การพัฒนาระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ (ฟัซซีลอจิก) เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ของโครงการขุดสำรวจปิโตรเลียม

ธนกร ตั้งพีรชัยกุล
มหาบัณฑิตโครงการบัณฑิตศึกษาปริญญาโททางบริหารธุรกิจ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ดร.เอกจิตต์ จึงเจริญ
รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาบริหารการปฏิบัติการ
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ดร.สถาพร โอภาสานนท์
รองศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาการบริหารธุรกิจระหว่างประเทศ โลจิสติกส์ และการขนส่ง
คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Download ดาต้า: วารสารวิทยาการจัดการ

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการพัฒนาฟัซซีลอจิกสำหรับการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ซึ่งมีความสำคัญในขั้นตอนการประเมินผลค่าปัจจุบันของโครงการสำรวจปิโตรเลียม โดยกำหนดตัวแปรทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้อง และแนวทางในการประเมินค่าตัวแปรดังกล่าว รวมทั้งการวางแบบแผน และนำเสนอกรณีตัวอย่างโดยการพิจารณาปัจจัยด้านการปิดกั้นของแหล่งสัมปทานบนรูปแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 3 รูปแบบ คือ Triangular, Trapezoid และ Gaussian พร้อมนำเสนอแนวทางในการแก้ไขข้อจำกัดเรื่องขอบเขตของค่าเอาท์พุตของการทำ Defuzzifer จากการวิธีคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วง (Center of Gravity) ด้วยวิธีการสร้างเงื่อนไขพิเศษ

จากการพิจารณาผลของกรอบแนวคิดฟัซซีที่ได้จากแบบจำลองที่สร้างขึ้นตามแบบแผนที่มีการนำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้กับกรณีศึกษาของแหล่งสัมปทาน พบว่าการใช้ฟัซซีลอจิกในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา โดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Trapezoid ให้ความแม่นยำสูงที่สุด โดยให้ค่าที่มีความผิดพลาดระหว่าง 2.37–3.44% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จึงสามารถสรุปได้ว่า การดำเนินการตามกรอบแนวคิดในการออกแบบระบบฟัซซีลอจิก เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสามารถทำได้จริง และเป็นทางเลือกที่ให้ผลลัพธ์ที่มีความแม่นยำ สำหรับใช้ประกอบการตัดสินใจในการเลือกค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสำหรับโครงการขุดสำรวจได้

คำสำคัญ : ฟัซซีลอจิก ความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา การคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วง ปิโตรเลียม

The Development of Fuzzy Logic for Assessing Possibility of Geological Success on Exploratory Petroleum Drilling Projects

Thanakorn Tungperachaikul
Master of Business Administration,
Thammasat Business School, Thammasat University

Dr.Ekachidd Chungcharoen
Associate Professor of Department of Operations Management,
Thammasat Business School, Thammasat University

Dr.Sathaporn Opasanon
Associate Professor of Department of International Business, Logistics and Transport,
Thammasat Business School, Thammasat University

Download สกว. วารสารบริหารธุรกิจ

ABSTRACT

This research is concerned with the development of a fuzzy logic model for assessing possibility of geological success, which is a critical step in evaluating net present value of an exploratory petroleum drilling project. The paper explores all related geological factors, and presents scientific approaches for estimnating associated parameters. A real case study with respect to Fault seal in Arthit concession is used to examine the performance of the fuzzy logic model through 3 different membership functions, Triangular, Trapezoid, and Gaussian. Addtionally, a solution, which creats additional rules is proposed to deal with the limitation of output boundary, arising from Center of Gravity based defuzzifier.

From the results, using fuzzy logic model with Trapezoidal-shaped membership function provides the most accuracy with the percent deviation of 2.37–3.44 under the 95% confidence interval. The findings confirm that fuzzy logic can be used as a decision support tool for geologists to estimate the possibility of geological success.

Keywords: Fuzzy Logic, Possibility of Geological Success, Center of Gravity, Petroleum

บทนำ

เนื่องจากการลงทุนในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมเป็นโครงการลงทุนที่มีขนาดใหญ่ และใช้เม็ดเงินลงทุนจำนวนมาก รวมทั้งยังมีปัจจัยจากความไม่แน่นอนทั้งทางด้านการเงิน และความเสี่ยงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม โดยเฉพาะประเทศไทยในปัจจุบันที่เป็นที่ทราบกันดีว่ามีอัตราการขุดพบแหล่งพลังงานสำรองลดน้อยลงเรื่อย ๆ เนื่องจากแหล่งกักเก็บที่ถูกขุดค้นพบและเข้าถึงได้ง่ายนั้นถูกสำรวจไปเป็นส่วนมากแล้ว ทำให้บริษัทสำรวจและขุดเจาะปิโตรเลียมต้องเผชิญความท้าทายทั้งในแง่ของการวางแผนออกแบบหลุมเจาะ เช่น การขุดหลุมสำรวจที่มีเป้าหมายที่ลึกลงไปกว่าที่เคยขุดเจาะในอดีต หรือการขุดหลุมที่เป้าหมายอยู่ไกลจากตำแหน่งที่ขุดเจาะเป็นอย่างมาก รวมทั้งข้อจำกัดทางวิศวกรรมของเครื่องมือที่ใช้ในการขุดสำรวจ ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงขึ้นเป็นอย่างมากเมื่อเทียบกับการขุดสำรวจในอดีต ในขณะที่ราคาน้ำมันในตลาดโลกกลับลดลงต่ำที่สุดในรอบสิบปี ทำให้บริษัทสำรวจและขุดเจาะปิโตรเลียมต้องหันมาทำการบริหารจัดการค่าใช้จ่ายอย่างจริงจัง เพื่อความอยู่รอดในภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งการประเมินความเสี่ยงที่ไม่แม่นยำจะนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาด ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อโครงการขุดสำรวจ หรือในบางกรณีอาจรุนแรงถึงขั้นที่ทำให้บริษัทต้องหยุดดำเนินกิจการลง

เนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากความไม่แน่นอนค่อนข้างรุนแรง จึงเป็นธรรมชาติของอุตสาหกรรมที่แต่ละบริษัทจะต้องดำเนินงานด้วยความระมัดระวัง โดยพยายามใช้เครื่องมือที่ทันสมัย และมีความแม่นยำสูงในการติดตามการดำเนินงานทุกขั้นตอน เพื่อให้มั่นใจว่าความเสี่ยงเหล่านั้นถูกจำกัดให้อยู่ในระดับที่ต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีการใช้เครื่องมือที่มีเทคโนโลยีสูง แต่ก็เป็นเพียงเครื่องมือที่ช่วยประกอบในการทำงานเป็นไปตามแผนที่วางไว้เท่านั้น โดยการตัดสินใจดำเนินการใด ๆ ก็ยังคงต้องอาศัยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางอยู่ โดยเฉพาะปัญหาที่มีความคลุมเครือ ซึ่งใช้ความรู้สึกหรือสามัญสำนึกในการตัดสินใจ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือที่สามารถช่วยในการจัดการกับปัญหาที่มีความคลุมเครือ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินกิจการของอุตสาหกรรมนี้

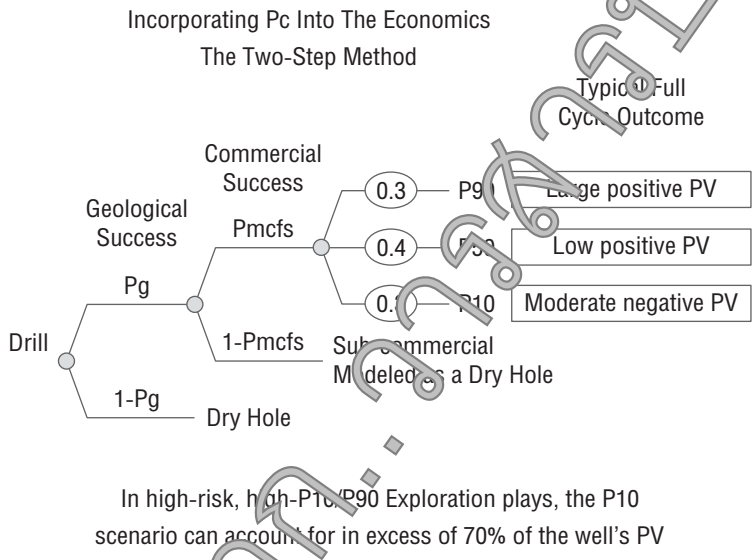
งานวิจัยฉบับนี้เสนอแนวคิดการเลือกใช้เครื่องมือและการสร้างแบบจำลองฟัซซีลอจิกในการประเมินความเสี่ยงทางธรณีวิทยา ที่อยู่ในรูปของค่าความน่าจะเป็น ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยฉบับนี้สามารถช่วยในการจำลองรูปแบบของตรรกะที่ผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยาเลือกใช้ รวมทั้งการตรวจสอบความผิดพลาดของแบบจำลองและแนวทางการปรับปรุง โดยเลือกแหล่งสัมปทานอาทิตย์ ซึ่งตั้งอยู่บนแอ่งมาลัย เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นแปลงสัมปทานที่มีการขุดสำรวจมาเป็นเวลานาน จึงมีข้อมูลในอดีตที่สามารถอ้างอิงสำหรับการศึกษาได้เพียงพอ กอปรกับการเป็นแหล่งสัมปทานที่มีโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ไม่ซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ๆ ซึ่งเป็นไปตามความตั้งใจของคณะผู้วิจัยที่ไม่ต้องการนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์เชิงลึกทางธรณีวิทยาโดยไม่จำเป็น เนื่องจากไม่ใช่วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยฉบับนี้

