiple pairwise comparisons for proportions ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 (Zar, 2010)

## ผลการศึกษา

### 3.1 ความยาวของปลาทูน่าท้องแถบที่ได้จากการสำรวจในมหาสมุทรอินเดียโดยเรือสำรวจมหิดล

จากการทำประมงอวนล้อมจับปลาทูน่าจำนวน 3 ครั้ง จับสัตว์น้ำได้รวม 5,559.80 กิโลกรัม ผลจับส่วนใหญ่ร้อยละ 70.80 เป็นปลาทูน่าท้องแถบ (3,936.65 กิโลกรัม) จากการสุ่มตัวอย่างปลาทูน่าท้องแถบจากผลจับจำนวน 429 ตัว มีน้ำหนัก 371.65 กิโลกรัม (ร้อยละ 9.4 ของผลจับปลาทูน่าท้องแถบ) พบว่า ปลาทูน่าท้องแถบที่จับได้มีความยาวส้อมหางอยู่ในช่วง 24.0–63.0 เซนติเมตร (เฉลี่ย  $38.0 \pm 5.0$  เซนติเมตร) ทั้งนี้ ปลาที่มีขนาดอยู่ในช่วง 34.0–36.9 เซนติเมตร มีความถี่มากที่สุด (ภาพที่ 5)

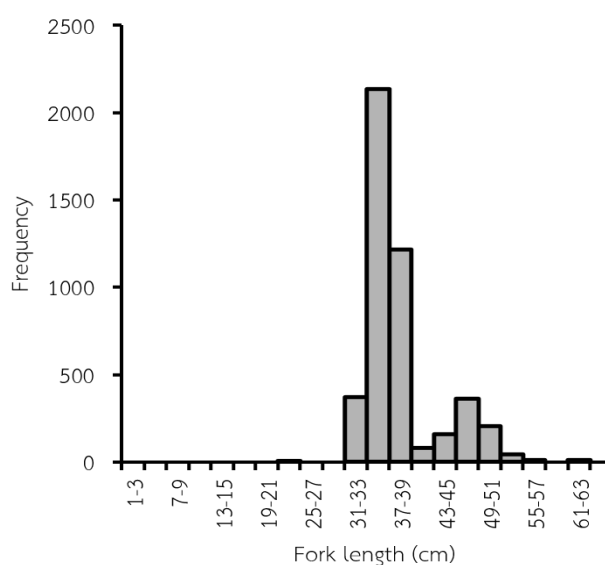


Figure 5 Estimated fork length frequency distribution of skipjack tuna caught by tuna purse seine of FRV Mahidol in the Eastern Indian Ocean in 2012

### 3.2 ความยาวและน้ำหนักของปลาทูน่าท้องแถบจากการวัดขนาดตัวอย่างปลา ณ ท่าเทียบเรือประมง

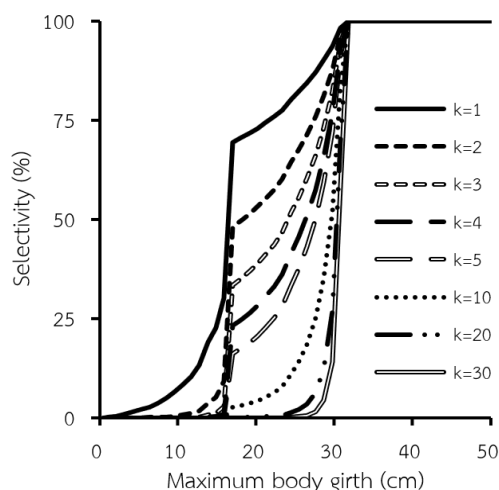
ตารางที่ 2 แสดงค่าความยาวส้อมหาง น้ำหนักตัว ความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด ความลึกของลำตัว ความหนาของลำตัว และสัดส่วนระหว่างความลึกและความหนาของลำตัวของตัวอย่างปลาทูน่าท้องแถบ จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง  $h/b$  และ  $L$  พบว่า ทั้งสองตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน ( $r^2 = 0.06$ ;  $n = 60$ ;  $F = 3.7$ ;  $p = 0.059$ ) ซึ่งหมายถึง กลุ่มตัวอย่างมีสัดส่วนระหว่างความลึกและความหนาของลำตัวคงที่เมื่อปลามีความยาวส้อมหางที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงนำค่าเฉลี่ยของ  $h/b$  (1.486) ไปใช้คำนวณในการจำลองสถานการณ์ได้

