



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการแนวโน้มทางประชากรและความต้องการน้ำประปา
ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร.มาร์ค เฟิลเคอร์ และคณะ
สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

มีนาคม 2562

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ

แนวโน้มประชากรและความต้องการน้ำประปา
ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาร์ก เฟิลแคร์

อาจารย์ ดร. ธีรพงศ์ สกฤศรี

นางสาวธีรณัฐ ก้อนแก้ว

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

ชุดโครงการ

“นโยบายเพื่อส่งเสริมความมั่นคงทางประชากรของประเทศไทย”

สนับสนุนโดย

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทสรุปผู้บริหาร

การศึกษาเรื่องแนวโน้มประชากรและความต้องการน้ำประปาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการประเมินความต้องการน้ำทั้งภายในประเทศและต่างประเทศและเพื่อประเมินความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยจึงกำหนดวิธีการศึกษา 3 แนวทางหลัก คือ 1) การวิจัยเอกสาร (Documentary Research) ประกอบด้วย การทบทวนเอกสารภาพรวมของเอกสารหรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินความต้องการน้ำทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำมาเป็นแนวทางในการประเมินความต้องการน้ำและผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำที่แม่นยำหรือใกล้เคียงที่สุดกับความต้องการน้ำในอนาคต 2) การวิจัยภาคสนาม (Field study research) ประกอบด้วย การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ให้ข้อมูลสำคัญในภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ความเห็นถึงแนวทางในการวิเคราะห์ข้อมูลและการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ และ 3) การวิจัยเชิงปริมาณ ประกอบด้วย การรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และจากนั้นจึงเรียบเรียงเป็นรายงานผลการศึกษาดังกล่าว โดยแนวทางในการวิจัยเชิงปริมาณ แบ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ขั้นตอนหลัก คือ

1) การวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำด้วยการสร้างแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ โดยผลการวิเคราะห์สมการถดถอยสมการที่ 1 ของจำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือนกับขนาดประชากรและขนาดครัวเรือน พบว่าจำนวนผู้ใช้น้ำครัวเรือน สามารถพยากรณ์ได้ด้วยจำนวนประชากรและขนาดครัวเรือน ที่ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่า Adjusted R^2) ระดับ 0.990 ซึ่งเป็นไปตามที่คาดไว้คือ จำนวนประชากรมีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนผู้ใช้น้ำในขณะที่ยังมีขนาดครัวเรือนมีผลกระทบเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลการวิเคราะห์สมการที่ 2 การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนและตัวแปรกำหนดความต้องการ ด้วยแบบจำลอง 2 แบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ 1 เป็นแบบจำลองเต็มรูปแบบที่มีตัวแปรครบทุกตัว โดยใช้ Stepwise Regression ได้แก่ จำนวนผู้ใช้น้ำ รายได้ครัวเรือน ค่าเช่า และปริมาณน้ำฝน ซึ่งพบว่ามีเพียงจำนวนผู้ใช้น้ำที่มีผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการวิเคราะห์โดยแบบจำลองที่ 2 เป็นแบบจำลองลดตัวแปร โดยลดตัวแปรต้นเหลือจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นตัวแปรต้นตัวเดียวเพียงตัวแปรเดียว พบว่าระดับนัยสำคัญของตัวแปรนี้และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่า Adjusted R^2) สูงกว่าแบบจำลองที่ 1 และจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองที่ลดตัวแปรลง พบว่าการเพิ่มขึ้นของประชากรจำนวน 1 ล้านคนทำให้ความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนเพิ่มเป็น 193.7 ล้านลูกบาศก์เมตร

2) การวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต ระหว่างปี 2018-2038 ซึ่งในการคาดประมาณความต้องการน้ำในอนาคตในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผู้วิจัยจึงได้สร้างภาพจำลองขนาดของประชากรและขนาดครัวเรือนในอนาคตในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยให้มีขนาดของประชากรและขนาดครัวเรือนตามช่วงเวลาระหว่างปี 2018-2038 จากนั้นนำปัจจัยประชากรและครัวเรือนมาเชื่อมโยงสมการของผู้ใช้น้ำที่ประมาณการไว้แล้วเพื่อให้ได้ภาพจำลองที่เป็นค่าพยากรณ์ของจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคต ในแบบจำลองทั้งสามระดับ

คือ แบบจำลองระดับต่ำ แบบจำลองระดับกลาง และแบบจำลองระดับสูง โดยแบบจำลองจะเชื่อมโยงเข้ากับสมการความต้องการน้ำที่คาดการณ์ไว้ก่อนหน้านี้เพื่อให้ได้ภาพจำลองความต้องการน้ำในอนาคต

ในการคาดการณ์ระดับปานกลางมีสมมติฐานว่าขนาดของประชากรจะเพิ่มขึ้นตามการคาดประมาณโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในปี 2013 คือเพิ่มขึ้น 8.95 ล้านคนในปี 2038 และครัวเรือนจะมีขนาดเล็กลงโดยเฉลี่ย 1.93 คนต่อครัวเรือน

ในการคาดการณ์ระดับสูง มีสมมติฐานว่าประชากรจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 โดยเพิ่มขึ้นเป็น 8.8 ล้านคนในปี 2038 ครัวเรือนมีขนาด 2.05 คนต่อครัวเรือน

ในการคาดการณ์ระดับต่ำ มีสมมติฐานว่าจำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยที่ 1.82 คนต่อครัวเรือน

ผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของครัวเรือนในอนาคต ในปี 2018-2038 สำหรับการคาดการณ์ระดับปานกลาง พบว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 674 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2018 เป็น 692 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2020 และหลังจากปี 2020 ความต้องการน้ำจะยังคงค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นและคาดว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น 723 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2025 เพิ่มขึ้นเป็น 742 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2030 และเพิ่มขึ้นเป็น 754 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2038 โดยความต้องการน้ำเฉลี่ยต่อปีจะเท่ากับ 177 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือสูงขึ้นร้อยละ 11.9 ในปี 2038 เมื่อเทียบกับปี 2018 ในการคาดการณ์ระดับสูงผลการวิเคราะห์พบว่า ความต้องการน้ำในปี 2038 จะสูงกว่าปี 2018 ร้อยละ 14.9 หรือเพิ่มขึ้นอีก 101 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ระดับต่ำพบว่า ความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 8.6 ในปี 2038 หรือเพิ่มขึ้นอีก 58 ล้านลูกบาศก์เมตรจากปี 2018

จากการดำเนินการวิเคราะห์การคาดประมาณความต้องการใช้น้ำในครัวเรือน ปี 2018-2038 คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปแลกเปลี่ยนกับหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องหลักในการกำหนดนโยบายและเกี่ยวข้องกับการดำเนินการด้านความต้องการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยผลจากการแลกเปลี่ยน ในส่วนของแนวนโยบายการพัฒนาเมืองในภาพรวมนั้น พบว่า พื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล จะยังคงเป็นพื้นที่ที่ดึงดูดแรงงานทั้งภายในและภายนอกประเทศต่อไปและมีการสันนิษฐานกันว่า ขนาดของครัวเรือนจะเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกับประชากรในประเทศพัฒนาแล้ว และลักษณะการอยู่อาศัยและลักษณะที่พักอาศัยจะมีความหนาแน่นมากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่

หากพิจารณาถึงแนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามพื้นที่ที่เป็นรอยเชื่อมต่อนี้ จะพบว่าหลายพื้นที่ที่มีการพัฒนาเส้นทางคมนาคมและระบบสาธารณูปโภคนั้นได้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่ที่เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ด้วยเหตุนี้ในการบริหารจัดการน้ำจึงต้องมีความสอดคล้องกับความต้องการใช้น้ำเพื่อไม่ให้เกิดการขาดแคลนน้ำประปาในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งการดำเนินการในส่วนนี้มีความเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับผู้จ่ายน้ำ ที่ต้องพัฒนาระบบการจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (เช่น การลดการรั่วไหลของน้ำ เป็นต้น) ในขณะที่ผู้ใช้น้ำ ก็สามารถลดการใช้น้ำในระดับครัวเรือนได้ถ้ามีการรณรงค์ให้ประชาชนมีความตระหนักในสิ่งแวดล้อม (เช่น รณรงค์ประหยัดน้ำ) การให้แรงจูงใจประหยัดน้ำ และส่งเสริมให้มีเครื่องใช้ในครัวเรือนที่ประหยัดน้ำกว่าเดิม ซึ่งหากหากพิจารณาในประเด็นเกี่ยวกับ “ขนาดประชากรที่เหมาะสม” ในประเทศ

ไทย ก็จะทำให้เห็นความสำคัญของการวิเคราะห์ในรายละเอียดอื่น ๆ ด้านการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ที่เป็นเรื่องสำคัญเพราะอาจทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ได้

ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอดังนี้

ข้อเสนอในเชิงนโยบาย

ประการแรก ในประเด็นเรื่องแนวทางในการคาดประมาณความต้องการน้ำ ขอเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือมีหน้าที่โดยตรงในการผลิตและจำหน่ายน้ำ พิจารณาแนวทางที่ได้เสนอในรายงานฉบับนี้เป็นทางเลือก โดยนำปัจจัยกำหนดอื่นที่มีความสำคัญในการหนดความต้องการน้ำมาใช้ในการคิดคำนวณ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าว เป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความต้องการน้ำและจะนำมาสู่การกำหนดมาตรการที่สำคัญในการดำเนินการ เช่น มาตรการด้านราคา และการอนุรักษ์น้ำ เป็นต้น

ประการที่สอง ประเด็นในเรื่องของการจัดเก็บข้อมูลสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือมีหน้าที่โดยตรงในการผลิตและจำหน่ายน้ำ เสนอแนวทางการจัดเก็บข้อมูลผู้ใช้น้ำที่มีรายละเอียดเพิ่มเติม เช่น จำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือน โดยเฉพาะครัวเรือนที่มีการขายเหมาเพื่อให้มีระบบฐานข้อมูลในการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

ประการที่สาม ประเด็นสำหรับหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องในการวางแผนพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและผังเมือง ควรพิจารณาถึงประเด็นการกระจายระบบสาธารณูปโภคไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ที่เป็นส่วนขยายของเมืองหรือเป็นส่วนที่รองรับการเจริญเติบโตของเมืองเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดการกระจุกตัวของประชาชนในพื้นที่เล็ก ๆ ซึ่งไม่เพียงเฉพาะแต่ระบบน้ำ แต่รวมไปถึงระบบอื่น ๆ เช่น ระบบการคมนาคมขนส่ง ระบบการดูแลสุขภาพ เพื่อให้เกิดความสะดวกรบาย ความปลอดภัยในการใช้ชีวิตและจะเป็นการช่วยให้เกิดการพัฒนาเขตเศรษฐกิจในพื้นที่อื่นเพิ่มมากยิ่งขึ้นและเกิดความเท่าเทียมกันมากขึ้นทั่วประเทศและลดการกระจุกตัวของประชากรที่เกิดจากการย้ายถิ่นฐานและเกิดการกระจายตัวอย่างเหมาะสมของประชากร

ประการที่สี่ ในประเด็นเรื่องการใช้้ำของผู้ใช้น้ำ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเริ่มพิจารณาในรายละเอียดของพฤติกรรมการใช้้ำของกลุ่มครัวเรือนที่มีการใช้้ำเกินระดับจำเป็นแก่การครองชีพ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้น้ำที่มีรายได้สูง ด้วยการพิจารณาเพิ่มอัตราค่า้ำสำหรับผู้ใช้น้ำเกินระดับความจำเป็นแก่การครองชีพให้สูงขึ้นเนื่องจากหากไม่มีการกำหนดแนวทางในการควบคุม ในอนาคตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑลและเมืองใหญ่อื่น ๆ มีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ รวมถึงการเพิ่มมาตรการในการจัดการอุปสงค์ของการใช้้ำให้มีความเข้มข้นมากยิ่งขึ้น เช่น การรณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนมีการใช้้ำอย่างเหมาะสมและถูกวิธีและส่งเสริมให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ประหยัดน้ำให้มากยิ่งขึ้น รวมถึงการสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยในการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลด้านการใช้้ำและการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการประหยัดน้ำที่มีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น เป็นต้น

ข้อเสนอเพื่อการวิจัยในอนาคต

ประการแรก เสนอให้มีการวิเคราะห์การคาดการณ์ความต้องการน้ำในกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มอื่นเพิ่มเติม เช่น ในกลุ่มธุรกิจ อุตสาหกรรม โรงแรม ศูนย์การค้า และสถานที่ราชการ เป็นต้น เพื่อให้เห็นความต้องการในการใช้น้ำในภาพรวมและขยายการศึกษาไปยังพื้นที่อื่นๆ เนื่องจากไม่สามารถดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้เนื่องจากข้อจำกัดด้าน ข้อมูล เวลาและงบประมาณ

ประการที่สอง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้ใช้น้ำเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความต้องการน้ำและนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการในการดำเนินการด้านอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

สัญญาเลขที่ RDG6110013
ชื่อโครงการ โครงการวิจัยแนวโน้มประชากรและความต้องการน้ำประปาในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
และปริมณฑล
ชื่อนักวิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาร์ก เฟลลแชร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรพงศ์ สกุลศรี
E-mail Address: marc.voe@mahidol.edu
ระยะเวลาโครงการ 18 ธันวาคม 2560 – 17 ธันวาคม 2561 (12 เดือน)

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องแนวโน้มประชากรและความต้องการน้ำประปาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการการประเมินความต้องการน้ำทั้งภายในประเทศและต่างประเทศเพื่อหาแนวทางในการประเมินความต้องการน้ำของผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ในการศึกษาครั้งนี้ ในส่วนของการทบทวนเอกสาร ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการต่าง ๆ ในการพยากรณ์ความต้องการน้ำและนำวิธีการที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาทำการประเมินความต้องการน้ำประเภทที่อยู่อาศัยในอนาคตของพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลด้วยการจำลองสถานการณ์ด้านประชากรที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยข้อค้นพบที่จะได้จากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการกำหนดนโยบายเพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืนและนำแนวทางที่ได้จากการศึกษาใช้เป็นแนวทางในการประเมินความต้องการน้ำในอนาคต

ผลจากการศึกษาวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำ ในปี 2018-2038 โดยการสร้างภาพจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภายใต้สมมติฐาน 3 ระดับ โดยผลการคาดการณ์ระดับปานกลาง พบว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นจาก 674 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2018 เป็น 692 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2020 และหลังจากปี 2020 ความต้องการน้ำจะยังคงค่อยๆ เพิ่มขึ้นและคาดว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น 723 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2025 เพิ่มขึ้นเป็น 742 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2030 และเพิ่มขึ้นถึง 754 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2038 โดยความต้องการน้ำเฉลี่ยต่อปีจะเท่ากับ 177 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือสูงขึ้นร้อยละ 11.9 ในปี 2038 เมื่อเทียบกับปี 2018 ในการคาดการณ์ระดับสูงผลการวิเคราะห์พบว่า ความต้องการน้ำในปี 2038 จะสูงกว่าปี 2018 ร้อยละ 14.9 หรือเพิ่มขึ้นอีก 101 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ระดับต่ำพบว่า ความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 8.6 ในปี 2038 หรือเพิ่มขึ้นอีก 58 ล้านลูกบาศก์เมตรจากปี 2018

คำสำคัญ...การวิเคราะห์ความต้องการน้ำ, ผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัย, กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Project Code: RDG6110013
Project Title: Population trends and tap-water demand in Bangkok Metropolitan Region
Investigator: Asst.Prof.Dr, Marc Voelker and Asst.Prof.Dr. Teeranong Sakulsri
E-mail Address: marc.voe@mahidol.edu
Project Period: 18 December 2017 – 17 December 2018 (12 months)

Abstract

This study reviews methods to estimate water demand and makes a projection of future residential water demand in a case study of the Bangkok Metropolitan Region.

The projection of future residential water demand is based on projected future scenarios of population change in terms of total population size and average household size. The results are expected to be useful for policy-makers in Thailand who are concerned with designing policies aimed at securing a sustainable water management given projected future scenarios of population change.

The findings from the analysis of water demand in 2018-2038 through three scenarios are as follows. The moderate-bound scenario gives a forecast of demand from 674 million m³ in 2018 to 692 million m³ in 2020. Water demand after 2020 will increase slowly from 723 million m³ in 2025 to 742 million m³ in 2030, then increasing to 754 million m³ in 2038. Annually, the average water demand stays at 177 million m³ or 11.9 percent higher in 2038 compared to 2018. In the high-bound scenario from 2018, water demand will rise by 14.9 percent or 101 million m³ in 2038. In the low-bound scenario, water demand will rise by 8.6 percent in 2038 or 58 million m³ from 2018.

Keywords: Estimation of water demand, Residential water users,
Bangkok Metropolitan Region

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร.....	ค
บทคัดย่อไทย-อังกฤษ.....	ช-ช
กิตติกรรมประกาศ	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	5
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	5
1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	5
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย	5
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	7
บทที่ 3 วิธีการศึกษาวิจัย.....	31
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย	33
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำ.....	33
4.2 การวิเคราะห์แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ	37
4.3 ผลการวิเคราะห์ประมาณน้ำในอนาคต ระหว่างปี 2018-2038.....	40
4.4 ผลการแลกเปลี่ยนกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง.....	42
บทที่ 5 อภิปราย สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	49

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1	หน่วยงานและภารกิจที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ (ไม่รวมภาคเอกชน)	8
ตารางที่ 2.2	แผนและนโยบายการบริหารจัดการน้ำที่ผ่านมา (ที่มติคณะรัฐมนตรีรองรับ)	9
ตารางที่ 2.3	รายชื่อบทความที่ทำการทบทวน	22
ตารางที่ 4.1	ตัวแปรในแบบจำลองถดถอย	37
ตารางที่ 4.2	ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ 1 ของจำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือนกับขนาดประชากร และขนาดครัวเรือน	38
ตารางที่ 4.3	ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ 2 ปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำด้วย แบบจำลองเต็มรูปแบบและแบบจำลองลดตัวแปร	39
ตารางที่ 4.4	แสดงปัจจัยกำหนดกับการคาดการณ์ 3 ระดับ	41

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1	แสดงพื้นที่จังหวัดนนทบุรี บริเวณถนนงามวงศ์วานและถนนรัตนาธิเบศร์ เริ่มจากแยกพงษ์เพชรถึงแยกถนนกาญจนาภิเษก (ระดับความสูงของอาคารตั้งแต่ 1-38 ชั้น)	27
ภาพที่ 2.2	แสดงพื้นที่จังหวัดนครปฐม บริเวณถนนบรมราชชนนีและถนนเพชรเกษม เริ่มจากแยกทางหลวงหมายเลข 3310 (พุทธมณฑลสาย 5) ถึงแยกเข้านครปฐม (ระดับความสูงของอาคารตั้งแต่ 1-8 ชั้น)	28
ภาพที่ 2.3	แสดงพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ บริเวณแนวถนนสุขุมวิท สถานีไฟฟ้าแรงถึงศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-40 ชั้น)	28
ภาพที่ 2.4	แสดงพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร บริเวณถนนพระราม 2 และถนนธนบุรี-ปากท่อ ถึงศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-10 ชั้น)	29
ภาพที่ 2.5	แสดงพื้นที่จังหวัดปทุมธานี บริเวณถนนพหลโยธิน ถนนรังสิต-ปทุมธานี เริ่มจากแยกอนุสรณ์สถานถึงศาลากลาง จ. ปทุมธานี (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-12 ชั้น)	29
ภาพที่ 4.1	ปริมาณการจำหน่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำตามบ้านในปี 2008-2017	33
ภาพที่ 4.2	ค่าของปัจจัยกำหนดการจำหน่ายน้ำให้กับครัวเรือน ปี 2008- 2017	36
ภาพที่ 4.3	แสดงค่าความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์	40
ภาพที่ 4.4	ผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของครัวเรือน ปี 2018-2038	42

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยเรื่อง แนวโน้มประชากรและความต้องการน้ำประปาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ขอขอบคุณผู้ให้ข้อมูลทุกท่านที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์เวลาในการให้การสัมภาษณ์และให้ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการที่ปรึกษาโครงการฯ ทุกท่านที่กรุณาสละเวลาและให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าตลอดระยะเวลาที่ศึกษา และขอขอบคุณ สำนักงานกองทุนในสนับสนุนการวิจัย ที่เห็นความสำคัญของปัญหาเพื่อนำไปสู่การเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต และให้การสนับสนุนงบประมาณและอำนวยความสะดวกในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างดี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร การเติบโตทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของชุมชนเมืองเป็นแรงขับเคลื่อนทำให้ทรัพยากรทรัพยากรธรรมชาติสำคัญถูกนำมาใช้อย่างมากมายทั้งเพื่อการดำรงชีวิตและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ โดยเฉพาะน้ำ โดยสถาบันจัดการน้ำระหว่างประเทศ (IWMI) ประเมินการว่าในราวปี ค.ศ. 2025 ประชากร 4,000 ล้านคน ใน 48 ประเทศ (2 ใน 3 ของประชากรโลก) จะเผชิญกับปัญหาความขาดแคลนน้ำ ในขณะที่ธนาคารโลกประมาณการว่า 30 ปีข้างหน้า ประชากรครึ่งหนึ่งของโลก จะประสบกับภาวะขาดแคลนน้ำ

ในอดีตวิกฤตการณ์น้ำที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ มักเป็นปัญหาการขาดแคลนน้ำในฤดูแล้ง ตามวัฏจักรวงจรของธรรมชาติ แต่ปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนน้ำเกิดขึ้นนอกฤดูกาล โดยวิกฤตน้ำที่กำลังเผชิญอยู่มีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย ทั้งการขาดประสิทธิภาพในการบริหารจัดการน้ำ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ปริมาณความต้องการใช้น้ำที่เพิ่มมากขึ้นจากทุกภาคส่วน โดยเฉพาะภาคอุตสาหกรรม และสถานการณ์แหล่งน้ำสะอาดถูกคุกคามจากผู้ก่อมลพิษ (ส่วนปฏิบัติการ ศูนย์อำนวยการบรรเทาสาธารณภัย, 2557) ทั้งนี้ ปัญหาการจัดการน้ำในประเทศไทยที่สำคัญส่วนหนึ่ง เกิดจากการที่สถาบันหรือกติกากลางที่ดูแลการจัดการน้ำ ที่เคยใช้จัดการน้ำนั้นเริ่มไม่เหมาะสมกับสภาพความต้องการใช้น้ำในประเทศที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วตามการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจและสังคม การขาดแคลนน้ำในหน้าแล้งนั้นยังจะรุนแรงขึ้น เพราะการขยายตัวของเมืองในตอนบนของกลุ่มน้ำเหนือเขื่อนใหญ่ทั้ง 2 เขื่อนของไทย คือ เขื่อนภูมิพลและเขื่อนสิริกิติ์ ในขณะที่ความต้องการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างก็ขยายตัวเช่นเดียวกัน ก่อให้เกิดภาวะแย่งชิงน้ำ การปล่อยให้ความต้องการเพิ่มขึ้นได้ตลอดเวลาโดยไม่มีต้นทุนสำหรับผู้ใช้น้ำ ทำให้เกิดการใช้น้ำที่ฟุ่มเฟือยขาดประสิทธิภาพและเกิดมลพิษทางน้ำในระดับที่สูงกว่าปกติ และส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำ ทั้งน้ำบนผิวดิน และน้ำใต้ดินในระยะยาว (มิ่งสรรพ, 2554)

ในการใช้น้ำในประเทศไทยอาจแบ่งออกได้เป็น 5 ประเภทหลักๆ ได้แก่ 1) การใช้น้ำเพื่อการเกษตรชลประทานและการปศุสัตว์ 2) การใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค 3) การใช้น้ำในโรงงานอุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว 4) การใช้น้ำในการผลิตไฟฟ้า และ 5) การใช้น้ำในการรักษาสมดุลนิเวศท้ายน้ำ โดยการใช้น้ำในสามประเภทแรกถือเป็นกิจกรรมหลักของการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคภายในประเทศโดยมีปริมาณความต้องการใช้น้ำประมาณ 82.75 ลูกบาศก์กิโลเมตรต่อปี ในปี 2559 ภาคกลางมีความต้องการใช้น้ำมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคใต้ ตามลำดับ ทั้งนี้หมู่บ้านที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดภัยแล้งในระดับปานกลางถึงระดับรุนแรงมีประมาณร้อยละ 34.0 ของจำนวนหมู่บ้านทั้งประเทศ โดยลุ่มน้ำภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเสี่ยงมากที่สุด ความเข้มข้นของกิจกรรมต่างๆ ที่ต้องการน้ำ ทั้งบริเวณต้นน้ำ กลางน้ำและปลายน้ำทำให้สถานการณ์การใช้น้ำของประเทศไทยเข้าสู่ภาวะตึงเครียดและเกิดปัญหาการจัดสรรน้ำ โอกาสที่ความรุนแรงของ

