

## การคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP)

กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Selection of Cloud Computing Provider Using the Analytic Hierarchy Process (AHP):

A Case Study of Chiang Mai University

ประชุมชัย วงษ์ชัยภวัฒน์\* และอดิศักดิ์ ธีรานุกพัฒนา\*\*

## บทคัดย่อ

การศึกษาการคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยใช้วิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) ทำการทดสอบความสามารถในการใช้แบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เสนอ และทำการเปรียบเทียบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้ง 2 วิธี คือวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและวิธีน้ำหนัก มาเปรียบเทียบหาวิธีการรวบรวมที่เหมาะสมที่สุด 1 วิธี ในการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยการศึกษานี้ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้มีอำนาจในการตัดสินใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 5 ราย

การพัฒนาแบบจำลองตามจุดประสงค์ข้อแรก เริ่มจากการหาเกณฑ์ในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing Provider) โดยอาศัยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ได้มาเป็นเกณฑ์หลักทั้ง 6 เกณฑ์ ได้แก่ ค่าใช้จ่าย (Cost) ความคล่องตัว (Agility) สมรรถนะ (Performance) การรับประกัน (Assurance) ภาวะรับผิดชอบ (Accountability) และมาตรฐานด้านความปลอดภัย (Security) และประกอบด้วยเกณฑ์รอง อีกจำนวน 18 เกณฑ์รอง นำเกณฑ์ทั้งหมดมาจัดลำดับความสำคัญ นำมาสร้างแบบจำลองผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Expert Choice<sup>®</sup> แล้วนำแบบจำลองไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 5 ราย โดยวิธี AHP 2 รูปแบบ โดยครั้งแรกใช้วิธีเก็บแบบค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เพื่อรวมดุลยพินิจของผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละรายเข้าเป็นดุลยพินิจของกลุ่มด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ หลังจากนั้นทำการเก็บรวบรวมข้อมูลอีกครั้งด้วยวิธีน้ำหนัก โดยผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 5 ต้องอภิปรายกลุ่มรวบรวมเป็นดุลยพินิจจากเสียงเอกฉันท์ แล้วนำผลการคัดเลือกจากทั้ง 2 วิธีมาเปรียบเทียบผลที่ได้ แล้วให้ผู้ตอบแบบสอบถามตัดสินใจเลือกวิธีการที่ตนเห็นว่าเหมาะสมที่สุดต่อไป

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 พบว่า แบบจำลองที่เสนอ สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆได้จริง เนื่องจากมีการตรวจสอบความสอดคล้องของดุลยพินิจ (Consistency Ratio: C.R.) ตามขนาดของเมทริกซ์ของแบบจำลองเพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูล และมีการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) เพื่อตรวจสอบผลลัพธ์ของการตัดสินใจว่าเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อระดับค่าน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์หลักแต่เกณฑ์เปลี่ยนแปลงไป

\*นักศึกษาด้านการบริหารธุรกิจสำหรับผู้บริหาร คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

\*\*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อาจารย์ภาควิชาการจัดการคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

จากวัตถุประสงค์ข้อสุดท้าย ผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆทั้ง 3 รายประกอบด้วย Amazon EC2, Microsoft Azure และ Google Compute Engine จากผลการรวบรวมทั้ง 2 วิธี พบว่า ผลการตัดสินใจที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ผลที่ได้จากการรวบรวมแบบวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเลือก Google Compute Engine ส่วนวิธีฉันทามติ ผลที่ได้เลือก Amazon EC2 โดยหลังจากสอบถามถึงวิธีที่ดีกว่า พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 5 ราย มีความเห็นชอบในผลจากรูปแบบการตัดสินใจแบบวิธีฉันทามติอย่างเป็นทางการ

## ABSTRACT

The study on “Selection of Cloud Computing Provider Using the Analytic Hierarchy Process (AHP): A Case Study of Chiang Mai University” aims to develop the model of the selection of Cloud Computing provider using the Analytic Hierarchy Process (AHP), to verify capacity of the proposed selected model, and to conduct the comparative study of the 2 data collection methods namely Geometric Mean and Consensus Approach to find the one and the most appropriate method for the selection of Cloud Computing provider. Data of this study were collected from 5 authorities on information Technology of Chiang Mai University.

For the first objective, to develop the selection model, it got started by setting up criteria using for selecting the Cloud Computing provider. In this step, the reviews of relevant literatures were applied, then, 6 main criteria were addressed: cost, agility, performance, assurance, accountability, and security. In each main criteria, it consisted of 3 sub-criteria, so there were 18 sub-criteria in total. All criteria were ranked in according to hierarchy. After that, the model was constructed via Expert Choice Program, which was, later on, used for collecting information from 5 respondents under the application of 2 AHP forms. In the beginning, the data collection was done under the mathematic approach, called, the Geometric Mean, to group individual discretions together. In the meanwhile, data were re-collected according to consensus approach, which required the group discussion of the 5 respondents to find out consensus discretion. Lastly, result as obtained from both methods were compare and asked the respondent to select the most appropriate method for the selection of Cloud Computing provider.

For the second objective, the result suggested that the selected model was applicable to the selection of Cloud Computing provider. In order to make data as obtained from questionnaires reliable, this study, in addition, examined the consistency ratio (C.R.) according to the model's matrix size. Sensitivity was also analyzed to find out how the decision's outcome changed when the level of importance of each main criterion was varied.

For the third objective, to conduct the comparative study on 3 Cloud Computing providers namely Amazon EC2, Microsoft Azure, and Google Compute Engine according to 2 mentioned data collection methods, the findings presented that the decision making to select the Cloud Computing provider were contradictory. The results suggested that according to the Geometric method. Google Compute Engine was selected to be the Cloud Computing provider,

while Amazon EC2 was selected according to the consensus approach. The authorities, who could do the decision making, firstly chose Amazon EC2 to be Cloud Computing provider, followed by Microsoft Azure, and Google Compute Engine, respectively. The main criteria influencing their decision making the most were security, accountability, performance, assurance, and cost, accordingly.

## หลักการและเหตุผล

จากสถิติการใช้งานระบบสารสนเทศในปัจจุบันของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พบว่าปริมาณการใช้งานคอมพิวเตอร์ของบุคลากรและนักศึกษาเพิ่มมากขึ้น โดยสถิติการใช้งานระบบเครือข่ายไร้สาย (Jumbo Plus) ของสำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เติบโตขึ้น ร้อยละ 38 จากเดือนเมษายน 2556 ถึงเดือนเมษายน 2557 ซึ่งเป็นผลจากการที่บุคลากร อาจารย์รวมถึงนักศึกษาในมหาวิทยาลัย มีเครื่องคอมพิวเตอร์รวมทั้งอุปกรณ์พกพาอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถใช้บริการอินเทอร์เน็ตจากระบบเครือข่ายในมหาวิทยาลัยเพิ่มมากขึ้น และจากปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อภาระในการจัดการระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการใช้บริการอินเทอร์เน็ตของผู้ใช้งาน ไม่ครอบคลุมเช่นเดิม ทำให้ทางมหาวิทยาลัยต้องหามาตรการเพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของการใช้งานระบบอย่างมากขึ้น โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สนใจที่จะนำบริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) เข้ามาช่วยแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) เป็นนวัตกรรมหนึ่งในโลกสารสนเทศปัจจุบัน ที่เริ่มเข้ามามีบทบาทที่สำคัญต่อองค์กรในทุกภาคส่วนมากยิ่งขึ้น เพราะระบบการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing) เปรียบเสมือนสาธารณูปโภคพื้นฐานที่ ช่วยให้ทำให้การบริหารจัดการระบบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นไปได้อย่างขึ้นกล่าวคือ ประการที่ 1 ทำให้องค์กรสามารถประหยัดการลงทุนเรื่องทรัพยากรคอมพิวเตอร์สำหรับเครื่องแม่ข่ายได้ เพราะใช้การเช่าระบบแทน ส่งผลให้องค์กรที่มีเงินลงทุนจำกัด สามารถมีระบบสารสนเทศที่ดี ใช้งานได้เท่าเทียมกับองค์กรอื่นๆ ที่มีเงินลงทุนสูงกว่า ประการที่ 2 องค์กรสามารถสร้างระบบใหม่ขึ้นมาได้ในเวลาอันรวดเร็ว เพราะว่ามีผู้ให้บริการนั้นได้จัดเตรียมทรัพยากรไว้รองรับอยู่แล้ว ดังนั้น จึงไม่ต้องเสียเวลาในการออกแบบระบบและช่วยประหยัดเวลาได้อีกด้วย ประการสุดท้ายขององค์กรสามารถขจัดปัญหาเรื่องการดูแลระบบทรัพยากรสารสนเทศ โดยสามารถเลือกใช้วิธีการให้ผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) เป็นผู้ดูแลระบบทรัพยากรสารสนเทศแทนได้ องค์กรจึงสามารถลดจำนวนบุคลากรที่ต้องจ้างเพื่อเข้ามาทำหน้าที่ดูแลระบบของตนเองอีกต่อไป และด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการลงทุนด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในองค์กรที่มีการเปลี่ยนมาเป็นการเช่าใช้ระบบ กันมากขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดภาระการบริหารจัดการระบบด้านสารสนเทศให้น้อยลง ลดต้นทุนด้านจำนวนบุคลากร และในที่สุดก็ช่วยส่งผลให้องค์กรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้ (Rahimli, 2013)

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ กำลังอยู่ระหว่างการตัดสินใจเลือกใช้บริการจากผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เหมาะสม เนื่องจากมีเกณฑ์ในการเลือกที่หลากหลาย เช่น เกณฑ์ด้านต้นทุน ด้านสมรรถนะ ด้านความคล่องตัว ด้านความปลอดภัย และอีกหลายเกณฑ์ (Saurabh Kumar Garg *et al.*, 2013; Tim Hannibal *et al.*, 2013; Carnegie Mellon, 2010; Steve Phillips, 2013; Thoran Rodrigues *et al.*, 2013) ทำให้มีความซับซ้อนในการตัดสินใจ และมีความ

ขัดแย้งกันในแต่ละเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น มหาวิทยาลัยที่มีความหลากหลายในส่วนของระบบปฏิบัติการ (Operating System) หรือแอปพลิเคชันที่ใช้ในองค์กร แต่หากเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) ที่มีต้นทุนถูกที่สุด แต่ไม่สามารถรองรับการใช้งานได้ครบถ้วน ก็จะทำให้เกิดปัญหาการเข้าใช้งานระบบ จนถึงเกิดความเสียหายในการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยได้ เทคนิคกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) เป็นเทคนิคที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) ได้

กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) เป็นเทคนิคอันหนึ่งในการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making: MCDM) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ง่าย (Vargas, 1990; Wedley, 1990; Forman and Gass, 2001; Belton and Stewart, 2002 ; Pohekar and Ramachandran, 2004; Gass, 2005; Zhou *et al.*, 2006) และสามารถประเมินข้อมูลทั้งแบบเชิงปริมาณและคุณภาพได้อย่างสมเหตุสมผล มีเหตุผลสอดคล้องกัน (Wedley, 1990; Uunnarand Ladet, 2004) รวมทั้งมีความยืดหยุ่น นำไปประยุกต์ใช้ในตัดสินใจเลือกอื่นๆได้ (Vargas, 1990; Abdi and Labib, 2004; Pohekar and Ramachandran, 2004) และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สามารถนำมาใช้ช่วยในการตัดสินใจในปัญหาการเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ซึ่งมีเกณฑ์เกี่ยวข้องกับหลายเกณฑ์ หากนำเทคนิคดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ประกอบการตัดสินใจจะช่วยให้มหาวิทยาลัยเชียงใหม่สามารถคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) ได้อย่างเหมาะสม

### วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างแบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆโดยใช้วิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP)
2. เพื่อทดสอบความสามารถในการใช้แบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เสนอ
3. เพื่อเปรียบเทียบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 วิธี คือวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตและวิธีฉันทามติในการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

### การทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาหัวข้อการคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ เพื่อหาความสำคัญของเกณฑ์และนำมาใช้ในการคัดเลือกผ่านแบบจำลองโดยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) กรณีศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยผู้ศึกษาได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการศึกษา ดังนี้

Garg, Versteeg & Buyya (2013) ศึกษาเรื่องระบบคอมพิวเตอร์ในยุคอนาคต (Future Generation Computer System) ซึ่งกล่าวถึงบริการด้านเทคโนโลยีสารสนเทศใหม่ ๆ ที่เรียกว่า บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing Services) ที่จะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นจากความสามารถในการรองรับการให้บริการด้านสารสนเทศได้อย่างครอบคลุม เหมาะสม และสามารถรองรับกับการเจริญเติบโตของข้อมูลและเทคโนโลยีในอนาคตได้ ได้มีการยกตัวอย่างการประยุกต์ใช้ AHP ในการประเมินผลผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) โดยจากการศึกษา

พบว่า เกณฑ์ที่มีผลต่อการเลือกใช้บริการของผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆมากที่สุดคือ Cost (0.3) และ Performance (0.3) รองลงมาคือ Assurance (0.2) Agility (0.1) Accountability (0.05) และ Security (0.05) ตามลำดับ

Tim Hannibal *et al.* (2013) ได้ศึกษาถึงเกณฑ์สำคัญ ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Provider) สำหรับองค์กรธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งประกอบไปด้วย 7 เกณฑ์สำคัญ คือ ระบบด้านความปลอดภัย (Security) ประสิทธิภาพและความคล่องตัว (Performance and Versatility) โครงสร้างของค่าบริการ (Pricing Structure) ความพร้อมในการใช้งาน (Availability) ระเบียบในด้านการเข้าถึงข้อมูลภายใน (Regulatory Compliance) นโยบายการใช้งานระบบ (Company Policy) หลีกเลี่ยงการใช้บริการจากผู้ให้บริการรายเดียว (Avoiding Vendor Lock-in) โดยเกณฑ์หลักทั้ง 7 ด้านนี้ถือได้ว่ามีอิทธิพลต่อการตัดสินใจของผู้ประกอบการเมื่อต้องทำการเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

Carnegie Mellon Silicon Valley Researchers (2010) ได้กล่าวถึงการประเมินดัชนีบริการ (Service Measurement Index, SMI) ของระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆสำหรับองค์กรธุรกิจที่ แสดงถึงมุมมองแบบองค์รวมจากประสบการณ์การใช้งานของผู้ใช้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆในพื้นที่หลักๆ โดยประกอบไปด้วยดัชนี 6 เกณฑ์หลัก ได้แก่ คุณภาพ (Quality) ความรวดเร็ว (Agility) ความเสี่ยง (Risk) ความสามารถของระบบ (Performance) ต้นทุน (Cost) และความปลอดภัย (Security)

