บทที่ 4
การวิเคราะห์และการออกแบบฐานข้อมูล

การวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล เกี่ยวข้องกับการวางแผนฐานข้อมูล การศึกษาเบื้องต้น การวิเคราะห์ระบบ และการออกแบบฐานข้อมูล โดยการวางแผนฐานข้อมูลจะทำให้องค์กรทราบทิศทางของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล การศึกษาเบื้องต้นจะช่วยให้ทราบสภาพการดำเนินงานของระบบปัจจุบันและปัญหาที่ควรได้รับการแก้ไข การวิเคราะห์ระบบช่วยให้ทราบความต้องการเกี่ยวกับการใช้งานระบบฐานข้อมูลที่แท้จริง และการออกแบบฐานข้อมูลที่ดีทำให้องค์กรมีระบบฐานข้อมูลที่สอดคล้องกับความต้องการใช้งานของผู้ใช้แต่ละระดับ ซึ่งจะช่วยให้องค์กรสามารถดำเนินงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการแข่งขันทางธุรกิจในที่สุด (Connolly & Begg, 2005, p. 283-306)

ก่อนที่จะกล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับการวางแผนฐานข้อมูล และวงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ของการทำงานแต่ละระยะ วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูลมีความสัมพันธ์และสืบทอดมาจากวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่ง SDLC ประกอบด้วยระยะต่างๆ ได้แก่ การวางแผนโครงการ (Project Planning Phase) การวิเคราะห์ (Analysis Phase) การออกแบบ (Design Phase) การนำไปใช้ (Implementation Phase) และการบำรุงรักษา (Maintenance Phase) (Hoffer, Prescott & McFadden, 2005, p. 302)

การวางแผนระบบฐานข้อมูล

การวางแผนระบบฐานข้อมูลเกี่ยวข้องกับการวางแผนโครงการ ซึ่งต้องมีการจัดเตรียมวางแผนทรัพยากรที่เกี่ยวข้องในด้านต่างๆ ได้แก่ ด้านงบประมาณ บุคลากร อุปกรณ์ และระยะเวลาในการดำเนินการของแต่ละกิจกรรม ทั้งนี้องค์กรจะต้องกำหนดยุทธศาสตร์ จุดประสงค์ เป้าหมาย และขอบเขตเกี่ยวกับการพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้ชัดเจน โดยอาจมีการทำวิจัยเพื่อพิจารณาความคุ้มค่าของการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ต่อไปจะกล่าวถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนระบบฐานข้อมูล ดังต่อไปนี้

1. **การจัดการองค์กร** การจัดการองค์กรด้าน ปรัชญา วิสัยทัศน์ เป้าหมายขององค์กรมีผลอย่างยิ่งต่อการพลักดันให้มีการจัดทำและเกิดการพัฒนาระบบฐานข้อมูลขององค์กร อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในองค์กร ผู้ประกอบการควรคำนึงถึงลักษณะของธุรกิจ โครงสร้างองค์กร และกระบวนการทำงานของธุรกิจ

2. **การพัฒนาด้านเทคโนโลยี** องค์กรธุรกิจควรพัฒนาระบบฐานข้อมูลให้ทันสมัยอย่างต่อเนื่องและมีมาตรฐานทัดเทียมกับประเทศอื่นๆ ในระดับสากล โดยเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีความทันสมัยและตอบสนองความต้องการการใช้งานระบบฐานข้อมูลขององค์กร เพื่อประโยชน์ต่อการปฏิบัติงานของพนักงาน และเพิ่มความรวดเร็วต่อการดำเนินงานของธุรกิจ

3. **การจัดการทรัพยากร** ทรัพยากรขององค์กรได้แก่ เงินทุนหรืองบประมาณสำหรับใช้ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ผู้ประกอบการจะต้องพิจารณาจัดสรรงบประมาณที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับนโยบายและการวางแผนเกี่ยวกับโครงการพัฒนาระบบฐานข้อมูลขององค์กร โดยจะต้องพิจารณาถึงระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ความคุ้มค่าและผลตอบแทนที่จะได้รับ รวมทั้งการจัดหาบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ขององค์กรให้มีความรู้ ความสามารถ และทักษะในการใช้ระบบฐานข้อมูลเพื่อเพิ่มความสามารถของบุคลากรในการปฏิบัติงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

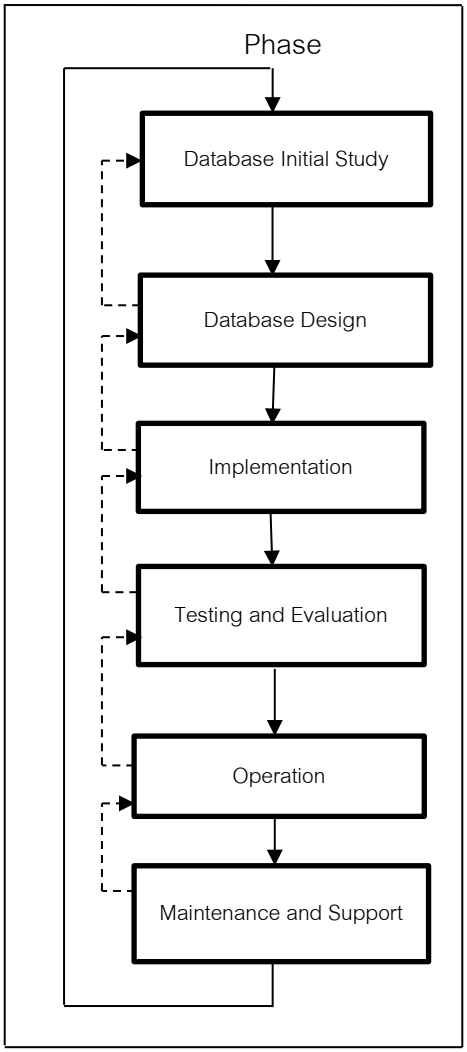
4. **การวางแผนโครงการ** ผู้ประกอบการควรพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการโครงการ โดยกำหนดกิจกรรมย่อยของโครงการ ผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม และระยะเวลาในการดำเนินงานให้ชัดเจน โดยมีการตรวจสอบติดตามและทบทวนแผนการดำเนินงานเป็นระยะตลอดจนการหาแนวทางแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้ (Mata-Toledo & Cushman, 2000, p. 115)

วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล

วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล (Database System Development Life Cycle : SDLC) จะประกอบไปด้วยระยะต่างๆ ดังนี้

1. การศึกษาเบื้องต้น (Database Initial Study)
2. การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)
3. การนำไปใช้ (Implementation)

4. การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation)
5. การปฏิบัติงาน (Operation)
6. การบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ (Maintenance and Supporting)