ปัญหาการขาดแคลนน้ำและความขัดแย้งจากการแย่งชิงน้ำระหว่างลุ่มน้ำและระหว่างภาคการผลิตจะเพิ่มสูงขึ้นในทุกสาขาการผลิต เมื่อเกิดภาวะขาดแคลนน้ำ แนวทางการบริหารจัดการน้ำของประเทศไทย คือการพยายามจัดหา น้ำให้มากขึ้นและเพียงพอต่อความต้องการ ปัจจุบันประเทศไทยมีความสามารถเก็บกักน้ำเพื่อนำมาใช้งานได้ในฤดู แล้ง 74,000 ล้านลูกบาศก์เมตร แต่สามารถใช้ได้จริงเพียงปีละประมาณ 55,000 ล้านลูกบาศก์เมตร และใช้ได้ เฉพาะในพื้นที่ชลประทานเท่านั้นแต่เมื่อความต้องการน้ำมากขึ้นเป็นลำดับก็มีแนวโน้มที่จะนำไปสู่การเกิดขึ้นของ ภาวะขาดแคลนน้ำ (กรมประชาสัมพันธ์, 2559)

แนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยาในฤดูแล้ง รัฐบาลได้ใช้วิธีการผันน้ำจาก แม่น้ำแม่กลองผ่านแม่น้ำท่าจีนลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา ในปีปกติ น้ำจากลุ่มน้ำแม่กลองจะถูกผันเข้าลุ่มน้ำเจ้าพระยา ประมาณ 1,000 ล้านลูกบาศก์เมตร อย่างไรก็ตาม ในอนาคตมีแนวโน้มว่าความต้องการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลองจะมาก ขึ้น เพราะการขยายตัวของอุตสาหกรรมท่องเที่ยวในลุ่มน้ำแม่กลองตอนบน และการขยายตัวของอุตสาหกรรมและ เมืองในลุ่มน้ำแม่กลองตอนล่าง โดยเฉพาะการขยายตัวของการท่องเที่ยวที่ยังมิได้เคยนำมาเป็นปัจจัยรวมอยู่ในการ คิดความต้องการน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง อย่างไรก็ตาม ในการผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำ จำเป็นต้องตอบคำถามที่สำคัญ คือ ความต้องการใช้น้ำเป็นอย่างไร และการดึงน้ำออกจากลุ่มน้ำแม่กลอง (เช่น จากสาขาการเกษตร) เพื่อเอาน้ำดิบ ป้อนการผลิตน้ำประปาในเขตเมืองหลวงและปริมณฑล จะเป็นผลดีต่อสังคมส่วนรวมในเชิงประสิทธิภาพหรือไม่ และคุ้มค่ากับการลงทุนหรือไม่ เมื่อเทียบกับการดึงน้ำออกจากสาขาการเกษตร (มิ่งสรรพ, 2554)

ในส่วนของการใช้น้ำเพื่อการบริโภคการอุปโภคบริโภค จากข้อมูลของการประปานครหลวง และการ ประปาส่วนภูมิภาค แสดงให้เห็นว่า ในปี 2549 คนไทยใช้น้ำเฉลี่ยวันละ 36 ลิตรต่อคน และมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น โดยในปี 2555 ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวันเพิ่มเป็น 48 ลิตรต่อคน โดยผลจาก ข้อมูลการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน พ.ศ. 2558 พบว่า แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคของครัวเรือน ไทยส่วนใหญ่ใช้น้ำประปา (ร้อยละ 82.1) รองลงมาคือ น้ำบ่อหรือน้ำบาดาลภายในบ้าน (ร้อยละ 11.8) น้ำบ่อหรือน้ำบาดาลนอกบ้าน (ร้อยละ 2.9) และน้ำจากแม่น้ำ ลำธาร คลอง น้ำตก (ร้อยละ 2.0) ตามลำดับ และครัวเรือนทุก ภูมิภาคใช้น้ำประปาภายในบ้านมากที่สุด

ในภาพรวมแหล่งที่มาของน้ำเพื่อการบริโภคในครัวเรือน 3 อันดับแรกคือ น้ำดื่มบรรจุขวด/ตู้ น้ำดื่มหยอด เหยี่ยู (ร้อยละ 53.1) น้ำประปาที่ผ่านการบำบัดโดยการต้มหรือการกรอง (ร้อยละ 21.4) และ น้ำฝน (ร้อยละ 16.0) ตามลำดับ เมื่อพิจารณาการใช้น้ำประปาสำหรับดื่มในแต่ละภาคพบว่า ครัวเรือนที่อาศัยอยู่ใน กรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการใช้น้ำประปาที่ผ่านการบำบัดโดยการต้มหรือการกรอง มากกว่าครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในภูมิภาคอื่นๆ (ร้อยละ 58.0) ในขณะเดียวกันคนที่อาศัยอยู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีการใช้น้ำประปาที่ผ่านการบำบัดโดยการต้มหรือการกรองน้อยกว่าคนที่อาศัยอยู่ในภูมิภาคอื่นๆ (ร้อยละ 7.6) นอกจากนี้ครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และสมุทรปราการใช้น้ำดื่มบรรจุขวดหรือตู้ น้ำดื่มหยอดเหยี่ยูน้อยกว่าครัวเรือนในภูมิภาคอื่นๆ (ร้อยละ 40.4) ในขณะที่ประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ความต้องการใช้น้ำของมนุษย์ก็เพิ่มขึ้นไปด้วย จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ชัดเจนว่า น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำเพื่อการ อุปโภคบริโภคที่สำคัญที่สุดสำหรับประชาชนไทย การบริหารจัดการการใช้น้ำจึงยิ่งทวีความสำคัญโดยเฉพาะเมื่อ ขนาดของประชากรแปรผกผันกับขนาดของทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศไทย จากข้อมูลดังกล่าว จึงอาจสรุปได้ว่า

แหล่งน้ำเพื่อการดำรงชีวิตที่สำคัญเพื่อการบริโภคโดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่มน้ำภาคกลางนั้นคือ น้ำประปาและน้ำดื่มบรรจุภัณฑ์

ในการคาดประมาณความต้องการน้ำเพื่อการวางแผนกำลังการผลิตและการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานของระบบ โดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับสามวิธีได้แก่ การพยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์ การพยากรณ์อนุกรมเวลา และการพยากรณ์การใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ โดยวิธีการพยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์จะอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ทางสถิติประมาณการทางข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกันระหว่างปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) และปริมาณการใช้น้ำ (ตัวแปรตาม) โดยสมมติว่าความสัมพันธ์เหล่านั้นจะยังคงไปในอนาคต ส่วนชุดวิธีการอนุกรมเวลาการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำโดยตรงโดยไม่ต้องมีการคาดการณ์ ซึ่งขึ้นอยู่กับประวัติการบริโภคน้ำ ตัวแปรด้านภูมิอากาศ เช่น ปริมาณฝนตก อุณหภูมิของอากาศ ความชื้น ความเร็วลม เป็นต้น (Zhou et al., 2000 อ้างถึงใน เอกราช, 2557) และสำหรับการพยากรณ์ความต้องการน้ำในอนาคต ในบางการศึกษาได้รวมปัจจัยเศรษฐกิจประชากรและสภาพอากาศในแบบจำลองความต้องการน้ำใช้ ราคาของน้ำ และรายได้ต่อหัวเข้ามาเป็นปัจจัยเกี่ยวข้อง (Billink and Agthe, 1998 อ้างถึงใน เอกราช, 2557)

สำหรับประเทศไทย การประเมินปริมาณความต้องการน้ำ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2551) ได้แบ่งความต้องการใช้น้ำออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคและความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม โดย *การศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค* เป็นการศึกษาถึงความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของประชากรทั้งหมดที่อาศัยอยู่ในเขตเมืองและนอกเขตเมือง ซึ่งจะมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน มีขั้นตอนในการศึกษาที่สำคัญ คือ การรวบรวมข้อมูลประชากรรายตำบลทั้งปัจจุบัน และการคาดการณ์ในอนาคตจากการศึกษาด้านประชากรโดยจำแนกตามประเภทชุมชนต่างๆ ได้แก่ เทศบาลนคร เทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และนอกเขตเทศบาล และกำหนดอัตราการใช้น้ำของประชากรในชุมชนลักษณะต่างๆ จากข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายของการประปาส่วนภูมิภาค

ส่วนอัตราการใช้น้ำของประชากรนอกเขตเทศบาล กำหนดให้ใช้ตามมาตรฐานของการสำรวจความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.2552) ดังสรุปได้ดังนี้ คือ ในระดับเทศบาลนครกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 250 ลิตรต่อคนต่อวัน ในระดับเทศบาลเมืองกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 200 ลิตรต่อคนต่อวัน ในระดับเทศบาลตำบลกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 120 ลิตรต่อคนต่อวัน และนอกเขตเทศบาลกำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 50 ลิตรต่อคนต่อวัน และสำหรับการศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรม เป็นการศึกษาถึงความต้องการน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมของโรงงานประเภทต่างๆ ซึ่งมีความต้องการใช้น้ำที่แตกต่างกัน จากประกอบด้วยขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลพื้นที่ประกอบการอุตสาหกรรมจำแนกตามประเภทโรงงานในปัจจุบันและคาดการณ์ในอนาคตโดยกำหนดอัตราการใช้น้ำตามประเภทของโรงงานที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมได้จำแนกเอาไว้เป็น 10 ประเภท ได้แก่ 1) อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 2) อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 3) อุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 4) อุตสาหกรรมถลุง หล่อ โลหะ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 5) อุตสาหกรรมทั่วไป ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 6) อุตสาหกรรมกลางแจ้ง เช่น โม้-บดหิน ดูดทราย เผาถ่าน หีบฝ้าย อบเมล็ดพืช ฯลฯ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ต่อไร่ต่อวัน 7) อุตสาหกรรมกระดาษ เช่น ผลิตเยื่อกระดาษ ภาชนะจากกระดาษ ฯลฯ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 8)

อุตสาหกรรมสิ่งทอ ฟอกหนัง ย้อมสี ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน 9) ผลิตภัณฑ์ไม้เครื่องเรือน กระเบื้องเคลือบ ปูน ฯลฯ ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน และ 10) ผลิตภัณฑ์ไม้เครื่องเรือน ปริมาณความต้องการน้ำเท่ากับ 6 ลบ.ม.ต่อไร่ต่อวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2540) ในการคำนวณทั้งสองวิธีการดังกล่าวนี้เป็นการคาดประมาณจากค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำ โดยมีสมมติฐานว่า การเปลี่ยนแปลงมีความคงที่ตลอดเวลาและเป็นการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นตรง

ในความเป็นจริง ค่าปริมาณความต้องการน้ำย่อมมีค่าไม่คงที่แน่นอนเสมอไป ทั้งนี้เพราะปริมาณความต้องการน้ำเป็นกิจกรรมอันเกิดจากคน ซึ่งพฤติกรรมของคนนั้นแปรเปลี่ยนตามสภาพแวดล้อมและปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบจากปัจจัยที่กำหนดปริมาณความต้องการน้ำ เช่น จำนวนประชากร ขนาดของครัวเรือน สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม มาตรการการจำกัดการใช้น้ำ สภาพภูมิอากาศ เป็นต้น (The World Bank Office Manila, 2012) นอกจากนี้ ปริมาณความต้องการน้ำ จะถูกแบ่งโดยกิจกรรมการใช้น้ำที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่ น้ำใช้ในครัวเรือน น้ำใช้ในการพาณิชยกรรม น้ำใช้สำหรับราชการ น้ำใช้สำหรับภาคอุตสาหกรรม น้ำสูญเสียทั้งทราบสาเหตุและไม่ทราบสาเหตุ โดยปริมาณการใช้น้ำสำหรับครัวเรือน น้ำใช้ในการพาณิชยกรรมน้ำใช้สำหรับราชการ การเปลี่ยนแปลงจะมาจากปัจจัยชุดเดียวกัน เช่น จำนวนประชากร ระดับรายได้ของประชากร พฤติกรรมการใช้น้ำของประชากรและเป็นการใช้น้ำด้วยจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือ การใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค ส่วนการใช้น้ำสำหรับอุตสาหกรรมและน้ำสูญเสียจะเป็นการใช้น้ำเพื่อจุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันออกไป (ฉัตรเพชร, 2536)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ในการประเมินความต้องการน้ำ สามารถดำเนินการได้โดยวิธีการอื่นๆ อีก เช่น การประเมินในระยะสั้น (Short Term) และระยะยาว (Long Term) การประเมินด้วยวิธีแบบง่าย เช่น การประเมินความต้องการน้ำในอนาคตจากปริมาณความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมา (Trend Extrapolation) ซึ่งเป็นการประเมินโดยไม่ได้อาศัยตัวแปรอิสระอื่น เพียงแต่ต้องการข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมาตัวแปรเดียว (Single Variable Regression) หรือข้อมูลประชากรในอดีตเพียงตัวแปรเดียว หรือการประเมินด้วยวิธีที่ซับซ้อนขึ้นโดยอาศัยตัวแปรอิสระอื่นๆ เช่น ตัวแปรด้านประชากร การใช้ที่ดิน เศรษฐกิจ (ฉัตรเพชร, 2536; จุฑาภรณ์, 2536; อมร, 2539) รวมถึงการนำระบบเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการประเมิน โดยในประเทศไทยมีการวิจัยที่น่าแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินมาใช้ในการประเมินความต้องการน้ำ โดยแบ่งพื้นที่บริการจ่ายน้ำของการประปาขอนแก่นออกเป็นตารางย่อยๆซึ่งในแต่ละตารางย่อยๆ นั้นมีวิธีการประเมินความต้องการน้ำจากการใช้ที่ดินเป็นฐาน หรือการศึกษาของ สุกัลักษณ์ จันทรมบัติ และคณะ ในปี พ.ศ.2546 ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการประเมินความต้องการน้ำในประเทศไทย โดยนำแบบจำลอง EPANET 2.0 มาใช้วิเคราะห์ เป็นต้น

ในการศึกษาครั้งนี้ จึงทำการศึกษาแนวทางการประเมินความต้องการน้ำโดยการศึกษาจากการแนวทางการดำเนินการในประเทศและต่างประเทศและนำแนวทางดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์เพื่อให้ได้ผลการประเมินที่ใกล้เคียงที่สุดกับระดับค่าของความต้องการที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงเพื่อนำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาระบบการขาดแคลนน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตและมีความยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาแนวทางการประเมินความต้องการน้ำทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ
2. เพื่อประเมินความต้องการน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคของผู้ใช้น้ำประเภทที่อยู่อาศัยในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษานี้เป็นส่วนของการทบทวนเอกสาร ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับวิธีการต่างๆ ที่ใช้พยากรณ์ความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนและทำการคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนในอนาคต โดยทำการศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความต้องการน้ำร่วมกับปัจจัยอื่นที่กำหนดความต้องการน้ำ โดยข้อค้นพบที่จะได้จากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการให้บริการน้ำ โดยเฉพาะน้ำประปาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และผู้กำหนดนโยบายในประเทศไทยที่มีภารกิจด้านการจัดทำนโยบายเพื่อการบริหารจัดการน้ำอย่างยั่งยืน

1.4 วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยแต่ละข้อ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1) การวิจัยเอกสาร (Documentary Research)

การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการประเมินความต้องการน้ำทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวรรณกรรมต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการประเมินปัจจัยกำหนดและความต้องการน้ำที่แม่นยำหรือใกล้เคียงที่สุดกับปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

2) การวิจัยภาคสนาม (Field study research)

การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ให้ข้อมูลสำคัญในภาคส่วนที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ความเห็นถึงแนวทางในการวิเคราะห์ ผลจากการวิเคราะห์และการรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์

3) การวิจัยเชิงปริมาณ

การรวบรวมข้อมูลในอดีตจากหน่วยงานต่างๆ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดการใช้น้ำและสร้างภาพจำลองสถานการณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำด้วยการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1) แนวทางการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดและปริมาณความต้องการน้ำ
- 2) ผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำจากสถานการณ์จำลองที่คาดว่าจะเกิดขึ้น
- 3) ข้อเสนอเพื่อใช้ประกอบการวางแผนเพื่อบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต
- 4) ข้อเสนอเชิงนโยบายในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน

1.6 ระยะเวลาทำการวิจัย

18 ธันวาคม 2560 ถึง 17 ธันวาคม 2561

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

2.1 การบริหารจัดการน้ำในประเทศไทย

ปริมาณความต้องการน้ำ

น้ำ เป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญมากในการดำรงชีวิตประจำวัน ในปัจจุบันมีหน่วยงานที่มีภารกิจหลักที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ (ไม่รวมภาคเอกชน) เพื่อตอบสนองต่อภาพรวมของการใช้น้ำในประเทศถึง 21 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ มีภารกิจหลักที่เกี่ยวข้องในการบูรณาการข้อมูลสารสนเทศ ฝ่ายแผนงานโครงการ ฝ่ายงบประมาณบริหารจัดการ และฝ่ายติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อประโยชน์ในการกำหนดนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งระบบ กรมชลประทาน มีภารกิจหลักที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก รวมทั้งบริหารจัดการน้ำ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล มีภารกิจในการดูแลควบคุมการเข้าถึงน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี มีภารกิจหลักในการรับผิดชอบหลักมิติของทรัพยากรธรณี รวมทั้งน้ำใต้ดิน กรมพัฒนาที่ดิน มีภารกิจที่เกี่ยวกับทรัพยากรดินและน้ำผิวดิน กรมควบคุมมลพิษ มีภารกิจเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำทั้งน้ำบนดินและใต้ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา มีภารกิจในการพยากรณ์และแจ้งเตือนเกี่ยวกับดัชนีอากาศและภัยพิบัติ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย มีภารกิจในการบรรเทาสาธารณภัยรวมทั้งภัยน้ำท่วมและภัยแล้ง กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ มีภารกิจเกี่ยวข้องกับการตรวจและรายงานสภาพอากาศ และวิทยาการด้านน้ำ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีภารกิจในการสร้างและดูแลเขื่อน ระบบระบายน้ำ ตลอดจนฐานข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) มีภารกิจในการบริการแหล่งข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ สำนักเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) มีภารกิจหลักในการให้บริการด้านข้อมูลดาวเทียมและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับน้ำท่วมภัยแล้งและภัยพิบัติอื่นๆ คณะกรรมการแม่น้ำโขงแห่งประเทศไทย มีภารกิจในการประสานความร่วมมือระหว่างลุ่มน้ำ โดยมีกรมทรัพยากรเป็นฝ่ายเลขานุการ สำนักงาน คณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงาน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.) มีภารกิจในโครงการที่เกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ การเกษตร การประมง เป็นต้น กรุงเทพมหานคร มีภารกิจในการการระบายน้ำและน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร สนองตอบภัยพิบัติด้านน้ำ องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) ทุกแห่งมีภารกิจและงบประมาณพัฒนาแหล่งน้ำและให้บริการประปาชุมชน กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข มีภารกิจในงานเกี่ยวกับการประปาส่วนภูมิภาคตลอดจนสำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ (ซึ่งมีทั้งผลกระทบจากน้ำท่วมและคุณภาพน้ำ) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจในการจัดทำนโยบายที่เกี่ยวกับน้ำตลอดจนกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพสำหรับโครงการลงทุน กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจในการอนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำ การประปานครหลวงและการประปาส่วนภูมิภาค มีภารกิจในการจัดหา น้ำดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาแจกจ่ายให้แก่ประชาชน และองค์การบริหารน้ำเสียกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจในการจัดการน้ำเสียใน

พื้นที่รับผิดชอบ (แสดงดังตารางที่ 2.1) โดยหน่วยงานแต่ละหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญในบางพื้นที่ อาจมีบทบาทที่อาจกระทบทั้งทางบวกและทางลบต่ออุปสงค์และอุปทานน้ำในพื้นที่หรือบางฤดูกาลได้อย่างมีนัยสำคัญ ในตารางที่ 2.1 แสดงหน่วยงานและภารกิจหลักที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ (ไม่รวมภาคเอกชน)

ตารางที่ 2.1 หน่วยงานและภารกิจหลักที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ (ไม่รวมภาคเอกชน)

ที่	ชื่อหน่วยงาน	ภารกิจหลักที่เกี่ยวข้อง
1	สำนักงานบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแห่งชาติ	บูรณาการข้อมูลสารสนเทศ ฝ่ายแผนงาน โครงการ ฝ่ายงบประมาณบริหารจัดการ และฝ่ายติดตามและประเมินผลการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อประโยชน์ในการกำหนดนโยบายการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำทั้งระบบ
2	กรมชลประทาน	พัฒนาแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก รวมทั้งบริหารจัดการน้ำ
3	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	ดูแล ควบคุมการเข้าถึงน้ำบาดาล
4	กรมทรัพยากรธรณี	รับผิดชอบหลาสมบัติของทรัพยากรธรณี รวมทั้งน้ำใต้ดิน
5	กรมพัฒนาที่ดิน	มีภารกิจที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรดินและน้ำผิวดิน
6	กรมควบคุมมลพิษ	ภารกิจเกี่ยวกับมลพิษทางน้ำทั้งนํ้าบนดินและใต้ดิน
7	กรมอุตุนิยมวิทยา	พยากรณ์และแจ้งเตือนเกี่ยวกับดัชนีอากาศและภัยพิบัติ
8	กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย	บรรเทาสาธารณภัย รวมทั้งภัยน้ำท่วมและภัยแล้ง
9	กองอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา	ภารกิจเกี่ยวข้องกับการตรวจและรายงานสภาพอากาศและวิทยาการด้านน้ำ
10	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	สร้างและดูแลเขื่อน ระบบระบายน้ำ ตลอดจนฐานข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
11	สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)	แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับทรัพยากรน้ำ
12	สำนักเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)	มีดาวเทียมเก็บข้อมูลเกี่ยวกับน้ำท่วมภัยแล้งและภัยพิบัติอื่นๆ
13	คณะกรรมการแม่น้ำโขงแห่งประเทศไทย	ประสานความร่วมมือระหว่างลุ่มน้ำ โดยมีกรมทรัพยากรเป็นฝ่ายเลขานุการ
14	สำนักงาน คณะกรรมการพิเศษ เพื่อประสานงาน โครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (กปร.)	มีโครงการที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรน้ำ การเกษตร การประมง เป็นต้น
15	กรุงเทพมหานคร	การระบายน้ำและน้ำเสียในกรุงเทพมหานคร สนองตอบภัยพิบัติด้านน้ำ
16	องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.)	ทุกแห่งมีภารกิจและงบประมาณพัฒนาแหล่งน้ำและ

ที่	ชื่อหน่วยงาน	ภารกิจหลักที่เกี่ยวข้อง
		ให้บริการประปาชุมชน
17	กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข	งานเกี่ยวกับการประปาส่วนภูมิภาคตลอดจนสำนักสุขาภิบาลอาหารและน้ำ (ซึ่งมีทั้งผลกระทบจากน้ำท่วมและคุณภาพน้ำ)
18	สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	จัดทำนโยบายที่เกี่ยวกับน้ำตลอดจนกระบวนการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและสุขภาพสำหรับโครงการลงทุน
19	กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	อนุรักษ์ฟื้นฟูแหล่งน้ำ
20	การประปาส่วนนครหลวงและการประปาส่วนภูมิภาค	จัดหาวัตถุดิบเพื่อการผลิตน้ำประปาแจกจ่ายให้แก่ประชาชน
21	องค์การจัดการน้ำเสียกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	จัดการน้ำเสียในพื้นที่รับผิดชอบ

ในระยะ 10 ปีข้างหน้า ความต้องการน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภค จะเป็นด้านที่จะเพิ่มขึ้นรวดเร็วและมากที่สุด (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553) โดยการประปาส่วนนครหลวงและการประปาส่วนภูมิภาค มีภารกิจหลักโดยตรงในการดำเนินการในการผลิตและจัดหาน้ำให้กับประชาชน

ในระยะเวลาที่ผ่านมา หน่วยงานภาครัฐมีความพยายามกำหนดแนวนโยบายยุทธศาสตร์ตลอดจนแผนแม่บทและแผนการปฏิบัติงานต่าง ๆ โดยมุ่งให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดในการบริหารจัดการน้ำในระดับประเทศ (ตาราง 2.2)

ตาราง 2.2 แผนและนโยบายการบริหารจัดการน้ำที่ผ่านมา (ที่มีมติคณะรัฐมนตรีรองรับ)

พ.ศ.	นโยบาย/แผน	สาระสำคัญ	ข้อจำกัด/อุปสรรค
2543	นโยบายน้ำแห่งชาติ (มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2543)	เป็นการกำหนดวิสัยทัศน์เรื่องน้ำของชาติว่า ภายในปี พ.ศ. 2568 ประเทศไทยจะมีน้ำใช้อย่างเพียงพอและมีคุณภาพ โดยมีระบบการบริหารจัดการองค์กร ระบบกฎหมายในการใช้ทรัพยากรน้ำที่เป็นธรรม ยั่งยืน โดยคำนึงถึงคุณภาพชีวิตและการมีส่วนร่วมในทุกระดับ	เป็นนโยบายในภาพรวมทั้งประเทศ ไม่ได้ลงรายละเอียด ระดับลุ่มน้ำ
2550	แผนการบรรเทาอุทกภัยระยะกลางและ	เป็นแผนการแก้ไขปัญหาอุทกภัยและภัยแล้งในมิติของการบูรณาการ	ดำเนินการได้เพียงร้อยละ 25 ในภาพรวมตามเป้าหมายของแผนเนื่องจาก

พ.ศ.	นโยบาย/แผน	สาระสำคัญ	ข้อจำกัด/อุปสรรค
	ระยะยาว (มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 27 มีนาคม พ.ศ.2550)	ร่วมกันของหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องและผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีกรอบแผน/กรอบงบประมาณในแต่ละลุ่มน้ำพร้อม หน่วยงานราชการดำเนินงานที่ชัดเจน	มีการเปลี่ยนแปลงรัฐบาลทำให้ขาดการสนับสนุนงบประมาณต่อเนื่อง
2550	แผนพัฒนาพื้นที่ชลประทาน 60 ล้านไร่ (มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2550)	แผนพัฒนาเพิ่มพื้นที่ชลประทานให้เต็มศักยภาพ 60 ล้านไร่ โดยคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ให้ครบถ้วน เช่น ผลกระทบสิ่งแวดล้อม การมีส่วนร่วม การยอมรับและการตอบสนองต่อความต้องการชุมชนและประชาชน	การบริหารจัดการที่แยกส่วน
2554	กรอบน้ำ 60 ล้านไร่ (มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2554)	การพัฒนาลุ่มน้ำอย่างเป็นระบบโดยมีกรอบแผนงานที่ชัดเจนและมอบหมายหน่วยงานหลัก (กรมชลประทาน) บูรณาการร่วมกับทุกภาคส่วนในการขับเคลื่อนแผนงาน	ขาดการจัดลำดับความสำคัญและการเตรียมความพร้อมของโครงการ โดยเฉพาะด้านการมีส่วนร่วมและควรต้องมีการศึกษารายโครงการเพิ่มเติมเพื่อให้ได้รายละเอียดระดับโครงการ
2550-2554	แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550-2554)	เน้นการเพิ่มขีดความสามารถของการเก็บกักน้ำ การปรับปรุงแหล่งน้ำธรรมชาติ การพัฒนาแหล่งน้ำใหม่ การพัฒนาระบบกระจายน้ำผิวดินและใต้ดินและการวางระบบสารสนเทศการจัดการน้ำ	เน้นการพัฒนาเพื่อตอบสนองความต้องการใช้น้ำเพื่อรองรับการขยายตัวของเศรษฐกิจ แต่ไม่ชัดเจนในเรื่องความเชื่อมโยงของการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ซึ่งต้องเน้นความเกี่ยวข้องกันทั้งระบบตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ
2555-2559	แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 2555 .พ.ศ) 11 (2559-	เน้นการบริหารจัดการน้ำอย่างบูรณาการ ครอบคลุมการอนุรักษ์พัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำ ทั้งผิวดินและบาดาล แหล่งน้ำชุมชน การเพิ่มพื้นที่ ชลประทานและประสิทธิภาพการกระจายน้ำ การผันน้ำระหว่างลุ่มน้ำ และระหว่างประเทศ รวมทั้งให้บริการน้ำอุปโภคบริโภคทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ	ไม่มีการกำหนดแผนหลักและแผนปฏิบัติ

พ.ศ.	นโยบาย/แผน	สาระสำคัญ	ข้อจำกัด/อุปสรรค
2555	แผนแม่บทการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (มติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 10 มกราคม พ.ศ. 2555)	บรรเทาแก้ไขปัญหอุทกภัยในกลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยาในปีพ.ศ. 2555 ประกอบด้วยแผนปฏิบัติการ เพื่อบรรเทาอุทกภัยระยะเร่งด่วนในปี พ.ศ. 2555 และแผนปฏิบัติการบรรเทาอุทกภัยในพื้นที่ลุ่มน้ำแบบบูรณาการและยั่งยืน	ขาดการมีส่วนร่วมในการดำเนินการจัดทำแผน

ในช่วงก่อนการปฏิรูประบบราชการ พ.ศ. 2545 การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอยู่ในความรับผิดชอบของหน่วยงานราชการที่หลากหลาย โครงสร้างการดำเนินการมีความซับซ้อนและทับซ้อน ทำให้ขาดความเป็นเอกภาพในการปฏิบัติงานและเป็นการวางนโยบายในลักษณะรวมศูนย์ (Centralization) ภายหลังการปฏิรูประบบราชการ พ.ศ. 2545 มีการถ่ายโอนภารกิจในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Decentralization) หากแต่ยังไม่มีดำเนินการในลักษณะองค์รวม โดยแต่ละหน่วยงานราชการยังคงแยกกันบริหารตามภารกิจของตน

ในแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในระยะ 12 ปี (พ.ศ. 2558-2569) มีเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหทรัพยากรน้ำในด้านต่างๆ ระดับประเทศ โดยกำหนดเป้าหมายในภาพรวมของการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อเป็นกรอบในการดำเนินการแก้ไขปัญหทรัพยากรน้ำให้บรรลุเป็นไปตามวิสัยทัศน์ของการจัดการน้ำอุปโภคบริโภคโดยการหาน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคบริโภคที่เพียงพอทั้งปริมาณคุณภาพ ให้แก่ชุมชนชนบท (ครบทุกหมู่บ้านในปี พ.ศ. 2560) และชุมชนเมือง พื้นที่เศรษฐกิจ แหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ

ยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำมียุทธศาสตร์หนึ่งที่สำคัญต่อน้ำอุปโภคบริโภคคือ ยุทธศาสตร์การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค โดยยุทธศาสตร์นี้มีหลักการที่ใช้น้ำเพื่อน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคเป็นความจำเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ที่ดีของประชาชนซึ่งต้องจัดหาให้ประชาชนสามารถมีน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคให้ทั่วถึงทั้งในชนบทและเมืองและลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีพของประชาชน

จากข้อมูลพื้นฐานระดับหมู่บ้าน ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า จำนวนหมู่บ้านที่ไม่มีระบบประปา มีจำนวน 7,490 หมู่บ้านและมีหมู่บ้านที่ประกาศเป็นพื้นที่ภัยแล้งที่ต้องให้การช่วยเหลือเฉพาะหน้าเป็นประจำทุกปีราษฎรในหลายพื้นที่ยังอาศัยน้ำจากบ่อน้ำตื้นสำหรับการอุปโภค และหลายพื้นที่มีค่าใช้จ่ายสูงในการหาน้ำเพื่อการบริโภค เนื่องจากมีข้อจำกัดในการจัดหาแหล่งน้ำต้นทุนทั้งน้ำผิวดินและน้ำบาดาล เช่น ในพื้นที่สูง พื้นที่ห่างไกล พื้นที่ที่มีปัญหาคุณภาพน้ำบาดาล และในบางปีที่เกิดภาวะฝนทิ้งช่วงและภัยแล้งรุนแรง สำหรับในเขตเมือง ความต้องการใช้น้ำส่วนใหญ่เพิ่มจากการเพิ่มขึ้นของประชากร และประชากรเคลื่อนย้ายเข้าสู่เมืองมากขึ้น การขยายตัวเมืองหลักและการท่องเที่ยว รวมถึงการค้า การบริการทั้งในประเทศและเมืองการค้าชายแดน ซึ่งต้องวางแผนทั้งการหาน้ำต้นทุนและระบบประปาควบคู่กันไป

เป้าประสงค์ของยุทธศาสตร์นี้ เพื่อเป็นการจัดหาน้ำสะอาดเพื่ออุปโภคบริโภคให้แก่ชุมชน ครอบคลุมทุกหมู่บ้านและชุมชนเมือง รวมทั้งในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ และแหล่งท่องเที่ยวสำคัญ

กลยุทธ์ของยุทธศาสตร์นี้ประกอบด้วย 5 กลยุทธ์โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) จัดหาแหล่งน้ำต้นทุนและก่อสร้างระบบประปา โดยการจัดหาและพัฒนาแหล่งน้ำสำหรับหมู่บ้านและชุมชนชนบท และก่อสร้างระบบประปาให้เพียงพอต่อความจำเป็นพื้นฐาน ครอบคลุมทุกหมู่บ้านทั่วประเทศ ทั้งปริมาณและคุณภาพ
- 2) พัฒนาระบบประปาเมืองและพื้นที่เศรษฐกิจ โดยการพัฒนาระบบประปาสำหรับเมืองหลัก เมืองท่องเที่ยว พื้นที่รองรับการพัฒนาในอนาคต ให้สามารถรองรับการขยายตัวของเมือง และพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษที่จัดตั้งขึ้นใหม่
- 3) การเพิ่มประสิทธิภาพระบบประปาชนบทและจัดหาแหล่งเก็บน้ำฝน โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพระบบประปาเดิม ปรับปรุงเพิ่มแหล่งน้ำต้นทุน และสนับสนุนการเก็บกักน้ำฝน สำหรับครัวเรือนที่อยู่ห่างไกลจากระบบประปา
- 4) จัดหาน้ำดื่มให้โรงเรียนและชุมชน โดยการพัฒนาน้ำบาดาลสนับสนุนน้ำดื่มสะอาดให้โรงเรียน/ชุมชน (แหล่งน้ำและระบบผลิต)
- 5) การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ ได้แก่
 - 5.1) การรณรงค์ให้ประชาชนและนักท่องเที่ยวตระหนักถึงความสำคัญของน้ำ และมีจิตสำนึกการใช้น้ำอย่างประหยัด การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้น้ำ รวมถึงการนำอุปกรณ์และ/หรือเทคโนโลยีประหยัดน้ำมาใช้ประโยชน์
 - 5.2) การเพิ่มประสิทธิภาพระบบส่งน้ำและลดความสูญเสียในระบบจัดส่งน้ำประปาในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ ต้นทุน
 - 5.3) การควบคุมการขยายตัวของชุมชนเมือง อุตสาหกรรมและกิจกรรมทางเศรษฐกิจให้เหมาะสมกับศักยภาพน้ำต้นทุนของพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่เกาะ และพื้นที่แหล่งท่องเที่ยว
 - 5.4) การบริหารจัดการน้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดยอาศัยหลัก 3R คือ Reduce, Reuse และ Recycle ซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการใช้น้ำ คุณภาพน้ำและความคุ้มค่าในการลงทุน

นอกจากนี้ แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 มียุทธศาสตร์ที่ 7 การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบโลจิสติกส์ เป้าหมายที่ 6 การพัฒนาด้านสาธารณูปการ (น้ำประปา) เพื่อขยายกำลังการผลิตน้ำประปาและกระจายโครงข่ายการให้บริการน้ำประปาให้ครอบคลุมพื้นที่ทั่วประเทศ และบริหารจัดการลดน้ำสูญเสียในระบบส่งน้ำและระบบจำหน่ายน้ำ ซึ่งมีตัวชี้วัดในการดำเนินการอยู่ 3 ตัวดังนี้

- 1) จำนวนครัวเรือนในเขตนครหลวงได้รับบริการน้ำประปาร้อยละ 100 ภายในปี 2561 และจำนวนครัวเรือนในเขตภูมิภาคหรือเทศบาลได้รับบริการน้ำประปาครอบคลุมมากกว่าร้อยละ 80 ในปี 2564
- 2) จำนวนหมู่บ้านทั่วประเทศได้รับบริการน้ำสะอาดร้อยละ 100 ในปี 2564
- 3) อัตราน้ำสูญเสียในระบบส่งและจำหน่ายน้ำในเขตนครหลวงน้อยกว่าร้อยละ 20 และในเขตภูมิภาค/เทศบาลน้อยกว่าร้อยละ 25 ในปี 2564

แนวทางในการพัฒนาของแผนดังกล่าวคือการพัฒนาระบบน้ำประปา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. พัฒนาระบบน้ำประปาให้ครอบคลุมและทั่วถึง

1.1 จัดให้มีแผนแม่บทการให้บริการน้ำประปาในระดับภาคในระยะยาวทั้งในด้านการพัฒนาแหล่งน้ำดิบ ระบบผลิต ระบบท่อส่งน้ำ ระบบจำหน่ายน้ำ และประมาณการความต้องการใช้น้ำ เพื่อใช้เป็นกรอบในการบูรณาการแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ และเป็นแนวทางการดำเนินงานในการจัดหา น้ำประปาให้กับประชาชนอย่างทั่วถึง

2.1 ขยายกำลังการผลิต โครงข่ายท่อส่งน้ำและจำหน่ายน้ำให้สามารถรองรับกับปริมาณความต้องการใช้น้ำที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยให้ความสำคัญกับพื้นที่ในเขตภูมิภาคที่มีความพร้อม ด้านแหล่งน้ำ แต่ประชาชนยัง ไม่ได้รับการน้ำประปาสำหรับใช้อุปโภคบริโภคอย่างเพียงพอ พื้นที่ท่องเที่ยวและพื้นที่เขตพัฒนาเศรษฐกิจพิเศษ

จัดหาน้ำสะอาดและก่อสร้างระบบประปาหมู่บ้านให้เพียงพอต่อความจำเป็นขั้นพื้นฐานให้ครอบคลุม 3.1 ทุกหมู่บ้าน โดยให้ความสำคัญกับหมู่บ้านในชนบทที่ยังไม่มีน้ำสะอาดหรือระบบประปาสำหรับใช้อุปโภคบริโภคและ มีความพร้อมดำเนินการเป็นลำดับแรก

2. การบริหารจัดการการใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและการสร้างนวัตกรรม โดย

2.1 จัดทำแผนบริหารจัดการด้านการใช้น้ำของกลุ่มผู้ใช้น้ำประปาประเภทต่างๆ และใช้มาตรการ 3R (Reduce Reuse และ Recycle) และการจัดเก็บค่าน้ำเสีย เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และสร้างจิตสำนึกให้มีการ ใช้น้ำอย่างประหยัดในภาคครัวเรือน ภาคธุรกิจ และภาคอุตสาหกรรม

2.2 ส่งเสริมให้ภาคเอกชนและหน่วยงานภาครัฐดำเนินการศึกษาวิจัยเทคโนโลยี สมัยใหม่มาช่วยพัฒนา กระบวนการผลิตน้ำโดยเฉพาะการใช้น้ำทะเลผลิตน้ำประปาด้วยต้นทุนที่ต่ำลง การเพิ่มประสิทธิภาพระบบส่งน้ำ การสร้างนวัตกรรมใหม่หรืออุปกรณ์ที่ช่วยประหยัดน้ำในภาคครัวเรือน ธุรกิจ และอุตสาหกรรม รวมทั้งการ ถ่ายทอดงานวิจัยมาใช้ประโยชน์ในกิจการประปาทั้งเชิงพาณิชย์และเชิงสังคม

3. ลดอัตราการสูญเสียในเชิงรุกควบคู่กับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันของระบบประปาทั่วประเทศ

3.1 จัดทำแผนลดอัตราการสูญเสีย ในพื้นที่เขตภูมิภาคที่ระบบประปามีอัตราการสูญเสียสูง โดยกำหนดพื้นที่ ดำเนินการ เป้าหมายการลดน้ำสูญเสีย ดัชนีชี้วัด ขอบเขตของแผนงาน แผนการลงทูลรายปีให้มีความชัดเจนและ ตรวจสอบได้รวมทั้งศึกษาระดับอัตราการสูญเสียที่เหมาะสมกับประเทศไทย โดยศึกษาวิธีการลดน้ำสูญเสียในเชิง กายภาพควบคู่กับต้นทุนการผลิตน้ำประปา เพื่อให้การบริหารจัดการน้ำสูญเสียอยู่ในระดับที่เหมาะสมและเกิด ประโยชน์สูงสุด

3.2 สนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้าร่วมดำเนินการลดน้ำสูญเสียกับภาครัฐ และถ่ายทอดความรู้ทางวิชาการ ระหว่างบุคลากรภาครัฐและภาคเอกชน รวมทั้งประสานความร่วมมือระหว่างหน่วยงานในเขตภูมิภาคเพื่อให้ความ ช่วยเหลือทั้งในระดับวิชาการและระดับปฏิบัติการในการลดน้ำสูญเสีย

3.3 พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการลดน้ำสูญเสียที่สอดคล้องกับมาตรฐานสากลสำหรับใช้เป็น เครื่องมือในการบริหารจัดการแรงดันน้ำคู่ขนานไปกับการลดน้ำสูญเสียให้อยู่ในระดับตามเป้าหมายที่กำหนด

4. ปรับปรุงโครงสร้างการบริหารกิจการประปา โดยแยกบทบาทของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้ชัดเจน ระหว่างหน่วยงานระดับนโยบาย หน่วยงานกำกับดูแลการประกอบกิจการประปาที่เป็นเอกภาพ และหน่วยงาน ให้บริการ ควบคู่กับการออกกฎหมายการจัดตั้งองค์กรกำกับดูแลกิจการประปา ในภาพรวมของประเทศให้แล้ว เสร็จภายในปี 2562 เพื่อนำไปสู่การให้บริการน้ำประปาที่มีประสิทธิภาพ ทั้งในด้านการกระจายบริการไปยัง ประชาชนทุกระดับ คุณภาพน้ำที่เชื่อถือได้ และการกำหนดโครงสร้างอัตราค่าน้ำที่เป็นธรรมระหว่างผู้ให้บริการและ ผู้รับบริการ

ความต้องการใช้น้ำในภาพรวมทั้งประเทศออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ การบริโภค อุตสาหกรรมและท่องเที่ยว ชลประทานเพื่อเกษตรกรรม และผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในระยะ 10 ปีข้างหน้า ความต้องการน้ำเพื่อการบริโภคอุปโภคเป็นด้านที่จะเพิ่มขึ้นรวดเร็วและมากที่สุด (การประปาส่วนภูมิภาค, 2553) ซึ่งผลจากการศึกษาและประเมินความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภคของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2560) พบว่า ปี 2550 – 2558 ประชาชนมีความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคมากที่สุดในลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยเป็นปริมาณการใช้น้ำในเขตเทศบาลมากกว่านอกเขตเทศบาล ซึ่งสาเหตุมาจากพื้นที่ชุมชนที่ผ่านมาส่วนใหญ่กระจายตัวเกาะไปตามเส้นทางการคมนาคมทั้งทางน้ำและทางบก พื้นที่ชุมชนปัจจุบันการเจริญเติบโตอยู่ภายใต้มาตรการด้านมาตรการผังเมือง และประชากรวัยแรงงานส่วนใหญ่นิยมทำงานในเขตเมือง จึงทำให้การเจริญเติบโตของเมืองส่วนใหญ่เป็นการเพิ่มความหนาแน่นของพื้นที่อยู่อาศัยมากกว่าการขยายพื้นที่ และในเขตเทศบาลแนวโน้มความต้องการใช้น้ำมีเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่นอกเขตเทศบาลมีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำลดลง ในอนาคตการจัดการทรัพยากรน้ำจึงต้องคำนึงถึงความมั่นคงและเพียงพอในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตทั้งหลายที่ต้องเกื้อกูลวิถีชีวิตซึ่งกันและกัน โดยไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนและคุณภาพของทรัพยากรน้ำต้องได้มาตรฐานตามเกณฑ์ในการนำไปใช้ในการประกอบอาชีพ และอุปโภค บริโภคในดำรงชีวิต

2.2 การประมาณปริมาณความต้องการน้ำ

การพยากรณ์หรือการประมาณความต้องการน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินการ โดยเฉพาะในการดำเนินงานของระบบน้ำประปา เนื่องจากการคาดปริมาณน้ำที่เพียงพอจะเป็นพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์ในการเลือกแหล่งน้ำเพื่อใช้ในอนาคตและการออกแบบสำหรับความต้องการน้ำเพื่อให้แหล่งน้ำไม่หมดและมีการเข้าถึงอย่างเพียงพอ

การบริหารจัดการน้ำ การพยากรณ์หรือการประเมินความต้องการน้ำ จึงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการดำเนินงานเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการตัดสินใจในเชิงกลยุทธ์และการออกแบบสำหรับความต้องการน้ำเพื่อมีการเข้าถึงได้อย่างเพียงพอ ส่วนงานต่างๆจึงมีวัตถุประสงค์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อสนับสนุนแผนการดำเนินการของแต่ละส่วนงานที่แตกต่างกันไปและให้ความสำคัญกับชุดข้อมูลและตัวแปรในการนำมาวิเคราะห์แตกต่างกัน เช่น ในการคำนวณเรื่องน้ำอุปโภค โดยกองพัฒนาแหล่งน้ำ ฝ่ายทรัพยากรน้ำ (2552) เรื่องความต้องการใช้น้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาของ กปภ. ในอนาคต (แบ่งตามลุ่มน้ำ)

ในการคำนวณประชากรผู้ใช้น้ำของการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) เลือกใช้วิธีคณิตศาสตร์ โดยมีสมมติฐานว่า การเปลี่ยนแปลงที่มีปริมาณคงที่ตลอดเวลาและการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเส้นตรง เป็นการพยากรณ์โดยไม่พิจารณาความไม่แน่นอนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลง และปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำ

โดยสูตรในการคำนวณตามแนวทางดังกล่าวนี้ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการน้ำต่อวัน ต่อเดือน ต่อปี และปริมาณการปริมาณความต้องการน้ำใช้ต่ำ สุดอยู่ที่ 100 ลิตรต่อคนต่อวัน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 150 ลิตรต่อคนต่อวัน โดยสูตรที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$P_n = mP_0 + C$$

โดยที่

P_n = จำนวนประชากรในอนาคตจากปัจจุบัน (คน หรือ ราย)

P_0 = จำนวนประชากรในปีปัจจุบันหรือปีที่เริ่มต้นการคำนวณ (คน หรือ ราย)

m = ความลาดชันของกราฟ (Slope)

C = ค่าคงที่ของสมการ

ในส่วนของการคำนวณความต้องการใช้น้ำดิบของการประปาส่วนภูมิภาค (กปภ.) มีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{ความต้องการใช้น้ำ} = \text{Peak Factor} \times \left(\frac{\text{ประชากรผู้ใช้น้ำ} \times \text{อัตราการใช้น้ำ}}{1 - \text{น้ำสูญเสีย}} \right)$$

โดยที่ Peak Factor = อัตราการใช้น้ำสูงสุดต่อวันการใช้น้ำเฉลี่ยต่อวัน มีค่าประมาณ 1.1 – 1.3

ประชากรผู้ใช้น้ำ = จำนวนผู้ใช้น้ำทั้งหมด (ราย)

อัตราการใช้น้ำ = ปริมาณการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำต่อประชากรผู้ใช้น้ำ (ลบ.ม./ราย/วัน)

น้ำสูญเสีย = ปริมาณน้ำสูญเสียทั้งในระบบผลิตและระบบจ่าย (ร้อยละ) มีค่าประมาณ ร้อยละ 25 – 30

ความต้องการใช้น้ำดิบ จะพิจารณาจากความต้องการใช้น้ำ และเผื่อขาดประมาณร้อยละ 20 จะได้ตั้งสมการต่อไปนี้

$$\text{ความต้องการใช้น้ำดิบ} = 1.2 \times \text{ความต้องการใช้น้ำ}$$

ในการคำนวณตามแนวทางดังกล่าวนี้ เป็นการประเมินความต้องการน้ำ โดยใช้วิธีการคาดการณ์ความต้องการน้ำจากปริมาณการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำซึ่งต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากและการตั้งสมมติฐาน ในการคำนวณเป็นวิธีการที่อยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ทางสถิติประมาณการทางข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกันระหว่างปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) และปริมาณการใช้น้ำ (ตัวแปรตาม) โดยสมมติว่าความสัมพันธ์เหล่านั้นจะยังคงเป็นไปในอนาคต เป็นวิธีการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำโดยตรงโดยไม่มีการคาดการณ์เกี่ยวกับปัจจัยอื่น ซึ่งในการคำนวณข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ต้องมีสถิติข้อมูลที่ยาวนาน (จำนวนปีที่มากพอ) เพื่อให้เกิดความผิดพลาดของการวิเคราะห์ให้น้อยที่สุดและความต้องการใช้น้ำดิบต้องมีค่าไม่มากเกินไปกว่าปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ (Water Storage Available)

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้ทำการศึกษาและประเมินความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคและบริโภค พบว่า ในปี 2560 มีความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคและบริโภครวมทั้งสิ้น 20.1,279 ล้าน ลบ.ม. โดยเป็นความต้องการใช้น้ำในเขตเทศบาล 94.876 ล้าน ลบ.ม. และนอกเทศบาล 26.402 ล้าน ลบ.ม. ซึ่งเมื่อนำจำนวนประชากรในอนาคตมาวิเคราะห์เพื่อคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำ พบว่า ในปี 2565

– 2579 จะมีปริมาณการใช้น้ำ ในเขตเทศบาลประมาณ 08.902– 33.916 ล้าน ลบ.ม. ส่วนความต้องการใช้น้ำนอกเขตเทศบาลประมาณ 27.285– 54 .294 ล้าน ลบ.ม. โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบความต้องการใช้น้ำในเขตเทศบาลกับนอกเขตเทศบาลพบว่า ในเขตเทศบาลความต้องการใช้น้ำมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่นอกเขตเทศบาลมีความต้องการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้ การคำนวณตามแนวทางดังกล่าวเป็นการประมาณปริมาณความต้องการน้ำจากค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการน้ำต่อคนต่อวันหรือต่อเดือนหรือต่อปี โดยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำ

ในประเทศไทยยังพบงานวิจัยหลายเรื่องที่ทำการศึกษาโดยคำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีต่อปริมาณความต้องการน้ำและค้นหาตัวกำหนดปริมาณความต้องการน้ำ เช่น อำนวย แสงโนรี ((2537 ได้ทำการศึกษาวิเคราะห์อุปสงค์และพฤติกรรมการใช้น้ำของครัวเรือนในกรุงเทพมหานคร กรณีศึกษาเฉพาะที่อยู่อาศัยโดยใช้ข้อมูลจากการประปานครหลวงและการสำรวจภาคสนามจำนวน 500 ตัวอย่างในเขตกรุงเทพมหานคร การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะทราบอุปสงค์ของน้ำประปา และตัวกำหนดทางประชากร เศรษฐกิจ สังคม และทัศนคติที่มีอิทธิพล ต่อการใช้น้ำของครัวเรือน ผลการศึกษาทำให้ได้ข้อสรุปในแง่ความต้องการน้ำในอนาคต ซึ่งจะมีการขยายตัวมากขึ้น ตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการเจริญเติบโตของเศรษฐกิจที่ทำให้รายได้ของประชากรเพิ่มขึ้น ส่วนผลการศึกษาในภาพรวมของกรุงเทพมหานคร ได้ข้อสรุปเหมือนกับผลการศึกษาในระดับครัวเรือน ซึ่งพบว่าขนาดครัวเรือนและรายได้ของครัวเรือนมีอิทธิพลต่อความต้องการน้ำโดยผลของการเปลี่ยนแปลงในรายได้ต่อปริมาณน้ำใช้มีค่าน้อยกว่าผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงขนาดครัวเรือน สำหรับผลการศึกษาพฤติกรรมการใช้น้ำนั้น พบว่า ตัวกำหนดค่าใช้จ่ายค่าน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ตัวแปรทางประชากร (ขนาดประชากรในครัวเรือน) ตัวแปรทางเศรษฐกิจ (รายได้ของครัวเรือน) และตัวแปรจิตวิทยา (ความตั้งใจใช้น้ำอย่างประหยัด) นอกจากนี้ผลการแยกส่วนความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆปัจจัยที่มีผลต่อค่าใช้จ่ายค่าน้ำ ทั้งทางตรง และทางอ้อม ได้แก่ อายุ การศึกษา และขนาดประชากร ส่วนการรับรู้ข่าวสารเรื่องน้ำ มีผลกระทบทางอ้อมต่อค่าใช้จ่ายค่าน้ำอย่างเดียว โดยผลรวมของผลกระทบ ขนาด ประชากร ในครัวเรือนต่อค่าใช้จ่ายค่าน้ำมีค่าสูงสุด ดังนั้นจึงควรให้ความสนใจตอนนโยบายทางด้านประชากร ได้แก่ การควบคุมอัตราการเกิด การย้ายถิ่นฐาน และการกระจายตัวของประชากร ซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณ ความต้องการใช้น้ำของประชากร รวมทั้งกำหนดมาตรการทางเศรษฐกิจและจิตวิทยา เพื่อเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม การใช้น้ำให้เหมาะสม

ลักขมณ วสินพวงศ์วิช (2542) ได้ทำการศึกษาเรื่อง อุปสงค์น้ำประปา: กรณีศึกษาการประปานครหลวง ซึ่งเป็นการศึกษาในเขตพื้นที่ให้บริการน้ำประปาใน 3 จังหวัดประกอบด้วย กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ โดยในการศึกษาได้ศึกษาถึงปัจจัยที่กำหนดอุปสงค์น้ำประปาในเขตการประปานครหลวง ซึ่งทำการศึกษาในด้านการวิจัยเชิงพรรณนา (Descriptive Research) และการวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research) โดยใช้ข้อมูลในการศึกษาในช่วงปี พ.ศ 2524 – 2540 โดยเป็นข้อมูลแบบitudinal ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 3 ตัวคือ ระดับราคาน้ำประปา รายได้ต่อครัวเรือน และขนาดครัวเรือน ซึ่งสามารถอธิบายตัวแปรตามอุปสงค์น้ำประปาได้ 98.5% ทั้งนี้ยังพิจารณาถึงความยืดหยุ่นของอุปสงค์น้ำประปาต่อราคาพบว่ามีค่าต่ำ (Inelasticity) คือเท่ากับ -0.0216 ขณะที่ความยืดหยุ่นของอุปสงค์รายได้เท่ากับ 0.435 และสุดท้ายความยืดหยุ่นของอุปสงค์ต่อครัวเรือนมีค่าเท่ากับ 0.17 นอกจากนี้ผู้ทำการศึกษายังมีข้อเสนอแนะในเรื่องของการลงทุนขยายระบบท่อและโครงการลดน้ำสูญเสียว่าควรกระทำด้วยความรอบคอบ เนื่องจากต้นทุนสูงมาก และไม่สอดคล้องกับ

รายได้ขององค์กร ซึ่งถ้าทำได้จะประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก ในขณะที่การกำหนดราคาค่าน้ำ ควรคำนึงถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคมที่เกิดขึ้นให้เหมาะสม ณ เวลานั้น

ธนวัต อ่องอินทศิริ (2546) ได้ทำการศึกษาเรื่อง การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำประปาในระยะสั้น กรณีศึกษา การประปานครหลวงที่พบว่า ข้อมูลอนุกรมเวลารายเดือนของปริมาณน้ำจำหน่ายมีรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบฤดูกาล (Seasonal) ซึ่งเมื่อทดสอบด้วยวิธี Unit Root Test ค่าสถิติ ADF บ่งบอกถึงข้อมูลว่ามีคุณสมบัติ Non-stationary จึงต้องปรับข้อมูลอนุกรมเวลาให้มีคุณสมบัติเป็น Stationary เสียก่อนด้วยวิธีการหาผลต่าง (Differentiation) โดยต้องปรับข้อมูลถึง 2 ครั้ง ด้วยผลต่างฤดูกาล (12 ช่วงเวลา) และผลต่างธรรมดา (1 ช่วงเวลา) ถึงจะทำให้ข้อมูลอนุกรมเวลามีคุณสมบัติเป็น Stationary ทั้งนี้สามารถกำหนดรูปแบบจำลองที่เหมาะสมให้กับข้อมูลอนุกรมเวลาปริมาณน้ำจำหน่าย คือ MSARIMA (0,1,1)(0,1,1)₁₂ และนำแบบจำลองนี้ไปประมาณค่าพารามิเตอร์ซึ่งเมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบจำลองพบว่า การทดสอบค่าสถิติ t-statistic และ Ljung – Box Q statistic ผ่านการทดสอบทั้ง 2 ค่า ทำให้รูปแบบจำลองที่กำหนดให้มีความเหมาะสมที่จะใช้พยากรณ์ และเมื่อนำไปพยากรณ์ค่าในช่วงเดือน มิ.ย.46 – พ.ย.46 ได้ค่าที่เกิดขึ้นจริงในช่วงเวลาเดียวกันมาก โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำกว่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) ทำให้สรุปได้ว่าวิธีการพยากรณ์ของบ็อกซ์และเจนกินส์มีความแม่นยำและเหมาะสมที่จะนำไปใช้พยากรณ์ในระยะสั้น

จากผลการทบทวนวรรณกรรม พบว่า วิธีการที่ใช้ในการคาดการณ์เพื่อพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในอนาคต ส่วนใหญ่จะจำแนกออกเป็น 3 วิธีหลัก ได้แก่

1) การพยากรณ์ทางเศรษฐศาสตร์ (mathematical approach) เป็นการทำการศึกษโดยอ้างอิงบนพื้นฐานของระบบความสัมพันธ์ทางสถิติ หรือการประมาณการทางข้อมูลย้อนหลังที่แตกต่างกันระหว่างปัจจัย (ตัวแปรอิสระ) และปริมาณการใช้น้ำ (ตัวแปรตาม) โดยมีข้อสมมติฐานว่า ความสัมพันธ์เหล่านั้นจะยังคงเป็นไปในอนาคต โดยงานศึกษาตามแนวทางดังกล่าวนี้ อาทิ เช่น Rahman and Bhagnagar (1988), Encel et al. (1976), Ascher (1978), Granger (1980), Levenbach and Cleary (1981), Boland and Baumann (1981), Boland et al. (1981), Dziegielewski and Boland (1981), และ Gardiner and Herrington (1986) และในประเทศไทย เช่น ในการคำนวณของการประปานครหลวงและการประปาภูมิภาค

2) การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time-series models) เป็นการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำโดยตรง โดยไม่ต้องมีการคาดการณ์เกี่ยวกับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทนั้น โดยการพยากรณ์ความต้องการน้ำสำหรับชุมชนหนึ่งๆ จะอาศัยตัวแปร 2 ประการหลักคือ จำนวนประชากร และอัตราการใช้น้ำต่อหน่วย ในการพิจารณาให้ความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ทั้งนี้เนื่องจากทั้ง 2 ประการนั้นจะแปรผันตามเวลา ไม่คงที่แน่นอนค่าใดค่าหนึ่งโดยวิธีการที่ใช้ในการคำนวณ เช่น ARIMA Models, Box Jenkins ซึ่งในประเทศไทย เช่น ในการศึกษาของ ณิช สุภาพิมพ์ และสุเมธ แก่นมณี (2555) ทำการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในอนาคต โดยใช้แบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และแบบจำลองการช (GARCH) โดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบจำลอง ARIMA ตามแบบวิธี Box-Jenkin และแบบจำลอง GARCH เพื่อเทียบหาแบบจำลองที่เหมาะสม ในงานศึกษานี้ ได้นำข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครายปี จำแนกรายจังหวัด ตั้งแต่ปี 2511-2554 รวมทั้งสิ้น 44 ข้อมูล ที่ได้จากผลรวมของจำนวนประชากรคูณอัตราการใช้น้ำตามมาตรฐานของความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) โดยทำการพยากรณ์ในระยะ 4 ปีข้างหน้าได้แก่ปี 2555 – 2558 โดยในการศึกษานี้การศึกษานี้ได้แบ่งการ

พยากรณ์ออกเป็น 3 ช่วง คือ Historical Forecast, Ex-post Forecast และ Ex-ante Forecast ผลการพยากรณ์พบว่า แบบจำลอง ARIMA ให้ค่า MAPE ที่ต่ำกว่าแบบจำลอง GARCH แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ARIMA มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH

3) การพยากรณ์การใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ (Water-demand forecasting) เป็นการรวมปัจจัยทางเศรษฐกิจ ประชากร สภาพอากาศ หรือปัจจัยอื่นๆ เข้ามาในแบบจำลองความต้องการ (Zhou et al., 2000) เช่นในงานศึกษาของ M. LUAY FROUKH (2001) ด้วยวิธีการ Water-demand forecasting DFMS (Decision Support System), UK

ในประเทศไทย เช่น ในการศึกษาของณิชา สุภาพิมพ์ และสุเมธ แก่นมณี (2555) เรื่องการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในอนาคต โดยใช้แบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และแบบจำลองการช (GARCH) โดยใช้วิธีการพยากรณ์แบบจำลอง ARIMA ตามแบบวิธี Box-Jenkin และแบบจำลอง GARCH เพื่อเทียบหาแบบจำลองที่เหมาะสม ข้อมูลที่นำมาศึกษาของการวิจัยนี้เป็นข้อมูลอนุกรมเวลาของปริมาณความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครายปี จำแนกรายจังหวัด ตั้งแต่ปี 2511-2554 รวมทั้งสิ้น 44 ข้อมูลที่ได้จากผลรวมของจำนวนประชากร คูณอัตราการใช้น้ำตามมาตรฐานของความจำเป็นพื้นฐาน (จปฐ.) โดยทำการพยากรณ์ในระยะ 4 ปีข้างหน้าได้แก่ปี 2555 – 2558 โดยในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบบจำลอง ARIMA และแบบจำลอง 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 Akaika Information Criterion (AIC) เพื่อที่จะสามารถระบุได้ว่าแบบจำลองควรจะมี Autoregressive (p) เท่าใด และ Moving average (q) เท่าใด โดยเลือกที่รูปแบบที่มีค่า AIC และ BIC ต่ำที่สุดจากนั้นประมาณค่าสัมประสิทธิ์ เพื่อนำค่าสัมประสิทธิ์ไปทำการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และหาค่า MAPE ของการพยากรณ์ จากแบบจำลอง ARIMA ที่เหมาะสมต่อการพยากรณ์ จากนั้นนำแบบจำลองที่ได้มาประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยวิเคราะห์ตามวิธีแบบจำลอง GARCH-M เพื่อแทนค่า GARCH (variance) ลงใน Mean Equation เพื่อพยากรณ์ค่าปริมาณความต้องการใช้น้ำ เนื่องจาก GARCH ธรรมดา พยากรณ์แค่ค่า 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 คือ ทำการพยากรณ์ข้อมูลในอดีตจนถึงช่วงเวลาที่พิจารณา และเพื่อที่จะทราบว่า แบบจำลองที่ประมาณขึ้นมานั้น สามารถที่จะพยากรณ์ได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด จึงได้ใช้การพยากรณ์แบบ Ex-post Forecast กล่าวคือ เป็นการพยากรณ์ข้อมูล ณ ช่วงเวลาที่ข้อมูลจริงเกิดขึ้นแล้ว ผลการพยากรณ์พบว่า แบบจำลอง ARIMA ให้ค่า MAPE ที่ต่ำกว่าแบบจำลอง GARCH แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง ARIMA มีความสามารถในการพยากรณ์ได้แม่นยำกว่าแบบจำลอง GARCH

สำหรับแบบจำลอง ARIMA, ARCH และ GARCH แบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลา (time series data) ที่ได้รับความนิยมและมีการพัฒนาปรับปรุงเป็น ARCH และ GARCH โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.การทดสอบความนิ่งของข้อมูล (Unit Root Test)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series data) มีความจำเป็นที่จะต้องมีการทดสอบว่า ข้อมูลที่ใช้มีความนิ่ง (Stationary) หรือไม่ เพราะหากจะทดสอบข้อมูลแล้ว หากข้อมูลเกิดมีความไม่นิ่ง (non-stationary) จะทำให้สมการถดถอยระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาสองตัวแปร จะได้ค่า R² ที่มีค่าสูงมากและค่าสถิติ t จะมีนัยสำคัญ ทั้งที่ตัวแปรทั้งสองนั้นไม่มีความสัมพันธ์กันเลย ในทางเศรษฐศาสตร์ (Ender, 1995; Gujarati, 1995)

เหตุที่ทำให้ได้ค่า R² สูงเช่นนี้เป็นเพราะอนุกรมเวลามีแนวโน้ม ไม่ใช่เนื่องจากความสัมพันธ์ที่แท้จริงระหว่างตัวแปรอนุกรมเวลาทั้งสองตัวแปร ส่วนกรณีที่ค่าสถิติ t มีนัยสำคัญ เป็นเพราะอนุกรมเวลาทั้งสองมีแนวโน้มที่แข็งแกร่งมาก (Strong Trend) โดยสรุปแล้วการทดสอบความนิ่งของข้อมูลอาจนำไปสู่การลงความเห็นที่ผิดพลาดได้ในที่สุด

ข้อมูลที่มีลักษณะนิ่ง (Stationary) หมายถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) เท่ากันตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ส่วนข้อมูลที่มีลักษณะไม่นิ่ง (non-stationary) หมายถึง ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีค่าเฉลี่ย (Mean) และความแปรปรวน (Variance) ไม่เท่ากันตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ทั้งนี้การวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นอนุกรมเวลาส่วนมากจะพบปัญหาความไม่นิ่งของข้อมูลซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการทำให้ข้อมูลมีความนิ่งเสียก่อน โดยอาจใช้วิธีการหาผลต่าง (Difference) ของข้อมูลการแปลงให้อยู่ในรูป Logarithm หรือการทดสอบหาความสัมพันธ์ของตัวแปรในระยะยาว (cointegration) เป็นต้น

ในการทดสอบ unit root หรือ อันดับความสัมพันธ์ของข้อมูล (order of Integration) เป็นการทดสอบตัวแปรทางเศรษฐกิจต่างๆ ที่ใช้ในสมการเพื่อดูความเป็น station (I(0); integrated of order 0) หรือ non-stationary โดยส่วนมากแล้วจะนิยมการทดสอบโดยวิธี Dicky-Fuller test ซึ่งสามารถแบ่ง ออกได้เป็น 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 Dickey-Fuller Test (DF)

วิธีนี้จะทำการทดสอบตัวแปรที่เคลื่อนไหวไปตามช่วงเวลาที่มึลักษณะเป็น Auto regressive model โดยพิจารณาสมการ รูปแบบที่ 3 แตกต่างกัน ดังนี้

$$\Delta X_t = \theta X_{t-1} + 1\epsilon_t \text{ (random walk process)}$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_{t-1} + 1\epsilon_t \text{ (random walk with drift)}$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t \theta X_{t-1} + 1\epsilon_t \text{ (random walk with drift and linear time trend)}$$

โดยที่ ΔX_t คือ ค่าความแตกต่างครั้งที่ ของตัวแปรที่ทำการศึกษา 1

α, β, θ คือ ค่าคงที่

t คือ ค่าคงที่

ε_t คือ ตัวแปรสุ่มที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และค่าความแปรปรวนที่คงที่ หรือ
 $\varepsilon_t \sim iid (0, \delta \varepsilon^2)$

การทดสอบ จะพิจารณาค่า θ โดยเปรียบเทียบค่าสถิติ t (t-statistic) ที่คำนวณได้กับค่าที่เหมาะสมจากตาราง Dickey-Fuller ซึ่งมีสมมติฐานการทดสอบ ดังนี้

$H_0 : \theta = 0$: non-stationary

$H_1 : \theta < 0$: stationary

ถ้ายอมรับ $H : \theta = 0$) จะได้ว่า ตัวแปรที่สนใจ (X_t) มี unit root หรือ X_t มีลักษณะเป็น Non-stationary

แต่ถ้ายอมรับ $H : \theta \neq 0$) จะได้ว่าตัวแปรที่สนใจ (X_t) ไม่มี unit root หรือ X_t มีลักษณะเป็น Stationary

วิธีที่ 2 Augmented Dickey-Fuller Test (ADF)

เป็นการทดสอบ unit root อีกวิธีหนึ่งที่พัฒนามาจาก DF Test เนื่องจากวิธี DF ไม่สามารถทำการทดสอบตัวแปรในกรณีที่ เป็น serial correlation ในค่าความคลาดเคลื่อน error term (ε_t) ที่มีลักษณะความสัมพันธ์กันเองในระดับสูง โดยมีสมการดังนี้

$$\Delta X_t = \theta X_t + \sum \phi_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$\Delta X_t = \alpha + \theta X_t + \sum \phi_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

$$\Delta X_t = \alpha + \beta_t \theta X_t + \sum \phi_j \Delta X_{t-j} + \varepsilon_t$$

การใส่ค่า Lagged Term (p) ว่ามีจำนวนเท่าใดจึงจะเหมาะสมสำหรับแต่ละข้อมูลอนุกรมนั้นมีหลักในการเลือก lag length ที่เสนอโดย Walter-Ender (1995) ว่า ควรจะเริ่ม lag length ที่มีค่าที่มากพอ แล้วพิจารณาความมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญต่างๆ (0.05 , 0.01 , 0.1) เมื่อพบว่าที่ lag length ที่เลือกมีค่า t-statistic ที่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ ร้อยละ 10 แล้วจึงทำการลด lag length ลงทีละ 1 ช่วง จนกระทั่งสามารถปฏิเสธสมมติฐานว่าง (Null Hypothesis)

2. แบบจำลองอาร์มา (ARIMA MODEL)

การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยแบบจำลองอาร์มา ตามแบบวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ ผู้ที่คิดค้นคือนักสถิติที่มีชื่อเสียงสองท่าน คือ George E.P. Box และ Gwilym M. Jenkins โดยได้เขียนไว้ในหนังสือชื่อ Time Series Analysis: Forecasting and Control และพิมพ์จำหน่ายครั้งแรกในปี ค.ศ. 1970 การกำหนดตัวแบบให้กับอนุกรมเวลาตามวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ จะกำหนดตัวแบบอยู่ในกลุ่มของตัวแบบ ARMA (p, q) (Autoregressive and Moving average model of order p and q) ซึ่งเป็นตัวแบบที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีลักษณะเป็น

สเตชันนารี (Stationary) การพยากรณ์อนุกรมเวลาด้วยวิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ยุ่งยากและซับซ้อนที่สุดในบรรดาวิธีการพยากรณ์ด้วยกัน นอกจากนี้ยังต้องใช้ข้อมูลและเวลาในการคำนวณค่อนข้างมาก แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้มีข้อดีหลายประการ อาทิเช่น สามารถใช้ได้กับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวทุกประเภทและเป็นวิธีการที่มีความแม่นยำ (Accuracy) ของการพยากรณ์ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการพยากรณ์แบบอื่นๆ (สมเกียรติ เกตุเอี่ยม, 2546)

อาจกล่าวได้ว่า ในการคาดประมาณปริมาณความต้องการน้ำที่ดำเนินการด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งดังที่กล่าวมานั้น มุ่งเน้นการประมาณจากแนวโน้มโดยอาศัยข้อมูลในอดีต การประมาณจากปริมาณความต้องการน้ำต่อหัวของประชากร การประมาณการจากการแยกประเภทของกิจกรรมในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งในแต่ละกิจกรรมนั้นมีการใช้น้ำคงที่ โดยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำในการประเมิน โดยปริมาณความต้องการน้ำที่ประมาณได้นี้จะใช้ค่าเฉลี่ย เช่น ค่าเฉลี่ยปริมาณความต้องการน้ำต่อวันหรือต่อเดือนหรือต่อปี แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้ได้ทันทีที่ทั้งนี้ต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ มาเกี่ยวข้องกับค่าปริมาณความต้องการน้ำอีกในงานออกแบบด้านวิศวกรรมประปา เช่น สัดส่วนอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยร้อยละของปริมาณน้ำสูญเสีย การใช้น้ำแต่ละพื้นที่ย่อยในเขตพื้นที่บริการ เป็นต้น

ในการทำการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงทำการคาดประมาณปริมาณความต้องการน้ำโดยการรวมปัจจัยทางเศรษฐกิจ ประชากร สภาพอากาศ และปัจจัยอื่นๆ เข้าร่วมในแบบจำลองการพยากรณ์ เนื่องจากค่าปริมาณความต้องการน้ำหรือต่อหน่วยย่อมมีค่าไม่คงที่แน่นอนเสมอไป เพราะปริมาณความต้องการน้ำเป็นกิจกรรมอันเกิดจากคนในชุมชน พฤติกรรมของคนในชุมชนนั้นจะแปรเปลี่ยนไปตามสภาพแวดล้อมและปัจจัยภายนอกที่มีผลกระทบจำนวนประชากรและขนาดของครัวเรือน สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม มาตรการการจำกัดการใช้น้ำ สภาพภูมิอากาศ ความแตกต่างระหว่างแหล่งน้ำและปริมาณความต้องการน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามเวลาไปด้วย ฯลฯ (Karen, 2009) โดยสูตรที่จะนำมาใช้ในการคำนวณจะดำเนินการจากการทบทวนวรรณกรรมในต่างประเทศอย่างเป็นระบบ

ในการทบทวนวรรณกรรมในต่างประเทศดำเนินการทบทวนจากวรรณกรรมที่ตีพิมพ์ในเดือนมีนาคม 2561 ที่ทำการศึกษารื่องการประมาณการความต้องการน้ำในอนาคต โดยสืบค้นคำสำคัญต่างๆ จาก Google scholar จากการผสมผสาน ของคำว่า “ น้ำ” “ความต้องการ” “ประชากรศาสตร์” “ประชากร” และ “ขนาดครัวเรือน” ในอินเทอร์เน็ต โดยได้มีการคัดเลือกหัวข้อบทความที่เกี่ยวข้องกัน และทบทวนรายละเอียด โดยเฉพาะบทความภาษาอังกฤษที่สมบูรณ์ที่ทำได้ ในเบื้องต้นได้ทำการทบทวนบทความที่ทำการคัดเลือกจำนวน 16 บทความจาก 64 บทความ โดยจำนวน 15 บทความ เป็นบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารที่มีคณะกรรมการกลั่นกรอง จำนวน 15 บทความและเป็นบทความวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท จำนวน 1 บทความ ทั้งนี้เป็นบทความจากประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 6 บทความ บทความจากประเทศนิวซีแลนด์ จำนวน 2 บทความและบทความจากประเทศแคนาดา จีน เอธิโอเปีย เยอรมนี เคนยา ไนจีเรีย ออฟริกาใต้ สเปน และตุรกี ประเทศละ 1 บทความ รายชื่อบทความที่ทำการทบทวน แสดงดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 2.3 รายชื่อบทความที่ทำการทบทวน

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อบทความ
Arbués, F., Villanúa, I., & Barberán, R.	2010	Household size and residential water demand: an empirical approach. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics
Arsiso, B. K., Tsidu, G. M., Stoffberg, G. H., & Tadesse, T.	2017	Climate change and population growth impacts on surface water supply and demand of Addis Ababa, Ethiopia
Ashoori, N., Dzombak, D. A., & Small, M. J.	2017	Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets
Ashoori, N., Dzombak, D. A., & Small, M. J.	2016	Modeling the effects of conservation, demographics, price, and climate on urban water demand in Los Angeles, California
Capece, J.	2007	Population Growth and Water Demand Model for Port LaBelle, Florida.
Dawadi, S., & Ahmad, S.	2013	Evaluating the impact of demand-side management on water resources under changing climatic conditions and increasing population
Draphor, S., Obando, J. A., Obiero, K., & Gabiri, G.	2014	Demographic Characteristics of Households and House Ownership Status Influence on Water Demand in Ruiru Municipality, Kiambu County, Kenya. Middle-East
Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W.	2017	A Multi-Scale Analysis of Single-Unit Housing Water Demand Through Integration of Water Consumption, Land Use and Demographic Data.
Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W.	2016	A Multi-Scale Analysis of Low-Rise Apartment Water Demand through Integration of Water Consumption, Land

ชื่อผู้แต่ง	ปี พ.ศ.	ชื่อบทความ
		Use, and Demographic Data.
Hutson, S. S., & Schwarz, G. E.	1996	Estimates of future water demand for selected water-service areas in the Upper Duck River Basin, Central Tennessee.
Koegst, T., Tränckner, J., Franz, T., & Krebs, P.	2008	Multi-Regression analysis in forecasting water demand based on population age structure. In 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Schottland
Neale, T., Carmichael, J., & Cohen, S.	2007	Urban water futures: a multivariate analysis of population growth and climate change impacts on urban water demand in the Okanagan basin
Öztürk, Y., & Kılınç, H. Ç.	2016	Future Water Demand of Gaziantep Province Using Population Forecasting Method.
Piper, S.	2000	Estimating Future Water Demand Using Population and Economic Growth Projections: A Guide for Municipal, Rural and Industrial(MR&I)
Schutte, C. F., & Pretorius, W. A.	1997	Water demand and population growth
Wang, X. J., Zhang, J. Y., Shahid, S., Xie, W., Du, C. Y., Shang, X. C., & Zhang, X.	2018	Modeling domestic water demand in Huaihe River Basin of China under climate change and population dynamics.

ผลจากการทบทวนพบว่า ในการศึกษาของ Ghavidelfar et al. (2016, 2017) มีวัตถุประสงค์หลักในการประเมินผลกระทบทางสังคมและเศรษฐกิจในระดับครัวเรือน โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือน (เช่น รายได้และขนาดของครัวเรือน อายุของผู้อยู่อาศัย) ลักษณะของที่อยู่อาศัย (เช่น จำนวนห้องนอน ขนาดของสวน สระว่ายน้ำ) ภูมิอากาศ (เช่น อุณหภูมิ และปริมาณฝน) และค่าน้ำในอพาร์ทเมนต์ขนาดเล็ก และในบ้านเดี่ยวตามลำดับ โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอยเพื่อค้นหาปัจจัยที่กำหนดความต้องการใช้น้ำของอพาร์ทเมนต์ส่วนบุคคลหรือบ้านเรือน และใช้การวิเคราะห์ในภาพรวมของยูนิตในพื้นที่สำมะโน โดยใช้

ข้อมูลจาก Watercare Services Limited ซึ่งเป็นหน่วยงานของสภาเมืองไอล์แลนด์ เป็นฐานข้อมูลที่เปิดเผยให้สาธารณะของสภาเมืองไอล์แลนด์ ข้อมูลจากกรมที่ดินของนิวซีแลนด์ ข้อมูลจากศูนย์ข้อมูลภูมิอากาศแห่งชาตินิวซีแลนด์ และข้อมูลจากสำนักงานสถิตินิวซีแลนด์ ข้อค้นพบที่สำคัญ คือ ขนาดครัวเรือน สภาพอากาศ และการเป็นเจ้าของสระว่ายน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญของการใช้น้ำในอพาร์ทเมนต์ ขณะที่ขนาดครัวเรือนและสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญของการใช้น้ำในบ้านเดี่ยว การศึกษาทั้งสองเรื่องพบว่ามีปัจจัยอื่นอีก เช่น ค่าน้ำ ซึ่งไม่เป็นปัจจัยสำคัญ

ในการศึกษาของ Draphor et al. (2014) ทำการศึกษาอิทธิพลของคุณลักษณะทางประชากร และประเภทและขนาดของบ้านที่มีผลต่อความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนในเขต Kiambu เทศมณฑล Ruiru ในภาคกลางของเคนยา ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนและวิเคราะห์แบบถดถอยโดยใช้ข้อมูลการสำรวจแบบภาคตัดขวางจำนวน 210 ครัวเรือน ผลการศึกษาพบว่า ขนาดครัวเรือน เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำต่อครัวเรือนในแต่ละวัน รวมถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ราคาหน้าประปา แต่ไม่มีบทบาทสำคัญมากนัก

Arbues et al. (2010) ทำการทดสอบว่าผู้ใช้น้ำจะมีความอ่อนไหว (water users' sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำแตกต่างกันหรือไม่ตามขนาดครัวเรือน โดยใช้ข้อมูลครัวเรือนจำนวน 1,507 ครัวเรือนในเมืองซาราโกซา ของสเปน ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ประชากรในเขตเทศบาล สภาเมือง และสถาบันอุดมศึกษาแห่งสเปน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์กำลังสองน้อยที่สุด 2 ขั้น (two-step generalized least squares model) และพบว่าครัวเรือนทุกขนาดมีความอ่อนไหวต่อค่าน้ำ แต่ครัวเรือนขนาดเล็กมีความอ่อนไหวมากที่สุด

ในระดับปัจเจกบุคคล Schutte and Pretorius (1997) ศึกษาปริมาณน้ำที่ต้องการเพื่อความอยู่รอดของคนหนึ่งคน ณ ระดับวิถีชีวิตแบบหนึ่งในแอฟริกาใต้ โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ของการใช้น้ำของคนหนึ่งคน ผู้วิจัยคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำจนถึงปี 2015 และพบว่าความต้องการน้ำในครัวเรือนอยู่ที่ร้อยละ 20 ของความต้องการใช้น้ำทั้งหมด ขณะที่ความต้องการน้ำเพื่อการผลิตอาหาร สีนค้ำ และการจ้างงานอยู่ที่ร้อยละ 80 ทั้งนี้ผู้วิจัยทำนายว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้น 23% เนื่องจากจำนวนประชากรที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 1 ล้านคนจากที่คาดการณ์ไว้ในปี 1995

Dawadi and Ahmad (2013) ทำการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของขนาดของประชากรและการเปลี่ยนแปลงสถานะทางภูมิอากาศต่อความต้องการใช้น้ำและการจัดหา น้ำจากแม่น้ำ Colorado ในหุบเขา Las Vegas ภาคใต้ของรัฐเนวาดา สหรัฐอเมริกา โดยทำการพยากรณ์โดยใช้แบบจำลองที่สร้างขึ้นมาเพื่อการทำนายข้อมูลในปี 2035-1989 โดยเป็นการฉายภาพร่วมกับข้อมูลของสภาพภูมิอากาศของโลก อัตราการเติบโตของจำนวนประชากรจากข้อมูลการคาดการณ์ประชากร ข้อมูลด้านการบริหารจัดการความต้องการน้ำ เช่น การใช้มาตรการด้านการอนุรักษ์น้ำ และการใช้มาตรการด้านราคา โดยผลจากการศึกษาด้วยโมเดลดังกล่าวนี้ พบว่าจำนวนความต้องการน้ำในอนาคตจะไม่เพิ่มขึ้น หากมีการบริหารจัดการน้ำที่ดี เช่น การนโยบายด้านการอนุรักษ์น้ำ เช่น การคิดค่าน้ำ ก็จะทำให้ยังคงมีน้ำประปาอยู่ได้อย่างดีในอนาคต

Neale et al. (2007) ทำการพยากรณ์สถานการณ์ความต้องการใช้น้ำในพื้นที่อยู่อาศัยในอนาคตในบริเวณอ่างเก็บน้ำ Okanagan เมือง British Columbia ประเทศแคนาดา เพื่อทำการเปรียบเทียบกับอุปทานน้ำ (water supply) จากผู้ผลิตน้ำประปาที่ได้รับอนุญาตในการผลิตน้ำ โดยในการพยากรณ์ ได้ทำการศึกษาร่วมกับจำนวนการเพิ่มของประชากร การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ประเภทของบ้านและความต้องการบ้าน โดยทำการพยากรณ์ จากการข้อมูลสำมะโนประชากรปี 2001 ในประเทศแคนาดา และนำข้อมูลจากการสำรวจเกี่ยวกับ มิเตอร์น้ำของที่อยู่อาศัย สถานีจัดเครื่องปั้มน้ำบาดาล ระบบเครื่องวัดการไหลของน้ำ การฉายภาพการเจริญเติบโตของ ประชากรในภูมิภาค เอกสารการวางแผนท้องถิ่น และข้อมูลจากผลการศึกษาในอดีตที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาร่วมด้วย และทำการเปรียบเทียบในรูปแบบของตารางรายปีตั้งแต่ปี 2001-2069 โดยผลการศึกษาพบว่า ปริมาณความต้องการน้ำจะสูงกว่าปริมาณการผลิตน้ำประปาที่ได้รับอนุญาตทุกปีเนื่องจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในการวิจัยเรื่องนี้ได้เสนอข้อค้นพบในเรื่องของการทำการศึกษาคือ ข้อมูลความต้องการน้ำเพื่อนำมาใช้ในการบริหารจัดการความต้องการน้ำและทำให้ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคตลดลง

Koegst et al. (2008) ศึกษาผลกระทบของปัจจัยทางประชากรที่มีต่อความต้องการน้ำประปาในเมืองเดรสเดน เยอรมนี โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจาก ใบเสร็จ การเก็บค่าน้ำตามบ้านที่มีการใช้น้ำมากกว่าหนึ่งปี โดยวิเคราะห์จากข้อมูลของระบบการเก็บเงิน (address-wise billing data) ข้อมูลทางประชากรในส่วนของคุณลักษณะทางประชากรและอายุและข้อมูลจากตัวชี้วัดด้านทางเศรษฐกิจสังคม (เช่น ชนิดและขนาดของกิจการพาณิชย์) ในระดับอำเภอ โดยในขั้นแรกเป็นการวิเคราะห์ปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมและปัจจัยทางประชากรเพื่อทำการประมาณความต้องการใช้น้ำในระดับปัจเจกบุคคล ผลการศึกษาพบว่า จำนวนผู้อยู่อาศัยในครัวเรือน ครัวเรือนที่มีเด็ก ขนาดของครัวเรือน จำนวนห้อง และจำนวนขนาดของกิจการ ส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำต่อคน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ในขั้นที่ 2 โดยการวิเคราะห์จำแนกรายพื้นที่ในระดับอำเภอและทำนายความแตกต่างของการใช้น้ำในรายกลุ่มอายุ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จำแนกกลุ่มอายุออกเป็น 4 กลุ่มเพื่อทำนายค่าประมาณกลางความต้องการน้ำในปี 2010 2015 และ 2020 โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณ

Wang et al. (2017) ทำนายความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำหวางเหอ จีน โดยใช้ข้อมูลด้านการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ การเพิ่มของประชากร การขยายตัวของตัวเมือง การเปลี่ยนแปลงของการใช้ชีวิต และความก้าวหน้าของเทคโนโลยีเข้ามาร่วมทำการศึกษาร่วมด้วย โดยในขั้นแรกเริ่มต้นจากการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิน้ำต่อความต้องการใช้น้ำประปาในระดับท้องถิ่น โดยใช้ข้อมูลการบริโภคน้ำและข้อมูลอุณหภูมิของน้ำมาทำการวิเคราะห์ด้วยสมการถดถอย จากนั้นในขั้นตอนที่สอง เป็นการใช่มอดเดลการทำนายซ้ำ (General Circulation Models) เพื่อทำนายอุณหภูมิของน้ำต่อความต้องการน้ำในอนาคต ในขั้นที่สาม เป็นการทำนายความต้องการน้ำในอนาคตร่วมกับอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรในเขตเมือง ชนบท ข้อมูลความต้องการน้ำในเขตเมืองและชนบทในอดีต รูปแบบของการใช้น้ำ และเทคโนโลยีในการอนุรักษ์น้ำ

Hutson and Schwarz (1996) ทำนายความต้องการใช้น้ำในเขตมณฑลของผู้ใช้น้ำในเขตที่พักอาศัย โรงงานอุตสาหกรรมและกิจการในเทศมณฑลในรัฐเทนเนสซี สหรัฐอเมริกา โดยใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติและโมเดลถดถอยแบบพหุคูณ Single-coefficient requirement และใช้ข้อมูลการใช้น้ำในมณฑลในอดีต เพื่อทำนายความต้องการใช้น้ำในเทศมณฑลปี 2015-2050

Capece (2007) ทำนายความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนในพอร์ต ลาแบลล์ รัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา เริ่มต้นจากการทำนายการเพิ่มขึ้นของประชากรด้วยวิธีการโลจิสติกส์โมเดลจากข้อมูลประชากรในอดีต จากนั้นจึงทำการคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำโดยใช้ข้อมูลประชากรจากอัตราของประชากรที่มีการเพิ่มสูงสุดและความสามารถในการรองรับประชากรของพื้นที่อยู่อาศัยเพื่อทำนายความต้องการน้ำต่อขนาดของครัวเรือน

Ozturk and kilinc (2016) ทำการศึกษา ความต้องการและการบริโภคน้ำในจังหวัด Gaziantep ประเทศตุรกี โดยใช้ข้อมูลการฉายภาพประชากรในอนาคต และการทวีคูณของขนาดประชากรที่มีความต้องการใช้น้ำต่อหัว (ภายใต้สมมติฐานว่าอัตราความต้องการใช้น้ำต่อหัวจะยังคงที่ต่อไปในอนาคต)

Ashoori et al.(2017) พัฒนาแบบจำลองสถานการณ์ความต้องการใช้น้ำประปาของพื้นที่อยู่อาศัย ในเมืองลาสเวกัส ประเทศสหรัฐอเมริกา และทำการประเมินความสามารถในการผลิตน้ำเพื่อรองรับความต้องการน้ำในอนาคต โดยการทำนายด้วยโมเดลการถดถอยเชิงเส้น (multivariate linear regression model) จากระดับความต้องการใช้น้ำรายเดือนในระดับของการอนุรักษ์น้ำที่แตกต่างกัน จำนวนประชากร ราคา โครงสร้างค่าน้ำ ระดับอุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน (Ashoori et al ., 2016) โดยใช้รูปแบบการทำนาย 3 โมเดลที่แตกต่างกัน เพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเพิ่มขึ้นของประชากร โครงสร้างของค่าน้ำและการอนุรักษ์น้ำ ช่วงปี 2015-2050 มาทำนายปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต

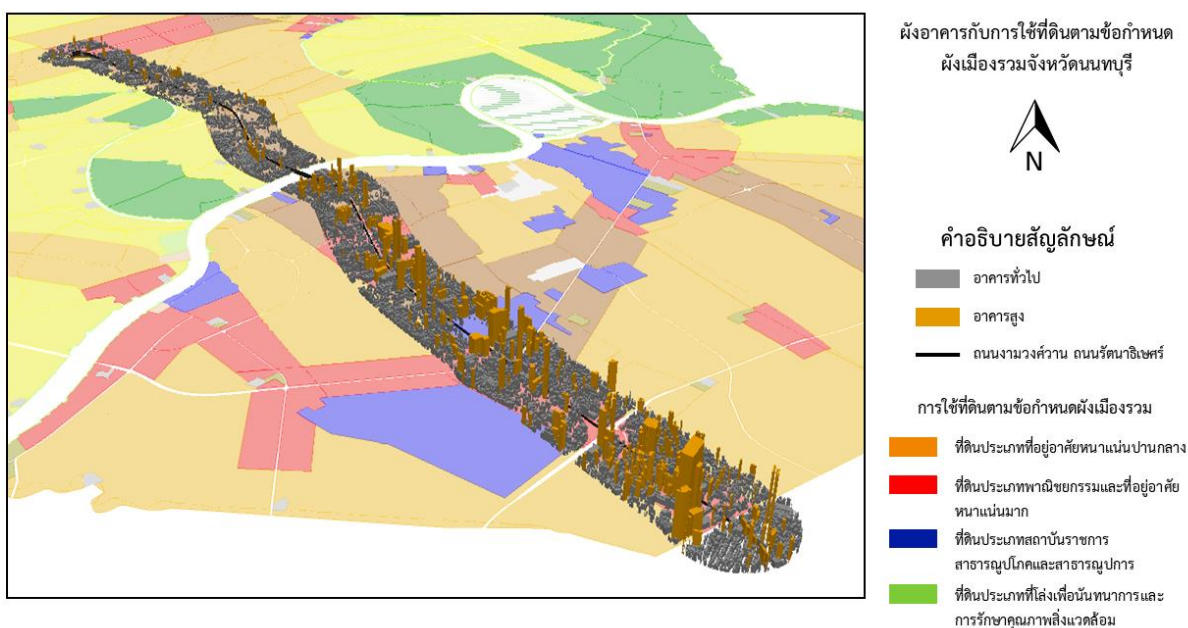
Arsiso et al. (2017) พัฒนาแนวทางประเมินความต้องการใช้น้ำและการจ่ายน้ำในเมือง Addis Ababa ประเทศเอธิโอเปีย โดยใช้รูปแบบทางอุทกศาสตร์ ร่วมกับข้อมูลการเพิ่มขึ้นของประชากร และความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ เพื่อค้นหาปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการน้ำในอนาคตโดยใช้ข้อมูลหัตถ์ภูมิ

นอกจากนี้ ยังมีงานศึกษาที่น่าแผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินมาใช้ในการประเมินความต้องการน้ำโดยแบ่งพื้นที่บริการจ่ายน้ำของการประปาออกเป็นตารางย่อยและใช้วิธีการประเมินความต้องการน้ำจากการใช้ที่ดินเป็นพื้นฐาน (Zhang, 2012, Breyer, 2014 and Tamara et. Al., 2016)

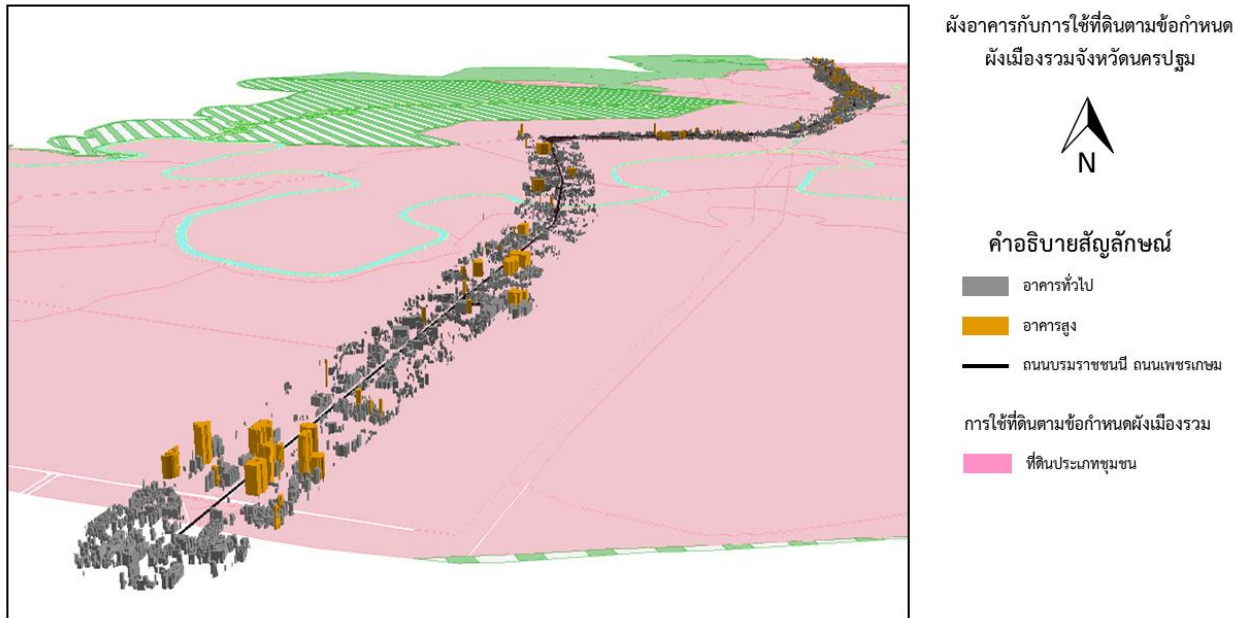
นอกจากนี้ ในการทบทวนวรรณกรรม ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูล ประกอบด้วย ชุดข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model, DEM) จากข้อมูลรังวัดความสูงภูมิประเทศ ข้อมูลผังอาคาร ข้อมูลเส้นถนน และข้อมูลแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมโยธาธิการและผังเมืองของจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้ง 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดนนทบุรี นครปฐม ปทุมธานี สมุทรปราการและสมุทรสาคร มาสร้างแนวระยะกันชน (buffer) 500 เมตรจากระยะขอบแนวรั้วของถนนแต่ละเส้น ด้วยโปรแกรม Arc Map 10.1 เพื่อแสดงเป็นต้นแบบให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คาดว่าจะเกิดขึ้นหลังจากการพัฒนาเส้นทางคมนาคมในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากภายใต้ พ.ร.บ.ควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 นั้น อนุญาตให้มีการก่อสร้างอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษสามารถได้ในพื้นที่ที่มีด้านหนึ่งด้านใดของที่ดินติดถนนสาธารณะที่มีเขตทางกว้างไม่น้อยกว่า 10 เมตร ยาวต่อเนื่องกันไปตลอดจนไปเชื่อมกับถนนสาธารณะอื่น

หากพิจารณาถึงแนวทางการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินตามพื้นที่ที่เป็นรอยเชื่อมต่อนี้ จะพบว่าหลายพื้นที่ที่มีการพัฒนาเส้นทางคมนาคมและระบบสาธารณูปโภคนั้นได้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่อยู่อาศัยหรือพื้นที่เพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว โดยแผนภาพที่ 2.1-2.5 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี 2548-2560

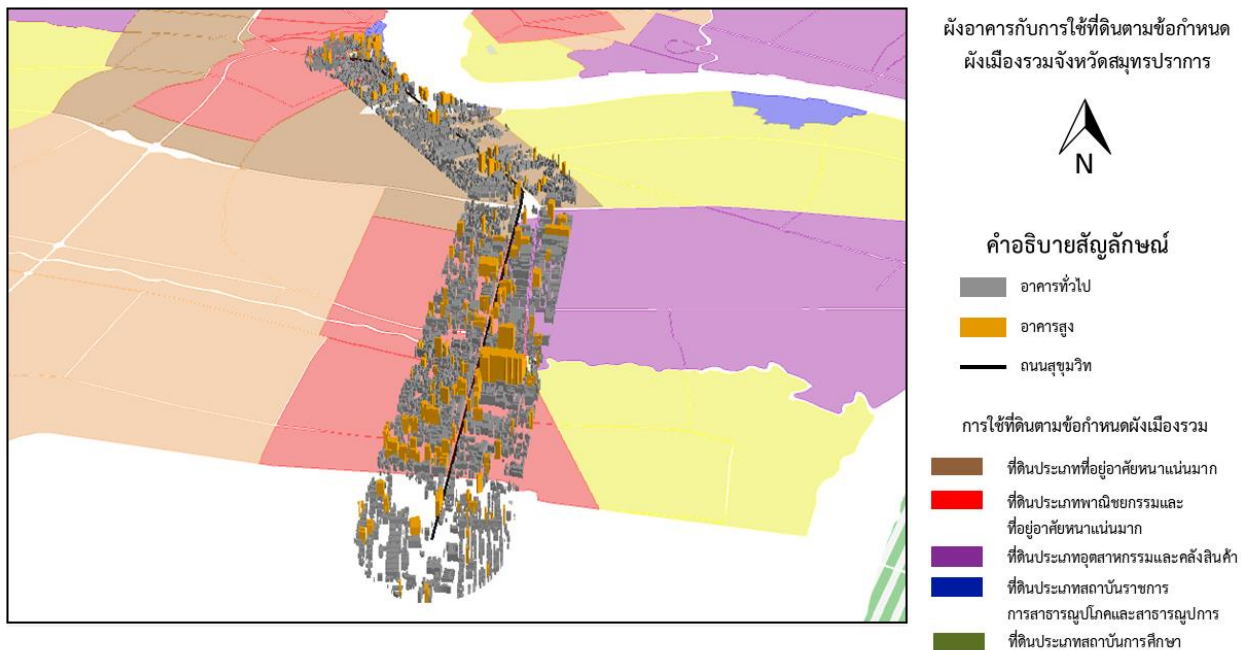
ภาพที่ 2.1 แสดงพื้นที่จังหวัดนนทบุรี บริเวณถนนงามวงศ์วานและถนนรัตนาธิเบศร์ เริ่มจากแยกพงษ์เพชรถึงแยกถนนกาญจนาภิเษก (ระดับความสูงของอาคารตั้งแต่ 1-38 ชั้น)



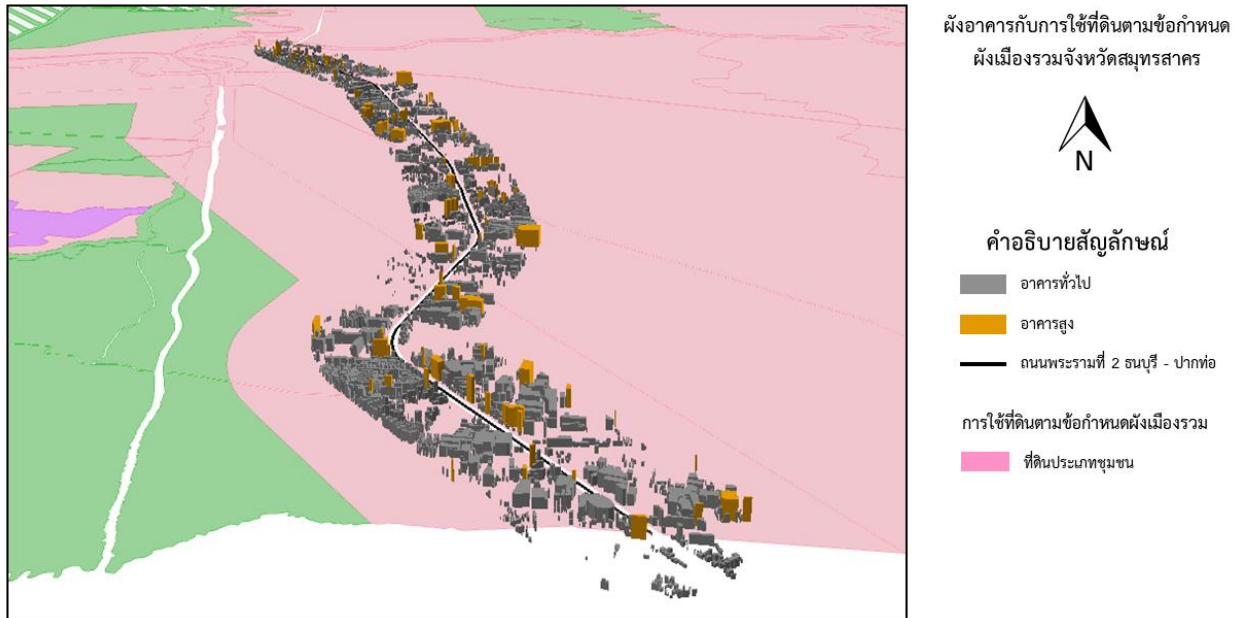
ภาพที่ 2.2 แสดงพื้นที่จังหวัดนครปฐม บริเวณถนนบรมราชชนนีและถนนเพชรเกษมเริ่มจากแยกทางหลวงหมายเลข 3310 (พุทธมณฑลสาย 5) ถึงแยกเข้านครปฐม (ระดับความสูงของอาคารตั้งแต่ 1-8 ชั้น)



ภาพที่ 2.3 แสดงพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ บริเวณแนวถนนสุขุมวิท สถานีไฟฟ้าแรงถึงศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-40 ชั้น)



ภาพที่ 2.4 แสดงพื้นที่จังหวัดสมุทรสาคร บริเวณถนนพระราม 2 และถนนธนบุรี-ปากท่อ ถึงศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-10 ชั้น)



ภาพที่ 2.5 แสดงพื้นที่จังหวัดปทุมธานี บริเวณถนนพหลโยธิน ถนนรังสิต-ปทุมธานี เริ่มจากแยกอนุสรณ์สถานถึงศาลากลาง จ. ปทุมธานี (ระดับความสูงของอาคาร ตั้งแต่ 1-12 ชั้น)



จากภาพแสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเชื่อมต่อของถนนและการเกิดขึ้นของพื้นที่ปลูกสร้างอาคารสูงในบริเวณพื้นที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่ชุมชนเมืองและชุมชนเดิมตามแนวถนนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวนี้ เป็นบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงและเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณค่าเฉลี่ยของการใช้น้ำสูงกว่าเกณฑ์ปกติเมื่อเทียบกับข้อมูลการคาดการณ์น้ำประปาที่กำหนดอัตราการใช้น้ำเท่ากับ 250 ลิตรต่อคนต่อวัน) ในการศึกษาครั้งนี้ในเบื้องต้นจึงจะทำการคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อพิจารณาถึงปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยไม่สามารถหาชุดข้อมูลการใช้น้ำของครัวเรือนโดยเฉพาะครัวเรือนที่พักอาศัยในลักษณะคอนโดมารวมประกอบการวิเคราะห์ได้จึงไม่สามารถดำเนินการด้วยวิธีการดังกล่าวนี้

หากสรุปผลจากการทบทวนวรรณกรรมจะพบว่า แนวทางในการประเมินความต้องการน้ำ มีทั้งการประเมินในระยะสั้น (short Term) และระยะยาว (Long Term) หรือการประเมินด้วยวิธีแบบง่าย ได้แก่ การประเมินความต้องการน้ำในอนาคตจากปริมาณความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมา (Trend Extrapolation) เป็นการประเมินโดยไม่ได้อาศัยตัวแปรอิสระอื่นๆ แต่ใช้ข้อมูลปริมาณความต้องการน้ำในอดีตที่ผ่านมาและข้อมูลประชากรในอดีตเพียงตัวแปรเดียว ส่วนวิธีที่ซับซ้อนขึ้น คือ การประเมินโดยอาศัยตัวแปรอิสระอื่นๆ ซึ่งจะดำเนินการในการศึกษานี้ โดยตัวแปรอิสระที่นำมาในการวิเคราะห์ในครั้งนี้ ได้จากผลการทบทวนวรรณกรรมและนำมาพัฒนาแบบจำลองการพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำประปาในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยวิธีการวิเคราะห์แบบหลายหลักเกณฑ์ (multi-attribute analysis)

บทที่ 3

วิธีการศึกษาวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาแนวทางการประเมินความต้องการน้ำจากการทบทวนเอกสารทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ ผลจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการน้ำ ได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดของครัวเรือน รายได้ ราคาคน้ำ และปริมาณน้ำฝน โดยขนาดของประชากรจะมีความสัมพันธ์ในทางตรงกับความความต้องการน้ำและขนาดของครัวเรือนจะมีความสัมพันธ์แบบผกผันกับปริมาณความต้องการน้ำประปา เนื่องจากครัวเรือนขนาดเล็กและขนาดใหญ่จะมีกิจกรรมในการใช้น้ำในครัวเรือนที่ไม่แตกต่างกัน เช่น กิจกรรมภายในครัวเรือน การทำความสะอาดครัวเรือน แต่การใช้น้ำในครัวเรือนขนาดเล็กอาจจะเพิ่มขึ้นหากมีสมาชิกในครัวเรือนเพิ่มขึ้น (Arbues et al., 2010)

สำหรับปัจจัยในเรื่องรายได้ของครัวเรือนเป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบในทางบวกต่อความต้องการใช้น้ำ เนื่องจากความต้องการใช้น้ำจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหากมีรายได้เพิ่มขึ้น ครัวเรือนที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดีจะมีบ้านที่หลังใหญ่กว่า มีห้องน้ำมากกว่า และมีพื้นที่มากกว่า จึงทำให้ต้องมีกิจกรรมในการใช้น้ำมากกว่า (Piper, 2000) ปัจจัยในเรื่องราคาคน้ำ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ทางลบกับความต้องการน้ำทั้งหมดเนื่องจากการที่มีคน้ำสูงขึ้นก็เป็นแรงจูงใจให้มีการลดการใช้น้ำในครัวเรือน (Arbues al, 2010 Ashoori et al, 2017, และ Draphor et al 2014) ปริมาณน้ำฝน เป็นตัวแปรหนึ่งที่เคยถูกใช้ในการพยากรณ์ความต้องการน้ำในเขตเมือง (e.g. Adamowski et al. 2012). จากนั้นจึงนำปัจจัยดังกล่าวมาสร้างแบบจำลองโดยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณแบบหลายขั้นตอน

โดยสูตรที่จะใช้ในการคำนวณ คือ

$$y_t = x_{tsipc} \alpha_{tsipc}$$

โดยที่

y = ความต้องการน้ำทั้งหมด

t= ปี (2019 – 2038)

x= จำนวนครัวเรือน

a= ค่าเฉลี่ยความต้องการน้ำต่อครัวเรือน

s= ขนาดประชากร

i=รายได้ครัวเรือน

p= ราคาคน้ำประปา

c= ปริมาณน้ำฝน

ในการดำเนินการเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณความต้องการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม ในการศึกษาครั้งนี้ดำเนินการด้วยการวิเคราะห์เส้นทางความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ (Path analysis) เพื่อทดสอบสมการของตัวแปรทั้งในด้านขนาดและทิศทางความสัมพันธ์ผ่านทางแผนภาพและสมการโครงสร้าง (Structural Equation) และตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลเชิงประจักษ์กับข้อมูลตามสมมติฐานที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นจากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยสมการที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 2 สมการ คือ

สมการที่ 1

$$Water\ users_t = Family\ size_t + Population\ size_t + e_{1t}$$

สมการที่ 2

$$Water\ demand_t = Water\ users_t + Household\ income_t + Water\ price_t + Rainfall_t + e_{2t}$$

ในขั้นตอนแรกทำโดยการประเมินผลกระทบของขนาดครัวเรือนและขนาดประชากรที่ส่งผลต่อจำนวนของผู้ใช้น้ำด้วยการวิเคราะห์ถดถอยหลายตัวแปรจากข้อมูลในอดีต

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลจากหลายแหล่ง ดังนี้

ชุดข้อมูล	หน่วย	แหล่งข้อมูล
ปริมาณการจำหน่ายน้ำให้กับครัวเรือน	ล้านลูกบาศก์เมตร	การประปานครหลวง
ผู้ใช้น้ำ	ล้านคน	การประปานครหลวง
ขนาดประชากร	ล้านคน	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ขนาดครัวเรือน	จำนวนคน	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ค่าน้ำโดยเฉลี่ยต่อหน่วย	บาท	การประปานครหลวง
รายได้ต่อเดือนโดยเฉลี่ยรายครัวเรือน	บาท	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ปริมาณน้ำฝน	มิลลิเมตร	กรมอุตุนิยมวิทยา

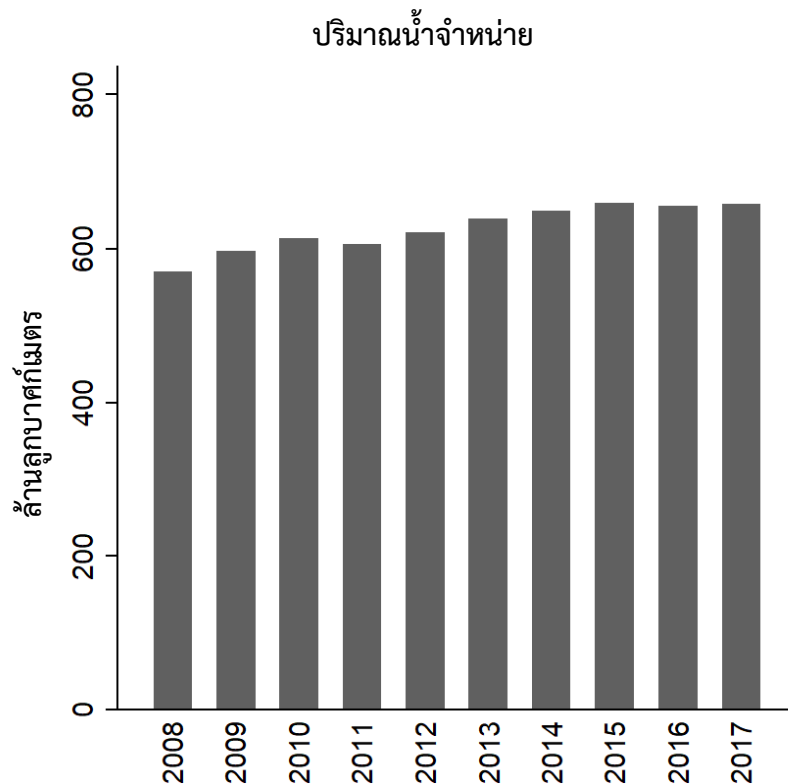
จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ (multivariate regression analysis) เพื่อวิเคราะห์ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้น้ำ เมื่อได้ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณความต้องการน้ำแล้วจึงนำปัจจัยที่กำหนดความต้องการน้ำมาสร้างแบบจำลองทำนายความต้องการน้ำ 3 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลองที่ 1 ข้อจำกัดขั้นต่ำ (low bound scenario) แบบจำลองที่ 2 ข้อจำกัดขั้นกลาง (Moderate-bound scenario) และแบบจำลองที่ 3 ข้อจำกัดขั้นสูง (High-bound scenario) เพื่อคาดการณ์ความต้องการน้ำของครัวเรือนในอนาคต ภายหลังจากการดำเนินการคาดประมาณแล้ว นักวิจัยจะทำการสัมภาษณ์ตัวแทนองค์กรหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องถึงความเหมาะสมของสูตรที่ใช้ในการดำเนินการและผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่ผลประโยชน์สูงสุดที่นำไปสู่การกำหนดนโยบายและแผนการดำเนินการในอนาคต

บทที่ 4

ผลการศึกษาวิจัย

4.1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนหลังปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำ

ผลการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำจากข้อมูลย้อนหลังที่รวบรวมได้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยข้อมูลปริมาณน้ำจำหน่ายเป็นข้อมูลที่ได้จากการประปานครหลวง (กปน.) ซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจภายใต้ กระทรวงมหาดไทยที่ให้บริการน้ำดิบ โดยข้อมูลปริมาณการจำหน่ายน้ำรายครัวเรือนเป็นข้อมูลของปี 2008-2017 ดังปรากฏในภาพที่ 4.1 แสดงปริมาณการจำหน่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำให้กับครัวเรือนในเขตพื้นที่ให้บริการของการประปานครหลวง ได้แก่ พื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาดังกล่าว



ภาพที่ 4.1 ปริมาณการจำหน่ายน้ำให้กับผู้ใช้น้ำตามบ้านในปี 2008-2017

จากภาพที่ 4.2 แสดงปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำ โดยราคาค่าน้ำเฉลี่ยต่อหน่วยและจำนวนผู้ใช้น้ำในช่วงระยะเวลาดังกล่าวใช้ข้อมูลจากการประปานครหลวง โดยจากภาพแสดงให้เห็นว่าค่าน้ำเฉลี่ยค่อนข้างคงที่ ประมาณ 12 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ผลจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ค่าน้ำจะมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณความต้องการน้ำโดยรวมเนื่องจากค่าน้ำที่แพงขึ้นจะจูงใจให้ครัวเรือนลดการใช้น้ำลงซึ่งเป็นข้อค้นพบเดียวกับที่พบในการศึกษาอื่นๆ (เช่น Arbues et al., 2010; Ashoori et al., 2017; Draphor et al., 2014) ในกรณีของประเทศไทยราคาค่าน้ำที่มีอัตราค่อนข้างคงที่ ทำให้ในทางกลับกันกับจำนวนผู้ใช้น้ำก็เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1.4 ล้านคนในปี 2008 เป็น 1.88 ล้านคนในปี 2017

ข้อมูลประชากร ปี 2008-2017 เป็นข้อมูลที่ได้จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยคาดการณ์ว่าขนาดของประชากรจะสัมพันธ์กับความต้องการใช้น้ำโดยรวม

ข้อมูลขนาดครัวเรือนที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้การประมาณค่าช่วงเชิงเส้นแทนขนาดครัวเรือนในรายงานของสำนักงานสถิติเพื่อให้ภาพขนาดแนวโน้มของครัวเรือนมีความราบเรียบมากยิ่งขึ้น เนื่องจากในปีที่สำรวจในปี 2013-2014 พบว่า ครัวเรือนมีขนาดเล็กลงอย่างฉับพลันทั้งนี้อาจเป็นเพราะสำนักงานสถิติแห่งชาติได้ทำการปรับแก้ค่า โดยขนาดครัวเรือนจะมีความสัมพันธ์ในทิศทางที่ตรงข้ามกับความต้องการน้ำทั้งนี้เนื่องจากผลจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ครัวเรือนขนาดเล็กและขนาดใหญ่จะมีปริมาณในการใช้น้ำไม่แตกต่างกัน เนื่องจากมีกิจกรรมการใช้น้ำในครัวเรือนที่ไม่แตกต่างกัน เช่น การใช้น้ำล้างทำความสะอาด (Arbues et al., 2010)

ข้อมูลรายได้ครัวเรือนเป็นข้อมูลของปี 2007, 2009, 2011, 2013, 2015 และ 2017 สำหรับข้อมูลรายได้ครัวเรือนในปีที่ไม่มีข้อมูล ผู้วิจัยใช้วิธีการแทรกข้อมูลรายได้ในปีที่ไม่มีข้อมูล โดยใช้วิธีคำนวณหาจุดกึ่งกลางระหว่างปีที่ต่อกัน ผลจากการทบทวนวรรณกรรมมีการคาดการณ์ว่ารายได้ครัวเรือนจะส่งผลกระทบต่อความต้องการน้ำทั้งหมด เนื่องจากความต้องการน้ำต่อหัวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นพร้อมกับรายได้ ครัวเรือนที่มีฐานะดีกว่าจะมีบ้านที่หลังใหญ่กว่าที่มีห้องน้ำมากกว่า สวนที่มีขนาดใหญ่กว่า และเครื่องใช้ในบ้านที่ใช้น้ำมากกว่า โดยทั่วไปแล้วความมั่งคั่งจึงไม่ใช่แรงจูงใจให้ใช้น้ำน้อยลงเพื่อลดค่าน้ำ (Piper, 2000) จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นแนวโน้มในทางบวกของจำนวนประชากรและรายได้ครัวเรือน สำหรับแนวโน้มขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในปี 2013-2014 โดยลดลงจากเกือบ 3 คนเหลือเพียง 2 คนต่อครัวเรือน โดยผู้วิจัยไม่ทราบสาเหตุของการลดลงเช่นนี้และบอกแน่ชัดไม่ได้ว่าอาจเป็นเพราะการเปลี่ยนวิธีสำรวจ

ข้อมูลการใช้น้ำในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ เป็นข้อมูลจากการประปานครหลวงรวบรวมไว้เพื่อการจ่ายน้ำในพื้นที่

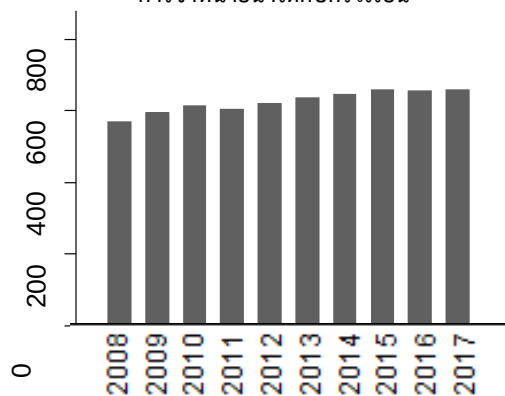
ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ผู้วิจัยได้รับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันในปี 2008-2017 จากกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีจุดวัดที่วิทยาลัยเทคนิคนนทบุรีจึงใช้ข้อมูลนี้แทนปริมาณน้ำฝนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลกระทบต่อพยากรณ์ความต้องการน้ำในเขตเมือง (เช่น Adamowski et al. 2012)

จากภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าระดับปริมาณน้ำฝนต่อปีมีความแปรปรวนสูง กล่าวคือปี 2008 - 2010 เป็นปีที่ฝนตกชุก ต่อมาในปี 2011-2017 เป็นปีที่ฝนตกน้อยมาก

อย่างไรก็ตาม นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว ผลจากการทบทวนวรรณ ผู้วิจัยพบว่า ปัจจัยด้านการอนุรักษ์เป็นปัจจัยหนึ่งที่กำหนดความต้องการใช้น้ำ เนื่องจากการใช้น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยปรับปรุงการจ่ายน้ำและการใช้น้ำให้มีประสิทธิภาพจากมาตรการต่างๆที่สนับสนุนให้เกิดแรงจูงใจในการประหยัดน้ำ เช่น การติดตั้งมิเตอร์การจ่ายน้ำเพิ่ม การให้ความรู้ การสร้างความตระหนักและความสำคัญของการประหยัดน้ำ การใช้เครื่องใช้ในบ้านที่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น แต่เนื่องจากผู้วิจัยขาดข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้องที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์การศึกษาในครั้งนี้จึงไม่นำปัจจัยด้านการอนุรักษ์เข้ามาร่วมวิเคราะห์ด้วย (Arsiso et al., 2017; Neale et al. 2017)

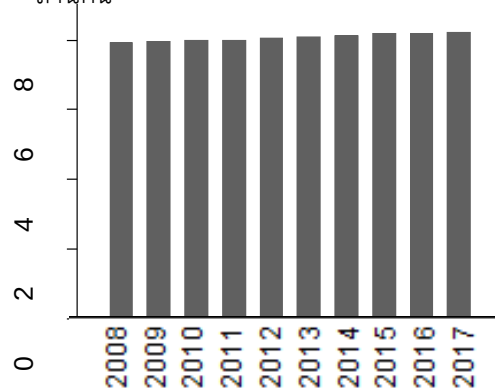
ล้านลูกบาศก์เมตร

การจำหน่ายน้ำให้กับครัวเรือน



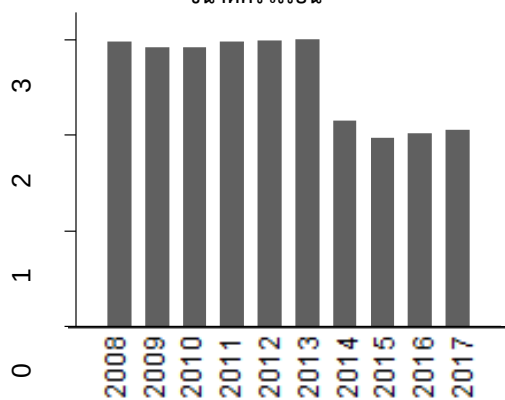
ล้านคน

ขนาดของประชากร



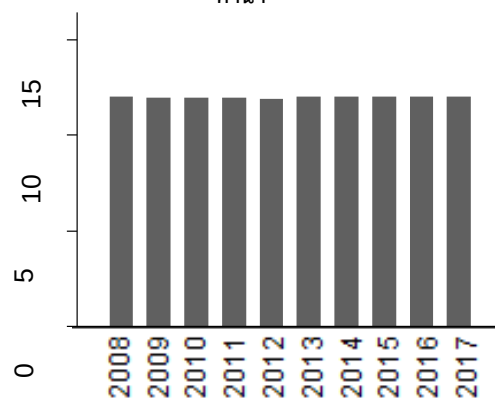
คน

ขนาดครัวเรือน



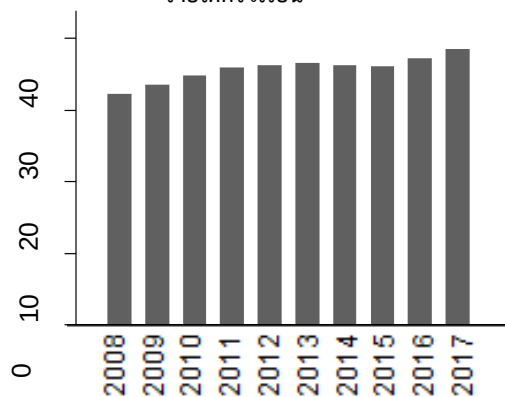
บาท

ค่าน้ำ



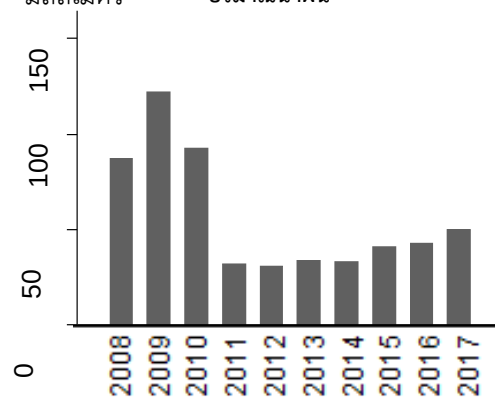
พันบาท

รายได้ครัวเรือน



มิลลิเมตร

ปริมาณน้ำฝน



ภาพที่ 4.2 ค่าปัจจัยที่กำหนดการใช้น้ำในครัวเรือน ปี 2008- 2017

4.2 การวิเคราะห์แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ

ในขั้นแรก ในการวิเคราะห์การสร้างแบบจำลองถดถอยเชิงเส้นพหุคูณเพื่อทดสอบและหาค่าผลกระทบของขนาดประชากรและขนาดครัวเรือนที่มีต่อจำนวนผู้ใช้น้ำครัวเรือนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ผลจากการวิเคราะห์พบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำเป็นปัจจัยส่งผ่านในสมมติฐานความสัมพันธ์ระหว่างขนาดประชากรและขนาดครัวเรือนกับความต้องการใช้น้ำในครัวเรือน

ผลจากการวิเคราะห์ถดถอยความต้องการน้ำในครัวเรือนกับจำนวนผู้ใช้น้ำ รายได้ครัวเรือน ราคาบ้านต่อยูนิต และปริมาณน้ำฝน แสดงรายละเอียดตัวแปรในการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตัวแปรในแบบจำลองถดถอย

ตัวแปร	หน่วยวัด	แหล่งข้อมูล
ปริมาณการจำหน่ายน้ำให้กับครัวเรือน	ล้านลูกบาศก์เมตร	การประปานครหลวง
ผู้ใช้น้ำ	ล้านคน	การประปานครหลวง
ขนาดของประชากร	ล้านคน	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ขนาดครัวเรือน	จำนวนคน	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ค่าน้ำโดยเฉลี่ยต่อยูนิต	บาทต่อลูกบาศก์เมตร	การประปานครหลวง
รายได้ต่อเดือนโดยเฉลี่ยต่อครัวเรือน	1,000 บาท	สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ปริมาณน้ำฝน	มิลลิเมตร	กรมอุตุนิยมวิทยา

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์สมการถดถอยสมการที่ 1 ของจำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือนกับขนาดประชากรและขนาดครัวเรือน ผลการวิเคราะห์พบว่า จำนวนผู้ใช้น้ำครัวเรือน สามารถพยากรณ์โดยใช้ตัวแปรต้น 2 ตัวแปร คือ ขนาดประชากรและขนาดครัวเรือน ที่ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่า Adjusted R^2) ระดับ 0.990 ซึ่งเป็นไปตามที่คาดไว้คือ ขนาดของประชากรมีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนผู้ใช้น้ำ ในขณะที่ขนาดครัวเรือนมีผลกระทบเชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ 1 ของจำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือนกับขนาดประชากรและขนาดครัวเรือน

	แบบจำลองเต็มรูปแบบ
ขนาดของประชากร	0.580 (1.94)
ขนาดครัวเรือน	-0.288** (-2.74)
ค่าคงที่	-2.313 (-0.87)
ค่าสังเกต	10
R^2	0.992
ค่า Adjusted R^2	0.990

t statistics in parentheses

* $p < .10$, ** $p < .05$, *** $p < .01$

ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ 2 การวิเคราะห์ความต้องการน้ำและตัวแปรกำหนดความต้องการ โดยแบบจำลองที่ 1 เป็นแบบจำลองเต็มรูปแบบที่มีตัวแปรครบทุกตัว โดยใช้ Stepwise Regression จากตารางที่ 4.3 แสดงผลการวิเคราะห์แบบจำลองถดถอยเชิงเส้นตรงของความต้องการน้ำในครัวเรือนและตัวแปรปัจจัยกำหนดความต้องการ ได้แก่ จำนวนผู้ใช้น้ำ รายได้ครัวเรือน ค่าน้ำ และปริมาณน้ำฝน ซึ่งพบว่ามีเพียงจำนวนผู้ใช้น้ำที่มีผลกระทบต่อความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์แบบจำลองที่ 2 แบบจำลองลดตัวแปร โดยลดตัวแปรต้นเหลือจำนวนผู้ใช้น้ำเป็นตัวแปรต้นตัวเดียวเพียงตัวแปรเดียว พบว่าระดับนัยสำคัญของตัวแปรนี้และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่า Adjusted R^2) สูงกว่าแบบจำลองที่ 1 และจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากแบบจำลองที่ลดตัวแปรลง พบว่าการเพิ่มขึ้นของประชากรจำนวน 1 ล้านคนทำให้ความต้องการใช้น้ำเพิ่มเป็น 193.7 ล้านลูกบาศก์เมตร

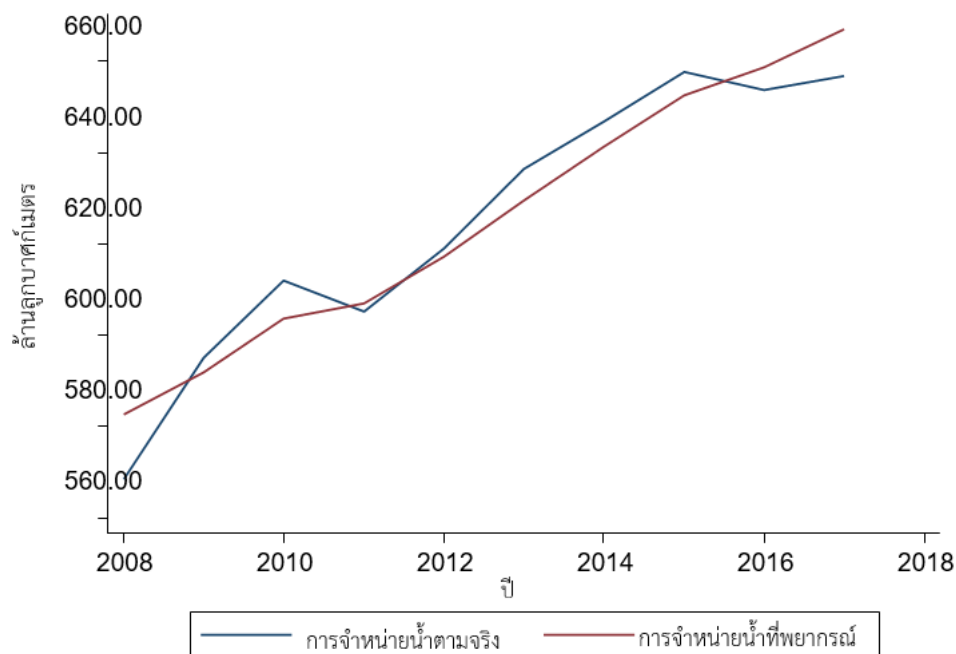
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์สมการถดถอยที่ 2 ปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำด้วยแบบจำลองเต็มรูปแบบ และแบบจำลองลดตัวแปร

	แบบจำลองเต็มรูปแบบ	แบบจำลองลดตัวแปร
ผู้ใช้น้ำ	251.4** (3.52)	193.7*** (11.09)
รายได้ครัวเรือน	-5.822 (-0.89)	
ค่าน้ำ	-54.12 (-0.57)	
ปริมาณฝน	-0.0843 (-0.57)	
ค่าคงที่	1068.8 (0.88)	303.4*** (10.42)
ค่าสังเกต	10	10
R^2	0.947	0.939
ค่า Adjusted R^2	0.905	0.931

t statistics in parentheses

* $p < .10$, ** $p < .05$, *** $p < .01$

ภาพที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้องการน้ำจากค่าจริงกับค่าพยากรณ์ (fitted values) ที่วิเคราะห์ด้วยแบบจำลองถดถอย จากภาพแสดงให้เห็นว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากการวิเคราะห์มีความใกล้เคียงกับค่าความต้องการน้ำโดยพิจารณาจากค่าการจำหน่ายน้ำตามจริงในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในช่วงปี 2008-2017 โดยผลจากการวิเคราะห์ปัจจัยกำหนดที่ได้จากแบบจำลองถดถอยจะถูกนำไปใช้พยากรณ์ความต้องการน้ำในอนาคตตั้งแต่ปี 2018 ถึง 2038 ดังรายละเอียดในส่วนต่อไป



ภาพที่ 4.3 แสดงค่าความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์

4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำในอนาคต ระหว่างปี 2018-2038

ในการคาดการณ์ความต้องการน้ำในอนาคต ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล เริ่มจากการสร้างภาพจำลองสถานการณ์ที่เป็นไปได้ในอนาคตจากปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำ

ผลจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ผ่านมา พบว่า ขนาดของประชากรและขนาดครัวเรือนเป็นปัจจัยส่งผ่านจำนวนผู้ใช้น้ำและเป็นปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

ผู้วิจัยจึงได้สร้างภาพจำลองขนาดของประชากรและขนาดครัวเรือนในอนาคตในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ในช่วงเวลาระหว่างปี 2018-2038 จากนั้นจึงนำปัจจัยประชากรและครัวเรือนมาวิเคราะห์ร่วมกับสมการของผู้ใช้น้ำเพื่อให้ได้ภาพจำลองที่เป็นค่าพยากรณ์ของจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคต โดยผลที่ได้จากการวิเคราะห์คือค่าคาดการณ์ปริมาณความต้องการน้ำจากจำนวนผู้ใช้น้ำในอนาคตด้วยแบบจำลองทั้งสามระดับ คือ แบบจำลองระดับต่ำ แบบจำลองระดับกลาง และแบบจำลองระดับสูง

ตารางที่ 4.4 แสดงปัจจัยกำหนดกับการคาดการณ์ 3 ระดับ

	การคาดการณ์ระดับสูง	การคาดการณ์ระดับปานกลาง	การคาดการณ์ระดับต่ำ
ขนาดของประชากร	เพิ่ม 8.8 ล้านคน (NESDB-20%)	เพิ่ม 8.95 ล้านคน (NESDB)	เพิ่ม 9.1 ล้านคน (NESDB +20%)
ขนาดครัวเรือน	จำนวนคงที่ ณ ปี 2017	ลดลงเหลือ 1.93 คน (Tokyo 2016)	ลดลงเหลือ 1.82 คน (Tokyo 2030)

ตารางที่ 4.4 แสดงปัจจัยกำหนดกับการคาดการณ์ 3 ระดับ โดยการคาดการณ์ระดับปานกลางมีสมมติฐานว่าขนาดของประชากรจะเพิ่มขึ้นตามการคาดประมาณโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในปี 2013 คือเพิ่มขึ้น 8.95 ล้านคนในปี 2038 ทั้งนี้การคาดประมาณจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครและปริมณฑลแตกต่างกันจะมีแนวโน้มที่แตกต่างจากภูมิภาคอื่นของประเทศ กล่าวคือ เป็นการพยากรณ์ว่าจำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นสูงมาก เนื่องจากกรุงเทพมหานครและปริมณฑลเป็นฐานที่มั่นทางเศรษฐกิจของประเทศและเป็นศูนย์กลางธุรกิจระหว่างประเทศ และคาดว่าพื้นที่นี้ยังดึงดูดแรงงานภายในและภายนอกประเทศในอนาคตอันใกล้ และขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยจะมีขนาดเล็กลงเช่นเดียวกับภาวะแนวโน้มของประชากรในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น การแต่งงานช้า ภาวะการเจริญพันธุ์ลดน้อยลง และบรรทัดฐานทางสังคมที่เปลี่ยนไปที่เป็นที่มาของขนาดครัวเรือนที่มีขนาดลดลง (Sharygin, 2013) แบบจำลองการคาดการณ์ระดับปานกลางคาดว่าแนวโน้มเช่นนี้จะเกิดขึ้นในไทยในอนาคต อย่างไรก็ตามในปี 2017 ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแสดงให้เห็นว่าขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมีขนาดเล็กลงแล้ว (2.05 คนต่อครัวเรือน) ดังนั้นผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานว่าขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยจะเล็กลงอีก และเลือกนครโตเกียวของญี่ปุ่นเป็นตัวแทนมหานครที่เป็นสังคมสูงวัยระดับสุดยอดเพื่อจำลองสถานการณ์ครัวเรือนที่จะมีขนาดเล็กลงในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งในปี 2015 พบว่าขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยในเขตปกครองของโตเกียวจำนวน 23 เขต อยู่ที่ 1.93 คนต่อครัวเรือน (Japan National Census, 2015 in Savills World Research, 2017) ผู้วิจัยจึงใช้ตัวเลขขนาดครัวเรือนนี้ในภาพจำลองการคาดการณ์ระดับปานกลาง

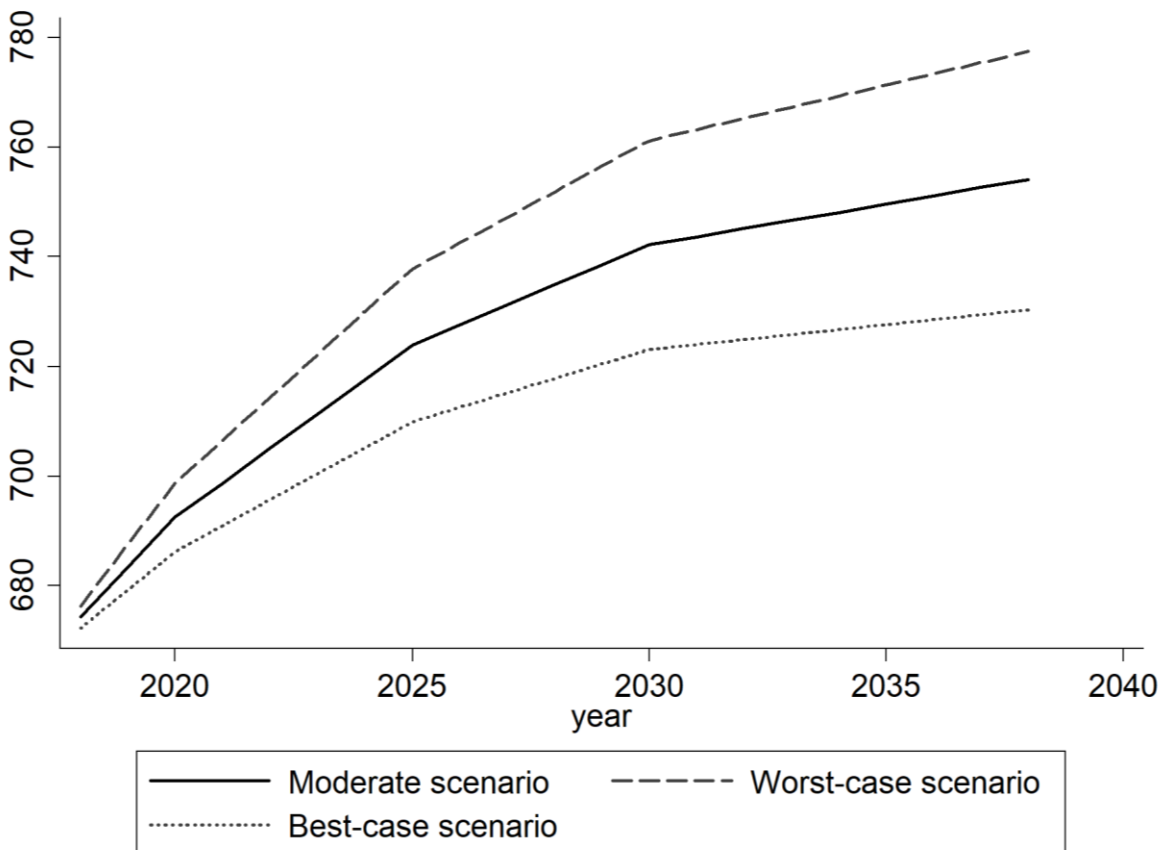
ในการคาดการณ์ระดับสูง มีสมมติฐานว่าประชากรจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 โดยเพิ่มขึ้นเป็น 8.8 ล้านคนในปี 2038 ในอัตราที่ช้าลงกว่าที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้คาดประมาณไว้ ขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยคงที่ คือ 2.05 คนต่อครัวเรือน เช่นเดียวกับปี 2017 (NESDB, 2013)

ในการคาดการณ์ระดับต่ำ มีสมมติฐานว่าจำนวนประชากรจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 โดยเพิ่มขึ้นเร็วกว่าที่สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (2013) ได้คาดประมาณไว้ โดยจะเพิ่มขึ้นถึง 9.1 ล้านคนในปี 2038 ขณะที่ขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยจะลดลงอยู่ที่ 1.82 คนต่อครัวเรือน สอดคล้องกับการคาดประมาณขนาดครัวเรือนโดยเฉลี่ยในนครโตเกียวในปี 2030 (Savills World Research, 2017).

ภาพที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของครัวเรือนในอนาคต โดยแสดงผลการวิเคราะห์การความต้องการใช้น้ำในครัวเรือนในปี 2018-2038 แสดงผลการคาดการณ์ระดับปานกลางว่าความต้องการน้ำจะ

เพิ่มขึ้นจาก 674 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2018 เป็น 692 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2020 และหลังจากปี 2020 ความต้องการน้ำจะยังคงค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นและคาดว่าความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นเป็น 723 ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี 2025 เพิ่มขึ้นเป็น 742 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2030 และเพิ่มขึ้นเป็น 754 ล้านลูกบาศก์เมตรในปี 2038 โดยความต้องการน้ำเฉลี่ยต่อปีจะเท่ากับ 177 ล้านลูกบาศก์เมตร หรือสูงขึ้นร้อยละ 11.9 ในปี 2038 เมื่อเทียบกับปี 2018 ในการคาดการณ์ระดับสูงผลการวิเคราะห์พบว่า ความต้องการน้ำในปี 2038 จะสูงกว่าปี 2018 ร้อยละ 14.9 หรือเพิ่มขึ้นอีก 101 ล้านลูกบาศก์เมตร สำหรับผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ระดับต่ำพบว่า ความต้องการน้ำจะเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 8.6 ในปี 2038 หรือเพิ่มขึ้นอีก 58 ล้านลูกบาศก์เมตรจากปี 2018

ล้านลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำของครัวเรือน ปี 2018-2038

4.4 ผลการแลกเปลี่ยนกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

จากผลการวิเคราะห์การคาดการณ์ความต้องการใช้น้ำในปี 2018-2038 คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลไปแลกเปลี่ยนกับหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินการหรือกำหนดนโยบายในการจัดการที่มีความเกี่ยวข้องกับความต้องการน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล อาทิ การประปานครหลวง สำนักผังเมือง

กรุงเทพมหานคร กองผังเมือง องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี กองผังเมือง องค์การบริหารส่วนจังหวัดสมุทรปราการ เพื่อนำไปสู่ข้อเสนอแนะที่เป็นแนวทางสำหรับการดำเนินการในทุกฝ่าย

ผลจากการแลกเปลี่ยน ในส่วนของแนวทางนโยบายการพัฒนาเมืองในภาพรวมนั้น พบว่า นโยบายการวางผังเมืองในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล จะยังคงเป็นพื้นที่ที่ดึงดูดแรงงานทั้งภายในและภายนอกประเทศต่อไป ด้วยแนวคิดของการพัฒนาแบบเมืองแบบหลายศูนย์กลาง ซึ่งภายใต้แนวคิดดังกล่าว กรุงเทพมหานคร จะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางหลักในระดับประเทศและศูนย์กลางของภาคส่วนที่กำหนดให้ทำหน้าที่ในระดับชุมชนศูนย์กลางรองลงมา คือ เมืองลำดับที่ 1 ที่เป็นศูนย์กลางในระดับจังหวัด ประกอบด้วย เทศบาลนครนนทบุรี เทศบาลนครนครปฐม เทศบาลนครนครสมุทรปราการ และเทศบาลเมืองปทุมธานี โดยชุมชนศูนย์กลางในระดับที่รองลงมาของอำเภอขนาดใหญ่ซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวสูง คือ เมืองลำดับ 2 จำนวน 1 แห่ง อยู่ในจังหวัดนนทบุรี คือ เทศบาลนครปากเกร็ด ชุมชนศูนย์กลางในระดับที่รองลงมาของอำเภอขนาดกลางซึ่งมีแนวโน้มการขยายตัวสูง คือ เมืองลำดับ 3 จำนวน 4 แห่ง อยู่ในเขตนนทบุรี คือ เทศบาลเมืองบางบัวทอง เทศบาลเมืองบางกรวย เทศบาลตำบลบางม่วง และเทศบาลเมืองบางศรีเมือง ส่วนในระดับที่เป็นชุมชนศูนย์กลางชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมอันเป็นเมืองลำดับที่ 4 คือ เทศบาลตำบลไทรม้า เทศบาลตำบลปลายบาง เทศบาลตำบลไทรน้อย และเทศบาลตำบลบางใหญ่ (ผังเมืองรวมนนทบุรี ปรับปรุงครั้งที่ 2 เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2560) ซึ่งจากการดำเนินการตามแนวทางดังกล่าวนี้จะนำไปสู่การกำหนดผังคมนาคมเพื่อเชื่อมเมืองดังกล่าวเข้าด้วยกันและเป็นปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดังกล่าวอย่างรวดเร็ว

จากนโยบายการวางผังเมืองดังกล่าว จำนวนประชากรคาดประมาณที่ใช้ในการคำนวณ จึงเป็นตัวเลขที่มีความเหมาะสมตามแนวทางการพัฒนาของเมือง เช่นเดียวกับขนาดครัวเรือนที่มีแนวโน้มจะเปลี่ยนไปในทิศทางเดียวกับในประเทศพัฒนาแล้ว เช่น การแต่งงานช้า ภาวะการเจริญพันธุ์ลดลง บรรทัดฐานทางสังคมที่เปลี่ยนไป จากสถานการณ์ดังกล่าวขนาดครัวเรือนจึงเล็กลงตามข้อสมมติฐานที่ตั้งไว้แต่ในลักษณะของการอยู่อาศัยจะมีความหนาแน่นมากขึ้นเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ ซึ่งในการศึกษานี้ได้เทียบเคียงกับเมืองที่มีการพัฒนาแล้วในต่างประเทศ

ในการจัดทำผังเมืองรวมนั้น กรุงเทพมหานครได้มีการดำเนินการวิเคราะห์โครงสร้างด้านสาธารณูปโภคของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เอาไว้ด้วย ทั้งระบบไฟฟ้า ระบบประปา ระบบสื่อสารโทรคมนาคม ระบบการจัดการน้ำเสีย ระบบการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการในอนาคต โดยในการวางแผนด้านน้ำประปานั้น มีการกำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ว่า ในปี พ.ศ.2564 จำนวนครัวเรือนในเขตนครหลวงจะได้รับบริการน้ำประปาร้อยละ 100 และจำนวนครัวเรือนในเขตภูมิภาคจะได้รับบริการครอบคลุมไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 จำนวนหมู่บ้านทั่วประเทศได้รับบริการน้ำสะอาดร้อยละ 100 และอัตราการสูญเสียในเขตนครหลวงและเขตภูมินาน้อยกว่าร้อยละ 20 และ 25 ตามลำดับ โดยการประปานครหลวง (กปน.) จะเป็นผู้จัดให้บริการในพื้นที่กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ภายใต้ยุทธศาสตร์การบริหารการประปานครหลวง ฉบับที่ 4 (2560-2564) เพื่อสร้างเสถียรภาพน้ำประปา ทั้งในเรื่องการเพิ่มปริมาณการผลิตเสถียรภาพการเชื่อมโยงน้ำประปาระหว่างฝั่งตะวันตกและตะวันออก รวมถึงการให้บริการในพื้นที่ชายขอบที่มีแนวโน้มความต้องการใช้น้ำประปาเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประกอบด้วย การขยายกำลังการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำ

และการจัดให้มีการบริการ สาธารณูปโภคให้เข้าถึงประชาชนได้อย่างเพียงพอและครอบคลุมทั่วถึงพื้นที่ทั้งหมดในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ

ในประเด็นเรื่องของการวางแผนด้านน้ำประปานั้น อาจกล่าวได้ว่า หลายหน่วยงานมีความพร้อมและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาระบบสาธารณูปโภคให้รองรับกับจำนวนและความหนาแน่นของประชากรที่จะเพิ่มขึ้นได้ แต่ทั้งนี้ในความพอเพียงด้านทรัพยากรธรรมชาติและปัญหาด้านมลพิษที่จะเกิดขึ้นตามมานั้น หลายหน่วยงานยังไม่ได้มีแนวทางในการเตรียมความพร้อมในประเด็นดังกล่าวอย่างชัดเจน ซึ่งหากพิจารณาจากปริมาณความต้องการน้ำในปัจจุบันนั้น จะพบว่า มีมากกว่าต้นทุนน้ำผิวดินที่มีอยู่ โดยในปัจจุบัน อาจเก็บน้ำขนาดใหญ่และขนาดกลางที่มีอยู่สามารถเก็บกักน้ำได้ 76,000 ล้านลูกบาศก์เมตร (ในกรณีที่น้ำเข้าเต็มเขื่อน) โดยเป็นปริมาณน้ำใช้การประมาณ 53,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ยังขาดน้ำอยู่อีก ประมาณ 7,000 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยน้ำส่วนที่ขาดนั้นถูกชดเชยโดยน้ำหลากจากพื้นที่รับน้ำที่อยู่ใต้เขื่อนและน้ำบาดาล ซึ่งในขณะนี้ไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่าเป็นน้ำจากพื้นที่ใดเขื่อนเท่าไร เช่นเดียวกัน ยังไม่มี ข้อมูลชัดเจนว่าเป็นน้ำบาดาลเท่าใด ดังนั้น ข้อจำกัดด้านน้ำต้นทุนจึงเป็นประเด็นที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากเพื่อรองรับสถานการณ์น้ำขาดแคลนที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

ในปัจจุบัน มีหน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการให้บริการหรือจัดสรรน้ำเพื่อภาคการใช้น้ำต่างๆ อันได้แก่ กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำ กรมโรงงานอุตสาหกรรม การประปานครหลวง การประปาส่วนภูมิภาค การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย และบริษัทจัดการและพัฒนาทรัพยากรน้ำภาคตะวันออก จำกัด (มหาชน) ทั้งนี้แต่ละหน่วยงานมีภารกิจที่แตกต่างกันและมีการนำเสนอความต้องการน้ำในภาคการใช้น้ำต่างๆทั้งที่เป็นอยู่ปัจจุบันและที่คาดการณ์สำหรับอนาคตด้วยวิธีการและชุดข้อมูลที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ประเด็นเรื่องการเตรียมความพร้อมในการจัดหาต้นทุนเพื่อการผลิต เป็นประเด็นที่ยังไม่ได้กล่าวถึงกันมากนัก ประเด็นเรื่องความพร้อมของการจัดเก็บระบบข้อมูลความต้องการใช้น้ำจึงเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญอย่างเร่งด่วนเพื่อให้เกิดชุดข้อมูลที่มีความเชื่อมโยงกัน เท้าทันกับการเปลี่ยนแปลงและเพียงพอที่จะสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

อภิปราย สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษานี้ทำให้เห็นว่า ความต้องการน้ำมีความสัมพันธ์กับปัจจัยประชากรที่กำหนดความต้องการน้ำ ได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดครัวเรือน และรายได้ โดยปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ มีความสอดคล้องกับผลการวิจัยอื่นๆ ที่กล่าวถึงความต้องการน้ำที่เพิ่มขึ้นพร้อมกับขนาดของประชากร (Ashoori et al., 2016; Dawadi & Ahmad, 2013; Neale et al., 2007; Owolabi, 2017; Poland, 2010).

แม้ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของประชากรเป็นที่รับรู้กันมานานแล้วว่ามีสัมพันธ์กันและมีการอธิบายโดย Ehrlich และ Holdren (1971) ผ่านสมการ IPAT ว่าขนาดของประชากรมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหลายด้าน ไม่เฉพาะแต่การบริโภคทรัพยากรธรรมชาติเกินควร แต่รวมถึงการทิ้งขยะและปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมด้วยแต่การศึกษาในครั้งนี้ทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นเกี่ยวกับผลกระทบของตัวแปรที่เป็นปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำ เช่น จำนวนประชากรมีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อจำนวนผู้ใช้น้ำ และขนาดครัวเรือนมีผลกระทบทางลบต่อความต้องการใช้น้ำโดยเฉพาะในเขตเมือง เช่น กรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยความสัมพันธ์ในลักษณะนี้เกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยทางเศรษฐกิจ มีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดความสัมพันธ์แบบผกผันระหว่างครัวเรือนกับการบริโภคน้ำต่อหัว (Arbues et al., 2010) ดังนั้นในบริบทความต้องการน้ำโดยเฉพาะในเขตเมือง สมการ IPAT จึงยังขาดความแม่นยำเมื่อเน้นไปที่อิทธิพลของขนาดของประชากร เนื่องจากในความเป็นจริงไม่ใช่จำนวนของประชากรทั้งหมดที่อาศัยในประเทศหรือภูมิภาคหนึ่งที่จะเป็นผู้กำหนดความต้องการน้ำ แต่เป็นคุณลักษณะของผู้ใช้น้ำที่มีแตกต่างกันต่างหาก โดย Bradbury et al. (2014) และ Underwood & Zahran (2015) ให้ความเห็นคล้ายกันเกี่ยวกับสมการ IPAT ที่ใช้ในการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของครัวเรือน โดย Bradbury et al. (2014) ได้เสนอสมการ IPAT ที่ปรับแล้วโดยใช้ขนาดครัวเรือนเป็นปัจจัยกำหนดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของครัวเรือน

ในส่วนของการวิเคราะห์ความต้องการน้ำ ในประเทศไทยหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ในการจัดหาให้กับประชากรในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล คือ การประปานครหลวง และอาจกล่าวได้ว่า น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำแหล่งเดียวของประชากรที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าวนี้ ผลจากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ในการคำนวณเพื่อคาดการณ์ความต้องการน้ำของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เลือกใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่มีสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงมีปริมาณคงที่ตลอดเวลาและเป็นไปในลักษณะเส้นตรง โดยการคำนวณในลักษณะนี้ใช้วิธีการคาดการณ์ความต้องการน้ำจากปริมาณการใช้น้ำของผู้ใช้น้ำ ซึ่งต้องใช้ข้อมูลจำนวนมากและสมมติฐานในการคำนวณอยู่บนพื้นฐานของความสัมพันธ์ทางสถิติประมาณการทางข้อมูลย้อนหลังของปริมาณการใช้น้ำ โดยมีสมมติว่าความสัมพันธ์เหล่านั้นจะยังคงเป็นไปในอนาคต เป็นวิธีการคาดการณ์ปริมาณการใช้น้ำโดยไม่มีการนำปัจจัยอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องแต่ใช้ข้อมูลสถิติของปริมาณการใช้น้ำที่ยาวนาน (จำนวนปีที่มากพอ) เพื่อหาค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของ

ประชากรรายคน จากนั้นจึงนำมาคำนวณร่วมกับข้อมูลประชากรจากทะเบียนราษฎร์เพื่อคาดประมาณปริมาณน้ำใช้ในปต่อไป

ทั้งนี้ในการวิเคราะห์ตามแนวทางดังกล่าวนี้ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้จากการใช้ข้อมูลทะเบียนราษฎร์ เนื่องจากข้อมูลทะเบียนราษฎร์ เป็นข้อมูลประชากรที่มีรายชื่ออยู่ในทะเบียนบ้านและทะเบียนบ้านกลาง ซึ่งรวมชาวไทยและชาวต่างชาติที่อยู่ในราชอาณาจักร แต่อย่างไรก็ตาม ผู้ที่มีรายชื่ออยู่ในทะเบียนราษฎร์ อาจไม่ได้อาศัยอยู่ในครัวเรือนหรือในพื้นที่นั้น และรวมถึงความไม่เที่ยงตรงในการรายงานข้อมูลแก่เจ้าหน้าที่จากเจ้าของข้อมูลเอง เช่น ไม่มีการแจ้งการตาย ไม่มีการแจ้งการเกิด หรือไม่มีการแจ้งย้ายถิ่นที่อยู่

นอกจากนี้ ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำเป็นข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บปริมาณน้ำใช้ จากรายชื่อของผู้ใช้น้ำที่ยื่นคำร้องขอติดตั้งระบบประปา ด้วยเหตุนี้ ผู้ใช้น้ำอาจไม่ได้อาศัยอยู่ในครัวเรือนนั้นในปัจจุบัน หรือข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถบ่งบอกจำนวนของผู้ใช้น้ำในครัวเรือนนั้นได้อย่างแท้จริงเนื่องจากในการจัดเก็บข้อมูลเป็นลักษณะของการจัดเก็บแบบเหมารวม โดยเฉพาะในกรณีของครัวเรือนที่อยู่อาศัยในลักษณะของอาคารพาณิชย์ หอพัก คอนโดมิเนียม จึงส่งผลให้การคาดการณ์ความต้องการน้ำมีโอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อน เนื่องจากผู้ใช้น้ำในลักษณะของครัวเรือนประเภทดังกล่าวมีจำนวนที่มีการเคลื่อนไหวและเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ในการศึกษานี้จึงเสนอแนวทางการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลสำมะโนประชากรจากสำนักงานสถิติซึ่งใช้ระบบการจัดเก็บข้อมูลแบบคัมรวม คือ ครอบคลุมคนไทยทุกคนที่อาศัยอยู่ในประเทศในวันสำมะโน บุคคลพลเรือนต่างด้าวที่มีสถานที่อยู่ปกติในประเทศไทย หรือบุคคลพลเรือนต่างด้าวที่เข้ามาอยู่ในประเทศไทยชั่วคราว เป็นระยะเวลาดั้งแต่ 3 เดือนขึ้นไปก่อนวันสำมะโน บุคคลที่มีสถานที่อยู่ปกติในประเทศไทยแต่ในวันสำมะโนได้ไปศึกษา ฝึกภาคซ้อมรบเดินเรือทะเล หรือไปต่างประเทศชั่วคราว และชาวราชการฝ่ายทหาร พลเรือน และรวมทั้งคณะทูตของประเทศไทย พร้อมทั้งครอบครัวที่มีสำนักงานอยู่ในต่างประเทศ ซึ่งจะทำให้ลักษณะข้อมูลมีความครอบคลุมจำนวนประชากรที่จะทำการศึกษามากกว่า เนื่องจากชุดข้อมูลดังกล่าวนี้มีระยะเวลาในการปรับปรุงข้อมูลที่สม่ำเสมอ และใช้ข้อมูลปัจจัยกำหนดความต้องการน้ำปัจจัยอื่นเพิ่มเติมในการสร้างแบบจำลองของการคิดคำนวณ ได้แก่ จำนวนประชากร ขนาดครัวเรือน รายได้ครัวเรือน ราคาค่าน้ำ และปริมาณน้ำฝน ที่มีอิทธิพลต่อการกำหนดปริมาณความต้องการน้ำ โดยในการวิเคราะห์ได้มีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ 3 ระดับเพื่อพยากรณ์ความต้องการน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลตามแนวโน้มขนาดของประชากรและขนาดครัวเรือนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ และประชากร เช่นเดียวกับในหลายๆประเทศพัฒนาแล้ว (Reher & Requena, 2018)

ผลการศึกษาแนวทางการประเมินความต้องการน้ำในครั้งนี้ จึงเป็นข้อเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้พิจารณาเป็นทางเลือกในการดำเนินการเนื่องจากในการกำหนดแนวทางในการบริหารจัดการน้ำมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องใช้ข้อมูลที่มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงอย่างมากที่สุดเพื่อให้การกำหนดนโยบายมีความสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลในอนาคต เนื่องจากอาจกล่าวได้ว่า น้ำประปาเป็นแหล่งน้ำหลักเพียงแหล่งเดียวของประชากรโดยเฉพาะในเขตพื้นที่เมือง ผู้จัดหา ผลิตและจำหน่ายน้ำจึงต้องพัฒนาระบบการจ่ายน้ำที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเพื่อลดการรั่วไหลของน้ำ หรือการจัดหาแหล่งน้ำเพื่อการผลิต เป็นต้น ในขณะที่เดียวกันการกำหนดมาตรการสำหรับผู้ใช้น้ำ ก็สามารถนำไปสู่แนวทางการลดปริมาณการใช้น้ำและกำหนดมาตรการได้อย่างเหมาะสมหากมีข้อมูลที่ถูกต้อง เช่น การรณรงค์ให้

ประชาชนมีความตระหนักในสิ่งแวดล้อม เช่น การกำหนดมาตรการรณรงค์เพื่อประหยัดน้ำ การใช้มาตรการด้านราคาเพื่อสร้างแรงจูงใจในการประหยัดน้ำ หรือมาตรการด้านภาษีเพื่อส่งเสริมให้ครัวเรือนมีเครื่องใช้ที่ประหยัดน้ำกว่าเดิม

นอกจากนี้ หากพิจารณาในประเด็นเกี่ยวกับ “ขนาดประชากรที่เหมาะสม” ในประเทศไทย ก็จะทำให้เห็นถึงความสำคัญของการวิเคราะห์ในรายละเอียดด้านการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ที่เป็นเรื่องสำคัญเพราะอาจทำให้เกิดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมเฉพาะพื้นที่ได้ เช่น ปัญหาการขาดแคลนน้ำ หรือปัญหาด้านมลพิษทางน้ำ ดังเช่นเมืองหลายแห่งที่มักได้รับผลกระทบจากปัญหาการใช้ทรัพยากร ผู้กำหนดนโยบายจำเป็นต้องหาวิธีแก้ไขปัญหาก็ถูกต้องเหมาะสม โดยเฉพาะด้านความต้องการน้ำที่จะยิ่งเพิ่มมากยิ่งขึ้นโดยเฉพาะพื้นที่ในเขตเมือง เช่น กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอ ดังนี้

ประการแรก ในประเด็นเรื่องแนวทางในการประเมินความต้องการน้ำ ขอเสนอให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือมีหน้าที่โดยตรงในการจัดหา ผลิตและจำหน่ายน้ำ พิจารณาแนวทางที่ได้เสนอในรายงานฉบับนี้เป็นทางเลือก โดยนำปัจจัยกำหนดอื่นที่มีความสำคัญในการหนดความต้องการน้ำมาใช้ในการคิดคำนวณ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความต้องการน้ำและจะนำมาสู่การกำหนดมาตรการที่สอดคล้องกับสถานการณ์ความเป็นจริงในปัจจุบันเพื่อลดปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น มาตรการด้านราคา และการอนุรักษ์น้ำ เป็นต้น

ประการที่สอง ประเด็นในเรื่องของการพัฒนาระบบจัดเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการวางแผนในอนาคตสำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือมีหน้าที่โดยตรงในการจัดหา ผลิตและจำหน่ายน้ำ โดยเสนอแนวทางการจัดเก็บข้อมูลที่มีรายละเอียดของผู้ใช้น้ำเพิ่มเติม อาทิ ข้อมูลรายครัวเรือน เช่น จำนวนผู้ใช้น้ำในครัวเรือน เพศ อายุ เนื่องจากผลของการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการกำหนดความต้องการน้ำและโดยเฉพาะอย่างยิ่ง การจัดเก็บข้อมูลครัวเรือนที่พักอาศัยประเภทหอพัก หรือคอนโดมิเนียมที่ลักษณะการจัดเก็บข้อมูลในปัจจุบัน เป็นลักษณะการจัดเก็บตามรายการของผู้ขออนุญาตใช้น้ำ จึงทำให้ชุดข้อมูลดังกล่าว ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ในรายละเอียดของความต้องการน้ำแบบแยกแยะหรือวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้

ประการที่สาม ประเด็นสำหรับหน่วยงานที่มีความเกี่ยวข้องในการวางแผนพัฒนาระบบสาธารณูปโภคและผังเมือง ควรพิจารณาถึงประเด็นการกระจายระบบสาธารณูปโภคไปยังพื้นที่ต่างๆ ที่เป็นส่วนขยายของเมืองหรือเป็นส่วนที่รองรับการเจริญเติบโตของเมืองเพิ่มมากขึ้นเพื่อเป็นการลดการกระจุกตัวของประชาชนในพื้นที่เล็กๆ ซึ่งไม่เพียงเฉพาะแต่ระบบน้ำที่อาจจะไม่เพียงพอ แต่รวมไปถึงระบบอื่น ๆ เช่น ระบบการคมนาคมขนส่ง ระบบการดูแลสุขภาพ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความสะดวกสบาย ความปลอดภัยในการใช้ชีวิตและจะเป็นการช่วยให้เกิดการพัฒนาระบบเศรษฐกิจในพื้นที่อื่น เกิดความเท่าเทียมกันมากขึ้นทั่วประเทศ และลดการกระจุกตัวของประชากรที่เกิดจากการย้ายถิ่นฐานและเกิดการกระจายตัวอย่างเหมาะสมของประชากร

ประการที่สี่ ในประเด็นเรื่องการใช้เงินของผู้ใช้น้ำ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเริ่มพิจารณาในรายละเอียดของพฤติกรรมการใช้เงินของกลุ่มครัวเรือนที่มีการใช้น้ำเกินระดับจำเป็นแก่การครองชีพ โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้น้ำที่มี

รายได้สูง ด้วยการพิจารณาเพิ่มอัตราค่าน้ำ สำหรับผู้ใช้ที่ใช้น้ำเกินระดับความจำเป็นแก่การครองชีพให้สูงขึ้น เนื่องจากหากไม่มีการกำหนดแนวทางในการควบคุม ในอนาคตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑลและเมืองใหญ่อื่น ๆ มีแนวโน้มที่จะเผชิญปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ รวมถึงการเพิ่มมาตรการในการจัดการอุปสงค์ของการใช้น้ำให้มีความเข้มข้นมากยิ่งขึ้น เช่น การรณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนมีการใช้น้ำอย่างเหมาะสมและถูกวิธีและส่งเสริมให้มีการใช้ผลิตภัณฑ์หรืออุปกรณ์ประหยัดน้ำให้มากยิ่งขึ้น รวมถึงการสนับสนุนงบประมาณด้านการวิจัยในการพัฒนาระบบการจัดเก็บข้อมูลด้านการใช้น้ำและการวิจัยเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ในการประหยัดน้ำที่มีประสิทธิภาพให้มากยิ่งขึ้น เป็นต้น

ข้อเสนอเพื่อการวิจัยในอนาคต

ประการแรก เสนอให้มีการวิเคราะห์การคาดการณ์ความต้องการน้ำในกลุ่มผู้ใช้น้ำกลุ่มอื่นเพิ่มเติม เช่น ในกลุ่มธุรกิจ อุตสาหกรรม โรงแรม ศูนย์การค้า และสถานที่ราชการ เป็นต้น เพื่อให้เห็นความต้องการในการใช้น้ำในภาพรวมและขยายการศึกษาไปยังพื้นที่อื่นๆ เนื่องจากไม่สามารถดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้เนื่องจากข้อจำกัดด้าน ข้อมูล เวลาและงบประมาณ

ประการที่สอง การพัฒนาระบบฐานข้อมูลผู้ใช้น้ำเพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความต้องการน้ำที่แม่นยำและนำไปสู่การกำหนดนโยบายและมาตรการในการดำเนินการด้านอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

บรรณานุกรม

ภาษาอังกฤษ

- Adamowski, J., Fung Chan, H., Prasher, S. O., OzgaZielinski, B., & Sliusarieva, A. (2012). Comparison of multiple linear and nonlinear regression, autoregressive integrated moving average, artificial neural network, and wavelet artificial neural network methods for urban water demand forecasting in Montreal, Canada. *Water Resources Research*, 48(1).
- Arbués, F., Villanúa, I., & Barberán, R. (2010). Household size and residential water demand: an empirical approach. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 54(1), 61-80.
- Arsiso, B. K., Tsidu, G. M., Stoffberg, G. H., & Tadesse, T. (2017). Climate change and population growth impacts on surface water supply and demand of Addis Ababa, Ethiopia. *Climate Risk Management*, 18, 21-33.
- Ashoori, N., Dzombak, D. A., & Small, M. J. (2017). Identifying water price and population criteria for meeting future urban water demand targets. *Journal of Hydrology*, 555, 547-556.
- Ashoori, N., Dzombak, D. A., & Small, M. J. (2016). Modeling the effects of conservation, demographics, price, and climate on urban water demand in Los Angeles, California. *Water resources management*, 30(14), 5247-5262.
- Breyer, E. (2014). Household Water Demand and Land Use Context: A Multilevel Approach. Dissertations and Theses. Portland State University. Available from <https://core.ac.uk/download/pdf/37775506.pdf>.
- Capece, J. (2007). Population Growth and Water Demand Model For Port LaBelle, Florida.
- Dawadi, S., & Ahmad, S. (2013). Evaluating the impact of demand-side management on water resources under changing climatic conditions and increasing population. *Journal of environmental management*, 114, 261-275.
- Draphor, S., Obando, J. A., Obiero, K., & Gabiri, G. (2014). Demographic Characteristics of Households and House Ownership Status Influence on Water Demand in Ruiru Municipality, Kiambu County, Kenya. *Middle-East Journal of Scientific Research* 19 (6): 858-868, 2014.
- Ender, W. (1995). Applied econometric time series. USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Gujarati, D. (1995). Basic Econometrics. 3rd ed. McGraw ñ Hill, Inc.
- Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W. (2017). A Multi-Scale Analysis of Single-Unit Housing Water Demand Through Integration of Water Consumption, Land Use and Demographic Data. *Water Resources Management*, 31(7), 2173-2186.
- Ghavidelfar, S., Shamseldin, A. Y., & Melville, B. W. (2016). A Multi□Scale Analysis of Low□Rise

- Apartment Water Demand through Integration of Water Consumption, Land Use, and Demographic Data. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 52(5), 1056-1067.
- Hutson, S. S., & Schwarz, G. E. (1996). Estimates of future water demand for selected water-service areas in the Upper Duck River Basin, Central Tennessee.
- Koegst, T., Tränckner, J., Franz, T., & Krebs, P. (2008). Multi-Regression analysis in forecasting water demand based on population age structure. In 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland (pp. 1-10).
- Neale, T., Carmichael, J., & Cohen, S. (2007). Urban water futures: a multivariate analysis of population growth and climate change impacts on urban water demand in the Okanagan basin, BC. *Canadian Water Resources Journal*, 32(4), 315-330.
- Office of the National Economic and Social Development Board (2013). Population projections for 2010-2040. Bangkok: Office of the National Economic and Social Development Board.
- Öztürk, Y., & Kılınc, H. Ç. (2016). Future Water Demand of Gaziantep Province Using Population Forecasting Method. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 6(11), 13-17.
- Piper, S. (2000). Estimating Future Water Demand Using Population and Economic Growth Projections: A Guide for Municipal, Rural and Industrial (MR&I) Water Assessments.
- Schutte, C. F., & Pretorius, W. A. (1997). Water demand and population growth. *WATER SA-PRETORIA*, 23, 127-134.
- Tamara, S. Wilson, Benjamin, M. Sleeter and Cameron, D. Richard. (2016). Future land-use related water demand in California. *Environmental Research Letter*. (11).
- Wang, X. J., Zhang, J. Y., Shahid, S., Xie, W., Du, C. Y., Shang, X. C., & Zhang, X. (2018). Modeling domestic water demand in Huaihe River Basin of China under climate change and population dynamics. *Environment, Development and Sustainability*, 20(2), 911-924.
- Zhang, M. (2012). Projections of Water Demand in view of changing land use patterns in Beijing Municipality. *Population and Environment*. 33 (2/3), Special Issue on Urbanization and Environment in China (March 2012), 221-232.

ภาษาไทย

- กองพัฒนาแหล่งน้ำ ฝ่ายทรัพยากรน้ำ. (2552). ความต้องการใช้น้ำดิบเพื่อผลิตน้ำประปาของ กปภ. ในอนาคต (แบ่งตามลุ่มน้ำ). การประปาส่วนภูมิภาค.
- การประปาส่วนภูมิภาค. (2553). รายงานประจำปีการประปาส่วนภูมิภาค. กรุงเทพฯ
- คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. (แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการ .(2558 ทรัพยากรน้ำ เล่มหลัก. กรุงเทพฯ

ฉัตรเพชร ยศพล. (2536). การพยากรณ์ความต้องการน้ำสำหรับการประปาขอนแก่น โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์. เข้าถึงเมื่อวันที่ 10 มิ.ย.61.จาก

<http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1082536000826>

ผังเมืองรวมนนทบุรี ปรับปรุงครั้งที่ 2เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการผังเมือง กรมโยธาธิการและผังเมือง ,2560

นิชา สุภาพิมพ์ และสุเมธ แก่นมณี. (2555). การพยากรณ์ความต้องการใช้น้ำเพื่ออุปโภคบริโภคในอนาคต โดยใช้แบบจำลองอาร์มา (ARIMA) และแบบจำลองการช (GARCH). KKU Res. J. 11(1).

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ .(2559 ฉบับที่ 2560 .พ.ศ 12- สำนักนายกรัฐมนตรี .2564

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2555). แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ ๑๑. กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (โครงการศึกษาแนวทางการบริหาร .(2560 จัดการน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ปิง วัง ยม น่าน ป่าสัก เจ้าพระยา ท่าจีน และแม่กลอง) อย่างสมดุล. (Water Balance). กรุงเทพฯ.