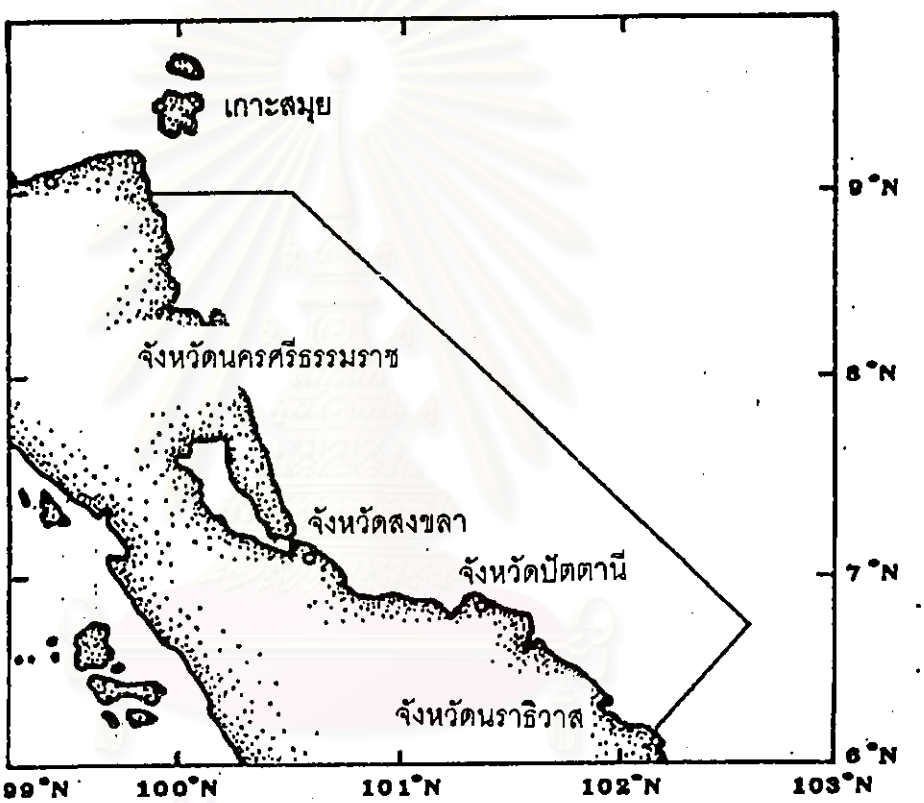
บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 คือข้อมูลจากท่าขึ้นปลาที่สำคัญของชาวประมงในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส (รูปที่ 2-1) ได้แก่ ท่าขึ้นปลาในอำเภอขนอม และอำเภอสิชลของจังหวัดนครศรีธรรมราช ท่าขึ้นปลาจังหวัดสงขลา และท่าขึ้นปลาจังหวัดปัตตานี เป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยนักวิชาการประมงทะเล ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างจากเรือที่ใช้เครื่องมืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลาง (ความยาวเรือ 14-18 เมตร) ระหว่างเดือนมกราคม 2537 - ธันวาคม 2538 ข้อมูลนี้ใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต พารามิเตอร์การตาย อัตราส่วนระหว่างเพศเมียต่อเพศผู้ จำแนกตามความยาว สัดส่วนหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมดจำแนกตามความยาว ฤดูวางไข่ จำนวนประชากร และการทำนายผลผลิต

ส่วนที่ 2 คือข้อมูลความดกของไข่หมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในระหว่างเดือนมกราคมถึงมีนาคม และเดือนกรกฎาคมถึงกันยายน 2540 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการวางไข่มากของหมึกจากการสำรวจเอกสาร เป็นการสุ่มตัวอย่างหมึกกล้วย ณ ท่าขึ้นปลาจังหวัดสงขลา จากเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลาง ครั้งละประมาณ 5 กก. นำหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่แยกจากตัวอย่างหมึกกล้วยทุกชนิด มาชั่งน้ำหนัก (กรัม) วัดความยาวแมนเทิล (มม.) และจำแนกเพศของหมึกแต่ละตัว จากนั้นแบ่งกลุ่มเพศเมียตามระยะของรังไข่ (ระยะที่ 1-5) ตามวิธีการแบ่งของ Juanico (1983) โดยแบ่งเป็นหมึกเพศเมียที่ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ (FI: ระยะของรังไข่อยู่ในระยะที่ 1-2) และหมึกเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ (FM: ระยะของรังไข่อยู่ในระยะที่ 3-5) นำหมึกเพศเมียวัยเจริญพันธุ์มาวัดความดกของไข่ (fecundity) ตามวิธี gravimetric (Holden and Raitt, 1974)



รูปที่ 2-1 พื้นที่ศึกษา ในจังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส (ทวีป บุญวานิช, 2537)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บรวบรวมโดยนักวิชาการประมงทะเล ศูนย์พัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยตอนล่าง จังหวัดสงขลา ในส่วนที่ 1 มีรายละเอียดในการสุ่มตัวอย่างและการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณ ดังนี้

1. **การสุ่มตัวอย่าง** (รูปที่ 2-2)

1.1 ชั่งน้ำหนักรวมทั้งหมด (WTL; กก.) ของหมึกกล้วย ซึ่งประกอบด้วย *L. duvauceli* และ *L. chinensis* ที่ขึ้นท่า ในแต่ละท่าขึ้นปลา แยกขนาดตามการแบ่งของตลาด โดยแยกเป็นหมึกขนาดใหญ่ (ความยาวแมนเทิลมากกว่าเท่ากับ 10 ซม.) และหมึกขนาดเล็ก (ความยาวแมนเทิลน้อยกว่า 10 ซม.) โดยที่ความยาวแมนเทิลนี้ เป็นความยาวที่วัดตั้งแต่สุดปลายหางถึงสุดลำตัวทางด้านหลังไม่รวมหัวและหนวด

1.2 สุ่มตัวอย่างหมึกกล้วย จากข้อ 1.1 บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่สุ่มทั้งหมด (WTS; กก.) และจำนวนตัวของตัวอย่างที่สุ่มทั้งหมด (NTS; ตัว)