**Table 2** Minimum, maximum and average  $\pm$  SE values of fork length ( $L$ ), body weight ( $W$ ), maximum body girth ( $G$ ), body depth ( $2h$ ), body width ( $2b$ ) and ratio between body depth and body width ( $h/b$ ) of skipjack tuna specimens measured at fishing port in Kagoshima, Japan in 2014 ( $n = 60$ )

Parameter	Min	Max	Average $\pm$ SE
$L$ (cm)	34.5	59.4	42.3 $\pm$ 0.8
$W$ (kg)	1.0	4.9	1.7 $\pm$ 0.2
$G$ (cm)	24.5	43.6	29.4 $\pm$ 0.2
$2h$ (cm)	8.4	15.5	10.8 $\pm$ 0.7
$2b$ (cm)	6.1	10.9	7.3 $\pm$ 0.1
$h/b$	1.273	1.695	1.486 $\pm$ 0.009

### 3.3 ลักษณะการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูนําสำหรับปลาทูนําทองแถบ

การเลือกจับปลาทูนําทองแถบของเครื่องมืออวนล้อมจับที่ใช้ มีเส้นโค้งการเลือกจับ (selectivity curve) แบบหางเดียว (one-tail type) และมีลักษณะเฉพาะ ได้แก่ ส่วนที่หักเป็นมุมบริเวณช่วงกลางและขอบด้านบนของเส้นโค้ง และเมื่อจำนวนครั้งในการว่ายน้ำชนอวนของปลาเพิ่มขึ้น เส้นโค้งการเลือกจับที่ระดับน้อยกว่าร้อยละ 100 เคลื่อนตัวลงเข้าหาแกนความยาวเส้นรอบลำตัวที่มากที่สุด ทำให้ค่า  $G_0$  และ  $G_{50}$  เพิ่มขึ้น รวมทั้งส่วนที่หักเป็นมุมบริเวณช่วงกลางของเส้นโค้งมีการเปลี่ยนตำแหน่ง (ภาพที่ 6)



**Figure 6** Selectivity curves for skipjack tuna simulated by fish-net encountering between 1 and 30 times ( $k$  means number of encountering time)

เมื่อแปลงค่า  $G_0$ ,  $G_{50}$  และ  $G_{100}$  เป็นค่า  $L_0$ ,  $L_{50}$  และ  $L_{100}$  เมื่อปลาวายน้ำชนอวนระหว่าง 1–30 ครั้ง (ตารางที่ 3) แล้วพิจารณาค่าขนาดเลือกจับที่ได้กับการกระจายความถี่ของความยาวล้อมหางของปลาทูนําทองแถบ พบว่า การว่ายน้ำชนอวนของปลา 2–3 ครั้ง มีความสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของความยาวล้อมหางของปลาที่จับได้ โดยมีค่า  $L_{50}$  อยู่ระหว่าง 30.9–37.9 เซนติเมตร ซึ่งให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าของความยาวล้อมหางระหว่างความถี่ที่มีความแตกต่างกันมาก (size at sharp decline) ทางฝั่งซ้ายของช่วงความยาวที่เป็นค่า

ฐานนิยมที่แสดงในภาพที่ 5 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 33.0 เซนติเมตร นอกจากนี้ ยังมีค่า  $L_{100}$  เท่ากับ 46.7 เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าช่วงความยาวที่เป็นค่าฐานนิยม และมีค่า  $L_0$  เท่ากับ 22.6–26.0 เซนติเมตร ซึ่งมีค่าที่ใกล้เคียงกับความยาวส้อมหางขนาดเล็กสุดของปลาที่จับได้ คือ 24.0 เซนติเมตร

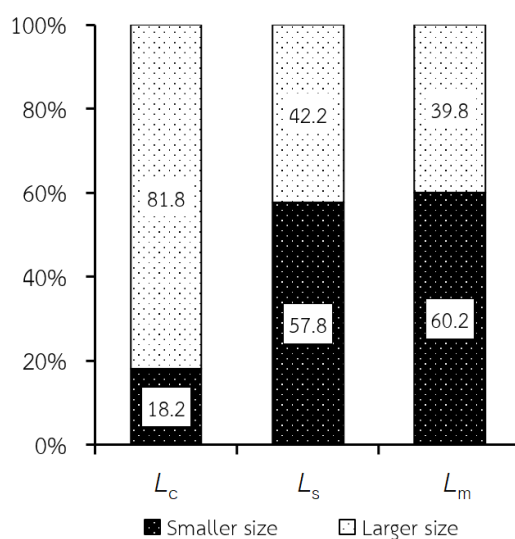
**Table 3** Size selectivity of survey tuna purse seine for maximum body girth (G) and fork length (L) of skipjack tuna at different fish-net encountering times

