

โครงการคณิตศาสตร์
เรื่อง การวิเคราะห์สลายและจำลองปราสาทหินนาแคะโดยใช้
สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ลำดับที่ ๓

โดย

นายกัญจน์	พูนเกษตรวัฒนา
นางสาวประภาสรี	มาระศรี
นายภิรปวิช	พานนท์

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา
สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา

งานมหกรรมการจัดการศึกษาท้องถิ่น ระดับประเทศ ครั้งที่ 12
ประจำปี 2565 กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
ณ เทศบาลเมืองทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

โครงการคณิตศาสตร์
เรื่อง การวิเคราะห์สลายและจำลองปราสาทหินนาแคะโดยใช้
สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ลำดับที่ ๓

โดย

นายกัญจน์	พูนเกษตรวัฒนา
นางสาวประภาสิริ	มาระศรี
นายภิรปวิช	พานนท์

ที่ปรึกษา

นางทิพรัตน์	แสงฤทธิ์
นายกฤษฎา	โสภาพล

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา
สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา

งานมหกรรมการจัดการศึกษาท้องถิ่น ระดับประเทศ ครั้งที่ 12
ประจำปี 2565 กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น
ณ เทศบาลเมืองทุ่งสง จังหวัดนครศรีธรรมราช

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ	: การวิเคราะห์ลวดลายและจำลองปราสาทหินนาแคะโดยใช้ สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ลำดับที่ n
ประเภท	: บูรณาการความรู้ในคณิตศาสตร์ไปประยุกต์ใช้
ระดับชั้น	: มัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้ทำโครงการ	: นายกัญจน์ พูนเกษตรวัฒนา นางสาวประภาสิริ มาระศรี นายภิรปวิช พานนท์
ที่ปรึกษาโครงการ	: นางทิพรัตน์ แสงฤทธิ์ นายกฤษฎา โสภาพล
สถาบันการศึกษา	: โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา องค์การบริหารส่วนจังหวัดนครราชสีมา
จุดประสงค์โครงการ	: 1. เพื่อสร้างแบบจำลองลวดลายของปราสาทหินนาแคะโดยใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ในรูปแบบกราฟิก 2. เพื่อสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) จากลวดลายของปราสาทหินนาแคะ 3. เพื่อให้เห็นถึงคุณค่าและการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมพื้นเมืองของจังหวัดนครราชสีมา
ผลการจัดทำ โครงการ	: 1. คณะผู้จัดทำสามารถนำความรู้เกี่ยวกับเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) มาคำนวณและสร้างการจำลองลวดลายของปราสาทหินนาแคะในรูปแบบกราฟิกและยังสามารถเก็บข้อมูลในส่วนที่ขาดหายไปในรูปแบบดิจิทัลได้ 2. สามารถจัดเก็บข้อมูลของโครงสร้างชิ้นส่วนของปราสาทหินนาแคะในเชิงคณิตศาสตร์ได้โดยแทนให้อยู่ในรูปสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) 3. สามารถอนุรักษ์ศิลปะพื้นเมืองของจังหวัดนครราชสีมาในส่วนของศิลปะเขมรและสามารถเผยแพร่ในรูปแบบดิจิทัลได้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการ “การวิเคราะห์สวดตายและจำลองปราสาทหินนาแคะโดยใช้สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ลำดับที่ n ” ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะคณะผู้จัดทำโครงการได้รับความกรุณาเอาใจใส่รับคำปรึกษารวมทั้งข้อเสนอแนะและคำแนะนำรวมทั้งการดูแลแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จากคุณครูภุชญา ไสภาพล คุณครูทิพรัตน์ แสงฤทธิ์ และข้อมูลจากสำนักศิลปากรที่ 10 นครราชสีมา กรมศิลปากร อีกทั้งยังมีส่วนของ สำนักศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ในส่วนของการสนับสนุนข้อมูลหลักฐานอื่น ๆ คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาที่ได้รับและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการ นายทงค์ เขียวแก้ว ผู้อำนวยการโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา คณะคุณครูทุกท่านและขอขอบใจเพื่อนนักเรียนทุกคนที่ช่วยสนับสนุน ส่งเสริมการทำโครงการในครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีมาโดยตลอด คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ท้ายสุดนี้ขอกราบขอบพระคุณมารดา บิดา ที่คอยให้การช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน คอยเป็นกำลังใจ ห่วงใยมาโดยตลอด ซึ่งคุณประโยชน์ของโครงการฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ มารดา บิดา และคนในครอบครัวทุกคน ตลอดจนคุณครู อาจารย์ ที่ได้ให้การอบรมสั่งสอนให้คณะผู้จัดทำโครงการประสบความสำเร็จในการจัดทำครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	8
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	15
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	20
บรรณานุกรม.	22
ภาคผนวก	23

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปภาพที่ 2- 1 ปราสาทหินนาแค	4
รูปภาพที่ 2- 2 ส่วนของนาคปลายหน้าบันในโปรแกรม BLENDER	5
รูปภาพที่ 2- 3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 1 ในโปรแกรม GEOGEBRA	5
รูปภาพที่ 2- 4 Quadratic Bezier จากโปรแกรม GeoGebra	6
รูปภาพที่ 2- 5 ส่วนของนาคปลายหน้าบันในโปรแกรม GeoGebra ที่สร้างจาก สมการเส้นโค้งเบซิเยร์	7
รูปภาพที่ 3- 1 โปรแกรม Blender ver 3.2.0 ในระบบปฏิบัติการ windows 11 (21H2)	9
รูปภาพที่ 3- 2 นาคปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแค	11
รูปภาพที่ 3- 3 รูปของนาคปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแคที่ลงเส้นตาม แนวของวัตถุ ในโปรแกรม BLENDER	10
รูปภาพที่ 3- 4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 2 (QUADRATIC BEZIER CURVE) ในโปรแกรม BLENDER	10
รูปภาพที่ 3- 5 เส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) เส้นที่ 2 ที่มีจุดเริ่มต้นเป็นจุดเดียวกัน กับจุดสุดท้ายของเส้นที่ 1	11
รูปภาพที่ 3- 6 ส่วนหนึ่งของนาคปลายหน้าบันที่มีเส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) จำนวนหลายเส้นที่ต่อจุดควบคุม	11
รูปภาพที่ 3- 7 เส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) ที่วาดตามนาคปลายหน้าบันของ ปราสาทหินนาแคใน BLENDER	12
รูปภาพที่ 3- 8 การดูพิกัดจุด (x,y) ในจุดควบคุมเส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) ในโปรแกรม BLENDER	12
รูปภาพที่ 3- 9 พิกัดจุด (x,y) ของเส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) ในโปรแกรม EXCEL	
รูปภาพที่ 3- 10 การตรวจสอบสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (BEZIER) ในโปรแกรม GEOGEBRA	14

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปภาพที่ 3-11 ปราสาทหินนาแคะชั้นที่ 3 โดยการแสดงแบบโครงสร้าง	14
รูปภาพที่ 3-12 การตรวจสอบสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ในโปรแกรม Geogebra โดยใช้แบบจำลองจากหลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 1	14
รูปภาพที่ 4-1 จุดควบคุม Bezier บนหลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 1	15
รูปภาพที่ 4-2 หลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 1 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender	15
รูปภาพที่ 4-3 จุดควบคุม Bezier บนหลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 2	18
รูปภาพที่ 4-4 หลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender	18
รูปภาพที่ 4-5 จุดควบคุม Bezier บนหลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 3	19
รูปภาพที่ 4-6 หลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 3 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender	19

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 3-1 การกำหนดตารางทำกิจกรรม	10
ตารางที่ 4-1 ตารางลำดับของ Bezier Curve และจุดควบคุม	16
ตารางที่ 4-2 สมการ Bezier Curve ของหลักฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 1	17

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

จังหวัดนครราชสีมา มีโบราณสถานมากมายที่มีความเก่าแก่และมีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ ดังเช่นปราสาทหินนาแคะ เป็นโบราณสถานขอมที่มีสภาพพังทลายเป็นอย่างมาก และมีลักษณะคล้ายศิลปะขอมแบบบันทายศรี แต่เมื่อพิจารณาจากแผนผังที่ยังเหลือร่องรอยอยู่และ สำนักศิลปกรที่ 10 นครราชสีมา กรมศิลปกร เองยังไม่มีมีการสำรวจโบราณสถานดังกล่าว ดังนั้นจึงยากต่อการศึกษาตัวปราสาทหินนาแคะ และพื้นที่ดังกล่าวมีสภาพถูกทิ้งร้างและทรุดโทรมลงอย่างมาก โบราณสถานแห่งนี้จึงควรค่าที่จะอนุรักษ์ไว้เพื่อให้เยาวชนรุ่นหลังได้ศึกษาประวัติความเป็นมาของศิลปะเขมรที่อยู่ในชุมชนของตนเองและเห็นคุณค่าของการศึกษาศิลปะแบบเขมรในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ในสภาพปัจจุบันปราสาทหินนาแคะพังทลายเป็นอย่างมากจึงไม่สามารถศึกษาร่องรอยต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนมาก แต่ยังมีโครงสร้างชิ้นส่วนที่ยังคงอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างสมบูรณ์ของตัวปราสาทในการศึกษา

คณะผู้จัดทำจึงตระหนักถึงความสำคัญในเรื่องนี้และเกิดแรงบันดาลใจในการจัดทำโครงการการวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแคะโดยใช้สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ เพื่ออนุรักษ์ศิลปะวัฒนธรรมดั้งเดิมของชาวนครราชสีมาให้คงอยู่โดยทางคณะผู้จัดทำได้เลือกใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ในการวิเคราะห์ลวดลายของปราสาทหินนาแคะในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ซึ่งเหมาะสมที่สุดในการเก็บข้อมูลและการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์ลวดลายของปราสาทหินนาแคะโดยใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)

โดยการหาส่วนที่ขาดหายไปในรูปแบบกราฟิก

1.2.2 เพื่อสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) จากลวดลายของปราสาทหินนาแคะ

ซึ่งเป็นศิลปะบันทายศรีในรูปแบบกราฟิก

1.2.3 เพื่อให้เห็นถึงคุณค่าและการอนุรักษ์ศิลปวัฒนธรรมพื้นเมืองของจังหวัดนครราชสีมา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1.3.1 หลักฐานทางโบราณคดีทั้ง 3 ชั้นของโบราณสถานปราสาทหินนาแค บ้านนาแค ตำบลเมืองปัก อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา
- 1.3.2 โปรแกรม Blender
- 1.3.3 โปรแกรม GeoGebra
- 1.3.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve)