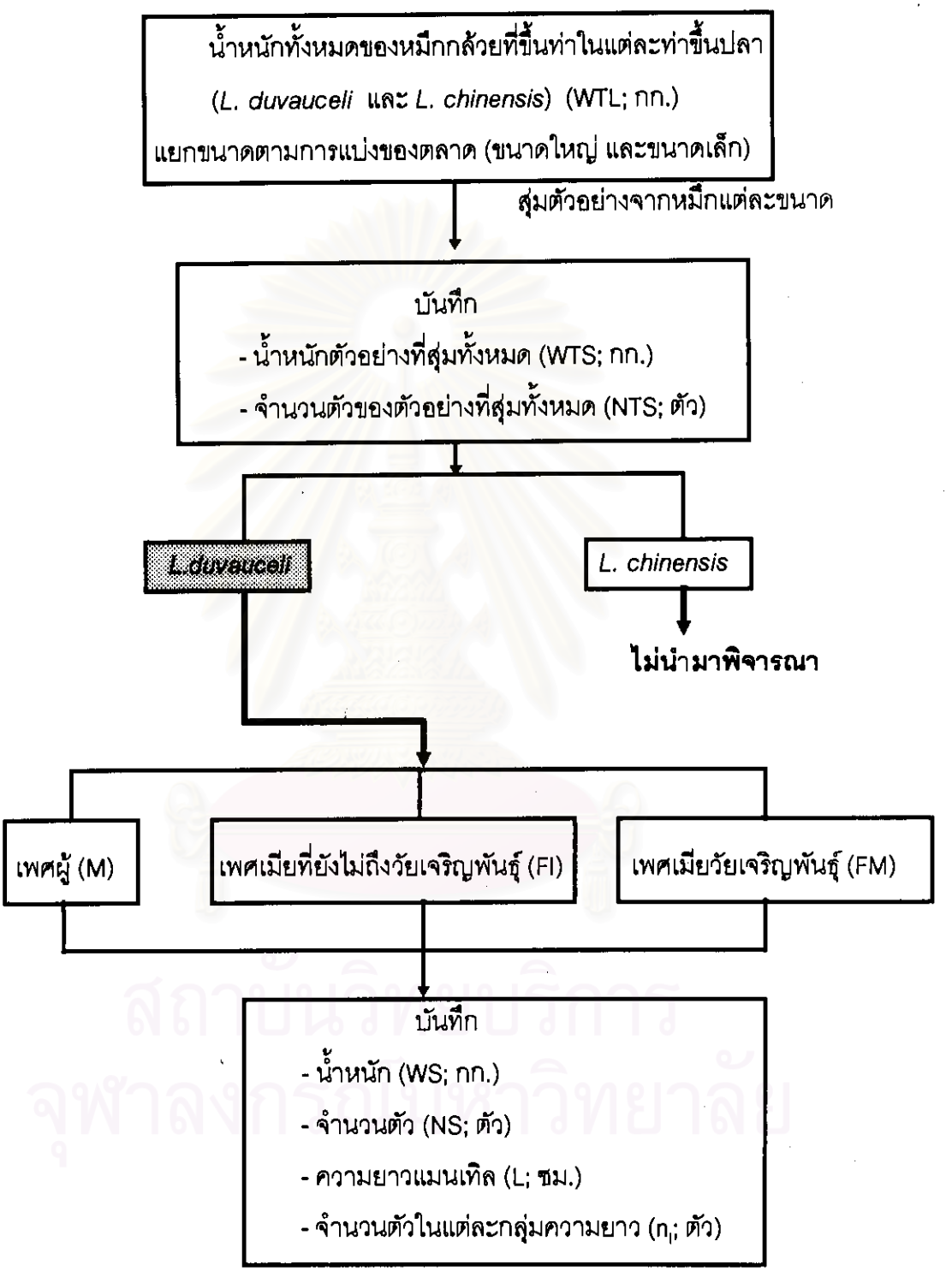
1.3 แยกตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* จากหมึกทั้งหมด ก่อนแยกตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มคือ เพศผู้ (male; M) เพศเมียที่ยังไม่ถึงวัยเจริญพันธุ์ (immature female; FI) และเพศเมียวัยเจริญพันธุ์ (mature female; FM) บันทึกน้ำหนักและจำนวนตัวในแต่ละกลุ่ม (WS; กก. และ NS; ตัว)

1.4 นำตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่มที่แยกได้ (M, FI และ FM) มาบันทึกความยาวแมนเทิล (L; ซม.) และจำนวนตัวในแต่ละกลุ่มความยาว (n_i; ตัว) ซึ่งแบ่งออกเป็นอันตรภาคชั้นมีความกว้างชั้นละ 1 ซม. (ตารางที่ 5-1 ภาคผนวก)

2. **การประมาณค่าน้ำหนักของหมึกกล้วยทั้งหมดที่จับได้ (ตัน)**

ประมาณค่าน้ำหนักของหมึกกล้วยที่จับได้ทั้งหมด (ตัน) โดยเรืออวนลากแผ่นตะเฆ่ขนาดกลาง ในแต่ละเดือน ในปี พ.ศ. 2538 ของเขต 4 ตามการแบ่งเขตของกรมประมง โดยครอบคลุมพื้นที่บริเวณอ่าวไทยตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดสงขลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส โดยการสอบถามนักสถิติกรมประมง คุณพัชรีนาถ เจริญวุฒิชัย (ตารางที่ 5-2 ภาคผนวก)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยนักวิชาการประมงทะเล ระหว่างเดือนมกราคม 2537 ถึง ธันวาคม 2538 ณ ท่าขึ้นปลาอำเภอขนอม ท่าขึ้นปลาอำเภอสิชล ท่าขึ้นปลาจังหวัดสงขลา และท่าขึ้นปลาจังหวัดปัตตานี

3. การเตรียมข้อมูลสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต และชีววิทยาประชากร (รูปที่ 2-3)

จากข้อมูลในข้อ 1.1 - 1.4 ประมาณค่าสัดส่วนของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาวตามเพศของประชากรทั้งหมด ในแต่ละเดือน เพื่อนำไปใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 จากข้อมูลในข้อ 1.4 คำนวณน้ำหนักของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาว (W_l) จำแนกตามเพศ โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแมนเทิลและน้ำหนักของ ทิวา รัตนอนันต์ (2522) เนื่องจากเป็นสมการความสัมพันธ์ที่ครอบคลุมช่วงความยาวที่ข้อมูลของการศึกษานี้มีอยู่ ซึ่งเมื่อประมาณค่าน้ำหนักด้วยสมการดังกล่าว พบว่าน้ำหนักที่คำนวณมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักที่ได้จริง

จากนั้นคำนวณน้ำหนักรวมของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในทุกกลุ่มความยาว (WLS; กก.) ที่สุ่มตัวอย่างมาในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด (ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก) และตามเพศ (M, FI และ FM)

3.2 คำนวณน้ำหนักของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทั้งหมดที่จับได้ในแต่ละท่าขึ้นปลา (CT; กก.) ในอ่าวไทยตอนล่าง ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด และตามเพศ โดยใช้สมการ

$$CT = \frac{WS * WTL}{WTS} \qquad \text{_____(9)}$$

เมื่อ WS = น้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* (กก.)

WTL = น้ำหนักรวมทั้งหมดของหมึกกล้วย (squid) ที่จับได้ทุกชนิด (กก.)

WTS = น้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยที่สุ่มทั้งหมด (กก.)

ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในข้อ 1.1, 1.2 และ 1.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

น้ำหนักหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทั้งหมดที่จับได้ในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน (CT; กก.) แยกตามขนาด ตามเพศ

โดยใช้สูตร $CT = \frac{WS * WTL}{WTS}$

จำนวนตัวของตัวอย่างหมึกกล้วย *L. duvauceli* ใน แต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน

ความยาว (ซม.)	ขนาดใหญ่ M	ขนาดใหญ่ FI	ขนาดใหญ่ FM	ขนาดเล็ก M	ขนาดเล็ก FI	ขนาดเล็ก FM
0.5 ↓ ∞	n_i					

$W = 0.0105425 * L^{1.77286714}$ เพศผู้

$W = 0.00338877 * L^{2.04274002}$ เพศเมีย

น้ำหนักตัวตัวอย่างหมึกกล้วย *L. duvauceli* ในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน

ความยาว (ซม.)	ขนาดใหญ่ M	ขนาดใหญ่ FI	ขนาดใหญ่ FM	ขนาดเล็ก M	ขนาดเล็ก FI	ขนาดเล็ก FM
0.5 ↓ ∞	W_i					
รวม	WLS					

จำนวนหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทั้งหมดที่จับได้ในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน (NT_i; ตัว) แยกตามขนาด ตามเพศ และแยกตามกลุ่มความยาว

โดยใช้สูตร $NT_i = \frac{n_i * CT}{WLS}$

ในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน

ความยาว (ซม.)	ขนาดใหญ่ M	ขนาดใหญ่ FI	ขนาดใหญ่ FM	ขนาดเล็ก M	ขนาดเล็ก FI	ขนาดเล็ก FM
0.5 ↓ ∞	TN_i					
รวม	CT					

รวมขนาด (ขนาดใหญ่ + ขนาดเล็ก)

ของแต่ละเดือน

ความยาว (ซม.)	สงขลา M	สงขลา F	ปัตตานี M	ปัตตานี F	ขนอม M	ขนอม F	สิชล M	สิชล F
0.5 ↓ ∞	TN_i							
รวม	CT							

สัดส่วนของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ในแต่ละกลุ่มความยาว ของแต่ละเดือน ในเขตอ่าวไทยตอนล่าง แยกตามเพศ (ตารางที่ 5-3 ภาคผนวก)

เปอร์เซนต์จำนวนตัว ในแต่ละกลุ่มความยาว เฉลี่ยของทุกท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามเพศ

เปอร์เซนต์จำนวนตัวของหมึกกล้วยชนิด *L.duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาว ของแต่ละท่าขึ้นปลา แยกตามเพศ (M และ F)

รูปที่ 2-3 การเตรียมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์พารามิเตอร์การเติบโต และชีววิทยาประชากร

3.3 ประมาณค่าจำนวนตัวทั้งหมดในแต่ละกลุ่มความยาวของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ในแต่ละท่าขึ้นปลาของแต่ละเดือน (NT_i; ตัว) แยกตามขนาด ตามเพศ และแยกตามกลุ่มความยาว โดยใช้สมการ

$$NT_i = \frac{n_i * CT}{WLS} \qquad \text{_____(9)}$$

เมื่อ n_i = จำนวนตัวในแต่ละกลุ่มความยาวของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* (ตัว)

CT = น้ำหนักของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่ขึ้นท่าทั้งหมด จากการคำนวณ (กก.)

WLS = น้ำหนักรวมของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทุกกลุ่มความยาว ที่สุ่มตัวอย่างในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด และตามเพศ (กก.)

ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในข้อ 1.4, 3.1 และ 3.2

3.4 คำนวณผลรวมของจำนวนตัวทั้งหมดในแต่ละกลุ่มความยาวของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ในแต่ละท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน โดยการรวมขนาด (ขนาดใหญ่ + ขนาดเล็ก) แต่แยกเพศ (M และ F = FI + FM)

3.5 เนื่องจากปริมาณหมึกที่จับได้ในแต่ละกลุ่มความยาวในแต่ละท่าขึ้นปลาไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องคำนวณเปอร์เซ็นต์จำนวนตัวของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาวในแต่ละเพศ ของแต่ละท่าขึ้นปลา จากนั้นคำนวณปริมาณหมึกตามข้อ 3.1-3.4 ของทุกท่าขึ้นปลา ก่อนคำนวณเปอร์เซนต์จำนวนตัวในแต่ละกลุ่มความยาวเฉลี่ยของทุกท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามเพศ จะได้สัดส่วนของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ในแต่ละกลุ่มความยาวในเขตอ่าวไทยตอนล่าง (ตารางที่ 5-3 ภาคผนวก) ของแต่ละเดือน แยกตามเพศในรอบ 2 ปี คือ ตั้งแต่ เดือนมกราคม พ.ศ. 2537 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. การเตรียมข้อมูลสำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย จำนวนประชากรที่เข้ามาทดแทนที่ และการทำนายผลผลิต (รูปที่ 2-4)

4.1 จากข้อมูลในข้อ 1.4 ทำการรวบรวมข้อมูลของจำนวนตัวในแต่ละกลุ่มความยาว (n_i; ตัว) ของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในทุกท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด (ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก) และตามเพศ (M และ F = FI + FM) เพื่อคำนวณจำนวนตัวในแต่ละกลุ่มความยาวของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในทุกท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือนของแต่ละปี แยกตามขนาด ตามเพศ ก่อนหาค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (ตารางที่ 5-4 ภาคผนวก)

4.2 จากข้อมูลในข้อ 3.1 คำนวณผลรวมน้ำหนักในแต่ละกลุ่มความยาวของตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในทุกท่าขึ้นปลา ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (M และ F = FI + FM) ก่อนหาค่าเฉลี่ยของแต่ละเดือน แยกตามขนาดและเพศเช่นเดียวกับข้อ 4.1 และคำนวณผลรวมน้ำหนักทั้งหมดในแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (WT; กรัม) (ตารางที่ 5-5 ภาคผนวก)

4.3 คำนวณเปอร์เซนต์ของน้ำหนักผลจับหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ต่อน้ำหนักหมึกกล้วย (squid) ที่จับได้ทุกชนิด (%W) ทุกท่าขึ้นปลาในแต่ละเดือนระหว่างปี (ตารางที่ 5-6 ภาคผนวก)

$$\%W = \frac{WSS * 100}{SWTS} \qquad \text{_____(10)}$$

เมื่อ WSS = ผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* เฉลี่ยของแต่ละเดือน (กก.)

= ผลรวม WS ของทุกกลุ่มความยาว ทุกขนาด ทุกเพศ และทุกท่าขึ้นปลา

SWTS = ผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยทั้งหมด เฉลี่ยของแต่ละเดือน (กก.)

= ผลรวม WTS ของทุกกลุ่มความยาว ทุกขนาด ทุกเพศ และทุกท่าขึ้นปลา

4.4 คำนวณน้ำหนักหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทยตอนล่างในแต่ละเดือน (CW; ตัน) โดยคิดจาก %W ดังแสดงในตารางที่ 5-6 ภาคผนวก

CW = น้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมด * %W _____(11)

เมื่อ น้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมดได้มาจากข้อมูลในข้อ 2 และ %W คือค่าที่คำนวณได้ในข้อ 4.3

4.5 ประมาณค่าน้ำหนักหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทย ในแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (ตารางที่ 5-7 ภาคผนวก) (WTD; ตัน)

$$WTD = \frac{CW * WT}{SWT} \qquad \text{_____(12)}$$

เมื่อ CW = น้ำหนักหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทยตอนล่าง ในแต่ละเดือน (ตัน)

WT = น้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทั้งหมดในแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (กรัม)

SWT = ผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ทั้งหมดในแต่ละเดือน (กรัม)

ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในข้อ 4.2 และ 4.4

4.6 ประมาณค่าจำนวนตัวของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาวที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทยตอนล่าง ในแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (CNL; ตัว)

$$CNL = WTD * \text{จำนวนตัว}_{\text{ที่ความยาว L (ตารางที่ 5-4 ภาคผนวก)}} / \text{น้ำหนัก}_{\text{ที่ความยาว L (ตารางที่ 5-5 ภาคผนวก)}} \qquad \text{_____(13)}$$

