การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้วยเทคนิค InSAR เพื่อการตรวจสอบการทรุดตัวของจังหวัดนครสวรรค์

InSAR Spatial Analysis for Inspection Subsidence of Nakhon Sawan

จุฬพัฒน์ บุญสุยา[1,*] อนุเผ่า อบแพทย์[2] และ สรวิศ สุภเวชย์[3]

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.กรุงเทพมหานคร

*

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันการทรุดตัวของแผ่นดินเป็นปัญหาหลักที่เกิดขึ้นมาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อบ้านเรือนประชาชน โครงสร้างพื้นฐาน เส้นทางคมนาคม รวมถึงระบบน้ำใต้ดินในอนาคตได้ โครงการวิจัยนี้มุ่งเน้นเพื่อการตรวจวัดหาอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยเทคนิคอนุกรมเวลาอินซาร์ (

ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่สามารถวัดระยะทางและติดตามการเปลี่ยนแปลงความสูงบนพื้นผิวโลกได้ โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อติดตามการทรุดตัวของแผ่นดิน การเฝ้าระวังและตรวจสอบสภาพโครงสร้างสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ด้วยคุณสมบัติของภาพถ่ายจากดาวเทียมนั้น จึงช่วยลดค่าใช้จ่ายการสำรวจรังวัดและช่วยประหยัดงบประมาณและแรงงานได้ และได้ใช้ข้อมูลแบบอนุกรมเวลาจากดาวเทียม 1 จำนวน 34 ภาพ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 โดยการสร้าง ด้วยโปรแกรม และโปรแกรม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินโดยรอบที่ข้อมูลได้ครอบคลุมถึง รวมถึงจุดตรวจสอบที่โปรแกรมได้ประมวลผลออกมา เพื่อที่จะได้นำมาวิเคราะห์และประเมินผลพื้นที่เสี่ยงที่อาจเกิดการทรุดตัวได้ และสามารถที่จะดำเนินการในขั้นตอนการปฏิบัติการต่อไปได้ จากผลลัพธ์ที่ได้ โดยได้ตรวจสอบพบการเคลื่อนตัวประมาณ -5.2 ถึง 4.4 มิลลิเมตรต่อปี แสดงให้เห็นว่าการทรุดตัวของจังหวัดนครสวรรค์ เกิดการเคลื่อนตัวอยู่มากในบางพื้นที่ ได้แก่ บริเวณที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน และบริเวณที่มีการใช้น้ำบาดาลที่มาก เช่น บริเวณอำเภอโกรกพระ อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอชุมแสง และอำเภอเก้าเลี้ยว จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการของใช้เทคโนโลยีอนุกรมเวลาอินซาร์มาประยุกต์ใช้ในการติดตามการทรุดตัวที่เกิดขึ้น

คำสำคัญ: การทรุดตัวของแผ่นดิน นครสวรรค์ อนุกรมเวลาอินซาร์ :

Abstract

1. คำนำ

จังหวัดนครสวรรค์ เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในบริเวณภาคกลางตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งเป็นศูนย์กลางการคมนาคม อีกทั้งยังเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างมาก โดยจังหวัดนครสวรรค์มีลักษณะภูมิประเทศคล้ายแอ่งกระทะ บริเวณตอนกลางของจังหวัดจะเป็นแอ่งต่ำซึ่งเป็นที่ราบน้ำท่วมถึง [1] นอกจากนี้ยังเป็นที่ราบตะกอนน้ำพา (ซึ่งเป็นที่ราบขนาดใหญ่อยู่บริเวณสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยา โดยเมื่อฤดูน้ำหลากน้ำจะไหลล้นสองฝั่งแม่น้ำและนำพาตะกอนมาสะสมบริเวณพื้นที่ดังกล่าว ทำให้พื้นดินในบริเวณนี้เป็นดินอ่อนและสามารถเกิดการทรุดตัวของพื้นดินได้ แต่ด้วยพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม ที่ราบบริเวณริมสองฝั่งแม่น้ำจึงเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง [2] นอกจากนี้ จังหวัดนครสวรรค์ยังเป็นพื้นที่สันดินริมน้ำ (คือ สันดินธรรมชาติที่เกิดจากแม่น้ำพัดพาตะกอนมาทับถมในฤดูน้ำหลาก เมื่อเวลาผ่านไปน้ำได้ลดระดับลงทำให้ตะกอนที่ทับถมกันนั้นเกิดเป็นสันดินยาวขนานไปกับริมแม่น้ำ เมื่อเกิดน้ำท่วมจนน้ำทะลุสันดินจะทำให้น้ำไหลท่วมเข้ามาในพื้นที่ได้ จึงเป็นสาเหตุให้พื้นที่บริเวณสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตจังหวัดนครสวรรค์ อาจเกิดการเคลื่อนตัวหรือทรุดตัว [ ]

โดยการทรุดตัวของพื้นดิน (อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น การทรุดตัวจากการที่ชั้นดิน ชั้นหิน หรือชั้นตะกอนยุบตัวอันเนื่องมาจากการที่ระดับน้ำใต้ดินลดระดับลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการสูบน้ำบาดาลบริเวณแหล่งชุมชน ที่อยู่อาศัย เพื่อนำมาใช้อุปโภค-บริโภค โดยสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในปริมาณที่มากเกินกว่าปริมาณน้ำบาดาลที่มีอยู่ กว่าที่น้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงจะไหลเข้ามาทดแทนในช่องว่างของชั้นหินอุ้มน้ำนั้นก็ส่งผลให้ช่องว่างของชั้นดิน ชั้นหิน หรือชั้นตะกอนบริเวณที่มีการสูบน้ำบาดาลหรือบริเวณข้างเคียงทรุดตัวลงมา [ ] อย่างไรก็ตาม รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณจังหวัดนครสวรรค์อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน เนื่องจากการขยายตัวของแหล่งชุมชนและการใช้ที่ดินแบบเกษตรกรรมที่มีการใช้น้ำบาดาลมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลในพื้นที่ลดลง และเกิดการทรุดตัวของพื้นดินมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ ปัญหาการทรุดตัวของพื้นดินได้สร้างความเสียหายให้กับประชากร แหล่งชุมชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่บริเวณที่ได้รับผลกระทบนี้ ทั้งโครงสร้างอาคาร และทรัพย์สิน ดังนั้น การติดตามการทรุดตัวของจังหวัดนครสวรรค์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยปัจจุบันในการสำรวจและติดตามการทรุดตัวของนครสวรรค์นั้น จะเป็นการสำรวจโดยเทคนิคการสำรวจรังวัดระดับเป็นหลัก ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายในเรื่องอัตรากำลังคนและเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานค่อนข้างมาก [ ] จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบการทรุดตัวที่ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องใช้กำลังคนในการลงพื้นที่ สามารถติดตามหรือตรวจสอบการทรุดตัวของพื้นที่ได้ในทุกช่วงเวลา และยังไม่จำกัดการเข้าถึงพื้นที่หรือบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ โดยให้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือ มีความแม่นยำที่สูง และสามารถสังเกตการณ์ในพื้นที่ที่มีการทรุดตัวได้อย่างต่อเนื่อง [ ] ในปัจจุบันนั้นได้มีการใช้เทคโนโลยีเพื่อติดตามการทรุดตัวของพื้นดินอย่างหลากหลาย โดยหนึ่งในนั้นคือ เทคโนโลยีเรดาร์ช่องเปิดสังเคราะห์แบบอินเตอร์เฟอโรเมตรี (เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนามาจากเทคโนโลยีระบบเรดาร์ช่องเปิดสังเคราะห์ (และทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคแบบอนุกรมเวลาอินซาร์ (ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบการทรุดตัวของพื้นดินในพื้นที่บริเวณจังหวัดนครสวรรค์

การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยเทคนิคแบบอนุกรมเวลาอินซาร์ (เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมระบบเรดาร์ช่องเปิดสังเคราะห์ (ที่วิเคราะห์ผลต่างเฟส (ของภาพจำนวนสองภาพขึ้นไป (ซึ่งทั้งสองภาพนี้จะถูกบันทึกในตำแหน่งเดียวกันแต่คนละช่วงเวลา โดยผลต่างเฟสจะสามารถสร้างแบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (และสามารถศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงในลักษณะต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ [ ] เช่น สามารถวัดระยะทางและติดตามการเปลี่ยนแปลงความสูงบนพื้นผิวโลกได้ โดยสามารถนำเทคนิคมาประยุกต์ใช้เพื่อติดตามการทรุดตัวของแผ่นดิน ดินถล่ม การเฝ้าระวังและตรวจสอบสภาพโครงสร้างสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์แผ่นดินถล่มที่ ประเทศจีน [ ] การติดตามการทรุดตัวของพื้นดินในเขตเมืองชายฝั่ง ฮ่องกง [ ] และการประเมินข้อมูลเพื่อตรวจสอบพื้นดินหลังจากการขุดอุโมงค์กรุงลอนดอน [ ] เป็นต้น ด้วยคุณสมบัติของภาพถ่ายจากดาวเทียมที่สามารถเลือกวิเคราะห์ข้อมูลได้ในพื้นที่ขนาดใหญ่ในช่วงเวลาที่ต้องการ ที่มีค่าความละเอียดในการตรวจสอบถึงระดับมิลลิเมตรและยังสามารถตรวจสอบได้ตลอดเวลา

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยีอนุกรมเวลาอินซาร์ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม 1 จำนวน 34 ภาพ ตั้งแต่ช่วงวันที่ 1 มกราคม 2560 ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครสวรรค์ เพื่อเป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียมมาใช้ในการติดตามการทรุดตัวของพื้นดิน

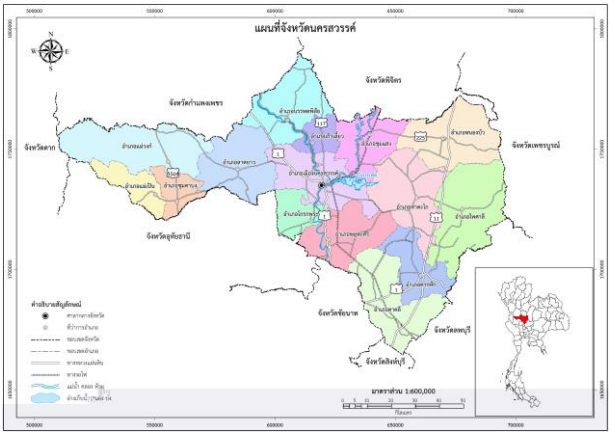
2. พื้นที่และหลักการข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

จังหวัดนครสวรรค์เป็นจังหวัดที่อยู่ต้นแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งเป็นบริเวณที่ปากแม่น้ำปิง แม่น้ำยม และแม่น้ำน่าน ไหลมารวมกัน และไหลผ่านช่วงกลางของจังหวัด จึงทำให้ที่ราบปากแม่น้ำขนาดใหญ่ที่อยู่บริเวณสองฝั่งแม่น้ำเจ้าพระยามีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะแก่การทำเกษตรกรรม และเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง อีกทั้งยังเป็นศูนย์กลางการคมนาคม และเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างมาก

โดยจังหวัดนครสวรรค์ตั้งอยู่ในเขตภาคเหนือตอนล่างและภาคกลางตอนบนของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ มีพื้นที่ประมาณ ตารางกิโลเมตร (หรือประมาณ ไร่) แบ่งเป็นพื้นที่การเกษตรประมาณ ตารางกิโลเมตร (หรือประมาณ ไร่) พื้นที่ป่าไม้ประมาณ ตารางกิโลเมตร (หรือประมาณ ไร่) ตามลักษณะสภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์จะเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำโดยเฉพาะตอนกลางของจังหวัด ซึ่งอยู่ในเขตอำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอบรรพตพิสัย

อำเภอชุมแสง อำเภอท่าตะโก อำเภอโกรกพระ และอำเภอพยุหะคีรี [ทางด้านทิศตะวันตกของจังหวัดจะมีภูเขาสลับซับซ้อนและเป็นป่าทึบในเขตอำเภอลาดยาว อำเภอแม่วงก์ อำเภอแม่เปิน และอำเภอชุมตาบง พื้นที่ป่าของจังหวัดเป็นสภาพป่าที่เชื่อมโยงติดต่อกับป่าห้วยขาแข้งของจังหวัดอุทัยธานี [ทั้งนี้ พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ยังเป็นที่ราบตะกอนน้ำพาที่เกิดจากน้ำไหลล้นบริเวณสองฝั่งแม่น้ำและนำพาตะกอนมาสะสม ทำให้พื้นดินในบริเวณนี้เป็นดินอ่อนและสามารถเกิดการทรุดตัวของพื้นดินได้ จึงทำให้ต้องมีการดำเนินการตรวจสอบการทรุดตัวของแผ่นดินอยู่เสมอ



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาวิจัย จังหวัดนครสวรรค์

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

ลักษณทางชั้นดินของจังหวัดนครสวรรค์

ลักษณะและสมบัติดินในจังหวัดนครสวรรค์พบว่า เป็นดินตื้นหรือตื้นมากถึงชั้นเศษหิน ซึ่งจะพบชั้นหินในช่วงความลึกต่ำกว่า เซนติเมตร จากผิวดิน โดยดินด้านบนเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียวปนทราย มีเศษหินปะปนเล็กน้อย มีสีน้ำตาลเข้มหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ส่วนดินด้านล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วนปนดินเหนียว มีเศษหินและก้อนหินปะปนอยู่มาก มีสีน้ำตาลปนแดงหรือสีน้ำตาลปนแดงเข้ม และจะพบเกล็ดไมก้า (ตลอดชั้นดิน [ลักษณะตะกอนดินพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จะเป็นตะกอนควอเทอร์นารี (เป็นส่วนมาก ซึ่งเป็นตะกอนจากลุ่มน้ำ (ลุ่มน้ำพัด (และตะกอนดินขั้นบันได (

เนื่องจากจังหวัดนครสวรรค์มีชั้นดินและตะกอนดินที่มีความตื้นและเป็นดินที่ค่อนข้างอ่อน อีกทั้งพื้นที่ส่วนมากยังเป็นตะกอนดิน เมื่อระยะเวลาผ่านไปได้มีการขยายตัวของแหล่งชุมชนเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีสิ่งปลูกสร้างต่าง ๆ เพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นที่อยู่อาศัย บ้านเรือน และแหล่งการค้า ทำให้พื้นดินเกิดการรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น อาจทำให้พื้นดินบางแห่งที่เป็นบริเวณชั้นดินที่ไม่แข็งแรง ไม่สามารถทนต่อน้ำหนักได้และเกิดการทรุดตัวของพื้นดินในที่สุด

ลักษณะทางอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา

จังหวัดนครสวรร ค์มีระบบทางน้ำ (ทางด้านทิศตะวันตกเป็นต้นน้ำลำธาร ซึ่งเป็นระบบทางน้ำเป็นแบบคล้ายกิ่งไม้ (หรือ มีลักษณะของลำน้ำสาขาใหญ่ที่ไหลลงในลำน้ำใหญ่เป็นแบบแขนงของกิ่งไม้ ลำน้ำสาขาบางสาขาจะมีทิศทางการไหลที่ถูกบังคับโดยสภาพภูมิประเทศ หรือตามโครงสร้างหินและภูเขา ส่วนของต้นน้ำจะมีลำน้ำสาขามากกว่าปลายน้ำ ซึ่งลำน้ำใหญ่ที่เป็นที่รวมของลำน้ำสาขาย่อยจะไหลลงไปสู่แม่น้ำปิงและแม่น้ำเจ้าพระยา ในส่วนตอนกลางของจังหวัดนครสวรรค์จะมีแม่น้ำปิงบรรจบกับแม่น้ำน่านไปเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำทั้ง 3 สายนี้จะมีระบบทางน้ำเรียกว่า ระบบธารน้ำโค้งตวัด ( ) คือ แม่น้ำจะมีทางน้ำที่คดเลี้ยว และทิ้งร่องรอยของการเปลี่ยนทิศทางการไหลของทางน้ำเป็นลักษณะของหนองบึงเรียกว่า บึงโค้ง (สำหรับระบบของทางน้ำตอนกลาง ซึ่งอยู่ ระหว่างแม่น้ำปิงและแม่น้ำน่าน จะมีระบบทางน้ำแบบ

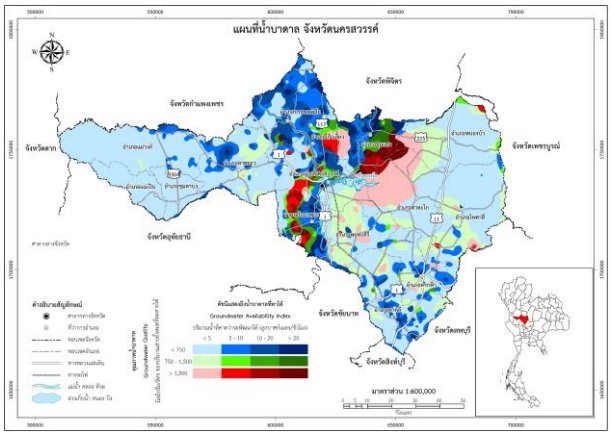
คือ จะมีบึงและหนองเกิดขึ้นมากมายและมีทางน้ำเชื่อมระหว่างบึงต่อบึงหรือหนองต่อหนอง สำหรับทางตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์นั้นเป็นต้นน้ำลำธารเช่นกัน และมีระบบทางน้ำเช่นเดียว กับทางฝั่งตะวันตก ซึ่งเป็นแบบทางน้ำคล้ายกิ่งไม้ (หรือ) ซึ่งสาขาของลำน้ำจะไหลรวมเป็นลำน้ำใหญ่แล้วไหลลงสู่แม่น้ำน่าน บึงบอระเพ็ด และแม่น้ำเจ้าพระยา

ข้อมูลน้ำบาดาลของจังหวัดนครสวรรค์

น้ำบาดาล (คือ น้ำที่อยู่ในช่องว่างของดินโดยไม่มีอากาศปนอยู่ด้วย ซึ่งชั้นดินบริเวณที่มีน้ำบาดาลอยู่จะถูกเรียกว่า ชั้นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (หรือชั้นอุ้มน้ำ (โดยจะอยู่ในชั้นที่ลึกลงไปมากกว่าชั้นดินที่ไม่อุ้มน้ำ น้ำบาดาลเกิดจากน้ำบนผิวดินที่ไหลผ่านชั้นดินลงไป และเก็บกักในช่องว่างใต้ดิน มีความลึกจากผิวดินลงไปเกินกว่า 15 เมตร [1] โดยความหนาแน่นของชั้นน้ำบาดาลจะขึ้นอยู่กับสภาพทางธรณีวิทยา ชั้นน้ำบาดาลเกิดจากกรวดทรายและตะกอนดินที่ถูกแม่น้ำพัดมาสะสมในบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เนื่องจากการทับถมมาเป็นระยะเวลานาน จึงเกิดเป็นชั้นน้ำบาดาลจำนวนหลายชั้น เมื่อมีการสูบน้ำบาดาลจากชั้นหนึ่งชั้นใดไปใช้ก็จะส่งผลกระทบไปยังชั้นน้ำบาดาลชั้นอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กันได้

แหล่งน้ำบาดาลจังหวัดนครสวรรค์ประกอบด้วย ชั้นดินเหนียวสลับกับดินทรายจากแม่น้ำปิง แม่น้ำน่าน ขนานไปกับลำน้ำ มีความกว้างไม่เกิน 30 กิโลเมตร แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกอยู่บริเวณทางตอนเหนือของแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งพบชั้นของน้ำชั้นแรกอยู่ลึกประมาณ 20 เมตร จากผิวดิน ส่วนที่สองอยู่ใต้บึงบอระเพ็ดบริเวณตั้งแต่ตำบลปากน้ำโพ เขตอำเภอเมืองนครสวรรค์ลงมา พบชั้นน้ำชั้นแรกอยู่ลึกประมาณ 15 เมตร จากผิวดิน [7] โดยบริเวณพื้นที่ที่มีการใช้น้ำบาดาลของจังหวัดนครสวรรค์จะแสดงในรูปที่ 2

ดังนั้น เมื่อความต้องการใช้น้ำในด้านการอุปโภค-บริโภค และด้านการเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้น รวมถึงมีปัญหาการขาดแคลนน้ำ ทำให้มีการขุดเจาะบ่อบาดาลหรือระบบการสูบน้ำบาดาลมาใช้ ซึ่งปริมาณการสูบน้ำขึ้นมาถ้ามีปริมาณค่อนข้างมาก จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการทรุดตัวในพื้นที่

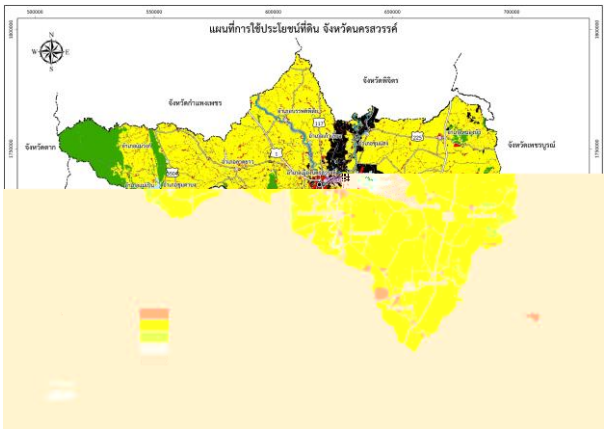


รูปที่ 2 แผนที่การใช้น้ำบาดาลของจังหวัดนครสวรรค์

การใช้ประโยชน์ที่ดิน

สภาพการใช้ที่ดินในจังหวัดนครสวรรค์ จากการศึกษาข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (พบว่า มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านเกษตรกรรม ประมาณร้อยละ 71.85 ของจังหวัด ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยส่วนมากเป็นการทำนาข้าว ประมาณร้อยละ 38.96 ของพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 54.22 ของพื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากกลุ่มดินในจังหวัดนครสวรรค์ส่วนมากเป็นดินบนพื้นที่ราบลุ่ม มีเนื้อที่ 2 772 025 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 46.54 ของจังหวัด จึงเป็นพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาเพื่อการเกษตรชลประทาน [ ]

เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำ ทำให้มีการขยายตัวของแหล่งชุมชนและการใช้ที่ดินแบบเกษตรกรรมที่สูงขึ้น จึงมีปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภคเพิ่มขึ้น ในบางพื้นที่ที่น้ำประปาไม่เพียงพอ ได้มีการขุดเจาะบ่อบาดาล ส่งผลให้ระดับน้ำบาดาลในพื้นที่ลดลง เกิดเป็นช่องว่างในชั้นดิน จึงอาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ก่อให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน



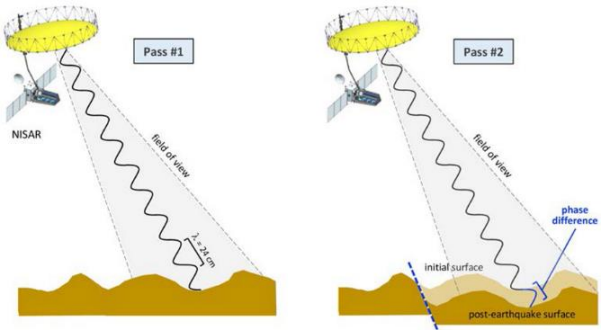
รูปที่ 3 แผนที่ลักษณะการใช้ที่ดินจังหวัดนครสวรรค์

รายละเอียด

เรดาร์รูรับแสงสังเคราะห์แบบอินเตอร์เฟอโรเมตริก (เป็นเทคนิคที่สามารถหาค่าการทรุดตัวโดยผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในลักษณะของพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถแสดงรายละเอียดได้ชัดเจนมากกว่าการรังวัดด้วยกล้องระดับ ซึ่งเทคนิค เป็นวิธีการหาค่าความสูงของวัตถุบนพื้นดิน เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงเฟสของสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ โดยข้อดีของการถ่ายภาพ คือ มีการทำงานแบบ สามารถผลิตสัญญาณคลื่นไมโครเวฟได้ และสามารถถ่ายภาพได้ทุกเวลาทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืน โดยความถูกต้องของภาพ และ ขึ้นอยู่กับวิธีการประมวลผลและค่าความสูงภูมิประเทศที่นำมาใช้ [ ]

ในปัจจุบัน ส่วนมากเทคนิค ถูกใช้สำหรับการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวที่เกิดขึ้น [ซึ่งอาศัยการวิเคราะห์ของผลต่างภาพตั้งแต่สองภาพขึ้นไป (โดยจะรวบรวมภาพเข้าด้วยกันและคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าเฟสที่สอดคล้องกันแบบภาพเหล่านี้จะถูกบันทึกที่บริเวณตำแหน่งเดียวกันในช่วงเวลาที่ต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 4 ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้สามารถศึกษาถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลง (ในลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษาที่จะเกิดขึ้นได้ [และเมื่อประมวลผลแล้ว ภาพที่ถูกบันทึกจากดาวเทียมจะทับกันสนิท ช่วงเวลานั้นภาพทั้งสองภาพจะไม่มีสิ่งรบกวนในชั้นบรรยากาศ และลักษณะของวัตถุในภาพจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะสามารถบอกความแตกต่างของค่าเฟสที่ตรวจพบในภาพเมื่อเฟสมีการเปลี่ยนแปลง อันเนื่องมาจากการเคลื่อนตัวของพื้นผิวภูมิประเทศที่เกิดขึ้นในช่วงการบันทึกภาพในแต่ละครั้ง [

นอกจากนี้ เทคนิค ยังสามารถใช้งานได้ในทุกสภาพอากาศทั้งกลางวันและกลางคืนโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ทำให้มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในการตรวจสอบการเคลื่อนที่ของโครงสร้าง การทรุดตัวของแผ่นดิน ตรวจสอบแนวโน้มการเปลี่ยนรูปของพื้นดิน เพื่อที่จะสามารถป้องกันความเสียหายและแจ้งเตือนได้ทันเวลา รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานวิศวกรรมสำรวจ เนื่องจากเทคนิค ให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ [



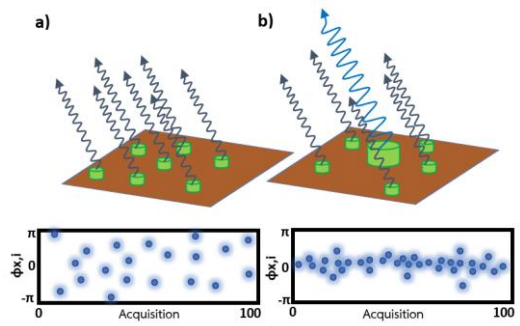
รูปที่ 4 ลักษณะการถ่ายภาพ ที่เวลาต่างกัน [

หลักการของ

อนุกรมเวลาอินซาร์ ( ) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล ที่นำเอาชุดข้อมูล จำนวนมาก ซึ่งได้จากการรวบรวมภาพ มาวิเคราะห์เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ตั้งแต่ช่วงเวลาที่เริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน [โดยเทคนิค จะอาศัยค่าการสะท้อนกลับของสัญญาณที่ คงที่ (ของสัญญาณเรดาร์ที่ส่งไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมายังเสาอากาศ โดยจะใช้หลักการสร้างจำนวนภาพ ทั้งนี้คู่ภาพที่ถูกสร้างขึ้นมานั้นจะอาศัยการอ้างอิงจากภาพ ภาพเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เทคนิคอนุกรมเวลาอินซาร์ ยังสามารถให้จำนวนจุดตรวจสอบที่มาก จึงมีความหนาแน่นของจุดตรวจสอบมากพอที่จะแก้ไขปัญหาในเรื่องของผลลัพธ์คาดเคลื่อนเนื่องมาจากจุดตรวจสอบน้อยเกินไป รวมถึงข้อจำกัดของการใช้งานในการตรวจสอบค่าการทรุดตัว ทำให้มีค่าความแม่นยำและถูกต้องในระดับมิลลิเมตร [สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการประมวลผลอนุกรมเวลาของภาพเรดาร์โดยใช้วิธี เป็นอีกหนึ่งวิธีของเทคนิค

เทคนิค

เทคนิค ( ) เป็นวิธีการที่ได้ผลลัพธ์ที่มีความละเอียดสูง ใช้สำหรับการตรวจจับและวัดค่าการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวโลก ซึ่งเทคนิค นั้นจะใช้ข้อมูลเฟสเรดาร์ที่มีความเชื่อมโยงกันจากตัวสะท้อนเรดาร์จำนวนหลายตัวบนพื้นดิน [โดยจะอาศัยค่าสะท้อนกลับของคลื่นไมโครเวฟ เรียกว่า โดยค่าการสะท้อนกลับของแต่ละจุดภาพ (เป็นการรวมผลแบบเวกเตอร์ของการกระเจิง ที่เกิดจากวัตถุในแต่ละจุดภาพ ดังรูปที่ และเมื่อเวลาผ่านไป การเปลี่ยนแปลงของวัตถุเหล่านี้ เช่น พืช ป่าไม้ การขยายตัวของชุมชน หรือวัตถุที่มีการเปลี่ยนตำแหน่ง จะทำให้ผลรวมค่าการสะท้อนคลื่นไมโครเวฟของจุดภาพนั้นเปลี่ยนไป [ดังรูปที่ จึงเปรียบได้ว่าการที่ค่าการสะท้อนของจุดภาพนั้นมีค่าเปลี่ยนไป เกิดการที่วัตถุหรือพื้นผิวนั้นมีการเคลื่อนตัวในแนวราบหรือแนวดิ่ง [ซึ่งทำให้เทคนิคนี้มีความเหมาะสมกับการใช้เพื่อตรวจสอบการทรุดตัวของแผ่นดิน



รูปที่ 5 การจำลองเฟส จุดภาพที่ไม่มีการ จุดภาพที่มีการสะท้อนตัวใดตัวหนึ่ง

การวิเคราะห์ด้วยวิธี นั้นจะใช้ภาพ ที่ถูกบันทึกจากตำแหน่งของพื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์เดียวกัน ในช่วงเวลาที่ต่างกัน ภาพ จะมี หรือจุดที่มีความสามารถในการส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องรับสัญญาณอย่างต่อเนื่อง จากนั้นใช้ เพื่อนำภาพ เหล่านี้มาประมาณการเคลื่อนไหวของพื้นผิว และการแก้ไขปัญหาการแยกองค์ประกอบของสัญญาณ (เทคนิค ในช่วงแรกนั้นจะใช้ค่าแอมพลิจูดในการคัดกรอง ซึ่งช่วยในเรื่องการไม่มีค่าสหสัมพันธ์กันของข้อมูล และช่วยแก้ไขปัญหาในเรื่องความคลาดเคลื่อนของสัญญาณในแต่ละจุดภาพนั้น โดยส่วนใหญ่แล้วค่าสหสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของค่าที่สะท้อนกลับมาจากพื้นดินเป็นแบบสุ่ม (ส่งผลให้จุดภาพเหล่านั้นไม่มีความคงที่ของเฟส พื้นที่ทำการศึกษานั้นจึงถูกจำกัดให้มี จำนวนมาก เช่น บริเวณที่มีสิ่งก่อสร้างค่อนข้างเยอะ และอีกหนึ่งข้อจำกัดคือ ต้องทราบค่าแบบจำลองการเคลื่อนตัวของพื้นผิวไว้ก่อนหน้า หรือมีการเคลื่อนตัวที่คงที่ จึงจะสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพได้ [ ] ดังนั้นจึงอนุมานได้ว่า จุดภาพที่มีค่าความคงที่ของเฟสมาก จุดภาพนั้นก็ยิ่งมีโอกาสที่จะมีค่าสหสัมพันธ์มากตามไปด้วย เรียกว่า โดยจะประมวลผลหาค่าการเคลื่อนตัวต่อไป

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การประมวลผล

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการทรุดตัวของพื้นที่บริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ที่มีการสูบน้ำบาดาลบริเวณแหล่งชุมชน ที่อยู่อาศัย เพื่อนำมาใช้อุปโภคบริโภค หรือทำเกษตรกรรม ส่งผลให้ใต้ชั้นดินเกิดช่องว่าง และทรุดตัวลงในที่สุด นอกจากนี้พื้นดินบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ซึ่งเป็นดินอ่อน เมื่อมีการขยายตัวของชุมชน มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มมากขึ้น อาจส่งผลให้บริเวณดังกล่าวทรุดตัวได้เช่นกัน

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 1 วงโคจรแบบขาขึ้น (พื้นที่ศึกษา จังหวัดนครสวรรค์ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งเป็นวงโคจรที่เคลื่อนที่จากทิศใต้ไปทิศเหนือเหนือพื้นผิวโลก เทคนิคนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการตรวจสอบการเสียรูปของพื้นดินที่เกิดจากกระบวนการทางธรณีวิทยา เช่น ภูเขาไฟ แผ่นดินไหว และแผ่นดินถล่ม เป็นต้น และใช้เทคนิค ด้วยวิธี ที่มีความละเอียดสูงสำหรับการตรวจจับและวัดค่าการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวโลก เพื่อที่จะนำค่าไปวิเคราะห์หาการเคลื่อนตัวบริเวณพื้นที่นั้น ซึ่งใช้ภาพถ่าย เป็นจำนวนทั้งหมด 34 ภาพ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2566 ดังตารางที่ 1

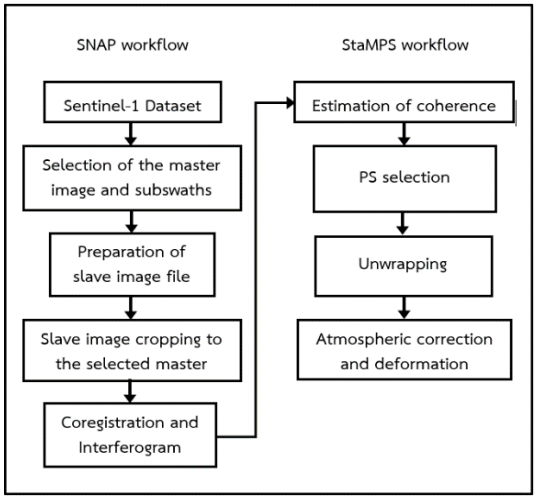


รูปที่ 6 ภาพถ่ายดาวเทียม วงโคจรขาขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดภาพถ่ายจำนวนทั้งหมด 34 ภาพ

ภาพที่	วันบันทึกภาพ	ภาพที่	วันบันทึกภาพ
1	2563-03-07	18	2563-05-30
2	2560-10-13	19	2563-07-17
3	2560-11-06	20	2563-09-15
4	2560-12-12	21	2563-11-14
5	2561-01-29	22	2564-01-25
6	2561-03-06	23	2564-03-26
7	2561-05-25	24	2564-05-13
8	2561-07-16	25	2564-07-24
9	2561-09-26	26	2564-08-22
10	2561-11-13	27	2564-11-21
11	2562-01-24	28	2654-01-08
12	2562-03-13	29	2564-03-21
13	2562-05-24	30	2564-05-20
14	2562-07-23	31	2564-07-07
15	2562-09-09	32	2564-09-17
16	2562-11-20	33	2564-11-16
17	2563-01-07	34	2564-01-27

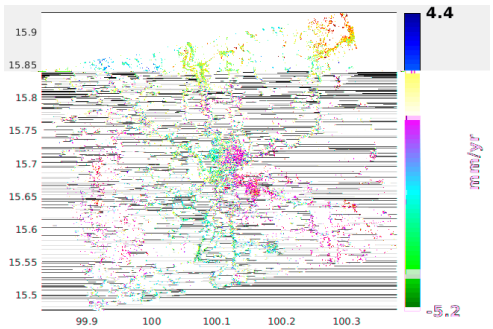
โดยขั้นตอนในการโหลดภาพนั้นจะต้องใช้ภาพที่มี และเดียวกันทั้งหมด จะทำให้ภาพซ้อนกันพอดี เพื่อที่จะสามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนของการสร้าง ได้ โดยใช้โปรแกรม เลือกภาพ ใช้ในการอ้างอิงจับคู่ภาพ ที่เป็นข้อมูลของวันที่ 7 มีนาคม 2560 (2 โพลาไรเซชัน 6-8) ทำการเตรียมข้อมูลก่อนเข้าซอฟต์แวร์ โดยใช้คำสั่ง ในการประมวลจะสร้างไฟล์ หลักจากนั้นเข้าไปประมวลผล ในซอฟต์แวร์ เพื่อหาที่เป็นลักษณะจุดภาพที่มีการ ตัวสะท้อนของสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ถัดมาทำการ จากข้อมูลที่มีหลักการทำงานโดยหาค่าต่างเฟสระหว่างจุดภาพภายในแล้วจึงหาผลรวมอีกครั้งเพื่อให้ได้เฟสที่ต่อเนื่องกัน เพื่อแปลงเป็นข้อมูลในรูปแบบของค่าพิกัดลองติจูด ละติจูด และค่าการทรุดตัว โดยได้แสดงเป็นแผนผังถึงขั้นตอนกระบวนการทำงานเพื่อหาค่าการทรุดตัวของแผ่นดิน ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 7 แผนผังขั้นตอนการประมวลผลด้วยเทคนิคอนุกรมเวลา

ข้อมูลแสดงแผนที่การเคลื่อนตัว

เมื่อได้ค่าการเคลื่อนตัว (และค่าพิกัด ที่ได้จากการประยุกต์อนุกรมเวลาอินซาร์ในการตรวจสอบการทรุดตัวของพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จากโปรแกรม แล้วนั้นทำการนำเข้าในส่วนของโปรแกรม มาแสดงผลลงในแผนที่ โดยการสร้างชั้นข้อมูล (และกำหนดค่าพิกัดในแนวแกน และ ที่ได้มานั้น แล้วทำการข้อมูลตามที่ต้องการ เพื่อให้ค่าที่แสดงบนแผนที่มีความถี่ของข้อมูลที่ชัดเจนและเห็นได้ชัดขึ้น โดยผลลัพธ์จากการประยุกต์ใช้อนุกรมเวลาอินซาร์ที่แสดงนั้น จะเป็นจุดข้อมูล (ในแต่ละสีที่แสดงถึงค่าการทรุดตัวของแผนดิน ทำให้รู้ว่าบริเวณในพื้นที่นั้นมีการทรุดตัวมากน้อยแค่ไหน จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 8



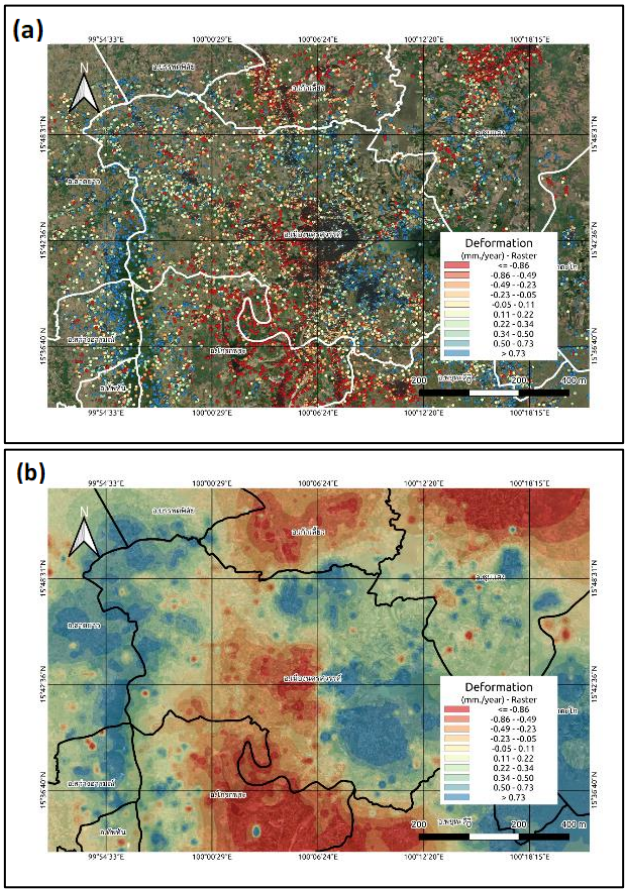
รูปที่ 8 การวิเคราะห์การทรุดตัวจาก

4. ผลลัพธ์

ผลจากการศึกษาการติดตามการทรุดตัวในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ด้วยเทคนิค จากภาพถ่ายดาวเทียม 1 จำนวน 34 ภาพ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2566 จากการวิเคราะห์ค่าการทรุดตัวในแนววงโคจรของดาวเทียมขาขึ้น

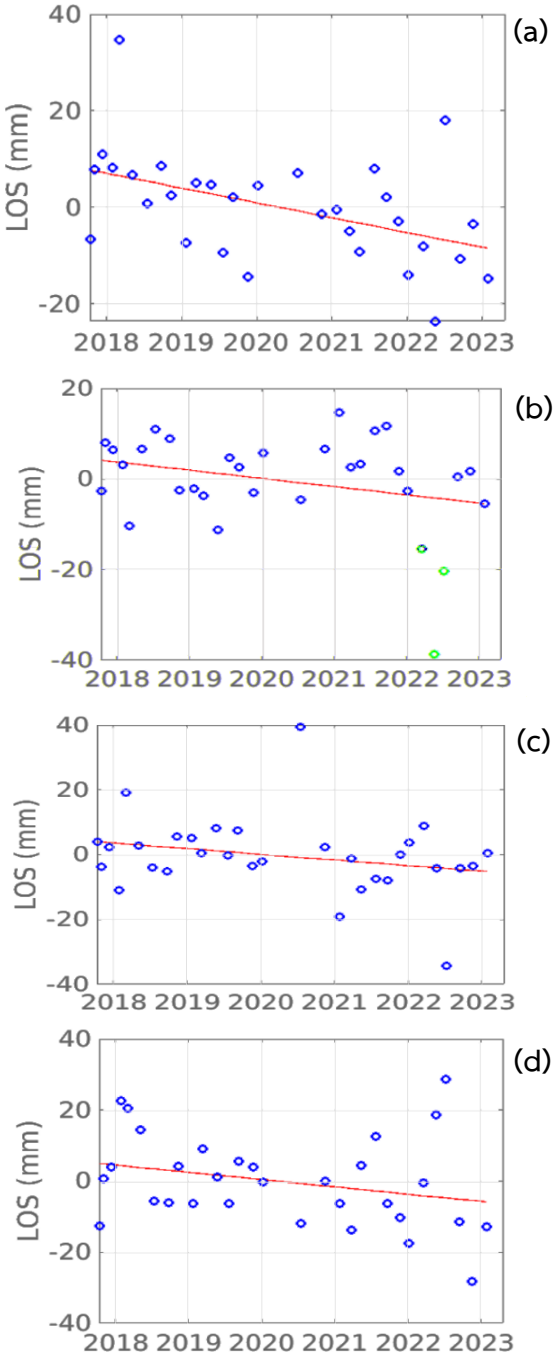
(ทราบจำนวนจุดตรวจสอบ (ถึง 260 424 จุด ที่แสดงถึงความหนาแน่นมากในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ดังรูปที่ 9 ซึ่งมีค่าการทรุดของแผ่นดินอยู่ในช่วงประมาณ -5.2 (การทรุดตัว) ถึง 4.4 (การยกตัวขึ้น) มิลลิเมตรต่อปี

ทั้งนี้ ได้ทำการปรับแก้ค่าการทรุดตัวจากเดิมที่อยู่ในรูปแบบจุดตรวจสอบ (ซึ่งอาจทำให้มองเห็นภาพไม่ชัดเจน โดยทำการ ข้อมูลใหม่ให้เป็นรูปแบบราสเตอร์ (คือข้อมูลที่มีการจัดเก็บเป็นช่องตารางสี่เหลี่ยม แต่ละช่องตารางเรียกว่าพิกเซล (ที่แสดงดังรูปที่ 9 ทำให้แสดงความหนาแน่นของการทรุดตัวในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ได้ดี และมองเป็นบริเวณวงกว้างของพื้นที่ชัดเจนขึ้น



รูปที่ 9 แผนที่แสดงการทรุดตัวพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (มม./ปี)
(แผนที่ปรับแก้การทรุดตัวพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (มม./ปี)

เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค ในระยะเวลาตั้งแต่ปี 560 ถึง 2566 ได้ยกตัวอย่างพื้นที่บริเวณอำเภอโกรกพระ อำเภอ อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอชุมแสง และอำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้น้ำบาดาลสูง และยังเป็นพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างอาคาร บ้านเรือนอยู่เป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะแสดงให้เห็นถึงค่าการทรุดตัวในพื้นที่นั้นได้ชัดเจนขึ้น โดยเป็นกราฟที่แสดงจุดภาพ (ดังแสดงดังรูปที่ 10 ที่บอกแนวโน้มการเคลื่อนตัวสะสมของแผ่นดินจากแนววงโคจรของดาวเทียมแบบขาขึ้น (ทำให้เห็นถึงรูปแบบเปลี่ยนแปลงของการทรุดตัวได้ชัดเจน ตลอดระยะเวลา ปี



รูปที่ 10 แนวโน้มการทรุดตัวสะสม ในช่วงปี พ.ศ. 2560 ถึง พ.ศ. 2566 บริเวณอำเภอโกรกพระ ตำแหน่ง บริเวณอำเภอเมืองนครสวรรค์ ตำแหน่ง บริเวณอำเภอเก้าเลี้ยว ตำแหน่ง 8380 751 และ บริเวณอำเภอชุมแสง ตำแหน่ง 8918 00.3048

จากการวัดการเปลี่ยนรูปด้วยเทคนิค นั้น แสดงให้เห็นถึงพื้นที่แต่ละอำเภอที่มีการทรุดตัวของพื้นดินอย่างชัดเจน โดยผลการวิเคราะห์แนวโน้มการทรุดตัวสะสมในบริเวณพื้นที่ทั้ง อำเภอ ได้แก่ อำเภอโกรกพระ อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอเก้าเลี้ยว และอำเภอชุมแสง ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ. 2560

ถึง พ.ศ. 2566 เป็นระยะเวลา ปี จะสังเกตได้ว่า แนวโน้มการทรุดตัวพื้นที่ทั้ง อำเภอ ไปในทิศทางลบ และมีการทรุดตัวเพิ่มขึ้นในแต่ละปี

5. บทสรุป

การพัฒนาระบบวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อการตรวจสอบการทรุดตัวของจังหวัดนครสวรรค์ ด้วยเทคนิค วิธี เป็นเทคนิคที่แสดงเป็น แสดงถึงจุดที่มีการทรุดตัวของแผ่นดินค่อนข้างชัดเจน และจำนวนความหนาแน่นที่เยอะ และใช้ได้ในทุกประเภทพื้นที่ในภูมิประเทศต่าง ๆ ทำให้มีความละเอียดแม่นยำมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงเป็นเทคนิคที่สำคัญและเป็นที่ต้องการในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค มาวิเคราะห์เพื่อหาบริเวณที่มีการทรุดตัวในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ โดยใช้ภาพ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2566 จำนวนทั้งหมด 34 ภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้มีจำนวนจุดตรวจสอบถึง 260 จุด มีค่าการทรุดตัวโดยประมาณ -5.2 ถึง 4.4 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งค่าลบแสดงถึงการทรุดของแผ่นดิน และค่าบวกแสดงถึงการยกตัวขึ้นของแผ่นดิน ซึ่งจะสังเกตได้ว่าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 ไปจนถึง พ.ศ. 566 มีแนวโน้มการทรุดตัวสะสมที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในบางพื้นที่ที่มีค่าการทรุดตัวของแผ่นดินมากกว่าบริเวณอื่น ๆ เช่น บริเวณพื้นที่ที่มีการใช้น้ำบาดาล หรือพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น ทั้งนี้ บริเวณพื้นที่ดังกล่าวล้วนเป็นบริเวณที่อยู่อาศัยของประชาชนรวมถึงพื้นที่ทำการเกษตร อาจจะได้รับผลกระทบจากความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน หากไม่ได้รับการตรวจสอบการทรุดตัวของแผ่นดิน เพราะฉะนั้น การนำเทคนิค - มาวิเคราะห์หาจุดบริเวณที่มีการทรุดตัวจึงเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก อีกทั้งยังสามารถติดตามการทรุดตัวได้ตลอดเวลา และลดข้อจำกัดทางด้านสภาพบรรยากาศอีกด้วย

จากการวิจัยนี้พบว่า การทรุดตัวที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ของจังหวัดนครสวรรค์นั้น มีบางพื้นที่ที่มีค่าการทรุดตัวสูงกว่าบริเวณพื้นที่อื่น ๆ อาทิ อำเภอโกรกพระ อำเภอเมืองนครสวรรค์ อำเภอชุมแสง และอำเภอเก้าเลี้ยว แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ดังกล่าวที่มีการทรุดตัวอาจเป็นผลมาจากการใช้น้ำบาดาลในปริมาณที่ค่อนข้างมาก ซึ่งสอดคล้องกับแผนที่การใช้น้ำบาดาลของจังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนี้การทรุดตัวที่เกิดขึ้นอาจเป็นผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ เมื่อมีการขยายตัวของชุมชน แหล่งค้าขาย ทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีรูปแบบของการใช้ที่ดินในการทำการเกษตร ก่อสร้างอาคารบ้านเรือน อาจส่งผลให้พื้นดินเกิดการรับน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น ถ้าชั้นดินบริเวณนั้นไม่แข็งแรง ไม่สามารถทนต่อน้ำหนักที่เพิ่มมากขึ้นได้ จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการทรุดตัวของพื้นดิน เป็นต้น ทั้งนี้แนวโน้มของค่าการทรุดตัวที่มากขึ้นในแต่ละปีนั้นอนุมานได้ว่า เมื่อระยะเวลาผ่านไปพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์จะมีความเสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินทรุดตัวมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินที่ไม่อาจประเมินค่าได้ ดังนั้น จึงควรให้ความสำคัญกับการติดตามการทรุดตัวอยู่ตลอดเวลา

กิตติกรรมประกาศ

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม 1 จากโครงการ โดยใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2560 ถึง 1 กุมภาพันธ์ 2566 จึงขอขอบคุณ จาก ที่ใช้การประมวลผล รวมถึงซอฟท์แวร์ และ และขอขอบคุณซอฟท์แวร์ ที่แสดงผลลัพธ์ออกมาเป็นแผนที่แสดงรายละเอียดชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

ปรเมศร์ อมาตยกุล และ เทวินทร์ โจมทา. (เอกสารวิชาการ อุตุนิยมวิทยาน่ารู้เพื่อการเกษตรจังหวัดนครสวรรค์ (ส่วนอุตุนิยมวิทยาเกษตร สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา)

โชคชัย เนาว์รุ่งโรจน์. (*การวิเคราะห์จำแนกสถานการณ์การทรุดตัวของแผ่นดินตามสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและน้ำบาดาล กรณีศึกษาจังหวัดสมุทรปราการ* วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (รายงานสำรวจดินเพื่อการเกษตร จังหวัดนครสวรรค์

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (แผ่นดินทรุด. สืบค้นข้อมูลจาก :

สรศักดิ์ ชัยทวี (2554) การติดตามการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยเทคนิค วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2017).

9(10) 1046. 2019).

19(14) 3181.

2019). -

26(2) 2285.

กรมชลประทาน สำนักบริหารโครงการ (2561) รายงานแผนแม่บทการพัฒนาลุ่มน้ำระดับจังหวัด จังหวัดนครสวรรค์

สำนักงานแรงงาน จังหวัดนครสวรรค์. ข้อมูลภูมิประเทศ จังหวัดนครสวรรค์. สืบค้นข้อมูลจาก :
ข้อมูลภาพรวมจังหวัด/ภูมิประเทศ
กรมพัฒนาที่ดิน สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน (2546). *การกำหนดลักษณะของชุดดินที่จัดตั้งในภาคเหนือและที่สูงตอนกลางของประเทศไทย.*
2020)
39 (3) 57-68.
กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน รายงานการสำรวจดินจังหวัดนครสวรรค์ หน้า 24-26
รณบรรจบ อภิรติกุล. (2559). *การวิเคราะห์การเคลื่อนที่มลพิษในน้ำบาดาลด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์* มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
จังหวัดนครสวรรค์. ข้อมูลแหล่งน้ำบาดาล จังหวัดนครสวรรค์. สืบค้นข้อมูลจาก :
2003).
34(3)
211-217.
2017)
7 12: 1264
2007
47 217-221
สรศักดิ์ ชัยทวี อิทธิ ตริสิริสัตยวงศ์ และอนุเผ่า อบแพทย์ (2557). การติดตามการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพมหานคร และปริมณฑลโดยเทคนิค *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 19*
ปวัน ภิรมย์ทอง. (2558). *การตรวจหาอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินในช่วงปี ค. ศ. 1996-2000 และแนวโน้มการทรุดตัวบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑลด้วยเทคนิคอนุกรมเวลาอินซาร์* วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
2020).
1
2016).
115 90-102.
2016).
8 (3) 266.
2008).
- -
44(2).
2019).
3
11(15) 1807.