บทที่ 3

ทฤษฎีที่ใช้

3.1 การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำเป็น การศึกษาความต้องการการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำและการศึกษาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในช่วงเวลาต่างๆ แล้วนำเอามาเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบกับข้อมูลอื่นๆของอ่างเก็บน้ำ ในการกำหนดปริมาณน้ำที่จะส่งจากอ่างเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เพื่อให้การใช้น้ำเกิดประโยชน์สูงสุด หลีกเลี่ยงปัญหาการขาดแคลนน้ำและการไหลล้นอ่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำมีวัตถุประสงค์ต่างๆดังต่อไปนี้

1.เพื่อกำหนดขนาดพื้นที่เพาะปลูกสูงสุดที่จะทำการเพาะปลูกได้ โดยไม่ก่อให้เกิดการขาดแคลนน้ำในระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก

2. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรส่งจากอ่างในแต่ละเดือน

3. เพื่อหาปริมาณน้ำที่ควรเก็บกักไว้ในอ่างในแต่ละเดือน

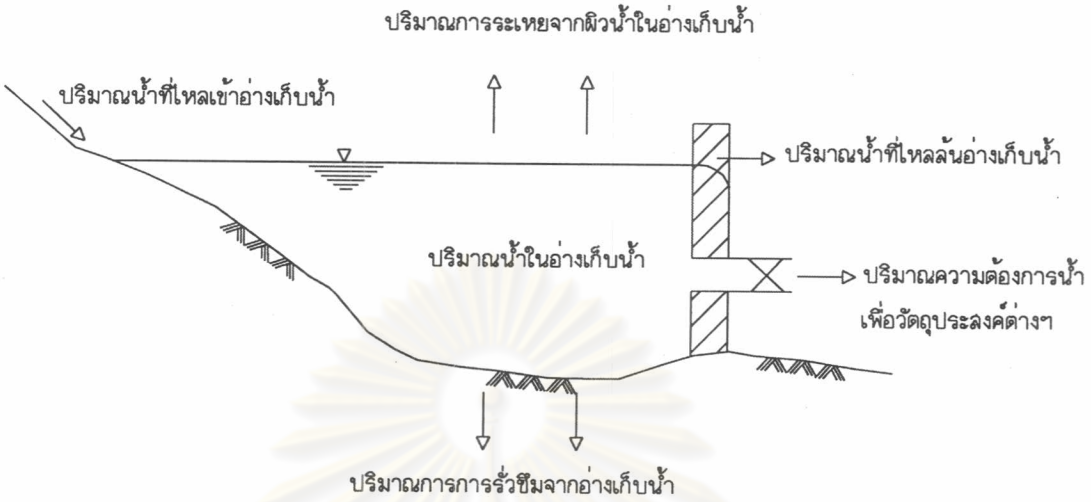
4. เพื่อหาปริมาณน้ำที่จะไหลล้นอ่าง และช่วงเวลาที่จะมีน้ำไหลล้นอ่าง

5. เพื่อหาช่วงเวลาที่วิกฤตต่อการขาดแคลนน้ำในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

ช่วงเวลาที่ใช้ในการวางแผนอาจเป็น ปี เดือน สัปดาห์ หรือวัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งาน และข้อมูลที่มีอยู่ ในที่นี้จะพูดถึงการวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเป็นรายเดือน

3.2 หลักสมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ

อ่างเก็บน้ำทำหน้าที่กักเก็บน้ำในยามที่ปริมาณน้ำที่ไหลเข้ามากกว่าความต้องการ เพื่อให้มีน้ำเพียงพอสำหรับส่งให้กับความต้องการต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่ขาดแคลน การวางแผนใช้น้ำจากอ่างประจำเดือนจะทำได้โดยการวิเคราะห์สมดุลของน้ำ (Water Balance) ในอ่างน้ำประจำเดือนตามรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 สมดุลของน้ำในอ่างเก็บน้ำ (ที่มา: การจัดการน้ำ ดร.เจษฎา แก้วกัลยา)

หลักการสมดุลของน้ำในอ่างกล่าวว่า ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างลบด้วยปริมาณที่ไหลออกจากอ่างทั้งหมดจะเท่ากับปริมาณน้ำในอ่างที่เปลี่ยนไป เราสามารถเขียนสมการแสดงความสมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำที่ไหลออก และปริมาณน้ำในอ่างในแต่ละเดือนได้ดังนี้

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i - L_i \qquad (3.1)$$

S_i คือ ปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือน

I_i คือ ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างในเดือนนั้น

S_{i-1} คือ ปริมาณน้ำในอ่างเมื่อต้นเดือน

Q_i คือ ปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ

E_i คือ ปริมาณการระเหยจากผิวน้ำในเดือนนั้น

L_i คือ ปริมาณการรั่วซึมในเดือนนั้น

ถ้าปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้มากกว่าปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด จะถือว่ามีการไหลล้นอ่างในเดือนนั้น และปริมาณน้ำที่ไหลล้นอ่างจะเท่ากับ ปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือนลบด้วยปริมาณน้ำเก็บกักน้ำสูงสุด และปริมาณน้ำในอ่างสำหรับต้นเดือนต่อไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักสูงสุด

ในทางกลับกันถ้าปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือนที่คำนวณได้น้อยกว่าปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดจะถือว่ามีการขาดน้ำในเดือนนั้น ปริมาณน้ำที่ส่งจากอ่างจะน้อยกว่าความต้องการน้ำทั้งหมดจากอ่างปริมาณน้ำที่ขาดไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุดลบด้วยปริมาณน้ำในอ่างเมื่อสิ้นเดือน ปริมาณน้ำในอ่างสำหรับต้นเดือนถัดไปจะเท่ากับปริมาณน้ำเก็บกักต่ำสุด

การวางแผนการใช้น้ำจากอ่างจะประกอบไปด้วย การประเมินปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างปริมาณความต้องการน้ำจากอ่างทั้งหมด การสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหยและการรั่วซึมแล้วนำเอามาคำนวณทางปริมาณน้ำที่ต้องส่งและที่เหลืออยู่ในอ่าง จากปริมาณน้ำที่มีอยู่เมื่อต้นเดือนตามหลักสมดุลของน้ำ การคำนวณสมดุลของน้ำประจำเดือนจะทำต่อเนื่องกันไปตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการวางแผนซึ่งปกติจะเป็น 1 ปี

3.3 ข้อมูลในการวางแผนการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำ

3.3.1 ปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่าง จะอาศัยสถิติข้อมูลปริมาณน้ำที่ที่วัดได้ที่สถานีวัดน้ำท่าตรงบริเวณจุดที่ตั้งอ่างเก็บน้ำ จะสามารถคำนวณหาปริมาณน้ำที่ไหลเข้าอ่างเฉลี่ยประจำเดือนได้ หรือสามารถนำเอาไปวิเคราะห์ตามหลักความถี่ของการเกิด (Frequency Analysis) เพื่อหาโอกาสของความน่าจะเป็น (Probability) ของการไหลของน้ำเข้าอ่างในปริมาณต่าง ๆ แล้วจึงเลือกปริมาณการไหลที่มีโอกาสของความน่าจะเป็นที่ต้องการมาใช้ในการคำนวณ สมดุลของน้ำ อย่างไรก็ตามในที่นี้จะใช้ค่าปริมาณน้ำท่ารายเดือนเฉลี่ยในการคำนวณ สถิติน้ำท่าที่ใช้ในการคำนวณยิ่งมากปียิ่งดี

3.3.2 ความต้องการน้ำจากอ่างโดยทั่ว ๆ ไปประกอบไปด้วยปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน อุปโภค – บริโภค เลี้ยงสัตว์ การผลิตกระแสไฟฟ้า และการอุตสาหกรรมความต้องการน้ำจากอ่างจะแตกต่างกันไปในแต่ละอ่างเก็บน้ำและสำหรับอ่างเก็บน้ำเพื่อการชลประทานแล้ว ปกติการชลประทานต้องการน้ำจากอ่างมากกว่าความต้องการอื่น ๆ ทั้งหมด และจะเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการวิเคราะห์