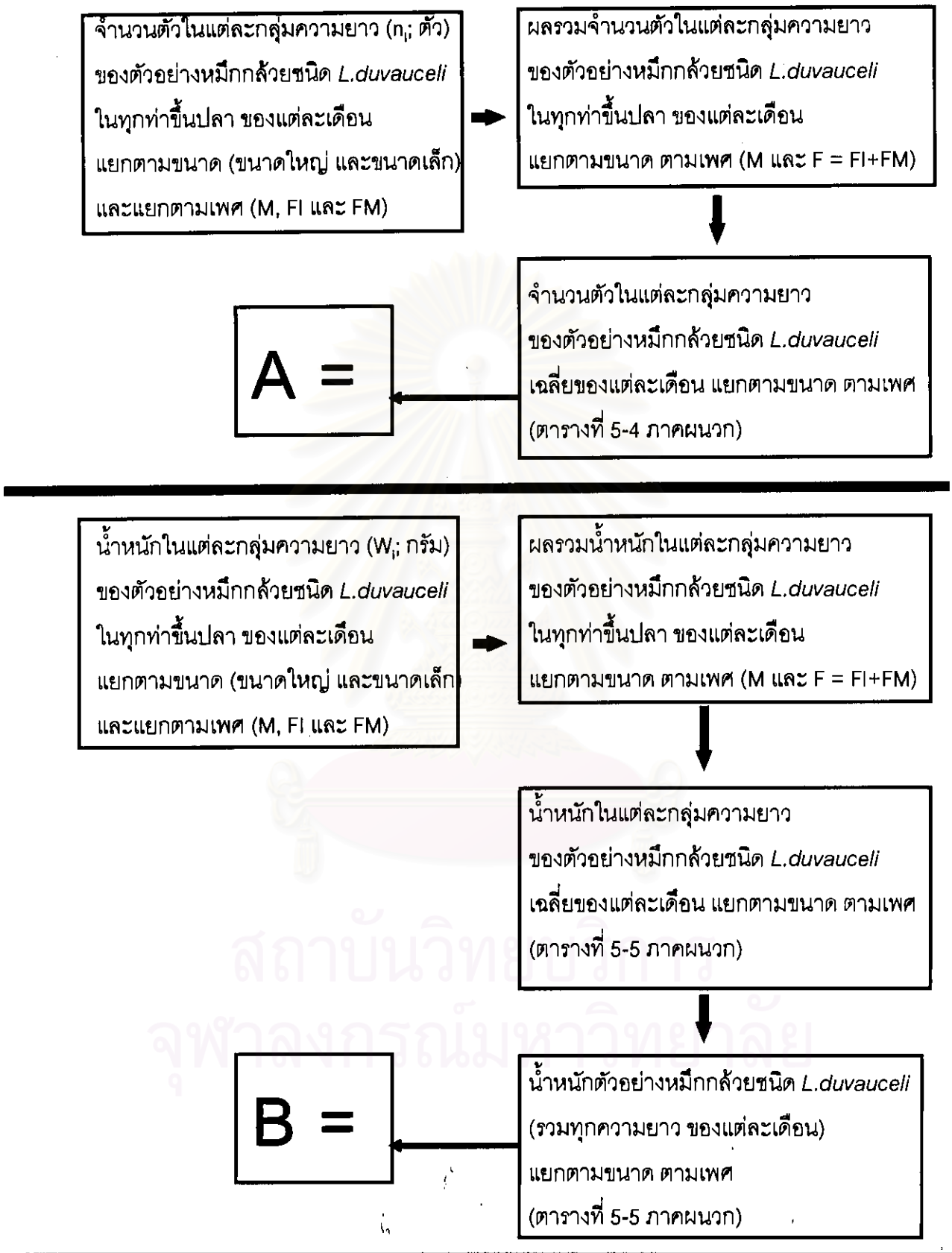
เมื่อ WTD = น้ำหนักหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทย ในแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (ตัน)

ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในข้อ 4.1 4.2 และ 4.5

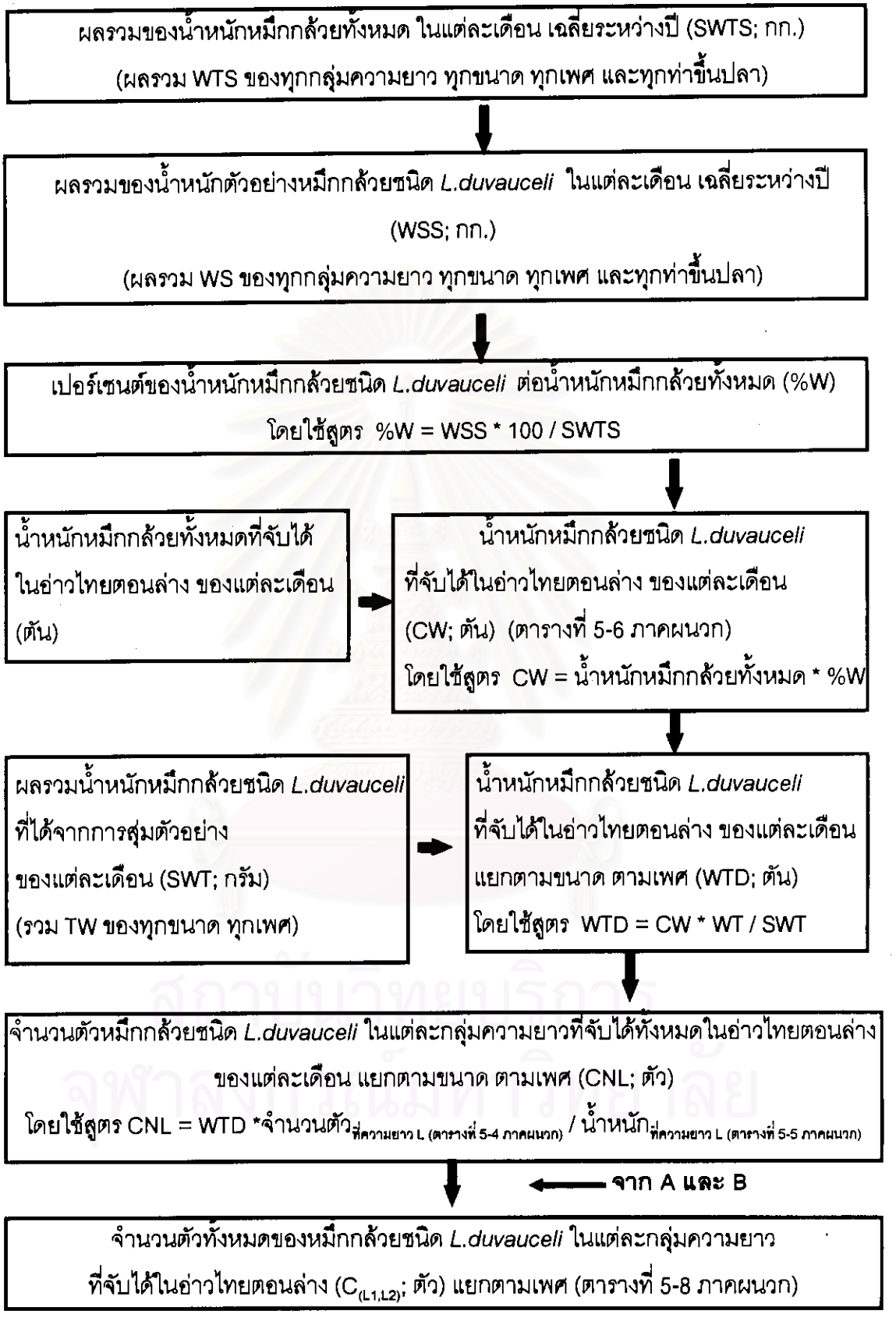
4.7 คำนวณจำนวนตัวทั้งหมดของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาวที่จับได้ในอ่าวไทยตอนล่าง ($C_{(L1, L2)}$; ตัว) แยกตามเพศ (ตารางที่ 5-8 ภาคผนวก)