1.4 สมมติฐาน

สามารถสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) โดยใช้จุดอ้างอิงจากลวดลายของหลักฐานทางโบราณคดีของปราสาทหินนาแคได้และยังสามารถนำสมการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในด้านกราฟิกคอมพิวเตอร์ได้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 สามารถวิเคราะห์ลวดลายของปราสาทหินนาแคในรูปแบบของกราฟิกได้
- 1.5.2 สามารถนำสมการมาวิเคราะห์ลวดลายของปราสาทหินนาแคได้ รวมถึงไปประยุกต์ใช้ในงานด้านอื่น ๆ ได้และใช้ในการบูรณะรักษาโบราณสถานอื่น ๆ ที่เป็นศิลปะแบบเดียวกันได้
- 1.5.3 สามารถสืบสานและเผยแพร่วัฒนธรรมศิลปะการจำลองลวดลายของปราสาทหินนาแค
- 1.5.4 สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์กับประวัติศาสตร์นำมาใช้ร่วมกันได้

บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาโครงการในครั้งนี้ มุ่งศึกษาการใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ในการวิเคราะห์สวดลายของปราสาทหินนาแค คณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อมาเป็นแนวทางในการศึกษาการวิจัย ดังต่อไปนี้

- 2.1 ประวัติและความเป็นมาของปราสาทหินนาแค
- 2.2 โปรแกรม Blender
- 2.3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 1
- 2.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 2
- 2.5 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ n
- 2.6 โปรแกรม Geogebra

2.1 ประวัติและความเป็นมาของปราสาทหินนาแค

ปราสาทหินนาแคหรือปราสาทสระสี่เหลี่ยม ตั้งอยู่ที่ บ้านนาแค ตำบลเมืองปัก อำเภอบักรังชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นปราสาทขอมโบราณที่มีความเก่าแก่มาก มีลักษณะคล้ายศิลปะขอมแบบบันทายศรี คาดว่าศาสนสถานแห่งนี้น่าจะได้รับการก่อสร้างเมื่อประมาณกลางพุทธศตวรรษที่ 16 เป็นเทวสถานศาสนาพราหมณ์ – ฮินดู ลัทธิไศวนิกาย

ปราสาทแห่งนี้ มีปรางค์อยู่ด้วยกัน 3 องค์ ตั้งเรียงกันในแนวเหนือ – ใต้ มีประตูเข้าออกเพียงทางเดียวคือฝั่งทิศตะวันออก ส่วนอีก 3 ด้านที่เห็นเป็นเพียงประตูหลอก ปรางค์ประธาน ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของปรางค์เล็กเป็นปรางค์รูปสี่เหลี่ยม สร้างด้วยหินทราย อยู่ในสภาพพังทลาย ทางด้านทิศเหนือและใต้ทำเป็นมุขยื่นออกไปเป็นประตู ยาวประมาณ 2.80 เมตร ส่วนทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตก

ปรางค์เล็ก ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันออกของปรางค์ประธานสร้างด้วยหินทรายสีแดง ฐานเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่องค์ปรางค์ด้านทิศเหนือทำเป็นมุขยื่นออกไปเป็นประตูยาวประมาณ 2.40 เมตร อีกสามด้านเป็นช่องประตูเข้าออก ภายในองค์ปรางค์เป็นคูหา ส่วนด้านหลังของปรางค์ทั้ง 3 องค์ได้พังทลายลงมาหมด ปราสาทแห่งนี้มีบรรณาลัยเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งก่อด้วยหินทรายและศิลาแลง มีประตูทางเข้าอยู่ทางฝั่งทิศตะวันตก กำแพงแก้วที่ล้อมรอบศาสนสถานแห่งนี้ก่อขึ้นด้วยหินทรายทั้งหมด แต่หลงเหลือร่องรอยให้เห็นเพียงบางส่วนเท่านั้น ชุมประตูหรือโคปุระก่อขึ้นด้วยหินทราย อยู่ทางด้านทิศตะวันออก มีปึกประตูทั้ง 2 ข้าง ปราสาทแห่งนี้มีคูน้ำล้อมรอบ ห่างออกไปทางทิศตะวันออก จะเห็นบารายขนาดใหญ่ชื่อสระสี่เหลี่ยม

ปราสาทแห่งนี้ได้การประกาศขึ้นทะเบียนโบราณสถาน ประกาศขึ้นทะเบียนโบราณสถานในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 53 ตอนที่ 34 วันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2479 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว



รูปภาพที่ 2-1 ปราสาทหินนาแคในปัจจุบัน

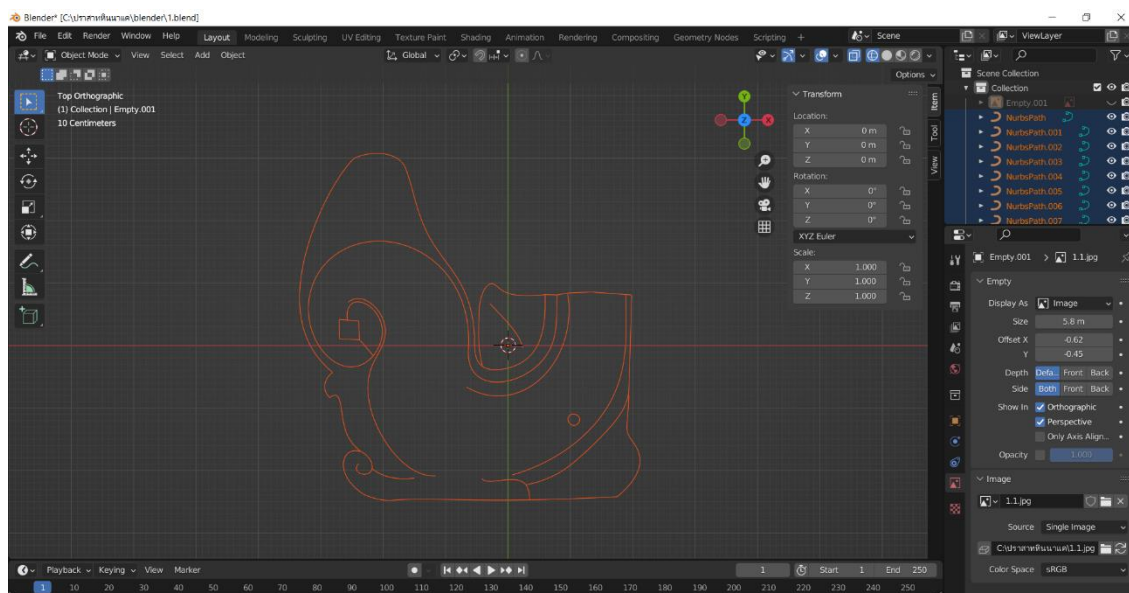
2.2 โปรแกรมเบลนเดอร์

Blender เป็นโปรแกรมที่มีขนาดไฟล์ที่เล็ก (ประมาณ 40MB หรือเล็กกว่าหากเลือกเฉพาะส่วน) ทำงานได้โดยไม่ต้องอินสตอล สามารถใส่ในแฟลชไดรฟ์ขนาดเล็กได้ สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการหลายรูปแบบ มีความสามารถในการทำคาแรคเตอร์และโมเดล ได้ใกล้เคียงหรือแม้แต่สูงกว่าโปรแกรม 3 มิติระดับสูงอื่นๆ ในหลายกรณี

รองรับโครงสร้างพื้นฐานเรขาคณิตและการปฏิบัติการหลายอย่าง ได้แก่โมเดล Polygon, พื้นผิวแบบ Subdiv Bezier curve พื้นผิว NURBS metaballs digital sculpting และฟอนต์มีเครื่องมือสำหรับใช้ตัดต่อและตกแต่งวิดีโอในตัวมีเอนจินสำหรับเรนเดอร์ภายในโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพสูงโดยมีคุณลักษณะสำคัญเช่น DoF, Subsurface Scattering, Volumetric Rendering และรองรับโปรแกรมภายนอกสำหรับการเรนเดอร์ที่มีความสามารถคำนวณแสงที่ซับซ้อนกว่าตัวเบลนเดอร์เอง (เช่นการคำนวณแบบ photon mapping และแบบ path tracing) ทั้งแบบที่เป็นซอฟต์แวร์เสรีเช่น YafRay และ LuxRender หรือซอฟต์แวร์กรรมสิทธิ์เช่น Indigo, Renderman, V-Ray สามารถเขียนโปรแกรมเสริมการทำงานได้ด้วยภาษา ไพทอนสคริปมีเอนจินในตัว

ระบบแสดงผลแบบ GLSL เช่นสามารถจำลองเงาตกกระทบพื้นผิวได้ในตัว modeler เอง สามารถผสมผสานการทำงานแบบ multi texture ได้

สามารถแก้ไขภาพแบบแรสเตอร์ได้ในตัวโดยสามารถใช้ Node เพื่อจำลองการทำงานแบบ Layerระบบคลี่ UV แบบ ABF++ และ LSCM พร้อมระบบ pin ปักหมุดเพื่อช่วยการคลี่แบบต่อเนื่อง การแสดงค่าความบิดเบี้ยว/ความตึงของหน้า UV



รูปภาพที่ 2-2 ส่วนของนาคลายหน้าบันในโปรแกรม Blender

2.3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 1 (Linear Bezier curves)

เส้นโค้งเบซิเยร์ ลำดับที่หนึ่ง กำหนดให้มีจุดควบคุมสองจุด เส้นโค้งเบซิเยร์เชิงเส้นคือส่วนของเส้นตรง ระหว่างจุดสองจุด และเป็นฟังก์ชันค่าเวกเตอร์อิงตัวแปรเสริม t ที่ส่งจากช่วง $[0,1]$



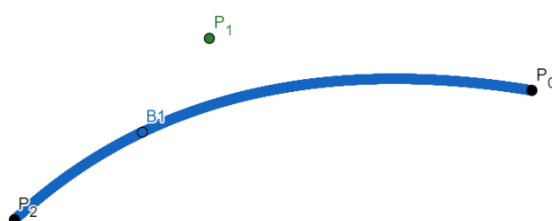
รูปภาพที่ 2- 3 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 1 ในโปรแกรม GeoGebra

จากรูปภาพจะเห็นว่าเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ1(Linear Bezier Curves) มีจุดควบคุม 2 จุดคือ P_0 และ P_1 ในปริภูมิ 2 มิติ และ 3 มิติ และเราจะทำการลากเส้นตรงจากจุด P_0 ไปยัง P_1 จะได้ว่า $r(t) = (1-t)P_0 + tP_1$ ดังนั้นสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่1 คือ

$$B_1(t, P_0, P_1) = (1-t)P_0 + tP_1$$

2.4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 2 (Quadratic Bezier curve)

เส้นโค้งเบซิเยร์กำลังสอง หรือ อันดับที่2 เป็นฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ตัวแปรเสริม t ส่งจากช่วง $[0,1]$ ไปยังปริภูมิ R^2 หรือ R^3 ซึ่งในการจัดทำโครงการครั้งนี้ศึกษาเฉพาะ R^2 เท่านั้น