3.3.3 การระเหยและการรั่วซึม เนื่องจากอ่างทำหน้าที่เก็บกักน้ำจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีการสูญเสียน้ำเนื่องจากการระเหย จากผิวน้ำในอ่าง และการรั่วซึมจากบริเวณพื้นดินก้นอ่าง ในการคำนวณปริมาณการระเหยและรั่วซึมจะคิดจากอัตราการระเหยและรั่วซึม คูณด้วยพื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ยของเดือนนั้น อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกจะใช้ค่าพื้นที่ผิวน้ำที่ต้นเดือนแทนค่า

พื้นที่ผิวน้ำเฉลี่ยซึ่งไม่ทราบค่า อัตราการระเหยจากผิวน้ำและอัตราการรั่วซึมจะได้จากการทดลองตรวจวัดจริงในสนาม

3.3.4 ข้อมูลเกี่ยวกับอ่างเก็บน้ำ ได้แก่ ระดับน้ำเก็บกักสูงสุด (ระดับสันทางระบายน้ำล้น) ระดับเก็บกักต่ำสุด (ระดับที่เผื่อไว้สำหรับการตกตะกอน) ระดับสันเขื่อน ขนาดของทางระบายน้ำล้น โค้งความจุและโค้งพื้นที่ผิวน้ำ (Capacity – Area – Elevation Curve)

3.3.5 ข้อมูลอื่น ๆ เช่นปริมาณฝนที่ตกลงในอ่าง ซึ่งจะเท่ากับอัตราการตกของฝนในแต่ละเดือนคูณด้วยพื้นที่ผิวน้ำในอ่างเมื่อต้นเดือน และประสิทธิภาพในการส่งน้ำและน้ำในโครงการ

3.4 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules)

หลังจากการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำแล้วเสร็จ เพื่อที่จะให้บรรลุวัตถุประสงค์และใช้ประโยชน์อย่างเต็มศักยภาพ การบริหารจัดการน้ำจากอ่างเก็บน้ำจึงมีความสำคัญยิ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางสำหรับผู้ควบคุมการใช้อ่างเก็บน้ำ และปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ดังที่กล่าวมา และก่อให้เกิดผลผลิตในเชิงเศรษฐศาสตร์มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีการวางเกณฑ์การปฏิบัติงานของอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules) ซึ่งเกณฑ์นี้จะใช้ในช่วงเวลาการปฏิบัติงานตามปกติ ไม่ใช่ช่วงหลังการก่อสร้างเสร็จใหม่ ๆ หรือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์การใช้อ่างเก็บน้ำ

3.4.1 การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operations)

การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำหมายถึง การเก็บกักน้ำในอ่างเก็บน้ำและการส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำเพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยมีการวางแผนล่วงหน้าว่าควรจะเก็บกักและส่งน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาเป็นปริมาณเท่าใด และมีการปฏิบัติการตามแผนที่วางไว้ตราบเท่าที่สภาพในอนาคตเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้ ถ้าสภาพในอนาคตต่างจากที่คาดคะเนไว้ในตอนวางแผนการปฏิบัติการอาจต่างจากแผนที่วางไว้เพื่อลดสภาวะการขาดแคลนน้ำหรือน้ำล้นอ่าง (วราวุธ, 2538)

3.4.2 เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operating Rules)

เกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีหลายแบบแต่ละแบบจะบอกปริมาณน้ำที่ต้องปล่อยจากอ่างเก็บน้ำหรือไม่ก็บอก

ปริมาณน้ำที่ต้องการเก็บกักในอ่างเก็บน้ำในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปีซึ่งเรียก โค้งเกณฑ์การปฏิบัติงาน (Rule Curves) (วรวุธ 2539) และ หนึ่งในจำนวนที่มากมายของเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำคือ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ (Reservoir Operation Rule Curves)

3.4.3 โค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

โค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำหรือบางครั้งเรียกว่าโค้งแนวปฏิบัติ (guide curves) ซึ่งจะได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางอุทกวิทยาในอดีต (historical data) ซึ่งมีเงื่อนไขต่าง ๆ กันร่วมกับความต้องการน้ำ

3.5 หลักและวิธีการพัฒนาโค้งของเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

ในการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำโดยเฉพาะอ่างเก็บน้ำแบบเอนกประสงค์นั้น จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการปฏิบัติงานแบบหลายเกณฑ์ร่วมกัน เช่น เกณฑ์ทางด้านสังคม เศรษฐศาสตร์และวิศวกรรมเป็นต้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ มีความยุติธรรมและประสิทธิภาพมากที่สุด หลังจากนั้นจึงสร้างเป็นเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ และพัฒนาให้เป็นเครื่องมืออย่างง่ายในการปฏิบัติคือ โค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

3.5.1 หลักการในการพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

หลักการของการพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ คือในช่วงฤดูฝนจะพร่องน้ำจากอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดในปริมาณเท่าใด เพื่อให้มีปริมาตรว่างสำหรับรับปริมาณน้ำหลากที่จะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยไม่เกิดการไหลล้นอ่าง ซึ่งจะก่อให้เกิดอุทกภัยในบริเวณด้านท้ายอ่างเก็บน้ำ หรือหากเกิดการไหลล้นอ่างเก็บน้ำก็ให้เกิดน้อยที่สุด และในขณะเดียวกันต้องรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำสำหรับใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งเส้นโค้งของเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Upper Rule Curve(URC) และในช่วงฤดูแล้งจะรักษาปริมาณน้ำไว้ในอ่างเก็บน้ำในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนดไว้เท่าใดจึงจะลดความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำแห้งอ่างเก็บน้ำ ซึ่งโค้งของเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำเส้นนี้เรียกว่า Lower Rule Curve (LRC)

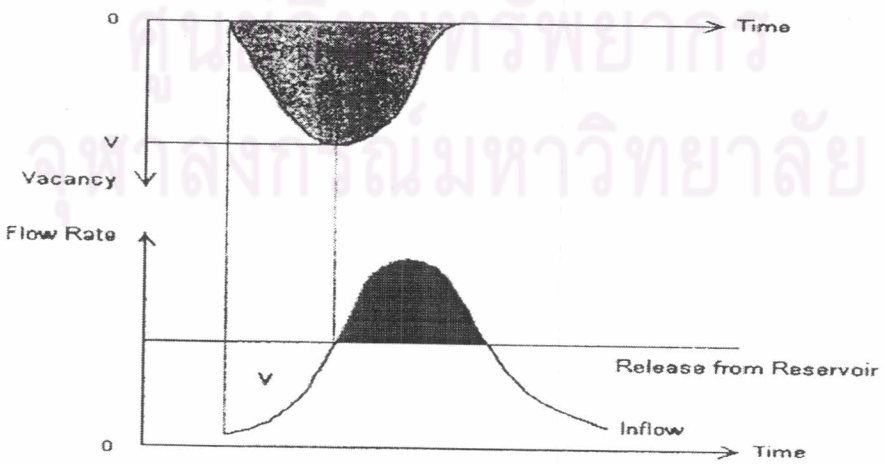
3.5.2 วิธีการพัฒนาโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ

วิธีการพัฒนาโค้งกฎการปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำสามารถหาได้จากการวางแผนการดำเนินงานอ่างเก็บน้ำด้วยแบบจำลองที่ใช้กระบวนการของการจำลอง (Simulation) และแบบจำลองที่ใช้กระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization)

