

**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ**

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย 3 ประการ ประการแรกเพื่อสร้างเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟ สำหรับครูในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำแนกตามกลุ่มอายุ ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5 ประการที่สองเพื่อคาดคะเนความต้องการครูในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5 ปีการศึกษา 2540-2549 และประการสุดท้ายเพื่อเปรียบเทียบความต้องการครูในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์กับครูในสาขาอื่นๆ และเปรียบเทียบกับความต้องการครูในภาพรวม

ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ ครูในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5 ที่ปฏิบัติงานในระหว่างช่วงปีการศึกษา 2534-2538 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาจากประชากร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสำรวจข้อมูลครูในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น การเก็บรวบรวมข้อมูลเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากเอกสารซึ่งเป็นแบบรายงานการศึกษา(ภาคสถิติ) และรายงานครู โดยผู้วิจัยเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลทำโดยผู้วิจัยติดต่อไปยังผู้ที่มีหน้าที่เก็บรวบรวมแบบรายงานการศึกษา (ภาคสถิติ) และรายงานครูของแต่ละจังหวัด อำเภอ และโรงเรียน เพื่อนำข้อมูลที่ได้นำที่ลงในแบบสำรวจข้อมูลครู การรวบรวมข้อมูลใช้เวลาช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2539 ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2539

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์แยกเป็น 9 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สองเป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาสร้างตารางแจกแจงความถี่ของครู จำแนกตามสาขาวิชา จังหวัด และกลุ่มอายุ โดยแยกเป็นรายปีการศึกษา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้น ในการคำนวณหาอัตราคงอยู่/ออกไป/เข้ามาของครู ขั้นตอนที่สามถึงห้า เป็นการนำผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่สองมาคำนวณหาอัตราคงอยู่/ออกไป/เข้ามาของครูและทดสอบว่ามีความแตกต่างระหว่างจังหวัด 6 จังหวัด ระหว่างกลุ่มอายุ 7 กลุ่ม และระหว่างช่วงปีการเปลี่ยนแปลงทั้ง 4 ช่วง ถ้าไม่พบความแตกต่างจะได้นำอัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามา รวมและเฉลี่ยเป็นชุดเดียว ตอนที่หกเป็นการสร้างเมทริกซ์

การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟ ในรูปการคาดคะเนอัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามาของครู ตอนที่เจ็ดเป็นการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ มาร์คอฟ วิธีที่ 1 ตามแนวคิดของ Chatman และ Jung ขั้นตอนที่แปดเป็นการใช้โปรแกรม Quantitative Systems for Business (QSB) คาดคะเนจำนวนครูด้วยวิธี 3 วิธีคือ Linear trend (LT), Exponential trend (ET) และ Linear regression (LR) แล้วนำผลที่ได้ทั้ง 3 วิธีมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อนำไปเป็นจำนวนรวมของครูในการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์ และ คณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 สำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่เจ็ดและแปด ผู้วิจัยได้เปรียบเทียบการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และครูสาขา อื่นๆ จำแนกตามกลุ่มอายุด้วย ส่วนขั้นตอนสุดท้ายเป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการ คาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทั้ง 5 วิธี คือ Markov analysis I, Markov analysis II, Linear trend (LT), Exponential trend (ET), และ Linear regression (LR)

### สรุปผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 1-2 พบว่าลักษณะการแจกแจงของครู จำแนกตาม สาขาวิชาที่สอน (วิทยาศาสตร์, คณิตศาสตร์, สาขาอื่นๆ) จังหวัด(กาญจนบุรี, สุพรรณบุรี, ราชบุรี, เพชรบุรี, สมุทรสงคราม, ประจวบคีรีขันธ์) และกลุ่มอายุ( ต่ำกว่า 31ปี, 31-35 ปี, 36-40 ปี, 41-45 ปี, 46-50 ปี, 51-55 ปี, 56-60 ปี) เป็นรายปีตั้งแต่ปีการศึกษา 2534-2538 มี ลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยมียอดรวมครูทั้งเขตการศึกษา เพิ่มขึ้นจากปี 2534 ซึ่งมีจำนวน เป็น 5,825 เป็น 5,841, 5,918, 6,071 และ 6,359 ในปี 2535-2538 ตามลำดับ โดยจำนวนครู ที่อยู่ในกลุ่มอายุ 36-40 ปี มีสัดส่วนสูงสุด และในกลุ่มอายุ 56-60 ปี มีสัดส่วนต่ำที่สุด

2. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 3-5 จะได้อัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามาของครู ใน 4 ช่วงปีการเปลี่ยนแปลง จำแนกตามสาขาวิชาที่สอน (วิทยาศาสตร์, คณิตศาสตร์) กลุ่มอายุ 7 กลุ่ม และจังหวัด 6 จังหวัดมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของ อัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามาด้วยค่าสถิติไค-สแควร์ พบว่าอัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามา ระหว่างช่วงปีการเปลี่ยนแปลง 4 ช่วง กลุ่มอายุ 7 กลุ่มของครูในจังหวัด 6 จังหวัด ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 6 เป็นการนำผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนที่ 3- 5 มารวมและเฉลี่ย เพื่อให้ได้อัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามา ซึ่งเป็นสมาชิกในเมทริกซ์

การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟ ผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบ มาร์คอฟพบว่าอัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามา ของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีค่าใกล้เคียงกันโดยครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มีช่วงอายุสูงจะคงอยู่ในตำแหน่งและปฏิบัติหน้าที่เดิมมากกว่าครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มีช่วงอายุต่ำ กล่าวคือครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ ต่ำกว่า 31 ปี มีอัตราการคงอยู่ 74%-76% ครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 56-60 ปี มีอัตราการคงอยู่ 96%-100% อัตราการออกไปของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์คล้ายคลึงกันในทุกกลุ่มอายุ คือ ประมาณ 10%ทุกกลุ่มอายุตั้งแต่ กลุ่มอายุต่ำกว่า 31ปี, 31-35 ปี, 36-40 ปี และ 41-45 ปี หลังจากนั้นอัตราการออกไป 0%-3%

4. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 7 เป็นผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 1 ตามแนวคิดของ Chatman และ Jung พบว่าครูวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31 ปี มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา ครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 31-35 ปี, 36-40ปี, 41-45 ปี และ 46-50 ปี มีจำนวนลดลงทุกปีการศึกษา ส่วนครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 51-55 ปี และ 56-60 ปี จะมีจำนวนคงที่ทุกปีการศึกษา สำหรับครูคณิตศาสตร์ที่อยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31ปี และ 31-35 ปี มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา ครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 36-40 ปี, 41-45 ปี, 46-50 ปี และ 51-55 ปี มีจำนวนลดลงทุกปีการศึกษา ส่วนครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 56-60 ปีจะมีจำนวนคงที่ทุกปีการศึกษา โดยจำนวนรวมของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทุกกลุ่มอายุตั้งแต่ปีการศึกษา 2540-2549 มีค่าคงที่ซึ่งเท่ากับ 767,768,766,767,765,766,766,766,766,766 และ 658,657,658,659,660,659,660,659,660,660 ตามลำดับ

5. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 8 พบว่าจากผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคาดคะเน 3 วิธี คือ Linear trend , Exponential trend และ Linear regression ให้ค่าคาดคะเนจำนวนครูที่มีพิสัยใกล้เคียงกัน ผู้วิจัยจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นฐานในการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 และพบว่าครูวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในกลุ่มอายุ ต่ำกว่า 31 ปี, 31-35 ปี และ 36-40 ปี มีจำนวนลดลงทุกปีการศึกษา ส่วนครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 41-45 ปี, 46-50 ปี, 51-55 ปี และ 56-60 ปี จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นในทุกปีการศึกษา สำหรับครูคณิตศาสตร์ที่อยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31 ปี, 31-35 ปี, 41-45 ปี, 46-50 ปี และ 56-60 ปี มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษา ส่วนครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 36-40 ปี และ 51-55 ปี จะมีจำนวนลดลงในทุกปีการศึกษา โดยจำนวนรวมของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทุกกลุ่มอายุ

มีค่าเพิ่มขึ้นทุกปีการศึกษาซึ่งเท่ากับ 780,804,827,849,872,896,919,945,968,992 และ 686,710,736,759,784,808,832,858,882,909 ตามลำดับ

6. ผลการวิเคราะห์ในขั้นตอนที่ 9 เป็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการคาดคะเนจำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์รวมทุกกลุ่มอายุ ด้วยวิธีการคาดคะเน 5 วิธี พบว่าการเปรียบเทียบในภาพรวมของการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 1 ไม่ทำให้เห็นภาพความแตกต่างในการคาดคะเนในแต่ละปี เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ว่าผลรวมจำนวนครุมีค่าคงที่ ส่วนวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟวิธีที่ 2 จะเป็นวิธีที่ได้ผลการคาดคะเนมีค่าอยู่ระหว่างวิธี Exponential trend กับ Linear regression ทั้งครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคาดคะเนจำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคาดคะเนทั้ง 5 วิธี โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนของการคาดคะเนเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ พบว่าค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนในการคาดคะเนจำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 มีค่าต่ำที่สุด และเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในงานวิธีการคาดคะเนทั้ง 5 วิธี

#### อภิปรายผลการวิจัย

สาเหตุสำคัญที่ผู้วิจัยเลือกศึกษางานวิจัยนี้เนื่องจากต้องการประยุกต์วิธีการคาดคะเนจำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ เหตุผลที่เลือกคาดคะเนจำนวนครุในวิชาวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์เพราะเห็นความสำคัญของวิชาวิทยาสาสตร์ คณิตศาสตร์และตระหนักถึงปัญหาในการเรียนการสอนวิชาวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำ และตระหนักถึงความสำคัญของปัญหาการขาดแคลนกำลังครุในสาขาวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังเห็นข้อจำกัดในการคาดคะเนกำลังคนด้วยวิธีระดับมณฑลว่าไม่สามารถคาดคะเนกำลังคนในรายละเอียด เช่น จำแนกตามกลุ่มอายุได้ ผลจากการวิจัยจึงทำให้ได้ข้อเท็จจริงที่เสนอถึงสภาพการขาดแคลนครุในสาขาวิทยาสาสตร์ และคณิตศาสตร์ตลอดจนการคาดคะเนจำนวนครุวิทยาสาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับจุลภาค ดังนี้

### 1. ลักษณะสภาพการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

จากข้อมูลจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่รวบรวมมาได้ในปีการศึกษา 2534-2538 แสดงให้เห็นว่าอัตราการออกไปของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีลักษณะคล้ายคลึงกันทุกกลุ่มอายุ ยกเว้นในกลุ่มอายุ 46-50 ปี อัตราการออกไปของครูคณิตศาสตร์จะสูงกว่าครูวิทยาศาสตร์ โดยครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่อยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31 ปี, 31-35 ปี, 36-40 ปี, 41-45 ปี และ 46-50 ปี มีอัตราการออกไป 3%-12% ส่วนครูที่อยู่ในกลุ่มอายุ 51-55 ปี และ 56-60 ปี มีอัตราการออกไป 0%-3% จากข้อค้นพบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความน่าจะเป็นของครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่จะเปลี่ยนงานจะอยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31 ปี จนถึง 46-50 ปี สูงกว่าครูที่อยู่ในกลุ่มอายุอื่น ลักษณะการออกจากงานที่ค้นพบในการวิจัยนี้สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง และรายงานการวิจัยเรื่อง “ภาวะการมีงานทำและคุณภาพในการทำงานของผู้จบอุดมศึกษา” (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2537 : 149) ว่าบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจากทบวงมหาวิทยาลัย มีการเปลี่ยนงานมากกว่าไม่เปลี่ยน ส่วนบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาจากกระทรวงศึกษาธิการ จะมีผู้ไม่เปลี่ยนงานมากกว่าผู้เปลี่ยนงาน โดยผู้สำเร็จการศึกษาในสาขาวิชามนุษยศาสตร์มีการเปลี่ยนงานมากที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มสาขาสังคมศาสตร์ ศึกษาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ ตามลำดับ แม้ว่าจากข้อค้นพบของทบวงมหาวิทยาลัยระบุว่าสาขาวิทยาศาสตร์ซึ่งรวมคณิตศาสตร์ มีการเปลี่ยนงานน้อยกว่ากลุ่มอื่นๆ เนื่องจากบัณฑิตในสาขาอื่นๆต้องการงานที่ดีกว่า แต่ในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จะมีการเปลี่ยนงานออกไปทำงานเอกชนซึ่งมีรายได้ดีกว่า หากข้อค้นพบดังกล่าวเป็นความจริงผลการวิจัยครั้งนี้ก็ได้ยืนยันสภาพดังกล่าวด้วย เนื่องจากผู้ที่ออกไปจากระบบของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นผู้ที่กำลังอยู่ในช่วงวัยทำงาน และมีประสบการณ์ที่จะไปทำงานกับเอกชนได้ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาวิจัยติดตามครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในเขตการศึกษา 5 ที่ออกไปจากระบบว่าได้เป็นเช่นนั้นจริงหรือไม่ อย่างไร เพื่อความถูกต้องชัดเจน

อนึ่งเนื่องจากการวิจัยนี้กำหนดนิยามปฏิบัติการของครูวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ หมายถึงครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ในปีการศึกษานั้นอย่างน้อย 12 คาบต่อสัปดาห์ จึงเป็นเหตุหนึ่งที่ทำให้ได้ข้อมูลมีจำนวนที่น้อยกว่าความเป็นจริง เพราะครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นจำนวนมากที่มีคาบการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์น้อยกว่า 12 คาบต่อสัปดาห์ เนื่องจากมีภาระงานอื่นๆนอกจากงานสอน



เช่น งานทะเบียน งานวัดและประเมินผล งานคอมพิวเตอร์ งานแผนและสารสนเทศ เป็นต้น และอีกประการคือจำนวนครูที่ออกนอกระบบอาจยังคงเป็นครูที่คงอยู่ในสถานศึกษา แต่เป็นครูที่สำเร็จการศึกษาสาขาอื่นที่ถูกยืมตัวมาช่วยสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จึงมีชั่วโมงสอนวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ลดลง ครูจำนวนนี้จึงถูกนับรวมกับครูประเภทออกไปของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่ผู้วิจัยคาดว่า จะมีครูลักษณะดังกล่าวไม่มากนักจึงไม่มีผลต่อการคาดคะเนกำลังคนครั้งนี้ สำหรับลักษณะการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ดังกล่าวข้างต้นนั้น จากการที่ผู้วิจัยได้ไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองจึงได้สอบถามถึงปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องด้านบุคลากรทำให้ทราบว่าในปัจจุบันเกิดภาวะการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในทุกจังหวัดของเขตการศึกษา 5 ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ ชวน หลีกภัย (2536:8) เกี่ยวกับปัญหาการขาดแคลนครูว่า “ขณะนี้มีปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา โดยเฉพาะโรงเรียนมัธยมศึกษาในต่างจังหวัดขาดแคลนครูด่านนี้สูงมาก...”

## 2. ลักษณะการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำแนกตามจังหวัด กลุ่มอายุ และปีการศึกษา

ข้อค้นพบสำคัญเกี่ยวกับลักษณะการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ คือ ลักษณะการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ทั้ง 7 กลุ่มอายุ ในแต่ละจังหวัดทั้ง 6 จังหวัดในเขตการศึกษานี้ มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันและมีลักษณะเหมือนกันทุกปีการศึกษา ตั้งแต่ปีการศึกษา 2534-2538 แสดงว่าโครงสร้างกลุ่มอายุของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จะมีลักษณะค่อนข้างคงที่ จากการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นว่าสภาพปรากฏการณ์มีความคงที่จะได้ผลการคาดคะเนที่ดี เนื่องจากลักษณะข้อมูลสอดคล้องกับข้อตกลงเบื้องต้นของการคาดคะเนจำนวนครูด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ

สภาพที่คงที่ของลักษณะการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำแนกตามจังหวัด กลุ่มอายุและปีการศึกษาเป็นผลเนื่องมาจากการที่ระบบการศึกษาของไทยมีการจัดการศึกษาในลักษณะที่มีความคงที่มาตลอด ซึ่งสังเกตได้จากการจัดสรรงบประมาณด้านการศึกษา จะมีงบประมาณสำหรับอัตราเงินเดือนข้าราชการเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ หากมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การพัฒนาครูในโครงการปฏิรูปการฝึกหัดครู ตามแนวนโยบายการศึกษาในแผนการศึกษาแห่งชาติ 2536 จะทำให้ครูมีขวัญและกำลังใจดีขึ้น และอาจจะมี

อัตราการคงอยู่ของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ในกรณีเช่นนั้นควรจะต้องมีการวิเคราะห์ศึกษาลักษณะการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นระยะๆ เพื่อให้ทราบถึงสภาพโครงสร้างกลุ่มอายุของครู และเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟไปใช้ในการคาดคะเนกำลังคนที่ถูกต้องต่อไป

3. ผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ เปรียบเทียบกับการคาดคะเนด้วยวิธีโซ่แนวมโนในอดีต 3 วิธี

การวิจัยครั้งนี้จะได้ผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เขตการศึกษา 6 ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ 2 วิธี คือ วิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 1 ตามแนวคิดของ Chatman และ Jung และวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 ซึ่งการคาดคะเนทั้ง 2 วิธีจะมีวิธีการวิเคราะห์ที่เหมือนกัน จะต่างกันที่ว่าการคาดคะเนด้วยวิธีที่ 1 จะมีข้อจำกัดคือจำนวนรวมของครูมีค่าคงที่ทุกปีการศึกษา แต่การคาดคะเนด้วยวิธีที่ 2 จะใช้ผลรวมครูที่หามาได้จากค่าเฉลี่ยของจำนวนครูที่หามาจากการคาดคะเน 3 วิธี คือ Linear trend , Exponential trend , และ Linear regression ดังนั้นจะเห็นว่าถ้าใช้วิธีการคาดคะเนด้วยวิธีที่ 2 แล้วผลที่ได้จากวิธีที่ 2 น่าเชื่อถือมากกว่าวิธีที่ 1 เพราะในความเป็นจริงน่าจะมีจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มมากขึ้นในทุกปีการศึกษา เนื่องจากในปัจจุบันรัฐมีนโยบายขยายการศึกษาขั้นพื้นฐาน และเร่งพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งจะส่งผลให้ความต้องการครูเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งครูในสาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 1, วิธีที่ 2 กับวิธีโซ่แนวมโนในอดีต จะเห็นได้ว่า จากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้วิธีการคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 โดยการปรับแก้จุดอ่อนของวิธีที่ 1 และใช้วิธีการคาดคะเน โดยวิธีโซ่แนวมโนในอดีต 3 วิธี ที่มีการประยุกต์โดยการคาดคะเนจำนวนครูในทุกกลุ่มอายุเพื่อปรับแก้จุดอ่อนของวิธีทั้ง 3 นี้ที่พบในการคาดคะเนในระดับมหภาค ผลจากการปรับแก้ดังกล่าว จึงทำให้ได้ผลการคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 กับวิธีโซ่แนวมโนในอดีต 3 วิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และผลจากการคาดคะเนที่ได้มีความเหมาะสม น่าเชื่อถือมากกว่าการคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 1 และวิธี Linear trend , Exponential trend , และ Linear regression ซึ่งเป็นการคาดคะเนในระดับมหภาค ข้อสรุปดังกล่าวได้รับการยืนยันจากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยวิธีการคาดคะเนทั้ง 5 วิธี โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนของการคาดคะเนเป็นเกณฑ์

ในการเปรียบเทียบนั้นพบว่า การคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 จะให้ค่าเฉลี่ยของกำลังสองของค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ซึ่งแสดงว่าการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 จะให้ ผลการคาดคะเนที่ใกล้เคียงกับจำนวนครูที่เป็นจริงมาก

จากผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 พบว่า จำนวนครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่สถานศึกษาในเขตการศึกษา 5 ต้องการนั้น มีจำนวนเพิ่มขึ้นปีละ 2.7% และ 3.3% และตามวิธี Linear trend , Exponential trend , และ Linear regression เป็น 2.3%, 0.3%, 4.5%, และ 2.3%, 0.4%, 5.7% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าควรจะต้องมีการผลิตครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้น และมีส่วนแบ่งของบุคลากรในสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าทำงานเป็นครูอย่างน้อย 2%-3% ต่อปี จึงจะทำให้ไม่เกิดภาวะการขาดแคลนครูในสายนี้ จากความจำเป็นในการเร่งรัดการผลิตครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ดังกล่าว รัฐบาลและผู้เกี่ยวข้องกับการผลิตครูจึงได้ให้ความสำคัญ และส่งเสริมสนับสนุนการเพิ่มอัตราครูวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์โดยจัดให้มีโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และโครงการเร่งรัดการผลิต และพัฒนาบัณฑิตระดับปริญญาตรี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ของประเทศ (รพค.) ซึ่งเป็นโครงการที่ช่วยเร่งรัดการผลิตครูในอนาคต โดยจะสามารถตอบสนองของอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นนี้ได้

4. การนำผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนและการจัดการศึกษา

โดยปกติผลการคาดคะเนจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ น่าจะได้มีการนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการศึกษาและการวางแผนการศึกษาได้ทันที แต่เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัด เนื่องจากวิธีการคาดคะเนทุกวิธีใช้ข้อมูลแนวโน้มในอดีตเป็นพื้นฐานของการคาดคะเนกำลังคน และในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 (พ.ศ.2535-2539) เป็นพื้นฐานเพื่อการคาดคะเนกำลังคนในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2540 - 2544) สภาพที่แตกต่างกันในการจัดการศึกษาในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 และฉบับที่ 8 อาจทำให้การนำผลการคาดคะเนไปใช้ประโยชน์มีความคลาดเคลื่อนได้ เนื่องจากในแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 กำหนดเป้าหมายการยกระดับการศึกษาพื้นฐานของปวงชน



โดยการขยายการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลายให้มีอัตราส่วนนักเรียนต่อประชากรในกลุ่มอายุ (12 - 14 ปี และ 16 - 17 ปี) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 95 และ 70 ตามลำดับในปีพ.ศ. 2544 รวมทั้งมุ่งขยาย การศึกษาขั้นพื้นฐาน 12 ปี เป็นการศึกษารองของปวงชน และจากการเร่งขยายโอกาสทางการศึกษาของรัฐ จึงทำให้อัตราการเรียนต่อชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย เพิ่มจากร้อยละ 33.0 และ 74.9 ในปีพ.ศ. 2530 เป็นร้อยละ 65.0 และ 89.9 ในปีพ.ศ. 2537 ตามลำดับ และคาดว่า อัตราการเรียนต่อดังกล่าวในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 จะสูงเกินกว่าร้อยละ 90 นอกจากนี้ยังกำหนดให้มีการเพิ่มการผลิตกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับปริญญาตรี ให้เป็นร้อยละ 40 ในปี พ.ศ. 2544 และวางฐานให้ขยายเป็นร้อยละ 50 ในปีพ.ศ. 2549 สภาพการเร่งขยายการศึกษาในระดับมัธยมศึกษา การเพิ่มกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ย่อมมีผลทำให้จำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา ช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติฉบับที่ 8 มีจำนวนเพิ่มขึ้นในลักษณะที่แตกต่างจากแนวโน้มในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 ดังนั้นผลการคาดคะเน จากวิธีการทั้ง 5 ในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อนำไปใช้ในการวางแผนทางการศึกษา จึงอาจได้ผลไม่ตรงกับสภาพที่เป็นจริงได้

อย่างไรก็ดี สภาพที่ต่างกันของจำนวนครู วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในช่วงแผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 7 และฉบับที่ 8 ดังกล่าวข้างต้นนั้น เมื่อทำการคาดคะเน ด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 อาจปรับแก้ผลการคาดคะเนให้สอดคล้องกับสภาพที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้เพราะวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ วิธีที่ 2 ใช้เมทริกซ์ การเปลี่ยนแปลงที่มีลักษณะคงที่ของอัตราการคงอยู่/ออกไป/เข้ามา ในแต่ละกลุ่มอายุ แต่สามารถปรับจำนวนครูโดยรวมในแต่ละปีให้สอดคล้องกับสภาพที่เป็นจริง ดังนั้นถ้ามีการปรับจำนวนครูรวมทั้งหมด จะทำให้ผลการคาดคะเนมีความถูกต้องและเหมาะสมดีกว่าวิธีการคาดคะเนอีก 4 วิธี ซึ่งไม่สามารถปรับจำนวนครูโดยรวมได้

## ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1. การวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้เมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟเพื่อคาดคะเนจำนวนครูในระดับมัธยมศึกษา โดยใช้กับครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมศึกษา เขตการศึกษา 6 ควรจะมีการใช้เทคนิคนี้เพื่อคาดคะเนจำนวนครูแต่ละสาขาวิชา ในโรงเรียนมัธยมศึกษา ในเขตการศึกษาอื่นๆ รวมทั้งมีการคาดคะเนกำลังคนในระดับอุดมศึกษาและประถมศึกษา หรือคาดคะเนจำนวนบุคลากรในสายงานอื่นๆ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนในการผลิตกำลังคนแต่ละสาขาต่อไป

2. จากการสร้างเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟ เพื่อคาดคะเนจำนวนครูในครั้งนี้ พบว่าอัตราการออกไปของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่อยู่ในกลุ่มอายุต่ำกว่า 31 ปี, 31-35 ปี, . . . , 41-45 ปี มีอัตราการออกไปสูงกว่าครูที่อยู่ในกลุ่มอายุอื่นๆ แสดงว่าครูที่อยู่ในกลุ่มอายุดังกล่าวเป็นช่วงวิกฤตที่สถานศึกษา และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรหามาตรการเพื่อสร้างขวัญและกำลังใจ ชักจูงให้ครูกลุ่มดังกล่าวคงอยู่ในระบบการศึกษา

3. การคาดคะเนจำนวนครูด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟนั้นต้องการข้อมูลสารสนเทศของจำนวนครูแยกย่อยตามกลุ่มอายุ สาขาวิชาและประเภทครู ซึ่งไม่มีหน่วยงานใดเก็บข้อมูลในลักษณะนี้มาก่อน หากหน่วยงานกลางผู้รับผิดชอบเช่น กรมสามัญศึกษาเห็นความสำคัญของการวางแผนการศึกษา โดยจะใช้วิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟเป็นส่วนหนึ่งของวิธีการ ควรจะได้มีการวางระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลให้เอื้อต่อการนำสารสนเทศมาใช้ในการวางแผนต่อไป

อนึ่ง การจัดวางระบบในการเก็บข้อมูล 6 ปีซ้อนหลังเหมือนกับการวิจัยครั้งนี้ อาจไม่จำเป็นเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า โครงสร้างการแจกแจงของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ย้อนหลัง 6 ปี มีลักษณะไม่แตกต่างกัน ประกอบกับประสบการณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลพบว่าผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บรักษาข้อมูลไว้ในระยะ 2-3 ปีซ้อนหลังเท่านั้น การใช้วิธีการคาดคะเนด้วยวิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟ อาจจะคำนวณโดยใช้ข้อมูลย้อนหลังเพียง 3 ปีแทนที่จะเป็น 6 ปี เหมือนการวิจัยครั้งนี้

## ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งนี้มีข้อจำกัดในการคาดคะเนจำนวนครู คือใช้การคาดคะเนในกลุ่มอายุของครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งแบ่งเป็น 7 กลุ่มอายุ หากมีการคาดคะเนกำลังคนที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้การคาดคะเนทุกอายุ (ปี) ของครู โดยมีการคาดคะเนแยกตามอายุ (ปี) ตั้งแต่อายุ 25-60 ปี รวม 36 กลุ่ม จะทำให้ผลการคาดคะเนถูกต้องมากยิ่งขึ้น ดังนั้นควรมีการวิจัยโดยใช้วิธีการวิเคราะห์มาร์คอฟคำนวณตามวิธีดังกล่าว โดยที่การวิเคราะห์ข้อมูลจะต้องทำเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงแบบมาร์คอฟที่มีขนาดใหญ่ และมีตัวเลขหลายจำนวน จึงควรมีการพัฒนาาระบบคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยดังกล่าว

2. การวิจัยครั้งนี้ใช้นิยามปฏิบัติการของครูวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ หมายถึงครูที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์ในปีการศึกษานั้นอย่างน้อย 12 คาบต่อสัปดาห์ โดยไม่นับรวมครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สอนน้อยกว่า 12 คาบต่อสัปดาห์ การนิยามดังกล่าวทำให้มีข้อจำกัด เนื่องจากจำนวนครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่คำนวณได้มีจำนวนน้อยกว่าสภาพที่เป็นจริง จึงควรมีการวิจัยในลักษณะเดียวกันแต่แบ่งประเภทครูเป็นครูที่สอนวิทยาศาสตร์, ครูช่วยสอนวิทยาศาสตร์, ครูที่สอนคณิตศาสตร์, ครูช่วยสอนคณิตศาสตร์ และครูสาขาอื่นๆ เป็น 5 กลุ่ม เพื่อจะทำให้ได้ผลการวิจัยถูกต้องกับความเป็นจริงมากขึ้น

3. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยยังได้นำผลการคาดคะเนจำนวนครูมาเปรียบเทียบกับจำนวนที่เป็นจริง เพื่อตรวจสอบคุณภาพผลการคาดคะเนและประสิทธิภาพของวิธีการคาดคะเนทั้ง 5 วิธี โดยใช้ข้อมูลเฉพาะปีการศึกษา 2536 - 2538 เท่านั้น แต่เพื่อให้ได้ข้อเท็จจริงที่จะเป็นประโยชน์มากยิ่งขึ้นควรจะได้มีการติดตาม ศึกษาเปรียบเทียบผลการคาดคะเนที่ได้จากการวิจัยนี้ว่าสอดคล้องกับสภาพครูวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540-2549 มากน้อยเพียงใด

4. ควรจะใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation) ในการคาดคะเนจำนวนบุคลากร เพื่อเปรียบเทียบผลการคาดคะเนที่มีวิธีและสถานการณ์ที่แตกต่างกัน เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนขึ้น