บทที่ 5
นิเวศวิทยาประชากร (Population ecology)

การศึกษาทางนิเวศวิทยาประชากร เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดประชากร และผลกระทบจากการมีประชากรมากเกินไปต่อระบบนิเวศ ความรู้เรื่องประชากรทำให้เราสามารถเข้าใจการดำเนินชีวิตของประชากร และสามารถจัดการประชากรอย่างถูกต้อง จึงมีความจำเป็นที่มนุษย์จะต้องเรียนรู้พื้นฐานของนิเวศวิทยาประชากร เพื่อการจัดการทรัพยากรและจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมของโลก

ปัจจุบันนี้ เราเชื่อว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมในโลกนี้ เกิดจากสาเหตุหลักประการแรกคือการเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ ซึ่งเพิ่มขึ้นมากและรวดเร็วมาก ประชากรที่เพิ่มขึ้นนี้ ส่งผลให้มีการบริโภคทรัพยากรทุกชนิดเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้มนุษย์ยุคปัจจุบันยังสร้างของเสียและขยะอันตรายสู่สิ่งแวดล้อมด้วย การดำเนินชีวิตของมนุษย์มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นที่กล่าวว่าปัญหาสิ่งแวดล้อมมีสาเหตุมาจากการเพิ่มประชากรของมนุษย์จึงมีส่วนเป็นความจริง จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องควบคุมขนาดประชากรของมนุษย์ให้เหมาะสมกับโลก อีกทั้งยังต้องให้ความรู้แก่มนุษย์ด้วยกัน ในเรื่องผลเสียอันเกิดจากการทำให้ประชากรอื่นสูญพันธุ์ไปอีกด้วย

5.1 ประชากร (Population)

ก. ความหมายของประชากร (the meaning of population)

ประชากรหมายถึงกลุ่มของสิ่งมีชีวิตชนิด(สปีชีส์)เดียวกัน ที่มีความสามารถสืบพันธุ์กันได้ มักหมายถึงประชากรภายในพื้นที่และเวลาหนึ่ง (those individuals of the same species capable of breeding with each other, within the defined area at the special time)

ข. องค์ประกอบของประชากร (the component of population)

ประชากรประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตรายตัว (individual) ที่เป็นสปีชีส์เดียวกัน มีข้อมูลด้านจำนวนตัว (แสดงขนาดประชากร= size) จำนวนตัวต่อพื้นที่หรือต่อปริมาตร (แสดงความหนาแน่นของประชากร=density) ในการศึกษาขนาดของประชากรมักเน้นศึกษาความหนาแน่นนี้เอง

โดยธรรมชาติ เมื่อเวลาผ่านไป มักเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาด ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคือ การเกิด (natality) การตาย (mortality) การอพยพเข้า (immigration) การอพยพออก (emigration) ของสมาชิกในประชากรนั้น

เนื่องจากเราถือว่าระบบนิเวศมีไม่มีขอบเขตแน่นอน ภูมิประเทศที่ติดต่อถึงกันได้จะทำให้ประชากรสิ่งมีชีวิต มีโอกาสแลกเปลี่ยนยีนหรือผสมพันธุ์กันได้เสมอระหว่างกลุ่มประชากรย่อยๆ แต่ละแห่ง แต่ในการศึกษาประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่น มนุษย์มักต้องกำหนดขอบเขตพื้นที่และ

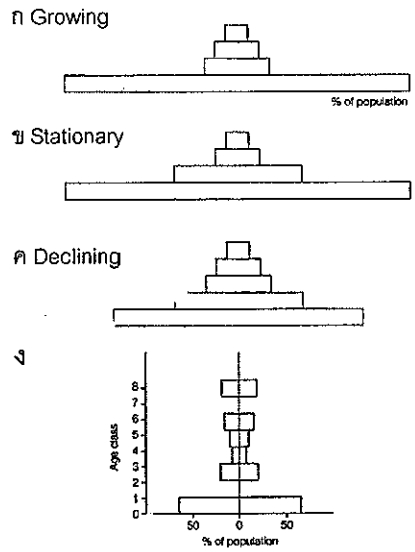
การลดลงของประชากร (population decline) ระยะที่จำนวนของประชากรลดลง ซึ่งอาจลดลงจนถึงขั้นสูญพันธุ์ไป สาเหตุการลดจำนวนลงได้แก่การขาดแคลนปัจจัยในการดำรงชีวิต หรือเกิดจากการถูกรบกวนโดยมนุษย์และภัยธรรมชาติ อัตราการเกิดจะต่ำกว่าอัตราการตาย

ขนาดของประชากร เป็นเกณฑ์ที่บ่งชี้ว่าสปีชีส์นั้น ถึงภาวะคุกคาม (endangered species) แล้วหรือไม่ การลดลงอาจเกิดจากการถูกล่า ถูกใช้ประโยชน์มากเกินไป หรือถูกทำลายถิ่นอาศัย ทำให้เป็นหย่อมๆ (habitat fragmentation) จนประชากรลดจำนวนลง

สปีชีส์ที่มีช่วงชีวิต(life span)ที่ยาวนาน ประชากรกลุ่มนี้จะมีสมาชิกที่มีอายุต่างๆ กัน เช่น รุ่นพ่อ รุ่นลูก และรุ่นหลาน ลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดโครงสร้างอายุของประชากร โครงสร้างอายุของประชากร หมายถึงสัดส่วนจำนวนตัวในแต่ละช่วงอายุ(age class)ต่างๆ

กลุ่มอายุของประชากรมักแบ่งเป็นสามกลุ่มอายุ คือ 1) กลุ่มก่อนถึงวัยเจริญพันธุ์(pre-reproductive class) ได้แก่สมาชิกในวัยแรกเกิดจนถึงระยะก่อนสืบพันธุ์ 2) กลุ่มเจริญพันธุ์ (reproductive class) ได้แก่สมาชิกในวัยที่ผสมพันธุ์ สามารถผลิตลูกหลานได้ 3) กลุ่มหลังวัยเจริญพันธุ์ (post-reproductive class) ได้แก่สมาชิกที่มีการผลิตลูกหลานต่ำจนถึงไม่ผลิตเลย

กลุ่มอายุประชากรทั้งหมดนำมาเขียนเป็นปิรามิดโครงสร้างอายุของประชากร (age pyramid) (รูปที่ 5.1)



รูปที่ 5.1 ปิรามิดอายุของประชากรทางทฤษฎีของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและนก

ก. ประชากรมีการเติบโต ซึ่งฐานของปิรามิดซึ่งเป็นกลุ่มสมาชิกก่อนวัยเจริญพันธุ์มีมาก

ข. ประชากรคงตัวซึ่งไม่มีอัตราการเพิ่มหรือ ลดลง

ค. ประชากรลดลง เนื่องจากประกอบด้วยสมาชิกที่มีอายุหลังวัยเจริญพันธุ์มาก

ง. ปิรามิดอายุในความเป็นจริง ในรูปเป็นปิรามิดอายุของนกฟินช์ (Cactus ground finch : *Geospiza scandens*) บริเวณ Isla Daphne major แห่งเกาะกาลาปากอส (1984)

(ที่มา : Mackenzie , Ball and Virdee, 1998)

โครงสร้างอายุประชากรมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงขนาดของประชากร เพราะสามารถนำไปคาดคะเนได้ว่าขนาดของประชากรในอนาคตจะมีแนวโน้มคงตัวหรือเพิ่มขึ้นหรือลดลง และสามารถเปรียบเทียบได้ เช่นประชากรใดมีสมาชิกส่วนใหญ่อายุมากและมีการสืบพันธุ์น้อย ประชากรนั้นจะเติบโตช้ากว่าประชากรที่มีสมาชิกส่วนใหญ่อยู่ในวัยเจริญพันธุ์ ประชากรจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว หากมีตัวเต็มวัยอายุน้อยและอยู่ในช่วงวัยเจริญพันธุ์และจำนวนประชากรที่มีเท่าเดิมในแต่ละช่วงกลุ่มอายุนั้นขนาดประชากรจะคงที่ (stable population)

ฉ. สัดส่วนเพศของประชากร (sex ratio)

ประชากรของสปีชีส์ที่มีเพศ จะประกอบด้วยสมาชิกที่มีเพศอย่างน้อย 2 เพศ และเพศของประชากรมีความสำคัญต่อขนาดของประชากรด้วย สัดส่วนเพศในประชากร เช่น เพศผู้และเพศเมียในสัตว์หรือพืช และเพศชายและหญิงในมนุษย์

ตัวอย่างการเขียนสัดส่วนเพศ มีจำนวนตัวผู้ 20 ตัว และตัวเมีย 50 ตัว จะเขียนว่าสัดส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 2 : 5

เราสามารถสำรวจสัดส่วนเพศได้หลายช่วงเวลา ตั้งแต่ช่วงเวลาของการปฏิสนธิเรียกว่า primary sex ratio หรือช่วงเวลาของการกำเนิดหรือฟักออกมาจากไข่เรียกว่า secondary sex ratio หรือช่วงเวลาของการเป็นตัวอ่อนเรียกว่า tertiary sex ratio และช่วงเวลาตัวเต็มวัย เรียกว่า quaternary sex ratio

สัดส่วนเพศจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาของระยะการเจริญเติบโตของประชากรสปีชีส์หนึ่งๆ เนื่องจากมีการตาย การเกิดใหม่เสมอ

สัดส่วนเพศของประชากร มีประโยชน์ในด้านการพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนสมาชิกในประชากรได้ในอนาคต และจะดียิ่งขึ้นเมื่อทราบโครงสร้างอายุของประชากรนั้นด้วย มักใช้ในการจัดการประชากรของสัตว์ป่า เช่นการจัดการประชากรของกวางในอุทยานแห่งชาติเป็นต้น

ช. ความหนาแน่นของประชากร (density)

ความหนาแน่นของประชากรคือจำนวนตัวต่อหน่วยพื้นที่ หรือต่อหน่วยปริมาตร (the number of individuals per unit area or volume)ในเวลาใดเวลาหนึ่งอาจวัดเป็นมวล (biomass) หรือจำนวนเซลล์ต่อตารางมิลลิเมตร หรือหน่วยอื่นๆ ความหนาแน่นหรือ ความชุกชุม (abundance) นั่นเอง

การวัดความหนาแน่นของประชากร คือการนับจำนวนตัวต่อพื้นที่นั่นเอง แต่ละพื้นที่มีประชากรเข้ามาอาศัยอยู่ต่างกัน ถ้าเข้ามามากแสดงว่ามีค่าความหนาแน่นสูง ค่าความหนาแน่นมีสองค่า คือ 1) ค่าความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ทั้งหมด (crude density) ซึ่งหมายถึงจำนวนของสิ่งมีชีวิตต่อพื้นที่สำรวจทั้งหมด ซึ่งค่านี้ใช้กันมาก เนื่องจากทำการหาค่าได้ง่ายกว่า แต่ในความ

เป็นจริงพื้นที่หนึ่งอาจเหมาะสมต่อการอาศัยอยู่เพียงบางส่วน ดังนั้นเพื่อให้ได้ค่าความหนาแน่นของประชากรที่ถูกต้องแน่นอนขึ้น จึงวัดตามวิธีที่สอง

2) ค่าความหนาแน่นต่อหน่วยที่อยู่อาศัย (specific density หรือ ecological density) เป็นวิธีวัดที่ยากขึ้น เนื่องจากต้องทราบพื้นที่ที่เป็นที่อยู่ของสัตว์อย่างแท้จริง

วิธีการหาความหนาแน่น ก็คือการสำรวจจำนวนประชากรต่อพื้นที่นั่นเอง ซึ่งอธิบายถึงการสำรวจประชากรโดยละเอียดภายหลัง

ภายในขอบเขตของการกระจายพันธุ์ของประชากร (distribution range) สิ่งมีชีวิตมีความหนาแน่นแตกต่างกันไปโดยมักจะมีความหนาแน่นมากในบริเวณที่เป็นศูนย์กลางของการกระจายพันธุ์ทางภูมิศาสตร์ (geographic range : หมายถึงขอบเขตที่พบสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นอาศัยอยู่) อาจกล่าวได้ว่าบริเวณที่มันกระจายพันธุ์อยู่นั้นเป็นบริเวณที่เหมาะสมที่สุดของมัน จึงควรเป็นบริเวณที่มีจำนวนหนาแน่นมากที่สุด และเบาบางออกไปเรื่อยๆ เนื่องจากบริเวณอื่นออกไปนี้ จะเป็นบริเวณที่มีปัจจัยทางกายภาพไม่เหมาะสม จนในที่สุดประชากรเบาบางออกไปเรื่อยๆ

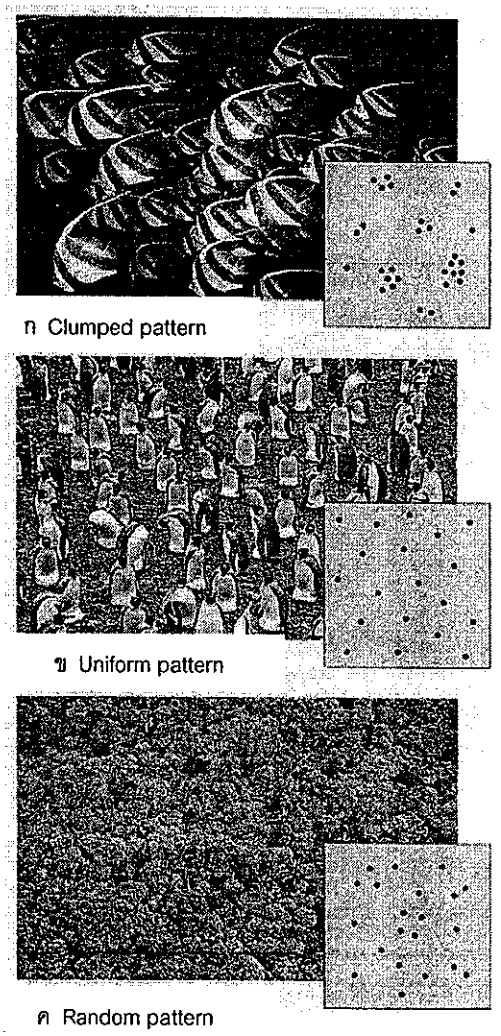
ซ. รูปแบบการกระจายพันธุ์ (distribution patterns)

รูปแบบการกระจายพันธุ์คือการปรากฏอยู่ของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ใดๆ ตามความสามารถในการทนของมันต่อสภาพเงื่อนไขทางกายภาพของพื้นที่นั้น บริเวณที่ปรากฏอยู่นั้นเรียกว่าขอบเขตการกระจายพันธุ์ทางภูมิศาสตร์ (distribution range) ซึ่งภายในของเขตนี้จะความหนาแน่นของประชากรไม่เท่ากัน เนื่องจากบริเวณเหล่านี้ มีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตหนึ่งๆ ไม่สม่ำเสมอ อาจเป็นหย่อมๆ (patchy) และเป็นเพราะว่าการกระจายพันธุ์ของประชากรมีรูปแบบเฉพาะในการกระจายพันธุ์ด้วย รูปแบบการกระจายพันธุ์ของประชากรใดๆ มักเป็นสามรูปแบบ (patterns) ดังนี้

1) การกระจายเป็นหย่อมๆ (clumped dispersion; รูปที่ 5.2 ก.) ตัวอย่างเช่น พืชมีการกระจายตัวเป็นหย่อมๆ เนื่องจากคุณสมบัติของดิน (เช่น pH และแร่ธาตุ) สัตว์พวกแมลงและแอมพิเบียนมักพบเป็นกลุ่มในที่ชื้นในบ่อน้ำมากกว่าที่แห้งแล้ง และสัตว์กินพืชมักอยู่ในบริเวณที่มีพืชอาหารอุดมสมบูรณ์ ประชากรของสัตว์ส่วนใหญ่มีการอยู่เป็นกลุ่ม หรือสังคม อาจเกี่ยวเนื่องกับการสืบพันธุ์หรือพฤติกรรมทางสังคมด้วย นอกจากนี้ มักเป็นเพื่อความปลอดภัยจากสัตว์ผู้ล่า เช่น กรณีการรวมฝูงของลูกนกเพนกวินเวลาพ่อแม่ของมันออกทะเลไปหาอาหาร เป็นต้น

2) การกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ (uniform or even dispersion; รูปที่ 5.2 ข.) เป็นการเว้นระยะห่างกันคงที่ หรือกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ เช่นการกระจายตัวของพืชในทะเลทราย การวางตัวของเซลล์ในรังผึ้งเป็นต้น บางครั้งความคงที่เกิดจากการแสดงอาณาเขต (territory) ของสัตว์เองก็ได้ สำหรับพืช อาจมีอิทธิพลจากการแข่งขันเรื่องแสงและแร่ธาตุในดินด้วย

3) การกระจายที่ไม่มีรูปแบบ (random spacing, patternless dispersion; รูปที่ 5.2 ค.) เป็นการกระจายที่ขึ้นอยู่กับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ก่อนแล้ว



ก Clumped pattern

ข Uniform pattern

ค Random pattern

รูปที่ 5.2 รูปแบบการกระจาย (patterns)*

ก. การกระจายของสัตว์และพืชเช่น การกระจายของปลาทะเลมักพบว่ายไปเป็นฝูง (clumped pattern) การกระจายแบบนี้มีผลดีต่อการลดแรงต้านทานของน้ำ และลดการเสี่ยงต่อการถูกล่า และเป็นการหาอาหารที่มีประสิทธิภาพ

ข. พบในพวกนกทะเลที่ทำรังกันเป็นกลุ่มแต่เรียงรังแบบสม่ำเสมอ (uniform or evenly pattern)

ค.การเจริญของต้นพืชที่มีการขึ้นอย่างสุ่มทั่วไป (random pattern)

(ดัดแปลงจาก : Campbell, Reece and Mitchell, 1999)

* ศัพท์ที่มีความหมายเหมือนกันเกี่ยวกับรูปแบบการกระจายพันธุ์ของประชากรเป็นดังนี้

clumped = aggregated = contagious = clustered = patchy = positive contagion = over dispersed;

uniform = regular = even = negative contagion = under-dispersed; random = unpredictable

การกระจายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต นอกจากจะเป็นตามความทนต่อพื้นที่นั้นได้แล้ว ยังมีอิทธิพลจากการล่า ปรสิตและการแก่งแย่งจากสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยร่วมกันในสังคมนั้นๆ ด้วย

สิ่งมีชีวิตในธรรมชาติจะมีการวางตัวในพื้นที่อย่างเหมาะสม จะสังเกตได้ว่า สัตว์ที่มีการรวมฝูงกัน (aggregated pattern) แต่ละตัวในฝูง จะวางตัวเองในฝูงอย่างพอเหมาะไม่ใกล้ชิดตัวอื่นๆ ในฝูงจนเกินไป เพื่อลดความเครียด เนื่องจากในธรรมชาติมีพื้นที่เพียงพอกับสมาชิกในฝูง และถ้าประชากรหนาแน่นเกินไป มันจะมีการอพยพออก ไปตั้งฝูงใหม่ เป็นการควบคุมขนาดประชากรให้มีความหนาแน่นพอเหมาะ ขนาดประชากรอาจเป็นถูกควบคุมโดยการจำกัดอาหารและที่อยู่อาศัยเมื่อไม่เพียงพอจึงไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ จำนวนสมาชิกจึงไม่หนาแน่นจนเกิดความเครียด

สำหรับสังคมมนุษย์ที่มีการเลี้ยงสัตว์ในระบบฟาร์มขนาดใหญ่นั้น ผู้ประกอบการ ต้องการลดงบประมาณการลงทุน เพื่อให้ได้กำไรมากๆ จึงเลี้ยงในพื้นที่แคบ ทั้งนี้เนื่องจากที่ดินมีราคา และเพื่อเพิ่มอัตราการเปลี่ยนเป็นเนื้อในตัวสัตว์มากขึ้น จึงต้องออกแบบให้สัตว์อยู่รวมกันในกรงขนาดใหญ่ที่หนาแน่นมาก ไม่มีพื้นที่ให้วิ่งไปมา ความหนาแน่นนี้อาจทำให้สัตว์มีความเครียดที่คนอาจจะ

ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ความเครียดนี้อาจเป็นสาเหตุหนึ่ง ที่ทำให้สัตว์เกิดการติดเชื้อโรคใหม่ๆ (เช่นไข้หวัดนก) ได้ง่ายขึ้นและตาย ซึ่งเรื่องนี้ต้องการการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมอย่างละเอียดต่อไป

การคาดประมาณความหนาแน่นและรูปแบบการกระจายพันธุ์ของประชากรในพื้นที่หนึ่งๆ นั้นสำคัญในด้านการศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากร การเคลื่อนไหวของประชากร และการเปรียบเทียบขนาดของประชากรเดียวกันในสองพื้นที่ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการติดตามและวางแผนจัดการประชากรต่อไป

การกระจายตัวของสัตว์อาจไม่สม่ำเสมอในเขตการกระจายพันธุ์ เนื่องจากพื้นที่ต่างๆ มีปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมเหมาะสมเป็นหย่อมๆ และภูมิศาสตร์ของโลกนั้นมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การเปลี่ยนแปลงนี้เป็นไปตามธรรมชาติและยังถูกเร่งให้เปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นโดยกิจกรรมของมนุษย์ด้วย การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมนี้อาจมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรของสิ่งมีชีวิต

นักนิเวศวิทยาจึงจำเป็นต้องศึกษาความหนาแน่นและรูปแบบการกระจายของประชากร ซึ่งการรู้ขนาด และรูปแบบการกระจายตัวที่แท้จริงของประชากรใดๆ จะทำให้สามารถวางแผนจัดการประชากรได้อย่างถูกต้อง

5.2 การเปลี่ยนแปลงขนาดประชากร (Population changes)

ประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา กล่าวคือในช่วงเวลาหนึ่งที่สภาวะแวดล้อมเอื้ออำนวยในทุกๆ ด้าน ประชากรจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและเมื่อถึงจุดหนึ่งที่สภาวะแวดล้อมไม่สามารถให้ปัจจัยสำคัญต่อการเจริญอย่างเพียงพอ ประชากรจะลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว และอาจพื้นคืนใหม่ได้อีกเมื่อธรรมชาติสามารถสนับสนุนปัจจัยสำคัญต่อการเจริญได้ใหม่

ความสามารถในการผลิตลูกหลาน(reproductive potential)ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดไม่เท่ากัน เช่นหนูจะสามารถผลิตลูกหลานได้ปีละ 3,000 ตัวทีเดียว ส่วนช้าง ปลาวาฬ คน ฯลฯ อาจผลิตได้น้อยกว่ามาก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการตั้งท้องยาวนาน และใช้เวลาเลี้ยงดูลูกจนกว่าจะเติบโตอีกด้วย ความสามารถในการผลิตลูกนี้เป็นปัจจัยหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงประชากร

5.2.1 การเพิ่มขนาดประชากร

ประชากรเมื่ออาศัยในสภาพแวดล้อมที่มันสามารถทนได้ มีปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตอย่างเพียงพอ มีกลยุทธ์ในการดำเนินชีวิตอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ประชากรนั้นย่อมรอด เติบโตและสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนขึ้นได้ เมื่อเวลาที่ผ่านไป ขนาดจะขยายใหญ่ขึ้น เรียกว่า ประชากรมีการเติบโต (population growth)

โดยทฤษฎีแล้ว สิ่งมีชีวิตสามารถผลิตลูกหลานได้มาก ดังเช่นปลา กบ ปู กุ้ง สามารถวางไข่ได้เป็นพันๆ ใบ แม้กระทั่งพืชก็ตามสามารถผลิตสปอร์และเมล็ดได้มากมายเป็นแสนเป็นล้าน

ความสามารถในการผลิตลูกหลานสูงเช่นนี้ เปิดโอกาสให้มีการเพิ่มประชากรได้อย่างรวดเร็ว ถ้ามีปัจจัยสำคัญได้แก่อาหาร ที่อยู่อาศัย ฯ เพียงพอและสภาพแวดล้อมพอเหมาะ ดังนั้นจึงพบเสมอว่าประชากรที่เพิ่งเข้ามาอยู่ในพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์แห่งใหม่ หรือเริ่มขยายพันธุ์นั้น มักมีการเพิ่มประชากรแบบยกกำลังสอง เช่นเพิ่มจาก 2 เป็น 4 เป็น16...เป็นต้น อย่างนี้เรียกว่า "Exponential growth" แต่การเพิ่มประชากรแบบนี้เกิดได้ไม่นาน เนื่องจากมักถึงจุดที่สภาพแวดล้อมไม่สามารถผลิตอาหารและปัจจัยอื่นๆ ให้เพียงพอได้อีก เรียกว่าธรรมชาติมีความสามารถในการรองรับระดับหนึ่ง (carrying capacity of the environment, ค่า K หมายถึงจำนวนสูงสุดที่แต่ละสปีชีส์จะมีได้ในธรรมชาติ ตามความสามารถในการรองรับของระบบนิเวศ, the maximum number or density of individuals of a species that an ecosystem will sustain หรือ the maximum density of a species that can be supported in a habitat) เมื่อมีค่า K อัตราการเพิ่มของประชากรจึงลดลง

อายุขัยและวิธีการสืบพันธุ์ ใช้แบ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตได้เป็นสองพวกคือพวกที่มีอายุขัยสั้น ซึ่งพวกนี้รุ่นพ่อแม่จะตายหมดหลังการวางไข่ เหลือแต่รุ่นลูก กับอีกพวกหนึ่งคือพวกที่มีอายุขัยยาวหลังสืบพันธุ์ยังคงมีชีวิตอยู่ ดังนั้น*อัตราการเพิ่มจำนวน หรืออัตราการผลิตลูกหลาน*ในสิ่งมีชีวิตสองพวกนี้ จึงมีวิธีการคำนวณต่างกัน ดังนี้

ก. *สปีชีส์ที่มีวงชีวิตหนึ่งปี* ตัวเต็มวัยตายเมื่อสิ้นสุดการสืบพันธุ์ ดังเช่นแมลงบางชนิด สัตว์พวกนี้มีวงชีวิตเป็นแบบ discrete generation โดยตัวเต็มวัยแต่ละรุ่นเกิดมา วางไข่แล้วตายไป จำนวนของตัวเต็มวัยที่วางไข่ได้ในปีนี้ จะบ่งบอกจำนวนประชากรในรุ่นต่อไป (แม้ว่าไข่ทั้งหมดอาจไม่ฟักเป็นตัวอ่อนทั้งหมด และตัวอ่อนทั้งหมดก็อาจไม่รอดเป็นตัวเต็มวัยทั้งหมด โดยอาจมีการตายในแต่ละระยะไป) อัตราที่ตัวเต็มวัยรุ่นที่หนึ่งผลิตตัวเต็มวัยรุ่นต่อมาเรียกว่า reproduction rate (R_0) ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า $R_0 = \frac{N_g}{N_0}$

เมื่อ N_g = จำนวนตัวเต็มวัยใน generation 1

N_0 = จำนวนลูกที่เหลือถึงวัยเจริญพันธุ์ในรุ่นต่อมา

R_0 = จำนวนเฉลี่ยของลูกที่สามารถสืบพันธุ์ได้ต่อตัวเต็มวัย

ดังนั้นถ้า R_0 มีค่ามากกว่า 0 หมายถึงประชากรรุ่นต่อไปจะเพิ่มขึ้น

R_0 มีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงไม่มีการเพิ่มจำนวนประชากร

R_0 มีค่าน้อยกว่า 0 หมายถึง จำนวนประชากรลดลง

สำหรับประชากรแบบนี้ Krebs (2001) พิจารณาเฉพาะเพศเมียที่สามารถให้ลูกได้เท่านั้น ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของอัตราการผลิต R_0 female offspring ที่รอดเพื่อจะสืบพันธุ์ในปีต่อไปคือ

$$N_{t+1} = R_0 N_t$$

เมื่อ N_t = จำนวนเพศเมียที่ generation t

N_{t+1} = ขนาดของประชากรเพศเมียที่ generation t+1

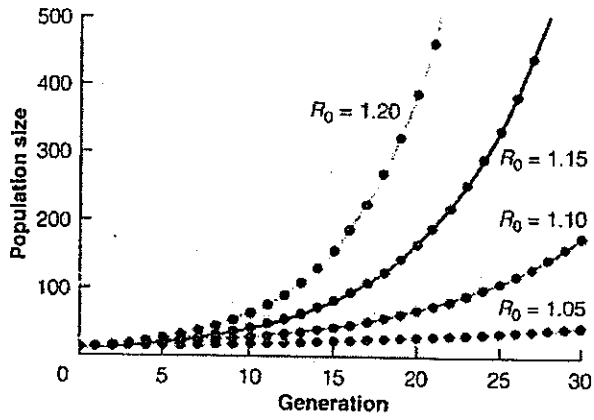
R_0 = จำนวนลูกที่เป็นตัวเมียต่อตัวเมียต่อรุ่น

ในกรณีนี้ขนาดประชากรจะขึ้นอยู่กับค่า R_0 เท่านั้นโดยอธิบายได้ดังกรณีต่อไปนี้

-Multiplication rate constant คือค่า R_0 เป็นค่าคงที่ ถ้า $R_0 > 1$ ประชากรจะเพิ่มเป็นเรขาคณิตอย่างไม่จำกัด และเมื่อ $R_0 < 1$ ขนาดประชากรจะลดลงถึงขั้นสูญพันธุ์ ดังตัวอย่างเมื่อ R_0 เท่ากับ 1.5 และ N_t =10 เมื่อเริ่มต้น (t = 0) จะได้ว่าขนาดประชากรรุ่นต่างๆ มีขนาดดังในตารางที่ 5.1 ซึ่งขนาดประชากรที่เติบโตเมื่อมีค่า R_0 ต่างกันจะให้ กราฟจะต่างกันด้วย เป็นดังรูปที่ 5.3

ตารางที่ 5.1 ขนาดประชากรในแต่ละรุ่น (generation) (ที่มา : Krebs, 2001)

Generation	Population size
0	10
1	15=(1.5)(10)
2	22.5= (1.5)(15)
3	33.75=(1.5)(22.5)



รูปที่ 5.3 Geometric หรือ exponential population growth, discrete generation, อัตราการเพิ่มจำนวนคงที่ (reproductive rate constant) และขนาดประชากรเริ่มต้นที่ 10 หน่วย จากสมการ $N_{t+1} = R_0 N_t$ กราฟแต่ละเส้นเขียนจากค่า R_0 ต่างๆ กัน (ที่มา: Krebs, 2001)

-Multiplication rate ขึ้นอยู่กับขนาดประชากร โดยที่ประชากรจะไม่เพิ่มขึ้นด้วยอัตราเร่งคงที่ ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.3 จะเห็นว่าประชากรมีการเปลี่ยนแปลงผลผลิตต่างๆ กัน ซึ่งประชากรจะมีความแปรปรวนเล็กน้อย บางประชากรมีความแปรปรวนมาก ขณะที่บางประชากรแปรปรวนเป็นวัฏจักร เราอธิบายพฤติกรรมนี้ได้ว่า เราคาดว่า Multiplication rate change เมื่อความหนาแน่นประชากรเพิ่มขึ้นและตกลง กล่าวคือที่ความหนาแน่นสูง อัตราการเกิดจะลดลง(หรืออัตราการตายจะเพิ่มขึ้น) ด้วยกรณีต่างๆ เช่นปริมาณอาหารหรือโรคระบาด และที่ความหนาแน่นต่ำอัตราการเกิดจะสูงขึ้น และประชากรตายเพราะโรคภัยปกติ และเกิดภัยธรรมชาติต่ำ

การเพิ่มจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตพวกสืบพันธุ์แล้วตายหมดนี้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยทาง

กายภาพ หรือ สภาพแวดล้อม กล่าวได้ว่า เป็นการควบคุมขนาดประชากร โดยไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรเอง (density-independent regulation)

ข. การเติบโตประชากรที่มีวงชีวิตยาวหลายปี ได้แก่พืช และสัตว์ที่มีอายุมากกว่าหนึ่งฤดูสืบพันธุ์ ประชากรรวมทั้งหมดคือจำนวนของลูกและรวมจำนวนตัวของพ่อแม่ที่รอดมาจากรุ่นก่อนด้วย นั่นคือประชากรแต่ละรุ่นมีการซ้อนทับกัน (overlapping generations) เป็นประชากรที่มีอายุยืนนาน มีการสืบพันธุ์แบบ continuous breeding season เราสามารถอธิบายการเติบโตของประชากรจากกรณีข้อ ก. และดังเช่นมีเงื่อนไขว่าการเติบโตของประชากรที่เวลา t จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่เวลาเท่านั้น อธิบายได้สองกรณีดังนี้

-Multiplication rate constant มีสมมุติฐานว่า ในเวลาช่วงหนึ่ง (*dt*) สิ่งมีชีวิตรายตัวมีโอกาสที่เป็นไปได้คือมีการให้กำเนิด *b dt* ที่ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตรายตัวตัวอื่นๆ และในช่วงเวลาเดียวกันนั้น ก็มีโอกาสตายด้วย *d dt* ซึ่งถ้า b และ d คือ instantaneous rate[2] ของอัตราการเกิดและการตาย ดังนั้นค่า instantaneous rate ของการเติบโตประชากรต่อหัว (instantaneous rate of population growth pre capita) เท่ากับ

$$\text{instantaneous rate of population growth} = r = b - d$$

และจากสมการการเพิ่มประชากร จะได้ว่า $\frac{dN}{dt} = rN = (b-d)N$

เมื่อ N = ขนาดประชากร

t = เวลา

r = pre capita rate of population growth

b = instantaneous birth rate

d = instantaneous death rate

และในภาวะที่ไม่มีข้อจำกัดใดๆ ทางสิ่งแวดล้อม เราจะใช้ geometric growth model ในการคาดประมาณค่า*ระยะเวลา*ที่ประชากรเพิ่มเป็นสองเท่าของขนาดประชากรเริ่มต้น (*doubling time*)

ซึ่งเท่ากับ $\frac{N_t}{N_0} = e^{rt}$

ซึ่ง $\frac{N_t}{N_0} = 2$ ดังนั้น $\frac{N_t}{N_0} = 2 = e^{rt}$ หรือ $\log_e(2) = rt$ หรือ $\frac{0.69315}{r} = t$

เมื่อ t = เวลาที่ประชากรเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า

r = realize rate of population growth per capita

สำหรับประชากรมนุษย์ ในการคำนวณหาระยะเวลาที่เพิ่มเป็นสองเท่านั้น ใช้สมการเดียวกันคือ

$N = N_0 \times 2$ ดังนั้น $2N_0 = N_0 e^{rt}$ และ $e^{rt} = 2$

rt = ln (natural logarithm) of 2 = 0.69 ดังนั้น doubling time, $t = \frac{0.69315}{r}$

ตัวอย่างเช่น ประเทศศรีลังกา ที่มีค่า r เท่ากับ 1.3% (0.013) จำนวนปีที่ประชากรเพิ่มเป็นสองเท่า เท่ากับ $t = \frac{0.69315}{0.013}$ = ประมาณ 53 ปี

ระยะเวลา(t) ของการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าจะเร็วหรือช้านั้น ขึ้นอยู่กับค่า r ของสิ่งมีชีวิต ดังแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาที่ใช้ในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าของสิ่งมีชีวิต สัมพันธ์กับค่า r ของสิ่งมีชีวิตนั้น (ที่มา : Krebs, 2001)

r	*T*
0.01	69.3
0.02	34.7
0.03	23.1
0.04	17.3
0.05	13.9
0.06	11.6

ดังนั้น ถ้าประชากรมนุษย์ที่เพิ่มจำนวนด้วย instantaneous rate เท่ากับ 0.0300 ต่อปี (มีค่า finite rate = 1.0305) ประชากรมนุษย์จะมีขนาดเป็นสองเท่าภายในระยะเวลา 23 ปี ตามการเพิ่มจำนวนแบบ geographic increase

จึงจะเห็นได้ว่า หากประชากรของมนุษย์มีอัตราการเกิดรายหัวสูงแล้ว ภายในระยะเวลาไม่นานนัก ประชากรจะเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่า และเมื่อนั้นความต้องการการใช้ทรัพยากรจะเพิ่มขึ้นมาก และทรัพยากรซึ่งมีจำกัดลงทุกทีจะไม่เพียงพอกับทุกชีวิต โดยเฉพาะไม่เพียงพอต่อ"คุณภาพชีวิตที่ดี" ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ที่มนุษย์ต้องคุมกำเนิดเพื่อลดอัตราการเกิดของประชากร และมนุษย์ที่เกิดมาแล้ว ยังให้ความรู้เรื่องการใช้ทรัพยากรอย่างชาญฉลาดและมีประสิทธิภาพที่สุดด้วย

การหาอัตราการเพิ่ม growth rate ในการเติบโตแบบ exponential growth ของประชากรหนึ่ง ถ้าพิจารณาที่ขนาดประชากรเมื่อเวลาต่างๆ ระหว่างการเพิ่มนั้น สมการจะเป็นดังนี้

$$\frac{N_t}{N_0} = e^{rt} \text{ นั่นคือ } N_t = N_0 e^{rt}$$

เมื่อให้ N_t คือจำนวนที่เวลา t, N_0 คือจำนวนเมื่อเวลา 0 และ e คือค่า natural log ซึ่งเท่ากับ 2.718 และ r คือ biotic potential, t คือช่วงเวลาที่ศึกษา

การคำนวณหาค่า e^{rt} สามารถทำได้ แต่ที่ง่ายกว่านั้นอาจใช้สมการ $\ln N_t = \ln N_0 + rt$

ดังตัวอย่าง ขนาดประชากรของหญ้าชนิดหนึ่งคือ duckweed จำนวน 10 ต้น ที่เจริญในเวลา 4 วัน และ r คือ 0.2 ต่อวัน จะได้ว่าจำนวนประชากรเมื่อวันที่ 4 เท่ากับ

$$N_4 = 10 \times e^{(0.2 \times 4)} \qquad = 10 \times 2.22$$

ดังนั้นขนาดประชากรของ duckweed เมื่อวันที่ 4 คือประมาณ 22 ถึง 23 ต้น

-Multiplication rate ที่ขึ้นอยู่กับค่าขนาดของประชากร เมื่อประชากรเติบโตในภาวะจำกัดพื้นที่ เมื่อความหนาแน่นค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดที่ "เกิดการลดการสืบพันธุ์ และอายุขัยของตัวอื่นๆ" เป็นการลดอัตราการเพิ่มจำนวนลงเรื่อยๆ จนกระทั่งทุกตัวถูกทำให้ลดอัตราการเพิ่มจำนวนเท่ากันหมด กราฟของการเติบโตประชากรจะเป็นรูป sigmoid หรือ S-shape หรือ logistic modelนั่นเอง

ตัวอย่างที่ 5.1 ประชากรของแมลงหวี่เริ่มต้นที่ 100 ตัว ในช่วงเวลา 1 สัปดาห์ มีแมลงหวี่เกิดขึ้น ใหม่ 50 ตัว และมีจำนวนที่ตาย 20 ตัว เมื่อเวลาผ่านไป 2 สัปดาห์ แมลงหวี่จะมีจำนวนประชากรเท่าไร

การคำนวณ อัตราการเกิดของประชากรแมลงหวี่ = 50/100 ต่อสัปดาห์ หรือ 0.5 ต่อสัปดาห์

อัตราการตายของประชากรแมลงหวี่ = 0.2 ต่อสัปดาห์

ดังนั้น ค่า r = 0.5-0.2 = 0.3 ต่อสัปดาห์

อัตราการเปลี่ยนแปลงแมลงหวี่ในช่วง 1 สัปดาห์ = r N = 0.3* 100

= 30 ตัว

และเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่หนึ่ง มีแมลงหวี่จำนวน 100+ 30 = 130 ตัว

อัตราการเปลี่ยนแปลงแมลงหวี่ในช่วง สัปดาห์ที่ 2 = r N = 0.3* 130

= 39 ตัว

และเมื่อสิ้นสุดสัปดาห์ที่สอง จะมีแมลงหวี่ = 130+39

= 169 ตัว

การเพิ่มจำนวนประชากรที่มีlife history trait ต่างๆ ข้างต้นสรุปเป็น "โมเดลการเพิ่มจำนวนประชากร" ได้