Download คลังวิทยานิพนธ์

ทบทวนวรรณกรรม

ความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา

ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา (Possibility of Geological Success, Pg) ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อระบุความไม่แน่นอนทางธรณีวิทยา เพื่อใช้เป็นส่วนหนึ่งในการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของโครงการ (Net Present Value, NPV) รวมทั้งการคำนวณมูลค่าคาดคะเนทางการเงิน (Expected Monetary Value, EMV) เพื่อการตัดสินใจลงทุนในโครงการสำรวจปิโตรเลียม โดยที่ค่าดังกล่าวจะบอกถึงโอกาสที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมตามที่นักธรณีวิทยาได้ทำการประเมินเอาไว้ ซึ่งสามารถอธิบายความสัมพันธ์กับค่าความน่าจะเป็นอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในการประเมินมูลค่าทางการเงินของโครงการได้ดังรูปที่ 1 โดยที่ค่าความน่าจะเป็นที่การขุดสำรวจจะมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ (Possibility of Commercial Success, Pc) จะถูกกำหนดโดยค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา (Pg) และโอกาสที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บที่มีขนาดใหญ่พอที่จะทำให้เกิดความคุ้มค่าเชิงพาณิชย์ (Minimum Commercial Field Size, Pmcfs)



ภาพที่ 1: ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาและความคุ้มค่าของโครงการ
ที่มา : Bickel et al. (2006)

จากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าหากขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งเกิดขึ้นอย่างไม่สมบูรณ์แล้ว จะส่งผลต่อความเป็นไปได้ที่จะไม่มีแหล่งกักเก็บในบริเวณที่ศึกษา แนวคิดนี้ถือเป็นแนวคิดพื้นฐานสำหรับการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาในปัจจุบัน โดยที่แต่ละตัวแปรจะถูกพิจารณาอย่างเป็นอิสระต่อกัน ทั้งนี้ ตัวแปรที่ใช้ในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยามีความสัมพันธ์กับการกำเนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละพื้นที่ โดยการเกิดขึ้นของแหล่งกักเก็บจะสมบูรณ์ได้นั้น ต้องประกอบไปด้วยปัจจัยทั้งหมด 5 ประการ (PTTEP, 2006) ได้แก่

- *ปัจจัยทางด้านหินต้นกำเนิด (Source Rock: p_1)*

  Source rock เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการก่อกำเนิดของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยทั่วไปแล้วจะพิจารณาถึงขนาดและชนิดของหินต้นกำเนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ตัวแปรย่อยคือ Richness, Volume และ Maturity

Download สำนักวิทยบริการฯ

- *ปัจจัยทางด้านเวลาและเส้นทางการไหล (Timing/Migration: p_2)*

  Timing คือ ปัจจัยที่ว่าด้วยการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดขึ้นของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และการเกิดขึ้นของโครงสร้างของแหล่งกักเก็บ ส่วน Migration คือ การศึกษาถึงการเคลื่อนที่ของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจากแหล่งกำเนิด ไปยังแหล่งกักเก็บ โดยทั้งสองปัจจัย สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ตัวแปรย่อยคือ Media Competency, Migration Pathway และ Timing

- *ปัจจัยทางด้านแหล่งกักเก็บ (Reservoir: p_3)*

  Reservoir เป็นปัจจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับความพรุน และความสามารถในการกักเก็บของหิน ซึ่งจะศึกษาถึงตัวแปรย่อย 2 ตัวคือ Presence และ Quality

- *ปัจจัยทางด้านการปิดกั้น (Seal: p_4)*

  การปิดกั้น อาจเกิดจากหินหรือสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งเกิดขึ้นได้ใน 3 ลักษณะจือ Top Seal, Lateral Seal และ Base Seal

- *ปัจจัยทางด้านโครงสร้าง (Closure: p_5)*

  Closure ว่าด้วยการศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างของแหล่งกักเก็บว่าจะสามารถกักเก็บปิโตรเลียมเอาไว้ได้หรือไม่ ซึ่งปัจจัยนี้ขึ้นอยู่กับตัวแปร 2 ตัวคือ Map Reliability และ Presence

การประเมินความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสำหรับโครงการสำรวจ ทำได้โดยการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยาเพื่อทำการประเมินถึงโอกาสที่จะเกิดปัจจัยแต่ละปัจจัยขึ้น โดยค่าที่ได้จากการคูณกันของค่าความน่าจะเป็นทั้ง 5 นั้นจะเป็นค่าที่บอกถึงโอกาสที่แหล่งปิโตรเลียมที่พิจารณานั้นจะมีปริมาณที่มากพอที่จะทำให้เกิดการไหลได้ (Rose, 1992) ซึ่งสามารถคำนวณได้โดยอาศัยสมการ

$$\%Pg = p_1 \times p_2 \times p_3 \times p_4 \times p_5$$

โดยที่

$\%Pg$ = ความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาที่จะขุดพบปิโตรเลียม

p_1 = ความน่าจะเป็นที่จะมีหินแหล่งกำเนิด

p_2 = ความน่าจะเป็นที่จะมีช่องทางให้ปิโตรเลียมไหลผ่านไปยังแหล่งกักเก็บ

p_3 = ความน่าจะเป็นที่จะมีแหล่งกักเก็บอยู่จริง

p_4 = ความน่าจะเป็นที่จะมีหินที่ทำหน้าที่ปิดกั้นอยู่จริง

p_5 = ความน่าจะเป็นที่แหล่งกักเก็บจะมีโครงสร้างที่เหมาะสมต่อการกักเก็บ

เมื่อพิจารณาถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประเมินความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาแล้วพบว่า มีตัวแปรบางตัวที่ไม่สามารถระบุค่าของข้อมูลที่แท้จริงได้ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่า ทำให้เกิดความคลุมเครือในการตัดสินใจเลือกใช้ความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสำหรับโครงการสำรวจ ซึ่งส่งผลให้การประเมินค่าความน่าจะเป็นของโครงการมีความคลาดเคลื่อนสูงตามไปด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมต่อปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้สึกหรือดุลยพินิจในการตัดสินใจ โดยจัดการกับความคลุมเครือของตัวแปรที่สะท้อนถึงโอกาสที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมตามที่นักธรณีวิทยาได้ทำการประเมินไว้ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจลงทุนในโครงการสำรวจปิโตรเลียม

Download จาก: วารสารวิทยาการจัดการ

ฟัซซีลอจิก

ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ Decision Support System ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้จัดการ รวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อน โดยการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ร่วมกับระบบฐานข้อมูล และความเห็นของผู้ที่มีหน้าที่ตัดสินใจ (Turban, 1990) การเลือกใช้เครื่องมือในการออกแบบจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหา วัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหา ผลลัพธ์ที่ต้องการ และข้อมูลที่มีอยู่ โดยเครื่องมือที่ถูกพัฒนามาใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจที่มีความคลุมเครือ หรือมีการใช้ความรู้สึกมาเกี่ยวข้องในการตัดสินใจคือ ฟัซซีลอจิก (Fuzzy Logic)

ฟัซซีลอจิก หรือทฤษฎีตรรกศาสตร์คลุมเครือ ได้ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1965 โดยนักคณิตศาสตร์ชื่อ Lotfi A. Zadeh จาก University of California at Berkeley (Zadeh, 1965) โดยเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการจำลองสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นจริงในธรรมชาติที่ว่า ทุกสิ่งบนโลกแห่งความเป็นจริงไม่ใช่มีเฉพาะสิ่งที่มีความแน่นอนเท่านั้น แต่มีหลายสิ่งหลายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอย่างไม่เที่ยงและไม่แน่นอน (Meesad, 2010) โดยเฉพาะการให้ความเห็นของผู้เชี่ยวชาญซึ่งมักจะใช้สามัญสำนึกในการแก้ปัญหา ซึ่งมีความคลุมเครือในความหมายเมื่อพิจารณาเชิงตัวเลข โดยฟัซซีลอจิกมีวัตถุประสงค์เพื่อการทำให้ปัญหาที่คลุมเครือมีความชัดเจนมากขึ้น (Zadeh, 2015)

จุดเด่นของวิธีฟัซซีลอจิกคือ การยอมให้ข้อมูลมีความยืดหยุ่นได้ โดยการจำลองวิธีคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ ซึ่งเป็นแนวคิดที่ขยายออกจากหลักตรรกศาสตร์แบบเดิมที่มีเพียงค่าจริงและค่าเท็จ โดยมีการเพิ่มส่วนที่เป็นค่าที่อยู่ระหว่างค่าจริงและค่าเท็จเข้าไป โดยมีการให้ค่าระดับความเป็นสมาชิกกับสมาชิกที่อยู่ในเซตเข้าไปด้วย การทำงานของฟัซซีลอจิกประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนย่อย คือ

ขั้นตอนที่ 1 – Fuzzifier: เป็นขั้นตอนการเตรียมค่าอินพุตให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานกับระบบฟัซซีลอจิก

ขั้นตอนที่ 2 – Rules: เป็นการออกแบบกฎ หรือเงื่อนไขที่จะใช้ในการดำเนินการควบคุมผลลัพธ์จากระบบฟัซซีลอจิก เพื่อจำลองการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 – Inference: เป็นการอนุมานผลลัพธ์ที่ได้จากการตัดสินใจของระบบ ที่จะนำไปพิจารณาร่วมกับกฎการทำงานที่สอดคล้องกับเงื่อนไขดังกล่าว แล้วจึงดำเนินการส่งผลลัพธ์ไปยังขั้นตอนต่อไป

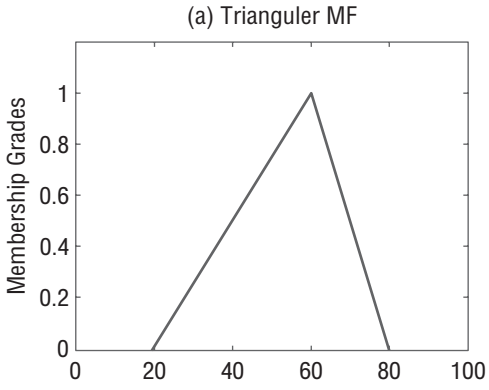
ขั้นตอนที่ 4 – Defuzzifier: การแปลผลลัพธ์ที่ได้จากระบบฟัซซีลอจิกจากกลไกการอนุมาน ให้อยู่ในรูปของผลลัพธ์ที่สามารถใช้งานได้

คำจำกัดความของคำเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับฟัซซีลอจิก

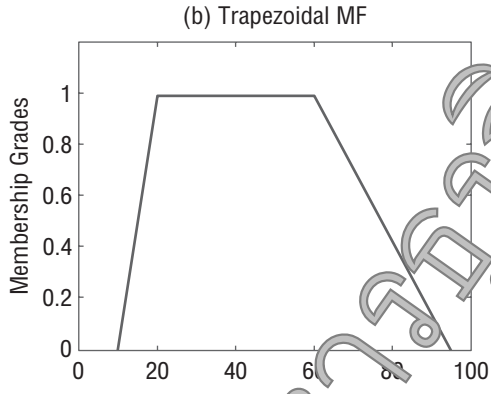
1. ฟัซซีเซต (Fuzzy Set) เป็นเซตที่มีขอบเขตที่ราบเรียบที่ครอบคลุมเซตแบบดั้งเดิม โดยหลักสำคัญของทฤษฎีฟัซซีเซตคือ ยอมรับสมาชิกที่มีคุณสมบัติเฉพาะตามที่กำหนดแม้เพียงบางส่วนเข้ามาเป็นสมาชิก โดยสมาชิกทุกค่ามีการให้น้ำหนักค่าระดับความเป็นสมาชิกกำกับไว้ด้วย

2. ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก (Membership Function) เป็นฟังก์ชันที่กำหนดระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรที่สนใจ ซึ่งชนิดของฟังก์ชันสมาชิกที่เลือกใช้มีความสำคัญต่อกระบวนการอนุมานของระบบ ซึ่งฟังก์ชันสมาชิกจะอยู่ในรูปแบบที่สมมาตรหรือไม่ก็ได้ โดยสามารถแสดงฟังก์ชันสมาชิกที่นิยมใช้งานได้ดังนี้

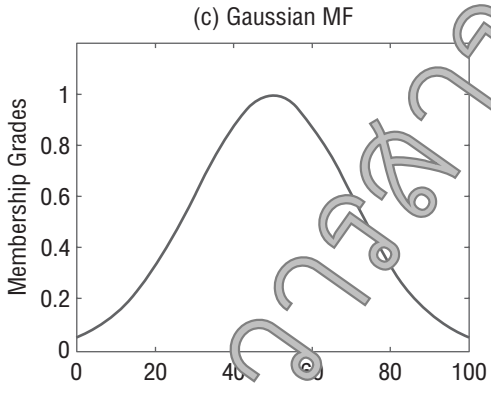
Download จากคลังปัญญาฯ



ภาพที่ 2: ฟังก์ชันสมาชิกแบบสามเหลี่ยม (Triangular)
ที่มา : Jang et al. (1997)



ภาพที่ 3: ฟังก์ชันสมาชิกแบบคางหมู (Trapezoid)
ที่มา : Jang et al. (1997)



ภาพที่ 4: ฟังก์ชันสมาชิกแบบเกาส์เซียน (Gaussian)
ที่มา : Jang et al. (1997)

ตัวแปรเชิงภาษา (Linguistic Variable) คือ เซตแบบฟัซซีที่สามารถประยุกต์ใช้ในการอธิบายค่าของตัวแปรเช่นเดียวกับเซตแบบดั้งเดิมซึ่งเป็นแนวคิดที่สำคัญมากในฟัซซีลอจิก โดยตัวแปรภาษาช่วยกำหนดค่าของสิ่งที่จะอธิบายทั้งในรูปคุณภาพโดยใช้พจน์ภาษา (Linguistic Term) และในรูปปริมาณโดยใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก (Membership Function)

ฟัซซีลอจิกได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในหลากหลายสาขา Azadegan et al. (2011) ได้ทบทวนงานวิจัยที่มีการนำฟัซซีลอจิกไปประยุกต์ใช้ในงานด้านการผลิตตลอดระยะเวลา 20 ปี ที่ผ่านมา โดยคุณสมบัติเด่นของฟัซซีลอจิกคือความสามารถในการจัดการกับความไม่แน่นอนและความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจ Shekarian et al. (2017) สามารถสำรวจได้ว่ามีบทความวิจัยที่ตีพิมพ์มากถึง 210 บทความ ที่นำฟัซซีลอจิกไปใช้ในการบริหารสินค้าคงคลังโดยเฉพาะ

มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวิเคราะห์อื่น ๆ Shapiro & Koissi (2017) ได้นำฟัซซีลอจิกมาประยุกต์ใช้กับ Analytic Hierarchy Process (AHP) สำหรับการประเมินความเสี่ยง ในขณะที่ Zhang et al. (2017) ใช้ Fuzz AHP ในการจัดลำดับพื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการขุดพบสินแร่ นอกจากนี้ Suganthi et al. (2015) ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่มีการนำฟัซซีลอจิกไปประยุกต์ใช้ในงานที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนด้านพลังงาน ผลการทบทวน

Download จาก... การสำรวจวิจัย

วรรณกรรมพบว่าฟัซซีลอจิกสามารถใช้ในการประเมินค่าต่าง ๆ ได้ใกล้เคียงความเป็นจริง อย่างไรก็ตาม ยังไม่พบว่ามีงานวิจัยใดที่ประยุกต์ฟัซซีลอจิกในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม

ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเป้าหมายในการสร้างแนวคิดในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมในบริเวณที่ทำการศึกษา โดยการพัฒนาระบบการประเมินด้วยฟัซซีลอจิก ที่ต้องอาศัยการศึกษาตัวแปรที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา และนำมาเป็นตัวแปรอินพุตให้กับระบบการประเมินเพื่อทำการประมาณค่าเอาท์พุตที่ควรจะเป็น เพื่อใช้ประกอบการกำหนดค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาของโครงการสำรวจปิโตรเลียมของผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยา โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประเมินอินพุตและเอาท์พุตของปัญหา
2. ออกแบบระบบฟัซซีลอจิก เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาตามขั้นตอนต่อไปนี้
   - กำหนดขอบเขตให้กับตัวแปรอินพุต และเอาท์พุต
   - กำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้กับตัวแปรอินพุต และเอาท์พุต
   - กำหนดกฎให้กับระบบฟัซซีลอจิก
   - กำหนดฟังก์ชันการอนุมานให้กับระบบฟัซซีลอจิก
   - การทำ Defuzzifier
3. ตรวจสอบความถูกต้องของระบบฟัซซีลอจิกที่ถูกออกแบบไว้

การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการประเมินอินพุตและเอาท์พุต

ขั้นตอนนี้ดำเนินการโดยค้นคว้าข้อมูลจากงานวิจัยด้านธรณีวิทยา และแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น ฐานข้อมูลของหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งข้อมูลในอดีตของแหล่งสำรวจที่ทำการศึกษาหรือแหล่งบริเวณใกล้เคียง ทั้งนี้ อินพุตของระบบฟัซซีลอจิกที่ใช้ในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางด้านธรณีวิทยาสำหรับแหล่งกักเก็บที่แตกต่างกันอาจไม่จำเป็นต้องมีชุดข้อมูลเหมือนกัน เช่น ในกรณีที่ต้องทำการประเมินแหล่งสัมปทานอาทิตย์ ซึ่งมีข้อมูลที่ได้จากการขุดสำรวจอยู่ค่อนข้างมากแล้ว ตัวแปรบางตัวจึงสามารถตัดออกจากการใช้เป็นอินพุตสำหรับระบบฟัซซีลอจิกได้ เนื่องจากสามารถประเมินค่าที่ควรจะเป็นได้โดยอาศัยฐานข้อมูลที่ได้จากการขุดสำรวจในอดีต ซึ่งมีความแม่นยำและน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา

การกำหนดขอบเขตให้กับตัวแปรอินพุตและเอาท์พุต

การกำหนดขอบเขตของตัวแปรอินพุตและเอาท์พุตเป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลในขั้นตอนก่อนหน้ามากำหนดขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้สำหรับตัวแปรแต่ละตัว ในกรณีที่ค่าของตัวแปรได้มาจากการคำนวณหรือมีข้อมูลอ้างอิงที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น ค่าที่ได้จากงานวิจัยที่สำรวจหลุมบริเวณใกล้เคียง หรือแหล่งสำรวจที่มีคุณสมบัติทางธรณีวิทยาใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้กำหนดเป็นขอบเขตของเซตของตัวแปรได้เลย สำหรับค่าของตัวแปรเชิงคุณภาพที่ต้องใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินค่านั้น สามารถสมมติให้เป็นช่วงได้ตามความเหมาะสม เช่น ให้ค่าเป็นคะแนนต้องอยู่ระหว่าง 1–100 โดยให้มีการกำหนดนิยามของระดับคะแนนดังกล่าวไว้อย่างชัดเจน

Download ได้ที่ วารสารบริหารธุรกิจ

การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้กับตัวแปรอินพุตและเอาท์พุต

ก่อนที่จะทำการกำหนดฟังก์ชันสมาชิกให้กับตัวแปร จะต้องมีการแปลงจากค่าอินพุตทั่วไป เป็นค่าฟัซซีก่อน โดยเริ่มจากการแบ่งตัวแปรอินพุตและตัวแปรเอาท์พุตออกเป็นช่วง ๆ โดยอาศัยคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยา ที่อาจมีเพียงบุคคลเดียวหรือเป็นกลุ่มบุคคลก็ได้ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของการตัดสินใจ ซึ่งเซตของตัวแปรที่ได้จะยังอยู่ในรูปแบบของหลักตรรกศาสตร์ดั้งเดิม ที่มีเพียงค่าถูกหรือผิดเท่านั้น จึงต้องทำการแปลงให้อยู่ในรูปของฟัซซีเซตก่อน โดยการสอบถามความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อกำหนดขอบเขตของความคลุมเครือในแต่ละระดับชั้นตามประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับการกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกของตัวแปรนั้น สามารถทำได้โดยการทดสอบระบบโดยการเปลี่ยนรูปแบบฟังก์ชันสมาชิกของฟัซซีเซตไปเรื่อย ๆ เช่น ฟังก์ชัน Triangular ที่มีรูปร่างเป็นสามเหลี่ยม หรือฟังก์ชัน Trapezoid ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู จนได้ค่าเอาท์พุตที่มีความแม่นยำตามความต้องการของผู้วิจัย