รูปภาพที่ 2-4 Quadratic Bezier จากโปรแกรม GeoGebra

จากรูปภาพจะเห็นว่าเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับ2(Quadratic Bezier Curves)มีจุดควบคุม 3 จุด คือจุด P_0, P_1, P_2 และสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 2 ก็คือ

$$B_2(t, P_0, P_1, P_2, P_3) = P_0 + 2t(P_1 - P_0) + t^2(1-t)$$

2.5 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ n

เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ n กำหนดให้มีจุดควบคุม n+1 จุด เป็นฟังก์ชันค่าเวกเตอร์ตัวแปรเสริม t ส่งจากช่วง [0,1] และจะมีสมการเป็น

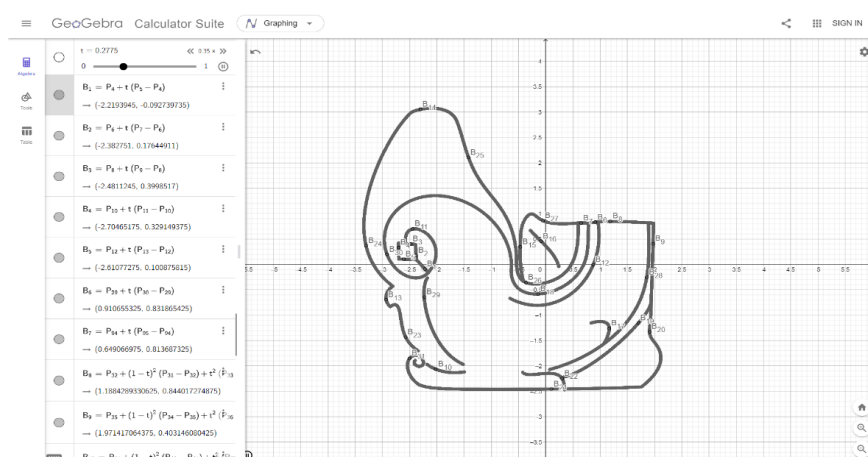
$$B_n(t, P_0, P_1, \dots, P_n) = \sum_{k=0}^n b_{n,k}(t) P_k$$

โดยที่ $b_{n,k}(t) = \binom{n}{k} (1-t)^{n-k} t^k$; $k = 0, 1, 2, \dots, n$ และ P_i ; $i = 0, 1, 2, \dots, n$

เมื่อ $P_i = (x_i \ y_i \ z_i)$

2.6 โปรแกรมจีโอจีบร้า

GeoGebra เป็นโปรแกรมเครื่องมือคณิตศาสตร์ที่สามารถใช้งานผ่านเว็บได้ และยังเป็นโปรแกรมที่สามารถสร้างกราฟ หรือสร้างเรขาคณิตต่าง ๆ มากมาย และเป็นฟรีซอฟต์แวร์คณิตศาสตร์สำหรับทุกระดับการศึกษาที่ ศึกษาเรขาคณิต, พีชคณิต, กราฟและแคลคูลัส



รูปภาพที่ 2-5 ส่วนของนาคลายหน้าบ้านในโปรแกรม geogebra ที่สร้างจากสมการเส้นโค้งเบซิเยร์

บทที่ 3

วิธีในการดำเนินงาน

ในบทนี้จะนำเสนอวิธีการดำเนินงานการศึกษา เรื่อง การวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแค โดยใช้สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ ซึ่งได้นำความรู้จากทฤษฎีบทที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินงาน โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การกำหนดตารางทำโครงการงาน

3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแคในโปรแกรม Blender

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)

3.1 การกำหนดตารางทำกิจกรรม

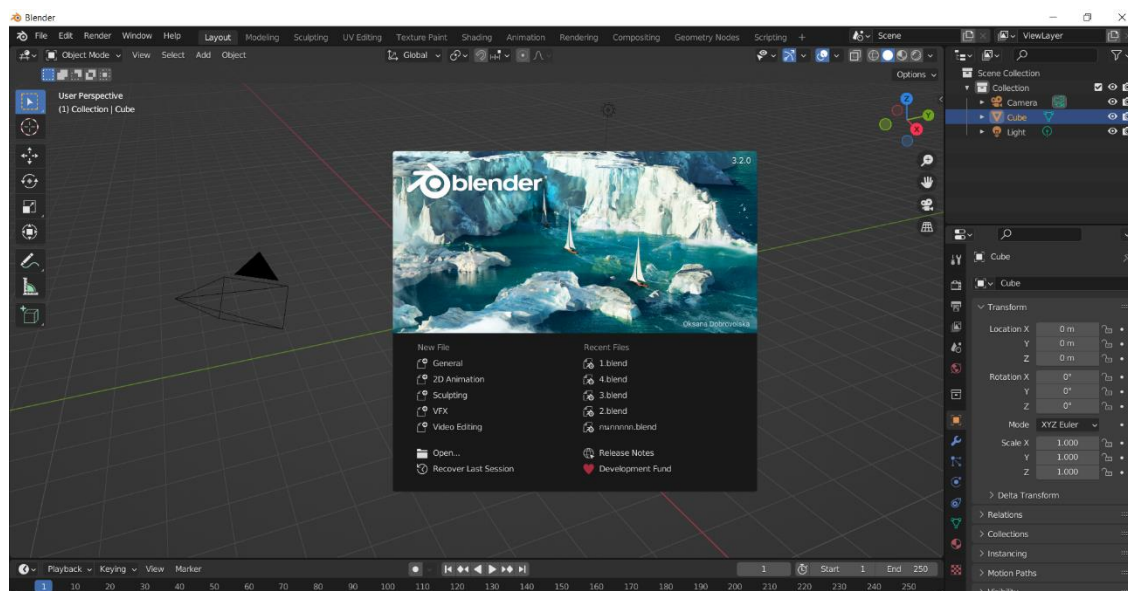
ลำดับที่	กิจกรรม / รายการปฏิบัติ	วัน เดือน ปี	ผู้ประสานงาน	สถานที่
1	ประชุม / ปรีกษา / หาที่ปรีกษา	3 มิถุนายน 2565	คณะผู้จัดทำ โครงการ	ห้องกลุ่มสาระ คณิตศาสตร์ โรงเรียนเตรียม อุดมศึกษาน้อม เกล้า นครราชสีมา
2	ศึกษาปัญหา / หัวข้อ	5 มิถุนายน 2565		
3	เสนอหัวข้อ / ตั้งวัตถุประสงค์	6 มิถุนายน 2565		
4	จัดวางโครงเรื่องหาวิธีดำเนินการ	7 มิถุนายน 2565		
5	หาข้อมูล / เอกสารอ้างอิง / สืบค้นจาก สถานที่จริง	8 มิถุนายน 2565 - 9 มิถุนายน 2565		
6	ขอเสนอแนะข้อมูล - สำนักศิลปกรที่ 10 นครราชสีมา - สำนักงานศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา - สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	10 มิถุนายน 2565		
7	จัดหาวัสดุอุปกรณ์ / หารูปเล่ม	13 มิถุนายน 2565- 15 มิถุนายน 2565		
8	ส่งเอกสารการนำเสนอโครงการ คณิตศาสตร์	ภายในวันที่ 16 มิถุนายน 2565		

ตารางที่ 3-1 การกำหนดตารางการจัดทำโครงการงาน

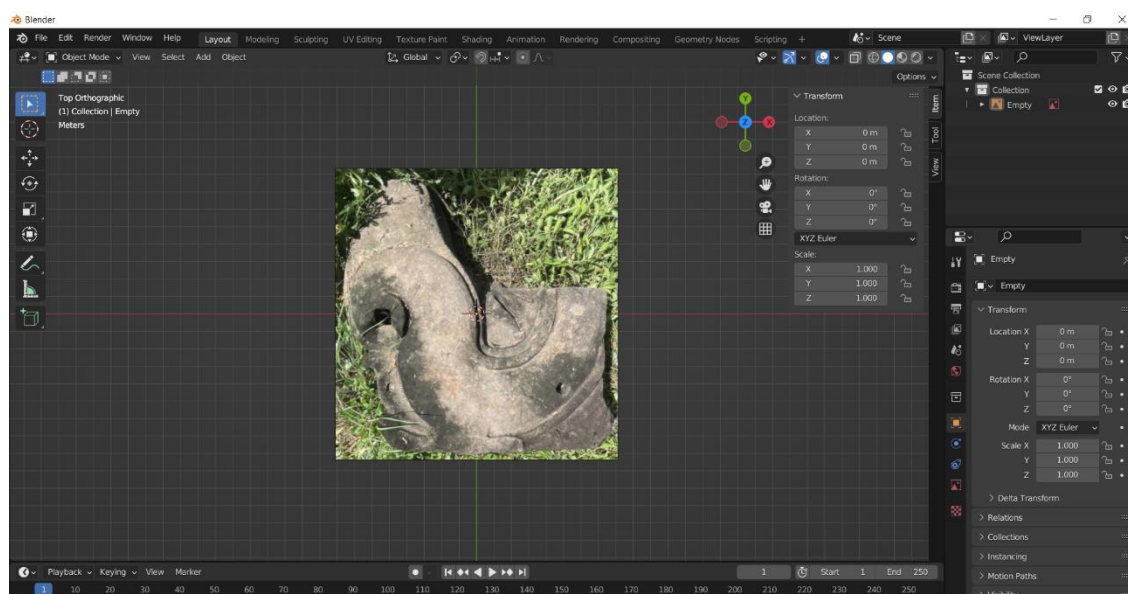
3.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแคในโปรแกรม Blender

3.2.1 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1 (ชิ้นส่วนนาคปลายหน้าบ้านของปราสาทหินนาแค)

1. นำภาพหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1 เข้าสู่โปรแกรม Blender ver 3.2.0

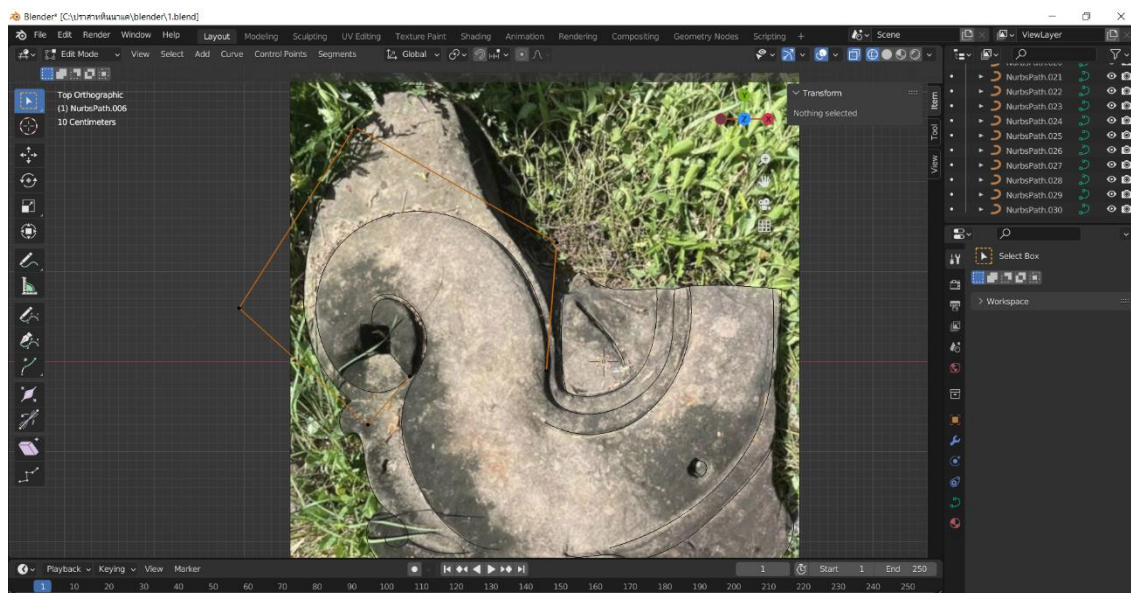


รูปภาพที่ 3-1 โปรแกรม Blender ver 3.2.0 ในระบบปฏิบัติการ windows 11 (21H2)

