การหาปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่โดยวิธี KRIGING

ดร.ประกอบ วิโรจนกูฏ
รองศาสตราจารย์
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บัณฑิต พรหมนพวงศ์
วิศวกรที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

การหาปริมาณของฝนและลักษณะการกระจายบนพื้นที่รับน้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการศึกษาวิเคราะห์ด้านอุทกวิทยา วิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปได้แก่ วิธีหาค่าเฉลี่ยทางเลขคณิต วิธีของ Thiessen วิธีลากเส้นระดับน้ำฝน และวิธี Reciprocal-distance-squared แต่ก็ไม่มีวิธีใดที่สามารถจำลองโครงสร้างความสัมพันธ์ที่แท้จริงของปริมาณฝนในทิศทางต่างๆ

เทคนิคที่ใช้หาปริมาณฝนบนพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลที่จุดข้างเคียงที่เรียกว่า *"Kriging"* เป็นวิธีการทางธรณีสถิติในการจำลองระบบของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีตัวแปรทั่วพื้นที่เป็นแบบสุ่ม โดยมีสมมุติฐานสำหรับค่าทางสถิติของตัวแปรเป็นไปตามที่กำหนดโดย Matheron [1] โครงสร้างของความสัมพันธ์ตามพื้นที่ของปริมาณฝนที่จุดต่างๆ ในพื้นที่หนึ่งหา ได้โดยอาศัยแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ของวิธีคริจจิ้ง จากการศึกษากรณีตัวอย่างของพื้นที่หนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลน้ำฝนที่บันทึกไว้ในช่วงปี 1968 ถึง 1982 พบว่าระยะทางเฉลี่ยของความสัมพันธ์ของฝนรายปีที่จุดต่างๆ มีค่า 40 กิโลเมตร วิธีคริจจิ้งให้ค่า ปริมาณฝนรายปีบนพื้นที่ทดลองที่ถูกต้องกว่าวิธีหาค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตและวิธีของ Thiessen โดยให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 117 มม. จากค่าที่วัดได้ซึ่งมีค่า เฉลี่ย 1,103 มม. นอกจากนี้วิธีคริจจิ้งยังให้เส้นระดับปริมาณน้ำฝนที่ดีกว่ากล่าวคือ ในบริเวณที่มีจุดข้อมูลเป็นกระจุก เส้นระดับปริมาณฝนมีความราบเรียบขึ้น เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่อาจจะเกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งน้อยลง ในขณะเดียวกันค่าที่คำนวณโดยวิธีคริจจิ้งที่จุดต่างๆในบริเวณที่ไม่มีข้อมูลทำให้สามารถวาดเส้นระดับปริมาณฝนได้ดีขึ้น

Spatial Rainfall Estimation by Kriging Technique

Dr.Prakob Wirojanagud
Associate Professor
Dean of Faculty of Engineering
Khon Kaen University

Bundit Phomnopwong
Consulting Engineer

Abstract

Accurate estimation of rainfall depths and spatial distribution pattern over an area are necessary in hydrologic studies for different purposes. Many methods have been proposed and widely used such as the arithmatic mean, Theissen, Isohyetal, and reciprocal-distance-squared methods. But none of them can duplicates the actual spatial correlation structure of the rainfall phenomena.

A geostatistical technique called kriging was applied in this study for the estimation of rainfall depth over an area using available rainfall data at surrounding locations. A system of regionalized variables of random process was modelled with the assumption of nonstationarity which is also known as the intrinsic hypothesis as defined by Matheron [1]. Spatial correlation structure of the annual rainfall in an area of Northeast Thailand was studied using recorded data from 1968 to 1982. The average range of spatial correlation of the annual rainfall is 40 km. Kriging technique gives better estimates of annual rainfall over a tested area than any other methods with the minimum average deviation of 117 mm from the observed values having an average of 1,103 mm. Kriging technique provides also better contouring of spatial rainfall pattern such that it smooths out the contours in the zone with dense data points and makes contouring possible in the zone where data points are scattering.

การหาปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่

ฝนถือได้ว่าเป็นจุดเริ่มต้นหรือสิ่งที่ใส่เข้าไปในระบบการหมุนเวียนของน้ำตามกระบวนการทางอุทกวิทยาของลุ่มน้ำ การหาปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งจึงมีความสำคัญยิ่งในงานวางแผนและพัฒนาทรัพยากรน้ำ การประมาณค่าน้ำฝนที่สูงเกินความเป็นจริงจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการพัฒนามากเกินความจำเป็น ในขณะที่การประมาณค่าต่ำเกินความเป็นจริงอาจจะเกิดความเสียหายต่อแหล่งน้ำ

ปัญหาของการคำนวณหาปริมาณน้ำฝนที่ตกลงบนพื้นที่อยู่ที่ความสลับซับซ้อนของปัจจัยที่ทำให้เกิดฝนและการกระจายของสถานีวัดน้ำฝนมีไม่เพียงพอ วิธีหาปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยบนพื้นที่ซึ่งนิยมใช้กันทั่วไป เช่น การหาค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตจากค่าที่วัดได้ที่จุดต่างๆ ในพื้นที่นั้นและวิธีของ Thiessen ไม่ได้พิจารณาและใช้ประโยชน์จากโครงสร้างความสัมพันธ์ของค่าปริมาณฝนที่จุดหนึ่งกับค่าที่จุดใกล้เคียง ถึงแม้ว่าปรากฏการณ์ของการเกิดฝนจะขึ้นอยู่กับกระบวนการธรรมชาติที่สลับซับซ้อน แต่ก็เชื่อว่าน่าจะมีรูปแบบของความสัมพันธ์ของปริมาณฝนที่จุดต่างๆ ที่แน่นอน ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในการหาปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่ นอกจากนี้วิธีการหาลักษณะของการกระจายของปริมาณน้ำฝนโดยการลากเส้นแสดงระดับน้ำฝนที่เท่ากันจากค่าที่วัดที่จุดต่างๆ (Isohyetal method) ก็มักจะให้ผลไม่แน่นอนโดยเฉพาะในบริเวณที่มีจุดข้อมูลน้อย และเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่ายหากมีข้อมูลบางจุดที่ผิดพลาด

