

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โครงการวิจัยเรื่อง การบูรณาการเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแจ้งเตือนการเกิดไฟป่า ลดปัญหาหมอกควัน กรณีศึกษาเทศบาลเมืองแกนพัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อแจ้งเตือนการเกิดไฟป่า โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนในชุมชนเทศบาลเมืองแกนพัฒนา เป็นต้นแบบในการดำเนินการวิจัย โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมเป็นเทคนิคหลักในการดำเนินการวิจัย ในส่วนของบทที่ 2 เป็นการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ประกอบด้วย แนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมการวิเคราะห์และออกแบบระบบ สถิติสำหรับการวิจัย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ไฟป่า

ไฟป่าเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ เกิดจากธรรมชาติ และ สาเหตุจากมนุษย์

2.1.1 เกิดจากธรรมชาติ ไฟป่าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่นฟ้าผ่า กิ่งไม้เสียดสีกัน ภูเขาไฟระเบิด ก้อนหินกระทบกัน แสงแดดตกกระทบผลึกหิน แสงแดดส่องผ่านหยดน้ำ ปฏิกิริยาเคมีในดินป่าพุ การลุกไหม้ในตัวเองของสิ่งมีชีวิต (Spontaneous Combustion) แต่สาเหตุที่สำคัญ คือ

- ฟ้าผ่า เป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดไฟป่าในเขตอบอุ่น ในประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศแคนาดา พบว่ากว่าครึ่งหนึ่งของไฟป่าที่เกิดขึ้นมีสาเหตุมาจากฟ้าผ่า
- กิ่งไม้เสียดสีกัน อาจเกิดขึ้นได้ในพื้นที่ป่าที่มีไม้ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นและมีสภาพอากาศแห้งจัด เช่น ในป่าไผ่หรือป่าสน

2.1.2 สาเหตุจากมนุษย์ ไฟป่าที่เกิดในประเทศกำลังพัฒนาในเขตร้อนส่วนใหญ่จะมีสาเหตุมาจากกิจกรรมของมนุษย์ สำหรับประเทศไทยจากการเก็บสถิติไฟป่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528-2542 ซึ่งมีสถิติไฟป่าทั้งสิ้น 73,630 ครั้ง พบว่าเกิดจากสาเหตุตามธรรมชาติคือฟ้าผ่าเพียง 4 ครั้ง เท่านั้น คือเกิดที่ภูกระดึง จังหวัดเลย ที่ห้วยน้ำดัง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ท่าชะะ จังหวัดชุมพร และที่เขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา แห่ง

ละหนึ่งครั้ง ดังนั้นจึงถือได้ว่าไฟป่าในประเทศไทยทั้งหมดเกิดจากการกระทำของคน โดยมีสาเหตุต่างๆ กันไป ได้แก่

- เก็บหาของป่า เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดไฟป่ามากที่สุด การเก็บหาของป่าส่วนใหญ่ได้แก่ ไซมดแดง เห็ด ใบตองตึง ไม้ไผ่ น้ำผึ้ง ผักหวาน และไม้พิน การจุดไฟส่วนใหญ่เพื่อให้พื้นป่าโล่ง เดินสะดวก หรือให้แสงสว่างในระหว่างการเดินทางผ่านป่าในเวลากลางคืน หรือจุดเพื่อกระตุ้นการงอกของเห็ด หรือกระตุ้นการแตกใบใหม่ของผักหวานและใบตองตึง หรือจุดเพื่อไล่ตัวมดแดงออกจากรัง รมควันไล่ผึ้ง หรือไล่แมลงต่างๆ ในขณะที่อยู่ในป่า

- เผาไร่ เป็นสาเหตุที่สำคัญรองลงมา การเผาไร่ก็เพื่อกำจัดวัชพืชหรือเศษซากพืชที่เหลืออยู่ภายหลังจากเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในรอบต่อไป ทั้งนี้โดยปราศจากการทำแนวกันไฟและปราศจากการควบคุม ไฟจึงลามเข้าป่าที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง

- แกล้งจุด ในกรณีที่ประชาชนในพื้นที่มีปัญหาความขัดแย้งกับหน่วยงานของรัฐในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาเรื่องที่ทำกินหรือถูกจับกุมจากการกระทำผิดในเรื่องป่าไม้ ก็มักจะหาทางแก้แค้นเจ้าหน้าที่ด้วยการเผาป่า

- ความประมาท เกิดจากการเข้าไปพักผ่อนในป่า ก่อกองไฟแล้วล้มดับ หรือทิ้งก้นบุหรี่ลงบนพื้นป่า เป็นต้น

- ล่าสัตว์ โดยใช้วิธีไล่เหล่า คือจุดไฟไล่ให้สัตว์หนีออกจากที่ซ่อน หรือจุดไฟเพื่อให้แมลงบินหนีไฟ นกชนิดต่างๆ จะบินมากินแมลง แล้วตักยุงนกอีกทอดหนึ่ง หรือจุดไฟเผาทุ่งหญ้า เพื่อให้หญ้าใหม่แตกระบัด ล่อให้สัตว์ชนิดต่างๆ เช่น กระต๊อง กวาง กระต่าย มากินหญ้า แล้วดักยิงสัตว์นั้นๆ

- เลี้ยงปศุสัตว์ ประชาชนที่เลี้ยงปศุสัตว์แบบปล่อยให้หากินเองตามธรรมชาติ มักลักลอบจุดไฟเผาป่าให้โล่งมีสภาพเป็นทุ่งหญ้าเพื่อเป็นแหล่งอาหารสัตว์

- ความคึกคะนอง บางครั้งการจุดไฟเผาป่าเกิดจากความคึกคะนองของผู้จุด โดยไม่มีวัตถุประสงค์ใดๆ แต่จุดเล่นเพื่อความสนุกสนาน เท่านั้น

## 2.2 ปัญหาหมอกควันและฝุ่นละอองในเขตพื้นที่ภาคเหนือ

ปัญหาหมอกควันและฝุ่นละอองในเขตพื้นที่ภาคเหนือเป็นปัญหาระดับชาติ เนื่องจากปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อในวงกว้างทั้งด้านสิ่งแวดล้อม สังคม เศรษฐกิจ การท่องเที่ยว และที่สำคัญคือส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน หมอกควันและฝุ่นละอองเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ในช่วงปลายฤดูหนาวเข้าสู่ฤดูร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน 8 จังหวัดภาคเหนือของประเทศไทย ประกอบด้วย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงราย พะเยา แพร่ และ น่าน ต้องเผชิญกับปัญหา

หมอกควันและมลพิษในอากาศที่สูงมากกว่าปกติ ซึ่งโดยปกติแล้วหมอกควันและฝุ่นละอองจะลอยขึ้นไป ในอากาศได้สูงประมาณ 3-5 กิโลเมตร แต่เนื่องจากสภาพทางภูมิศาสตร์ทางภาคเหนือส่วนใหญ่ มีภูเขาสูง กั้น และพื้นที่ชุมชนมักตั้งอยู่ในที่ราบลุ่มแม่น้ำซึ่งมีภูเขาล้อมรอบ เป็นลักษณะแอ่งกระทะ ทำให้หมอก ควันไม่สามารถกระจายตัวและสลายออกไปได้เองตามธรรมชาติ

ซึ่งหมอกควันและฝุ่นละอองขนาดเล็กเป็นปัญหามลพิษทางอากาศและเมื่อสะสมในปริมาณที่มากพอจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะบุคคลในกลุ่มเสี่ยงต่างๆ เช่น เด็กเล็ก ผู้สูงอายุ หญิงตั้งครรภ์ ผู้ป่วยโรคเรื้อรัง โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคปอด หอบหืด โรคภูมิแพ้และผู้ที่ต้องทำงานกลางแจ้ง ทำให้เกิดโรคในหลายระบบตามมา ได้แก่ โรคระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคระบบทางเดินหายใจ โรคตาอักเสบ และโรคผิวหนังอักเสบ หมอกควันและฝุ่นละอองที่ลอยฟุ้งอยู่ในอากาศนั้น อาจอยู่ในสภาพของเหลวหรือของแข็งขนาดเล็กที่กระจายอยู่ในอากาศ โดยประกอบด้วยอนุภาคต่างๆ เช่น เชื้อโรค ฝุ่นละออง จนทำให้เรามองเห็นในภาพกว้างเป็นลักษณะหมอกหรือควัน อันตรายจากการสูดดมอนุภาคเหล่านี้ขึ้นอยู่กับขนาด ปริมาณ คุณสมบัติทางเคมี และความเป็นพิษของอนุภาคนั้นๆ

สาเหตุของการหมอกควันนั้นส่วนหนึ่งมาจากการเผาไหม้ทุกชนิด อาทิ การเผาในพื้นที่เกษตร การเผาวัชพืชริมทางและการเผาป่า ซึ่งก่อให้เกิดเถ้า เเขม่าควัน ระบายออกสู่อากาศรวมทั้งการเกิดจากปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่นการระเบิดของภูเขาไฟ การเกิดพายุทะเลทราย เป็นต้น โดยการป้องกันและการดูแลตนเองเพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากหมอกควันและฝุ่นละอองในอากาศคือ หนึ่ง หลีกเลี่ยงการอยู่ในสถานที่ที่มีหมอกควันหรือฝุ่นละอองแต่ถ้ามีความจำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่มีหมอกควันหรือฝุ่นละออง ควรใช้หน้ากากอนามัยชนิดกรอง 3 ชั้นปิดปากและจมูก ควรเปลี่ยนหน้ากากอนามัยทุกวัน และถ้าเป็นไปได้ควรใช้แบบครั้งเดียวทิ้ง เพื่อสุขลักษณะที่ดี หากจำเป็นต้องอยู่ในสถานที่ที่มีฝุ่นละอองติดต่อกันยาวนาน เช่น เกินกว่าสัปดาห์ หรือเดือน ควรเตรียมความพร้อมด้านการกรองอากาศในที่อยู่อาศัย เช่น ติดระบบกรองอากาศในบ้าน ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบของฝุ่นต่อร่างกายได้ โดยเลือกใช้ระบบกรองอากาศที่เหมาะสม และสามารถถอดล้างได้ ส่วนในระยะยาว สำหรับบริเวณพื้นที่ว่างเปล่า ควรปลูกพืชคลุมหน้าดินไว้ เพื่อลดโอกาสที่ฝุ่นละอองจะลอยฟุ้งขึ้นมาในอากาศได้

### 2.3 แนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research: PAR)

การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นการวิจัยที่นำแนวคิด 2 ประการมาผสมผสานกันคือ การปฏิบัติการ (Action) ซึ่งหมายถึง กิจกรรมที่โครงการวิจัยจะต้องดำเนินการ และคำว่า การมีส่วนร่วม (Participation) อันเป็นการมีส่วนร่วมเกี่ยวข้องของทุกฝ่ายที่เข้าร่วมกิจกรรมวิจัยในการวิเคราะห์สภาพปัญหา หรือสถานการณ์อันใดอันหนึ่ง แล้วร่วมในกระบวนการตัดสินใจ และการดำเนินการจนกระทั่งสิ้นสุดการ

วิจัย โดยมีความหมายถึง วิธีการที่ให้ผู้ถูกวิจัยหรือชาวบ้านเข้ามามีส่วนร่วมในการวิจัย เป็นการเรียนรู้จากประสบการณ์โดยอาศัยการมีส่วนร่วมอย่างแข็งขันจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมวิจัย นับตั้งแต่การระบุปัญหาของการดำเนินการ การช่วยให้ข้อมูลและการช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนช่วยหาวิธีแก้ไขปัญหาหรือส่งเสริมกิจกรรมดังกล่าว ซึ่งในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม ข้อมูลจากการทำวิจัยทุกขั้นตอน ชาวบ้านเป็นผู้ร่วมกำหนดปัญหาของชุมชน และหาแนวทางในการแก้ไขปัญหากระบวนการวิจัยจึงดำเนินไปในลักษณะของการแลกเปลี่ยนความเห็นระหว่างชาวบ้านกับผู้วิจัยเพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นขั้นๆ ซึ่งชาวบ้านจะค่อยๆ เรียนรู้ด้วยตัวเอง และด้วยวิธีการวิจัยเช่นนี้ข้อมูลที่ได้จึงมีความชัดเจน สะท้อนความต้องการและแบบแผนในการดำเนินชีวิตของเขา การวิจัยแบบนี้จึงเป็นวิธีการที่สนับสนุนให้ชาวบ้านหรือตัวแทนในชุมชนเป็นคนสร้างองค์ความรู้ใหม่ให้กับตนเอง และชุมชน โดยการศึกษาเรียนรู้หาข้อมูล การศึกษาวิเคราะห์ถึงปัญหา รวมทั้งการแก้ไขปัญหาที่กำลังประสบอยู่ โดยการร่วมกันวางแผน และกำหนดการดำเนินงานตามแผนหรือโครงการ พร้อมทั้งการปฏิบัติตามแผน เพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการแก้ไขปัญหาได้ถูกต้องตรงตามความต้องการประกอบกับการใช้ภูมิปัญญาและทุนที่มีอยู่ในชุมชน การเปิดโอกาสให้ประชาชนได้เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนี้ นอกจากจะส่งผลดังที่ได้กล่าวไปแล้ว ยังช่วยให้เกิดการพัฒนากลุ่มงานวิจัย และกระบวนการวิจัยในตัวของมันเองอีกด้วย และอีกทางหนึ่งการวิจัยยังเป็นส่วนสำคัญในการสร้างองค์ความรู้ให้แก่ประชาชน ที่เข้าร่วมกิจกรรมการวิจัย ซึ่งสามารถเป็นต้นนำของการพัฒนาลงสู่ชุมชนท้องถิ่นอย่างได้ผล และมีประสิทธิภาพอีกด้วย