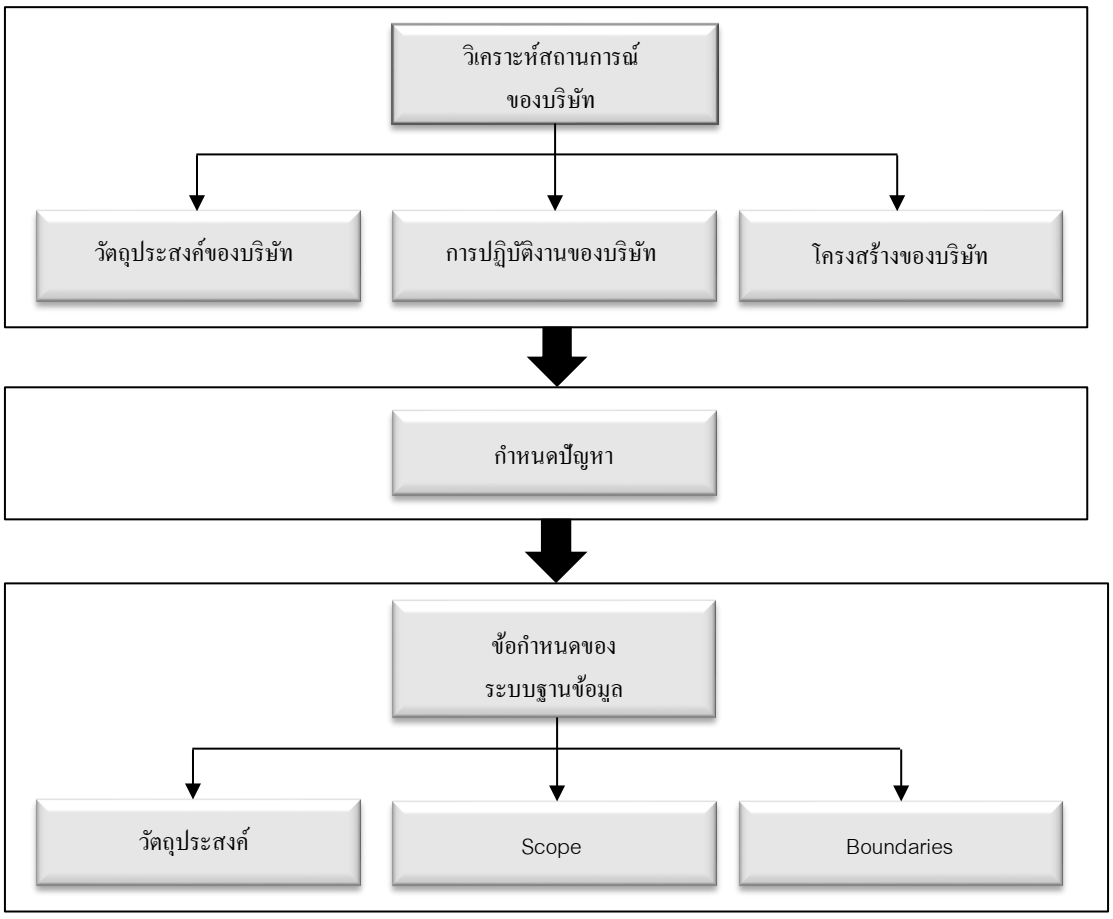
ภาพที่ 4.1 วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล
ที่มา : Hoffer, Prescott & McFadden (2005, p. 302)

วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูลสามารถสรุปเป็นแผนภาพได้ดังภาพที่ 4.1 อย่างไรก็ตามสำหรับระบบฐานข้อมูลขนาดเล็กที่มีผู้ใช้งานจำนวนไม่มาก วงจรการทำงานดังกล่าวอาจไม่มีความซับซ้อนใดๆ ในขณะที่หากเป็นระบบฐานข้อมูลขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ที่มีจำนวนผู้ใช้งานตั้งแต่ 10 ถึง 1000 คน มีการใช้งานคิวรีเพื่อเรียกดูข้อมูลเป็นร้อย วงจรการพัฒนาระบบ

ฐานข้อมูลก็จะมีความสำคัญและซับซ้อนยิ่งขึ้น ซึ่งเนื้อหาต่อไปนี้จะอธิบายถึงกิจกรรมหลักที่มีความสัมพันธ์กันในแต่ละระยะของวงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ที่ตั้งอยู่บนพื้นที่ฐานของระบบฐานข้อมูลขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ (Connolly & Begg, 2005, p. 283-306)

การศึกษาเบื้องต้น

การศึกษาเบื้องต้นเป็นระยะแรกในวงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์สถานการณ์ของบริษัท (analyze the company situation) การกำหนดปัญหา (define problem) การกำหนดวัตถุประสงค์ (define objectives) การกำหนดขอบเขตของระบบ (define scope and boundaries) ดังแสดงในภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 กิจกรรมของระยะการศึกษาเบื้องต้น

ที่มา : Connolly & Begg (2005, p. 284)

1. การวิเคราะห์สถานการณ์ของบริษัท

สถานการณ์ของบริษัทจะอธิบายเกี่ยวกับเงื่อนไขโดยทั่วไปของการทำงานภายในบริษัท โครงสร้างองค์กร และหน้าที่รับผิดชอบต่างๆ ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงต้องทราบส่วนประกอบในด้านการทำงานของบริษัทว่ามีฟังก์ชันหน้าที่อย่างไร แต่ละส่วนมีผลกระทบต่อกันอย่างไร ดังนั้น การวิเคราะห์สถานการณ์ของบริษัท (analyze the company situation) จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์สิ่งต่อไปนี้

1.1 หน้าที่และสภาพแวดล้อมการทำงานภายในองค์กร เกี่ยวข้องกับภาระหน้าที่ที่อยู่บนสภาพแวดล้อมนั้นๆ ว่าจะต้องมีใคร ทำหน้าที่อะไร ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดภาระหน้าที่การปฏิบัติงานตามความจำเป็น เพียงพอ และเป็นที่น่าพึงพอใจกับทุกฝ่าย

1.2 โครงสร้างการดำเนินงานของบริษัท ทำให้รู้ว่าบุคคลใดเป็นผู้ควบคุมดูแลอะไรบ้าง ใครเป็นผู้ทำรายงานชิ้นนี้ขึ้นมา แล้วส่งรายงานนี้ไปให้ใคร จะทำให้ผู้ออกแบบสามารถสร้างแผนภาพการไหลของข้อมูลภายในองค์กรได้ รวมถึงรายงานเฉพาะกิจ และรูปแบบของคิวรีที่ต้องการ เป็นต้น