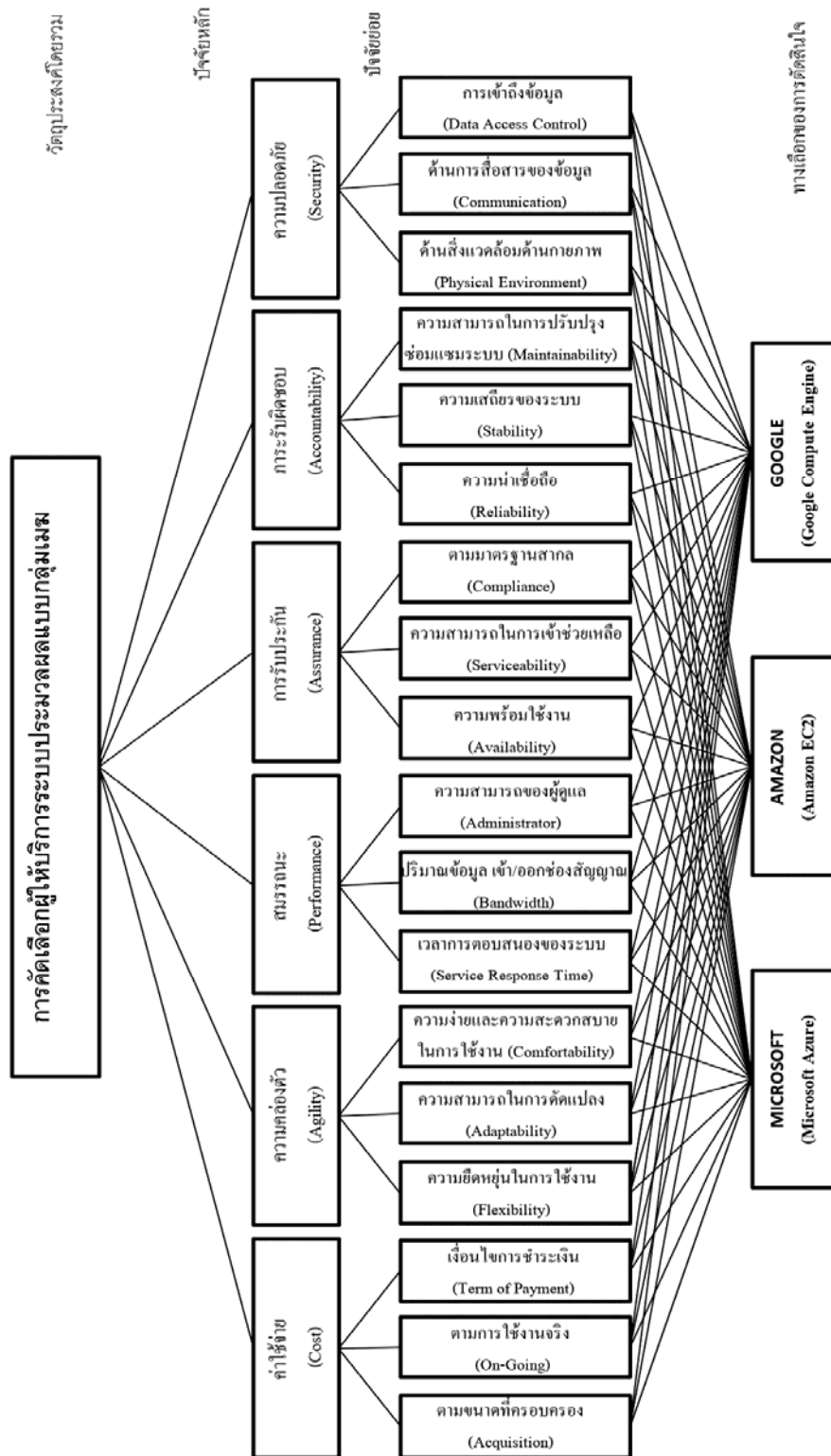
Phillips (2013) ได้เขียนบทความวิเคราะห์ เพื่อใช้ในการประเมินผู้ให้บริการรายใหม่ในตลาด โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกผู้ให้บริการทั้งหมด 5 เกณฑ์ คือ 1) การรักษาความปลอดภัย (Security) 2) ความสามารถในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง (Responsiveness to Change) 3) ความรับผิดชอบ (Liability) 4) ความน่าเชื่อถือต่อผู้ให้บริการ (Vendor Viability) 5) ข้อตกลงก่อนการทำสัญญา (The pre-Nuptial Agreement)

Rodrigues (2013) กล่าวถึงการเปรียบเทียบผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆจาก 11-บริษัท ของประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการการแตกย่อยเกณฑ์ถึง 14 เกณฑ์ ในการเปรียบเทียบผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆทั้ง 11 บริษัท ได้แก่ 1) แบบแผนการชำระค่าบริการ (Pricing Plan) 2) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อการใช้งานในช่วง 1 เดือน (Average Monthly Price) 3) การรับประกันสัญญาในการใช้งานระบบ (Service Level Agreement, SLA) 4) จำนวนของเครื่องแม่ข่ายสูงสุดที่สามารถรองรับการให้บริการ (Number of Datacenter) 5) ประกาศนียบัตรของผู้ให้บริการ (Certificate) 6) การขยายขีดความสามารถของระบบเพิ่มเติม (Scale Up) 7) การเพิ่มเติมระบบใหม่เพิ่มจากระบบเดิมที่มี (Scale Out) 8) เรื่องของการรองรับการให้บริการหลังจากการใช้งานระบบ (Support) 9) ความสามารถในการตรวจสอบ หรือตรวจจรรยาฐานะการทำงานของระบบ (Monitoring) 10) เรื่องนโยบายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้บริการ 11) มีระบบทดสอบ หรือทดลอง (Free Tier) ให้ใช้งานระบบก่อนที่จะใช้งานจริง 12) จำนวนระบบปฏิบัติการที่ให้บริการ (Supported Operating Systems) 13) การกำหนดสิทธิของผู้ใช้บริการ ให้สามารถทำการปรับเปลี่ยนการใช้งานของระบบ ได้มากน้อยเพียงใด 14) ค่าใช้จ่ายตามจำนวนพื้นที่การให้บริการคิดเป็นกิกะไบต์ (GB) ต่อ US ดอลลาร์

Tu-Jie Tung & Wen-Hsiang Lai (2013) ได้ศึกษาเรื่องเกณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อองค์ภาคธุรกิจ ในการเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ซึ่งได้กล่าวถึงประเภทของระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

3 ประเภท ได้แก่ 1) Software as a Service (SaaS) ที่เน้นให้บริการ แอปพลิเคชันสำเร็จรูปบนระบบประมวลผลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต 2) Platform as a Service (PaaS) ที่เน้นการให้บริการเรื่องของระบบปฏิบัติการที่ใช้งานกับแอปพลิเคชันบนระบบประมวลผลอีกที และ 3) Infrastructure as a Service (IaaS) ที่ให้บริการระบบสารสนเทศทั้งหมดบนระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ตามความต้องการของผู้ใช้บริการ มีการประยุกต์ใช้ AHP และ (Fuzzy set Qualitative Comparative Analysis, FsQCA) ในการประเมินข้อมูลของแบบสอบถามและสรุปเกณฑ์สำคัญด้วยการบ่งบอกน้ำหนักของความสำคัญของแต่ละ

Rahimli (2013) ได้ศึกษาเกณฑ์ที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงไปใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ (Factor Influencing Organization Adoption Decision On Cloud Computing) ซึ่งได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีของโลกในปัจจุบัน และความนิยมในการใช้งานระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆที่เริ่มใช้มากขึ้นในช่วงปีที่ผ่านมา และได้กล่าวถึงเกณฑ์ในการเลือกใช้ระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆสำคัญ ซึ่งประกอบด้วยเกณฑ์ 4 เกณฑ์หลัก คือ ความต้องการในการใช้ขององค์กร ความคุ้มค่าในการใช้งาน ประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย และความน่าเชื่อถือของระบบ