การกำหนดกฎให้กับระบบฟัซซีลอจิก

กฎของฟัซซีลอจิก เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตและเอาท์พุตตามหลักการทำงานของระบบที่ออกแบบขึ้น โดยจำนวนของกฎจะขึ้นอยู่กับปริมาณและระดับชั้นของตัวแปรอินพุต เช่น กรณีที่ตัวแปรอินพุตมี 2 ตัว แต่ละตัวถูกแบ่งออกเป็น 3 ระดับชั้น กฎของระบบที่ประกอบไปด้วยตัวแปรลักษณะนี้ จะมีจำนวนทั้งหมดเท่ากับ $3 \times 3 = 9$ กฎ การกำหนดเอาท์พุตของกฎนั้นทำได้โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญกรอกแบบสอบถามในส่วนของค่าเอาท์พุต โดยมีการกำหนดรูปแบบของค่าอินพุตเอาไว้ให้

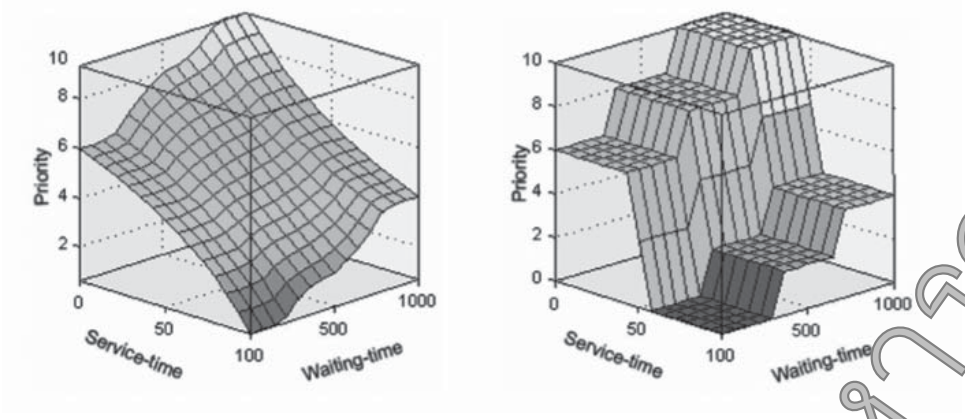
การกำหนดฟังก์ชันการอนุมานให้กับระบบฟัซซีลอจิก

ฟังก์ชันการอนุมานของระบบฟัซซีลอจิกจะขึ้นอยู่กับตัวแปรอินพุตที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตาม การประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาจะยึดหลักในการประเมินตามกรณีที่เลวร้ายที่สุด (Worst-Case Scenario) ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้นฟังก์ชันการอนุมานของระบบฟัซซีลอจิกจึงถูกกำหนดให้เลือกใช้เป็นค่าน้อยที่สุดเท่านั้น

การทำ Defuzzifier

การทำ Defuzzifier เป็นขั้นตอนการแปลงค่าที่ได้จากการทำงานร่วมกันระหว่างกฎของฟัซซีและฟังก์ชันการอนุมานให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขที่สามารถใช้งานได้ โดยวิธีในการทำ Defuzzifer นั้นเป็นไปได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งานของผู้วิจัย ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำเสนอวิธีการทำ Defuzzifier ตามแบบวิธีของ Mamdani ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นวิธีที่ใกล้เคียงกับวิธีการตัดสินใจของมนุษย์ในการหาจุดที่เหมาะสมโดยการคำนึงถึงน้ำหนักของแต่ละเอาท์พุต รวมทั้งมีข้อดีในเรื่องของความแม่นยำและให้ค่าของเอาท์พุตที่มีความต่อเนื่อง (Elleithy, 2008)

Download จาก งานวิจัย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

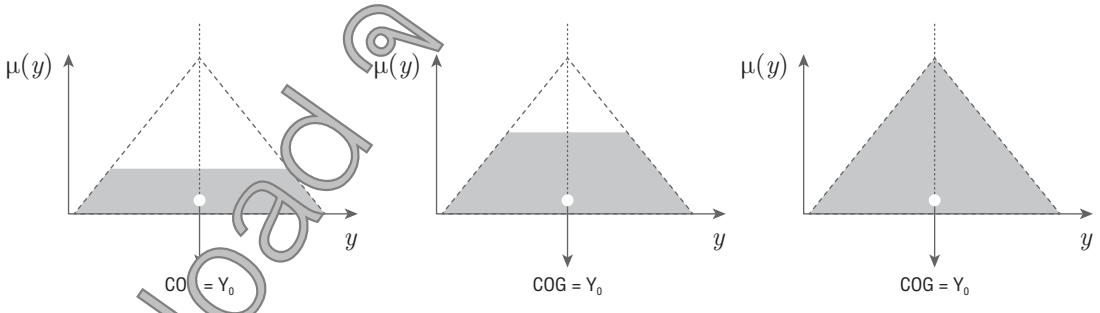


ภาพที่ 5: การเปรียบเทียบค่าเอาท์พุตระหว่างการทำ Defuzzifier แบบการคำนวณหา Center of gravity และการใช้ค่า Mean of maxima (Ellethy, 2008)

ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน Defuzzifer นอกจากจะเป็นค่าที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้แล้ว ยังเป็นตัวที่ช่วยให้นักวิจัยสามารถทำการตัดสินใจเลือกฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่เหมาะสมได้ โดยการกำหนดขอบเขตของความผิดพลาดของผลที่ได้จากการประเมินเอาไว้ก่อน แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบดูว่ามีค่าความผิดพลาดอยู่ในขอบเขตที่ยอมรับได้หรือไม่ อย่างไรก็ตาม การทำ Defuzzifier โดยอาศัยการหาจุดศูนย์ถ่วงของกราฟมีข้อจำกัดอยู่ในกรณีที่อินพุตที่ป้อนให้กับระบบตรงกับกฎการทำงานเพียงข้อเดียว โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเด็นย่อยได้ดังนี้

- *กรณีที่ฟังก์ชันสมาชิกมีความสมมาตร*

  กรณีนี้เกิดขึ้นได้เมื่อผู้ออกแบบฟังก์ชันความเป็นสมาชิก กำหนดให้ฟังก์ชันเหล่านั้นมีลักษณะสมมาตร ทำให้ระดับความเป็นสมาชิกที่ได้จากการอนุมานฟัซซีของค่าอินพุต ไม่ถูกสะท้อนออกมาในผลที่ได้จากการอนุมานฟัซซีด้วย ในกรณีที่มีกฎเพียงข้อเดียวที่ตรงกับลักษณะของอินพุตที่ป้อนให้ระบบ ภาพที่ 6 แสดงให้เห็นถึงกราฟของเอาท์พุตที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกแตกต่างกัน แต่ให้ผลลัพธ์เดียวกัน เนื่องจากการคำนวณค่าจุดศูนย์ถ่วงของรูปทรงที่มีความสมมาตรนั้น จะได้ค่าของตำแหน่งศูนย์ถ่วงที่จุดกึ่งกลางเสมอ

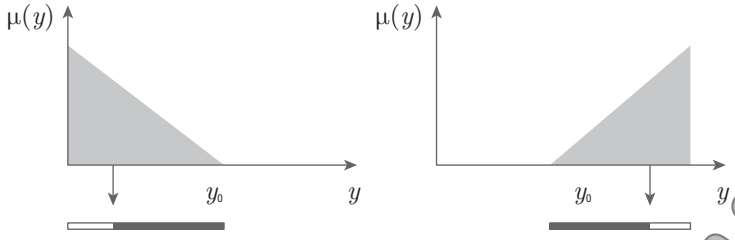


ภาพที่ 6: ค่าเอาท์พุตที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกแตกต่างกัน แต่ให้ผลลัพธ์เดียวกันในกรณีที่ฟังก์ชันสมาชิกมีความสมมาตร

Download สำนักวิทยบริการฯ

- *ข้อจำกัดของผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าจุดศูนย์ถ่วง*

  กรณีที่ค่าของเอาท์พุตตกอยู่ในช่วงของผลลัพธ์ที่มากที่สุดหรือน้อยที่สุด และมีระดับความเป็นสมาชิกต่ำกับ 1 การคำนวณด้วยวิธีการนี้จะไม่สามารถให้ผลลัพธ์ที่ค่าเอาท์พุตสูงสุดและต่ำสุดได้ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7: ขอบเขตของผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ เมื่อคำนวณด้วยวิธีการหาจุดศูนย์ถ่วง

แนวทางแก้ไขปัญหาทั้งสองข้อสามารถทำได้หลายวิธี โดยวิธีแรกคือ การเพิ่มระดับของฟังก์ชันความเป็นสมาชิกให้มากขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดกรณีที่มีกฎเพียงข้อเดียวที่ทำงาน ซึ่งจะทำให้รูปแบบการอนุมานฟัซซีมีความซับซ้อนมากขึ้น เนื่องจากต้องมีการกำหนดกฎมากขึ้นตามจำนวนฟังก์ชันสมาชิกที่ถูกออกแบบไว้ วิธีที่สองคือ การให้ค่าน้ำหนักของกฎแต่ละข้อแตกต่างกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ครอบคลุมกับค่าที่ออกแบบไว้ โดยการสร้างชุดคำสั่ง เพื่อประมวลผลเพิ่มเติม และวิธีที่สาม คือ การเพิ่มเงื่อนไขพิเศษ เพื่อให้ได้ค่าผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับความเห็นของผู้เชี่ยวชาญมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถใช้ได้เฉพาะกรณีที่ลักษณะของอินพุตและเอาท์พุตไม่ซับซ้อนมากนัก โดยเงื่อนไขการพิจารณาเลือกใช้วิธีใดนั้น ขึ้นอยู่กับความซับซ้อน ความรวดเร็วในการตอบสนอง และระดับความแม่นยำของผลที่ต้องการ

การตรวจสอบความแม่นยำระบบฟัซซีลอจิก

การตรวจสอบความแม่นยำของระบบฟัซซีลอจิกสามารถทำได้โดยการทดลองสุ่มค่าอินพุต เพื่อเปรียบเทียบค่าเอาท์พุตที่ได้จากการประเมินโดยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินโดยระบบฟัซซีลอจิก ในการสุ่มค่าอินพุตนั้น ผู้วิจัยต้องมั่นใจว่าเป็นการสุ่มค่าครอบคลุมถึงความเป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อทดสอบความแม่นยำของระบบในช่วงความเป็นไปได้ต่าง ๆ โดยจำนวนของการสุ่มจะขึ้นอยู่กับความกว้างของค่าที่เป็นไปได้ของอินพุตและเอาท์พุต