2. การกำหนดปัญหา

การออกแบบฐานข้อมูล ผู้ออกแบบสามารถรับทราบถึงแหล่งข้อมูลสารสนเทศทั้งแบบที่เป็นทางการและแบบไม่เป็นทางการ โดยหากบริษัทได้ดำเนินการมาระยะหนึ่งย่อมมีระบบงานที่สามารถพบเห็นได้บนสภาพความเป็นจริง ซึ่งอาจเป็นระบบที่ทำด้วยมือ หรือเป็นระบบที่ทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ก็ได้ ดังนั้น การกำหนดปัญหา (define problems) จึงทำให้ทราบข้อมูลต่อไปนี้

2.1 ระบบเดิมมีหน้าที่การทำงานอย่างไร

2.2 มีข้อมูลอะไรบ้างที่อินพุตเข้าไปในระบบ

2.3 ระบบได้จัดพิมพ์เอกสารหรือรายงานอะไรบ้าง

2.4 รายงานที่จัดพิมพ์จากระบบถูกนำไปใช้อย่างไร ใครเป็นผู้ใช้รายงานดังกล่าว

2.5 มีข้อจำกัดหรือสิ่งรบกวนอะไรที่ส่งผลกระทบต่อระบบ

ปัญหาที่เกิดขึ้นตามกระบวนการต่างๆ อาจปรากฏอยู่ในรูปแบบที่ไม่เป็นโครงสร้างที่ชัดเจน ดังนั้นยูสเซอร์ที่เป็นผู้ใช้ระบบงานตามกระบวนการต่างๆ อาจอธิบายภาพรวมของปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเหตุการณ์ได้ไม่ชัดเจนหรือไม่เที่ยงตรงก็เป็นได้ และการทำงานภายในบริษัทตามมุมมองของการบริหารจัดการกลับมีความแตกต่างจากงานประจำของพนักงาน

ที่เป็นผู้ปฏิบัติงานจริงในแต่ละวัน ดังนั้น ระหว่างกระบวนการกำหนดปัญหา ผู้ออกแบบจะต้องรวบรวมรายละเอียดของปัญหาให้มากที่สุดและนำมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นหัวข้อปัญหาที่เป็นต้นเหตุของปัญหาจริงๆ เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาที่ตรงจุดต่อไป

3. การกำหนดวัตถุประสงค์

ระบบฐานข้อมูลที่นำมาใช้งานจำเป็นต้องได้รับการออกแบบเพื่อนำมาแก้ไขปัญหาให้ตรงจุด โดยอย่างน้อยที่สุดต้องสามารถจัดการกับปัญหาหลักๆ ในระบบได้ ทั้งนี้หากปัญหาหลักต่างๆ สามารถคลี่คลายได้ในทางที่ดี ปัญหารองอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องอาจจะไม่เกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ผู้จัดการฝ่ายขาย และผู้จัดการฝ่ายการผลิต ได้รับผลกระทบจากปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นอย่างมากมาย แล้วส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ไปยังระบบบริหารคงคลัง ระบบขาย และระบบคอมมิชชั่นที่ตามมา ดังนั้นหากผู้ออกแบบสามารถสร้างฐานข้อมูลที่สามารถบริหารจัดการข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้ ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งจากฝ่ายขายและฝ่ายการผลิตก็จะไม่เกิดขึ้น ส่งผลให้ระบบสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ พนักงานสามารถตรวจสอบสินค้าคงคลังได้อย่างแม่นยำ รายงานขายสินค้ามียอดขายที่ถูกต้อง ซึ่งนำไปสู่ระบบการคิดค่าคอมมิชชั่นของพนักงานขายที่สามารถคำนวณให้ทราบโดยทันที เป็นต้น

ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องมีความมั่นใจเกี่ยวกับการกำหนดวัตถุประสงค์ (define objectives) ของระบบฐานข้อมูลที่ออกแบบมาให้สอดคล้องกับความต้องการ เพื่อนำไปสู่กระบวนการแก้ไขปัญหาได้ตรงจุด โดยในขั้นตอนนี้ ผู้ออกแบบจะต้องตอบคำถามสิ่งเหล่านี้ได้

3.1 อะไรคือวัตถุประสงค์หลักของระบบที่ต้องการ

3.2 จะต้องมีการอินเตอร์เฟสกับระบบงานเดิม หรือระบบงานในอนาคตของบริษัทอย่างไร

3.3 ระบบจะแชร์ข้อมูลเพื่อนำไปใช้งานร่วมกับระบบอื่นๆ หรือผู้ใช้อื่นๆ ได้อย่างไร

4. การกำหนดขอบเขตของฐานข้อมูล

ในการออกแบบฐานข้อมูล ผู้ออกแบบจำเป็นต้องยอมรับกับข้อจำกัดที่มีอยู่ 2 ชนิดด้วยกันคือ ขอบเขต (scope) และเส้นแบ่งเขต (boundaries) ที่สะท้อนถึงขอบเขตที่ครอบคลุมระบบงานภายในองค์กร โดยที่ scope คือการออกแบบให้ตรงตามความต้องการในส่วนของการปฏิบัติงาน เช่น ออกแบบฟังก์ชันหน้าที่ให้สามารถครอบคลุมส่วนงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้

โดยขอบเขตของการออกแบบฐานข้อมูล จะช่วยให้สามารถกำหนดโครงสร้างข้อมูลตามที่ต้องการ ชนิดและจำนวนของเอนทิตี รวมถึงขนาดของฐานข้อมูลเชิงกายภาพ เป็นต้น ในขณะที่ข้อจำกัดตัวต่อไปคือ boundaries ซึ่งข้อจำกัดนี้มักเกี่ยวข้องกับงบประมาณ รวมถึงฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เป็นสำคัญ โดยผู้ออกแบบจะต้องคัดเลือกอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่สามารถนำมาใช้งานกับระบบได้อย่างเหมาะสมเพื่อบรรลุเป้าหมายได้ในที่สุด ซึ่งระบบส่วนใหญ่สมควรได้รับการออกแบบให้อยู่บนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่เหมาะสมบนงบประมาณที่กำหนดไว้ ดังนั้นข้อจำกัดทั้ง scope และ boundaries จึงถือเป็นปัจจัยที่ผู้ออกแบบจำเป็นต้องนำไปพิจารณาในระยะของการศึกษาเบื้องต้นด้วย

การวิเคราะห์ระบบ

การรวบรวมและวิเคราะห์ความต้องการจัดเป็นขั้นตอนแรกของการออกแบบฐานข้อมูล ในการรวบรวมข้อมูลภายในบริษัทแล้วนำมาวิเคราะห์จะทำให้ทราบถึงนโยบาย กระบวนการทำงาน และเข้าใจธรรมชาติของปัญหาที่เกิดขึ้นบนสภาพแวดล้อมนั้นๆ ภายในองค์กรหรือบริษัท

โดยนักวิเคราะห์ระบบจะต้องพยายามมุ่งประเด็นถึงหัวข้อต่อไปนี้

1. **ความต้องการในสารสนเทศ** เกี่ยวข้องกับชนิดของสารสนเทศที่ต้องการว่าคืออะไร เช่น รายงานหรือคิวรีที่สร้างจากระบบมีอะไรบ้าง สารสนเทศอะไรบ้างที่สร้างขึ้นจากระบบปัจจุบัน และเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่