ภาพแบบจำลอง AHP ที่จัดลำดับความสำคัญของผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

## วิธีการศึกษา

### 1. ขอบเขตการศึกษา

ผู้ศึกษาได้กำหนดขอบเขตการศึกษาเพื่อศึกษาในภาพรวมของการพัฒนาแบบจำลอง AHP ว่าถูกสร้างเพื่อใช้ในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆได้อย่างไร จากนั้นจะกล่าวถึงการสร้างแบบจำลองในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ การพัฒนาแบบสอบถาม และจะกล่าวถึงวิธีการเก็บวิเคราะห์ข้อมูล

### 2. ขั้นตอนการศึกษา

ผู้ศึกษาได้ดำเนินการศึกษา ดังนี้ 1) การสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 2) การพัฒนาแบบสอบถาม 3) การเก็บรวบรวมข้อมูล 4) การวิเคราะห์ข้อมูลและ 5) การวิเคราะห์ความไว

### 3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในการศึกษาคั้งนี้ คือ ผู้ที่อำนาจในการตัดสินใจด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ 5 รายที่ปฏิบัติงานโดยตรงกับทางบริษัทขนาดย่อมจำกัด

### 4 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็น ข้อมูลเชิงคุณภาพ จากผู้มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกผู้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ของ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จำนวน 5 ราย มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของผู้บริหารหรือผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเลือกใช้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ

วิเคราะห์โดยนำข้อมูลเชิงคุณภาพที่ได้จากแบบสอบถามทั้ง 2 วิธี มาทำการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม Expert Choice<sup>®</sup> ทำการจัดลำดับความสำคัญตามการวินิจฉัยแบบ AHP และวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของข้อมูล

## ผลการศึกษา

การศึกษานี้ ได้ศึกษาการตัดสินใจคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ โดยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) และนำมาเปรียบเทียบวิธีการรวบรวมข้อมูลเชิงคุณภาพทั้ง 2 วิธี คือวิธีเฉลี่ยเรขาคณิตและวิธีฉันทามติ โดยเก็บจากผู้ตัดสินใจจำนวน 5 ราย ซึ่งมีตำแหน่งคือ ผู้ช่วยอำนวยการสำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ปรึกษาด้านบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ หัวหน้าฝ่ายระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ วิศวกรฝ่ายระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และ นักวิชาการคอมพิวเตอร์ฝ่ายพัฒนาระบบสารสนเทศ และรวมข้อมูลเชิงคุณภาพโดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) และการตัดสินใจแบบวิธีฉันทามติ ที่ทำการอภิปรายกลุ่มให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นค่าเดียว (Consensus) พบว่ารูปแบบการตัดสินใจ มีผลต่อการคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ผลการศึกษามีความแตกต่างกัน

จากวัตถุประสงค์แรกของการศึกษา แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษาเรื่องการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆนั้น ใช้กระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) ในการพัฒนาแบบจำลองเพื่อจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองของการตัดสินใจ ซึ่งจากการพัฒนาแบบจำลองพบว่า แบบจำลองมีความ



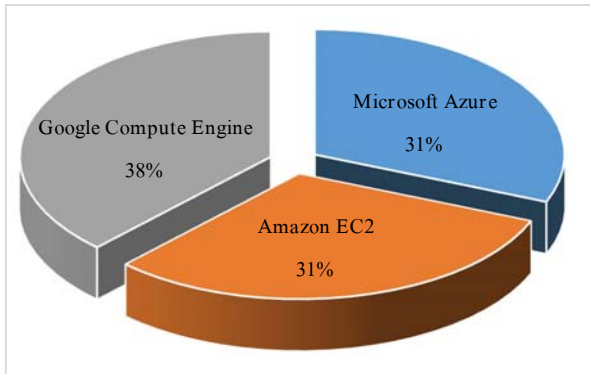
เหมาะสม เนื่องจากเกณฑ์ในการพิจารณารวบรวมจากการทบทวนวรรณกรรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องในการจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ และสามารถทำการจัดลำดับค่าน้ำหนักของหลักเกณฑ์เนื่องจากเป็นเกณฑ์ที่พิจารณาจากมุมมองของผู้มีอำนาจในการตัดสินใจของกรณีศึกษาโดยตรง

การสร้างแบบจำลองผ่านโปรแกรม Expert Choice<sup>®</sup> นั้น ผู้ศึกษาได้นำแบบจำลองมาทำเป็นแบบสอบถามเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลคุณประโยชน์ ซึ่งสอดคล้องกันวัตถุประสงค์ข้อที่สอง เพื่อทดสอบความสามารถในการใช้แบบจำลองในการคัดเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ จากการนำแบบสอบถามไปใช้จริงนั้นในครั้งแรกที่ทำการเก็บโดยวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตซึ่ง จะเห็นได้ว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ตอบแบบสอบถามตามความรู้สึกของแต่ละราย โดยที่ไม่ได้ตรวจสอบคำตอบในส่วนก่อนหน้าที่เคยให้คุณประโยชน์ไปว่าสอดคล้องกันหรือไม่ ส่งผลให้ ส่งผลให้เมื่อเช็คค่าความสอดคล้องของข้อมูล (CR.) แล้วนั้นไม่ผ่านตามมาตรฐานของ AHP และยังพบว่าความหมายของเกณฑ์รองด้านต่างๆ เช่น ความน่าเชื่อถือของระบบ (Reliability) และด้านความปลอดภัยด้านการสื่อสารของข้อมูล (Communication) ผู้ตอบแบบสอบถามอาจจะยังสับสนและไม่เข้าใจในความหมายของเกณฑ์รองด้านนี้ดีพอ จึงทำให้ตอบแบบสอบถามไม่สอดคล้องกันเมื่อเช็คค่าความสอดคล้อง (CR.) ของข้อมูลแล้วนั้นไม่ผ่านตามมาตรฐานของ AHP เช่นกัน ดังนั้นจึงต้องทำการนัดผู้มีอำนาจในการตัดสินใจทั้ง 5 รายใหม่อีกครั้ง เพื่อทำการเก็บแบบสอบถามใหม่ โดยครั้งนี้เปลี่ยนจากการทำแบบสอบถาม เป็นการสัมภาษณ์สดแล้วบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรม Expert Choice<sup>®</sup> และตรวจสอบค่าความสอดคล้องของข้อมูลทันทีหากไม่ผ่านตามมาตรฐาน AHP ก็ทำการอธิบายถึงความหมายของเกณฑ์ให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจเข้าใจและให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจตอบใหม่จนกว่าจะผ่านตามมาตรฐานของ AHP จากนั้นเมื่อได้ข้อมูลที่ผ่านมาตรฐาน AHP แล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อีกมาวิเคราะห์ต่อไป ซึ่งวิธีการสัมภาษณ์และบันทึกข้อมูลลงในโปรแกรมนี้ ก็ถูกนำมาใช้กับวิธีการตัดสินใจแบบวิธีฉันทามติในภายหลังด้วยเช่นกัน

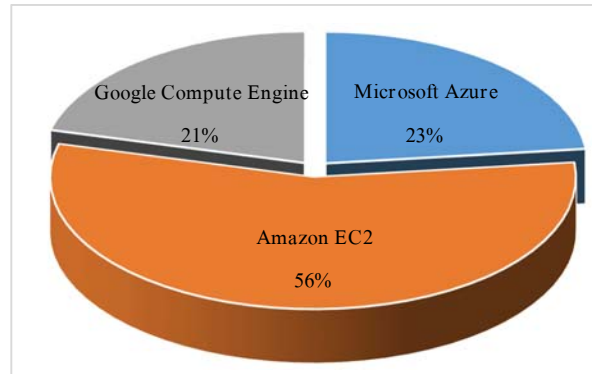
ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่าแบบสอบถามที่สร้างจากแบบจำลองโดยวิธีวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (AHP) นั้นสามารถจัดลำดับความสำคัญของเกณฑ์ ทั้งเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองได้ว่าหลักเกณฑ์ใดมีผลต่อการตัดสินใจในการคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆมากกว่ากัน อีกทั้งยังสามารถคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆได้ แม้ว่ารูปแบบการตัดสินใจจะมีผลต่อการคัดเลือกที่ได้ แต่นั่นไม่ได้หมายความว่าวิธีการวิเคราะห์ แบบจำลอง และแบบสอบถามไม่มีประสิทธิภาพ

ในส่วนของวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 เป็นการศึกษเปรียบเทียบวิธีการรวมคุณประโยชน์ของผู้ตัดสินใจเลือกผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆทั้ง 3 รายประกอบด้วย Amazon EC2, Microsoft Azure และ Google Compute Engine จากผลการรวบรวมทั้ง 2 วิธี พบว่าผลการตัดสินใจเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆผลที่ได้ไม่สอดคล้องกัน ผลที่ได้จากการรวบรวมแบบวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเลือก Google Compute Engine เป็นผู้ให้บริการระบบ ส่วนวิธีฉันทามติ ผลที่ได้เลือก Amazon EC2 ให้เป็นผู้ให้บริการระบบ จากผลที่ไม่สอดคล้องกัน ผู้ศึกษาจึงต้องกลับไปสอบถามยังผู้ตอบแบบสอบถามทั้ง 5 รายอีกครั้ง ผู้ตัดสินใจทั้งหมดมีความเห็นว่า วิธีฉันทามติ น่าจะมีความเหมาะสมมากกว่าวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ส่งผลให้ผลการศึกษานี้ Amazon EC2 คือผู้ให้บริการระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆอันดับ 1 รองลงมาเป็น Microsoft Azure และ Google Compute Engine เป็นอันดับสุดท้าย และเกณฑ์หลักที่ส่งผลในตัดสินใจ คือ เกณฑ์หลักด้านความปลอดภัย (Security) มาเป็นอันดับที่ 1 รองลงมาคือ เกณฑ์ด้านภาวะรับผิดชอบ (Accountability)

เกณฑ์หลักด้านสมรรถนะของระบบ (Performance) ด้านการรับประกัน (Assurance) และด้านค่าใช้จ่าย (Cost)



ผลการตัดสินใจเลือกแบบวิธีหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต



ผลการตัดสินใจเลือกแบบวิธีฉันทามติ

### ข้อค้นพบ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองและนำแบบจำลองที่สร้างมาใช้ในการคัดเลือกระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆ และทำการทดสอบความสามารถในการใช้แบบจำลอง โดยใช้วิธีการกระบวนการตัดสินใจแบบวิเคราะห์ลำดับชั้น (AHP) และใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลที่มีทั้งสองวิธี เพื่อตรวจสอบว่าวิธีไหนที่จะสามารถนำมาใช้กับกรณีศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้จริง แต่ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง บางกรณี ดังนี้