$C_{(L1, L2)}$ = ผลรวมของจำนวนตัวของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาว ของทุกเดือน แยกตามเพศ _____(14)

ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากการคำนวณในข้อ 4.6



รูปที่ 2-4 การเตรียมข้อมูลวิเคราะห์พารามิเตอร์การตาย จำนวนประชากรที่เข้ามาทดแทนที่ และการทำนายผลผลิต


ผลรวมของน้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมด ในแต่ละเดือน เฉลี่ยระหว่างปี (SWTS; กก.)
(ผลรวม WTS ของทุกกลุ่มความยาว ทุกขนาด ทุกเพศ และทุกท่าขึ้นปลา)
ผลรวมของน้ำหนักตัวอย่างหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli ในแต่ละเดือน เฉลี่ยระหว่างปี
(WSS; กก.)
(ผลรวม WS ของทุกกลุ่มความยาว ทุกขนาด ทุกเพศ และทุกท่าขึ้นปลา)
เปอร์เซนต์ของน้ำหนักหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli ต่อน้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมด (%W)
โดยใช้สูตร %W = WSS * 100 / SWTS
น้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมดที่จับได้
ในอ่าวไทยตอนล่าง ของแต่ละเดือน
(ตัน)
น้ำหนักหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli
ที่จับได้ในอ่าวไทยตอนล่าง ของแต่ละเดือน
(CW; ตัน) (ตารางที่ 5-6 ภาคผนวก)
โดยใช้สูตร CW = น้ำหนักหมึกกล้วยทั้งหมด * %W
ผลรวมน้ำหนักหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli
ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง
ของแต่ละเดือน (SWT; กรัม)
(รวม TW ของทุกขนาด ทุกเพศ)
น้ำหนักหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli
ที่จับได้ในอ่าวไทยตอนล่าง ของแต่ละเดือน
แยกตามขนาด ตามเพศ (WTD; ตัน)
โดยใช้สูตร WTD = CW * WT / SWT
จำนวนตัวหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli ในแต่ละกลุ่มความยาวที่จับได้ทั้งหมดในอ่าวไทยตอนล่าง
ของแต่ละเดือน แยกตามขนาด ตามเพศ (CNL; ตัว)
โดยใช้สูตร CNL = WTD *จำนวนตัวที่ความยาว L (ตารางที่ 5-4 ภาคผนวก) / น้ำหนักที่ความยาว L (ตารางที่ 5-5 ภาคผนวก)
จาก A และ B
จำนวนตัวทั้งหมดของหมึกกล้วยชนิด L.duvauceli ในแต่ละกลุ่มความยาว
ที่จับได้ในอ่าวไทยตอนล่าง ($C_{(L1,L2)}$; ตัว) แยกตามเพศ (ตารางที่ 5-8 ภาคผนวก)

รูปที่ 2-4 (ต่อ)

การศึกษาชีววิทยาประชากร

อัตราส่วนระหว่างเพศเมียต่อเพศผู้ จำแนกตามความยาว

คำนวณค่าอัตราส่วนเพศในแต่ละกลุ่มความยาวหรือความยาวจุดกึ่งกลาง โดยใช้ข้อมูลในส่วนที่หนึ่ง ซึ่งอัตราส่วนเพศนี้ อยู่ในรูปของจำนวนหมึกเพศเมียต่อจำนวนหมึกเพศผู้ ตามสมการ

$$SR_L = \frac{Nft_L}{Nmt_L} \qquad \text{_____(15)}$$

เมื่อ SR_L = อัตราส่วนของจำนวนหมึกเพศเมียทั้งหมดต่อจำนวนหมึกเพศผู้ ที่ความยาวจุดกึ่งกลาง L

Nft_L = จำนวนหมึกเพศเมียทั้งหมด (ตัว) ที่ความยาวจุดกึ่งกลาง L

Nmt_L = จำนวนหมึกเพศผู้ (ตัว) ที่ความยาวจุดกึ่งกลาง L

ซึ่งการคำนวณอัตราส่วนเพศ จำแนกตามความยาวนี้ จะมีประโยชน์ในการวางมาตรการควบคุมขนาดหมึกที่จะนำมาใช้ประโยชน์

สัดส่วนหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมดจำแนกตามความยาว

คำนวณสัดส่วนของหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมดจำแนกตามความยาว (P_L) โดยใช้ข้อมูลในส่วนที่หนึ่ง เพื่อชี้บอกความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่หมึกมีรังไข่ที่สมบูรณ์ในแต่ละช่วงขนาดความยาวหรือความยาวจุดกึ่งกลาง โดยใช้ข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างจำแนกขั้นการเจริญของรังไข่ และแจงนับข้อมูลอยู่ในรูปของการกระจายความถี่ของขนาดความยาว (L) มาคำนวณสัดส่วนของหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมดจำแนกตามความยาว โดยอาศัยสมการ

$$P_L = \frac{Nfm_L}{Nft_L} \qquad \text{_____(16)}$$

เมื่อ P_L = สัดส่วนหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมด ที่ขนาดความยาว L มีรังไข่ขั้นสมบูรณ์เพศพร้อมที่จะผสมพันธุ์วางไข่

Nfm_L = จำนวนหมึกเพศเมียที่มีรังไข่ขั้นสมบูรณ์เพศ (ตัว) ที่ความยาวจุดกึ่งกลาง L

Nft_L = จำนวนหมึกเพศเมียทั้งหมด (ตัว) ที่ความยาวจุดกึ่งกลาง L

ประมาณค่าความสัมพันธ์ระหว่างหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมด ที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงความยาวต่าง ๆ โดยใช้

1. Johnson-Schumacher Function (Grosenbaugh, 1965) ดังสมการ

$$P_L = a * e^{b/(L-L_0)} \qquad \text{(17)}$$

โดยที่ L_0 คือ ค่าความยาวมากหรือน้อยที่สุดที่ P_L มีค่าเท่ากับศูนย์ (ซม.)
ทั้งนี้โดยการแปลงสมการดังกล่าวให้เป็นรูปสมการเส้นตรง ดังนี้ คือ

$$\ln P_L = \ln a + \frac{b}{(L - L_0)} \qquad \text{(18)}$$

โดยที่ ln a และ b คือค่าจุดตัดแกน Y และค่าความชัน ตามลำดับ

2. Logistic Curve (Sparre and Venema, 1992) ดังสมการ

$$P_L = \frac{1}{1 + e^{(S1 - S2*L)}} \qquad \text{(19)}$$

เมื่อ L คือ ความยาวแมนเทิล (ซม.)
โดยแปลงสมการข้างต้นให้เป็นสมการเส้นตรง ดังนี้คือ

$$\ln(\frac{1}{P_L} - 1) = S1 - S2 * L \qquad \text{(20)}$$

เมื่อ S1 และ -S2 คือ ค่าจุดตัดแกน Y และค่าความชัน ตามลำดับ

และ L_{50} = (ค่าตัดแกน Y) / (ค่าความชัน) (21)

เมื่อ L_{50} คือ ความยาวลำตัวเฉลี่ยที่เริ่มสืบพันธุ์ (ซม.)