5.2.2 โมเดลการเพิ่มจำนวนประชากร (Model of population growth)

โมเดลการเพิ่มประชากรเป็นการอธิบายลักษณะของการเพิ่มจำนวนประชากร ซึ่งได้อธิบายข้างต้นแล้วว่า ประชากรส่วนใหญ่มีศักยภาพในการเพิ่มจำนวน แต่การเพิ่มจำนวนนี้ถูกควบคุมโดยปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมทั้งทางกายภาพและชีวภาพในระบบนิเวศ ลักษณะการเพิ่มจำนวนจึงแสดงเป็นโมเดลได้ โมเดลการเพิ่มจำนวนประชากร ได้แก่

1. Exponential growth model (j-curve) เป็นการเพิ่มจำนวนประชากรโดยไม่มีข้อจำกัดของปัจจัยใดๆ ทางสิ่งแวดล้อม การเพิ่มจำนวนขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ซึ่งถ้ามีปัจจัยสำคัญต่อการดำเนินชีวิตอย่างเพียงพอและเงื่อนไขทางสิ่งแวดล้อมเหมาะสมกับความทนของมันแล้ว ประชากรจะเพิ่มจำนวนมากขึ้น การเพิ่มจำนวนนี้ไม่มีอิทธิพลจากความหนาแน่นของประชากรเองด้วย

สมการแสดง net reproductive rate (R_N) สำหรับประชากรที่มีการซ้อนทับของแต่ละรุ่น (generation) คือ $$R_N = \frac{N_t}{N_0}$$

เมื่อ N_t = จำนวนตัวที่มีชีวิตอยู่(ทั้งตัวพ่อแม่ที่รอดและลูกๆ) เมื่อเวลา t

N_0 = จำนวนที่มีชีวิตอยู่ก่อนเวลา t

R_N = อัตราการเพิ่มจำนวนลูกซึ่งรวมอัตราการเกิด อัตราการรอดของแต่ละตัวเมื่อเวลา t ซึ่งหมายถึงอัตราการเพิ่มเฉลี่ย(หรือลดเฉลี่ย)หรือ finite rate of change ในช่วงระยะเวลาที่ศึกษา เป็นค่าคงที่ของสปีชีส์ ซึ่งบางสปีชีส์มีการเกิดรวดเร็วมาก เช่น แบคทีเรีย

เมื่อการเพิ่มและการตายเกิดต่อเนื่องกันไป และถ้าวัดในช่วงหนึ่งๆ อัตราการเปลี่ยนแปลงเรียกว่า instantaneous rate of change หรือค่า r (instantaneous rate of change per individual) ได้จากค่า log e finite rate

ในประชากรหนึ่งซึ่งมี overlapping generation จะมีค่า r คือ

$$r = \log e R_N$$

ค่า r นี้ตามความหมายของ intrinsic rate of population increase หรือ intrinsic rate of natural increase จะใช้สมการ $$r = \frac{\ln(N_t / N_0)}{t}$$

ดังตัวอย่าง ไก่ฟ้าในบริเวณเขตห้ามล่าแห่งหนึ่ง เพิ่มจำนวนขึ้นจาก 40 ตัวเป็น 426 ตัว ระหว่างปีแรกถึงปีที่สาม(เวลา 2 ปี) โดยมีการเติบโตประชากรแบบ exponential growth และการกระจายของอายุประชากรคงที่ ดังนั้นค่า r เท่ากับ

$$r = \frac{\ln(426/40)}{2} = 1.18$$

จากสมการการหาค่า r ข้างต้น เมื่อมีค่า net reproductive rate มาเกี่ยวข้องจะใช้สมการข้างต้นนี้ได้ แต่ต้องแทนค่า t ด้วย T ซึ่ง T หมายถึง"generation time = the length of time from the birth of parents to the birth of their offspring" ดังนั้น $$r = \frac{\ln(N_T / N_0)}{T}$$

และแทนค่า N_T/N_0 ด้วย R_0 ซึ่ง R_0 เรียกว่า net reproductive rate

ดังนั้น $$r = \frac{\ln R_0}{T}$$

และค่า T คำนวณได้จากสมการ $$T = \frac{\sum l_x m_x x}{\sum l_x m_x}$$

ค่า m_x คือ ค่าของจำนวนลูกที่ให้กำเนิดต่อตัวเมีย (live birth per female) ซึ่งบางครั้งในเรื่องการเพิ่มจำนวนประชากรนี้ อาจพิจารณาเฉพาะจำนวนตัวเมียในประชากรก็ได้ เนื่องจากตัวเมียจัดว่ามีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากร ในกรณีนี้ ค่า m_x คือ*จำนวนของลูกตัวเมียที่ฟักออกมาต่อจำนวนของตัวเมียที่มีชีวิตอยู่ในช่วงอายุนั้นๆ* ดังตัวอย่างเรื่องไก่ฟ้า ในช่วงปีแรกลูกนกตัวเมียที่ฟัก

ออกมามีจำนวน 27 ตัว จากแม่ไก่ฟ้า 9 ตัว ดังนั้นจำนวนลูกไก่ต่อแม่ไก่เท่ากับ $\frac{27}{9} = 3.0$ เมื่อแม่ไก่ทั้งหมดมีอายุเท่ากัน เนื่องจากเกิดในเวลาเดียวกัน ลูกไก่ที่เกิดในช่วง 6 ปี เราได้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 ไก่ฟ้า Ring-Necked Pheasants เลี้ยงในการทดลอง คำนวณค่าต่างๆ ดังต่อไปนี้

(ที่มา : Brewer, 1994)

Fabricated Data About Ring-Necked Pheasants Reared in the Laboratory for Calculating R_0 and r

x	l_x	m_x	l_xm_x	l_xm_xx
0.5	0.9	3.0	2.70	1.35
1.5	0.7	6.0	4.20	6.30
2.5	0.6	6.0	3.60	9.00
3.5	0.5	6.0	3.00	10.50
4.5	0.4	5.0	2.00	9.00
5.5	0.2	4.0	0.80	4.40
6.5	0.1	0.0	0.00	0.00
Totals (Σ)			16.30	40.55

สำหรับข้อมูลจากตารางนี้ เราสามารถคำนวณค่า T จาก $\frac{\sum l_x m_x x}{\sum l_x m_x}$

จะได้ว่า $T = \frac{40.55}{16.30} = 2.49$

ดังนั้นค่า r ของประชากรไก่ฟ้านี้เท่ากับ

$$r = \frac{(\ln 16.30)}{2.49} = \frac{2.79}{2.49} = 1.12$$

จากตัวอย่างนี้ ตัวเมียในกลุ่มบางตัวตายไปในเดือนแรกๆ ที่นำมาเลี้ยงและไม่ได้ให้ลูก ตัวเมียที่เหลือได้รับการเลี้ยงต่อมาจนมีอายุ 6 ปีถึงมากกว่า ซึ่งให้ลูกประมาณตัวละ 40 ตัว แต่โดยเฉลี่ยแล้วมันให้ลูกตัวละ 16.30 ตัว

นักประชากรศาสตร์หลายคนนิยมค่า R_0 มากกว่า r เนื่องจากมันบอกค่า "ความสามารถของประชากร"ตรงตัว เช่นถ้าค่า R_0 เท่ากับ 2 แล้วประชากรจะมีความสามารถเพิ่มเป็นสองเท่าภายใน 1 generation

แต่กระนั้น การใช้ค่า R_0 ยังต้องพิจารณาที่life history trait ของสิ่งมีชีวิตด้วย กล่าวคือ หากแมลงมีค่า $R_0 = 2$ และหมีมีเท่ากับ 2 เช่นกัน ไม่ได้หมายความว่าสัตว์ทั้งสองจะใช้เวลาในการเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าเท่ากัน เนื่องจากสัตว์ทั้งสองมีค่า r ต่างกันนั่นเอง แมลงนั้นจะเพิ่มจำนวนเป็นสองเท่าอย่างรวดเร็วในเวลาไม่กี่ปี แต่สำหรับหมีแล้ว อาจใช้เวลาเป็นศตวรรษ

สมการ $r = \frac{\ln R_0}{T}$ นี้มีประโยชน์มาก เนื่องจากอธิบายว่าสิ่งมีชีวิตที่มีอายุยืนนาน มักจะมีค่า r ต่ำ สิ่งมีชีวิตที่มีการเพิ่ม net reproductive rate เช่นมีขนาดจำนวนตัวของลูกต่อครอก

(clutch size) ขนาดใหญ่ขึ้น จะมีค่า r สูงขึ้น และพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่าง intrinsic rate of natural increase (r) กับ net reproductive rate (R_0) และ generation length (T) ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 ผลของ R_0, T และ r ต่อ life history feature (ที่มา: Brewer, 1994)

Life-history features	Net reproductive rate (R_0)	Generation length(T)	Intrinsic rate of natural increase (r)
ค่าเดิมจากตารางที่ 5.3	16.30	2.49	1.12
ถ้าเพิ่มขนาดclutch sizeโดยเพิ่ม1 ใบในทุกกลุ่มอายุ	19.70	2.48	1.20
Lifespan สั้นลง นกทุกตัวมีอายุ 4 ปี และตายก่อนอายุปีที่ 5	15.50	2.33	1.17
m_x ของ กลุ่มอายุ 0.5และ 1.5 = 0	9.40	3.50	0.64

สำหรับค่า r นั้นมีหลายชื่อได้แก่ rate of increase หรือ intrinsic rate of natural increase หรือ intrinsic capacity for increase for the particular environmental condition และได้กล่าวไว้แล้วว่าค่า r อาจหาได้จากอัตราการเกิดลบด้วยอัตราการตายก็ได้ $r = b - d$

เมื่อ b = อัตราการเกิด (birth rate per individual)

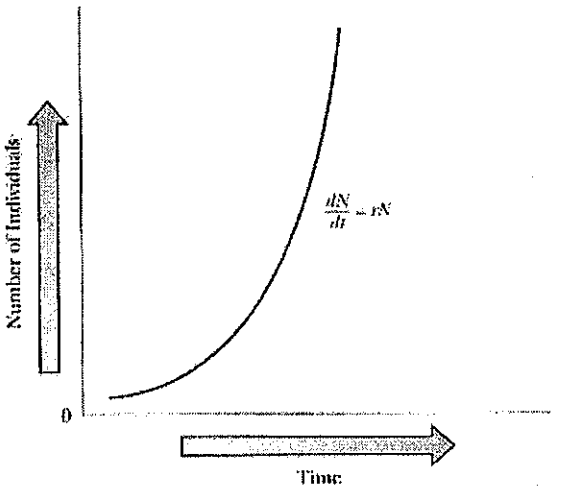
d = อัตราการตาย (death rate per individual)

ดังนั้นในประชากรปิด (ซึ่งหมายถึงประชากรที่ไม่มีการอพยพเข้า-ออก ระหว่างการศึกษา) จะเพิ่มจำนวนขึ้นเมื่ออัตราการเกิดมากกว่าอัตราการตาย และอัตราการเปลี่ยนแปลงประชากรในเวลาหนึ่ง (rate of change in population size, $\frac{dN}{dt}$) จะเท่ากับจำนวนประชากรเริ่มต้นคูณด้วยค่า r ของประชากรนั้น ดังนี้ $\frac{dN}{dt} = rN$

ประชากรของสิ่งมีชีวิตที่มีอายุยาวนาน สืบพันธุ์ได้หลายครั้งในชีวิต และมักมีจำนวนลูกน้อย ประชากรพวกนี้มักถูกควบคุมโดยขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรเองด้วย (density-dependent regulation) กล่าวคือเมื่อประชากรเพิ่มจำนวนจนถึงจุดความหนาแน่นหนึ่ง มันจะลดอัตราการเพิ่มจำนวนจนในที่สุดจะเป็นศูนย์ เนื่องจากว่า โดยทฤษฎีแล้ว สิ่งมีชีวิตจำนวนมากมายสามารถผลิตลูกหลานได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ถ้ามีปัจจัยสำคัญได้แก่อาหาร ที่อยู่อาศัย ฯ เพียงพอและสภาพแวดล้อมพอเหมาะ ประชากรจะเพิ่มแบบยกกำลังสอง เรียกว่า "Exponential growth" นั่นคือเมื่อสภาพแวดล้อมอำนวย การเพิ่มประชากรเมื่อเวลาใดๆ จะขึ้นอยู่กับค่า r (หรือความสามารถของการสืบพันธุ์ของมัน) กับขนาดประชากรเริ่มต้น (N_0)

ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไป (t) กราฟการเจริญของประชากรจะเป็นรูปตัว J ดังแสดงในรูปที่ 5.4 ซึ่งความชันของกราฟจะขึ้นอยู่กับค่า r เราเรียกกราฟนี้ว่า Exponential growth curve หรือ Theoretical curve หรือ Unrestricted growth curve หรือ j-curve ซึ่งจะเห็นว่าเส้นกราฟสูงขึ้น

เรื่อยๆ อย่างไม่จำกัด อัตราการเพิ่มจำนวนขึ้นอยู่กับค่า r และสิ่งมีชีวิตในโลกนี้มีค่า r ไม่เท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 5.5 ซึ่งในทางนิเวศวิทยาแล้วมีสมมุติฐานว่าประชากรสปีชีส์ใดๆ จะมีค่า r คงที่



รูปที่ 5.4 กราฟการเติบโตประชากรแบบ Exponential growth curve (ที่มา : Brewer, 1994)

ตารางที่ 5.5 Intrinsic rate of natural increase ของสิ่งมีชีวิตกลุ่มต่างๆ (ที่มา : Brewer, 1994)

Intrinsic Rate of Natural Increase

Kind of Organism	*Approximate Biotic Potential, r (Per Year)*
Large mammals	0.02–0.5
Birds	0.05–1.5
Small mammals	0.3–8
Larger invertebrates	10–30
Insects	4–50
Small invertebrates (including large protozoans	30–800
Protozoa and unicellular algae	600–2000
Bacteria	3000–20,000

สำหรับในธรรมชาติแล้ว สิ่งมีชีวิตมักไม่สามารถเพิ่มจำนวนแบบ exponential growth ได้ตลอดไป ดังนั้นจึงมีโมเดลการเพิ่มจำนวนประชากรแบบที่สองคือ

2. Logistic growth model (s-curve) อธิบายได้ว่า ในธรรมชาติ ประชากรในระยะแรกๆ ของการเจริญนั้น เมื่อมีทรัพยากรมาก จะเจริญเติบโตดีและสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนมาก แต่เนื่องจากธรรมชาติมีปริมาณอาหารและปัจจัยอื่นๆ จำกัด จัดเป็นความต้านทานทางธรรมชาติ (environmental resistance) หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า "ผลกระทบจากความหนาแน่น the effect of crowding" เป็นขีดจำกัดในการรองรับประชากรของธรรมชาติ หรือกล่าวว่าค่า K เป็นค่าแสดงระดับอิ่มตัวของประชากร เมื่อทรัพยากรต่างๆ นั้นมีจำกัด สิ่งมีชีวิตจะต้องแข่งขันกันเพื่อครอบครองหรือเพื่อใช้ทรัพยากรที่เหลืออยู่นั้น *การแข่งขันจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของประชากรเอง และทรัพยากรที่เหลืออยู่* ดังนั้นจึงอาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า แรงต้านทานของธรรมชาติ ก็คือ

ความหนาแน่นของประชากรเอง (density-dependent regulation) ประชากรจะมีแนวโน้มคงตัวเมื่อมีความหนาแน่นเข้าใกล้ค่า K และเมื่อไรที่ N > K ขนาดของประชากรจะลดลง (ซึ่งเกิดจากประชากรตายไปเพราะอดอาหาร และไม่ให้กำเนิดลูกใหม่นั่นเอง)

ข้อจำกัดสำคัญของการเติบโตของประชากรคือการขาดแคลนอาหาร พื้นที่อาศัย และการมีปฏิสัมพันธ์อย่างไรกับปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพ หลังจากประชากรเจริญแบบ Exponential growthแล้ว ประชากรจะผจญกับภาวะจำกัดของปัจจัยต่างๆ ทำให้การเจริญแบบ exponential หยุดชะงัก ประชากรจะเจริญเติบโตช้าลงและคงตัว ซึ่งอาจจะขึ้นลงจากค่า K บ้าง เรียกว่าประชากรเข้าสู่ภาวะคงตัว การเจริญแบบนี้เป็น Logistic growth หรือ Restricted growth curve

ทางการประมงหรือการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พบว่าอัตราการตายของตัวอ่อนขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของสัตว์เอง ซึ่งตัวอ่อนจะตายเพิ่มขึ้นหากสัตว์หนาแน่นขึ้น ขณะที่อัตราการตายของตัวเต็มวัย จะไม่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่น โดยเฉพาะชนิดที่มีอัตราการเจริญพันธุ์สูง (พวก *r*-selected species)

การจัดกลุ่มสัตว์เป็น r หรือ K นี้พิจารณาที่ อัตราการสืบพันธุ์เพิ่มจำนวนนี่เอง

สำหรับการเติบโตของประชากร ที่ถูกจำกัดโดยความหนาแน่นนี้ ค่าสัดส่วนของ K จะถูกครอบครองโดยประชากรที่มีอยู่ คือ

$$\frac{N}{K}$$

ซึ่งค่า K ที่เหลืออยู่สำหรับประชากรที่จะเพิ่มมา เท่ากับ

$$1-\frac{N}{K}$$

ดังนั้นถ้า N เพิ่มขึ้น ค่า K จะลดลงเรื่อยๆ ซึ่งจะมีผลต่อค่า rN ทำให้อัตราการเติบโตประชากรลดลงเรื่อยๆ ด้วย นั่นคือ

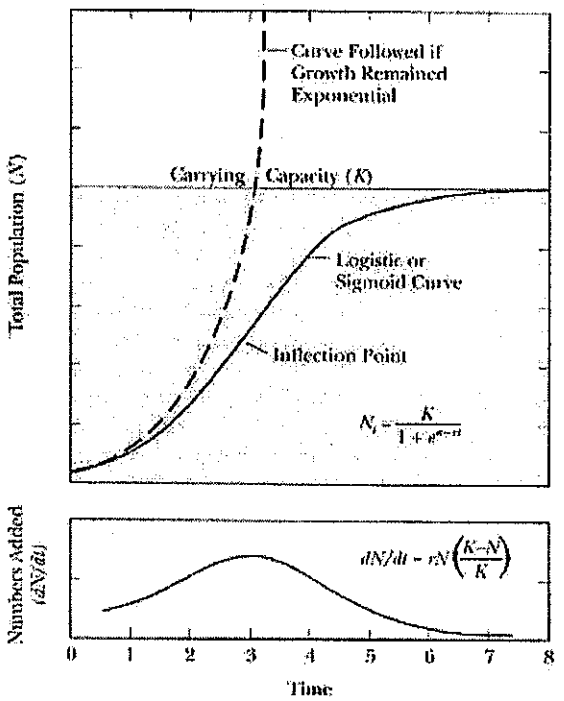
$$\frac{dN}{dt} = rN_t\left(1-\frac{N_t}{K}\right)$$

การคำนวณหาขนาดประชากรในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งใช้สมการ

$$N_t = \frac{K}{\left\{1+\frac{(K-N)}{K}e^{rt}\right\}}$$

การเติบโตของประชากรที่เป็นไปตามขีดจำกัดของธรรมชาตินี้มีกราฟการเจริญเติบโตที่แสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสัดส่วนระหว่างอัตราการเกิดและอัตราการตาย การเติบโตของประชากร โดยเริ่มแรกจะเป็นระยะเร่ง (acceleration stage) ซึ่งมีการเกิดมากกว่าการตาย อาจเพิ่มแบบยกกำลังสอง ระยะถัดมาคือระยะ deceleration stage (หรือ lag phase) เป็นระยะที่ประชากรเริ่มลดลงอย่างสม่ำเสมอ เพราะว่าอัตราการเกิดลดลงและอัตราการตายเพิ่มขึ้น หรือทั้ง