กล่าวโดยสรุป การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม หมายถึง การร่วมกันดำเนินการกระบวนการวิจัยโดยผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ ทั้งที่เป็นชาวบ้านและนักพัฒนา กับผู้วิจัยภายนอกเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในสภาพความจริงของสังคมนั้น และเพื่อให้เห็นภาพแห่งคุณลักษณะสำคัญของการการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่เด่นชัดโดยเนื้อหาในส่วนของแนวคิดการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจะประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.3.1 หลักการสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

โดยหลักการนั้น การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม เป็นรูปแบบของการวิจัยที่ประกอบไปด้วยกระบวนการค้นคว้าทางสังคม (Social Investigation) การให้การศึกษา (Education) และการกระทำหรือการปฏิบัติการ (Action) เพื่อที่จะให้กลุ่มผู้ถูกกดขี่หรือด้วยโอกาสในสังคมได้มีส่วนร่วมในการสร้างความรู้และทำความเข้าใจกับสภาพการณ์ที่ปรากฏอยู่รวมทั้งเปิดพื้นที่ให้เรียนรู้และแก้ไขปัญหาพร้อมกันระหว่างหลายฝ่าย อันเป็นการสร้างความรู้ให้กับสังคมได้อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งการวิจัยเชิง

ปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม มีหลักการสำคัญที่ให้ความเคารพต่อภูมิปัญญาและวัฒนธรรมท้องถิ่น ตลอดจนระบบการสร้างความรู้ซึ่งแตกต่างไปจากของนักวิชาการ โดยประกอบด้วย

1) ปรับปรุงความสามารถและพัฒนาศักยภาพของชาวบ้าน ด้วยการส่งเสริมยกระดับนักศึกษาและพัฒนาความเชื่อมั่นให้เกิดการวิเคราะห์/สังเคราะห์สถานการณ์ปัญหาของตนเอง ซึ่งเป็นการนำเอาศักยภาพเหล่านี้มาใช้ประโยชน์

2) ให้ความรู้ที่เหมาะสมแก่ชาวบ้าน ตลอดจนมีการนำไปใช้อย่างเหมาะสม

3) การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมจะช่วยเปิดเผยให้เห็นคำถามที่ตรงกับประเด็นปัญหา

4) การปลดปล่อยแนวความคิดเพื่อให้ชาวบ้านและคนยากจนด้อยโอกาสสามารถมองความคิดเห็นของตนเองได้อย่างเสรี มองสภาพการณ์และปัญหาของตนเอง วิเคราะห์วิจารณ์ ตรวจสอบสภาพข้อเท็จจริงต่างๆ ที่เกิดขึ้น

โดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม นั้นมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไว้ดังนี้

1) เพื่อเปิดโอกาสให้ประชาชนในชุมชนท้องถิ่นแต่ละแห่งเข้ามาร่วมศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล รวมทั้งการหาประเด็นปัญหาเชิงพัฒนา และวรรณกรรมเพื่อแก้ไขปัญหาของชุมชนตนไม่ใช่รอคอยแต่นักวิจัยและนักพัฒนามาดำเนินการให้

2) เพื่อให้ได้ข้อมูลความเป็นจริง แนวทางการพัฒนาที่เหมาะสม หรือมีความพอดีกับบริบทของชุมชนท้องถิ่นนั้น

3) เพื่อให้มีการขับเคลื่อนมวลสมาชิกเข้าด้วยกัน เป็นกระบวนการของผู้มีความรับผิดชอบร่วมกัน เรียนรู้ด้วยกันและแก้ไขปัญหาไปพร้อมกัน

### 2.3.2 เป้าหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

ในส่วนของเป้าหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม นั้น พันธุ์ทิพย์ รามสูต (2540) และอรุณรุ่ง บุณธนันตพงศ์ (2549) ได้กล่าวถึง เป้าหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมไว้คล้ายๆ กัน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

1) ชาวบ้าน ชุมชน ต้องได้รับการศึกษาเพิ่มมากขึ้น สามารถคิดวิเคราะห์เหตุการณ์ต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง มีความเชื่อมั่นในทางที่จะให้ความร่วมมือกันหรือมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมทั้งทางเศรษฐกิจ สังคมและการเมือง เพื่อก่อประโยชน์สูงสุดแก่ตนเองและชุมชน

2) ประชาชนได้รับการแก้ไขปัญหามีผู้ด้อยโอกาสมีโอกาสมากขึ้นการจัดสรรทรัพยากรต่างๆ มีการกระจายอย่างทั่วถึงและเป็นธรรม รวมทั้งมีข้อมูลข่าวสารที่ส่งผลให้เกิดคุณภาพชีวิตที่ดีต่อคนในชุมชน

3) มีวิจัยและพัฒนาได้เรียนรู้จากชุมชน ได้ประสบการณ์การทำงานร่วมกับชุมชน อันก่อให้เกิดความเข้าใจอันดี และเกิดแนวคิดในการพัฒนาตนเองของนักวิจัยและพัฒนาอย่างแท้จริง

4) ผลงานวิจัยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากได้ลงมือทำกิจกรรมโดยอาศัยหลักการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายในชุมชน และหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเกิดการผนึกกำลังร่วมกัน โดยที่ประชาชนเป็นผู้ร่วมคิด ร่วมวางแผน ร่วมดำเนินการ ตลอดจนเกิดความรู้สึกเป็นเจ้าของผลงานที่โครงการที่ดำเนินการอยู่

### 2.3.3 กิจกรรมของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

กิจกรรมของการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้นจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปได้ว่ากิจกรรมจะมีอยู่ 2 รูปแบบดังต่อไปนี้

1) กิจกรรมการวิจัยปฏิบัติการ หรือการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของผู้ประสานงาน หรือผู้อำนวยการวิจัย โดยเป็นกิจกรรมการแสวงหาความรู้ของนักวิจัยตามโครงการการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมในชุมชนพื้นที่เป้าหมายของผู้วิจัยแต่ละคนโดยจุดมุ่งหมายที่สำคัญของนักวิจัย คือ การสร้างรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมที่มีประสิทธิภาพ เป็นไปตามหลักการวิจัยเชิงวิทยาศาสตร์ และสามารถที่จะเผยแพร่แก่สังคมได้

2) กิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการหรือการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมของชุมชน หรือเรียกว่า กิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการของชุมชน เป็นกิจกรรมที่เกิดจากความพยายามในการแก้ไขปัญหาชุมชนของนักวิจัยที่ปฏิบัติการร่วมกับชุมชน โดยนักวิจัยทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงาน หรือเป็นผู้ประสานงานวิจัย ซึ่งมีบทบาทหลักในการเป็นผู้ช่วยเหลือในกระบวนการวิจัยตั้งแต่แรกเริ่ม และค่อยๆ ลดการช่วยเหลือลง และหวังว่าเมื่อดำเนินการวิจัยไปจนถึงสิ้นสุดโครงการแล้ว ประชาชนจะมีความรู้จากการเรียนรู้ร่วมกัน และสร้างพลังที่พอเพียงกระทั่งสามารถแก้ไขปัญหของชุมชนได้โดยลำพังอย่างมีประสิทธิภาพ

### 2.3.4 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

เนื้อหาเกี่ยวกับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม นั้นได้มีผู้ให้มุมมองในเรื่องนี้ไว้ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปถึงขั้นตอนใน

การดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมได้มีอยู่ 3 ระยะ คือระยะเตรียมการวิจัย, ระยะดำเนินการวิจัย และระยะติดตามและประเมินผลโครงการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ระยะเตรียมการวิจัย (Pre-research Phase) ในระยะนี้ เป็นการเตรียมชุมชนเพื่อให้มีความพร้อมเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัย ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญและเป็นแก่นแกนหลักของการวิจัยแบบนี้ โดยการดำเนินงานขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งเน้นสำคัญที่จะให้เกิดสัมพันธภาพที่ดีระหว่างผู้วิจัย ผู้นำชุมชน ชาวบ้าน รวมถึงเจ้าหน้าที่หน่วยงานต่างๆ ที่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องในขั้นเตรียมการนี้ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.1) การสร้างความสัมพันธ์กับชุมชน (Build-up Rapport) โดยวิธีการสร้างความสัมพันธ์กับชุมชนที่ดีที่สุด คือ การปฏิบัติตัวของนักวิจัยที่สอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนในชุมชน นักวิจัยควรร่วมกิจกรรมทุกอย่างของชุมชนซึ่งเป็นเครื่องช่วยให้ นักวิจัยสามารถทำความเข้าใจโลกทัศน์ของชาวบ้านได้ดีมากขึ้น โดยทั่วไปแล้ว ผู้วิจัยจะลงพื้นที่เพื่อไปพบกับบุคคลต่างๆ ในชุมชนที่มีส่วนสำคัญ และเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานวิจัย หรือเป็นประชาชนกลุ่มเป้าหมายของการวิจัย

1.2) การสำรวจ ศึกษาชุมชน (Surveying and Studying Community) เป็นขั้นตอนของการศึกษาข้อมูลที่เป็นลักษณะทางกายภาพ และแหล่งทรัพยากรต่างๆ ภายในชุมชนรวมถึงการศึกษาข้อมูลพื้นฐานด้านประชากร สังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรมและการเมือง ซึ่งโดยมากแล้ว ผู้วิจัยจะใช้แบบสังเกต สมุดบันทึก และถ่ายภาพสถานที่ต่างๆ รวมถึงการศึกษาข้อมูลจากเอกสารหลักฐานจากหน่วยงานราชการหรือจากองค์กรพัฒนาที่เกี่ยวข้อง

1.3) คัดเลือกชุมชน (Selecting Community) ได้เสนอความเห็นไว้ว่า โดยทั่วไปแล้ว การคัดเลือกชุมชนจะยึดหลักการเลือกชุมชนที่ด้อยโอกาสในการพัฒนา (Disadvantage Community) เพื่อเป้าหมายในการยกระดับคุณภาพชีวิตและสร้างโอกาสความเท่าเทียมในการพัฒนา กับชุมชนอื่น และงานวิจัยจำนวนมากคัดเลือกชุมชนโดยยึดเอาประเด็นของปัญหาที่เกิดขึ้นในชุมชนและจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขเยียวยาโดยเร่งด่วน เพื่อเป็นชุมชนต้นแบบของการทำวิจัยและการพัฒนาให้กับชุมชนอื่นด้วย

1.4) การเข้าสู่ชุมชน (Entering Community) ข้อมูลชุมชนนับเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการนำมาประกอบการพิจารณาตัดสินใจกำหนดพื้นที่ดำเนินการ

1.5) การเตรียมคนและเครือข่ายความร่วมมือ ในขั้นตอนนี้ถูกกำหนดให้เป็นขั้นตอนสุดท้ายของระยะก่อนการวิจัย โดยมุ่งหมายให้เกิดความพร้อมในการดำเนินการวิจัยซึ่งเป็นระยะต่อไปและก่อให้เกิดการประสานงานที่ดีเพื่อความสะดวกต่อการดำเนินงานวิจัย ซึ่งในทางปฏิบัติแล้ว

มักจะมีการเตรียมคน 3 กลุ่ม คือ เตรียมคนในชุมชน คณะนักวิจัยมักจะลงพื้นที่เพื่อจัดประชุมในชุมชน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ชาวบ้านรู้จักและคุ้นเคยกับกระบวนการและการดำเนินงานวิจัยแบบมีส่วนร่วมอย่างชัดเจนและรวดเร็ว เตรียมนักพัฒนา ด้วยการประชุมร่วมกับนักพัฒนาซึ่งโดยทั่วไปแล้วคนกลุ่มนี้หมายถึง ผู้นำชุมชน พัฒนาการอำเภอหรือพัฒนาการอำเภอประจำตำบลและเจ้าหน้าที่หน่วยงานอื่น เช่น ปลัดองค์การบริหารส่วนตำบล และองค์กรพัฒนาภายนอกที่มีความสนใจศึกษาร่วมกัน และเตรียมนักวิจัย ด้วยการประชุมปรึกษากันเพื่อให้เกิดความรู้และความเข้าใจตรงกันในบทบาทหน้าที่ของแต่ละฝ่ายในการทำงานวิจัย ในขั้นนี้ปัญหาของการวิจัยมักเป็นประเด็นเกี่ยวกับการเข้าถึงชาวบ้านกลุ่มเป้าหมายรวมถึงการสื่อสารการทำวิจัยในแง่มุมต่างๆ เช่น ขั้นตอนและผลประโยชน์ที่ชาวบ้านจะได้รับของคณะนักวิจัย ดังนั้นการดำเนินกระบวนการวิจัยจึงต้องเป็นไปอย่างกระชับ การจัดเวทีที่ง่ายต่อความเข้าใจและสะท้อนความต้องการของประชาชนที่มีบรรยากาศสบายๆ หรือการศึกษาชุมชนประกอบจะช่วยให้คณะผู้วิจัยได้รับข้อมูลที่กว้างขวางมากขึ้น

## 2) ระยะดำเนินการวิจัย (Research Phase) ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยคือ

2.1) การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาชุมชน (Problem Identification and Diagnosis) ในขั้นนี้ เน้นการศึกษาวิเคราะห์ชุมชนและการให้การศึกษาแก่ชุมชน (Community Education Participation-CEP) โดยเน้นไปที่กระบวนการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ โดยวิธีการจะใช้การอภิปรายถกปัญหา เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับชาวบ้าน เพื่อเป็นการประเมินปัญหาและความต้องการของชุมชน (Need Assessment) พร้อมไปกับการประเมินความเป็นไปได้ในด้านทรัพยากร (Resource Assessment) ที่มีอยู่ในชุมชน

2.2) การพิจารณาความเหมาะสมและความเป็นไปได้ของโครงการ (Project Appraisal and Identification) ในกระบวนการนี้ชาวบ้านและนักวิจัยจะต้องพิจารณาร่วมกันว่าวิธีการแก้ไขปัญหาใดที่เหมาะสมกับท้องถิ่น หรือมีความเป็นไปได้ โดยชาวบ้านควรมีบทบาทหลักเข้ามีส่วนร่วมให้มากยิ่งขึ้น และกำหนดโครงการหรือกิจกรรมที่จะดำเนินการ

2.3) การกำหนดแผนงานโครงการและการจัดการ (Planning Phase) กิจกรรมในช่วงนี้จะเป็นกระบวนการตัดสินใจร่วมกัน เพื่อคัดเลือกโครงการ และกิจกรรมที่จะต้องดำเนินการ ดังนั้น ผู้วิจัยควรจะต้องใช้วิธีการกระตุ้นให้ชาวบ้านมีบทบาทหลักในการแก้ไขปัญหาคำหนดโครงการ และกิจกรรมที่จะดำเนินการ



2.4) การปฏิบัติตามโครงการ (Implementation Phase) เป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยคำถามที่ผู้วิจัยจะต้องใช้ถามกันในกลุ่มหรือในคณะทำงานเพื่อการดำเนินการในขั้นนี้คือใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อไร และอย่างไร

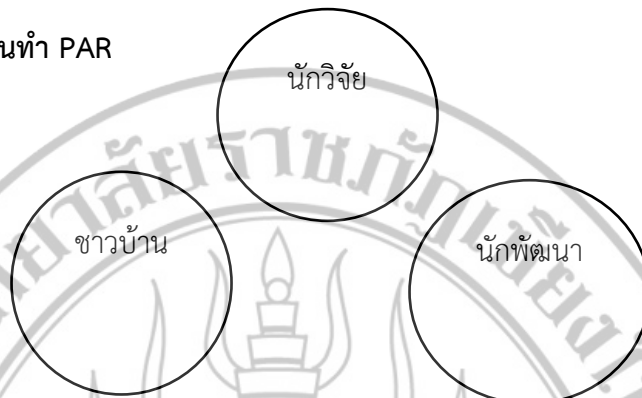
ปัญหาอุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นในขั้นตอนนี้ โดยทั่วไปมักเป็นประเด็นการมีส่วนร่วมของชาวบ้านในกระบวนการวิจัย ความไม่สนใจเข้ามีส่วนร่วมของชาวบ้านจำนวนไม่น้อยและชาวบ้านมักมองเห็นการวิจัย เป็นเรื่องทางเทคนิคที่ต้องอาศัยความรู้เชี่ยวชาญ

3) ระยะเวลาติดตามและประเมินผลโครงการ (Monitoring and Evaluation Phase) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวกับการการวัดผลสำเร็จของโครงการ โดยมากแล้วคณะผู้วิจัยจะร่วมกับชาวบ้านที่เป็นผู้ร่วมงานวิจัย ทำการตรวจสอบข้อมูลที่เป็นผลของการวิจัย จากนั้นจะมีการจัดทำรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ และจัดเวทีชาวบ้าน เพื่อนำเสนอผลการวิจัยเพื่อเรียนรู้ร่วมกันระหว่างคณะผู้วิจัยกับชุมชน รวมถึงการสานต่อให้ชาวบ้านนำผลของการวิจัยไปดำเนินการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาชุมชนต่อไป

ในขั้นตอนนี้ยังคงต้องอาศัยการมีความเข้าใจที่ถูกต้อง และการมีส่วนร่วมอย่างสร้างสรรค์และกระตือรือร้นของฝ่ายต่างๆ โดยเฉพาะชาวบ้าน การมีความเข้าใจที่ถูกต้องการสร้างช่องทางการตรวจสอบงานวิจัยและการมีเครื่องมือประเมินผลการวิจัยว่าประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดมี ปัญหาและอุปสรรคอย่างไร จะทำให้ทุกฝ่ายคาดหมายได้ว่า ผลลัพธ์ของการวิจัยจะปรากฏออกมา สอดคล้องกับความต้องการพัฒนาหรือสามารถใช้ได้กับการแก้ไขปัญหาอย่างตรงจุด และเข้าร่วมกระบวนการวิจัยอย่างต่อเนื่องและบังเกิดผลประโยชน์ในภาพรวม

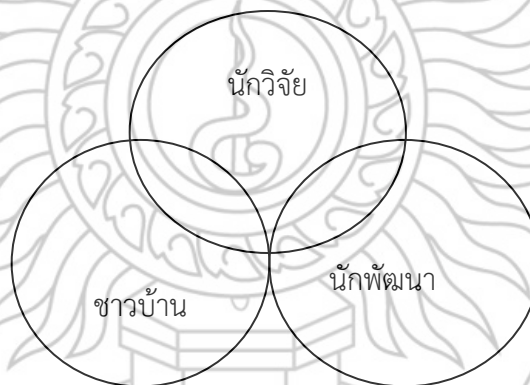
จากที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมนั้นเป็นการผสมผสานความรู้เชิงทฤษฎีและระเบียบวิธีวิจัยของนักวิจัย วัตถุประสงค์ของนักวิจัยและนักพัฒนา ควบคู่ไปกับความต้องการความรู้ และประสบการณ์ของผู้ถูกวิจัย ดังนั้นการดำเนินการและผลของการวิจัยจึงเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งในการวิจัยเชิงปฏิบัติการนี้มักจะประกอบไปด้วยบุคคล 3 ฝ่าย ดังแผนภาพที่ 2.1 และแผนภาพที่ 2.2 ซึ่งจะประกอบด้วย ชาวบ้านหรือบุคคลเป้าหมาย อาจเป็นผู้แทนของกลุ่มบุคคลเป้าหมาย หรือชุมชนที่จะทำการศึกษา ซึ่งถือว่าคนในชุมชนหรือกลุ่มนั้น ซึ่งเป็นผู้รู้ข้อมูลเกี่ยวข้องกับตนเองดีที่สุด นักวิจัยซึ่งจะเป็นผู้แทนของนักวิชาการที่มีความสนใจในการวิจัยและพัฒนา ซึ่งเป็นคนนอก นักวิจัยนี้ เป็นฝ่ายผู้รู้และเชี่ยวชาญเรื่องแนวความคิด ทฤษฎีและระเบียบวิธีการวิจัยและนักพัฒนาซึ่งจะเป็นกลุ่มผู้มีความรู้และมีเป้าหมายเพื่อการพัฒนา ซึ่งมักจะเป็นผู้แทนของฝ่ายรัฐบาลหรือองค์กรพัฒนาเอกชน ซึ่งบางครั้งในการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม นักวิจัยและนักพัฒนาอาจเป็นบุคคลเดียวกันก็ได้

ก่อนทำ PAR



ภาพที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชาวบ้าน นักวิจัย นักพัฒนา ก่อนทำวิจัย  
เชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

หลังทำ PAR



ภาพที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างชาวบ้าน นักวิจัย นักพัฒนา หลังการทำวิจัย  
เชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม

จากภาพที่ 2.1 และ 2.2 แสดงให้เห็นว่า วงกลมแต่ละวง คือ วิธีการมองปัญหาของคนแต่ละกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย ซึ่งวิธีการมองนี้ย่อมแตกต่างกันไปตามกรอบแนวความคิดที่แต่ละบุคคลยึดถือ ซึ่งภายหลังจากที่มีการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วมแล้ว บุคคลทั้งสามกลุ่ม ซึ่งประกอบด้วยนักวิจัย ชาวบ้านหรือบุคคลกลุ่มเป้าหมายและนักพัฒนาจะมีความเข้าใจถึงปัญหาและความเข้าใจร่วมกันในการพัฒนาซึ่งเป็นรากฐานที่สำคัญสำหรับความสำเร็จในการพัฒนา และเป็นจุดเริ่มต้นของโครงการต่างๆ ของชุมชนและปฏิบัติงานสามารถเป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพ

## 2.4 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

### 2.4.1 การวิเคราะห์ และออกแบบระบบ (System Analysis Design)

อนันต์ เกิดคำ (2542) กล่าวว่า การออกแบบระบบ คือ “กระบวนการของการวางแผนระบบใหม่ หรือระบบที่จะนำมาเสริมกับระบบเดิมที่มีอยู่แล้ว” จุดประสงค์ของการออกแบบระบบ คือ ตัดสินใจว่าจะสร้างระบบอย่างไร จึงจะสอดคล้องกับเอกสารความต้องการ การออกแบบทั้งระบบจะประกอบด้วย การออกแบบจอภาพบันทึกข้อมูล การออกแบบ รายงาน และส่วนแสดงผลอื่นๆ การออกแบบเพิ่มข้อมูล และฐานข้อมูล

การออกแบบระบบถือว่าเป็นหัวใจของการพัฒนาระบบงานฐานข้อมูล ว่าจะสำเร็จหรือไม่ หากเราออกแบบระบบได้ดี จะทำให้สามารถเขียนโปรแกรม และดูแลรักษาระบบต่อไปได้อย่างง่ายดายเปรียบเสมือนกับการสร้างบ้าน บ้านที่จะสร้างได้ดีจะต้องมีแบบแปลนที่ดีเช่นเดียวกัน หากเราออกแบบไม่ดี โครงสร้างของบ้านไม่แข็งแรงก็อาจทำให้ทรุด หรือพังทลายลงมาได้ ซึ่งการออกแบบระบบนี้จะครอบคลุมถึงการออกแบบโปรแกรม และฐานข้อมูล สำหรับการออกแบบโปรแกรม โดยส่วนใหญ่จะอาศัยแบบแปลนที่เรียกว่า Data Flow Diagram เพื่อวิเคราะห์ Input/ Output และขั้นตอนการทำงานของระบบ

การวิเคราะห์แบบโครงสร้างฮิวริสติก และเพื่อนร่วมคณะของเขาได้พัฒนาการ วิเคราะห์แบบโครงสร้าง และการออกแบบโครงสร้างเมื่อต้นปี ค.ศ.1970 ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางที่ชี้ให้เห็นปัญหาในวัฏจักรของการพัฒนาระบบแนวคิดของ ฮิวริสติก ก็คือ การทำให้การวิเคราะห์ และออกแบบระบบเป็นวิชาการมากขึ้น โดยมองคล้ายๆ กับวิศวกรรม เป้าหมายหลักของการวิเคราะห์แบบโครงสร้าง คือ เอกสารการที่จะได้เอกสารนี้มาต้องใช้เครื่องมือต่างๆ เป็นต้นว่า แผนภูมิการไหลของข้อมูล, พจนานุกรมข้อมูล, ภาษาอังกฤษแบบโครงสร้างตารางการตัดสินใจ และแผนภูมิการตัดสินใจแบบต้นไม้

### 2.4.2 วงจรการพัฒนาระบบ

สมจิตร อาจอินทร์และงามนิจ อาจอินทร์ (2541) ในการพัฒนาฐานข้อมูลเพื่อระบบสารสนเทศ โดยทั่วไปนั้นจะมีวงจรในการพัฒนา ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีการทำงานเป็นลำดับตั้งแต่ต้นจนกระทั่งสามารถสร้างระบบสารสนเทศออกมาได้ และเป็นขั้นตอนที่ผู้พัฒนาระบบซึ่งอาจประกอบด้วยผู้จัดการโครงการ นักวิเคราะห์ระบบ และผู้ออกแบบฐานข้อมูลจะต้องร่วมกันศึกษาและทำความเข้าใจในแต่ละขั้นตอน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นตอนในการพัฒนาระบบจะมีอยู่ด้วยกัน 7 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 1) การวิเคราะห์ปัญหา (Problem Analysis)

เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาของระบบงานเดิม เมื่อผู้บริหารขององค์กรมีความต้องการที่จะสร้างระบบสารสนเทศขึ้น เนื่องจากความล้าหลังของระบบงานเดิม หรือการไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอของระบบงานเดิมที่จะตอบสนองความต้องการในปัจจุบันได้

#### 2) การศึกษาความเป็นไปได้ (Feasibility Study)

หลังจากที่ทราบปัญหาของระบบงานเดิมแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการศึกษาความเป็นไปได้ว่า การสร้างระบบสารสนเทศ หรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่

#### 3) การวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ (Users Requirement Analysis)

หลังจากศึกษาความเป็นไปได้ของระบบ และผู้บริหารเห็นสมควรที่จะให้ดำเนินการพัฒนาต่อขั้นตอนต่อไปที่นักวิเคราะห์ระบบจะต้องทำคือการวิเคราะห์ความต้องการของผู้ใช้ความต้องการในที่นี้จะหมายถึง ความต้องการข้อมูลของผู้ปฏิบัติงาน และความต้องการสารสนเทศของผู้บริหารซึ่งเป็นเจ้าของหน่วยงาน ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญเพื่อให้สามารถออกแบบระบบใหม่ได้ตรงกับความต้องการนั้นมากที่สุด ในขั้นตอนสำคัญเพื่อให้สามารถออกแบบระบบใหม่ได้ตรงกับความต้องการนั้นมากที่สุด ในขั้นตอนนี้จะเริ่มตั้งแต่การศึกษาระบบการทำงานขององค์กรซึ่งเป็นระบบงานเดิมให้เข้าใจก่อน ว่ามีลักษณะการทำงานอย่างไร และจะมีการเก็บรวบรวม ข้อมูลต่างๆ จากผู้ใช้ รวมไปถึงเกณฑ์และข้อบังคับต่างๆ ด้วย สำหรับวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลนั้นจะสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้แบบสอบถาม การสัมภาษณ์ ผู้ใช้ระดับบริหารและระดับพนักงานทั่วไป หรือจากรายงานต่างๆ ขององค์กรนั้นๆ หลังจากที่ได้ข้อมูลมากพอสมควรก็จะนำข้อมูล เหล่านี้มาวิเคราะห์เพื่อสรุปให้ได้รายละเอียดต่อไป

#### 4) การออกแบบฐานข้อมูล

หลังจากที่ได้เป้าหมายของงานที่ชัดเจนแล้วว่า ในระบบใหม่จะต้องทำอะไรมีการออกรายงานอะไรและใช้ข้อมูลใดบ้าง ก็จะมาเริ่มทำการออกแบบฐานข้อมูลซึ่งได้แก่การวิเคราะห์หาเอนทิตีหรือรีเลชัน การวิเคราะห์หาแอททริบิวต์และคีย์ของเอนทิตีหรือรีเลชัน รวมไปถึงการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างเอนทิตีหรือรีเลชัน

#### 5) การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม (Implementation)

ในขั้นตอนนี้จะมีการเลือกระดับจัดการฐานข้อมูลขึ้นมาใช้ และผู้ออกแบบระบบซึ่งอาจจะเป็นนักวิเคราะห์ระบบหรือผู้ออกแบบฐานข้อมูล จะทำการออกแบบโปรแกรมว่าระบบจะต้องประกอบด้วยโปรแกรมใดบ้าง แต่ละโปรแกรมมีหน้าที่อะไร และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร การเชื่อมระหว่างโปรแกรมจะอย่างไร นอกจากนี้ยังมีการออกแบบหน้าจอการนำข้อมูลเข้าสู่รูปแบบรายงาน

และการควบคุมความคงสภาพของข้อมูล ซึ่งจะนำมาสร้างเป็นเอกสารที่เรียกว่าข้อมูลการออกแบบโปรแกรมเพื่อเตรียมให้กับนักเขียนโปรแกรมหรือโปรแกรมเมอร์ใช้เป็นแบบในการเขียนโปรแกรมต่อไป

ในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเมอร์จะทำการเขียน และทดสอบโปรแกรมว่าทำงานได้ถูกต้องหรือไม่โดยจะมีการทดสอบกับข้อมูลจริงที่มีอยู่ ถ้าเป็นระบบใหญ่ที่ต้องอาศัยโปรแกรมเมอร์หลายช่วงกันเขียนโปรแกรม หลังจากที่แต่ละคนทำการทดสอบโปรแกรมของตนเองเสร็จแล้ว ก็จะนำโปรแกรมเหล่านั้นมารวมกันให้เป็นระบบเดียว แล้วทำการทดสอบอีกทีซึ่งจะเรียกว่าการทดสอบระบบ

#### 6) การทำเอกสารประกอบโปรแกรม (Documentation)

การทำเอกสารประกอบโปรแกรม คือการอธิบายในรายละเอียดของโปรแกรมว่าจุดประสงค์ของโปรแกรมคืออะไรใช้งานในด้านไหนซึ่งอาจจะเป็นการสรุปรายละเอียดของโปรแกรมและแสดงเป็นผังงาน หรือรหัสจำลองก็ได้

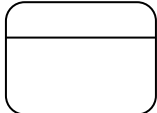
#### 7) การติดตั้งและการบำรุงรักษาโปรแกรม (Program Maintenance)

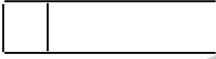

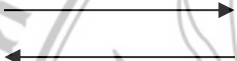
เมื่อโปรแกรมผ่านการตรวจสอบตามขั้นตอนเรียบร้อยแล้ว และถูกนำมาติดตั้งให้ผู้ใช้งานในขั้นตอนนี้จะรวมไปถึงการฝึกอบรมให้แก่ผู้ใช้ซึ่งอาจเป็นพนักงาน ที่ต้องใช้งานจริงเพื่อให้เข้าใจการทำงานและทำงานได้โดยไม่มีปัญหาซึ่งในช่วงแรกผู้ใช้อาจจะยังไม่คุ้นเคยก็อาจทำให้เกิดปัญหาขึ้นมาบ้างดังนั้นจึงต้องมีผู้คอยควบคุม ดูแลและตรวจสอบการทำงาน และเมื่อมีการใช้งานไปนาน ๆ ก็อาจจะต้องมีการ ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมให้เหมาะสมกับเหตุการณ์และความต้องการของผู้ใช้ที่เปลี่ยนแปลงได้

### 2.4.3 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการแสดงแผนภาพกระแสข้อมูลมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะแสดงให้เห็นเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ชุดสัญลักษณ์มาตรฐานที่พัฒนาโดย Gane and Sarson (1979) และชุดสัญลักษณ์มาตรฐานที่พัฒนาโดย DeMacro and Yourdon (DeMacro,1979 ; Yourdon and Constantine,1979) โดยมีสัญลักษณ์ดังต่อไปนี้

#### ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนภาพกระแสข้อมูล

Gane & Sarson	ความหมาย
	การประมวลผล (Process) ขั้นตอนการทำงานภายในระบบ

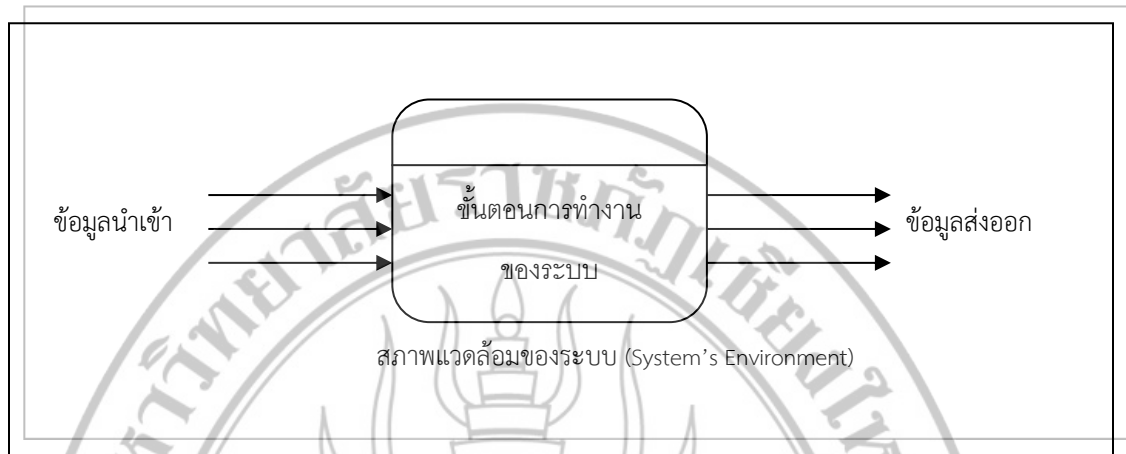
	แหล่งเก็บข้อมูล (Data Store) สามารถเก็บได้ทั้งไฟล์ข้อมูลและฐานข้อมูล
	เอนทิตีภายนอก (External Entity) ปัจจัย หรือสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อระบบ
	กระแสข้อมูล (Data Flow) แสดงทิศทางของข้อมูลจากขั้นตอนการทำงานหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่ง

#### 2.4.4 แนวคิดของแบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบ

การสร้างแบบจำลองขั้นตอนการทำงานของระบบโดยใช้แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram) มีแนวคิดต่างๆ ดังนี้

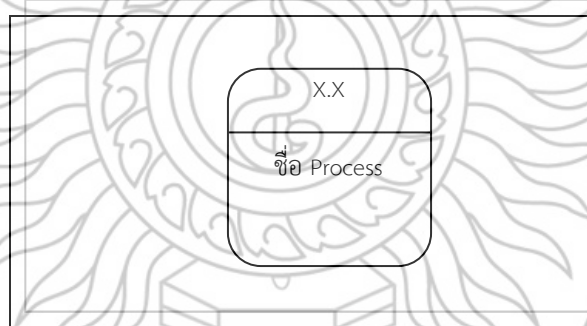
1) ขั้นตอนการทำงานของระบบ กิตติ ภักดีวิวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล (2546) กล่าวว่า ขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นของระบบนั้น มีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยน แปลง หรือประมวลผลข้อมูลที่เข้าสู่ระบบให้กลายเป็นสารสนเทศที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที เป็นการตอบรับ/ ตอบสนองต่อการดำเนินธุรกิจที่มีเงื่อนไข และเหตุการณ์ต่างๆ เกิดขึ้นมากมาย หรือเรียกว่าเป็นการตอบรับ/ ตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจนั่นเอง ดังรูป 2.12

ดังนั้น ในการวิเคราะห์ระบบจึงต้องมีวิธีการที่จะอธิบายขั้นตอนการทำงานของระบบที่เกิดขึ้น ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย โดยใช้แบบจำลองเพื่ออธิบายข้อมูลนำเข้า ข้อมูลส่งออก และการทำงานของระบบ ซึ่งมีสัญลักษณ์ต่างๆ ดังรูป 2.12 โดยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยมจะเป็นตัวกำหนดขอบเขตการทำงานของระบบ และมีสภาพ แวดล้อมอยู่ภายนอกขอบเขต ระบบจะแลกเปลี่ยนข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออก กับสภาพแวดล้อมที่อยู่ภายนอก ดังนั้น หากมองระบบภาพรวมทั้งหมดระบบงานใดๆ จะเปรียบเสมือนกับขั้นตอนการดำเนินงานขั้นตอนหนึ่ง



ภาพที่ 2.3 แสดงการทำงานของระบบเพื่อตอบรับ/ สอนงต่อสภาพแวดล้อมของระบบ

ขั้นตอนการดำเนินงาน คือ งานที่ดำเนินการ/ ตอบสนองข้อมูลที่รับเข้า หรือดำเนินการ/ ตอบสนองต่อเงื่อนไข/ สภาวะใดๆ ที่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะขั้นตอนการดำเนินงานนั้นจะกระทำโดยบุคคล, หน่วยงาน, หุ่นยนต์, เครื่องจักร หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ก็ตาม



ภาพที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงแทน Process

จากภาพที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้แสดงแทน Process ด้วยสี่เหลี่ยมมุมมน ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนบน ใช้แสดงหมายเลขของ Process เช่น 0, 0.1, 1.1 เป็นต้น ส่วนล่างจะใช้แสดงชื่อของ Process เช่น ประมวลผลข้อมูลยา, จัดการข้อมูลการชำระเงิน เป็นต้น

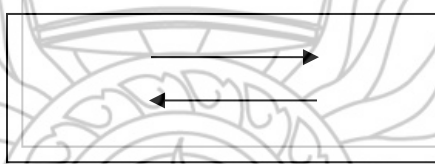
- กฎของ Process

- ต้องไม่มีข้อมูลรับเข้าเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการส่งข้อมูลออกจากขั้นตอนการทำงาน
- ต้องไม่มีข้อมูลส่งออกเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีข้อมูลเข้าสู่ Process เลย
- ข้อมูลรับเข้าจะต้องเพียงพอในการสร้างข้อมูลส่งออก

- การตั้งชื่อ Process ต้องใช้คำกริยา (Verb) เช่น สั่งซื้อยา, ตรวจสอบประวัติผู้ป่วย และตรวจสอบข้อมูลโรคประจำตัวผู้ป่วย เป็นต้น

2) เส้นทางไหลของข้อมูล เป็นการสื่อสารระหว่างขั้นตอนการทำงานต่างๆ และสภาพแวดล้อมภายนอก หรือภายในระบบ โดยแสดงถึงข้อมูลที่นำเข้าไปในแต่ละ Process และข้อมูลที่ส่งออกจาก Process ใช้ในการแสดงถึงการบันทึกข้อมูล การลบข้อมูล การแก้ไขข้อมูลต่างๆ ในไฟล์ หรือในฐานข้อมูล ซึ่งใน Data Flow Diagram เรียกว่า “Data Store”

สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบายเส้นทางไหลของข้อมูล คือ เส้นตรงที่ประกอบด้วยหัวลูกศรตรงปลาย เพื่อบอกทิศทางทางการเดินทาง หรือการไหลของข้อมูล ดังภาพ



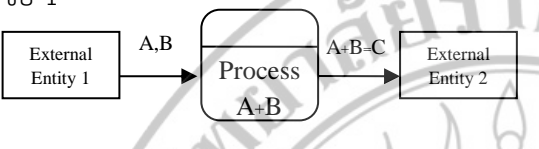
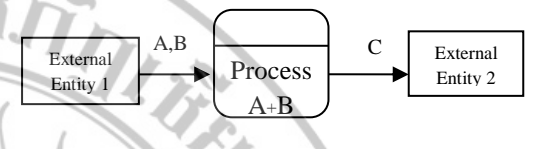








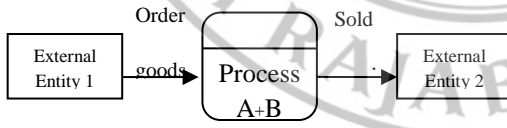
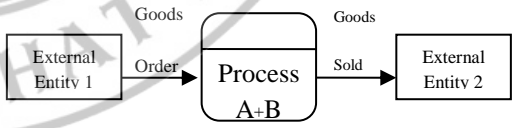
ภาพที่ 2.5 แสดงสัญลักษณ์ของ Data Flow

- กฎการเขียนผังการไหลของข้อมูล

- ชื่อของ Data Flow ควรเป็นชื่อของข้อมูลที่ส่งโดยไม่ต้องอธิบายว่า ทำงานอย่างไร
- Data Flow ต้องมีจุดเริ่มต้นหรือสิ้นสุดที่ Process เพราะ Data Flow คือ ข้อมูลนำเข้า และข้อมูลส่งออกของ Process
- Data Flow จะเดินทางระหว่าง External Entity กับ External Entity ไม่ได้
- Data Flow จะเดินทางจาก External Entity ไป Data Store ไม่ได้
- Data Flow จะเดินทางจาก Data Store ไป External Entity ไม่ได้
- Data Flow จะเดินทางจาก Data Store ไป Data Store ไม่ได้
- การตั้งชื่อ Data Flow จะต้องใช้คำนาม (Noun)

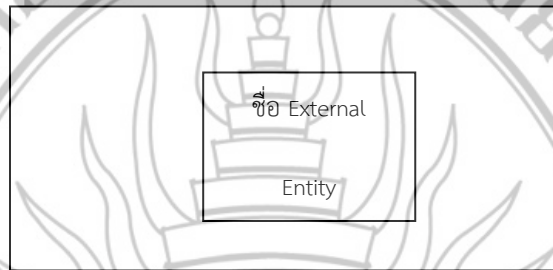


ตารางที่ 2.2 แสดงกฎของ DFD

Data Flow ที่ไม่ถูกต้อง	Data Flow ที่ถูกต้อง
<p>ข้อ 1</p> 	
<p>ข้อ 2 และ 3</p> 	
<p>ข้อ 4</p> 	
<p>ข้อ 5</p> 	
<p>ข้อ 6</p> 	
<p>ข้อ 7</p> 	

3) ตัวแทนข้อมูล หมายถึง บุคคล หน่วยงานในองค์กร องค์กรอื่นๆ หรือระบบงานอื่นๆ ที่อยู่ภายนอกขอบเขตของระบบ แต่มีความสัมพันธ์กับระบบ โดยมีการส่งข้อมูลเข้าสู่ระบบ เพื่อดำเนินงาน และรับข้อมูลที่ผ่านการดำเนินงานเรียบร้อยแล้วจากระบบ

สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบาย คือ สีเหลี่ยมจัตุรัส หรือสีเหลี่ยมผืนผ้า ภายในจะต้องแสดงชื่อของ External Entity



ภาพที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์ของ External Entity

ในบางครั้งขอบเขตและวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบมีการเปลี่ยนแปลง External Entity อาจได้รับการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น External Entity อาจเข้ามาอยู่ภายในขอบเขตของระบบและเปลี่ยนเป็นขั้นตอนการทำงานหนึ่งของระบบ และเกิด External Entity ใหม่แทนที่ หรือในทางกลับกัน ถ้าขอบเขตของระบบมีขนาดเล็กลง ขั้นตอนการทำงานที่อยู่ภายในขอบเขตระบบ อาจเปลี่ยนเป็น External Entity และอยู่ภายนอกขอบเขตระบบ เป็นต้น

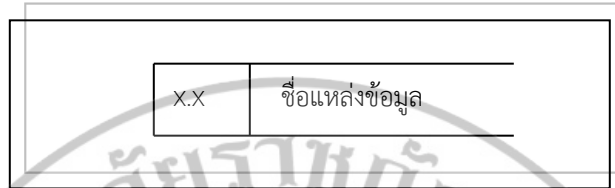
- กฎของ External Entity

- ข้อมูลจาก External Entity จะวิ่งไปสู่อีก External Entity หนึ่งโดยตรงไม่ได้ จะต้องผ่าน Process ก่อนเพื่อประมวลผลข้อมูลนั้น จึงได้ข้อมูลออกไปสู่อีก External Entity ได้

- การตั้งชื่อ External Entity ต้องใช้คำนาม เช่น ลูกค้า, ธนาคาร และผู้ป่วย เป็นต้น

4) แหล่งจัดเก็บข้อมูล เป็นแหล่งเก็บ/ บันทึกข้อมูล เปรียบเหมือนคลังข้อมูล (เทียบเท่ากับ ไฟล์ข้อมูล และฐานข้อมูล) โดยอธิบายรายละเอียด และคุณสมบัติเฉพาะตัวของสิ่งที่ต้องการเก็บ/ บันทึก

สัญลักษณ์ที่ใช้อธิบาย คือ สีเหลี่ยมเปิดหนึ่งข้าง แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ทางด้านซ้ายใช้แสดงรหัสของ Data Store อาจจะเป็นหมายเลขลำดับ หรือตัวอักษรก็ได้ เช่น D1, D2 เป็นต้น สำหรับส่วนที่ 2 ทางด้านขวา ใช้แสดงชื่อ Data Store หรือชื่อไฟล์ เช่น ลูกค้า สมาชิก เป็นต้น ดังภาพ



ภาพที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์ของ Data Store

หากเปรียบเทียบ Data Store เป็นข้อมูลในสถานะที่มีการเคลื่อนไหว ดังนั้น Data Store จะเป็นข้อมูลในสถานะที่พักข้อมูล ซึ่งอยู่กับที่ไม่มีการเคลื่อนไหว

- กฎของ Data Store

- ข้อมูลจาก Data Store หนึ่งจะวิ่งไปสู่อีก Data Store หนึ่งโดยตรงไม่ได้ จะต้องผ่านการประมวลผลจาก Process ก่อน
- ข้อมูลจาก External Entity จะวิ่งไปสู่อีก External Entity หนึ่งโดยตรงไม่ได้ การตั้งชื่อ Data Store จะต้องใช้คำนาม

## 2.5 ภาษาที่ใช้ในการพัฒนา

### 2.5.1 ภาษาเอชทีเอ็มแอล 5 (HTML5)

Nontanan (2555) กล่าวว่า ภาษาเอชทีเอ็มแอล 5 หรือ HTML5 คือ ภาษามาร์กอัป (Markup) สำหรับการเขียนเว็บไซต์เวอร์ชันล่าสุด ที่ถูกพัฒนาโดย WHATWG (The Web Hypertext Application Technology Working Group) ซึ่งได้มีการปรับปรุงเพิ่ม Feature หลากอย่างเข้ามาเพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถใช้งานได้ง่ายมากยิ่งขึ้น 22 มกราคม พ.ศ. 2551 โดย HTML5 นี้มีการกล่าวถึงรูปแบบสองแบบที่ร่วมกันคือ แบบดั้งเดิม HTML (text/html) ที่รู้จักในชื่อ HTML5 และแบบที่สองคือ XHTML ที่รู้จักในชื่อ XHTML5 โดยทั้งสองระบบได้มีการพัฒนาในเวลาพร้อมกัน และเมื่อสิ้นสุดปี 2552 ทางทีมงานของ XHTML จะมาร่วมพัฒนา HTML5 การเปลี่ยนแปลงสำคัญๆ ใน HTML5 คือ ส่วนย่อย (Element) ใหม่ๆ ที่ใช้งานเจาะจง

มาตรฐานใหม่จะมีคุณลักษณะเด่นที่สำคัญ

- 1) การใช้งานวิดีโอ
- 2) การแสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์
- 3) การเก็บไฟล์ในลักษณะออฟไลน์
- 4) การแสดงกราฟิก

5) ชนิดข้อมูลที่รับเข้า (Input Types) แบบใหม่ เช่น Search Number Range Color Tel URL Email Date Month Week Time Datetime หรือ Datetime-Local

โดยคุณสมบัติเด่นหลายอย่างไม่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์เพิ่ม เช่น เกียรติส แฟลช หรือ ซิลเวอร์ไลท์เหมือนที่ผ่านมาในการใช้งาน HTML4

HTML5 ได้มีการแนะนำ เอเลเมนต์ใหม่หลายตัวเพื่อตอบสนองการใช้งานของเว็บไซต์รุ่นใหม่ โดยเอเลเมนต์ใหม่ส่วนหนึ่งเป็นซีแมนติกทดแทนการใช้งานของบล็อกทั่วไป (<div>) และเอเลเมนต์อินไลน์ (<span>) ยกตัวอย่างเช่น <nav> (บล็อกสำหรับเมนูบอกทาง) และ <footer> (ส่วนด้านล่างของเว็บเพจ) เอเลเมนต์ส่วนอื่นแสดงถึงการใช้งาน เช่น เอเลเมนต์ทางด้านสื่อ <audio> และ <video> เอเลเมนต์บางตัวที่ตกกลุ่มสำหรับ HTML 4.01 ได้ถูกยกเลิก เช่น <font> และ <center> ซึ่งถูกทดแทนด้วยการทำงานผ่านซีเอสเอส

จุดเด่นของ HTML5

- 1) ส่วนย่อยสำหรับการวาดภาพการตกแต่งภาพ ไม่ต้องพึ่ง flash หรือไม่ต้องพึ่งปลั๊กอินภายนอก
- 2) ส่วนย่อยวิดีโอและเสียง ไม่ต้องพึ่งปลั๊กอินภายนอก เช่น วินโดว์มีเดียเพลเยอร์ (Window Media Player: WMP) ฯลฯ เป็นต้น
- 3) สนับสนุนในเรื่องการเก็บไฟล์ในลักษณะออฟไลน์ (Better Support for Local Offline Storage)
- 4) ส่วนย่อยใหม่สำหรับเนื้อหาที่แบ่งเป็นส่วนๆหรือระบุความหมายของแต่ละส่วน article footer header nav และsection
- 5) เพิ่มความสะดวกในส่วนของการ Form เช่น มี Input สำหรับปฏิทิน วันที่ เวลา อีเมล URL การค้นหา เป็นต้น

เบราว์เซอร์ (Browser) ที่รองรับ HTML5

HTML5 ยังไม่ได้เป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานอย่างเป็นทางการ และเบราว์เซอร์ก็ยังไม่ได้รับการสนับสนุน HTML5 อย่างเต็มรูปแบบ แต่เบราว์เซอร์หลักๆ อย่างเช่น IE Chrome Firefox Opera Safari ก็เริ่มพัฒนาให้รองรับกับภาษา HTML5 กันมากขึ้น จะเห็นได้จากเวอร์ชันล่าสุดของแต่ละเบราว์เซอร์จะเริ่มรองรับ HTML5

### 2.5.2 ภาษาซี (C)

ศศิธร ปักษา (2557) กล่าวว่า ภาษาซี เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ ที่มีการพัฒนาขึ้นใช้งานเพื่อให้เป็นภาษามาตรฐานที่ไม่ขึ้นกับโปรแกรมจัดระบบงาน หรือขึ้นกับฮาร์ดแวร์ จึงทำให้ซี เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ตามอุดมการณ์ของนักคอมพิวเตอร์

ภาษาซี เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่อาศัยหลักการทางวิธีการโปรแกรมสมัยใหม่ ที่เรียกว่า โปรแกรมโครงสร้าง การออกแบบซอฟต์แวร์จึงมีรูปแบบการออกแบบที่ง่ายเป็นโมดูล และสามารถนำไปใช้ได้ง่าย

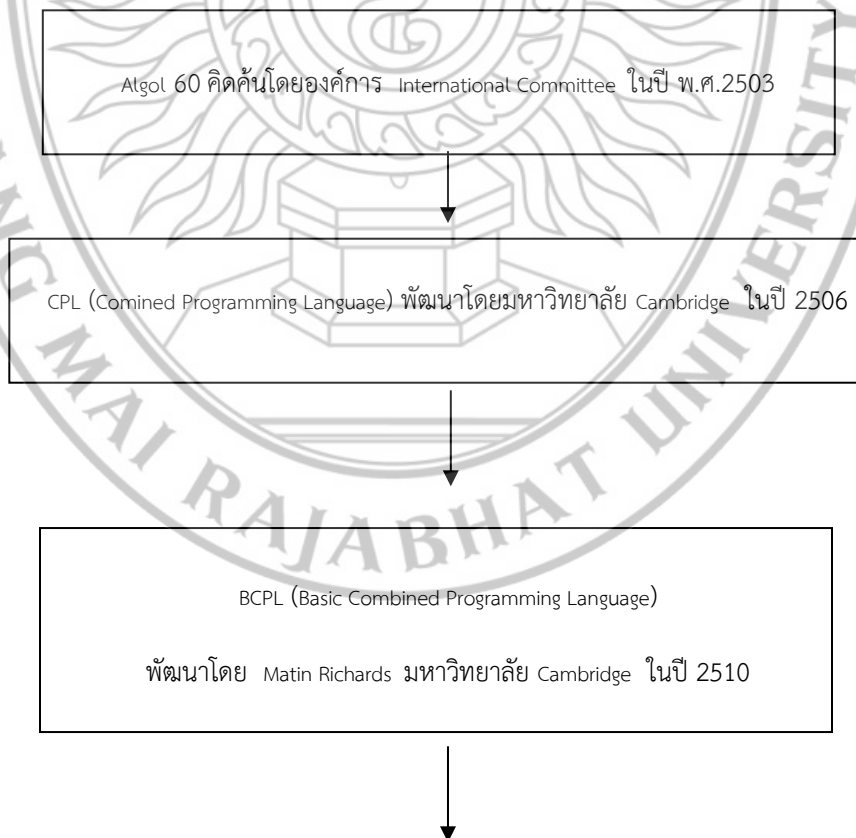
ในการคอมไพล์ด้วย ซี คอมไพเลอร์นั้น ปรากฏว่า ซีให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่าภาษาชั้นสูงอื่นๆ ภาษาซีมีความคล่องตัวที่จะได้รับการประยุกต์เข้ากับงานต่างๆ ได้อย่างดี เราสามารถนำภาษาซีมาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมต่างๆ ได้ เช่น โปรแกรมเวิร์ดโปรเซสซิ่ง โปรแกรมสเปรดชีต โปรแกรมสำเร็จรูปอื่นๆ ปัจจุบันบริษัทผู้พัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปมักใช้ซีเป็นเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรม

ความเป็นมาของภาษาซี

มนต์ชัย (2535) กล่าวว่า ภาษาซี เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ในสายตระกูลของภาษาอัลกอล (ALGOL – Algorithmic Language) มีความคล้ายคลึงกับภาษา PL/L, ปาสคาลและเอดา เป็นต้น และจะแตกต่างหรือมีความคล้ายคลึงน้อยกว่าภาษาเบสิก, ฟอรัทเรน

ภาษาซี ออกแบบโดย Dennis Ritchie ที่เบลล์ แลปบอราทอรี เมื่อประมาณปี 2515 ถ้าจะไล่สายบรรพบุรุษของภาษาซี ก็จะต้องเริ่มจาก Algol 60 ในปี 2503 (1960) มาถึง CPL ของ Cambridge ในปี 2506 มาเป็น BCPL โดย มาติน ริชาร์ด ในปี 2510 และมาถึงภาษา B โดย เคน ทอมป์สัน ที่เบลล์แลบส์ ในปี 2513 จนมาเป็นภาษา C ในปี 2515 ( สารวจ : 2534)

สรุปพัฒนาการของภาษาซี ได้ดังนี้



พัฒนาโดย Ken Thompson แห่ง Bell Laboratory ในปี 2513

พัฒนาโดย Dennis Richie แห่ง Bell Laboratory ในปี 2515

ภาษาซี จึงมีที่มาจากแนวความคิดเดียวกันกับภาษาบี ชื่อของภาษาซีจึงน่าจะมาจากตัวที่สองของภาษา BCPL เช่นเดียวกับภาษาบี ที่ใช้ตัวอักษรตัวแรกมาตั้งชื่อ

จุดเด่นของภาษาซี

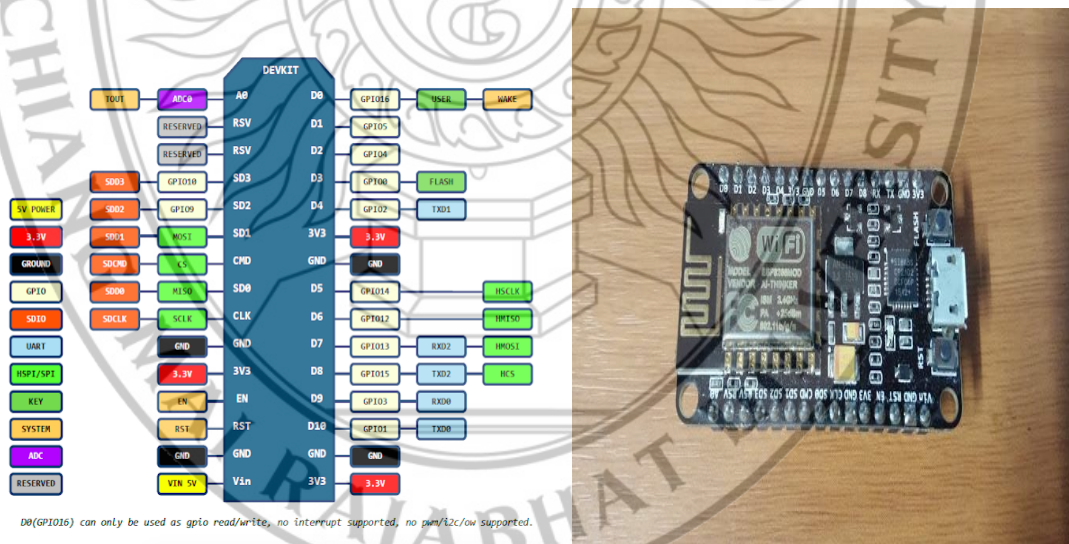
ไกรสร (2554) กล่าวว่า ในภาษาโปรแกรมทุกภาษามีจุดเด่นในการประมวลของภาษาแตกต่างกัน จุดเด่นของภาษาซีมีดังนี้

1. เป็นภาษาคอมไพเตอร์ที่มีแนวคิดในการพัฒนาแบบ โปรแกรมเชิงโครงสร้าง (Structure Program) ทำให้ภาษาซี เป็นภาษาที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาระบบ
2. เป็นภาษาคอมไพเตอร์ที่เป็นภาษามาตรฐาน ซึ่งการทำงานของภาษาไม่ขึ้นกับฮาร์ดแวร์ ทำให้สามารถนำไปใช้ใน CPU รุ่นต่างๆ ได้
3. เป็นภาษาระดับสูงที่ทำงานเหมือนภาษาระดับต่ำ สามารถทำงานแทนภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ได้
4. ความสามารถของคอมไพเลอร์ในภาษาซี มีประสิทธิภาพสูง ทำงานได้รวดเร็ว โดยใช้รหัสออบเจกต์ (Object) ที่สั้น จึงทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความรวดเร็ว

## 2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์

### 2.6.1 Node MCU

Wisdomgoody (2015) กล่าวว่า NodeMCU คือแพลตฟอร์มหนึ่งที่ใช้ช่วยในการสร้างโปรเจกต์ Internet of Things (IoT) ที่ประกอบไปด้วย Development Kit (ตัวบอร์ด) และ Firmware (Software บนบอร์ด) ที่เป็น open source สามารถเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Lua ได้ทำให้ใช้งานได้ง่ายขึ้น มาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูล ESP8266 นั้น มีอยู่ด้วยกัน หลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบัน มีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน Node MCU version แรกนั้นก็จะเป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะไขว้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกัน มากนัก Node MCU นั้น มีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และเมื่อไม่นานมานี้ก็มีนักพัฒนาที่สามารถทำให้ Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้ จึงทำให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น Node MCU ตัวนี้สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IoT ไม่ว่าจะเป็นการทำ Web Server ขนาดเล็กการควบคุมการเปิดปิดไฟผ่าน WiFi และอื่นๆ อีกมากมาย



ภาพที่ 2.8 NodeMCU Devkit 1.0 (ESP-12E) Version 2

โมดูลไวไฟ ESP8266

ผู้สร้างชิพ ESP คือคุณ Teo Swee Ann ชาวสิงคโปร์แห่งบริษัท Espressif System โดยในโมดูลประกอบด้วย ชิพ Microcontroller กับ WiFi Module ราคาถูก ดังนั้นตัวมันสามารถโปรแกรมลงไปได้

ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เลยและมีพื้นที่โปรแกรมห้ามถึง 4MB ทำให้มีพื้นที่เหลือมากในการเขียนโปรแกรมลงไป ESP8266 เป็นชื่อของชิปไอซีบนบอร์ดของโมดูล ซึ่งไอซี ESP8266 ไม่มีพื้นที่โปรแกรม (flash memory) ในตัว ทำให้ต้องใช้ไอซีภายนอก (external flash memory) ในการเก็บโปรแกรม ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านโปรโตคอล SPI ซึ่งสาเหตุนี้เองทำให้โมดูล ESP8266 มีพื้นที่โปรแกรมห้ามกวม ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์อื่นๆ ESP8266 ทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.3V - 3.6V การนำไปใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์อื่นๆที่ใช้แรงดัน 5V ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดัน มาช่วยเพื่อไม่ให้โมดูล พังเสียหายกระแสที่โมดูลใช้งานสูงสุดคือ 200mA ความถี่คริสตอล 40MHz ทำให้เมื่อนำไปใช้งานอุปกรณ์ ที่ทำงานรวดเร็วตามความถี่ เช่น LCD ทำให้การแสดงผลข้อมูลรวดเร็วกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ยอ ดนิยม Arduino มาก