ความดกของไข่และความสัมพันธ์ระหว่างความดกของไข่กับความยาวแมนเทิลของหมึกกล้วยเพศเมีย

จากข้อมูลในส่วนที่สองคำนวณความดกของไข่ (F_C) โดยนำรังไข่ของหมึกกล้วยเพศเมียระยะ mature มาชั่งน้ำหนักทั้งหมด แล้วสุ่มตัวอย่างโดยตัดตามขวางในบริเวณต้น กลาง และปลายของรังไข่ ออกมานับตามวิธีการ gravimetric โดยใช้สมการที่ 22 จากนั้นนำ F_C ที่ได้ในแต่ละบริเวณมาเฉลี่ย เพื่อประมาณค่า F_C ของหมึกกล้วยชนิดนี้

$$F_C = \frac{nG}{g} \qquad \text{(22)}$$

เมื่อ F_C = ความดกของไข่ (ฟอง)
n = จำนวนของไข่ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่าง (ฟอง)

G = น้ำหนักของรังไข่ (กรัม)

g = น้ำหนักของรังไข่ที่ใช้สุ่มตัวอย่าง (กรัม)

คำนวณความสัมพันธ์ระหว่างความดกของไข่กับความยาวแมนเทิล โดยนำค่าความยาวแมนเทิล (L) และความดกของไข่ (F_c) แต่ละตัวมาหาค่าความสัมพันธ์ ซึ่งอยู่ในรูปสมการ

$$F_c = a * L^b \qquad \text{_____(23)}$$

เมื่อ F_c = ความดกของไข่ (ฟอง)

L = ความยาวแมนเทิล (ซม.)

a และ b = ค่าคงที่

ฤดูวางไข่ในรอบปี (Spawning season)

คาดคะเนฤดูวางไข่โดยใช้ดรรชนีความดกของไข่ (index of fecundity) ซึ่งคำนวณจากผลคูณระหว่างสัดส่วนหมึกวัยเจริญพันธุ์เพศเมียต่อหมึกเพศเมียทั้งหมดกับความดกของไข่ในแต่ละความยาวแมนเทิล เพื่อหาผลรวมของแต่ละเดือน ตามวิธีของ Crocos (1987) ซึ่งจากดรรชนีความดกของไข่สามารถทราบการเปลี่ยนแปลงความดกของไข่ที่เกิดขึ้นในรอบปี ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดรรชนีของน้ำหนัก (index of weight) ที่คำนวณเช่นเดียวกับดรรชนีความดกของไข่ โดยเปลี่ยนความดกของไข่ในแต่ละความยาวแมนเทิล เป็นน้ำหนักตัวในแต่ละความยาวแมนเทิล โดยคำนวณจากสมการ (ทิวา รัตนอนันต์, 2522)

$$W = a*L^b \qquad \text{_____(24)}$$

เมื่อ W = น้ำหนัก (กรัม)

L = ความยาวแมนเทิล (มม.)

a และ b = ค่าคงที่

ซึ่งการเปรียบเทียบดังกล่าว ทำให้ทราบว่าเราสามารถใช้ข้อมูลน้ำหนักตัว แทนข้อมูลความดกของไข่ได้หรือไม่ในการคาดคะเนฤดูวางไข่

การศึกษาพลวัติประชากร

การประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต

นำข้อมูลสัดส่วนของหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ในแต่ละกลุ่มความยาว ที่มีอันตรภาคชั้น 1 ซม. ของแต่ละเดือน (จากข้อ 3.5) ซึ่งประกอบด้วยค่าความยาวกึ่งกลางของแต่ละอันตรภาคชั้น และสัดส่วนของหมึกในแต่ละกลุ่มความยาวนั้น มาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต โดยใช้ชุดโปรแกรม FiSAT ในการจำแนกกลุ่มประชากรรุ่นต่างๆ ตามวิธี maximum likelihood โดยโปรแกรม NORMSEP (Hasselblad and Tomlinson, 1971 อ้างถึงใน Sparre and Venema, 1992) เพื่อประมาณค่าเฉลี่ยความยาวของสัตว์น้ำแต่ละรุ่น และนำค่าเฉลี่ยมาใช้ในการประมาณค่าพารามิเตอร์ของการเติบโต (L_∞ และ K) ตามวิธีการ Gulland and Holt Plot (1959 อ้างใน Sparre and Venema, 1992) ซึ่งเป็นวิธีการคำนวณค่าพารามิเตอร์การเติบโตจากความสัมพันธ์ระหว่างความยาวเฉลี่ยในช่วงเวลา t ถึงเวลา t+d ($\overline{L}_t = \frac{L_t + L_{t+d}}{2}$) กับความยาวที่เพิ่มขึ้นต่อหน่วยเวลา ($\frac{\Delta L}{\Delta t}$) ซึ่งอยู่ในรูปสมการเส้นตรง ดังนี้

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = a + b * \overline{L}_t \qquad \text{_____(25)}$$

จากนั้นประมาณค่า K และ L_∞ จากค่า a และค่า b

เมื่อ K = -b และ $L_\infty = -\frac{a}{b}$

รายละเอียดของค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ แสดงไว้ในตารางที่ 5-9 (ภาคผนวก)

เมื่อทราบค่า L_∞ และ K แล้ว ประมาณอายุของหมึกเมื่อมีความยาวแมนเทิลเท่ากับศูนย์ (t_0) ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ในสมการการเติบโตของ von Bertalanffy โดยประมาณค่า t_0 ด้วยวิธีการ 3 วิธี คือ

1. จากข้อมูลการกระจายความถี่ความยาวของสัตว์น้ำ (จากการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้)

ใช้ข้อมูลความถี่ความยาวเฉลี่ยในการประมาณค่าพารามิเตอร์การเติบโต (L_∞ และ K) ในการประมาณค่า t_0 (ตารางที่ 5-9 ในภาคผนวก) โดยใช้สมการเส้นตรง

$$-\ln(1 - \frac{L_t}{L_\infty}) = -K * t_0 + K * t \qquad \text{_____(26)}$$

เมื่อ t_0 = อายุของหมึกเมื่อมีความยาวแมนเทิลเท่ากับศูนย์ (ปี)

t = อายุของหมึกหรือระยะเวลาหลังจากไข่ฟักเป็นตัว (ปี)

K = ค่าสัมประสิทธิ์ของการเติบโต (ต่อปี)

L_∞ = ความยาวสูงสุดเฉลี่ยที่หมึกสามารถเติบโตได้ในธรรมชาติ (ซม.)

L_t = ความยาวของหมึกเมื่ออายุ t (ซม.)