สองอย่าง หลังจากนั้นเส้นกราฟเริ่มลดลง และเมื่อถึงระดับ K แล้ว(ที่ระดับ K นี้เรียกว่า asymptote) ความหนาแน่นของประชากรจะเข้าสู่ระยะคงที่ (steady stage) นั่นคืออัตราการตายและอัตราการเกิดจะสมดุลกันและการเติบโตของประชากรมีค่าเท่ากับศูนย์ เส้นกราฟอาจคงระดับไว้ระยะหนึ่ง ทั้งสามระยะนี้จึงทำให้กราฟมีรูปร่างคล้ายตัว S ดังแสดงในรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 (กราฟบน) Logistic growth curve (เส้นทึบ) เปรียบเทียบกับ exponential growth curve (เส้นประ) (กราฟล่าง) อัตราการเติบโตของประชากรจะเพิ่มถึงจุด K จากนั้นอัตราการเพิ่มจะลดลงเรื่อยๆ จนในที่สุดจะไม่เพิ่มอีก(อัตราการเพิ่มเป็น 0) ประชากรอาจมีการตายเนื่องจากขาดแคลนอาหาร (ที่มา : Brewer, 1994)

<u>ตัวอย่างที่ 5.2</u> เมื่อค่า K เท่ากับ 1,000 ตัว r = 0.3 /สัปดาห์

ประชากรเริ่มต้น (N) เท่ากับ 100 500 และ 900 ตัวตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงของประชากรกลุ่มดังกล่าวเท่ากับ

$$\text{N = 100 : } \frac{dN}{dT} = \frac{(0.3)(100)(1000-100)}{1000} = 30(0.9) = 27$$

$$\text{N = 500 : } \frac{dN}{dT} = \frac{(0.3)(500)(1000-500)}{1000} = 150(0.5) = 75$$

$$\text{N = 900 : } \frac{dN}{dT} = \frac{(0.3)(900)(1000-900)}{1000} = 270(0.1) = 27$$

เมื่อขนาดประชากรเริ่มต้นไม่เท่ากัน ถ้าเริ่มต้นที่ 100 และ 900 ตัว เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากันมีจำนวนเพิ่มขึ้นอีกแค่ 27 ตัว ขณะที่ประชากรเริ่มต้นที่ 500 ตัว จะเพิ่มขึ้นอีกถึง 75 ตัว จึงจะได้เห็นว่า ประชากรที่มีความหนาแน่นสูง หรือต่ำมากๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเล็กน้อย ต่างจากประชากรขนาดปานกลาง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก

จากตัวอย่างที่ 5.2 สอดคล้องกับกราฟ Logistic growth curve คือ เมื่อประชากรเริ่มต้นที่มีความหนาแน่นต่ำ ทรัพยากรยังคงมีเหลือเฟือ ประชากรจะมีการเติบโตแบบ exponential growth curve แต่ประชากรจะเพิ่มขึ้นได้ไม่มากเนื่องจาก N เริ่มต้นมีจำนวนน้อย เมื่อเวลาผ่านไปประชากรมีขนาดใหญ่ขึ้น ขณะเดียวกัน ทรัพยากรกลับเหลือน้อยลง ประชากรจะมีอัตราการเพิ่มขึ้นช้าลงด้วย จำนวนเพิ่มขึ้นต่ำนี้ไม่ได้มีผลมาจากจำนวน N เริ่มต้นที่น้อย แต่เป็นผลมาจากการที่ทรัพยากรเหลือน้อยลง นั่นคือมีอิทธิพลมาจากค่า $\frac{K-N}{K}$ จึงเรียกค่านี้ว่า "unutilized opportunity for population growth" ด้วย

ตัวอย่างเพิ่มเติมของกรณีนี้ เมื่อกำหนดให้ K=100, r = 1.0, N_0 = 1.0 ในระยะเริ่มต้นของการเติบโต จะพบความแตกต่างเล็กน้อยในกราฟสองโมเดลของ geometric และ logistic model (พิจารณาจากรูปที่ 5.5 กราฟบน) เมื่อประชากรเพิ่มจนถึงระยะหนึ่งที่เส้นกราฟเข้าใกล้จุดจำกัดสูงสุด ประชากรจะหยุดการเติบโตเพราะว่า $\frac{K-N}{K}$ เป็น 0

ความสัมพันธ์ของค่าต่างๆ เกี่ยวกับการเพิ่มประชากรนี้ แสดงไว้ในตารางที่ 5.6 จากตารางนี้จะพบว่า เมื่อประชากรเริ่มต้นมีขนาดใหญ่เท่าไร ทรัพยากรที่เหลืออยู่สำหรับรุ่นต่อไปจะน้อยลงเท่านั้น ทำให้อัตราการเพิ่มจำนวนต่ำกว่า อัตราการเพิ่มจำนวนของกลุ่มประชากรที่มีขนาดเล็ก เนื่องมาจากทรัพยากรที่เหลือน้อยนั่นเอง และเรื่องนี้เป็นเครื่องยืนยันว่าเมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้น จะเกิดปัญหาทางระบบนิเวศ คือทรัพยากรเหลือน้อยลง จนในที่สุดไม่เพียงพอต่อประชากรรุ่นต่อไป เมื่อความหนาแน่นมากขึ้น อัตราการเพิ่มประชากรจะลดลง จนในที่สุดเมื่อทรัพยากรไม่เหลือแล้ว อัตราการเพิ่มประชากรจะเป็นศูนย์

ตารางที่ 5.6 ความสัมพันธ์ของ r ขนาดประชากร ค่า $\frac{K-N}{K}$ และอัตราการเพิ่มประชากร

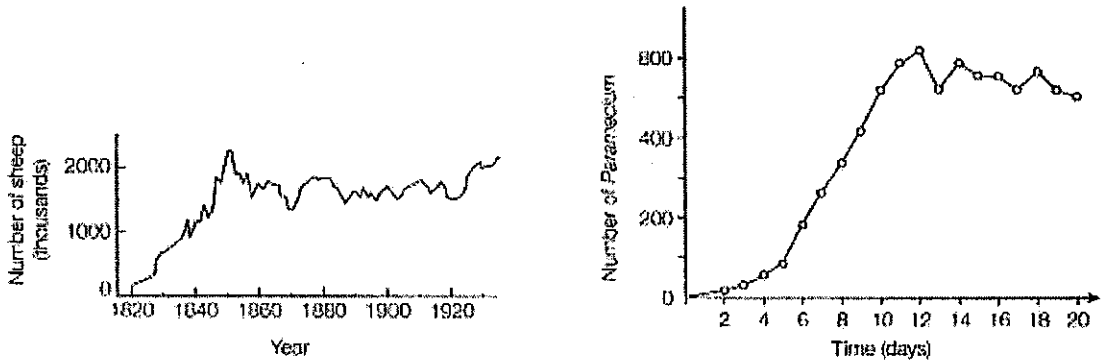
(ที่มา : Krebs, 2001)

r	ขนาดประชากร	K-N /K	อัตราการเพิ่มประชากร
1.0	1	99/100	0.99
1.0	50	50/100	25.00
1.0	75	25/100	18.75
1.0	95	5/100	4.75
1.0	99	1/100	0.99
1.0	100	0/100	0.00

การเติบโตแบบLogistic growth นี้จะแสดงพฤติกรรมช้าลง เมื่อประชากรเพิ่มจนครอบครองถิ่นอาศัยหมดแล้ว ดังนั้น ที่จุด K จึงไม่มีการเติบโตของประชากรอีก อัตราการเกิด

สมดุลกับอัตราการตาย การควบคุมอัตราการเติบโตของประชากรนี้เป็นไปตามความหนาแน่นของประชากรเอง (ซึ่งหากจะพิจารณาในด้านการทำงานของระบบนิเวศแล้ว นี่คือกลไกการควบคุมประชากรไม่ให้เกินค่าK ของระบบนิเวศนั่นเอง)

การเติบโตของประชากรของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่นยีสต์ แบคทีเรีย พารามีเซียม ให้กราฟการเจริญเติบโตเป็นรูป S เช่นกัน อย่างไรก็ตามการเติบโตในห้องปฏิบัติการที่มีสภาพแวดล้อมคงที่ไม่มีศัตรูผู้ล่า ไม่มีสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ คอยแก่งแย่งทรัพยากร จึงไม่ใช่ลักษณะการเติบโตของประชากรที่แท้จริงอย่างธรรมชาติ และในธรรมชาตินั้นกราฟของประชากรที่มีค่า K ก็ไม่ได้เป็นรูป s เสียทีเดียว ดังตัวอย่างในรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 ก. กราฟการเติบโตของประชากรแกะในTasmania ข. ของพารามีเซียม
(ที่มา : Mackenzie , Ball and Virdee, 1998)

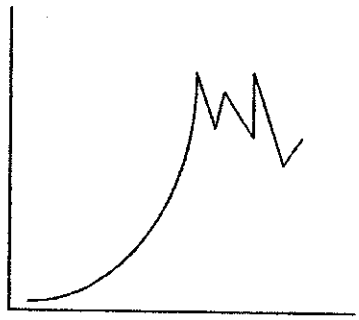
ขนาดของประชากรที่สมดุลนั้นควบคุมโดยค่าความจุของระบบนิเวศ แต่อัตราที่จะไปสู่ค่า K และเวลาที่จะไปสู่ค่า K หลังการถูกรบกวนโดยภัยธรรมชาตินั้น ขึ้นอยู่กับค่า r

โดยทั่วไปแล้วอัตราการเพิ่มประชากร สำคัญต่อการพิจารณาว่า ประชากรนั้นจะรอดพ้นจากการสูญพันธุ์หรือไม่ และค่า K จะสำคัญมากเมื่อพื้นที่อาศัยถูกจำกัด ดังนั้นในด้านการอนุรักษ์จะมุ่งความสนใจหรือให้ความสำคัญไปที่สัตว์ขนาดใหญ่ที่มีค่า r ต่ำ มีgeneration time ยาวนาน มีวงชีวิตยาว และให้ลูกจำนวนน้อยในแต่ละครั้ง และการเพิ่มจำนวนประชากรมักเป็นdynamic ซึ่งพวกนี้ถูกเรียกว่าเป็นพวก K- selected species

โมเดล หรือรูปแบบของการเพิ่มประชากร (population patterns) นอกจากจะเป็นรูป j-shape และs-shape แล้ว ยังมีรูปแบบมัลธัส (Malthusian growth หรือ irruptive, รูปที่ 5.7) และ Domed (capped, รูปที่ 5.8) และแบบอื่นๆ ด้วย

3. โมเดลการเพิ่มประชากรแบบมัลธัส (Malthus growth model)

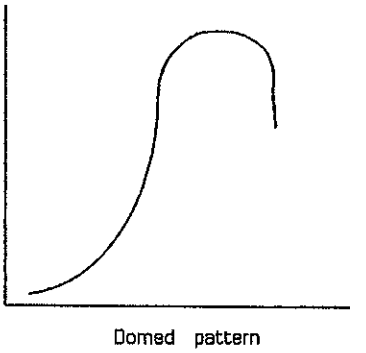
โมเดลนี้คล้ายกับ j-curve คือประชากรมีการเพิ่มจำนวนมากอย่างรวดเร็วในช่วงแรก โดยมีการเพิ่มเป็น 2 เท่า และเมื่อถึงจุดอิ่มตัว จะมีการลดลงอย่างรวดเร็วเช่นกัน ไม่เป็นระเบียบ และลดจำนวนลงอย่างฉับพลัน เรียกว่าเป็น irruptive growth ผู้ที่เสนอกราฟนี้คือ Thomus Malthus (1798) ซึ่งเสนอว่าการเพิ่มประชากรของมนุษย์มีแนวโน้มเพิ่มเป็นทวีคูณเรขาคณิตแบบ 2-4-8-16-32-64 ขณะที่การเพิ่มของอาหารเป็นลักษณะช้ากว่า คือเป็นแบบเลขคณิต 2-4-6-8-10-12 ด้วยเหตุนี้ประชากรมนุษย์ในระยะต้นๆ จึงเพิ่มอย่างรวดเร็วมาก และต่อมาอาหารย่อมไม่เพียงพอ จนเป็นเหตุให้ประชากรตายไปจึงลดจำนวนลง ซึ่งอาจมีภาวะทางสังคมของมนุษย์มาเกี่ยวข้องด้วย เช่นเกิดสงครามแย่งชิงทรัพยากร ซึ่งจะเห็นได้จากเกิดลัทธิการล่าอาณานิคม เกิดสงครามในยุคต่างๆ กราฟอธิบายการเพิ่มจำนวนประชากรมนุษย์แบบ Malthusian จึงเป็นที่ยอมรับ ซึ่งปัจจุบันการลดลงของมนุษย์นอกจากจะเพราะการขาดแคลนอาหารแล้ว ยังมีโรคภัยต่างๆ และภัยธรรมชาติด้วย ภัยธรรมชาติชนิดที่สร้างความเสียหายร้ายแรงเช่นแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่ม เกิดพายุทอร์นาโด เกิดคลื่นยักษ์ น้ำท่วมหนัก เหล่านี้เกิดขึ้นบ่อยครั้งมาก และเกิดทั่วภูมิภาคของโลกด้วย จึงมีการวิเคราะห์กันว่าการทำลายธรรมชาติมากๆ โดยมนุษย์ อาจจะมีส่วนกระตุ้นให้เกิดภัยธรรมชาติร้ายแรงมากขึ้นหรือไม่ อย่างไรก็ตาม ถึงเวลาควบคุมจำนวนประชากรมนุษย์แล้ว เนื่องจากโลกของเรามีทรัพยากรเหลือน้อยลงทุกที นอกจากควบคุมประชากรแล้ว ยังต้องใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพและลดการใช้ด้วย



รูปที่ 5.7 การเพิ่มประชากรแบบ Malthusian สมการการเพิ่มประชากรเป็นแบบเดียวกับ exponential growth curve
(ที่มา : นิตยา เลาหะจินดา, 2546)

4. โมเดลการเพิ่มประชากรแบบ Domed patterns

โมเดลนี้อธิบายการเพิ่มแบบ s-shape แต่เมื่อถึงจุดอิ่มตัว ประชากรจะมีการลดลงอย่างช้าๆ เส้นกราฟจึงลดต่ำลง ทำให้เป็นรูปแบบระฆังคว่ำ และศักยภาพในการเพิ่มจำนวนประชากรสัมพันธ์กับ life history trait ของสิ่งมีชีวิต รูปแบบกราฟดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 การเพิ่มประชากรแบบ Domed pattern (ที่มา : นิตยา เลาหะจินดา, 2546)

นอกจากนี้ยังมีโมเดลอื่นๆ เช่นTime-lag model และ Stochastic model และอื่นๆ ซึ่งศึกษารายละเอียดได้จากเอกสารตำราทางนิเวศวิทยาต่างๆ

จากโมเดลการเพิ่มประชากร จะเห็นว่ารูปแบบการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อขนาดประชากรมาก ดังนั้นจึงจะอธิบายรูปแบบการดำเนินชีวิตดังนี้

5.3 รูปแบบการดำเนินชีวิต (Life history trait of species)

life history trait หมายถึงทุกสิ่งทุกอย่างที่แสดงออกมาในการดำเนินชีวิต ได้แก่ มีอายุในวัยเจริญพันธุ์ (age of sexual maturity) อายุที่ตาย (age of death) หรืออายุเฉลี่ยของสปีชีส์ (life span) การเจริญเติบโตรวดเร็วเพียงใด การมีจำนวนลูกหลานมากเพียงใดในแต่ละครั้งของการสืบพันธุ์ สืบพันธุ์ได้กี่ครั้งในชีวิต มี generation time (เวลาที่แม่เกิดถึงเวลาที่ลูกเกิด) เท่าใด ฯลฯ

สปีชีส์ต่างๆ จะมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มจำนวนคือค่า r และค่า K และถ้ามีกราฟของการเจริญของประชากรเป็นแบบใดแบบหนึ่งใน exponential หรือ logistic curve ซึ่งสามารถนำมาแบ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตเป็นสองกลุ่มที่มีรูปแบบการดำเนินชีวิตดังนี้

r-selected species เป็นสปีชีส์ที่มีการเพิ่มจำนวนประชากรอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความสามารถในการสืบพันธุ์สูง (มีค่า r สูง) ใช้เวลาในการเติบโตเป็นตัวเต็มวัยสั้นๆ ให้ลูก (offspring) จำนวนมากในแต่ละครั้ง เนื่องจากการเจริญและการสืบพันธุ์ จำเป็นต้องใช้พลังงานสูงมาก ดังนั้นสิ่งมีชีวิตพวกนี้ต้องมีรูปร่าง และการดำเนินชีวิตที่เหมาะสม พลังงานส่วนมากใช้ในการสืบพันธุ์ที่ผลิตลูกจำนวนมากมาย ลูกแรกเกิดจึงมีขนาดเล็ก และต้องเจริญด้วยตัวเอง พ่อแม่ไม่เลี้ยงดู ลูกใช้เวลาเจริญรวดเร็ว generation time สั้น กลุ่มสิ่งมีชีวิตพวกนี้ได้แก่พืชอายุสั้น แมลงศัตรูพืช (pest) aquatic invertebrate และ ectothermics ต่างๆ ได้แก่พวกปลา กบ ฯ

ประชากรกลุ่ม *r*-selected นี้มักเป็นพวกเบิกนำของพื้นที่ ซึ่งเป็นระยะต้นๆ ของการแทนที่ (early stage of succession) ซึ่งยังมีทรัพยากรอยู่มากในระบบนิเวศนั้น

K-selected species เป็นกลุ่มที่ร่างกายมีขนาดใหญ่ มีgeneration time ยาวนาน และค่า *r* ต่ำ การสืบพันธุ์แต่ละครั้งให้ลูกจำนวนน้อย และมีช่วงเจริญวัยและสืบพันธุ์ยาวนาน และให้ลูกได้หลายครั้งตลอดอายุขัย ใช้พลังงานสูงในการดูแลลูกจนถึงวัยเจริญพันธุ์หรือสามารถเลี้ยงตัวเองได้ เมื่อประชากรมีความหนาแน่นต่ำอาจมีอัตราการเกิดสูง ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพพวกอาหาร หรือถิ่นอาศัยไม่จำกัดด้วย ผลจากการแข่งขันสูง ทำให้พวก K-selection สามารถปรับตัวให้เป็นพวกที่มี niche แคบหรือเฉพาะเจาะจงต่อทรัพยากร เช่นมีการกินอาหารเฉพาะอย่าง (ตัวอย่างที่ชัดเจนคือ รูปแบบปากของนกที่เหมาะสมกับการกินอาหารบางชนิด) เป็นพวกที่ได้รับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมสูง และอาจสูญพันธุ์ได้ง่าย พวกนี้มักไม่ใช่ศัตรูพืช เพราะการกระจายพันธุ์ของมันมีจำกัด และอัตราการขยายพันธุ์เพิ่มจำนวนต่ำ กราฟเป็นแบบ logistic และ domed curve ได้แก่สัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นสูงทั้งหมด และพืชบางชนิด

รูปแบบการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิตนี้ สัมพันธ์กับลักษณะทางสรีระวิทยาและนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ซึ่งอธิบายได้ว่า ทำไมบางสปีชีส์จึงมีแนวโน้มเป็นสัตว์ศัตรูพืช

สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีการดำเนินชีวิตที่ไม่ชัดเจนว่าเป็น *r*- หรือ K-selection บางทีอาจเปลี่ยนแปลงกลยุทธ์ตามเงื่อนไขของสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะพวกทนต่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมอย่างมาก อาจใช้คำว่า adversity selection (อธิบายโดย Southwood,1988)

การเข้าใจรูปแบบการดำรงชีวิต และทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงประชากรของสิ่งมีชีวิตจะทำให้เข้าใจได้ว่า เมื่อสภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ทำไมสิ่งมีชีวิตบางชนิดจึงสูญพันธุ์ได้ง่ายมาก ซึ่งรูปแบบการดำรงชีวิตนี้สัมพันธ์กับขนาดประชากร ข้อจำกัดของระบบนิเวศที่มีความสามารถในการรองรับประชากร และข้อจำกัดของการถ่ายทอดสารอาหารและพลังงานในระบบนิเวศด้วย

ขนาดประชากร และประวัติการเปลี่ยนแปลงประชากรนั้นสำคัญต่อการดำรงอยู่ของสปีชีส์ ซึ่งนักนิเวศวิทยาสนใจศึกษาติดตาม เรียกว่าการศึกษาตารางชีพของสิ่งมีชีวิต