กรณีที่ค่าเอาท์พุตมีความผิดพลาดสูงกว่าที่ออกแบบไว้ สามารถแก้ไขได้โดยการปรับแต่งระดับชั้นของฟัซซีเซต ทดลองเปลี่ยนรูปแบบฟังก์ชันสมาชิก หรือการเปลี่ยนวิธีในการทำ Defuzzifier

ผลการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนากรอบแนวคิดในการประยุกต์ฟัซซีลอจิกสำหรับการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา โดยสามารถสรุปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสำหรับแหล่งสัมปทานอาทิตย์ได้ดังนี้

1. ความน่าจะเป็น (ความเชื่อมั่น) ที่เกี่ยวข้องกับหินต้นกำเนิด ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100% เนื่องจากมีการเก็บตัวอย่างของหินมาทำการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบปัจจัยทางด้าน Richness, Volume และ Maturity ของแหล่งสัมปทาน ซึ่งพบว่าบริเวณแหล่งสัมปทานอาทิตย์มีหินต้นกำเนิดอยู่จริง และเป็นหินต้นกำเนิดที่ถูกบ่มเป็นเวลานาน จนอยู่ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตปิโตรเลียมในระดับที่เหมาะสมต่อการผลิตในเชิงพาณิชย์ได้

Download ดุษฎีนิพนธ์ วารสารมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย

2. ความน่าจะเป็น (ความเชื่อมั่น) ที่เกี่ยวข้องกับเวลาและเส้นทางการไหล ซึ่งตัวแปรย่อย Media Competency และ Timing ของแหล่งสัมปทานอาทิตย์จะถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100% เนื่องจากมีการวิเคราะห์ตัวอย่างของชั้นหินที่แสดงว่ามีคุณสมบัติทางธรณีวิทยาที่เอื้อต่อการเดินทางของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน และได้มีการทำแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบจนสามารถสรุปได้ว่า ช่วงเวลาที่ปัจจัยต่าง ๆ เกิดขึ้นมีความเหมาะสมต่อการกำเนิดของแหล่งกักเก็บ จึงเหลือเพียงปัจจัยย่อยด้าน Migration Pathway ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละแหล่งกักเก็บเท่านั้น ซึ่งจะต้องทำการประเมินค่าของปัจจัยนี้โดยใช้ฟัซซีลอจิก

3. ความน่าจะเป็น (ความเชื่อมั่น) ที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกักเก็บ ถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 100% เนื่องจากเป็นแหล่งสัมปทานอาทิตย์เป็นแหล่งปิโตรเลียมที่มีข้อมูลการขุดเจาะมากพอที่จะสามารถสรุปได้ถึงการมีอยู่ของแหล่งกักเก็บปิโตรเลียมที่มีคุณสมบัติทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมต่อการกักเก็บสารประกอบไฮโดรคาร์บอน

4. ความน่าจะเป็น (ความเชื่อมั่น) ที่เกี่ยวข้องกับการปิดกั้น ในส่วนของ Top Seal นั้น ด้วยการศึกษาลักษณะของการก่อตัวของชั้นหินในแปลงสัมปทาน ทำให้นักธรณีวิทยาสามารถสรุปได้ว่า แหล่งสัมปทานอาทิตย์มีชั้นหินที่ทำหน้าที่ปิดกั้นอยู่จริงในซึ่งเกิดขึ้นในยุค Regional Sagging Period จึงเหลือเพียงปัจจัยทางด้าน Lateral Seal เท่านั้นที่ยังคงต้องพิจารณา เนื่องจากเป็นลักษณะเฉพาะของแหล่งกักเก็บ

5. ความน่าจะเป็น (ความเชื่อมั่น) ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของโครงสร้างของแหล่งกักเก็บ ซึ่งทั้งปัจจัย Map Reliability และ Presence เป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละแหล่งกักเก็บ จึงต้องทำการพิจารณาซ้ำทุกครั้งที่มีการพิจารณาแหล่งกักเก็บใหม่

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาของแหล่งสัมปทานอาทิตย์มีตัวแปรที่ต้องประเมินค่าทั้งหมด 4 ตัวแปร ประกอบด้วย ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับ Migration Pathway, Lateral Seal, Map Reliability และ Presence ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แสดงแนวทางในการพัฒนาระบบฟัซซีลอจิกสำหรับตัวแปร Lateral Seal ซึ่งต้องพิจารณาข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยตัวแปรที่จะทำการพิจารณา เพื่อประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีของตัวแปรด้าน Lateral Seal จะพิจารณาในประเภทของ Fault Seal ซึ่งเป็นลักษณะของการปิดกั้นที่เกิดขึ้นในแหล่งสัมปทานอาทิตย์ โดยพิจารณาตัวแปร 4 ตัว ได้แก่

1. Juxtaposition ซึ่งจะบอกถึงโอกาสที่การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกจะทำให้ชั้นของทรายเคลื่อนที่ไปชนกับชั้นหินจนเกิดเป็นแหล่งกักเก็บขึ้น

2. Shale Smear Factor ซึ่งจะบอกถึงความต่อเนื่องของชั้นหินบริเวณที่เกิดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก

3. Offset Well Similarity ซึ่งจะบอกถึงความใกล้เคียงกันทางสภาพทางธรณีวิทยาของหลุมสำรวจในอดีต กับหลุมที่สนใจ

4. Data Confidence ซึ่งจะบอกถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจ

ตัวแปรสำหรับการออกแบบระบบฟัซซีลอจิก เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาในส่วนของ Fault Seal จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ ตัวแปรเชิงปริมาณ ที่ค่าอินพุตได้จากวัดค่าและการคำนวณ ได้แก่ ค่า Juxtaposition และ Shale Smear Factor (SSF) และตัวแปรเชิงคุณภาพ ซึ่งต้องอาศัยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการระบุค่าอินพุต ได้แก่ ค่า Offset Well Similarity และ Data Confidence โดยงานวิจัยนี้เลือกที่จะเก็บข้อมูลจากนักธรณีวิทยาที่มีหน้าที่กำหนด

Download สำนักวิทยบริการฯ

ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาเพียงคนเดียว อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่การตัดสินใจนั้นเกิดจากกลุ่มบุคคล การเก็บข้อมูลก็อาจใช้เป็นมติที่ประชุมได้เช่นเดียวกัน

เนื่องจากค่า Juxtaposition และ Shale Smear Factor (SSF) เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ การกำหนดขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้ให้กับตัวแปรจึงทำได้โดยการสำรวจค่าสถิติทางธรณีวิทยาในอดีตของแหล่งสัมปทานอาทิตย์ซึ่งมีการขุดเจาะมาเป็นเวลานานแล้ว (Kachi et al., 2005) สำหรับค่า Offset Well Similarity และ Data Confidence ซึ่งเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ ที่ประกอบด้วยหลายตัวแปรย่อยที่ไม่สามารถวัดค่าเป็นตัวเลขได้ จึงต้องอาศัยการให้คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดค่าอินพุต โดยสเกลของคะแนนจะขึ้นอยู่กับความสำคัญของตัวแปร ว่าต้องการให้ค่าความละเอียดขนาดไหน ทั้งนี้ การกำหนดสเกลของคะแนนทำได้โดยการตั้งคำถามกับผู้เชี่ยวชาญด้านธรณีวิทยา เช่น การเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรเพียงเล็กน้อยจะส่งผลกระทบต่อภาพรวมในการประเมินมากน้อยเพียงใด โดยอาจกำหนดให้สเกลมีความกว้างหรือมีความละเอียดมาก เพื่อให้ระบบฟัซซีลอจิกสามารถสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับการให้ความเห็นของนักธรณีวิทยามากยิ่งขึ้น

ในกรณีของแหล่งสัมปทานอาทิตย์ ผู้วิจัยเลือกใช้สเกลตั้งแต่ 0 ถึง 100 เนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมาก โดยคะแนนเท่ากับ 0 คือ กรณีที่ Offset Well ที่ใช้อ้างอิงไม่มีความคล้ายคลึงที่สามารถใช้อ้างอิงได้ในแง่ของธรณีวิทยาเลย และ 100 คือ กรณีที่ Offset Well ที่ทำการศึกษามีความเหมือนกับหลุมสำรวจที่ต้องการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาเป็นอย่างมาก และสามารถใช้ข้อมูลต่าง ๆ อ้างอิงซึ่งกันและกันได้อย่างแม่นยำ สำหรับค่า Data Confidence ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนความรู้สึกของผู้เชี่ยวชาญต่อข้อมูลดิบที่ใช้ประเมินค่าอินพุตของระบบฟัซซีลอจิกว่ามีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ผู้วิจัยเลือกการกำหนดขอบเขตของตัวแปรนี้อยู่ระหว่าง 0 ถึง 100 โดยกำหนดให้ 0 แทนข้อมูลที่ไม่มีความน่าเชื่อถือเลย และ 100 แทนข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือเป็นอย่างมาก

ในส่วนของค่าตัวแปรเอาท์พุตซึ่งสะท้อนด้วยค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา (%Pg) ถูกกำหนดให้มีค่าตั้งแต่ 0 ไปจนถึง 100 โดยที่ 0 หมายถึง หลุมสำรวจมีโอกาสที่จะขุดไม่พบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม และ 100 หมายถึง หลุมสำรวจมีโอกาสที่จะขุดพบแหล่งกักเก็บปิโตรเลียม โดยสามารถสรุปขอบเขตของตัวแปรอินพุตและเอาท์พุตได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1: ขอบเขตของตัวแปรอินพุตและเอาท์พุต

Input	Range	Remark
Juxtaposition	(0.01–0.3)	Modified Historical Field Data
Shale Smear Factor	(1–6)	Historical Nearby Field Data
Offset Well Similarity	(0–100)	Expert Judgment
Data Confident	(0–100)	Expert Judgment
Output	**Range**	**Remark**
$\%P_g$	(0–100%)	Expert Judgment