2. **ผู้ใช้สารสนเทศ** ควรรู้ว่าผู้ใช้สารสนเทศนี้คืออะไร และนำไปใช้งานอย่างไร ผู้ใช้งานแต่ละคนมีมุมมองต่อข้อมูลแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งจะต้องดำเนินการตัดสินใจเกี่ยวกับแนวทางการนำเสนอข้อมูลในแต่ละมุมมองของผู้ใช้แต่ละคน

3. **แหล่งที่มาของสารสนเทศ** ต้องรู้ว่าจะค้นหาสารสนเทศได้จากที่ไหน แหล่งใด และจะต้องมีวิธีการกลั่นกรองอย่างไร

4. **การประกอบร่างเป็นสารสนเทศ** พิจารณาถึงส่วนประกอบสำคัญของข้อมูลว่ามีอะไรบ้างที่จะนำไปสร้างเป็นสารสนเทศ มีแอตทริบิวต์ใด ข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ความถี่ของการใช้ข้อมูลเป็นอย่างไร มีข้อมูลอะไรที่ต้องนำไปแปลงเป็นสารสนเทศตามที่ต้องการ

5. **การพัฒนาและรวบรวมมุมมองข้อมูลจากผู้ใช้** นักออกแบบฐานข้อมูลกับผู้ใช้ควรมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันด้วยการร่วมพัฒนารายละเอียดของมุมมองข้อมูลที่ถูกต้องร่วมกัน

6. **การสำรวจระบบงานปัจจุบัน** ปกติแล้ว ผู้ใช้จะเป็นผู้ปฏิบัติกับระบบปัจจุบันที่ดำเนินการอยู่ ไม่ว่าจะเป็นที่ทำด้วยมือหรือคอมพิวเตอร์ นักออกแบบจะต้องสำรวจระบบงานปัจจุบันด้วยการมุ่งประเด็นไปที่ข้อมูลเป็นหลัก ซึ่งจะทำให้ทราบถึงรูปแบบของข้อมูลที่อินพุตเข้าไปในระบบ และไฟล์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องว่ามีอะไรบ้าง เพื่อนำไปสู่การกำหนดชนิดข้อมูลและขนาดความจุ สำหรับกรณีที่ผู้ใช้ปฏิบัติงานกับระบบที่ทำงานโดยอัตโนมัติด้วยระบบคอมพิวเตอร์อยู่แล้ว นักออกแบบจะต้องพิจารณาอย่างระมัดระวังถึงรายงานที่สร้างขึ้นจากระบบปัจจุบันกับรายงานที่ปรารถนาอยากให้มีในอนาคตว่าจะต้องตรงกับความต้องการของผู้ใช้โดยแท้จริง

7. **การประสานงานกับทีมงานออกแบบ** กระบวนการออกแบบฐานข้อมูลถือเป็นส่วนหนึ่งของวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศดังที่กล่าวไว้แล้วในข้างต้น ซึ่งในกรณีทั่วไปนักวิเคราะห์ระบบจะมีหน้าที่ในการออกแบบระบบใหม่ ด้วยการพัฒนาแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงแนวคิดขึ้นมา (ในกรณีดังกล่าว มักเป็นระบบที่รันอยู่บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์) แต่สำหรับบางกรณี การออกแบบฐานข้อมูลจะเป็นงานที่ผู้รับผิดชอบคือผู้บริหารฐานข้อมูล (DBA) และโดยปกติผู้บริหารฐานข้อมูลจะเป็นบุคคลหนึ่งที่พบได้จากแผนกประมวลผลข้อมูลในแต่ละองค์กร โดยหน้าที่ของผู้บริหารฐานข้อมูลจะออกแบบฐานข้อมูลตามข้อกำหนดที่นักวิเคราะห์ระบบได้สร้างขึ้น (พนิดา พานิชกุล และณัฐพงศ์ วารีประเสริฐ, 2552, น. 153)

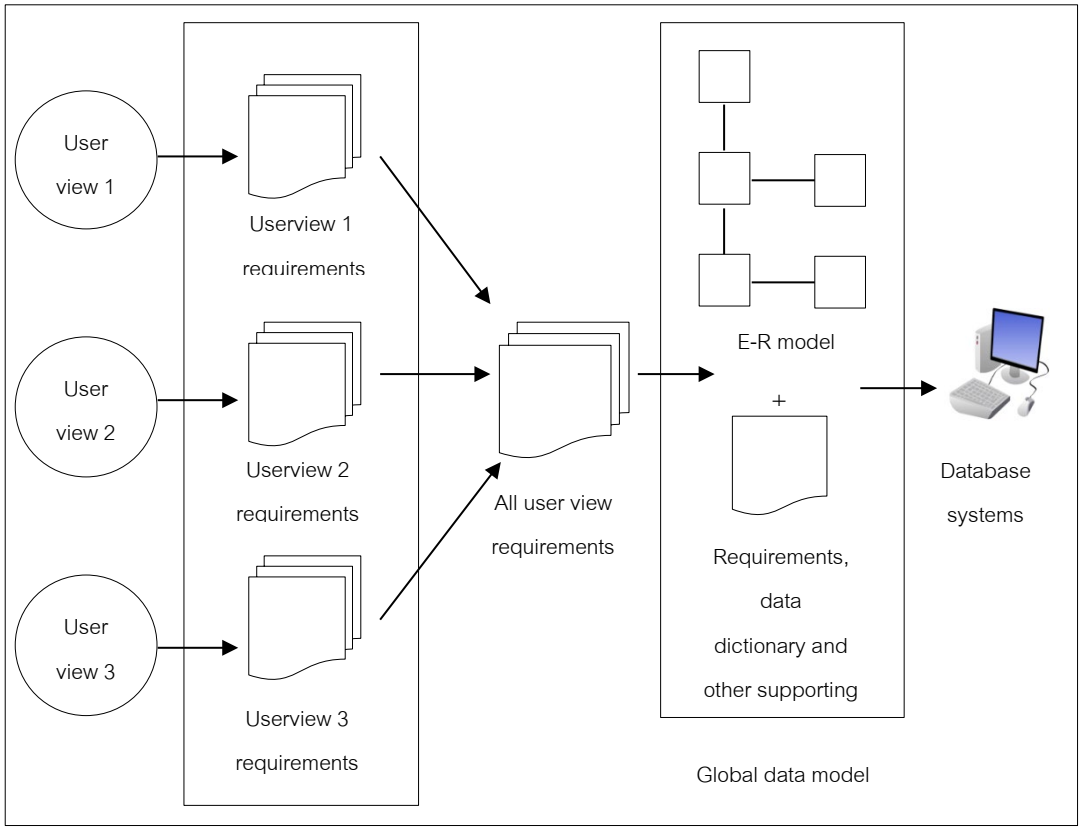
การออกแบบฐานข้อมูล

การออกแบบฐานข้อมูลประกอบด้วย การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิด การคัดเลือกซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล การออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะ และการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ ดังแสดงในภาพที่ 4.3 ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิด

หลังจากได้วิเคราะห์ความต้องการแล้ว ก็นำข้อมูลเหล่านี้มาสร้างแบบจำลองเชิงแนวคิดขึ้นมา ซึ่งในที่นี้ก็คือแบบจำลอง E-R โดยก่อนที่จะดำเนินการสร้างแบบจำลอง E-R ขึ้นมานั้น นักออกแบบควรกำหนดมาตรฐานเพื่อนำไปใช้สำหรับการออกแบบเอกสาร ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวประกอบด้วย ไดอะแกรม สัญลักษณ์ รูปแบบการเขียนเอกสารแบบร่าง (layout) และระเบียบแบบแผนของการจัดการเอกสาร ซึ่งเอกสารที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานย่อมนำไปสู่การสื่อสารที่ผิดพลาดได้ และยังสามารถส่งผลกระทบต่องานออกแบบที่เลวลง แต่

ในทางตรงกันข้าม หากมีการบังคับใช้มาตรฐานสำหรับการออกแบบ ย่อมนำไปสู่ความง่ายต่อการจัดการ และการนำส่วนประกอบย่อยต่างๆ ของระบบมาประกอบรวมกันย่อมทำได้ราบรื่นกว่า (เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์, 2554, น. 162)



ภาพที่ 4.3 การวิเคราะห์ความต้องการเพื่อนำไปสร้างเป็นแบบจำลอง E-R และนำไปสู่ระบบฐานข้อมูลที่ต้องการในที่สุด
ที่มา : เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์ (2554, น. 162)

การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิด (conceptual database design) โดยการสร้างแบบจำลอง E-R ประกอบด้วยกิจกรรมดังต่อไปนี้

1.1 กำหนดเอนทิตี แอตทริบิวต์ คีย์หลัก และคีย์นอก โดยคีย์นอกจะใช้เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตี

1.2 ตัดสินใจเกี่ยวกับความจำเป็นที่ต้องเพิ่มแอตทริบิวต์ที่ใช้เป็นคีย์หลักเพิ่มเติมเพื่อความเหมาะสมหรือให้ตรงความต้องการของผู้ใช้

1.3 ดำเนินการกับแอตทริบิวต์ที่มีหลายค่า (multivalued attributes)

1.4 ความจำเป็นในการเพิ่ม derived attributes เข้าไปในตาราง ทั้งนี้ เพื่อทำให้การประมวลผลเป็นที่น่าพึงพอใจและตรงความต้องการของผู้ใช้

1.5 บางกรณีอาจจำเป็นต้องใช้ความสัมพันธ์แบบ supertype / subtype

1.6 หลีกเลี่ยงความสัมพันธ์ที่ไม่จำเป็น และตรวจสอบความซ้ำซ้อนของแบบจำลอง

1.7 สร้างแบบจำลอง E-R

1.8 ทบทวนและตรวจสอบร่วมกับผู้ใช้ว่าตรงตามความต้องการหรือไม่ อย่างไร

จากขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการ โดยนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสร้างเป็นแบบจำลอง E-R และนำไปสู่ระบบฐานข้อมูลในที่สุด ดังภาพที่ 4.3

2. การคัดเลือกซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล

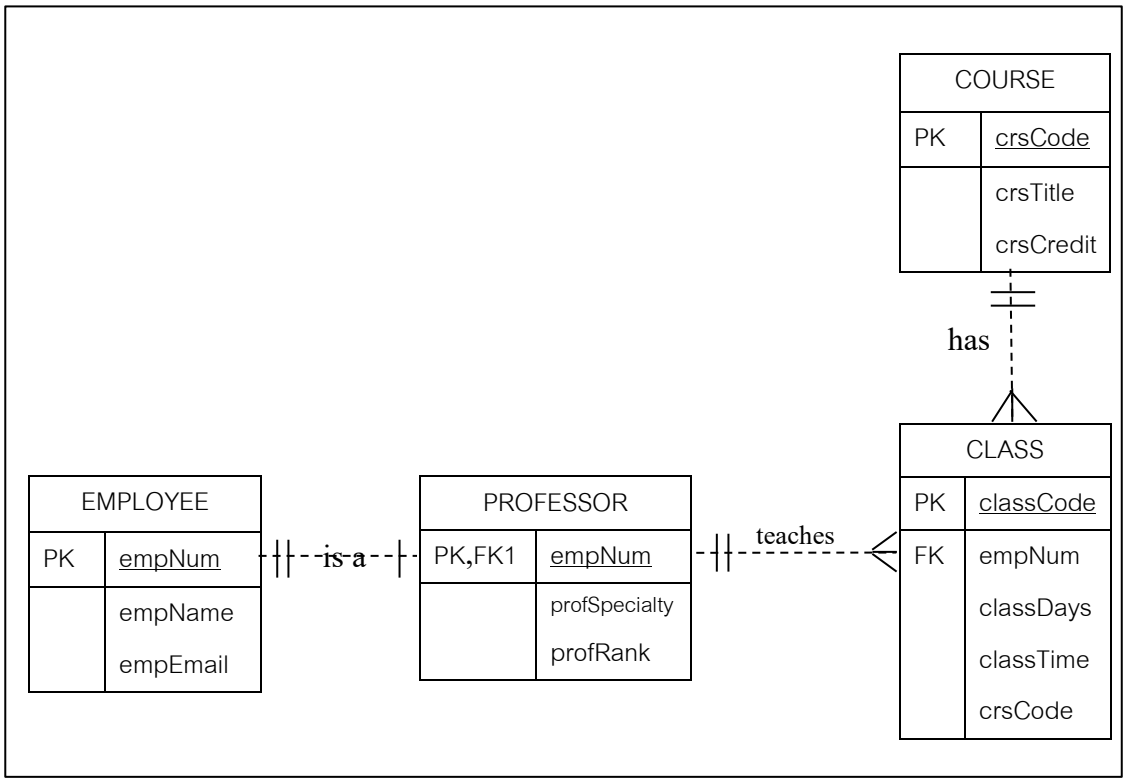
ในด้านของการคัดเลือกซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS software selection) เพื่อนำมาใช้งานถือเป็นสิ่งสำคัญต่อการดำเนินงานด้านระบบสารสนเทศ เนื่องจากจำเป็นต้องวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของ DBMS แต่ละผลิตภัณฑ์ เพื่อหลีกเลี่ยงถึงผลเสียที่อาจเกิดขึ้นจากข้อจำกัดบางประการของ DBMS อย่างไรก็ตาม มีปัจจัยอยู่หลายประการที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเพื่อซื้อซอฟต์แวร์ DBMS ซึ่งมีดังนี้ (Orin, Neil & Peter, 2012, p. 172)