Fish-net encountering (time)	Maximum body girth (cm)			Fork length (cm)		
	$G_0$	$G_{50}$	$G_{100}$	$L_0$	$L_{50}$	$L_{100}$
1	3.5	16.5	31.1	12.7	28.7	46.7
2	11.5	18.3	31.1	22.6	30.9	46.7
3	14.3	24.0	31.1	26.0	37.9	46.7
4	16.0	26.4	31.1	28.1	40.9	46.7
5	16.3	27.6	31.1	28.5	42.4	46.7
10	16.6	29.6	31.1	28.9	44.8	46.7
20	24.0	30.4	31.1	37.9	45.9	46.7
30	27.1	30.7	31.1	41.7	46.2	46.7

จากผลดังกล่าว ทำให้มีการจำลองสถานการณ์ใหม่โดยกำหนดให้  $k$  เท่ากับ 2.5 ครั้ง สำหรับการว่ายน้ำขนวนของปลา 2–3 ครั้ง และผลที่ได้พบว่า ค่า  $L_0$  และ  $L_{50}$  เท่ากับ 24.9 และ 35.8 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของความยาวส้อมหางของปลาในผลจับที่มากขึ้น ดังนั้น จึงเลือกใช้ค่า  $L_{50}$  เมื่อ  $k$  เท่ากับ 2.5 ครั้ง เป็นขนาดแรกจับ ( $L_c$ ) สำหรับการวิเคราะห์สัดส่วนของปลาที่จับได้ต่อไป

### 3.4 สัดส่วนของปลาที่จับได้ตามขนาดแรกจับ ขนาดตลาด และขนาดตัวเต็มวัย

สัดส่วนในรูปของน้ำหนักของปลาที่จับได้มากกว่าร้อยละ 80 มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  อย่างไรก็ตาม ปลาที่จับได้มากกว่าร้อยละ 50 มีขนาดเล็กกว่า  $L_s$  และ  $L_m$  (ภาพที่ 7) จากการเปรียบเทียบสัดส่วนของปลาที่จับได้ที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$ ,  $L_s$  และ  $L_m$  พบว่า มีความแตกต่างกัน ( $\chi^2 = 1,765.4$ ;  $p < 0.001$ ) โดยปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  มีสัดส่วนที่มากกว่าปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_s$  ( $q = 53.1$ ;  $p < 0.001$ ) และปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_m$  ( $q = 56.1$ ;  $p < 0.001$ ) ทั้งนี้ ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสัดส่วนของปลาที่จับได้ที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_s$  และ  $L_m$  ( $q = 3.0$ ;  $p > 0.05$ )



**Figure 7** Proportion of smaller and larger sizes than the size at 50% selectivity ( $L_c = 35.8$  cm), marketable size ( $L_s = 40.0$  cm) and maturity size ( $L_m = 43.0$  cm) of skipjack tuna caught by tuna purse seine of FRV Mahidol in the Eastern Indian Ocean in 2012

### วิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาค้างครั้งนี้เป็นการนำแบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูนามาประยุกต์ใช้กับเครื่องมืออวนล้อมจับที่ใช้ในการสำรวจ และได้มีการอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการคำนวณของแบบจำลองการเลือกจับดังกล่าวเพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งเส้นโค้งการเลือกจับที่ได้จากการศึกษาค้างครั้งนี้มีลักษณะเป็นเส้นโค้งการเลือกจับแบบทางเดียว เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ Chumchuen *et al.* (2016) โดยเส้นโค้งการเลือกจับที่ได้จากการศึกษาค้างครั้งนี้มีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างจากเส้นโค้งการเลือกจับแบบทางเดียวโดยทั่วไป เนื่องจากเส้นโค้งการเลือกจับดังกล่าวเกิดจากเส้นที่ลากผ่านจุดทุกจุดที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งส่วนที่หักเป็นมุมบริเวณช่วงกลางของเส้นโค้งเกิดจากการต่อกันของผืนอวนขนาดใหญ่ที่มีขนาดของตาอวนที่แตกต่างกันมาก ได้แก่ การต่อกันของผืนอวนหมายเลข 40 และ 41 ทั้งนี้ อวนล้อมจับที่มีการออกแบบหรือโครงสร้างของผืนอวนที่ต่างออกไป อาจไม่ปรากฏส่วนที่หักเป็นมุมบริเวณช่วงกลางของเส้นโค้งการเลือกจับ สำหรับส่วนที่หักเป็นมุมบริเวณขอบด้านบนของเส้นโค้งที่ติดกับช่วงต้นของ  $G_{100}$  เป็นผลที่เกิดจากการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการทำประมงในภาคสนามอาจมีลักษณะที่โค้งมน

ในส่วนขอแบบจำลองการเลือกจับที่ได้อธิบายว่า กลไกการเลือกจับสัตว์น้ำของเครื่องมืออวนล้อมจับเริ่มต้นหลังจากขั้นตอนการรวบรวมสายमानเสร็จสมบูรณ์และสัตว์น้ำถูกขังอยู่ในวงอวนนั้น ทั้งนี้ กลไกการเลือกจับของเครื่องมือชนิดนี้เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจับ (capture process) ซึ่งกระบวนการจับปลาทูนามาเริ่มต้นเมื่อเริ่มทำการลงอวน (net shooting หรือ net setting) เพื่อล้อมจับฝูงปลาทูนานี้ และในระหว่างทำการลงอวนจนถึงขั้นตอนการรวบรวมสายमानเสร็จสมบูรณ์ ปลาทูนานี้สามารถหนี (escape) โดยว่ายน้ำออกจากรวงอวนระหว่างส่วนปลายของอวนทั้ง 2 ข้าง หรือด้านล่างของสายคร่าวล่างก่อนที่ขั้นตอนการลงอวนเสร็จสิ้น (Kim *et al.*, 2008) หลังจากเสร็จสิ้นขั้นตอนการลงอวนแล้ว และขั้นตอนการรวบรวมสายमानได้เริ่มต้นขึ้น ปลาทูนานี้ยังคงสามารถหนี

ออกจากวงอวนได้ โดยว่ายน้ำผ่านทางด้านล่างของสายคร่าวล่างในขณะที่สายมานานยังไม่ถูกรวบปิดอย่างสมบูรณ์ (Hosseini and Ehsani, 2014) และหลังจากขั้นตอนที่สายนานถูกรวบปิดอย่างสมบูรณ์แล้ว ปลาทูน่าสามารถหนีผ่านทางช่องตาอวนตามหลักการของแบบจำลองการเลือกจับ ซึ่งในกรณีที่การทำประมงไม่ได้รับอิทธิพลจากคลื่นลมและกระแสน้ำ ปัจจัยที่ส่งผลต่อรูปร่างของช่องตาอวน อันมีผลต่อการตีบแคบของตาอวนและการหนีผ่านทางช่องตาอวนของปลา ได้แก่ ขนาดตาอวน อัตราส่วนของตาอวน ตำแหน่งของตาอวนในแนวตั้ง และสัดส่วนระหว่างความยาวและความลึกของผืนอวน เป็นต้น ทั้งนี้ ในระหว่างการก๊อวน (net hauling) ฝูงปลาทูน่ามีการว่ายน้ำอยู่ในวงอวน และมีปลาบางส่วนติดอยู่ที่ตาอวน (enmeshed fish) ขึ้นมาบนเรือ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการว่ายน้ำชนอวนของปลาทูน่าในระหว่างการก๊อวน (Chumchuen *et al.*, 2016) ซึ่งปลาทูน่าที่ไม่สามารถว่ายน้ำหลุดออกไปจากวงอวนได้ ทำให้ติดอยู่ในวงอวนและถูกจับในที่สุด

การศึกษาคั้งนี้ใช้ข้อมูลจากการทำประมงเพียง 3 ครั้ง และสุ่มตัวอย่างปลาจำนวน 429 ตัว อาจเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มากพอในการนำมาวิเคราะห์ผลเพื่อใช้เป็นข้อสรุปสำหรับการอ้างอิงเชิงนโยบาย อย่างไรก็ตาม การศึกษาคั้งนี้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการประยุกต์ใช้แบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับสำหรับเรือสำรวจ เพื่อหาขนาดแรกจับของปลาทูน่าท้องแถบและสัดส่วนของปลาทูน่าท้องแถบในผลจับระหว่างปลาที่มีขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่าขนาดแรกจับ ขนาดตลาด และขนาดตัวเต็มวัย ซึ่งแนวทางดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมืออวนล้อมจับสำหรับเรือประมงพาณิชย์ของไทยได้เช่นกัน