Download สถาบันวิทยบริการ

หลังจากที่ได้ขอบเขตของอินพุตและเอาท์พุต ขั้นตอนต่อไปคือ การแบ่งขอบเขตเดิมของตัวแปรเป็นระดับชั้นย่อย โดยอาศัยความเชี่ยวชาญจากนักธรณีวิทยา อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จะยังอยู่ในรูปแบบของเซตแบบดั้งเดิม ซึ่งยังไม่มีขอบเขตของความคลุมเครือเกิดขึ้นในระหว่างแต่ละระดับชั้น ดังนั้นจึงต้องทำการหาขอบเขตที่คลุมเครือของระดับชั้นต่าง ๆ ให้กับตัวแปรอินพุตและเอาท์พุต โดยอาศัยการตั้งคำถามกับผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 2: ผลการหาขอบเขตที่คลุมเครือของระดับชั้นต่าง ๆ

Input	Step	Range
Juxtaposition	High	0.01–0.13
	Medium	0.1–0.2
	Low	0.15–0.3
Shale Smear Factor	High	1–3
	Medium	2.8–5
	Low	3.5–6
Offset Well Similarity	High	70–100
	Medium	35–80
	Low	1–50
Data Confident	Very High	80–100
	High	55–85
	Medium	45–65
	Low	20–47
	Very Low	1–25
Output	**Step**	**Range**
$\%P_g$	High	0.55–1
	Medium	0.45–0.8
	Low	0–0.5

เมื่อสามารถระบุขอบเขตของความคลุมเครือได้แล้ว ขั้นตอนถัดมาคือ การกำหนดฟังก์ชันความเป็นสมาชิกเพื่อให้เซตของตัวแปรอยู่ในรูปแบบของฟัซซีเซต โดยมีการทดลองใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 3 รูปแบบคือ Triangular, Trapezoid และ Gaussian เพื่อหาฟังก์ชันที่ให้ค่าเอาท์พุตอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ ค่าเอาท์พุตที่ได้จากการอนุมานฟัซฟีลอจิกจะต้องมีความแตกต่างจากค่าที่ได้จากการให้ความเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญไม่เกิน 5% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยสามารถแสดงพารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Trapezoid ได้ดังนี้

Download จาก ดุลยการบัณฑิต

ตารางที่ 3: พารามิเตอร์สำหรับฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Trapezoid

Input	Step	Range	High	Degree of Membership = 1		Low
Juxtaposition	High	0.01–0.13	0.01	0.01	0.09	0.13
	Medium	0.1–0.2	0.10	0.09	0.15	0.20
	Low	0.15–0.3	0.15	0.20	0.30	0.30
Shale Smear Factor	High	1–3	1.00	1.00	2.80	3.00
	Medium	2.8–5	2.80	3.00	3.50	5.00
	Low	3.5–6	3.50	5.00	6.00	6.00
Offset Well Similarity	High	70–100	70.00	90.00	100.00	100.00
	Medium	35–80	35.00	50.00	70.00	80.00
	Low	1–50	1.00	1.00	35.00	50.00
Data Confident	Very High	80–100	80.00	85.00	100.00	100.00
	High	55–85	55.00	65.00	80.00	85.00
	Medium	45–65	45.00	47.00	57.00	65.00
	Low	20–47	20.00	25.00	35.00	47.00
	Very Low	1–25	1.00	1.00	20.00	25.00
Output	**Step**	**Range**				
$\%P_g$	High	0.55–1	0.55	0.80	1.00	1.00
	Medium	0.45–0.8	0.45	0.50	0.60	0.80
	Low	0–0.5	0.00	0.00	0.30	0.50

สำหรับการกำหนดกฎให้ระบบฟัซซีลอจิก เนื่องจากอินพุตประกอบไปด้วยตัวแปรทั้งหมด 4 ตัวแปร โดยตัวแปร Offset Well Similarity, Juxtaposition และ Shale Smear Factor สามารถแบ่งอินพุตออกเป็น 3 ช่วง คือ Low, Medium และ High ส่วนตัวแปร Data Confident จะถูกแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคือ Very Low, Low, Medium, High และ Very High ดังนั้นรูปแบบของอินพุตจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งหมดเท่ากับ $3 \times 3 \times 3 \times 5 = 135$ กรณี ซึ่งหลังจากที่ได้รูปแบบที่เป็นไปได้ของอินพุตทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีในการหาค่าเอาท์พุตสำหรับอินพุตแต่ละรูปแบบโดยการสอบถามผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยาผ่านการกรอกแบบสอบถาม ซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์บางส่วนได้ดังนี้

Download สกว. การวิจัยเพื่อการใช้งาน

ตารางที่ 4: ผลของการออกแบบกฎในการอนุมานฟัซซี

Case	Similarity	Data Confident	Juxaposition	Smear	%[illegible]
1	H	VH	H	H	H
2	H	H	H	H	H
3	H	M	H	H	H
4	H	L	H	H	H
5	H	VL	H	H	H
6	H	VH	H	M	H
7	H	H	H	M	H
8	H	M	H	M	H
9	H	L	H	M	H
10	H	VL	H	M	H
11	H	VH	H	L	H
12	H	H	H	L	H
13	H	M	H	L	H
14	H	L	H	L	H
15	H	VL	H	L	H
16	H	VH	M	H	H
17	H	H	M	H	H
120	L	VL	M	L	L
121	L	VH	L	H	H
122	L	H	L	H	H
123	L	M	L	H	H
124	L	L	L	H	M
125	L	VL	L	H	M
126	L	VH	L	M	L
127	L	H	L	M	L
128	L	M	L	M	L
129	L	L	L	M	M
130	L	VL	L	M	M
131	L	VH	L	L	L
132	L	H	L	L	L
133	L	M	L	L	L
134	L	L	L	L	L
135	L	VL	L	L	L

Download สกว. วารสารบริหารธุรกิจ

เพื่อให้ได้ฟังก์ชันอนุมานแบบค่าน้อยสุดสำหรับการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ในการกำหนดฟังก์ชันอนุมานให้ระบบฟัซซีของงานวิจัยนี้จึงพิจารณากรณีที่เลวร้ายที่สุด โดยทำการเลือกค่าชุดของอินพุตมา 1 ชุด เพื่อใช้แสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบในสถานการณ์จริง โดยมีค่าอินพุตที่เลือกใช้และผลการเปรียบเทียบค่าอินพุตกับตารางแสดงขอบเขตคลุมเครือของตัวแปรในกรณีที่พิจารณาบนฟังก์ชันความเป็นสมาชิกแบบ Trapozoid ได้ดังนี้

(1) ค่า Juxtaposition เท่ากับ 0.14 อยู่ในช่วงของ Medium ที่มีระดับความเป็นสมาชิก (Degree of Membership, DM) เท่ากับ 1

(2) ค่า Shale Smear Factor เท่ากับ 6 อยู่ในช่วงของ Low ที่ระดับความเป็นสมาชิก (Degree of Membership, DM) เท่ากับ 1

(3) ค่า Offset Well Similarity เท่ากับ 74 อยู่ในทั้งช่วงของ Medium และ High โดยที่ระดับความเป็นสมาชิกเมื่ออยู่ในช่วงของ Medium เท่ากับ 0.6 และเท่ากับ 1 เมื่ออยู่ในช่วงของ High

(4) ค่า Data Confident เท่ากับ 27 จะอยู่ในช่วงของ Low ที่ระดับความเป็นสมาชิก (Degree of Membership, DM) เท่ากับ 1

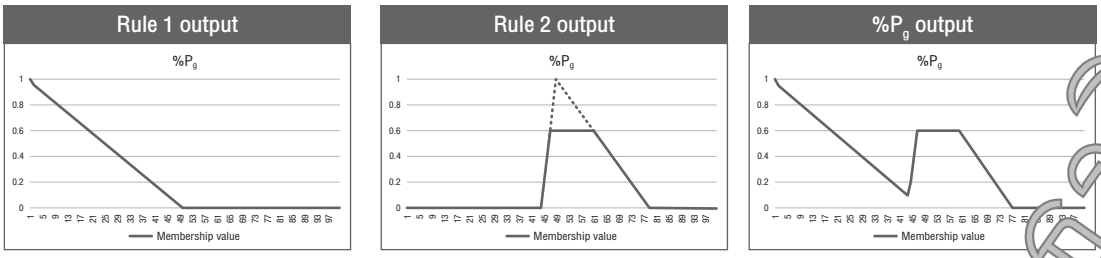
ค่าที่ได้จะถูกนำไปเทียบเคียงกับกฎของระบบฟัซซีที่ได้ทำการออกแบบไว้ โดยสามารถสรุปกฎของฟัซซีที่ถูกใช้งานในกรณีนี้ได้ดังนี้

ตารางที่ 5: กฎที่ถูกกระตุ้นในการอนุมานฟัซซีตามตัวอย่าง

Case	Juxtaposition	Shale Smear Factor	Offset Well Similarity	Data Confident	%Pg
1	M	L	H	L	M
2	M	L	M	L	L

สำหรับการทำงานของกฎข้อที่ 1 จะได้ค่า %Pg เอาท์พุตอยู่ในช่วง Medium ที่ระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 0.6 และการทำงานของกฎข้อที่ 2 จะได้ค่า %Pg เอาท์พุตอยู่ในช่วง Low ที่ระดับความเป็นสมาชิกเท่ากับ 1 ผลลัพธ์ที่ได้จากการอนุมานกฎของฟัซซีจะถูกนำไปใช้ในการทำ Defuzzifier ซึ่งเป็นการแปลงค่าที่ได้จากการอนุมานฟัซซี ให้กลับเป็นข้อมูลความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา เริ่มจากการรวมผลลัพธ์ที่ได้จากการอนุมานกฎของฟัซซีทั้งสองข้อตามวิธีแบบ Mamdani ผ่านตัวกระทำแบบเรียบง่าย โดยใช้วิธีการจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด – ต่ำสุด (Max – Min Composition) ซึ่งทำได้โดยการนำกราฟของผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของกฎทั้งสองข้อมาซ้อนทับกัน และเลือกใช้เอาท์พุตที่มีค่าระดับความเป็นสมาชิกที่สูงที่สุดในแต่ละค่าอินพุต เพื่อใช้เป็นกราฟของผลลัพธ์ ดังแสดงในแผนภาพต่อไปนี้

Download สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



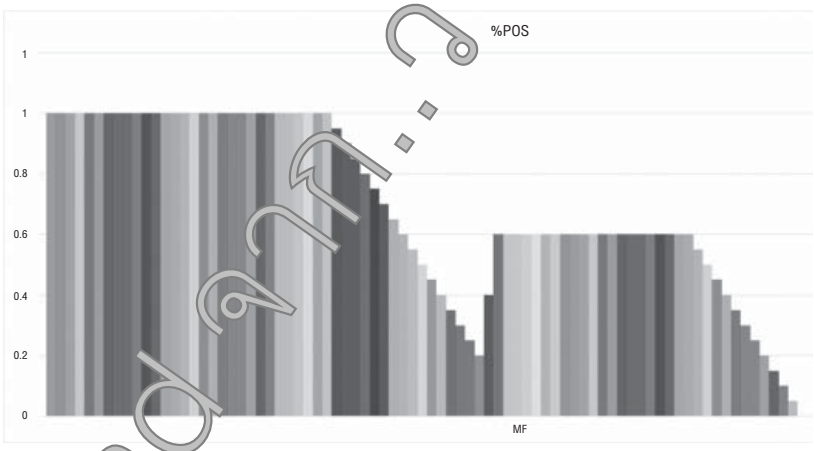
[เส้นทึบแสดงค่า Max ในแต่ละตำแหน่งหลังจากการซ้อนทับกันของกราฟเอาท์พุตทั้งสอง]

ภาพที่ 8: การจัดองค์ประกอบแบบค่าสูงสุด–ต่ำสุด (Max–Min Composition)

ขั้นตอนถัดไปคือ การแปลงค่าเอาท์พุตที่ได้จากระบบฟัซซีลอจิก ให้อยู่ในรูปแบบของค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา โดยการคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วงตามสมการนี้

$$\%P_g = \frac{[(0.5 + 1.5 + \ldots + 29.5) \times 1] + \ldots + (0.05 \times 72.5)}{(1 + 1 + 1 + \ldots + 0.15 + 0.1 + 0.05)}$$

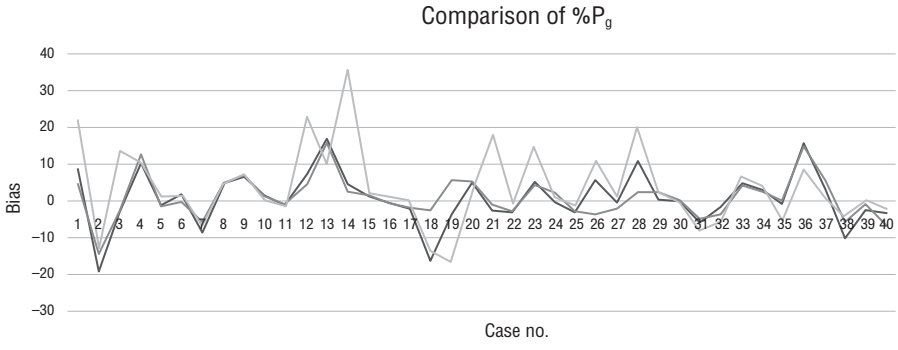
โดยพจน์บนคำนวณได้จากผลรวมของการนำค่าตำแหน่งของจุดกึ่งกลางของกราฟแท่งแต่ละแท่ง คูณกับพื้นที่ของกราฟแท่งนั้น ๆ ส่วนพจน์ล่างได้จากผลรวมของความสูงของกราฟแท่งแต่ละแท่ง ซึ่งในกรณีนี้ พื้นที่ของกราฟแต่ละแท่ง ได้จากการนำค่าความเป็นสมาชิกจากแกนตั้ง คูณกับความกว้างของฐานซึ่งเท่ากับ 1 และตำแหน่งของจุดกึ่งกลางกราฟแท่งได้จากค่าตำแหน่งตามแกนนอนของกราฟแท่งนั้น ๆ ซึ่งจะได้ ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาสำหรับกรณีนี้เท่ากับ 32.26%



ภาพที่ 9 ภาพประกอบการคำนวณค่าจุดศูนย์ถ่วงเพื่อการทำ Defuzzifier

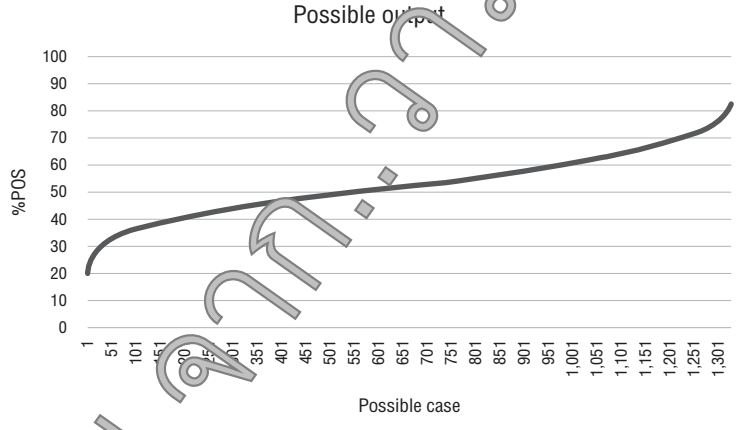
สำหรับการทดสอบความถูกต้องในการประเมินค่าของระบบฟัซซีลอจิก งานวิจัยนี้ทำการสุ่มค่าอินพุตของแต่ละตัวแปร โดยใช้ฟังก์ชัน RANDBETWEEN() ในโปรแกรม Microsoft Excel เป็นจำนวนทั้งหมด 40 ตัวอย่าง ซึ่งผลลัพธ์จากการอนุมานสามารถแสดงในรูปแบบของค่าความผิดพลาด เมื่อเทียบกับการให้ความเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญได้ดังแสดงในภาพที่ 10

Download ... วารสารบริหารธุรกิจ



ภาพที่ 10: ค่าความผิดพลาดของเอาท์พุตที่ได้จากการทดสอบระบบฟัซซีลอจิก

จากกราฟแสดงให้เห็นถึงค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่แตกต่างกัน โดยพบว่าฟังก์ชันความเป็นสมาชิกที่ให้ค่าความผิดพลาดต่ำที่สุดคือ ฟังก์ชัน Trapezoid ซึ่งให้ค่าที่มีความผิดพลาดน้อยกว่า 5% จำนวน 30 จากทั้งหมด 40 ตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากข้อจำกัดของการใช้ Defuzzifier ด้วยวิธีการคำนวณหาค่าจุดศูนย์ถ่วง ในกรณีฟังก์ชันสมาชิกรูปแบบ Trapezoid ส่งผลให้ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาที่ได้จากการคำนวณของระบบฟัซซีมีขอบเขตบนและขอบเขตล่างของค่าเอาท์พุตเท่ากับ 83 และ 21 ตามลำดับ โดยกราฟแสดงค่าเอาท์พุตที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ได้จากการอนุมานกฎของฟัซซีสามารถแสดงได้ดังภาพที่ 11

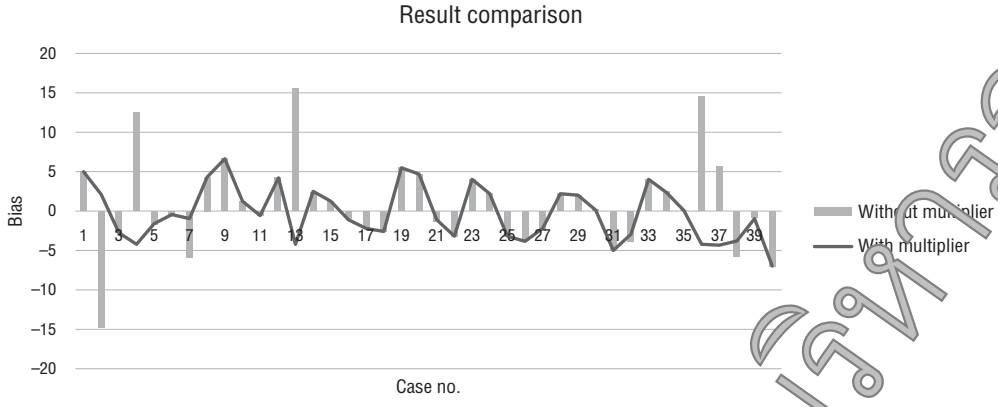


ภาพที่ 11: ค่าเอาท์พุตที่เป็นไปได้ของการคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วง

จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองไม่สามารถให้ค่าเอาท์พุตที่แม่นยำได้ เนื่องจากค่าเอาท์พุตที่ได้จากผู้เชี่ยวชาญมีค่าอยู่นอกขอบเขตของค่าที่เป็นไปได้จากการคำนวณหาจุดศูนย์ถ่วง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีการสร้างเงื่อนไขพิเศษ ในการปรับให้ค่าเอาท์พุตมีความครอบคลุมถึงช่วงที่เป็นไปได้ทั้งหมดตั้งแต่ค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาเท่ากับ 1 ไปจนถึง 100 โดยช่วงของค่าเอาท์พุตที่ต้องใช้เงื่อนไขพิเศษในการคำนวณคือ เมื่อค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยามีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 20 และช่วงค่าตั้งแต่ 83 จนถึง 100 สำหรับการออกแบบเงื่อนไข เพื่อให้ได้ค่าเอาท์พุตครอบคลุมช่วงทั้งสอง จะใช้วิธีให้ผู้เชี่ยวชาญตอบแบบสอบถามเกี่ยวกับกฎของฟัซซีซ้ำอีกครั้ง โดยครั้งนี้ให้ระบุค่าที่คาดว่าจะเป็นของเอาท์พุต แทนที่จะกำหนดเป็นระดับชั้นแบบก่อนหน้านี้ แล้วจึงนำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อสร้างตาราง Multiplier Matrix เพื่อใช้ในการประเมินค่าเอาท์พุต

Download สาขาวิชาการจัดการ

ให้ครอบคลุมความเป็นไปได้ทั้งหมด เมื่อทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้เงื่อนไขพิเศษกับค่าที่ได้จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในตอนแรกพบว่า การใช้เงื่อนไขพิเศษจะให้ผลลัพธ์ที่มีค่าความผิดพลาดต่ำกว่าดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12: ค่าความผิดพลาดของเอาท์พุตก่อนและหลังการปรับปรุงค่า

