



การศึกษาแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังเพื่อตรวจสอบ ปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่าน

A study on exponentially weighted moving average control chart for monitoring dissolved oxygen in Nan river

วรรณพร สุริยะภาศ* และ สลิลทิพย์ แดงกองโค

สาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พิษณุโลก 65000

Wannaphon Suriyakat* and Salinthip Daengkongkho

Division of Applied Statistics, Faculty of Science and Technology,

Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

Received: 27 May 2021/ Revised: 22 June 2021/ Accepted: 26 June 2021

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือ การสร้างแผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลัง (EWMA) สำหรับการตรวจสอบปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่านด้วยส่วนเหลือจากตัวแบบรวมการถดถอยในตัวกับการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (ARIMA) โดยใช้ข้อมูลรายวัน จำนวน 243 ค่า ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณออกซิเจนละลายมีตัวแบบ ARIMA(1,1,4) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ และวัดค่าความแม่นยำรากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยมีค่าเป็น 1.003 เมื่อกำหนดพารามิเตอร์ของขีดจำกัดควบคุมเป็นค่าคงที่เท่ากับ 3 และพารามิเตอร์ของตัวสถิติของแผนภูมิควบคุม EWMA เป็นค่าคงที่ (λ) ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน โดยที่ λ เป็น 0.05 พบส่วนเหลือออกนอกขีดจำกัดควบคุมล่างจำนวน 7 ค่า แต่ที่ λ เป็น 0.1 และ 0.25 พบส่วนเหลือออกนอกขีดจำกัดควบคุมล่าง จำนวน 11 ค่า และเมื่อ λ เป็น 0.15 0.2 และ 0.3 ตามลำดับ พบส่วนเหลือออกนอกขีดจำกัดควบคุมล่าง จำนวน 12 ค่า

คำสำคัญ: ปริมาณออกซิเจนละลาย แม่น้ำน่าน แผนภูมิควบคุม EWMA ตัวแบบ ARIMA

Abstract

The objective of this study was to construct the exponentially weighted moving average (EWMA) control chart for monitoring dissolved oxygen in the Nan river by using residual from the autoregressive integrated moving average (ARIMA). The daily data total 243 values, the result shows that model is ARIMA(1,1,4) non-constant value and the accuracy was considered by root mean square error is 1.003. As the results, we found that the EWMA control chart with varies constant of EWMA statistic (λ) and

the constant of control limit is 3, $\lambda=0.05$, the residual is out of the lower limit 7 values when λ are 0.1 and 0.25, the residual is out of the lower limit 11 values. For λ are 0.15 0.2 and 0.3 respectively, the residual is out of the lower limit 12 values.

Keywords: Dissolved oxygen, Nan river, EWMA Control chart, ARIMA model

บทนำ

แม่น้ำน่านมีต้นกำเนิดอยู่ในเทือกเขาหลวงพระบาง จังหวัดน่านมีความยาวตลอดลำน้ำ 740 กิโลเมตร ซึ่งยาวที่สุดในบรรดาแคว้นน้ำเจ้าพระยา และเป็นหนึ่งในแม่น้ำสายหลักในภาคเหนือและภาคกลางของประเทศไทยโดยจะไหลรวมกับแม่น้ำ ปิงกลายเป็นแม่น้ำเจ้าพระยา การใช้ประโยชน์จากแม่น้ำน่านมีทั้งในด้านอุปโภค บริโภค ในด้านเศรษฐกิจถือว่าน้ำเป็นวัตถุดิบสำคัญอย่างหนึ่งในการประกอบการเพาะปลูก เลี้ยงสัตว์ การประมง อุตสาหกรรม หรือการท่องเที่ยว ซึ่งสร้างรายได้ให้กับประชาชนเป็นอย่างมาก ปริมาณออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen: DO) เป็นดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมี น้ำที่สะอาดจะมีค่า DO สูง และในน้ำเสียจะมีค่า DO ต่ำ เมื่อค่า DO มีค่าต่ำกว่า 2 คุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาก ซึ่งใช้ประโยชน์เพื่อคมนาคมได้เท่านั้น เครื่องมือที่มีความสำคัญและนิยมใช้เป็นอย่างมากในการควบคุมคุณภาพเชิงสถิติคือ แผนภูมิควบคุม เป็นแผนภูมิที่ใช้ควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิต ซึ่งประกอบด้วยเส้นแกนกลางแนวนอนแสดงค่าเฉลี่ยหรือค่ากลางของลักษณะที่นำมาตรวจสอบ และเส้นแสดงขีดจำกัดควบคุมบนหรือขีดจำกัดควบคุมล่าง เช่น แผนภูมิควบคุมของชูฮาร์ต (Shewhart control chart) แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเลขชี้กำลัง (Exponentially weighted moving average (EWMA) control chart) เป็นต้น และมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลายสาขา เช่น อุตสาหกรรม [1] การเงิน [2] เศรษฐมิติ [3] การแพทย์ [4] เป็นต้น โดยที่แผนภูมิควบคุม EWMA มีการนำเสนอครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1950 และเป็นแผนภูมิควบคุมที่สามารถตรวจสอบหรือตรวจจับการเปลี่ยนแปลงขนาดเล็กของกระบวนการได้ดีกว่าแผนภูมิควบคุมของชูฮาร์ต นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยที่ทำการศึกษา

และพัฒนาแผนภูมิควบคุม EWMA อย่างต่อเนื่อง เช่น Noor-ul-Amin และคณะ [5] Giner-Bosch และคณะ [6] และ Noor-ul-Amin และคณะ [7]

ตัวแบบรวมการถดถอยในตัวกับการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (autoregressive integrated moving average: ARIMA) คือ ตัวแบบอนุกรมเวลาชนิดหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้ในศาสตร์หลายสาขา เช่น คุณภาพอากาศ [8] คุณภาพดิน [9] คุณภาพน้ำ [10] ปัญหาภัยแล้ง [11] และสุขภาพ [12] เป็นต้น โดยมีนักวิจัยศึกษาการใช้ตัวแบบอนุกรมเวลากับแผนภูมิควบคุม เช่น García-Díaz [13] ใช้แผนภูมิควบคุมชูฮาร์ตและตัวแบบ ARIMA เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำโดยใช้ข้อมูลสารละลายไนเตรทในน้ำบาดาล พบ ตัวแบบที่เหมาะสมคือ IMA(1,1) และมีส่วนเหลือของตัวแบบออกนอกขีดจำกัดควบคุมบนและล่างของแผนภูมิควบคุม และ Wang และคณะ [14] ใช้แผนภูมิควบคุมส่วนเหลือกับตัวแบบ ARIMA ศึกษาข้อมูลมลพิษทางอากาศพบตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA(1,1,1) นอกจากนี้ Sadeghi และคณะ [15] ใช้แผนภูมิควบคุมชูฮาร์ตและตัวแบบ ARIMA-GARCH ศึกษาดัชนีราคาตลาดหลักทรัพย์ของ Tehran และมีการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแผนภูมิควบคุม EWMA กับแผนภูมิควบคุม EWMA ที่ได้รับการปรับปรุง ซึ่งมีตัวแบบเป็น MA(2) และ MA(3) เมื่อค่าความคลาดเคลื่อนของตัวแบบมีการแจกแจงแบบเลขชี้กำลัง โดยใช้ข้อมูลมลพิษทางอากาศ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 2.5 ไมครอน (PM2.5) พบว่าแผนภูมิควบคุม EWMA ที่ได้รับการปรับปรุงมีประสิทธิภาพดีกว่าแผนภูมิควบคุม EWMA เมื่อค่า CO และ PM2.5 มีการเปลี่ยนแปลง [16]

ในงานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างแผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับตรวจสอบปริมาณออกซิเจนละลายใน



แม่นยำขึ้นโดยใช้ส่วนเหลือ (residual) จากตัวแบบ ARIMA ประโยชน์จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปใช้เพื่อวางแผนควบคุม หรือปรับปรุงคุณภาพน้ำให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์และการดำรงชีพของมนุษย์และสัตว์ รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ศึกษากับพารามิเตอร์อื่น ๆ ของแม่น้ำ หรือคุณภาพน้ำบาดาล หรือคุณภาพอากาศได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวแบบรวมการถดถอยในตัวกับการเฉลี่ย

เคลื่อนที่ (ARIMA)

ตัวแบบ ARIMA เขียนแทนด้วย $ARIMA(p,d,q)$ เป็นเทคนิคอนุกรมเวลาวิธีหนึ่ง มีสมการเป็นดังนี้

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p)(1 - B)^d Z_t = (1 - \rho_1 B - \rho_2 B^2 - \dots - \rho_q B^q) a_t$$