5.4 ตารางชีพ (Life table)

ตารางชีพเป็นการบรรยายทาง demography อย่างหนึ่ง สร้างขึ้นมาโดย Raymond Pearl (1879-1940) ในปี ค.ศ. 1921

ตารางชีพเป็นการเก็บข้อมูลทางสถิติ ของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์หนึ่ง ตั้งแต่เกิดถึงตาย ทำให้ได้ภาพรวมของประวัติการตายของประชากร เป็นการบันทึกความน่าจะเป็นของการมีชีวิตรอดในช่วงอายุต่างๆ ของสปีชีส์นั้น สำหรับประชากรของมนุษย์ สามารถทำตารางชีพได้ เช่นการเก็บข้อมูลของหญิงและชาย กลุ่มคนที่เกิดในปีเดียวกัน บันทึกตั้งแต่เกิดจนถึงตาย เก็บข้อมูลในช่วง100 ปี เป็นต้น และตารางชีพของสัตว์ต่างๆ นั้นพัฒนามาจากการทำตารางชีพของมนุษย์ ซึ่งมีจุดประสงค์

เกี่ยวกับการทำธุรกิจประกันชีวิต ซึ่งต้องการทราบว่ามนุษย์จะคาดว่ามีอายุขัยกี่ปี ดังนั้นข้อมูลตารางชีพของมนุษย์จึงค่อนข้างมากกว่าสัตว์อื่นๆ

ประโยชน์ของตารางชีพคือ เพื่อเป็นการแสดงการตายของประชากรในช่วงอายุต่างๆ กัน ข้อมูลอาจได้จากการสำรวจการอยู่รอด หรือจากการตาย เช่นเก็บข้อมูลจากการพบเห็นซากสัตว์ เช่นกะโหลก เป็นต้น ค่าต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณในตารางชีพ ดังนี้

x = ช่วงอายุ (age interval or age)

l_x = สัดส่วนตัวที่รอดจากจุดเริ่มของตาราง หรือ จำนวนตัวที่อยู่รอดเมื่อช่วงอายุ x (number of alive at age x *or* proportion of organism surviving from the start of the life table to age x)

d_x= จำนวนตัวที่ตายระหว่างอายุ x ถึง x+1 (number of dying at the age interval x to x+1)

q_x= อัตราการตายระหว่างช่วงอายุ x ถึง x+1 (pre capita rate of mortality during the age interval x to x+1)

e_x = อายุคาดหมายเฉลี่ย(mean expectation of life) ของสปีชีส์นั้นที่จะมีชีวิตอยู่ต่อขณะเริ่มช่วงอายุ x

Life expectation คืออายุคาดหมาย โดยคาดว่าจะตายเมื่ออายุเฉลี่ยเท่าใด ซึ่งเป็นอายุที่คาดว่าจะเป็นในสภาวการณ์ปกติ ดังนั้นค่าอายุคาดหมายเฉลี่ยก็คือ mean natural longevity นั่นเอง ซึ่ง longevity ก็คือ physiological longevity ซึ่งเป็นอายุของการตายเพราะความชรา ไม่ใช่ตายจากสาเหตุถูกล่า การเกิดอุบัติเหตุ การติดเชื้อ หรือภาวะขาดสารอาหาร

การเก็บข้อมูลเพื่อการนำมาทำตารางชีพมีสองวิธีคือ

1. ทำสำมะโนประชากร หรือจากการสำรวจประชากรสิ่งมีชีวิตนั้น
2. ติดตามชีพประวัติ จำนวนประชากรกลุ่มที่เกิดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งโดยเฉพาะ

เมื่อต้องการสร้างตารางชีพ เราจะกำหนดช่วงอายุ(age interval) ของสิ่งมีชีวิตนั้นตามความเหมาะสมกับสิ่งมีชีวิต ดังเช่นคนและต้นไม้ อาจกำหนดช่วงละ 5 ปี กวาง นก หรือพืชยืนต้น อาจกำหนดเป็นช่วงละ 1 ปี หนูนา หรือพืชล้มลุกอาจใช้ช่วงละ 1 เดือนเป็นต้น จะเห็นว่าช่วงที่กำหนดเหมาะสมกับ life history trait ของสิ่งมีชีวิต กล่าวคือ พวกที่เป็น r –selected species มักกำหนดเป็นช่วงสั้น เป็นชั่วโมง วัน เดือน สำหรับพวก K-selected species จะกำหนดเป็นปีที่มีช่วงกว้าง เช่นช่วงละ 1 ปี 5ปี หรือ10 ปีเป็นต้น

ตัวอย่างที่ 5.3 Cohort life table ของนก song sparrow ที่เกาะ Mandarte Island British Columbia* (ที่มา : Krebs, 2001)

Age in Year(x)	Observed no. of birds alive(n_x)	Proportion surviving at start of age interval x (l_x)	No. of dying within age interval x to x+1 (d_x)	Rate of mortality (q_x)
0	115	1.0	90	0.78
1	25	0.217	6	0.24
2	19	0.165	7	0.37
3	12	0.104	10	0.83
4	2	0.017	1	0.50
5	1	0.009	1	1.0
6	0	0.0	-	-

* นกตัวผู้ออกจากไข่ในปี1976 และถูกติดตามอัตราการตายตั้งแต่ออกจากไข่จนถึงตายภายใน 6 ปีหลัง (ข้อมูลจาก Smith, 1988)

ข้อมูลในตารางคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

$$n_{x+1} = n_x - d_x$$

$$q_x = \frac{d_x}{n_x}$$

$$l_x = \frac{n_x}{n_0}$$

จากตัวอย่างที่ 5.3 นี้แสดงให้เห็นว่านก song sparrow จะมีอัตราการสูญเสียถึง 78 % ในช่วงตั้งแต่เกิด(ออกจากไข่) ถึง 1 ปีแรก

l_x คือจำนวนตัวที่อยู่รอดเมื่อต้นช่วงอายุ x โดยปกติมักคิดจำนวนตั้งต้นให้เท่ากับ 1,000 แต่สำหรับมนุษย์จะใช้ 100,000 ถ้าคิดเป็นสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ จำนวนตั้งต้นคือ100 ถ้าคิดจากค่าความน่าจะเป็นของการอยู่รอด ค่าตั้งต้นคือ 1.0

นักตารางชีพมักจะสนใจ อัตราการเกิดรายหัว หรือการตายรายหัว (pre capita rate of birth and death) มากเนื่องจาก อาจเกิดการตายเป็นจำนวนมากของสัตว์ หรือคนเพราะเชื้อโรคต่างๆ และถ้าเราทราบจำนวนทั้งหมดของประชากรแล้วเราจะสามารถคำนวณอัตราการตายรายหัวได้ดังสมการ

Pre capita death rate = no. of death/ population at risk

ดังตัวอย่าง มีจำนวนการตาย 400 จากประชากรทั้งหมด 250,000 คน

ดังนั้นจากสมการ $q_x = \frac{d_x}{n_x} = \frac{400}{250{,}000} = 0.0016$

หรือกล่าวว่า อัตราการตายเท่ากับ 0.16 % ดังตัวอย่างประชากรของ marmot มีทั้งหมด 26 ตัว มันตายเพราะพายุกระหน่ำ 9 ตัว ดังนั้น $q_x = \frac{d_x}{n_x} = \frac{9}{26} = 0.346$ ซึ่งมีถึง 1 ในสามของประชากรทั้งหมด สำหรับอัตราการเกิดก็เช่นกัน มักแสดงเป็นรายหัวด้วย

Pre capita birth rate = no. of birth / size of the reproductive population

ตัวอย่างการคำนวณค่างต่างๆ ในตารางชีพดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ตารางชีพของประชากรนก Odd bird: Mckinley Murre แห่ง mount Deevey (ที่มา: Brewer, 1994)

Life Table for McKinley Murre Population

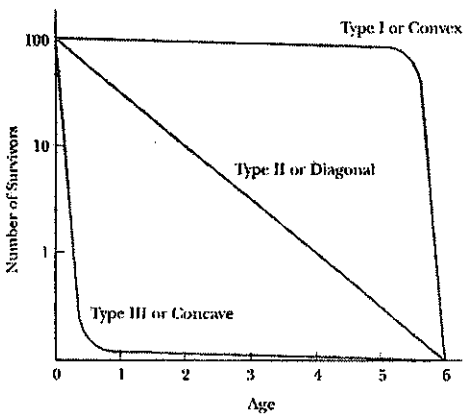
Age x	*Survivorship* l_x	*Mortality* d_x	*Mortality Rate* q_x	*Life Expectation* e_x
0	100	55	0.55	1.15
1	45	30	0.67	0.94
2	15	10	0.67	0.83
3	5	5	1.00	0.50
4	0	—	—	—

ตารางชีพนี้แสดงช่วงอายุเป็นปี และอายุเริ่มต้นเป็น 0 ปี

ค่า l_x หรือ n_x มาเขียนกราฟของการอยู่รอด (survivorship curve) ซึ่งเขียนเป็นกราฟ log scale ให้ระดับอายุเป็นแกนนอน จำนวนประชากรเป็นแกนตั้ง จะได้เส้นโค้งแสดงการมีชีวิตรอด (survivorship curve) ซึ่งกราฟนี้บรรยายโดย Pearl ในปี ค.ศ.1928

5.5 การรอดชีวิตของสิ่งมีชีวิต(Survivorship)

survivorship คืออัตราการรอดของสิ่งมีชีวิตตลอดระยะของการเจริญ หรือตลอดอายุขัย (Life span : อายุของสิ่งมีชีวิตตั้งแต่เกิดถึงตาย) ข้อมูลนี้นำมาจากค่า l_x จากตารางชีวิตกับค่า x และถ้าเขียนให้แกน y เป็น logarithmic plot จะได้เส้นโค้งแสดงการมีชีวิตรอดจะมีสามรูปแบบดังรูปที่ 5.9

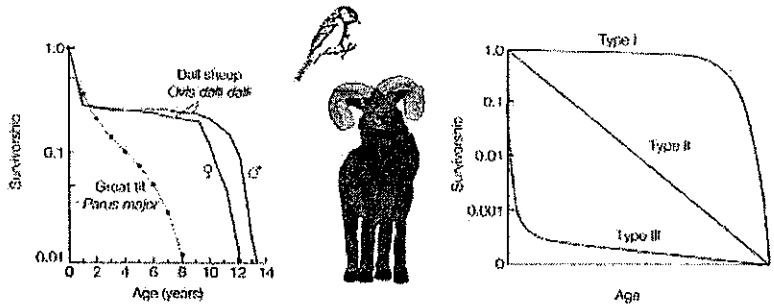


รูปที่ 5.9 รูปแบบsurvivorship curve ซึ่งแกน Y เขียนด้วย logarithmic scale (ที่มา: Brewer, 1994)

กราฟแบบที่ 1 (type I or convex) เป็นรูปแบบการรอดชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่มีอัตราการรอดสูงในช่วงแรกๆ และต่ำลงในช่วงท้ายๆ ของชีวิต ตัวอย่างได้แก่มนุษย์ ที่มีอัตราการรอดในวัยเด็กสูงกว่าวัยชรา กลุ่มที่มีการรอดแบบนี้นั้นสภาพแวดล้อมมักไม่สำคัญเท่ากับ physiological longevity

กราฟแบบที่ 2 (type II or Diagonal) เป็นรูปแบบการรอดชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่มีอัตราการรอดค่อนข้างคงที่ตลอดชีวิต หรืออัตราการตายสม่ำเสมอเท่าๆ กันทุกช่วงอายุ พวกนี้สิ่งแวดล้อมสำคัญต่อการรอดชีวิต นกหลายชนิดมีกราฟแบบนี้ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแบบที่ 1 และแบบที่ 2

กราฟแบบที่ 3 (type III or Concave) เป็นรูปแบบการรอดชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่มีอัตราการรอดต่ำในตอนแรกๆ อาจเป็นเพราะพวกนี้มีประสบการณ์ในการออกหาอาหารต่ำตอนเด็กๆ หรือมีการหนีศัตรูได้ไม่ดีเท่า จึงทำให้อดอาหาร หรือถูกจับกินและไม่มีภูมิคุ้มกันมากเท่าตัวเต็มวัยจึงทำให้ตายได้มากกว่า มักพบในปลาหลายชนิด และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในทะเล และพวกปรสิต ตัวอย่างของกราฟการรอดชีวิตของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.10



ก ข

รูปที่ 5.10 ก. survivorship curve ของนก the Great Tit และแกะ Dall mountain
ข. กราฟ survivorship curveแสดงทั้ง 3 แบบ
(ที่มา : Mackenzie , Ball and Virdee, 1998)

การรอดชีวิตของประชากรจนถึงระยะสืบพันธุ์ได้ จะทำให้ประชากรโดยรวมเปลี่ยนแปลง รูปแบบการเปลี่ยนแปลง (fluctuation) ของประชากรมีสองลักษณะคือ

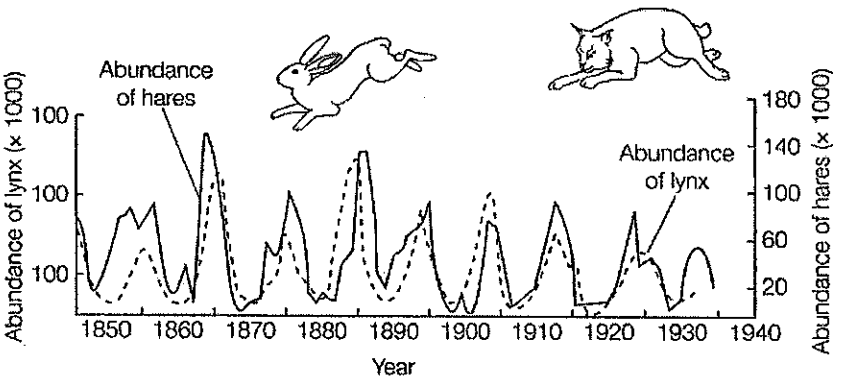
ก. การเพิ่มจำนวนเป็นไปตามฤดูกาล (seasonal fluctuation)

เพิ่มจำนวนตามช่วงเวลาที่เป็นฤดูการสืบพันธุ์ของประชากรนั้น ตัวอย่างเช่นพืชและสัตว์ในเขตอบอุ่นและเขตหนาวมักจะมีการสืบพันธุ์ในฤดูใบไม้ผลิและฤดูร้อน สิ่งมีชีวิตในเขตร้อนชื้นนั้นแม้ว่าสภาพอากาศจะค่อนข้างคงที่ และดูเหมือนว่าอาหารจะมีอุดมสมบูรณ์ตลอดปี แต่พบว่าสิ่งมีชีวิตหลายชนิดก็มีฤดูกาลสืบพันธุ์ ดังเช่น พบว่านกยาง (Heron) มีการสืบพันธุ์ในปลายฤดูฝน

ประชากรของแพลงก์ตอนพืชมีการเพิ่มจำนวนเป็นฤดูกาลด้วย การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนี้สัมพันธ์กับปริมาณอาหารของประชากรซึ่งเป็นไปตามฤดูกาลนั่นเอง

ข. การเปลี่ยนแปลงประชากรเป็นวัฏจักร (cyclic fluctuation)

เป็นการเพิ่มหรือลดประชากรในระยะเวลาที่แน่นอน เช่นในช่วงเวลา 5-10 ปี เช่นข้อมูลของกระต่ายรองเท้าหิมะ (snow shoe hare) กับแมวป่า (lynx) ที่มีจำนวนประชากรสูงสุดทุกๆ 9-10 ปี (รูปที่ 5.11) นอกจากนี้ยังมีสัตว์อื่นๆ ที่แสดงวัฏจักรการเพิ่มประชากรทุกรอบ 9-10 ปีด้วยเช่น สุนัขจิ้งจอกแดง มิงค์ และหมาไม้อเมริกา สำหรับสัตว์ที่เปลี่ยนแปลงทุก 3-4 ปีได้แก่ หนูเลมมิงนอร์เวย์ และ นกเค้าแมวหิมะ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงประชากรของสัตว์เหล่านี้จะเป็นตามประชากรของเหยื่อและผู้ล่าของมัน เมื่อประชากรของเหยื่อที่เพิ่มขึ้นสูงสุด มักจะพบประชากรของผู้ล่าเพิ่มขึ้นตามมาด้วย อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงที่เป็นวัฏจักรนี้มีอิทธิพลมากจากปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในของตัวสัตว์เองด้วยดังจะอธิบายต่อไป



รูปที่ 5.11 วัฏจักรจำนวนของผู้ล่า Canadian lynx กับเหยื่อ snowshoe hare ในช่วงเวลากว่า 90 ปี มีการเพิ่มและลดจำนวนตามกันเป็นวัฏจักร (ที่มา : Mackenzie , Ball and Virdee, 1998)

ประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดต้องการสืบพันธุ์ เพื่อสืบทอดยีนต่อไปให้มากที่สุด แต่การขยายจำนวนนั้นมีขีดจำกัด ด้วยปัจจัยต่างๆ ดังจะกล่าวต่อไปนี้

5.6 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดประชากร (Factors influence population size)

เรื่องนี้คือการอธิบายถึงการควบคุมขนาดประชากร(population regulation) ซึ่งมีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยในสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลควบคุมไว้

ปัจจัยที่อิทธิพลต่อขนาดของประชากร มาจากปัจจัยภายนอก(extrinsic factors) และปัจจัยภายในประชากรเอง (intrinsic factors) ดังนี้

ก. ปัจจัยจำกัดจากภายนอก (exogenous population- limiting factors)

ปัจจัยทั้งหมดจากภายนอก มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากร ปัจจัยภายนอกได้แก่

1) ปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่อุณหภูมิ ความกดอากาศ ความเค็ม และอื่นๆ เป็นเหตุให้ประชากรมีการอพยพ หรือเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่นการอพยพหนีหนาวของนก ปลา ผีเสื้อฯ ปัจจัยทางกายภาพนี้รวมถึงแรงรบกวนทางธรรมชาติ (disturbance) เช่นไฟป่า ภูเขาไฟระเบิด ฯ จนสภาพถิ่นอาศัยถูกเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการตายทันทีด้วย

2) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของประชากร ได้แก่ปริมาณทรัพยากรทางธรรมชาติ (ค่า K ของธรรมชาติ) ซึ่งเป็นปริมาณอาหาร ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ ที่เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของสิ่งมีชีวิตในการดำรงชีวิต ที่มีให้ในธรรมชาติอย่างจำกัด การเจริญของประชากร ซึ่งมีรูปแบบเป็นs-curveนั้นเป็นเพราะมีแรงเสียดทานของธรรมชาติ คือค่า K ดังกล่าวแล้ว ระบบนิเวศจะจำกัดขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิต เมื่ออาหารขาดแคลนเป็นเหตุให้ไม่สามารถสืบพันธุ์ได้ในฤดูนั้น นอกจากนี้ยังมีความจำกัดเรื่องพื้นที่อาศัยด้วย

*ถิ่นอาศัย*ของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อการหาอาหาร การเจริญและการสืบพันธุ์ เมื่อถิ่นอาศัยถูกเปลี่ยนแปลง โดยปรากฏการณ์ธรรมชาติอันรุนแรง เป็นเหตุให้ประชากรของสิ่งมีชีวิตล้มตายลงทันที และสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม สิ่งมีชีวิตที่เหลือจะขาดแคลนอาหาร ที่อยู่อาศัย และภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสมอีกต่อไป การเปลี่ยนแปลงโดยภัยธรรมชาตินั้นอาจไม่เกิดบ่อยครั้งนัก แต่ปัจจุบันเป็นที่สนใจว่า ผลกระทบจากการทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงโดยการดำเนินชีวิตของมนุษย์ อาจจะมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ จนทำให้เกิดภัยพิบัติรุนแรงขึ้น ซึ่งเรื่องนี้กำลังมีการศึกษาโดยละเอียดต่อไป

3) อิทธิพลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตด้วยกัน (interaction between species) เป็นแรงเสียดทานที่เป็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างประชากรด้วยกัน ได้แก่ การแก่งแย่ง การล่า ปรสิต โรคต่างๆ เหล่านี้มีผลกระทบอย่างมากต่อความหนาแน่นของประชากร กล่าวคือเป็นที่ทราบดีว่า เชื้อโรคมักระบาดอย่างรวดเร็วในประชากรที่หนาแน่น เพราะว่ามีการสัมผัสติดต่อกันมากกว่า ประชากรหนาแน่นย่อมเสี่ยงต่อการถูกล่ามากกว่า เพราะว่าผู้ล่ามักจะหากินในบริเวณที่มีเหยื่อมากหรือชุกชุม และเป็นเพราะว่าในบรรดาประชากรของเหยื่อที่หนาแน่น จะต้องมีตัวที่ต้องอาศัยในพื้นที่ที่ไม่ดี (เช่นบริเวณขอบหรือ edge ของพื้นที่ที่มันรวมกลุ่มนั้น) ผู้ล่าค้นหาได้ง่าย หรือเสี่ยงต่อผู้ล่ามากกว่าพวกอยู่ด้านใน

ภาวะการแก่งแย่ง (competition) การแก่งแย่งเกิดจากสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศหนึ่ง ที่มี"ชีพพิสัย"แบบเดียวกัน จึงมีโอกาสใช้ทรัพยากรอย่างเดียวกัน เกิดการซ้อนทับกันของชีพพิสัย (niche overlap) และเกิดการแก่งแย่งทรัพยากรกันได้ โดยเฉพาะในสปีชีส์เดียวกัน (intraspecific competition) ได้แก่การแก่งแย่งอาหาร ที่อยู่อาศัย คู่ผสมพันธุ์กัน การแก่งแย่งนี้เป็นเหตุให้พวกสัตว์สังคม (social animal) เกิดพฤติกรรมการแบ่งชั้นทางสังคม (hierarchy) หรือเกิดการแสดงอาณาเขต (territory) ขึ้น สิ่งเหล่านี้มีส่วนกำหนดขนาดประชากรทั้งสิ้น โดยที่พวกเป็นรองทางสังคม จะมีโอกาสสืบพันธุ์ต่ำกว่า มีผลต่อขนาดของประชากรในฝูงด้วย

สำหรับการแก่งแย่งทรัพยากรระหว่างสปีชีส์ (interspecific competition) อาจจะทำให้สปีชีส์หนึ่งถูกกำจัดออกไปจากพื้นที่โดยกลยุทธ์ต่างๆ นาๆ ของคู่แข่งที่แก่งแย่งได้ดีกว่า (competition exclusion) ซึ่งมีอิทธิพลอย่างมากต่อขนาดประชากรของสปีชีส์ที่ด้อยกว่า

แม้ว่าการแก่งแย่งจะมีอิทธิพลต่อขนาดประชากร แต่การแก่งแย่งมักไม่ทำให้สปีชีส์ทั้งสองเกิดการสูญพันธุ์ไป เนื่องจากเมื่อเกิดภาวะแข่งขันขึ้น แต่ละสปีชีส์มักจะมีกลยุทธ์เพื่อการอยู่รอด เช่นการเปลี่ยน niche ไปใช้ทรัพยากรอื่น ดังตัวอย่างเช่น เมื่อเกิดการแข่งขันกันระหว่างนกกลุ่มเค้าแมว กับสุนัขจิ้งจอกที่อาศัยในพื้นที่เดียวกัน ที่แก่งแย่งอาหารพวกหนู และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กกันเอง สัตว์ทั้งสองอาจหลีกเลี่ยงไปกินอาหารชนิดอื่นๆ ที่มีอยู่ในพื้นที่ สัตว์จะพยายามลดการซ้อนทับการใช้ทรัพยากร (niche overlapping) เพื่อลดการแข่งขัน จนทำให้ทั้งสองสามารถอาศัยในบริเวณนั้นได้ต่อไปนั่นเอง

ในทางนิเวศวิทยาประชากร มีการศึกษาขนาดของประชากรที่มีอิทธิพลมาจากการแก่งแย่งของสองสปีชีส์ด้วย โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์อธิบายการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่แข่งขันกันและอธิบายขนาดประชากรของทั้งสองโดยสมการของ logistic curve model หรือสมการ Lotka-Volterra equation

เนื่องจากการที่สิ่งมีชีวิตอยู่ในสภาวะที่มีการแข่งขันกันนี้ เปรียบเสมือนสิ่งมีชีวิตมีปัจจัยจำกัดของการเจริญเติบโตของประชากรอย่างหนึ่ง ดังนั้นสมการที่นำมาใช้คำนวณจำนวนประชากรเมื่อเวลาผ่านไปในภาวะมีการแข่งขันกันคือ

$$\frac{dN}{dt} = rN(1-\frac{N}{K}) = rN(1-a_1N)$$

เมื่อ $a_1 = \frac{1}{K}$ ซึ่งพิจารณาที่ภาวะเกิดการแข่งขันของสองสปีชีส์ และให้ N_i = จำนวนรายตัวของสปีชีส์ i และ r_i คือ intrinsic growth rate of species i เมื่อรวมกับ positive constant 4 ประการ คือ a_{ij} ซึ่งแทนการแข่งขันภายใน-ภายนอกสปีชีส์ที่ประชากรขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของมันเองด้วย (interspecific and intraspecific density dependence) เมื่อเราแทนค่า a_1 ด้วย a_{ij} ซึ่งหมายถึงผบกระทบของแต่ละสปีชีส์ต่อตัวมันเอง ดังเช่นผลกระทบต่อ species j ต่อ species i

จะได้ว่า $$\frac{dN_1}{dt} = r_1N_1(1-a_{11}N_1-a_{12}N_2)$$

และ $$\frac{dN_2}{dt} = r_2N_2(1-a_{21}N_1-a_{22}N_2)$$

และเมื่อเราพิจารณาค่าKสำหรับแต่ละสปีชีส์ด้วย

จะได้ว่าการเติบโตประชากรของสปีชีส์ที่1 เท่ากับ

$$\frac{dN_1}{dt} = \frac{r_1N_1}{K_1}(K_1-N_1-\alpha_{12}N_2)$$

และการเติบโตประชากรของสปีชีส์ที่ 2 เท่ากับ $\frac{dN_2}{dt} = \frac{r_2N_2}{K_2}(K_2-\alpha_{21}N_1-N_2)$

เมื่อ α_{12} = คือผลกระทบของสปีชีส์ที่สองต่อการเติบโตประชากรของสปีชีส์ที่1 เมื่อเปรียบเทียบผลกระทบของสปีชีส์ที่ 1 ต่ออัตราการเติบโตประชากรของมันเอง (the relative effect of species 2 on the population growth rate of species 1, as compared to the effect of species 1 on its own population growth rate)

สมการการเติบโตประชากรเมื่อมีการแก่งแย่งแข่งขันข้างต้นแสดงให้เห็นว่าขนาดประชากรของสองสปีชีส์ที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่งทั้งสองมี niche เดียวกันและเกิดการแข่งขันกันขึ้นนั้น ขนาดประชากร(หรือการเติบโตประชากร) ของทั้งสองฝ่ายจะได้รับอิทธิพลจากการแข่งขันกัน ทั้งการแข่งขันภายในสปีชีส์เดียวกัน และต่างสปีชีส์ด้วย สำหรับรายละเอียดอื่นๆ เกี่ยวกับการคำนวณศึกษาเพิ่มเติมได้จากKrebs,1985 ; Krebs,1999; Stiling, 1996;Hasting, 1997; Stiling, 1999

ภาวะการล่า (predation) การล่ามีผลทางลบต่อขนาดประชากรของเหยื่อโดยตรงอย่างมาก ผู้ล่าจะฆ่าและกินสิ่งมีชีวิตอื่นๆ บางครั้งรุนแรงจนทำให้เหยื่อหมดไปหรือสูญพันธุ์ไปได้ (over exploiting)

อิทธิพลของการล่าต่อขนาดประชากร แสดงเป็นสมการได้เช่นกัน โดยอัตราที่เหยื่อถูกเอาออกไปหรือหมายถึงถูกกินไป (rate of removing of prey) จะเพิ่มขึ้นตามอัตราของผู้ล่า ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนของผู้ล่า(C) และจำนวนของเหยื่อ(N) และประสิทธิภาพของการล่าเหยื่อของผู้ล่า(a')

อัตราการกินเหยื่อโดยผู้ล่าจะเท่ากับ $a'CN$ ดังนั้นขนาดประชากรของเหยื่อจะเท่ากับ

$$\frac{dN}{dt} = rN - a'CN$$

และอัตราการเจริญเติบโตของประชากรผู้ล่าเท่ากับ $\frac{dN}{dt} = fa'CN - qC$

เมื่อ q = mortality rate ซึ่งขึ้นอยู่กับการอดอาหารจากการไม่มีเหยื่อให้ล่า และ $fa'CN$ ที่หมายถึงอัตราการเกิดของผู้ล่า ซึ่งขึ้นอยู่กับ f หรือประสิทธิภาพของผู้ล่าในการหาเหยื่อได้เพียงพอจนสืบพันธุ์ได้

สมการเหล่านี้ อธิบายว่าขนาดประชากรของเหยื่อและผู้ล่ามีอิทธิพลซึ่งกันและกันอย่างมาก การล่าของสัตว์กินพืช (Herbivory) แตกต่างจากการล่าของสัตว์กินสัตว์(carnivory) ด้วย ศึกษาเพิ่มเติมได้จากเอกสารอื่นๆ (เช่น Stiling, 1999)

ภาวะปรสิต (parasitism) ปรสิตคือการกินเลือดเนื้อหรือใบและลำต้น ร่างกายของพืชหรือเข้าอาศัยในร่างกายของเจ้าบ้าน มีความสำคัญต่อขนาดประชากรของเจ้าบ้านเช่นกัน เนื่องจากทำให้เจ้าบ้านมีสุขภาพอ่อนแอลง อาจเป็นเหตุให้ไม่สามารถรอดชีวิต หรือตายเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเชื้อโรคที่ร้ายแรงหรือสายพันธุ์ใหม่ ทั้งเจ้าบ้านและปรสิตจะมีการวิวัฒนาการร่วมกันด้วย เชื้อโรคมักมีการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมต่างไปจากเดิมเสมอ เชื้อโรคสายพันธุ์ใหม่มักจะทำให้

เจ้าบ้านตายไปบางส่วน เนื่องจากเจ้าบ้านไม่สามารถพัฒนาระบบภูมิคุ้มกันให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงยีนของเชื้อโรคพันธุ์ใหม่ที่มันติดเชื้อได้ จนเมื่อผ่านไประยะเวลาหนึ่ง เจ้าบ้านอาจพัฒนาภูมิคุ้ม หรือมีพฤติกรรมป้องกันได้ จะไม่ตาย และอาจมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อโรคที่รู้จักแล้ว แต่เชื้อโรคก็จะเปลี่ยนแปลงพันธุกรรมไปอีก มีสมการเพื่อคำนวณอัตราการแพร่ระบาดและการติดเชื้อของเจ้าบ้านด้วยเช่นกัน แต่จะไม่กล่าวไว้ในที่นี้

สรุปได้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างสปีชีส์ในสังคมโดยเฉพาะ การแก่งแย่ง การล่าและภาวะปรสิต มีอิทธิพลต่อขนาดประชากรของทั้งสองฝ่ายเสมอและผลของปฏิสัมพันธ์สามารถวัดได้ และมักทำให้ขนาดประชากรเปลี่ยนแปลง และเจริญเติบโตต่างจากภาวะไม่มีปฏิสัมพันธ์เหล่านั้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดของประชากร นอกจากจะมาจากภายนอกประชากรดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีปัจจัยจากภายในของประชากรเอง

ข. ปัจจัยจำกัดภายในประชากรเอง (endogenous population limiting factors)

เป็นปัจจัยภายในของสปีชีส์เอง ซึ่งมักจะควบคุมไม่ให้ประชากรมีขนาดเกินค่า K ของธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการล่าและปรสิตต่ำก็ตาม แรงต้านทานนี้จะควบคุมให้ประชากรไม่หนาแน่นจนเกินไป เมื่อประชากรหนาแน่นมากจะเกิด"ความเครียดในสังคม" ซึ่งมีสาเหตุหรือทำให้เกิดเหตุตามมาหลายประการได้แก่การแก่งแย่ง การแสดงอาณาเขต(territoriality) การแบ่งชั้นในสังคมของสัตว์สังคม (hierarchical system และ caste system เช่นกลุ่มprimate) ภาวะเหล่านี้จำกัดค่าความสามารถในการให้ลูกทั้งสิ้น ซึ่งมีผลต่อขนาดประชากรโดยรวมของสปีชีส์นั้น

นอกจากนี้การเกิดมลพิษยังมีผลกระทบให้เกิดความเครียดด้วย มลภาวะภายในประชากรเกิดจากเมื่อสิ่งมีชีวิตอาศัยในพื้นที่นั้นนานๆ ย่อมปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม จนทำให้สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังนั้นประชากรมักจะมีความหนาแน่นระดับหนึ่งที่ทนได้แม้ว่าอาหารจะเพียงพอก็ตาม

ตัวอย่างของอิทธิพลจากปัจจัยภายใน เกิดกับหนูในกรงเลี้ยง เมื่อมีจำนวนมาก (ความหนาแน่นสูง) พบว่าจะฆ่าลูกของมันเอง และเพศเมียจะหยุดชะงักการตั้งท้องด้วย นอกจากนี้ Christian (1950) พบว่าประชากรของ snow shoe hare ซึ่งมีวัฏจักรการเพิ่มจำนวนเป็นระยะ5-10 ปี (อ้างถึงรูปที่ 5.11) จะเกิดอาการของโรคอย่างหนึ่งเนื่องจากการขาดน้ำตาลในเลือด (hypoglycemic shock) เกิดขึ้นเมื่อประชากรมีความเครียดในสังคม (social stress) ในกรณีที่มีประชากรมาก จะเกิดการแก่งแย่งอาหาร คู่ครอง และการป้องกันอาณาเขต ซึ่งพฤติกรรมทางสังคมเหล่านี้จะกดดันให้เกิดความเครียดในร่างกาย ทำให้เกิดโรคที่เรียกว่า Selye's general adaptation syndrome หรือรู้จักกันในหลายๆ ชื่อได้แก่General adaptation syndrome, general adaptation stress syndrome, specific alarm syndrome และ stress syndrome (ค้นพบโรคนี้โดย Selye, H ในปีค.ศ.1936) ผลจากความเครียดจะทำให้เกิดอาการของโรคต่างๆ ได้แก่ adrenal cortical hyperplasia, thymic and lymphatic involution, gastrointestinal erosion หรือulcers

ซึ่งอธิบายว่าการเกิดโรคสืบเนื่องมาจากความกดดันที่เกิดกับระบบต่างๆ ในร่างกายและส่งกระแสความรู้สึกไปยังสมองส่วนไฮโปธาลามัส นิวโรไฮโปธาลามัส และต่อมใต้สมองส่วนหน้า ซึ่งเป็นส่วนที่ควบคุมการสร้างฮอร์โมนหลายชนิด ทำให้การสร้างฮอร์โมนเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป โดยจะไปเพิ่มฮอร์โมน ACTH และไปลดฮอร์โมนเพศหลายชนิด เช่น FSH, LH, LTH มีผลทำให้ผลิตลูกหลานลดลงด้วย การที่ฮอร์โมน ACTH เพิ่มมากขึ้น จะไปทำให้ต่อม adrenal โตขึ้น และมีการผลิตฮอร์โมน adrenalin มากขึ้น ฮอร์โมนนี้จะทำให้สัตว์สามารถปรับตัวให้เข้ากับภาวะกดดันต่างๆ ได้ แต่ถ้าหากความกดดันยังคงมีต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดความล้มเหลวของต่อมadrenal และทำให้ตายได้ อาการเช่นนี้เกิดกับหนูทดลอง และอาจจะไม่เห็นชัดในธรรมชาติ อย่างไรก็ตามมีโอกาสเกิดโรคนี้ได้หากประชากรหนาแน่นมากๆ และอาจมีสาเหตุร่วมมาจากปัจจัยภายนอกของตัวสัตว์ และอาจเกิดการตายครั้งละมากๆ ได้ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของประชากรของ snow shoe hare จึงอาจมีอิทธิพลมากจากภาวะเครียดภายในประชากร ร่วมกันกับการควบคุมโดยประชากรของผู้ล่า (คือlynx) และเรื่องอาหารที่แปรผันตามฤดูกาลด้วย

จากที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ จึงสรุปว่ามีปัจจัยหลายประการที่คอยควบคุมขนาดประชากรในธรรมชาติไม่ให้มีมากเกินไป ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นหน้าที่ของระบบนิเวศในการรักษาสมดุลตนเองอย่างหนึ่ง โดยระบบนิเวศมีกลไกการควบคุมแบบ negative feedback ของตัวแปรในระบบนิเวศ (ได้แก่ ผู้ล่า ปรสิต และเหยื่อ) ซึ่งเป็นแรงผลักดันทางบวกและทางลบซึ่งกันและกันดังได้อธิบายไว้ในบทที่ 2 แล้ว

ขนาดประชากรที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอนี้ เป็นการเคลื่อนไหวของประชากร ซึ่งแปรผันไปตามปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในของประชากร และนักนิเวศวิทยาสนใจศึกษาติดตามความเคลื่อนไหวนี้ เนื่องจากขนาดของประชากรของสปีชีส์ใดๆ มีความสำคัญต่อการอยู่รอดของเผ่าพันธุ์ของมัน และนอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงขนาดประชากรยังมีผลต่อโครงสร้างทางสังคมและความสมดุลของระบบนิเวศด้วย

การเปลี่ยนแปลงประชากรที่เพิ่มมากขึ้นมีผลกระทบต่อประชากรอื่นๆ ในระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของประชากรผู้บริโภค (โดยเฉพาะประชากรของมนุษย์) โดยอาจมีผลทำให้ประชากรอื่นๆ ลดลง และสูญพันธุ์ได้ และการสูญพันธุ์ของประชากรอื่น เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม กล่าวคือเป็นการลดความหลากหลายทางชีววิทยาของโลกนิเวศ ซึ่งจะกระทบกระเทือนต่อสมดุลของโลกนิเวศอย่างมาก

ดังนั้นต่อไปนี้จะอธิบายถึงสาเหตุของการลดลงและการสูญพันธุ์ของประชากร

5.7 การลดลงและการสูญพันธุ์ของประชากร

ประชากรลดลงเมื่อสิ่งมีชีวิตรายตัวไม่สามารถรอดและสืบพันธุ์ได้ ซึ่งสาเหตุมาจากหลายๆ ปัจจัยและเป็นปัจจัยเดียวกับที่มีอิทธิพลต่อขนาดประชากรนั่นเอง

ในเรื่องนิเวศวิทยาประชากรนั้น นักนิเวศวิทยาสนใจว่าจำนวนประชากรสปีชีส์ i ลดลงได้ถึงระดับใด ขนาดของประชากรที่เหมาะสมและปลอดภัยจากการสูญพันธุ์ ควรเป็นเท่าไร ?