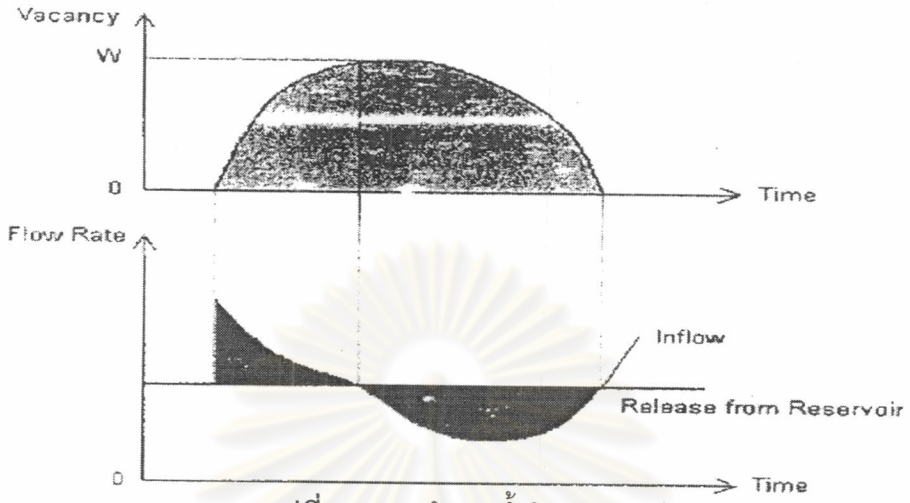
(ก) Simulation เป็นกระบวนการจำลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบ จากเกณฑ์ของการจัดการและควบคุม แต่ไม่สามารถประกันได้ว่าเกณฑ์ของการจัดการและการควบคุมนั้นดีที่สุด ซึ่งในการพัฒนาโค้งของเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำที่ใช้วิธีนี้ได้แก่

(1) การวิเคราะห์ระบบอ่างเก็บน้ำสำหรับการเก็บกักน้ำ (Reservoir System Analysis for Conservation) เป็นการจำลองพฤติกรรมของระบบอ่างเก็บน้ำจากเกณฑ์ต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ว่าจะผันน้ำหรือขาดน้ำในช่วงใด เท่าใด เป็นต้น ซึ่งสามารถนำผลการวิเคราะห์จากระบบอ่างเก็บน้ำมาสร้างโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำได้ โดยทั่วไปก็คือโปรแกรม HEC-3

(2) Vacancy-Minimum Storage Requirements Rule Curve จะอาศัยแนวคิดที่ว่า ปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำที่จะเต็มอ่างพอดีเมื่อสิ้นฤดูฝน ในขณะเดียวกันเมื่อสิ้นสุดฤดูแล้งปริมาตรน้ำในอ่างเก็บน้ำจะแห้งอ่างเก็บน้ำพอดี ดังนั้นในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนจะต้องมีการพร่องน้ำในอ่างเก็บน้ำไว้เพื่อรองรับน้ำที่คาดว่าจะไหลเข้าอ่างเก็บน้ำตลอดช่วงฤดูฝนดังใน รูปที่ 3.2 โดยปล่อยน้ำในอัตราที่เพิ่มขึ้น และในช่วงเริ่มต้นฤดูแล้งจะต้องสำรองน้ำในอ่างเก็บน้ำให้เพียงพอกับความต้องการตลอดช่วงฤดูแล้งดังในรูปที่ 3.3 (Kawabata and Satoh ,1999)



รูปที่ 3.2 การพร่องน้ำในช่วงเริ่มต้นฤดูฝน



รูปที่ 3.3 การสำรองน้ำในช่วงฤดูแล้ง

(3) Standard Operating Policy เป็นเกณฑ์ที่ค่อนข้างง่าย โดยจะปล่อยน้ำให้เป็นไปตามความต้องการทุก ๆ ช่วงเวลา ดังนั้นหากปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำมีไม่เพียงพอตามความต้องการ ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะลดลงเรื่อย ๆ ขณะเดียวกันในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำมาก ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำก็จะเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งปล่อยน้ำให้ไหลล้นอ่างเก็บน้ำต่อไปหรืออาจกล่าวได้ว่าเกณฑ์การปฏิบัติงานโดยวิธี Standard Operating Policy นี้เป็นเกณฑ์ที่มีศักยภาพมากในการลดประมาณการขาดน้ำทั้งหมด (Total Deficit) ในช่วงเวลาที่พิจารณา (Stedinger 1984)

(4) Probability Based Rule Curves เป็นวิธีที่ใช้หลักการของทฤษฎีความน่าจะเป็น เพื่อพิจารณาการเก็บกักและการระบายน้ำที่ความเสี่ยงต่างๆ โดยในฤดูน้ำหลากจะพิจารณาว่า จะรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มากที่สุดที่จะทำให้ความเสี่ยงต่อการที่อ่างเก็บน้ำมีปริมาตรไม่พอที่จะรับน้ำนองอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ในทางตรงข้ามฤดูแล้งจะพิจารณาว่าควรจะรักษาระดับน้ำหรือปริมาณน้ำไว้เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคต หรือความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำในอนาคตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

(ข) Optimization เป็นกระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุด จากการจัดการตามวัตถุประสงค์ (objectives) และข้อจำกัด (Constraint) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เพราะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ตามวัตถุประสงค์และข้อจำกัดต่าง ๆ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดจำเป็นที่จะต้องจำลองระบบเสียก่อน (บัญชา 2541)

ดังนั้นโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจึงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ใช้เป็นแนวทางในการเก็บน้ำหรือระบายน้ำในช่วงเวลาต่างๆ เพื่อให้การใช้งานของอ่างเก็บน้ำมีศักยภาพมากที่สุด และมีความจำเป็นที่ทุกอ่างเก็บน้ำต้องมีโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำ และในการสร้างโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำนั้นต้องมีการเปลี่ยนแปลงทุก 3-5 ปี ทั้งนี้เนื่องจากอาจมีการเปลี่ยนแปลงสภาพทางอุทกวิทยาและปริมาณความต้องการใช้น้ำ แต่วิธีที่จะใช้ในการสร้างโค้งเกณฑ์การปฏิบัติงานอ่างเก็บน้ำจะใช้วิธีใดก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับข้อมูลและความชำนาญของเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบ แต่ขอให้พิจารณาถึงข้อจำกัดและโอกาสของแต่ละวิธีเป็นสำคัญ

3.6 การหาค่าความเหมาะสม

การหาค่าความเหมาะสม (Search for Optimization) เป็นกระบวนการ (Process) ของการค้นหาเงื่อนไข (Conditions) ซึ่งให้ค่ามากที่สุด หรือน้อยที่สุดของฟังก์ชัน โดยปัญหาที่มีข้อจำกัดในการหาค่าความเหมาะสมสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการ (Rao,1985)

$$\text{Find } X = \begin{Bmatrix} X1 \\ X2 \\ : \\ : \\ Xn \end{Bmatrix} \quad \text{Which Minimizes}$$