1. แม้ว่าการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ผ่านการทดสอบจากผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจหลายคน แต่การเปรียบเทียบคู่โดยวิธี AHP ยังเป็นแบบ Subjective ทำให้ความถูกต้องยังคงขึ้นอยู่กับความรู้ความเข้าใจในเกณฑ์ต่างที่นำมาเปรียบเทียบ หากข้อมูลดุลยพินิจที่ใส่เข้าไปในแบบจำลองไม่น่าเชื่อถือหรือไม่สมเหตุสมผล ผลของการสังเคราะห์อาจจะทำให้ผลลัพธ์ไม่น่าเชื่อถือได้
2. ผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจแต่ละราย มีโอกาสที่จะเกิดความสับสนวิธีในการทำแบบสอบถาม รวมถึงไม่เข้าใจถึงความหมายของเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองที่ใช้ในแบบจำลองได้ดีพอที่จะตัดสินใจเลือกเกณฑ์ ดังจะเห็นได้จากการเก็บข้อมูลครั้งแรก ผลที่ออกมาไม่สอดคล้องของดุลยพินิจค่อนข้างสูง และไม่ผ่านตามมาตรฐานของ AHP ทำให้ต้องขอให้ปรับดุลยพินิจอีกครั้ง แก้ไขโดยการสัมภาษณ์สด แล้วป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Expert Choice<sup>®</sup> เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือได้ดียิ่งขึ้น

การรวมดุลยพินิจโดยวิธีฉันทามติ จะมีความแตกต่างกันกับวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ตรงที่ผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจทุกรายได้ให้ความเห็นและทำการแบ่งปันข้อมูลกันก่อนที่จะตัดสินใจให้ค่าคะแนนน้ำหนักในแต่ละเกณฑ์ ซึ่งพบว่าการอภิปรายกลุ่มนั้น จะมีผู้ตอบแบบสอบถามบางคนที่เข้าใจหลักเกณฑ์และรู้จักถึงรายละเอียดแต่ละเกณฑ์ได้เป็นอย่างดีแตกต่างกันไปตามประสบการณ์และสายงานที่รับผิดชอบ ส่งผลให้เกิดการชี้แจงเหตุผลในการเลือกอย่างสมเหตุสมผลมาทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามรายอื่นค่อยตามและเปลี่ยนแปลงความคิดเดิมไปได้ ซึ่งจะพบว่าการที่ผลการตัดสินใจจากวิธีฉันทามติออกมาเปลี่ยนแปลงจากของวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเดิมจาก Google Compute Engine มาเป็น Amazon EC2 นั้น

เนื่องจากมีผู้ตอบแบบสอบถามที่มีหน้าที่ศึกษาด้านระบบประมวลผลแบบกลุ่มเมฆโดยตรง ทำให้ผู้ตัดสินใจรายอื่นรับข้อมูลเพิ่มเติมและยกให้ Amazon EC2 เหนือกว่าคู่แข่งรายอื่นนั่นเอง

### ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดที่กล่าวมาข้างต้นนั้น หากในการศึกษาครั้งต่อไปได้นำมาแก้ไขและปรับปรุงต่อเพื่อลดข้อจำกัดในการศึกษาจะสามารถทำให้แบบจำลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพมากขึ้นและนำไปสู่ทิศทางที่น่าสนใจมากขึ้นดังนี้

ประการที่หนึ่ง การรวมดุลยพินิจของกลุ่มนั้น มี 2 แนวทางหลัก คือ การรวมดุลยพินิจแบบคณิตศาสตร์ (Mathematical Aggregation) โดยวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) และการรวมดุลยพินิจเชิงพฤติกรรมศาสตร์ (Behavioral Aggregation) โดยวิธีฉันทามติ (Consensus) กรณีศึกษาครั้งนี้ใช้ทั้ง 2 แนวทางในการรวบรวมดุลยพินิจ การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าดุลยพินิจของกลุ่มโดยวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิตกรณีนี้ ผลที่ได้มีความขัดแย้งกับดุลยพินิจส่วนใหญ่ของผู้ตัดสินใจแต่ละคน โดยที่ผู้ตัดสินใจแต่ละรายนั้น นั้นมีความเกี่ยวข้องกันในด้านตำแหน่งหน้าที่และอยู่ภายใต้องค์กรเดียวกัน แต่ลักษณะภาระงานมีความแตกต่างกัน เช่น ผู้ตัดสินใจรายที่ 1 และ 2 มีภาระงานดูแลในส่วนหนึ่งของระบบประมาณการจัดซื้อ ทำให้ผลการให้คะแนนค่าน้ำหนักด้านค่าใช้จ่ายมีผลต่อการคัดเลือกมากกว่าเกณฑ์ด้านอื่นๆ ในขณะที่ ผู้ตัดสินใจรายที่ 3 และ 4 ดูแลในส่วนของคุณลักษณะการใช้งานของระบบ และรายที่ 5 ดูแลในส่วนของการนำระบบไปใช้งาน ส่งผลให้ ผลลัพธ์จากการเลือกที่ได้มีความขัดแย้งกันหรือคล้อยตามกันกับดุลยพินิจของผู้มีอำนาจตัดสินใจแต่ละราย ทำให้เกิดปัญหาเรื่องความน่าเชื่อถือของวิธีการรวมดุลยพินิจได้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้า การรวมดุลยพินิจเชิงพฤติกรรมศาสตร์ (Behavioral Aggregation) หรือวิธีแบบฉันทามติจึงมีความเหมาะสมมากกว่าในกรณีดังกล่าว เนื่องจากวิธีการที่ทำให้เกิดการแบ่งปันข้อมูลในการตัดสินใจ ลดปัญหาเรื่องความเข้าใจจากการได้สื่อสารกับผู้ตัดสินใจรายอื่นในลักษณะเปิดกว้าง หรือผ่านกระบวนการสื่อสารต่างๆ จนได้มาซึ่งเสียงเอกฉันท์ (Consensus) ลดปัญหาความแตกต่างและง่ายต่อการรวบรวมดุลยพินิจที่ถูกต้อง

ประการที่สอง ในการศึกษาครั้งต่อไป ผู้ศึกษาอาจจะใช้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปโดยตรง การศึกษานี้ใช้ โปรแกรม Expert Choice<sup>®</sup> ช่วยในการเก็บข้อมูลกับผู้ประเมินโดยตรงเนื่องจากตัวโปรแกรมสามารถวิเคราะห์ค่าความสอดคล้องของดุลยพินิจที่ได้ทันที กรณีที่ค่าความสอดคล้องไม่ผ่านตามทฤษฎีก็สามารถแจ้งผู้ประเมินในการให้ดุลยพินิจใหม่ได้ทันทีทั้งนี้เพื่อลดเวลาในการเก็บข้อมูลที่ผิดพลาดจากความไม่สอดคล้องของข้อมูล และผู้ศึกษาจะได้ไม่เสียเวลาในการร้องขอผู้มีอำนาจตัดสินใจ มาปรับแก้ดุลยพินิจใหม่อีกหลายครั้ง

ประการที่สาม เอกสารที่เป็นแบบการประเมิน ควรจะมีรายละเอียดอธิบายความหมายของเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ ไม่ว่าจะเป็นเกณฑ์หลักและเกณฑ์รองรวมถึงลักษณะวิธีและขั้นตอนในการทำแบบสอบถาม หรือหากผู้ศึกษาและผู้ประเมินมีเวลาเพียงพอ ควรจะทำการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์มากกว่า การเก็บเป็นแบบสอบถามอย่างเดียว เนื่องจากหากผู้ตอบแบบสอบถามมีข้อสงสัยหรือไม่เข้าใจความหมายของหลักเกณฑ์ผู้ศึกษาจะได้ทำการอธิบายให้ได้ทันที ลดปัญหาการประเมินแบบสุ่มทำ นอกจากผลที่ออกมาจะไม่มีประสิทธิภาพแล้ว ค่าความสอดคล้องตามทฤษฎี AHP ที่ได้ก็ จะไม่ผ่านเกณฑ์ ต้องกลับมาทำแบบสอบถามกันอีกหลายครั้ง ทำให้เสียเวลาในการรวบรวมข้อมูล

**บรรณานุกรม**

- Abdi, M. R. & Labib, A. W. (2004). Grouping and selecting products: the design key of Reconfigurable Manufacturing Systems (RMSs). *International Journal of Production Research*, 42(3), 521–546.
- Belton, V. & Stewart, T. J. (2002). *Multiple criteria decision analysis: An integrated approach*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Benyoucef, L., Ding, H., & Xie, X. (2003). *Supplier selection problem: selection criteria and methods*. Unite de recherche INRIA Lorraine, 3.
- Carnegie Mellon Silicon Valley Researchers (2010). *Introducing the Service Measurement Index*. From <http://www.cloudcommons.com/web/cc/SMIintro>
- Dyer, R. F., & Forman E. H. (1992). Group decision support with the analytic hierarchy process. *Decision Support Systems*, 8(2), 99–124.
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process – an exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486.
- Garg, S. K., Versteeg, S. & Buyya, R. (2013). *Future Generation Computer Systems*. Journal Homepage: [www.elsevier.com/locate/fgcs](http://www.elsevier.com/locate/fgcs).
- Gass, S. I. (2005). Model world: The Great Debate – MAUT versus AHP. *Interfaces*, 35(4), 308–312.
- Hafeez, K; Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International of Production Economics*, 76, 39–51.
- Lehner, P. E., & Zirk, D. A. (1987). Cognitive factors in user/expert system interaction. *Human Factors*, 29(1), 97–109.
- Ounnar, F. & Ladet, P. (2004). Consideration of machine breakdown in the control of flexible production systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 17(1), 69–82.
- Phillips, S. (2013). *Five Key to Choosing the Right Cloud Vendor*. From <http://blogging.avnet.com/weblog/cioinsights/2013/08/20/five-keys-to-choosing-the-right-cloud-vendor/>.
- Pohekar, S. D. & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning – A Review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 8, 365–381.
- Rahimli, A. (2013). Factors Influencing Organization Adoption Decision on Cloud Computing. *International Journal of Cloud Computing and Services Science*, 2(2), 140–146.
- Rodrigues, T. (2013). *11 cloud IaaS providers compared*. From <http://www.techrepublic.com/blog/the-enterprise-cloud/11-cloud-iaas-providers-compared/>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83–98.

- Saaty, T. L. (1996). *Decision making with dependence and feedback: The analytic network process*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 18–43.
- Saaty, T. L. (1990). An exposition of the AHP in reply to the paper remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science*, 36(3), 259–268.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.
- Saaty, T. L. (1990). *Multicriteria decision-making: The analytic hierarchy process*. Pittsburgh: RWS Publications
- Saaty, T. L., & Vargas, L.G. (2001). *Models, Methods, Concepts & Applications of the analytic hierarchy process*. USA: Kluwer Academic Publishers.
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its application. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 57–64.
- Wedley, W. C. (1990). Combining qualitative and quantitative factors – An analytic hierarchy approach. *Socio-Economic Planning Science*, 24(1), 57–64.
- Zhang, H., Li X., & Liu, W. (2006). An AHP/DEA Methodology for 3PL Vendor Selection in 4PL. *National Engineering Research Center for CIMS*, Dept. of Automation, Tsinghua University, 100084 Beijing, P.R. China, 646–655.
- Zhou, P., Ang, B.W. & Poh, K.L. (2006). Decision analysis in energy and environmental modeling: An update. *Energy*, 31(14), 2604–2622.