ขนาดประชากรต่ำสุดที่จะทำให้ประชากรรอดชีวิตไปได้ยาวนาน (minimum viable population: MVP = the smallest population that gives the species a high chance of surviving for a long time) คือจำนวนรายตัวของประชากรสปีชีส์ i ที่จะสามารถทำให้มันดำรงเผ่าพันธุ์ไว้ได้ หากต่ำกว่านี้จะเป็นปัญหา คือเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์

สาเหตุที่ประชากรขนาดเล็กลง เกิดการเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์นั้น อธิบายได้ว่า เมื่อประชากรขนาดเล็กและอยู่โดดเดี่ยว(ไม่สามารถติดต่อกับประชากรย่อยกลุ่มอื่นได้ ไม่มีการแลกเปลี่ยนยีนกับประชากรกลุ่มอื่น) จะเกิดการผสมพันธุ์ในเครือญาติ (inbreeding) และเกิดโรคทางพันธุกรรมในประชากร โดยยีนด้อยจะปรากฏออกมาและทำให้สิ่งมีชีวิตรายตัวอ่อนแอ อาจตายง่ายขึ้น หรืออาจถูกล่าง่ายขึ้น (เป็นกลไกการกำจัดยีนที่ให้ลักษณะไม่ดีออกไปของธรรมชาตินั่นเอง) ด้วยเหตุผลนี้ ประชากรจึงต้องมีจำนวนหนึ่งที่จะไม่ทำให้เกิดปัญหาดังกล่าว

นักนิเวศต้องการดำรงเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดไว้ให้มากที่สุด แต่ปัญหาก็คือ เราไม่ทราบว่า แต่ละสปีชีส์ควรจะมีจำนวนประชากรต่ำสุดเท่าไร ซึ่งบางสปีชีส์ได้เกิดการสูญพันธุ์ไปแล้ว

สัตว์ป่าไม่กี่ชนิดบนโลกนี้ ที่ได้รับการศึกษาถึงชีวประวัติการอยู่รอดของมันจนทราบค่า MVP ของมัน จากการทำ demography ดังตัวอย่างการศึกษา big horn sheep ที่อาศัยบนเกาะ south western, สหรัฐอเมริกาเป็นเวลากว่า 70 ปี พบว่าหากประชากรมีขนาดจำนวนตัวน้อยกว่า 50 ตัวแล้วจะสูญพันธุ์ไปภายในเวลา 50 ปี ดังนั้น MPV ของ bid horn sheep ของที่นี่จึงมีค่าประมาณ 50-100 ตัว

5.7.1 การสูญพันธุ์หรือสูญหายไปจากพื้นที่ (local extinction)

การสูญพันธุ์ของสปีชีส์นั้นเกิดขึ้นเมื่อประชากรทุกตัวตายไปหมด นักวิทยาศาสตร์คาดว่ามีสิ่งมีชีวิตประมาณ 99 % ของสปีชีส์ที่ปรากฏในปัจจุบันได้สูญพันธุ์ไปแล้ว และปัจจัยสำคัญของการสูญพันธุ์คือการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมถิ่นอาศัย ทั้งจากภัยธรรมชาติและจากฝีมือมนุษย์

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลกระทบต่อเผ่าพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตอื่น จนอาจทำให้สูญพันธุ์ได้

1) การล่าสัตว์มากเกินไป (over exploitation) จนทำให้สัตว์หลายชนิดสูญพันธุ์ไป ตัวอย่างของสัตว์ที่ถูกล่ามากเกินไปในอดีตได้แก่ ช้างแมมมอธ mastodon นกในนิวซีแลนด์ นกโดโด ฯลฯ ซึ่งถูกล่าโดยมนุษย์ในยุคก่อน แต่เมื่อสัตว์มีจำนวนน้อยลง มนุษย์หยุดล่า ประกอบกับสังคมเปลี่ยนไป มีการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์มากขึ้น มีการผลิตอาหารขึ้นเองแทนการล่าจาก

ธรรมชาติเท่านั้น พร้อมกับการตระหนักถึงการอนุรักษ์พันธุ์และถิ่นอาศัยของสัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์ด้วย สัตว์ที่ใกล้สูญพันธุ์หลายชนิดสามารถฟื้นฟูจำนวน (recovering) ให้เพิ่มมากขึ้นจนไม่สูญพันธุ์ได้ ดังเช่น wildebeests ของสหรัฐอเมริกา ดังนั้นมนุษย์ต้องลดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรสิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้น้อยลง โดยลดอัตราการเกิดของมนุษย์เอง พร้อมทั้งหาวิธีเพิ่มจำนวนสิ่งมีชีวิตอื่นโดยการสงวนพันธุ์และรักษาพื้นที่อาศัยไว้ให้สิ่งมีชีวิตเหล่านั้น

2) การล่าชนิดพันธุ์หลัก (keystone species หมายถึงชนิดพันธุ์ที่มีหน้าที่ควบคุมประชากรของสังคมให้สมดุล) ของระบบนิเวศ เมื่อมีการนำชนิดพันธุ์นั้นออกไปจากพื้นที่จะพบการระบาดของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จนทำให้ระบบนิเวศนั้นเสียสมดุล ดังนั้นการจับสัตว์ป่าออกมาจากป่ามากๆ อาจเกิดผลเสียหายต่อระบบนิเวศป่า เนื่องจากสัตว์ป่าเหล่านั้นอาจเป็นชนิดพันธุ์หลักของป่า ชนิดพันธุ์หลักอาจไม่ใช่สัตว์ป่าสงวนหรือสัตว์ป่าคุ้มครอง แต่อาจเป็นสัตว์ป่าธรรมดาที่อยู่ในระบบนิเวศ คอยควบคุมประชากรอื่นๆ ให้สมดุล ดังนั้นถ้ามันเป็นชนิดพันธุ์หลักแล้ว และถ้าถูกจับจนหมด ระบบนิเวศนั้นเสียสมดุลในอนาคต ทำให้ระบบนิเวศล่มสลาย ดังนั้นมนุษย์ต้องหยุดการเลี้ยงสัตว์ป่าเป็นการสวนตัว หยุดการล่าหรือเลิกซื้ออาหารที่ปรุงด้วยเนื้อสัตว์ป่าเพื่อบริโภค ปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการที่ดีในเรื่องการนำสัตว์ป่ามาไว้ในสวนสัตว์ โดยลดอัตราการตายของสัตว์ป่าให้มากที่สุด และยังต้องสนับสนุนช่วยเหลือโดยบริจาคงบประมาณเพื่อพื้นฟูสวนสัตว์ในประเทศ

3) การนำสัตว์ต่างถิ่นเข้ามาในพื้นที่ (species introduction หมายถึงสัตว์ที่ไม่มีถิ่นอาศัยในพื้นที่นั้นมาก่อน แบ่งได้สองกลุ่มคือ กลุ่มที่เป็น introduced species คือถูกนำเข้ามาในประเทศโดยมีจุดประสงค์แน่นอน เช่นนำเข้ามาเพื่อใช้ปราบศัตรูพืช-สัตว์ ใช้เลี้ยงเป็นอาหาร ใช้เพื่อการวิจัยหรืออื่นๆ และกลุ่มที่เป็น exotic species หรือ alien species คือสัตว์ที่ติดเข้ามาโดยบังเอิญ เช่นติดมากับเรือขนสินค้าทางทะเลระหว่างประเทศ หรือถูกลักลอบนำเข้ามาจำหน่ายเป็นสัตว์เลี้ยงเนื่องจากรูปร่างแปลก หรือหายาก ซึ่งพวกหลังนี้เป็นปัญหามาก เนื่องจากมักหลุดสู่ธรรมชาติโดยไม่สามารถควบคุมได้) สาเหตุที่สัตว์ต่างถิ่นพวก alien species เป็นอันตรายต่อพื้นที่ใหม่นั้นอธิบายได้ว่า เนื่องจากสัตว์ที่ไม่มีปรากฏอาศัยในพื้นที่นั้นมาก่อนตามความสามารถในการกระจายพันธุ์ของมันตามธรรมชาติ เมื่อมาถึงพื้นที่ใหม่ อาจจะยังไม่มีผู้ล่าทางธรรมชาติ จึงสามารถรอดและขยายพันธุ์ได้ในพื้นที่ใหม่ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะสัตว์ที่นำเข้ามาจากพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศใกล้เคียงกัน(เช่นจากประเทศแถบอเมริกาใต้เข้ามาในประเทศไทย) และพบว่าสัตว์ต่างถิ่นที่มี niche เดียวกันกับสัตว์พื้นเมืองมักมีความสามารถในการแก่งแย่งได้สูงกว่า ทำให้สัตว์พื้นเมืองอยู่ในสถานะ "ถูกคุกคาม"

การกำจัดสัตว์ต่างถิ่นที่ระบาดที่ได้ผลดีที่สุดคือการนำมาบริโภค (ในกรณีบริโภคได้) แต่ทว่าสัตว์และพืชต่างถิ่นที่เป็นปัญหาในปัจจุบันนั้น มักไม่นิยมบริโภคหรือบริโภคไม่ได้ (เช่น ไมยราบยักษ์ อีกัวนา ฯ) การโยกย้ายสัตว์ต่างถิ่นข้ามแดนนั้น จึงต้องระมัดระวังและคำนึงถึงผลเสียหายทางนิเวศวิทยา ซึ่งแต่ละประเทศจะมีมาตรการป้องกันการนำสิ่งมีชีวิตต่างถิ่นเข้ามาในประเทศ

อย่างเข้มงวดอยู่แล้ว ดังนั้นผู้ที่มีความรู้เรื่องนี้แล้ว จึงไม่ควรซื้อสัตว์ต่างถิ่นมาเลี้ยงเป็นการส่วนตัวเพียงเพื่อความสนุกสนานเท่านั้น เนื่องจากอาจเกิดผลกระทบด้านลบต่อระบบนิเวศของเราในระยะยาวได้

ปัจจุบันพบการระบาดของพืชและสัตว์ต่างถิ่นแล้วหลายชนิด เช่นผักตบชวา หอยเชอรี่ เต่าแก้มแดง อีกัวนา ฯลฯ และยังคงมีสัตว์ต่างถิ่นอีกหลายชนิดเช่นแมลงสาบมาดากัสการ์ แมงมุมจากประเทศต่างๆ และสัตว์อื่นๆ ที่ถูกนำเข้ามาขายที่ตลาดค้าสัตว์-พืช เช่นที่ตลาดจตุจักรหรือตลาดตามชายแดนระหว่างประเทศ จึงต้องให้ความรู้แก่ประชาชนถึงผลเสียที่อาจเกิดขึ้นจากการกระทำนี้

4) การทำกิจกรรมของมนุษย์อาจทำให้เกิดการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตอื่นจากผลกระทบด้วยสาเหตุอื่น (second extinction) เป็นการสูญพันธุ์ที่มีสาเหตุมาจากผลกระทบจากกรณีอื่นๆ ได้แก่ การที่คนบุกรุกพื้นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในป่า ทำให้อาหารและที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ขาดแคลนลงจนมันสูญพันธุ์ไปได้ การตายของประชากรหนึ่งอาจเป็นเหตุให้ประชากรอื่นตายตามไปด้วย

กรณีการสูญพันธุ์แบบนี้มักเกิดกับสัตว์ที่กินเนื้อหรือกินอาหารเฉพาะอย่าง ตัวอย่างเช่นไผ่ที่เป็นอาหารเฉพาะอย่างของแพนดายักษ์ขาดแคลนลง (เนื่องจากมนุษย์ใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรประกอบกับการล่าแพนดาด้วย) ทำให้แพนดายักษ์ลดจำนวนลงจนเป็นอันตรายต่อเผ่าพันธุ์ของมัน

การแก้ไขปัญหาการสูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตอื่นอันมีผลกระทบมาจากการกระทำของมนุษย์ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นนั้น คือต้องหยุดกระทำสิ่งอันรู้เท่าไม่ถึงการณ์เหล่านี้เสีย และต้องให้ความรู้เรื่องนี้แก่ประชาชนทั่วไป นอกจากนี้ยังต้องรักษาหรือสงวนพื้นที่อาศัยของสิ่งมีชีวิตอื่นให้เพียงพอ ไม่ทำให้สภาพธรรมชาติสูญเสียหรือเสียสมดุลหรือเกิดมลภาวะ และเมื่อเกิดการใกล้สูญพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตใดๆ แล้ว มนุษย์อาจต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าช่วยด้วย เช่นการเพาะพันธุ์สัตว์ใกล้สูญพันธุ์ในที่กักขัง หรือใช้เทคนิคการผสมเทียม หรือนำสัตว์ที่อยู่ห่างไกลกันมาผสมพันธุ์กันเพื่อเพิ่มความหลายหลายของยีนให้มากขึ้น เหล่านี้จะช่วยชะลอการสูญพันธุ์ของประชากรสปีชีส์นั้นได้ระยะหนึ่ง

ขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิตมีความสำคัญต่อเผ่าพันธุ์ของมันมาก นักนิเวศวิทยาจึงต้องทราบจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ และวิธีการหาจำนวนประชากร คือการเก็บข้อมูล ที่เรียกว่า การสำรวจประชากร(population census) นั่นเอง

การทราบจำนวนประชากรจะทำให้ทราบสถานภาพของประชากรนั้นว่าอยู่ในสถานะใดในธรรมชาติ ขนาดประชากรของสัตว์ผู้ล่าขนาดใหญ่ นก หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม หรือพืชโบราณที่หายาก หรือสิ่งมีชีวิตประจำถิ่น ฯลฯ เหล่านี้ จะนำมาประเมินคุณภาพของพื้นที่ในเรื่องที่ ระบบนิเวศนั้นที่มีลักษณะเฉพาะ (unity) หรือไม่มีคุณค่าสมควรให้เป็นแหล่งพันธุกรรมหรือไม่ นั่นเอง

5.8 การสำรวจประชากร (Population census)

การสำรวจประชากรของสิ่งมีชีวิต คือการนับจำนวนประชากรในบริเวณที่กำหนด(หรือพื้นที่) หรือเป็นการหาความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่นั่นเอง ความหนาแน่นของประชากรสามารถแปรความหมายเป็น "ความอุดมสมบูรณ์ หรือ ความชุกชุม (abundance)" ของสิ่งมีชีวิตสปีชีส์นั้นในพื้นที่

ความหนาแน่นมีสองความหมายคือ ความหนาแน่นอย่างหยาบ (crude density) และความหนาแน่นของประชากรทางนิเวศวิทยา หรือความหนาแน่นจำเพาะ(ecological density or specific density)

หลักการศึกษาความหนาแน่นของประชากรแบ่งออกเป็นสองลักษณะคือ

1. นับทุกหน่วยประชากรไม่ว่าจะเป็นการนับทั้งหมด หรือจากการสุ่มตัวอย่าง เรียกว่าหาความหนาแน่นที่แท้จริง (absolute density)

2. นับจำนวนประชากรทั้งหมดไม่ได้ แต่ใช้ขบวนการเปรียบเทียบหาความหนาแน่นของประชากรเปรียบเทียบกับประชากรชนิดเดียวกันที่อยู่ในบริเวณอื่นได้ เรียกว่า วิธีหาความหนาแน่นของประชากรเปรียบเทียบกับประชากรชนิดเดียวกันที่อยู่ในบริเวณอื่นได้รียกว่าการหาความหนาสัมพัทธ์ (relative density)

การหาความหนาแน่นที่แท้จริงของประชากร มีวิธีการดังนี้

1) การนับตรง (direct count) และนับทั้งหมด (total count)

การนับตรงกับจำนวนทั้งหมด เป็นการนับจำนวนตัวทุกตัวของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยการออกสำรวจภาคสนาม ตัวอย่างการนับตรงและนับทั้งหมดเช่นการทำสำมะโนประชากรมนุษย์ กับการนับประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่มีจำนวนน้อย และสามารถนับได้ครบทั้งหมด มีความคาดเคลื่อนต่ำ อาจเป็นสัตว์ใหญ่ หรืออื่นๆ เช่นนับวาฬ โลมา แรด กระซู่ สมเสร็จ และช้างป่าเอเชีย ฯ ซึ่งสัตว์เหล่านี้มีประชากรน้อยลงจนใกล้สูญพันธุ์แล้ว การนับตรงอาจนับตัวสัตว์ที่พบเห็นในภาคสนามขณะนั้น เช่นขับเครื่องบินเฮลิคอปเตอร์นับโขลงช้างป่า นับฝูงควายป่า อย่างนี้เรียกว่า aerial surveillance ซึ่งควรทำกับพื้นที่โล่งเตียนเห็นตัวสัตว์ป่าได้

สำหรับมนุษย์นั้นสามารถสำรวจสำมะโนประชากรได้ เนื่องจากเรากำหนดเป็นข้อกฎหมายให้ประชาชนต้องแจ้งเกิด แจ้งตาย หรือแจ้งเมื่อบุคคลสูญหาย สำหรับประชากรมนุษย์จัดว่าได้ข้อมูลจำนวนประชากรแต่ละประเทศค่อนข้างสมบูรณ์ (แม้ว่าจะมีประชากรจำนวนหนึ่งในพื้นที่ห่างไกลหรือมีบางชนชาติที่ไม่เป็นพลเมืองของประเทศใดอยู่ด้วยก็ตาม)

อย่างไรก็ตาม การนับจำนวนตัวทั้งหมดของสิ่งมีชีวิตนั้นอาจเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะกับสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนมาก การนับจำนวนตัวทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นหากไม่สามารถนับได้หมดทุกตัว อาจนับตรงแต่นับจากกลุ่มประชากรที่เป็นตัวแทนได้ มีวิธีดังนี้

2) การนับตรง กับกลุ่มประชากรที่เป็นตัวแทน (sampling count)

เป็นการนับตรงที่ตัวสิ่งมีชีวิตแต่นับบางส่วนของประชากร เรียกประชากรบางส่วนนั้นว่า"ประชากรที่เป็นตัวแทน" ซึ่งจะคำนวณเปรียบเทียบเป็นจำนวนตัวของประชากรต่อพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ค่าที่ได้เป็นค่า "คาดประมาณของประชากร (estimation of population)" วิธีการสำรวจเริ่มจากกำหนดพื้นที่ศึกษา(study area) ต่อมาจะกำหนดพื้นที่ที่เป็นตัวแทน วิธีการนับจากกลุ่มประชากรทำได้ดังนี้

2.1) การวางแปลงสำรวจ ใช้กับพืช สัตว์ที่อาศัยในดินขนาดเล็ก(macrofouna และ microfouna)

2.2) การสุ่มตัวอย่างจากการเก็บตัวอย่างในน้ำ เช่น ศึกษาแพลงก์ตอน

สำหรับสัตว์อื่นที่มีการเคลื่อนที่ เป็นสัตว์ขนาดใหญ่กว่าพวก macrofouna หรือ microfouna จะไม่สามารถวางแปลงได้ เนื่องจากมันจะหนีไปก่อน การสำรวจประชากรจึงต้องใช้วิธีอื่น และค่าที่ได้เป็นการคาดประมาณที่บอกค่าความชุกชุมของสปีชีส์ i ในพื้นที่เช่นกัน วิธีการต่างๆ มีดังนี้

2.3) Mark –Recapture Method เทคนิคนี้ใช้ได้ผลกับสัตว์ที่สามารถดักด้วย "กับดัก(trap)" หรือเฝ้าสังเกตได้ ขนาดประชากรได้จากการคำนวณสัดส่วนของสัตว์ที่ได้รับการติดเครื่องหมาย กับสัตว์ที่ไม่ได้ติดเครื่องหมาย วิธีนี้อาจเรียกว่า capture-recapture method ซึ่งมี 4 สมการคือ (1) Petersen Method (2) Schnabel Method (3) Schumacher-Eschmeyer Method และ (4) Jolly-Seber Method

การศึกษาจำนวนประชากรของสัตว์โดยวิธีอื่นๆ นอกจาก Mark-Recapture method มีดังนี้

2.4) ใช้หลุมดัก (pitfall) ใช้หลุมดักแมลง กบ เขียด สัตว์เลื้อยคลาน เพื่อจับสัตว์แล้วนำมานับจำนวน

2.5) การนับในเส้นสำรวจ (Line transect)

ก. การนับในเส้นสำรวจที่ไม่กำหนดความกว้าง เส้นสำรวจนี้ใช้ได้กับสัตว์ (นกกวาง สัตว์ป่าอื่นๆ) และพืชพรรณ

ข. เส้นสำรวจจำกัดความกว้าง (fixed-width transect) ผลที่ได้อาจจะไม่เที่ยงตรง เนื่องจากอาจจะไม่เห็นสัตว์ทุกตัว วิธีนี้จะเหมาะสมกับศึกษาในป่าบางประเภท

ค. variable –area transect method เป็นวิธีที่ใช้ผสมผสานระหว่างการเดินบนเส้นสำรวจกับ quadrat

ง. Point-quarter method นิยมใช้กับป่าไม้ เป็นการลากเส้นสำรวจผ่านผืนป่าที่ต้องการศึกษาและนับต้นไม้ใน quarter ทั้งสี่ โดยนับต้นที่ใกล้จุดตัด(random point) มากที่สุด วัดระยะห่างจากต้นไม้ทั้งสี่ต้น ถึงจุดตัดนั้นแล้วคำนวณ

