

การศึกษาความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศเพื่อสำรองสงคราม
โดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ร่วมกับการวางแผนความต้องการวัสดุ
The Study of the Demand of Surface-to-air Missile for
War Reserve Stockpile Using Forecasting and Material Requirement
Planning Techniques

นาวาอากาศเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติกุลไชย จิตต์เอื้อ
Group Captain Assistant Professor Dr. Kiatkulchai Jitt-Aer

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช
เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220 ประเทศไทย

Assistant Professor, Academic Division, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy,
Sai Mai, Bangkok 10220, Thailand

Corresponding Author. E-mail : kiatkulchai@yahoo.com

(Received: September 11, 2019, Accepted: January 8, 2020)

บทคัดย่อ : เนื่องจากสถานการณ์ปัจจุบันได้บ่งชี้ถึงการพัฒนาเทคโนโลยีป้องกันประเทศและการจัดหาอาวุธยุทโธปกรณ์ รวมถึงการสะสมอาวุธทางทหารในภูมิภาคต่างๆ ทั่วโลก อาจส่งผลกระทบต่อความขัดแย้งหรือการสงครามระหว่างประเทศเป็น สิ่งที่อาจเกิดขึ้นได้ในอนาคต ดังนั้นกองทัพอากาศหรือหน่วยงานด้านความมั่นคงของประเทศต่างๆ จำเป็นต้องมีการสำรอง อาวุธยุทโธปกรณ์ไว้ในภาวะสงครามจำนวนหนึ่งเพื่อให้เพียงพอต่อการทำการรบเมื่อมีภาวะสงครามเกิดขึ้นในช่วงระยะ เวลาหนึ่งๆ ตามนโยบายที่กองทัพอากาศหรือรัฐได้กำหนดไว้ นอกจากนี้ กองทัพต่างๆ ต้องมีจำนวนอาวุธยุทโธปกรณ์ที่เพียงพอ ในภารกิจการฝึกในภาวะปกติด้วย ดังนั้นหากคลังอาวุธสำรองสงครามอยู่ในระดับต่ำ อาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคง ของประเทศนั้นๆ ได้ บทความวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายศึกษาความต้องการของอาวุธยุทโธปกรณ์ทางทหารเพื่อให้ได้ระดับ คงคลังของอาวุธยุทโธปกรณ์ที่เพียงพอต่อสงครามในระยะเริ่มแรก ซึ่งบทความวิจัยนี้ได้ตั้งสถานการณ์สมมติเพื่อศึกษา ความต้องการของอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ โดยได้เสนอแนวทางการกำหนดแผนในการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถี จากพื้นสู่อากาศในอนาคตเพื่อให้เพียงพอต่อการสำรองในภาวะสงครามและรวมถึงการใช้ในภารกิจการฝึกในภาวะปกติ บทความวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการพยากรณ์ร่วมกับทฤษฎีการวางแผนความต้องการวัสดุ โดยได้จำลอง ข้อมูลที่ใช้เพื่อการพยากรณ์ขึ้นมาเพื่อนำมาทดสอบการใช้ทฤษฎีดังกล่าว การวิจัยได้พบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม ในการพยากรณ์ความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ คือ วิธีการวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย และได้้นำค่า การพยากรณ์ที่ได้ไปจัดทำตารางแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศเพื่อแสดงระยะเวลาที่มีอาวุธปล่อยนำ วิถีจากพื้นสู่อากาศเพียงพอกับคลังสำรองสงครามรวมถึงสามารถนำไปใช้ในการฝึกได้โดยไม่กระทบกระเทือน ต่อคลังสำรองสงครามที่กำหนด ซึ่งเหล่าทัพหรือกองทัพไทยสามารถนำรูปแบบของการประยุกต์ใช้ทฤษฎีที่นำเสนอไป ปรับใช้ในการวางแผนการจัดซื้อจัดหาอาวุธยุทโธปกรณ์ที่จำเป็นได้ในอนาคต

คำสำคัญ : อาวุธสำรองสงคราม การจัดซื้ออาวุธ การพยากรณ์ การวางแผนความต้องการวัสดุ

Abstract : Arms procurement in many regions across the world is estimated to have increased in recent years. The literature shows that defense budgets in several countries are spent for munitions and equipment by military services. This can cause international security concerns and regional territorial disputes which are key drivers for wars or international conflicts in the future. As a result, more countries put more emphasis on the security aspect by stocking ammunition for utilising during the initial month as war reserve and also for military exercise during peacetime. However, due to a lack of specific capabilities, purchasing and procuring military arms from the global markets must be well-planned for those in the regions vulnerable for international conflicts. To this end, the purpose of this research is to study the demand of surface-to-air missile (SAM) for both war reserve stockpile and military exercise during peacetime. This study applies forecasting and material requirement planning techniques to achieve the research objectives. A military scenario of a country and its initial data are set up and simulated respectively for describing the research methodologies. Based on the randomised data, the result shows that simple linear regression is suitable for implementing in this research. By manipulating the dataset obtained from the forecast model, a material requirement planning is established and then illustrated a time duration to accomplish the SAM stock sufficiency to meet the war reserve policy and also serving the military exercise missions of the forecast-based scenario.

Keywords : War Reserve, Arms Procurement, Forecasting, Material Requirement Planning

1. บทนำ

บทเรียนจากสงครามในอดีตมากมายย้ำเตือนทุกประเทศอยู่เสมอว่า การจะสร้างมิตรประเทศไม่ว่าด้านทาง การทูตหรือทางเศรษฐกิจไม่อาจสร้างความมั่นใจได้ว่าจะไม่เกิดความขัดแย้งระหว่างกันเกิดขึ้น [1] เพราะสุดท้ายทุกประเทศก็ต้องยึดผลประโยชน์ของชาติตนก่อน และสงครามในปัจจุบันมีความซับซ้อนมากกว่าในอดีต ไม่เพียงแต่เกิดขึ้นจากคู่ขัดแย้งโดยตรง แต่อาจอยู่ในรูปแบบของสงครามตัวแทน (Proxy war) และสงครามต่อต้านการก่อการร้าย (War on terror) ดังนั้นแต่ละประเทศจึงต้องมีการเตรียมพร้อมทางด้านการทหารในระดับที่ต่างๆ กัน ตามนโยบาย สภาพแวดล้อมและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในอดีตและปัจจุบัน

เนื่องจากปัจจัยสำคัญในการทำสงครามนั้นประกอบไปด้วย 3 ประการคือ กำลังพล ยุทธศาสตร์และยุทธวิธี และสุดท้ายคือเทคโนโลยีหรืออาวุธยุทโธปกรณ์ [1] ดังนั้นในยุคแห่งโลกาภิวัตน์นี้ กองทัพของแต่ละประเทศจึงสามารถที่จะศึกษาเรียนรู้ พัฒนากำลังพล พัฒนากลยุทธ์ ยุทธวิธี และยุทธศาสตร์ ให้มีระดับใกล้เคียงกันทั้งด้วยกำลังทหารสมัยใหม่นั้นจะต้องสามารถปฏิบัติการได้สามมิติ (บก เรือ และอากาศ) หรือบางครั้งอาจถึงมิติที่สี่ (อวกาศ) [2] จึงนำมาสู่บทสรุปที่ว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลสูงสุดในสงครามยุคใหม่คือ เทคโนโลยีป้องกันประเทศหรืออาวุธยุทโธปกรณ์ [1] จากปัจจัยดังกล่าวนี้ จึงอาจนำไปสู่สถานการณ์การพัฒนาเทคโนโลยีป้องกันประเทศและการแข่งขันสะสมอาวุธยุทโธปกรณ์เพื่อพัฒนากองทัพของประเทศต่างๆ [3]

ทั้งนี้ได้เริ่มมีการสัญญาณด้านการแข่งขันการสะสมอาวุธในภูมิภาคต่างๆ เช่น ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ระหว่างปี ค.ศ. 2008 - 2017 มีการใช้งบประมาณทางทหารเพิ่มขึ้นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น กัมพูชาใช้งบประมาณด้านการทหารเพิ่มขึ้น 332% อินโดนีเซีย 122% ส่วนประเทศอื่นๆ เช่น เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และเมียนมา ใช้งบประมาณมากขึ้น 40 - 100%

เพื่อจัดซื้ออาวุธยุทโธปกรณ์ทางทหาร [4] ดังนั้น เพื่อสร้างขีดความสามารถทางการทหารให้เทียบเท่ากับประเทศดังกล่าว กองทัพของประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคนี้จึงอาจจำเป็นต้องจัดหาปัจจัยทางเทคโนโลยีและอาวุธยุทโธปกรณ์ที่ทันสมัยเพื่อสำรองไว้ในภาวะสงคราม และทั้งนี้ยังต้องเพียงพอในการกิจการฝึกในภาวะปกติด้วย ซึ่งได้สอดคล้องตามที่ [5] ได้กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีและอาวุธยุทโธปกรณ์ทางทหารนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำการรบในยามสงครามและการเตรียมกำลังรบในยามสงบ ซึ่งจะต้องมีการจัดซื้อจัดหาเพื่อใช้ในการฝึกและรวมถึงต้องรักษาระดับคลังสำรองของอาวุธยุทโธปกรณ์ (War reserve stockpile) ไว้ให้เพียงพอต่อช่วงระยะเริ่มแรกของสงครามอีกด้วย

อย่างไรก็ตาม การคลังสำรองอาวุธยุทโธปกรณ์อาจทำให้อาวุธยุทโธปกรณ์เสื่อมสภาพหรือชำรุดจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมได้ เช่น อุณหภูมิ และความชื้นอากาศ [6] ดังนั้น กองทัพจึงมีความจำเป็นในการใช้อาวุธยุทโธปกรณ์จำพวกกระสุนหรืออาวุธนำวิถีต่างๆ (Ammunitions) ในการกิจการฝึกเพื่อตอบสนองการกิจการฝึกและยังเป็นการป้องกันไม่ให้อาวุธยุทโธปกรณ์เหล่านั้นชำรุดเสียหายเนื่องจากการจัดเก็บไว้นานๆ ดังที่กล่าวไปแล้ว จึงต้องนำอาวุธยุทโธปกรณ์เหล่านั้นจากคลังมาใช้ จากปัญหาดังกล่าวอาจส่งผลให้จำนวนอาวุธยุทโธปกรณ์ในคลังสำรองไม่อยู่ในระดับที่กำหนดได้ 100% [7]

นอกจากนี้ในด้านงบประมาณ นอกจากงบประมาณในการจัดซื้อจัดหาอาวุธยุทโธปกรณ์แล้ว การคลังสำรองอาวุธยุทโธปกรณ์ไว้เป็นจำนวนมากอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาด้วย ดังนั้น งบประมาณในการสำรองอาวุธยุทโธปกรณ์ไว้ในภาวะสงครามอาจถูกจำกัดเนื่องจากกองทัพต้องใช้งบประมาณไปในด้านอื่นๆ ที่มีความสำคัญและเร่งด่วนมากกว่า [8], [9], [10] ดังนั้น กองทัพจึงต้องมีการจัดซื้อจัดหาเพื่อรักษาระดับคลังสำรองอาวุธยุทโธปกรณ์ที่จำเป็นต่อการใช้งานในระยะช่วงเวลาหนึ่ง

ตามสถานการณ์ของโลกหรือภูมิภาค หรือตามนโยบายของกองทัพหรือรัฐบาลของประเทศนั้นๆ

บทความวิจัยนี้เป่าหมายเพื่อศึกษาความต้องการอาวุธยุทโธปกรณ์ โดยกำหนดเป็นกรณีศึกษาของอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศของประเทศหนึ่ง เพื่อคงคลังไว้สำหรับภาวะสงครามรวมทั้งเพื่อตอบสนองต่ออัตราการใช้ฝึกประจำปีด้วย เพื่อให้มีจำนวนอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศที่เพียงพอต่อการสำรองในภาวะสงครามและการฝึกในยามปกติ และเพื่อลดความเสี่ยงของการขาดแคลนอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ โดยในบทความวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการพยากรณ์ร่วมกับการวางแผนความต้องการวัสดุ และสร้างสถานการณ์สมมติ (Military scenario) และใช้แบบจำลองข้อมูล (Data simulation) ทางสถิติมาใช้กับทฤษฎีดังกล่าวในการหาข้อมูลผลลัพธ์ในรูปแบบของตารางวางแผนความต้องการวัสดุ

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมและพยากรณ์ความต้องการการใช้อาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศในอนาคต
- 2) เพื่อประยุกต์ใช้ตารางแผนความต้องการวัสดุในการวางแผนการจัดซื้อจัดหาอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศให้เพียงพอต่อคงคลังของอาวุธยุทโธปกรณ์สำรองสงคราม

3. สถานการณ์สมมติ

เนื่องจากสถานการณ์การสะสมเครื่องบินรบสมรรถนะดีของประเทศต่างๆ ในภูมิภาคหนึ่งของโลก ดังนั้น กองทัพของประเทศ ก. ที่อยู่ในบริเวณภูมิภาคดังกล่าว ได้มีนโยบายการปรับเปลี่ยนอัตราอาวุธคงคลังของอาวุธสำรองสงครามจากเดิม 20 วัน เป็น 30 วัน จึงมีความจำเป็นที่จะต้องสำรองอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ (SAM: Surface to air missile) ไว้ในภาวะสงครามเป็น

จำนวน 400 นัด เพื่อให้เพียงพอต่อการทำการรบเมื่อมีภาวะสงครามเกิดขึ้นในระยะเวลา 30 วัน โดยได้สมมติสถานการณ์เพิ่มเติมดังนี้ คือ กองทัพของประเทศ ก. ในปีปัจจุบัน (ต่อไปจะกำหนดให้ p : present คือ ปีปัจจุบัน) มีอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM อยู่ในคลังสำรองจำนวน 375 นัด และมีความจำเป็นใช้ในการฝึกการฝึก 29 นัด แต่เนื่องจากประเทศ ก. ไม่สามารถผลิตอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ได้ด้วยตนเอง จึงต้องจัดซื้อจากประเทศ ข. ซึ่งมีข้อจำกัดดังนี้คือ ประเทศ ข. สามารถผลิตและจัดส่งอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ให้ประเทศ ก. ได้ครั้งละ 50 นัด และมีเวลานำ (Lead time) ในการผลิตและจัดส่งนาน 4 ปี โดยในปีปัจจุบัน p กองทัพของประเทศ ก. จะได้รับอาวุธดังกล่าวจำนวน 50 นัด พอติจากการสั่งซื้อเมื่อ 4 ปีที่แล้ว ($p - 4$) ดังนั้น กองทัพของประเทศ ก. จึงมีอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM จำนวน 425 นัด ($375 + 50$ นัด) แต่มีความต้องการใช้การฝึกการฝึกจริง 29 นัด จึงจำเป็นที่จะต้องเบิกอาวุธในคลังสำรองสงคราม ทำให้มีความต้องการเบิกจากคลังสำรองอีก 4 นัด อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ที่สำรองสงครามจึงเหลือเพียง 396 นัด ซึ่งไม่เพียงพอต่ออัตราอาวุธคงคลังของอาวุธสำรองสงครามที่ประเทศ ก. ได้กำหนดไว้ กองทัพของประเทศ ก. จึงต้องการศึกษาความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM เพื่อใช้ฝึกในภาวะปกติ และยังคงรักษ้อัตราอาวุธคงคลังของอาวุธสำรองสงครามตามที่กำหนดด้วย

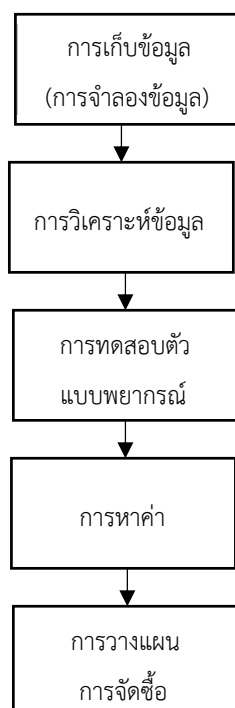
4. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้พิจารณาข้อมูลตามสถานการณ์สมมติที่ระบุในหัวข้อที่ 3 และกำหนดให้ประเทศ ข. สามารถขายอาวุธให้ประเทศ ก. ตลอดระยะเวลาที่ประเทศ ก. ต้องการซื้อ รวมทั้งกำหนดให้ระยะเวลานำในการส่งมอบอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM คงที่ 4 ปี ในทุกๆ ครั้งที่มีการสั่งซื้อ ซึ่งการส่งมอบแต่ละครั้งให้มีจำนวนคงที่ครั้งละ 50 นัด พอติ

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม MS Excel เพื่อให้หารูปแบบของการกระจายของข้อมูลอัตราการใช้งานอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ของประเทศ ก. ในอดีต โดยการจำลองข้อมูลแบบสุ่ม (Random) และงานวิจัยนี้ได้ใช้เฉพาะค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (Mean absolute percentage error: MAPE) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

5. วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังแสดงตามภาพที่ 1 ประกอบไปด้วยการจำลองข้อมูลทางสถิติโดยวิธีการแบบสุ่ม การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแบบจำลองการพยากรณ์ที่เหมาะสม การกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่ดีที่สุดเพื่อใช้ในการใช้ในการพยากรณ์ความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในอนาคต และสุดท้ายคือการวางแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ตามทฤษฎีการวางแผนความต้องการวัสดุ เพื่อให้ได้จำนวนพัสดุคงคลังของอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ที่เพียงพอต่ออัตราอาวุธคงคลังของอาวุธสำรองสงครามตามสถานการณ์ที่สมมติตามหัวข้อที่ 3



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

ตารางที่ 1 ข้อมูลจำลองจำนวนความต้องการของอาวุธในการฝึก

ปี	p-9	p-8	p-7	p-6	p-5	p-4	p-3	p-2	p-1	p
จำนวน	3	2	2	2	2	2	2	3	3	2
	3	3	9	8	6	0	5	2	7	9

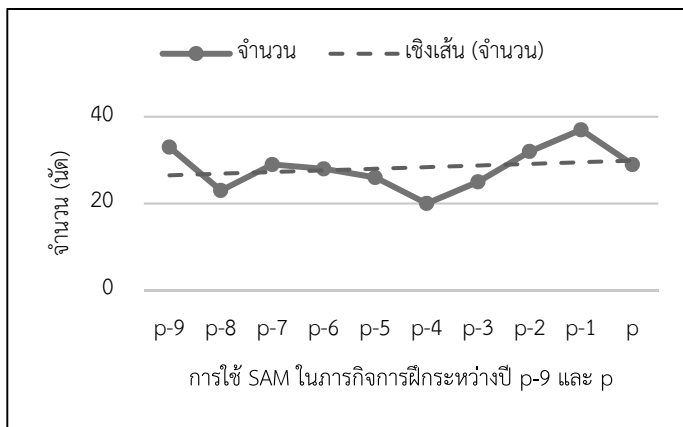
*หน่วยเป็นนัด

5.1 การจำลองข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยนี้มีเริ่มต้นจากการจำลองข้อมูลทางสถิติของความต้องการใช้อาวุธยุทธโศปกรณ์ในการฝึกประจำปี โดยบทความวิจัยนี้ได้ทดลองสุ่มข้อมูลความต้องการใช้อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในการฝึกในปีปัจจุบันและย้อนหลังไปรวม 10 ปี เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพยากรณ์ต่อไปในอนาคต ดังนั้น ข้อมูลความต้องการในปีปัจจุบัน p และในอดีต p - 1, p - 2, p - 3, p - 4, p - 5, p - 6, p - 7, p - 8 และ p - 9 โดยมีข้อมูลที่สุ่มขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน RAND() ในโปรแกรม MS Excel ซึ่งได้ผลการสุ่มแสดงได้ตามตารางที่ 1

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม โดยการนำข้อมูลในตารางที่ 1 นำมาเขียนแผนภูมิการกระจายของข้อมูลจำนวนอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ที่เบิกใช้ในการฝึกการฝึกโดยใช้โปรแกรม MS Excel เพื่อให้ทราบรูปแบบของการกระจายของข้อมูลการใช้อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในอดีตว่าเป็นประเภทใด รูปแบบการกระจายของข้อมูลสามารถแสดงได้ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภูมิแสดงสถิติจำนวน SAM ที่ใช้ในการฝึกการฝึก

จากรูปแบบการกระจายของข้อมูลจำลองการใช้ฝึกของอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM แนวโน้มของข้อมูลมีการเคลื่อนไหวแบบแนวโน้มเชิงเส้นตรง (Linear trend data) ไม่มีอิทธิพลฤดูกาล ดังนั้นตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมกับการใช้ในการพยากรณ์รูปแบบอนุกรมเวลา [11] ผู้วิจัยจึงได้เลือกเทคนิคการพยากรณ์ค่าเฉลี่ยแบบตรงตัว (Naïve approach) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential smoothing) และการพยากรณ์แบบการวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย (Simple regression analysis) มาใช้เป็นตัวแบบพยากรณ์ และนำตัวแบบพยากรณ์ทั้งสามนี้มาทดสอบเพื่อกำหนดตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในงานวิจัยนี้

5.3 การทดสอบตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด

การกำหนดตัวแบบพยากรณ์นั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลตามตารางที่ 1 มาหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยแบบตรงตัว โดยตัวแบบพยากรณ์แบบค่าเฉลี่ยแบบตรงตัวนี้เป็นวิธีการพยากรณ์ที่ง่ายที่สุด โดยอาศัยข้อสมมติที่ว่าข้อมูลในช่วงปัจจุบันล่าสุดเป็นค่าพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับอนาคต ซึ่งมีสมการการคำนวณค่าพยากรณ์ดังนี้

$$F_{t+1} = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{N} \quad (1)$$

โดยที่ F_{t+1} = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + 1$

Y_t = ข้อมูลในอดีต โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

$N = 1$ (Naïve method)

ต่อจากนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลชุดเดียวกันมาใช้ในการคำนวณหาค่าพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล ซึ่งวิธีนี้จะมีการให้น้ำหนักกับข้อมูลในอดีตแบบไม่เท่ากัน โดยจะให้ความสำคัญของข้อมูลล่าสุดจะมากที่สุด และความสำคัญจะลดลงเรื่อยๆ สำหรับข้อมูลที่ระยะเวลาห่างออกไป หรือเรียกอีกอย่างคือ การหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก (Weight average) ซึ่งมีตัวน้ำหนักที่ใช้ถ่วง เรียกว่า ค่าคงที่ปรับเรียบ (Smoothing constant: α) โดยตัวแบบการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล มีสมการการหาค่าพยากรณ์ดังนี้

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (2)$$

โดยที่ F_{t+1} = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา $t + 1$

Y_t = ข้อมูลในอดีต โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

α = ค่าปรับน้ำหนักระหว่าง 0 - 1

และสุดท้ายเป็นการใช้เทคนิคการพยากรณ์โดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย ซึ่งตัวแบบพยากรณ์นี้ใช้วิธีการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลซึ่งเป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) กับระยะเวลาซึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent variable) โดยการวิเคราะห์

ความสัมพันธ์แบบถดถอยนี้เหมาะสมสำหรับข้อมูลที่มีการเคลื่อนไหวแบบแนวโน้มเชิงเส้น ซึ่งสมการการคำนวณค่าพยากรณ์สามารถแสดงได้ดังนี้

$$F_t = a + b \cdot t \quad (3) \quad \text{และ}$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n ty_t - \sum_{t=1}^n t \sum_{t=1}^n y_t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - (\sum_{t=1}^n t)^2}$$

$$a = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{n} - b \left(\sum_{t=1}^n \frac{t}{n} \right)$$

โดยที่ F_t = ค่าพยากรณ์ ณ เวลา t

t = ปีที่ต้องการพยากรณ์

n = จำนวนปีของข้อมูล

Y_t = ค่าของข้อมูล ณ เวลา t

a และ b เป็นค่าคงที่

หลังจากได้ผลการคำนวณหาค่าการพยากรณ์จากตัวแบบพยากรณ์ทั้งสามแบบแล้ว ผู้วิจัยได้คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ย (MAPE) ของผลการพยากรณ์ในแต่ละวิธี เนื่องจากค่า MAPE แสดงออกมาในรูปของเปอร์เซ็นต์ซึ่งง่ายต่อการตีความ [12] คือค่าความคลาดเคลื่อนของวิธีใดมีค่าน้อยที่สุด ถือว่าตัวแบบนั้นมีประสิทธิภาพมากที่สุด [13] ในทางกลับกันตัวแบบที่ไม่เหมาะสมกับการพยากรณ์ก็จะมีค่าความคลาดเคลื่อนที่สูง [12] ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยสมบูรณ์นี้ไม่มีหน่วย และมีค่าเป็นบวกเสมอ [14] ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยสามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$MAPE = \sum_{t=1}^n [|e_t/Y_t|] \cdot \frac{100}{n} \quad (4)$$

$$e_t = Y_t - F_t$$

โดยที่ Y_t = ค่าข้อมูลที่ระยะเวลา t

F_t = ค่าการพยากรณ์ระยะเวลา t

e_t = ค่าความคลาดเคลื่อนที่ระยะเวลา t

$t = 1, 2, 3, \dots, n$

เมื่อได้ค่า MAPE ของแต่ละตัวแบบพยากรณ์แล้ว จึงเปรียบเทียบอัตราความแม่นยำของการพยากรณ์ โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาระดับความแม่นยำจากค่า MAPE ซึ่งพัฒนาโดย [15] โดยความสัมพันธ์ระหว่าง MAPE กับระดับความแม่นยำแสดงดังตารางที่ 2 ซึ่งอ้างอิงจาก [16] เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการพยากรณ์

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่าง MAPE กับระดับความแม่นยำ

เกณฑ์การพิจารณา	ระดับความแม่นยำ
MAPE < 10%	สูง
10% < MAPE < 20%	ดี
20% < MAPE < 50%	สมเหตุสมผล
MAPE > 50%	ไม่มีความแม่นยำ

5.4 การวางแผนความต้องการอาวุธ SAM

หลังจากทราบจำนวนความต้องการของอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือ การวางแผนการจัดซื้ออาวุธด้วยเทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุ (MRP) ซึ่งเป็นกระบวนการการวางแผนความต้องการวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์คงคลังอยู่ในระดับที่ต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์เทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุเพื่อบริหารจัดการการจัดซื้อจัดหาอาวุธ โดยประเทศ ก. เป็นผู้จัดซื้อจัดหาอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM จากประเทศ ข. ซึ่งเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งมอบ และประเทศ ก. จะใช้ตาราง MRP เพื่อวางแผนการจัดซื้อจัดหา และใช้ในการบริหารจัดการให้อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM มีปริมาณสำรองสงครามตามที่กำหนด และสามารถมีใช้เพียงพอในการฝึกด้วย

โดยการจัดซื้อแต่ละครั้งกำหนดให้เวลาการส่งมอบหรือเวลานำใช้เวลา 4 ปี คือเริ่มตั้งแต่เสนอความต้องการจนกระทั่งได้รับอาวุธจะใช้เวลาดำเนินงาน 4 ปี โดยบทความวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลตามที่ระบุในสถานการณ์สมมติในหัวข้อที่ 3 และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาแสดงได้ ตามตารางที่ 3 เพื่อเป็นข้อมูลตั้งต้นในการสร้างแผนความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM อีก 10 ปีถัดไป ($p + 10$)

ตารางที่ 3 ชุดข้อมูลตั้งต้นในปีปัจจุบัน p

จำนวน คงคลัง ปัจจุบัน	จำนวนที่ ต้อง สำรองไว้	ชนิด อาวุธ นำวิถี	รายการ	ปี p
375	400	SAM	จำนวนที่ ต้องสำรองไว้	400
			ความ ต้องการขั้นต่ำ	29
			จำนวนที่ได้รับ ตามกำหนดเวลา	50
			จำนวนที่ นำไปใช้ฝึกได้	25
			ความ ต้องการเบิกจาก คลังสำรอง	4
			แผนกำหนด การรับของ	-

6. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จะแสดงผลแสดงผลลัพธ์แบบพยากรณ์ที่เหมาะสมที่สุด และจะแสดงผลของตาราง MRP ที่แสดงแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในอนาคต ซึ่งมีผลการวิจัยดังนี้

การหาค่าการพยากรณ์โดยวิธีค่าเฉลี่ยแบบตรงตัวนั้น จะเป็นวิธีที่มีแนวคิดที่ความต้องการของอาวุธในอนาคตจะเท่ากับความต้องการในปัจจุบัน เช่น ในปีปัจจุบัน p มีความต้องการใช้อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในการฝึกจำนวน 29 นัด จะสามารถทำการพยากรณ์ความต้องการในปีถัดไป ($p + 1$) ได้เท่ากับ 29 นัดด้วย

ในส่วนการใช้ตัวแบบพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลนั้น สามารถนำข้อมูลในอดีตมาพยากรณ์โดยใช้ฟังก์ชัน Data analysis ใน MS Excel แก่สมการที่ (2) และกำหนดค่า Damping factor หรือ $1-\alpha$ เป็น 0.2 (ค่าคงที่ปรับเรียบ $\alpha = 0.8$) เพื่อหาค่าพยากรณ์ เนื่องจากเป็นการให้ความสำคัญกับข้อมูลปีล่าสุดมากกว่าข้อมูลในปีที่ห่างออกไป และค่าคงที่ปรับเรียบดังกล่าวทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนพยากรณ์ (MAPE) ต่ำที่สุด จึงเหมาะกับการนำมาใช้ในตัวแบบพยากรณ์นี้ [16]

ต่อมาคือการใช้ตัวแบบวิเคราะห์การถดถอยแบบง่ายนั้น ก็สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ฟังก์ชัน Data analysis ใน MS Excel เช่นกัน โดยใช้ข้อมูลในอดีตตามตารางที่ 1 จะได้ผลลัพธ์ค่าคงที่ a และ b คือ 26.133 และ 0.376 ตามลำดับ ดังนั้น แทนค่า a และ b ในสมการที่ (3) แล้วจะได้ตัวแบบที่ใช้ในการพยากรณ์ดังแสดงในสมการที่ (5)

$$F_t = 26.133 + 0.376 \cdot t \quad (5)$$

โดยจากสมการตัวแบบพยากรณ์ที่ได้นั้น ถ้าต้องการหาค่าพยากรณ์ในปีต่างๆ ก็สามารถทำได้โดยการเปลี่ยนค่า $t \in I; I = \{1, 2, 3, \dots, n\}$

และจากการใช้ตัวแบบพยากรณ์ทั้งสามหาค่าพยากรณ์จากข้อมูลในตารางที่ 1 จะได้ผลลัพธ์การพยากรณ์ดังแสดงในตารางที่ 4

ค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์ทั้งสามแบบนี้ เมื่อนำมาคำนวณค่า MAPE (ตามสมการที่ 4) ของตัวแบบพยากรณ์แต่ละตัวแล้ว ปรากฏว่าได้ผลเปรียบเทียบดังแสดงในตารางที่ 5

จะเห็นว่าค่าพยากรณ์ที่อยู่ในเกณฑ์ดี (MAPE อยู่ระหว่าง 10-20%) มี 2 วิธี คือ วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลและวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย แต่ทั้งสองวิธีนี้ได้ให้ค่า MAPE ที่ใกล้เคียงกัน โดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบง่ายมีค่า MAPE น้อยกว่า แต่วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลเหมาะกับการพยากรณ์ระยะสั้น ดังนั้นการใช้วิธีปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลในระยะยาวอาจส่งผลให้การพยากรณ์อาจเกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้นได้ และจากงานวิจัยของ [14] ได้ชี้ว่าในการพยากรณ์ระยะยาว วิเคราะห์การถดถอยแบบง่ายจะมีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล

ตารางที่ 4 ผลลัพธ์การพยากรณ์

t	Y _t	ตัวแบบพยากรณ์		
		วิธีค่าเฉลี่ย แบบตรงตัว	วิธีการ ปรับเรียบแบบ เอ็กซ์โพเนนเชียล	วิธีวิเคราะห์ การถดถอย แบบง่าย
1	33	-	-	27
2	23	33	33	27
3	29	23	25	27
4	28	29	28	28
5	26	28	28	28
6	20	26	26	28
7	25	20	21	29
8	32	25	24	29
9	37	32	30	30
10	29	37	36	30

ตารางที่ 5 ค่า MAPE ของแต่ละตัวแบบพยากรณ์

ตัวแบบพยากรณ์	MAPE
ค่าเฉลี่ยแบบตรงตัว	21%
ปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล	20%
วิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย	14%

ตารางที่ 6 ผลการพยากรณ์ความต้องการอาวุธ SAM

ปีที่	ค่าพยากรณ์ความต้องการอาวุธ SAM (นัด)
$p + 1$	30
$p + 2$	31
$p + 3$	31
$p + 4$	31
$p + 5$	32
$p + 6$	32
$p + 7$	33
$p + 8$	33
$p + 9$	33
$p + 10$	34

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงเลือกวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบง่ายซึ่งมีค่า MAPE น้อยกว่า และสามารถทำการพยากรณ์ล่วงหน้าได้ในระยะกลางถึงยาว โดยขึ้นอยู่กับข้อกำหนดค่า t (ค่า t คือ จำนวนปีล่วงหน้าที่ต้องการพยากรณ์) โดยตารางที่ 6 ได้แสดงผลการพยากรณ์ความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ด้วยวิธีวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย โดยเป็นการพยากรณ์ในอีก 10 ปี นับจากปีปัจจุบัน p ซึ่งจะได้ว่าค่าพยากรณ์ในการที่จะจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM มาเตรียมไว้ใช้ในการตอบสนองภารกิจการฝึกของกองทัพประเทศข. และเพื่อให้จำนวนอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM สำหรับสำรองสงครามเป็นไปตามนโยบายของกองทัพตามที่กำหนดไว้ในสถานการณ์สมมติ

ตารางที่ 7 แผนความต้องการการอุปถัมภ์ผู้นำวิถีพินสุ่อากาศ SAM

จำนวน คงคลัง ปัจจุบัน	จำนวนที่ ต้อง สำรองไว้	ชนิดของ อาวุธนำ วิถี	รายการ	ปี										
				p	p + 1	p + 2	p + 3	p + 4	p + 5	p + 6	p + 7	p + 8	p + 9	p + 10
375	400	SAM	จำนวนที่ ต้องสำรอง ไว้	400	396	366	335	304	323	341	359	376	393	400
ความ														
			ต้องการ ขั้นต้น	29	30	31	31	31	31	32	32	33	33	34
จำนวนที่														
			ได้รับตาม	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กำหนดเวลา														
			จำนวนที่											
			นำไปใช้	25	-	-	-	-	-	-	-	-	10	16
			ฝึกได้											
ความ														
			ต้องการจาก เบิกจากคลัง	4	34	65	96	77	59	41	24	7	0	0
			สำรอง											
แผนกำหนด														
			การรับ ของที่ส่ง	-	-	-	-	50	50	50	50	50	50	50
			แผนกำหนด	50	50	50	50	50	50	50	-	-	-	-
			การส่งของ											

หลังจากทราบจำนวนความต้องการของอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM แล้ว ผู้วิจัยได้นำข้อมูลการพยากรณ์ไปวางแผนการจัดซื้ออาวุธได้ โดยมีเงื่อนไขการจัดซื้อว่าเริ่มตั้งแต่เสนอความต้องการจนกระทั่งได้รับอาวุธจะต้องใช้เวลาดำเนินการ 4 ปี ซึ่งสามารถแสดงเป็นตารางความต้องการวัสดุ (MRP) ซึ่งเป็นแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ตามที่แสดงในตารางที่ 7 ซึ่งแผนการจัดซื้อนั้น จะเห็นว่าในปี p ถึง $p + 3$ มีความจำเป็นที่จะต้องนำอาวุธสำรองสงครามมาใช้ทุกปี จนกระทั่งในปี $p + 4$ จะได้รับอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM และจะต้องทำการสั่งในทุกปี ปีละ 50 นัด ดังจะเห็นได้ว่าในแต่ละปีความต้องการเบิกอาวุธจากคลังสำรองจะเพิ่มขึ้น เพราะมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ในการฝึกทุกปี ไม่สามารถที่จะงดการฝึกได้ ทำให้อาวุธสำรองสงครามที่คงคลังไว้มีจำนวนลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งปี $p + 4$ อัตราสำรองสงครามจะเพิ่มขึ้นจากการสั่งอาวุธเข้ามาและได้รับเข้ามาในแต่ละปี และกระทั่งปี $p + 10$ อาวุธสำรองสงครามก็จะคงที่ที่จำนวน 400 นัด เนื่องจากเมื่ออาวุธสำรองสงครามอยู่ที่ 400 นัดแล้ว จะมีอาวุธที่เหลือจากการใช้ในความต้องกัณฑ์ขึ้นต้น เป็นปริมาณที่สามารถนำมาใช้ได้ในปี $p + 10$ ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องนำอาวุธในคลังสำรองสงครามมาใช้หลังจากปี $p + 10$ เป็นต้นไป ทำให้อัตราสำรองสงครามนั้นไม่ขาดแคลนอีกต่อไป

7. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยทำให้ทราบถึงจำนวนความต้องการใช้ในการฝึกและการสามารถวางแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน และสามารถรักษ้อัตราสำรองสงครามตามที่กองทัพของประเทศ ก. ได้กำหนดเอาไว้ 30 วัน เป็นจำนวน 400 นัด ซึ่งผลการวิจัยสรุปดังต่อไปนี้

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 คือเพื่อหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมและพยากรณ์ความต้องการการใช้อาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศในอนาคต สรุปได้ว่า

ในขั้นการพยากรณ์ความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ของกองทัพประเทศ ก. ในอีก 10 ปีข้างหน้า นั้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่จำลองขึ้น โดยใช้ตัวแบบการพยากรณ์ 3 แบบ คือ การพยากรณ์ค่าเฉลี่ยแบบตรงตัว การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล และการพยากรณ์แบบการวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย ผลจากการดำเนินงานวิจัยได้พบว่าตัวแบบพยากรณ์การวิเคราะห์การถดถอยแบบง่ายมีคุณสมบัติในการพยากรณ์ระยะยาว และจากการทดลองมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสมบูรณ์เฉลี่ยที่อยู่ในระดับดี จึงนำผลการพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์การวิเคราะห์การถดถอยแบบง่าย ไปใช้ในการสร้างตาราง MRP เพื่อสร้างแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM

ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 คือเพื่อประยุกต์ใช้ตารางการวางแผนความต้องการวัสดุในการวางแผนการจัดซื้อจัดหาอาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ SAM ให้เพียงพอต่อนโยบายคงคลังอาวุธยุทธโปกรณ์สำรองสงครามของประเทศ ก. ซึ่งได้ผลสรุปว่า จากค่าพยากรณ์จำนวนความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ตั้งแต่ปีปัจจุบัน p จนถึงปี $p + 10$ ทำให้ประเทศ ก. สามารถวางแผนการจัดซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ SAM ในรูปแบบของตาราง MRP ซึ่งตารางการวางแผนความต้องการวัสดุ อาวุธปล่อยนำวิถีจากพื้นสู่อากาศ SAM ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

ปีปัจจุบัน p มีความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM จำนวน 29 นัด และนำผลการพยากรณ์ความต้องการอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ในอนาคต (ดังแสดงตามตารางที่ 6) มาวางแผนการจัดซื้ออาวุธเพื่อใช้ในการฝึกและให้เพียงพอต่ออัตราสำรองสงคราม 30 วัน เป็นจำนวน 400 นัด โดยในปี p ถึง $p + 6$ ทำการสั่งซื้ออาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ปีละ 50 จะทำให้ได้อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM มาในปี $p + 4$ ถึง $p + 10$ ปีละ 50 นัด ดังนั้นจะใช้ระยะเวลา 10 ปี คือ ตั้งแต่ปี p ถึง $p + 9$ กองทัพประเทศ ก. ถึงจะมี

อาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM เพียงพอที่จะนำไปใช้ในการกิจการฝึก โดยไม่กระทบจำนวนสำรองสงครามตามกำหนด นั่นหมายถึงกองทัพดังกล่าวจะมีอาวุธเพียงพอกับอัตราสำรองสงคราม 30 วัน เป็นจำนวน 400 นัด และสามารถที่จะนำอาวุธปล่อยนำวิถีพื้นสู่อากาศ SAM ไปใช้ในการกิจการฝึกได้โดยไม่กระทบกระเทือนต่ออัตราสำรองสงครามอีกด้วย

8. ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในสถานการณ์สมมติทางทหารนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดซื้อจัดหาอาวุธยุทโธปกรณ์ของเหล่าทัพหรือกองทัพไทยเพื่อคงคลังอัตราสำรองสงครามของอาวุธยุทโธปกรณ์ที่อาจมีการปรับเปลี่ยนตามนโยบายในอนาคตที่ขึ้นอยู่กับสถานการณ์โลกหรือภูมิภาค โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการพยากรณ์ร่วมกับเทคนิคการวางแผนความต้องการวัสดุ โดยอาจเปลี่ยนตัวแปรในกระบวนการวิจัย เช่น การหาตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม หรือตัวแปรเงื่อนไขในการจัดซื้อจัดหาอาวุธยุทโธปกรณ์ประเภทอื่นๆ

ข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้งต่อไปคือ แนะนำควรต้องมีการพิจารณาสัมประสิทธิ์สหพันธ์ (Correlation coefficient) ระหว่างตัวแปรความต้องการอาวุธยุทโธปกรณ์กับตัวแปรระยะเวลา เพื่อหาระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสองว่ามีความสัมพันธ์กันมากหรือน้อยเพียงใด เพื่อนำมาช่วยใช้ในการหาตัวแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสมต่อไป

9. บรรณานุกรม

- (1) สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน). (2558). บทบาทของเทคโนโลยีในการป้องกันประเทศ 1 (Online). Available: <http://www.dti.or.th/download/file/710ff4eb.pdf>
- (2) พลตรี ยุทธนาสินธุ์ ศรีนัฐนเดชา, "ยุทธศาสตร์ทหาร & ยุทธศาสตร์ปฏิบัติการ," วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ, 2557, 1-10.
- (3) บดินทร์ สันทัด, "การประยุกต์แนวคิดการแข่งขันสะสมอาวุธของ Samuel Huntington เพื่อวิเคราะห์ความมั่นคงระหว่างประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้," วารสารสถาบันวิชาการป้องกันประเทศ, 2560, 1-18.
- (4) A. Salikha. (2018). Latest: Southeast Asian Countries' Military Expenditure (Online). Available: <https://seasia.co/2018/05/04/latest-southeast-asian-countries-military-expenditure>
- (5) สมกมล เดิมวิวัฒน์, ดร.พัค ลวางกุล, ดร.สุพมรวัฏร์ สารินุตร, ดร.มานวิภา อินทรทัต, "ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องบินรบสมรรถนะสูง กริฟเพน ยาส-39 ซี/ดี ของกองทัพอากาศไทย," วารสารคณาภิวัตน์ทางสังคมศาสตร์ (ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 2558, 2-30.
- (6) U.S. Department of Defence. (2018). Management of Army and Marine Corps Prepositioned Stocks in U.S. European Command, Report Number DODIG-2018-152. Virginia: Department of Defence (Online). Available: <https://media.defense.gov/2018/Sep/20/2002043032/-1/-1/1/DODIG-2018-152.PDF>
- (7) R. J. Lieberman. (1994). U.S. Army, Europe Pre-Positioning Requirements for War Reserve Material, Report Number 94-189. Virginia: Department of Defence (Online). Available: <https://media.defense.gov/1994/Sep/12/2001714994/-1/-1/1/94-189.pdf>
- (8) K. J. Girardini, C. E. Fan, C. Miller. (2011). What Should Be Stocked in War Reserve? A New Method for Allocating Resources. California: Rand Arroyo Center (Online). Available: https://www.rand.org/pubs/research_briefs/RB9624/index1.html
- (9) Logistics Management Institute. (1972). Identification of War Reserve Stock. Washington D.C.: Department of Defence (Online). Available: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/744712.pdf>
- (10) C. L. Sides. (2004). Overcoming the Sustainment Gap in the Marine Corps War Reserve System. Newport: Joint Military Operations Department (Online). Available: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a422730.pdf>
- (11) รุ่งนภา ศรีประโค. (2557). "การลดปริมาณการขาดแคลนสินค้าโดยใช้เทคนิคการพยากรณ์ กรณีศึกษา บริษัทไอเซิล (ประเทศไทย) จำกัด" วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2557.
- (12) กรินทร์ กาญจนานนท์, "การพยากรณ์ทางสถิติ," กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2561.
- (13) ปิยะกิจ กิจติตุลาภานนท์, "วิธีการการพยากรณ์ความต้องการปุ๋ยเคมี กรณีศึกษา สหกรณ์การเกษตรชุมตาบง จังหวัดนครสวรรค์" วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 2560, 1-89.

- (14) ลักษณะ ฤกษ์เกษม, “การพยากรณ์ความต้องการสินค้าสำหรับการวางแผนการผลิต: กรณีศึกษาการผลิตชุดเสอาด” วารสารปริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ, 2558, 3-291.
- (15) L. Beck, M.S. & Rice, T., “Presidential Popularity and Presidential Vote” Public Opinion, 1982, 4: 53.
- (16) สุพล ดุรงค์วัฒนา, “การพยากรณ์ทางธุรกิจ,” กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2537.