

การแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลของน้ำบาดาลโดยใช้โปรแกรมอาร์ กรณีศึกษา: อำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

The Visualization and Analytics of Groundwater Flow Direction using Program R
Case Study: Amphoe Banna and Amphoe Muang in Nakhon-Nayok Province

บทความวิจัย

พ.อ.ผศ.ดร. พงศ์พันธุ์ จันทะคัต¹ พ.อ. ณัฐรัชย์ ปัญญาใส²

ดร.เยาวเรศ จันทะคัต³ และ ดร.แอน กำภู ณ อยุธยา⁴

Col.Asst.Dr.Pongpun Juntakut, Col. Nattachai Panyasai,

Dr.Yaowaret Jantakat, Dr.Ann Kambhu na ayudhya

บทคัดย่อ

น้ำบาดาลเป็นแหล่งทรัพยากรที่มีความสำคัญมากขึ้นในช่วงสิบกว่าปีที่ผ่านมา อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งทำให้มีความต้องการน้ำใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค และการเกษตรกรรมที่มากขึ้น การประเมินศักยภาพพื้นที่ของน้ำบาดาลเพื่อการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล จึงเป็นเรื่องที่สำคัญเพื่อตอบสนองความต้องการ การใช้น้ำในปัจจุบันวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้ คือ การประยุกต์ใช้งานโปรแกรมภาษาอาร์ (Program R) เพื่อการแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชัน ซลศาสตร์ของน้ำบาดาล ในพื้นที่กรณีศึกษาอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วยิ่งขึ้น ในการประเมินพื้นที่สำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล ผลการศึกษานี้ได้ชี้ให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล สามารถช่วยให้รู้ถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล โดยจากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่บริเวณทางทิศใต้ของอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก เป็นพื้นที่ที่เหมาะสม

¹ กองวิชาวิศวกรรมโยธา ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า จ.นครนายก

E-mail: juntakut37@gmail.com, pjuntakut@crma.ac.th

² สำนักงานพัฒนาภาค 2 หน่วยบัญชาการทหารพัฒนา กองบัญชาการกองทัพไทย จ.อุดรธานี

E-mail: nattachai15p@gmail.com

³ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา

E-mail: yjantakat@gmail.com

⁴ ภาควิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

E-mail: ann.k@ku.ac.th

ในการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล อันเนื่องจากมีทิศทางการไหล และความลาดชันชลศาสตร์ที่สูงกว่าของน้ำบาดาลไปยังพื้นที่บริเวณทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องมือของการศึกษาดังกล่าวนี้สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ด้านการจัดการน้ำบาดาลได้อีกหลายด้าน เช่น การค้นหาพื้นที่ที่เหมาะสมของการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล การวางแผนป้องกันและบำบัดการปนเปื้อนของน้ำบาดาลที่ไหลผ่านพื้นที่ฝั่งกลบขยะ และเหมืองแร่ เป็นต้น

คำสำคัญ: ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล ความลาดชันชลศาสตร์ โปรแกรมอาร์ จังหวัดนครนายก

Abstract

Groundwater has become an essential resource over the past few decades due to climate change, which highly increases the demand for using freshwater and agriculture. The assessment of an efficient groundwater area (EGA) for boring is then a significant criterion in matching water demand and supply. The main objective of this study is to apply the Program R for visualizing and analyzing groundwater flow direction and hydraulic gradient in case study of Amphoe Banna and Muang in Nakhon-Nayok province more efficiently for the assessment of EGA. The study indicates that the application of technology for data visualization and analytics can contribute to find the EGA where is effective for groundwater boring. In addition, the results of study show that the south part of Amphoe Banna and Amphoe Muang in Nakhon-Nayok Province is probably as a suitable area for groundwater boring due to groundwater flow

direction and higher hydraulic gradient in the south part of the study area. Moreover, the tool of this study can be used for groundwater management in many sections such as searching an area for groundwater boring, planning the protection and treatment of contaminated groundwater in a waste and mining sites etc.

