

### การจำลองรูปแบบของระบบทางไดนามิกด้วยคอมพิวเตอร์

ในอดีต การพัฒนาทางเศรษฐกิจของสังคมและประเทศมักจะประสบอุปสรรคบางประการ เพราะเป็นการพัฒนาระบบขนาดใหญ่ของประเทศที่มีปัจจัยเกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์ปัญหาที่ดี จึงจะทำให้การพัฒนาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในปัจจุบันการพัฒนาทางคอมพิวเตอร์ได้เจริญรุดหน้าและนำมาใช้วิเคราะห์ระบบขนาดใหญ่ๆ แก่ปัญหาต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว ด้วยการศึกษาพฤติกรรมของระบบจำลองเป็นรูปแบบอันหนึ่ง และคำนวณหาผลลัพธ์ด้วยคอมพิวเตอร์ มีการพัฒนาภาษาจำลองทางคอมพิวเตอร์ขึ้นหลายภาษา เช่น GPSS II, SIMSCRIPT, GASP, DYNAMO และ SIMULATE เป็นต้น

การศึกษาระบบทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น การพัฒนาผู้นำเพื่อการเกษตรและชลประทาน การเร่งรัดพัฒนาชนบท การพัฒนาระบบขนส่งมวลชน การพัฒนาการศึกษา เป็นต้น ต่างสามารถจัดเป็น "ระบบทางไดนามิก" ซึ่งมีองค์ประกอบต่างๆ เปลี่ยนแปลงอย่างไม่หยุดนิ่ง เป็นระบบที่ขึ้นกับเวลาอย่างไม่ต่อเนื่อง และสามารถจำลองเป็นรูปแบบที่ดำเนินการคำนวณด้วยภาษาจำลอง DYNAMO รูปแบบจำลองด้วยภาษา DYNAMO เป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย แสดงผลออกมาอย่างชัดเจน สะดวกกับการเปลี่ยนแปลงแก้ไขให้ได้ระบบของการพัฒนาที่ดี

#### เหตุผลของการจำลองรูปแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (18)

การแสวงหาความรู้และความต้องการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต เป็นลักษณะประจำของมนุษย์ตั้งแต่ในอดีต นักวิทยาศาสตร์สมัยก่อนเช่น ARISTOTLE, EUCLID และคนอื่นๆ ได้พยายามคิดค้นวิทยาการมาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ และเป็นแนวความคิดในการทำนายเหตุการณ์ในอนาคต วิธีการเช่นนี้ถือเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ Sir Francis Bacon ได้อธิบายวิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นขั้นตอนไว้ดังนี้

- ก. การสังเกต ศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมของระบบต่างๆ
- ข. ตั้งสมมติฐานหรือรูปแบบทางคณิตศาสตร์ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์และพฤติกรรมของระบบ

ค. ทำนายพฤติกรรมของระบบโดยอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาผลลัพธ์ของรูปแบบที่สร้างขึ้นในข้อ ข.

ง. ทำเนิการทดลอง เพื่อทดสอบความเป็นจริงของสมมติฐานหรือรูปแบบทางคณิตศาสตร์

การศึกษาาระบบต่างๆด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น บางครั้งจะประสบปัญหายุ่งยากประการแรก การสังเกตศึกษาปรากฏการณ์และพฤติกรรมของระบบที่เป็นจริงบางอย่างเป็นไปได้ยาก เช่น การส่งยานอวกาศไปโคจรนอกโลกในครั้งแรกๆ เราไม่มีข้อมูลที่แท้จริงเกี่ยวกับผลการบินของมนุษย์นอกรวงโคจรของโลกมาก่อนเลย การส่งนักบินอวกาศไปบินโคจรนอกโลกเลยที่เคียวยอมเป็นไปได้ เพราะจะเป็นการเสี่ยงต่อชีวิตของมนุษย์มาก วิธีการที่องค์การการบินในอวกาศได้กระทำอย่างไคยล ก็คือการจำลองการบินเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์และคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อทดสอบการบินและทดสอบสมรรถภาพทางร่างกายของมนุษย์ในระดับสูงๆนอกรวงโคจร ซึ่งต้องใช้เวลาเป็นแรมเดือนแรมปีเช่นเคียวกับการศึกษาาระบบทางเศรษฐกิจและสังคมอื่นๆ ก็จะเป็นต้องมีการจำลองเป็นรูปแบบ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของระบบก่อน