2.6) roadside count เป็นการนับจำนวนของสัตว์ที่พบระหว่างการขับขี่รถผ่านบนถนนหรือบนเส้นสำรวจ ขับเรือในแม่น้ำลำคลอง เป็นการสำรวจในเส้นทางที่มีอยู่แล้วเป็นหลัก และสำรวจสัตว์ที่เห็นตัวโดยตรง

2.7) การไล่ราว (drive count) คือการไล่ต้อนสัตว์ให้ไปรวมกันแล้วนับ มีผู้ไล่ต้อนและมีผู้คอยนับจำนวนสัตว์ที่ถูกต้อนมารวมกัน วิธีนี้เหมาะสำหรับสัตว์ที่อาศัยในป่าโปร่ง

วิธีการสำรวจประชากรที่กล่าวมาข้างต้นเป็นการนับที่ตัวสัตว์โดยตรง (นับทั้งหมดหรือนับที่เป็นตัวแทน) สำหรับสัตว์ที่อาจพบเห็นตัวยาก หรือมีกิจกรรมตอนกลางคืนอาจไม่สามารถนับที่ตัวสัตว์ได้ จึงต้องนับที่ร่องรอยของมันที่แสดงไว้ ก็สามารถสำรวจจำนวนประชากรได้ เรียกว่าเป็นการคาดประมาณประชากรทางอ้อมดังนี้

3) การคาดประมาณประชากรสัตว์โดยทางอ้อม (indirect count)

การคาดประมาณความหนาแน่นของประชากรโดยการนับสัตว์ทางอ้อม คือการนับสิ่งอื่นที่ไม่ใช่ตัวจริงของสัตว์ เช่นนับที่อุจจาระ ร่องรอย รอยเท้า เสียงร้อง รอยขุดต้นไม้ จำนวนรู เป็นต้น วิธีนี้เป็นการหาความหนาแน่นสัมพัทธ์ของประชากร โดยใช้ในเชิงเปรียบเทียบ เป็นค่าคาดประมาณทั้งสิ้น และมีความคาดเคลื่อนมาก มีหลายวิธีดังนี้

3.1) โดยสำรวจร่องรอย (tracks and signs identification หรือ number of artifacts) สำรวจรอยเท้าตามโป่งหรือบริเวณที่ดินอ่อน หรือร่องรอยต่างๆ เช่นรอยข่วน ปลักร่องรอยหรือจำนวนที่หลงเหลืออยู่จากกิจกรรมของสัตว์ เช่น รูของกุ้ง โพรงของกระรอก ร่องรอยที่สัตว์ทำไว้ เช่นกองขี้ของไส้เดือน ปลอกดักแด้ คาบจักจั่น รูปูลม ฯลฯ นับจำนวนอุจจาระที่พบ (number of fecal pellet หรือ pellet group count) โดยการนับมูลของสัตว์ ใช้กับสัตว์ที่มีอุจจาระเป็นก้อนเห็นชัด เช่นสัตว์กีบ (เก้ง กวาง กระทิง วัวแดง) กระต่าย และช้างป่าเป็นต้น การสำรวจรอยแทะ(feeding capacity) ของสัตว์เช่นหนู กระรอก ที่มีร่องรอยการแทะอาหารทิ้งไว้

3.2) อุปกรณ์ตรวจจับคลื่นเสียงสะท้อนของสัตว์ เช่นดักจับเสียงสะท้อนของค้างคาว (bat detector) หรือดักจับเสียงสะท้อนของโลมา วาฬ แมลง

3.3) โดยการจับสัตว์ทำเครื่องหมาย และติดวิทยุติดตาม (radiotelemetry) ใช้กับสัตว์ที่พบเห็นตัวได้ยาก เป็นการประเมินความชุกชุมของสัตว์โดยอ้อม

3.4) โดยใช้อุปกรณ์ดักถ่ายภาพ(camera trapping) โดยใช้กล้องถ่ายรูปที่มีลำแสงอินฟราเรดส่องออกไป เมื่อมีสัตว์เดินผ่าน เครื่องตรวจนับจะทำงานและทำให้กล้องถ่ายภาพทำงานจะได้ภาพสัตว์ที่เดินผ่าน

3.5) vocalization frequency อาจนับเสียงร้องของสัตว์เช่น นับเสียงร้องของนก เสียงร้องของจิ้งหรีด ภายในเวลา 10 นาที การนับมักทำในช่วงเวลาที่สัตว์มีกิจกรรมออกหากิน

3.6) questionnaire อาจใช้แบบสอบถาม ถามผู้ล่าสัตว์ถึงจำนวนสัตว์ที่พวกเขาล่าออกมาได้ต่อเดือน หรือต่อฤดูการล่า

3.7) % cover เป็นการสำรวจพื้นที่ที่ถูกปกคลุมโดยเรือนยอดของต้นไม้ในป่า หรือการอาศัยครอบครองพื้นที่บนก้อนหินของเพรียงหิน (rock barnacle) เป็นต้น

การหาความหนาแน่นของประชากรด้วยหลาๆกหลายวิธีข้างต้นนี้ สามารถศึกษารายละเอียดได้จากหนังสือทางนิเวศวิทยา และหนังสือเกี่ยวกับการศึกษาวิจัยสัตว์ป่าทั่วไป

วิธีการต่างๆ เหล่านี้เป็นการสำรวจความชุกชุมของประชากรสปีชีส์ i ในพื้นที่หนึ่ง ซึ่งมีประโยชน์มาก การติดตามขนาดประชากรของสปีชีส์หนึ่งๆ อย่างสม่ำเสมอ จะทราบแนวโน้มการเคลื่อนไหวของประชากรและสามารถทำนายอนาคตของประชากรนี้ได้ว่าจะเกิดการระบาดหรือจะเกิดการสูญพันธุ์ หรือไม่นั่นเอง

การระบาดหรือการสูญพันธุ์ของสปีชีส์หนึ่งๆ นั้นมีผลกระทบต่อโครงสร้างทางสังคมโดยตรงและมีผลกระทบต่อประชากรอื่นที่มันเกี่ยวข้องด้วย โดยอาจทำให้ขนาดประชากรสปีชีส์อื่นเปลี่ยนแปลง ดังนั้นขนาดประชากรสปีชีส์หนึ่งๆ จึงสำคัญต่อโครงสร้างทางสังคมอย่างยิ่ง ระบบนิเวศจึงจำกัดขนาดประชากรที่เป็นสมาชิกในสังคมให้อยู่ในระดับเหมาะสม

ธรรมชาติมีวิธีการจัดการขนาดประชากรของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ซึ่งมนุษย์จำเป็นต้องศึกษาทำความเข้าใจ และสำหรับมนุษย์นั้น การควบคุมและการจัดการประชากรของมนุษย์เองนั้นมีความสำคัญและจำเป็นเช่นกัน

5.9 ความจำเป็นในการ "จัดการประชากร (Population management)"

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตในพื้นที่ จะส่งผลกระทบกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เนื่องจากประชากรสิ่งมีชีวิตทุกชนิด จำเป็นต้องใช้พลังงานและใช้ทรัพยากรต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอาหาร ที่อยู่อาศัย และทรัพยากรอื่นๆ ในการดำรงชีวิตและสืบพันธุ์ ดังนั้นการประเมินปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงสามารถพิจารณาที่*การเปรียบเทียบกันระหว่างจำนวนหรือขนาดของประชากรกับจำนวนทรัพยากรและขีดความสามารถที่จะเอาประโยชน์จากทรัพยากร* ถ้าหากบริเวณใดมีประชากรมากเกินกว่าปริมาณทรัพยากรหรือขีดความสามารถทางธรรมชาติที่ทรัพยากรจะรองรับได้(natural carrying capacity) เช่นนี้เรียกว่าการมีประชากรเกิน (over population)

การที่จำนวนประชากรมีมากเกินไป จะส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยส่งผลต่อปริมาณอาหาร น้ำ และทรัพยากรที่จำเป็นอื่นๆ ทำให้ลดลงทั้งปริมาณและคุณภาพ เนื่องจากทรัพยากรที่มีจำกัดบน

โลกนี้ย่อมถูกใช้หมดไปและย่อมไม่เพียงพอ ดังนั้นธรรมชาติจะจำกัดหรือจัดการให้จำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตบนโลกมีพอเหมาะกับพื้นที่บริเวณต่างๆ

ปัจจุบัน ประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ดูเหมือนจะลดน้อยลงไปเรื่อยๆ ซึ่งสวนทางกับประชากรของมนุษย์ที่กลับเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นประชากรของมนุษย์จึงเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาควบคุมด้วย เนื่องจากมนุษย์ใช้ทรัพยากรอื่นๆ ตามความต้องการในการดำรงชีวิตอย่างมหาศาล จากตัวเลขของปี ค.ศ. 1991 ประชากรรวมในประเทศที่พัฒนาแล้วมีประมาณร้อยละ 24 ของประชากรโลก ที่มีอัตราการบริโภคสินค้าประเภทต่างๆ สูงมากถึงร้อยละ 50-90 ซึ่งจะเห็นได้ว่าประชากรเพียง 1 ใน 4 ของโลกที่บริโภคธัญพืชร้อยละ 48 เนื้อสัตว์ร้อยละ 64 ใช้ปุ๋ยร้อยละ 60 ใช้พลังงานร้อยละ 75 ใช้เหล็กและเหล็กกล้าร้อยละ 80 ใช้กระดาษร้อยละ 81 ใช้รถยนต์ถึงร้อยละ 92 ของการใช้ทรัพยากรโลก และในศตวรรษ 1970-1990 การบริโภคพลังงานเพิ่มขึ้นหลายเท่าตัว ซึ่งเกิดมาจากการพัฒนาเครื่องจักรเครื่องยนต์ และการเพิ่มขึ้นของประชากรโลกจาก 3.6 พันล้านคนเป็น 5.3 พันล้านคน (คนาวุฒิ ศรีประเสริฐและคณะ, 2546)

ในปีพ.ศ.2549 ตัวเลขของประชากรโลกมีประมาณ 6.5 พันล้านคน (6,508,202,105 คน; จากเวปไซต์) ดังนั้นจะเห็นว่าประชากรมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้นนี้จะทำให้เกิดปัญหาเรื่องทรัพยากรไม่เพียงพอในอนาคตอย่างแน่นอน

การเพิ่มขึ้นของประชากรมนุษย์ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยเหตุของการบริโภคมากเกินไป ทั้งการบริโภคในเรื่องจำเป็นและไม่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต(เช่นการใช้ไฟฟ้าเพื่อสร้างลานเสก็ตน้ำแข็งจำลองในประเทศไทย การสร้างห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ที่บริโภคไฟฟ้ามหาศาลต่อเดือน เป็นต้น) ผลที่ตามมาคือ เกิดปัญหาแหล่งที่อยู่อาศัยและทรัพยากรอื่นๆ (ได้แก่ น้ำสะอาด อากาศบริสุทธิ์ ผืนดินอันอุดมสมบูรณ์) ไม่เพียงพอต่อความจำเป็นและต่อคุณภาพชีวิตที่ดีของทุกชีวิต ทรัพยากรเหล่านี้จึงเริ่มขาดแคลนลงเมื่อมีประชากรมนุษย์มากขึ้น

นอกจากเรื่องการบริโภคแล้ว ปัญหาที่สำคัญคือผลของการดำเนินชีวิตยุคใหม่ ที่สร้างมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม อันส่งผลกระทบต่อการผลิตอาหารของโลก และต่อคุณภาพชีวิตของประชากรมนุษย์ด้วยกันเอง เป็นการทำลายความมั่นคงของสปีชีส์มนุษย์บนโลก ดังนั้นจึงถึงเวลาแล้วที่จะต้องพิจารณาขนาดประชากรของมนุษย์ ต้องควบคุมอัตราการเพิ่มประชากร และควบคุมการบริโภคทรัพยากรของมนุษย์ด้วย

สำหรับสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนประชากรลดน้อยลงเรื่อยๆ นั้น เราจำเป็นต้องพยายามรักษาจำนวนประชากรของมัน ไม่ให้สูญพันธุ์ไป เพื่อเป็นการรักษาความหลากหลายทางชีวภาพบนโลกไว้ให้มากที่สุด เพราะว่าความหลากหลายนี้มีคุณค่ามหาศาลต่อการดำรงอยู่ของมนุษย์ การรักษาเผ่าพันธุ์อื่นๆ นั้นต้องรักษาพื้นที่อาศัยและแหล่งอาหารของมันให้เพียงพอ และไม่ให้เกิดมลพิษจนเป็นอันตราย และนอกจากนี้มนุษย์จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยเพิ่มจำนวนประชากรสิ่งมีชีวิตอื่นที่ลดลงจนใกล้สูญพันธุ์อีกด้วย

โดยปกติแล้วประชากรของสิ่งมีชีวิตในโลกนี้จะถูกควบคุมตามธรรมชาติ ให้มีขนาดพอเหมาะ ไม่มากเกินไปจนเสียสมดุลและเกินขีดจำกัดของธรรมชาติ อย่างไรก็ตามบางประชากรเมื่อมีจำนวนมากเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อาศัยของมัน มนุษย์จะเข้าไปจัดการประชากรดังเช่น จัดการกับประชากรของกวางป่าโดยอนุญาตให้มีการล่าเป็นกีฬาได้แต่ต้องควบคุมการล่าด้วย อย่างไรก็ตามการจัดการประชากรสัตว์ป่า หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จำเป็นต้องมีความรู้ทางนิเวศวิทยาประชากร และมีหลักการทั่วๆ ไปดังนี้

5.9.1 หลักการจัดการประชากร

การจัดการประชากรสิ่งมีชีวิตใดๆ นั้นจำเป็นต้องมีพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตนั้น และมีแนวทางการดำเนินการดังนี้

1) การอนุรักษ์มิได้มุ่งเน้นไปที่สิ่งมีชีวิตรายตัว หากแต่มุ่งเน้นอนุรักษ์พื้นที่อาศัยและพื้นที่หากินของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ให้มีเพียงพอและเหมาะสมกับสัดส่วนของประชากรมนุษย์ และคุ้มครองโดยกลุ่มคณะกรรมการ หรือผู้รักษากฎหมายที่มีความรู้ทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ คณะรัฐบาลต้องมีนักวิชาการที่มีความรู้ทางนิเวศวิทยา และสิ่งแวดล้อมด้วย เพื่อที่รัฐจะได้เห็นความสำคัญของความหลากหลาย การจัดการประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ รวมทั้งประชากรมนุษย์ โดยถือเป็นนโยบายสำคัญ

2) ให้การสงวนและคุ้มครองพื้นที่หากินและพื้นที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต ไม่ให้ถูกรบกวนโดยมนุษย์และภัยธรรมชาติเช่นไฟป่า อย่างเข้มงวด

3) สนับสนุนให้มีการวิจัยหาความรู้เกี่ยวกับการกระจายพันธุ์ ความชุกชุม และความต้องการถิ่นอาศัยของสิ่งมีชีวิตต่างๆ (และถ้าเป็นสัตว์ต้องมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวของเหยื่อของมันด้วย) การเปลี่ยนแปลงประชากรทั้งของผู้ล่าและเหยื่ออาหารของมัน รวมถึงศึกษาหน้าที่เชิงนิเวศของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

4) ให้ความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมต่อประชาชนโดยกำหนดให้มีการศึกษาในทุกหลักสูตร และสำหรับประชาชนทั่วไปควรให้ความรู้ที่เข้าใจง่ายโดยผ่านทางสื่อมวลชนต่างๆ เช่นทางโทรทัศน์ วิทยุ และสิ่งพิมพ์ต่างๆ อย่างสม่ำเสมอ ความรู้ต่างๆ ได้แก่

4.1) ความรู้ด้านสถานภาพทางจำนวนของประชากรสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

4.2) ความรู้ด้านพฤติกรรมผิดๆ ของมนุษย์อันมีส่วนทำให้สัตว์พื้นเมืองสูญพันธุ์เช่น การนำสัตว์ต่างถิ่นเข้ามาในพื้นที่ การบริโภคเนื้อสัตว์ป่า การเลี้ยงสัตว์ป่าเพื่อความบันเทิง การเข้ารบกวนพื้นที่อาศัยของสัตว์ป่าตามเขตอนุรักษ์ต่างๆ ฯลฯ

5) เมื่อประชากรของสิ่งมีชีวิตบางชนิดมีมากเกินพื้นที่อาศัยของมันที่เหลือน้อยนั้น ควรมีการควบคุมอัตราการเกิดตามธรรมชาติ โดยการงดให้อาหาร เช่นฝูงลิงตามวัดต่างๆ ที่อยู่ในเมือง สำหรับสัตว์ป่าควรเพิ่มอาหารเสริมเช่นเกลือแร่ดินโป่ง หรือสร้างแหล่งน้ำธรรมชาติให้สัตว์ในป่าอนุรักษ์

6) ต้องมีการขยายพื้นที่อนุรักษ์ และให้มีการเชื่อมต่อของพื้นที่อนุรักษ์ที่เป็นหย่อมต่างๆ โดยเฉพาะให้เชื่อมต่อกับผืนป่าที่เป็นแหล่งพันธุกรรมสำรอง เพื่อช่วยให้เกิดการติดต่อแลกเปลี่ยนยีนกันของประชากรของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

7) สิ่งมีชีวิตใดที่ถูกคุกคาม ควรมีการวิจัย หรือจัดตั้งคณะกรรมการดำเนินการเพื่ออนุรักษ์ ตัวอย่างเช่นสัตว์ป่าสงวนทั้ง 15 ชนิด และนอกจากนี้ยังอาจต้องประกาศเพิ่มเติมให้สัตว์ป่าอื่นๆ ที่มีขนาดประชากรอยู่ในภาวะวิกฤติได้รับการคุ้มครองทั้งตัวและที่อยู่อาศัยเพิ่มขึ้นด้วย

8) ควรมีการควบคุมด้วยกฎหมายอย่างเข้มงวดเรื่องการล่า การเลี้ยง การลักลอบส่งออกนอกประเทศ และยังต้องให้ความรู้และควบคุมการดำเนินการของสวนสัตว์เอกชน และการค้าขายสัตว์และพืชป่า

9) ระดมทุนทั้งจากรัฐบาลและเอกชน เพื่อสนับสนุนงานวิจัยเกี่ยวกับความหลากหลายและนิเวศวิทยาของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ให้มากขึ้น

10) มีการวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์ป่าที่ใกล้สูญพันธุ์ และมีการวิจัยเกี่ยวกับการปล่อยกลับคืนสู่ถิ่นอาศัยในป่า ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

11) แสวงหาความร่วมมือกันกับท้องถิ่นโดยรอบแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตสำคัญนั้น (ดังตัวอย่างความร่วมมือและการจ้างงานชาวบ้านโดยรอบป่าฮาลาบาลาในเรื่องวิจัยและคุ้มครองครอบครัวนกเงือกเป็นต้น) นอกจากนี้ยังต้องขยายถึงนานาประเทศเรื่องขอความร่วมมือตรวจสอบเกี่ยวกับการค้าสัตว์ป่า และพืชพรรณ โดยไม่มีเรื่องผลประโยชน์ทางการค้าและการเมืองมาเกี่ยวข้อง

แนวคิดในการจัดการประชากรดังกล่าวมานี้ มักดำเนินการไม่ได้ผลอย่างแท้จริง สืบเนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ของโลกมีความรู้ทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมอย่างแท้จริงนั้นน้อยมาก ปัญหาการลดลงของประชากรของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ จึงทวีคูณขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งปัญหาสิ่งแวดล้อมโลกจึงไม่มีทางหมดไปได้ อย่างไรก็ตามเป็นหน้าที่ของนักวิชาการที่จะต้องให้ความรู้กับผู้อื่นอยู่เสมอ สำหรับผู้ศึกษาชีววิทยาสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์นั้นจำเป็นต้องศึกษาความรู้พื้นฐานทางนิเวศวิทยาต่างๆ ให้กระจ่างขึ้นอีกต่อไป

ความรู้เรื่องความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตด้วยกันนั้น มีความสำคัญต่อการจัดการประชากรและมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ด้วย ซึ่งเรื่องนี้คือการศึกษาทางนิเวศวิทยาทางสังคม ดังจะได้อธิบายในบทต่อไป