2.1 ค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนต่างๆ เช่น ราคา การบำรุงรักษา การปฏิบัติงาน ค่าลิขสิทธิ์ ค่าใช้จ่ายด้านการติดตั้ง การฝึกอบรมใช้งาน และต้นทุนด้านการแปลงข้อมูลเก่าไปอยู่บนสภาพแวดล้อมของ DBMS ตัวใหม่ เป็นต้น

2.2 เครื่องมือและคุณลักษณะของ DBMS ตัวอย่างเช่น DBMS บางผลิตภัณฑ์มีเครื่องมืออำนวยความสะดวกในด้านการพัฒนาแอปพลิเคชันที่หลากหลาย เช่น มีเครื่องมืออย่าง QBE (Query By Example) ที่อำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ในการเรียกดูสารสนเทศต่างๆ ในฐานข้อมูล รวมถึงเครื่องมือการออกแบบจอภาพ เครื่องมือสร้างพจนานุกรมข้อมูล (data dictionary) สิ่งเหล่านี้จะมีส่วนช่วยให้ผู้ใช้และโปรแกรมเมอร์ทำงานได้สะดวกยิ่งขึ้น ตลอดจน DBA ที่สามารถนำเครื่องมือต่างๆ มาใช้เพื่อจัดการกับฐานข้อมูล เช่น การเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการความปลอดภัย การควบคุมสภาวะการทำงานพร้อมกัน การจัดการทรานแซกชั่น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนอยู่ในส่วนของการคัดเลือก DBMS ที่เหมาะสมมาใช้งานทั้งสิ้น

2.3 การคัดเลือกแบบจำลองฐานข้อมูล ซึ่งประกอบด้วย แบบจำลองฐานข้อมูลเครือข่าย แบบจำลองฐานข้อมูลแบบลำดับชั้น แบบจำลองฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ หรือแบบจำลองฐานข้อมูลเชิงวัตถุ

2.4 พิจารณาความสะดวกในการเคลื่อนย้าย (portability) ซึ่งเป็นความสามารถของซอฟต์แวร์ที่รองรับการทำงานบนสภาวะแวดล้อมใหม่ กล่าวคือ สามารถถ่ายโอนข้อมูลเพื่อใช้งานบนระบบที่มีแพลตฟอร์มต่างกันได้อย่างสะดวก



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างแบบจำลอง E-R
ที่มา : Teorey (2006, p. 132)

2.5 ความต้องการด้านฮาร์ดแวร์ของ DBMS เช่น ผลิตภัณฑ์ DMBS นี้จะต้องรันบนเครื่องสเปคใด รองรับซีพียูความเร็วเท่าใด ความต้องการขนาดของหน่วยความจำหลักและฮาร์ดดิสก์มีความจุขั้นต่ำเท่าใด เป็นต้น (Coronel & Morris, 2013, p. 153)

3. การออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะ

การออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะ (logical database design) เป็นกระบวนการนำแบบจำลองเชิงแนวคิดมาแปลงเป็นแบบจำลองเชิงตรรกะ โดยให้อยู่ในรูปแบบของรีเลชั่น เพื่อใช้งานในฐานข้อมูลต่อไป การแปลงดังกล่าวจะต้องเป็นไปตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์ DBMS ที่เลือกใช้ เช่น DB2, MS-SQL Server, Oracle หรือ MS-Access เป็นต้น โดยพิจารณาจากตัวอย่างแบบจำลอง E-R ดังภาพที่ 4.4 (Teorey, 2006, p. 132)

จากเอนทิตี COURSE ดังภาพที่ 4.4 เมื่อนำมาแปลงเป็นรีเลชั่นสคีมา ก็สามารถเขียนได้ดังนี้คือ

COURSE(crsCode, crsTitle, crsCredit)

โดยภายในตารางจะประกอบไปด้วยตัวอย่างข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลในตาราง COURSE

crsCode	crsTitle	crsCredit
CIS-4567	ระบบจัดการฐานข้อมูล	3
CIS-4568	การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	3
BA-3456	สถิติธุรกิจ 2	3

สำหรับกิจกรรมต่างๆ ที่ดำเนินการในขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะจะประกอบไปด้วยกิจกรรมต่างๆ ดังนี้

3.1 แปลงแผนภาพหรือแบบจำลอง E-R มาเป็นรีเลชั่น

3.2 นอร์มัลไลเซชั่น เพื่อตรวจสอบและขจัดความซ้ำซ้อนในข้อมูลของแต่ละรีเลชั่น

3.3 ตรวจสอบรีเลชั่นว่าสนับสนุนรายการต่างๆ ในระบบครบถ้วนหรือไม่

3.4 ตรวจสอบความคงสภาพในข้อมูล (integrity) ว่าเป็นไปตามข้อบังคับหรือไม่

3.5 ทบทวนแบบจำลองเชิงตรรกะร่วมกับผู้ใช้งาน

3.6 ตรวจสอบความรองรับความเติบโตของข้อมูลในระบบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

อย่างไรก็ตาม ในขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะที่ได้รีเลชั่นจากการแปลงแบบจำลองเชิงแนวคิดมาแล้ว ยังจำเป็นต้องทำกระบวนการนอร์มัลไลเซชั่น ทั้งนี้รีเลชั่น

ดังกล่าว ยังมีความซ้ำซ้อนในข้อมูลอยู่ ดังนั้นการนอร์มัลไลเซชั่นจะช่วยขจัดความซ้ำซ้อนดังกล่าวได้โดยรายละเอียดของการแปลงแบบจำลอง E-R มาเป็นรีเลชั่นและการนอร์มัลไลเซชั่นจะกล่าวต่อไปในบทที่ 6

4. การออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ

การออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ (physical database design) เป็นกระบวนการคัดเลือกสื่อจัดเก็บข้อมูล (data storage) การคัดเลือกรูปแบบโครงสร้างแฟ้มข้อมูล (file organization) ว่าจะใช้วิธีการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูลแบบใด ซึ่งการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพไม่ใช่มีแค่เพียงการจัดเก็บข้อมูลบนสื่อบันทึกเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพโดยรวมของระบบด้วย เนื่องจากจำเป็นต้องพิจารณาชนิดอุปกรณ์ที่สนับสนุนระบบ วิธีการเข้าถึงข้อมูล และ DBMS ที่ใช้งาน