เมื่อ d คือ อันดับผลต่างของอนุกรมเวลา Z_t

p คือ อันดับการถดถอยในตัว

q คือ อันดับการเฉลี่ยเคลื่อนที่

Z_t คือ ตัวแปรค่าสังเกต ณ เวลา t และมีความสัมพันธ์กับความคลาดเคลื่อน a_t

B คือ ตัวดำเนินการย้อนกลับ ($B^p Z_t = Z_{t-p}$)

ρ_i คือ พารามิเตอร์ของตัวแบบการเฉลี่ยเคลื่อนที่ เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, q$

ϕ_i คือ พารามิเตอร์ของตัวแบบการถดถอยในตัว เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, p$

a_t คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t และมีการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ยเป็น 0 ค่าความแปรปรวนเป็น σ^2

ถ้า $p = 0$ จะได้ตัวแบบรวมการเฉลี่ยเคลื่อนที่ (IMA(d,q)) และถ้า $q = 0$ จะได้ตัวแบบรวมการถดถอยในตัว (ARI(p,d))

2. ขั้นตอนการสร้างตัวแบบ

2.1 การทดสอบรากหนึ่งหน่วย (unit root test)

ทดสอบรากหนึ่งหน่วยของข้อมูลด้วยการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller (ADF) เพื่อทดสอบความเป็นอนุกรมเวลาแบบคงที่ (stationary time series) หรือไม่ ก่อนทำการประมาณค่าพารามิเตอร์ การทดสอบ ADF เป็นการทดสอบเพื่อแก้ปัญหาสหสัมพันธ์ในตัว (autocorrelation) ซึ่งมีสมมติฐานการทดสอบคือ

สมมติฐานว่าง (H_0): อนุกรมเวลาแบบไม่คงที่

สมมติฐานทางเลือก (H_1): อนุกรมเวลาแบบคงที่

ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน `adf.test[tseries]` ของโปรแกรมอาร์ ในการทดสอบ ADF จะทำการเลือกช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน (lag) โดยอัตโนมัติ การพิจารณาความคงที่ของข้อมูลพิจารณาจากค่า p -value ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ถ้าผลการทดสอบมีค่า p น้อยกว่า 0.05 จะปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าข้อมูลมีลักษณะเป็นอนุกรมเวลาแบบคงที่

2.2 การกำหนดตัวแบบและการประมาณค่าพารามิเตอร์

การกำหนดตัวแบบ $ARIMA(p,d,q)$ พิจารณาจากค่าฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัว (autocorrelation function: ACF) และฟังก์ชันสหสัมพันธ์ในตัวบางส่วน (partial autocorrelation function: PACF) ของข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนด ตัวแบบและการประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้ฟังก์ชัน `Acf[forecast]` `Pacf[forecast]` และ `auto.arima(forecast)` ของโปรแกรมอาร์

2.3 การตรวจสอบตัวแบบ

การตรวจสอบตัวแบบใช้การพิจารณาคุณสมบัติของความคลาดเคลื่อนด้วยการทดสอบ Ljung-Box โดยพิจารณาจากค่าสถิติ Q ซึ่งมีการแจกแจงไคกำลังสองที่มีองศาเสรีคือ ผลต่างของช่วงเวลาที่ช้ากว่ากันกับจำนวนพารามิเตอร์ที่ทำการประมาณค่า มีสมมติฐานว่างเป็นความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ในตัว ถ้าความคลาดเคลื่อน



ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวทำให้ใช้ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ได้
ในงานวิจัยนี้ใช้ฟังก์ชัน `checkresiduals{forecast}` ของโปรแกรมอาร์และที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการวิเคราะห์ให้
พิจารณาค่าพี ถ้าค่าพิน้อยกว่า 0.05 ไม่สามารถยอมรับสมมติฐานว่างที่ว่าความคลาดเคลื่อนไม่มีสหสัมพันธ์ในตัว
ทำให้ไม่สามารถใช้ตัวแบบสำหรับการพยากรณ์ได้

3. การวัดความแม่นยำ

การพิจารณาความเหมาะสมของตัวแบบใช้รากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error: RMSE) เป็นการวัดความแม่นยำจากรากของค่าเฉลี่ยของผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าจริงและค่าพยากรณ์ ดังสมการ

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n}}$$

เมื่อ Y_i คือ ข้อมูลจริง เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$\hat{Y}_i$ คือ ค่าจากตัวแบบ เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, n$

n คือ จำนวนข้อมูล

4. แผนภูมิควบคุม EWMA

แผนภูมิควบคุม EWMA เป็นเครื่องมือที่สำคัญและมีการประยุกต์ใช้ในหลายสาขาเพื่อตรวจสอบหรือตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการที่เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยได้ดี และค่าเฉลี่ย $\mu = \mu_0$ เมื่อกระบวนการอยู่ภายใต้เสถียรภาพมีค่าสถิติ EWMA (Y_t) ดังสมการ

$$Y_t = \lambda X_t + (1 - \lambda)Y_{t-1} \quad ; Y_0 = \mu_0, t \geq 1$$

โดยที่ (X_t) คือค่าสังเกต ณ เวลา t และ λ คือค่าคงที่ ($0 < \lambda < 1$) ทั้งนี้มีความแปรปรวนคือ

$$\sigma_{Y_t}^2 = \sigma^2 \left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2t}]$$
 มีขีดจำกัดควบคุมดังสมการ

$$UCL_t = \mu_0 + L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2t}]}$$

$$CL = \mu_0$$

$$LCL_t = \mu_0 - L\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{2 - \lambda} \right) [1 - (1 - \lambda)^{2t}]}$$

เมื่อ L คือ ค่าคงที่ของขีดจำกัดควบคุม ($L > 0$)

UCL_t คือ ขีดจำกัดควบคุมบน

CL คือ เส้นกลางแสดงค่ากลาง

LCL_t คือ ขีดจำกัดควบคุมล่าง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ใช้ฟังก์ชัน `ewma{qcc}` ของโปรแกรมอาร์ เพื่อสร้างแผนภูมิควบคุม EWMA โดยใช้ส่วนเหลือ (residual) จากตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ด้วย λ เป็น 0.05 0.1 0.15 0.2 และ 0.3 ตามลำดับ และค่าคงที่ของขีดจำกัดควบคุมมีค่าเป็น 3 โดยที่ส่วนเหลือหมายถึงผลต่างระหว่างค่าสังเกตกับค่าจากตัวแบบ ARIMA(p,d,q)



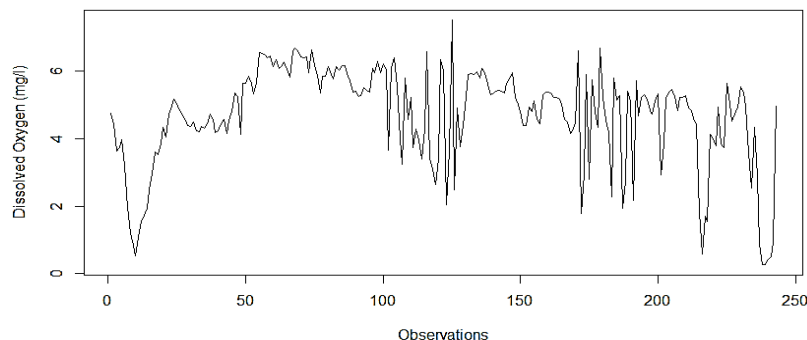
ผลการวิจัย

การสร้างแผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับการตรวจสอบปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่านโดยใช้ส่วนเหลือ (residual) กรณีศึกษาสถานีจุดสูบน้ำบ้านเกาะชลประทาน (ภาพที่ 1) แสดงข้อมูลอนุกรมเวลาของระดับออกซิเจนละลายรายวันในแม่น้ำน่าน กรณีศึกษาสถานีจุดสูบน้ำบ้านเกาะชลประทาน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 จำนวน 243 ค่า พบว่าระดับออกซิเจนละลายมีค่าต่ำกว่า 2 mg/l ซึ่งคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมากสามารถใช้น้ำเพื่อการคมนาคมได้เท่านั้น ทำการทดสอบ

ความคงที่ของอนุกรมเวลาด้วย augmented Dickey Fuller (ADF) จากฟังก์ชัน `adf.test(tseries)` ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการทดสอบพบว่าค่าพี (p-value) มีค่าน้อยกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าข้อมูลเป็นอนุกรมเวลาแบบคงที่ (stationary time series) ด้วยค่า Dickey-Fuller เป็น -3.861 ช่วงเวลาที่ช้ากว่ากันเป็น 6 และค่าพีเป็น 0.017 และจากภาพที่ 2 ควรใช้ตัวแบบ ARIMA(p,d,q) จากการใช้ฟังก์ชัน `auto.arima(forecast)` เพื่อกำหนดตัวแบบ ARIMA(p,d,q) ที่เหมาะสม คือ ARIMA(1,1,4) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ ตัวแบบแสดงได้ดังนี้

$$Z_t = 0.812Z_{t-1} + a_t + 1.348a_{t-1} - 0.236a_{t-2} - 0.360a_{t-3} + 0.222a_{t-4}$$

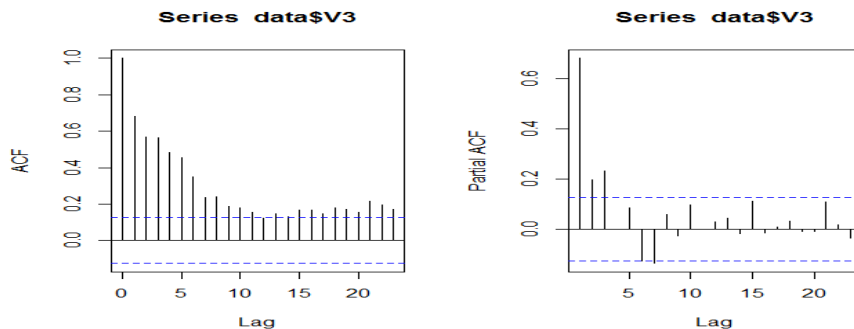
มีค่าสถิติที่สำคัญคือ ค่าเกณฑ์สารสนเทศของอะกะอิเกะ (AIC) เท่ากับ 702.4 ค่าเกณฑ์สารสนเทศของเบส์ (BIC) เท่ากับ 723.33 และค่า log likelihood เท่ากับ -345.2



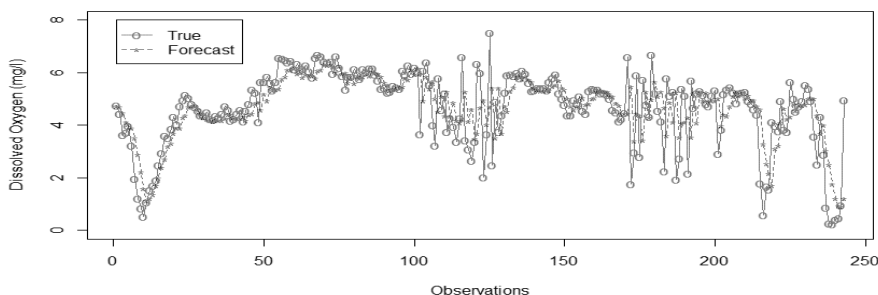
ภาพที่ 1 ระดับออกซิเจนละลายของแม่น้ำน่านรายวัน

ใช้การทดสอบ Ljung-Box เพื่อทดสอบคุณสมบัติการเป็น white noise ของส่วนเหลือ ผลการทดสอบพบว่าค่าสถิติ Q ที่ช่วงเวลาที่ช้ากว่ากัน 10 ของตัวแบบ ARIMA(1,1,4) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบค่าพีมากกว่า 0.05 แสดงว่าส่วนเหลือมีการแจกแจงปกติ ค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์และค่าความแปรปรวนคงที่ นั่นแสดงว่าตัว

แบบได้ผ่านการตรวจสอบความถูกต้องว่ามีความเหมาะสม (Q=10.08, lag=10, df=5, p-value=0.07) และจากภาพแสดงการเปรียบเทียบค่าจริงและค่าพยากรณ์ของระดับออกซิเจนละลายโดยใช้ตัวแบบ ARIMA(1,1,4) (ภาพที่ 2) โดยวัดค่าความแม่นยำ (accuracy) ของตัวแบบได้ค่า RMSE เป็น 1.003



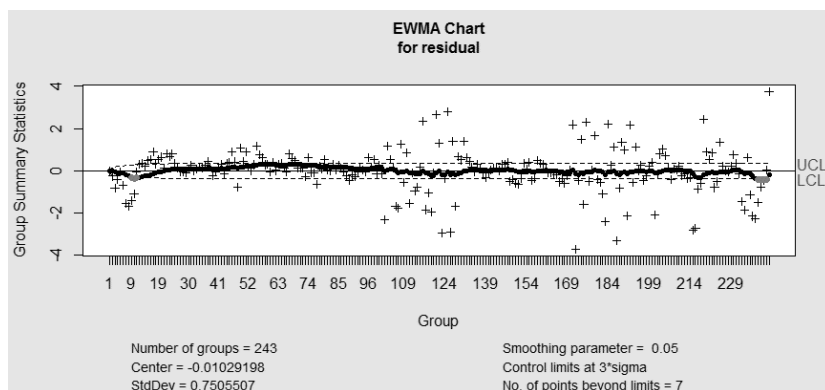
ภาพที่ 2 ACF และ PACF ของระดับออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่าน

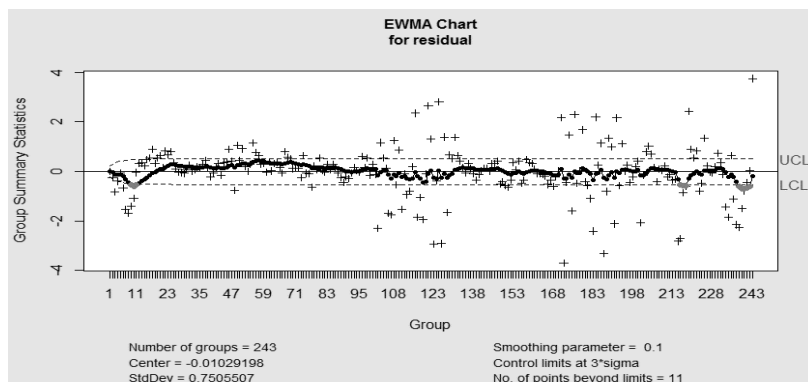


ภาพที่ 3 ค่าจริงและค่าจากตัวแบบ ARIMA(1,1,4) ของระดับออกซิเจนละลาย

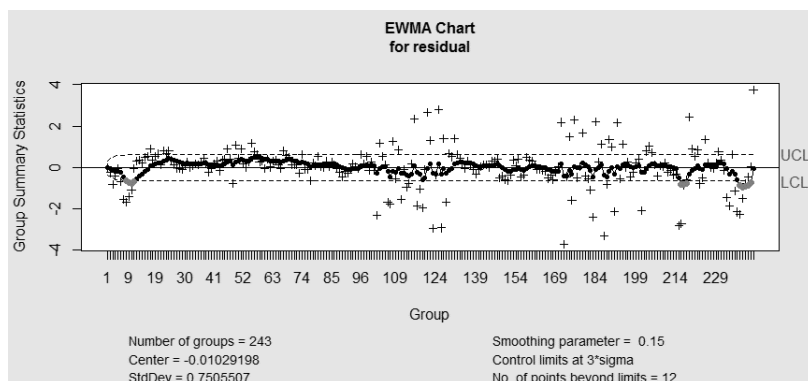
การศึกษาแผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับการตรวจสอบปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่าน โดยใช้ส่วนเหลือ (residual) ในกรณีวิเคราะห์จากตัวแบบ ARIMA(1,1,4) (ภาพที่ 3) เมื่อกำหนดค่าคงที่ของแผนภูมิควบคุม EWMA ด้วย λ เป็น 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25 และ 0.3 ตามลำดับ และค่าคงที่ของขีดจำกัดควบคุมมีค่าเป็น 3 โดยที่ส่วนเหลือหมายถึงผลต่างระหว่างค่าสังเกตกับค่าจากตัวแบบ

(ภาพที่ 4-9) พบว่ากราฟเส้นของส่วนเหลือมีลักษณะคล้ายกับกราฟเส้นของข้อมูลจริงในภาพที่ 2 เมื่อ $\lambda = 0.05$ พบว่าส่วนเหลือออกนอกเส้นควบคุมซึ่งมีค่าน้อยกว่า LCL จำนวน 7 ค่า แต่ที่ $\lambda = 0.1, 0.25$ พบว่าส่วนเหลือออกนอกเส้นควบคุมซึ่งมีค่าน้อยกว่า LCL จำนวน 11 ค่า และเมื่อ $\lambda = 0.15, 0.2, 0.3$ พบว่าส่วนเหลือออกนอกเส้นควบคุมซึ่งมีค่าน้อยกว่า LCL จำนวน 12 ค่า

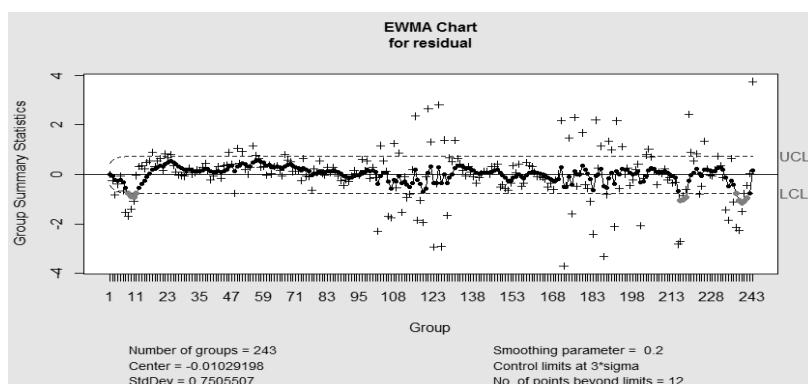
ภาพที่ 4 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.05$



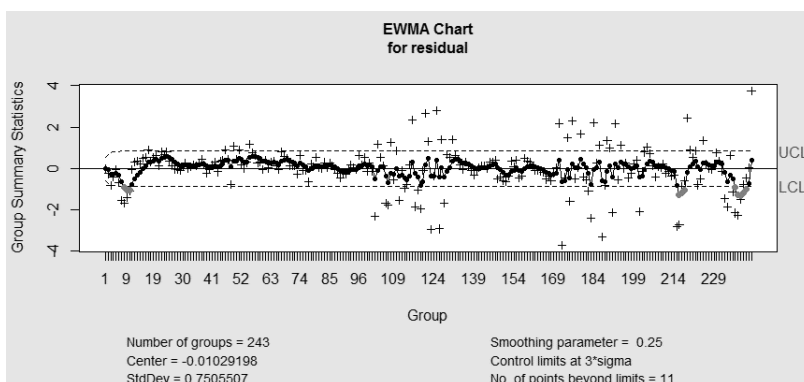
ภาพที่ 5 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.1$



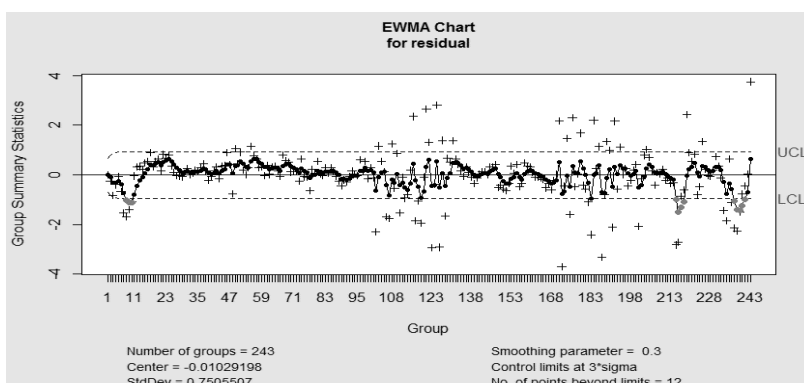
ภาพที่ 6 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.15$



ภาพที่ 7 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.2$



ภาพที่ 8 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.25$



ภาพที่ 9 แผนภูมิควบคุม EWMA สำหรับส่วนเหลือ เมื่อ $\lambda = 0.3$

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอวิธีสร้างแผนภูมิควบคุม EWMA ด้วยอนุกรมเวลาปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่าน กรณีศึกษาสถานีจุดสูบน้ำบ้านเกาะชลประทาน ใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ของกรมควบคุมมลพิษ จำนวน 243 ค่า เดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2557 และวัดค่าความแม่นยำด้วย RMSE กำหนดค่าคงที่ของขีดจำกัดควบคุมมีค่าเป็น 3 และค่าคงที่ของตัวสถิติ EWMA เป็น 0.05, 0.1, 0.2, 0.25 และ 0.3 ตามลำดับ โดยที่งานวิจัยนี้ศึกษาด้วยโปรแกรมอาร์พบว่าปริมาณออกซิเจนละลายในแม่น้ำน่านมีตัวแบบที่เหมาะสมคือ ARIMA(1,1,4) ไม่มีพจน์ค่าคงที่ โดยมีค่าความแม่นยำเป็น 1.003 และเมื่อนำส่วนเหลือของตัวแบบสร้างแผนภูมิควบคุม EWMA ด้วยค่าคงที่ของขีดจำกัด

ควบคุมมีค่าเป็น 3 พบว่า เมื่อ λ เป็น 0.05 ส่วนเหลือมีค่าน้อยกว่าค่า LCL จำนวน 7 ค่า แต่ที่ λ เป็น 0.1 และ 0.25 ส่วนเหลือมีค่าน้อยกว่าค่า LCL จำนวน 11 ค่า และเมื่อ λ เป็น 0.15, 0.2 และ 0.3 ตามลำดับ ส่วนเหลือมีค่าน้อยกว่าค่า LCL จำนวน 12 ค่า อย่างไรก็ตามผู้วิจัยควรปรับปรุงหรือพัฒนาทั้งตัวแบบและแผนภูมิควบคุมที่มีความเหมาะสมในอนาคตต่อไป นอกจากนี้สามารถนำส่วนเหลือไปประยุกต์ใช้กับแผนภูมิควบคุมอื่น เช่น แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม แผนภูมิควบคุมผลรวมสะสมสองครั้ง แผนภูมิควบคุมค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเลขชี้กำลังสองครั้ง เป็นต้น รวมทั้งสามารถศึกษาดัชนีคุณภาพน้ำทางเคมีชนิดอื่น ๆ หรือประยุกต์ใช้กับข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมชนิดอื่นได้



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงาน
การวิจัยแห่งชาติ (วช.)

เอกสารอ้างอิง

1. Aslam M, Khan N. A new variable control chart using neutrosophic interval method-an application to automobile industry. *J Intell Fuzzy Syst* 2019;36(3):2615-23.
2. Sadeghi H, Owlia MS, Doroudyan MH, Amiri A. Monitoring financial processes with ARMA-GARCH model based on Shewhart control chart (case study: Tehran stock exchange). *Int J Eng* 2017;30(2):270-80.
3. Wang RF, Fu X, Yuan JC, Dong ZY. Economic design of variable-parameter X-Shewhart control chart used to monitor continuous production. *Qual Technol Quant Manag* 2018;15(1):106-24.
4. Suman G, Prajapati D. Control chart applications in healthcare: a literature review. *Int J Metrol Qual Eng [Internet]* 2018 [cited 2021 May 20]. Available from: <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2018003>
5. Noor-ul-Amin M, Khan S, Aslam M. An EWMA control chart using two parametric ratio estimator. *J Ind Prod Eng* 2018;35(5):298-308.
6. Giner-Bosch V, Tran KP, Castagliola P, Khoo MBC. An EWMA control chart for the multivariate coefficient of variation. *Qual Reliab Eng Int* 2019;35(6):1515-41.
7. Noor-ul-Amin M, Javaid A, Hanif M, Dogu E. Performance of maximum EWMA control chart in the presence of measurement error using auxiliary information. *Commun Stat Simul Comput* 2020;2(1):1-25.
8. Rekhi JK, Nagrath P, Jain R. Forecasting air quality of Delhi using ARIMA model: advances in data sciences, security and applications. Singapore: Springer; 2020.
9. Sukhwinder S. Forecasting soil moisture based on evaluation of time series analysis. Master of Engineering in Computer Science and Engineering, Thapar University. India; 2019.
10. Katimon A, Shahid S, Mohsenipour M. Modeling water quality and hydrological variables using ARIMA: a case study of Johor River, Malaysia. *Sustain Water Resour Manag* 2018;4(4):991-8.
11. Karimi M, Melesse AM, Khosravi K, Mamuye M, Zhang J. Analysis and prediction of meteorological drought using SPI index and ARIMA model in the Karkheh River Basin, Iran: extreme hydrology and climate variability. USA: Elsevier Inc.; 2019.
12. Juang WC, Huang SJ, Huang FD, Cheng PW, Wann SR. Application of time series analysis in modelling and forecasting emergency department visits in a medical center in Southern Taiwan. *BMJ open* 2017;7(11):e018628. doi: 10.1136/bmjopen-2017-018628.
13. García-Díaz JC. Monitoring and forecasting nitrate concentration in the groundwater using statistical process control and time series analysis: a case study. *Stoch Env Res Risk A* 2011;25(3):331-9.



14. Wang L, Zhao Y, Yang X, Ma J, Huang T, Gao H. Prediction of air quality in Lanzhou using time series model and residual control chart. Plateau Meteorol 2015;34(1):230-6.
15. Sadeghi H, Owlia MS, Doroudyan MH, Amiri A. Monitoring financial processes with ARMA-GARCH model based on shewhart control chart (case study: Tehran stock exchange). Int J Eng 2017;30(2): 270-80.
16. Supharakonsakun Y, Areepong Y, Sukparungsee S. The performance of a modified EWMA control chart for monitoring autocorrelated PM2.5 and carbon monoxide air pollution data. Environ Sci 2020; doi10.7717/peerj.10467:1-21.