ประการที่สอง ระบบที่ศึกษาอาจเป็นระบบเชิงซ้อนที่ยุง เป็นการยากที่จะจัดเป็นชุดของสมการทางคณิตศาสตร์ที่จะคำนวณวิเคราะห์หาคำตอบ ระบบทางเศรษฐกิจและสังคมเป็นระบบที่ยุงยากซับซ้อนก็จำเป็นต้องจำลองเป็นรูปแบบ แล้วจึงคยดำเนินการคำนวณวิเคราะห์หาผลลัพธ์ เพราะเป็นวิธีการที่ได้ผลดีที่สุด

ประการที่สาม ถึงแม้ว่าเราสามารถตั้งสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อแสดงระบบที่ศึกษาได้ แต่ระบบที่ศึกษาอาจเป็นระบบที่เปลี่ยนแปลงไม่หยุดนิ่งและไม่แน่นอน ก็เป็นการยากอีกที่จะตัดสินใจหรือรับรองคำตอบของระบบที่ได้ว่าดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด ปัจจุบันวิทยาการทางคณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ได้ช่วยแก้ปัญหานี้ได้ เพราะวิธีการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์เป็นวิธีการวิเคราะห์เลขจำนวนที่มีประสิทธิภาพในการแก้สมการดิฟเฟอเรนซ์อันดับสูงๆรูปแบบ แบบ Stochastic ที่ยุงยากและปัญหาทางคณิตศาสตร์อื่นๆ

นอกจากเหตุผลของการเลือกใช้การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ที่กล่าวไว้ข้างต้น เรายังใช้ประโยชน์อื่นได้อีกเช่น

- ก. การจำลองเป็นรูปแบบของระบบต่างๆ สามารถเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงรูปแบบได้ง่ายอันเป็นการปรับปรุงระบบที่ศึกษาให้ดียิ่งขึ้น
- ข. รูปแบบจำลองสามารถใช้เป็นอุปกรณ์เพื่อการสอนนักศึกษาและผู้ปฏิบัติการได้ดี
- ค. การจำลองระบบที่ซับซ้อน ทำให้เราเข้าใจความสัมพันธ์องค์ประกอบต่างๆ ของระบบได้ดี
- ง. การจำลองระบบที่ใหญ่ซับซ้อน สามารถแบ่งระบบย่อยที่เล็กลงได้ง่าย และทำการวิเคราะห์ระบบย่อยเป็นส่วนๆ ไป

### ภาษาจำลองทางคอมพิวเตอร์ (19)

การจำลองรูปแบบของระบบต่างๆ เช่นระบบทางเศรษฐศาสตร์บริหารธุรกิจ เรามักจะสร้างเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์เสียก่อน โดยจะเขียนเป็น flow chart เพื่ออธิบายพฤติกรรมของระบบที่ต้องการศึกษาจาก flow chart จึงค่อยเปลี่ยนเป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ แล้วดำเนินการคำนวณหาผลลัพธ์ต่อไป การเปลี่ยน flow chart เป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ อาจเขียนด้วยภาษาที่นิยมใช้อยู่ทั่วไป เช่น FORTRAN, ALGOL, COBOL หรือ PL/I ซึ่งจะพิจารณาจากลักษณะของรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ชนิดของระบบที่ศึกษา และลักษณะของผลลัพธ์ที่ต้องการ