จากผลการปรับปรุงค่าข้างต้น สามารถประมาณช่วงความเชื่อมั่นโดยการใช้ z-test โดยการคำนวณค่าความผิดพลาดได้ว่า การประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยาโดยการใช้ฟัซซีลอจิกที่ฟังก์ชันสมาชิกแบบ Trapezoid ให้ค่าที่มีความผิดพลาดระหว่าง 2.37–3.44% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ฟัซซีลอจิกในการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการสำรวจปิโตรเลียม โดยมีปัจจัยความไม่แน่นอนทั้งทางด้านการเงินและความเสี่ยงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการสำรวจหาแหล่งปิโตรเลียม การขาดความแม่นยำในการประเมินอาจนำไปสู่การตัดสินใจที่ผิดพลาดและส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของโครงการขุดสำรวจ ซึ่งเป็นโครงการลงทุนขนาดใหญ่ที่ต้องอาศัยเงินลงทุนมหาศาล

จากกรณีศึกษาในการใช้กรอบแนวคิดในการออกแบบระบบฟัซซีลอจิก เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา โดยมีการทดลองใช้ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก 3 รูปแบบคือ Triangular, Trapezoid และ Gaussian เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำในการประเมิน โดยมีเป้าหมายที่กำหนดโดยผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยา ซึ่งการทดสอบระบบโดยการสุ่มค่าอินพุตจำนวน 40 ค่า และพิจารณาเทียบผลที่ได้จากการอนุมานฟัซซีกับผลที่ได้จากการให้ความเห็นโดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลลัพธ์ดังนี้

1. ฟังก์ชัน Triangular ให้ค่าที่มีความผิดพลาดระหว่าง 2.81–4.83% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
2. ฟังก์ชัน Trapezoid ให้ค่าที่มีความผิดพลาดระหว่าง 2.37–3.44% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%
3. ฟังก์ชัน Gaussian ให้ค่าที่มีความผิดพลาดระหว่าง 4.44–9.37% ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จึงสามารถสรุปได้ว่า ฟังก์ชันสมาชิกที่ให้ค่าที่มีความแม่นยำสูงสุดในกรณีศึกษานี้คือ ฟังก์ชัน Trapezoid จากข้อสรุปนี้แสดงให้เห็นว่า การเลือกใช้ฟัซซีลอจิกเพื่อการสร้างแบบจำลองฟัซซี สำหรับประกอบการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองฟัซซีลอจิกจะถูกนำไปใช้ระหว่างขั้นตอนการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยาของแหล่งสำรวจ

Download สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และขั้นตอนการตัดสินใจเลือกค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ภายหลังจากการพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาข้อมูลทั้งหมดแล้ว เพื่อช่วยแก้ไขเรื่องความคลุมเครือในการประเมิน และทำให้ผู้มีหน้าที่ตัดสินใจสามารถเห็นภาพของปัญหาที่มีความชัดเจนยิ่งขึ้นได้

ข้อเสนอแนะเพื่อประโยชน์ต่อผู้ใช้งานวิจัย

จากงานวิจัยซึ่งได้ทำการศึกษาการประยุกต์ฟัซซีลอจิก เพื่อการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ที่แสดงถึงขั้นตอนการศึกษา ขั้นตอนการออกแบบ ตลอดจนวิธีการใช้งาน และผลลัพธ์ที่แสดงให้เห็นว่ากรอบแนวคิดในงานวิจัยฉบับนี้สามารถใช้งานได้จริง ประโยชน์ของงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นแนวทางในการพัฒนาแบบจำลองฟัซซี เพื่อใช้ในการประกอบการตัดสินใจสำคัญอื่น ๆ ในลักษณะเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยยังคงมีประเด็นที่จะนำเสนอ เพื่อให้ผู้ที่ต้องการใช้งานวิจัยฉบับนี้ในอนาคตสามารถพัฒนาตัวแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานมากยิ่งขึ้น ดังนี้

- **ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย**

  งานวิจัยฉบับนี้มีการกล่าวถึงตัวแปรที่สำคัญเกี่ยวกับข้อมูลทางธรณีวิทยา เพื่อทำการประเมินค่าความน่าจะเป็นทางธรณีวิทยา ซึ่งการเลือกใช้งานตัวแปรนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะทางธรณีวิทยาของแต่ละพื้นที่ที่มีความแตกต่างกัน ผู้วิจัยไม่จำเป็นที่จะต้องใช้งานตัวแปรทั้งหมด หรืออาจจะไม่จำเป็นต้องทำการประเมินเลยในกรณีที่มีข้อมูลมากพอแล้ว หรือในบางกรณี ตัวแปรบางตัวอาจจะมีน้ำหนักมากกว่าตัวแปรอื่น ๆ ซึ่งสามารถประเมินได้โดยอาศัยความเห็นของผู้เชี่ยวชาญทางธรณีวิทยา

- **แนวทางในการแก้ไขข้อจำกัดของการคำนวณโดยวิธีการคำนวณจุดศูนย์ถ่วง**

  งานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้การสร้างเงื่อนไขพิเศษ เพื่อการปรับปรุงค่าเอาท์พุตให้มีความครอบคลุมผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ เนื่องจากมีอินพุตเพียง 4 ค่า และเอาท์พุตเพียงค่าเดียว ทำให้การสร้าง Matrix เพื่อการใช้งานทำได้ไม่ยาก ซึ่งการใช้วิธีนี้จะมีข้อจำกัดในกรณีที่ตัวแปรอินพุตมีจำนวนมาก จะทำให้ตัวแบบมีความซับซ้อนและไม่สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทางเลือกในการใช้เครื่องมืออื่นเพิ่มเติมอาจจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า เช่น การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียมช่วยในการกำหนดค่าน้ำหนักของกฎ

สำหรับวิธีการเพิ่มจำนวนฟังก์ชันสมาชิกนั้น ควรทำในปริมาณที่เหมาะสม เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อการกำหนดกฎและการคำนวณเอาท์พุต ซึ่งการเพิ่มจำนวนฟังก์ชันสมาชิกที่ละเอียดมากจนเกินไป อาจจะเป็นอุปสรรคในการออกแบบระบบ ซึ่งการใช้เครื่องมือชนิดอื่นในการทำงานอาจจะทำได้มีประสิทธิภาพมากกว่า

- **การปรับค่าของฟังก์ชันสมาชิกให้มีความแม่นยำมากขึ้น**

  โดยปกติแล้ว การออกแบบระบบฟัซซีลอจิกอาจจะจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงฟัซซีเซต และฟังก์ชันความเป็นสมาชิกซ้ำอีกหลายครั้งหลังจากได้ตัวแบบเบื้องต้นแล้ว โดยเฉพาะระบบที่ต้องการความแม่นยำสูง เช่น ระบบควบคุมทางวิศวกรรม เนื่องจากระบบฟัซซีลอจิกนั้นออกแบบโดยอาศัยการจำลองตรรกะถ้า-แล้ว โดยอาศัยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว การกำหนดค่าพารามิเตอร์ในครั้งแรกจะยังไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมที่แท้จริงของระบบ จึงต้องผ่านขั้นตอนการปรับแต่งโดยละเอียดก่อนจะสามารถใช้งานจริงได้

Download สาก.กลางมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนาคาร

REFERENCES

Azadegan, A., Porobic, L., Ghazinoory, S., Samouei, P. & Kheirkhah A. S. (2011). Fuzzy logic in manufacturing: A review of literature and a specialized application. *International Journal of Production Economics, 132*, 258–270.

Bickel, J. E., Smith, J. E. & Meyer, J. L. (2006). *Modeling Dependence Among Geologic Risks in Sequential Exploration Decisions*. Texas: Society of Petroleum Engineers.

Elleithy, K. (2008). *Innovations and Advanced Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*. Netherlands: Springer.

Jang, J. R., Sun, C. & Mizutani, E. (1997). *Neuro-fuzzy and soft computing: a computational approach to learning and machine intelligence*. NJ: Prentice-Hall, Inc.

Kachi, T., Yamada, H., Yasuhara, K., Fujimoto, M., Hasegawa, S., Iwanaga, S. & Sorkhabi, R. (2005). Fault-seal analysis applied to the Erawan gas-condensate field in the Gulf of Thailand. *AAPG Memoir, 85*, 59–78.

Mamdani, E. H. (1974). Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant. *Proceedings of the IEEE, 121*(12), 1585–1588.

Meesad, P. (2010). *Fuzzy Systems and Neural Network*. Bangkok: Faculty of Information Technology, King Mongkut's University of Technology North Bangkok.

PTTEP. (2006). *PTTEP Geological POS Guideline*. Bangkok: PTT Exploration and Production Public Company Limited.

Rose, P. R. (1992). Chance of Success and Its Use in Petroleum Exploration: Chapter 7: Part II. Nature of the Business. *The Business of Petroleum Exploration: AAPG Treatise of Petroleum Geology*, 71–86.

Shapiro, A. F. & Koissi, M. (2017). Fuzzy logic modifications of the Analytic Hierarchy Process. To be appeared in *Insurance: Mathematics and Economics*.

Shekarian, E., Kazemi, N., Salwa Hanim Abdul-Rashid, S. H. & Olugu, E. U. (2017). Fuzzy inventory models: A comprehensive review. *Applied Soft Computing, 55*, 588–621.

Suganthi, L., Iniyan, S. & Samuel, A. A. (2015). Applications of fuzzy logic in renewable energy systems – A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 48, 585–607.

Turban, E. (1990). *Decision Support and Expert Systems: Management Support Systems*. New York: Macmillan.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control, 8*(3), 338–353.

Zadeh, L. A. (2015). Fuzzy logic—a personal perspective. *Fuzzy Sets and Systems, 281*, 4–20.

Zhang, N., Zhou, K. & Du, X. (2017). Application of fuzzy logic and fuzzy AHP to mineral prospectivity mapping of porphyry and hydrothermal vein copper deposits in the Dananhu-Tousuquan island arc, Xinjiang, NW China. *Journal of African Earth Sciences, 128*, 84–96.

Download ดาวน์โหลดได้ที่ กรมวิทยาศาสตร์บริการ