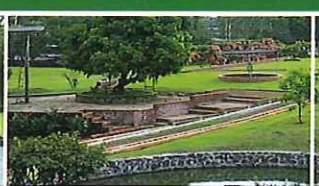
9.1-7.1

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2552

ISSN 1906-327X

วารสารวิจัยรำไพพรรณี

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



วารสารวิจัยรำไพพรรณี

Rajabhat Rambhai Barni Research Journal

ปีที่ 3 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2552 ISSN 1906-327X

ชื่อ วารสารวิจัยรำไพพรรณี

เจ้าของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
41 ม. 5 ถ. รักศักดิ์ชมูล ต. ท่าช้าง อ. เมือง จ.จันทบุรี

ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิริชัย ประทีปฉาย รักษาราชการแทนอธิการบดี
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ศาสตราจารย์ ดร.สิน พันธุ์พินิจ
ศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ
ศาสตราจารย์ ดร.สุภางค์ จันทวานิช
ศาสตราจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ สมมาตย์
ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน
ศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ พรหมวงศ์
ศาสตราจารย์ ดร.เสริมศักดิ์ นาคบัว

บรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ ดร.ถาวร ฉิมเลี้ยง

กองบรรณาธิการ รองศาสตราจารย์ธีรวัลย์ ศิลารัตน์ รองศาสตราจารย์ธีรศักดิ์ อิทรมาตรย์
ดร.นงนุช ชนะสิทธิ์ นายวัฒนา เดชนะ
อาจารย์สิทธิพัฒน์ แผ้วฉ่ำ นางสาวสุพัตรา รักษาพรต
รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย สราญรมย์ นางสาวกรรณิกา สุขสมัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เตือนใจ ปิ่นเกิด นางสาวบุศรา สาระเกษ

ปกศิลปกรรมรูปเล่ม นางสาวนิตยา ต้นสาย, นางสาวปิยาภรณ์ กระจ่างศรี

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2552

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์ต้นฉบับ 18/64-67 ถ. เทศบาล 2 ต.วัดใหม่ อ. เมือง จ.จันทบุรี 22000

บทบรรณาธิการ

วารสารวิจัยรำไพพรรณี เป็นวารสารที่สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ได้จัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และผู้สนใจส่งบทความวิจัยตีพิมพ์ เป็นการส่งเสริมให้บุคลากรที่ทำการวิจัยโดยเผยแพร่ผลงานที่เป็นพลังทางปัญญา อันจะส่งผลต่อการพัฒนาท้องถิ่นและประเทศชาติ ผลงานวิจัยต่างๆ จากนักวิจัย นักวิชาการ เปรียบเสมือนกลไกที่สำคัญในการพัฒนาท้องถิ่น ตลอดจนประเทศชาติ ให้เจริญก้าวหน้าทั้งในด้านองค์ความรู้ และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนเพื่อให้ชุมชนสามารถนำมาปรับใช้พัฒนาตนเองได้อย่างยั่งยืน

การเผยแพร่ผลงานวิจัยถือเป็นองค์ประกอบสำคัญของการวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ในฐานนะที่เป็นหน่วยงานสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยจึงได้ดำเนินการคัดเลือก บทความวิจัยจากการประชุมวิชาการวิจัยรำไพพรรณี ประจำปี 2551 บางส่วนและบทความจากนักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ สนใจส่งผลงานมาร่วมตีพิมพ์ เผยแพร่สู่สาธารณชน เพื่อเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่สังคม

ท้ายนี้จึงหวังว่าวารสารวิจัยรำไพพรรณี จะได้รับความสนใจจากผู้อ่านเป็นอย่างยิ่งและหากท่านผู้สนใจต้องการส่งบทความเข้ามาร่วมตีพิมพ์ในวารสารวิจัยรำไพพรรณี สามารถส่งทางไปรษณีย์หรืออีเมลล์ของกองบรรณาธิการได้โดยตรง

บรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

สารบัญ

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพและมีความปลอดภัย
คิดชาย อุณหศิริกุล 5

วังสวนบ้านแก้วเสมือนจริง
คัมภีร์ ธีระเวช 12

สมบัติโฟโตคะตะไลติคและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธีดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง
นิรันดร์ วิทิตอนันต์ 24

การเตรียมกระจกสะท้อนความร้อนแบบ TiO2/Ag-alloy/TiO2 สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน
นิรันดร์ วิทิตอนันต์ 38

การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง
จิรัฏฐ์ เหมือนวิหาร 52

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
RAMBHAI BARNI RAJABHAT UNIVERSITY

การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพและมีความปลอดภัย

Technology Transferring on Improving Electrical System for Quality and Safety.

นาย คิดชาย อุณหศิริกุล
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาและปรับปรุงระบบไฟฟ้าในอาคาร โดยใช้วิธีการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างระบบไฟฟ้าของอาคาร ในจันทบุรี ระยอง และตราด รวม 400 หลัง ปรับปรุงระบบไฟฟ้าภายในอาคาร 6 แห่ง และ จัดอบรมให้กับบุคลากรผู้สนใจ ระบบไฟฟ้าของอาคารที่สุ่มตัวอย่างมานั้นมีช่วงอายุ 6 -10 ปี ถึง 27 % รองลงมา 0-5 ปี มี 21 % ส่วนช่วงอายุ 16-20 ปี 21-25 ปี และ มากกว่า 25 ปี มีจำนวนช่วงละ 11 % เท่ากันทั้ง 3 ช่วง พบว่าระบบไฟฟ้าของกลุ่มตัวอย่างนั้น มีระบบสายดิน 9 % มีเฉพาะสายดินของอุปกรณ์ 36 % และ ไม่มีสายดิน 55 % เมื่อเปรียบเทียบการมีสายดินกับอายุระบบไฟฟ้าพบว่า อาคารช่วง 0-5 ปี และ 6-10 ปี เท่านั้นที่มีระบบสายดิน นั่นคือร้อยละ 92 ของระบบไฟฟ้าไม่ปลอดภัยจากการไม่มีระบบสายดิน ได้ปรับปรุงระบบไฟฟ้าภายในอาคารของโรงเรียน 5 แห่ง และวัด 1 แห่ง เพื่อให้เป็นกรณีศึกษา ได้จัดอบรมเรื่องการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพและมีความปลอดภัยให้ผู้สนใจ 3 รุ่น รวม 180 คน ในอนาคตเพื่อป้องกันปัญหาระบบไฟฟ้าไม่ปลอดภัย ควรมีการรับรองแบบไฟฟ้าและตรวจสอบการติดตั้งโดยผู้มีวิชาชีพ และมีการตรวจสอบระบบไฟฟ้าภายหลังการใช้งานเป็นระยะ

คำสำคัญ ระบบไฟฟ้าในอาคาร ระบบสายดิน

Abstract

This research project was aimed to study and improve electrical systems in buildings. The sample for the study included electrical systems in buildings for 400 cases in Chanthaburi, Rayong, and Trat provinces. Improving electrical systems in buildings was studied for 6 cases. People whose interest was on electrical systems were trained. Electrical systems of the buildings in this study were ranged from 6-10 years (27%); 0-5 years (21%); 16-20 years, 21-25 years, and more than 25 years (11%).

The results were found that electrical systems of the sample had completed the ground systems at 9%, had only ground equipments at 36 %, and had no ground equipments at 55%. For the comparison of ground equipments and electrical system range, the results were found that the buildings ranged from 0-5 years and 6-10 years had ground systems. That is 92 % of the electrical systems in buildings showed no safety caused by no ground systems. Improving the electrical systems in buildings was done in 5 schools and 1 temple for case studies.Improving electrical system training on quality and safety was done for three groups involving 180 trainees.To prevent problems caused by risks on quality and safety in the future, it is recommended that electrical drawings should be approved and installation should be inspected by a qualified person; electrical systems, after they have been utilized, should be inspected at a certain period of time.

Keywords: Electrical system in building, Ground system

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ไฟฟ้านำเข้ามาสู่ไทย โดยจอมพลเจ้าพระยาสุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสง-ชูโต) ขณะมีบรรดาศักดิ์เป็น “ เจ้าหมื่นไวยวรนาถ “ โดยนำเงินไปซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากประเทศอังกฤษ และวันที่ 20 กันยายน 2427 ซึ่งเป็นวันเฉลิมพระชนมพรรษาพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ก็มีการจ่ายไฟฟ้าที่พระที่นั่งจักรีมหาปราสาทในพระบรมมหาราชวัง นับเป็นการเริ่มต้นไฟฟ้าของไทยมาตั้งแต่บัดนั้น ในปี พ.ศ.2440 หลวงพินิจจักรภัณฑ์ (นายแฉล้ม) ร่วมกับ นายเลียว นาดี ชาวอเมริกัน ก่อตั้งบริษัทบางกอก อิเล็กตริกไลท์ ซินดิเคท ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าแก่ประชาชน ต่อมาได้โอนกิจการให้บริษัทไฟฟ้าสยาม จำกัด ซึ่งบริษัทนี้ตั้งขึ้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2441 โดยจดทะเบียนที่เดนมาร์ก มีนายอ๊อก เวสเตนโฮลซ์ เป็นผู้ดำเนินการ สถานที่ทำการและโรงไฟฟ้า ตั้งอยู่บนที่ดินของวัดราชบูรณะราชวรวิหาร จึงเรียกว่า “ โรงไฟฟ้าวัดเลียบ ” ในปี พ.ศ. 2455 รัชกาลที่ 6 ได้โปรดเกล้าให้เจ้าพระยายมราช (ปั้น สุขุม) สร้างโรงไฟฟ้าที่สามเสน ใช้ชื่อว่า “ กองไฟฟ้าหลวงสามเสน ” ตั้งแต่ปี พ.ศ.2457 เป็นต้นมา กิจการไฟฟ้าเป็นปึกแผ่นประชาชนในเขตพระนครและธนบุรีมีไฟฟ้าใช้กว้างขวาง โดยบริษัทไฟฟ้าสยาม จำกัด (โรงไฟฟ้าวัดเลียบ) จำหน่ายไฟฟ้าตอนใต้ของคลองบางลำภู และคลองบางกอกน้อย ส่วนตอนเหนือของคลองเป็นพื้นที่ของกองไฟฟ้าหลวงสามเสน (โรงไฟฟ้าสามเสน) จำหน่ายไฟฟ้า [8,9,10] ใน พ.ศ. 2472 ทางราชการจึงได้ตั้ง “ แผนกไฟฟ้า ” ขึ้นภายในกองบุราภิบาล กรมสาธารณสุข กระทรวงมหาดไทย มีหน้าที่สำรวจและจัดให้มีไฟฟ้าใช้ตามสุขาภิบาลต่างๆ ที่สมควร ปี พ.ศ.2477

แผนกไฟฟ้า ยกฐานะเป็น กองไฟฟ้า สังกัดกรมโยธาเทศบาล และภายหลังเปลี่ยนชื่อเป็น กองไฟฟ้าภูมิภาค หลังสงครามโลกครั้งที่สอง บ้านเมืองขยายตัวอย่างรวดเร็ว มีปัญหาปริมาณไฟฟ้าไม่เพียงพอ รัฐบาลในช่วงนั้นได้แก้ไขปัญหา โดยให้มีการสำรวจหาแหล่งทรัพยากรที่จะนำมาเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งกรมชลประทานรับผิดชอบสำรวจด้านพลังน้ำ และกรมทรัพยากรธรณีรับผิดชอบสำรวจถ่านหิน(ลิกไนท์) ต่อมาได้มีการจัดตั้งหน่วยงานด้านไฟฟ้า ดังนี้ 1 มกราคม พ.ศ. 2493 จัดตั้ง " การไฟฟ้ากรุงเทพ " เป็นหน่วยงานหนึ่งของกระทรวงมหาดไทยเพื่อรับกิจการของบริษัทไฟฟ้าสยาม จำกัด หรือชื่อใหม่ว่า บริษัท ไฟฟ้าไทยคอร์ปอเรชั่น จำกัด ซึ่งหมดอายุสัมปทานทำหน้าที่ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าแก่ประชาชนในตอนใต้ของคลองบางกอกน้อยและคลองบางลำภู ปี พ.ศ.2494 จัดตั้ง "คณะกรรมการพิจารณาสร้างโรงไฟฟ้าทั่วราชอาณาจักร" ซึ่งต่อมาในปี พ.ศ. 2495 ได้เปลี่ยนเป็น " คณะกรรมการไฟฟ้าและพลังงานแห่งประเทศไทย " และ ในปี พ.ศ.2496 เปลี่ยนเป็น "สำนักงานพลังงานแห่งชาติ" ปัจจุบันเปลี่ยนเป็น สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน

ตั้งแต่ พ.ศ. 2512 จนถึงปัจจุบัน หน่วยงานของรัฐที่เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายไฟฟ้า มี 3 หน่วยงานคือ 1) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) จัดตั้งขึ้นตาม พระราชบัญญัติการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย พ.ศ.2511 โดยรวมกิจการของ การไฟฟ้ายันฮี การลิกไนท์ และการไฟฟ้าตะวันออกเฉียงเหนือ เข้าเป็นหน่วยงานเดียว มีฐานะเป็นนิติบุคคลตั้งแต่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2512 โดยรับผิดชอบในด้านการผลิตและการส่งพลังงานไฟฟ้าทั่วประเทศ [8] 2) การไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) จัดตั้งขึ้นตาม พระราชบัญญัติการไฟฟ้านครหลวง พ.ศ.2501 โดยรวมกิจการของ การไฟฟ้ากรุงเทพฯ และกองไฟฟ้าหลวงสามเสน เข้าด้วยกัน มีฐานะเป็นนิติบุคคลตั้งแต่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2501 โดยรับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้า ในเขตกรุงเทพ นนทบุรี และสมุทรปราการ [10] 3) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) จัดตั้งขึ้นตาม พระราชบัญญัติการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค พ.ศ.2503 โดยยกฐานะจาก องค์การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค มีฐานะเป็นนิติบุคคลตั้งแต่ 28 กันยายน พ.ศ.2503 โดยรับผิดชอบการจำหน่ายไฟฟ้าทั่วประเทศ ยกเว้นในเขตของการไฟฟ้านครหลวง [9] การใช้พลังงานไฟฟ้าของไทยขยายตัวอย่างรวดเร็วมาก ในปี พ.ศ.2548 มีกำลังการผลิตติดตั้งของโรงไฟฟ้าภายในประเทศรวมถึง 26,269 เมกะวัตต์

จะเห็นว่าระบบไฟฟ้าของไทย ได้มีการปรับปรุงพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อาจจะกล่าวได้ว่าการพัฒนาด้านไฟฟ้าแสดงถึงมาตรฐานคุณภาพชีวิตของคนไทย โดยในระยะแรกเริ่มเพิ่งมีไฟฟ้าใช้นั้น ผู้ใช้ขอให้มีไฟฟ้าใช้เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายเท่านั้น ไฟฟ้าจะดับนานไปบ้างหรือดับบ่อยไปบ้างก็ดูเหมือนว่า จะไม่ทุกข์ร้อนมากนัก แต่ในระยะเวลาต่อมาการใช้ไฟฟ้าขยายตัวมากขึ้น มีการใช้งานในภารกิจประจำวันบ่อยบ่อย จนกระทั่งไฟฟ้าเป็นความจำเป็นของชีวิตประจำวันไปแล้ว กลายเป็นปัจจัยสำคัญของธุรกิจและอุตสาหกรรม ผู้ใช้ไฟฟ้าต้องการให้มีไฟฟ้าใช้งานได้

ต่อเนื่อง ไฟฟ้าจะดับนานหรือดับบ่อยไม่ได้แล้ว เพราะผู้ใช้งานจะเดือดร้อน โดยเฉพาะในเขตนครหลวงซึ่งมีเพียง 3 จังหวัด ในปี พ.ศ.2548 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าถึง 40,100 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง คิดสัดส่วนเป็น 1 ใน 3 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ในเขตภูมิภาคมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียง 81,129 ล้านกิโลวัตต์ชั่วโมง นั่นคือระบบผลิตไฟฟ้า ระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าต้องมีความมั่นคงมีความเชื่อถือได้ ซึ่งก็มีค่าดัชนีตรวจสอบว่าระดับความเชื่อถือได้เป็นเท่าไร มีความมั่นคงระดับแค่ไหน หน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็ต้องสร้างโรงไฟฟ้าชนิดต่างๆ เพิ่มขยายระบบส่ง เพิ่มขยายระบบจำหน่าย ปรับปรุงระบบควบคุมต่างๆ หาแหล่งเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น เป็นต้น เพื่อให้มีแหล่งจ่ายไฟหลากหลายและมีทางเลือก สามารถจ่ายไฟฟ้าได้ต่อเนื่อง กับต้องมีกำลังผลิตสำรองเพียงพอสำหรับการซ่อมบำรุง หรือเหตุฉุกเฉิน ซึ่งจะมีกำลังการผลิตสำรองมากน้อยเพียงใดก็อยู่ที่ความเหมาะสม หากต้องมีสำรองมากต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจะสูงขึ้นตามมูลค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้น หากสำรองน้อยต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าต่ำ และระดับความเชื่อถือได้ก็จะต่ำด้วย นั่นคือมีโอกาสที่จะเกิดไฟฟ้าดับมากขึ้น มาถึงยุคปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้ามีหลายชนิดมาก บางชนิดเช่น บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ชุดปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ เป็นต้น สร้างฮาร์มอนิกเข้ามาเป็นมลภาวะในระบบไฟฟ้าได้ ซึ่งมลภาวะเหล่านี้สร้างความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าได้ เช่น ลดอายุการใช้งานและประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ เป็นต้น ดังนั้นนอกจากต้องการให้มีไฟฟ้าใช้อย่างต่อเนื่องแล้ว ผู้ใช้ไฟฟ้ายังต้องการไฟฟ้าที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัย ไฟฟ้ามีคุณภาพก็คือมีลักษณะเป็นรูปคลื่นไซน์ ค่าความถี่พื้นฐาน 50 รอบต่อนาที ไม่มีคลื่นฮาร์มอนิกใดใดมาปลอมปน ค่าแรงดันคงที่สม่ำเสมอ และค่าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีความปลอดภัยก็คือ ไม่เกิดอันตรายทั้งต่อชีวิต ต่ออุปกรณ์ และต่ออาคารสถานที่ต่างๆ ดังนั้นสิ่งที่สำคัญคือ ต้องมีออกแบบและติดตั้งตามหลักวิชาการ และ เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้ง กับมาตรฐานอุปกรณ์ ระบบป้องกันที่ทำงานได้แม่นยำถูกต้องและรวดเร็วพอ สิ่งที่สำคัญอีกประการคือ การมีระบบสายดิน ซึ่งจะทำให้ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความปลอดภัย

ระบบไฟฟ้าที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัย มีหลายส่วนประกอบ แต่ส่วนสำคัญเรื่องหนึ่งคือ ระบบสายดิน ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ระบบลงดิน (System Grounding) และอุปกรณ์ลงดิน (Equipment Grounding) ต้องมีครบทั้งสองส่วน ในปัจจุบันทั้งการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค(กฟภ.) รวมทั้ง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 (มาตรฐาน ว.ส.ท.2001-45) ต่างก็กำหนดให้การติดตั้งระบบไฟฟ้าต้องมีระบบสายดิน [1,2,3] ถึงแม้จะระบุให้ต้องต่อลงดินแต่ไม่มีบทกฎหมายลงโทษสำหรับผู้ฝ่าฝืน และ ไม่มีผลย้อนหลังกับอาคารที่ติดตั้งระบบไฟฟ้าแล้ว การมีระบบสายดิน ช่วยป้องกันปัญหา เช่น นักเรียนถูกไฟฟ้าดูดเสียชีวิตขณะจะดื่มน้ำจากตู้น้ำเย็นของโรงเรียน เนื่องจากมีไฟฟ้ารั่วที่โครงโลหะของตู้น้ำดื่ม ประกอบกับพื้นบริเวณที่นักเรียนยืนอยู่เปียกชุ่มด้วยน้ำ หรือ นักศึกษาถูกไฟฟ้า

ดูดเสียชีวิตขณะยืนรีดผ้าในหอพัก เนื่องจากมีไฟฟ้ารั่วที่เตารีด หรือ เกิดเพลิงไหม้โรงเรียนประถมแห่งหนึ่ง สาเหตุจากเกิดไฟฟ้าลัดวงจร เป็นต้น ซึ่งระบบไฟฟ้าที่มีระบบสายดินจะมีต้นทุนในการติดตั้งเพิ่มจากระบบเดิมประมาณ 10-20 % เท่านั้น ส่วนต้นทุนที่เพิ่มขึ้นนี้นับว่าคุ้มค่า หากระบบสายดินได้มีโอกาสช่วยชีวิตแม้เพียงรายเดียวในช่วงประมาณ 30 ปี ของอายุการใช้งานของวัสดุในระบบไฟฟ้าแต่ละแห่ง

ความรู้เรื่องคุณภาพและความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าภายในอาคารนั้น นอกจากสถาบันการศึกษาที่มีการเรียนการสอนด้านไฟฟ้าแล้ว หน่วยงานที่เกี่ยวข้องก็คือ การไฟฟ้านครหลวง สำหรับระบบจำหน่ายและอาคารสถานที่ในเขตนครหลวง และ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค สำหรับระบบจำหน่ายและอาคารสถานที่ในพื้นที่ต่างจังหวัด และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย สำหรับระบบผลิตและระบบส่งทั่วประเทศ รวมทั้งหน่วยงานที่เป็นผู้ดูแลมาตรฐานด้านไฟฟ้า ซึ่งต้องผลักดันให้มีการใช้มาตรฐานอย่างจริงจังและเข้มงวด คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่าหน่วยงานสถานศึกษาควรมีบทบาทเสริมในส่วนที่ยังเป็นช่องว่างของการให้บริการเหล่านี้ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ซึ่งเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มีประวัติศาสตร์การก่อตั้งมายาวนานกว่า 30 ปี โดยเริ่มต้นจากวิทยาลัยครูจันทบุรี จึงควรมีการขยายบทบาทตามชุมชนท้องถิ่นต่างๆ เพิ่มมากขึ้น ในเรื่องนี้จึงถือเป็นภารกิจของหน่วยงานการศึกษาที่ต้องเผยแพร่ข้อมูลและความรู้ เนื่องจากสำหรับคนเรานั้นการบังคับใช้อาจไม่ประสบผลสำเร็จ เท่ากับการให้ทราบถึงข้อมูลข้อเท็จจริง ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะที่ดีและประโยชน์ที่ได้รับ เมื่อทราบแล้วเห็นประโยชน์ที่ได้รับก็จะขวนขวายดำเนินการไปเอง และบอกเล่าต่อไปยังผู้คนที่อยู่รอบข้าง ผู้วิจัยซึ่งได้ทำการสอนในสาขาเทคโนโลยีไฟฟ้าอุตสาหกรรมมานานกว่าสิบปี ช่วยผลิตบัณฑิตระดับปริญญาตรี ออกรับใช้สังคมมาแล้วหลายร้อยคน ควรมีบทบาทในเรื่องระบบไฟฟ้าที่ปลอดภัยนี้เพื่อคุณภาพชีวิตของผู้คนในท้องถิ่น โดยการตรวจสอบอาคารในพื้นที่เป้าหมาย สุ่มตัวอย่างระบบไฟฟ้าตามสถานที่ต่างๆ ทั้งร้านค้า บ้านเรือนที่อยู่อาศัย โรงเรียน และวัดวาอารามต่างๆ แล้วนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ จัดให้มีการเผยแพร่ความรู้ อบรมช่างผู้ที่เกี่ยวข้องหรือผู้สนใจให้รู้และเข้าใจ ดังนั้นจึงได้เสนอโครงการวิจัย การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพและปลอดภัยนี้ขึ้นมา

วัตถุประสงค์

1) เพื่อการศึกษาตรวจสอบระบบไฟฟ้าภายในอาคารในพื้นที่เป้าหมาย

2) เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำให้ระบบไฟฟ้ามีคุณภาพและมีความปลอดภัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ดำเนินงานตามภารกิจให้บริการเพื่อชุมชน ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ซึ่งเป็นสถาบันอุดมศึกษาเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น
2) ทำให้ทราบถึงปัญหาระบบไฟฟ้าภายในพื้นที่ และทราบสาเหตุ ซึ่งสามารถนำข้อมูลมาใช้วางแผนปรับปรุงพัฒนาเรื่องต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้
3) ผู้สนใจและผู้เกี่ยวข้องภายในท้องถิ่น มีความรู้เรื่องระบบไฟฟ้าที่มีคุณภาพและมีความปลอดภัยพอสมควร สามารถช่วยสอดส่องดูแลเพื่อปรับปรุงระบบไฟฟ้าในชุมชนได้

วิธีการวิจัย

1. สุ่มตัวอย่างอาคารขนาดเล็ก จำนวน 400 หลัง โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย ภายในพื้นที่ จันทบุรี ระยอง และตราด เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการศึกษาระบบไฟฟ้าของอาคาร
2. ตรวจสอบระบบสายดิน และข้อมูลอื่นๆ โดยใช้แบบฟอร์มเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูล เพื่อใช้ตรวจสอบความปลอดภัยของระบบไฟฟ้า และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ที่เก็บมาของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร
4. ดำเนินการปรับปรุงไฟฟ้าในอาคาร เพื่อให้เป็นกรณีศึกษาในการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีความปลอดภัย
5. อบรมเรื่องมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าเพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีและข้อมูลทั้งทฤษฎีและตัวอย่างจากกรณีศึกษา

ผลการวิจัยและอภิปราย

ระบบไฟฟ้าของอาคารทั้ง 400 หลัง ที่สุ่มมานั้น มีช่วงอายุ 6 -10 ปี ถึง 27 % รองลงมา 0-5 ปี มี 21 % ส่วนช่วงอายุอื่น 16-20 ปี 21-25 ปี และ มากกว่า 25 ปี มีข้อมูลช่วงละ 11 % เท่ากันทั้ง 3 ช่วง พบว่าระบบไฟฟ้าของทั้ง 400 หลัง มีระบบสายดินเพียง 9 % มีเฉพาะสายดินของอุปกรณ์ 36 % และไม่มีสายดิน 55 % เมื่อเปรียบเทียบการมีสายดินกับอายุระบบไฟฟ้าในอาคาร พบว่า อาคารที่มีอายุช่วง 0-5 ปี และ 6-10 ปี เท่านั้นที่มีระบบสายดินส่วนการมีสายดินของอุปกรณ์นั้นมีในอาคารทุกช่วงอายุในสัดส่วนที่แตกต่างกัน ในเรื่องความรู้ระบบสายดินนั้น เจ้าของหรือผู้ดูแลที่ทราบและเข้าใจมี 22 % ทราบแต่ไม่เข้าใจมี 28 % ที่ไม่ทราบเรื่องมีถึง 50 % จากการศึกษาปัญหาระบบไฟฟ้ามีทั้งกรณี อายุการใช้งานที่นานกว่า 30 ปี ไม่ติดตั้งระบบสายดิน การต่อเติมไฟฟ้าภายหลังโดยไม่ตรวจสอบระบบเดิมการใช้สายและอุปกรณ์ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน ทุกกรณีมีผลให้ระบบไฟฟ้าไม่ปลอดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งได้ดำเนินการปรับปรุงไฟฟ้าที่มีปัญหาไม่ปลอดภัยเป็นตัวอย่างรวม 6 หลัง เป็นอาคารโรงอาหารและอาคารเรียนในโรงเรียน 5 แห่ง และกุฏิวัด 1 แห่ง อีกทั้งได้จัดอบรมให้ผู้เกี่ยวข้องทั้งจาก โรงเรียน องค์การบริหาร

ส่วนตำบล เทศบาลตำบล และผู้สนใจ รวม 3 รุ่น จำนวน 180 คน เพื่อรับทราบปัญหาและข้อเสนอแนะในทางวิชาการ จากข้อมูลที่ได้ไปสำรวจพบมา

สรุปและข้อเสนอแนะ

พบว่าส่วนใหญ่ร้อยละ 92 ของระบบไฟฟ้าไม่ปลอดภัย จากการไม่มีระบบสายดิน และได้ดำเนินการปรับปรุงระบบไฟฟ้าภายในอาคารเพื่อเป็นกรณีศึกษาในชุมชนรวม 6 แห่ง รวมทั้งได้จัดอบรมเรื่องการปรับปรุงระบบไฟฟ้าให้มีคุณภาพและปลอดภัย ให้กับบุคลากรผู้สนใจ 3 รุ่น รวมทั้งหมด 180 คน ในอนาคตเพื่อป้องกันปัญหาระบบไฟฟ้าไม่ปลอดภัย ควรมีการรับรองแบบไฟฟ้าและตรวจสอบการติดตั้งโดยผู้มีวิชาชีพ และมีการตรวจสอบไฟฟ้าภายหลังการใช้งานแล้วเป็นระยะ ในอาคารทุกประเภท โดยเฉพาะอาคารสาธารณะ

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า. 2545. **มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545.** กรุงเทพฯ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์.

ฝ่ายวางแผนและพัฒนาระบบไฟฟ้า. 2544. **ชีวิตปลอดภัยเมื่อติดตั้งระบบสายดิน**. กรุงเทพฯ การไฟฟ้านครหลวง.

กองประชาสัมพันธ์ กฟภ. 2546. **คำแนะนำการติดตั้งและการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

ชลชัย ธรรมวิวัฒนุกูร. 2546. **การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ เอ็มแอนด์อี

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. 2548. **การออกแบบระบบไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ ทีซี อี พรินติ้ง.

ลือชัย ทองนิล. 2548. **การตรวจความปลอดภัยระบบไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

Joseph F.McPartland & Brian J.McPartland. 1999. **Handbook of Practical Electrical Design.** Third Edition. McGraw-Hills

John Cadick; Capelli-Schellpfeffer; Mary. 2000. **Electrical Safety Handbook.** Second Edition. McGraw-Hills

วังสวนบ้านแก้วเสมือนจริง

Virtual Suan Ban Kaew Palace

คัมภีร์ ธีระเวช
ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

บทคัดย่อ

วังสวนบ้านแก้วเสมือนจริง (Virtual Suan Ban Kaew Palace) เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกส์และความเป็นจริงเสมือน (virtual reality) เพื่อนำเสนอภาพสามมิติของพระตำหนักใหญ่ วังสวนบ้านแก้ว ซึ่งเป็นพระตำหนักของสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี พระบรมราชินีในรัชกาลที่ 7 ข้อมูลแบบจำลองสามมิติของพระตำหนักและเฟอร์นิเจอร์ภายในสร้างมาจากการเก็บข้อมูลโดยการวัดด้วยเทปวัดระยะ จากนั้นแบบจำลองสามมิติได้รับการกำหนดพิกัดลายผิว (texture coordinates) จำนวนสองชุด ชุดแรกสำหรับการใช้งานกับภาพลายผิวปกติ ส่วนชุดที่สองใช้กับแผนที่แสง (lightmap) โดยที่แผนที่แสงที่ใช้มีจำนวนสองชุด คือ แผนที่แสงเวลากลางวันและเวลากลางคืนซึ่งจะสลับกันใช้เพื่อจำลองรูปแบบแสงเวลากลางวันและกลางคืน ข้อมูลแบบจำลองสามมิติบันทึกในรูปแบบแฟ้ม mesh ส่วนภาพลายผิวและแผนที่แสงบันทึกในรูปแบบแฟ้ม TGA แบบ 32 บิต (RGBA) เพื่อเรียกใช้โดยโปรแกรมประยุกต์ VSBKP ซึ่งพัฒนาด้วยภาษา C++ โดยใช้คลังคำสั่งกราฟิกส์สามมิติ OGRE (Object-Oriented Rendering Engine) ซึ่งเป็นคลังคำสั่งกราฟิกส์แบบรหัสเปิด (open source) ร่วมกับการใช้ OpenGL เป็นเอพีไอ (application program interface) ในการจัดการด้านการวาดกราฟิกส์สามมิติ ผลการทดสอบการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่การ์ดแสดงผลไม่มีหน่วยประมวลผลกราฟิกส์ (graphics processing unit : GPU) พบว่าโปรแกรมมีอัตราการแสดงผลเฉลี่ยประมาณ 40 - 45 เฟรมต่อวินาที ซึ่งแม้ว่าจะมีอัตราการแสดงผลจะไม่สูงมากนักแต่ก็ไม่พบอาการภาพสะดุดซึ่งเกิดการการประมวลผลไม่ทัน อย่างไรก็ดีได้พบอาการค้าง (hang) หรือการล้มเหลว (crash) เมื่อทดลองใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์บางเครื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีสัดส่วนของจอภาพไม่เท่ากับ 4:3 หรือมีจอภาพเป็นแบบจอกว้าง (wide screen monitor)

คำสำคัญ : ความเป็นจริงเสมือน, คอมพิวเตอร์กราฟิกส์

Abstract

The objective of the development of Virtual Suan Ban Kaew Palace (VSBKP) was to present the virtual reality (VR) of Suan Ban Kaew Palace, located in Chanthaburi, which was the personal residence of Her Majesty Queen Rambhai Barni, the Queen of King Prajadhipok or King Rama VII. The 3D models, included the main building and all of interior furnitures, were reconstructed from the 2D plans which were manually dimensioned by our team. Each model was assigned two texture coordinates, for general texturing and for light baking using lightmap. In VSBKP, there were two set of lightmaps which alternatively used for simulation the day-time and night-time. The models were exported from the modeling appliciation software in the mesh file format (.mesh), while the textures and the lightmaps were saved as TGA 32 bits (RGBA). The models were presented in the application which was developed in C++, using OGRE (Object-Oriented Rendering Engine), an open source library, as a graphics library and using OpenGL as the primary API (application program interface) for handling with 3D graphics drawing routines. The performance of the application was around 40 - 45 frame per second. This testing were done on a computer installed with standard display adaptor (without GPU). Eventhough the tested framerate were not too hight, but there was no detected significant frame freezing. However, sometimes, the application were hanged or crashed when we did the testing on the computers with the wide screen monitor configuration.

Keywords : virtual reality, computer graphics

บทนำ

ความเป็นจริงเสมือน (virtual reality : VR) เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์กราฟิกส์เพื่อสร้างและนำเสนอภาพกราฟิกส์ของแบบจำลองหรือสภาพแวดล้อมที่สามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้ในแบบทันที (real-time) สำหรับความเป็นจริงเสมือนแบบเต็มรูปแบบจะมีอุปกรณ์พิเศษช่วยในการมองหรือการรับข้อมูลเข้าเพื่อให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับวัตถุสามมิติในฉากได้ (Hearn & Baker, 2004, pp.3-6) ในยุกเริ่มแรกของการสร้างความเป็นจริงเสมือนนั้นจะใช้ในทางการออกแบบทางวิศวกรรมหรือการทดลองทางวิทยาศาสตร์บนเครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ (supercomputer) เนื่องจากต้องใช้การคำนวณที่สลับซับซ้อนตลอดเวลา แต่ปัจจุบันนี้ความสามารถของเครื่อง

ไมโครคอมพิวเตอร์ (microcomputer) ที่ใช้ในบ้านและสำนักงานทั่วไปมีสมรรถนะสูงขึ้นจนสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานด้านความเป็นจริงเสมือนได้ใกล้เคียงกับการใช้เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์

งานวิจัยด้านความเป็นจริงเสมือนชิ้นหนึ่งที่มักจะได้รับการกล่าวถึงอยู่เสมอคือ CAVE ซึ่งคอมพิวเตอร์ทั้งหมดของ CAVE ถูกควบคุมโดยเครื่องหลักที่มีชื่อเรียกว่า Cassatt ที่ทำหน้าที่ควบคุมและประสานงานกับเครื่องทั้งหมดที่มีอยู่ในระบบ

(ที่มา: http://www.evl.uic.edu, 2550)

(ที่มา: http://um3d.dc.umich.edu, 2551)

ภาพที่ 1 ระบบ CAVE (ซ้าย) อุปกรณ์ของระบบ (ขวา) ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานด้านการแพทย์

เครื่อง Cassatt เป็นคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางจำนวนสิบสองตัวของ Silicon Graphics รุ่น Onyx 2 Reality Monster นอกจากนั้นยังมีคอมพิวเตอร์ที่ให้ชื่อว่า Satie ซึ่งเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ของ SGI รุ่น O2 ที่ทำหน้าที่ประสานงานหรือช่วยเหลืองานของ Cassatt ระบบการแสดงผลของ CAVE แบ่งออกเป็นสองส่วนคือส่วนที่แสดงภาพออกทางเครื่องฉายภาพและส่วนที่จัดการกับแว่นตาเพื่อให้ผู้ใช้เห็นภาพเป็นสามมิติ เครื่องฉายภาพที่ใช้ใน CAVE เป็นแบบ Electrohome CRT จำนวนสี่เครื่องและแว่นสามมิติที่ใช้เป็นแบบไร้สายที่ทำหน้าที่สลับหรือปิดดวงตาแต่ละข้างให้เห็นเฉพาะภาพที่กำหนดไว้เท่านั้นโดยให้อัตราการแสดงภาพที่ประมาณ 60 เฟรมต่อวินาที หรือ 30 เฟรมต่อวินาทีต่อดวงตาหนึ่งข้าง (http://cave.ncsa.uiuc.edu/about.html, 2551)

ภาพที่ 2 วิหารเสมือนจริงของกษัตริย์เฮรอด

(ที่มา: http://www.ust.ucla.edu/ustweb/Projects/israel.htm, 2550)

Urban Simulation Team จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนีย ที่ลอสแองเจิลลิส (University

of California, Los Angeles) ร่วมกับไอเอเอ (The Israel Antiquities Authority, IAA) ในการพัฒนาความเป็นจริงเสมือนของ Herodian Temple Mount ในเมืองเยรูซาเล็ม โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ของSGI รุ่น Onyx2 InfiniteReality2 ภาพของเมืองเสมือนจริงนี้จะถูกฉายลงบนจอภาพความละเอียดสูงขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่ในโถงหลักของพิพิธภัณฑ์โบราณคดีเมืองเยรูซาเล็ม ซึ่งมัคคุเทศก์ทางโบราณคดีจะเป็นผู้ควบคุมมุมมองที่ปรากฏออกมา และสามารถเลื่อนมุมมองไปยังพื้นที่ต่างๆ ในเมืองเพื่อตอบคำถามของนักท่องเที่ยวได้ตลอดเวลา

ก่อนหน้านี้การพัฒนาความเป็นจริงเสมือนจะใช้การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ใหม่ทั้งหมด แต่มีงานวิจัยบางชิ้นที่ได้เสนอแนวคิดให้ใช้คลังคำสั่งกราฟิกส์สามมิติหรือคลังคำสั่งกราฟิกส์สำหรับสร้างเกมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้กับการพัฒนาความเป็นจริงเสมือน (Lepouras & Vassilakis, 2004) เนื่องจากคลังคำสั่งสำหรับการสร้างเกมสามมิติมักจะได้รับการพัฒนาและออกแบบมาเป็นอย่างดี รวมทั้งมีความยืดหยุ่นพอที่จะทำงานบนระบบฮาร์ดแวร์ที่แตกต่างกันได้ ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบงานลงไปได้ ดังเช่น Virtual Florida Everglades ที่เป็นการสร้างสภาพแวดล้อมเสมือนจริง (virtual environments) เพื่อให้การศึกษากับประชาชนและใช้สื่อถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมของอุทยานแห่งชาติเอเวอร์เกลด (Everglades) ในเขตเมืองฟลอริดา โดยผลลัพธ์ของการวิจัยเป็นระบบคอมพิวเตอร์พร้อมโปรแกรมประยุกต์ที่ทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำไปติดตั้งเพื่อแสดงนิทรรศการในพิพิธภัณฑ์ต่างๆ ได้ โดยระบบจะให้ผู้ใช้ขับเรือผ่านตามแนวลำน้ำของอุทยานแห่งชาติเอเวอร์เกรด (DeLeon & Berry, 1998) โดยที่งานวิจัยนี้ทดสอบบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลางเป็น Intel Pentium II 450 หน่วยความจำขนาด 250 MB และการ์ดแสดงผล Stealth ที่มีหน่วยความจำ 4 MBและใช้โปรแกรมของ Epic ที่ชื่อว่า UnrealEd ในการสร้างแบบจำลองสามมิติทั้งหมดร่วมกับการใช้งานคลังกราฟิกส์ที่ชื่อว่า Unreal 3D Engine สร้างภาพสภาพแวดล้อมเสมือนขั้นสุดท้าย

งานวิจัย VSBKP นี้ได้รับแรงบันดาลใจจากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นในเรื่องของการประยุกต์ใช้คลังคำสั่งกราฟิกส์สามมิติเพื่อสร้างความเป็นจริงเสมือนที่สามารถทำงานได้แบบทันทีบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้พระตำหนักใหญ่ วังสวนบ้านแก้ว ซึ่งเป็นพระตำหนักของสมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี พระบรมราชินีในรัชกาลที่ 7 (ปัจจุบันอยู่ภายในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี) เป็นพื้นที่ศึกษา ซึ่งโปรแกรม VSBKP ที่พัฒนาได้นี้สามารถนำไปใช้เป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาความเป็นจริงเสมือนของสถานที่ต่างๆ ในจังหวัดจันทบุรีและประเทศไทยได้

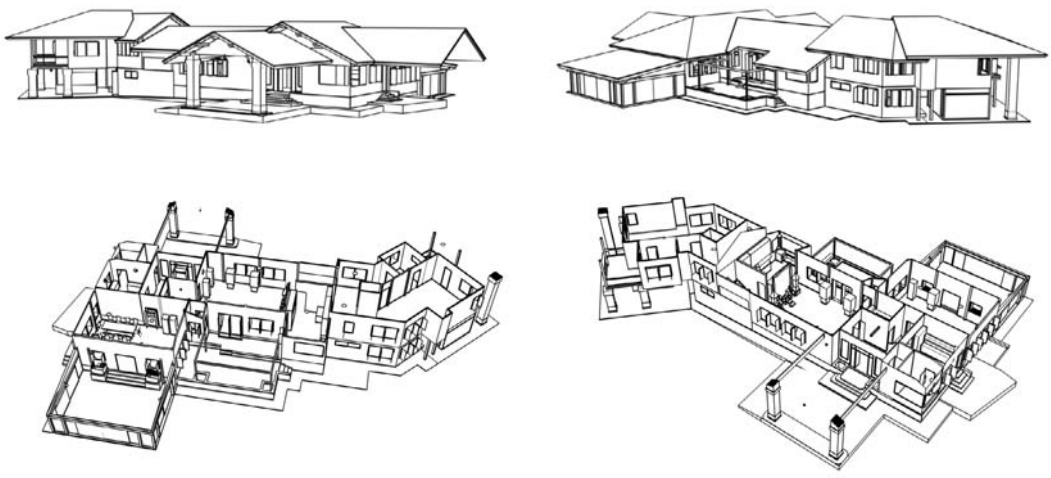
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างความเป็นจริงเสมือนของพระตำหนักใหญ่ วังสวนบ้านแก้ว
2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมประยุกต์โดยใช้คลังคำสั่งกราฟิกส์สามมิติแบบต้นฉบับเปิด

วิธีการวิจัย

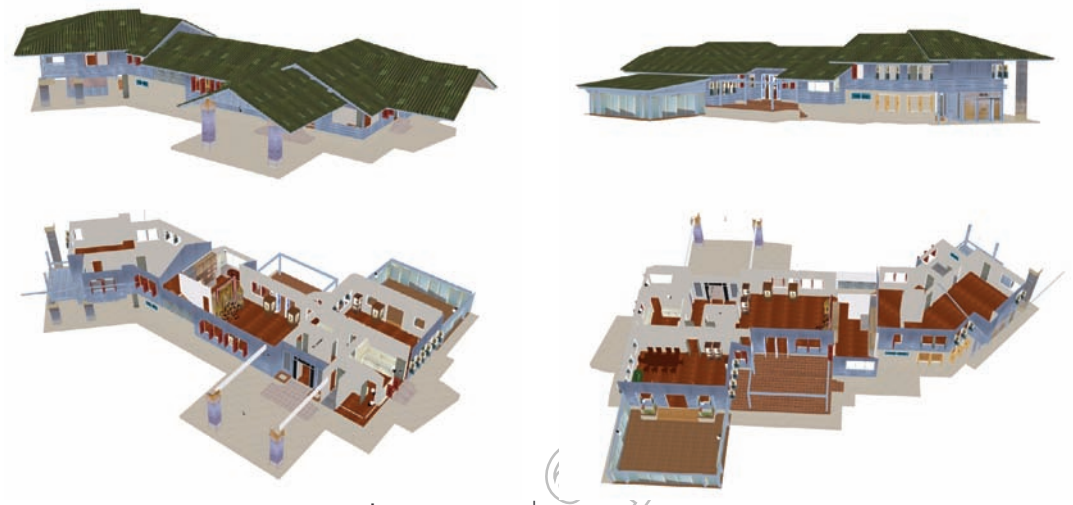
VSBKP เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental design) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักสองขั้นตอน ได้แก่ 1) การสร้างแบบจำลองสามมิติของพระตำหนักใหญ่ วังสวนบ้านแก้ว และ 2) การพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สามมิติเพื่อใช้นำเสนอแบบจำลองที่สร้างได้

การสร้างแบบจำลองสามมิติเริ่มด้วยการสร้างแบบแปลนของพระตำหนักใหญ่ โดยใช้การวัดด้วยมือโดยใช้เทปวัดระยะ แล้วนำข้อมูลที่วัดได้มาสร้างเป็นแบบแปลนสองมิติในโปรแกรมแคด (Computer-Aided Design : CAD) โดยที่วัตถุทุกชิ้นในแบบแปลนสองมิติ เช่น ผนังหรือเสา จะถูกวาดด้วยคำสั่งรูปหลายเหลี่ยม (polygon) เพื่อให้วัตถุสองมิตินี้เป็นรูปปิด (closed polygon) และสามารถนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไปได้ เมื่อได้แบบแปลนที่สมบูรณ์แล้วจึงใช้โปรแกรมประยุกต์สามมิตินำเข้าวัตถุแต่ละชิ้นเข้ามาแล้วใช้คำสั่งรีด (extrude) เพื่อรีดหรือยืดรูปหลายเหลี่ยมสองมิติให้มีความสูงและกลายเป็นวัตถุสามมิติ วัตถุสามมิติที่ผ่านการรีดแล้วจะต้องนำมาตกแต่งเพื่อเพิ่มรายละเอียดให้มากขึ้น เช่น การเจาะช่องประตูหน้าต่าง หรือการเพิ่มรายละเอียดบริเวณส่วนหัวและฐานของเสาต่างๆ การเพิ่มเติมรายละเอียดทำโดยใช้การดำเนินการแบบบูลีน (boolean operations) เช่น ยูเนียน (union) หรือ อินเตอร์เซกชัน (intersection) ระหว่างวัตถุสองชิ้นเพื่อสร้างเป็นวัตถุใหม่ที่มีรายละเอียดมากกว่าเดิม รายละเอียดของวัตถุบางชิ้นถูกแก้ไขโดยตรงโดยใช้การปรับตำแหน่งของจุดยอด (vertex) หรือหน้า (face) ของวัตถุสามมิติเพื่อให้ได้วัตถุที่มีลักษณะตรงตามต้องการ ดังตัวอย่างแบบจำลองที่สมบูรณ์ในภาพด้านล่างต่อไปนี้



ภาพที่ 3 แบบจำลองที่เสร็จสมบูรณ์

เมื่อได้แบบจำลองสามมิติเรียบร้อยแล้วจึงนำมากำหนดภาพลายผิว (texturing) ซึ่งภาพลายผิวบางส่วนได้มาจากการถ่ายลายผิวของวัตถุจริงที่ปรากฏอยู่ในพระตำหนักใหญ่ เช่น ลายอิฐบริเวณลานใต้ห้องบรรทมหรือลายพื้นไม้ในห้องโถงใหญ่ ในขณะที่ภาพลายผิวอีกส่วนหนึ่งได้มาจากอินเตอร์เน็ต และเนื่องจากลายผิวของวัตถุบางอย่าง เช่น ลายอิฐหรือลายไม้ จะมีลักษณะซ้ำกันไปเรื่อยๆ ดังนั้นภาพลายผิวของวัตถุเหล่านี้จึงถูกปรับแก้เพื่อให้สามารถนำมาเรียงต่อกันได้แบบไร้รอยตะเข็บ (seamless) แบบจำลองที่กำหนดภาพลายผิวแล้วแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แบบจำลองที่กำหนดภาพลายผิวแล้ว

ขั้นตอนสุดท้ายในการสร้างแบบจำลองคือการกำหนดแผนที่แสง (lightmap) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในคอมพิวเตอร์กราฟิกส์เพื่อลดภาระการคำนวณแสงและเงาของโปรแกรมประยุกต์สามมิติแบบทันทีซึ่งต้องการความรวดเร็วในการทำงานโดยใช้การคำนวณค่าแสงเงาและบันทึกเก็บไว้ล่วงหน้าในรูปแบบแฟ้มภาพแผนที่แสง ในการแสดงผลนั้นค่าตัวเลขของพิกเซลในแผนที่แสงนี้จะถูกนำมาคูณเข้ากับค่าสีของพิกเซลของภาพลายผิวของวัตถุตามสมการ

$$_{(u, v)} = M_{(u, v)} I_{(u, v)} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ I เป็นค่าสีที่พิกัด (u, v) ของภาพลายผิวของวัตถุมีค่าระหว่าง 0 ถึง 255

M เป็นพิกเซลของแผนที่แสงมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และ

เป็นค่าสีผลลัพธ์

การดำเนินการตาม (1) ส่งผลให้พิกเซลของภาพลายผิวที่คูณด้วยตัวเลขจากแผนที่แสงที่มีค่าน้อยหรือใกล้ศูนย์จะมีความสว่างลดลงหรือดำสนิท ในขณะที่พิกเซลที่คูณด้วยเลขที่มีค่าเข้าใกล้หนึ่งจะสว่างเต็มที่หรือมีความสว่างลดลงไม่มากนัก ซึ่งข้อมูลแผนที่แสงของวัตถุสามมิติทุกชิ้นที่ใช้ใน VSBKP ถูกคำนวณไว้ล่วงหน้าโดยใช้ขั้นตอนวิธี (algorithm) การให้แสงและเงาแบบตามรอยรังสี (ray tracing) ข้อมูลแผนที่แสงที่คำนวณได้ถูกบันทึกในรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพ TGA แบบ 32 บิต (รวมอัลฟาแชนเนล) ดังตัวอย่างในภาพที่ 5 (ค) และ (ง)

แบบจำลองสามมิติ พร้อมภาพลายผิวและแผนที่แสงที่สมบูรณ์ถูกนำเสนอด้วยโปรแกรมประยุกต์สามมิติ VSBKPที่พัฒนาโดยใช้ภาษา C++ ร่วมกับการใช้คลังคำสั่งกราฟิกส์ OGRE (Object-Oriented Rendering Engine) ซึ่งเป็นคลังคำสั่งกราฟิกส์สามมิติแบบรหัสเปิด (open source) และใช้ OpenGL เป็นเอพีไอ (application program interface : API) สำหรับการจัดการวาดกราฟิกส์สามมิติ โดยมีขั้นตอนวิธีที่สำคัญที่ควรกล่าวถึง คือ การเปลี่ยนสภาพแสงกลางวันกลางคืนโดยใช้แผนที่แสง และการตรวจหาการชนระหว่างวัตถุในฉากกับกล้อง

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 5 (ก) แบบจำลองเสา (ข) ภาพลายผิว (ค) แผนที่แสงกลางวัน และ (ง) แผนที่แสงกลางคืน

ขั้นตอนวิธีของการปรับเปลี่ยนสภาพแสงระหว่างช่วงเวลากลางวันและกลางคืนใน VSBKP ใช้วิธีการแทนที่ข้อมูลแผนที่แสง M ใน (1) ด้วยแผนที่แสงชุดอื่นๆ ซึ่งใน VSBKP ได้เตรียมข้อมูลแผนที่แสงไว้สองชุด คือ แผนที่แสงสำหรับเวลากลางวัน (M_d) และสำหรับเวลากลางคืน (M_n) เมื่อผู้ใช้กดแป้นอักษรเพื่อเปลี่ยนช่วงเวลา โปรแกรมจะโหลดภาพแผนที่แสงของวัตถุทุกชิ้นให้สอดคล้องกับช่วงเวลาที่เลือกและแทนที่ M ใน (1) ด้วยแผนที่แสงชุดใหม่ (M_d หรือ M_n)