การเขียนโปรแกรมของรูปแบบที่จำลองขึ้นด้วยภาษาที่นิยมทั่วไป จะมีปัญหายุ่งยากในด้านการเรียงลำดับขั้นตอนของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในรูปแบบ ซึ่งจะทำให้เกิดการผิดพลาดในการคำนวณ และจะเสียเวลาในการเปลี่ยน flow chart เป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก ดังนั้นจึงมีผู้คิดพัฒนาภาษาทางคอมพิวเตอร์ขึ้นใหม่ที่เรียกภาษาจำลอง (Simulation Languages) ขึ้นหลายภาษาคู่กัน เพื่อใช้เขียนโปรแกรมสำหรับรูปแบบและระบบแบบต่างๆ กัน เช่น GPSS II, SIMSCRIPT, GASP, SIMPAC, DYNAMO, SIMULATE เป็นต้น ภาษาต่างๆ ที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะมีจุดประสงค์เพื่อ

- ก. เพื่อใช้เป็นโครงสร้างทั่วไปสำหรับการออกแบบสร้างรูปแบบจำลองต่างๆ
- ข. เพื่อเปลี่ยนรูปแบบจำลองเป็นโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว
- ค. เพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงปรับปรุงรูปแบบจำลองได้อย่างรวดเร็ว

ง. ให้ผลลัพธ์ที่ออกมามีลักษณะสะดวกและง่ายแก่การวิเคราะห์  
การใช้ภาษาจำลองนี้ จะช่วยลดเวลาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมเป็น  
อย่างมาก ขณะเดียวกันจะมีผลทำให้เวลาการคำนวณและค่าใช้จ่ายของคอมพิวเตอร์  
สูงขึ้น แต่ปัจจุบันวิทยาการทางคอมพิวเตอร์เจริญรุดหน้ามาก ทำให้เวลาในการคำนวณ  
และค่าใช้จ่ายต่ำลง ดังนั้น ภาษาจำลองต่างๆจึงเป็นที่นิยมใช้ในการจำลองรูปแบบระบบ  
ต่างๆ และได้รับการพัฒนาให้ดียิ่งๆขึ้นเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน

ภาษาจำลองต่างๆนี้ แต่ละภาษาก็มีข้อดี ข้อเสียและเหมาะสำหรับระบบ  
เฉพาะอย่างต่างกันเช่น ภาษา GPSS II จะเหมาะกับปัญหาพวกการกำหนดการ  
( Scheduling ) และแถวรอคอย ( waiting line problem ) ภาษา DYNAMO  
และ SIMULATE จะเหมาะสำหรับระบบทางเศรษฐกิจขนาดใหญ่ที่มีกลไกการป้อนกลับ  
เป็นต้น การพิจารณาใช้ภาษาจำลองจะขึ้นกับลักษณะของปัญหาที่ศึกษา ส่วนใหญ่ บางครั้ง  
อาจพิจารณาถึงในแง่ของการใช้คอมพิวเตอร์ เช่น ความสะดวกในการใช้ computer  
hardware ความรู้ความสามารถทางภาษาของผู้เขียนโปรแกรม ค่าใช้จ่ายของ  
การเขียนโปรแกรมต่อหน่วยเวลา และค่าใช้จ่ายตามเวลาของคอมพิวเตอร์เป็นต้น

การสร้างรูปแบบจำลองของการพัฒนาคณะวิศวกรรมศาสตร์นี้ ได้พิจารณา  
เลือกใช้ภาษาจำลอง DYNAMO ด้วยเหตุผลต่างๆดังนี้

ก. ภาษา DYNAMO ได้วิวัฒนาการมาจากทฤษฎีระบบทางไดนามิก  
ซึ่งเป็นระบบที่มีปัจจัยเปลี่ยนแปลงอย่างไม่หยุดนิ่งเป็นวงรอบป้อนกลับ สอดคล้องกับ  
การวิจัยเพื่อวางแผนพัฒนาการศึกษาอันจัดเป็นระบบทางไดนามิกระบบหนึ่ง

ข. ภาษา DYNAMO เป็นภาษาที่มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับภาษา FORTRAN  
และมีลักษณะการคำนวณคล้ายคลึงกับการคำนวณทางแอนนาลอกคอมพิวเตอร์ ดังนั้น  
ผู้วิจัยและบุคคลทั่วไปที่มีความรู้ทั้งทาง FORTRAN และแอนนาลอกคอมพิวเตอร์  
จึงใช้เวลาในการศึกษา ภาษา DYNAMO เพียงเล็กน้อยก็สามารถนำมาใช้งานได้เป็นอย่างดี

ค. ภาษา DYNAMO ให้ผลลัพธ์ออกมาในลักษณะของตารางบอกค่า และ  
กราฟที่พลอตค่าเทียบกับเวลา ทำให้สะดวกแก่การพิจารณาและวิเคราะห์ผลลัพธ์มาก

ง. ภาษา DYNAMO สามารถเปลี่ยนแปลงปรับปรุงรูปแบบสะดวกมาก โดย  
การเปลี่ยนค่าคงที่หรือตารางของรูปแบบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

## รูปแบบระบบทางไดนามิก (11). (18)

ระบบทางไดนามิก (System Dynamics Modeling) เป็นสาขาวิชาที่เริ่มแรกมาจากงานของ Jay W. Forrester ศาสตราจารย์ทาง Industrial Management แห่งสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซต เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับจำลองระบบที่เปลี่ยนแปลงไม่หยุดนิ่ง (Dynamic) เพื่อช่วยในการวางแผนและพัฒนาระบบให้ดีขึ้น จะกล่าวถึงทฤษฎีของระบบป้อนกลับครบวงจร (closed-loop feedback) ความรู้เกี่ยวกับวิธีการตัดสินใจ การสร้างรูปแบบแสดงระบบเชิงซ้อนเป็นชุดของสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อกำเนินการคำนวณด้วยภาษา DYNAMO

ระบบทางไดนามิกเป็นวิธีการที่วิเคราะห์พฤติกรรมของระบบเชิงซ้อนต่างๆที่ประกอบด้วย ปัญหาทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม อุตสาหกรรม และการปกครอง แสดงโครงสร้างของระบบและนโยบายที่ใช้ในการตัดสินใจบังคับพฤติกรรมของระบบ โครงสร้างในที่นี้จะหมายถึงองค์ประกอบของระบบและความสัมพันธ์ของข่าวสารที่เกี่ยวข้อง ส่วนนโยบายจะหมายถึง กฎ ระเบียบข้อบังคับต่างๆที่ช่วยในการตัดสินใจ

ขั้นตอนของวิธีการของศาสตราจารย์ Forrester ที่ใช้เพื่อสร้างรูปแบบทางคอมพิวเตอร์มีดังนี้

