

การเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบคริกิงและแบบหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักในการศึกษาการกระจาย
ตัวของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีในน้ำใต้ดิน จังหวัดระยอง

Comparison between Kriging and Inverse Distance Weighted Estimation Methods to Study the
Distribution of Iron, Manganese and Zinc in Groundwater at Rayong Province

ชันทษา อรุณวิจิตร^{1*} และ ตุนลวิทย์ สถาปนจารุ²

Chansa Aroonvichit^{1*} and Tunlawit Satapanajaru²

^{1*} นักศึกษาปริญญาโทสาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

² อาจารย์ประจำหลักสูตรสาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

^{1*} Graduate student, Department of Environmental Technology and Management, Faculty of Environment,
Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

² Lecturer in Master of Science, Department of Environmental Technology and Management, Faculty of Environment,
Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

* Corresponding author, E-mail: Chansa-wan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาถึงความแม่นยำถูกต้องวิธีการประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) และวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted, IDW) ในการศึกษาการกระจายตัวของเหล็ก แมงกานีสและสังกะสีในน้ำใต้ดิน จังหวัดระยอง จากจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินทั้งหมด 29 จุดในอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง จ.ระยอง ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของเหล็กมีค่าอยู่ในช่วง 0-77.83 mg/l ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสอยู่ในช่วง 0-4.89 mg/l และค่าความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในช่วง 0-77.34 mg/l เมื่อทำการแปลผลระหว่างวิธีการประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) และวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted, IDW) พบว่า การกระจายตัวของเหล็กแมงกานีส และสังกะสีในน้ำใต้ดินจะอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกับอุตสาหกรรมทั้งสองวิธีการประมาณค่าโดยใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นของแมงกานีสและสังกะสีที่ได้จากการประมาณค่าด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และค่าที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนาม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยของค่าความเข้มข้นของเหล็ก พบว่า ค่าที่ได้จากการประมาณค่าด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์กับค่าที่ได้จากภาคสนาม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha=0.05$)

คำสำคัญ: ค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก คริกิง น้ำใต้ดิน

Abstract

The main objective of this study was to compare the accuracy between Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW) methods for the study of spatial distribution of Iron (Fe) Manganese (Mn) and Zinc (Zn) in groundwater at Rayong province. The twenty nine groundwater samples were collected at Nikhom Phatthana and Mueang Rayong district in Rayong province. The results found that the concentration of Fe was in the range of 0-77.83 mg / l, the concentration of Mn was in the range of 0-4.89 mg / l and the concentration of Zn was in the range 0-77.34 mg / l. The interpolation using different estimation methods, Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW), were performed by GIS. The results have shown that the distributions of Fe, Mn and Zn were near industrial areas in both estimation methods. The statistical analysis indicated that the concentrations of Mn and Zn estimated from Kriging and IDW were not significantly different ($\alpha= 0.05$) from actual values, while the concentrations of Fe were significantly different ($\alpha= 0.05$).

Keywords: Inverse Distance Weighted, Kriging, groundwater

1. บทนำ

จังหวัดระยองตั้งอยู่ภาคตะวันออกบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่เป็นแหล่งของนิคมอุตสาหกรรมและเขตอุตสาหกรรม ซึ่งโดยในปี พ.ศ. 2548 จังหวัดระยองมีมูลค่าผลิตภัณฑ์รวม (GPP ณ ปีฐาน พ.ศ. 2531) 223,972 ล้านบาท (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2551) โดยนิคมอุตสาหกรรมที่สำคัญ ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง เป็นที่ตั้งของอุตสาหกรรมต่อเนื่องทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ เช่น โรงแยกแก๊ส อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า อุตสาหกรรมปุ๋ย อุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมพลาสติก เป็นต้น ปัจจุบันมีการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยอย่างต่อเนื่องทำให้พื้นที่ดังกล่าวมีความต้องการใช้น้ำเพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมเป็นจำนวนมาก โดยแหล่งน้ำ