สำหรับจำนวนครั้งในการว่ายน้ำชนอวนของปลาทูน่าท้องแถบที่ได้จากการศึกษาคั้งนี้ เป็นผลมาจากการจำลองสถานการณ์ของแบบจำลองการเลือกจับที่มีความสอดคล้องกับการกระจายความถี่ของความยาวส้อมหางของปลาทูน่าท้องแถบที่จับได้ ซึ่งต่างจาก Chumchuen *et al.* (2016) ที่รายงานค่า  $L_c$  สำหรับปลาทูน่าท้องแถบมีค่าเท่ากับ 45.2 เซนติเมตร จากการว่ายน้ำชนอวนของปลา 8 ครั้ง ทั้งนี้ ค่า  $L_c$  ที่มีความแตกต่างกันเนื่องมาจากโครงสร้างของเครื่องมืออวนล้อมจับที่แตกต่างกัน ประกอบกับความแตกต่างกันของจำนวนครั้งที่ปลาว่ายน้ำชนอวน ดังนั้น การปรับเปลี่ยนโครงสร้างของอวนล้อมจับสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงค่า  $L_c$  ได้ สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมของปลาในวงอวนรวมไปถึงจำนวนครั้งที่ปลาว่ายน้ำชนอวนนั้น ยังเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแบบจำลองการเลือกจับต่อไป

เมื่อพิจารณาเกี่ยวกับสัดส่วนของปลาทูน่าท้องแถบในผลจับระหว่างปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$ ,  $L_s$  และ  $L_m$  ผลที่ได้จากการศึกษาคั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า ปลาทูน่าท้องแถบส่วนใหญ่ในผลจับมีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  โดยปลาทูน่าท้องแถบส่วนใหญ่ที่จับได้มีความยาวส้อมหางอยู่ในช่วงความยาว 34.0–36.9 และ 37.0–39.9 เซนติเมตร แต่เนื่องจากค่า  $L_c$  สำหรับปลาทูน่าท้องแถบของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูน่าที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้มีค่าที่น้อยกว่าค่า  $L_s$  และ  $L_m$  ของปลาทูน่าท้องแถบ ซึ่งมีความยาวส้อมหางเท่ากับ 40 เซนติเมตร (Fonteneau *et al.*, 2013) และ 43 เซนติเมตร (ISSF, 2018) ตามลำดับ จึงทำให้ปลาทูน่าท้องแถบส่วนใหญ่ในผลจับมีขนาดเล็กกว่า  $L_s$  และ  $L_m$  ทั้งนี้ ขนาดของสัตว์น้ำที่จับได้เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำประมงอวนล้อมจับเชิงพาณิชย์ในการปรับปรุงค่า  $L_c$  ของเครื่องมืออวนล้อมจับที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ เพื่อให้เหมาะสมกับ  $L_s$  สามารถทำได้โดยการอาศัยหลักในการคำนวณของแบบจำลองการเลือกจับ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของอวนล้อมจับในบางส่วน เช่น การขยายขนาดของตาอวนในช่วงกลางของส่วนตัวอวน เป็นต้น นอกจากนี้ การปรับปรุง  $L_c$

เพื่อสนับสนุนด้านการจัดการทรัพยากรประมง หรือให้เหมาะสมกับ  $L_m$  ของสัตว์น้ำ หรือขนาดเล็กสุดของสัตว์น้ำ ที่อนุญาตให้นำขึ้นท่า (minimum landing size) ตามที่กฎหมายกำหนด สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการเดียวกัน

### สรุปผลการศึกษา

การนำแบบจำลองการเลือกจับของเครื่องมืออวนล้อมจับมาประยุกต์ใช้ เพื่อหาค่า  $L_c$  สำหรับปลาทูน่าท้องแถบของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูน่าที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ทำให้ทราบว่าเครื่องมืออวนล้อมจับดังกล่าวมีค่า  $L_c$  สำหรับปลาทูน่าท้องแถบเท่ากับ 35.8 เซนติเมตร สำหรับสัดส่วนของปลาทูน่าท้องแถบในผลจับระหว่างปลาที่มีขนาดเล็กกว่าและใหญ่กว่า  $L_c$ ,  $L_s$  และ  $L_m$  การศึกษาค้างนี้แสดงให้เห็นว่า ปลาทูน่าท้องแถบที่จับได้มากกว่าร้อยละ 80 มีขนาดใหญ่กว่า  $L_c$  ทั้งนี้ ปลาทูน่าท้องแถบที่จับได้ดังกล่าวมากกว่าร้อยละ 50 มีขนาดเล็กกว่า  $L_s$  และ  $L_m$  เนื่องจากค่า  $L_c$  สำหรับปลาทูน่าท้องแถบของเครื่องมืออวนล้อมจับปลาทูน่าที่ใช้ในการศึกษาค้างนี้มีค่าน้อยกว่า  $L_s$  และ  $L_m$  (40 และ 43 เซนติเมตร ตามลำดับ)

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำเรือสำรวจมหิดลของสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีประมงทะเลเล็ก ที่ให้ความช่วยเหลือในการสำรวจ ขอขอบคุณ Kyushu Chuou Uoichi Co., Ltd. ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างปลา ขอขอบคุณ Dr. Shiela Villamor Chumchuen ที่ให้ความช่วยเหลือในระหว่างการเก็บข้อมูล ณ ท่าเทียบเรือประมง และขอขอบคุณ รศ.ดร.ธนิษฐา ทรรพนันท์ ผศ.ดร.อนุภรณ์ บุตรสันต์ และคุณเพชรลัย นุชหมอน สำหรับข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงบทความต้นฉบับ

### เอกสารอ้างอิง

- Balasubramanian, A., Meenakumari, B., Pravin, P., Dhanapal, K., Boopendranath, M.R., and Erzini, K. 2016. Estimation of gillnet and hook selectivity for *Carangoides fulvoguttatus* (forsskal, 1775) captured off Kanyakumari coast of India. Indian J. Fish. 63: 15–21.
- Chumchuen, W., Matsuoka, T., Anraku, K., and Arnupapboon, S. 2016. Size-selective catch in tropical tuna purse seine fishery in the Eastern Indian Ocean: assessment on new selectivity model for purse seine net. Fish. Sci. 82: 391–404.
- Fonteneau, A., Chassot, E., and Bodin, N. 2013. Global spatio-temporal patterns in tropical tuna purse seine fisheries on drifting fish aggregating devices (DFADs): taking a historical perspective to inform current challenges. Aquat. Living Resour. 26: 37–48.
- Hosseini, S.A. and Ehsani, E. 2014. An investigation of reactive behavior of yellowfin tuna schools to the purse seining process. Iran. J. Fish. Sci. 13: 330–340.
- ISSF. 2018. Status of the world fisheries for tuna: February 2018. ISSF, Washington DC. 101 p.



- Joksimović, A., Regner, S., and Sacchi, J. 2009. The effects of trawl codend mesh size selectivity on the length composition of catches of pandora, *Pagellus erythrinus* L. 1758 in the shelf area of the Montenegrin coast (South Adriatic). *Acta Adriat.* 50: 151–157.
- Jude, D., Neethiselvan, N., Gopalakrishnan, P., and Sugumar, G. 2002. Gill net selectivity studies for fishing frigate tuna, *Auxis thazard* Lacepede (Perciformes/Scombridae) in Thoothukkudi (Tuticorin) waters, southeast coast of India. *Indian J. Mar. Sci.* 31: 329–333.
- Kim, Y.H., Park, M.C., and Ha, S.W. 2008. Simulation and three-dimensional animation of skipjack behavior as capture process during purse seining. *J. Fish. Sci. Technol.* 11: 113–123.
- Matsuoka, T. 2008. A review of bycatch and discard issue toward solution. In: Fisheries for global welfare and environment, edited by Tsukamoto, K., Kawamura, T., Takeuchi, T., Beard, Jr., T.D., and Kaiser, M.J. TERRAPUB, Tokyo, pp 169–180.
- Prado, J. 1992. List of references of the selectivity of various fishing gears and methods; research in this field. FAO, Rome. 151 p.
- Sturges, H. 1926. The choice of a class interval. *J. Am. Stat. Assoc.* 21: 65–66.
- Zar, J.H. 2010. Biostatistical analysis. Prentice Hall. Inc., New Jersey. 944 p.