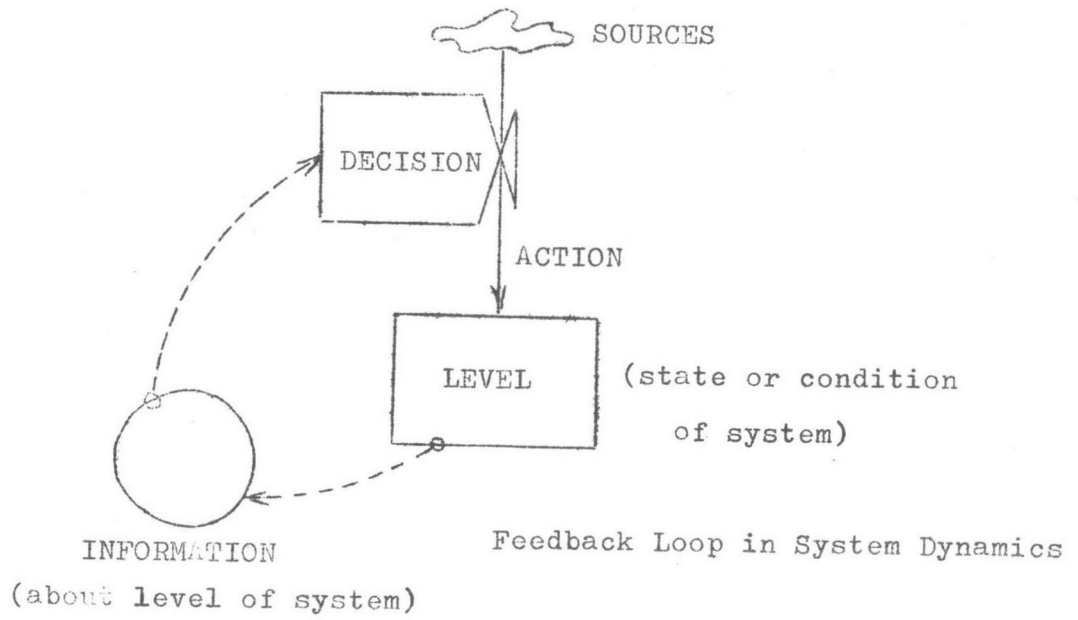
1. กำหนดรูปแบบทางใจ ( mental model ) ในรูปลักษณะการพูดด้วยถ้อยคำ ( Verbal discription )

2. แสดงรูปด้วยถ้อยคำ ( Verbal model ) ในลักษณะของ Flow diagram

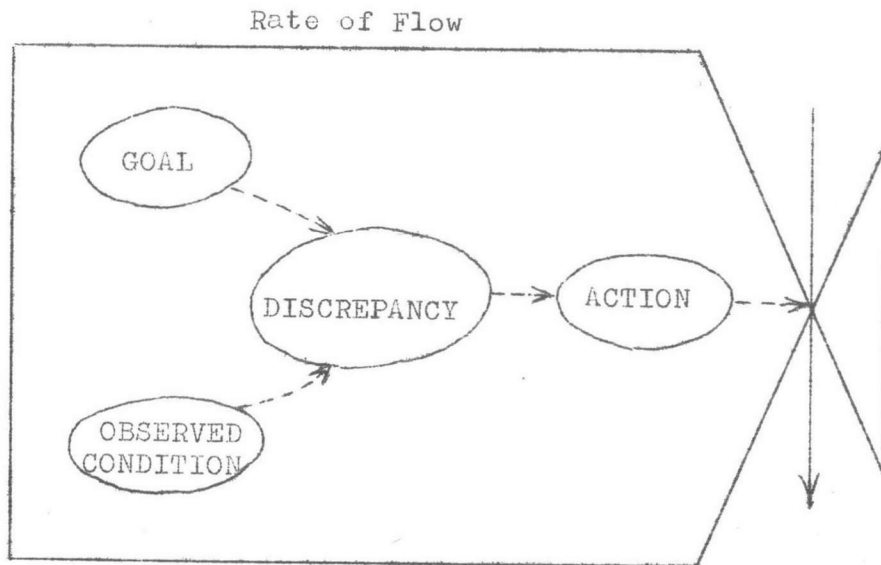
3. เปลี่ยน Flow diagram เป็นชุดของสมการดิฟเฟอเรนซ์ สมการเหล่านี้จะสามารถคำนวณได้ด้วยมือ แต่ต้องใช้เวลานานมากๆ เมื่อเทียบกับการคำนวณด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์

องค์ประกอบสำคัญ 2 อย่างของโครงสร้างในระบบทางไดนามิก คือ Levels และ Rates

Levels จะแสดงการสะสมของทรัพยากรที่ไหลในระบบเช่น รายการของสินค้าประชากร เป็นการอธิบายสถานะภาพของระบบที่เวลาเฉพาะหนึ่ง



รูปที่ 2 วงรอบป้อนกลับของระบบทางไดนามิก



รูปที่ 3 ลักษณะการไหลของวัฏธรร่างๆ

**Rate of Flow** จะเป็นอัตราการเปลี่ยนแปลงเพื่อแสดงพฤติกรรมของระบบเป็นงานตัดสินใจของระบบ เช่น การเคลื่อนที่สินค้า การอพยพ ตัวแปรของ Rate จะเป็นตัวชี้บอกความเร็วของการเปลี่ยนแปลงของ Level ซึ่งตัวแปรนี้จะขึ้นกับค่าปัจจุบันของตัวแปร Level และค่าคงที่เท่านั้น ในวงรอบป้อนกลับ หนึ่ง ๆ (closed-loop feedback) มีเพียง Level และ Rate เท่านั้นหรืออาจประกอบด้วย ตัวแปรตัวคงที่อื่นๆก็ได้ สัญลักษณ์ของ Level, Rate และส่วนประกอบของตัวแปรอื่นๆ จะแสดงในภาคผนวก

เพื่อที่จะให้คุ้นเคยกับองค์ประกอบในข้างต้น ในรูปที่ 2 จะแสดงวงรอบป้อนกลับของระบบทางไดนามิค

ในรูปที่ 2 ประกอบด้วย Level ของระบบ, rate information และ action ต่อกันเป็นลูกโซ่ในทิศทางที่ information flow กรรมวิธีการตัดสินใจ จะควบคุม action ที่มีผลต่อการไหลเข้าใน level ขณะเดียวกัน information ของสถานภาพของ level ก็จะไปขยายกรรมวิธีการตัดสินใจอีกที่หนึ่งจนครบวง ลักษณะเป็นวงรอบป้อนกลับอันหนึ่งในระบบที่เป็นจริงอาจมีหลายวงรอบป้อนกลับที่มีอันตบที่หนึ่งหรืออันตบสูงกว่า อาจเป็นการป้อนกลับแบบบวกหรือลบต่อเชื่อมเป็นลูกโซ่เข้าด้วยกัน

**Rate of Flow** จะแสดงงานตัดสินใจของระบบจะประกอบด้วย 4 ส่วนย่อยดังในรูปที่ 3 คือเป้าหมายหรือสถานภาพที่ต้องการ สถานภาพที่ศึกษา ความแตกต่างของสถานภาพทั้งสอง และปฏิกิริยาซึ่งขึ้นกับความแตกต่างของสถานภาพ เมื่อรวมทั้ง 4 ส่วนย่อยเข้าด้วยกันก็จะเป็นชุดของกรรมวิธีตัดสินใจที่สมบูรณ์

ภาษาจำลอง DYNAMO (12), (18)

Phyllis Fox และ Alexander L. Fugh แห่งสถาบันเทคโนโลยีแห่งแมสซาชูเซต ได้คิดค้นภาษาทางคอมพิวเตอร์เฉพาะอย่างสำหรับคำนวณหารูปแบบจำลองที่ตัวแปรเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องกับเวลา เรียกภาษา DYNAMO (ย่อมาจาก Dynamic Model) เพื่อจุดประสงค์ในการจำลองระบบทางไดนามิค ประโยชน์ส่วนใหญ่ของ DYNAMO ใช้ในการจำลองระบบทางเศรษฐกิจขนาดใหญ่และระบบพัฒนา

ต่างๆ Jay W. Forrester ได้พยายามแก้ไขคัดแปลงสัญลักษณ์และรูป Flow chart ของระบบทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมให้สามารถเปลี่ยนมาเป็นโปรแกรมของ DYNAMO

ลักษณะของภาษา DYNAMO มีส่วนคล้ายกับภาษา FORTRAN มากกว่า ภาษาจำลองอื่นๆ เช่น GPSS, SIMSCRIPT และ SIMPAC ในภาษา DYNAMO