การตรวจหาการชน (collision detection) ใน VSBKP เป็นการตรวจหาการชนระหว่างกล้องกับวัตถุทุกชิ้นที่ปรากฏฉากในระดับรูปหลายเหลี่ยม (polygon level) โดยการทดสอบตำแหน่งของกล้องกับรูปสามเหลี่ยมทุกรูปของวัตถุทุกชิ้นที่ปรากฏอยู่ในฉาก การทดสอบนี้ทำโดยการเลือกจุดยอด (vertex) ที่ประกอบเป็นรูปหลายเหลี่ยมและไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันจำนวนสามจุด $\{\mathbf{P}_0^{ki}\ \mathbf{P}_1^{ki}\ \mathbf{P}_2^{ki}\}$ ของรูปสามเหลี่ยมที่ k ของวัตถุ i จากนั้นจึงสร้างระนาบ ^{ki} $\{a, b, c, d\}$ ที่ผ่านจุดยอดทั้งสามนี้ซึ่งสอดคล้องกับสมการ $ax\ \ by\ \ cz\ \ d\ \ 0$ เมื่อ n $\{a, b, c\}$ เป็นเวกเตอร์ปกติหนึ่งหน่วยคำนวณจากผลคูณไขว้ $n = \mathbf{P}_1^{ki} - \mathbf{P}_0^{ki} \times \mathbf{P}_2^{ki} - \mathbf{P}_0^{ki}$ และ d เป็นระยะที่น้อยที่สุดจากจุดกำเนิดมายังระนาบมีค่าเท่ากับ $-n\ \mathbf{P}_0$ ถ้ากำหนดให้ตำแหน่งของกล้องอยู่ที่ P (x, y, z) และมีทิศทางการเคลื่อนที่ไปตามแนวเวกเตอร์ N แล้ว ระยะทาง (D) ระหว่างตำแหน่งกล้อง P กับระนาบ ^{ki} ที่ผ่านจุดยอดทั้งหมดของสามเหลี่ยมใดๆ สามารถคำนวณได้จาก

$$D = \frac{ax\ \ by\ \ cz\ \ d}{a^2\ \ b^2\ \ c^2} \quad \text{.....(2)}$$

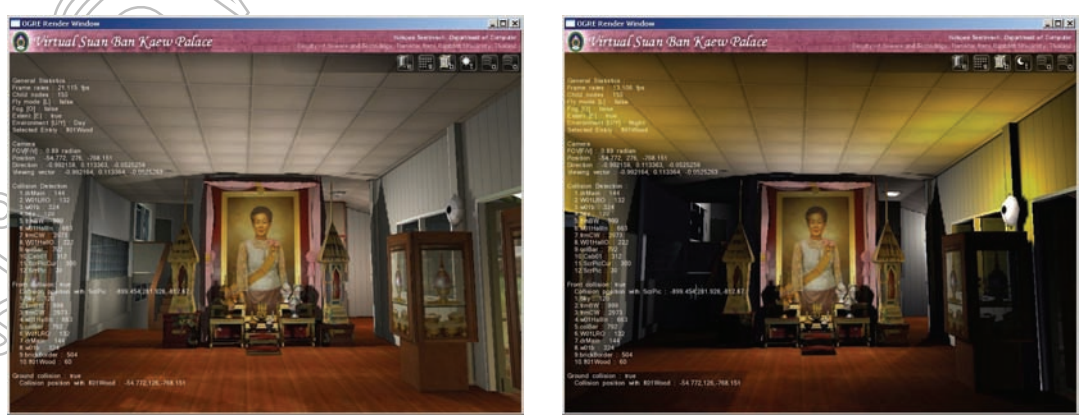
หากผลการทดสอบค่า D มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่กำหนดไว้ จะหมายความว่ากล้องเคลื่อนเข้าใกล้วัตถุมากเกินกว่าที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะคำนวณตำแหน่งของกล้องและ

เคลื่อนกล้องถอยกลับตามแนวเวกเตอร์ N เพื่อให้กล้องอยู่ห่างจากวัตถุตามระยะที่กำหนดไว้เสมอ การทำเช่นนี้จะทำให้ผู้ใช้รู้สึกเสมือนว่ากล้องชนกับวัตถุและไม่สามารถเคลื่อนที่ไปในทิศทางนี้ต่อไปได้ นอกจากจะใช้ (2) เพื่อทดสอบการชนด้านหน้ากล้องแล้ว ขั้นตอนวิธีนี้ยังใช้เพื่อทดสอบระยะของกล้องจากพื้นเพื่อให้กล้องคงอยู่ในระดับสายตาเสมอ ซึ่งทำโดยการกำหนดให้เวกเตอร์ของการเคลื่อนที่กล้องมีค่าเป็น $N = (0, 1, 0)$ และทำทดสอบระยะ D เช่นเดียวกับการทดสอบที่กล่าวมาแล้ว หากพบว่า D มีค่าน้อยกว่าที่กำหนด เช่น น้อยกว่า 150 หน่วยแล้ว โปรแกรมจะเคลื่อนกล้องขึ้นมาตามแนว N_y และให้กล้องอยู่ห่างจากสามเหลี่ยมด้านล่างกล้องเป็นระยะทาง 150 หน่วย

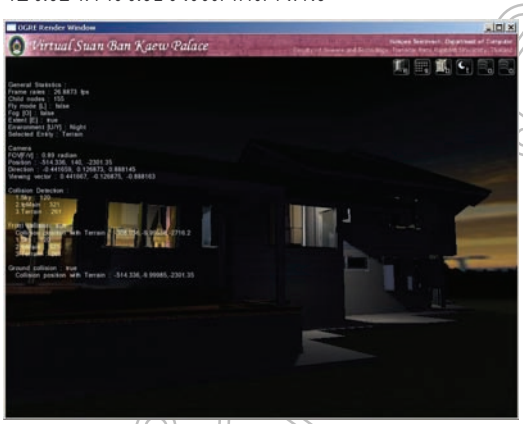
ผลการวิจัยและอภิปราย

โปรแกรม VSBKP ทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Microsoft Windows XP หรือสูงกว่า และต้องการการ์ดแสดงผลที่รองรับ OpenGL เวอร์ชัน 1.1 หรือสูงกว่า แบบจำลองสามมิติทั้งหมดที่สร้างได้มีจำนวน 155 ชิ้น และใช้ภาพลายผิวทั้งหมด (รวมแผนที่แสงทั้งสองชุด) จำนวนทั้งสิ้น 433 ภาพ แบบจำลองสามมิติทั้งหมดบันทึกอยู่ในรูปแบบแฟ้ม mesh ซึ่งเป็นโครงสร้างข้อมูลวัตถุสามมิติของ OGRE3D ส่วนภาพแผนที่แสงบันทึกในรูปแบบแฟ้มภาพ TGA แบบ 32 บิต สำหรับแฟ้มภาพลายผิวแบบไร้รอยตะเข็บที่ใช้บริเวณผนังหรือพื้น ถูกบันทึกในรูปแบบแฟ้มภาพ JPG บีบอัดที่คุณภาพ 90 เปอร์เซนต์ ผลการทำงานของ VSBKP แสดงในภาพต่อไปนี้

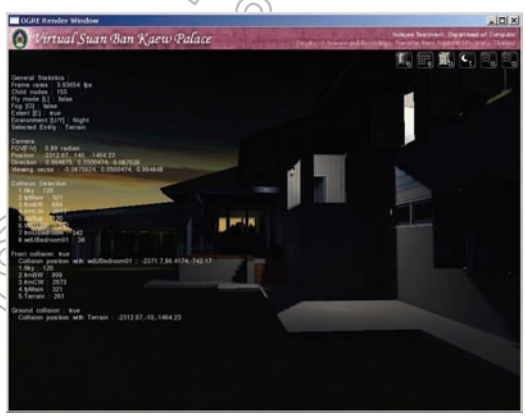
ภาพที่ 6 ลานจอดรถด้านหน้าพระตำหนัก



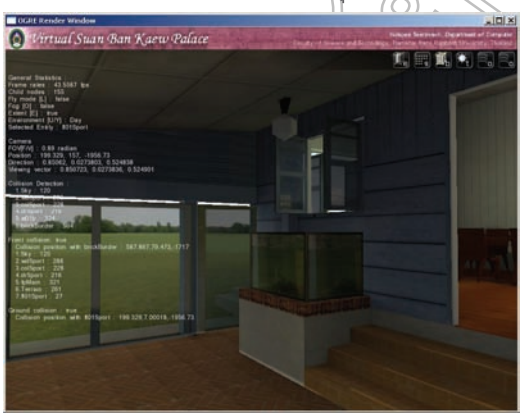
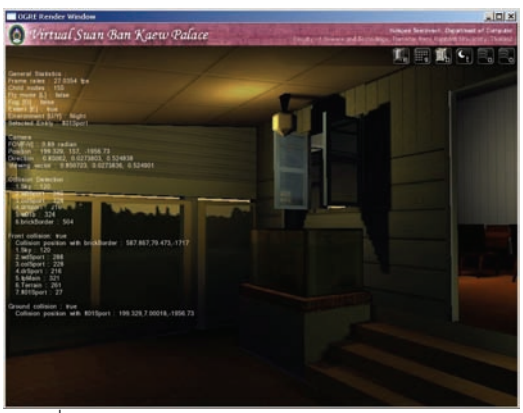
ภาพที่ 7 ห้องโถงใหญ่ภายในพระตำหนัก ในภาพขวามีการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงสีเหลืองส้มเข้าไป เพื่อเพิ่มความสวยงามให้กับสภาพภายในอาคารในช่วงเวลากลางคืน



ภาพที่ 8 มุมมองจากด้านหลังพระตำหนักไปยังห้องบรรทม



ภาพที่ 9 มุมมองจากใต้ห้องบรรทมไปยังด้านหลังพระตำหนัก

ภาพที่ 10 ห้องโถงด้านหลังพระตำหนัก ในภาพขวามีการเพิ่มแหล่งกำเนิดแสงสีเหลืองอ่อนเข้าไปเช่นกัน

การทดสอบอัตราการแสดงภาพของ VSBKP ทำบนเครื่องโน้ตบุ๊กคอมพิวเตอร์ ที่มีหน่วยประมวลผลกลางเป็น Intel Core 2 Duo 1.66 GHz หน่วยความจำหลักแบบ DDR2 ขนาด 1.5 GB และการ์ดแสดงผล Intel Graphics Media Accelerator 950 ซึ่งกำหนดความละเอียดหน้าจอของระบบปฏิบัติการเป็น 1280 800 พิกเซล และเปรียบเทียบความละเอียดในการแสดงผลของโปรแกรม VSBKP ในโหมดการทำงานแบบหน้าต่าง (windowed mode) ที่ความละเอียดต่างๆกันสองระดับ ผลการทดสอบแสดงในตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 1 อัตราการแสดงภาพเฉลี่ย (เฟรมต่อวินาที) ของโปรแกรม VSBKP ที่ความละเอียดหน้าจอต่างกัน

รูปแบบการแสดงผล	ความละเอียดหน้าจอ (พิกเซล)	
	640 480	800 600
ทรงตัน (solid)	49.86	54.27
เส้น (line)	43.22	41.18
จุด (point)	47.06	45.08

สรุปและข้อเสนอแนะ

อัตราการแสดงผลจากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าการทดสอบการทำงาน VBSKP บนเครื่องที่ใช้ทดสอบนั้นมีอัตราการแสดงผลเฉลี่ยประมาณ 45 เฟรมต่อวินาที ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการ์ดแสดงผลในเครื่องที่ทำการทดสอบเป็นการ์ดแสดงผลแบบธรรมดา ไม่มีหน่วยประมวลผลกราฟิกส์ (graphic processing unit) ดังเช่นในการ์ดแสดงผลสามมิติรุ่นใหม่ทั่วไป แต่ถึงแม้ว่าอัตราการแสดงผลจะอยู่ในระดับปลานกลางแต่การทดสอบไม่พบอาการกระตุกแต่อย่างใด ยกเว้นแต่พบอาการค้าง (hang) เป็นบางครั้งเมื่อสั่งทำงานในแบบเต็มจอภาพ (full screen) ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือโปรแกรม VSBKP จะมีอาการค้าง (hang) มากขึ้นเมื่อนำไปทดลองใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีอัตราส่วนของจอหน้าไม่เท่ากับ 4:3 หรือคอมพิวเตอร์ที่มีหน้าจอกว้าง (wide screen)

ความถูกต้องของแบบจำลองสามมิติเป็นอีกหนึ่งเรื่องที่สามารถสร้างเป็นงานวิจัยชิ้นใหม่ได้ เนื่องจากผู้วิจัยไม่สามารถค้นหาแบบแปลนของพระตำหนักใหญ่ได้ ดังนั้นแบบจำลองทั้งหมดจึงสร้างขึ้นโดยใช้วิธีอย่างง่ายสำหรับการสร้างแบบจำลองทางสถาปัตยกรรมนั่นคือการสร้างแบบจำลองสามมิติจากแบบแปลนที่ได้จากการรังวัดด้วยเทปวัดระยะ และการสร้างแบบจำลองโดยอาศัยการประมาณระยะจากภาพถ่าย ทั้งนี้เพราะจุดมุ่งหมายของการพัฒนา VSBKP อยู่ที่การสร้างความเป็นจริงเสมือนที่เน้นการโต้ตอบกับผู้ใช้แบบทันทีซึ่งยอมให้มีความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในการวัดระยะอยู่บ้าง ดังนั้นหากผู้วิจัยท่านอื่นต้องการแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากขึ้น ก็อาจใช้เทคนิคอื่นๆ ในการสร้างแบบจำลอง เช่น การสร้างวัตถุสามมิติจากภาพถ่าย การใช้วัดระยะด้วยแสงเลเซอร์ (laser range) หรือ โฟโตแกรมเมตรี (photogrammetry) ซึ่งเป็นวิธีการสร้างแผนที่จากภาพถ่ายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการสร้างแบบจำลองสามมิติได้เป็นอย่างดี

อีกประการหนึ่ง การเปลี่ยนแปลงสภาพแสงใน VSBKP นั้นใช้การเปลี่ยนแฟ้มภาพแผนที่แสงตามสมการ (1) ซึ่งการเปลี่ยนแผนที่แสงที่ใช้ใน VSBKP นั้นเป็นการเปลี่ยนแบบทันทีซึ่งอาจจะขาดความต่อเนื่องในการแสดงผล ดังนั้นเราจึงอาจจะใช้การแปลงแบบเชิงเส้นเข้ามาช่วยให้การเปลี่ยนแผนที่แสงระหว่างเวลากลางวันและกลางคืนนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่องโดยใช้สมการ

$$M = (1 \quad t)M_d \quad tM_n \quad \text{.......................................} (3)$$

เมื่อ M_d เป็นแผนที่แสงกลางวัน

M_n เป็นแผนที่แสงกลางคืน

M เป็นแผนที่แสงผลลัพธ์ที่จะถูกนำไปใช้ในสมการ (1) และ

t เป็นค่าตัวเลขระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งการปรับค่า t ใน (3) ให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงครั้งละน้อยๆ เช่น ครั้งละ 0.01 จะทำให้ข้อมูลแผนที่แสงค่อยๆ จาง (fade) จากภาพหนึ่งไปหาอีกภาพหนึ่งได้

ท้ายที่สุด ความเป็นจริงเสมือนของวังสวนบ้านแก้วที่พัฒนาขึ้นมานี้ยังไม่ใช่ความเป็นจริงเสมือนที่สมบูรณ์ เนื่องจากขาดการโต้ตอบที่สมบูรณ์กับผู้ใช้เช่นที่ทำได้ใน CAVE หรือ Virtual Florida Everglades ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถขยายผลเพื่อสร้างความเป็นจริงเสมือนที่เต็มรูปแบบได้ โดยอาจจะนำเทคนิคการเขียนโปรแกรมแบบขนาน (parallel programming) เพื่อควบคุมเครื่องคอมพิวเตอร์หลายๆ เครื่องให้ช่วยกันประมวลคำสั่งจากผู้ใช้และใช้แสดงภาพกราฟิกส์สามมิติ ที่ติดตั้งอยู่ภายในห้องที่มีการฉายภาพของสภาพแวดล้อมเสมือนลงบนผนังทั้งหกด้าน ซึ่งจะช่วยสร้างบรรยากาศในการเข้าสู่โลกเสมือนจริงได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี ประจำปีงบประมาณ 2549

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ, มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี. (2550). **พระราชประวัติและพระราชกรณียกิจ สมเด็จพระนางเจ้ารำไพพรรณี พระบรมราชินีในรัชการที่ 7** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttp:// www.rbru.ac.th/rb_barni/histo.php.

DeLeon, V. & Berry, R. Jr. (2000). Bringing VR to the desktop: are you game?. **Multimedia, IEEE , Vol.7, No.2.** (pp.68-72).

Hearn, D. & Baker, M. P. (2004). **COMPUTER GRAPHICS with OpenGL** (3rd ed.). NJ: Printice-Hall.

Lepouras, G. & Vassilakis, C. (2005). Virtual Museums for All: Employing Game Technology for Edutainment. **Virtual Reality, Vol.8**. pp(96–106).

Natinal Center for Supercomputing Applicaions. (2007). **The CAVE at NCSA**. [online]. Available http://cave.ncsa.uiuc.edu.

Ogre. (2007). **Raycasting to the polygon level** [Online]. Available http://www.ogre3d.org/wiki/index.php/Raycasting_to_the_polygon_level.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

สมบัติโฟโตคะตะไลติคและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยวิธี ดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง

Photocatalytic and Hydrophilic Properties of Titanium Dioxide Thin Film Deposited by DC Reactive Magnetron Sputtering

นิรันดร์ วิทิตอนันต์ และ สุรสิงห์ ไชยคุณ
ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
Vacuum Technology and Thin Films Research Laboratory,
Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University.

บทคัดย่อ

ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) เคลือบด้วยวิธี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง เพื่อศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิก ฟิล์มทั้งหมดจะเคลือบลงบนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่างกัน ฟิล์มบางที่เคลือบได้จะนำไปศึกษาโครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD (X-ray diffraction) ศึกษาความหนาและลักษณะพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM (atomic force microscopy) สมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางประเมินจากการย่อยสลายสารละลายเมทีลีนบูลและค่ามุมสัมผัสเมื่อได้รับแสงอัลตราไวโอเลตตามลำดับ จากการศึกษาพบว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้มีโครงสร้างผลึกผสมของอนาเทสและรูไทล์ ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบาง ฟิล์มบางที่เคลือบได้สามารถแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกได้เมื่อสัมผัสกับแสงอัลตราไวโอเลต

คำสำคัญ : ฟิล์มบาง, รีแอคตีฟ สปัตเตอริง, ไททาเนียมไดออกไซด์, โฟโตคะตะไลติก, ไฮโดรฟิลิก

Abstract

Titanium dioxide thin films (TiO_2) have been deposited by reactive magnetron sputtering technique to study photocatalytic property and hydrophilic property. The films were deposited on glass slide and silicon wafer substrates under different oxygen partial pressures. The crystal structure characterized by XRD (X-ray diffraction), thickness and surface morphology was evaluated by AFM (atomic force microscopy). The photocatalytic and hydrophilic property was evaluated by the measurement of the decomposition of methylene blue and contact angle, respectively. The results showed

that the deposited films were mixed of anatase and rutile structure. The films' thickness and roughness were influenced by the oxygen partial pressure. The deposited films showed the photocatalytic and hydrophilic property when expose to the UV light.

Keywords : Thin film, reactive sputtering, titanium dioxide, photocatalytic, hydrophilic

บทนำ

ปัจจุบันฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) กำลังได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากเป็นสารที่มีราคาถูกและมีสมบัติที่น่าสนใจหลายประการ เช่น มีค่าการส่งผ่านแสงในช่วงที่ตามองเห็น (visible) และช่วงอินฟราเรดใกล้ (near infrared) ที่ดี มีการยึดติดดี ตลอดจนเป็นฟิล์มบางที่มีเสถียรภาพดีในหลายด้าน ทั้งทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี สามารถทนอุณหภูมิสูง และทนการขัดสีได้ดี (Ritter, 1975 ; Pulker, 1984) มีค่าดัชนีหักเหสูง (n = 2.55 สำหรับอนาเทส และ n = 2.7 สำหรับรูไทล์) เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีแถบพลังงานกว้าง (3.18 eV สำหรับอนาเทส และ 3.03 eV สำหรับรูไทล์) (Li *et al.,* 2000) ทำให้ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ได้รับความสนใจจากกลุ่มวิจัยต่างๆ อย่างมาก ช่วงที่ผ่านมาพบว่าการวิจัยเกี่ยวฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมาก จากสมบัติที่ดีเยี่ยมทำให้มีการนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ไปประยุกต์ใช้มากมายเช่น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalysis), โฟโตคะตะไลซิส (photocatalysis) รวมถึงใช้เป็นส่วนประกอบของเซลล์สุริยะ (solar cell) (Kim *et al.,* 1990; Babelon *et al.,* 1998)

สมบัติสำคัญที่น่าสนใจของไททาเนียมไดออกไซด์ คือ สมบัติชอบน้ำของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ หรือ สมบัติไฮโดรฟิลิก ซึ่ง ฟูจิชิมาและฮอนดา เป็นนักวิจัยกลุ่มแรกที่ค้นพบสมบัตินี้ (Fujishima and Honda, 1972) หลังจากนั้นได้มีงานวิจัยเกี่ยวกับไฮโดรฟิลิกออกมาอย่างมาก ในเวลาต่อมาฟูจิชิมาและคณะ ยังพบปรากฏการณ์โฟโตคะตะไลติค สเตอริไรเซชั่น (photocatalytic sterilization) และปรากฏการณ์ไฮโดรฟิลิกยิ่งยวด (super-hydrophilic) ของไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อสัมผัสแสง (Fujishima *et al.,* 2000) จากสมบัติที่โดดเด่นของไททาเนียมไดออกไซด์ดังกล่าว ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาเพื่อประยุกต์ใช้ไททาเนียมไดออกไซด์ในงานด้านต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กระจกทำความสะอาดตัวเอง (self cleaning glass)

กระจกทำความสะอาดตัวเอง เป็นกระจกที่มีลักษณะพิเศษในด้านการทำความสะอาด กล่าวคือเป็นกระจกที่ทำความสะอาดได้ง่ายจนเกือบไม่ต้องทำความสะอาด ลักษณะของกระจกชนิดนี้สามารถทำได้โดยการเคลือบสารที่มีสมบัติเฉพาะในลักษณะของฟิล์มบาง ปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตกระจกหลายแห่งได้ผลิตกระจกชนิดนี้ออกจำหน่ายแล้ว เช่น PPG, Pilkington, Saint Gobain เป็นต้น สำหรับหลักการทำงานของกระจกชนิดนี้อธิบายได้ดังนี้ เมื่อกระจกทำความ

สะอาดด้วยตัวเองสัมผัสแสงอาทิตย์ รังสีอัลตราไวโอเลตของแสงอาทิตย์จะกระตุ้นให้โมเลกุลของน้ำที่อยู่รอบกระจก เกิดปฏิกิริยากลายเป็นหมู่ไฮดรอกซิล (Hydroxyl, OH-) ซึ่งมีสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์สารอินทรีย์ที่ดี ทำให้โมเลกุลของสิ่งสกปรกที่เกาะบนผิวกระจกแตกตัวเป็นโมเลกุลเล็กและระเหยหลุดจากผิวกระจก ขณะเดียวกันก็จะปรับสมบัติเชิงผิวของกระจกให้มีสภาพชอบน้ำหรือ ไฮโดรฟิลิก ซึ่งเมื่อใช้น้ำฉีดหรือราดไปบนกระจก น้ำจะไม่จับตัวเป็นหยดแต่จะมีลักษณะเป็นชั้นของน้ำบางๆ ชำระสิ่งสกปรกบนผิวหน้ากระจกให้ไหลหลุดลงมาด้วยแรงโน้มถ่วงโลก ทั้งนี้โดยสรุปจะเห็นว่ากระจกทำความสะอาดด้วยตัวเองจะต้องมีสมบัติสำคัญสองประการเมื่อสัมผัสแสงอาทิตย์ คือ (1) ต้องมีสมบัติในการเป็นโฟโตคะตะไลติก คือ มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์หรือสิ่งสกปรกที่ติดอยู่บนผิวหน้ากระจก และ (2) ต้องมีสมบัติไฮโดรฟิลิกหรือมีสภาพชอบน้ำ คือ เมื่อฉีดน้ำไปที่กระจก น้ำจะไม่จับตัวเป็นหยดหรือเม็ดบนผิวหน้ากระจกแต่จะกระจายตัวออกเต็มพื้นที่กระจกที่น้ำสัมผัส

โดยปกติแล้วไททาเนียมไดออกไซด์ที่พบในธรรมชาติจะมีอยู่ 3 เฟส คือ อนาเทส (anatase) รูไทล์ (rutile) และบรูไกท์ (brookite) โดยเฟสอนาเทสและเฟสรูไทล์จะมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบเตตระโกนอล (tetragonal) ส่วนเฟสบรูไกท์ จะมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบออทรอรอมบิก (orthorhombic) แต่ปกติจะไม่พบไททาเนียมไดออกไซด์ในเฟสบรูไกท์จะพบเพียงเฟสอนาเทส รูไทล์และอสัณฐาน (amorphous) เท่านั้น (Löbl *et al.*, 1994) สำหรับการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์นั้นสามารถเตรียมได้หลายวิธีทั้งจากกระบวนการทางฟิสิกส์ (physical vapor deposition; PVD) เช่น วิธีระเหยสาร (evaporation), อาร์เอฟ สปัตเตอริง (RF sputtering), ดีซี สปัตเตอริง (DC sputtering) และกระบวนการทางเคมี (chemical vapor deposition; CVD) หรือ วิธีโซลเจล (sol gel) เป็นต้น อย่างไรก็ดีการเตรียมฟิล์มบางด้วยเทคนิคสปัตเตอริงมีข้อได้เปรียบที่สามารถควบคุมอัตราเคลือบ สมบัติของฟิล์มบางได้ง่ายกว่า (Zhao *et al.*, 2005) ฟิล์มบางที่ได้จึงมีคุณภาพและมีการยึดเกาะดี (Wu *et al.*, 2006) อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ไปสู่การเคลือบชิ้นงานขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรมได้ง่ายอีกด้วย

บทความวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลการเตรียมฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิคดีซี รีแอคตีพ แมกนีตรอน สปัตเตอริง (DC reactive magnetron sputtering method) โดยมุ่งเน้นศึกษาโครงสร้างผลึก สมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ และในตอนท้ายจะได้ทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองสำหรับเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยต่อไป

วิธีการวิจัย

ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในการศึกษานี้เตรียมขึ้นด้วยเทคนิค ดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง จากเครื่องเคลือบในสุญญากาศระบบสปัตเตอริง (รูปที่ 1) ซึ่งมีห้องเคลือบทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 310.0 มิลลิเมตร สูง 370.0 มิลลิเมตร ติดตั้งเป้าไททาเนียม (99.97%) เส้นผ่าศูนย์กลาง 54.0 มิลลิเมตร ที่คาโทด พร้อมภาคจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง ใช้แก๊สอาร์กอนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นแก๊สสปัตเตอร์ ใช้แก๊สออกซิเจนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นแก๊สไวปฏิกิริยา ระบบเครื่องสูบสุญญากาศประกอบด้วย เครื่องสูบแบบแพร่ไอและมีเครื่องสูบกลโรตารีเป็นเครื่องสูบท้าย การวัดความดันในห้องเคลือบใช้มาตรวัดความดันของ PFEIFFER ประกอบด้วยชุดแสดงผล รุ่น TPG262 Dual Gauge และหัววัดแบบช่วงกว้าง รุ่น PKR251 Compact Full Range Gauge การจ่ายแก๊สอาร์กอนและแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการเคลือบจะควบคุมด้วยตัวควบคุมการไหลของมวล (mass flow controller) ของ MKS type247D ก่อนการเคลือบทุกครั้งจะทำความสะอาดหน้าเป้าสารเคลือบโดยการสปัตเตอร์หน้าเป้าสารเคลือบ (pre-sputtering) ในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอนประมาณ 10 นาที และปิดแผ่นบัง (shutter) ที่ติดตั้งระหว่างเป้าสารเคลือบกับแท่นวางวัสดุรองรับ