ดังนั้นการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพจึงเป็นงานเทคนิคที่ท้าทาย โดยเฉพาะงานฐานข้อมูลแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ และระบบเมนเฟรม ซึ่งสภาพแวดล้อมโดยรวมของระบบดังกล่าวย่อมมีความซับซ้อนสูงกว่าระบบงานบนพีซีทั่วไป อย่างไรก็ตามการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพจะทวีความซับซ้อนขึ้นไปอีกเมื่อมีการกระจายฐานข้อมูลไปยังสถานที่หรือตามสาขาของบริษัทที่ตั้งอยู่คนละพื้นที่ หรือที่เรียกว่า distributed database เนื่องจากมีปัจจัยด้านการสื่อสารที่อาจส่งผลกระทบต่ออัตราความเร็วของทรูพุต (throughput) บนเครือข่าย สิ่งเหล่านี้จะดำเนินการโดยซอฟต์แวร์ฐานข้อมูลหรือ DBMS ซึ่งเก็บซ่อนความซับซ้อนไว้ภายใต้กิจกรรมในขั้นตอนของการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ

การนำไปใช้

เมื่อระยะการออกแบบได้เสร็จสมบูรณ์แล้วจะเข้าสู่ระยะการทำให้ระบบเกิดผลขึ้นมาเป็นรูปธรรม ซึ่งก็คือการนำไปใช้ ด้วยการสร้างฐานข้อมูลและพัฒนาโปรแกรมแอปพลิเคชัน สำหรับการสร้างฐานข้อมูลจะใช้ภาษา DDL (Data Definition Language) ซึ่งชุดคำสั่งในภาษา DDL จะนำไปใช้สำหรับการสร้างโครงสร้างฐานข้อมูล (database structures) และไฟล์ฐานข้อมูลเปล่า รวมถึงการกำหนดมุมมองผู้ใช้ก็จะถูกสร้างขึ้นในในระยะนี้

สำหรับแอปพลิเคชันโปรแกรมจะถูกสร้างขึ้นด้วยภาษายุคที่ 3 หรือภาษายุคที่ 4 (3GL/4GL) โดยในส่วนของแอปพลิเคชันโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อจัดการทรานแซกชั่นใน

ฐานข้อมูลมักจะถูกสร้างด้วยชุดคำสั่งภาษา DML (Data Manipulation Language) โดยนำไปผูกติดกับ Host Language ที่ใช้งาน เช่น Visual Basic, Delphi, C, C#, JAVA หรือ COBOL และในปัจจุบัน DBMS มักผนวกเครื่องมือ 4GL เพื่อนำไปพัฒนาแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งประกอบด้วยชุดคำสั่งจัดการแบบ non-procedural ภาษาคิวรี (query languages) ตัวสร้างรายงาน (reports generators) ตัวสร้างแบบฟอร์ม (forms generators) ตัวสร้างแอปพลิเคชัน (application generators) เป็นต้น

ในด้านของระบบความปลอดภัย ไม่ว่าเป็นการกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูล การกำหนดรหัสผ่านรวมถึงการควบคุมความคงสภาพ (integrity) ก็จัดเป็นขั้นตอนหนึ่งในระยะนี้เช่นกัน โดยการควบคุมบางอย่างอาจถูกสร้างด้วยชุดคำสั่ง DDL แต่บางครั้งการควบคุมบางอย่างอาจไม่ได้สร้างจากชุดคำสั่ง DDL ก็ได้ เช่น อาจใช้โปรแกรมอรรถประโยชน์ของ DBMS ค่ายนั้นๆ หรือโปรแกรมระบบปฏิบัติการเป็นตัวควบคุมแทนก็ได้

นอกจากนี้ ในระยะการนำไปใช้ยังเกี่ยวข้องกับงานด้านการเปลี่ยนแปลงข้อมูล และการโหลดดิ้ง (data conversion and loading) โดยงานดังกล่าวเป็นการถายโอนข้อมูลไปยังฐานข้อมูลใหม่ และแปลงแอปพลิเคชันของระบบเดิมให้สามารถรันอยู่บนฐานข้อมูลใหม่ได้ และด้วยประสิทธิภาพของ DBMS ในปัจจุบันมักผนวกยูทิลิตี้สำหรับการถ่ายโอนข้อมูลเก่าไปยังฐานข้อมูลใหม่มาให้ด้วย เพียงแค่กำหนดฐานข้อมูลต้นทางและฐานข้อมูลปลายทาง จากนั้นก็จะทำการแปลงข้อมูลไปยังรูปแบบที่ต้องการโดยอัตโนมัติในรูปแบบของไฟล์บนฐานข้อมูลใหม่และสามารถนำไปใช้งานได้ทันที

การทดสอบและประเมินผล

เมื่อข้อมูลได้ถูกโหลดเข้าไปยังฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้วผู้บริหารฐานข้อมูลจะดำเนินการทดสอบ ซึ่งการทดสอบก็คือกระบวนการรันระบบฐานข้อมูลเพื่อค้นหาข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น โดยทั้งกระบวนการทดสอบและการประเมินผลนั้นสามารถทำคู่ขนานกันได้ในขณะเขียนโปรแกรม

โปรแกรมเมอร์จะใช้เครื่องมือฐานข้อมูลในการจัดทำต้นแบบ (prototype) ขึ้นมาในระหว่างการเขียนโปรแกรม เครื่องมือดังกล่าว ได้แก่ ตัวสร้างรายงาน ตัวสร้างแบบฟอร์ม และตัวสร้างเมนู เครื่องมือเหล่านี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีในช่วงขั้นตอนการจัดทำต้นแบบ

การทดสอบจะครอบคลุมถึงการใช้งานระบบฐานข้อมูลเพื่อค้นหาข้อผิดพลาด ในขณะที่การประเมินผลจะเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานที่นำไปเปรียบเทียบกับข้อกำหนดการใช้งานว่าเป็นไปตามผลที่ได้คาดหวังไว้หรือไม่ ตัวอย่างหัวข้อที่สามารถนำไปตรวจสอบเพื่อประเมินผลมีดังนี้

1. ระยะเวลาในการเรียนรู้ (learnability) ของการใช้งานระบบฐานข้อมูล
2. ประสิทธิภาพของระบบ (performance) ระบบทำงานได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
3. ความคงทนของระบบ (robustness) ระบบมีความทนทานต่อการใช้งาน
4. การกู้คืนระบบ (recoverability) สามารถเรียกคืนข้อมูลภายหลังระบบล้มเหลว
5. ความง่ายต่อการดัดแปลง (adaptability) สามารถแก้ไขส่วนที่ผิดพลาดได้ง่าย