จะมีคำสั่งอยู่ 2 แบบ คือเป็น equation กับ direction เพื่อคำนวณหาคำตอบ ที่เป็นตัวเลขของชุดสมการดิฟเฟอเรนเชียลซึ่งแทนระบบที่กำลังศึกษาที่ละชั้น

องค์ประกอบเบื้องต้นของภาษา DYNAMO มีส่วนคล้ายคลึงกับภาษา FORTRAN เพราะว่าประกอบไปด้วย

- ก. Variables
- ข. Constants
- ค. Subscripts
- ง. Equations
- จ. Functions

ตัว Variables ของภาษา DYNAMO ยังแบ่งย่อยออกเป็น Levels, auxiliaries rates, supplementary variable, boxcar trains และคำ initial สมการของภาษา DYNAMO จะแยกเป็น levels, rates หรือ boxcar ส่วน Function ของ Subroutine ของภาษา DYNAMO จะประกอบด้วย

- |                       |                                  |
|-----------------------|----------------------------------|
| 1. Exponential        | 9. Ramp function                 |
| 2. Logarithmic        | 10. Samplers                     |
| 3. Square root        | 11. Maximum and minimum function |
| 4. Trigonometric      | 12. Limiting function            |
| 5. Uniform variates   | 13. Switch function              |
| 6. Normal variates    | 14. Table function               |
| 7. Third-order delays | 15. Summing function             |
| 8. Step function      |                                  |



ในการ run โปรแกรมด้วยภาษา DYNAMO จะประกอบด้วย 6 Phases ดังต่อไปนี้

1. Input phase เป็นการอ่านบัตรที่แสดงลักษณะของรูปแบบที่ศึกษา และเตรียมค่าต่างๆใน table ไว้สำหรับ phase ต่อไป
2. General phase เป็นการแปลงลักษณะของรูปแบบให้เป็นคำสั่งของเครื่องคอมพิวเตอร์
3. Running phase เป็นการคำนวณค่าตัวแปรต่างๆของรูปแบบและเตรียมข้อมูลไว้สำหรับพิมพ์และ plot
4. Printing phase เป็นการพิมพ์ข้อมูลเป็นตารางตามความต้องการที่สั่งไว้ในบัตร PRINT
5. Plotting phase เป็นการ plot ข้อมูลตามความต้องการที่สั่งไว้ในบัตร PLOT
6. Rerun phase เป็นการเปลี่ยนแปลงแก้ไขตัวคงที่เพื่อส่งไป run รูปแบบใหม่อีกในคอน running phase

การเขียนโปรแกรมของภาษา DYNAMO จะมีขั้นตอนตามลำดับดังนี้

- ก. สร้างรูปแบบทางคณิตศาสตร์ของระบบที่ศึกษาด้วยสัญลักษณ์
- ข. กำหนดค่าตัวเริ่มต้นของระบบ
- ค. กำหนดข้อมูลเข้า
- ง. กำหนดค่าตัวคงที่กับรูปแบบ
- จ. กำหนดค่าตัวแปรที่ต้องการพิมพ์และ plot
- ฉ. ตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ
- ช. กำหนดระยะเวลาที่ต้องการจำลอง

การ run จะเริ่มต้นจากค่าตั้งต้นที่กำหนดไว้ในสมการและคอมพิวเตอร์ก็จะคำนวณค่าตัวแปรต่างๆของระบบในแต่ละช่วงเวลา แต่เนื่องจาก DYNAMO เป็นภาษาจำลองที่มีช่วงเวลาเท่ากันตลอดขึ้นอยู่กับข้อกำหนด ดังนั้นการคำนวณจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาเพิ่มขึ้นไปจนถึงระยะเวลาที่ต้องการจำลองซึ่งได้กำหนดไว้ในโปรแกรม การแสดงผลจะพิมพ์ออกมาเป็นตารางหรือ plot ออกมาเป็น graph ช่วงเวลาที่จะพิมพ์ผลก็ขึ้นกับการกำหนดอีกเช่นกัน