2. จากข้อมูลการทดลองเพาะเลี้ยง

ใช้ความยาวของหมึกขณะฟักเป็นตัว (L_0) ที่คำนวณจากการเพาะเลี้ยงหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* โดยประวิม วุฒิสินธุ์ และธานินทร สิงหะไกรวรรณ (2531) ซึ่งพบว่าขณะที่ลูกหมึกฟักออกเป็นตัว มีความยาวแมนเทิล = 1.141 มม. ในการประมาณค่า t_0 โดยที่ทราบค่า L_∞ และ K มาก่อนจากวิธีที่ 1 โดยใช้สมการ

$$t_0 = t + \frac{1}{K} * \ln(1 - \frac{L_t}{L_\infty}) \qquad \text{_____(27)}$$

3. จากข้อมูลการศึกษาวงปีของสแตโตลิท

ใช้ความยาวของหมึกขณะฟักเป็นตัว (L_0) ที่คำนวณจากการศึกษาวงปีของสแตโตลิทในหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* โดย Supongpan and Natsukari (1996) ซึ่งพบว่า ความยาวขณะฟักเป็นตัว มีความยาวแมนเทิล = 1.56 มม. ในการประมาณค่า t_0 โดยใช้สมการที่ 27

การประมาณค่าพารามิเตอร์การตาย

ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายรวม (Z) โดยอาศัยความสัมพันธ์ของลอการิทึมของผลจับสัตว์น้ำในช่วงความยาวที่สนใจต่ออายุที่เพิ่มขึ้นในช่วงความยาวนั้นกับอายุเฉลี่ยในช่วงความยาวนั้น โดยใช้สมการ Length converted catch curve ที่กล่าวถึงใน Sparre and Venema (1992) ดังสมการ

$$\ln \frac{C_{(L1,L2)}}{\Delta t_{(L1,L2)}} = c - Z * t(\frac{L_1 + L_2}{2}) \qquad \text{_____(28)}$$

เมื่อ $$\Delta t_{(L1,L2)} = t_{(L2)} - t_{(L1)} = \frac{1}{K} * \ln(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}) \qquad \text{_____(29)}$$

และ $$t(\frac{L_1 + L_2}{2}) = \frac{t_{(L1)} + t_{(L2)}}{2} \qquad \text{_____(30)}$$

เมื่อ $C_{(L1, L2)}$ = ผลจับรวมของทุกเดือนในแต่ละกลุ่มความยาว (ตัว)

Δt = ความแตกต่างระหว่างอายุ 2 ค่า (ปี)

Z = สัมประสิทธิ์การตายรวม (ต่อปี)

c = ค่าคงที่

ประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ (M) โดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่ได้จากการศึกษาของ Taylor (1960 อ้างถึงใน Sparre and Venema, 1992) ที่ใช้สำหรับหอยสองฝา (bivalves) ซึ่งเป็นสัตว์น้ำที่อยู่ในไฟลัมเดียวกันกับหมึกกล้วยชนิด *L. duvauceli* ดังสมการ

$$M = 3/t_{max} \qquad \text{_____(31)}$$

$$t_{max} = t_0 + 3/K \qquad \text{_____(32)}$$

เมื่อ t_{max} = อายุสูงสุดของหมึก (ปี)

t_0 = ค่าอายุหรือระยะเวลาที่ไข่ฟักออกเป็นตัว (ปี)

K = สัมประสิทธิ์ของการเติบโต (ต่อปี)

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากการประมง (F) จากผลต่างของค่า Z กับค่า F

จำนวนประชากรที่เข้ามาทดแทนที่

วิเคราะห์ข้อมูลผลจับในรอบปี โดยเทคนิคการวิเคราะห์ประชากรที่ปรากฏ (Virtual Population Analysis: VPA) โดยวิธีของโจนส์ (Jones' Length - Based Cohort Analysis อ้างถึงใน Sparre and Venema, 1992) ซึ่งต้องทราบจำนวนผลจับจำแนกตามองค์ประกอบความยาวในรอบปี โดยเปลี่ยนขนาดความยาวของกลุ่มประชากรเป็นอายุ ตามสมการการเติบโตของ von Bertalanffy เพื่อแทนค่าในสมการ

$$N_{(t)} = [N_{(t+\Delta t)} * e^{(M*\Delta t/2)} + C_{(t,t+\Delta t)}] * e^{(M*\Delta t/2)} \qquad \text{_____(33)}$$

เมื่อ $N_{(t)}$ = จำนวนประชากรในกลุ่มอายุ t (ตัว)

$N_{(t+\Delta t)}$ = จำนวนประชากรในกลุ่มอายุ t+Δt (ตัว)

M = สัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากธรรมชาติ (ต่อปี)

$C_{(t,t+\Delta t)}$ = ปริมาณผลจับของประชากรในช่วงอายุที่เพิ่มขึ้น (Δt) (ตัว)

โดยค่าอายุที่เพิ่มขึ้น (Δt) ในช่วงความยาว L1 ถึง L2 (ขีดจำกัดบนและขีดจำกัดล่างในแต่ละอันตรภาคชั้น) คำนวณได้จากการแทนค่า $t_{(L1)}$ และ $t_{(L2)}$ ในสมการของ von Bertalanffy ดังสมการที่ 29 แทนค่า Δt ในปัจจัยการตายตามธรรมชาติ ($H_{(L1,L2)}$) ซึ่งเป็นค่าสัดส่วนของจำนวนประชากรที่ลดลงเนื่องจาก การตายเนื่องจากธรรมชาติในช่วงอายุ $\frac{\Delta t}{2}$

ให้ $H_{(L1, L2)}$ แทนค่า $e^{(M*\frac{\Delta t}{2})}$

$$H_{(L1,L2)} = e^{(M*\Delta t/2)} = e^{(\frac{M}{2K}*\ln(\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2}))} = (\frac{L_\infty - L_1}{L_\infty - L_2})^{M/2K} \qquad \text{_____(34)}$$

เมื่อ L_1 คือ ความยาวที่อายุ t

L_2 คือ ความยาวเมื่ออายุเพิ่มขึ้น Δt

จึงทำให้สมการที่ 33 เปลี่ยนรูปไปเป็น

$$N_{(L1)} = [N_{(L2)} * H_{(L1,L2)} + C_{(L1,L2)}] * H_{(L1,L2)} \quad \text{_____(35)}$$

$$N_{(L2)} = N[t_{(L1)} + \Delta t] \quad \text{_____(36)}$$

$$C_{(L1,L2)} = N_{(L1)} * \frac{F}{Z} * [1 - e^{(-Z*\Delta t)}] \quad \text{_____(37)}$$

เมื่อ $N_{(L1)} = N(t_{(L1)})$ = จำนวนประชากรที่มีความยาว L_1 หรือ

= จำนวนประชากรที่มีอายุ $t_{(L1)}$ (ตัว)

$N_{(L2)} = N(t_{(L1)} + \Delta t)$ = จำนวนประชากรที่มีความยาว L_2 หรือ

= จำนวนประชากรที่มีอายุ $t_{(L2)}$ ($t_{(L2)} = t_{(L1)} + \Delta t$) (ตัว)

$C_{(L1,L2)} = C_{(t,\, t+\Delta t)}$ = ผลจับในช่วงความยาวระหว่าง L_1และ L_2 หรือ

= ผลจับในช่วงอายุระหว่าง $t_{(L1)}$ และ $t_{(L2)}$ (ตัว)

ทั้งนี้จำนวนประชากรที่ช่วงความยาวสุดท้าย (L_{1m}-L_∞) แทนด้วย $N_{(L1m)}$ ซึ่งคำนวณได้จาก

$$N_{(L1m)} = \frac{C_{(L1m,L\infty)}}{\frac{F_{(L1m,L\infty)}}{Z_{(L1m,L\infty)}}} \quad \text{_____(38)}$$

เมื่อ L_{1m}-L_∞ = ความยาวช่วงสุดท้าย (ซม.)