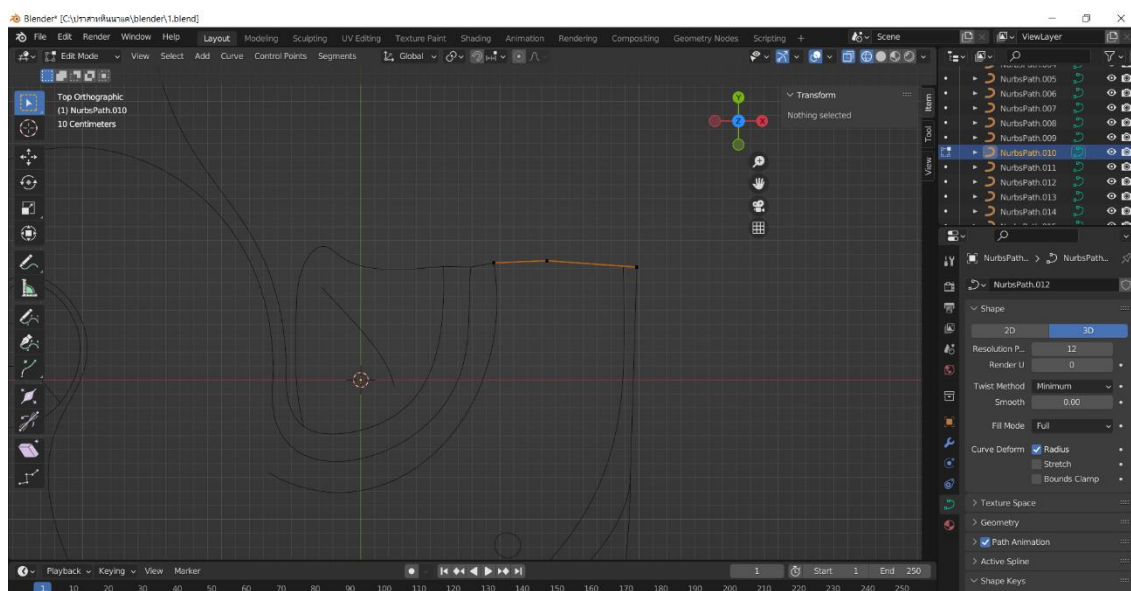


รูปภาพที่ 3-2 นาคปลายหน้าบ้านของปราสาทหินนาแค

2. วาดเค้าโครงของภาพหลักฐานทางโบราณคดีชิ้นที่ 1 (ชิ้นส่วนนาคปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแค) โดยการลากเส้นเป็นแนวเดียวกับวัตถุเพื่อใช้ในการวางจุดของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)

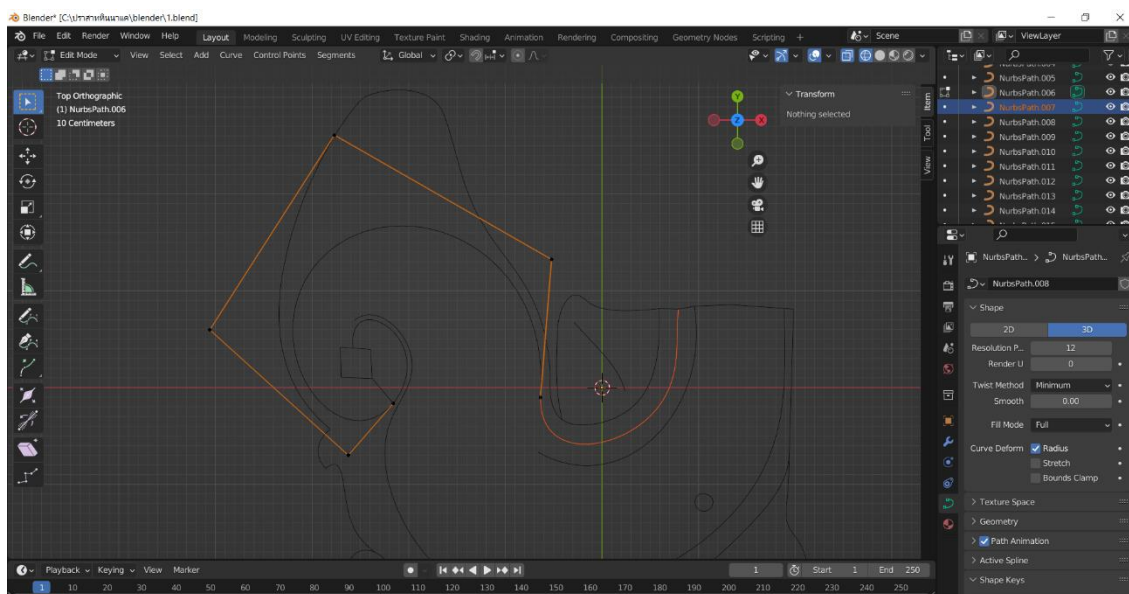


รูปภาพที่ 3-3 รูปของนาคปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแคที่ลงเส้นตามแนวของวัตถุในโปรแกรม Blender

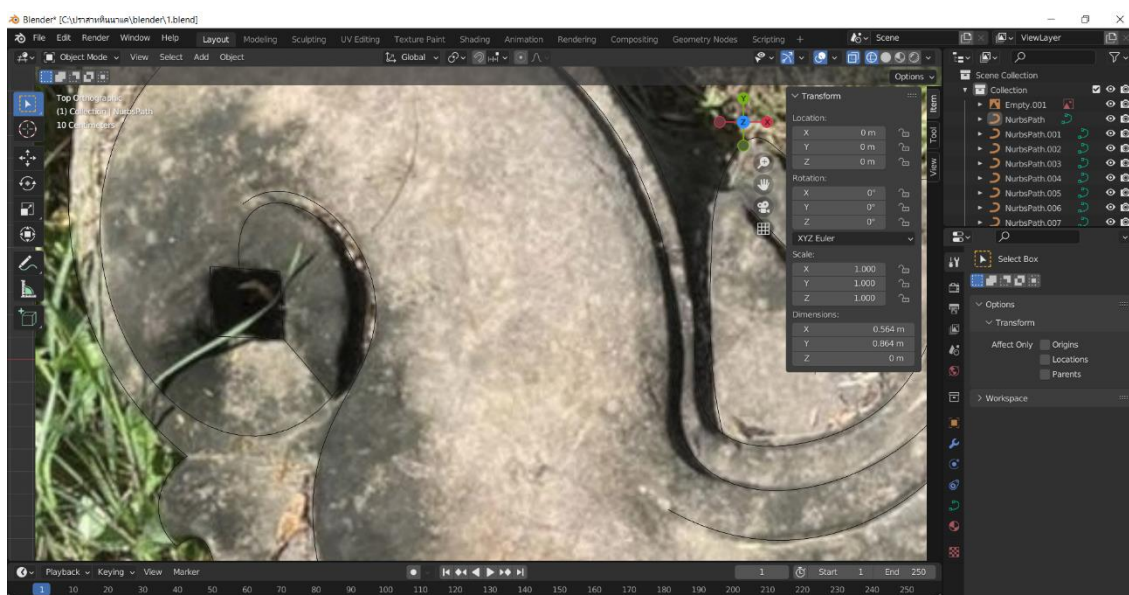


รูปภาพที่ 3- 4 เส้นโค้งเบซิเยร์ อันดับที่ 2 (Quadratic Bezier curve) ในโปรแกรม Blender

3. สร้างเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) เส้นถัดไปโดยให้จุดควบคุมจุดสุดท้ายของเส้นแรกกับจุดควบคุมจุดแรกของเส้นถัดไปอยู่ในพิกัด (x,y) เดียวกัน

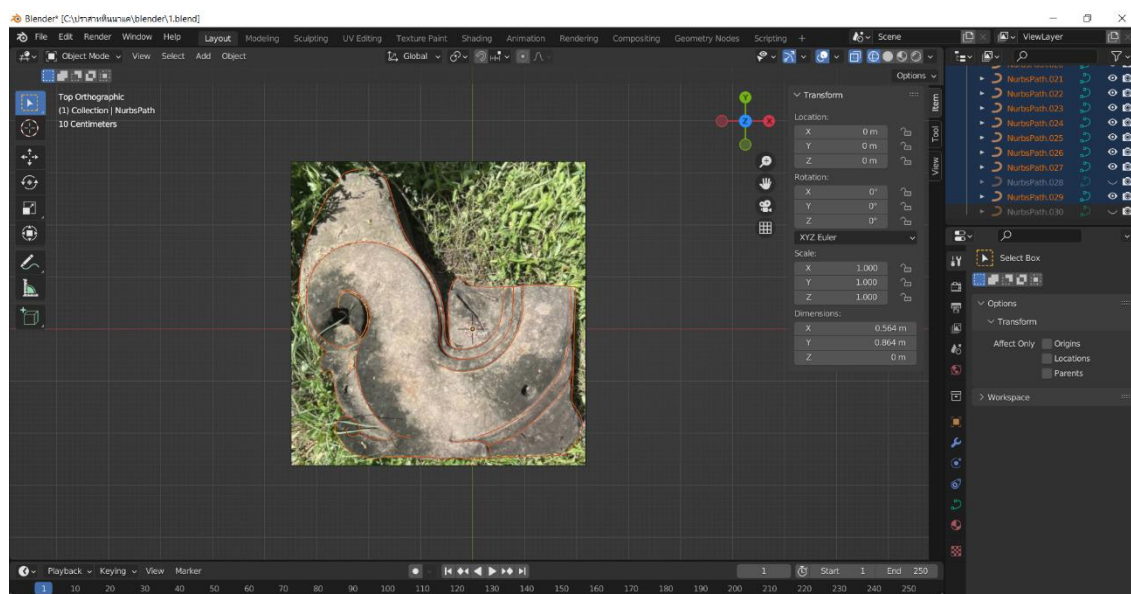


รูปภาพที่ 3-5 เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) เส้นที่ 2 ที่มีจุดเริ่มต้นเป็นจุดเดียวกันกับจุดสุดท้ายของเส้นที่ 1



รูปภาพที่ 3- 6 ส่วนหนึ่งของนาฬิกาโบราณที่มีเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) จำนวนหลายเส้นที่ต่อจุดควบคุม

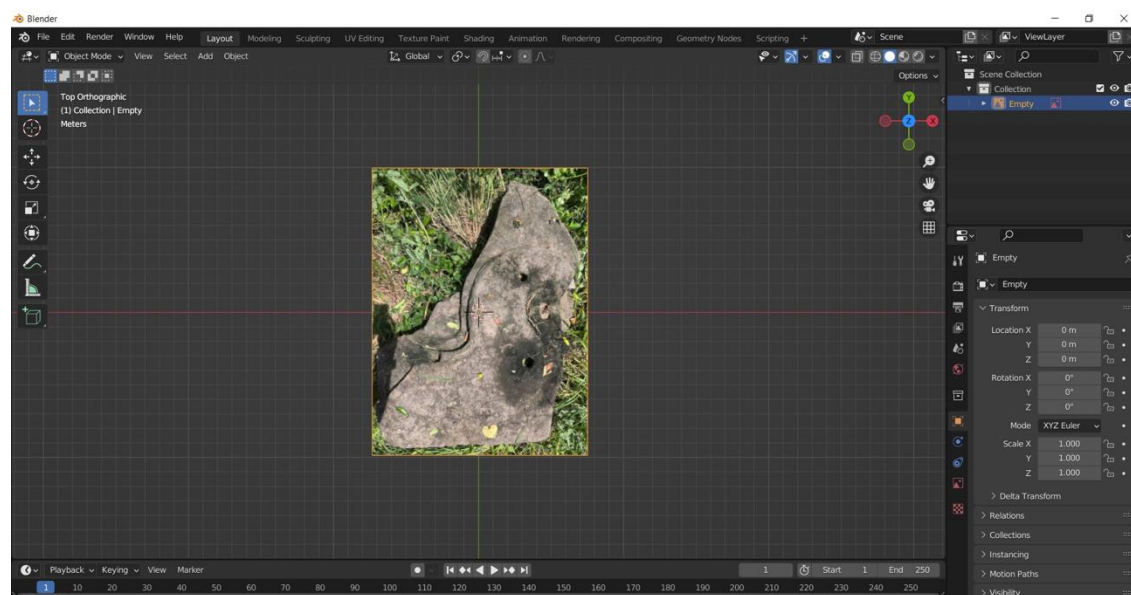
4. ได้เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ที่สามารถนำไปสร้างเป็นสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ได้



รูปภาพที่ 3-7 เส้นโค้งเบซิเยร์ ที่วาดตามนาคปลายหน้าบ้านของปราสาทหินนาแคใน Blender

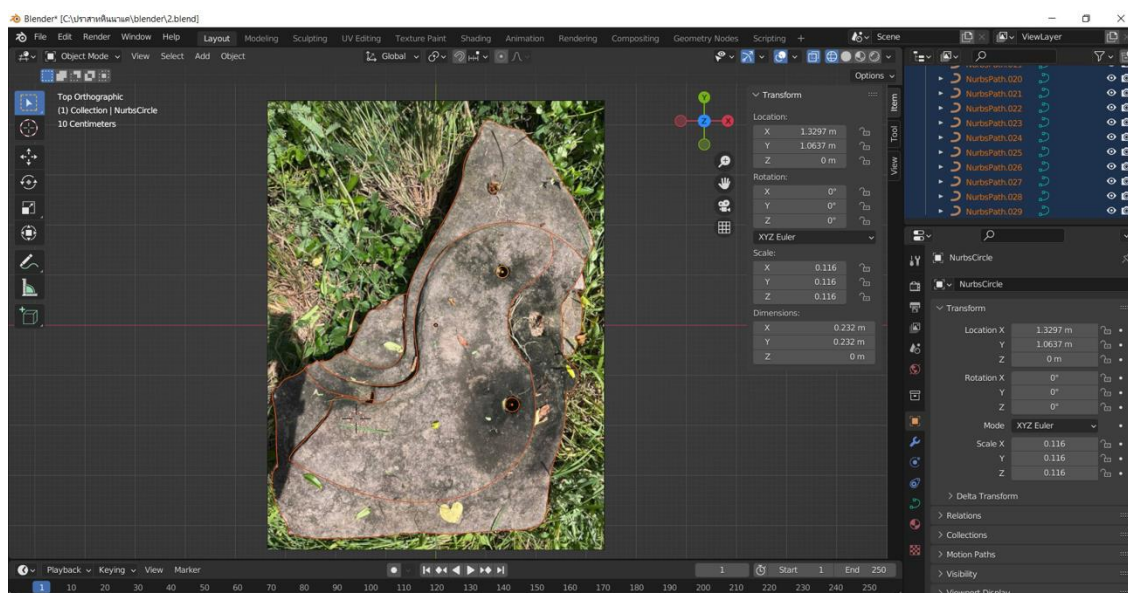
3.2.2 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 2

1. วาดเค้าโครงของภาพหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 2 (ชิ้นส่วนนาคปลายหน้าบ้านของปราสาทหินนาแค) โดยการลากเส้นเป็นแนวเดียวกับวัตถุเพื่อใช้ในการวางจุดของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)



รูปภาพที่ 3-8 นาคปลายหน้าบ้านของปราสาทหินนาแคขั้นที่ 2

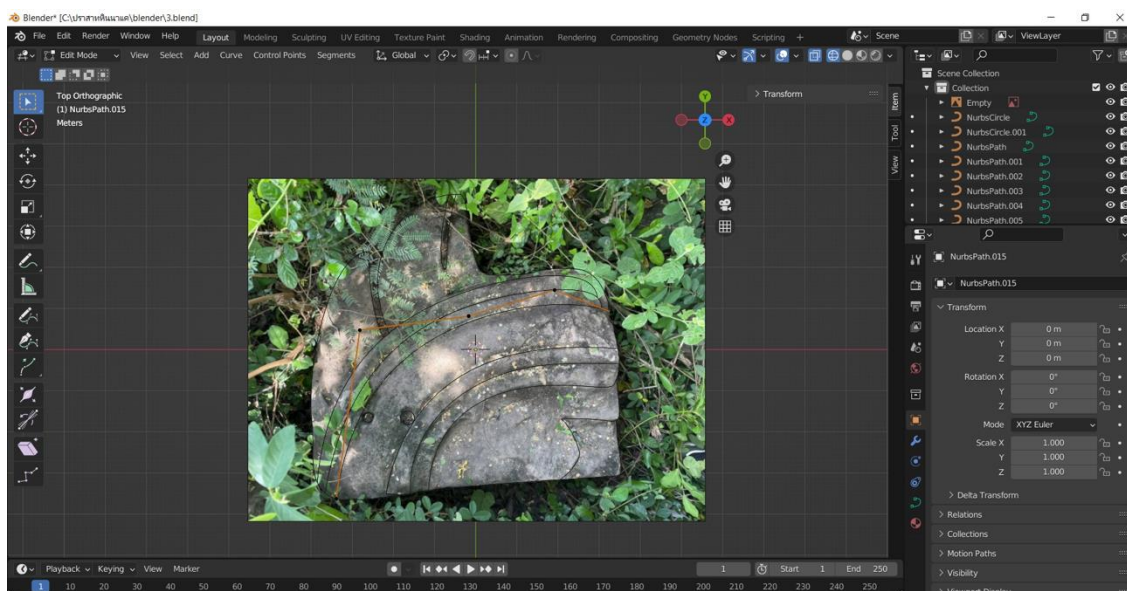
2. เส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ที่สามารถนำไปสร้างเป็นสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ได้



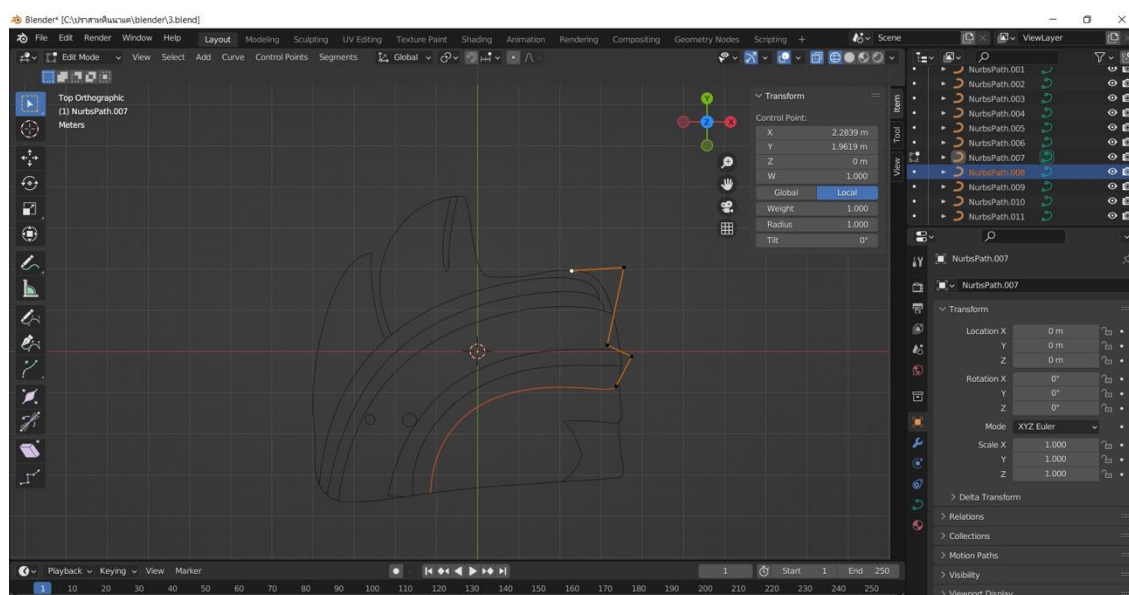
รูปภาพที่ 3-9 เส้นโค้งเบซิเยร์ ที่วาดตามขนาดปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแคใน Blender

3.2.2 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 3

1. วาดเค้าโครงของภาพหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 3 (ชิ้นส่วนขนาดปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแค) โดยการลากเส้นเป็นแนวเดียวกับวัตถุเพื่อใช้ในการวางจุดของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)



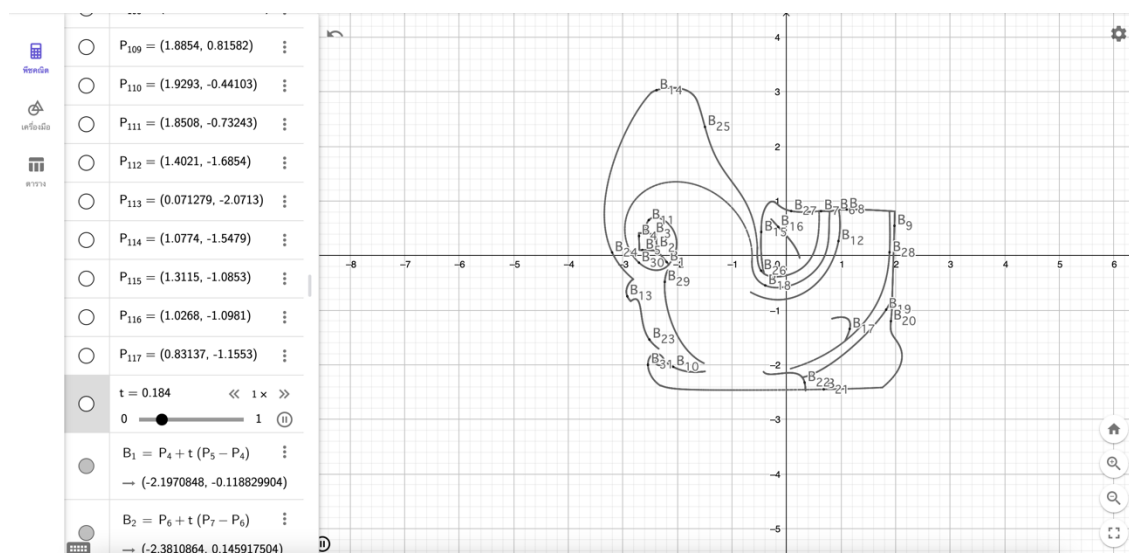
รูปภาพที่ 3-10 ขนาดปลายหน้าบันของปราสาทหินนาแคขั้นที่ 3



รูปภาพที่ 3-11 ปราสาทหินนาแคชั้นที่ 3 โดยการแสดงแบบโครงร่าง

3.3 ขั้นตอนการตรวจสอบเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)

3.4.1 ตรวจสอบว่าสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) สามารถนำไปใช้ได้จริงโดยการใช้โปรแกรม Geogebra กำหนดจุดและแทนค่า $t=[0-1]$ จากนั้นให้เริ่มต้นสมการของเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ทุกเส้น



รูปภาพที่ 3-12 การตรวจสอบสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) ในโปรแกรม Geogebra โดยใช้แบบจำลองจากหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1

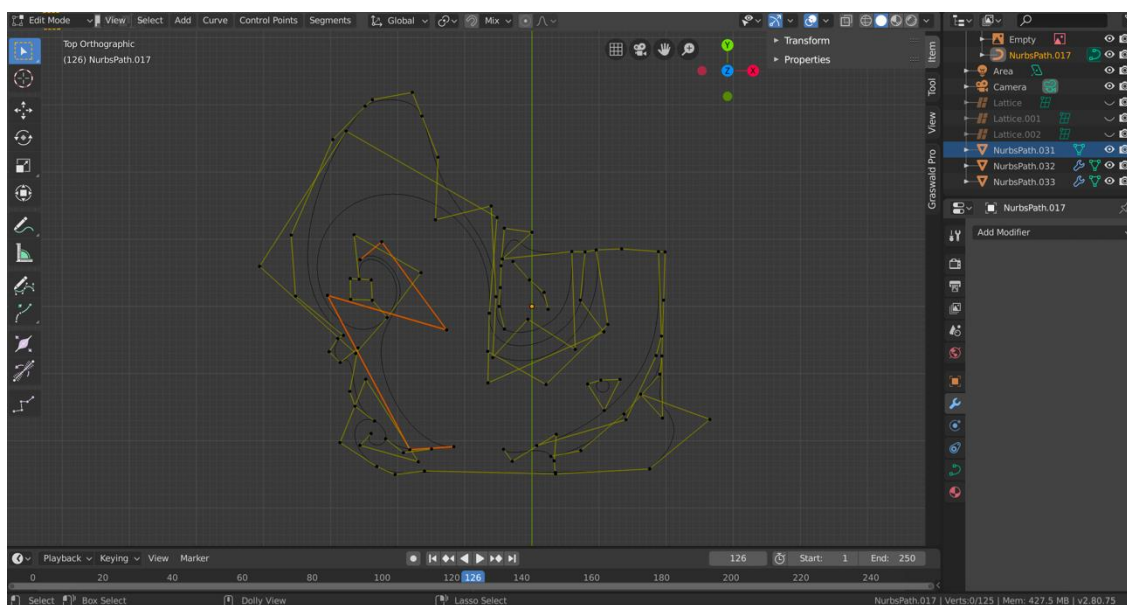
บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 การวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแคะโดยใช้เส้นโค้ง Bezier ในโปรแกรม Blender

4.1.1 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1

1. จุดควบคุม Bezier



รูปภาพที่ 4-1 จุดควบคุม Bezier บนหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1

2. หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1 เมื่อสร้างจากจุดควบคุม



รูปภาพที่ 4-2 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 1 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender

3. จุดควบคุม (P) ที่ได้จากโพรแวนคี่ขึ้นที่ 1

เส้นที่	n	จุดที่ 1		จุดที่ 2		จุดที่ 3		จุดที่ 4		จุดที่ 5		จุดที่ 6	
		x	y	x	y	x	y	x	y	x	y	x	y
1	3	-2.57532	0.404827	-2.64986	1.06648	-1.65442	0.501339	-2.15844	-0.16408				
2	1	-2.1584	-0.16407	-2.37823	0.092976								
3	1	-2.37823	0.092976	-2.39463	0.393779								
4	1	-2.39463	0.393779	-2.70638	0.415656								
5	1	-2.70638	0.415656	-2.70005	0.103914								
6	1	-2.70005	0.103914	-2.3782	0.092976								
7	5	-2.1584	-0.16407	-2.62434	-0.70005	-4.05811	0.596138	-2.76825	2.60879	-0.52128	1.32354	-0.63613	-0.10391
8	4	-0.63613	-0.10391	-0.65544	-1.13758	1.07195	-0.37737	0.721073	0.092976	0.791317	0.810528		
9	3	-0.65873	-0.66942	0.210015	-1.16165	1.13126	-0.26908	0.956486	0.840062				
10	1	0.956486	0.840062	0.79132	0.81053								
11	2	0.956486	0.840062	1.33769	0.85574	1.98341	0.809799						
12	2	1.98341	0.809799	1.96257	0.092976	1.93608	-0.73834						
13	4	1.93608	-0.73834	1.90569	-1.0107	1.37166	-1.60137	0.728491	-2.1461	0.282208	-2.23141		
14	4	1.9361	-0.73834	1.94507	-1.66153	1.62106	-1.30713	2.65121	-1.68122	1.75621	-2.41518		
15	4	1.75621	-2.41518	0.356828	-2.48737	-1.59756	-2.44567	-2.03407	-2.49678	-2.30677	-2.37887		
16	4	0.347335	-2.47158	0.331508	-2.29872	0.362868	-1.9041	-0.29446	-2.3061	-0.42312	-2.12734		
17	5	-2.30677	-2.37887	-2.86014	-2.02725	-2.47627	-1.08439	-1.69319	-2.31052	-2.5611	-2.069	-2.39757	-1.89228
18	3	-2.17595	-0.26895	-2.34914	-0.51864	-2.15456	-1.66575	-1.51456	-1.97084				
19	2	-2.18106	-1.97006	-1.9156	-2.177	-1.49575	-2.12053						
20	4	-2.34526	-1.70568	-2.63632	-1.48574	-2.71337	-1.26474	-2.59219	-0.61837	-2.85659	-0.83503		
21	3	-2.8566	-0.83503	-3.02234	-0.67481	-2.8934	-0.47715	-2.80944	-0.43206				
22	4	-2.80944	-0.43206	-3.52258	0.15314	-3.58777	1.06102	-2.96561	2.4819	-2.48566	2.9796		
23	3	-2.48566	2.9796	-2.3764	3.07549	-1.78294	3.18487	-1.63978	2.83211				
24	4	-1.63978	2.83211	-1.39925	2.22048	-1.43748	1.28981	-0.60884	1.49399	-0.53587	0.14311		
25	4	-0.53587	0.14311	0.584344	-0.76021	-0.06016	-0.19142	0.644505	-0.63989	0.594427	0.814904		
26	1	0.594427	0.814904	0.79132	0.81053								
27	4	0.594427	0.814904	-0.44021	0.706433	0	1.00295	-0.41207	1.1622	-0.45952	0.606165		
28	3	-0.45952	0.606165	-0.47035	0.278927	-0.49137	0	-0.41111	-0.33583				
29	3	-0.28269	0.667237	-0.03743	0.393779	0.180482	0.207828	0.239787	-0.04375				
30	4	1.88538	0.815822	1.92932	-0.44103	1.85076	-0.73243	1.40205	-1.68538	0.071279	-2.07128		
31	4	1.02681	-1.09815	1.31152	-1.08531	1.07744	-1.54789	0.831368	-1.15525	1.02681	-1.09815		

ตารางที่ 4-1 ตารางลำดับของ Bezier Curve และจุดควบคุม

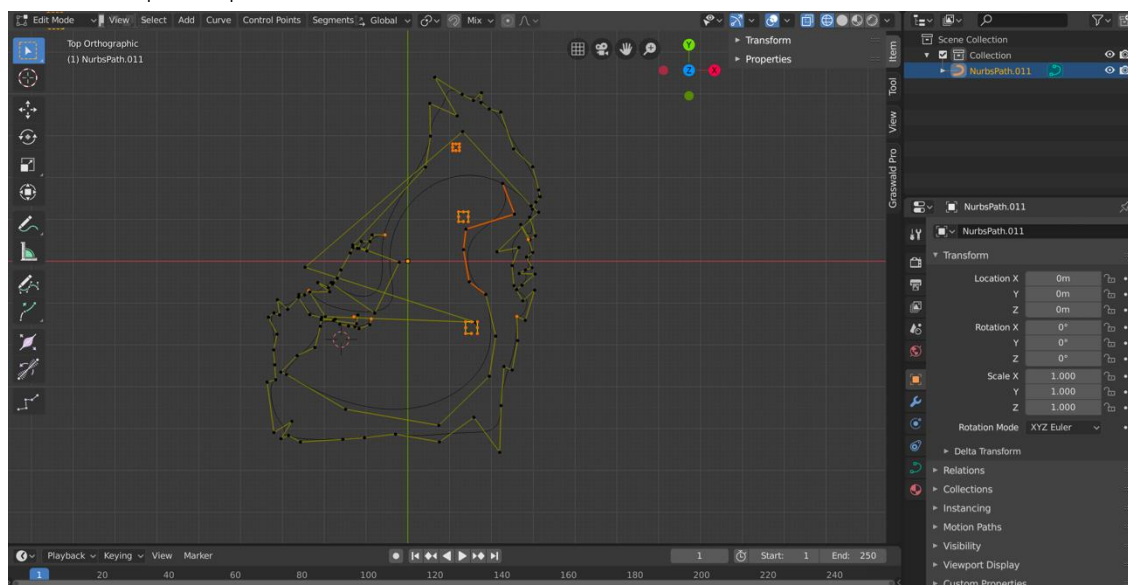
4. สมการ Bezier Curve ของหลักฐานทางโบราณคดีชิ้นที่ 1

Bezier	สมการ Bezier ที่ได้
เส้นที่ 1	$P_4+t (P_5-P_4)$
เส้นที่ 2	$P_6+t (P_7-P_6)$
เส้นที่ 3	$P_8+t (P_9-P_8)$
เส้นที่ 4	$P_{10}+t (P_{11}-P_{10})$
เส้นที่ 5	$P_{12}+t (P_{13}-P_{12})$
เส้นที่ 6	$P_{29}+t (P_{30}-P_{29})$
เส้นที่ 7	$P_{94}+t (P_{95}-P_{94})$
เส้นที่ 8	$P_{32}+(1-t)^2 (P_{31}-P_{32}) +t^2 (P_{33}-P_{32})$
เส้นที่ 9	$P_{35}+(1-t)^2 (P_{34}-P_{35}) +t^2 (P_{36}-P_{35})$
เส้นที่ 10	$P_{64}+(1-t)^2 (P_{63}-P_{64}) +t^2 (P_{65}-P_{64})$
เส้นที่ 11	$(1-t)^3 P_0+3 (1-t)^2 t P_1+3 (1-t) t^2 P_2+t^3 P_3$
เส้นที่ 12	$(1-t)^3 P_{25}+3 (1-t)^2 t P_{26}+3 (1-t) t^2 P_{27}+t^3 P_{28}$
เส้นที่ 13	$(1-t)^3 P_{80}+3 (1-t)^2 t P_{81}+3 (1-t) t^2 P_{82}+t^3 P_{83}$
เส้นที่ 14	$(1-t)^3 P_{80}+3 (1-t)^2 t P_{81}+3 (1-t) t^2 P_{82}+t^3 P_{83}$
เส้นที่ 15	$(1-t)^3 P_{101}+3 (1-t)^2 t P_{102}+3 (1-t) t^2 P_{103}+t^3 P_{104}$
เส้นที่ 16	$(1-t)^3 P_{105}+3 (1-t)^2 t P_{106}+3 (1-t) t^2 P_{107}+t^3 P_{108}$
เส้นที่ 17	$(1-t)^3 P_{114}+3 (1-t)^2 t P_{115}+3 (1-t) t^2 P_{116}+t^3 P_{117}$
เส้นที่ 18	$(1-t)^4 P_{20}+4 (1-t)^3 t P_{21}+6 (1-t)^2 t^2 P_{22}+4 (1-t) t^3 P_{23}+t^4 P_{24}$
เส้นที่ 19	$(1-t)^4 P_{37}+4 (1-t)^3 t P_{38}+6 (1-t)^2 t^2 P_{39}+4 (1-t) t^3 P_{40}+t^4 P_{41}$
เส้นที่ 20	$(1-t)^4 P_{42}+4 (1-t)^3 t P_{43}+6 (1-t)^2 t^2 P_{44}+4 (1-t) t^3 P_{45}+t^4 P_{46}$
เส้นที่ 21	$(1-t)^4 P_{47}+4 (1-t)^3 t P_{48}+6 (1-t)^2 t^2 P_{49}+4 (1-t) t^3 P_{50}+t^4 P_{51}$
เส้นที่ 22	$(1-t)^4 P_{52}+4 (1-t)^3 t P_{53}+6 (1-t)^2 t^2 P_{54}+4 (1-t) t^3 P_{55}+t^4 P_{56}$
เส้นที่ 23	$(1-t)^4 P_{66}+4 (1-t)^3 t P_{67}+6 (1-t)^2 t^2 P_{68}+4 (1-t) t^3 P_{69}+t^4 P_{70}$
เส้นที่ 24	$(1-t)^4 P_{75}+4 (1-t)^3 t P_{76}+6 (1-t)^2 t^2 P_{77}+4 (1-t) t^3 P_{78}+t^4 P_{79}$
เส้นที่ 25	$(1-t)^4 P_{84}+4 (1-t)^3 t P_{85}+6 (1-t)^2 t^2 P_{86}+4 (1-t) t^3 P_{87}+t^4 P_{88}$
เส้นที่ 26	$(1-t)^4 P_{89}+4 (1-t)^3 t P_{90}+6 (1-t)^2 t^2 P_{91}+4 (1-t) t^3 P_{92}+t^4 P_{93}$
เส้นที่ 27	$(1-t)^4 P_{96}+4 (1-t)^3 t P_{97}+6 (1-t)^2 t^2 P_{98}+4 (1-t) t^3 P_{99}+t^4 P_{100}$
เส้นที่ 28	$(1-t)^4 P_{109}+4 (1-t)^3 t P_{110}+6 (1-t)^2 t^2 P_{111}+4 (1-t) t^3 P_{112}+t^4 P_{113}$
เส้นที่ 29	$(1-t)^3 P_{118}+3 (1-t)^2 t P_{119}+3 (1-t) t^2 P_{120}+t^3 P_{121}$
เส้นที่ 30	$(1-t)^5 P_{14}+5 t (1-t)^4 P_{15}+10 t^2 (1-t)^3 P_{16}+10 t^3 (1-t)^2 P_{17}+5 t^4 (1-t) P_{18}+t^5 P_{19}$
เส้นที่ 31	$(1-t)^5 P_{57}+5 t (1-t)^4 P_{58}+10 t^2 (1-t)^3 P_{59}+10 t^3 (1-t)^2 P_{60}+5 t^4 (1-t) P_{61}+t^5 P_{62}$

ตารางที่ 4-2 สมการ Bezier Curve ของหลักฐานทางโบราณคดีชิ้นที่ 1

4.1.2 หลักรฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 2

1. จุดควบคุม Bezier



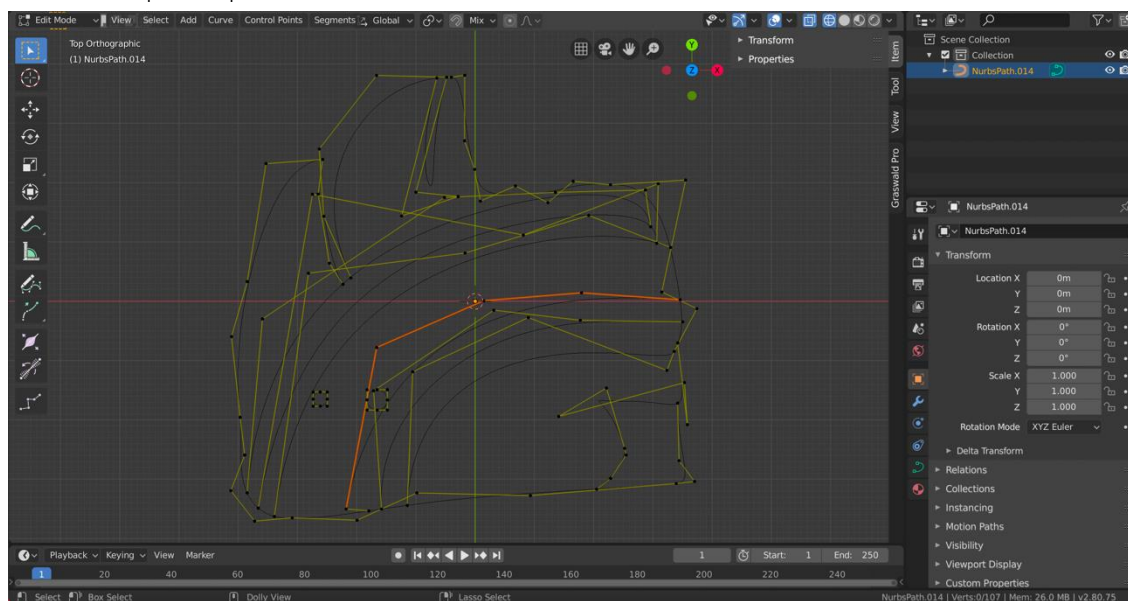
รูปภาพที่ 4-3 จุดควบคุม Bezier บนหลักรฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 2



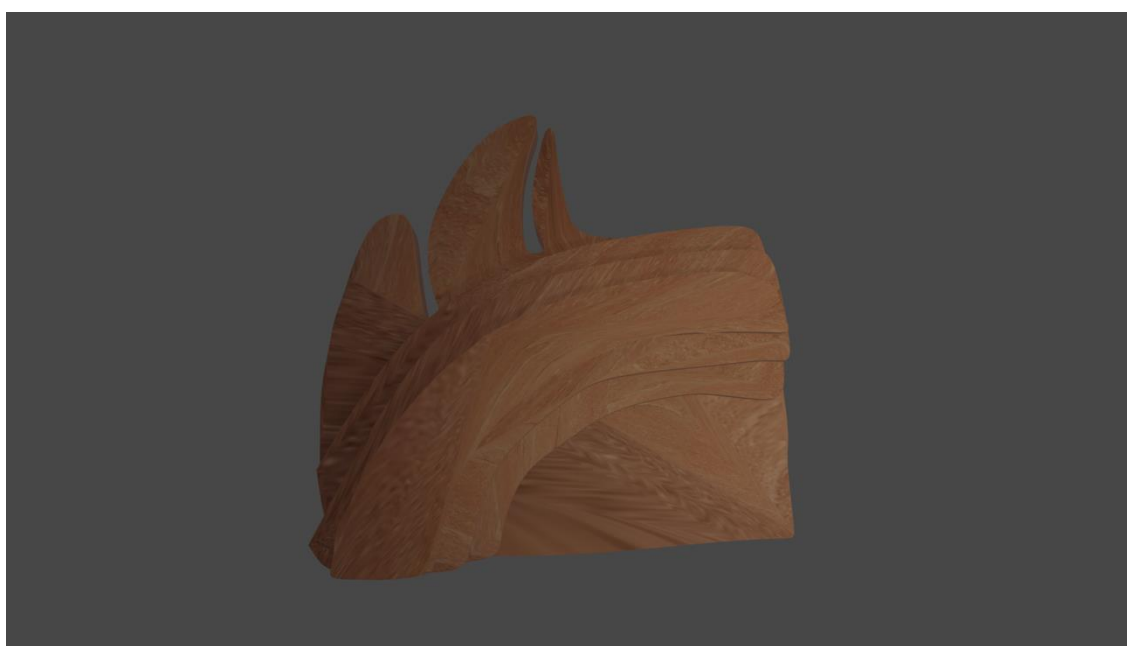
รูปภาพที่ 4-4 หลักรฐานทางโบราณคดีชั้นที่ 2 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender

4.1.3 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 3

1. จุดควบคุม Bezier



รูปภาพที่ 4-5 จุดควบคุม Bezier บนหลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 3



รูปภาพที่ 4-6 หลักฐานทางโบราณคดีขั้นที่ 3 ที่สร้างจาก Bezier ใน Blender

บทที่ 5

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ จะทำการสรุปผลของการดำเนินงานโครงการการวิเคราะห์ลวดลายและจำลองปราสาทหินนาแคะโดยใช้สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ลำดับที่ n สรุปผลและอ้างอิงจากผลการดำเนินงานโครงการ ดังนี้

5.1 อภิปรายและสรุปผล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อสามารถสร้างสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) โดยใช้จุดอ้างอิงจากหลักฐานทางโบราณคดีจำนวน 3 ชั้นได้และยังสามารถนำสมการที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในด้านกราฟิกคอมพิวเตอร์ซึ่งผลที่ได้คือ

5.1.1 จากการศึกษาทำให้ทางคณะผู้จัดทำคณะผู้จัดทำสามารถนำความรู้เกี่ยวกับเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier) มาคำนวณและสร้าง บุรณะหลักฐานทางโบราณคดีในรูปแบบกราฟิกและยังสามารถเก็บข้อมูลในส่วนที่ขาดหายไปในรูปแบบดิจิทัลได้หลายหลาย เช่นไฟล์ข้อมูลประเภทรูปภาพ PNG JPG ข้อมูลประเภท Vector หรือ 3D ประเภท Obj

5.1.2 สามารถจัดเก็บข้อมูลของหลักฐานทางโบราณคดีในเชิงคณิตศาสตร์ได้โดยแทนให้อยู่ในรูปสมการเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier)

5.1.3 สามารถอนุรักษ์ศิลปะพื้นเมืองของจังหวัดนครราชสีมาในส่วนของศิลปะเขมรในประเทศไทยและสามารถเผยแพร่ในรูปแบบดิจิทัลได้

5.2 อภิปรายผล

โครงการคณิตศาสตร์ เรื่องการวิเคราะห์ลวดลายปราสาทหินนาแคะโดยใช้สมการเส้นโค้งเบซิเยร์ได้ศึกษา ค้นคว้า เก็บข้อมูลเกี่ยวกับเส้นโค้งเบซิเยร์ (Bezier Curve) การใช้โปรแกรม Blender จะเห็นว่า คณะผู้จัดทำสามารถดำเนินการสร้างหลักฐานทางโบราณคดีจำนวน 3 ชั้นด้วยเส้นโค้งเบซิเยร์โดยใช้โปรแกรม Blender และสร้างสมการของหลักฐานทางโบราณคดีจำนวน 3 ชั้นได้ซึ่งพร้อมที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมด้านกราฟิก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 เนื่องจากสมการเส้นโค้ง Bezier ส่วนใหญ่ที่ใช้ เป็นอันดับสองถึงห้า จึงง่ายต่อการนำไปประยุกต์หา ความยาว การเชื่อมกันของเส้นโค้งเบซิเยร์ ดังนั้นการนำไปต่อยอดจะต้องเพิ่มอันดับของเส้นโค้งเบซิเยร์เพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ขึ้น

5.3.2 สามารถนำผลที่ได้จากการเก็บจุดบนเส้นโค้งเบซิเยร์ในโปรแกรม Blender ไปใช้ต่อยอดในการออกแบบการอื่น ๆ ได้

5.3.3 สามารถนำข้อมูลของหลักฐานทางโบราณคดี ไปเปรียบเทียบกับศิลปะอื่นๆในสมัยที่ใกล้เคียงกัน เพื่อตรวจสอบหาช่วงเวลาทางประวัติศาสตร์ได้

5.3.4 ในอนาคตสามารถประยุกต์สร้างสมการเส้นโค้ง Bezier ในรูปแบบสามมิติได้
จึงเหมาะสมในการสร้างแบบจำลองปราสาทนาแคในรูปแบบเสมือนจริง หรือใช้เพื่อการศึกษาในทางประวัติศาสตร์

บรรณานุกรม

- Howard Anton, Irl Bivens and Stephen Davis. (2008). Calculus early transcendental.
Publisher: Laurie Rosatone.
- Madi, Mohsen. Closed-form expressions for the approximation of arclength
parameterization for Bezier curves. 14(2003), pp.31-44
- Jamie Wong. (December 29, 2016). Bezier Curves from the Ground Up. Retrieved
January 18, 2019. From <http://jamie-wong.com/post/bezier-curves/>
- เบลนเดอร์/basic operator. (2016, มิถุนายน 3). วิกีตําร่า. Retrieved 04:43, กรกฎาคม 18
2021, from https://th.wikibooks.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%9A%E0%B8%A5%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%AD%E0%B8%A3%E0%B9%8C/basic_operator.
- นายรัชพล เวชพิทักษ์ และคณะ. การประยุกต์ใช้เส้นโค้งเบซิเยร์ในการออกแบบการเคลื่อนที่ของวัตถุ
(Appication Of Bezier Curve on Animation Movement). 2018, การศึกษาค้นคว้า
อิสระ (IS),พะเยา มหาวิทยาลัยพะเยา
- นางสาวรุ่งทิพา มีมานะ และคณะ. การประยุกต์ใช้เส้นโค้ง Berzier curve ในอุตสาหกรรมเซรามิกซ์.
2019. (รายงานผลการวิจัย),ลำปาง โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการเขลางค์นคร
โคราชสตาร์ทอัพ. 2559. ปราสาทหินนาแค อ.ปักธงชัย ศิลปะขอมโบราณแบบบ้านทาศรี[ออนไลน์].
เข้า ถึง ได้ จาก : <https://www.koratstartup.com/nakae-stone-castlce/>. (14
มิถุนายน 2565)
-

ภาคผนวก



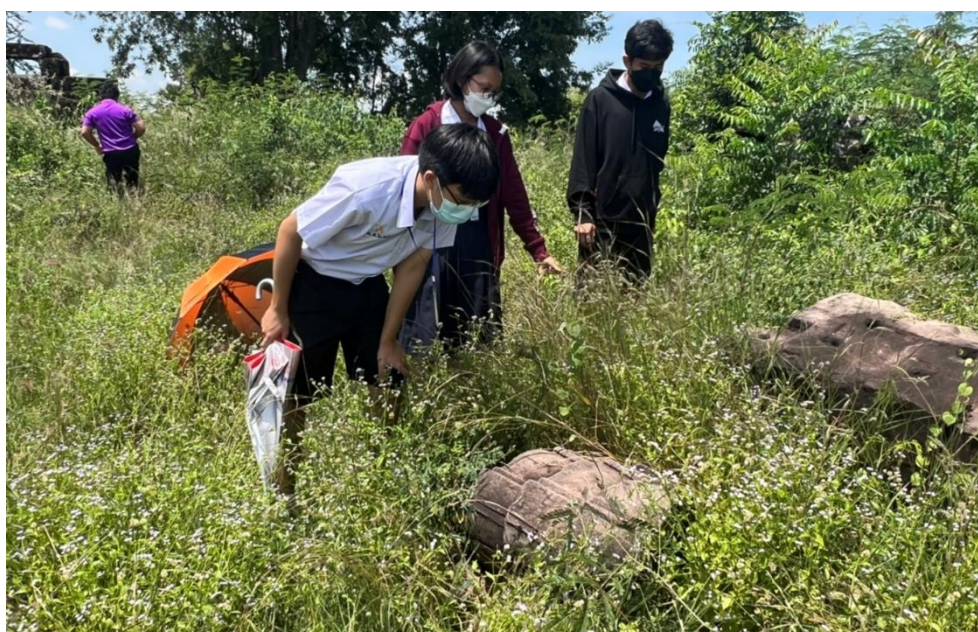
ภาพที่ ก-1 เดินสำรวจรอบสถานที่ปราสาทหินนาแค ตำบลบ้านปึก อำเภอบึงระจักษ์ จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ ก-2 ศึกษารูปร่างและโครงสร้างของชิ้นส่วนปราสาทหินนาแค ชั้นที่ 1



ภาพที่ ก-3 ศึกษารูปร่างและโครงสร้างของชิ้นส่วนปราสาทหินนาแค ชั้นที่ 2



ภาพที่ ก-4 สำรวจชิ้นส่วนบริเวณอื่น ๆ และศึกษาโครงสร้างของชิ้นส่วนปราสาทหินนาแค

ที่ นม ๕๑๐๐๘.๙/๑๑๐



โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

๓๐๒๘๐

๑๐ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

เรียน ผู้อำนวยการสำนักศิลปากรที่ ๑๐ นครราชสีมา

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายการเอกสารที่ประสงค์ขอความอนุเคราะห์รวบรวมจำนวน ๑ แผ่น

ด้วยโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการจำลองโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันอยู่ในสภาพเป็นโบราณสถานที่ยังมิได้รับการสำรวจจากกรมศิลปากร สำนักศิลปากรที่ ๑๐ นครราชสีมา

ในการนี้การจัดทำการศึกษาค้นคว้าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมาจากหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการจัดทำโครงการให้สมบูรณ์ให้ถูกต้องตามหลักฐานทางวิชาการ ตามเอกสารที่ขอความอนุเคราะห์ดังสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายทองดี เชี่ยวแก้ว)

ผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โทรศัพท์/โทรสาร ครูที่ปรึกษาโครงการ ๐๖๑-๑๙๑-๕๒๓๘

E-Mail tuchapon@tns.ac.th

ที่ นม ๕๑๐๐๘.๙/๑๑๑



โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

๓๐๒๘๐

๑๐ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา

เรียน ผู้อำนวยการสำนักศิลปะและวัฒนธรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

สิ่งที่ส่งมาด้วย รายการเอกสารที่ประสงค์ขอความอนุเคราะห์รวบรวมจำนวน ๑ แผ่น

ด้วยโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการจำลองโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันอยู่ในสภาพเป็นโบราณสถานที่ยังมิได้รับการสำรวจจากกรมศิลปากร สำนักศิลปากรที่ ๑๐ นครราชสีมา

ในการนี้การจัดทำการศึกษาค้นคว้าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของโบราณสถานปราสาทหินนาแค อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมาจากหน่วยงานของท่านเพื่อประกอบการจัดทำโครงการให้สมบูรณ์ให้ถูกต้องตามหลักฐานทางวิชาการ ตามเอกสารที่ขอความอนุเคราะห์ดังสิ่งที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายทนงค์ เชี่ยวแก้ว)

ผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โทรศัพท์/โทรสาร ครูที่ปรึกษาโครงการ ๐๖๑-๑๙๑-๕๒๓๘

E-Mail tuchapon@tns.ac.th



ที่ นม ๕๑๐๐๘.๙/๑๑๒

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา

๓๐๒๘๐

๑๐ มิถุนายน ๒๕๖๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ฝึกสอนและใช้อุปกรณ์ห้องทดลอง

เรียน คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ด้วยโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการจำลองโบราณสถานปราสาทหินนาแคว อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันอยู่ในสภาพเป็นโบราณสถานที่ยังไม่ได้รับการสำรวจจากกรมศิลปากร สำนักศิลปากรที่ ๑๐ นครราชสีมา

ในการนี้การจัดทำการศึกษาค้นคว้าจำเป็นต้องใช้ข้อมูลของโบราณสถานปราสาทหินนาแคว อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมาจึงขอความอนุเคราะห์ฝึกสอนการใช้งานและใช้งาน Printer 3D เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จไปได้ด้วยดี

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นายทองค์ เชี่ยวแก้ว)

ผู้อำนวยการสถานศึกษาโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า นครราชสีมา

กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

โทรศัพท์/โทรสาร ครูที่ปรึกษาโครงการ ๐๖๑-๑๙๑-๕๒๓๘

E-Mail tuchapon@tns.ac.th