ขาของโมดูล ESP8266 แบ่งได้ดังนี้

- 1) VCC เป็นขาสำหรับจ่ายไฟเข้าเพื่อให้โมดูลทำงานได้ซึ่งแรงดัน ที่ใช้งานได้คือ 3.3 -3.6V
- 2) GND ขากระแสประจุลบ
- 3) Reset และ CH\_PD (หรือ EN) เป็นขาที่ต้องต่อเข้าไฟบวก เพื่อให้โมดูลสามารถทำงานได้ทั้ง 2 ขานี้สามารถนำมาใช้รีเซ็ตโมดูลได้เหมือนกัน แตกต่างตรงที่ขา Reset สามารถลอยไว้ได้แต่ขา CH\_PD (หรือ EN) จำเป็นต้องต่อเข้าไฟบวก เท่านั้น เมื่อขานี้ไม่ต่อเข้าไฟบวก โมดูลจะไม่ทำงานทันที
- 4) GPIO เป็นขาดิจิตอลอินพุต / เอาต์พุต ทำงานที่แรงดัน 3.3V
- 5) GPIO15 เป็นขาที่ต้องต่อลง GND เท่านั้น เพื่อให้โมดูลทำงานได้
- 6) GPIO0 เป็นขาสำหรับการเลือกโหมดทำงาน หากนำขานี้ลง GND จะเข้าโหมดโปรแกรม หาก ลอยไว้ หรือนำเข้าไฟ + จะเข้าโหมดการทำงานปกติ
- 7) ADC เป็นขานาล็อกอินพุต รับแรงดันได้สูงสุดที่ 1V ขนาด 10 บิต การนำไปใช้งานกับแรงดัน ที่สูงกว่า ต้องใช้วงจรแบ่งแรงดัน เข้าช่วย

คุณสมบัติด้าน WiFi ของ NodeMCU/ESP8266

เนื่องจาก NodeMCU/ESP8266 นั้นสายอากาศในตัว จึงทำให้สามารถเชื่อมต่อ WiFi ได้โดยไม่ต้องต่ออุปกรณ์หรือสายอากาศเพิ่มเติม และคุณสมบัติทางเทคนิคที่สำคัญของโมดูล WiFi บน NodeMCU/ESP8266 มีดังนี้

- 1) รองรับมาตรฐาน IEEE802.11 b/g/n
- 2) รองรับการทำงานแบบ WiFi Direct (P2P) และ SoftAP
- 3) วงจรสวิตช์ TR, สายอากาศที่มี Balun, LNA หรือวงจรขยายสัญญาณรบกวนต่ำ, วงจรขยาย กำลังและแมตชิงเนตเวิร์กเพื่อการรับคลื่นวิทยุอย่างมีประสิทธิภาพ



4) วงจรเฟสล็อกกลุ๊ปและวงจรควบคุมสัญญาณออสซิลเลเตอร์แบบดิจิตอล (DCXO) เพื่อช่วยบริหารจัดการด้านความถี่

5) วงจรบริหารกำลังไฟฟ้าและวงจรควบคุมไฟเลี้ยงคงที่ เพื่อช่วยให้วงจร WiFi ใช้กำลังได้อย่างเหมาะสม โดยปกติต้องการกระแสไฟฟ้า 0.9 mA ในขณะที่สแตนด์บาย, 135-215 mA ขณะส่งข้อมูล, 60 mA เมื่อรับข้อมูล, 1 mA ในโหมดประหยัดพลังงาน และ 0.5  $\mu$ A ในขณะปิด

6) กำลังส่ง +19.5dBm เมื่อทำงานในโหมด 802.11b

ข้อมูลสำคัญเชิงเทคนิคของบอร์ด NodeMCU v2

1) ใช้โมดูล ESP-12E (ESP8266 SoC chip) ของบริษัท AI Thinker (ในขณะที่ NodeMCU v1 ใช้โมดูล ESP12) มีขาเพิ่มมาอีก 6 ขา เมื่อเปรียบเทียบกับ ESP-12

2) ใช้ชิป Flash ความจุ 32Mbits (4MBytes)

3) มีขนาดแคบกว่า NodeMCU v1 ดังนั้นเมื่อเสียบขาลงบนเบอร์ดบอร์ด จะมีช่องเหลือด้านข้างทำให้สะดวกในการต่อวงจรบนเบอร์ดบอร์ด

4) มีวงจรควบคุมแรงดัน 3.3V (@800mA max.) บนบอร์ด ใช้ไอซีที่จ่ายกระแสได้มากกว่าบอร์ด NodeMCU v1

5) ใช้ชิป CP2102 ของ Sitabs ทำหน้าที่เป็นส่วนเชื่อมต่อ USB-to-Serial (แต่ NodeMCU v1 ใช้ชิป CH340G)

6) มีขาสำหรับ SPI สำหรับต่อกับการ์ด SD (เพิ่มจากเดิมที่มีขาสำหรับ SPI)

7) มีขา GPIO3/RXD0 และ GPIO1/TXD0 ที่ต่อกับขา TXD และ RXD ของชิป CP2102 ตามลำดับ

8) มีขา GPIO13/RXD2 และ GPIO15/TXD2 (ใช้เป็นพอร์ต Serial เพิ่มอีกหนึ่งชุด)

9) ใช้ micro-USB สำหรับจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง (VUSB) เท่ากับ +5V และสำหรับดาวน์โหลดเฟิร์มแวร์ (แรงดัน VUSB ต่อผ่าน Schottky Diode 1N5819 ไปยัง VDD5V)

10) สามารถจ่ายแรงดันไฟเลี้ยง +5V จากภายนอกได้ (ต่อเข้าที่ขา VDD5V)

11) มีปุ่มกด RST (รีเซ็ตการทำงาน) และ Flash (สำหรับโปรแกรมเฟิร์มแวร์ใหม่)

11) มีขา A0 รับอินพุตแรงดันแบบแอนะล็อกสำหรับวงจร ADC (ขนาด 10 บิต) ที่อยู่ภายในชิป ผ่านวงจรแบ่งแรงดันด้วยตัวต้านทาน 100k / 220k (ลดแรงดันอินพุตจาก 0...3.3V ลงมาให้อยู่ในช่วง 0V...1V)

## 2.7 แพลตฟอร์ม NETPIE

ดร.พนิตา พงษ์ไพบูลย์ (2559) นักวิจัยจากศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย เนคเทค หัวหน้าทีมพัฒนา NETPIE ได้อธิบายว่า NETPIE (Network Platform for Internet of Everything) คือ Cloud Platform ที่ถูกออกแบบและพัฒนาขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกในการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์หรือ things ในเครือข่าย IoT โดยมีประโยชน์ต่อนักพัฒนาและอุตสาหกรรมไทย อาทิ NETPIE ช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยผู้พัฒนาไม่ต้องกังวลว่า อุปกรณ์นั้นจะอยู่ที่ใด ทั้งในแง่ Physical และ Logical เพียงนำ NETPIE Library ไปติดตั้งในอุปกรณ์ NETPIE จะรับหน้าที่ดูแลการเชื่อมต่อให้ทั้งหมด ไม่ว่าอุปกรณ์นั้นจะอยู่ในเครือข่ายชนิดใด ลักษณะใด หรือแม้กระทั่งเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ใด ผู้พัฒนาสามารถตัดปัญหาความใจในการที่จะต้องมาออกแบบการเข้าถึงอุปกรณ์จากระยะไกล (Remote Access) ด้วยวิธีแบบเดิมๆ เช่น การใช้ Fixed Public IP หรือการตั้ง Port Forwarding ในเราท์เตอร์ หรือการต้องไปลงทะเบียนกับผู้ให้บริการ Dynamic DNS ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความยุ่งยากและลดความยืดหยุ่นของระบบ ไม่เพียงเท่านั้น NETPIE ยังช่วยให้การเริ่มต้นใช้งานเป็นไปได้โดยง่ายโดยการออกแบบให้อุปกรณ์ถูกค้นพบและเข้าสู่บริการ โดยอัตโนมัติ (Automatic Discovery, Plug And Play) NETPIE ถูกออกแบบให้มี Authorization/Access Control ในระดับ Fine Grain กล่าวคือผู้พัฒนาสามารถออกแบบได้เองทั้งหมด เช่น สิ่งใดมีสิทธิสื่อสารกับสิ่งใด สิ่งใดมีสิทธิหรือไม่ เพียงใดในการอ่านหรือเขียนข้อมูล และสิทธิเหล่านี้จะมีอายุเท่าใดหรือถูกเพิกถอนภายใต้เงื่อนไขใด เป็นต้น NETPIE มีสถาปัตยกรรมเป็น Cloud อย่างแท้จริงในทุกๆ ระดับของระบบ ทำให้เกิดความยืดหยุ่น และคล่องตัวสูงในการขยายตัว นอกจากนี้ โมดูลต่างๆ ยังถูกออกแบบให้ทำงานแยกจากกันเพื่อให้เกิดสถานะ Loose Coupling และสื่อสารกันด้วยวิธีการ Asynchronous Messaging ช่วยให้แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือสูง (Reliability) สามารถนำไปใช้ซ้ำและพัฒนาต่อเติมได้ง่าย ดังนั้นผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกังวลกับการขยายตัวเพื่อรับโหลดที่เพิ่มขึ้นในระบบอีกต่อไป นอกจากนี้ทางเนคเทคจะเปิด NETPIE Library ในรูปแบบ Open-Source ให้นักพัฒนาสามารถนำไปปรับปรุงต่อให้ตรงกับความต้องการใช้งานโดยเปิดโอกาสให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ โดยเนคเทคหวังที่จะให้เกิด Community ที่จะมาร่วมกันพัฒนาต่อยอดสร้างความแข็งแกร่งให้กับวงการ IoT ของไทย

NETPIE (ความหมายตามคู่มือการใช้งาน NETPIE ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ) เป็น IoT (Internet of Things) Cloud Platform ที่พัฒนาขึ้นโดยทีมงานวิจัยและเปิดให้บุคคลทั่วไปใช้งานโดยมี Web Portal ที่ให้สามารถลงทะเบียนและจัดการตัวตนและสิทธิ์ของแอปพลิเคชันและอุปกรณ์ได้ที่เว็บไซต์ <https://netpie.io> ตั้งแต่เดือนกันยายน 2558 เป็นต้นมา NETPIE เป็น Middleware ที่มีหัวใจหลัก (นอกเหนือจากส่วนอื่นๆ) เป็น Distributed MQTT Brokers ซึ่งเป็นเสมือนจุดนัดพบให้สิ่งต่างๆ (Things) มาติดต่อสื่อสารและทำงานร่วมกันผ่านวิธีการส่งข้อความแบบ

Publish/Subscribe NETPIE มีโครงสร้างสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบทำให้สามารถขยายตัวได้อย่างอัตโนมัติ (Auto-scale) สามารถดูแลและซ่อมแซมตัวเองได้อัตโนมัติเมื่อส่วนหนึ่งส่วนใดในระบบมีปัญหา (Self-healing, Self-recovery) โดยไม่ต้องพึ่งผู้ดูแลระบบ การบริหารจัดการระบบเป็นแบบ Plug-and-Play ไม่ต้อง Configure หรือปรับแต่ง ในฝั่งอุปกรณ์ NETPIE มี Client Library หรือที่เรียกว่า Microgear ซึ่งทำหน้าที่สร้างและดูแลช่องทางสื่อสารระหว่างอุปกรณ์กับ NETPIE รวมไปถึงรักษาความปลอดภัยในการส่งข้อมูล Microgear เป็น Open Source และสามารถดาวน์โหลดได้จาก <https://github.com/netpieio> โดย ณ ปัจจุบันมี Microgear สำหรับ OS และ Embedded Board หลักๆ ที่เป็นที่ยอมรับในหมู่นักพัฒนาเกือบทุกชนิด โมเดลการสื่อสารของ NETPIE



ภาพที่ 2.9 โมเดลการสื่อสารของ NETPIE

ประโยชน์ของ NETPIE

- ช่วยลดการใช้ทรัพยากรของการเชื่อมต่อ

NETPIE ช่วยให้อุปกรณ์สามารถสื่อสารกันได้โดยผู้ใช้ไม่ต้องกังวลว่า อุปกรณ์นั้นจะอยู่ที่ใด เพียงแค่นำ Microgear Library ไปติดตั้งในอุปกรณ์ NETPIE จะรับหน้าที่ดูแลเชื่อมต่อให้ทั้งหมด ไม่ว่าจะอุปกรณ์นั้นจะอยู่ในเครือข่ายชนิดใด ลักษณะใด หรือแม้กระทั่งเคลื่อนย้ายไปอยู่ที่ใด ผู้ใช้สามารถตัดปัญหาในการเข้าถึงอุปกรณ์จากระยะไกล (Remote Access) ด้วยวิธีการแบบเดิมๆ เช่น การใช้ Fixed Public IP Address หรือการตั้ง Port Forwarding ในเราเตอร์และการต้องไปลงทะเบียนกับผู้ให้บริการ Dynamic DNS ซึ่งทั้งหมดล้วนมีความยุ่งยาก ลดความยืดหยุ่นของระบบ ไม่เพียงเท่านั้น NETPIE ยังช่วยให้การเริ่มต้นใช้งานเป็นไปโดยง่าย โดยออกแบบให้อุปกรณ์ถูกค้นพบและเข้าสู่บริการโดยอัตโนมัติ (Automatic Discovery, Plug-and-Play)

- ช่วยลดภาระด้านความปลอดภัยของข้อมูล

NETPIE ถูกออกแบบให้มีระดับและสิทธิ์ในการเข้าถึงในระดับ Fine Grain กล่าวคือผู้ใช้สามารถออกแบบตัวเองทั้งหมดว่า สิ่งใดมีสิทธิ์คุยกับสิ่งใด สิ่งใดมีสิทธิ์หรือไม่ – เพียงใดในการอ่านหรือเขียนข้อมูลและสิทธิ์เหล่านี้ จะมีอายุการใช้งานนานเท่าใด หรือจะถูกเพิกถอนภายใต้เงื่อนไขใด เป็นต้น

#### - ยืดหยุ่นต่อการขยายระบบ

NETPIE มีสถาปัตยกรรมเป็นคลาวด์เซิร์ฟเวอร์อย่างแท้จริงในทุกองค์ประกอบของระบบ ทำให้เกิดความยืดหยุ่นและคล่องตัวสูงในการขยายตัว นอกจากนี้โมดูลต่างๆ ยังถูกออกแบบให้ทำงานแยกจากกัน เพื่อให้เกิดสถานะ Loose Coupling และสื่อสารกันด้วยวิธี Asynchronous Messaging ช่วยให้แพลตฟอร์มมีความน่าเชื่อถือได้สูง นำไปใช้ซ้ำและพัฒนาต่อได้ง่าย ดังนั้นผู้พัฒนาไม่จำเป็นต้องกังวลกับการขยายตัวเพื่อรับโหลดที่เพิ่มขึ้นในระบบอีกต่อไป

#### - MICROGEAR

Microgear คือซอฟต์แวร์ไลบรารีของ NETPIE ที่ติดตั้งอยู่บนอุปกรณ์ที่ต้องการเชื่อมต่อสื่อสารผ่านคลาวด์ของ NETPIE Microgear เปรียบเสมือนตัวกลางและผู้ช่วยในการสร้างและดูแลการเชื่อมต่อ ให้มีความเสถียร ปลอดภัย ให้การสื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์เป็นไปอย่างราบรื่น บทบาทหน้าที่ของ Microgear สามารถแบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ

1. ด้านการสื่อสาร (Communication) Microgear จะเป็นผู้ช่วยในการสร้างการเชื่อมต่อ (Connection) ไปยังคลาวด์ของ NETPIE และคอยตรวจสอบสถานะของการเชื่อมต่อ หากการเชื่อมต่อมีปัญหา Microgear สามารถช่วยเชื่อมต่อให้ใหม่เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปได้อย่างราบรื่น นอกจากนี้ Microgear ยังช่วยอำนวยความสะดวก ในการสร้างช่องทางการสื่อสารแบบเข้ารหัสในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการ ส่วนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่าง Microgear และคลาวด์ของ NETPIE จะใช้โพรโทคอล MQTT ในการสื่อสาร

2. ด้านการยืนยันตัวตน (Authentication) ในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ Microgear จะช่วยยืนยันตัวตนของอุปกรณ์กับคลาวด์ของ NETPIE โดยการพิสูจน์ตัวตน (Identity) ของอุปกรณ์จะใช้ข้อมูลประกอบกันสามส่วนคือ AppID, App Key และ Token

3. ด้านการขออนุญาตสิทธิ์ (Authorization) การขออนุญาตสิทธิ์ในการสื่อสารจะเกิดขึ้นในขั้นตอนการสร้างการเชื่อมต่อ ควบคู่กับการยืนยันตัวตน คลาวด์ของ NETPIE จะเป็นผู้ออกใบอนุญาต (Token) ที่ระบุว่าอุปกรณ์ตัวนี้ สามารถสื่อสารได้กับอุปกรณ์ตัวใดบ้าง ในกรณีปกติอุปกรณ์ที่อยู่ภายใต้กลุ่ม AppID เดียวกันเท่านั้น จึงจะมีสิทธิ์สื่อสารกันได้ (ยกเว้นในกรณีการใช้ Freeboard Microgear ที่อนุญาตให้สื่อสารข้าม AppID ได้ )

4. ด้านการประสานงาน (Coordination) Microgear มีฟังก์ชันที่ช่วยให้อุปกรณ์ต่างๆ ภายในกลุ่ม AppID เดียวกันทราบสถานะของกันและกัน เช่น ทราบว่ามีอุปกรณ์ใดออนไลน์เข้ามาใหม่ในกลุ่ม หรือมีอุปกรณ์ใดออกไปจากกลุ่ม รวมถึงทราบการเปลี่ยนแปลงสถานะของอุปกรณ์ที่สนใจติดตาม จากข้อมูลดังกล่าวผู้ใช้สามารถกำหนดบทบาทหน้าที่ให้อุปกรณ์ในกลุ่มตามสถานะของอุปกรณ์อื่นๆ ในกลุ่ม เช่น หากเป็นอุปกรณ์ตัวแรกในกลุ่มให้ทำหน้าที่เป็นหัวหน้ากลุ่ม เป็นต้น Microgear ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้ทำงานได้กับอุปกรณ์ที่หลากหลาย ในส่วนของซอฟต์แวร์มี Microgear ให้เลือกใช้กับ Programming Language ได้แก่ Node.js Python HTML5 Java Android C# สำหรับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ประเภทไมโครคอนโทรลเลอร์ Microgear เปรียบเสมือน Firmware ซึ่งมี Microgear ที่รองรับ Arduino with Ethernet Shield (ใช้ได้กับ Arduino Mega) และ Microgear สำหรับ WiFi ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 Microgear ที่พัฒนาขึ้นทั้งหมดถูกรวบรวมไว้ที่ <https://github.com/netpieio> โดยมีสัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิ์แบบเปิดประเภท ISC License ซึ่งอนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง และ/หรือส่งต่อโลบวาร์นี้ได้ ทั้งในการใช้งานเชิงสาธารณประโยชน์และเชิงพาณิชย์ รายละเอียดของสัญญาอนุญาตให้ใช้สิทธิ์แบบ ISC License มีดังนี้

#### ฟังก์ชันหลักของ Microgear

Microgear แต่ละชนิดอาจมีชื่อและชนิดของฟังก์ชันแตกต่างกันตามลักษณะของการเขียนโปรแกรมในภาษานั้นๆ ในที่นี้ ขอยกตัวอย่างฟังก์ชันที่มีเหมือนกันอยู่ในหลาย Microgear โดยขออ้างอิงชื่อฟังก์ชันจาก HTML5 Microgear สำหรับรายละเอียดฟังก์ชันของแต่ละชนิด Microgear สามารถดูได้จากภาคผนวก หรือเอกสาร Readme ใน <https://github.com/netpieio>

- create สร้าง Microgear เพื่อเริ่มต้นใช้งาน
- connect เชื่อมต่อ Microgear เข้ากับคลาวด์ของ NETPIE
- setAlias กำหนดชื่อเล่นของอุปกรณ์เพื่อใช้ระบุตัวตนของอุปกรณ์ภายใน NETPIE
- chat ส่งข้อความแบบเจาะจงผู้รับ
- publish ส่งข้อความแบบไม่เจาะจงผู้รับไปยังหัวข้อสนทนาที่กำหนด
- subscribe ระบุความสนใจในหัวข้อสนทนา บอกรับข้อความที่เกิดขึ้นบนหัวข้อนั้นๆ
- unsubscribe ยกเลิกการบอกรับข้อความในหัวข้อสนทนาที่เคย subscribe ไว้
- resetToken ยกเลิกใบอนุญาต (Token) และลบใบอนุญาตออกจาก cache บน

#### อุปกรณ์

- useTLS ระบุว่าต้องการสร้างการเชื่อมต่อแบบเข้ารหัสระหว่าง Microgear กับคลาวด์

ของ NETPIE

- on ตอบสนองต่อเหตุการณ์ที่สนใจผ่านการเรียก Callback Function

การทำงานของ Microgear เป็นแบบ Event-driven จึงต้องตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ด้วยการเขียน Callback Function ซึ่งชนิดของเหตุการณ์ที่สามารถเกิดขึ้น มีดังนี้

- connected เกิดขึ้นเมื่อ Microgear เชื่อมต่อกับ NETPIE สำเร็จ
- closed เกิดขึ้นเมื่อ Microgear ปิดการเชื่อมต่อกับ NETPIE
- error เกิดขึ้นเมื่อมีความผิดพลาดเกิดขึ้นกับ Microgear
- message เกิดขึ้นเมื่อมีข้อความเข้ามาที่อุปกรณ์
- present เกิดขึ้นเมื่อมีอุปกรณ์ใน ApplD เดียวกันเชื่อมต่อเข้ามาบน NETPIE
- absent เกิดขึ้นเมื่อมีอุปกรณ์ใน ApplD เดียวกันหายไปจากการเชื่อมต่อกับ NETPIE

## 2.8 สถิติสำหรับการวิจัย

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) ของคะแนน โดยใช้สูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD.) ของคะแนน

$$s = \sqrt{\frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

N แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum x^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

$(\sum x)^2$  แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวทั้งหมดยกกำลัง

สอง

## 2. ร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียน

$$\text{ร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียน} = \frac{\text{คะแนนก่อน} - \text{คะแนนหลัง}}{\text{คะแนนเต็ม}} \times 100$$

### 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รัชชชัย ทองเหลียม, วีระศักดิ์ ชื่นตา, หลุทัย ดั้นสกล และบรรเจิด เจริญพันธ์ (2557) ได้จัดทำ งานวิจัยเรื่อง ระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม งานวิจัยนี้ นำเสนอระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำและประมวผลแบบอัตโนมัติสำหรับกระชังปลาทับทิม ออกซิเจน เซ็นเซอร์ pH เซ็นเซอร์และเซ็นเซอร์อุณหภูมิทำหน้าที่วัดปริมาณออกซิเจน วัดความเป็นกรดต่าง และวัด อุณหภูมิค่าที่ได้จะถูกส่งไปขยาย และปรับแต่งระดับแรงดันที่เหมาะสม จากนั้นส่งค่าต่างๆ ไปประมวผล ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ X86 รุ่น VSX6117 แล้วส่งค่าไปแสดงผลที่ LCD และสั่งให้ไอซี GAL22V10 ควบคุม LED แสดงสถานะของคุณภาพน้ำ งานวิจัยนี้ ได้ใช้ทำการเก็บผลการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน ซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบตรวจวัดคุณภาพน้ำสามารถตรวจวัดคุณภาพน้ำได้ 3 สถานะ คือ สถานะคุณภาพนาปกติ LED สีเขียวสว่าง สถานะคุณภาพน้ำเฝ้าระวัง LED สีเหลืองสว่าง และสถานะ คุณภาพผิดปกติ LED สีแดงสว่าง

เจษฎา อรุณฤกษ์, สมรรถชัย จันทรัตน์ และ วีระชัย แยมวจิ (2558) ได้จัดทำงานวิจัยเรื่องระบบ การตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำ ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว เพราะการเลี้ยงกุ้งขาวเป็นอุตสาหกรรมเกษตรที่มีความสำคัญประเภทหนึ่ง เพราะสามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรและประเทศได้อย่างสูง การเลี้ยง กุ้งขาวจำเป็นต้องเลี้ยงตามบริเวณแนวชายฝั่งที่มีสภาพแวดล้อม เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เมื่อ เกษตรกรนำกุ้งขาวมาเลี้ยงในบ่อที่จัดสร้างขึ้นจึงต้องการการควบคุมคุณภาพน้ำให้เหมาะสมต่อการ เจริญเติบโตด้วยเช่นกัน ในบทความนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว โดย ประยุกต์ใช้อุปกรณ์เซ็นเซอร์วัดค่าคุณภาพน้ำ ที่จำเป็นร่วมกับการสื่อสารข้อมูลแบบไร้สายเพื่อบันทึกข้อมูลค่าคุณภาพน้ำต่างๆที่ต้องการควบคุม และมีการแจ้งเตือนไปยังเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาว หากค่าควบคุม เกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ ผลการทำงานระบบการตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวสามารถทำงานได้ อย่างถูกต้อง จะสามารถแจ้งเตือน เป็นสัญญาณไฟและเสียงให้ผู้ดูแลบ่อเลี้ยงกุ้งทราบได้หากค่าคุณภาพ

น้ำมีค่าต่ำหรือสูงเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้ การส่งขอมูล การบันทึกวัน-เวลา และค่าคุณภาพน้ำลงสื่อบันทึกทำได้ครบถ้วนตามช่วงเวลาที่ตั้งไว้ เกษตรกรสามารถอ่านค่าคุณภาพน้ำหรือนำไปวิเคราะห์ต่อไปได้