สำหรับขั้นตอนการเคลือบเริ่มจากนำกระจกสไลด์ (สำหรับใช้วัดสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิก) และแผ่นซิลิกอน (สำหรับตรวจสอบเฟสด้วยเทคนิค XRD และศึกษาลักษณะพื้นผิวรวมทั้งวัดความหนาด้วยเทคนิค AFM) ที่ทำความสะอาดแล้วเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศ จัดให้ห่างจากหน้าเป้าสารเคลือบเท่ากับ 10 เซนติเมตร จากนั้นลดความดันในภาชนะสุญญากาศให้ได้ความดันพื้น (base pressure) เท่ากับ 3.0×10^{-5} มิลลิบาร์ แล้วปล่อยแก๊สอาร์กอนและแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศด้วยตัวควบคุมการไหลของมวลเพื่อทำการเคลือบ การเคลือบแต่ละครั้งกำหนดให้ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจน (oxygen partial pressure) มีค่าประมาณ 44%, 64% และ 82% และควบคุมความดันรวมขณะเคลือบ (total pressure) ให้คงที่เท่ากับ 7.0×10^{-3} มิลลิบาร์ กำลังไฟฟ้าที่จ่ายคาโทดเท่ากับ 220 วัตต์ ใช้เวลาเคลือบ 3 ชั่วโมง สำหรับเงื่อนไขการเคลือบทั้งหมดดังแสดงในตารางที่ 1

ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ทั้งหมดจะนำไปตรวจสอบโครงสร้างผลึกด้วยเครื่องเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray Diffractometer ; XRD) ของ Rigaku รุ่น Rint 2000 ใช้ Cu-K_α (λ = 1.54056 Å) ที่ 40 กิโลวัตต์ และ 30 มิลลิแอมแปร์ ตรวจวัดแบบ 2θ-scan ด้วยมุมตกกระทบเฉียง (glazing incident angle) คงที่เท่ากับ 3° และสแกน 2θ จาก 20° ถึง 65° ด้วยอัตราสแกน 0.02° ต่อนาที ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้จะศึกษาด้วยเครื่องอะตอมมิคฟอร์ซไมโครสโคป (Atomic Force Microscope ; AFM) ของ Veeco Instrument Inc. รุ่น Nano Scope IV ตรวจวัดแบบแทปปิงโหมด (tapping mode)

การทดสอบสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้จะประเมินโดยวัดการย่อยสลายสารละลายเมทีลีนบลูซึ่งใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ ทำได้โดยนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้แช่ในสารละลายเมทีลีนบลูความเข้มข้น 0.05 มิลลิโมล/ลิตร นาน 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาทำให้แห้งในที่มืดนาน 30 นาที ก่อนทดสอบการย่อยสลายของสารละลายเมทีลีนบูลบนฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลต ต้องวัดค่าการส่งผ่านแสงของสารละลายเมทีลีนบลูบนฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 650 นาโนเมตรด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ กำหนดให้เป็นค่า T_o (ค่าการส่งผ่านแสงก่อนสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลต) จากนั้นนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตจากหลอดอัลตราไวโอเลตของ Phillips รุ่น CLEO COMPACT ขนาด 15 วัตต์ และนำชิ้นงานออกมาวัดความส่งผ่านแสงของสารละลายเมทีลีนบลูบนฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ทุก 1 ชั่วโมง กำหนดให้เป็นค่า T_i (ค่าการส่งผ่านแสงหลังสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลต) โดยสมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถบอกได้ด้วยค่าแอบซอร์แบนซ์ (Δ ABS) ซึ่งคำนวณได้สมการ Δ ABS = ln T_o / T_i (Zeman and Takabayashi, 2002)

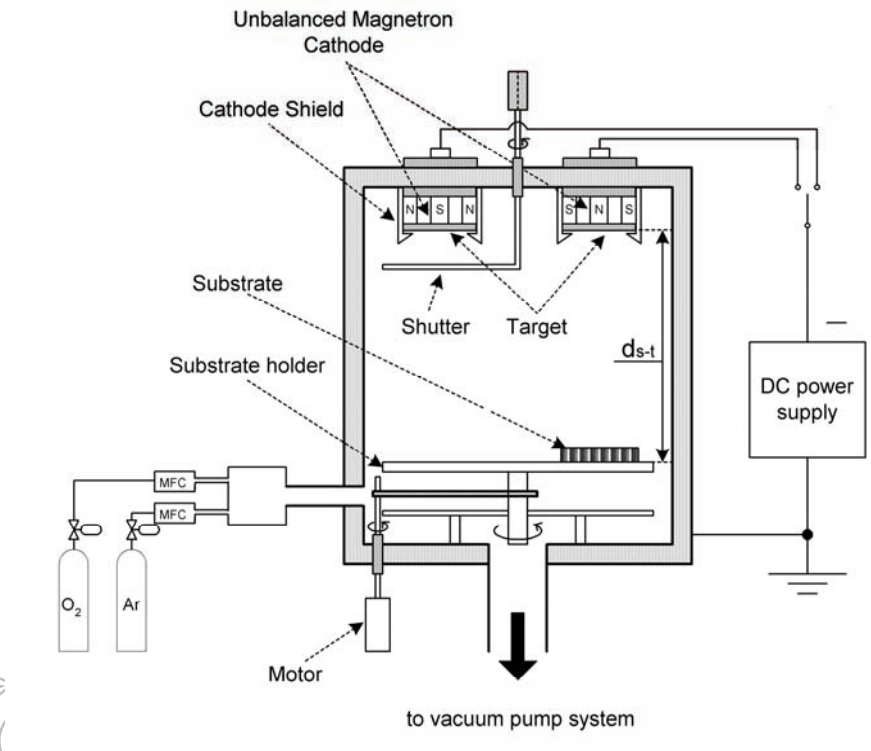
ส่วนสมบัติไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะประเมินจากค่ามุมสัมผัสของน้ำที่หยดบนผิวหน้าของฟิล์มบางด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (contact angle meter) ทำได้โดยนำกระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ไปวัดค่ามุมสัมผัสก่อนฉายรับแสงอัลตราไวโอเลต จากนั้นนำชิ้นงานทั้งหมดไปฉายรับแสงอัลตราไวโอเลตแล้วนำออกมาวัดมุมสัมผัสทุก 1 ชั่วโมง

ตอนท้ายได้ทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองโดยการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกแผ่นเรียบแล้วนำไปทิ้งไว้ในสภาพอากาศปกติก่อนนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำกระจกออกมาทดสอบโดยการฉีดละอองน้ำบนผิวหน้าของกระจกแล้วสังเกตการจับตัวของหยดน้ำและความใสของกระจกเพื่อประเมิน

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

ตารางที่ 1 เงื่อนไขในการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้

เงื่อนไข	รายละเอียด
ความดันพื้น	3.0×10^{-5} มิลลิบาร์
ความดันรวมขณะเคลือบ	7.0×10^{-3} มิลลิบาร์
ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจน	44%, 64% และ 82%
เป้าสารเคลือบ	ไททาเนียม ความบริสุทธิ์ 99.97%
วัสดุรองรับ	กระจกสไลด์ และ ซิลิกอน (100)
กำลังไฟฟ้า	220 วัตต์
ระยะห่างระหว่างเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ	12 เซนติเมตร

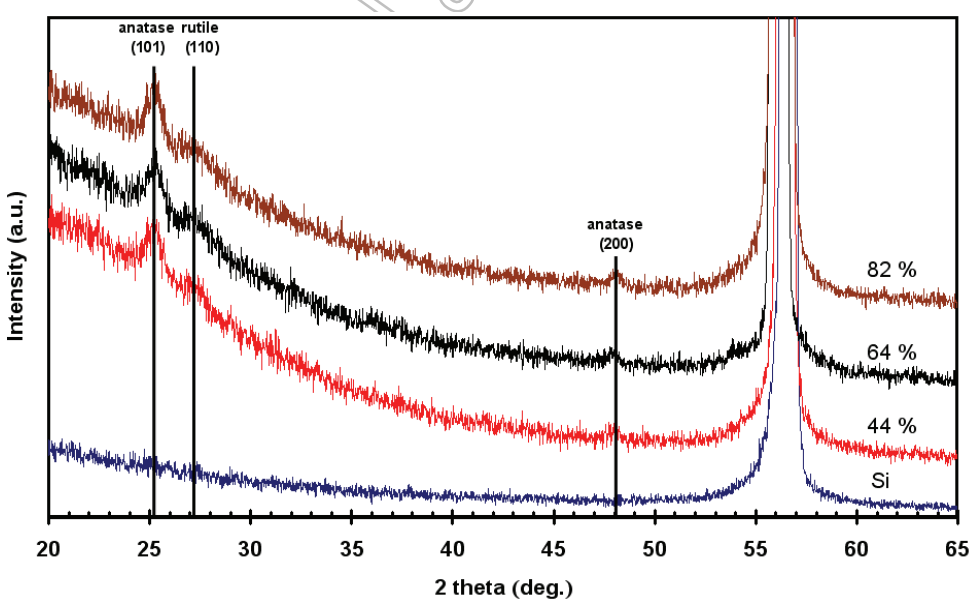


รูปที่ 1 ไดอะแกรมของเครื่องเคลือบระบบ ดีซี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง ที่ใช้ในงานวิจัย

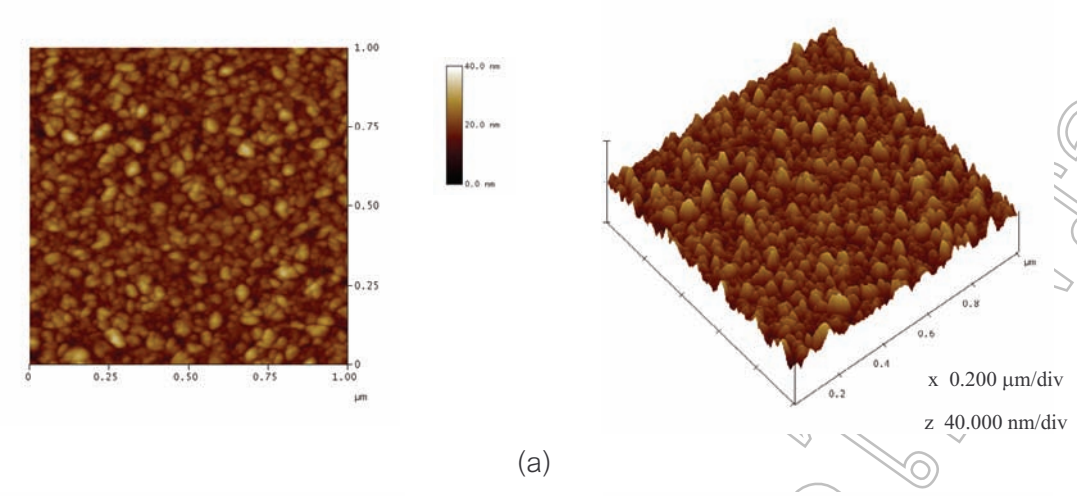
ผลการวิจัยและอภิปราย

โครงสร้างผลึกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

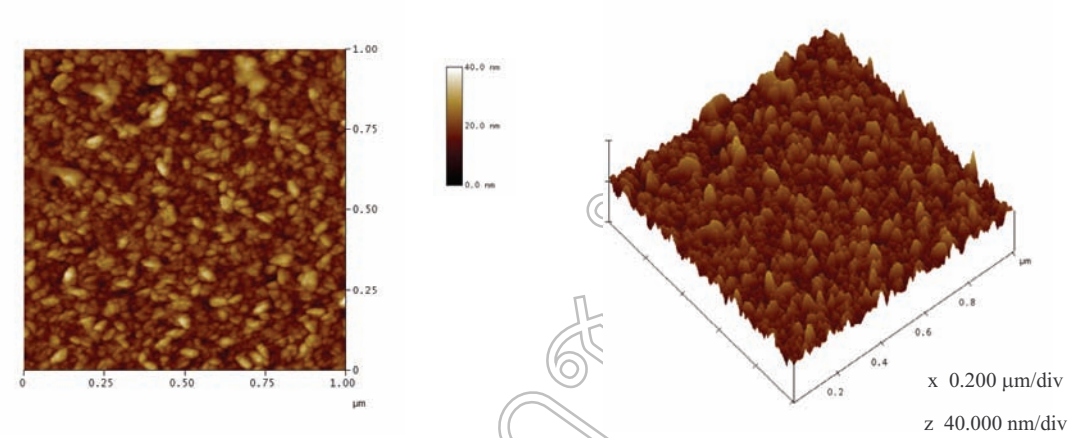
เมื่อนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ไปวิเคราะห์โครงสร้างผลึกด้วยเทคนิค XRD ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 2 โดยที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 44% พบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ที่มุม 25.3, 27.5, 48.1 และ 56.5 องศา ซึ่งตรงกับไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกแบบอนาเทสระนาบ (101) รูไทล์ระนาบ (110) และ อนาเทสระนาบ (200) ตามลำดับ แสดงว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้มีความเป็นผลึกของไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีโครงสร้างผลึกผสมของอนาเทสและรูไทล์ โดยความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของ อนาเทสระนาบ (110) มีค่าสูงสุด ขณะที่รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของรูไทล์ระนาบ (110) และอนาเทสระนาบ (200) มีลักษณะเป็นโดมและพีคขนาดเล็กปรากฏตามลำดับ ขณะที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 64% และ 82% นั้นยังพบรูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ในลักษณะเดียวกัน แต่ที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 82% พบว่าความเข้มการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของอนาเทสระนาบ (110) มีค่าสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Zeman and Takabayashi (2002) ที่ทดลองเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยวิธี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง แล้วพบว่าเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้น โครงสร้างผลึกแบบอนาเทสฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะมีความเป็นผลึกมากขึ้น เนื่องจากความหนาแน่นของอนุภาคแก๊สในระบบเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลต่อความเร่งและพลังงานของอนุภาคสารเคลือบที่ตกลงบนแผ่นวัสดุรองรับ



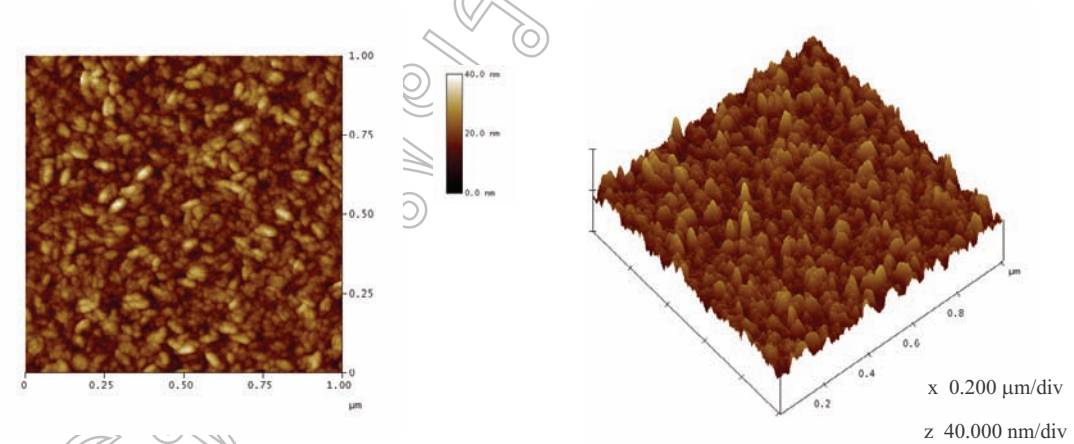
รูปที่ 2 รูปแบบการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่างกัน



(a)



(b)



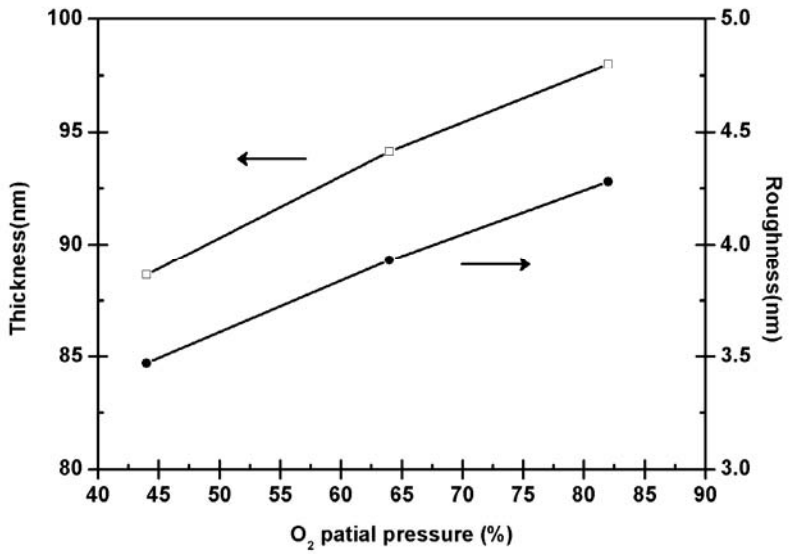
(c)

รูปที่ 3 ลักษณะพื้นผิวที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค AFM ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เคลือบที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่างกัน (a) 44% (b) 64% และ (c) 82%

ลักษณะพื้นผิวและความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

เมื่อนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบทั้งหมด ไปศึกษาลักษณะพื้นผิวด้วยเทคนิค AFM ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงดังรูปที่ 3 จะเห็นว่าลักษณะพื้นผิวของฟิล์มบางที่เคลือบด้วยความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 44% มีลักษณะเป็นเกรนกลมมน กระจายอยู่ทั่วพื้นผิวฟิล์มบาง เมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นเท่ากับ 64% พบว่าลักษณะพื้นผิวส่วนใหญ่เกรนมีลักษณะกลมมน แต่ในบางบริเวณเกรนเริ่มมีการรวมตัวมีลักษณะเป็นยอดแหลม สุดท้ายเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 82% พบว่าเกรนเริ่มมีการเกาะกลุ่มกันมีลักษณะเป็นยอดแหลมสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางที่เคลือบได้พบว่าเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางก็จะเพิ่มขึ้นด้วย โดยในส่วนของความหนาฟิล์มพบว่าเพิ่มจากประมาณ 88 นาโนเมตร เป็น 98 นาโนเมตร ส่วนความหยาบผิวพบว่าเพิ่มจาก 3.47 นาโนเมตร เป็น 4.28 นาโนเมตรตามลำดับ (รูปที่ 4)

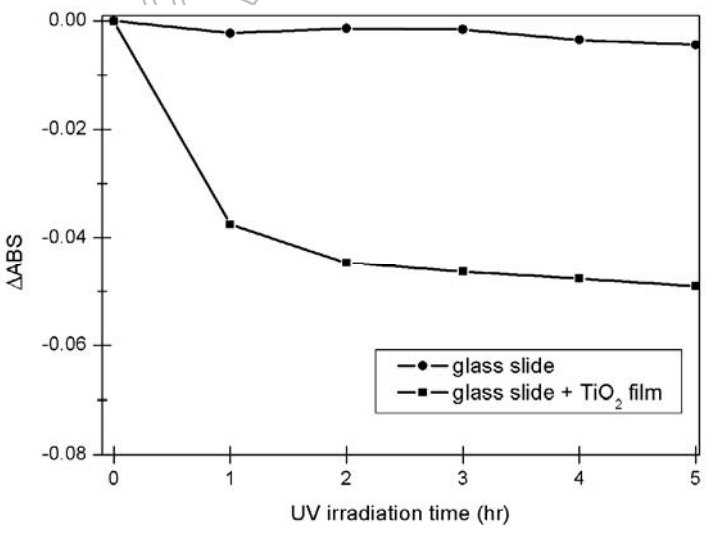


รูปที่ 4 ความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนต่างกัน

สมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

จากผลการศึกษาโครงสร้างผลึกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้วยเทคนิค XRD ในช่วงต้นของงานวิจัยนี้ พบว่าที่ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 82% จะให้ฟิล์มบางที่มีเฟสอนาเทสสูงสุด ประกอบกับฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในเฟสอนาเทสจะมีความสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตได้ดี (Takeda *et al.*, 2001) ดังนั้นการศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะศึกษาเฉพาะฟิล์มที่เคลือบด้วยความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 82% เท่านั้น

สมบัติโฟโตคะตะไลติกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากการย่อยสลายของสารละลายเมทีลีนบลูซึ่งใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ โดยพิจารณาจากค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารละลายเมทีลีนบูลที่อยู่บนผิวหน้าของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ รูปที่ 5 เป็นค่าแอบซอร์แบนซ์ของสารละลายเมทีลีนบูลเมื่อรับแสงอัลตราไวโอเลตเพื่อทำให้ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์แสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติก ทั้งนี้ในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่าในกรณีของกระจกที่ไม่มีการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ค่าแอบซอร์แบนซ์ที่ได้จะมีค่าค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนในกรณีกระจกที่มีการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์พบว่าค่าแอบซอร์แบนซ์ก่อนนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 0 แต่เมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลต พบว่าค่าแอบซอร์แบนซ์จะลดลงตามเวลาที่สัมผัสแสงอัลตราไวโอเลต โดยลดลงอย่างรวดเร็วจาก 0.00 เป็น -0.04 ภายในเวลา 1 ชั่วโมง และเมื่อสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลตต่อไปจนครบ 5 ชั่วโมง พบว่าค่าแอบซอร์แบนซ์มีค่าเท่ากับ -0.05 แสดงให้เห็นว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกได้

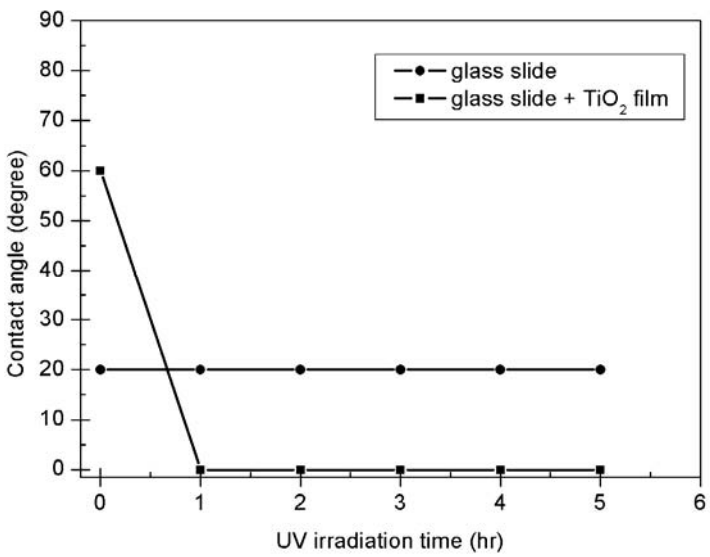


รูปที่ 5 ค่าแอบซอร์แบนซ์ของกระจกที่เคลือบและไม่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

สมบัติไฮโดรฟิลิกของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้ในงานวิจัยนี้จะพิจารณาจากค่ามุมสัมผัสของน้ำกลั่นที่หยดลงบนผิวหน้าของฟิล์มบางซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส ผลการศึกษาแสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งเป็นกราฟแสดงค่ามุมสัมผัสของกระจกที่เคลือบและไม่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลตและหลังการรับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นรายชั่วโมง

จากรูปที่ 6 จะเห็นว่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวหน้าของกระจกที่ไม่มีการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ ก่อนนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 20 องศา เมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตเป็นเวลา 5 ชั่วโมง พบว่ามุมสัมผัสยังคงมีค่าเท่ากับ 20 องศา แสดงว่ากระจกที่ไม่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์นั้นไม่สามารถแสดงสมบัติไฮโดรฟิลิกได้

สำหรับกรณีกระจกที่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จากผลการศึกษาในรูปที่ 6 พบว่ามุมสัมผัสของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ก่อนรับแสงอัลตราไวโอเลตมีค่าเท่ากับ 60 องศา และลดลงเป็น 0 องศา เมื่อนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตเพียง 1 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่ากระจกที่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงสมบัติซุปเปอร์ไฮโดรฟิลิกได้



รูปที่ 6 ค่ามุมสัมผัสของกระจกที่เคลือบและไม่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

จากผลการศึกษาในงานวิจัยนี้จะพบว่าฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้สามารถแสดงสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกซึ่งเป็นสมบัติพื้นฐานของกระจกทำความสะอาดตัวเองได้ ดังนั้นเพื่อทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองจึงได้ทดลองเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ลงบนกระจกแผ่นเรียบธรรมดาหนา 2 มิลลิเมตร แล้วทิ้งให้สัมผัสสภาพอากาศทั่วไป 1 วัน จากนั้นนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 1 ชั่วโมง

จากนั้นจึงนำมาทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองโดยฉีดละอองน้ำไปที่กระจก ผลการทดลองดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7(a) เป็นกระจกแผ่นเรียบธรรมดาที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ จะเห็นว่า เมื่อฉีดละอองน้ำไปที่กระจกจะมีหยดน้ำเกาะอยู่บนผิวหน้าของกระจกจำนวนมาก ทำให้กระจกมัวไม่ใส แสดงว่ากระจกเปล่าไม่มีสมบัติการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเอง

รูปที่ 7(b) เป็นกระจกแผ่นเรียบที่มีการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ไว้ครึ่งแผ่นทางด้านขวา เมื่อทดสอบโดยการฉีดละอองน้ำไปที่กระจกทั้งแผ่นจะพบว่าบริเวณที่ไม่มีการเคลือบ (ด้านซ้ายของแผ่น) จะมีหยดน้ำเกาะ แต่บริเวณที่มีการเคลือบ (ด้านขวาของแผ่น) น้ำจะไม่จับตัวเป็นหยดน้ำแต่จะแผ่กระจายออกเต็มผิวหน้ากระจก (สมบัติไฮโดรฟิลิก) และไหลลงมารวมกันที่ด้านล่างของกระจกด้วยแรงโน้มถ่วงโลก ทำให้กระจกมีลักษณะใสไม่มีฝุ่นละอองจับที่ผิวหน้ากระจก (สมบัติโฟโตคะตะไลติก) ต่างจากกระจกแผ่นเดียวกันทางด้านซ้ายที่ไม่มีการเคลือบแต่ได้รับแสงอัลตราไวโอเลตเท่ากัน

(a) (b)

รูปที่ 7 ผลการทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองของกระจกแผ่นเรียบที่ไม่ได้เคลือบและเคลือบด้วยฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

(a) กระจกแผ่นเรียบที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

(b) กระจกแผ่นเรียบที่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ด้านขวาของแผ่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกสไลด์และแผ่นซิลิกอนด้วยวิธี รีแอคตีฟ แมกนีตรอน สปัตเตอริง ผลการศึกษาพบว่า ฟิล์มบางที่ได้มีโครงสร้างผลึกแบบผสมของอนาเทสและรูไทล์ โดยเมื่อความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเพิ่มขึ้นฟิล์มบางที่ได้มีเฟสอนาเทสผลึกมากขึ้น นอกจากนี้ความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนที่ใช้ในกระบวนการเคลือบยังมีผลต่อความหนาและความหยาบผิวของฟิล์มบางด้วย เมื่อนำฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบด้วยความดันย่อยของแก๊สออกซิเจนเท่ากับ 82% ไปศึกษาสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิกพบว่า กระจกแผ่นเรียบที่เคลือบด้วยฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์แล้วนำไปรับแสงอัลตราไวโอเลตสามารถสมบัติโฟโตคะตะไลติกและไฮโดรฟิลิก โดยกระจกแผ่นเรียบที่เคลือบจะมีค่าแอบซอร์แบนลดลงจาก 0 เป็น -0.05 เมื่อสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลตนาน 5 ชั่วโมง และมีค่ามุมสัมผัสลดลงจาก 60 องศา เป็น 0 องศา เมื่อสัมผัสแสงอัลตราไวโอเลตเพียง 1 ชั่วโมง สำหรับผลการทดสอบความสามารถในการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองในงานวิจัยนี้พบว่ากระจกแผ่นเรียบที่มีการเคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์เมื่อได้รับแสงอัลตราไวโอเลตนาน 1 ชั่วโมงสามารถแสดงสมบัติการเป็นกระจกทำความสะอาดตัวเองได้

กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัย “การวิจัยและพัฒนาฟิล์มบางนาโนของไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับกระจกไร้คราบสกปรก” ซึ่งได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ NN-B-22-m34-100-49-51

เอกสารอ้างอิง

Babelon, P., A. S. Dequiedt, H. Mostéfa-Sba, S. Bourgeois, P. Sibillot, and M. Sacilotti. 1998. SEM and XPS studies of titanium dioxide thin films grown by MOCVD. **Thin Solid Films**. 322: 63-67.