ที่สำคัญแหล่งหนึ่งของพื้นที่ที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้ คือ แหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งน้ำใต้ดินในเขตอุตสาหกรรมหนักเหล่านี้ย่อมมีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของสารมลพิษโดยเฉพาะอย่างยิ่งโลหะหนักที่อาจเกิดการปนเปื้อนลงสู่ น้ำใต้ดินได้โดยผ่านทางน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมส่งผลให้แหล่งน้ำบริเวณใกล้เคียงแหล่งอุตสาหกรรมดังกล่าวมีปริมาณโลหะหนักต่างๆ สูงกว่าปริมาณในแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆ ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงและทิศทางในการกระจายตัวของโลหะหนักที่ปนเปื้อนในน้ำใต้ดิน เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยและบริโภคน้ำใต้ดินในบริเวณดังกล่าว การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งในการศึกษาการแพร่กระจายตัวของโลหะหนักในน้ำใต้ดิน โดยวิธีการประมาณค่ามีด้วยกันหลายวิธี เช่น Thiessen Polygon, Density Estimation, Inverse Distance Weight (IDW), Thin-plate Splines (Regularized Spline หรือ Regularized

Spline with Tension), Kriging เป็นต้น (Aungsumalee , 2553) โดยแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียและความเหมาะสมต่อพื้นที่ที่แตกต่างกัน ซึ่งงานวิจัยนี้จะเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าแบบ Kriging และวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted, IDW) ในการศึกษาการกระจายตัวของเหล็ก แมงกานีสและสังกะสีในน้ำใต้ดิน บริเวณอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมือง จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีที่ตั้งอุตสาหกรรมสูง เพื่อให้การประมาณค่ามีความถูกต้อง แม่นยำ และเป็นที่ยอมรับกับทุกภาคส่วน

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำถูกต้องของวิธีการประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) และวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted, IDW) ในการศึกษาปนเปื้อนของเหล็ก แมงกานีสและสังกะสีในน้ำใต้ดิน

3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

3.1 ข้อมูลค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ได้

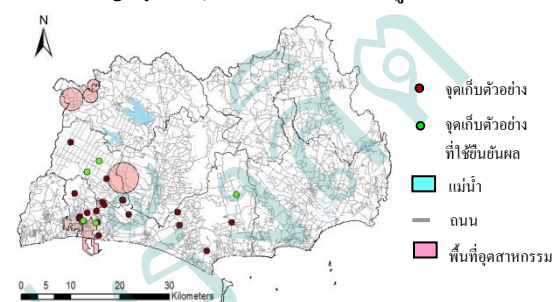
3.1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ โดยการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน บริเวณนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง โดยพิจารณาจากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการเจาะบ่ออยู่แล้วในพื้นที่

3.1.2 ข้อมูลทุติยภูมิจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่ทำการสำรวจคุณภาพน้ำใต้ดิน ในปี พ.ศ.2556

3.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างพิจารณาจากข้อมูลบ่อน้ำบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่มีการเจาะบ่ออยู่แล้วในพื้นที่จังหวัดระยอง เก็บตัวอย่างโดยใช้วิธีแบบสุ่มอย่างง่าย (simple random sampling) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (ArcGIS

version 10.2 license: ESU709605947) จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจำนวนทั้งหมด 29 จุด ตามเส้นทางการคมนาคม เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านเวลา เส้นทางและงบประมาณ และพิคัดทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่างถูกตรวจวัดด้วยเครื่องจีพีเอส (Global Positioning System, GPS) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างในอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง

เก็บตัวอย่างน้ำตามวิธีที่ระบุใน Response Engineering and Analytical Contract Standard Operating Groundwater Well Sampling (US EPA, 1988a) การเก็บตัวอย่างจะเก็บบริเวณที่ใกล้หัวสูบ และทำการสูบน้ำทิ้งก่อนทำการเก็บตัวอย่างในขวดพลาสติกโพลีเอทิลีน เดิมกรดไนตริกเข้มข้น 1:1 เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างให้น้อยกว่า 2 (สำหรับวิเคราะห์โลหะหนัก) และทำการเก็บรักษาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีสและสังกะสี โดยเครื่อง Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer (ICP-AES) รุ่น jobinYvon 2000 emission (JY2000)

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้มาทำการประมาณค่าการกระจายตัวของเหล็ก แมงกานีส และสังกะสีโดยเปรียบเทียบการประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีการ Kriging และวิธี IDW และทำการคำนวณค่าสถิติทั่วไป

โดยเปรียบเทียบระหว่างจุดอ้างอิงที่ได้มาจากการประมาณค่าทั้งสองวิธีและค่าที่ได้จากการวิเคราะห์จริง

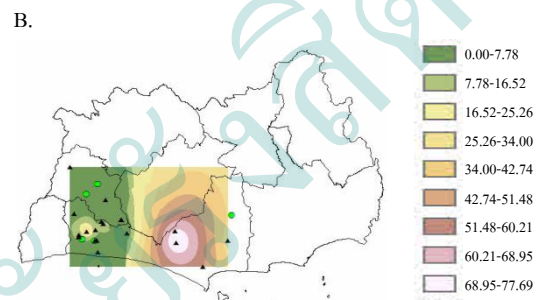
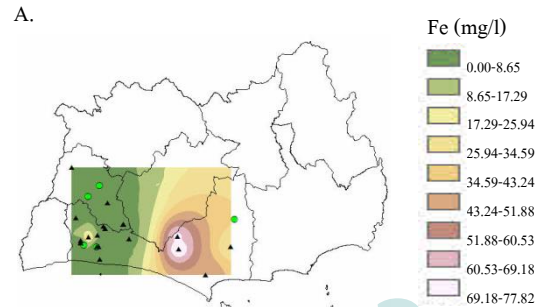
4. ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ตัวอย่างน้ำใต้ดินทั้งหมด 29 จุด พบว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กอยู่ในช่วง 0-77.83 mg/l ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสอยู่ในช่วง 0-4.90 mg/l และค่าความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ในช่วง 0-77.34 mg/l ดังในตารางที่ 1

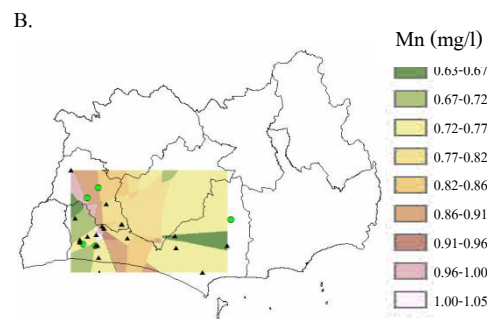
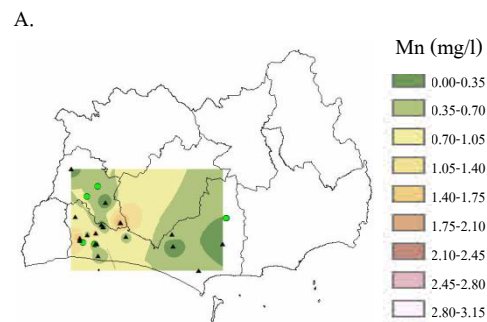
ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีสและสังกะสีในน้ำใต้ดิน พื้นที่อำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง

ค่าทางสถิติ	Fe	Mn	Zn
ค่า \bar{x}	16.76	0.88	4.20
SD	23.36	1.22	14.86
ค่าสูงสุด	77.83	4.90	77.34
ค่าต่ำสุด	0.00	0.00	0.00

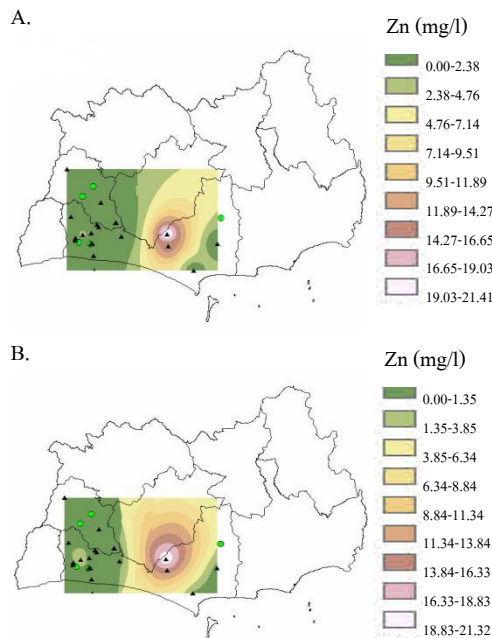
เมื่อทำการแปลผลโดยการประมาณค่าด้วยวิธี IDW และวิธี Kriging พบว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กมีค่าสูงในบริเวณ ต.บ้านแสง และ ต.นาตาขวัญ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีค่าอยู่ในช่วง 68.95 – 77.82 mg/l ดังแสดงในรูปที่ 2 ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสมีค่าสูงในบริเวณเทศบาลเมืองมาบตาพุด และตำบลห้วยโป่ง อำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง อยู่ในช่วง 1.00-3.15mg/l ดังแสดงในรูปที่ 3 และค่าความเข้มข้นของสังกะสีมีค่าสูงในบริเวณ ต.สำนักทอง อ.เมืองระยอง จ.ระยองอยู่ในช่วง 18.83-21.41 mg/l ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 แผนที่การกระจายตัวของเหล็กในน้ำใต้ดินด้วยวิธีประมาณค่าแบบวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighting, IDW) (รูป A.) และการประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) (รูป B.) ในอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง



รูปที่ 3 แผนที่การกระจายตัวของแมงกานีสในน้ำใต้ดินด้วยวิธีประมาณค่าแบบวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighting, IDW) (รูป A.) และ การประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) (รูป B.) ในอำเภอนิคมพัฒนาและอำเภอเมืองระยอง จังหวัดระยอง



รูปที่ 4 แผนที่การกระจายตัวของสังกะสีในน้ำใต้ดินห้วยมะขาม
ค่าแบบวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighting, IDW)
(รูป A.) และการประมาณค่าแบบครีกริง (Kriging) (รูป B.) ในอำเภอ
นิคมพัฒนาและอำเมืองระยอง จังหวัดระยอง

ทำการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการ
วิเคราะห์ทางสถิติโดยการสุ่มตัวอย่างจากการแปลผล
ทั้งวิธี Kriging และวิธี IDW จากจุดอ้างอิงผลการ
เปรียบเทียบค่าที่ได้จากภาคสนามกับค่าที่ได้มาจากรี
Kriging และวิธี IDW ได้แสดงดังในตารางที่ 2 พบว่า
ค่าเฉลี่ยของแมงกานีสและสังกะสีตัวแปรทั้ง 3 ค่าที่
ได้มาจากรี Kriging วิธี IDW และค่าที่ได้จากการ
ตรวจวัดในภาคสนาม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยของเหล็กที่ได้มาจากรี
Kriging และวิธี IDW ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อนำค่าที่ได้จากรี Kriging วิธี
IDW เทียบค่าที่ได้จากภาคสนาม พบว่า มีความแตกต่าง
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 ค่าความเข้มข้นของเหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และ
สังกะสี (Zn) จากการประมาณค่าแบบ Kriging และ IDW จากค่า
จริงที่ได้จากการวิเคราะห์

ค่าเฉลี่ย	Fe (mg/l) ^{1/}	Mn(mg/l) ^{1/OK}	Zn (mg/l) ^{1/OK}
Kriging	1.92±2.85 ^a	0.66±0.38 ^a	0.21±0.37 ^a
IDW	3.7±3.37 ^a	0.53±0.50 ^a	0.22±0.16 ^a
ค่าจริง	27.728±26.93 ^b	1.56±2.11 ^a	15.55±34.52 ^a

หมายเหตุ ^{1/}ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มี
ความหมายแตกต่างกันที่ความเชื่อมั่นเท่ากับ 95% (P<0.005) ทดสอบ
ความแตกต่างโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (k- related samples)

5. การอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 จะสังเกตว่า ค่าความเข้มข้น
ของเหล็กและสังกะสี ก่อนข้างแปรผันมาก เมื่อ
เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานปริมาณโลหะหนักในน้ำใต้
ดิน พบว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กเฉลี่ย มีค่าเกินกว่า
มาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.05 mg/l) และค่าความ
เข้มข้นของสังกะสีเฉลี่ย มีค่าเกินกว่ามาตรฐานกำหนด
(ไม่เกิน 5.00 mg/l) และค่าความเข้มข้นของแมงกานีส
เฉลี่ยมีค่าเกินตามที่มาตรฐานกำหนด (ไม่เกิน 0.05
mg/l) (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม, 2543) ซึ่งจาก
การศึกษาของสำนักงานจัดการคุณภาพน้ำที่ศึกษาใน
พื้นที่จังหวัดระยอง พบว่า ค่าความเข้มข้นของเหล็กมี
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.66 mg/l สำหรับค่าความเข้มข้นของ
แมงกานีส มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.5 mg/l และค่าความเข้มข้น
ของสังกะสี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.50 mg/l (กรมควบคุม
มลพิษ, 2553) เมื่อทำการวิเคราะห์การกระจายตัวเชิง
พื้นที่ด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ พบว่า ค่า
ความเข้มข้นของเหล็กมีค่าสูงในบริเวณ ต.บ้านแลง
และ ต.นาตาขวัญ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีค่าอยู่
ในช่วง 68.95–77.82 mg/l เนื่องจากบริเวณนี้เป็นพื้นที่
ต่ำ และอยู่ใกล้บริเวณทางน้ำ (กรมทรัพยากรธรณี,
2542ข) ค่าความเข้มข้นของแมงกานีสมีค่าสูงในบริเวณ

เทศบาลเมืองมาบตาพุด และ ต.ห้วยโป่ง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีค่าอยู่ในช่วง 1.00-3.15 mg/l เนื่องจากบริเวณนี้เป็นพื้นที่ต่ำและอยู่ใกล้กับนิคมอุตสาหกรรม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545) และค่าความเข้มข้นของสังกะสีมีค่าสูงในบริเวณ ต.สำนักทอง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง มีค่าอยู่ในช่วง 18.83-21.41 mg/l เนื่องจากในบริเวณนี้เป็นพื้นที่ต่ำ และอยู่ใกล้บริเวณทางน้ำ (กรมทรัพยากรธรณี, 2542ข)

เมื่อทดสอบความถูกต้องของความเข้มข้นของ เหล็ก แมงกานีส และ สังกะสี ที่ได้จากการประมาณค่าด้วยวิธี Kriging และ IDW กับค่าที่วิเคราะห์ได้จริงในภาคสนาม พบว่า ค่าความเข้มข้นของแมงกานีส และ สังกะสี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $\alpha = 0.05$ สำหรับ Mn มีค่า r^2 ระหว่างค่าจริงและค่าที่ประเมินได้จาก Kriging เท่ากับ 0.052 และค่าจริงกับ IDW เท่ากับ 0.355 และ Zn มีค่า r^2 ระหว่างค่าจริงและค่าที่ประเมินได้จาก Kriging เท่ากับ 0.054 และค่าจริงกับ IDW เท่ากับ 0.150 สำหรับ เหล็ก พบว่าค่าความเข้มข้นที่ประมาณได้จากวิธีการ Kriging และ IDW ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ประมาณได้จาก 2 วิธีการข้างต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($\alpha = 0.05$) โดยเหล็ก มีค่า r^2 ระหว่างค่าจริงและค่าที่ประเมินได้จาก Kriging เท่ากับ 0.039 และค่าจริงกับ IDW เท่ากับ 0.001 ซึ่งอาจเป็นเพราะค่าความเข้มข้นของเหล็กในน้ำใต้ดินจังหวัดระยองมีความแปรปรวนสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง $27.728 \pm 26.93 \text{ mg/l}$ อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของทั้ง 3 ธาตุที่ประเมินได้จาก Kriging และ IDW พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง 2 วิธีการ ($\alpha = 0.05$) Gong et al., (2014) มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างวิธีการ Kriging และ IDW ในการศึกษาหน้าใต้ดินที่มีการปนเปื้อน arsenic ใน

รัฐเท็กซัส ซึ่งระหว่าง 2 วิธีการ พบว่า วิธีการ IDW ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า r^2 เท่ากับ 0.6140 ซึ่งมีค่าสูงกว่าวิธีการอื่น

6. บทสรุป

จากการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินทั้งหมด 29 จุด พบว่าค่าความเข้มข้นของเหล็กมีการกระจายตัว บริเวณ ต.บ้านแลง และ ต.นาตาขวัญ อ.เมืองระยอง จ.ระยอง ในส่วนค่าความเข้มข้นของแมงกานีสส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในบริเวณเทศบาลเมืองมาบตาพุด และ ต.ห้วยโป่ง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง และค่าความเข้มข้นของสังกะสีส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในบริเวณ ต.สำนักทอง อ.เมืองระยอง จ.ระยอง เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง พบว่า แมงกานีสและสังกะสี สามารถใช้วิธีการประมาณค่าแบบคริกิง (Kriging) และวิธีค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (Inverse Distance Weighted, IDW) ได้

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยี และการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

8. เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ.(2553). รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำและการดำเนินการแก้ไขปัญหาหมอกพิษทางน้ำในเขตควบคุมมลพิษจังหวัดระยอง ประจำปี 2553.
- กรมทรัพยากรธรณี. (2542ข).แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2551).รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประเมินศักยภาพด้านคุณภาพน้ำ

บาดาล วางระบบติดตามการปนเปื้อน และ
วางแผนรายละเอียดการฟื้นฟูทรัพยากรน้ำ
บาดาลในพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัด
ชลบุรี.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2545).ฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์
ที่ดินสารสนเทศภูมิศาสตร์.ไฟล์ข้อมูล.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม
แห่งชาติ. (2551). ผลิตภัณฑ์ภาคและจังหวัด
พ.ศ. 2551.

Aungsumalee Anakboon. (2553). การประมาณค่าเชิง
พื้นที่. (ออนไลน์).สืบค้นจาก:

<http://aungsumalee.blogspot.com/>

(15 พฤศจิกายน 2553)

Gordon Gong, Sravan, Sid E. O' Bryant. (2013).

Comparison of the accuracy of kriging and
IDW interpolations in estimating

groundwater arsenic concentration in Texas.

EnvironmentalResearch.130 (2014), 59-69.