
ภาค II

การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ EVOLUTIONARY COMPUTING

การคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (evolutionary computation) เป็นการคำนวณที่เลียนแบบขั้นตอนการวิวัฒนาการของธรรมชาติ โดยปกติแล้วธรรมชาติก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา สิ่งมีชีวิตที่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้นี้ จะต้องมีความสามารถในการปรับตัวให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมได้ จึงจะเป็นผู้ที่อยู่รอดในธรรมชาติ กระบวนการที่มี “วิวัฒนาการ” คือการปรับตัวที่มุ่งหมายให้เกิดความสามารถในการอยู่รอด ไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนการถูกคัดเลือกโดยธรรมชาติ (selection) การรอดชีวิตด้วยความเหมาะสมที่สุด (fittest) การกำเนิดใหม่ (reproduction) การกลายพันธุ์หรือมิวเทชัน (mutation) การแข่งขัน (competition) และภาวะการอยู่ร่วมกัน (symbiosis)

การคำนวณเชิงวิวัฒนาการใช้หลักการจากทฤษฎีของดาร์วิน (Darwinism) ว่าด้วยเรื่องของวิวัฒนาการ จากยุค 60 การคำนวณดังกล่าวได้เริ่มพัฒนาเป็นศาสตร์การคำนวณสามแขนงจากสามมุมโลก Lawrence Fogel ได้นำเสนอการโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Programming หรือ EP) ในขณะที่ John Holland ได้พัฒนา จีแนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm หรือ GA) ขึ้นมา งานทั้งสองแขนงเริ่มต้นขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนในเยอรมนีอีก 15 ปีถัดมา Ingo Rothenberg และ Hans-Paul Schwefel ได้นำเสนอกลยุทธ์เชิงวิวัฒนาการ (Evolution Strategies หรือ ES) ในทศวรรษที่ 90 งานดังกล่าวได้ถูกนิยามรวมกันเป็นการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ แต่เพียงอย่างเดียว พร้อมกับการเกิดของการโปรแกรมจีแนติก (Genetic Programming หรือ GP) ผลลัพธ์จาก GP ได้ถูกรายงานเป็นครั้งแรกจาก Stephen Smith ในปีค.ศ.1980 หลังจากนั้นก็ได้มีผู้พัฒนาประยุกต์ใช้ GP พร้อมทั้งนำเสนอผลงานสู่สาธารณะอีกมากมาย อัลกอริทึมทั้งสี่รวมเรียกว่าอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithm หรือ EA)

การโปรแกรมเชิงวิวัฒนาการหรือ EP ถูกใช้ในการจำลองการวิวัฒนาการ ที่เป็นขั้นตอนการเรียนรู้เชิงปัญหา-ประดิษฐ์ Fogel ได้ใช้เครื่องสถานะจำกัด (finite state machines) เป็นกลไกหลักในการทำนายและวิวัฒนาการ ในปัจจุบัน EP ได้ถูกใช้เรียกแทนการคำนวณเชิงวิวัฒนาการทั่วไป เราคุ้นเคย EP กับ ES ว่าเป็นสิ่งเดียวกัน ถึงแม้ว่าเนื้อหาของบางส่วนของ EP นั้นต่อมาได้คล้ายคลึงกับ GP (แตกต่างเพียงโครงสร้างโปรแกรมที่คงที่ และมีเพียงพารามิเตอร์เชิงตัวเลขเท่านั้นที่มีการวิวัฒนาการ) กลไกในการแปรเปลี่ยนประชากรหรือคำตอบใน EP จะใช้มิวเทชันเป็นหลัก ด้วยหลักการแทนที่ประชากรแบบ $(\mu + \mu)$

จีแนติกอัลกอริทึมหรือ GA เป็นเทคนิคการค้นหาคำตอบ สำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงผสมผสาน เช่นเดียวกันกับ EP ในการทำงานของ GA นั้น ได้แรงบันดาลใจมาจากกระบวนการวิวัฒนาการของธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นการถ่ายทอดพันธุกรรม มิวเทชัน คrossover การคัดเลือก ไปจนถึงการแทนที่ ปฏิบัติการทั้งหมด

จะเกิดขึ้นกับคำตอบของ GA ที่ซึ่งอยู่ในรูปของโครโมโซม (หรือจีโนไทป์) ประชากรของ GA ประกอบไปด้วยโครโมโซมจำนวนต่างๆ ในแต่ละรุ่นประชากรของ GA โครโมโซมจะมีวิวัฒนาการไปในทิศทางที่ดีขึ้น โครโมโซมใหม่ที่ดีกว่าจะถูกนำไปแทนที่โครโมโซมเก่า โครโมโซมที่ผ่านการประเมินที่ดีที่สุดจะอยู่รอดและกลายเป็นคำตอบของระบบ (หรือฟีโนไทป์) ในที่สุด