การปฏิบัติงาน

เมื่อฐานข้อมูลได้ผ่านระยะการประเมินผลเรียบร้อยแล้ว ต่อไปคือการปฏิบัติงานจริงบนข้อมูลจริง ในสภาพแวดล้อมการปฏิบัติงานจริง เมื่อได้ผ่านมาถึงระยะนี้แล้วต่างก็หวังผลว่าจะได้ระบบที่สมบูรณ์พร้อมใช้ โดยปราศจากปัญหาใดๆ แต่ในความเป็นจริงแล้วปัญหาบางประการอาจถูกค้นพบได้ในขณะปฏิบัติงานจริงก็เป็นไปได้ ตัวอย่างเช่น ระบบทำงานช้าลงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงปลายเดือนที่มีลูกค้าเข้ามาติดต่อจำนวนมาก ดังนั้นจึงต้องมีแนวทางแก้ไขปัญหา เช่น อาจจำเป็นต้องออกแบบซอฟต์แวร์ให้สามารถทำงานในลักษณะ load-balancing ด้วยการกระจายทรานแซกชั่นไปยังคอมพิวเตอร์หลายๆ ตัว เพื่อเพิ่มหน่วยความจำแคชให้กับ DBMS ซึ่งในกรณีดังกล่าวจำเป็นต้องมีการปรับปรุงให้ระบบโดยรวมดีขึ้นด้วยการบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบซึ่งอยู่ในระยะถัดไป

การบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ

หลังจากที่ระบบถูกติดตั้ง ทดสอบ และปฏิบัติงานเรียบร้อยแล้ว ถือว่าได้ถูกทำให้เกิดผลเป็นรูปธรรมโดยสมบูรณ์ และจากนี้ไปก็จะเข้าสู่ระยะการบำรุงรักษาและสนับสนุน โดยผู้บริหารฐานข้อมูลจะต้องดำเนินการกับกิจกรรมต่างๆ ต่อไปนี้

1. ตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบเป็นระยะๆ ถ้าหากประสิทธิภาพโดยรวมของระบบต่ำกว่าเกณฑ์จะต้องดำเนินการปรับแต่งให้ระบบอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ หรือดีขึ้นกว่าเดิม

2. บำรุงรักษาระบบด้วยการป้องกัน แก้ไขให้ถูกต้อง รวมถึงการอัปเกรดระบบฐานข้อมูลเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ หรือเพื่อรองรับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

3. สรุปผลการใช้งานระบบฐานข้อมูล ซึ่งอาจจัดทำเป็นรายเดือน รายสามเดือน หรือรายปี เพื่อจัดเก็บไว้เป็นรายงานภายใน หรือรวบรวมไว้เพื่อนำไปประกอบการจัดทำแผนงบประมาณต่อไป

สรุป

ในบทนี้ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล โดยเริ่มจากการวางแผนฐานข้อมูล ประเด็นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การจัดการองค์กร การจัดการด้านเทคโนโลยี การจัดการทรัพยากร และการวางแผนโครงการฐานข้อมูล วงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูลประกอบด้วยระยะต่างๆ ได้แก่ การศึกษาเบื้องต้น การออกแบบฐานข้อมูล การนำไปใช้ การทดสอบและประเมินผล การปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ ในส่วนของการศึกษาเบื้องต้นประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์สถานการณ์ของบริษัท การกำหนดปัญหา การกำหนดวัตถุประสงค์ และการกำหนดขอบเขตของระบบ การวิเคราะห์ระบบเกี่ยวข้องกับประเด็นต่อไปนี้คือ ความต้องการในสารสนเทศ ผู้ใช้สารสนเทศ แหล่งที่มาของสารสนเทศ การประกอบร่างเป็นสารสนเทศ การพัฒนาและรวบรวมมุมมองข้อมูลจากผู้ใช้ การสำรวจระบบงานปัจจุบัน และการประสานงานกับทีมงานออกแบบ การออกแบบฐานข้อมูลประกอบด้วย การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิด การคัดเลือกซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล การออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะ และการออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ รวมทั้งได้กล่าวถึงการนำไปใช้ การทดสอบและประเมินผล การปฏิบัติงาน และการบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ

แบบฝึกหัดทบทวน

1. วงจรการพัฒนาระบบ (SDLC) มีกี่ขั้นตอน อะไรบ้าง จงอธิบาย
2. จงอธิบายวงจรการพัฒนาระบบฐานข้อมูลในแต่ละระยะ ต่อไปนี้
    2.1 การศึกษาเบื้องต้น (Database Initial Study)
    2.2 การออกแบบฐานข้อมูล (Database Design)
    2.3 การนำไปใช้ (Implementation)
    2.4 การทดสอบและประเมินผล (Testing and Evaluation)
    2.5 การปฏิบัติงาน (Operation)
    2.6 การบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบ (Maintenance and Supporting)
3. การวิเคราะห์ระบบเกี่ยวข้องกับความต้องการในสารสนเทศอย่างไร
4. ผู้ใช้สารสนเทศเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบอย่างไร
5. จงอธิบายการพัฒนาและรวบรวมมุมมองข้อมูลจากผู้ใช้
6. จงอธิบายการสำรวจระบบงานปัจจุบัน
7. นักวิเคราะห์ระบบต้องประสานงานกับทีมงานออกแบบในด้านใดบ้าง จงอธิบาย
8. จงอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบฐานข้อมูลในประเด็นต่อไปนี้
    8.1 การออกแบบฐานข้อมูลเชิงแนวคิด
    8.2 การคัดเลือกซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล
    8.3 การออกแบบฐานข้อมูลเชิงตรรกะ
    8.4 การออกแบบฐานข้อมูลเชิงกายภาพ
9. จงยกตัวอย่างหัวข้อที่สามารถนำไปใช้ในการทดสอบและประเมินผลการใช้งานระบบฐานข้อมูล มาอย่างน้อย 3 ข้อ
10. การบำรุงรักษาและสนับสนุนระบบเกี่ยวข้องกับกิจกรรมใดบ้าง จงอธิบาย

เอกสารอ้างอิง

เทพฤทธิ์ บัณฑิตวัฒนาวงศ์. (2554). *คู่มือเรียนวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น.

พนิดา พานิชกุล และ ณัฐพงษ์ วารีประเสริฐ. (2552). *การออกแบบ พัฒนา และดูแลระบบฐานข้อมูล* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.

Connolly, T., & Begg, C. (2005). *Database System: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management* (9th ed.). England: Pearson Education.

Coronel, C., Morris, S., & Rob, P. (2013). *Database System: Design, Implementation, and Management* (10th ed.). USA: Course Technology.

Hoffer, J. A., Prescott, M. B., & McFadden, F. R. (2005). *Modern Database Management* (7th ed.). USA: Pearson Education.

Mata-Toledo, R. A., & Cushman, P. K. (2000). *Fundamentals of Relational Databases.* USA: McGraw-Hill.

Orin, T., Neil, H. B., T., & Peter, W. (2012). *Administering Microsoft SQL Server 2012 Databases: Training Kit (Exam 70-462)* (1st ed.). USA: Microsoft Press.

Teorey, T. J. (2006). *Database Modeling and Design: Logical Design* (4th ed.). USA: Morgan Kaufmann.