การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมีกับปัจจัยคุณภาพน้ำดิบ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล กรณีศึกษา การประปานครหลวง

ปฏิพัทธ์ ทิพย์กาญจนรัตน์*
นักศึกษา สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ธนัญญา วสุศรี
รองศาสตราจารย์ สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08-6974-0291 อีเมล: Dragonpat88@gmail.com
รับเมื่อ 2 เมษายน 2558 ตอบรับเมื่อ 10 เมษายน 2558 เผยแพร่ออนไลน์ 18 มิถุนายน 2558
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.04.003 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

น้ำที่มาจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติมีความไม่แน่นอนทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ การประปานครหลวงเห็นถึงความต้องการใช้น้ำสะอาดที่เพิ่มสูงขึ้น จึงได้ทำการจัดตั้งระบบการผลิตหรือบำบัดน้ำให้มีความสะอาด และได้มาตรฐาน การบำบัดน้ำอย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นที่จะต้องทราบคุณลักษณะของน้ำที่นำมาใช้ในการผลิตที่เรียกว่า "น้ำดิบ" ที่มีคุณภาพแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถแบ่งตัวแปรด้านคุณภาพน้ำดิบที่สำคัญออกเป็น 14 ตัวแปร ได้แก่ ปริมาณน้ำดิบ สีของน้ำ เหล็ก ความขุ่น เป็นต้น ตัวแปรทั้งหลายเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำให้ได้มาตรฐาน โดยสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำที่สำคัญแบ่งออกเป็น 7 ชนิดคือ สารส้ม คลอรีน ปูนขาว โพลิเมอร์ โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ ผงถ่าน และ H_2O_2 ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมีกับตัวแปรคุณภาพน้ำดิบ โดยจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรที่เรียกว่า การวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation) โดยผลจากการศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด และมีค่าความสัมพันธ์ Canonical R เท่ากับ 0.9489

คำสำคัญ: น้ำ การวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร คุณภาพน้ำดิบ ปริมาณการใช้สารเคมี

การอ้างอิงบทความ: ปฏิพัทธ์ ทิพย์กาญจนรัตน์ และ ธนัญญา วสุศรี, "การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมีกับปัจจัยคุณภาพน้ำดิบ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล กรณีศึกษา การประปานครหลวง," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 25, ฉบับที่ 3, หน้า 405–414, ก.ย.–ธ.ค. 2558. http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.04.003

Correlation Analysis between Water Quality Factors and Chemical Usages with Canonical Correlation Technique in Metropolitan Waterworks Authority

Patipat Tipkanjanarat*
Student, Logistics Management, Graduate School of Management and Innovation, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand

Thananya Wasusri
Associate Professor, Logistics Management, Graduate School of Management and Innovation, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08-6974-0291, E-mail: Dragonpat88@gmail.com
Received 2 February 2015; Accepted 10 April 2015; Published online: 18 June 2015
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2015.04.003 © 2015 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Water from natural resources is uncertain in terms of volume and quality. Metropolitan Waterworks Authority (MWA) has realized the increasing demand of high quality water. It has set up a water treatment system to obtain purified and standardized water. To treat water effectively, it is necessary to understand the quality of incoming water or "raw water". The quality of raw water depends on 14 factors such as raw water volume, color, iron and turbidity. These 14 factors affect the consumption of chemical substances that are used to purify the raw water. The chemical substances are Alum, Chlorine, Lime, Polymer, PACl, Activated Carbon and H_2O_2. This study is aim to study the relationship between factors of raw water quality and the consumption of chemical use with Canonical Correlation techniques. It is found that there is the relationship between these two things with Canonical R of 0.9489.

Keywords: Water, Canonical Correlation, Raw Water Factors, Chemical Substance Usages

Please cite this article as: P. Tipkanjanarat and T. Wasusri, "Correlation Analysis between Water Quality Factors and Chemical Usages with Canonical Correlation Technique in Metropolitan Waterworks Authority," *J. KMUTNB*, Vol. 25, No. 3, pp. 405–414, Sep.–Dec. 2015 (in Thai). http://dx.doi.org/10.14416/j.kmutnb.2015.04.003

1. บทนำ

แหล่งของน้ำดิบที่นำมาใช้ในปัจจุบันนั้น มีสภาพน้ำที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับฤดูกาล เช่น ฤดูร้อนที่จะมีน้ำน้อย แต่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูง หรือฤดูฝนที่มีน้ำจำนวนมาก แต่จะมีตะกอนดินหรือสารแขวนลอยต่าง ๆ ที่ไหลจากภูเขาหรือบริเวณตามลำแม่น้ำ รวมทั้งการปล่อยของเสียลงในแม่น้ำ การนำน้ำเหล่านี้ไปใช้งานนั้น ย่อมไม่ก่อให้เกิดสุขภาพที่ดีอย่างแน่นอน ดังนั้นการบำบัดน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญในการนำมาใช้โดยการประปานครหลวงเป็นองค์กรที่มีหน้าที่ในการผลิตน้ำและแจกจ่ายน้ำที่มีคุณภาพออกสู่ประชาชนในเมืองหลวง และจังหวัดใกล้เคียง โดยการบำบัดน้ำนั้นต้องใช้สารเคมีในการบำบัดให้ถูกต้องและในปริมาณที่พอเหมาะ โดยน้ำที่นำมาผลิตจะมีสภาพของน้ำแตกต่างกันไปในแต่ละวัน โดยบางวันน้ำมีความขุ่นสูง สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือน้ำมีสาหร่ายเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเป็นจำนวนมาก จะเห็นว่าสภาพของน้ำดิบจะส่งผลให้ปริมาณการใช้สารเคมีแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกันไป

การประปานครหลวงได้กำหนดตัวแปร 14 ตัว เพื่อใช้ในการทดสอบคุณภาพของน้ำดิบได้แก่ ปริมาณน้ำดิบ (Rawwater) สีของน้ำ (Color) คลอรีนอิสระตกค้าง (FreeResidualSQ) ของแข็งแขวนลอย (SSlog10) ความนำไฟฟ้า (Conductlog10) ความขุ่น (Turbid) ความเป็นด่าง (AlkalinityLog10) ความเป็นกรด-เบส (PH) ค่าการบริโภคออกซิเจน (OClog10) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3NSQ) เหล็ก (FESQ) แมงกานีส (MNSQ) สาหร่าย (AlgaeLog10) และในกระบวนการบำบัดน้ำจะมีการใช้สารเคมีต่าง ๆ 7 ประเภท ได้แก่ สารส้ม (Alum) คลอรีน (Chlorine) ปูนขาว (Lime) โพลิเมอร์ (Polymer) โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (PACl) ผงถ่าน (Activated Carbon) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์มุ่งที่จะศึกษาความสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่มว่ามีความสอดคล้องกันหรือเป็นอิสระจากกันหรือไม่ ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ที่สามาถใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปร X กับกลุ่มตัวแปร Y ได้ชัดเจน เนื่องจากตัวแปรอิสระในที่นี้คือปัจจัยด้านคุณภาพของน้ำดิบอาจจะมีผลหรือมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความต้องการใช้สารเคมีหลายประเภท Canonical Analysis จะสามารถสร้างตัวแปรใหม่ที่เรียกว่าตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variate) เป็นวิธีการลดจำนวนตัวแปรประกอบของแต่ละกลุ่มให้น้อยลงได้ มาแปลงรูปให้อยู่ในลักษณะของสมการเชิงเส้นตรง และสามารถแสดงระดับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสองกลุ่ม จากข้อมูลชุดเดียวกันได้ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดวิธีดังกล่าวในหัวข้อต่อไป

1.1 การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

ทฤษฎีในการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปรที่ใช้สำหรับงานวิจัยจะมีเทคนิคอยู่มากมาย โดยเทคนิคที่สำคัญจะประกอบด้วย Factor Analysis, Regression Analysis และ Canonical Correlation Analysis ซึ่งคุณสมบัติของแต่ละเทคนิคสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังต่อไปนี้

1) Factor Analysis [1] เป็นเทคนิคในการมุ่งลดตัวแปรที่มีจำนวนมาก เนื่องจากตัวแปรบางตัวอาจสามารถอธิบายลักษณะของข้อมูลเหมือนๆ กันได้ บางตัวแปรก็มีลักษณะที่แตกต่างกันไปอย่างสิ้นเชิง หรือบางตัวแปรก็มีลักษณะใกล้เคียงกัน อธิบายได้คล้ายกันก็จะถูกนำมาจัดกลุ่มเดียวกัน เราเรียกตัวแปรที่จะจัดเข้ากลุ่มเดียวกันว่า Factor ซึ่งการวิเคราะห์จะดูที่ค่าความสัมพันธ์กันของตัวแปร ซึ่งผลของความสัมพันธ์จะออกมาในรูปเชิงบวกหรือเชิงลบก็ได้ โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบหรือ Factor Analysis จะไม่มีตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตาม จะเป็นการรวมกลุ่มของตัวแปรในลักษณะเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ตัวแปรทุกตัวจะเป็นตัวแปรที่เรียกว่า “ตัวแปรสังเกต” หรือ Observed Variable ดังนั้นการวิเคราะห์ในลักษณะนี้จึงไม่สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นตัวแปรตาม และคุณภาพน้ำดิบที่เป็นตัวแปรอิสระได้

2) Regression Analysis เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรทำนายกับตัวแปรตาม

ในรูปสมการ ซึ่งถ้ามีตัวแปรอิสระ 1 ตัวและตัวแปรตาม 1 ตัว มีความสัมพันธ์กัน จะเรียกการวิเคราะห์แบบนี้ว่าการถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) แต่ถ้ามีตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัวและมีตัวแปรตาม 1 ตัว กล่าวคือต้องการที่จะพยากรณ์ตัวแปรตาม จากตัวแปรอิสระหลายตัว จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า การถดถอยพหุ (Multiple Regression Analysis) ซึ่งทั้ง 2 วิธีนั้นจะทำการวิเคราะห์ถึงค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หรือที่เรียกว่าค่า R^2 ซึ่งค่านี้จะบอกถึงสัดส่วนที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ ถ้ามีค่า R^2 มาก แสดงว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ มีความสัมพันธ์กันมาก หรือตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรตามได้มาก โดยค่า R^2 จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0–1 จากหลักเกณฑ์ความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ มีลักษณะ 1 ต่อ 1, 1 ต่อ 2 และ 1 ต่อ 3 เป็นต้น ซึ่งหากต้องการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามหลายๆ ตัว และตัวแปรอิสระหลายๆ ตัวไปพร้อมกัน จะต้องใช้เทคนิคอื่นในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์คาโนนิคอล

3) Canonical Correlation Analysis [2] ทฤษฎีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรชุดหนึ่งกับตัวแปรอีกชุดหนึ่ง โดยตัวแปรชุดหนึ่งจะถูกเรียกว่าชุดตัวแปรอิสระ ส่วนตัวแปรอีกชุดหนึ่งจะเรียกว่าชุดตัวแปรตาม โดยจะแตกต่างจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุ (Multiple Correlation) ตรงที่การวิเคราะห์สหสัมพันธ์พหุระหว่างชุดของตัวแปรอิสระกับตัวแปรตามตัวหนึ่งตามตัวอย่างต่อไปนี้

- สหสัมพันธ์พหุ (Multiple Correlation)

$X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n = Y$

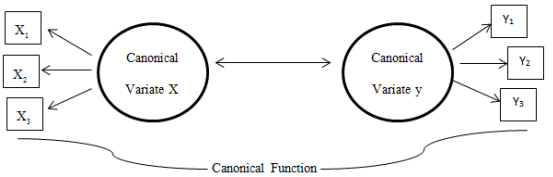
- สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation)

$X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n = Y_1, Y_2, Y_3, \ldots, Y_n$

เมื่อ X_i คือตัวแปรอิสระ (i = 1,2,3,…,n)

Y_i คือตัวแปรตาม (i = 1,2,3,…,n)

โดยตัวแปรแต่ละชุดจะมีการรวมตัวกันแบบเชิงเส้น (Linear Combination) ผลที่ได้จากการรวมตัวจะเรียกว่า Canonical Variable เป็นการรวมตัวที่ทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรมีค่าสูงสุด



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างชุดตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

จากรูปที่ 1 พบว่ามีชุดของตัวแปรอิสระจะใช้สัญลักษณ์ (X) และชุดของตัวแปรตามจะใช้สัญลักษณ์ (Y) ซึ่ง X และ Y จะต้องมีตัวแปรที่มากกว่า 2 ตัวแปรขึ้นไปในข้อมูลชุดนั้นๆ โดยวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์คาโนนิคอล คือการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มตัวแปรสองกลุ่มในรูปของจำนวนตัวแปร คาโนนิคอลว่ามีกี่คู่ และแต่ละคู่แสดงความสัมพันธ์ระหว่ากลุ่มตัวแปรทั้งสองกลุ่มนั้นได้มากน้อยเพียงใด และเพื่อลดจำนวนตัวแปรประกอบของแต่ละกลุ่มให้น้อยลง เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์โดยใช้กลุ่มตัวแทนของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ดังนั้นเมื่อทราบถึงความสำคัญของแต่ละเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร จะพบว่าเทคนิคที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์คือ เทคนิคคาโนนิคอล โดยในส่วนตัวแปรตามคือปริมาณการใช้สารเคมีทั้ง 7 ชนิด และตัวแปรอิสระคือคุณภาพน้ำดิบทั้ง 14 ชนิด ซึ่งทั้ง 2 กลุ่มมีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มมากน้อยแตกต่างกัน และตัวแปรอิสระที่ส่งผลต่อการใช้สารเคมีแต่ละชนิด ซึ่งจะทำให้ทราบความสัมพันธ์ของทั้ง 2 กลุ่มไปพร้อมๆ กัน

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

ข้อมูลที่ทำการรวบรวมจะมีอยู่ 2 กลุ่มด้วยกันคือ 1) ปริมาณการใช้สารเคมีทั้ง 7 ชนิด และ 2) คุณภาพน้ำดิบทั้ง 14 ตัวแปร โดยข้อมูลที่ทำการรวบรวมจะเป็นข้อมูลแบบรายวัน (Daily Case) จำนวน 365 วัน ในปี พ.ศ. 2555 ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำข้อมูลของคุณภาพน้ำดิบที่รวบรวมมา ทำการตรวจสอบคุณลักษณะเบื้องต้น โดยเป็นเงื่อนไขก่อนนำไปวิเคราะห์ข้อมูล โดยหลักเกณฑ์การ

ตรวจสอบจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ด้วยกันคือ

2.1 การตรวจสอบความเป็นปกติ (Normality Test)

เนื่องจากข้อมูลคุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ถือว่าเป็นกลุ่มตัวอย่าง ไม่ได้มาจากประชากรทั้งหมด ซึ่งหากต้องการนำข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างไปทำการอนุมานถึงประชากรทั้งหมด จะต้องแน่ใจว่า ข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติก่อน หากไม่เช่นนั้น การทดสอบสมติฐานด้วยเครื่องมือทางสถิติอื่นๆ ก็จะให้ผลที่คลาดเคลื่อนตั้งแต่น้อยจนถึงยอมรับไม่ได้ โดยการทดสอบจะใช้หลักเกณฑ์ของ Kolmogorov-Smirnov ซึ่งจะสังเกตตัวแปรได้ว่ามีการแจกแจงเป็นแบบปกติได้โดยดูจากค่า α ที่มากกว่า 0.05 โดยกำหนด Type I Error (ปฏิเสธว่ามีการแจกแจงปกติทั้งๆ ที่ตัวแปรมีการแจกแจงปกติ) อยู่ที่ 5% ซึ่งถ้า α ของตัวแปรมีค่ามากกว่า 0.05 ตัวแปรดังกล่าวก็ถือว่ามีการแจกแจงแบบปกติ แต่ถ้าพบว่าตัวแปรไม่มีการแจกแจงแบบปกติ จะต้องทำการปรับค่าตัวแปรให้มีการแจกแจงใกล้เคียงกับการแจกแจงเป็นปกติให้มากที่สุด โดยทำการ Take Log10 หรือ Square Root ซึ่งจะใช้ค่าความเอนเอียง (Skewness) เป็นตัววัด ซึ่งถ้าพบว่าวิธีใดใน 2 วิธีดังกล่าวมีค่าใกล้ 0 มากที่สุด จะเลือกวิธีการแปลงค่านั้น โดยผลการแปลงค่าจะแสดงในส่วนผลการทดลองถัดไป

2.2 การตรวจสอบปัญหา Multicollinearity

เนื่องจากตัวแปรอิสระหรือคุณภาพน้ำดิบมีจำนวนมากกว่า 1 ตัวแปร เป็นไปได้ที่ตัวแปรอิสระที่มีอยู่อาจมีความสัมพันธ์กันเองได้ โดยตัวแปรอิสระจะต้องมีอิสระในตัวมันเอง เป็นตัวแปรที่ไม่ยุ่งเกี่ยวกับตัวแปรใดๆ แต่ถ้าหากพบว่ามีสหสัมพันธ์กันเองมากกว่า 2 ตัวขึ้นไป ก็จะเกิดปัญหาที่เรียกว่า Multicollinearity ซึ่งวิธีการตรวจสอบว่าเกิดปัญหา Multicollinearity ทำได้โดยการตรวจสอบค่า VIF หรือ Variance Inflation Factor ซึ่งถ้าตัวแปรมีค่าไม่เกิน 10 จะไม่พบปัญหา Multicollinearity และสามารถนำข้อมูลไปใช้วิเคราะห์ต่อไปได้ โดยผลการตรวจสอบค่า VIF จะแสดงในส่วนผลการทดลองถัดไป

2.3 การตรวจสอบความเป็น Linearity

เป็นข้อตกลงเบื้องต้นในการนำไปวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล และเป็นการหารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระต่างๆ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยใช้แผนภูมิกระจายของชุดตัวแปรอิสระหรือ Scatter Plot ซึ่งแต่ละจุดในภาพเป็นค่าของตัวแปรอิสระตัวหนึ่งกับตัวแปรอิสระตัวหนึ่ง ซึ่งการใช้แผนภาพ Diagram จะช่วยให้มองเห็นภาพของรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรได้ดี

เมื่อทำการตรวจสอบข้อมูลคุณภาพน้ำดิบเบื้องต้น ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้สารเคมีและคุณภาพของน้ำดิบ ซึ่งพบว่ามีเทคนิคที่สามารถนำมาวิเคราะห์ผลได้อย่างเหมาะสมก็คือ เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล ซึ่งจะแสดงในส่วนผลการทดลองถัดไป

3. ผลการทดลอง

สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญดังนี้

3.1 ผลการตรวจสอบข้อมูลคุณภาพน้ำดิบ

ขั้นตอนแรก เป็นผลการทดสอบค่าความเป็น Normality ตามรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 แสดงค่า Normality Test ทำให้เห็นว่าตัวแปรอิสระทุกตัวมีค่า Significance อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.05 หรือกล่าวได้ว่าข้อมูลไม่เป็นตัวแทนที่ดีในการนำไปวิเคราะห์ จึงทำให้ต้องเปลี่ยนค่าของตัวแปรอิสระ โดยจะทำการเปลี่ยนค่าของตัวแปรที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณของคุณภาพน้ำดิบที่ต้องทำการเปลี่ยนค่ามีดังนี้ 1) คลอรีนอิสระตกค้าง (FreeResidualCL) 2) ของแข็งแขวนลอย (SS) 3) ความนำไฟฟ้า (Conductivity) 4) ความเป็นด่าง (Alkalinity) 5) ค่าการบริโภคออกซิเจน (OC) 6) ออกซิเจนละลายน้ำ (DO) 7) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3N) 8) เหล็ก (Fe) 9) แมงกานีส (Mn) 10) สาหร่าย (Algae)

ขั้นตอนที่สอง แสดงผลของการวิเคราะห์ปัญหา Multicollinearity ของตัวแปรอิสระหรือตัวแปรด้าน

Tests of Normality

	Kolmogorov Smomoy[a]			Shapiro Wilk		
	Statistic	**df**	**siq.**	**Statistic**	**df**	**siq.**
Rawwater	.078	366	.000	.972	366	.000
Color	.164	366	.000	.802	366	.000
FreeResidualCL	.224	366	.000	.776	366	.000
SS	.186	366	.000	.764	366	.000
Conductivity	.078	366	.000	.961	366	.000
Turbidity	.223	366	.000	.746	366	.000
Alkalinity	.061	366	.000	.982	366	.000
PH	.067	366	.000	.989	366	.000
OC	.088	366	.000	.970	366	.000
DO	.055	366	.000	.983	366	.000
NH_3N	.476	366	.000	.419	366	.000
FE	.531	366	.000	.299	366	.000
MN	.538	366	.000	.206	366	.000
Algae	.385	366	.000	.274	366	.000

a, Liliefors Significance Correction

รูปที่ 2 ความเป็น Collinearity

คุณภาพน้ำดิบทั้ง 14 ตัวแปร ว่ามีปัญหา Multicollinearity เกิดขึ้นหรือไม่ โดยพิจารณาจากรูปที่ 3

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นถึงค่า VIF ของแต่ละตัวแปรว่ามีความสัมพันธ์กันในชุดตัวแปรอิสระมากเท่าใด จากตารางจะเห็นว่าค่า VIF แต่ละตัวแปรไม่ถึง 10 จึงทำให้ตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์เหล่านี้ไม่เกิดปัญหา Multicollinearity ขึ้น [3] สามารถนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไปได้

ขั้นตอนที่สาม เป็นการแสดงผลของการทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง หรือที่เรียกว่า Linearity โดยผลปรากฏว่าตัวแปรคุณภาพน้ำดิบแต่ละคู่มีความสัมพันธ์กันอยู่ 3 แบบ คือ 1) มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก 2) มีความสัมพันธ์กันเชิงลบ และ 3) ตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กัน โดยสามารถคาดคะเนตัวแปรหนึ่งจากข้อมูลอีกตัวแปรหนึ่งได้ เช่น คาดว่าความขุ่นจะสูงขึ้นเมื่อสีของน้ำและมีสารแขวนลอยในน้ำเพิ่มขึ้น (สัมพันธ์เชิงบวก) คาดว่าความขุ่นจะลดลงเมื่อความนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้น (ความสัมพันธ์เชิงลบ) ซึ่งความขุ่นน้อยลงแปลว่าน้ำมีความใสสะอาด น้ำจึงเป็นตัวกลางในการนำกระแสไฟฟ้าได้ดี หรือไม่ว่าความขุ่นจะเปลี่ยนแปลงมากน้อยเพียงใด NH_3N ก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปน้อยมากหรือเท่าเดิม (ไม่สัมพันธ์กัน) เป็นต้น

Model		Collinearity Statistics	
		Tolerance	**VIF**
1	Rawwater	.402	2.488
	Color	.328	3.053
	Free ResidualSQ	.668	1.498
	SSlog10	.230	4.354
	Conduction10	.124	8.075
	Turbid	.117	8.542
	AlkalinityLog10	.153	6.520
	PH	.322	3.101
	OClog10	.189	5.300
	DO	.168	5.960
	NH_3NSQ	.878	1.139
	FESQ	.293	3.409
	MNSQ	.341	2.929
	AlgaeLog10	.778	1.286

รูปที่ 3 ค่า Normality Test

3.2 ผลของการวิเคราะห์รูปแบบความสัมพันธ์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล

งานวิจัยเรื่องนี้มุ่งทราบอิทธิพลของตัวแปรอิสระคือคุณภาพน้ำดิบทั้ง 14 ตัวแปร ที่มีต่อตัวแปรตามคือปริมาณการใช้สารเคมี 7 ตัว และในส่วนการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล เนื่องจากตัวแปรตามมีจำนวนน้อยกว่าตัวแปรอิสระ คือมีตัวแปรตาม 7 ตัว ดังนั้นจะมีค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล 7 ค่า และสัมประสิทธิ์คาโนนิคอลของตัวแปรต่างๆ ที่สอดคล้องกับค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

ดังกล่าว 7 ชุด การพิจารณาว่าตัวแปรในชุดตัวแปรอิสระกับในชุดตัวแปรตาม ตัวใดบ้างที่สัมพันธ์กัน จะพิจารณาจากขนาดและเครื่องหมายของสัมประสิทธิ์คาโนนิคอลของตัวแปรเหล่านั้น ตัวแปรที่มีสัมประสิทธิ์คาโนนิคอลสูงและมีเครื่องหมายเป็นอย่างเดียวกัน ตัวแปรเหล่านั้นจะมีความสัมพันธ์ในทางบวกซึ่งกันและกัน โดยในแต่ละชุดของสัมประสิทธิ์คาโนนิคอลมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ ที่เรียกว่า ค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical R)

โดยคู่แรกจะมีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด ตามรูปที่ 4 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.9489 คู่ถัดๆ ไปจะมีค่าน้อยลงเรื่อยๆ โดยค่าสหสัมพันธ์นี้เกิดจากการรวมกันเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของตัวแปรต่างๆ ตามค่าน้ำหนักถดถอยในชุดต่างๆ ในชุดที่สองจะให้ค่าสหสัมพันธ์ที่ไม่สัมพันธ์กับชุดแรก และจะเป็นค่าสหสัมพันธ์ที่เป็นไปได้สูงสุด เมื่อหักความแปรปรวนของชุดแรกออกไป และจะเป็นลักษณะแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 7 ชุด

ดังนั้นจะพบว่าสามารถสรุปออกมาเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ โดยใช้เทคนิคสหสัมพันธ์ได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมการสหสัมพันธ์คาโนนิคอลใน Root ที่ 1

Root	สมการสหสัมพันธ์คาโนนิคอล
1	**(0.61)Alum+(-0.36)Chlorine**+(0.01)Lime +(0.36)Polymer+(-0.03)PACl +(0.41)Act.Carbon+(0.03)H_2O_2 = (0.02)Raw water+(-0.005)Color **+(-0.15)Free Resid.ChlorineSQ** +(-0.08)SSlog10+(-0.02)Conductlog10 **+(0.92)Turbid**+(-0.05)Alkalinitylog10 +(0.05)PH+(0.01)OClog10+**(-0.13)DO** +(-0.02)NH_3NSQ+**(0.50)FeSQ** +(0.004)MnSQ+(-0.005)Algaelog10

พบว่าใน Root ที่ 1 จะมีค่าความสัมพันธ์หรือค่า Rc สูงที่สุด ที่เท่ากับ 0.9489 ตามรูปที่ 5 ซึ่งเป็น Root ที่สามารถนำไปอธิบายผลได้สมเหตุสมผลมากที่สุด

```
Canonical R: .9489284
 Chi-Square: 2170.157   df = (  98)   p = 0.000000
Number of valid cases:     366

             No. of     Variance       Total redundancy
             vars.      extracted      given the other set
 Left set:     7      100.00000000%    60.239868445%
Right set:    14       72.718270199%   46.826209123%
```

รูปที่ 4 ผลการทดสอบสหสัมพันธ์คาโนนิคอล

Root	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7
Value	0.9489	0.9220	0.7445	0.6062	.05515	.04653	0.2273

รูปที่ 5 ค่า Canonical R ของความสัมพันธ์ทั้ง 7 ชุด

Root	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4	Root 5	Root 6	Root 7
Value	0.900465	0.850023	.0554339	0.367493	0.304130	0.216467	0.051685

รูปที่ 6 ผลของค่า Eigenvalues ในแต่ละชุด

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล (Canonical Correlation: Rc) เป็นค่าที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรสองกลุ่ม โดยจะมีค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลหลายตัว แต่ละตัวจะแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรคาโนนิคอล (Canonical Variable) แต่ละคู่ โดยจำนวนสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจะเท่ากับจำนวนตัวแปรของกลุ่มตัวแปรที่น้อยกว่า สหสัมพันธ์คาโนนิคอลตัวแรกจะอธิบายความสัมพันธ์สูงสุดของกลุ่มตัวแปรเสมอ

ค่า Eigenvalues เป็นค่าความแปรปรวนของตัวแปร Y ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของตัวแปร X และค่า Eigenvalues จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าสหสัมพันธ์คาโนนิคอลยกกำลังสอง (Rc^2) ดังนั้นจึงใช้เป็นค่าหนึ่งในการแสดงสัดส่วนของความแปรปรวนร่วมกันระหว่างตัวแปร จึงทำให้มีค่า Eigenvalues หนึ่งค่าสำหรับสหสัมพันธ์คาโนนิคอลแต่ละตัว ดังนั้น Eigenvalues จึงมีจำนวนเท่ากับจำนวนสหสัมพันธ์คาโนนิคอล โดยค่า Eigenvalues จะเรียงลำดับจากมากไปหาน้อย และจะน้อยลงเรื่อยๆ เนื่องจากการตัดความสัมพันธ์ของค่าก่อนหน้านั้นออกไป ตามรูปที่ 6

จนทำให้ความแปรปรวนร่วมของตัวแปรน้อยมาก จนมีความแตกต่างระหว่างตัวแปรทั้งสองกลุ่ม

นอกจากนั้นจะสังเกตเห็นค่า Variance Extracted (V.E.) ของทั้งตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ เนื่องจากสหสัมพันธ์คาโนนิคอลจะสร้างตัวแปรแทนของกลุ่มขึ้นที่เรียกว่า Canonical Variate ซึ่งตัวแปรแทนของกลุ่มจะถูกวัดประสิทธิภาพการอธิบายผลต่อตัวแปรเดิมได้มากน้อยต่างกัน โดยมีค่า V.E. ในชุดตัวแปรตาม เท่ากับ 100% หมายความว่าสารเคมีที่ใช้ทั้ง 7 ชนิดที่นำมาวิเคราะห์มีการใช้จริงและใช้ครบทั้ง 7 ชนิด และค่า V.E. ในชุดตัวแปรอิสระ เท่ากับ 72.71% หมายความว่า ตัวแปรอิสระที่นำมาวิเคราะห์ เป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อคุณภาพน้ำดิบจริงทั้งหมด แต่เนื่องด้วยคุณภาพของน้ำดิบที่มีความหลากหลาย จึงทำให้ยังคงไม่สามารถอธิบายผลได้ครบทั้ง 100%

ค่า Redundancy เป็นค่าที่มีลักษณะการอธิบายผลเหมือนกับค่า R^2 ใน Multiple Regression [4] โดยจากผลการทดสอบจะสังเกตได้ว่า ในชุดตัวแปรตามจะมีค่าอยู่ที่ 60.23% หมายถึงชุดของตัวแปรอิสระทั้ง 14 ตัวแปร สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการใช้สารเคมีทั้ง 7 ชนิดได้ 60.23% ซึ่งพบว่าถ้ามีตัวแปรอิสระเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่า Redundancy สูงขึ้น เป็นต้น

จากผลการศึกษาในตารางที่ 1 พบว่าการวิเคราะห์สหสัมพันธ์คาโนนิคอล สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามได้ 2 ลักษณะตามเครื่องหมายบวกและลบ โดยชุดที่ 1 มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงที่สุด ซึ่งอธิบายผลได้ดังต่อนี้

ชุดที่ 1 สหสัมพันธ์ที่ตัวแปรในสองชุดมีต่อกันจะมีมากที่สุดได้เท่ากับ 0.9489 (สังเกตจากค่า Canonical R Root ที่ 1) แสดงว่าตัวแปรอิสระเหล่านั้นส่งผลต่อปริมาณการใช้สารเคมีหรือตัวแปรตามทั้งหมดได้สูงสุดร้อยละ 90.04 (สังเกตจากค่า Eigenvalues ใน Root ที่ 1) โดยความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองชุดเป็นไปในสองลักษณะ

ลักษณะแรก ตัวแปรตามที่ได้รับอิทธิพลมากที่สุดคือสารส้ม ส่วนสารเคมีอื่นได้รับอิทธิพลน้อย เรียกได้ว่าด้านตัวแปรตามบทบาทสำคัญอยู่ที่ปริมาณการใช้สารส้ม โดยตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการใช้สารส้ม ได้แก่ ความขุ่น (0.92) และเหล็ก (0.5) เนื่องจากในน้ำมีอนุภาค Colloid สูง และประกอบกับมีธาตุเหล็กที่ทำให้น้ำมีความขุ่นมัว โดยธาตุเหล็กเมื่อถูกปล่อยทิ้งไว้ในบรรยากาศจะทำให้น้ำขุ่นขึ้น การกำจัดความขุ่นจึงต้องใช้สารส้ม ซึ่งสารส้มจะทำให้สารแขวนลอยหรืออนุภาคคอลลอยด์จับตัวเป็นก้อน ซึ่งอนุภาคคอลลอยด์ขนาดใหญ่จะตกลงไปก้นน้ำได้เอง แต่ถ้ามีขนาดเล็กจะกระจายอยู่ในน้ำมาก มีแรงผลักของอนุภาคในน้ำอยู่ การเติมสารส้มเข้าไปก็เพื่อช่วยลดแรงผลักของอนุภาค ซึ่งถ้าเมื่อเติมสารส้มลงไปแล้วผสมกับการกวนเล็กน้อย อนุภาคจะติดกัน เกิดการจับตัวให้เป็นกลุ่มใหญ่เรียกว่า Floc ซึ่งเมื่อ Floc รวมตัวกันใหญ่ขึ้นก็จะตกตะกอนจนได้น้ำที่มีสภาพใส ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า ปริมาณการใช้สารส้มมาก จะต้องมีความขุ่นและธาตุเหล็กในน้ำมาก จึงจะทำให้ปริมาณการใช้สารส้มมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

นอกจากสารส้มที่ได้รับอิทธิพลมากที่สุดแล้ว จะเห็นว่ามีสารเคมีอีก 2 ชนิดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงกับสารส้ม ก็คือ โพลิเมอร์ (0.36) และผงถ่าน (0.41) ซึ่งสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนั้น มีคุณสมบัติในการบำบัดน้ำคล้ายกับสารส้ม โดยโพลิเมอร์ มีคุณสมบัติเป็นสารสังเคราะห์โมเลกุลยาว ช่วยในการรวมตะกอนที่เกิดจากการใช้สารส้ม ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้น้ำใสขึ้น การใช้งานจึงต้องหาปริมาณที่เหมาะสมเพื่อช่วยให้ตกตะกอน จึงไม่ค่อยมีกรณีที่ใส่ Polymer ปริมาณมากๆ เพื่อช่วยตกตะกอนความขุ่น และผงถ่าน หรือที่เรียกว่า Powder Activated Carbon ใช้ในการกำจัดกลิ่น สี หรือช่วงที่น้ำดิบผิดปรกติอย่างมาก โดยข้อดีของการใช้ผงถ่านก็คือ มีประสิทธิผลสูงในการบำบัดสารอินทรีย์และอนินทรีย์ และสามารถดูดซับสารที่ก่อให้เกิดกลิ่นได้ดี ผงถ่านเมื่อนำมาใช้ จะมีลักษณะคล้ายวัสดุกรองในถังกรอง โดยปล่อยให้น้ำเสียที่ต้องการกำจัดไหลผ่านบ่อกรองช้าๆ เพื่อให้เกิดการดูดซับได้เต็มที่ น้ำที่ผ่านการกรองนี้แล้วจะนำไปเก็บในถังเก็บน้ำใสต่อไป ดังนั้นหากพบว่าน้ำมีความขุ่นสูง ก็แปลว่าในน้ำนั้นมีสารเคมีอยู่เป็นจำนวนมาก จึงทำให้ต้องใช้สารเคมีทั้ง 2 ชนิด

เป็นส่วนเพิ่มเติม เพื่อให้น้ำมีความใสสะอาด ปราศจากกลิ่นและสี

ลักษณะที่สอง ตัวแปรตามที่ได้รับอิทธิพลมากที่สุด คือคลอรีน เรียกได้ว่าด้านตัวแปรตามบทบาทสำคัญอยู่ที่ปริมาณการใช้คลอรีน โดยตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการใช้คลอรีนได้แก่ คลอรีนอิสระตกค้างในน้ำ (–0.15) และออกซิเจนละลายน้ำ (–0.13) เนื่องจากคลอรีนมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งปกติในน้ำดิบจะมีเชื้อโรคจำนวนมาก จึงทำให้ต้องเติมคลอรีนลงในน้ำ โดยจะเติมในขนาดที่พอเหมาะ ถ้าเติมน้อยไปก็ฆ่าเชื้อโรคไม่หมด หรือถ้าเติมมากไปก็จะมีกลิ่นฉุนและกัดกร่อนวัสดุของใช้ได้ง่าย ตามหลักแล้วจะต้องมีการเติมคลอรีนในสัดส่วนที่ทำให้คลอรีนหลงเหลือในน้ำในปริมาณไม่มากหลังการบำบัดน้ำเรียบร้อยแล้ว เพื่อสามารถฆ่าเชื้อโรคหรือสิ่งมีชีวิตที่เป็นภัยได้เมื่อผู้บริโภคต้องการใช้น้ำ ดังนั้นถ้าค่าคลอรีนอิสระสูงขึ้น ก็จะส่งผลให้การใช้คลอรีนเพิ่มขึ้น ส่วนค่า DO หรือค่าออกซิเจนละลายน้ำ เป็นปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ ซึ่งปกติแล้วในน้ำดิบจะมีเชื้อโรค แบคทีเรียอยู่จำนวนมาก ซึ่งถ้ามีออกซิเจนในน้ำมาก น้ำก็จะมีสภาวะที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตรวมไปถึงเชื้อโรคหรือแบคทีเรียต่าง ๆ ทำให้ต้องใช้คลอรีนในการบำบัดมาก ผลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าปริมาณการใช้คลอรีนมากจะต้องมีค่าคลอรีนอิสระตกค้างในน้ำและออกซิเจนละลายน้ำมาก จึงจะทำให้ปริมาณการใช้คลอรีนมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น

4. อภิปรายผลและสรุป

เนื่องจากสหสัมพันธ์คาโนนิคอล ทั้งสองข้างของสมการจะมีตัวแปรหลายตัว ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว ทั้งของด้านตัวแปรอิสระและด้านตัวแปรตามเพื่อที่จะทำให้การรวมกัน (Linear Composite) ของตัวแปรตามแต่ละตัวมีค่าสหสัมพันธ์สูงสุด (Maximum Correlation) ซึ่งการรวมตัวแปรแต่ละด้านอาจทำได้หลายวิธี ซึ่งจะมีจำนวนวิธีเท่ากับจำนวนตัวแปรของชุดของตัวแปรที่มีจำนวนน้อยกว่า กล่าวคือ ถ้ามีตัวแปรอิสระ 14 ตัวแปร มีตัวแปรตาม 7 ตัวแปร การรวมตัวแปรจะทำได้เท่ากับ 7 วิธี อย่างไรก็ตามจะมีเพียงหนึ่งหรือสองวิธีแรกของการรวมตัวแปรที่เชื่อถือได้ (Reliable) และนำมาใช้แปลความหมาย ดังสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์คาโนนิคอลชุดที่ 1 มีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของตัวแปรมากที่สุด โดยการใช้สารเคมีที่มีการใช้บ่อยที่สุดคือ สารส้มและคลอรีน ซึ่งตรงตามหลักความเป็นจริงที่ว่าการประปานครหลวง มีการใช้สารเคมี 2 ชนิดอยู่ทุกวัน และการใช้สารเคมีทั้งสองจะมากหรือน้อยนั้น จะมีตัวแปรอิสระที่เป็นตัวกำหนดขนาดการใช้ของสารเคมีทั้ง 2 ชนิด ซึ่งพบว่าตัวแปรอิสระในชุดที่ 1 มีความเป็นเหตุเป็นผลมากกว่าชุดอื่น เช่น ปริมาณการใช้สารส้ม แปรผันตรงกับความขุ่นและเหล็ก ซึ่งตัวแปรอิสระทั้งสองทำให้น้ำเกิดความขุ่นโดยตรง จึงต้องใช้สารส้ม ในการทำให้เกิดตะกอนจึงจะทำให้น้ำใสขึ้น ในส่วนการใช้คลอรีน จะแปรผันตรงกับคลอรีนอิสระตกค้างและออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งตัวแปรอิสระทั้งสองทำให้รู้ว่าในน้ำมีสิ่งมีชีวิตในน้ำมากทั้งพวก เชื้อโรค แบคทีเรีย E.Coli จึงทำให้ต้องใช้คลอรีนในการกำจัดเชื้อโรค นอกจากนี้ยังพบว่าสารเคมีที่สามารถใช้ทดแทนกันได้ก็คือ โพลีอลูมินัมคลอไรด์ (PACl) ซึ่งสามารถใช้ทดแทนได้กับสารส้ม ใช้งานได้สะดวกกว่าสารส้ม เพราะมีค่าความเป็นด่างในตัว (Alkalinity) สูง โดยไม่เป็นสารอันตรายร้ายแรงใด ๆ เมื่อนำไปใช้ กล่าวคือต้องสะสมในปริมาณมากถึงจะเกิดอันตรายได้ แต่เนื่องจากราคาของสารเคมีชนิดนี้ มีราคาแพง จึงไม่นิยมนำมาใช้ และถ้าหากใช้มากจนเกินไปจะทำให้น้ำมีสารละลายมากเกินมาตรฐานได้

ดังนั้นจากสมการ Canonical จะทำให้ทราบว่ามีตัวแปรคุณภาพน้ำดิบสัมพันธ์กับสารเคมีที่ใช้ ซึ่งถ้าหากขาดตัวแปรอิสระตัวใดตัวหนึ่งไป หรือลดตัวแปรลง จะทำให้การอธิบายผลไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากคุณภาพน้ำดิบมีอยู่หลายลักษณะ ซึ่งหากสามารถนำตัวแปรมาวิเคราะห์ได้มาก จะทำให้ทราบถึงระดับการใช้ของสารเคมีชนิดต่าง ๆ ได้ จนนำไปสู่การบริหารจัดการสินค้าคงคลังที่ดีต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Y. Kaiyawan, *Multivariate statistical analysis for research*, Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2013 (in Thai).

[2] S. Tirakanan, *Multivariate variables analysis in social science research*, Bangkok: Chulalongkorn University Press, 2012 (in Thai).

[3] P. Singchangchai, *Principles and using multivariate statistics analysis for nursing research*, Songkhla: Chanmuang Press, 2006 (in Thai).

[4] J. Hair, R. Anderson, R. Tatham and W. Black, *Multivariate Data Analysis*, 5th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1998.