กลยุทธ์วิวัฒนาการหรือ ES เป็นเทคนิคการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ที่มีรายละเอียดคล้ายคลึงกันกับ GA ความแตกต่างอยู่ที่รูปแบบการแทนคำตอบของระบบใน ES จะใช้เป็นค่าจริง (ฟีโนไทป์) พร้อมกับปฏิบัติการทางพันธุกรรมเช่นมิวเทชัน ที่ซึ่งใช้การสุ่มเปลี่ยนคำตอบด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ก่อให้เกิดการวิวัฒนาการของคำตอบที่ดีขึ้นได้ คำตอบที่ดีกว่าถูกคัดเลือกจากการประเมินค่าความเหมาะสม รูปแบบการโครงสร้างง่ายๆ ของ ES เช่น (1+1)-ES มีเพียงประชากรพ่อแม่ 1 ชุดและประชากรลูก 1 ชุด ที่ซึ่งได้มาจากการทำมิวเทชันของประชากรพ่อแม่ ถ้าประชากรลูกที่ดีกว่าพ่อแม่ ประชากรลูกนั้นจะกลายเป็นประชากรพ่อแม่ในรุ่นถัดไป หรือใน (1+ λ)-ES ประชากรพ่อแม่จะให้กำเนิดประชากรลูกจำนวน λ ชุด ที่ซึ่งจะต้องมีการคัดเลือกประชากรลูกที่ดีที่สุด เพื่อมาใช้แทนประชากรพ่อแม่ในรุ่นต่อไป ในทำนองเดียวกัน (μ + λ)-ES คือกลยุทธ์วิวัฒนาการที่มีจำนวนประชากรพ่อแม่ μ ชุดและประชากรลูก λ ชุด จุดเด่นของ ES คือโครงสร้างที่ง่ายกว่า GA แต่ยังคงประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้

การโปรแกรมจินเนติกหรือ GP เป็นอัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการอีกอย่างหนึ่ง ที่ได้แรงบันดาลใจจากการวิวัฒนาการของธรรมชาติ ในการค้นหาคำสั่งสำหรับคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานตามที่ต้องการได้ เราสามารถพิจารณา GP เป็น GA ได้เพียงแต่กำหนดให้โครโมโซมเป็นชุดคำสั่ง แทนที่จะเป็นคำตอบของระบบในเชิงตัวเลข ดังนั้น GP จึงเป็นเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดของชุดคำสั่งของคอมพิวเตอร์ ที่สามารถแก้ปัญหาในระดับสูงได้ ในศตวรรษที่ 20 เป็นต้นมา ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทั้งของ GP และคอมพิวเตอร์ ทำให้ GP สามารถทำงานในด้านใหม่ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ เกมส์คอมพิวเตอร์ การเรียงลำดับ รวมไปถึงสิทธิบัตรการทำงานของ GP อีกมากมาย แสดงถึงการได้รับการยอมรับในประสิทธิภาพของ GP อย่างแท้จริง

ในภาคนี้มีเนื้อหาครอบคลุมการคำนวณเชิงวิวัฒนาการ (evolutionary computing หรือ EC) ที่ซึ่งจำลองกระบวนการวิวัฒนาการของธรรมชาติ อัลกอริทึมเชิงวิวัฒนาการหลายๆ อย่างได้ถูกนำเสนอและได้เป็นที่ยอมรับในการนำมาประยุกต์ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื้อหาในส่วนนี้ได้นำเสนอการคำนวณเชิงวิวัฒนาการสามแบบ ได้แก่ จินเนติกอัลกอริทึม (GA) กลยุทธ์เชิงวิวัฒนาการ (ES) และการโปรแกรมจินเนติก (GP) อย่างไรก็ตาม ได้มีนำเสนอการคำนวณเชิงวิวัฒนาการแบบอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นวิวัฒนาการเชิงแตกต่าง (differential evolution) วิวัฒนาการเชิงวัฒนธรรม (cultural evolution) หรือวิวัฒนาการร่วม (co-evolution) รายละเอียดของวิธีการคำนวณต่างๆ เหล่านี้ยังคงมีหลักแนวคิดที่ใกล้เคียงกัน รายละเอียดของจินเนติกอัลกอริทึมหรือ GA จะได้ถูกกล่าวพิจารณาเป็นอันดับแรกในบทถัดไปนี้ โดยจะพิจารณารายละเอียดองค์ประกอบของ GA ในเชิงลึกและใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษา EC แบบอื่นๆ อันได้แก่ ES และ GP ต่อไป