Fujishima, A. and K. Honda. 1972. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode. **Nature**. 238: 37-38.

Fujishima, A., T.N. Rao. and D.A. Tryk. 2000. TiO_2 photocatalysts and diamond electrode. **Electrochimica Acta**. 45:4683-4690.

Kim, K. S. and M. A. Barteau. 1990. Reactions of aliphatic alcohols on the {011}-facetted $Ti0_2$ (001) surface. **Journal of Molecular Catalysis**. 63: 103-117.

Li, G.H., Yang, L., Jin, Y.X., and Zhang, L.D. 2000. Structural and optical properties of TiO_2 Thin film and TiO_2 + 2wt.% $ZnFe_2O_4$ composite film prepared by r.f. sputtering. **Thin Solid Films**. 368: 163-167.

Löbl, P., M. Huppertz. and D. Mergel. 1994. Nucleation and growth in TiO_2 films prepared by sputtering and evaporation. **Thin Solid Films**. 251: 72-79.

Pulker, H.K. 1984. **Coatings on Glass**. Elsvier Science Publishers B.V. 311.

Ritter, E. 1975. Dielectric film materials for optical applications. **Physics of thin films**. 1-49

Takeda, S., S. Suzuki, H. Odaka. and H. Hosono. 2001. Photocatalytic TiO_2 thin film deposited onto glass by DC magnetron sputtering. **Thin Solid Films**. 392:338-344.

Wu, K.R., J.J. Wang, W.C. Liu, Z.S. Chen. and J.K. Wu. 2006. Deposition of Graded TiO_2 films Featured both Hydrophobic and Photo-Induced Hydrophilic Properties. **Applied Surface Science**. 255: 5829-5838.

Zeman. P. and S. Takabayashi. 2002. Effect of Total and Oxygen Partial Pressures on Structure of Photocatalytic TiO_2 Films Sputtered on Unheated Substrate. **Surface and Coatings Technology**. 153: 93-99.

Zhao, X.T., K. Sakka, N. Kihara, Y. Takada, M. Arita. And M. Masuda. 2005. Structure and Photo-Induced Features of TiO_2 Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering. **Microelectronics Journal**. 36: 549-551.

การเตรียมกระจกสะท้อนความร้อนแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน

Formation of TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 heat mirror for energy conservation

นิรันดร์ วิทิตอนันต์[1], พัฒนะ รักความสุข[1] และ พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ[2]

[1]สายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เคลือบฟิล์มบางเงินเจือและฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกสไลด์ด้วยวิธี ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง เพื่อนำมาใช้ทำกระจกสะท้อนความร้อนสำหรับการอนุรักษ์พลังงาน ผลการศึกษาพบว่าค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางทั้งสองชนิดจะเปลี่ยนไปตามความหนาของฟิล์ม กระจกสะท้อนความร้อนที่เตรียมได้ซึ่งมีโครงสร้างแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 สามารถแสดงสมบัติการสะท้อนความร้อนได้

คำสำคัญ: กระจกสะท้อนความร้อน, ฟิล์มบางเงินเจือ, ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์, ระบบฟิล์มบางหลายชั้น, แมกนีตรอน สปัตเตอริง

Abstract

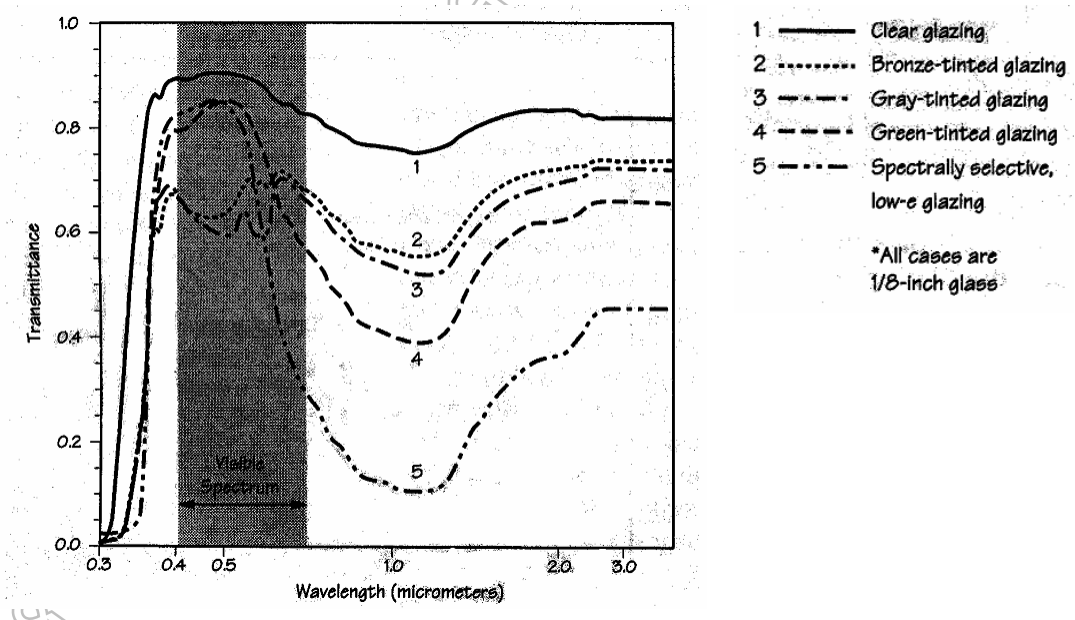
Ag-alloy thin films and TiO_2 thin films have been deposited on glass slides by DC magnetron sputtering applied for energy conservation heat mirror. The results shown that the transmissions of deposited films have change with film's thickness. Formation of heat mirror with TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 could potentially serve as heat mirror.

Keyword: heat mirror, Ag-alloy thin film, TiO_2 thin film, multilayer thin film, magnetron sputtering

บทนำ

ปัญหาวิกฤตการณ์ด้านพลังงานของโลกนับตั้งแต่ปี คศ. 1970 และเกิดซ้ำอีกเป็นระยะๆ ส่งผลให้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง กระจกสะท้อนความร้อน หรือกระจกประหยัดพลังงานเป็นอีกหัวข้อหนึ่งที่อยู่ในความสนใจของกลุ่มวิจัยทั่วโลก ลักษณะพิเศษของกระจกชนิดนี้คือสามารถส่งผ่านรังสีในช่วงตามองเห็นสูง แต่ส่งผ่านรังสีอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนต่ำ ทำให้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในงานอนุรักษ์พลังงานภายในอาคาร (energy conservation)

พิจารณาสมบัติการส่งผ่านรังสีอาทิตย์กับความยาวคลื่นของกระจกชนิดต่างๆ (รูปที่ 1) พบว่า กระจกแผ่นเรียบใส (กราฟเส้นที่ 1) จะมีค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ได้ดีตลอดความยาวคลื่น แต่สำหรับกระจกผสมสี เช่น กระจกสีบรอนซ์ สีเทา และสีเขียว (กราฟเส้นที่ 2, 3 และ 4) จะเห็นว่าค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ในช่วงรังสีความร้อน (ความยาวคลื่นมากกว่า 760 nm) มีค่าลดลง แสดงว่ากระจกสีสามารถกันความร้อนได้ดีกว่ากระจกแผ่นเรียบใสธรรมดา ถึงแม้กระจกสีจะสามารถป้องกันความร้อนได้ แต่ก็เกิดปัญหาใหม่คือแสงสว่างภายในอาคารจากธรรมชาติลดลง เพราะกระจกสีมีค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์ในช่วงตามองเห็นต่ำ ทำให้อาคารที่ใช้กระจกสีต้องเพิ่มการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่างมากขึ้น ยกเว้นกระจกสีเขียว (กราฟเส้นที่ 4) ที่ยังคงส่งผ่านรังสีในช่วงตามองได้สูงใกล้เคียงกระจกใส (U.S.Department of Energy, 1998)



รูปที่ 1 ค่าการส่งผ่านรังสีอาทิตย์กับความยาวคลื่นแสงของกระจกชนิดต่างๆ
(U.S.Department of Energy, 1998)

จากข้อด้อยของกระจกใสและกระจกสีด้านการส่งผ่านรังสีความร้อน ทำให้มีการวิจัยและพัฒนากระจกที่มีสมบัติป้องกันรังสีความร้อนขึ้นคือ “กระจกเลือกรังสี (spectrally selective

glazing)" ซึ่ง U.S.Department of Energy (1998) ให้นิยามกระจกชนิดนี้ในเอกสารของ New Technology Demonstration Program ชุด Federal Technology Alert ว่าหมายถึง "ระบบกระจกที่ยอมให้รังสีอาทิตย์บางช่วงความยาวคลื่นผ่าน แต่กันรังสีอื่นที่ไม่ต้องการออกไป" กรณีกระจกเลือกรังสีที่สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน ต้องมีค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงตามองเห็นสูง และมีค่าการส่งผ่านรังสีความร้อนต่ำ ที่เรียกว่า "กระจกสะท้อนความร้อน (heat mirror)"

ในรูปที่ 1 กราฟเส้นที่ 5 แสดงค่าการส่งผ่านแสงของกระจกเลือกรังสี ทั้งนี้จะเห็นว่าค่าการส่งผ่านรังสีความร้อนมีค่าน้อยที่สุดขณะที่ค่าการส่งผ่านรังสีในช่วงตามองเห็นสูงใกล้เคียงกับกระจกแผ่นเรียบ (สะท้อนรังสีความร้อนได้ประมาณร้อยละ 40-70 เมื่อเทียบกับกระจกใส) แม้กระจกชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่ากระจกธรรมดาร้อยละ 10-15 แต่ก็ช่วยลดการสูญเสียพลังงานได้ถึงร้อยละ 30-50 จากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าการติดตั้งกระจกเลือกรังสีชนิดสะท้อนความร้อนสำหรับบ้านใหม่ในเขตร้อนจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศได้มากกว่าร้อยละ 40 (U.S.Department of Energy, 1994) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่ากระจกชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อนดีที่สุด (เทียบกับกระจกแผ่นเรียบใสและกระจกผสมสี) จึงเหมาะสำหรับนำมาใช้ในงานอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารกล่าวคือ กระจกเลือกรังสีชนิดสะท้อนความร้อนจะส่งผ่านรังสีในช่วงตามองเห็นเข้าภายในอาคารทำให้ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับแสงสว่าง (ใช้แสงธรรมชาติแทน) ขณะเดียวกันก็กันไม่ให้รังสีช่วงความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารทำให้ไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการปรับอากาศ

สำหรับการผลิตกระจกเลือกรังสีสำหรับประยุกต์ใช้ในงานอนุรักษ์พลังงานภายในอาคารทำได้หลายวิธี เช่น โดยการผสมสารในเนื้อกระจกระหว่างกระบวนการผลิต เรียกว่า กระจกสี (tinted glazing) หรือ การเคลือบสารที่เหมาะสมลงบนแผ่นฟิล์มพลาสติกแล้วนำฟิล์มพลาสติกไปติดบนกระจกอีกต่อหนึ่ง หรือ การเคลือบสารบนกระจกแผ่นเรียบโดยตรงในลักษณะฟิล์มบางวิธีนี้ช่วยลดขั้นตอนการผลิตและจำนวนทำให้กระจกไม่หนักมากเกินไป ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่ากระจกเลือกรังสีชนิดเคลือบฟิล์มบางหลายชั้นเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดสำหรับนำมาใช้ทำกระจกสะท้อนความร้อน (Karlsson et al.,1981) เนื่องจากเป็นระบบฟิล์มบางที่ควบคุมรังสีอาทิตย์ได้ดี (solar control) มีการส่งผ่านรังสีในช่วงตามองเห็นสูงแต่ส่งผ่านรังสีความร้อนต่ำรวมถึงมีสภาพเปล่งรังสีต่ำ (low emissivity) ด้วย ทำให้ไม่มีปัญหาการแผ่รังสีกลับเมื่อกระจกมีอุณหภูมิสูงขึ้น (Lampert, 1981; Berning, 1983)

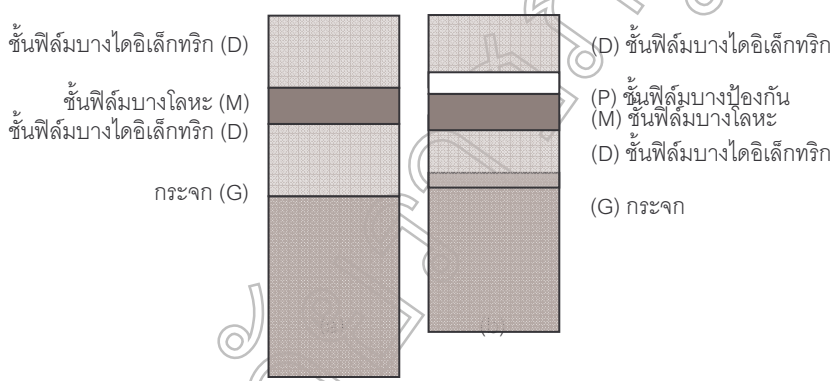
สำหรับระบบฟิล์มบางที่ได้รับความสนใจสำหรับนำมาใช้ทำกระจกสะท้อนความร้อน คือ ระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่มีโลหะเป็นชั้นหลัก (metal based multi-layer thin film) (Ebisawa and Ando, 1998) ที่มีโครงสร้างแบบ D/M/D/G (D = ไดอิเล็กทริก, M = โลหะ, G = กระจก)

(รูปที่ 2(a)) ทั้งนี้จะเห็นว่าระบบฟิล์มบางหลายชั้นสำหรับทำกระจกสะท้อนความร้อนจะประกอบด้วยฟิล์มบางที่มีหน้าที่ต่างกัน 2 ชุด คือ

1. ชั้นฟิล์มบางโลหะ (metal thin films) ฟิล์มบางชั้นนี้ทำหน้าที่เป็นชั้นสำหรับสะท้อนรังสีความร้อน ตัวอย่างของฟิล์มบางในกลุ่มนี้ เช่น Ag, Au, Cu, Al เป็นต้น

2. ชั้นฟิล์มบางไดอิเล็กทริก (dielectric thin films) ฟิล์มบางชั้นนี้ทำหน้าที่เป็นชั้นสำหรับลดการสะท้อนแสงและเป็นชั้นป้องกันการขีดข่วนผิวหน้าของระบบฟิล์มบาง ตัวอย่างของฟิล์มบางในกลุ่มนี้ เช่น TiO_2, SnO_2, ITO, ZnO, SnO_2 เป็นต้น

ตัวอย่างของระบบฟิล์มบางประเภทนี้ได้แก่ TiO_2/Ag/TiO_2 หรือ ZnO/Ag/ZnO หรือ TiO_2/Al/Ag/Al/TiO_2 หรือ ZnO/Al/Ag/Al/ZnO เป็นต้น (Ebisawa และ Ando, 1998) ทั้งนี้จะเห็นว่าทุกระบบจะต้องมีฟิล์มบางเงินเป็นชั้นหลัก เนื่องจากฟิล์มบางเงินมีสมบัติสะท้อนรังสีความร้อนดี อีกทั้งยังมีสภาพเปล่งรังสีต่ำ ทำให้นิยมใช้ฟิล์มบางเงินเป็นชั้นสะท้อนความร้อนและเรียกกระจกประเภทนี้ว่า “กระจกสะท้อนความร้อนชนิดฟิล์มบางเงินเป็นชั้นหลัก” (silver based heat mirror)



รูปที่ 2 ลักษณะการจัดเรียงชั้นฟิล์มบางของกระจกสะท้อนความร้อนที่มีโครงสร้างแบบ D/M/D/G

(a) แบบฟิล์มบาง 3 ชั้น (b) แบบฟิล์มบาง 3 ชั้นและมีชั้นป้องกัน

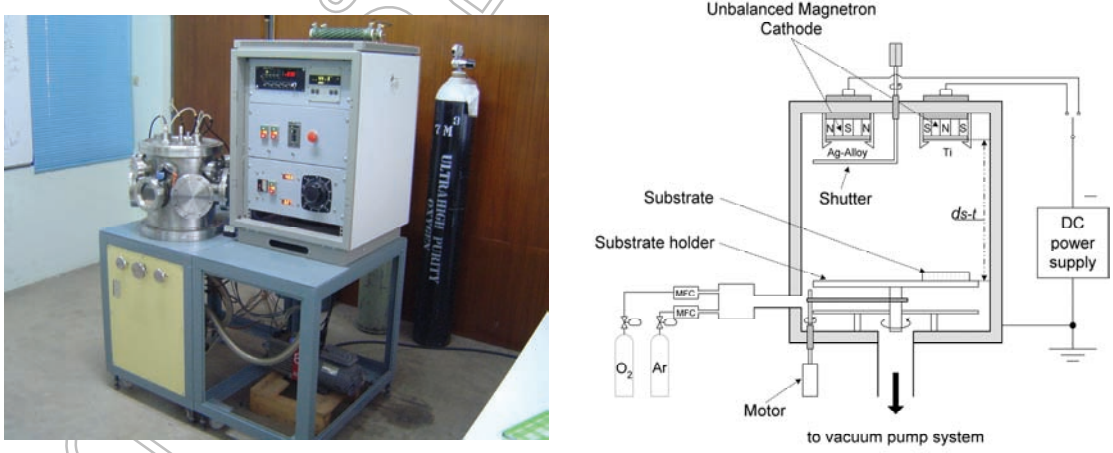
ถึงแม้ฟิล์มบางเงินจะมีสมบัติทางแสงที่เหมาะสำหรับใช้เป็นชั้นสะท้อนความร้อนของกระจกสะท้อนความร้อน แต่ก็มีข้อเสียบางประการ เช่น การเสื่อมสภาพของชั้นฟิล์มบางเงินในกระบวนการเคลือบเนื่องจากระหว่างการเคลือบฟิล์มบางไดอิเล็กทริกชั้นสุดท้ายฟิล์มบางเงินต้องอยู่ในบรรยากาศของแก๊สออกซิเจนทำให้ฟิล์มบางเงินเสื่อมสภาพเกิดเป็นจุดขาวส่งผลให้สมบัติทางแสงเปลี่ยนไป หรือ การเสื่อมสภาพเนื่องความชื้นในอากาศ Ando และ Miyazaki (1999) ได้ศึกษาการเสื่อมสภาพของระบบฟิล์มบาง ZnO/Ag/ZnO พบว่าเมื่อความชื้นในอากาศซึมผ่านชั้น ZnO บนสุดลงมายังชั้นฟิล์มบางเงินด้านล่าง จะทำให้อะตอมของเงินในชั้นฟิล์มบางเกิดการรวมตัวกันเป็นจุดขาวทำให้ฟิล์มมีลักษณะเป็นฝ้าไม่โปร่งใส และเมื่อความชื้นผ่านถึงรอยต่อของฟิล์มแต่ละชั้นก็จะทำให้แรงยึดระหว่างชั้นของฟิล์มลดลง ซึ่งในที่สุดจะทำให้ระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่เคลือบหลุดร่อนออกจากกระจก

ปัญหาข้างต้นสามารถแก้ได้หลายวิธีเช่น การปรับปรุงสมบัติของฟิล์มบางเงินโดยการเจือด้วยโลหะบางชนิด เช่น Pt, Pd หรือ Cu (Arbab, 1997) ทำให้ฟิล์มบางเงินมีความแข็งเพิ่มขึ้นทนความชื้นดีขึ้น ทำให้การเกิดจุดขาวในชั้นของฟิล์มบางเงินลดลง หรือ การเคลือบชั้นป้องกันในระหว่างการเคลือบฟิล์มบางไดอิเล็กทริกในชั้นบนสุด (รูปที่ 2(b)) เพื่อไม่ให้ฟิล์มบางเงินสัมผัสกับแก๊สออกซิเจนโดยตรงระหว่างการเคลือบ แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือกระบวนการเคลือบยุ่งยากมากขึ้นและถ้าชั้นป้องกันหนาเกินไปก็จะส่งผลต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มด้วย หรือ การปรับปรุงสมบัติของฟิล์มชั้นบนสุด เช่น ในระบบ ZnO/Ag/ZnO เพื่อไม่ให้ความชื้นซึมผ่านไปยังชั้นฟิล์มบางเงินโดยการเจือ ZnO ด้วย Al ให้เป็น Al-doped ZnO หรือ AZO วิธีนี้จะช่วยลดความเครียดในเนื้อฟิล์ม ZnO ชั้นบนสุดทำให้ฟิล์มทนความชื้นได้สูงขึ้น แต่การแก้ด้วยวิธีนี้จะทำให้อัตราเคลือบของ ZnO ลดลง และถ้าเจือ Al มากเกินไปความชื้นก็อาจจะทำปฏิกิริยากับ Al ที่เจือเข้าไปแล้วทำให้เกิดจุดขาวเป็นฝ้าได้เช่นกัน (Ando และ Miyazaki, 2001)

บทความวิจัยนี้เป็นรายงานการเตรียมกระจกสะท้อนความร้อนแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน โดยเตรียมและศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางสองชนิดที่ใช้คือ ฟิล์มบางเงินเจือ (Ag-alloy) ซึ่งเป็นฟิล์มบางโลหะสำหรับใช้เป็นชั้นสะท้อนความร้อน และฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซึ่งเป็นฟิล์มบางไดอิเล็กทริกสำหรับกันสะท้อนแสง จากนั้นจึงเคลือบระบบฟิล์มบางหลายชั้นของกระจกสะท้อนความร้อนชนิดฟิล์มบางที่มีโครงสร้างแบบ D/A/D/G (D=ไดอิเล็กทริก, A=โลหะเจือ, G=กระจก) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ฟิล์มบางเงินเจือในการเป็นชั้นสะท้อนความร้อนของกระจกสะท้อนความร้อน ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้จะเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนากระจกเลือกรังสีชนิดสะท้อนความร้อนแบบฟิล์มบางต่อไป

วิธีการวิจัย

การเคลือบฟิล์มบางเงินเจือ (Ag-alloy) และฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สำหรับทำกระจกสะท้อนความร้อนชนิดฟิล์มบางหลายชั้นที่มีโครงสร้างแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 ในงานวิจัยนี้จะเตรียมขึ้นจากเครื่องเคลือบในสุญญากาศ ระบบ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง ซึ่งพัฒนาขึ้นเองโดยคณะผู้วิจัย ลักษณะและไดอะแกรมของเครื่องเคลือบดังแสดงในรูปที่ 3 ห้องเคลือบของเครื่องเคลือบเป็นทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 310.0 mm สูง 370.0 mm ระบบเครื่องสูบสุญญากาศประกอบด้วยเครื่องสูบแบบแพร่ไอและใช้เครื่องสูบกลโรตารีเป็นเครื่องสูบท้าย การวัดความดันภายในห้องเคลือบใช้มาตรวัดความดันของ balzers รุ่น TPG300 โดยใช้หัววัดแบบพิรานี รุ่น TPR010 และ หัววัดแบบเพนนิ่งรุ่น IKR050 เครื่องเคลือบมีคาโทดสำหรับติดตั้งเป้าสารเคลือบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 54.0 mm จำนวน 2 ชุด คือ เป้าเงินเจือ (92.5%Ag 7.5%Cu) และเป้าไททาเนียม (99.97%TiO_2) พร้อมภาคจ่ายไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรงขนาด 1000 V 3A แก๊สที่ใช้ในกระบวนการเคลือบมี 2 ชนิดคือ แก๊สอาร์กอนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นสปัตเตอร์แก๊ส และแก๊สออกซิเจนความบริสุทธิ์สูง (99.999%) เป็นแก๊สไวปฏิกิริยา สำหรับการปล่อยแก๊สที่ใช้ในกระบวนการเคลือบจะควบคุมด้วยชุดควบคุมการไหลของมวล (mass flow controller) ของ MKS type247D ในส่วนวัสดุรองรับสำหรับเคลือบฟิล์มบางและระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่ใช้ในการศึกษาคือ กระจกสไลด์ขนาด 2.5x7.5 cm โดยวัสดุรองรับทุกชิ้นก่อนเคลือบจะทำความสะอาดโดยการล้างในอัลตราโซนิคด้วย trichloroethylene (TCE), อะซีโตน และไอโซโพรพานอล ตามลำดับ สุดท้ายเป่าแห้งด้วยลมร้อน



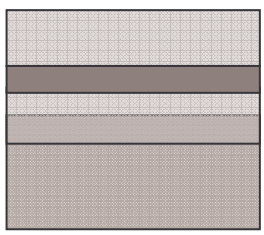
(a) (b)

รูปที่ 3 เครื่องเคลือบในสุญญากาศระบบ ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง ที่ใช้ในงานวิจัย
(a) ลักษณะของเครื่องเคลือบ (b) ไดอะแกรมของเครื่องเคลือบ

สำหรับขั้นตอนการเคลือบฟิล์มบางแต่ละชุดจะเริ่มจากนำกระจกสไลด์ที่ทำความสะอาดแล้วเข้าสู่ห้องเคลือบ จัดวางกระจกสไลด์ให้ห่างจากหน้าเป้าสารเคลือบเท่ากับ 12 cm จากนั้นลด

ความดันภายในห้องเคลือบด้วยระบบเครื่องสูบสุญญากาศจนได้ความดันพื้น (base pressure) เท่ากับ $3.0x10^{-5}$ mbar ปล่อยแก๊สที่ใช้ในกระบวนการเคลือบผ่านตัวปล่อยแก๊ส (transducers) ซึ่งควบคุมด้วยชุดควบคุมการไหลของมวลเข้าห้องเคลือบ แล้วจึงจ่ายไฟฟ้าให้กับคาโทดของเครื่องเคลือบเพื่อทำการเคลือบฟิล์มบางตามต้องการ สำหรับเงื่อนไขของการเคลือบฟิล์มบางแต่ละชุดสรุปได้ดังตารางที่ 1 ทั้งนี้ก่อนการเคลือบฟิล์มบางทุกครั้งจะต้องทำความสะอาดหน้าเป้าสารเคลือบด้วยการสปัตเตอร์หน้าเป้าสารเคลือบ (pre-sputtering) ในบรรยากาศของแก๊สอาร์กอนประมาณ 10 นาที โดยปิดแผ่นบัง (shutter) ที่ติดตั้งไว้ระหว่างหน้าเป้าสารเคลือบกับวัสดุรองรับ

งานวิจัยนี้เริ่มจากการเตรียมและศึกษาสมบัติทางแสงของฟิล์มบางเงินเจือสำหรับใช้เป็นชั้นสะท้อนความร้อน และ ฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์สำหรับใช้เป็นชั้นกันการสะท้อนแสง สมบัติทางแสงของฟิล์มบางและระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่เคลือบได้ทั้งหมดจะตรวจวัดด้วยด้วยเครื่อง UV-VIS-NIR spectrophotometer ของ Shimadzu รุ่น MPC-31000 ในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 200-2000 nm สำหรับการเคลือบระบบฟิล์มบางหลายชั้นของกระจกสะท้อนความร้อนที่มีโครงสร้างแบบ D/A/D/G (D=ไดอิเล็กทริก, A=โลหะเจือ, G=กระจก) (รูปที่ 4) ในงานวิจัยนี้จะกำหนดให้ความหนาของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เป็นชั้นไดอิเล็กทริกมีความหนาคงที่เท่ากับ 30 nm (Jin *et al.*, 2003) และแปรค่าความหนาของฟิล์มบางเงินเจือในช่วง 15-35 nm สำหรับความหนาของฟิล์มบางในแต่ละชั้นจะควบคุมจากอัตราเคลือบของฟิล์มบางแต่ละชนิด ระบบฟิล์มบางหลายชั้นของกระจกสะท้อนความร้อนที่เตรียมได้จะนำไปวัดค่าการส่งผ่านแสงและพิจารณารูปแบบการส่งผ่านแสงของกระจกสะท้อนความร้อนเมื่อฟิล์มบางเงินเจือที่ใช้เป็นชั้นสะท้อนความร้อนมีความหนาเพิ่มขึ้นเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการใช้ฟิล์มบางเงินเจือเป็นชั้นสะท้อนความร้อนของกระจกสะท้อนความร้อนต่อไป



รูปที่ 4 ลักษณะการจัดเรียงฟิล์มบางของกระจกสะท้อนความร้อนชนิดฟิล์มบางในงานวิจัยนี้

ตารางที่ 1 เงื่อนไขการเคลือบฟิล์มบางเงินเจือและฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ในงานวิจัยนี้

ตัวแปร	ฟิล์มบาง	
	เงินเจือ (Ag-alloy)	ไททาเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)
เทคนิคการเคลือบ	DC sputtering	DC reactive sputtering
เป้าสารเคลือบ	Ag-alloy (92.5%Ag-7.5%Cu)	TiO_2 (99.97%)
วัสดุรองรับ	กระจกสไลด์	
อุณหภูมิวัสดุรองรับ	อุณหภูมิห้อง	
d_{s-t}	12 cm	
ความดันพื้น	$3.0x10^{-5}$ mbar	
ความดันขณะเคลือบ	$3.5x10^{-3}$ mbar	$5.0x10^{-3}$ mbar
กำลังไฟฟ้า	135 W	220 W
อัตราไหลของแก๊สอาร์กอน	2 sccm	1 sccm
อัตราไหลของแก๊สออกซิเจน	-	4 sccm
อัตราเคลือบ	0.64 nm/sec.	0.74 nm/sec.

ผลการวิจัยและอภิปราย

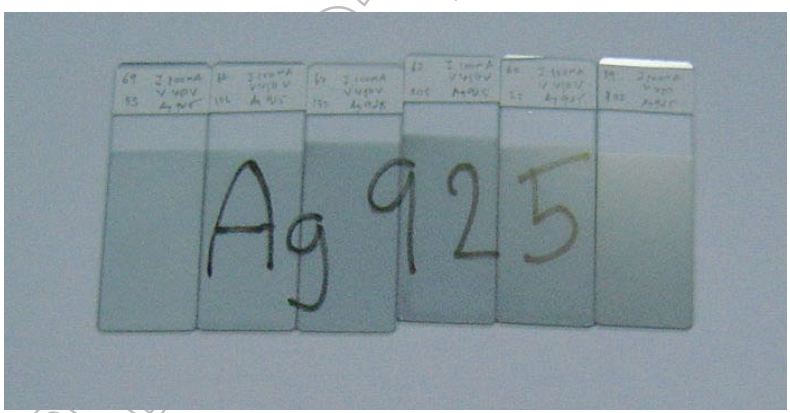
สมบัติทางแสงของฟิล์มบางเงินเจือ

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของฟิล์มบางเงินเจือที่เคลือบบนกระจกสไลด์ด้วยตาเปล่าพบว่ามีชั้นของฟิล์มบางเงินเจือในลักษณะมัน มีสีจางๆ ของเงิน กระจายตัวสม่ำเสมอดีทั่วทั้งชิ้นงาน และเนื่องจากฟิล์มบางที่เคลือบมีความหนาน้อยมาก (อยู่ในช่วง 2-10 nm) ทำให้ฟิล์มบางที่ได้ยังสามารถส่งผ่านแสงในช่วงตามองเห็นได้ดี รูปที่ 5 เป็นตัวอย่างฟิล์มบางเงินเจือเคลือบที่ความหนาต่างๆ ทั้งนี้จะเห็นว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้นั้นบางมากในระดับที่แสงยังสามารถส่งผ่านได้ดี สังเกตได้จากการมองเห็นตัวอักษรด้านหลังกระจก อย่างไรก็ดีแม้ว่าฟิล์มบางที่ได้จะโปร่งใสแต่ก็ยังมีสีออกเทาเล็กน้อย (เมื่อแสงส่งผ่าน) ขณะที่การสะท้อนแสงของฟิล์มบางยังให้สีเงินของเป้าสารเคลือบได้อย่างชัดเจน

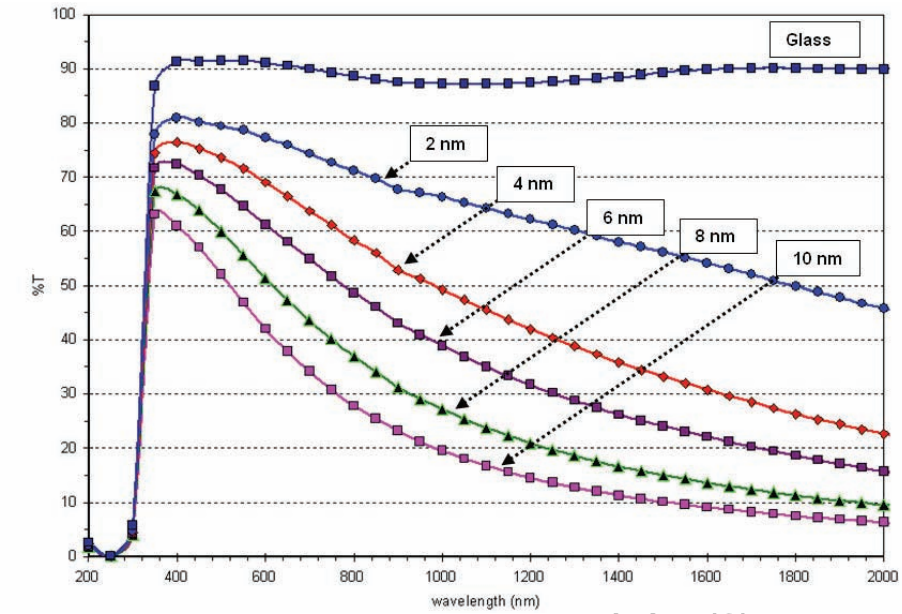
รูปที่ 6 แสดงค่าการส่งผ่านแสงของกระจกสไลด์ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มและเคลือบฟิล์มบางเงินเจือที่ความหนาต่างๆ สำหรับในกรณีกระจกสไลด์ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม ค่าการส่งผ่านแสงในช่วงอัลตราไวโอเลต (ความยาวคลื่น 200-300 nm) มีค่าน้อยมาก (ไม่ถึง 1%) แต่ในช่วงตามองเห็นและช่วงอินฟราเรด (ความยาวคลื่น 300-2000 nm) ค่าการส่งผ่านแสงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณ 90 % และลดลงเล็กน้อยก่อนคงที่ในที่สุด ซึ่งต่างจากกรณีกระจกสไลด์เคลือบฟิล์มบางเงินเจือจะเห็นว่าค่าการส่งผ่านแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตมีค่าเช่นเดียวกับกระจกไลด์ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม แต่ในช่วงตามองเห็นและช่วงอินฟราเรดค่าการส่งผ่านแสงจะมีค่าต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยช่วงตามองเห็นจะมีค่าการส่งผ่านแสงสูงกว่าช่วงอินฟราเรด สำหรับทุกความหนา

เมื่อพิจารณาค่าการส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นพบว่ากระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มบางเงินเจือทั้งหมดจะมีค่าการส่งผ่านแสงในช่วงตามองเห็นสูง ขณะที่ในช่วงอินฟราเรดจะมีค่าการส่งผ่านแสงลดลงซึ่งเกิดขึ้นเช่นเดียวกันสำหรับทุกค่าความหนาของฟิล์ม และเมื่อพิจารณาค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางเงินเจือที่มีความหนาต่างๆ กัน พบว่าค่าการส่งผ่านแสงในช่วงตามองเห็นและช่วงอินฟราเรดของฟิล์มบางเงินเจือจะลดลงตามความหนาของฟิล์มเหมือนกันทั้งหมด โดยเมื่อความหนาของฟิล์มเพิ่มมากขึ้นค่าการส่งผ่านแสงในช่วงอินฟราเรดจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้ที่ฟิล์มหนาประมาณ 2 nm พบว่ามีค่าการส่งผ่านแสงสูงสุดประมาณ 80% ที่ความยาวคลื่น 400 nm (ช่วงตามองเห็น) และมีค่าการส่งผ่านแสงประมาณ 22% ที่ความยาวคลื่น 2000 nm (ช่วงอินฟราเรด) ขณะที่ฟิล์มหนาประมาณ 10 nm ที่ความยาวคลื่น 400 nm จะมีค่าการส่งผ่านแสงประมาณ 60% (ช่วงตามองเห็น) และที่ความยาวคลื่น 2000 nm (ช่วงอินฟราเรด) พบว่ามีค่าการส่งผ่านแสงเพียง 7% เท่านั้น

เหตุผลที่ฟิล์มบางเงินเจือที่เป็นโลหะแต่สามารถส่งผ่านแสงได้นั้นจะเกิดเฉพาะกรณีที่ฟิล์มมีความหนาน้อยมากในระดับนาโน เนื่องจากอะตอมหรือโมเลกุลของเงินที่พอกพูน (deposited) บนกระจกรองรับนั้นจะยังไม่ต่อเนื่องเป็นแผ่นของฟิล์มบาง แต่จะกระจุกตัวรวมกันเป็นกลุ่มๆ ในลักษณะเป็นกลุ่มก้อน (islands formed) ทำให้แสงยังสามารถส่งผ่านฟิล์มบางได้



รูปที่ 5 ลักษณะของฟิล์มบางเงินเจือที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่าฟิล์มบางที่เคลือบได้มีลักษณะโปร่งใส แสงยังส่งผ่านได้ดี ทำให้สามารถมองเห็นตัวอักษรด้านหลังของกระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มบางเงินเจือได้



รูปที่ 6 ค่าการส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของฟิล์มบางเงินเจือตามความหนา

สมบัติทางแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์

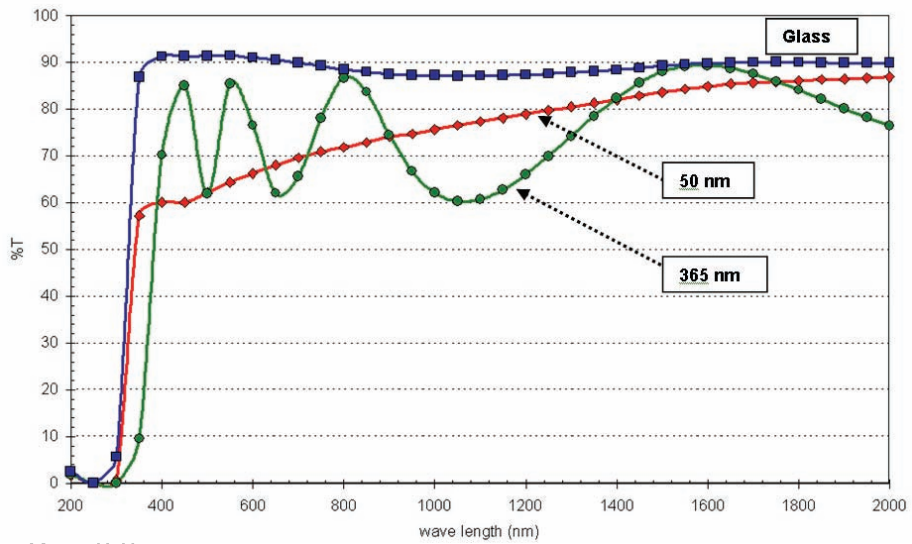
เมื่อพิจารณาฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์ด้วยตาเปล่าพบว่าฟิล์มที่ได้มีลักษณะใสส่งผ่านแสงได้ดี แสงส่งผ่านมีสีฟ้าอ่อน และสีของฟิล์มนี้จะเปลี่ยนไปตามความหนาฟิล์มด้วย รูปที่ 7 เป็นตัวอย่างฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบได้จะเห็นว่าแสงสามารถส่งผ่านกระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ได้ (สังเกตจากตัวอักษรด้านหลังกระจก)

รูปที่ 8 แสดงค่าการส่งผ่านแสงของกระจกสไลด์ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์มและเคลือบฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความหนาต่างกัน กระจกสไลด์ที่เคลือบด้วยฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่ความหนาประมาณ 50 nm จะเห็นว่าในช่วงอัลตราไวโอเลตมีค่าการส่งผ่านแสงเช่นเดียวกับกระจกไลด์ที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม แต่ในช่วงตามองเห็นและช่วงอินฟราเรดค่าการส่งผ่านแสงที่ตรวจวัดได้จะมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในช่วงตามองเห็นจะมีค่าการส่งผ่านแสงต่ำกว่าช่วงอินฟราเรด โดยในช่วงความยาวคลื่น 300-400 nm จะเห็นว่าค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจาก 0% ไปจนมีค่าประมาณ 60% ที่ความยาวคลื่น 400 nm และค่อนข้างคงที่จนถึงความยาวคลื่นประมาณ 420 nm ค่าการส่งผ่านแสงจึงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนมีค่าประมาณ 84% ที่ความยาวคลื่น 2000 nm

กระจกสไลด์ที่เคลือบด้วยฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่มีความหนาประมาณ 360 nm พบว่าค่าการส่งผ่านแสงในช่วงอัลตราไวโอเลตมีค่าการส่งผ่านแสงไม่ถึง 1% เช่นเดียวกับกระจกสไลดที่ไม่ได้เคลือบฟิล์ม แต่ในช่วงตามองเห็นและช่วงอินฟราเรด (300-2100 nm) ค่าการส่งผ่าน

แสงของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้จะมีลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไป ในช่วง 60-85% ลักษณะการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่าการส่งผ่านแสงนี้เกิดจากการแทรกสอดของแสงที่ผิวหน้าและหลังของฟิล์มไททาเนียมไดออกไซด์ที่เคลือบบนกระจกสไลด์

รูปที่ 7 ลักษณะของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ที่ได้จากการทดลองจะเห็นว่า ฟิล์มบางที่เคลือบได้มีลักษณะโปร่งใส แสงยังส่งผ่านได้ดี ทำให้สามารถมองเห็นตัวอักษรด้านหลังของกระจกสไลด์ที่เคลือบฟิล์มบางได้

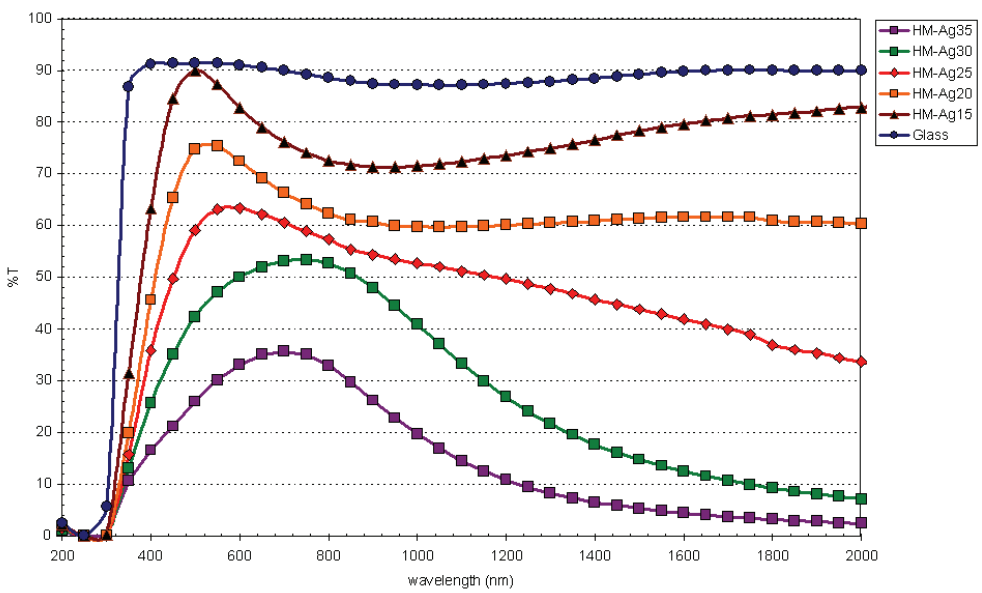


รูปที่ 8 ค่าการส่งผ่านแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ของฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์ตามความหนา

สมบัติทางแสงของกระจกสะท้อนความร้อนแบบฟิล์มบางหลายชั้น

เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพของกระจกสะท้อนความร้อนแบบฟิล์มบางหลายชั้นที่เคลือบได้ด้วยตาเปล่าพบว่า กระจกสะท้อนความร้อนที่เคลือบได้มีลักษณะใสส่งผ่านแสงได้ดี มีเฉดสีเทาอ่อนๆ ส่วนแสงสะท้อนที่ผิวหน้าของกระจกพบว่ามีสีม่วงอ่อนจางๆ รูปที่ 9 เป็นกราฟแสดงค่าการส่งผ่านแสงกับความยาวคลื่นของกระจกสะท้อนความร้อนระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่มีโครงสร้างแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 โดยกำหนดให้ความหนาฟิล์มของชั้นกันสะท้อนแสง (TiO_2) ทั้ง 2 ชั้น มีความหนาเท่ากันเท่ากับ 30 nm และแปรค่าความหนาฟิล์มบางชั้นสะท้อนความร้อน (Ag-alloy) ในช่วง 15-35 nm

จากรูปที่ 9 จะเห็นว่าเมื่อใช้ฟิล์มบางชั้นสะท้อนความร้อนที่มีความเท่ากับ 15 nm ค่าการส่งผ่านแสงของระบบฟิล์มบางหลายชั้นในช่วงความยาวคลื่นที่ตามองเห็นจะมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ 90% และลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น จุดนี้แสดงให้เห็นว่าระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่เคลือบได้สามารถแสดงสมบัติการสะท้อนความร้อนได้แต่ยังไม่ดีนัก ทั้งนี้เมื่อฟิล์มบางชั้นสะท้อนความร้อนของระบบฟิล์มบางหลายชั้นมีความหนาเพิ่มขึ้นจาก 15 nm เป็น 35 nm จะเห็นค่าการส่งผ่านแสงในช่วงตามองเห็นลดลง ทำนองเดียวกันจะเห็นว่าค่าการส่งผ่านแสงในช่วงอินฟราเรดก็ลดลงเช่นกัน ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่เคลือบได้เมื่อใช้ฟิล์มบางเงินเจือเป็นชั้นสะท้อนความร้อนสามารถแสดงสมบัติการสะท้อนความร้อนได้



รูปที่ 9 ค่าการส่งผ่านแสงของกระจกสะท้อนความร้อนแบบฟิล์มบางหลายชั้น เมื่อใช้ฟิล์มบางเงินเจือที่ความหนาต่างกัน

สรุปและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้เคลือบฟิล์มบางเงินเจือและฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์บนกระจกสไลด์ด้วยวิธี ดีซี แมกนีตรอน สปัตเตอริง ผลการศึกษาพบว่าค่าการส่งผ่านแสงของฟิล์มบางทั้งสองชนิดจะเปลี่ยนไปตามความหนาของฟิล์ม โดยในกรณีฟิล์มบางเงินเจือพบว่าที่ความหนาฟิล์มน้อยๆ จะมีค่าการส่งผ่านแสงในช่วงตามมองเห็นได้ดีและลดลงในช่วงอินฟราเรด ส่วนฟิล์มบางไททาเนียมไดออกไซด์พบว่าที่ความหนาน้อยๆ ค่าการส่งผ่านแสงในช่วงตามองเห็นจะต่ำและเพิ่มสูงขึ้นในช่วงอินฟราเรด แต่เมื่อความหนาฟิล์มเพิ่มขึ้นพบว่าค่าการส่งผ่านแสงจะเปลี่ยนไปในลักษณะเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันในช่วง 60-80% เมื่อเคลือบระบบฟิล์มบางหลายชั้นเพื่อทำกระจกสะท้อนความร้อนที่มีโครงสร้างแบบ TiO_2/Ag-alloy/TiO_2 โดยกำหนดให้ความหนาฟิล์มของชั้นกันสะท้อนแสงทั้ง 2 ชั้น มีความหนาเท่ากันเท่ากับ 30 nm และแปรค่าความหนาฟิล์มบางชั้นสะท้อนความร้อนในช่วง 15-35 nm พบว่ากระจกสะท้อนความร้อนที่ใช้ฟิล์มบางเงินเจือเป็นชั้นสะท้อนความร้อนสามารถแสดงสมบัติการสะท้อนความร้อนได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยบางส่วนจาก กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ผู้วิจัยขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

Ando, E. and M. Miyazaki. 2001. Moisture resistance of the low-emissivity coatings with a layer structure of Al-doped ZnO/Ag/Al-doped ZnO. **Thin Solid Films**. 392: 289-293.

Ando, E. and M.Miyazaki. 1999. Moisture degration mechanism of silver-based low-emissivity. **Thin Solid Films**. 351: 308-312.

Arbab, M. 1997. Thin Film Materials for High Transmittance-Low Emissivity Vacuum Coatings-A Review. **PPG Technology Journal**. 3: 29-47.

Berning, P.H. 1983. Principle of Design of Architectural Coatings, **Applied Optics**. 22-24: 4127-4141.

Ebisawa, J. and E.Ando. 1998. Solar Control Coating on Glass. **Current Opinion in Solid State & Materials Scinece**. 3: 386-390.

Jin, P., L. Miao, S. Tanemura, G. Xu, M. Tazawa, and K. Yoshimura. 2003. Formation and characterization of TiO2 thin films with application to a multifunctional heat mirror. **Applied Surface Science**. 212-213: 775-781.

Karlsson, B., E. Valkonen, T. Karlsson, and C.G.Ribbing. 1981. Materials for solar-transmitting heat-reflecting coatings. **Thin Solid Films**. 86: 91-98.

Lampert, C.M. 1981. Heat Mirror Coatings for Energy Conserving Windows. **Solar Energy Materials**. 6: 1-41.

U.S.Department of Energy, 1994. Advances in Glazing Materials for Windows. Retrieved December 15, 2007 from the World Wide Web: http://www.eere.energy.gov/erec/factsheets/windows.html

U.S.Department of Energy, 1998. Spectrally Selective Glazings. Retrieved December 15, 2006 from the World Wide Web: http://www.eere.energy.gov/femp/pdfs/FTA_Glazings.pdf

การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง

Knowledge Management for Continuity of Native Boat Culture in Central Thailand

จิรัฏฐ์ เหมือนวิหาร

นักศึกษาโครงการปรัชญาดุษฎีบัณฑิต การจัดการ มหาวิทยาลัยสยาม และอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

บทคัดย่อ

การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลางมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือและการจัดการความรู้เกี่ยวกับเรือพื้นบ้านให้คงอยู่ต่อไป ได้วางกรอบการศึกษาโดยกำหนดพื้นที่ศึกษาบริเวณตลาดหัวรอ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา คลองเนินสะดวก อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ตลาดน้ำอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณพื้นที่ตลาดโบราณบางพลี อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ นอกจากนี้ได้ศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา สำหรับแนวคิดที่เป็นปัจจัยของการศึกษาคือ 1)กระบวนการแสวงหาความรู้ 2)สังคมวัฒนธรรมการใช้เรือ 3)การเผยแพร่ความรู้ 4)การใช้ความรู้เรื่องเรือพื้นบ้าน

การวิจัยนี้เป็นการค้นคว้าและตอบปัญหาสิ่งที่เป็นธรรมชาติ ของการจัดการความรู้ นำความรู้มาประมวลผล เพื่อให้ต่อเนื่องกันเกี่ยวกับเรื่อง การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ซึ่งมีผลกระทบ 4 ประการ ในการจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ซึ่งมีดังนี้ 1) การแสวงหาความรู้ 2) สังคมและวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้าน 3) การเผยแพร่ความรู้ 4) การใช้ความรู้เรื่องเรือพื้นบ้าน ข้อมูลที่นำมาสนับสนุนตอบปัญหาจากการค้นคว้าที่เกี่ยวกับข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ จากการค้นคว้าวิจัยในเรื่องเรือพื้นบ้านในภาคกลางของประเทศไทย การค้นคว้าวิจัย นำมาสรุป การใช้เรือ ที่เกี่ยวข้องและที่น่าสนใจและเรื่องที่ผ่านมา นำมาศึกษาและสรุป

Abstract

Knowledge Management for Continuity of Native Boat Culture in Central Thailand is the aiming at preserving and passing on the boat- living's way of life and Cultures. The venues for the studies are 1. Huaro Market, Phranakorn Sriayudhaya Market, Sriayudhaya Province, 2. Damnoansadok Canal, Damnoansadok District, Rajburi Province 3. Amphawa Flouting Market, Amphawa District, Samutsongkram Province and finally 4.area of Bangphli Ancient Market, Bangphli District, Samutprakarn

Mareover, the perspectives and points of views related to the boat-living's way of life are taken into Consideration .

The topics of the research are divided into

1. The procedures of the studies
2. The social cultures of the boat-living's way of life
3. The knowledge propagation
4. The application of the native boats

The research answers the research problem , abut is the nature of knowledge management in helping the continuity of native boat culture in central Thailand, That there are four factors affecting The knowledge management processes helping the continuity of native boat culture. They are; 1) finding native boat knowledge 2) society and culture of native boat utilization, 3) The diffusion of Those knowledge, and 4) The application of the knowledge. The data to support the answer qualitatively collected from The central plain of Thailand. The research them ended up with interesting recommendations concerning the related study.

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

1.1.1 **โจทย์วิจัย** การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลางเป็นอย่างไร

อธิบายโจทย์ ประการแรก การที่โจทย์ว่าอย่างนี้หมายความว่า การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับการใช้เรือพื้นบ้านว่ามีอะไรบ้าง แล้วใช้ความรู้ในการจัดการนี้ในการใช้เรือพื้นบ้านได้อย่างไร นี้คือความหมายเช่น ความหมายของเรือ ซึ่งเรือเป็นยานพาหนะที่ใช้สัญจรไปมาในแม่น้ำ มักทำด้วยวิธีขุดใช้ไม้ทั้งต้น และเรือต่อใช้ไม้กระดานนำมาประกอบและนำมาต่อกันเข้าเป็นรูปเรือในรูปลักษณะต่างๆของการใช้ การจัดการความรู้ในเรื่องเรือไม่ได้หมายถึงเฉพาะการจัดการความรู้เรื่องเรืออย่างเดียวเท่านั้น แต่ยังหมายถึงการจัดการอย่างอื่นๆอีกได้หลายๆอย่างเช่นการจัดการทางด้านการศึกษา การจัดการทางด้านวิศวกรรม การจัดการด้านก่อสร้างและการจัดการทางด้านสารสนเทศ เป็นต้น

ปัจจัยที่ศึกษา ศึกษาบริบทชุมชนสภาพแวดล้อมชุมชนวิถีชีวิตของผู้ใช้เรือ และมีวิชาที่เกี่ยวข้องเช่น สังคมศาสตร์ สังคมวิทยา มานุษยวิทยา และการจัดการความรู้ของชุมชนภายใต้บริบทของสังคมปัจจุบันมีความสัมพันธ์อย่างไรกับการถ่ายทอดศิลปะและวัฒนธรรมเรือต่อ

พื้นบ้านเพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ เกี่ยวกับความเป็นมาของเรือต่อตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เช่น การจัดการความรู้เรื่องเรือมีความสัมพันธ์กันอย่างไรและมีขบวนการขั้นตอนการสืบทอดอย่างไร และการถ่ายทอดภูมิปัญญาของชาวบ้านที่เกี่ยวกับเรื่องเรือ เขามีขบวนการถ่ายทอดภูมิปัญญาที่เกี่ยวกับการต่อเรือมีอย่างไร ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน และประเด็นที่สำคัญที่ศึกษาคือ ความเป็นมาของเรือต่อและเรือขุดและการใช้เรือพื้นบ้าน และบริบทของชุมชนที่มีเรือและที่ใช้วิถีชีวิตอยู่ริมแม่น้ำในภาคกลาง ชุมชนที่มีเรือ เมื่อศึกษาแล้วจะต้องนำทฤษฎีการจัดการความรู้มาอธิบายลักษณะการถ่ายทอดศิลปวัฒนธรรมเรือต่อพื้นบ้าน และเสนอแนวทางการจัดการความรู้การสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลางมาจัดการความรู้ เช่นการใช้การเรือพื้นบ้าน การอนุรักษ์เรือพื้นบ้าน และส่งเสริมการท่องเที่ยว และ ปัจจัยความรู้ที่มีผลต่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือที่มีผลต่อการลืบทอดวัฒนธรรมทั้งอดีตและปัจจุบันเป็นอย่างไรเช่น เทคโนโลยีค่านิยมของสังคมสมัยใหม่ที่มีผลต่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ภาวะผู้นำที่ขาดการสืบทอดวัฒนธรรมเรื่องเรือพื้นบ้านที่ถ่ายทอดได้ขาดหายไป

สาเหตุที่ศึกษา ผู้วิจัยคุ้นเคยเรื่องเรือ และเคยเห็นความรุ่งเรืองของเรือ และได้ศึกษาการจัดการ ยากใช้ความรู้ที่ศึกษามานำมาจัดการให้อยู่ในระบบการจัดการความให้ผู้อื่นเขาได้รับรู้เพื่อจะได้รับรู้ว่าเรือพื้นบ้านที่ภูมิปัญญาของชาวบ้านในชุมชน ที่มีเรือขาดหายไปไหน ทั้งผู้วิจัยเองก็เคยสอนวิชาที่เกี่ยวกับเรือพื้นบ้าน เพราะมีความรู้ทางด้านสถาปัตยกรรม เพราะศึกษามาทางด้านนี้ ประเด็นที่สำคัญที่สุดคือ ต้องการรักษามรดกวัฒนธรรมเกี่ยวกับเรือซึ่งปัจจุบันได้ขาดหายไป ในส่วนที่ขาดหายไปควรจะต้องจัดการอย่างไรให้ คนรุ่นหลังได้เรียนรู้ และรับรู้ที่มาและที่ไปที่เรือขาดหายไปของเรือพื้นบ้านในภาคกลาง เมื่อขาดหายไปจะนำมาใช้ประโยชน์อะไรต่อการวิจัยในเรื่องเรือพื้นบ้าน ส่วนที่ศึกษาที่เกี่ยวเรื่องเรือนี้มีอยู่ สองเรื่องคือ เรือต่อและเรือขุดของพื้นบ้านในภาคกลางในชุมชนที่มีเรือและชุมชนที่อยู่ริมแม่น้ำ เรือทั้งสองเรื่องนี้ในปัจจุบันได้หายไปจากแม่น้ำลำคลอง และรวมทั้งวิถีชีวิตของชุมชนที่อยู่ริมแม่น้ำได้ขาดหายไปนานหลายทศวรรษพอสมควร

การจัดการความรู้เรื่องเรือต่อมีความสำคัญในยุคค่านิยมสมัยใหม่ที่จะต้องนำมาจัดการความรู้แล้ว และสิ่งที่จะต้องดำเนินต่อไป นอกจากความรู้เรื่องเรือพื้นบ้านแล้วจะต้องนำมาบริหารและการจัดการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านสังคมชุมชน คือ นำไปใช้ประโยชน์เช่น เรื่องการส่งเสริมการท่องเที่ยว ตลาดน้ำ พิพิธภัณฑ์เก็บรักษาเรือเพื่อให้บุคคลรุ่นหลังได้ศึกษาที่เกี่ยวกับวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง และเพื่อไม่ให้หลงลืมวัฒนธรรมภูมิปัญญามรดกคนรุ่นแรกได้สร้างสะสมไว้ ผู้วิจัยจะต้องศึกษาหารายละเอียดอย่างจริงจังกับเรื่องเรือ รวมการจัดการความรู้เรื่องต่างๆ หลายๆ เรื่องแล้วยังจะต้องจัดการเผยแพร่เช่นประชาสัมพันธ์ การเผยแพร่ความรู้

ในอินทราเน็ต แบ่งปันความรู้ การจัดหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่างๆเพื่อให้รับความรู้ และเพื่อนำมาเผยแพร่ให้บุคคลอื่นๆที่ไม่รู้เพื่อให้รู้เป็นอีกแนวทางหนึ่ง

ปัจจุบันงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรือพื้นบ้านมีผู้ศึกษาไว้น้อยมาก เนื่องจากการพัฒนาของเมืองมีความเจริญด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยี อย่างรวดเร็ว ความเจริญดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่มีการดำเนินกิจกรรมทางเรือ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของวิถีชีวิตและวัฒนธรรมการใช้เรือ หากมองในเรื่องของการใช้เรือพื้นบ้าน ไม่ว่าจะเป็นเรือพื้นบ้านภาคใดก็ตามของประเทศไทย ก็มีความสำคัญเช่นกัน ความสำคัญนั้นคือวัฒนธรรมการใช้เรือและศิลปะการต่อเรือพื้นบ้าน ซึ่งในอดีตเรือพื้นบ้านเคยมีบทบาทความสำคัญกับวิถีชีวิตของผู้ที่อาศัยอยู่ตามแม่น้ำลำคลอง โดยใช้เรือเป็นพาหนะในการเดินทาง และในปัจจุบันเรือพื้นบ้านได้ถูกลดบทบาทลงเนื่องจากความเจริญก้าวหน้าด้านคมนาคม มีการสร้างถนนและนำรถยนต์มาใช้แทนเรือมากขึ้น ดังนั้นความรู้ที่เกี่ยวกับวัฒนธรรมการใช้เรือ ศิลปะการต่อเรือพื้นบ้านจึงค่อยๆเลือนหายไป ผู้วิจัยเห็นว่าการที่ให้ศิลปะการต่อเรือ วัฒนธรรมการใช้เรือและความรู้เรือพื้นบ้านให้คงอยู่อย่างยั่งยืนนั้นจะต้องมีการบริหารจัดการในเรื่องการถ่ายทอดความรู้ที่เกี่ยวกับเรือพื้นบ้านอย่างเป็นระบบดังภาพ

ภาพที่ 1. แสดงวิถีชีวิตในอดีต

ภาพที่ 2 ความเจริญด้านเทคโนโลยีโดยรถเข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวัน

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสภาพการสืบทอดความรู้การใช้เรือต่อพื้นบ้านในภาคกลาง
2. ศึกษาวัฒนธรรมและศิลปะการใช้เรือต่อพื้นบ้านและการท่องเที่ยวโดยใช้เรือพื้นบ้าน
3. ศึกษาสภาพการสืบทอดความรู้การทำเรือต่อพื้นบ้าน
4. ศึกษาและเสนอแนวทางการจัดการความรู้เพื่อ การสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือ
5 เสนอแนวทางการเผยแพร่ความรู้การจัดการความ รู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือ

ขอบเขตการวิจัย ศึกษาปัญหาการสืบทอดความรู้การใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง บริเวณตลาดหัวรอ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา คลองเนินสะดวก อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ตลาดน้ำอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และบริเวณพื้นที่ตลาดริมน้ำโบราณบางพลี อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยขนาดของพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งอยู่ในรัศมี 1 กิโลเมตร (บริเวณแม่ลำน้ำ ลำคลอง)พื้นที่ชุมชนที่มีเรือต่อพื้นบ้าน เป็นการสัมภาษณ์ในเชิงลึกคือ สัมภาษณ์แบบมีจุดสนใจเฉพาะโยงเข้าประเด็นที่ต้องการสัมภาษณ์ สัมภาษณ์ นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญ ผู้ที่มีเรือที่ต่อเรือ และผู้มีสถานประกอบการต่อเรือจังหวัดละ 4 คน และได้กำหนดวัตถุประสงค์หลัก ซึ่งวัตถุประสงค์เฉพาะในที่นี้มี 5ประการ 1) ศึกษาสภาพการสืบทอดความรู้การใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง 2) ศึกษาวัฒนธรรมและศิลปะการใช้เรือพื้นบ้าน3) ศึกษาสภาพการสืบทอดความรู้การใช้เรือพื้นบ้าน 4) ศึกษาและเสนอแนวทางการจัดการความรู้เพื่อ การสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้าน 5) เสนอแนวทางการเผยแพร่ความรู้การจัดการความ รู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้าน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงสภาพ ปัญหา การสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลางจากอดีตและปัจจุบัน
2. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับศิลปะและวัฒนธรรมการใช้เรือขุดและเรือต่อพื้นบ้านในภาคกลาง
3. เป็นการอนุรักษ์ภูมิปัญญาความรู้เกี่ยวกับการใช้เรือพื้นบ้านและการส่งเสริมการท่องเที่ยว
4. สามารถใช้เป็นแนวทางจัดการความรู้เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง และเป็นแนวทางการจัดความรู้ทางการศึกษาในอนาคตได้
5. เป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจในวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง
6. ทำให้วัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลางมีการสืบต่อไป

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องการจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง เป็นการวิจัยในเชิงคุณภาพเป็นหลัก (Qualitative research) และมีการผสมผสานรูปแบบของการวิจัยเชิง (Documents research)เอกสาร วิจัยเชิงประวัติศาสตร์ (Historical research)

ประชากรและกลุ่มผู้ให้ข่าวสาร

ได้กำหนดลักษณะของประชากรและกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับเรือพื้นบ้าน โดยอาศัยหรือทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรือพื้นบ้านในพื้นที่ศึกษา ทั้ง 4 แห่ง ได้แก่

- ผู้ที่มีอาชีพต่อเรือพื้นบ้านจำนวนแห่งละ 2 คน
- นักวิชาการที่มีความรู้เกี่ยวกับเรือพื้นบ้านจำนวนแห่งละ 3 คน
- ผู้ใช้เรือพื้นบ้านดำเนินกิจกรรมต่างๆแห่งละ 4 คน

สำหรับพื้นที่ศึกษาได้กำหนดพื้นที่ที่มีกิจกรรมการใช้เรือ ได้แก่ ชุมชนตลาดหัวรอ อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ชุมชนตลาดน้ำคลองดำเนินสะดวก อำเภอดำเนินสะดวก จังหวัดราชบุรี ชุมชนตลาดน้ำอัมพวา อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม และชุมชนตลาดริมน้ำโบราณ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ โดยขนาดของพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่งอยู่ในรัศมี 1 กิโลเมตร (บริเวณแม่น้ำลำคลอง)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในวิจัย เป็นคือการศึกษาทบทวนเอกสารต่างๆจากแหล่งข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้าในทางทฤษฎี ประวัติศาสตร์และวิถีชีวิตทางวัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษาเช่น

.1. แบบสำรวจสภาพแวดล้อม เครื่องมือนี้ใช้สำรวจโดยการสังเกตสภาพกายภาพและพฤติกรรมการใช้วิถีชีวิตของผู้อาศัยและผู้ดำเนินกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเรือพื้นบ้านในพื้นที่ศึกษา โดยการศึกษาด้านสภาพกายภาพ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพแม่น้ำลำคลอง ที่อยู่อาศัย และวิถีชีวิตของคนในชุมชนเป็นไปอย่างไร

2. แบบสัมภาษณ์ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

1) แบบที่1 เป็นการสัมภาษณ์เกี่ยวกับสถานะภาพของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ ศาสนา ความสัมพันธ์ในครอบครัว

2) แบบที่ 2 เป็นการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเกี่ยวกับความเห็นการจัดการความรู้เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมเรือพื้นบ้านในภาคกลาง โดยแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกัน มีดังนี้

1. ส่วนที่ 1 สัมภาษณ์ความเห็นผู้ที่มีอาชีพต่อเรือพื้นบ้าน

2. ส่วนที่ 2 สัมภาษณ์ความเห็นนักวิชาการที่มีความรู้วัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านและการท่องเที่ยว

3. ส่วนที่ 3 สัมภาษณ์ความเห็นผู้ใช้เรือพื้นบ้านทำกิจกรรมค้าขายทางน้ำและผู้ใช้เรือกิจวัตรประจำวันทั่วไป

สำหรับการตั้งประเด็นหัวข้อคำถามที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้ใช้เนื้อหาตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ ความเห็นเกี่ยวกับวัฒนธรรมและศิลปะการต่อเรือพื้นบ้าน ความเห็นเกี่ยวกับสภาพการสืบทอดวัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน ความเห็นเกี่ยวกับแนวทางการจัดการความรู้

เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน นอกจากนี้ได้ใช้เนื้อหาของสมมติฐานในการกำหนดหัวข้อคำถาม ได้แก่ ความเห็นเกี่ยวกับกระบวนการแสวงหาความรู้ ความเห็นเกี่ยวกับสังคมและวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้าน ความเห็นเกี่ยวกับการเผยแพร่ความรู้ ความเห็นเกี่ยวกับการใช้ความรู้เรื่องเรือพื้นบ้าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แหล่งข้อมูลที่ทำการจัดเก็บนั้นได้จากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ เรื่องราวต่างๆ ที่เป็นประจักษ์พยานอันแท้จริง ซึ่งได้จากต้นตอจริงๆ ของเรื่องราวต่างๆ เหล่านั้น ผู้สังเกตการณ์ที่อยู่ในเหตุการณ์นั้นๆ หรือเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์นั้นๆ เป็นผู้รวบรวมขึ้น มีดังนี้

1. เอกสาร (Documents) เรื่องราวต่างๆ ที่รวบรวมไว้ เอกสารทางวิชาการ บทความ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และงานวิจัย

.2. ซากวัตถุเรือไทยโบราณ หรือของโบราณต่างๆ สิ่งก่อสร้าง ศิลปวัตถุต่างๆ ข้อมูลเกี่ยวกับซากเรือโบราณ เป็นข้อมูลที่เป็นหลักฐานเกี่ยวกับเหตุการณ์ในอดีต ซึ่งจะบอกรายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับชีวิต ความเป็นอยู่ตลอดจนการดำรงชีพและประเพณีต่างๆ

.3. คำให้การหรือคำสัมภาษณ์ของผู้ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ (Oral testimony)

2. ข้อมูลทุติยภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากเรื่องราวต่างๆ ที่ผู้รวบรวมไม่ได้เห็นเหตุการณ์จริง แต่อาจได้รับคำบอกเล่าจากผู้สังเกตการณ์นั้นอีกต่อหนึ่ง ข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ ได้แก่

1 ตำราทางประวัติศาสตร์ทางเรือและสารานุกรม (History text books and encyclopedia) การเก็บข้อมูลโดยการวิจัยเชิงคุภาพโดยสัมภาษณ์และสังเกต

3. การจัดเก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ การเก็บข้อมูลด้านสภาพกายภาพและพฤติกรรมของผู้อาศัยอยู่ชุมชนพื้นที่ศึกษา การเก็บข้อมูลด้านสภาพกายภาพได้แก่ การศึกษาเกี่ยวกับสภาพแม่น้ำลำคลอง ที่อยู่อาศัย และวิถีชีวิตของคนในชุมชน ในอดีตและปัจจุบันมีการเปลี่ยนเป็นไปอย่างไร และมีปัจจัยด้านใดที่มีผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ส่วนการเก็บข้อมูล ด้านพฤติกรรมของผู้อาศัยอยู่ชุมชนพื้นที่ศึกษา เป็นการศึกษาวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่เกี่ยวข้องกับการใช้เรือพื้นบ้าน และปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อความจำเป็นในการใช้เรือ

4. การจัดเก็บข้อมูลด้านสถานะภาพของกลุ่มผู้ให้ข่าวสาร ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ ศาสนา ความสัมพันธ์ในครอบครัว

5. การจัดเก็บข้อมูลด้านความเห็นการจัดการความรู้เพื่อสืบทอดวัฒนธรรมเรือพื้นบ้านในภาคกลาง โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาแต่ละแห่ง ได้แก่ ผู้ที่มีอาชีพต่อเรือพื้นบ้าน นักวิชาการที่มีความรู้วัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน และผู้ใช้เรือพื้นบ้านทำกิจกรรม

การวิเคราะห์ข้อมูล ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่เก็บรวบรวมทั้งหมดมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา(Content Analysis) วิธีการอุปนัย(Inductive

Method) และวิธีการนิรนัย(Deductive Method) และทำการเปรียบเทียบเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารด้วยลักษณะการตีความโดยเปรียบเทียบ ตรวจสอบหลักฐานอื่นและนำมาเรียบเรียง การตีความข้อมูล (interpretation) ความหมายออกมาจากข้อมูลที่มีอยู่เป็นการทำความเข้าใจว่าข้อมูลบอกอะไรแก่เราบ้าง โดยปกติเมื่อเราได้ข้อมูลเรื่องใดเรื่องหนึ่งมาเรามักรับรู้หรือทำความเข้าใจได้ในระดับที่ความหมายภายนอกข้องข้อมูลนั้นบ่งบอก นั่นคือรับรู้สิ่งที่เป็นข้อเท็จจริง เช่น เมื่อมีนักวิชาการเกี่ยวกับกับเรื่องเรืออธิบายให้ผู้วิจัยฟังในการสัมภาษณ์ว่าตนใช้วิธีการผลิตเรือโดยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อให้ชาวบ้านที่มีเรือ รับรู้ความหมายภายนอกจากข้อมูลดังกล่าวก็คือ การผลิตเรือที่ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อให้ชาวบ้านรู้ คือนักวิชาการผู้นี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ชาวบ้านรู้โดยเป็นการให้เข้าใจในการใช้เทคโนโลยีที่ผลิตเรือให้เสร็จเร็วและทันสมัย แต่อย่างไรก็ตามการรับรู้ข้อมูลระดับนี้ไม่เพียงพอสำหรับการวิจัยเชิงคุณภาพ นักวิจัยจำเป็นต้องหาความที่แท้จริงหรือความหมายขั้นลึกของพฤติกรรมการต่อเรือเพื่อให้ชาวบ้านรู้ด้วย จึงจะเข้าใจพฤติกรรมนี้อย่างแท้จริง เช่น ผู้รู้เรื่องเรือ ต้องอธิบายเรื่องเรือที่ใช้เทคโนโลยีมาแทนให้ชาวบ้านรู้เรื่องเรือและอื่นๆ ให้เข้าใจที่เกี่ยวการนำเทคโนโลยีโดยเฉพาะที่เป็นที่นิยมมาก ชาวบ้านก็จะตรวจสอบเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่จะผลิตเรือ เพื่ออยากรู้ว่ามันทันสมัยและรวดเร็วลดเวลาจริงหรือเปล่า มีอะไรมาทดแทนให้กับชาวบ้านได้บ้างถ้าไม่ใช้เทคโนโลยี ก็หาความหมายที่แท้จริง การใช้เทคโนโลยีเพื่อประโยชน์ของชาวบ้าน วิธีการที่ผู้วิจัยแสวงหาความหมายขั้นลึกของเทคโนโลยีนี้เองที่เรียกว่าการตีความข้อมูล

2 การวิเคราะห์ข้อมูลสภาพแวดล้อม เป็นการวิเคราะห์จากการสังเกตที่มีการใช้เรือ สังเกตชีวิตคนใช้เรือ สังเกตซากหักพังของเรือ เพื่อดูว่ารูปแบบที่ใช้ในอดีตเป็นอย่างไร เพื่อเทียบกับปัจจุบัน การสังเกตอย่างมีส่วนร่วมดูเขาต่อเรือที่อยุธยามีเยอะ เช่นแม่น้ำแม่กลอง ส่วนการขนถ่ายสินค้าขึ้นไปทางกาญจนบุรี มีแพ นำเที่ยว ซึ่งมีอาหารด้วย เป็นเรือที่ภัตตาคารโดยเฉพาะ โดยสังเกตแบบมีส่วนร่วม และไม่มีส่วนร่วม แล้วก็สัมภาษณ์ แนวทางที่จะสืบทอดวัฒนธรรม เป็นการสัมภาษณ์ 5 เรื่อง ปัจจัยเหตุ 4 เรื่อง ปัจจัยผล 1 เรื่อง ปัจจัยผลคือ การสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ในการสังเกต อาจจะคิดต่อไปข้างหน้าว่าเรื่องต่างๆ นี้ จะใช้ประโยชน์ในการสืบทอดวัฒนธรรมอย่างไร การวิจัยเอกสาร จะเก็บข้อมูลเอกสารเกี่ยวกับตัวแปรเหตุ และตัวแปรผล ในเรื่องความรู้ วัฒนธรรม การเผยแพร่ความรู้ในเรื่องการใช้ประโยชน์เรือในปัจจุบัน ซึ่งจะมีทั้งทฤษฎีและงานวิจัย การเก็บข้อมูลเอกสารที่เป็นประวัติศาสตร์ หรือ งานวิจัยเชิงประวัติศาสตร์เกี่ยวกับเรือการใช้เรือจะมีข้อมูลจากอดีตจากซากเรือโบราณเพิ่มเติมจากเอกสารทั่วไป ข้อมูลจากอดีตอาจจะรวมถึงการสังเกตมันเข้าข่ายเป็นการวิชัยเชิงประวัติศาสตร์ไปดูซากเรือ ดูบ้านเรือนใน

อดีตที่ยังเหลืออยู่ การวิจัยเชิงประวัติศาสตร์ รวมถึงการพูดคุยกับคนแก่ เกี่ยวกับชีวิตในเรือ การใช้เรือในอดีต รูปแบบต่างๆ ของการใช้เรือในอดีต นี่เป็น วิจัยเชิงประวัติศาสตร์(Historical research) อย่างไรก็ดี กรอบความคิดที่มีอยู่ที่ออกแบบไว้ว่าเป็น กรอบความคิดชั่วคราวที่เก็บข้อมูลมาแล้ว มันอาจจะเปลี่ยนแปลงไป เพิ่มตัวแปรเหตุมากขึ้น หรือลดตัวแปรเหตุลง แต่ตัวแปรผลอาจจะไม่เปลี่ยน จะเป็นเรื่องของการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้าน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลสถานะภาพของกลุ่มผู้ให้ข่าวสาร ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา อาชีพ ศาสนา ความสัมพันธ์ในครอบครัว

3. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการ ผู้ให้ข่าวสาร

เป็นการวิเคราะห์จากแบบสัมภาษณ์เชิงลึก โดยการสนทนาเจาะจงกับกลุ่มตัวอย่างที่มีอาชีพต่อเรือ นักวิชาการที่มีความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมเรือ และผู้ใช้เรือทำกิจกรรมในพื้นที่ศึกษา ด้วยวิธีการวิเคราะห์เนื้อหา(Content Analysis) วิธีการอุปนัย(Inductive Method) และวิธีการนิรนัย(Deductive Method) และทำการเปรียบเทียบเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปราย

จากการศึกษาการจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านในภาคกลาง ได้ศึกษาตามวัตถุประสงค์และปัจจัยเหตุที่ได้กำหนด เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการจัดการความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมทางเรือพื้นบ้าน และจากการวิเคราะห์ข้อสามารถอภิปลายผล ดังนี้

1 การศึกษาสภาพแวดล้อมพื้นที่ศึกษา

การพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อวิถีชีวิตและวัฒนธรรมผู้ใช้เรือ แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นจะมีผลกระทบมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการใช้ประโยชน์ของที่ดิน เช่น พื้นที่ชุมชนตลาดหัวรอและพื้นที่ตลาดโบราณบางพลี เป็นพื้นอยู่อาศัยผสมกับพาณิชย์กรรมประกอบกับมีความเจริญทางด้านโครงข่ายการคมนาคมทางบก ทำให้การใช้รถยนต์เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันมากกว่าการใช้เรือ และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตเพื่อให้อยู่รอดในสังคม ก็ส่งผลให้มีการเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้เรือ เช่นในเรื่องการหาเลี้ยงชีพโดยการเลิกใช้เรือประกอบอาชีพและขึ้นมาค้าขายบนบกแทน การเดินทางเพื่อทำกิจกรรมต่างๆ โดยใช้รถยนต์เป็นพาหนะแทนเนื่องจากสะดวกเร็ว

2. การศึกษาวัฒนธรรมและศิลปะการทำเรือพื้นบ้าน

วัฒนธรรมเรือพื้นบ้านมีการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ศึกษาทั้ง 4 แห่ง โดยมีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้เรือ ซึ่งเป็นผลจากการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และรวมทั้งเทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการใช้เรือของชุมชนคือการใช้เครื่องยนต์ช่วยในการขับเคลื่อนเรือ เพื่อให้สามารถเดินทางได้ในระยะไกลและเกิดความสะดวกสบาย ดังนั้นบทบาท

การใช้พายที่ทำจากไม้ซึ่งในการช่วยให้เรือเคลื่อนที่เป็นภูมิปัญญาชาวบ้านได้ถูกเลิกใช้ อีกปัจจัยหนึ่งเกี่ยวกับการแข่งด้านการค้าขาย คือเรื่องของเวลา การเดินทาง การขนส่งที่ต้องการความรวดเร็วทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมเลิกใช้เรือ

3.ชีวิตและสังคมการใช้เรือในปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

เนื่องจากที่ตั้งของชุมชนอยู่ริมแม่น้ำลำคลอง การมีตลาดน้ำที่เป็นศูนย์กลางการค้า จึงทำให้บริเวณชุมชนและพื้นที่ใกล้เคียงเกิดกิจกรรมการใช้เรือ เช่น ชุมชนตลาดน้ำอัมพวาและชุมชนตลาดน้ำดำเนินสะดวก อย่างไรก็ตามการพัฒนาของชุมชนด้านความเจริญและเทคโนโลยีจะต้องเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาจทำให้เกิดการเปลี่ยนวัฒนธรรมและพฤติกรรมการใช้เรือบ้าง เช่น พื้นที่ชุมชนตลาดหัวรอเป็นชุมชนที่อยู่ติดกับแม่เจ้าพระยาและแม่น้ำป่าสักที่มีกระแสน้ำเชี่ยวทำให้ยากแก่การพายเรือทวนกระแสน้ำ ดังนั้นจึงมีการการใช้เครื่องยนต์ช่วยในการขับเคลื่อนเรือ

โอกาสของการสืบทอดการใช้เรือพื้นบ้าน หรือการที่วิวัฒนาการใช้เรือพื้นบ้านอยู่ต่อไปขึ้นอยู่กับปัจจัยอะไรบ้าง

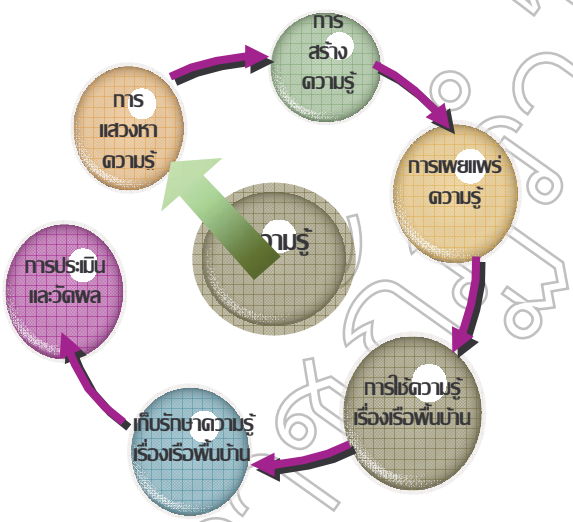
- **วิถีชีวิต** ในแต่ละพื้นที่จะมีวิถีที่แตกต่างกัน เช่น ชุมชนตลาดน้ำอัมพวาและชุมชนตลาดน้ำดำเนินสะดวก จะตั้งบ้านเรือนอยู่ตามแนวริมแม่น้ำลำคลอง และมีอาชีพทำสวน ค้าขาย โดยส่วนใหญ่จะต้องอาศัยเรือเป็นพาหนะ และยังมีตลาดน้ำซึ่งเป็นศูนย์รวมของการค้าขายทางเรือ ดังนั้นเรือจึงมีความสำคัญสำหรับการใช้วิถีชีวิตกับน้ำ ส่วนชุมชนตลาดหัวรอและตลาดโบราณบางพลี มีการใช้เรือน้อยลง เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่อยู่อาศัย พาณิชย์กรรมและมีความเจริญทางด้านคมนาคม โดยมีการสร้างถนนเข้าพื้นที่ชุมชนจำนวนมากทำให้การใช้รถเป็นพาหนะในการทำกิจกรรมต่าง ซึ่งมีความสะดวกมากกว่าการใช้เรือ

- **ปัญหาเศรษฐกิจ** ชุมชนตลาดน้ำอัมพวาและชุมชนตลาดน้ำดำเนินสะดวก ส่วนใหญ่มีรายได้มั่นคงในการประกอบอาชีพทำไร่ทำสวน ซึ่งต่างจากชุมชนตลาดหัวรอและตลาดโบราณบางพลี ซึ่งเป็นชุมชนเมืองและมีค่าครองชีพสูง ทำให้มีการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากการค้าขายในตามแม่น้ำลำคลองมาอยู่บนบกแทน และการย้ายถิ่นฐานเพื่อประกอบอาชีพให้มีรายได้พอกับค่าครองชีพ จึงทำให้มีการใช้เรือพื้นบ้านทำกิจกรรมน้อยลง

- **สังคม การย้ายถิ่นฐาน**เพื่อการประกอบอาชีพหรือไปศึกษาในสถานที่ต่างถิ่น ทำให้ไม่มีการทำกิจกรรมทางเรือ

- **เทคโนโลยี** ในแต่ละพื้นที่ศึกษาจะมีความเจริญทางด้านวัตถุหรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่แตกต่างกัน เช่น ชุมชนตลาดหัวรอและตลาดโบราณบางพลีเป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ในย่านอยู่อาศัยและพาณิชย์กรรม มีโครงข่ายถนนหลายเส้นทาง ดังนั้นการใช้รถยนต์จะมีความสะดวกมากกว่าการใช้เรือ ซึ่งแตกต่างจากชุมชนตลาดน้ำอัมพวาและชุมชนตลาดน้ำดำเนินสะดวก โดยสภาพ

พื้นที่ของชุมชนดังกล่าวมีสภาพเป็นสวนบ้านเรือตั้งอยู่ตามแนวแม่น้ำลำคลอง ทำให้ยังมีการใช้วิถีชีวิตอยู่กับน้ำตลอด ดังนั้นการที่จะให้มีการใช้เรือพื้นบ้านยังคงอยู่ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยดังกล่าวข้างต้นด้วย แต่หากมีการส่งเสริมในด้านการทำกิจกรรมทางเรือ ก็จะสามารถทำให้มีการใช้เรือพื้นบ้านมากขึ้นและยั่งยืนตลอดไป การจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านให้สำเร็จตามวัตถุประสงค์นั้น ผู้วิจัยเห็นว่าควรดำเนินการตามแนวคิดกระบวนการการจัดการความรู้ (Process Knowledge Management) มีดังภาพ



ภาพที่ 3 แสดงแนวคิดกระบวนการ การจัดการความรู้ (Process Knowledge Management)

1. **การแสวงหาความรู้** การสร้างกระบวนและขั้นตอนที่จะศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับเรือพื้นบ้าน ซึ่งวิธีการควรจะเรียงลำดับความสำคัญว่าควรจะเริ่มศึกษา ดังนั้นเห็นว่าควรที่จะเริ่มศึกษาที่รากเหง้าหรือที่มาและพัฒนาการของเรือ ส่วนทางด้านศิลปะของการทำเรือต่อพื้นบ้านเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งจะต้องศึกษารายละเอียดส่วนประกอบต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของเรือและรวมถึงวิธีการซ่อมบำรุง รากเหง้าของความรู้อาจศึกษาได้จากแหล่งความรู้ ได้แก่ ชุมชนที่มีกิจกรรมทางเรือ ผู้ใช้เรือ ผู้มีอาชีพต่อเรือ และนักวิชาการที่มีความรู้เกี่ยวกับเรือต่อพื้นบ้าน

2. **การสร้างความรู้** ความรู้อาจเกิดได้จากหลายกระบวนการ ตั้งแต่การมุมานะมุ่งสร้างนวัตกรรมไปจนถึงการทำวิจัย และสามารถเกิดขึ้นได้จากการที่ “คนที่มีความสามารถได้มองเห็นความสัมพันธ์ใหม่ ๆ และนำเอาองค์ประกอบต่าง ๆ ของความรู้ที่มีอยู่มารวมกัน โดยอาศัยการให้เหตุผลแบบโครงการสาธิต การทดลอง อาจจะเป็นความรู้ที่มีคุณค่าต่อองค์การมากที่สุด

3. **การเผยแพร่ความรู้** การหาแนวที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเผยแพร่ความรู้เพื่อให้ถึงกลุ่มเป้าหมายได้มากที่สุด และทั้งนี้กลุ่มเป้าหมายก็สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย เช่น การเผยแพร่ผ่านทางระบบสื่อสารมวลชน อินเตอร์เน็ท และอื่นๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ช่อง

ทางด้านการศึกษาในการเผยแพร่ โดยกำหนดเป็นหลักสูตรการสอนในชั้นเรียน หรืออาจยกระดับให้เป็นหลักสูตรการศึกษาระดับชาติ

4. **การใช้ความรู้เรื่องเรือพื้นบ้าน** ความรู้ในเรื่องเรือพื้นบ้าน สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้หลายแนวทาง โดยใช้ในด้านการศึกษาและดำเนินการจัดกิจกรรม เช่น ใช้ในด้านการศึกษา โดยให้มีการเรียนการสอนในชั้นเรียนโดยกำหนดเนื้อหาตั้งแต่ประวัติความเป็นมา ลักษณะการใช้งานแต่ประเภทต่างๆ วิธีการต่อเรือ การซ่อมเรือ และวัสดุที่ใช้ซ่อมเรือ ทั้งนี้รวมถึงพิธีกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรือ การจัดทำพิพิธภัณฑ์เรือพื้นบ้าน เพื่อเป็นสถานที่ศึกษาข้อมูลต่างๆเกี่ยวกับเรือพื้นบ้าน ใช้ความรู้ในการเผยแพร่การเผยแพร่ความรู้ เช่น นำความรู้เรื่องต่อพื้นบ้านเผยแพร่ ซึ่งทำได้โดยจัดทำเป็นเอกสารทางวิชาการ ตำราเรียน ระบบอินเตอร์เน็ต

5. **เก็บรักษาความรู้เรื่องเรือพื้นบ้าน** การเก็บรักษาข้อมูลความรู้เรื่องเรือพื้นบ้านอาจนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงาน โดยทั่วไปแล้ววิธีจัดเก็บความรู้สามารถใช้ระบบเทคโนโลยีเข้ามาช่วย เช่น การบันทึกข้อมูลและการใช้ฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ และการะบวนการจัดเก็บโดยมนุษย์ เช่น ความจำของคนแต่ละคน เป็นต้น อย่างไรก็ดี ระบบการจัดเก็บความรู้จะต้องมีโครงสร้างที่จะทำให้ระบบสามารถค้นหา และเผยแพร่สารสนเทศได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว การแบ่งเป็นหมวดหมู่

6. **การประเมินผล** จากหลักการและเหตุผลขอเพื่อการประเมินผลเกี่ยวกับการจัดการความรู้วัฒนธรรมเรือพื้นบ้านซึ่งมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินการเป็น 2 วิธี

1. การประเมินการใช้เรือพื้นบ้านยังคงอยู่ต่อไป

- เป้าหมายการประเมินผลคือ การใช้เรือพื้นบ้านยังคงอยู่ต่อไป
- แนวทางที่ใช้คือ การจัดกิจกรรมการใช้เรือพื้นบ้าน ได้แก่ การจัดให้มีตลาดน้ำสำหรับการค้าขายทางเรือ การจัดประเพณีการแข่งเรือพื้นบ้าน จัดกิจกรรมทางศาสนา เช่น โยนบัว
- การประเมินผลจะใช้วิธี สำรวจจำนวน ความถี่ของเรือที่เข้ามาใช้ในพื้นที่

2. การเผยแพร่ความรู้วัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน

- เป้าหมายการประเมินผลคือ การเผยแพร่ความรู้วัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน
- แนวทางที่ใช้คือ การเผยแพร่ทางเทคโนโลยี ได้แก่ ทาง Internet โดยจัดทำ Website เกี่ยวกับความรู้ทางวัฒนธรรมเรือพื้นบ้าน ซึ่งสามารถตรวจสอบจำนวนผู้เข้าชมได้ การเผยทางเอกสาร ในวิชา วิชาทางด้านสถาปัตยกรรมร่วมสมัย การตกแต่งร้านค้าโดยใช้เรือเป็นหลัก

ข้อเสนอแนะ

1. **การนำความรู้ไปใช้** (Knowledge Usage)

การนำความรู้ไปใช้ หมายถึงความรู้ได้ถูกนำไปใช้ในกระบวนการผลิตในความเป็นจริงแล้ว สิ่งนี้เองที่เป็นหัวใจหรือเป็นเป้าประสงค์หลักในการจัดการความรู้ การระบุความรู้ที่สำคัญและการเผยแพร่ความรู้เหล่านั้นออกไปสู่พนักงาน ไม่ได้เป็นการรับประกันว่า ความรู้นั้นจะถูกนำไปใช้ และถ้าหากไม่มีการนำความรู้ไปใช้อย่างต่อเนื่อง มีความเป็นไปได้สูงที่ระบบการจัดการความรู้จะเสื่อมถอย และเป็นการลงทุนไปมีแนวโน้มที่เสียเปล่า ผู้ที่จะเป็นผู้ใช้ความรู้ต้องตระหนักถึงประโยชน์ของการได้ความรู้นี้ ต่อการพัฒนางานของตนให้บรรลุความสำเร็จ จึงจะสามารถทำให้ผู้ใช้ความรู้นั้นเปลี่ยนพฤติกรรม และนำความรู้ที่ได้รับไปใช้งานจริงได้ บริษัท Novartis มีแนวคิดใหม่ ๆในการส่งเสริมการใช้ความรู้ เช่นการจัดงานสังสรรค์ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน การตั้งคณะกรรมการเพื่อให้คำปรึกษาและสนับสนุนการสร้างชุมชนความรู้เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน การสร้างช่องทางภายในองค์กรในการเปิดโอกาสให้มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกันและใช้ความรู้ ให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและความรู้ผ่านทางอินเทอร์เน็ต เพื่อสร้างเป็นศูนย์กลางความรู้ (Knowledge Center) ซึ่งจะรวมถึงทำเนียบรายชื่อและรายละเอียดของผู้เชี่ยวชาญคล้ายสมุดโทรศัพท์หน้าเหลือง และผู้เชี่ยวชาญภายนอกองค์กร และป้ายประกาศแสดงวันและเวลาในการเสวนาทางอินเทอร์เน็ต

1. ทางด้านการวิชาการ คือการวัดและการประเมินความรู้ขององค์กร (Knowledge Evaluation) การวัดและการ ประเมินระบบฐานความรู้ เป็นงานที่ท้าทายที่สุดในการจัดการความรู้ ตรงกันข้ามกับการบริหารทุนทางปัญญา การจัดการความรู้ไม่ได้มีเครื่องมือที่จะสามารถนำมาวัดหรือประเมินได้ชนิดตายตัวแน่นอน การประเมินการจัดการความรู้ในองค์กรขณะนี้ยังอยู่ในรุ่นบุกเบิก การวัดและการประเมินการจัดการความรู้เป็นเรื่องที่วัดได้ยากพอสมควร เพราะไม่สามารถตัดสินได้ด้วยการวัดตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งได้ นอกเหนือไปจากนั้นการลงทุนเพื่อจะวัดองค์ความรู้ดูเหมือนจะยากเกินไป

2. ทางด้านวิธีการวัดประเมินผล

จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับมาตรฐานโดยปกติขององค์กร เกี่ยวข้องกับ กลยุทธ์ และเกี่ยวข้องกับความหลากหลายมิติในการทำงานขององค์กร ในด้านแนวทางการปฏิบัติงานจริงในการวัดนี้ เป้าประสงค์ของการมีองค์ความรู้ขององค์กรที่กำหนดไว้เดิม จะเข้ามาเป็นประโยชน์อย่างมาก ในเชิงการมองเห็นภาพชัดเจนเป็นรูปธรรมตัวอย่างของวิธีการในการวัด เช่น การวิเคราะห์วัฒนธรรมองค์กรอันเกี่ยวกับการจัดการความรู้ (Knowledge Oriented Cultural Analysis) การใช้ Capability Balance Sheet หรือการใช้"Intensification of Training Evaluation" ระบบการจัดการความรู้จะได้รับการยอมรับ และได้รับการตอบรับที่ดีได้ก็ต่อเมื่อมีระบบในการวัดตัวบ่งชี้หลักที่ง่ายต่อการเข้าใจ

3. ทางด้านปฏิบัติในเรื่องปัญหา

1) ปัญหา (Problem) คือการอธิบายสถานการณ์ที่เกิดความคับข้องใจ หรือเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข

2) วิธีการแก้ปัญหา (Solution) คือ การอธิบายวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ ที่เกิดความคับข้องใจ หรือเป็น ปัญหาที่ต้องการแก้ไข

Case-based Reasoning คือกระบวนการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหาวิธีหนึ่ง โดยใช้ประโยชน์จากสถานการณ์ของปัญหา หรือกรณีปัญหา (Case) ในอดีตมาเป็นประสบการณ์ช่วยในการแก้ปัญหา นอกจากจะใช้ประสบการณ์ในอดีตมาช่วยในการแก้ปัญหาแล้ว ยังสามารถนำมาเรียนรู้ได้ตลอดเวลา โดยการใช้งานฐานข้อมูลกรณีปัญหานั้น จะเป็นลักษณะการตอบโต้ระหว่างผู้ใช้กับระบบ เพื่อให้ระบบสามารถจะค้นกรณีปัญหาของปัญหาที่เกิดขึ้นในอดีต หรือที่ใกล้เคียงกับปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

4. ประโยชน์ของการจัดทำฐานข้อมูลกรณีปัญหา (Case-based)ทางด้านปฏิบัติ

1) การสร้างฐานข้อมูลจากประสบการณ์จริง ในการจัดทำฐานข้อมูลโดยทั่วไปในการวิเคราะห์ระบบจะต้อนำความรู้ที่เป็นความต้องการมาเปลี่ยนเป็นกฎ ซึ่งนักวิเคราะห์ระบบและโปรแกรมเมอร์จะทำการเปลี่ยนกฎต่าง ๆ นั้นมาเขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์จัดการตามความต้องการในบางครั้งก็อาจจะมีความยุ่งยาก และไม่เหมาะสม การจัด Case-based คือการนำเอาความรู้ที่ได้จากกรณีปัญหานั้นมาจัดเก็บในลักษณะของเรียงความ (Text file) ความสามารถของ Case-based ขึ้นอยู่กับความสามารถในการดึงประสบการณ์

2) สามารถปรับปรุงกรณีปัญหาได้ตลอดเวลา เนื่องจากการบันทึกกรณีปัญหาเป็นการจัดทำ ในลักษณะของข้อสรุปในการแก้ปัญหา (Problem Solution) ซึ่งสามารถเพิ่มเติมความรู้หรือประสบการณ์ที่ขาดไปหรือเกิดขึ้นใหม่ในฐานข้อมูลได้ทันที

3) ช่วยในการแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วขึ้น และลดโอกาสในการตัดสินใจที่ผิดพลาด เนื่องจากได้นำเอาวิธีการแก้ปัญหาซึ่งเคยเกิดขึ้นในอดีต ซึ่งในครั้งนั้นอาจจะใช้เวลาในการหาวิธีการแก้ปัญหาเป็นเวลานาน แต่เมื่อใช้ Case-based ก็สามารถนำสารสนเทศที่จัดเก็บนั้นมาประกอบการตัดสินใจได้เลย

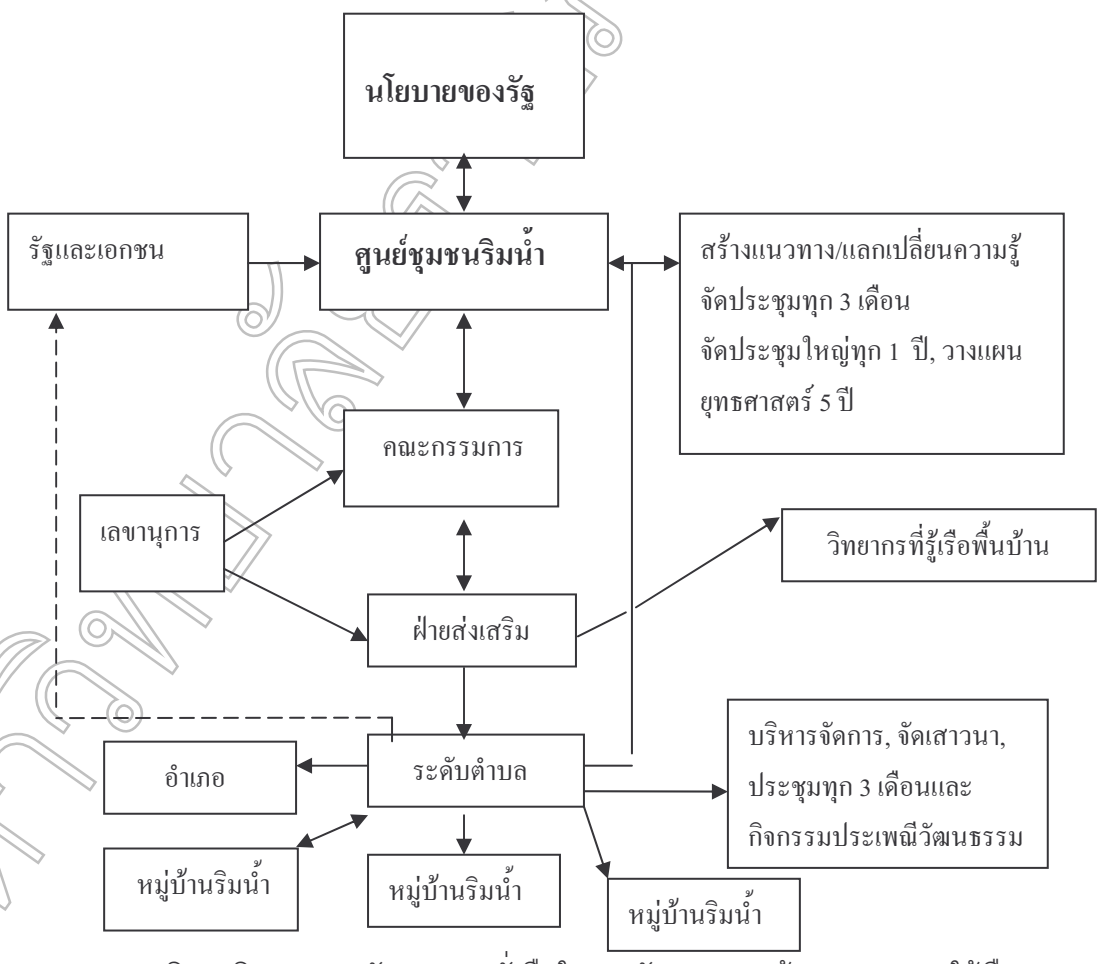
4) การจัดเก็บสารสนเทศในลักษณะที่ผู้ใช้ทำความเข้าใจได้ง่ายจะทำให้ผู้ใช้มีความเชื่อถือระบบมากขึ้นกว่าการใช้ Rule base ในฐานข้อมูล โดยทั่วไปซึ่งต้องเปลี่ยนประสบการณ์มาเป็นกฎและเปลี่ยนไปเป็นโปรแกรม ทำให้ผู้ใช้ไม่เข้าใจ การทำงานในทุกขั้นตอน

5) เป็นการถ่ายทอดความรู้โดยนัย (Tacit Knowledge) ของผู้เชี่ยวชาญออกมาเป็นความรู้ที่ปรากฏ (Explicit Knowledge) และมาเป็นความรู้ที่ฝังอยู่ในองค์กร (Embedded

Knowledge) และแก้ปัญหาองค์กรเมื่อผู้เชี่ยวชาญในเรื่องนั้น ๆ ลาออก การจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับกรณีปัญหา จะทำให้ความรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญมีนั้นยังฝังอยู่ในองค์กร

6) การใช้ความรู้ร่วมกัน (Knowledge Sharing) ทำให้มีการเผยแพร่ และกระจายความรู้ทั่วทั้งองค์กร ซึ่งทุกคนในองค์กรสามารถเรียนรู้ร่วมกันได้

แนวทางการจัดการความรู้เพื่อนำไปใช้ กระบวนการและขั้นตอนการผลิตองค์ความรู้ ความยั่งยืนและการพึ่งตนเองคือ หัวใจการบริหารการจัดการของการใช้เรือพื้นบ้าน ผู้นำจะมีการประสานและการระดมความคิดเห็นร่วมกันทุกเดือน มีงานทำร่วมกัน มีการดำเนินการวางแผนร่วมกันก่อน การดำเนินงานทุกขั้นตอน สมาชิกกลุ่มจะได้รับรู้ และร่วมวางแผนดำเนินงาน จะต้องมีประชาสัมพันธ์กิจกรรมต่างๆและร่วมวางแผนดำเนินงาน เทคนิคและวิธีการเหล่านี้เป็นขบวนการดำเนินงานที่สำคัญที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน และศูนย์เรียนรู้นี้ได้นำไปประยุกต์เพื่อให้มีการจัดการความรู้เพื่อการสืบทอดวัฒนธรรมการใช้เรือพื้นบ้านแบบยั่นยืนได้ แนวคิดเพื่อให้เกิดเป็นรูปธรรมได้ดังภาพ



ภาพที่ 4 แสดงแผนภูมิแนวคิดทางการพัฒนาแบบยั่งยืนในการจัดการความรู้ของชุมชนการใช้เรือ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ศ.ดร.กระมล ทองธรรมชาติ ประธานหลักสูตร การจัดการ และที่ให้คำปรึกษา รศ.ดร.สัญญา สัญญาวิวัฒน์. อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรศ. สุทัศน์ จุฬามาณี ที่ปรึกษาร่วม

เอกสารอ้างอิง

กระมล ทองธรรมชาติ .2536. “**หน้าที่พลเมือง วัฒนธรรมและการดำเนินชีวิตในสังคม**” กรุงเทพมหานคร:อักษรเจริญทัศน์

งามพิศ สัตย์สงวน. 2540. “**สังคมและวัฒนธรรม**”กรุงเทพ:จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พรธิดา วิเชียรปัญญา.2547. “**การจัดการความรู้พื้นฐานและการประยุกต์ใช้**” กรุงเทพมหานคร:ธรรมกมลการพิมพ์

ไพฑูรย์ ขาวมาลา. 2530. “**การต่อเรือไม้ในประเทศไทย**” กรุงเทพมหานคร221 หน้า.

สัญญา สัญญาวิวัฒน์. 2549. “ **การพัฒนาชุมชน**”พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ :ไทยวัฒนาพานิช

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

คำแนะนำการเขียนบทความการวิจัย

ตัวรายงาน

1. ชื่อโครงการวิจัย ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
2. ชื่อ-สกุล ผู้เขียน
3. บทคัดย่อ (ภาษาไทยและอังกฤษฉนิดย่อ)
4. ความสำคัญของปัญหา
5. โจทย์วิจัย/ปัญหาวิจัย
6. วัตถุประสงค์การวิจัย
7. วิธีดำเนินการวิจัย
   - ประชากรที่ใช้ในการวิจัย
   - ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย
   - เครื่องมือและสถิติที่ใช้ในการวิจัย
8. ผลการวิจัย
9. อภิปรายผล
10. ข้อเสนอแนะ
11. เอกสารอ้างอิง (เฉพาะที่อ้างไว้ในบทความนี้)

หมายเหตุ : ควรมีรูปภาพ แผนภูมิ หรือ Chart ที่สำคัญ ๆ ด้วย

รูปแบบการพิมพ์

1. จัดพิมพ์ด้วย Microsoft Word ความยาวไม่เกิน 12 หน้า
2. ชนิดตัวอักษร Cordia UPC หรือ Cordia New ขนาดตัวอักษร 16 ตัวปกติ (หัวข้อใช้ตัวหนา)
3. การเว้นขอบกระดาษ
   - ขอบบน = 1.5 นิ้ว
   - ขอบล่าง = 1.4 นิ้ว
   - ขอบซ้าย = 1.5 นิ้ว
   - ขอบขวา = 1.4 นิ้ว
4. ให้บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงใน Diskette ขนาด 3.5 นิ้ว หรือแผ่น CD โดยแผ่นข้อมูลให้ระบุชื่อของแฟ้มข้อมูล

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ไม่อนุญาตให้เผยแพร่