ด้วยเหตุนี้ จึงน่าจะศึกษาหาโครงสร้างของความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนที่จุดต่างๆ เพื่อให้รู้ว่าค่าปริมาณน้ำฝนที่จุดใดจุดหนึ่งมีความสัมพันธ์อย่างไร และมากน้อยเพียงไรกับค่าปริมาณน้ำฝนที่จุดข้างเคียงที่อยู่รอบๆ จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะสามารถนำมาใช้ ประโยชน์ในการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่ไม่มีข้อมูลการวัดได้ละเอียดแม่นยำเพียงใด

วิธี Kriging

ความเป็นมา

นอกเหนือจากวิธีการหาปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่จากข้อมูลที่วัดได้ที่จุดต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วก็ยังมีวิธีการอื่นๆ ที่ใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่สลับซับซ้อนโดยการใช้สมการพื้นผิวแบบต่างๆ ในการอธิบายลักษณะการกระจายของปริมาณน้ำฝนบนพื้นที่ เช่น สมการโพลีโนเมียล (Polynomial surfaces) สมการยกกำลังสองและสาม (Quadratic and cubic surfaces) และสมการ Double Fourier [2],[3].

ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธี Kriging ซึ่งริเริ่มโดย D.G.Krige วิศวกรเหมืองแร่ในอัฟริกาใต้ เพื่อหาทางที่จะทำนายปริมาณแร่ทองให้แม่นยำขึ้น โดยมี G.Matheron จาก Paris School of Mines เป็นผู้กำหนดหลักเกณฑ์ทางคณิตศาสตร์ Doctor[4] ได้ให้นิยามวิธี Kriging ว่าเป็นเทคนิคของการประมาณค่าตัวแปรตามมิติระยะทางโดยอาศัยโครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสถิติของค่าตัวแปรที่ได้จากข้อมูล ค่าตัวแปรที่ต้องการคาดคะเนโดยวิธี Kriging มักจะเป็นปรากฏการณ์ทางธรณีวิทยา อย่างไรก็ตามวิธี Kriging ก็น่าจะ

ใช้ได้ดีกับปรากฏการณ์หรือ กระบวนการทางอุทกวิทยาหลายอย่าง เช่น ระดับน้ำใต้ดิน ความซึมผ่านได้ของชั้นน้ำใต้ดิน หรือปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

Delhomme[5] ประยุกต์ใช้วิธี Kriging ในการศึกษาหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของความซึมผ่านได้ของชั้นให้น้ำใต้ดินและผลที่มีต่อการทำนายค่าเฮดของการไหล ผลการศึกษาพบว่าวิธีการ Kriging ทำให้เราทราบถึงความไม่แน่นอนของค่าความซึมผ่านได้ที่เกิดจากจุดข้อมูลที่มีอยู่น้อย และลักษณะการเปลี่ยนแปลงตามมิติทิศทางของความซึมผ่านได้ Gambolati และ Volpi[6],[7] ดัดแปลงวิธี Kriging เพื่อใช้ในการทำแผนที่แสดงระดับของค่าเฮด และความซึมผ่านได้ของชั้นน้ำใต้ดินบริเวณเมือง Venice และได้สรุปว่าวิธีการ Kriging เป็นเครื่องมือที่สะดวกและน่าเชื่อถือสำหรับการทำแผนที่แสดงค่าตัวแปรที่มีความเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่จากข้อมูลที่มีจำนวนเล็กน้อยและไม่สมบูรณ์ แต่ความถูกต้องแม่นยำก็จะขึ้นอยู่กับปริมาณและคุณภาพของข้อมูลบันทึกที่มีอยู่ Virdee และ Gottegoda[8] ทบทวนสภาวะปัจจุบันของการปรับใช้วิธี Kriging ในงานด้านอุทกวิทยาของน้ำใต้ดินพร้อมกับศึกษา การหาค่าความซึมผ่านได้ของชั้นให้น้ำใต้ดินที่จุดหนึ่งจากค่าข้างเคียง ซึ่งพบว่าให้ค่าแตกต่างจากวิธีอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่โดยทั่วไปและได้เสนอแนะว่าวิธี Kriging เหมาะที่จะนำมาใช้ในการกำหนดค่าความซึมผ่านได้ที่จุดต่างๆ ควบคู่กับการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical model) ในการประมาณค่าโดยการแก้ปัญหาย้อนกลับ (Inverse model)

ในส่วนของการประยุกต์ใช้กับข้อมูลน้ำฝนนั้น Creutin และ Obled[9] ได้ศึกษา เปรียบเทียบวิธีการทำแผนที่น้ำฝน 6 วิธี และสรุปว่าวิธีที่ใช้เทคนิคสลับซับซ้อน เช่น วิธี Kriging หรือวิธี Spline-surface fitting สามารถประมาณค่าน้ำฝนได้ดีกว่าวิธีการอย่างง่าย เช่น วิธีการเฉลี่ยทางเลขคณิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่อย่างมากและเห็นได้ชัด

หลักการสำคัญของวิธี Kriging

วิธีการ Kriging เป็นการสร้างแบบจำลองของตัวแปรที่มีค่าเปลี่ยนแปลงและสัมพันธ์กันตามแนวทิศทางบนพื้นที่ใดๆ (Regionalized variable) ตัวแปรที่เรียกว่าเป็น Regionalized variable ดังกล่าวนี้ได้แก่ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ เช่น ระดับน้ำใต้ดิน ระดับผิวดิน ความหนาของชั้นดินหรือหินทางธรณีวิทยา ปริมาณความลึกของน้ำฝน เป็นต้น วิธี Kriging มีขั้นตอนสำคัญ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการหาลักษณะหรือสร้างแบบจำลองที่อธิบายการเปลี่ยนแปลง และความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรในแนวทิศทางต่างๆ ซึ่งเรียกว่าเป็นการหา Variogram (Variogram modelling) ขั้นตอนที่สองเป็นการประมาณหาค่าตัวแปร ณ จุดใดจุดหนึ่งหรือบนพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง (Kriged estimation) โดยอาศัยข้อมูลรอบข้างและลักษณะของ Variogram ที่ได้จากการศึกษาในขั้นตอนแรก

ถ้าให้ Z(x) เป็นฟังก์ชันที่กำหนดค่าของตัวแปรที่จุด x ในมิติทิศทางทั้งสาม ซึ่งเรียก ได้ว่าเป็น Regionalized variable ได้ก็ต่อเมื่อฟังก์ชัน Z(x) สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของส่วนประกอบสองส่วนดังนี้

$$Z(x) = u(x) + n(x) \quad (1)$$

โดยที่ u(x) และ n(x) เรียกว่า Drift และ Noise ตามลำดับ

ในวิธี Kriging นั้น u(x) จะมีโครงสร้างของความสัมพันธ์ของค่าที่จุดต่างๆที่แน่นอน กล่าวคือ ค่าของ $u(x_1)$ และ $u(x_2)$ ที่จุดสองจุดคือจุด x_1 และ x_2 จะมีความสัมพันธ์กันใน ลักษณะที่อธิบายได้ในรูปของฟังก์ชันของระยะทางระหว่างจุดทั้งสอง สำหรับ n(x) ซึ่งเรียกว่าเป็นสิ่งรบกวนนั้นจะไม่มีโครงสร้างของการกำหนดค่าที่แน่นอน จะเกิดขึ้นเองโดยความไม่แน่นอน

ถ้าให้ $Z(x_1)$, $Z(x_2)$,.....ถึง $Z(x_n)$ เป็นค่าของตัวแปรที่ได้จากการบันทึกหรือสังเกต ณ x_1, x_2.....ถึง x_n วิธีการ Kriging จะประมาณค่า $Z(x_0)$ ซึ่งเป็นค่าตัวแปรที่จุด x_0 โดยคำนวณจากผลรวมของค่าตัวแปรที่วัด ณ จุดต่างๆ ภายในบริเวณที่มีอิทธิพลความ สัมพันธ์กันโดยมีค่าน้ำหนักขึ้นอยู่กับโครงสร้างความสัมพันธ์ของตัวแปรและระยะห่างจากจุด x_0 ดังนี้

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x_i) \quad (2)$$

โดยที่

$Z^*(x_0)$ คือค่าที่ประมาณโดยวิธี Kriging

λ เป็นค่าน้ำหนักที่จุดต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรตามแนวระยะห่างระหว่างจุดทั้งสอง

ลักษณะของความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรตามแนวระยะห่างสามารถอธิบายได้โดย Variogram รูปแบบของ Variogram ซึ่งแสดงความคล้ายคลึงกันของค่าตัวแปรระหว่างจุด 2 จุด ที่อยู่ห่างกันออกไปสามารถวิเคราะห์หาได้จากค่าตัวแปรที่ได้จากการวัด ณ จุดต่างๆ โดยการกำหนดค่าฟังก์ชั่นหนึ่งขึ้นมาซึ่งเป็นค่าความแตกต่างเฉลี่ยของค่าตัวแปรที่จุด 2 จุดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะทาง h ดังนี้

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x+h) - Z(x)]^2 \quad (3)$$

โดยที่

$\gamma(h)$ คือ ค่าฟังก์ชันของ Variogram ซึ่งเป็น Vector function

h คือ ระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด

E[ ] คือ ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (Mathematical expectation)

สมการที่ 3 สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของการประมาณในการคำนวณดังนี้

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^{n} [Z(x_j + h) - Z(x_j)]^2 \qquad (4)$$

เมื่อนำค่า $\gamma(h)$ มาพล็อตกับระยะห่างระหว่างจุด 2 จุด แล้วลากเส้นโค้งให้เข้ากับจุดเหล่านั้นก็จะได้เป็น Variogram หากตัวแปรที่จุดๆ หนึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าตัวแปรที่อยู่ใกล้ แล้วมีค่าแตกต่างกันมากขึ้นกับค่าที่จุดห่างออกไป Variogram ก็จะมีลักษณะที่ $\gamma(h)$ มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อระยะห่างระหว่างจุดทั้ง 2 เพิ่มขึ้นจนถึงจุดหนึ่งที่ค่า $\gamma(h)$ จะเข้าสู่ค่าคงที่ ซึ่งหมายความว่าจุดที่อยู่ห่างออกไปจะมีค่าตัวแปรที่แตกต่างไปมากและไม่มีความสัมพันธ์กับค่าตัวแปรที่จุดที่กำลังพิจารณา ระยะห่างจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่ค่า $\gamma(h)$ เริ่มมีค่าคงที่เรียกว่า ***Range*** ซึ่งหมายถึงรัศมีที่ค่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กัน ส่วนค่า $\gamma(h)$ ที่เข้าสู่ค่าคงที่เรียกว่า ***sill*** ซึ่งก็คือ Variance ของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหา Variogram

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิธี Kriging

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ของวิธี Kriging ที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนในการ ศึกษานี้พัฒนามาจากโปรแกรมของ Knudsen and Kim[1] ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนคือ โปรแกรม MGAMM ที่ใช้ในการคำนวณหา Variogram จากค่าที่วัด ณ จุดต่างๆ และโปรแกรม MKRIG ซึ่งใช้คำนวณหาค่าตัวแปร ณ จุดหรือบนพื้นที่ที่ต้องการทราบจากค่าที่วัด ณ จุดใกล้เคียงโดยอาศัยคุณสมบัติของ Variogram ที่หาได้ในขั้นตอนแรก

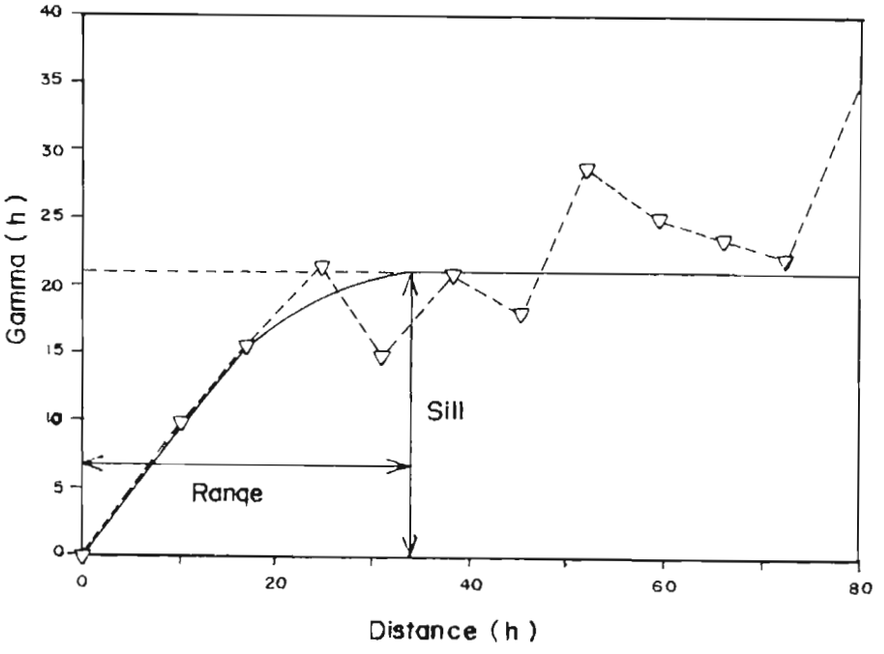
โปรแกรม MGAMM สามารถคำนวณหา Variogram จากจุดข้อมูลตามแนวทิศทางและมุมของการกระจายตามแนวทิศทางที่กำหนด เนื่องจากว่าค่าตัวแปรอาจจะมีลักษณะความสัมพันธ์ในแต่ละทิศทางไม่เหมือนกัน ปกติแล้วจุดวัดข้อมูล เช่น หลุมเจาะสำรวจ หรือสถานีวัดน้ำฝนมักจะไม่อยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันและมักจะมีระยะห่างกันที่ไม่แน่นอนด้วยเหตุนี้การคำนวณหา Variogram ในสภาพความเป็นจริงจึงต้องกำหนดระยะห่างของจุดข้อมูลเป็นช่วงๆ โดยใช้ระยะห่างจากจุดที่พิจารณาไปยังจุดกึ่งกลางของช่วงเป็นค่าระยะห่างเฉลี่ย การหา Variogram ที่ดีที่สุดทำได้โดยวิธีลองผิดลองถูกในการกำหนดช่วงระยะห่างและมุมของการกระจายออกจากทิศทางที่กำหนดซึ่งจะเห็นว่าจะต้องคำนวณซ้ำแล้วซ้ำอีกเป็น จำนวนหลายๆ ครั้งเพื่อที่จะใช้ประโยชน์จาก Variogram ที่คำนวณได้จากข้อมูล ขั้นตอนต่อไปคือการกำหนด Variogram ทางทฤษฎีให้เข้ากันและสามารถใช้แทนกันได้ดีที่สุดกับ Variogram จากข้อมูลโดยการเลือกฟังก์ชันที่เหมาะสม

$$\gamma(h) = C[1.5(h / a) - 0.5(h / a)^3] \quad \text{สำหรับ } h<a$$
$$\gamma(h) = C \quad \text{สำหรับ } h \geq a \qquad (5)$$

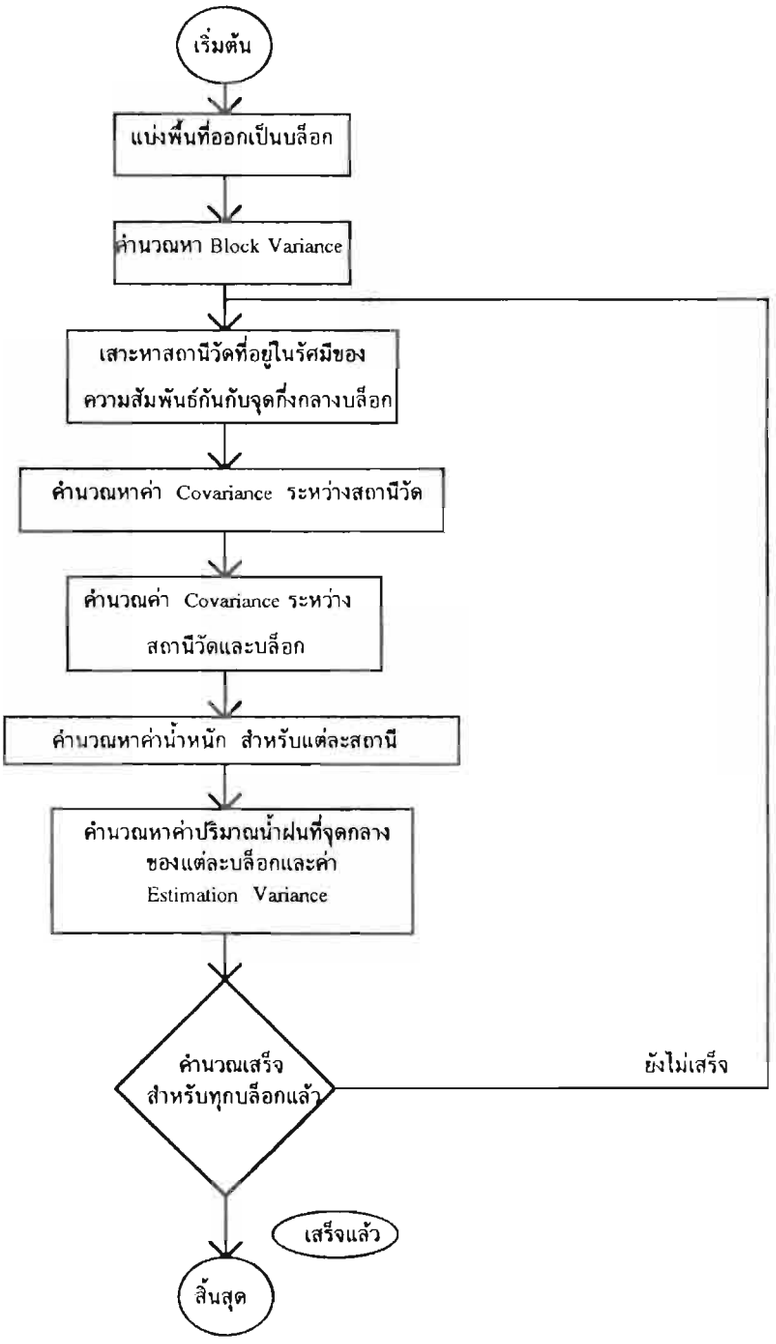
โดยที่ a คือ Range และ C คือ Sill

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างของ Variogram ที่คำนวณได้จากข้อมูลและแบบจำลองของ Variogram แบบ Spherical ที่ใช้แทนของจริง

โปรแกรม MKRIG คำนวณหาค่าตัวแปรเฉลี่ยบนพื้นที่สี่เหลี่ยมจากค่าตัวแปรที่วัดได้ ณ จุดต่างๆ รอบๆ พื้นที่ดังกล่าวภายในรัศมีที่มีอิทธิพลความสัมพันธ์ต่อกัน โดยมีขั้นตอนดังแสดงเป็นแผนภูมิในรูปที่ 2 ขั้นตอนแรกเป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมย่อย (Block) แล้วหาค่า Variance ของค่าตัวแปรภายในบล็อก (Block variance) ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการ คำนวณขั้นต่อไปจากนั้นเป็นขั้นตอนของการคำนวณหาค่าน้ำหนัก ซึ่งเป็นตัวคูณสำหรับสถานีที่อยู่รอบๆจุดศูนย์กลางของบล็อกในการคำนวณหาค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในแต่ละบล็อกพร้อมทั้งคำนวณหา Variance ของค่าประมาณการ (Estimation variance) จนครบทุกๆบล็อก ซึ่งผลที่ได้ในที่สุดคือ ค่าประมาณการของปริมาณน้ำฝนที่จุดศูนย์กลางของแต่ละบล็อกและ Variance ของค่าประมาณการ



รูปที่ 1 ตัวอย่าง Variogram จากข้อมูลและ Spherical Variogramที่ใช้เป็นแบบจำลอง



รูปที่ 2 สรุปขั้นตอนการคำนวณตามวิธีคริงจิ้ง

การทดลองใช้วิธีคริจจิ้งกับข้อมูลน้ำฝน

การทดลองใช้วิธีคริจจิ้งกับข้อมูลน้ำฝนมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาว่าวิธีคริจจิ้งจะสามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าน้ำฝนที่จุด ซึ่งไม่มีข้อมูลการวัดโดยอาศัยข้อมูลจากสถานีข้างเคียงได้ดีเพียงใด และจะสามารถนำมาใช้ในการทำแผนที่แสดงระดับของค่าน้ำฝนได้ดีเพียงใด เพื่อเทียบกับวิธีการทำคอนทัวร์โดยทั่วไป

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นข้อมูลฝนรายวันจากสถานีในบริเวณพื้นที่จังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น จำนวน 34 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3 จากข้อมูลรายวันที่แต่ละสถานีซึ่งบันทึกไว้เป็นระยะเวลา 15 ปี จากปี 1968 ถึง 1982 เราสามารถคำนวณหาฝนทั้งปีที่แต่ละสถานีเป็นระยะเวลา 15 ปี เพื่อใช้ในการศึกษาความถูกต้องเหมาะสมของวิธีคริจจิ้งในการประมาณหาปริมาณฝนทั้งปี ณ จุดที่ไม่มีการวัดข้อมูล และการทำคอนทัวร์ของปริมาณฝนทั้งปีจากค่าที่คำนวณได้ ณ จุดต่างๆ ตามวิธีคริจจิ้ง

ค่าปริมาณฝนทั้งปีที่คำนวณจากวิธีคริจจิ้ง

รูปที่ 3 แสดงให้เห็นจุดที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 34 สถานีที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ สถานีวัดน้ำฝน 7 สถานีที่อยู่ในกรอบสี่เหลี่ยมระบายเข้มเป็นสถานีที่ไม่ได้นำข้อมูลมาใช้ในการหาค่าปริมาณฝนทั้งปี ณ จุดกึ่งกลางของพื้นที่ย่อยทั้งนี้เนื่องจากต้องการเก็บข้อมูลดิบที่สถานีทั้ง 7 ดังกล่าวไว้เป็นค่าปริมาณน้ำฝนจริงเพื่อเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณโดยวิธีคริจจิ้ง

โครงสร้างความสัมพันธ์เชิงสถิติของข้อมูลฝนทั้งปี

ข้อมูลปริมาณฝนทั้งปีจากปี 1968 ถึงปี 1982 ที่ 27 สถานี ซึ่งอยู่นอกพื้นที่สี่เหลี่ยม ได้นำมาใช้ในการศึกษาหาโครงสร้างความสัมพันธ์ในรูปของ Variogram ผลที่ได้ปรากฏว่า ลักษณะของ Variogram มีค่า Range อยู่ระหว่าง 17,500 ถึง 63,000 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 40 กิโลเมตร และมีค่า Sill โดยเฉลี่ยประมาณ 49,950 มม.^{2} หรือมีค่าความแตกต่างของปริมาณฝนทั้งปีที่วัดได้ในพื้นที่ดังกล่าวประมาณ 224 มม

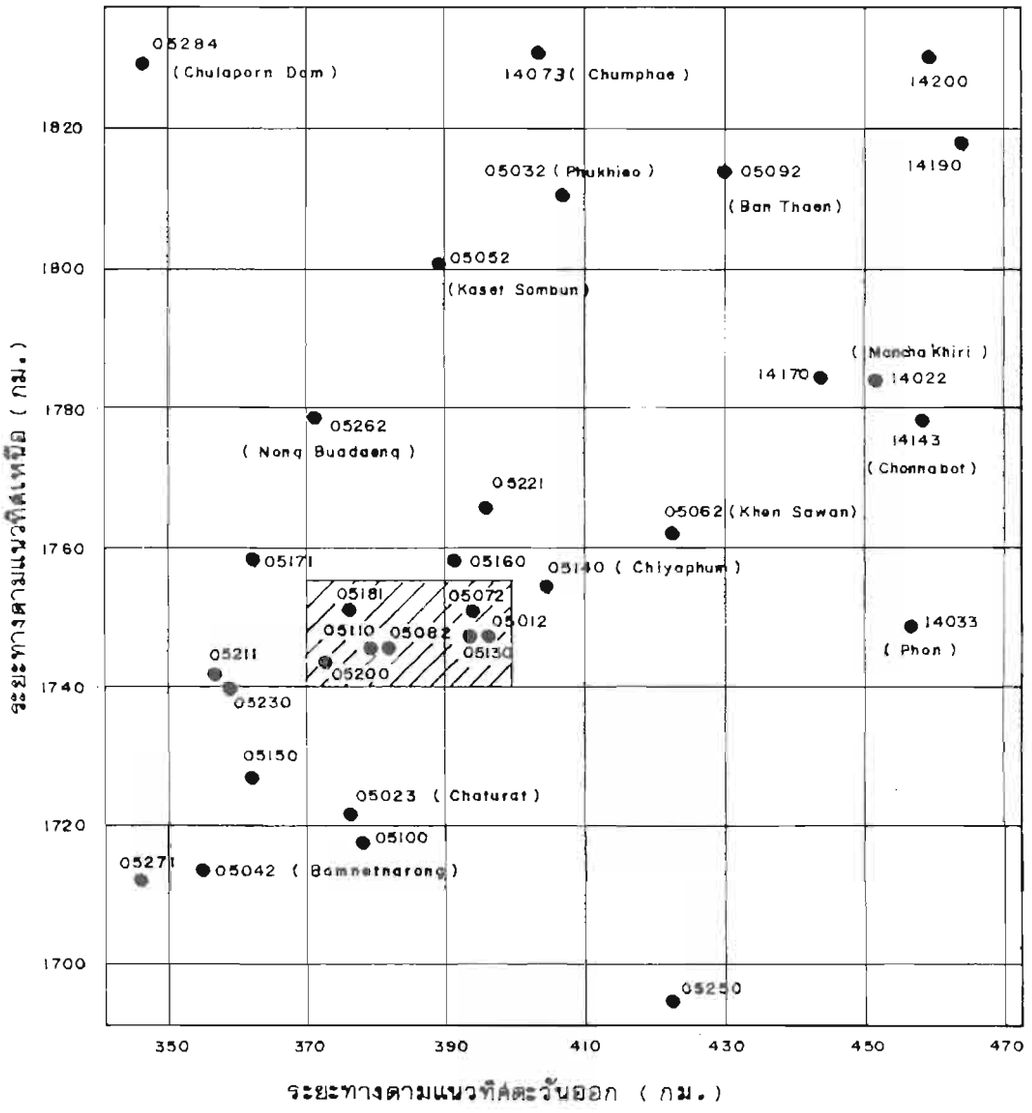
การหาค่าปริมาณฝนทั้งปีโดยวิธีคริจจิ้ง

การหาค่าปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่สี่เหลี่ยมในรูปที่ 3 โดยวิธีคริจจิ้ง ทำได้โดยการแบ่งพื้นที่สี่เหลี่ยมออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเล็กๆ จำนวน 18 พื้นที่ย่อยแล้วคำนวณหาค่าปริมาณฝนที่จุดกึ่งกลางของพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสย่อยโดยใช้โปรแกรม MKRIG ปริมาณฝนเฉลี่ยในพื้นที่สี่เหลี่ยมคำนวณได้โดยหาค่าเฉลี่ยของค่าที่คำนวณได้สำหรับพื้นที่ย่อย 18 พื้นที่

สำหรับปริมาณฝนจริงหรือที่วัดได้ในพื้นที่สี่เหลี่ยมหาได้จากค่าเฉลี่ยจากสถานีวัดน้ำฝน 7 สถานี ที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมนั้น ซึ่งแยกออกมาเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจากวิธีคริจจิ้ง และวิธีอื่นๆ

ผลการเปรียบเทียบค่าปริมาณฝนทั้งปีโดยวิธีต่างๆ

ค่าปริมาณฝนทั้งปีในพื้นที่ทดสอบดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากวิธีเฉลี่ยทางเลขคณิต (Arithmetic mean) และวิธีของ Theissen โดยอาศัยข้อมูลที่อยู่ล้อมรอบพื้นที่ทดสอบ ตารางที่ 1 แสดงผลที่ได้จากวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าปริมาณฝนจริงที่ได้จากการวัด ระหว่างปี 1968 ถึงปี 1982 ซึ่งจะเห็นว่าวิธีคริจจิ้งนั้นนอกจากจะทำให้ทราบโครงสร้างของความสัมพันธ์ของปริมาณฝนที่จุดต่างๆ ห่างออกไปแล้ว ค่าประมาณการน้ำฝนบนพื้นที่ใดๆ ที่คำนวณได้ก็ยังใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดังจะเห็นได้จากการที่มีค่าความแตกต่างจากค่าจริงเฉลี่ยน้อยที่สุด วิธีเฉลี่ยทางเลขคณิตและวิธีของ Theissen ให้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงเป็นอันดับรองลงมาตามลำดับ



รูปที่ 3 แผนที่แสดงที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน จำนวน 34 สถานีในจังหวัดชัยภูมิและขอนแก่น ที่ใช้ในการศึกษา

ตารางที่ 1 ค่าปริมาณน้ำฝนทั้งปีในพื้นที่ทดสอบที่คำนวณได้จากวิธีต่างๆ เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด

	ฝนจากการวัด	วิธีคริจจิ้ง		วิธีเฉลี่ยทางเลขคณิต		วิธีของ Theissen	
ปี	(มม.)	ฝน (มม.)	Square difference	ฝน (มม.)	Square difference	ฝน (มม.)	Square difference
1968	1,061	1,192	16,966	1,158	9,256	1,266	41,690
1969	1,490	1,203	82,245	1,280	44,037	1,208	79,651
1970	997	1,011	178	990	47	1,021	581
1971	1,199	1,185	202	1,154	1,993	1,152	2,178
1972	948	972	567	970	488	951	8
1973	960	1,111	22,796	1,050	8,140	1,198	56,803
1974	956	1,095	19,344	1,128	29,598	1,076	14,296
1975	1,182	1,282	9,919	1,236	2,925	1,346	26,896
1976	1,080	1,118	1,469	1,168	7,744	1,101	442
1977	1,159	1,340	32,969	1,270	12,441	1,357	39,511
1978	1,391	1,347	2,001	1,170	48,825	1,427	1,296
1979	952	1,013	3,765	1,075	15,188	1,064	12,528
1980	1,235	1,139	9,251	1,071	26,726	1,120	13,143
1981	787	817	922	918	17,219	768	333
1982	1,150	1,100	2,536	1,043	11,582	1,109	1,670
Square Difference			13,675		15,747		19,402
ค่าความแตกต่างเฉลี่ย			117		126		139

แผนที่แสดงการกระจายของฝนโดยวิธีคริจจิ้ง

ตามปกติแล้วแผนที่แสดงการกระจายของฝนสามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูลน้ำฝน ณ จุดต่างๆ ตามที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนแล้วลากเส้นแสดงค่าปริมาณน้ำฝน โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำแผนที่ภูมิศาสตร์แสดงระดับของผิวดินทั่วๆ ไป รูปที่ 4 เป็นแผนที่แสดงการ กระจายของฝนปี 1979 ที่ได้จากการลากเส้นแสดงปริมาณฝนโดยอาศัยข้อมูลน้ำฝนที่วัดตามสถานีต่างๆ ดังแสดงในรูปจะเห็นได้ว่าวิธีการที่ใช้กันโดยทั่วไปนี้จะเกิดปัญหาอย่างมากใน บริเวณที่ขาดข้อมูล เนื่องจากเกิดความไม่แน่นอนในการประมาณค่าระหว่างจุดข้อมูลและอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริง นอกจากนี้แล้วหากมีความผิดพลาดของข้อมูลเกิดขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่ง ก็จะมีผลอย่างมากต่อลักษณะของเส้นแสดงปริมาณฝนบริเวณรอบๆ จุดดังกล่าว ซึ่งจะไม่ตรงกับลักษณะการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำฝนตามความเป็นจริง

รูปที่ 5 เป็นแผนที่แสดงเส้นการกระจายของฝนในปีเดียวกัน (1979) ที่ได้จากการประยุกต์ใช้วิธีคริจจิ้งโดยการแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมย่อยเล็กๆแล้วใช้วิธีคริจจิ้ง คำนวณหาค่าปริมาณฝนที่จุดกึ่งกลางของพื้นที่ย่อยซึ่งทำให้มีค่าปริมาณน้ำฝนที่จุดต่างๆ กระจายทั่วพื้นที่อย่างสม่ำเสมออันเป็นการสะดวกในการลากเส้นแสดงปริมาณฝน จะเห็นได้ว่าเส้นแสดงปริมาณฝนที่ได้โดยวิธีนี้มีรูปแบบและลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยเป็นค่อยไปและชัดเจน นอกจากนี้ความผิดพลาดของข้อมูลฝนที่จุดใดจุดหนึ่งก็จะไม่มีผลต่อรูปแบบและลักษณะการกระจายของเส้นแสดงปริมาณฝนมากนัก เนื่องจากค่าปริมาณฝนที่ใช้ในการลากเส้นนั้นเป็นค่าที่คำนวณโดยวิธีคริจจิ้งจากค่าข้อมูลหลายค่าที่อยู่ในบริเวณล้อมรอบทำให้ค่าข้อมูลที่ผิดพลาดโดยบังเอิญที่จุดใดจุดหนึ่ง มีผลต่อลักษณะการกระจายของปริมาณฝนโดยภาพรวมน้อยลง

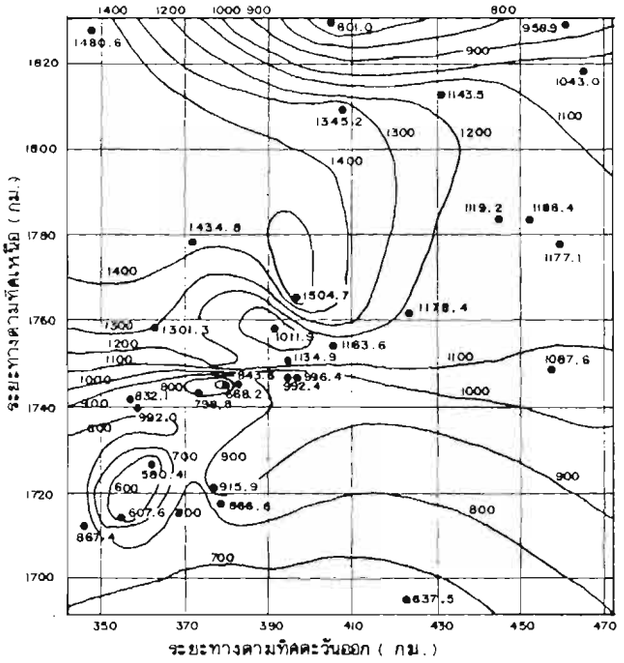
สรุปผลการศึกษาเกี่ยวกับวิธีคริจจิ้ง

จากการทบทวนทางทฤษฎีและการนำวิธีคริจจิ้งที่ใช้กันโดยทั่วไปมาใช้กับการ วิเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนทั้งปีในการศึกษานี้ พอสรุปได้ดังนี้

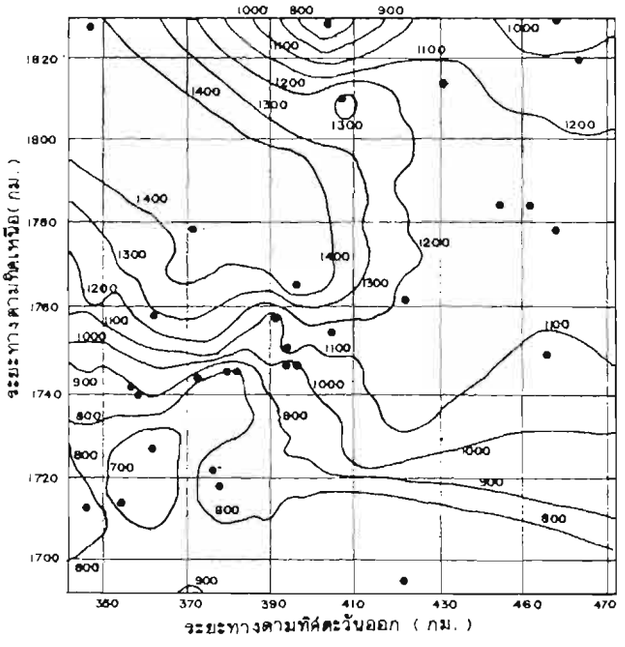
1) วิธีคริจจิ้งให้ค่าประมาณการน้ำฝนที่จุดหรือบนพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลการวัด ได้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงดีพอสมควรโดยมีความผิดพลาดเฉลี่ยน้อยกว่าวิธีหาค่าเฉลี่ยทางเลขคณิตและวิธีของ Theissen
2) การวิเคราะห์หา Variogram ของข้อมูลน้ำฝน ถึงแม้ว่าจะต้องใช้เวลาและประสบการณ์ในการตีความหมายแต่ผลที่ได้จะทำให้รู้ถึงลักษณะการเกิดฝนในแต่ละภูมิ ภาคว่ามีขนาดครอบคลุมพื้นที่มากน้อยเพียงใดและข้อมูลน้ำฝนในแต่ละที่จะมีความสัมพันธ์กับข้อมูลที่จุดข้างเคียงมากน้อยเพียงใดตามระยะห่าง
3) แผนที่แสดงการกระจายของปริมาณฝนที่ได้จากการใช้วิธีคริจจิ้งให้เส้นแสดงปริมาณฝนที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่ค่อยเป็นค่อยไปและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงตามธรรมชาติ ลักษณะการกระจายของเส้นแสดงปริมาณฝนที่ได้จากวิธีคริจจิ้งจะมีความอ่อนไหวต่อข้อมูลที่ผิดพลาด ณ จุดใดจุดหนึ่งน้อยกว่าวิธีปกติทั่วไปของการทำแผนที่ระดับ
4) วิธีประมาณการน้ำฝนโดยคริจจิ้งนี้เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ควบคู่กับการใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข (Numerical model) ของระบบอุทกวิทยาของพื้นที่ซึ่งต้องการข้อมูลฝนที่จุดต่าง ๆ อย่างมีรูปแบบแน่นอน

เอกสารอ้างอิง

1. Knudson,H.P. and Kim, Y.C. 1978. ***A Short Course on Geostatistical Ore Reserve Estimation.*** College of Mines, University of Arizona, Tucson, USA.
2. Mandevile, A.N. and Rodda, J.C. 1970. ***A Contribution to the Objective Assessment of Areal Rainfall Amounts.*** Journal of Hydrology (N.Z.), Vol. 9, pp. 281-291.
3. Doctor, P.G. 1979. ***An Evaluation of Kriging Techniques for High Level Radioactive.*** Waste Repository Site Characterization. A paper perpared for the U.S.D.E. by Northwest Laboratory, Washington.
4. Shaw, E.M. and Lynn, P.P. 1972. ***Areal Rainfall Evaluation Using Two Surface Fitting Techniques.*** Bulletin of International Association of Hydrological Science, pp. 419-433.
5. Delhomme, J.P. 1979. ***Spatial Variability and Uncertainty in Groundwater Flow Parameters: A Geostatistical Approach.*** Water Resources Research, Vol. 10, No.2, pp. 269-280.
6. Gambolati, G. and Volpi, G. 1979 a. ***Groundwater Contour Mapping in Venice by Stochastic Interpolators : 1. Theory***. Water Resources Research, Vol. 10, No.2 ,pp. 281-290.
7. Gambolati, G. and Volpi, G. 1979 b. ***Groundwater Contour Mapping in Venice by Stochastic Interpolators : 2. Results.*** Water Resources Research, Vol. 10, No. 2, pp. 291-297.
8. Virdee, T.S. and Kottegoda, N.T. 1984. ***A Brief Review of Kriging and Its Application to Optimal Interpolation and Observation Well Selection.*** Hydrological Sciences Journal, Vol. 29, No. 4, pp. 367-387.
9. Creutin, J.D. and Obled, C. 1982. ***Objective Analyser and Mapping Techniques for Rainfall Fields : An Objective Comparison.*** Water Resources Research, Vol. 18, No. 2, pp. 413-431.
10. Phromnopwong, B. 1987. ***Spatial Rainfall Estimation by Kriging Technique.*** Master's Degree Thesis, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.


1400 1200 1000 900 800
1480.6
801.0
958.9
900
1043.0
1143.5
1100
1345.2
1300
1200
1400
1119.2
1188.4
1434.8
1177.1
1400
1504.7
1178.4
1500
1301.3
1011.5
1183.6
1200
1100
1134.9
1100
1087.6
1000
843.5
896.4
832.1
888.2
932.4
1000
900
992.0
800
700
900
580.4
915.9
900
600
607.6
866.6
800
867.4
700
637.5
1820
1800
1780
1760
1740
1720
1700
350 370 390 410 430 450 470
ระยะทางตามทิศตะวันออก (กม.)
ระยะทางตามทิศเหนือ (กม.)

รูปที่ 4


1000 800 900
1000
1100
1100
1200
1400
1300
1300
1200
1400
1200
1300
1400
1300
1200
1100
1100
1000
1100
900
1000
800
800
800
1000
700
900
800
800
900
1820
1800
1780
1760
1740
1720
1700
350 370 390 410 430 460 470
ระยะทางตามทิศตะวันออก (กม.)
ระยะทางตามทิศเหนือ (กม.)

รูปที่ 5