Subject to the constraints

$$g_j(X) = 0,\ j=1,2\ldots,m$$

และ $$l_j(X) = 0,\ j=1,2\ldots,p$$

โดยที่ X = n-Dimensional Vector

$f(X)$ = Objective Function

$g_j(X)$ = Inequality constraints

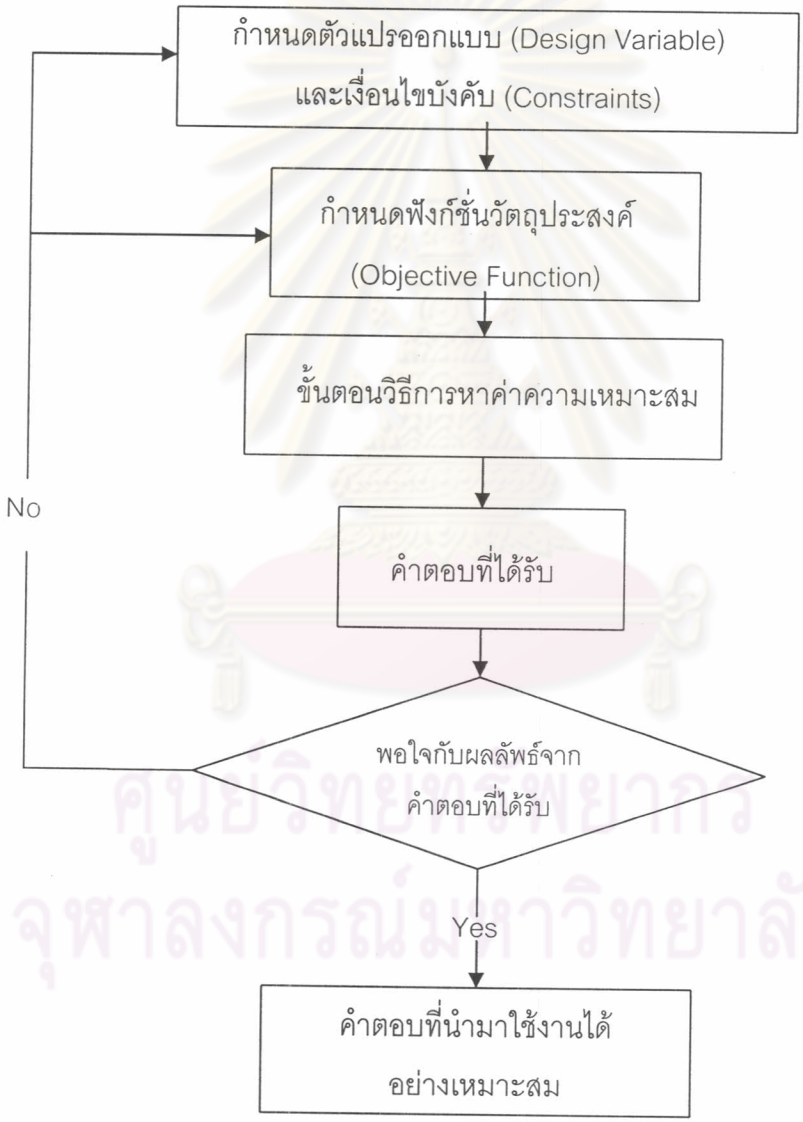
$l_j(X)$ = Equality Constraints

n = Number of Constraints

m,p = Number of Function g(X) และ l (X)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การแก้ปัญหาในการออกแบบเชิงวิศวกรรมหรือในด้านอื่นๆ นั้นโดยใช้วิธีการหาค่าความเหมาะสมที่สุด มักเป็นการหาค่าต่ำสุดหรือจุดสูงสุดของค่าฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์โดยที่มีเงื่อนไขบังคับที่เนื่องมาจากข้อจำกัดต่างๆของการออกแบบนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า การหาค่าความเหมาะสมแบบมีเงื่อนไขบังคับ (Constrained Optimization) แผนผังลำดับขั้นของการหาค่าความเหมาะสมแสดงดังภาพ (ธนัญชัย, 2543)

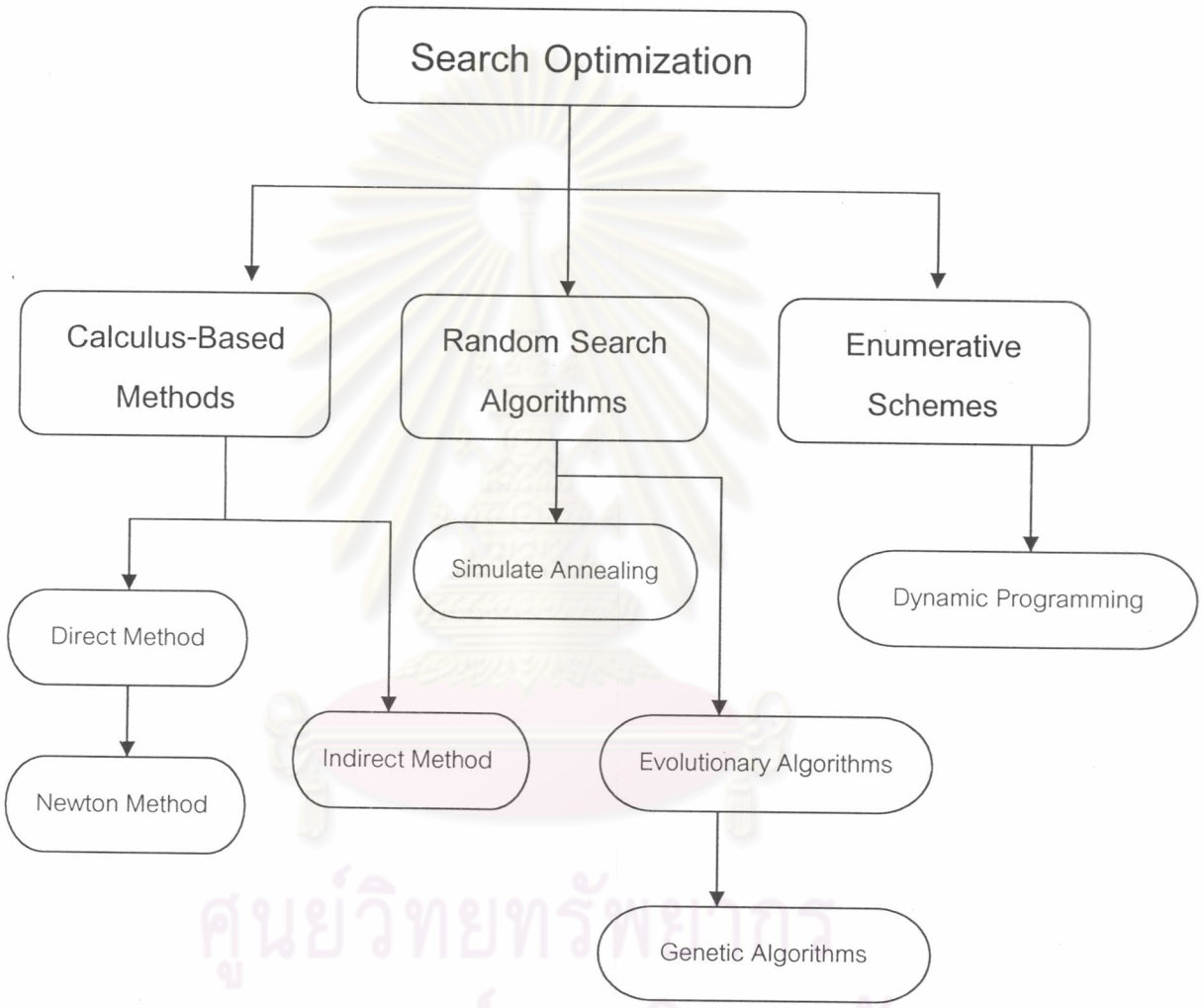


รูปที่ 3.4 แผนผังลำดับขั้นของการหาค่าความเหมาะสม
ที่มา : ธนัญชัย (2543)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีการหาค่าความเหมาะสม

ในปัจจุบันวิธีการหาค่าความเหมาะสมสำหรับปัญหาต่างๆ อาจแบ่งออกได้เป็น 3 แนวทางดังนี้ (Goldberg,1989)



รูปที่ 3.5 วิธีการหาค่าเหมาะสม

ที่มา: Moreira (1995)

(1) วิธีการคำนวณ (Calculus-Based Methods) เป็นวิธีที่อาศัยการคำนวณโดยตรงจึงต้องอาศัยการศึกษาและเรียนรู้เป็นอย่างมาก วิธีการคำนวณนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีการคือ

ก) วิธีโดยอ้อม (Indirect Method) เป็นวิธีการหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดเฉพาะจุด (Local Extrema) โดยทั่วไปเป็นการคำนวณหาคำตอบของสมการ Nonlinear ซึ่งทำได้โดยการกำหนดให้ Gradient ของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) เท่ากับศูนย์

ข) วิธีโดยตรง (Direct Method) เป็นวิธีการหาค่าความเหมาะสมเฉพาะจุด (Local Optima) ซึ่งทำได้โดยใช้วิธีกำหนดให้ค่าอนุพันธ์ (Differentiate) ของสมการแล้วเลื่อนตำแหน่งการคำนวณไปตามทิศทางที่มีความสัมพันธ์กับ Local Gradient ซึ่งคล้ายกับการไต่เขา (Hill Climbing) ซึ่งในการหาค่าที่ดีที่สุดเฉพาะจุด (Local Best) ทำได้โดยกำหนดให้ฟังก์ชั่นไต่ไปในทิศทางที่มีความชันมากที่สุดที่เป็นไปได้

ถึงแม้ว่าวิธีการนี้ได้รับการปรับปรุงและแก้ไขมาแล้วแต่ยังคงมีข้อบังคับที่แสดงให้เห็น คือ วิธีการนี้เป็นการหาค่าความเหมาะสมเฉพาะจุด การคำนวณเป็นการหาคำตอบจากค่าตัวแปรอิสระ (Domain) เพียงช่วงใดช่วงหนึ่งที่สนใจเท่านั้นไม่ใช่จากค่าตัวแปรอิสระทั้งหมด ดังนั้นคำตอบที่ได้อาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับช่วงค่าตัวแปรอิสระนั้นๆ (Local Optima) และคำตอบที่ได้นั้นอาจไม่ใช่คำตอบที่แท้จริง หากฟังก์ชั่นมีลักษณะเป็น Single-Peak การคำนวณจะทำได้โดยง่าย แต่ถ้าฟังก์ชั่นมีลักษณะเป็น Multiple-Peak นั้นอาจทำให้การคำนวณเกิดความผิดพลาดขึ้นได้และวิธีการนี้เป็นการคำนวณโดยอาศัยการหาค่าอนุพันธ์ซึ่งในบางครั้งการหาค่าอนุพันธ์เป็นวิธีการที่ยากกว่าและใช้เวลามากกว่าการหาค่าโดยประมาณทางคณิตศาสตร์ (Numerical Approximation) ซึ่งค่าที่ได้จากการหาค่าโดยประมาณทางคณิตศาสตร์นั้นสามารถนำไปใช้งานได้เช่นกัน

(2) วิธีแจงนับ (Enumerative Schemes)

เป็นวิธีการที่หาคำตอบของฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) จากจุดทุกจุดใน Search Space จึงเหมาะสมกับปัญหาที่มีจำนวนที่เป็นไปได้จำนวนน้อยหรือ Search Space ที่มีจำนวนมากแต่แยกออกจากกัน (Discretised Infinite Search Space) ทำให้วิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนที่มีจำนวนค่าที่เป็นไปได้จำนวนมากๆ และเป็นวิธีการที่ต้องอาศัยความสัมพันธ์เป็นขั้นตอน ซึ่งมากเกินความจำเป็นอีกทั้งต้องมีความรู้พิเศษบางประการในการแก้ปัญหาด้วย เช่น Dynamic Programming เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(3) วิธีการค้นหาค่าแบบสุ่ม (Random Search Algorithms)

หากกล่าวถึงวิธีการสุ่มนั้น Monte Carlo Methods เป็นวิธีการสุ่มซึ่งเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไป วิธีการค้นหาค่าแบบสุ่ม (Random Search Algorithms) ควรแบ่งแยกออกจากเทคนิคการสุ่ม (Randomized Techniques) เพราะเทคนิคการสุ่มนั้นไม่จำเป็นต้องมีทิศทางของการค้นหาคำตอบ แต่วิธีการค้นหาค่าแบบสุ่มนั้นมีเครื่องมือที่นำไปสู่คำตอบ เช่น Genetic Algorithms เป็นตัวอย่างหนึ่งของวิธีการค้นหาค่าแบบสุ่มที่มีวิธีการ Coding, Crossover, Mutation และอาศัยการกำหนดค่า Parameter ต่างๆที่เหมาะสม ซึ่งทำให้เกิดการลู่เข้าหาคำตอบ เป็นต้น วิธีการค้นหาความเหมาะสมอื่น ๆ ที่เป็นที่รู้จัก เช่น Simulated Annealing ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าความเหมาะสมที่เลียนแบบขบวนการหล่อเย็นของโลหะร้อน เป็นต้น ในปัจจุบันกระบวนการเหล่านี้อาจดูเหมือนไม่คุ้นเคยนัก แต่ในสภาพธรรมชาติสิ่งมีชีวิตทั้งหลายได้อาศัยกระบวนการเหล่านี้ในการทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพขึ้นบนโลก

วิธีการค้นหาค่าแบบสุ่มนี้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากนักวิจัยหลายท่านเข้าใจถึงจุดอ่อนของวิธีการคำนวณและวิธีการแจงนับ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับการคำนวณที่ใช้จำนวนรอบมากๆ ของวิธีการค้นหาค่าแบบสุ่มนั้นสามารถคาดได้ว่าคำตอบที่ได้เป็นค่าที่ไม่ดีไปกว่าคำตอบที่ได้จากการแจงนับ

"Evolutionary Algorithm" เป็นคำศัพท์ที่ใช้ในการอธิบายถึงระบบที่แก้ปัญหาโดยอาศัยระบบการแก้ปัญหาด้วยพื้นฐานการคำนวณ (Computer-Based Problem Solving Systems) ซึ่งในการคำนวณได้ใช้แบบจำลองของกระบวนการวิวัฒนาการ (Evolutionary Processes) Evolutionary Algorithm มีหลายแบบ ดังเช่น (Heitkoetter,1994)

1. Genetic Algorithms
2. Evolutionary Programming
3. Evolution Strategies
4. Classifier System
5. Genetic Programming

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.7 Genetic Algorithms

ประมาณทศวรรษที่1960ได้มีความสนใจเพิ่มมากขึ้นในการพัฒนาความสามารถของ Algorithms โดยใช้วิธีการเลียนแบบสิ่งมีชีวิตเพื่อนำไปใช้ในการหาค่าความเหมาะสมของปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก ซึ่งวิธีที่รู้จักกันโดยทั่วไปและจัดอยู่ในประเภทนี้ ได้แก่ Genetic Algorithms พัฒนาขึ้นโดย Holland (1975), Evolution Strategies พัฒนาขึ้นโดย Rechenberg (1973) และ Schwefel (1995), Evolution Programming พัฒนาขึ้นโดย Fogel et al (1966) และ Genetic Programming พัฒนาขึ้นโดย Koza (1992) เป็นต้น (Mitsuo and Runwei,1997)

Holland และคณะผู้ร่วมงานที่มหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกาได้วิจัยและพัฒนา Genetic Algorithms (GAs) ขึ้นจนสำเร็จและเผยแพร่เมื่อปี ค.ศ. 1975 โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 2 ประการ คือ (Goldberg, 1989)

1. สรุปและอธิบายวิธีการดัดแปลงกระบวนการทางธรรมชาติ

2. ออกแบบและพัฒนาซอฟต์แวร์ (Artificial Systems Software) ที่มีการใช้ลักษณะของกระบวนการทางธรรมชาติ

ซึ่งการวิจัยนี้นำไปสู่การค้นพบที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ (Natural Science) และวิทยาศาสตร์ประดิษฐ์ (Artificial System Science)

GAs เป็นวิธีการหาค่าความเหมาะสมที่มีพื้นฐานแนวความคิดมาจากทฤษฎีการคัดเลือกโดยธรรมชาติ (Theory of Natural Selection) ของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charles Darwin) และหลักการพันธุศาสตร์ (Principles of Genetics) เป็นการใช้วิธีการเชิงความเป็นไปได้ในการอยู่รอดของสิ่งที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยกระบวนการ Selection, Crossover และ Mutation ซึ่งประสิทธิภาพของกระบวนการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่า Parameter ต่างๆ ที่ทำให้การคำนวณมีความแม่นยำ (Precise)มากขึ้น

3.7.1 การใช้ GAs ในการแก้ปัญหาในการหาค่าความเหมาะสม

ปัญหาที่ต้องการหาค่าความเหมาะสมนั้นจะถูกแทนค่า (Encoding) ด้วยแถวของตัวเลข (String) หรือเรียกว่า Chromosome โดยใน Chromosome แต่ละตัวประกอบไปด้วย

Gene ซึ่ง Gene แต่ละ Gene นั้นเป็นค่าตัวแปรในฟังก์ชันหรือสมการของตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) ที่ทำให้ฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด

ในระยะแรกของการพัฒนา GAs นั้น Gene ถูกแทนค่าด้วย 0 หรือ 1 หรือเรียกว่า Binary Bits (Goldberg and Kao,1987 and Wang 1991) ซึ่งเมื่อถอดรหัส (Decode) ออกมาจะเป็นค่าของตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) โดยค่า Binary Bits ดังกล่าวอาจแปลงค่าได้เป็นหลายๆ แบบเช่น Real Number, Integer Number หรือ Set เป็นต้น ขึ้นอยู่กับผู้ใช้กำหนดให้เป็นเช่นไร โดยให้มีความเหมาะสมกับแต่ละปัญหา เมื่อนำค่าของ Gene แทนค่าในฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์ (Objective Function) Chromosome แต่ละตัวจะแสดงถึงค่าความเหมาะสม (Fitness Value) โดยทั้งนี้ค่าที่ได้นั้นอาจเป็นเพียงค่าที่เป็นไปได้ (Possible Solution) หรือเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมที่สุด (Near Optimum) จากนั้นโครโมโซมเหล่านี้จะค่อยๆ มีการพัฒนาวิวัฒนาการมากขึ้นตามลำดับโดยอาศัยวิธีการที่เลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติ คือ Selection, Crossover และ Mutation ซึ่งการวิวัฒนาการของประชากรในรุ่นต่อๆ มา (Generation) นี้นำไปสู่การแก้ปัญหาและหาค่าความเหมาะสมได้นั้นเอง

Algorithm เหล่านี้ได้เลียนแบบจากสภาพธรรมชาติ ถึงแม้ว่าในมุมของนักชีววิทยาดูว่าเป็นเรื่องง่ายๆ แต่ Algorithm เหล่านี้มีความซับซ้อนเพียงพอที่สามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีความสามารถในการดัดแปลงให้เหมาะสมกับการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาต่างๆได้ดี ขั้นตอนการใช้ GAs ในการแก้ปัญหาการหาค่าความเหมาะสมสามารถได้ดังภาพที่ 4

3.7.2 การ Encoding ของ Chromosome

การ Encoding ของ Chromosome เป็นตัวที่ใช้ในการหาค่าความเหมาะสมนั้นมีด้วยกันหลายวิธีซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้ (Obitko, 1998)

(1) Binary String Encoding

คำตอบปัญหาที่ต้องการหาค่าความเหมาะสมนั้นถูกแทนด้วยแถวของ Binary String ซึ่งในแต่ละแถวเรียกว่า Chromosome ใน Chromosome ประกอบด้วย Gene โดยในแต่ละ Gene นั้นเป็นค่าตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) ในฟังก์ชั่นเป้าหมาย (Objective Function) ที่ทำให้มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุด จากตัวอย่าง 1 Chromosome ประกอบด้วย 5 Gene

ประกอบด้วย Binary 3 ตัวหรือเรียกว่า 3 Alleles ซึ่งเมื่อถอดรหัสออกมาเป็นค่าของตัวแปรตัดสินใจ โดยอาจทำให้ได้ค่าเป็น Real Number, Integer Number หรือ Set ได้แล้วแต่ผู้ใช้ว่ากำหนดให้เป็นเช่นไรตามความเหมาะสมของแต่ละปัญหาเช่น

Chromosome A ประกอบด้วย 110 110 010 011 011

Chromosome B ประกอบด้วย 110 111 100 001 111

Binary Encoding สามารถแปรค่าออกมาเป็นตัวเลขได้หลากหลายแล้วแต่การกำหนดจำนวนหลักของ Alleles แต่ในการกลับกันบ่อยครั้งที่วิธีการนี้ไม่เหมาะสมกับปัญหาบางชนิดซึ่งทำให้ในบางครั้งต้องแก้ไขหลังจากที่ Crossover หรือ Mutation แล้ว ตัวอย่างปัญหาที่เหมาะกับการใช้วิธีการนี้ เช่น Knapsack Problem เป็นต้น

(2) Permutation Encoding

Permutation Encoding สามารถใช้กับปัญหาที่มีลักษณะเป็นการเรียงลำดับ (Ordering Problems) เช่น Travelling Salesman Problem เป็นต้น Permutation Encoding เป็นการแทนทุกๆ Chromosome ด้วย String ที่เป็นตัวเลข ซึ่งตัวเลขเหล่านี้แสดงถึงลำดับ เช่น

Chromosome A ประกอบด้วย 1 5 3 2 6 4 7 9 8

Chromosome B ประกอบด้วย 8 5 6 7 2 3 1 4 9

แต่ปัญหาลักษณะนี้การกำหนด Crossover และ Mutation ต้องระมัดระวังเพื่อให้เกิดการเรียงลำดับที่ถูกต้องไม่เกิดการเรียงลำดับซ้ำกันใน Chromosome

(3) Value Encoding

เป็นการ Encoding โดยตรงเป็น Real Numbers ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาที่มีค่ายุ่งยากซับซ้อนซึ่งถ้าใช้วิธีการอื่นๆ เช่น Binary Encoding เป็นต้น ทำให้การแก้ปัญหามีความยุ่งยากซับซ้อนมากขึ้นไปอีก ในการใช้ Value Encoding ทุกๆ Chromosome เป็น String ที่แทนด้วยตัวเลข โดยค่าที่ปรากฏเชื่อมโยงกับปัญหา รูปแบบของตัวเลข ค่าของตัวเลข หรือตัวอักษรต่างๆ ของปัญหาที่ยุ่งยากนั้นๆ เช่น

Chromosome A ประกอบด้วย 1.2324 5.32243 0.4556 2.3293 2.4545

Chromosome B ประกอบด้วย (Back), (Back),(Right),(Forward),(Left)

Value Encoding มีความเหมาะสมกับปัญหาที่มีลักษณะพิเศษและเมื่อใช้วิธีการ Encode นี้จำเป็นที่ต้องค้นหาและพัฒนา Crossover และ Mutation ที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ ตัว อย่างปัญหาที่เหมาะสมกับการใช้วิธีการนี้ เช่น Optimal Reservoir Problem (Wardlaw and Sharif,1999) เป็นต้น

3.7.3 การดำเนินการของ GAs

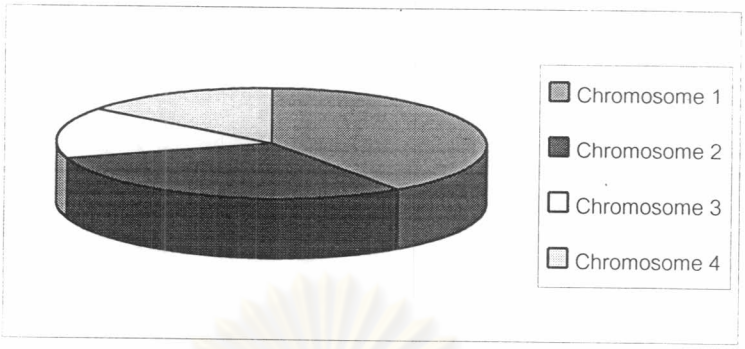
จากที่อธิบายต้นเห็นได้ว่า การดำเนินการของ GAs (Operators of GAs) ซึ่งประกอบด้วย Selection ,Crossover และ Mutation มีส่วนสำคัญที่ทำให้ GAs มีประสิทธิภาพโดยสามารถอธิบายได้ดังนี้ (Obitko, 1998)

(1) Selection

Chromosome บางตัวที่มีค่า Fitness ที่ดีถูกคัดเลือกออกมาจากประชากรทั้งหมดเพื่อนำมาเป็นพ่อและแม่ (Parents) ในการเกิด Crossover วิธีการคัดเลือกนั้นมีอยู่หลายวิธีเพื่อให้ได้ Chomosomes ที่ดีที่สุด เช่น Roulette Wheel Selection,Rank Selection, Tourmament Selection,Steady State Selection และ Elitism เป็นต้น

ก) Roulette Wheel Selection

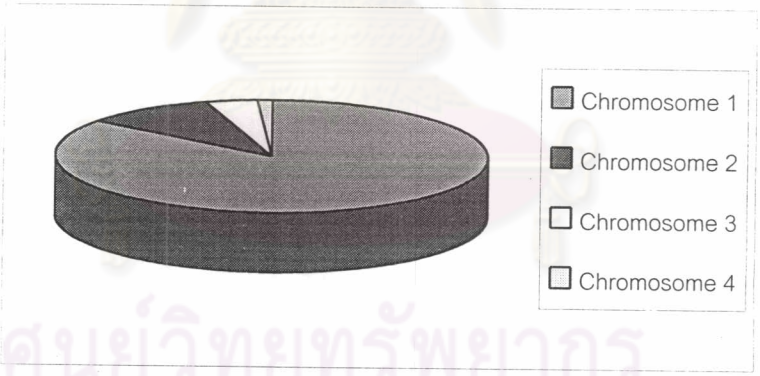
เป็นการคัดเลือกพ่อและแม่จากค่า Fitness โดย Chromosome ใดมีค่า Fitness ที่ดีมีโอกาสถูกเลือกมาก โดยเป็นการสมมติให้ Roulette Wheel บรรจุค่า Fitness ของทุก Chomosome ของประชากรในรุ่นนั้นบรรจุอยู่ จากรูปที่ 3.6 เห็นได้ว่าถ้า Chromosome ใดมีค่าที่ดีมีโอกาสถูกเลือกได้มาก



รูปที่ 3.6 Roulette Wheel ที่แสดงค่า Fitness ของทุก Chromosome
ที่มา : Obitko (1998)

ข) Rank Selection

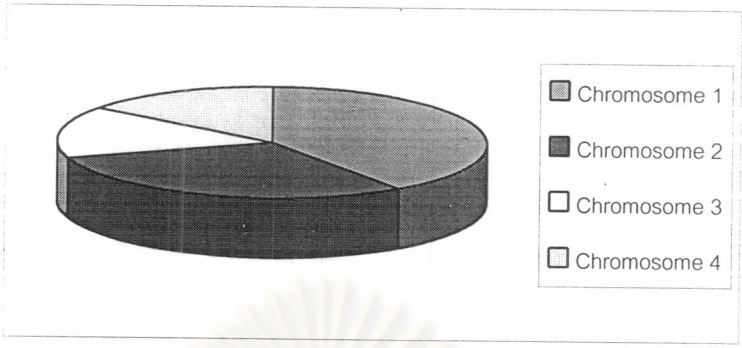
Roulette Wheel มีจุดอ่อนถ้าค่า Fitness ของแต่ละ Chromosome แตกต่างกันมากๆ เช่น ถ้ามีค่า Fitness ของ Chromosome หนึ่งมีค่าประมาณ 90% ของ Roulette Wheel ซึ่งทำให้ค่า Fitnessของ Chromosome อื่นๆ มีโอกาสถูกเลือกได้น้อยกว่าดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ค่า Fitness ใน Roulette Wheel ก่อนการ Ranking
ที่มา : Obitko (1998)

Rank Selection ทำได้โดยการจัดลำดับค่า Fitness ของทุก Chromosome จากค่าที่แย่ที่สุด (Worst) ไปยังค่าที่ดีที่สุด แล้วกำหนดให้ค่าที่แย่ที่สุดมีค่าของการ Ranking เท่ากับ 1,2,....,N ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ดีที่สุดมีค่าของการ Ranking เท่ากับ N (จำนวน Chromosomes ใน Population) ดังแสดงในรูปที่ 3.8

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.8 ค่า Fitness ใน Roulette Wheel หลังการ Ranking

ที่มา: Obitko (1998)

ภาพหลังจากการทำ Ranking ดังแสดงในรูปที่ 3.8 แล้ว ทำให้โอกาสการถูกเลือกของแต่ละ Chromosome มีค่ามากน้อยลดหลั่นกันไปตามค่า Fitness และจำนวน Chromosome แต่วิธีการนี้อาจทำให้ใช้เวลาในการคำนวณนานมากขึ้น เพราะทำให้ Chromosome ที่มีค่าดีอาจมีค่าไม่แตกต่างจาก Chromosome อื่นๆ ทำให้มีโอกาสถูกเลือกได้น้อยลงกว่าที่ควรเป็น

ค) Tournament Selection

วิธีการนี้ทำได้โดยสุ่มเลือก Chromosome ใดๆ ขึ้นมา 1 คู่ แล้วนำค่า Fitness ของทั้งคู่มาพิจารณา Chromosome ใดมีค่า Fitness ที่ดีจะถูกเลือกไว้ในรุ่นต่อไป ส่วน Chromosomeใดที่ให้ค่าไม่ดีถูกทิ้งไป แต่ถ้าหากค่า Fitness ของ Chromosome ทั้งสองมีค่าเท่ากันทำการสุ่มเลือก Chromosome คู่ใหม่ขึ้นมาพิจารณา (Goldberg and Deb,1989)

ง) Steady- State Selection

วิธีการนี้ไม่ใช่วิธีการที่ใช้เลือก Chromosome พ่อแม่โดยเฉพาะ เนื่องจากวิธีการนี้มีแนวความคิดว่า Chromosome ส่วนใหญ่ทีมีค่าที่ดีควรมีชีวิตอยู่รอดไปในรุ่นถัดไป

วิธีการนี้ทำให้โดยในทุกๆ รุ่นมีการเลือก Chromosomes บางตัว (2-3 ตัว) ที่มีค่าที่ดีไว้เพื่อสร้าง Offspring สำหรับ Chromosomes บางตัวที่มีค่าที่ไม่ดีถูกทิ้งโดยใช้ Offspring ที่มีค่าที่ดีมาแทนที่ Chromosomes เหล่านั้น ประชากรที่เหลืออยู่กลายเป็นประชากรในรุ่นต่อไป

จ) Elitism

แนวความคิดของวิธี Elitism คือ เมื่อสร้างประชากรรุ่นต่อไปโดยการ Crossover

และ Mutation แล้ว ทำให้มีโอกาสมากที่สูญเสีย Chromosome ที่มีค่าที่ดีไป ดังนั้นวิธีการ Elitism ใช้วิธีการคัดลอก (Copy) Chromosome ที่มีค่าที่ดีไว้ (อาจมีหลายตัว) แล้วนำไปเป็นประชากรในรุ่นต่อไป ส่วน Chromosome ตัวอื่นๆ ใช้วิธีอื่นไปตามปกติ วิธี Elitism สามารถทำให้ประสิทธิภาพของ GAs เพื่อมากขึ้น เพราะว่าวิธีการนี้ป้องกันการสูญเสีย Chromosomes ที่มีค่าที่ดีไป

(2) Crossover

เป็นขั้นที่สำคัญมากอีกขั้นหนึ่งของ GAs หากไม่ทำ crossover จะทำให้การปฏิบัติการของ GAs ไม่ได้ผลหรือไม่อาจเรียกเป็น GAs ได้ มีตัวคุมคือ probability of crossover โดยทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 0.5 ถึง 1.0 ประเภทของ crossover จำแนกได้ 3แบบคือ

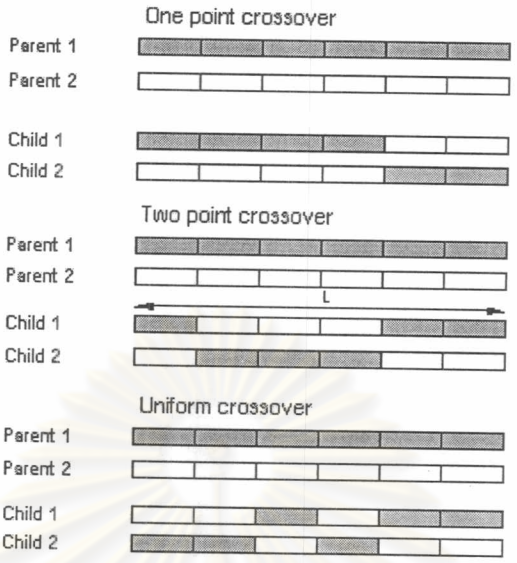
ก)crossover 1 ตำแหน่ง (one-point crossover)

ข)crossover 2 ตำแหน่ง (two-point crossover)

ค)crossover หลายตำแหน่ง (uniform crossover)

crossover 1 ตำแหน่งนั้น มีการแลกเปลี่ยนแถวของ Gene ระหว่างโครโมโซมพ่อแม่ที่มาจับคู่กัน ณ จุดใดจุดเดียวซึ่งเกิดจากการสุ่ม ส่วน crossover 2 ตำแหน่งมีการแลกเปลี่ยนแถวของโครโมโซม ณ จุดสุ่ม 2 จุด และการ crossover หลายตำแหน่งนั้นมีการและเปลี่ยนโครโมโซมเกิดขึ้นได้หลายตำแหน่งของ Gene ดังภาพแสดงตำแหน่งการ crossover ที่สรุปไว้อย่างเข้าใจง่ายดังรูปที่ 3.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 รูปแบบของ crossover

ที่มา: Wardlaw and Sharif

(3) Mutation

เป็นขั้นตอนที่ Gene ถูกปรับเปลี่ยนดัดแปลงให้ผิดแผกไปจากโครโมโซมพ่อ แม่ โดยสิ้นเชิงภายใต้การควบคุมของ probability of mutation (Pm) ในสมัยดั้งเดิมที่ Gene แสดงค่าเป็นไบนารี่ การดัดแปลง Gene (mutation) ก็คือ การเปลี่ยนค่า 0 เป็น 1 หรือในทางกลับกันจาก 1 เป็น 0 ในปัจจุบัน Gene อาจเป็นค่าจำนวนจริง มีรูปแบบการดัดแปลง Gene เกิดขึ้นอีกมาก Michalewicz (1992) ได้จำแนกไว้ 3 แบบคือ

ก) Uniform Mutation ค่าของ Gene ถูกเปลี่ยนแปลงภายใต้ Range ที่กำหนด

ข) Modified Uniform Mutation ค่าของ Gene ถูกเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าคงที่เพียงค่าเดียว

ค) Non – Uniform Mutation ค่าของ Gene ถูกเปลี่ยนแปลงโดยใช้ค่าที่ค่อยๆ ลดลงเมื่อจำนวนรุ่น (Generation) เพิ่มมากขึ้น

3.7.4 Parameters ของ GAs

(1) Probability of Crossover

Probability of Crossover คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ Crossover ขึ้นระหว่าง Chromosome พ่อและแม่ โดยถ้าค่า Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 100% ซึ่งแปลว่า Offspring ที่เกิดขึ้นมีการ Crossover เกิดขึ้นทั้งหมด แต่ถ้า Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0 % ซึ่งแปลว่า Offspring ที่เกิดขึ้นไม่มีการ Crossover เกิดขึ้นทำให้ประชากรรุ่นใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นไม่แตกต่างจากประชากรรุ่นเดิม เนื่องจากเป็นการคัดลอกจากประชากรรุ่นเดิมทั้งหมด

Probability of Crossover เป็นตัวที่ใช้ควบคุมประสิทธิภาพของ Crossover หากไม่มีการเกิด Crossover ขึ้น ทำให้ Offspring ที่เกิดขึ้นเป็นการคัดลอกมาจากประชากรในรุ่นเดิม ถ้าเกิดมีการ Crossover ขึ้นทำให้ Offspring ที่เกิดขึ้นเป็นการคัดลอกบางส่วนมาจากพ่อและบางส่วนมาจากแม่ การเกิด Crossover ทำให้คาดได้ว่า Chromosome ใหม่ที่เกิดขึ้นนั้นมี Gene ที่มีค่าที่ดีของทั้ง Chromosome พ่อและแม่ปนอยู่ด้วยกันซึ่งทำให้ Chromosome ของ Offspring นั้นมีค่าที่ดีกว่า Chromosome เก่า

(2) Probability of Mutation

Probability of Mutation คือ ความน่าจะเป็นที่เกิดการ Mutate ขึ้นกับ Gene ใน Chromosome นั้นๆ โดยถ้าค่า Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 100 % แสดงว่าเกิดการ Mutate ขึ้นกับ Gene ทั้งหมดของทุก Chromosome ทำให้ค่าของ Gene ใน Chromosome เป็นค่าที่ไม่ถูกต้อง (Fact Invert) แต่ถ้าไม่เกิด Mutate ขึ้น (Mutation Probability เท่ากับ 0%) ทำให้ได้ประชากรที่ไม่ดีนัก เพราะการเกิด Mutate มีโอกาสที่อาจทำให้ได้ค่าที่ดีขึ้น

Probability of Mutation เป็นตัวที่ใช้ควบคุมประสิทธิภาพของ Mutate หากไม่เกิดการ Mutate ขึ้น Offspring ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเกิด Crossover กลายเป็นประชากรในรุ่นต่อไปแต่ถ้าหากมีการเกิด Mutate ขึ้น Offspring ที่เกิดขึ้นภายหลังจากการเกิด Crossover มี Gene บางส่วนถูกเปลี่ยนแปลงไปก่อนที่กลายเป็นประชากรในรุ่นต่อไป

GAs เป็นวิธีการค้นหาค่าแบบสุ่มที่เลียนแบบจากสภาพทางธรรมชาติ ดังนั้นการเกิด Mutate ควรเกิดขึ้นได้ แต่ไม่ควรเกิดขึ้นบ่อยครั้งนัก เพราะการเกิด Mutate อาจทำให้ได้ค่าที่

ดีขึ้นหรือไม่ก็ได้ อีกทั้งการ Mutation ช่วยป้องกันไม่ให้ GAs ได้ค่าที่ไม่ใช่ค่าความเหมาะสมที่แท้จริง (Local Extreme)

Probability of Mutation สามารถที่แปลงค่าให้อยู่ในรูปแบบของจำนวน Gene ที่เกิดการ Mutation ต่อ Chromosome (Number of Mutation per Chromosome) ได้ดังแสดงในสมการ 3.2

$$\text{Probability of Mutation} = \frac{\text{Number of Mutation per Chromosome}}{\text{Chromosome Length}} \qquad (3.2)$$

(3) ขนาดของประชากร (Population Size)

ขนาดของประชากรในแต่ละรุ่น (Generation) มีผลต่อการแก้ปัญหา เนื่องจากถ้ามีจำนวนประชากรมีน้อยๆ ทำให้มีความเป็นไปได้ที่เกิดการ Crossover เพียงไม่กี่ครั้งแล้วครอบคลุมทั้ง Search Space แต่ในทางกลับกันหากมีจำนวนประชากรมากๆ การคำนวณของ GAs ในแต่ละรุ่นใช้เวลามากขึ้นตามจำนวนประชากร จากการวิจัยกับหลายๆ ปัญหาที่ผ่านมาพบว่า การเพิ่มขนาดของประชากรให้มีจำนวนมากขึ้นจนเกินขนาดที่เหมาะสมก็ไม่สามารถทำให้คำตอบที่ได้จากการแก้ปัญหา มีค่าดีขึ้นได้

ข้อได้เปรียบของ GAs เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ

เมื่อนำ GAs ไปเปรียบเทียบกับวิธีการหาความเหมาะสมอื่นๆเช่น LP, DP พบว่ามีความแตกต่างจากกัน ซึ่งทำให้ GAs ได้เปรียบกว่าวิธีการอื่นๆ ดังนี้ (Goldberg,1989)

(1) GAs ดำเนินการด้วยการแปลงรูปแบบของตัวพารามิเตอร์ ไม่ได้ใช้ตัวพารามิเตอร์โดยตรง ซึ่งมีประโยชน์ในกรณีที่มีตัวแปรมาก หรือตัวแปรมีลักษณะที่ไม่สามารถหาค่าความเหมาะสมได้พร้อมกัน

(2) GAs ดำเนินการหาคำตอบจากประชากรของจุดทั้งหมด ไม่ได้ค้นหาคำตอบจากจุดใดจุดหนึ่ง ดังนั้นโอกาสที่พบคำตอบที่เป็นค่าที่เหมาะสมสูงสุดที่แท้จริงจึงมีมากขึ้น

(3) GAs ใช้ Objective Function เป็นเพียงแนวทางและตัวชี้นำเท่านั้น ไม่ได้หาคำตอบจากตัว Objective Function โดยตรง จึงเหมาะสมกับฟังก์ชั่นที่ยุ่งยากซับซ้อน

(4) GAs ใช้วิธีการทาง Probabilistic ไม่ใช่ Deterministic