$C_{(L1m,L\infty)}$ = ปริมาณผลจับในช่วงความยาวสุดท้าย (ตัว)

$\frac{F_{(L1m,L\infty)}}{Z_{(L1m,L\infty)}}$ = อัตราการใช้ประโยชน์ในความยาวช่วงสุดท้าย

จำนวนประชากรที่ได้ในแต่ละกลุ่มความยาวนี้ เป็นจำนวนประชากรที่เข้ามาทดแทนที่ในแต่ละกลุ่มความยาว โดยสามารถประมาณค่าสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากการทำการประมง และสัมประสิทธิ์การตายรวมได้จาก

$$F_{(L1,L2)} = \frac{M * \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}}{1 - \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}} \quad \text{_____(39)}$$

$$Z_{(L1,L2)} = M + F_{(L1,L2)} \quad \text{_____(40)}$$

และ $$\frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}} = \frac{C_{(L1,L2)}}{N_{(L1)} - N_{(L2)}} \quad \text{_____(41)}$$

เมื่อ $F_{(L1,L2)}$ = สัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากการประมงในช่วงความยาว L1, L2 (ต่อปี)

$Z_{(L1,L2)}$ = สัมประสิทธิ์การตายรวมในช่วงความยาว L1, L2 (ต่อปี)

$\frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}$ = อัตราการใช้ประโยชน์ในช่วงความยาว L1, L2

การทำนายผลผลิต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการลงแรงประมง

จากค่าประมาณจำนวนประชากรที่เข้ามาทดแทนที่สามารถนำไปทำนายผลผลิตการประมงในอนาคต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการลงแรงประมง โดยใช้วิธีของทอมสันและเบลที่ใช้ฐานข้อมูลความยาว (Length - based Thompson and Bell Analysis ที่กล่าวถึงใน Sparre and Venema 1992) โดยค่า F และค่าปัจจัยการตายตามธรรมชาติ (natural mortality factor: H) ของแต่ละกลุ่มความยาวที่คำนวณได้จากการวิเคราะห์ VPA และราคาหมึกในแต่ละกลุ่มความยาว โดยใช้ราคาตามที่กำหนดไว้ใน Supongpan *et al.* (1996) โดยแสดงในตารางที่ 5-10 (ภาคผนวก) และมีรายละเอียดของสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

จากสมการที่ 41 จะได้ $$C_{(L1,L2)} = [N_{(L1)} - N_{(L2)}] * \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}$$

แทน $C_{(L1,L2)}$ ในสมการที่ 35 จะได้ $$N_{(L1)} = N_{(L2)} * H_{(L1,L2)} + \frac{N_{(L1)} - N_{(L2)}}{Z_{(L1,L2)}}$$

ดังนั้น $$N_{(L2)} = N_{(L1)} * \left(\frac{\frac{1}{H_{(L1,L2)}} - \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}}{H_{(L1,L2)} - \frac{F_{(L1,L2)}}{Z_{(L1,L2)}}}\right) \quad \text{_____(42)}$$

เมื่อ $$H_{(L1,L2)} = \left(\frac{L\infty - L1}{L\infty - L2}\right)^{M/2K} \quad \text{_____(43)}$$

ทั้งนี้ต้องทราบว่า $$\bar{w}_{(L1,L2)} = q * \left(\frac{L1 + L2}{2}\right)^{b} \quad \text{_____(44)}$$

ซึ่งจะทำให้ทราบ ผลผลิต (yield) $$Y_{(L1,L2)} = C_{(L1,L2)} * \bar{w}_{(L1,L2)} \quad \text{_____(45)}$$

และ มูลค่า (value) $$V_{(L1,L2)} = Y_{(L1,L2)} * \bar{v}_{(L1,L2)} \quad \text{_____(46)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อ $\overline{w}_{(L1,L2)}$ = ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแมนเทิล (L; มม.) กับน้ำหนัก (w; กรัม) โดยใช้สมการความสัมพันธ์ของทิวา รัตนอนันต์ (2522)

$\overline{v}_{(L1,L2)}$ = ราคาต่อหน่วยความยาวที่เพิ่มขึ้นจากความยาว L1 เป็น L2 ตามตารางที่ 5-10 (ภาคผนวก)

ทั้งนี้ในระหว่างเวลา $\Delta t_{(L1,L2)}$ ที่สัตว์น้ำมีขนาดเพิ่มขึ้นจากความยาว L1 เป็น L2 จำนวนสัตว์น้ำที่รอดลดลงจาก $N_{(L1)}$ เป็น $N_{(L2)}$ โดยมีค่าเฉลี่ยของจำนวนรอดในแต่ละกลุ่มความยาว $(\overline{N}_{(L1,L2)})$ ดังนี้

$$\overline{N}_{(L1,L2)} * \Delta t_{(L1,L2)} = \frac{N_{(L1)} - N_{(L2)}}{Z_{(L1,L2)}} \qquad \text{_____(47)}$$

และมีค่าเฉลี่ยของมวลชีวภาพ * Δt ดังนี้

$$\overline{B}_{(L1,L2)} * \Delta t_{(L1,L2)} = \overline{N}_{(L1,L2)} * \Delta t_{(L1,L2)} * \overline{w}_{(L1,L2)} \qquad \text{_____(48)}$$

โดยที่ $\overline{B}_{(L1,L2)}$ = มวลชีวภาพจากความยาว L1 เป็น L2

จากนั้นหาผลรวมของ ผลผลิต มูลค่า และมวลชีวภาพ * Δt ซึ่งค่าที่คำนวณได้นั้น เป็นค่าที่ได้จากการลงแรงในปัจจุบันและกำหนดให้มีค่า x-factor เท่ากับ 1 ซึ่งการกำหนดค่า x-factor นี้เพื่อความสะดวกในการดูการเปลี่ยนแปลง ผลผลิต มูลค่า และมวลชีวภาพ เมื่อสัมประสิทธิ์การตายเนื่องจากการประมงเปลี่ยนแปลงไป เช่น x-factor มีค่าเท่ากับ 0.5 หมายถึงการลงแรงประมงที่เป็นครึ่งหนึ่งของปัจจุบัน และ x-factor มีค่าเท่ากับ 2 หมายถึงการลงแรงประมงที่เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าของปัจจุบัน และเมื่อนำค่าผลรวมของ ผลผลิต มูลค่า และมวลชีวภาพ * Δt ที่ค่า x-factor ต่าง ๆ มาเขียนกราฟ จะทำให้ทราบถึงสถานการณ์ประมงในปัจจุบัน และสามารถทำนาย ผลผลิต มูลค่า และมวลชีวภาพ * Δt เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการลงแรงประมงได้

จากกราฟจุดที่มีผลผลิตสูงสุด คือ จุดที่เรียกว่า ผลผลิตสูงสุดถาวร (MSY) และจุดที่มีมูลค่าสูงสุด คือ จุดที่เรียกว่า ผลผลิตสูงสุดเชิงเศรษฐศาสตร์ (MSE)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย