



การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในอนาคต โดยใช้แบบจำลองอาร์มาและแบบจำลองการزش

Forecasting future demand for water consumption using the ARIMA modal and GARCH modal

นิชา สุภาพิมพ์* (Nicha Supapim), สุเมธ แก่นมณี (Sumeth Kaenmanee)

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²รองศาสตราจารย์ประจำสาขาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Correspondent author : nimim.supapim@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในอนาคตของพื้นที่ 10 จังหวัดที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF (Riverbank Filtration) โดยใช้แบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง GARCH ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาค้นครั้งนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครายปี จำแนกรายจังหวัด ตั้งแต่ปี 2511 ถึงปี 2554 รวมทั้งสิ้น 44 ข้อมูล ที่ได้จากผลรวมของจำนวนประชากรคูณอัตราการใช้ตามมาตรฐานของความจำเป็นพื้นฐาน โดยทำการพยากรณ์ในระยะ 4 ปี ข้างหน้า จากการศึกษาทั้งแบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง GARCH พบว่า จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำปาง จังหวัดหนองคาย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดแพร่ และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ พบว่า แบบจำลอง ARIMA ให้ค่า MAPE ที่ต่ำกว่าแบบจำลอง GARCH แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ARIMA มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH

ABSTRACT

The aim of this study was to forecast the demand of water consumption in the future. The target populations were 10 provinces that are appropriate in the development of RBF (Riverbank Filtration) by using the ARIMA modal and GARCH modal. This study used the time series data of the annual population from 1968-2011 multiplied by standard rate of water consumption of basic needs covering 44 observations, and made 4 years forward forecast. Results of the study indicated that Chiang Mai province has the highest demand for water, followed by Surat Thani Province, Chiang Rai Province, Nakhon Sawan Province, Lampang Province, Nong Khai Province, Kamphaeng Phet Province, Pichit Province, Phrae Province, and Chai Nat Province. Then comparing the

predictions between the ARIMA modal and GARCH modal, They found of the ARIMA modal that the MAPE lower than the GARCH modal shows that the ARIMA modal has the ability to forecast accurately than GARCH modal.

Keywords : forecast demand for water, ARIMA modal, GARCH modal

คำสำคัญ : การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำ, แบบจำลองอาร์มา, แบบจำลองการช

1. บทนำ

ทรัพยากรน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่จำเป็นและสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและระบบเศรษฐกิจทั้งทางตรงในด้านการเป็นปัจจัยการผลิตและทางอ้อมที่ส่งผลกระทบต่ออุปโภคบริโภคของประชาชนที่เป็นทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยปกติสถานการณ์ทรัพยากรน้ำของประเทศไทยในแต่ละฤดู ประสบกับปัญหาที่แตกต่างกันคือ ปัญหาราคาขาดแคลนน้ในฤดูแล้ง และปัญหาน้ล้นเกินในฤดูฝน นอกจากนี้ในฤดูหนาวระดับน้ำได้ลดลงอย่างรวดเร็วอันเนื่องมาจากข้อจำกัดในด้านกายภาพของการเก็บกักน้ำผิวดินและการมีล้นน้ำไม่มากนัก ทั้งนี้เกิดจากปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาที่มีผลกระทบต่อประเทศไทยบ่อยขึ้น ทำให้เกิดน้ำท่วม ภัยแล้ง ทำให้ขาดแคลนแหล่งน้ำทั้งใต้ดินและผิวดิน โดยเฉพาะในหลายพื้นที่ที่อยู่ห่างจากลำน้ำสาขาหลักของประเทศ ปริมาณการใช้น้ำของประเทศไทยโดยภาพรวมในปี พ.ศ. 2552 มีค่าประมาณ 37,092 ล้านลูกบาศก์เมตร (สุจริต คุณธนกุลวงศ์, 2550) ซึ่งผลิตกัน้รวมรวมในประเทศปี 2552 มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 9,041,551 ล้านบาท เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำทั้งประเทศกับผลิตกัน้รวมรวมในประเทศ พบว่า น้ำหนึ่งหน่วยสามารถสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ 243.76 บาทต่อลูกบาศก์เมตรต่อปี และสามารถสร้างรายได้ให้กับประชากรได้ประมาณ 3.64 บาทต่อลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและการประปาส่วนภูมิภาคสาขาต่างๆในเบื้องต้น ของโครงการเกี่ยวกับยุทธศาสตร์การใช้น้ำของประชาชน พบว่า ในทุกๆ จังหวัดมีความต้องการใช้น้ำที่สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ชนบทที่อยู่ห่างจากลำน้ำสาขาหลักของ

ประเทศ ซึ่งมีความขาดแคลนน้ทั้งปริมาณและคุณภาพ ถึงแม้ว่าประชาชนในชนบทจะทำแหล่งน้ำผิวดินและขุดบ่อบาดาลเองในบางส่วน แต่ก็ยังประสบกับปัญหาเหล็กแมงกานีส และความขุ่นสูง ในภาคเมืองพบว่าการประปาส่วนภูมิภาคมีความต้องการใช้น้ำที่สูง ประสบกับปัญหาการขาดแคลนแหล่งน้ำผลิตจ่าย และขั้นตอนการทำให้ น้ำสะอาดมีต้นทุนที่สูง เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำให้มีจำนวนมากขึ้นและเพื่อให้ประชาชนในท้องถิ่นที่อยู่ห่างไกลจากลำน้ำสาขาที่มักจะประสบกับปัญหาราคาขาดแคลนน้ทั้งปริมาณและคุณภาพ ได้มีน้ำสะอาดใช้ได้เพียงพอต่อความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต การพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลระบบ RBF (Riverbank Filtration) สามารถช่วยเพิ่มปริมาณน้ำ และแก้ไขปัญหาราคาขาดแคลนน้ทั้งในด้านของปริมาณและคุณภาพ การพัฒนาระบบ RBF เป็นระบบสูบน้ำผสมผสานระหว่างน้ำบาดาลที่กักเก็บในตะกอนหินร่วนน้ำพาและน้ำในแม่น้ำที่ซึมผ่านชั้นกรวดทรายสู่ชั้นน้ำบาดาลตามชายฝั่งแม่น้ำ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554) จึงเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการผลิตน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและการอุตสาหกรรม ถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกของแหล่งน้ำที่จะขาดแคลนในอนาคต เป็นผลดีต่อการนำน้ำดิบที่ได้มาผลิตน้ำเพื่อมาใช้แก้ปัญหาราคาขาดแคลนน้ทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของประชาชนทั้งภาคเมืองและภาคชนบทที่มีความเป็นเมืองมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อความต้องการใช้น้ำมากขึ้น

จากการศึกษาของศูนย์วิจัยน้ำบาดาลมหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่า พื้นที่ศักยภาพที่มีความเหมาะสมในการออกแบบระบบ RBF ครอบคลุมพื้นที่ 10 จังหวัด ซึ่งจังหวัดเหล่านั้นเป็นจังหวัดที่กระจายอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศซึ่งได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดแพร่ จังหวัดลำปาง จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดชัยนาท จังหวัด

หนองคาย และจังหวัดสุราษฎร์ธานี การพัฒนาระบบ RBF มีหลายขนาดและสามารถบริหารจัดการตามความต้องการของแต่ละพื้นที่ได้ จึงเหมาะที่จะเป็นแหล่งน้ำแหล่งใหม่เพื่อแก้ปัญหาแหล่งน้ำที่จะขาดแคลนในอนาคตจากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าปริมาณแหล่งน้ำมีความไม่แน่นอน เนื่องจากปรากฏการณ์เอลนีโญ และลานีญา และความต้องการใช้น้ำเพื่อการผลิตมีมากขึ้นเพราะแนวโน้มในด้านนโยบายของประเทศทุกรัฐบาลต้องการขยายตัวเศรษฐกิจให้มากขึ้นเพื่อรายได้และการทำงานที่มากขึ้น การขาดแคลนน้ำจึงประเด็นสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ทำการศึกษาถึงความต้องการใช้น้ำและความขาดแคลนในภาพรวม แต่ยังไม่มีการศึกษาใน 10 พื้นที่ จึงเป็นที่มาของการศึกษาว่าในพื้นที่ 10 จังหวัดมีความต้องการใช้น้ำมากน้อยเพียงใด เพื่อที่จะได้จัดหาแหล่งน้ำรองรับกับความต้องการที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ฉะนั้นจึงต้องหาเครื่องมือในการพยากรณ์การใช้น้ำในอนาคต จากการศึกษาวิจัยตัวอย่างเกี่ยวกับการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำและความต้องการใช้ไฟฟ้าในหลายเล่มที่ผ่านมา พบว่าการพยากรณ์ด้วยวิธี Box-Jenkin ให้ค่าคลาดเคลื่อนที่น้อยกว่าการพยากรณ์วิธีอื่น เช่น ธนวัต อ่องอินทศิริ (2546) ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำประปาในระยะสั้นของการประปานครหลวง ได้ทำการศึกษาคือความต้องการใช้น้ำประปาโดยใช้แบบจำลองอาร์มา โดยใช้ข้อมูลเป็นรายเดือน จำนวน 140 เดือน เพื่อพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้า 6 เดือน พบว่า ได้ค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่เกิดขึ้นจริงซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วิโรจน์ หวังสมศรี (2547) ได้ศึกษาการพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้ากรณีศึกษา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง โดยการวิเคราะห์เชิงพรรณนาและการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้รูปแบบในการพยากรณ์แบบ ARIMA (Box-Jenkin) พบว่า ปริมาณในความต้องการใช้ไฟฟ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปีอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกับความต้องการใช้น้ำ ผู้ศึกษาจึงได้นำเทคนิควิธี Box-Jenkin มาใช้ในการศึกษา และเนื่องจากแบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่ได้รับคามนิยมและมีการพัฒนาปรับปรุงเป็น ARCH และ GARCH ผู้ศึกษา

จึงได้ทำการศึกษาแบบจำลอง GARCH เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมระหว่างแบบจำลองทั้งสองแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในอนาคต

2. วิธีการวิจัย

การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคในอนาคตของพื้นที่ศักยภาพที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF 10 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร จังหวัดชัยนาท จังหวัดหนองคายและจังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบจำลอง ARIMA ตามแบบวิธี Box-Jenkin และแบบจำลอง GARCH เพื่อเทียบหาแบบจำลองที่เหมาะสม ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครายปี จำแนกรายจังหวัด ตั้งแต่ปี 2511-2554 รวมทั้งสิ้น 44 ข้อมูล ที่ได้จากผลรวมของจำนวนประชากรคูณอัตราการใช้น้ำตามมาตรฐานของความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ) โดยทำการพยากรณ์ในระยะ 4 ปีข้างหน้า ได้แก่ปี 2555-2558 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลอง ARIMA และ แบบจำลอง GARCH สามารถทำได้โดยเริ่มจากการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วยวิธี Unit root test เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์มีลักษณะ stationary หรือ non-stationary หากข้อมูลอนุกรมเวลาที่ใช้มีลักษณะ non-stationary ต้องทำการปรับข้อมูลโดยวิธีการหาผลต่าง เพื่อให้ข้อมูลมีลักษณะ stationary ก่อน จากนั้นทำการกำหนดรูปแบบของแบบจำลอง ARIMA (p,d,q) โดยการพิจารณาจาก Correlogram เพื่อดูความสัมพันธ์ของข้อมูลและค่า Akaike Information Criterion (AIC) เพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่าแบบจำลองควรจะมี Autoregressive (p) เท่าใด และ Moving average (q) เท่าใด โดยเลือกที่รูปแบบที่มีค่า AIC และ BIC ต่ำที่สุด จากนั้นประมาณค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ไปทำการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และหาค่า MAPE ของการพยากรณ์ จากรูปแบบ

ของแบบจำลอง ARIMA ที่เหมาะสมต่อการพยากรณ์ นำแบบจำลองที่ได้มาประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิเคราะห์ตามวิธีแบบจำลอง GARCH-M เพื่อแทนค่า GARCH (variance) ลงใน Mean Equation เพื่อพยากรณ์ค่าปริมาณความต้องการใช้น้ำ เนื่องจาก GARCH บรรณาการพยากรณ์แค่ค่า variance เท่านั้น จากนั้นกำหนดรูปแบบ GARCH-M และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยพิจารณาจากค่า AIC และ BIC ที่มีค่าต่ำที่สุด แล้วประมาณค่าสัมประสิทธิ์เพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ไปทำการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และหาค่า MAPE ของการพยากรณ์ การศึกษานี้ได้แบ่งการพยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ Historical Forecast, Ex – post Forecast และ Ex – ante Forecast โดย Historical Forecast คือทำการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตจนถึงช่วงเวลาที่ยังพิจารณาและเนื่องจากการพยากรณ์ข้อมูลล่วงหน้านั้น จะทำให้เกิดความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จากการพยากรณ์นั้น มีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด ดังนั้นเพื่อที่จะทราบว่า แบบจำลองที่ประมาณขึ้นมานั้น สามารถที่จะพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด จึงได้ใช้การพยากรณ์แบบ Ex - post Forecast กล่าวคือ เป็นการพยากรณ์ข้อมูลในช่วงเวลาที่ข้อมูลจริงเกิดขึ้นแล้ว โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้

น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครายปี ตั้งแต่ปี 2511-2554 เป็นตัวแทนอนุกรมเวลาภายหลังจากที่เลือกแบบจำลองที่ใช้เป็นตัวแทนอนุกรมเวลาข้อมูลได้แล้ว จะทำการพยากรณ์ล่วงหน้า (Ex – ante Forecast) กล่าวคือ เป็นการพยากรณ์ในช่วงเวลาที่ยังไม่มีข้อมูลจริงเกิดขึ้นต่อไป ซึ่งได้แก่ช่วงปี 2555-2558

3. ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average Modal) พบว่า ลักษณะของข้อมูลทั้ง 10 จังหวัด มีลักษณะเคลื่อนที่แบบแนวโน้ม (Trend Data) โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ข้อมูลมีลักษณะที่ไม่นิ่ง (Non-Stationary) ซึ่งไม่สามารถนำไปสร้างแบบจำลองได้ เพราะจะทำให้เกิดผลลวง (Spurious Results) สามารถแก้ไขได้โดยแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูป 1st Difference วิธีการนี้จะทำให้ข้อมูลมีความนิ่ง (Stationary) พร้อมทั้งจะนำไปสร้างแบบจำลองต่อไป ดังผลการทดสอบความนิ่ง (unit root test) ในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงผลการทดสอบความนิ่งโดยวิธี ADF และเลือกวิธีการทดสอบแบบ trend and intercept

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความนิ่ง (unit root test) จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Eviews 5.1

ADF Unit Root		Prob.*	ADF-test statistic	1%	5%	10%
จังหวัดกำแพงเพชร	Level	0.7331	-1.03276	-3.592462	-2.931404	-2.603944
	1 st Difference	0	-5.922253	-3.596616	-2.933158	-2.604867
	2 nd differences	0	-7.04849	-3.610453	-2.938987	-2.607932
จังหวัดชัยนาท	Level	0.3346	-2.482909	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-6.704591	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0.0001	-5.989389	-4.243644	-3.544284	-3.204699
จังหวัดเชียงใหม่	Level	0.5378	-2.087638	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0.0001	-6.028689	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-7.14487	-4.205004	-3.526609	-3.194611
จังหวัดเชียงราย	Level	0.7712	-1.61322	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0.0001	-5.881947	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-9.838102	-4.198503	-3.523623	-3.192902
จังหวัดพิจิตร	Level	0.5974	-1.976154	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0.0001	-5.893588	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-10.02947	-4.198503	-3.523623	-3.192902
จังหวัดแพร่	Level	0.0776	-3.313827	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-7.108905	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-7.68817	-4.243644	-3.544284	-3.204699
จังหวัดนครสวรรค์	Level	0.5889	-1.992297	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-6.335475	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-7.268967	-4.205004	-3.526609	-3.194611
จังหวัดสุราษฎร์ธานี	Level	0.8783	-1.285523	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-7.205946	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-7.516322	-4.205004	-3.526609	-3.194611
จังหวัดหนองคาย	Level	0.3835	-2.381646	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-6.070014	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0.0001	-6.045197	-4.226815	-3.536601	-3.20032
จังหวัดลำปาง	Level	0.3547	-2.440454	-4.186481	-3.51809	-3.189732
	1 st Difference	0	-7.567714	-4.192337	-3.520787	-3.191277
	2 nd differences	0	-12.40259	-4.198503	-3.523623	-3.192902

จากผลการศึกษาผู้ศึกษาได้สร้างแบบจำลอง ARIMA โดยพิจารณาจากค่า AIC ที่ต่ำที่สุด พบว่าแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของแต่ละจังหวัดมีรูปแบบดังนี้

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร คือ แบบจำลอง ARIMA_KPG (3,1,3) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta KPG = 0.019 - 0.0211 KPG_{t-1} - 0.2065 KPG_{t-2} + 0.4636 KPG_{t-3} + \epsilon_t - 0.0898 \epsilon_{t-1} + 0.0257 \epsilon_{t-2} - 0.9287 \epsilon_{t-3}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 27.33

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดชัยนาท คือ แบบจำลอง ARIMA_CNT (1,1,1) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta CNT = 0.0139 + 0.6923 CNT_{t-1} + \epsilon_t - 0.9974 \epsilon_{t-1}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 4.72

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดเชียงใหม่ คือ แบบจำลอง ARIMA_CMI (2,1,1) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta CMI = 0.0163 + 0.901 CMI_{t-1} - 0.1297 CMI_{t-2} + \epsilon_t - 1.3605 \epsilon_{t-1}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 19.04

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดเชียงราย คือ แบบจำลอง ARIMA_CRI (2,1,2) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta CRI = 0.0124 + 0.3044 CRI_{t-1} - 0.8479 CRI_{t-2} + \epsilon_t - 0.322 \epsilon_{t-1} + 0.9949 \epsilon_{t-2}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 15.94

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดพิจิตร คือ แบบจำลอง ARIMA_PCK (3,1,1) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta PCK = 0.0201 - 0.7466 PCK_{t-1} + 0.1144 PCK_{t-2} - 0.831 PCK_{t-3} + \epsilon_t + 1.3685 \epsilon_{t-1}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 12.64

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดแพร่ คือ แบบจำลอง ARIMA_PRE (1,1,1) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta PRE = 0.0131 + 0.3624 PRE_{t-1} + \epsilon_t - 1.3519 \epsilon_{t-1}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.56

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดนครสวรรค์ คือ แบบจำลอง ARIMA_NSN (3,1,3) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ ΔNSN

$= 0.019 - 0.0351 NSN_{t-1} + 0.8518 NSN_{t-2} - 0.1716 NSN_{t-3} + \epsilon_t + 0.0256 \epsilon_{t-1} - 1.7520 \epsilon_{t-2} - 0.0139 \epsilon_{t-3}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 12.65

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี คือ แบบจำลอง ARIMA_SNI (2,1,2) โดยมี

สมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta SNI = 0.03787 - 0.6984 SNI_{t-1} - 0.6576 SNI_{t-2} + \epsilon_t + 0.6814 \epsilon_{t-1} + 0.9949 \epsilon_{t-2}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 11.66

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดหนองคาย คือ แบบจำลอง ARIMA_NKI (3,1,3) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta NKI = 0.0218 + 0.1641 NKI_{t-1} + 0.0488 NKI_{t-2} + 0.2155 NKI_{t-3} + \epsilon_t - 0.3228 \epsilon_{t-1} + 0.3883 \epsilon_{t-2} - 0.9225 \epsilon_{t-3}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 25.41

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดลำปาง คือ แบบจำลอง ARIMA_LPG (1,1,1) โดยมีสมการในการพยากรณ์ คือ $\Delta LPG = 0.0173 + 0.6258 LPG_{t-1} + \epsilon_t - 1.3258 \epsilon_{t-1}$ ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 12.19

จากการศึกษารูปแบบการพยากรณ์ของแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของแต่ละจังหวัดที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ได้ผลการพยากรณ์ดังตารางที่ 2 ซึ่งได้รวบรวมผลการพยากรณ์รูปแบบของแบบจำลองที่นำมาใช้สร้างค่าพยากรณ์ของแต่ละจังหวัด รวมถึงค่า MAPE อีกด้วย โดยตารางดังกล่าวจะนำเสนอผลการพยากรณ์จังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุดไปหาจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำน้อยที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำปาง จังหวัดหนองคาย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดแพร่ และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ จากผลการศึกษาโดยใช้แบบจำลอง GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity Modal) ผู้ศึกษาได้สร้างแบบจำลอง โดยพิจารณาจากค่า AIC พบ

ว่าแบบจำลองที่เหมาะสมของแต่ละจังหวัด ดังนี้

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดกำแพงเพชร คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_KPG (3,1,3) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 27.84

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดชัยนาท คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CNT (1,1,1) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 5.79

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดเชียงใหม่ คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CMI (2,1,1) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 17.01

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดเชียงราย คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CRI (2,1,2) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 16.08

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ของจังหวัดพิจิตร คือ แบบจำลอง GARCH – M (3,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_PCK (3,1,1) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 10.17

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่า

พยากรณ์ของจังหวัดแพร่ คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_PRE (1,1,1) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 3.58

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้าง

ค่าพยากรณ์ของจังหวัดนครสวรรค์ คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_NSN (3,1,3) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 23.04

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้าง

ค่าพยากรณ์ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_SNI (2,1,2) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 13.03

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่า

พยากรณ์ของจังหวัดหนองคาย คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_NKI (3,1,3) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 27.25

แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่า

พยากรณ์ของจังหวัดลำปาง คือ แบบจำลอง GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_LPG (1,1,1) ซึ่งให้ค่า MAPE เท่ากับ 15.34

ตารางที่ 2 แสดงผลการพยากรณ์รูปแบบของแบบจำลอง ARIMA จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Eviews 5.1
หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร

จังหวัด	แบบจำลอง	2555	2556	2557	2558	MAPE
เชียงใหม่	ARIMA_CMI (2,1,1)	54.71	55.61	56.52	57.45	19.04
สุราษฎร์ธานี	ARIMA_SNI (2,1,2)	39.59	40.19	41.91	44.06	11.66
เชียงราย	ARIMA_CRI (2,1,2)	33.75	34.27	34.4	34.66	15.94
นครสวรรค์	ARIMA_NSN (3,1,3)	31.12	31.72	32.32	32.95	12.65
ลำปาง	ARIMA_LPG (1,1,1)	25.81	26.35	26.86	27.37	12.19
หนองคาย	ARIMA_NKI (3,1,3)	22.95	22.43	24.21	24.89	25.41
กำแพงเพชร	ARIMA_KPG (3,1,3)	19.15	19.52	19.89	20.28	27.33
พิจิตร	ARIMA_PCK (3,1,1)	15.22	15.64	15.91	16.28	12.64
แพร่	ARIMA_PRE (1,1,1)	12.29	12.5	12.68	12.85	3.56
ชัยนาท	ARIMA_CNT (1,1,1)	9.16	9.29	9.42	9.56	4.72

จากการศึกษารูปแบบการพยากรณ์ของแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของแต่ละจังหวัดที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ได้ผลการพยากรณ์ดังตารางที่ 3 ซึ่งได้รวบรวมผลการพยากรณ์รูปแบบของแบบจำลองที่นำมาใช้สร้างค่าพยากรณ์ของแต่ละจังหวัด รวมถึงค่า MAPE อีกด้วย โดยตารางดังกล่าวจะนำเสนอผลการพยากรณ์จังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงสุดไปหาจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำน้อยที่สุดจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมาคือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำปาง

จังหวัดหนองคาย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดแพร่ และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ พบว่าแบบจำลอง ARIMA ของจังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดชัยนาท จังหวัดเชียงราย จังหวัดแพร่ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดหนองคาย และจังหวัดลำปาง มีความแม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH ส่วนจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิจิตร แบบจำลอง GARCH มีความแม่นยำกว่าแบบจำลอง ARIMA แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง ARIMA มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH

ตารางที่ 3 แสดงผลการพยากรณ์รูปแบบของแบบจำลอง GARCH จากการคำนวณด้วยโปรแกรม Eviews 5.1

หน่วย : ล้านลูกบาศก์เมตร

จังหวัด / แบบจำลอง	2555	2556	2557	2558	MAPE
<u>เชียงใหม่</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CMI (2,1,1)	55.70	57.63	59.51	61.40	17.01
<u>สุราษฎร์ธานี</u> GARCH – M (1,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_SNI (2,1,2)	38.61	39.68	41.18	42.76	13.03
<u>เชียงราย</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CRI (2,1,2)	32.44	32.77	34.07	34.72	16.08
<u>นครสวรรค์</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_NSN (3,1,3)	31.38	32.16	32.92	33.66	23.04
<u>ลำปาง</u> GARCH – M (1,3) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_LPG (1,1,1)	25.91	26.58	27.27	27.97	15.34
<u>หนองคาย</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_NKI (3,1,3)	22.95	22.43	24.21	24.89	27.25
<u>กำแพงเพชร</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_KPG (3,1,3)	19.24	19.81	20.35	20.78	27.84
<u>พิจิตร</u> GARCH – M (3,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_PCK (3,1,1)	15.21	15.48	15.76	16.02	10.17
<u>แพร่</u> GARCH – M (1,1) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_PRE (1,1,1)	12.17	12.32	12.48	12.64	3.58
<u>ชัยนาท</u> GARCH – M (1,2) ซึ่งสร้างจาก ARIMA_CNT (1,1,1)	9.20	9.35	9.52	9.68	5.79

ตารางที่ 4 แสดงอัตราการการขยายตัวทางเศรษฐกิจของ 10 จังหวัดและแนวโน้มความต้องการใช้น้ำในอนาคต
หน่วย : ร้อยละ

จังหวัด	2555	2556	2557	2558	อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ	ความต้องการใช้น้ำในอนาคต
เชียงใหม่	2.26	2.21	2.17	2.12	ปานกลาง	ค่อนข้างมาก
สุราษฎร์ธานี	3.71	3.58	3.46	3.34	มาก	มาก
เชียงราย	3.4	3.28	3.18	3.08	มาก	มาก
นครสวรรค์	2.44	2.38	2.33	2.27	ปานกลาง	ค่อนข้างมาก
ลำปาง	4.56	4.36	4.18	4.01	มาก	มาก
หนองคาย	3.58	3.45	3.34	3.23	มาก	มาก
กำแพงเพชร	6.38	6	5.66	5.35	สูง	มากที่สุด
พิจิตร	2.64	2.57	2.51	2.45	ปานกลาง	ค่อนข้างมาก
แพร่	4.73	4.51	4.32	4.14	มาก	มาก
ชัยนาท	0.85	0.849	0.842	0.83	ต่ำ	น้อย

เมื่อทำการพยากรณ์อัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจในอนาคตของแต่ละจังหวัดพบว่า มีอัตราการขยายตัวที่แตกต่างกัน โดยผู้ศึกษาได้กำหนดให้ อัตราการขยายตัวร้อยละ 0 เป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจในระดับต่ำ มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำน้อย อัตราการขยายตัวร้อยละ 1-2 ถือว่าเป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจในระดับปานกลาง มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำค่อนข้างมาก อัตราการขยายตัวร้อยละ 3-4 เป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจในระดับมาก มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำมาก และอัตราการขยายตัวร้อยละ 5-6 เป็นการขยายตัวทางเศรษฐกิจในระดับสูง มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำมากที่สุด ดังตารางที่ 4 จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า จังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำปาง จังหวัดหนองคาย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดแพร่ และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ โดยแต่ละจังหวัดจะมีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำในอนาคตตามอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ

4. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของพื้นที่ 10 จังหวัด ที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ซึ่งได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดลำปาง จังหวัดแพร่ จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพิจิตร จังหวัดชัยนาท จังหวัดหนองคาย และจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้แบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง GARCH จากการศึกษารูปแบบการพยากรณ์ของแบบจำลอง ARIMA และ GARCH ที่มีความเหมาะสมในการสร้างค่าพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของแต่ละจังหวัดที่มีความเหมาะสมในการพัฒนาระบบ RBF ทั้ง 10 จังหวัด จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าจังหวัดเชียงใหม่เป็นจังหวัดที่มีความต้องการใช้น้ำสูงที่สุด รองลงมา คือ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดเชียงราย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดลำปาง จังหวัดหนองคาย จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดพิจิตร จังหวัดแพร่ และจังหวัดชัยนาท ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ของแบบจำลอง ARIMA และ GARCH

โดยพิจารณาจากค่า MAPE (Mean Absolute Percentage Error) พบว่าแบบจำลอง ARIMA ของจังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดชัยนาท จังหวัดเชียงราย จังหวัดแพร่ จังหวัด นครสวรรค์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดหนองคาย และ จังหวัดลำปางมีค่า MAPE ต่ำกว่าแบบจำลอง GARCH ส่วนจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดพิจิตร แบบจำลอง GARCH มีค่า MAPE ต่ำกว่าแบบจำลอง ARIMA แสดงให้เห็นว่า แบบจำลอง ARIMA มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนุชศรา เกสรประทุม (2550) และจตุพร จันตะโมกษ์ (2550) ซึ่งได้ทำการศึกษการเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ระหว่างแบบจำลอง กับแบบจำลอง ARIMA แบบจำลอง GARCH-M ผลจากการศึกษาของทั้ง 2 งานวิจัย พบว่า แบบจำลอง ARIMA มีความแม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH-M

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการเอื้อเฟื้อข้อมูลเกี่ยวกับโครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) จากศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น สถาบันยุทธศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล มหาวิทยาลัยขอนแก่น สถาบันยุทธศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่ให้การเอื้อเฟื้อข้อมูล ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จบรรลุผลด้วยดี

6. เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2554. โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 “รายงานการวางแผนดำเนินการขั้นต้น”. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2554. โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 “รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1”. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล.

กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2554. โครงการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (Riverbank Filtration) ระยะที่ 1 “รายงานฉบับกลาง”. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรน้ำบาดาล.

จตุพร จันตะโมกษ์. 2550. การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาน้ำมันดิบระหว่างแบบจำลองนิเวรอลเน็ตเวิร์ค กับแบบจำลองอาร์มาการ์เซียม. รายงานการค้นคว้าแบบอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คูสิต ดวงมาตย์พล. 2550. โครงการขยายประสาทเทียมสำหรับการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำประปารายเดือนของสำนักงานประปาเขต 7 การประปาส่วนภูมิภาค. การค้นคว้าแบบอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ธนวัต อ่องอินทศิริ. 2546. การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำประปา ระยะสั้น กรณีศึกษาการประปานครหลวง. วิทยานิพนธ์ปริญญา เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

นุชศรา เกสรประทุม. 2550. การเปรียบเทียบความแม่นยำในการพยากรณ์ราคาทองคำระหว่างแบบจำลองนิเวรอลเน็ตเวิร์ค กับแบบจำลองอาร์มาการ์เซียม. รายงานการค้นคว้าแบบอิสระปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิโรจน์ หวังสมักร์. 2547. การพยากรณ์ความต้องการใช้ไฟฟ้า กรณีศึกษา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เขต 1 ภาคกลาง (พระนครศรีอยุธยา). สารนิพนธ์ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ธุรกิจ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

สุจริต คุณชนกุลวงศ์, วินัย เขาวนวิวัฒน์, โชคชัย สุทธิ
 ธรรมจิต, วรรณวลี วงศ์เกษมสันต์, เดือนเพ็ญ
 ปุณยขงกูร, วิชิตา เหมเสถียรและ สุกานดา
 พุทธประเสริฐ. 2549. สถานการณ์การใช้น้ำ
 ของประเทศไทย. หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบ
 การจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Agthe, Donald E. and Billings R.B. 1980. "Dynamic
 Modals of Residential Water Demand." Water
 Resources Research, 16(June), 476-480.

Danielson, Leon E. 1979. "An analysis of Residential
 Demand for water using Micro Time Series
 Data." Water Resources Research, 15(August),
 763-767.

Foster, Henry S., Jr., and Bruce R. Beatties. 1979.
 "Urban Residential Demand for Water in
 the United States." Land Economics, 55
 (February), 43-58.

Howe, Charles W., and F.P. Linaweaver, Jr. 1967. The
 Impact of Price on Residential Water Demand
 and Its Relation to System Design and Price
 Structure. Water Resources Resarch 3 (February
 1967) : 13-32.

Sethaputra S., t. Panayotou and W. 1990. Vute.
 Water Shortages : Managing Demand to Expand
 Supply. The 1990 TDRI, Year-End Conference.