Keyword : Groundwater Flow Direction, Hydraulic Gradient, Program R, Nakhon-Nayok Province

1. บทนำ

ความมั่นคงทางน้ำ (Water security) เป็นความท้าทายที่สำคัญหนึ่งสำหรับหลายๆ ประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับประเทศไทย สืบเนื่องมาจากสถานการณ์ปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ซึ่งเพิ่มความต้องการปริมาณน้ำใช้ที่มากขึ้น และยังสามารถสร้างปัญหาต่อระบบนิเวทางสิ่งแวดล้อมได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ปัญหาภัยแล้งหรือการใช้น้ำจากแหล่งน้ำที่มีอยู่มากเกินไป เป็นต้น และบ่อยครั้งที่ความไม่เพียงพอของปริมาณน้ำผิวดินเกิดขึ้นทำให้ผู้ใช้น้ำต้องมาพึ่งพิงการใช้น้ำบาดาล เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการและการใช้น้ำ ดังนั้น ระยะเวลาสิบปีที่ผ่านมา น้ำบาดาลหรือน้ำใต้ดินจึงกลายเป็นแหล่งทรัพยากรที่สำคัญอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภค การชลประทาน การเกษตรกรรม และอุตสาหกรรม สิ่งสำคัญยิ่งไม่เพียงแต่ปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการใช้น้ำเท่านั้น แต่ทว่าคุณภาพก็ควรที่จะต้องได้มาตรฐานความปลอดภัยด้วยเช่นกัน การวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำบาดาลก็เป็นสิ่งจำเป็นหนึ่งที่จะต้องมีการดำเนินการสำหรับการประเมินถึงศักยภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมและสามารถทำการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเพื่อที่

จะสามารถสูบน้ำมาใช้เพื่อการอุปโภคและบริโภค เพื่อการเกษตร เพื่อการอุตสาหกรรม และเพื่อรักษาระบบนิเวศวิทยาทางธรรมชาติ อย่างไรก็ตามมันไม่ยากที่จะค้นหาแสดงผลและวิเคราะห์ถึงทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำบาดาลได้ถูกต้องแม่นยำซึ่งมีข้อมูลเป็นจำนวนมากและหลากหลายค่าสัมประสิทธิ์ของภูมิศาสตร์ทางกายภาพของพื้นที่

งานวิจัยที่ผ่านมาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำบาดาล เช่น จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง (2557) [1] ทำการศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรม และสถานที่ฝังกลบมูลฝอย อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ได้ชี้ให้เห็นทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสามารถนำมาใช้ในการวางแผนบำบัดและจัดการน้ำบาดาล โดยวิเคราะห์จากโปรแกรม excel และฉัตรชัย โชติษฐยากร และคณะ (2562) [2] ได้ทำการศึกษารูปแบบการกักเก็บน้ำใต้ดิน เพื่อบรรเทาภาวะแห้งแล้งในลุ่มน้ำมูลตอนบนและได้แสดงทิศทางการไหลและความเร็วของน้ำใต้ดิน เพื่อใช้ประกอบในการวางแผนรูปแบบการกักเก็บน้ำใต้ดิน โดยได้ใช้โปรแกรม ArcGIS มาช่วยในการวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วของการไหลของน้ำบาดาล ซึ่งจากตัวอย่างงานวิจัยที่ผ่านมาต้องใช้เวลาและงบประมาณในการจัดซื้อโปรแกรมเพื่อการวิเคราะห์ทิศทางและความเร็วของการไหลของน้ำบาดาล ซึ่งปัจจุบันมีโปรแกรมภาษาหลายโปรแกรมด้วยกันที่สามารถดาวน์โหลดได้ฟรีโดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ทิศทางและความลาดชันชลศาสตร์ของการไหลของน้ำบาดาลได้ เช่น โปรแกรมภาษาอาร์ (Program R) [3],[4] เป็นต้น

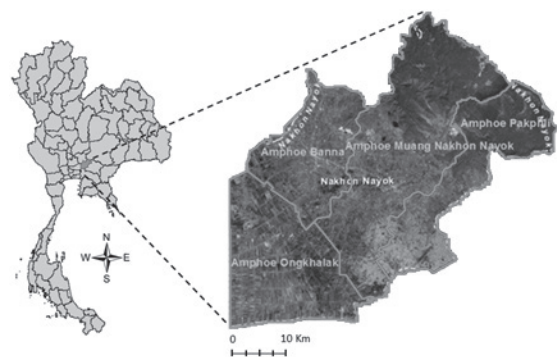
การศึกษานี้ จึงได้เสนอแนวทางการนำโปรแกรมภาษาอาร์มาประยุกต์ใช้เพื่อการแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำบาดาล ซึ่งโปรแกรมภาษาอาร์เป็นที่รู้จักกันแพร่หลายว่าเป็นเครื่องมือหนึ่งที่สามารถนำมาใช้งานเพื่อการแสดงผลข้อมูล

และประเมินผลทางสถิติได้ในการวางแผนและการจัดการทรัพยากรน้ำ [3], [4] ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ มุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้งานโปรแกรมภาษาอาร์ เพื่อแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำบาดาลลงบนแผนที่แบบเชิงพื้นที่ให้มีความง่าย และสะดวกต่อการประเมินถึงศักยภาพของพื้นที่ที่เหมาะสม และสามารถทำการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล โดยใช้พื้นที่อำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก เป็นกรณีศึกษา

2. วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษา

อำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก เป็นพื้นที่ศึกษาในการศึกษานี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความเร็วของน้ำบาดาลในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป ซึ่งอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง เป็นอำเภอในจังหวัดนครนายก โดยมีที่ตั้งทางตะวันออกของภาคกลางของประเทศไทย และจังหวัดนครนายก มีพื้นที่ทั้งหมด 2,122 ตารางกิโลเมตร ซึ่งได้แบ่งออกเป็นสี่อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมืองนครนายก อำเภอบ้านนา อำเภอปากพลี และอำเภองครักษ์ สำหรับพื้นที่เฉพาะอำเภอบ้านนานั้น มีพื้นที่ 388.4 ตารางกิโลเมตร และอำเภอเมืองนครนายก มีพื้นที่ 728.1 ตารางกิโลเมตร [5] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก

สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษาโดยทั่วไปมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีต่ำสุดที่ 24 องศาเซลเซียส ในเดือนธันวาคม และสูงสุดที่ 34 องศาเซลเซียส ในเดือนเมษายน ปริมาณน้ำฝนมีค่าเฉลี่ยประมาณ 193 มิลลิเมตร จำนวนประชากรที่อาศัยในจังหวัดนครนายก ในปี พ.ศ.2563 มีจำนวนทั้งสิ้น ประมาณ 258,000 คน โดยอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก มีจำนวนประชากร 69,455 และ 101,431 คน ตามลำดับ ซึ่งอาชีพหลักคือ การเกษตร ได้แก่ การปลูกข้าวและผลไม้ เช่น มะม่วง, ทุเรียน, เงาะ และส้ม [5]

ส่วนความสูงของพื้นที่ลักษณะโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบและมีภูเขาสูงชันบริเวณทางด้านทิศตะวันออกและทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา ภูเขาที่สูงที่สุดสูงที่ 1,351 เมตรเหนือระดับค่าเฉลี่ยน้ำทะเล สภาพดินเป็นดินเหนียวปนดินร่วน ซึ่งเหมาะกับการเพาะปลูกพืชและผลไม้ แม่น้ำสายหลักที่ไหลผ่าน ได้แก่ แม่น้ำนครนายกที่ซึ่งไหลลงมาจากภูเขาทางทิศเหนือลงสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้ แม่น้ำนครนายกจะไหลรวมกับแม่น้ำบางปะกงและไหลลงสู่อ่าวไทย เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ ซึ่งบ่อยครั้งที่มีการขาดแคลนน้ำในการเพาะปลูก ดังนั้นน้ำใต้ดินจึงเป็นทางออกที่สำคัญสำหรับการชลประทานในช่วงฤดูแล้งของทุกปี [6]

2.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

2.2.1 การรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลและลักษณะของบ่อน้ำบาดาลสำหรับการศึกษานี้ได้แก่ ระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล ความลึกของบ่อน้ำบาดาล และประเภทการใช้งานของบ่อน้ำบาดาล เป็นต้น โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประเทศไทยได้มีการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดนครนายก จากบ่อน้ำบาดาลจำนวนทั้งสิ้น 499 บ่อ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2557-2563

โดยสามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ที่ <http://app.dgr.go.th/newpasutara/xml/tshow.php?ddlGeo=17&ddlProvince=&btn1=> ซึ่งในการศึกษาในพื้นที่อำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก จะมีบ่อน้ำบาดาลจำนวน 55 และ 60 บ่อ ตามลำดับ ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2557-2563

2.2.2 การคำนวณและแสดงผลปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาล

จากข้อมูลน้ำใต้ดินในบ่อน้ำบาดาลที่ทางกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้สำรวจและเก็บข้อมูลไว้ นั้น การศึกษานี้ได้นำค่าความลึกเจาะของบ่อน้ำบาดาลลบด้วยค่าระดับน้ำใต้ดิน เพื่อสามารถแสดงค่าปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลแต่ละบ่อในพื้นที่ศึกษา เพื่อนำมาแสดงผลลงบนแผนที่แบบเชิงพื้นที่โดยใช้เครื่องมือระบบข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และโปรแกรม R

2.2.3 การคำนวณและจำลองแบบทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

การคำนวณทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาแบบเวกเตอร์นั้น การศึกษานี้ได้คำนวณทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากการใช้ข้อมูลระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้ และตำแหน่งของบ่อน้ำบาดาล โดยการคำนวณและจำลองแบบทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินใช้หลักการทฤษฎีของพีทาโกรัส (Pythagoras' theorem) ดังแสดงในสมการที่ (1)-(9) [7] และในรูปที่ 2

$$d_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

$$d_{23} = \sqrt{(x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2} \quad (2)$$

$$d_{13} = \sqrt{(x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2} \quad (3)$$

โดย d_{12} , d_{23} และ d_{13} คือ ระยะห่างระหว่างบ่อน้ำบาดาล x_i และ y_i คือ พิกัดตำแหน่งของบ่อน้ำบาดาล



สำหรับการคำนวณจุดศูนย์กลางเรขาคณิต (Centroid)

(x_c, y_c) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) และ (5)

$$x_c = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \quad (4)$$

$$y_c = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3} \quad (5)$$

ภายหลังทราบค่าระยะห่างระหว่างบ่อน้ำบาดาลมุม (Angle) ณ ตำแหน่งของบ่อน้ำบาดาล ก็สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6)-(8)

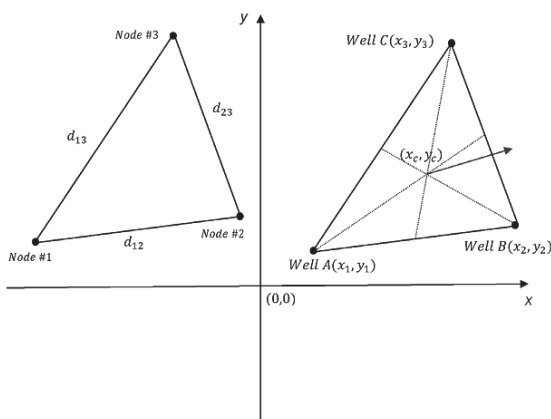
$$\text{Angle @\#1} = \cos^{-1} \left(\frac{(d_{13})^2 + (d_{12})^2 - (d_{23})^2}{2d_{13}d_{12}} \right) \quad (6)$$

$$\text{Angle @\#2} = \cos^{-1} \left(\frac{(d_{12})^2 + (d_{23})^2 - (d_{13})^2}{2d_{12}d_{23}} \right) \quad (7)$$

$$\text{Angle @\#3} = 180 - \text{Angle @\#1} - \text{Angle @\#2} \quad (8)$$

พื้นที่ทางเรขาคณิตของบ่อน้ำบาดาล (Area of triangle) ที่นำมาวิเคราะห์สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (9) ดังนี้

$$A = \frac{1}{2} \det \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & 1 \\ x_3 & y_3 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$



รูปที่ 2 หลักการทฤษฎีของพีทาโกรัส (Pythagoras' theorem) เพื่อการคำนวณและจำลองแบบทิศทางการไหลของน้ำบาดาล [7]

2.2.4 การคำนวณและจำลองแบบความลาดชัน

ชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน

การคำนวณของการเปลี่ยนแปลงของหัวน้ำชลศาสตร์ (Hydraulic head) ระหว่างบ่อน้ำบาดาลสามารถคำนวณได้โดยใช้หลักการลาดชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic gradient) [7],[8] ดังแสดงในสมการที่ (10)

$$L_i = a + bx_i + cy_i + e_i \quad (10)$$

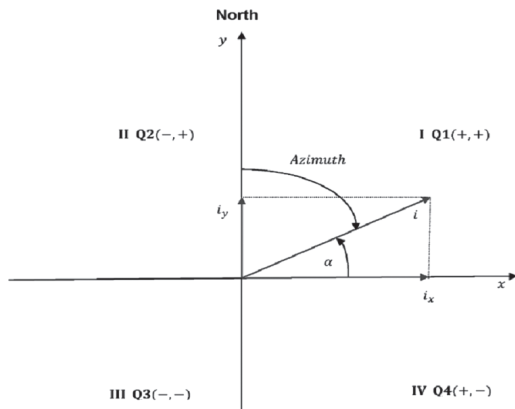
โดย L_i หมายถึง ระดับน้ำใต้ดิน ณ ตำแหน่ง (x, y) , a และ e_i คือค่าคงที่, b และ c คือค่าสัมประสิทธิ์ โดยมุมของทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งคำนวณจากสมการที่ (11) และค่าความสัมพันธ์ลาดชันชลศาสตร์ (Relative hydraulic gradient) หรือค่าการวัดความสัมพันธ์ความเร็วการไหล (Relative flow velocity) ดังแสดงในสมการที่ (12)

$$\text{delta} = \tan^{-1} \left(\frac{c}{b} \right) \quad (5)$$

$$R = \sqrt{b^2 + c^2} \quad (5)$$

โดย R หมายถึง ค่าความสัมพันธ์ลาดชันชลศาสตร์ (Relative hydraulic gradient) หรือค่าการวัดความสัมพันธ์ความเร็วการไหล (Relative flow velocity), b และ c คือค่าสัมประสิทธิ์

รูปที่ 3 แสดงตำแหน่งและทิศทางของความลาดชันชลศาสตร์ โดยทำมุมระหว่างแนวแกน x และความลาดชันทางชลศาสตร์



รูปที่ 3 ตำแหน่งและทิศทางของความลาดชันชลศาสตร์
เพื่อการคำนวณและจำลองแบบความลาดชัน
ชลศาสตร์ของน้ำบาดาล [7]

โดยการศึกษาได้นำโปรแกรม GWSDAT (Groundwater Spatial-Data Analytic Tool) [8], [9] ซึ่งได้พัฒนาโดยใช้โปรแกรมภาษาอาร์ (R scripts) นำมาประยุกต์ใช้งานในการแสดงผลการจำลองแบบทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

2.3 โปรแกรม R scripts สำหรับการศึกษา

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมภาษาอาร์ (R scripts) เพื่อการแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน โดยการศึกษาได้ใช้ไลบรารี (Library) ในโปรแกรม R ที่มีอยู่นำมาสร้างการแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ flexdashboard, Plotly, Leaflet.js, Highcharts และ ggplot2 เป็นต้น

ตัวอย่างโค้ด scripts ที่ใช้ในโปรแกรมภาษาอาร์ สำหรับการศึกษา และสามารถดาวน์โหลดโค้ดเพิ่มเติมทั้งหมดได้ที่ <http://thai-deutsch-civilengineering.blogspot.com>

logo: Mholan00.png

#favicon: Mholan00.png

title: “Groundwater Management in Thailand”

runtime: shiny

output: flexdashboard::flex_dashboard:

orientation: rows

vertical_layout: fill

social: menu

#####

```
full_tracts<-full_tracts%>% dplyr::mutate
(waterdeep=cut(waterdeep,c(0,50,100,150,200,
250),labels = c('> 0 &lt;= 50', '> 50 &lt;= 100',
'> 100 &lt;= 150', '> 150 &lt;= 200', '> 200 &lt;= 250'))
```

```
full_tracts.df <- split(full_tracts, full_
tracts$waterdeep)
```

```
l <- leaflet() %>% addTiles()
```

```
names(full_tracts.df) %>%
```

```
purrr::walk( function(df) {
```

```
l <- l %>%
```

```
addMarkers(data=full_tracts.df[[df]],
```

```
lng=~long, lat=~lat,
```

```
label=~as.character(waterdeep),
```

```
popup=~as.character(waterdeep),
```

```
group = df,
```

```
clusterOptions=
```

```
markerClusterOptions(removeOutsideVisibleBo
unds=F), labelOptions=labelOptions(noHide=F,
direction = 'auto'))
})
```

```
l %>%
```

```
addLayersControl(
```

```
overlayGroups = names(full_tracts.df),
```

```
options = layersControlOptions(collapsed
= FALSE)
```

3. ผลการศึกษา

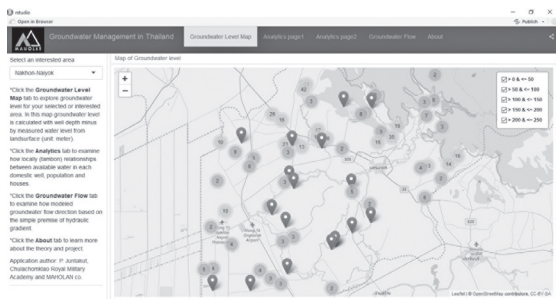
3.1 ความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลแบบเชิงพื้นที่

การศึกษานี้ได้คำนวณและจัดกลุ่มความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาล แบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ 0-50 เมตร, 51-100 เมตร, 101-150 เมตร, 151-200 เมตร

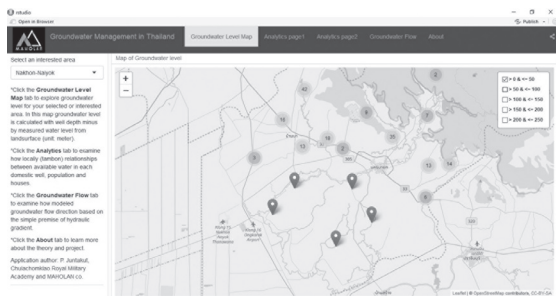


และ 201-250 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งผลลัพธ์ได้แสดงให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลที่มีความลึกไม่มาก อยู่ในช่วงระหว่าง 0-50 เมตร นั้นจะอยู่บริเวณอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 5

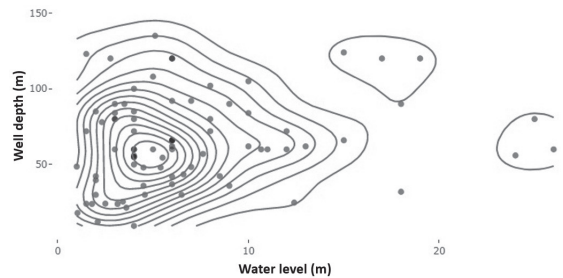
สำหรับในรูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของบ่อน้ำบาดาล (Well depth) และระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล (Water level) ซึ่งวัดจากขอบบ่อน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา จากความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามีความหลากหลายของความลึกของบ่อน้ำบาดาลกับระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล โดยบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาจะมีความลึกของบ่อประมาณ 50-60 เมตร และมีระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลซึ่งวัดจากขอบบ่ออยู่ประมาณ 5-10 เมตร



รูปที่ 4 แสดงข้อมูลความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลแบบเชิงพื้นที่ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม



รูปที่ 5 แสดงข้อมูลความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลแบบเชิงพื้นที่ ที่อยู่ในช่วงความลึก 0-50 เมตร



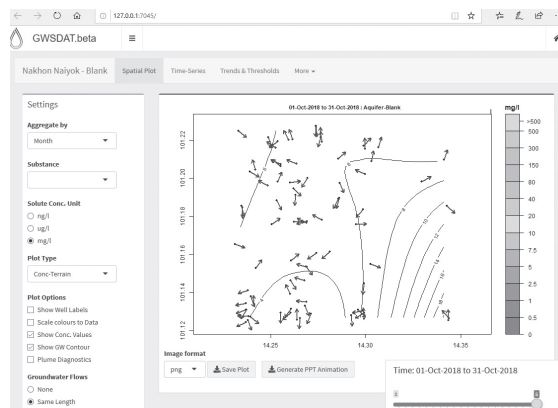
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกของบ่อน้ำบาดาล (Well depth) และระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาล (Water level) ซึ่งวัดจากขอบบ่อน้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษา

3.2 การจำลองแบบทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน

จากรูปที่ 7 แสดงการคำนวณและการจำลองแบบทิศทางการไหลและความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดิน ได้แสดงให้เห็นว่า ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาในอำเภอบ้านนา และอำเภอมือง จังหวัดนครนายก มีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากทางทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ของพื้นที่ศึกษาอย่างชัดเจน ดังนั้นบริเวณทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา จึงเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล ยิ่งไปกว่านั้นผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงแนวการไหลของน้ำใต้ดินที่สามารถกำหนดวิธีการป้องกันและการบำบัดการปนเปื้อนของน้ำใต้ดินได้เช่นกัน

ในรูปที่ 8 ได้นำผลการคำนวณและการจำลองแบบทิศทางการไหล และความลาดชันชลศาสตร์ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษามาแสดงในกูเกิลเอิร์ธ (Google Earth) เพื่อเปรียบเทียบกับทางกายภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากพื้นที่ที่มีภูมิประเทศความลาดชันสูงกว่าไปยังพื้นที่ที่มีความลาดชันที่ต่ำกว่า โดยลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษาแล้วจะมีเทือกเขาอยู่ทางทิศเหนือ ดังนั้นทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน และความลาดชันชลศาสตร์

จึงมีแนวโน้มไหลลงสู่ทางทิศใต้ที่เป็นพื้นที่ที่ราบเรียบกว่านั่นเอง และพื้นที่ทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา จึงมีความเหมาะสมต่อการวางแผนขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลเพื่อสามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภคและการเกษตรได้ดีกว่าพื้นที่ทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 7 แสดงการจำลองแบบทิศทางการไหล และความลาดชันของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 8 แสดงการจำลองแบบทิศทางการไหลและความลาดชันของน้ำใต้ดินในกูเกิลเอิร์ธ (Google Earth)

4. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงการใช้งานโปรแกรมภาษาอาร์ เพื่อการแสดงผลและวิเคราะห์ทิศทางการไหลและความลาดชันของน้ำบาดาล โดยได้ทำการศึกษาในพื้นที่ของอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก เป็นกรณีศึกษา ซึ่งทฤษฎีพีทาโกรัสและหลักการลาดชันทางชลศาสตร์ได้ถูกนำมาเป็นสมการพื้นฐานสำหรับการคำนวณและแสดงผลในโปรแกรมภาษาอาร์ จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่บริเวณทางทิศใต้ของอำเภอบ้านนา และอำเภอเมือง จังหวัดนครนายก เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล เพื่อที่จะสูบน้ำจากบ่อน้ำบาดาลมาใช้อุปโภคบริโภคและการเกษตรกรรม อันเนื่องมาจากมีทิศทางการไหลและความลาดชันของน้ำบาดาลที่สูงกว่าของน้ำบาดาลไปยังพื้นที่บริเวณทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งพื้นที่ที่มีความลึกของปริมาณน้ำในบ่อน้ำบาดาลที่มีความลึกไม่มาก อยู่ในช่วง 0-50 ม. จะพบได้ในบริเวณพื้นที่อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก เป็นส่วนใหญ่

ผลการศึกษาครั้งนี้ยังได้ชี้ให้เห็นถึงการนำเทคโนโลยีมาใช้ เพื่อแสดงผลและวิเคราะห์ข้อมูลสามารถช่วยให้รู้ถึงพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล และยิ่งไปกว่านั้นเครื่องมือการศึกษาดังกล่าวนี้อาจสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ด้านการจัดการน้ำบาดาลได้อีกหลายด้าน เช่น การค้นหาพื้นที่ที่เหมาะสมของการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาล การวางแผนป้องกัน และบำบัดการปนเปื้อนของน้ำบาดาลที่ไหลผ่านพื้นที่ฝั่งกลบขยะและเหมืองแร่ เป็นต้น



เอกสารอ้างอิง

- จุฑาทิพย์ อ้อมกิ่ง. (2557). การปนเปื้อนสารมลพิษในน้ำบาดาลบริเวณเขตอุตสาหกรรมและสถานที่ฝังกลบมูลฝอยอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์หลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- ฉัตรชัย โชติษฐยางกูร และคณะ. (2562). รูปแบบการกักเก็บน้ำใต้ดินเพื่อบรรเทาภาวะแห้งแล้งในลุ่มน้ำมูลตอนบน (Groundwater harvesting patterns for mitigating drought in the upper Mun River Basin). รายงานการวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- Milan, C. and Lubomir, C. (2015). *Using R in Water Resources Education*. International Journal for Innovation Education and Research. ISSN 2411-2933, 3(10),97-117.
- Louise, J.S., Guillaume, T., Shaun, H., Olivier, D., Alexander, H., Abdou, K., Ilaria, P., Claudia, V., & Katie, S. (2019). *Using R in hydrology: a review of recent developments and future directions*. Hydrology and Earth System Sciences, 23, 2939-2963.
- Department of Nakhonnayok Province. (2018). *Nakhonnayok Province of Annual Report*. Ministry of Interior, Thailand. 2016.
- Department of Groundwater Resources. (2020). *Groundwater report*. Ministry of Natural Resources and Environment, Thailand. Retrieved May 5, 2020, from <http://www.dgr.go.th/th/home>
- Milovan, B., Randall, R. R., & Steven, D. A. (2014). *3PE: A tool for estimating groundwater flow vectors*. United States Environmental Protection Agency (EPA). EPA600/R-14/273.
- Wayne R. J. et al. (2014). A software tool for the spatiotemporal analysis and reporting of groundwater monitoring data. *Environmental Modelling & Software*, 55, pp. 242-249.
- Jones, W.R., Spence, M.J., & Bonte, M. (2015). *Analyzing Groundwater Quality Data and Contamination Plumes with GWSDAT*. Ground Water. 53(4), 513-514.