

บทที่ 2

แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษา รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี รวมทั้งผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประโยชน์ในการกำหนดกรอบแนวทางในการศึกษา การวิเคราะห์ และนำเสนอผลการศึกษาดังต่อไปนี้

- 2.1 การประกันคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษา
- 2.2 แบบจำลองยูเอ็มแอล
- 2.3 การประมวลข้อมูลแบบกลุ่มเมฆ
- 2.4 แอมะซอนเว็บเซอร์วิส
- 2.5 เซนต์เฟรมเวิร์ค 3
- 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การประกันคุณภาพการศึกษาในระดับอุดมศึกษา

การประกันคุณภาพการศึกษา หมายถึง การบริหารจัดการและดำเนินกิจกรรมตามพันธกิจปกติของสถานศึกษา เพื่อพัฒนาคุณภาพของผู้เรียนอย่างต่อเนื่อง สร้างความมั่นใจให้ผู้รับบริการทางการศึกษา ทั้งผู้รับบริการโดยตรง ได้แก่ ผู้เรียน ผู้ปกครอง และผู้รับบริการทางอ้อม ได้แก่ สถานประกอบการ ประชาชน และสังคมโดยรวม โดยในการประกันคุณภาพการศึกษา ปีการศึกษา 2557 สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาได้มีการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการประเมินในหน่วยงาน แต่ระดับแบ่งตามองค์ประกอบได้ดังนี้

- ระดับหลักสูตรมี 6 องค์ประกอบ คือ 1) การกำกับมาตรฐาน 2) บัณฑิต 3) นักศึกษา 4) อาจารย์ 5) หลักสูตร การเรียนการสอน การประเมินผู้สอน 6) สิ่งสนับสนุนการเรียนรู้
- ระดับคณะมี 5 องค์ประกอบ คือ 1) การผลิตบัณฑิต 2) การวิจัย 3) การบริการวิชาการ 4) การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม 5) การบริหารจัดการ
- ระดับสถาบันมี 5 องค์ประกอบ คือ 1) การผลิตบัณฑิต 2) การวิจัย 3) การบริการวิชาการ 4) การทำนุบำรุงศิลปะและวัฒนธรรม 5) การบริหารจัดการ

2.2 แบบจำลองยูเอ็มแอล

(จวัชชัย, 2549) ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาระบบด้วยหลักการของการออกแบบและวิเคราะห์ระบบเชิงวัตถุซึ่งเป็นต่อกระบวนการวิเคราะห์และออกแบบคือการสร้างแบบจำลองมีทั้งวัตถุ (Object) คลาส(Class) และองค์ประกอบอื่นๆของระบบงานซึ่งการถ่ายทอดแบบจำลองออกมาให้ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบทราบระบบงานมากขึ้นการแสดงในรูปแบบของสัญลักษณ์รูปภาพและแผนภาพ เป็นเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับและเป็นที่ยอมรับที่สุดคือยูเอ็มแอล (Unified Modeling Language) เพื่อใช้ในการกำหนดรายละเอียดแสดงการทำเอกสารการพัฒนาระบบดังนั้นการใช้แบบจำลองยูเอ็มแอลต้องทราบความหมายเพื่อใช้ตีความหมายในการออกแบบระบบงานจริง

(กิตติพงษ์, 2553) ได้กล่าวไว้ว่า การพัฒนาระบบและการวิเคราะห์ระบบด้วยแบบจำลองยูเอ็มแอลเป็นภาษาแผนภาพที่ใช้แสดงการทำงานของระบบงาน ใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบงานแบบเชิงวัตถุ(Object Oriented Analysis and Design)เป็นภาษาแผนภาพที่นิยมใช้แสดงระบบงานต่าง ๆ ได้แก่ แผนภาพยูสเคส(Use case Diagram),แผนภาพกิจกรรม(Activity Diagram) และแผนภาพสถานะ (State Diagram)



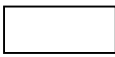
(อำไพ, 2537) ได้กล่าวไว้ว่า การวิเคราะห์และออกแบบเป็นภาษาที่ใช้แผนภาพมาแสดงการทำงานของระบบงาน เอาความต้องการของระบบมาเป็นแบบแผน เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจระบบงานและองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบงานมากขึ้น โดยนำแผนภาพและสัญลักษณ์มาใช้ในเพื่อกำหนดรายละเอียดในการทำงานต่าง ๆ

2.2.1 แผนภาพยูสเคส

แผนภาพยูสเคส(Use case diagram) คือ แผนภาพที่แสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบงานและความสัมพันธ์กับระบบย่อยภายในระบบใหญ่ โดยใช้สัญลักษณ์รูปคนแทนแอกเตอร์(Actor)วงรีแทนยูสเคส(Use case)และเส้นตรงแทนการเชื่อมแอกเตอร์กับยูสเคสเพื่อใช้แสดงการใช้งานของยูสเคสนั้น จากนั้นยูสเคสทุกตัวจะอยู่ภายในสี่เหลี่ยมเดียวกันซึ่งมีชื่อของระบบอยู่ด้วยความสัมพันธ์ของแผนภาพยูสเคสแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- 1) ความสัมพันธ์แบบรวม(Include) หมายถึงการที่ยูสเคสหนึ่งเรียกใช้อีกยูสเคสหนึ่ง ลักษณะคล้ายกับการเรียกใช้งานโปรแกรมสัญลักษณ์ที่ใช้แทน Include ตัวอย่างเช่น <<Include>>
- 2) ความสัมพันธ์แบบเสริม(Extends)หมายถึงการที่ยูสเคสหนึ่งเรียกใช้อีกยูสเคสหนึ่งซึ่งมีผลต่อการทำงานตามปกติของยูสเคสนั้น ยูสเคสที่ถูกเสริมรบกวนหรือมีการสะดุด ทำให้กิจกรรมเปลี่ยนแปลงไป สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอีกแทน ตัวอย่างเช่น <<Extends>> ซึ่งสัญลักษณ์ของแผนภาพยูสเคส ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัญลักษณ์ของแผนภาพยูสเคส

สัญลักษณ์	ความหมาย
Use case 	ทำหน้าที่ ที่ระบบจะต้องทำ
Actor 	ทำหน้าที่ ผลักดันให้เกิดกิจกรรมของระบบหรือทำหน้าที่ควบคุมดูแลกิจกรรมของระบบ
System Name 	ทำหน้าที่ เส้นแบ่งขอบเขตระหว่างระบบกับ Actor
Connection	ทำหน้าที่เส้นเชื่อมระหว่าง Actor กับ Use case
<<Include>>	ทำหน้าที่ การที่ Use Case หนึ่งเรียกใช้งานอีก Use Case หนึ่ง
<< Extends >>	การที่ Use Case หนึ่งไปยังอีก Use Case หนึ่ง






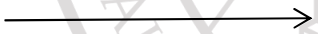


2.2.2 แผนภาพกิจกรรม

แผนภาพกิจกรรม (Activity diagram) เป็นแผนภาพไดอะแกรมที่มีลักษณะเดียวกับผังงานใช้สำหรับแสดงขั้นตอนการทำงานของระบบเรียกขั้นตอนแต่ละขั้นตอนว่า กิจกรรม (Activity) ซึ่งมีลักษณะการทำงานดังนี้

- 1) การคำนวณผลลัพธ์บางประการ
- 2) การเปลี่ยนแปลงสถานะ (state) ของระบบ
- 3) การส่งค่าบางอย่างกลับคืนมา
- 4) การเรียกใช้โอเปอเรชันอื่นๆ ทำงาน
- 5) การส่งสัญญาณ
- 6) การสร้างหรือการทำลายออบเจกต์

สัญลักษณ์ของแผนภาพกิจกรรมดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงสัญลักษณ์ของแผนภาพกิจกรรม

สัญลักษณ์	ความหมาย
	จุดเริ่มต้น
	จุดสิ้นสุด
Swim Lanes 	ใช้จัดกลุ่มงานที่มีการ ทำงานพร้อมๆ กัน หรือ การหากิจกรรมในลักษณะคู่ขนาน
	แทนเหตุการณ์ที่เป็นอินพุต
	แทนเหตุการณ์ที่เป็นเอาต์พุต
	ความสัมพันธ์แบบสืบทอด
	ความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัย
	แหล่งข้อมูล

2.3 การประมวลผลข้อมูลแบบกลุ่มเมฆ (Cloud Computing)

คลาวด์คอมพิวติง (Cloud Computing) คือ การปรับระบบการประมวลผลแบบเดิมที่ประมวลผลบนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายมาเป็นการประมวลผลผ่านการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายจำนวนมากที่เชื่อมโยงกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยกลุ่มเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายเหล่านั้นจะได้รับการควบคุมและจัดการรูปแบบ ซึ่งผู้ใช้บริการสามารถกำหนดประสิทธิภาพให้กับผู้รับบริการตามเงื่อนไขที่ตกลงระหว่างกันโดยการประมวลผลแบบกลุ่มเมฆสามารถแบ่งองค์ประกอบของการบริการได้ 3 รูปแบบดังนี้

1) IaaS (Infrastructure as a Service) คือ การให้บริการโครงสร้างพื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นเทคโนโลยีเสมือน เช่น การให้บริการเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย บริการเครือข่ายและบริการพื้นที่จัดเก็บข้อมูล เป็นต้น โดยใช้สถาปัตยกรรมกริดคอมพิวติงเชื่อมโยงฮาร์ดแวร์เครื่อง

คอมพิวเตอร์แม่ข่ายหรืออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลให้เสมือนเป็นเครื่องเดียวกัน ทำงานผ่านระบบปฏิบัติการเสมือน เช่น Xen)เควีเอ็ม(KVM) และไฮเปอร์วี (HyperV) เป็นต้น

2) PaaS (Platform as a Service) คือ แพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนาและปรับใช้แอปพลิเคชันที่นำเสนอในรูปแบบของบริการให้ผู้ใช้แพลตฟอร์ม ดังกล่าวเพื่อสร้างปรับใช้และจัดการแอปพลิเคชันของ SaaS โดยทั่วไปแล้วแพลตฟอร์ม ดังกล่าวประกอบด้วย ฐานข้อมูล มิดเดิลแวร์ และเครื่องมือสำหรับการพัฒนาโดยทั้งหมดนี้ได้รับการนำเสนอในรูปแบบของบริการผ่านทางอินเทอร์เน็ต สถาปัตยกรรมกริดคอมพิวเตอร์ แบบเทคโนโลยีเสมือนและแบบคลัสเตอร์ซึ่งมักจะเป็นพื้นฐานสำหรับซอฟต์แวร์โครงสร้างพื้นฐานนี้

3) SaaS (Software as a Service) คือ รูปแบบการให้บริการซอฟต์แวร์หรือแอปพลิเคชันบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้ลูกค้าที่ออนไลน์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถใช้บริการซอฟต์แวร์เหล่านั้นได้โดยไม่ต้องติดตั้งไว้ที่หน่วยงานหรือคอมพิวเตอร์ของผู้รับบริการ

นอกจากรูปแบบการบริการของการประมวลผลกลุ่มเมฆ ยังสามารถแบ่งประเภทของการประมวลผลกลุ่มเมฆได้ 3 ประเภทดังนี้

4) แบบสาธารณะ (Public Cloud) เป็นการประมวลผลกลุ่มเมฆแบบที่ใช้ทรัพยากรที่ได้เตรียมไว้ให้บริการผ่านทางอินเทอร์เน็ต เว็บแอปพลิเคชัน หรือเว็บเซอร์วิส ซึ่งให้บริการทรัพยากรและโปรแกรมมอรรถประโยชน์ขั้นพื้นฐาน

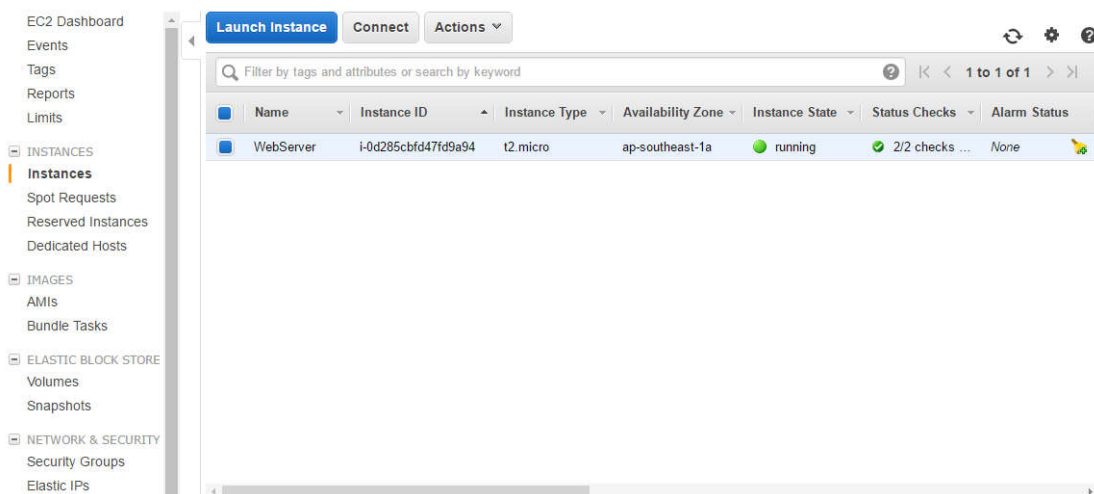
5) แบบส่วนตัว (Private Cloud) เป็นการจำลองการประมวลผลกลุ่มเมฆขึ้นมาเพื่อใช้ในเครือข่ายภายในสำหรับบริษัทระดับองค์กรและหน่วยงานขนาดใหญ่ โดยมีประโยชน์ทำให้เกิดศูนย์รวมข้อมูล (Data Center) ข้อมูลรวมกันเป็นแหล่งเดียว (Consolidation) และเกิดความยืดหยุ่นในเรื่องเวลาในการประมวลผล (Cycle Time) และคุณภาพการให้บริการ (Internal Quality of Service)

6) แบบผสม (Hybrid Cloud) คือ เป็นการผสมกับระหว่างแบบส่วนตัวและแบบสาธารณะ โดยการจัดการเมื่อเกิดโอเวอร์โฟลว(Overflow) และการปรับตัวสูงสุด (Peak Adaptation) จะเป็นการกระทำผ่านแบบสาธารณะ

2.4 แอมะซอนเว็บเซอร์วิส

แอมะซอนเว็บเซอร์วิสซีทู เป็นการให้บริการคลาวด์คอมพิวเตอร์ประเภทหนึ่งของแอมะซอนที่ทำให้ผู้ใช้สามารถสร้างตัวจำลองเครื่องบริการเว็บหรือฐานข้อมูลที่ใช้สามารถกำหนดทรัพยากรที่ต้องการใช้ได้ เช่นการเลือกขนาดของซีพียู หน่วยความจำ ขนาดของดิสก์ในการเก็บข้อมูลและสามารถปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว

ในการใช้แอมะซอนเว็บเซอร์วิสผู้ใช้สามารถสร้างอินสแตนซ์และกำหนดค่าต่าง ๆ ของการใช้บริการที่ต้องการได้ ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 หน้าจอสำหรับการเรียกใช้อินสแตนซ์ของแอมะซอนอีซีทู

2.5 เซนต์เฟรมเวิร์ค 3

เซนต์เฟรมเวิร์ค 3 เป็นการรวบรวมไลบรารีสำหรับการเขียนโปรแกรมภาษาพีเอชพี สำหรับผู้ที่ต้องการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยภาษาพีเอชพี ซึ่งมีความต้องการใช้งานพีเอชพีเวอร์ชัน 5.6 เป็นอย่างน้อย และรองรับการเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุอย่างเต็มรูปแบบ

ในการใช้งานงานเซนต์เฟรมเวิร์ค 3 ใช้คอมโพเซอร์(Composer) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำหรับจัดการการขึ้นต่อกันของโปรแกรมซึ่งสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมส่วนขยายและโปรแกรมที่เกี่ยวข้องได้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยใช้วิธีการสั่งการแบบพิมพ์คำสั่ง (Command Line Interface)

2.5.1 แพทเทิร์น MVC

ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันด้วยเซนต์เฟรมเวิร์ค 3 ใช้แพทเทิร์น MVC ในการออกแบบโปรแกรม โดยในการพัฒนาโปรแกรมผู้พัฒนาต้องแบ่งส่วนประกอบของโปรแกรมออกเป็น ส่วน ๆ ซึ่งแต่ละลักษณะต่างกัันดังนี้

1) โมเดล (Model) ส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับฐานข้อมูลและคำสั่งที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของระบบและทำหน้าที่เรียกใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลและกำหนดรูปแบบของข้อมูลตามการร้องขอ

2) วิว (View) ส่วนของการแสดงผล

3) คอนโทรลเลอร์ (Controller) ส่วนควบคุมการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้แพทเทิร์น MVC สามารถอธิบายได้ ดังภาพที่ 2.2

1) เว็บได้รับการร้องขอข้อมูล (HTTP Request)

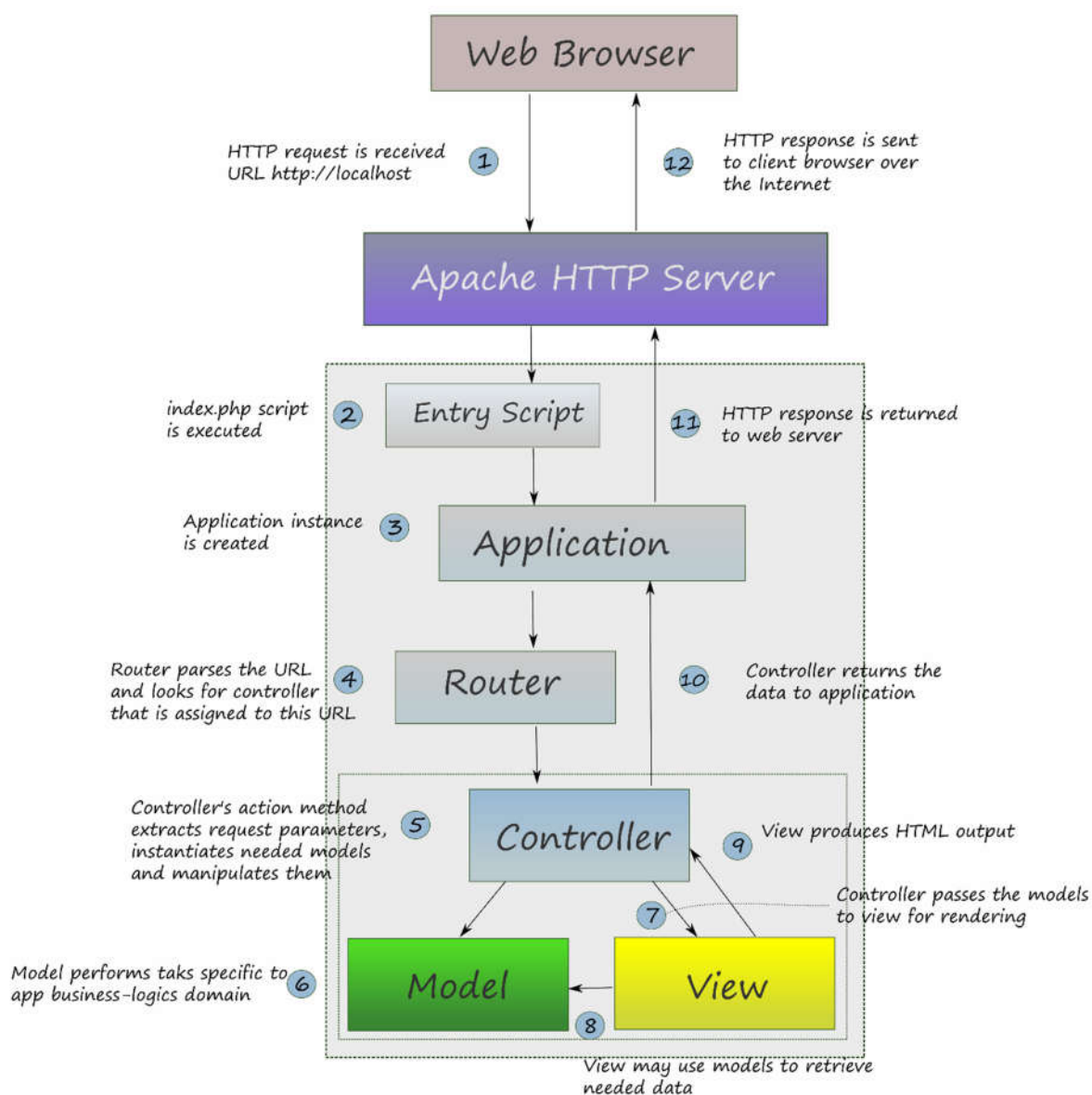
2) เรียกคำสั่งในไฟล์ index.php ให้ทำงาน

3) สร้างอินสแตนซ์ของแอปพลิเคชัน

4) เครื่องมือหาเส้นทาง (Router) อ่านค่าจากที่อยู่เว็บที่ร้องขอ เพื่อเรียกใช้คอนโทรลเลอร์ที่เกี่ยวข้อง

5) เมท็อดในคอนโทรลเลอร์อ่านค่าจากพารามิเตอร์ในการร้องขอ สร้างวัตถุจากโมเดลที่จำเป็น และดำเนินการกับข้อมูล

- 6) โมเดลดำเนินการตามคำสั่งที่มีการร้องขอ
- 7) คอนโทรลเลอร์ส่งโมเดลให้กับวิวเพื่อทำการแปลงผล (Render)
- 8) ในบางการดำเนินการวิวอาจต้องร้องข้อมูลจากโมเดลเพิ่มเติม
- 9) วิวสร้างผลลัพธ์เป็นเอกสารเอชทีเอ็มแอล
- 10) คอนโทรลเลอร์คืนค่าข้อมูลให้กับอินสแตนแอปพลิเคชัน
- 11) คืนค่าข้อมูลการตอบกลับ (HTTP Response) ให้กับเว็บเซิร์ฟเวอร์
- 12) เว็บเซิร์ฟเวอร์ส่งการตอบกลับให้กับเว็บเบราว์เซอร์ที่เรียกใช้งาน



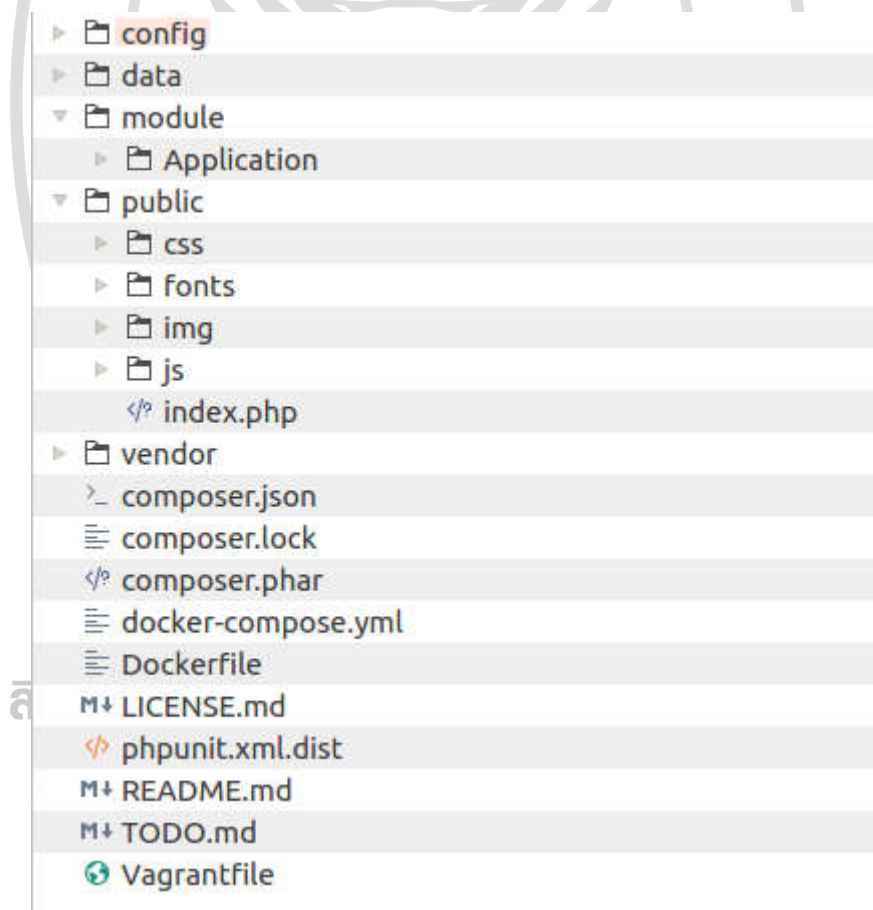
ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการทำงานของเว็บแอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยแพทเทิร์นMVC

ที่มา (Oleg, 2017)

2.5.2 โครงสร้างไดเรกทอรีของเซนต์เฟรมเวิร์ค

แอปพลิเคชันที่พัฒนาด้วยเซนต์เฟรมเวิร์ค 3 มีการกำหนดโครงสร้างไดเรกทอรีดังภาพที่ 2.3 โดยแต่ละไฟล์และไดเรกทอรีมีโครงสร้างดังนี้

- 1) config เก็บข้อมูลการตั้งค่าของแอปพลิเคชัน
- 2) data เก็บข้อมูลที่แอปพลิเคชันอาจจะสร้างขึ้น ซึ่งอาจมีการสร้างแคชเพื่อเพิ่มความเร็วในการใช้งาน
- 3) module เก็บโมดูลของแอปพลิเคชัน โดยมีโมดูลชื่อ Application ที่ใช้เป็นโมดูลหลักของเว็บแอปพลิเคชัน
- 4) vendor เก็บไลบรารีหรือฟังก์ชันที่เกี่ยวข้องกับแอปพลิเคชันรวมถึงไฟล์ไลบรารีของเซนต์เฟรมเวิร์ค 3
- 5) public เป็นจุดตั้งต้นในการเรียกใช้งานเว็บไซต์ (Entry point) ซึ่งเป็นไฟล์ index.php โดยภายในไดเรกทอรีประกอบด้วยไดเรกทอรีย่อยต่าง ๆ ดังนี้ css สำหรับเก็บไฟล์สไตล์ชีท fonts สำหรับเก็บไฟล์ฟอนต์ img สำหรับเก็บไฟล์ภาพ js สำหรับเก็บไฟล์จาวาสคริปต์



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างไดเรกทอรีของเซนต์เฟรมเวิร์ค 3

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษาและวิจัยโดยใช้พื้นฐานจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในงานวิจัยอื่น ๆ มาพัฒนาและปรับปรุงในงานระบบที่จัดสร้างขึ้น โดยในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องและช่วยในการอ้างอิงข้อมูลที่สำคัญที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

ศศิประภาและศักดิ์ชาย (2557) ได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับจองสถานที่ทำงานโดยใช้หลักการออกแบบเว็บไซต์แบบเรสปอนซีฟ (Responsive) และค้นหาสถานที่ทำงานของธุรกิจเกิดใหม่ (Startup) โดยใช้เทคนิค อีลาสติกเซิร์ช (Elastic Search) มาใช้ประยุกต์ในการตัดคำ เพื่อใช้ในการค้นคืนสารสนเทศภาษาไทย ซึ่งระบบได้รับการประเมินประสิทธิภาพจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ได้มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดี สามารถนำไปใช้งานได้

บุรินทร์ (2557) ได้พัฒนาระบบตรวจเยี่ยมการประกันคุณภาพการศึกษาระดับหลักสูตรและคณะ ซึ่งพัฒนาระบบให้เป็นเว็บแอปพลิเคชันที่ใช้ตัวแปลภาษาพีเอชพี โดยใช้มายเอสคิวแอลเป็นฐานข้อมูล และใช้ตัวแบบวงจรชีวิตแบบกันหอย ควบคู่กับการใช้ตัวต้นแบบทูลในการจัดการความรู้ในการพัฒนาระบบ โดยใช้มหาวิทยาลัยเนชั่นเป็นกรณีศึกษา ซึ่งได้รับการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมาก และมีผลประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบตรวจเยี่ยมอยู่ในระดับมาก

ทัศนีย์ (2558) ได้เสนอกรอบแนวคิดกรอบแนวคิดการจัดการและพัฒนาระบบการจัดการสารสนเทศผ่านคลาวด์คอมพิวเตอร์ตามกรอบมาตรฐานคุณวุฒิระดับอุดมศึกษาแห่งชาติ ซึ่งประกอบด้วยโมดูลดังนี้ 1) โมดูลการจัดการเนื้อหาเอกสาร 2) โมดูลผู้ใช้งานระบบ 3) โมดูลการทำงานร่วมกัน 4) โมดูลการเผยแพร่เอกสาร และ 5) โมดูลการสร้างเว็บไซต์สำหรับทำงานร่วมกัน ซึ่งผลการใช้งานระบบโดยผู้ใช้งานระบบจำนวน 54 คน ได้ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก

Mona Nasrmi และ Shimaa Ouf (2011) นำเสนอสภาพแวดล้อมระบบการเรียนรู้อีเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานบนการประมวลผลกลุ่มเมฆ เพื่อให้มีโครงสร้างพื้นฐานที่มีความยืดหยุ่น ลดค่าใช้จ่ายของสถาบันการศึกษา โดยได้จัดทำระบบการประมวลผลกลุ่มเมฆโดยใช้ Microsoft Azure เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสภาพแวดล้อมการเรียนรู้อีเล็กทรอนิกส์

Youry Khmelevsky และ Volodymyr Voytenko (2010) นำเสนอต้นแบบโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลกลุ่มเมฆ สำหรับรองรับการศึกษาและการวิจัยในมหาวิทยาลัย การพัฒนาระบบใช้ซอฟต์แวร์ เครื่องคอมพิวเตอร์บริการ VMware และ ESX

Lizhe Wang et al. (2011) นำเสนอรูปแบบการออกแบบโครงสร้างพื้นฐานและซอฟต์แวร์กลางของระบบการประมวลผลกลุ่มเมฆ สำหรับการโปรแกรมสำเร็จรูปด้านวิทยาศาสตร์ โดยใช้การพัฒนาผ่านแพลตฟอร์มแบบเปิด OpenNebula