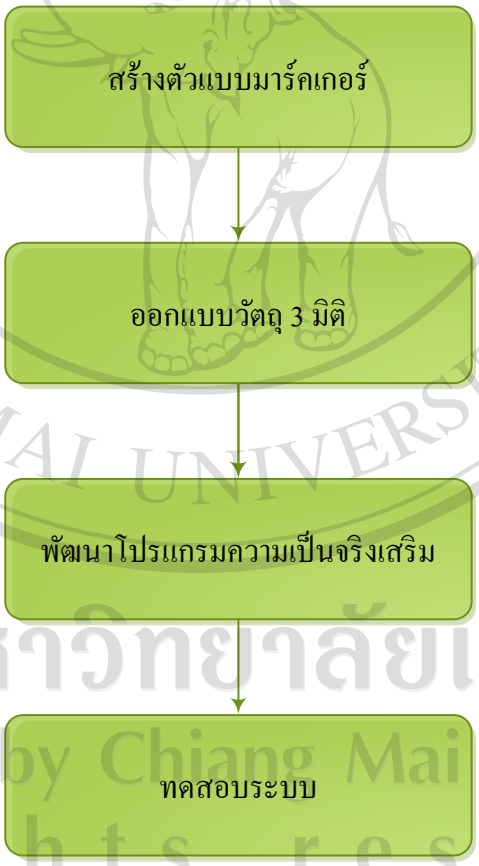
บทที่ 4
หลักการพัฒนาระบบ

ขั้นตอนในการพัฒนาระบบสำหรับการค้นคว้าแบบอิสระนี้ ผู้เขียนเริ่มต้นจากการสร้างตัวมาร์คเกอร์ก่อน เนื่องจากต้องนำไปใช้งานควบคู่กับระบบที่กำลังพัฒนาขึ้นมา จากนั้นจึงเริ่มออกแบบและสร้างวัตถุ 3 มิติ หรือตัวโมเดลบ้านไม้ เมื่อวัตถุ 3 มิติเสร็จสิ้น จึงได้เริ่มพัฒนาระบบสำหรับนำเสนอวัตถุ 3 มิติโดยใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม และขั้นตอนสุดท้ายคือการทดสอบระบบ แสดงได้ดังรูป 4.1



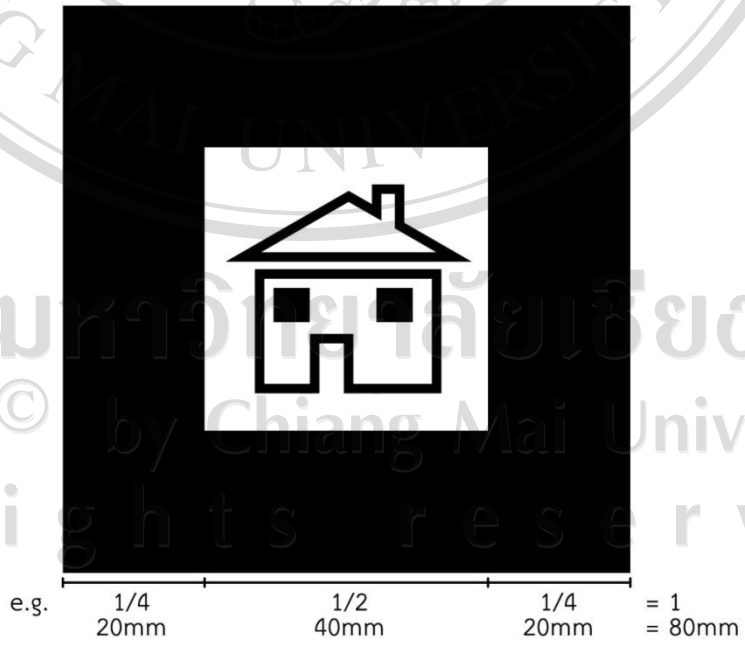
รูป 4.1 แสดงขั้นตอนในการพัฒนาระบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.1 การสร้างตัวแบบมาร์คเกอร์

มาตรฐานในการออกแบบตัวรหัสมาร์คเกอร์มีหลักการออกแบบสามารถปรับตามความเหมาะสมการใช้งานจริง เนื่องจากขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและลักษณะเฉพาะของกล้องวีดีโอ โดยสำหรับในการออกแบบมาร์คเกอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เลือกใช้สัญลักษณ์โดยอ้างอิงรูปทรงเลขาคณิตที่ไม่ซับซ้อนมากเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ภาพโดยเลือกขนาดความกว้าง 8 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานเมื่อให้ตัวมาร์คเกอร์อยู่ห่างจากกล้องวีดีโอประมาณ 40 – 50 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะเฉพาะในการบันทึกภาพของกล้องวีดีโอดังที่ได้กล่าวไปแล้วด้วย โดยรูปแบบในการสร้างมาร์คเกอร์สามารถแบ่งพื้นที่การออกแบบเป็น 3 ส่วนได้แก่

1) ส่วนพื้นหลังทั้งหมด กำหนดพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมจัสตุรัส โดยมีความกว่าไม่น้อยกว่า 8 เซนติเมตร และกำหนดพื้นหลังให้เป็นสีดำ
2) ส่วนพื้นที่แสดงสัญลักษณ์ กำหนดเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัสตุรัส ขนาดกว้างและยาว 50% ของความกว้างส่วนพื้นหลัง โดยจัดให้อยู่กึ่งกลางของส่วนพื้นหลัง
3) ส่วนสัญลักษณ์ ใช้รูปภาพแทนสัญลักษณ์โดยใช้สีดำ หรือสีเข้ม จัดวางอยู่ภายในส่วนแสดงสัญลักษณ์ และมีเงื่อนไขที่สำคัญคือเมื่อหมุนตัวรหัสทุก 90 องศา ต้องไม่มีลักษณะที่ซ้ำกันดังรูป 4.2



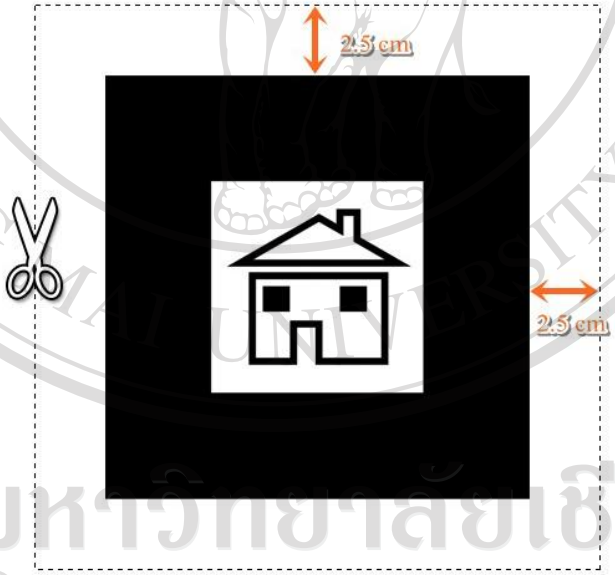
รูป 4.2มาร์คเกอร์ที่ออกแบบสำหรับใช้กับการศึกษานี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สามารถสร้างได้โดยการใช้งานโปรแกรมสร้างและตกแต่งรูปภาพ เช่น อะโดบี โฟโต้ช๊อป,กิ้มป์ และอื่นๆ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ขอยกตัวอย่างการสร้างด้วยโปรแกรมอะโดบี โฟโต้ช๊อปซีเอส 3 โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1) สร้างงานใหม่ด้วยขนาด 8 x 8 เซนติเมตร และกำหนดให้มีสีพื้นหลังเป็นสีดำ
2) สร้างพื้นที่สำหรับแสดงสัญลักษณ์ภาพ ขนาด 4 x 4 เซนติเมตร กำหนดให้มีสีพื้นเป็นสีขาว และให้ว่างให้อยู่กึ่งกลางของพื้นที่ทั้งหมด
3) สร้างสัญลักษณ์ที่มีลักษณะเฉพาะตามลักษณะการใช้งาน สำหรับการศึกษานี้จะเลือกใช้รูปทรงบ้าน
4) บันทึกเป็นไฟล์รูปภาพเลือกส่วนขยายเป็น.JPG และสั่งพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

สำหรับการนำมาร์คเกอร์มาใช้งานนั้น จำเป็นต้องเหลือพื้นที่ห่างจาก ส่วนพื้นหลังทั้งหมด หรือพื้นสีดำ ออกมาอย่างน้อย 2 เซนติเมตร ดังรูป 4.3 เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับจับ และให้พื้นสีขาวตัดเส้นกรอบสีดำมากพอที่จะให้เครื่องคำนวณได้อย่างไม่ผิดพลาด



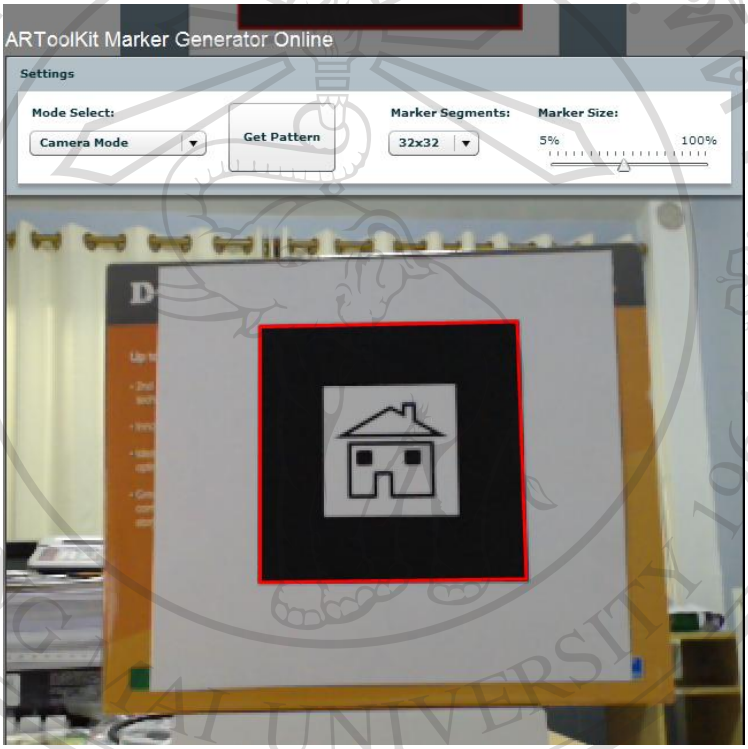
รูป 4.3 การตัดกระดาษเพื่อทำมาร์คเกอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากที่ได้สร้างรูปแบบของมาร์คเกอร์ สั่งพิมพ์และตัดมาร์คเกอร์ตามขั้นตอนข้างต้นแล้ว ในส่วนต่อไปคือการสร้างรูปแบบของมาร์คเกอร์ซึ่งจะทำให้ได้ไฟล์ส่วนขยาย .PAT สำหรับใช้อ้างอิงกับโปแกรมในขั้นตอนต่อไป สำหรับวิธีการสร้างรูปแบบของมาร์คเกอร์สามารถนำไฟล์รูปหรือตัวมาร์คเกอร์ที่ได้ทำไว้แล้วมาดำเนินการได้ถึง 2 วิธี ดังนี้

1) สร้างด้วยโปรแกรมช่วยสร้างแบบออนไลน์

ค้นหาคำว่า “marker generator online” จาก Internet Search Engine ทั่วไป หรือเข้าเว็บบราวเซอร์ไปที่ http://flash.tarotaro.org/blog/2008/12/14/ artoolkit-marker-generator-online-released/จะมีคำอธิบายการทำงานเป็นขั้นตอน ซึ่งหากพิมพ์มาร์คเกอร์ไว้อยู่แล้วจำเป็นต้องใช้เว็บแคม เพื่อทำการอ่านมาร์คเกอร์ด้วย หรือสามารถเลือกไฟล์รูปภาพมาร์คเกอร์ที่ทำไว้แล้วแทน โดยคลิกลิงค์ในขั้นตอนที่ 2 ดังรูป 4.4



รูป 4.4 การสร้างไฟล์รูปแบบมาร์คเกอร์ ด้วยวิธีออนไลน์

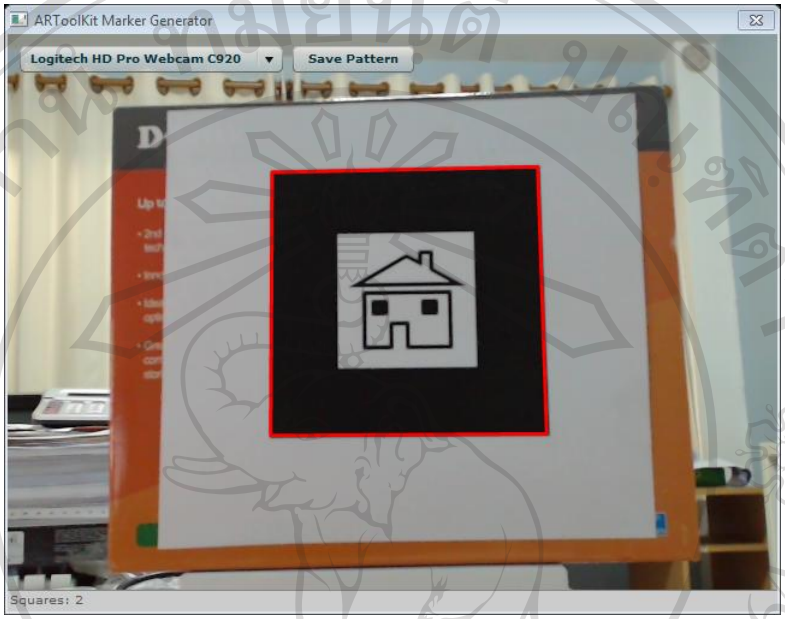
เมื่อนำมาร์คเกอร์ที่พิมพ์ไว้มาแสดงบริเวณหน้ากล้องเว็บแคม หรือโหลดไฟล์รูปภาพของมาร์คเกอร์ที่ออกแบบไว้แล้ว คลิกปุ่ม Get Pattern รูปแบบที่ได้จะปรากฏในช่อง Preview Marker ปรับรายละเอียดแล้วคลิกปุ่ม Save เพื่อบันทึกไฟล์ .PAT

2) สร้างด้วยโปรแกรมช่วยสร้างแบบออฟไลน์

ค้นหาคำว่า “marker generator air download” จาก Internet Search Engine ทั่วไป หรือเข้าเว็บบราวเซอร์ไปที่ http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/augmented_reality.htmlดาวน์โหลดไฟล์ FLAR Marker Generator.AIRจากนั้นเปิดโปรแกรมที่ดาวน์โหลดมา วิธีการนี้จำเป็นต้องพิมพ์มาร์คเกอร์ และต้องใช้เว็บแคมเท่านั้น หลังจากเปิดโปรแกรมให้นำมาร์คเกอร์ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พิมพ์ไว้มาแสดงบริเวณหน้าเว็บแคมเมื่อเห็นกรอบสีแดงรอบๆ มาร์คเกอร์ ให้คลิกปุ่ม Save Pattern เพื่อบันทึกไฟล์ .PAT ดังรูป 4.5 โดยหลังจากการทดลองทั้ง 2 วิธี พบว่าวิธีแบบออฟไลน์นี้จะมีประสิทธิภาพและความรวดเร็วมากกว่าวิธีการแบบออนไลน์



รูป 4.5 การสร้างไฟล์รูปแบบมาร์คเกอร์ ด้วยวิธีออฟไลน์

4.2 การออกแบบแบบจำลอง 3 มิติ

แบบจำลอง 3 มิติ สามารถพัฒนาได้จากหลากหลายเครื่องมือ ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้โปรแกรม กูเกิลสเก็ตอัพ เนื่องจากเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างแบบจำลอง 3 มิติได้ค่อนข้างรวดเร็ว และไม่มีความซับซ้อนมาก อีกทั้งมีเครื่องมือให้เลือกใช้ตามความจำเป็นอย่างเหมาะสม ทั้งนี้สามารถบันทึกไฟล์ออกเป็นประเภทต่างๆ ได้ตามต้องการ โดยอ้างอิงจากผังแปลนอาคารตัวอย่าง ดังรูป 4.6

4.2.1 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ด้วยโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ

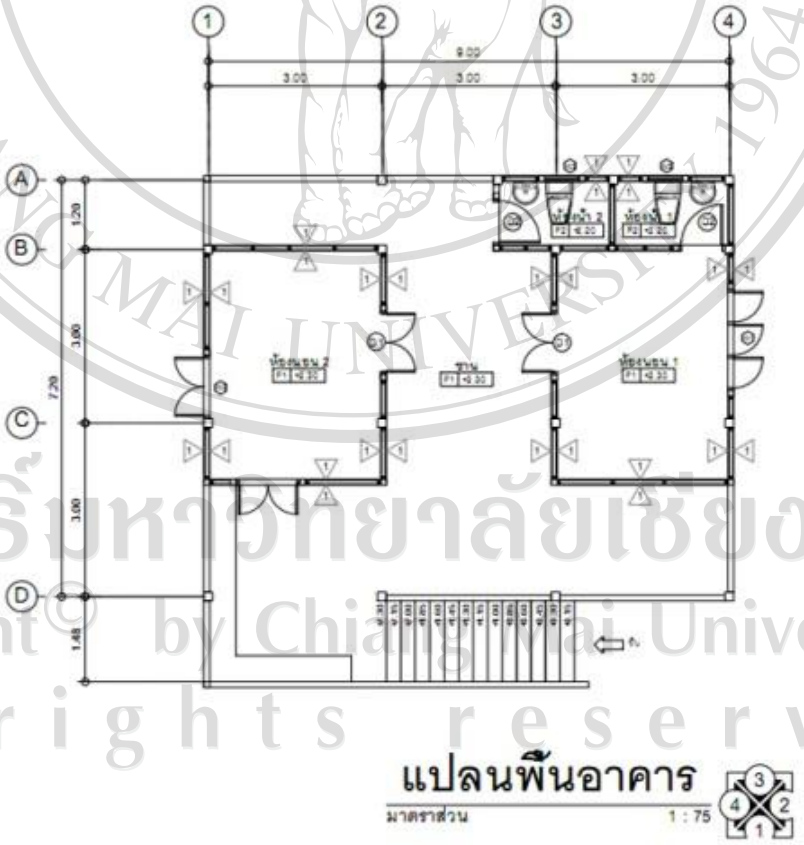
โปรแกรม กูเกิลสเก็ตอัพ เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างวัตถุ 3 มิติ อย่างง่าย โดยมีเครื่องมือระดับพื้นฐานอย่างครบครัน เหมาะกับผู้ที่ต้องการสร้างวัตถุ 3 มิติอย่างรวดเร็วสามารถแยกวัตถุ 3 มิติออกเป็นเลเยอร์และทำวัตถุ 3 มิติให้เป็นคอมโพเน้นท์เพื่อให้ง่ายต่อการพัฒนาอีกด้วย อีกทั้งโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ ยังสามารถดาวน์โหลดวัตถุ 3 มิติสำเร็จรูปจากอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้ที่ไม่ต้องการพัฒนาวัตถุ 3 มิติเองด้วยเหตุนี้จึงเลือกใช้โปรแกรม กูเกิลสเก็ตอัพ เป็นเครื่องมือแรกในการพัฒนาวัตถุ 3 มิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เริ่มต้นโดยการสร้างเอกสารใหม่ในโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ โดยเลือกมาตรฐานหน่วยวัดเป็นเมตรหรือเลือกจาก Drawing Template เป็น Simple Template – Meters เริ่มสร้างโครงสร้างบ้านไม้โดยการสร้างวัตถุขนาดเทียบเท่าไม้แบบต่างๆ และกำหนดให้เป็น Component เพื่อเรียกมาใช้งานต่อไป ได้ดังนี้

1) ไม้หน้าสาม 4 x 8 เซนติเมตร (1.5 x 3 นิ้ว) ยาวประมาณ 2 เมตร
2) ไม้เสาหน้าตัด 10x 10เซนติเมตร (4 x 4 นิ้ว)ยาวประมาณ 2 เมตร
3) ไม้เสาหน้าตัด 15 x 15 เซนติเมตร (6 x 6 นิ้ว) ยาวประมาณ 2 เมตร
4) ไม้จันทันหน้าตัด 5 x 15 เซนติเมตร (2 x 6 นิ้ว) ยาวประมาณ 2 เมตร

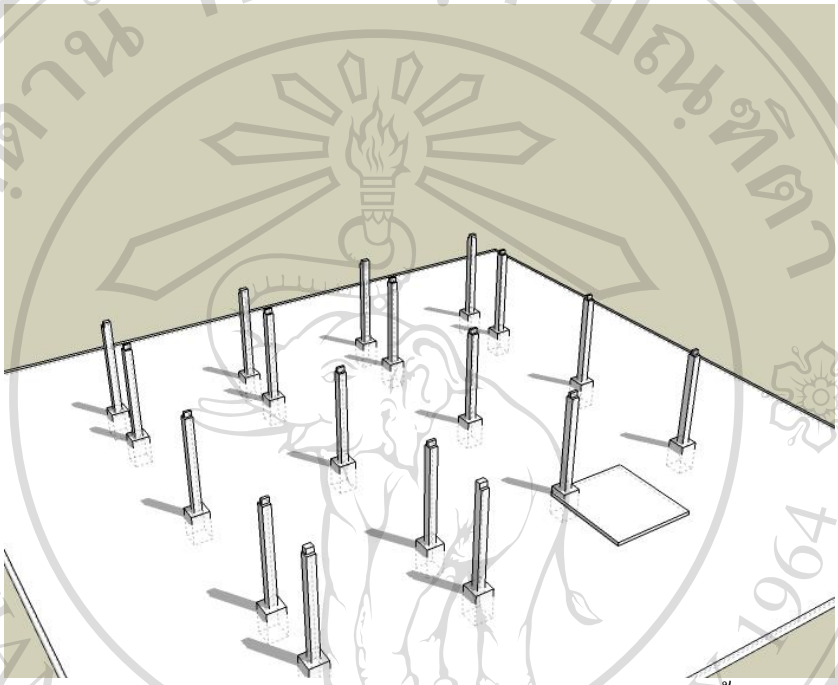
จากการศึกษาข้อมูลและการวางองค์ประกอบของโครงสร้างบ้านตาม รูป 4.6 แบบแปลนพื้นอาคารเรือนกาแล ควรเริ่มสร้างจากส่วนโครงสร้างชั้น 1 เนื่องจากเป็นโครงสร้างหลักตามมาตราส่วนจริง และหากโครงสร้างชั้น 1 ผิดพลาดจะส่งผลถึงโครงสร้างในส่วนอื่นๆ ต่อไป จึงต้องสร้างและตรวจสอบให้ตรงตามรูป 4.6 แบบแปลนพื้นอาคารเรือนกาแล



รูป 4.6 แบบแปลนพื้นอาคารเรือนกาแล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้นจำเป็นต้องกำหนดขนาดของวัสดุทุกชิ้นให้ตรงตามแบบ เริ่มตั้งแต่ฐานรากซึ่งมีขนาดกว้างด้านละ 45 เซนติเมตรมีความลึกจากพื้นดิน 76 เซนติเมตร ขนาดเสากว้างด้านละ 25 เซนติเมตร ระดับความสูง 5.25 เมตร ตำแหน่งการวางเสากำหนดให้ตรงตามแบบแปลน ดัง รูป 4.6 จากนั้นกำหนดพื้นที่แสดงเป็นพื้น เมื่อทำเสาเสร็จจะได้ดังรูป 4.7



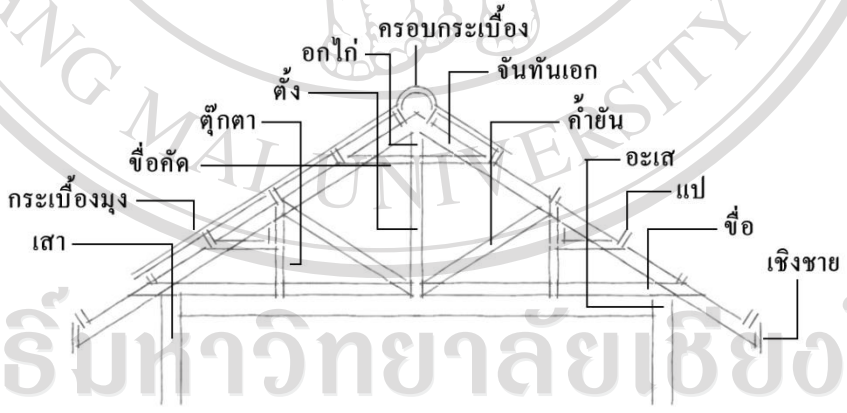
รูป 4.7 ภาพแบบจำลองโครงสร้างบ้านไม้ ส่วนโครงสร้างชั้น 1

หลังจากที่โครงสร้างชั้น 1 เสร็จสมบูรณ์ สามารถนำมาเป็นจุดอ้างอิงในการพัฒนาแบบจำลองโครงสร้างบ้านไม้ ในส่วนโครงสร้างชั้น 2 ให้สมบูรณ์ต่อไป โดยการเพิ่มคาน ตง พื้นไม้ บันไดไม้ ระเบียงหน้าบ้านระแนงตกแต่งหลังบ้าน และราวกันตกหน้าบ้าน ดัง รูป 4.8ซึ่งส่วนที่เพิ่มทั้งหมดเลือกพัฒนาโดยการใช้ไม้เป็นท่อน ๆ มาประกอบรวมกัน ซึ่งจะทำให้เข้าใจโครงสร้างตลอดจนการเชื่อมต่อวัสดุทั้งหมด และจะทำให้การกำหนดพื้นผิววัตถุ 3 มิติดูเป็นธรรมชาติขึ้น

ทั้งนี้ควรทำงานแบบแยกเลเยอร์สำหรับผนัง พื้น และงานโครงสร้างแต่ละชั้นเพื่อสะดวกในการแก้ไขและการกำหนดพื้นผิววัตถุ 3 มิติต่อไป เมื่อทำโครงสร้างตามแบบแปลนเรียบร้อยแล้ว ส่วนสุดท้ายคือการสร้างโครงสร้างหลังคา ซึ่งมีความซับซ้อนสูงโดยทำการศึกษาและอ้างอิงจากภาพอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างหลังคา ดัง รูป 4.9ในการพัฒนาวัตถุ 3 มิติส่วนของโครงสร้างหลังคานี้ จำเป็นต้องสร้างวัตถุ 3 มิติที่เป็นชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น อะเส จันทัน อกไก่ ค้ำยัน ตุ๊กตา เป็นต้น เพื่อนำมาประกอบรวมกันตามหลักการสร้างโครงสร้างหลังคาที่ถูกต้อง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

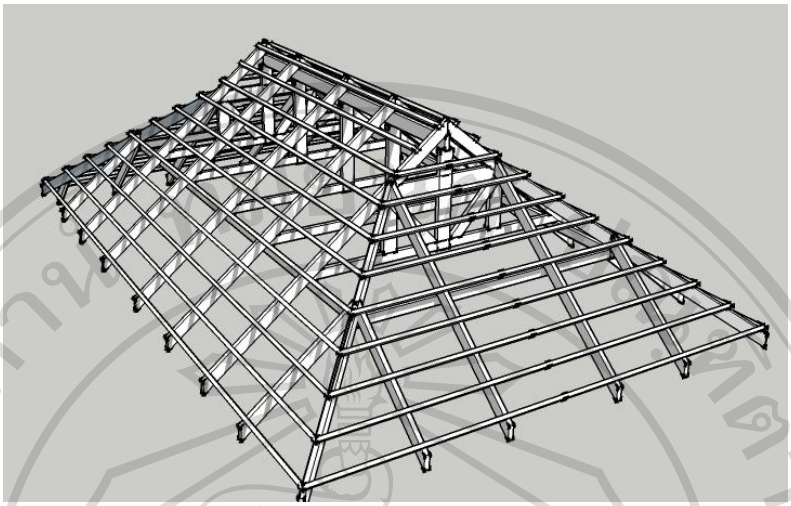
รูป 4.8 ภาพแบบจำลองโครงสร้างบ้านไม้ ส่วนโครงสร้างชั้น 2



รูป 4.9ภาพอธิบายองค์ประกอบของโครงสร้างหลังคา

เมื่อสร้างโครงสร้างหลังคาเสร็จสมบูรณ์ จะได้ผลลัพธ์ดัง รูป 4.10ซึ่งถือว่าเป็นโครงสร้างหลังคาที่มีความสมบูรณ์ตามหลักการก่อสร้างเบื้องต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.10 ภาพแบบจำลองโครงสร้างบ้านไม้ ส่วนโครงสร้างหลังคา

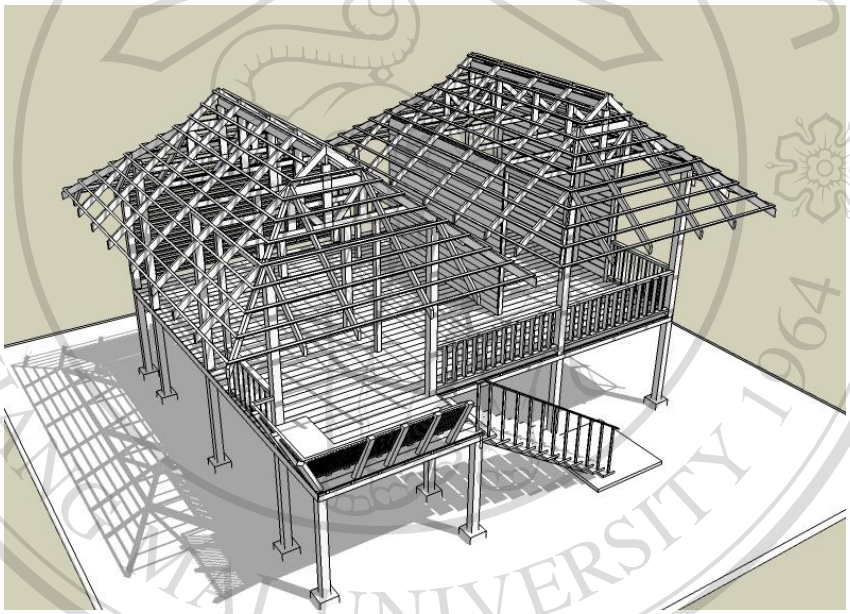
ในขั้นตอนนี้สามารถทดสอบการกำหนดพื้นผิววัตถุ 3 มิติ ด้วยโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ เพื่อทดสอบความสมบูรณ์ของวัตถุ 3 มิติ แสดงได้ดัง รูป 4.11เมื่อนำวัตถุ 3 มิติที่ได้พัฒนาขึ้นมาทั้งหมดมาแสดงผลรวมกันจะสามารถแสดงได้ดัง รูป 4.12 และจะสังเกตได้ว่าหากยังไม่มีการกำหนดพื้นผิวให้กับวัตถุ 3 มิติหรือกำหนดพื้นผิวแล้ว เมื่อส่งออกไปยังโปรแกรมออโต้เดสก์ ทรีดีแมกซ์ ก็ยังจำเป็นต้องกำหนดพื้นผิวให้กับวัตถุ 3 มิติอีกครั้ง ดังนั้นการกำหนดพื้นผิวด้วยโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ เป็นเพียงการทดสอบการแสดงผลพื้นผิววัตถุ 3 มิติและทำให้เห็นตัวอย่างผลลัพธ์ได้รวดเร็วขึ้น

รูป 4.11 การกำหนดพื้นผิววัตถุ 3 มิติจากโปรแกรมกูเกิลสเก็ตอัพ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลังจากสร้างวัตถุ 3 มิติเสร็จสมบูรณ์ ต้องทำการส่งออกวัตถุ 3 มิติ ให้เป็นไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น .3DS เพื่อนำไปใช้กำหนดค่า วัตถุดิบพื้นผิวต่อด้วยโปรแกรมออโต้เดสก์ ทรีดี แมกซ์ และทำการส่งออกเป็นไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น .DAE อีกครั้งหนึ่งจึงจะสามารถนำไปใช้งานกับระบบที่พัฒนาขึ้นมาได้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

นำเข้าเข้ามูลจากไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น .3ds ดังรูป 4.12 จากนั้น เลือกรูปแบบ วัตถุดิบพื้นผิววัตถุ 3 มิติที่ต้องการและกำหนดให้กับวัตถุ 3 มิติ เมื่อกำหนดพื้นผิวเสร็จแล้วสามารถใช้คำสั่งเรนเดอร์เพื่อแสดงตัวอย่างได้ดัง รูป 4.13 จากนั้นจึงสามารถทำการส่งออกเป็นไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น.DAE เพื่อนำไปใช้งานควบคู่กับระบบต่อไป



รูป 4.12 ภาพแบบจำลองโครงสร้างบ้านไม้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 4.13 แสดงการประมวลผลภาพหลังจากกำหนดพื้นผิวให้กับวัตถุ 3 มิติ

4.3 กระบวนการประมวลผลภาพจากมาร์คเกอร์

การทำให้ระบบรู้จักมาร์คเกอร์ ทำได้โดยใช้เอฟแอลเออาร์ เมเนเจอร์ ไลบรารี่ เข้ามาช่วยอ่านไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น .PAT ที่ได้ทำไว้ โดยมีคำสั่งในการทำงานดังนี้

```
_markers.push( new FLARMarkerObj( "assets/flar/my_marker.PAT" , 16 , 50 , 80 ) );
```

หากต้องการเปลี่ยนไฟล์มาร์คเกอร์ เพียงระบุชื่อไฟล์ใหม่เข้าไปแทนที่ “my_marker.PAT” ก็สามารถเรียกไฟล์ใหม่ได้แล้ว ทั้งนี้ผู้เขียนขอแนะนำให้ใช้ชื่อไฟล์เดิม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงชื่อไฟล์ .PAT จำเป็นต้องทำการ Publishระบบใหม่ ซึ่งใช้เวลานานกว่าการใช้ชื่อไฟล์เดิม ผู้เขียนจึงขอแนะนำให้เปลี่ยนชื่อไฟล์แทน

4.4 กระบวนการเรนเดอร์และแสดงแบบวัตถุ

ขั้นตอนการแสดงแบบวัตถุเริ่มจากการตรวจสอบภาพจากกล้องว่ามีภาพที่ตรงกับมาร์คเกอร์ที่กำหนดไว้หรือไม่ หากพบมาร์คเกอร์ให้ทำการแสดงวัตถุด้วยชุดคำสั่งที่ชื่อ _addCube และหากกล้องไม่เห็นมาร์คเกอร์จะทำการเอาแบบวัตถุออก ด้วยชุดคำสั่งที่ชื่อ _removeCube โดยมีคำสั่งที่เกี่ยวข้องการการแสดงแบบวัตถุดังนี้

```
override protected function _handleMarkerAdded( event : FLARDetectorEvent ):void
{ _addCube( event.codeId , event.codeIndex ); }
override protected function _handleMarkerRemove( event : FLARDetectorEvent ):void
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
{ _removeCube( event.codeId , event.codeIndex ); }
function _addCube( id:int , index:int ):void
{
        if (_cubes[id] == null)
        { _cubes[ id ] = new Array(); }
        if (id == 0)
        {
                if (ac_num == 0)
                {
                        this.modelContainer = new DisplayObject3D();
                        cube.load(path);
                        cube.load("assets/model/house.dae");
                        cube.rotationX = -90;
                        cube.rotationY = 180;
                        cube.rotationZ = -90;
                        cube.scale = 1;
                        cube.z = 0;
                        cube.x = 0;
                        cube.y = 0;
                        cube.gotoAndStop(1);
                        this.modelContainer.addChild( cube);
                        _baseNode.addChild(this.modelContainer );
                        _cubes[id][index] = this.modelContainer;

                        for (vari=0; i<frame.length; i++)
                        { cube.addFrameScript(frame[i]-1,setting); }
                        function setting():void
                        { cube.stop(); }
                        ac_num = 1;
                        Pl1 = cube;
                        pl1_id = 0;
                }
        }
        _baseNode.addChild( _cubes[ id ][ index ] );
}
private function _removeCube( id:int , index:int ):void
{
        if (_cubes[id] == null)
        { _cubes[ id ] = new Array(); }
        if (_cubes[id][index] != null)
        {
                _baseNode.removeChild( _cubes[ id ][ index ] );
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
                    if (pl1_id == id)
                    { ac_num = 0; }
                    else if (pl2_id==id)
                    { ac_num = 1; }
            }
    }
```

4.5 กระบวนการควบคุมการแสดงแบบวัตถุด้วยคีย์บอร์ด

ระบบสามารถควบคุมวัตถุ 3 มิติให้หมุนวัตถุไปด้านซ้าย หรือขวาได้ โดยการกดปุ่มลูกศรซ้าย หรือขวา บนคีย์บอร์ด สามารถเขียนชุดคำสั่งควบคุมผ่านภาษาแอ็คชั่นสคริปต์ ได้ดังนี้

```
functionplayAnimation(e:KeyboardEvent):void
{
        trace((cube.rotationX/180)%2);
        trace("Before : "+cube.rotationX);
        trace("Before : "+cube.z);
        varspeed:Number = 5;
        if (e.keyCode == 37)
        {cube.rotationZ += speed;}
        else if (e.keyCode==39)
        {cube.rotationZ -= speed;}else
        if(e.keyCode == 38)
                {if((cube.rotationX/90)%2 != 0){
                trace("UP");
                cube.z = 50
                }else if((cube.rotationX/180)%2 != 0){
                        trace("UP");
                        cube.z = 50
                }else if((cube.rotationX/90)%2 == 0){
                        trace("DOWN");
                        cube.z = 0;
                }
                cube.rotationX -= 90;
        }else if(e.keyCode == 40){
                if((cube.rotationX/90)%2 != 0){
                        trace("UP");
                        cube.z = 50
                }else{
                        trace("DOWN");
                        cube.z = 0;
                }
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

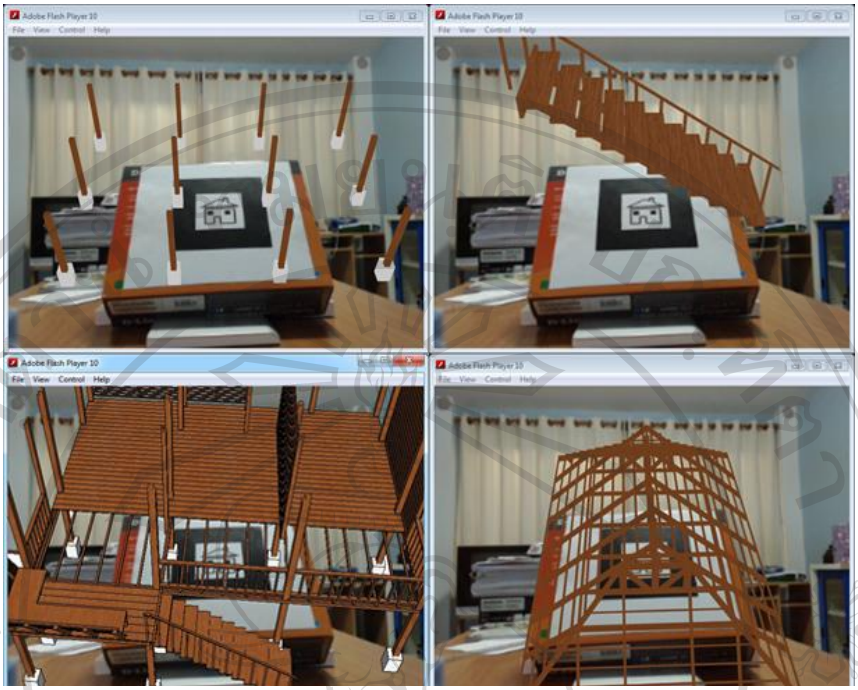
```
            cube.rotationX += 90;
        }
        trace("After : "+cube.rotationX);
        trace("After : "+cube.z);
        switch (e.keyCode){
            case 49 : trace(cube);
                      cube.gotoAndPlay(frame[0]);
                      break;
            case 50 : cube.gotoAndPlay(frame[1]);
                      break;
            case 51 : cube.gotoAndPlay(frame[2]);
                      break;
            case 52 : cube.gotoAndPlay(frame[3]);
                      break;
            case 53 : cube.gotoAndPlay(frame[4]);
                      break;
            case 54 : cube.gotoAndPlay(frame[5]);
                      break;
        }
    }
```

4.6 การทดสอบระบบที่พัฒนาด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม

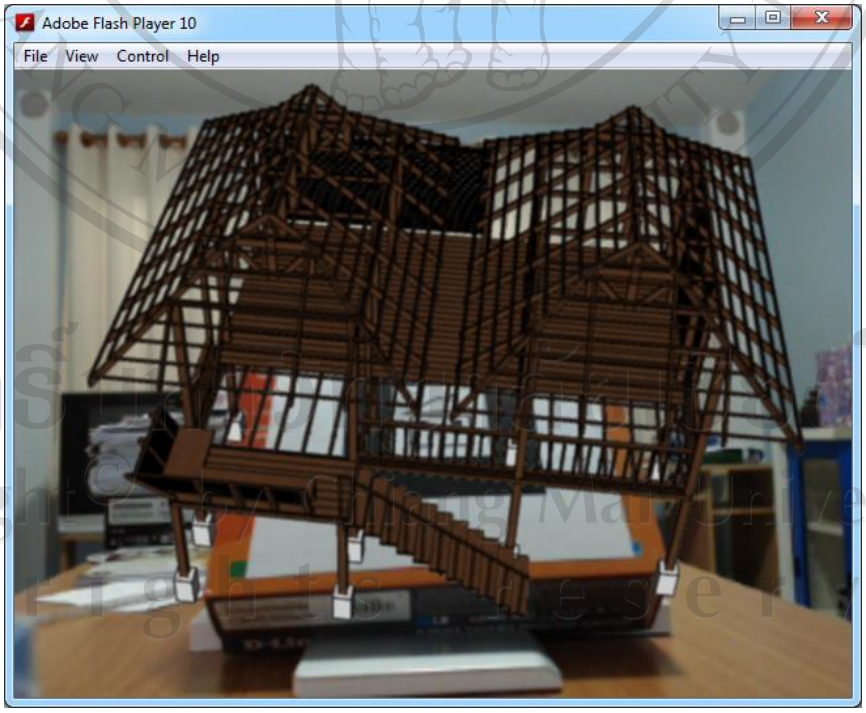
หลังจากที่ได้พัฒนาระบบจนแล้วเสร็จ ผู้เขียนได้ทำการทดสอบระบบโดยเลือกการแสดงผลวัตถุ 3 มิติ จากวัตถุ 3 มิติที่มีความซับซ้อนน้อยที่สุด เริ่มจากโครงสร้างฐานรากและเสา โครงสร้างบรรได โครงสร้างชั้นบนและการปูพื้นไม้ โครงสร้างหลังคา ดังรูป 4.14

และวัตถุ 3 มิติชิ้นสุดท้าย คือการรวบรวมเอาวัตถุ 3 มิติทั้งหมด มาแสดงไว้เป็นโครงสร้างบ้านไม้ทั้งหลัง ดังรูป 4.15

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 4.14แสดงผลการทดสอบระบบด้วยวัตถุ 3 มิติ แบบแยกส่วน



รูป 4.15 แสดงผลการทดสอบระบบด้วยวัตถุ 3 มิติ แบบรวมทั้งหมด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved