

การวิเคราะห์ข้อมูล อาวุธปล่อยนำวิถีแบบอากาศสู่พื้น และอาวุธอันทรรายสูงของโลก

พิระยุทธ สารตายน¹

วันที่รับ 17 กรกฎาคม 2564 วันที่แก้ไข 13 สิงหาคม 2564 วันที่ตอบรับ 14 สิงหาคม 2564

บทคัดย่อ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอการแปลงข้อมูลทางการทหารไปสู่ดิจิทัลและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เครื่องมือทางสถิติและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งความเชี่ยวชาญและการสืบค้นทางวิศวกรรมทหาร โดยใช้กรณีศึกษาเป็นอาวุธปล่อยนำวิถีแบบต่าง ๆ ของโลกและค่าใช้จ่ายทางการทหาร โดยเริ่มจากการนำหลักการทางวิชาการและทฤษฎีด้านข้อมูลและสารสนเทศ มาใช้ศึกษาธรรมชาติของข้อมูล ทำการแสดงผล และวิเคราะห์เชิงสถิติแบบต่าง ๆ อย่างเหมาะสมและน่าสนใจ โดยใช้ฐานข้อมูลจากนิตยสาร Jane's Defense ผลการศึกษาข้อมูลอาวุธปล่อยแบบอากาศสู่พื้นเทคโนโลยีสูงแสดงให้เห็นว่ามีประเทศผู้มีบทบาทเป็นผู้เล่นหลัก (Big players) ของโลกอยู่ 5 ประเทศ/กลุ่มประเทศ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา รัสเซีย จีน อิสราเอล และโครงการความร่วมมือของสหภาพยุโรป การสร้างภาพข้อมูลแสดงให้เห็นว่า อาวุธอันทรรายเหล่านี้มักถูกพัฒนาจากประเทศขนาดใหญ่หรือมีภัยคุกคามสูง เราพบว่า จีน รัสเซีย และปากีสถาน ซึ่งมีภัยคุกคามทางบกสูงเลือกที่จะพัฒนาอาวุธปล่อยทางบก (Land-based missile) จำนวนมาก ในขณะที่สหรัฐอเมริกาเลือกที่จะพัฒนาอาวุธปล่อยทางทะเลจำนวนมาก (Sea-based ballistic missile) เนื่องจากมีพื้นที่ติดกับมหาสมุทร การวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลอาวุธอันทรราย โดยใช้ปริมาตรของชีปนาวุธมาพล็อตแผนภาพการกระจาย (Scatterplot) พบว่า “ปริมาตรและน้ำหนัก” ของชีปนาวุธมีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงกว่า “ปริมาตรและพิสัย” ดังนั้น พิสัยซึ่งเป็นตัวบ่งบอกถึงอันทรรายของชีปนาวุธ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดเพียงอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับชนิดของระบบขับเคลื่อน (Propulsion) ความเร็วต้น (Initial velocity) รวมทั้งชนิดของหัวรบ (Warhead) ด้วย รวมทั้งใช้จำแนกประสิทธิภาพของอาวุธได้ จากการวิเคราะห์ผลและการจัดประเภทต่าง ๆ ของอาวุธนำวิถี นอกจากจะสามารถสรุปคุณลักษณะที่สำคัญของอาวุธนำวิถีที่มีความร้ายแรงสูงแล้ว ยังสามารถสรุปได้ว่า จรวด D1G ซึ่งพัฒนาโดยสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) น่าจะเป็นอาวุธนำวิถีที่มีความอันทรรายค่อนข้างต่ำ เนื่องจาก สทป. ถูกจัดตั้งขึ้นมาในปี พ.ศ. 2552 จากการพัฒนางานวิจัยจรวดและลดการนำเข้าและจัดหาอาวุธจากต่างประเทศ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการเปรียบเทียบและการศึกษาแนวโน้มของงบประมาณที่กลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ASEAN) ใช้จ่ายไปในทางการทหารในปัจจุบัน รวมทั้งพยากรณ์งบประมาณที่คาดว่าจะประเทศไทยจะใช้ใน ปี พ.ศ. 2564 โดยใช้หลักเส้นกราฟที่เหมาะสมที่สุดในการแทนที่กลุ่มข้อมูล (Curve fitting) ทั้งนี้พบว่าประเทศไทยมีแนวโน้มการใช้งบประมาณทางทหารที่ลดลงเรื่อย ๆ อย่างไรก็ตามเพื่อตรวจสอบข้อสันนิษฐานและผลการวิเคราะห์ดังกล่าวผู้เขียนได้เปรียบเทียบกับข้อมูลค่าใช้จ่ายทางการทหารของประเทศไทยที่ทางนิตยสาร Jane's Defense ได้เก็บไว้ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2553 และจำแนกไว้เป็นหมวดหมู่และได้ข้อสรุปที่น่าสนใจเป็นอย่างมา

คำสำคัญ : การวิเคราะห์แนวโน้ม, การพยากรณ์ข้อมูล, อาวุธปล่อยนำวิถีแบบอากาศสู่พื้น, อาวุธทำลายล้างสูง, งบประมาณทางทหารของไทย, สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ, จรวดนำวิถี D1G

¹ ผู้เขียน, E-mail: peerayudh.s@dti.or.th

Data Analysis and Digital Transformation: The Air-to-Ground Missile and Offensive Weapon Case Study

Peerayudh Saratayon ¹

Received 17 July 2021, Revised 13 August 2021, Accepted 14 August 2021

Abstract

This report is devoted to data analysis and digital transformation using the Air-to-Ground Missile and Offensive Weapon as a case study. The objective of the study is to understand nature of the data being used, after which data visualization and data analysis can be taken. The database was collected from Jane's Defense archive. From data visualization results, it can be concluded that there are 5 countries that play the main role (Big players) in producing high-technology Air-to-Ground Missile, namely, the US, China, Russia, Israel and Cooperative Project from the European Union countries. Data Visualization revealed offensive weapons were used or developed from large countries, especially those with high level of threats. China, Russia and Pakistan are all surrounded by land threats, hence produced a large number of land-based missiles, while a large number of sea-based ballistic missiles were found to be produced from the USA because of its maritime threats. The correlation of missile's threat-indicating parameters was shown in scattering plots. The plot of Volume and Weight was found to be more correlated when compared to those from Volume and Range. This implied that Range of a missile depends on many other significant design parameters, e.g. type of propulsion and warhead as well as its initial velocity. After sorting and grouping of all missiles in the world, it was found that the D1G missile from DTI can easily be classified as a "not-so-dangerous missile" for the region. As rocket and missile research and development had set the starting point of DTI in the year BE2552 and hence a gradual decline in military expenses was seen in the graph and the data prediction for year BE2564 was found using "Curve Fitting" method. In order to verify such gradual decline in military expenditure, this was compared to another graph of collection of expenditures of Thai military from Jane's Defense website. The data was collected for Thailand from BE2553 and classified into various categories. Here, very interesting conclusions were found.

Keywords : Trend Analysis, Data Prediction, Air-to-Surface Missile, Offensive Weapon, Thai Military Expenditures, DTI, D1G Missile

¹ Corresponding author e-mail: peerayudh.s@dti.or.th

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

พระราชบัญญัติเทคโนโลยีป้องกันประเทศ พ.ศ. 2562 มาตรา 22 (5) ให้สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.) มีวัตถุประสงค์ในการเป็น ศูนย์ข้อมูลความรู้ด้านเทคโนโลยีป้องกันประเทศ และอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ ให้แก่กระทรวง กลาโหม (กท.) และหน่วยงานของรัฐ เพื่อใช้ในการ กำหนดนโยบายและแผนการพัฒนาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีป้องกันประเทศ [1] ซึ่งเป็นหน้าที่ และความรับผิดชอบของกลุ่มบริการทางวิชาการและ เทคโนโลยี (Technology and Academic Service Group – TG) ครอบคลุมการวิเคราะห์เทคโนโลยีป้องกัน ประเทศและเป็นแหล่งข้อมูลด้านเทคโนโลยีป้องกัน ประเทศให้แก่ กท. การจัดทำแผนแม่บทเทคโนโลยีป้องกัน ประเทศการวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้ที่ได้ มาจากการวิจัยและพัฒนาและการปฏิบัติงานภายใน องค์การการผลิตและพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยี ป้องกันประเทศรวมทั้งการเผยแพร่ข้อมูลด้านเทคโนโลยี ป้องกันประเทศ การให้บริการทางวิชาการและเทคนิค ตลอดจนการพัฒนาและให้บริการเทคโนโลยี สารสนเทศภายในองค์กร [2]

กลุ่มบริการทางวิชาการและเทคโนโลยีแบ่ง ส่วนงานออกเป็น ฝ่ายวิเคราะห์เทคโนโลยีป้องกันประเทศ (Defence Technology Analysis Department - TTA) ฝ่ายองค์ความรู้และการเผยแพร่ (Knowledge and Publication Management Department - TKP) ฝ่ายบริการทางวิชาการและเทคนิค (Defence Technology Service Department - TTS) และ ฝ่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology Development Department - TTD) และตัวชี้วัด สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (ก.พ.ร.) ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 ของ สทป. ที่กลุ่ม

บริการทางวิชาการและเทคโนโลยีเป็นกลุ่มหลักคือ องค์ประกอบที่ 2: ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการ ดำเนินงานด้านที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการบริหารงาน/ ความคุ้มค่าในการดำเนินงานประกอบด้วย “การพัฒนา ระบบงาน (Application) สำหรับคลังข้อมูลเทคโนโลยี ป้องกันประเทศ (Defence Technology Repository) น้ำหนัก 10%” และ “ความสำเร็จในการดำเนินการเสนอ การรับรองระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001:2015 กระบวนการวิจัยและพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีป้องกัน ประเทศ การให้บริการและองค์ความรู้ทางเทคโนโลยี ป้องกันประเทศ ของ สทป. น้ำหนัก 5%” องค์ประกอบ ที่ 3: ศักยภาพขององค์การมหาชน ด้านผล การพัฒนาศักยภาพองค์การสู่การเป็นระบบ ราชการ 4.0 รายละเอียดตัวชี้วัด “การพัฒนา ระบบข้อมูลให้เป็นดิจิทัล เพื่อนำไปสู่การเปิดเผย ข้อมูลภาครัฐ (Open data) น้ำหนัก 10%”

การวิเคราะห์ข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงทาง ดิจิทัล: กรณีสึกษาอาวุธปล่อยนำวิถีแบบอากาศสู่พื้น และอาวุธอันทรงสูงของโลกจึงเป็นการทดลองตั้ง โจทย์ปัญหาจากข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงธรรมชาติของ ข้อมูลที่นำมาใช้ การแสดงภาพข้อมูล การวิเคราะห์ ข้อมูลเพื่อฝึกการรวบรวมองค์ความรู้และข้อมูลของ เทคโนโลยีป้องกันประเทศต่างและทำการสังเคราะห์ ให้เกิดประโยชน์สำหรับเผยแพร่ให้กับประชาสังคม ผู้วิจัยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลนิตยสาร Jane’s Defense¹ ซึ่งเป็นฐานข้อมูลเกี่ยวกับระบบอาวุธของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก อย่างไรก็ตามระบบอาวุธที่มีการผลิตใช้งาน มีหลากหลายและแตกต่างกันตามประเทศผู้ผลิต วัตถุประสงค์ใช้งาน การประจำการ หรือลักษณะทาง ภูมิศาสตร์ของการใช้งาน ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูล

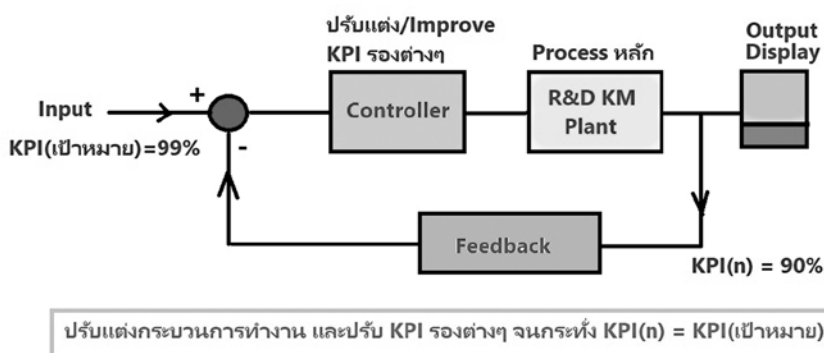
¹ <http://library.dti.or.th/index.php/2013-05-09-04-40-51/ihs-jane-s-defence> เข้าถึงเมื่อ 13 ส.ค.64

ระบบอาวุธถือเป็นศาสตร์อีกด้านหนึ่งที่มีความสำคัญ ผู้วิจัยได้คัดมาเฉพาะที่เกี่ยวข้องและลักษณะคล้ายคลึงกับระบบจรวดและอาวุธนำวิถีที่ สทป. ดำเนินการวิจัยและพัฒนาอยู่ รวมทั้งได้เลือกฐานข้อมูลอาวุธที่ถือเป็นภัยอันตรายต่อโลก มาทำการวิเคราะห์เพื่อให้เกิดความน่าสนใจและอาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

2. หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

Digital Transformation [3] คือกระบวนการในการแปลงสิ่งใด ๆ ที่มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงกายภาพ (Physical data) ให้มีรูปแบบเป็นข้อมูลดิจิทัล เช่น ในงาน GIS (Geographic Information Systems) ซึ่งแปลงพื้นที่บนพื้นโลกให้อยู่ในรูปแบบของภาพและข้อมูลดิจิทัล ส่งผลให้สามารถติดตามผลผลิตทางการเกษตร หรือนำข้อมูลมาใช้ตัดสินใจในการใช้งานพื้นที่ดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม หากเราสามารถทำการแปลงสิ่งใด ๆ ที่เดิมไม่ได้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ให้มาอยู่ในรูปแบบดิจิทัลได้ เราก็จะสามารถติดตาม ตรวจสอบ และบูรณาการให้สามารถใช้ประโยชน์ได้สูงสุด (Optimization) จากสิ่งดังกล่าวได้ ผลลัพธ์ที่ต้องการในที่นี้คือ การดำเนินการให้ได้ KPI หลัก

99% โดยการปรับแต่ง KPI รอง ให้เหมาะสม ตัวอย่างของการพัฒนาระบบงานภายในองค์กรสามารถเริ่มด้วย Digital Transformation แล้วนำแนวคิด Lean Six Sigma และ Feedback Control Loop ทางวิศวกรรมไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้เพื่อให้สามารถควบคุม KPI หลักให้เข้าสู่เป้าหมาย 99% ได้โดยเร็วที่สุด [4] โดยการปรับแต่งองค์ประกอบย่อย หรือ KPI รองต่าง ๆ ให้เหมาะสมดังตัวอย่างในรูปที่ 1 ทั้งนี้ KPI หลักอาจวัดได้จากการสำรวจความพึงพอใจและการยอมรับของ Stakeholders ด้านงานวิจัย (99% หมายถึง 99 หน่วยจาก 100 หน่วยเห็นพ้องกัน) ส่วน KPI รองจะเป็นปัจจัยที่สนับสนุนปัจจัยหลัก เช่น จำนวนโครงการที่ สทป. รับผิดชอบในแต่ละปี (x หน่วย/ปี), จำนวนโครงการที่มีผลการวิจัยประสบผลสำเร็จตีพิมพ์ (x หน่วย/ปี), การรับรู้/ความพึงพอใจของสังคมผ่านการโฆษณาประชาสัมพันธ์ (x หน่วย/ปี), DTI Resource Utilization & Sharing (x บาท/ปี), อัตราการใช้ DTI “in-kind” (x บาท/ปี), จำนวนโครงการวิจัยภายใต้ความร่วมมือ/หลักสูตรระดับ ป.โท (x งานวิจัย/ปี), จำนวน Explicit KM (x paper/ปี), และ จำนวน Tacit KM (x กิจกรรมถ่ายทอดความรู้/ปี) เป็นต้น กระบวนการต่าง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัล (Digital transformation) เริ่มตั้งแต่การแปลงข้อมูล (Data) ให้เป็นสารสนเทศ



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงแนวทางในการควบคุมในลักษณะของ Control & Optimization เพื่อให้ได้

(Information) และฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data) ซึ่งการวิเคราะห์ผล (Data Analysis) ที่ง่ายที่สุดคือการแสดงออกมาเป็นภาพข้อมูล (Data Visualization) รวมทั้งการใช้เครื่องมือทางสถิติพื้นฐาน ส่วนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การวิเคราะห์แนวโน้ม และการคาดคะเน (Trend Analysis and Prediction) อาจใช้หลักการทางสถิติที่สูงขึ้น รวมทั้งความเข้าใจในธรรมชาติของระบบ และมักจะใช้การวิเคราะห์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

2.1 ข้อมูลและสารสนเทศ (Data & Information)

การแปลงข้อมูลให้เป็นสารสนเทศ (Data to Information Transformation) เป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีความยากในการทำความเข้าใจจะต้องทำแบบอัตโนมัติด้วยการเขียน Computer Script แหล่งข้อมูลที่มีความเหมาะสมสำหรับการสกัดสารสนเทศออกมา ได้แก่ สื่อสังคมหรือ Social Media ต่าง ๆ หรืออาจเป็นข้อมูลจาก “ระบบอ่านป้ายทะเบียนรถยนต์” ซึ่งจะเป็นข้อมูลที่เป็นทางการมากกว่า ทั้งนี้เครื่องมือและกระบวนการที่หลากหลายในการสกัดเอาสารสนเทศออกมาจากข้อมูลที่เราต้องการ [5] มักใช้หลาย ๆ วิธีผสมกันเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เช่น OCR, Machine Learning, Image Extraction, keyword matching และ grouping เป็นต้น

2.2 การทำความสะอาดข้อมูล (Data Cleansing)

เป็นหัวข้อใหญ่มาก เพราะหากไม่ใช้ฐานข้อมูลที่สร้างขึ้นเองแต่มาจากบุคคลที่สามหรือแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้ส่วนใหญ่จะต้องนำมาผ่านกระบวนการทำให้ข้อมูลสะอาดขึ้น หรือกำจัดขยะ สิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง และ Outlier ต่าง ๆ ออกไป ทั้งนี้อาจรวมถึง Remark ต่าง ๆ ในฐานข้อมูล หรือพวก “n/a”, “n/k”, “-” เป็นต้น ซึ่งต้องพยายามหาข้อมูลจริงที่เป็นตัวเลขมาแทนหากไม่ได้ Record ดังกล่าวจะนำมาแสดงผลไม่ได้

และจำเป็นต้องกำจัดทิ้ง นอกจากนี้ การทำ Data Cleansing ยังรวมไปถึงการทำให้ข้อมูลพร้อมสำหรับการ Visualization ในขั้นตอนต่อไป โดยการกำจัดตัวอักษรต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็น หรือที่ถูกแทรก หรือประกอบเข้ามากับตัวเลข เช่น m, kg, km, max, min, (est) เป็นต้น การดำเนินการในขั้นตอนนี้ส่วนมากทำด้วยมือจะสะดวกกว่า หากมีข้อมูลไม่มาก แต่หากเป็น Big Data ที่มีข้อมูลมหาศาล ก็จำเป็นต้องเขียน Computer Script ในการดำเนินการดังกล่าวอย่างเป็นระบบ ปัจจุบันมีเครื่องมือในการช่วยวิเคราะห์ข้อมูลอยู่มากมาย ตั้งแต่ระดับ low level จนถึง high level แต่อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์และเรียนรู้ที่ดีที่สุดจำเป็นต้องมีมนุษย์เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจหรือตรวจสอบ (Human In the Loop) เสมอ เพราะการวิเคราะห์ที่ดี ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องเป็นผู้ที่มีความชำนาญในด้านนั้น ๆ หรืออยู่ในวงการดังกล่าว เข้าใจความหมายของทุก ๆ Field ข้อมูล และเข้าใจเพียงพอที่จะตัดประเด็นไม่สำคัญหรือกรอง (Filter) สิ่งที่ไม่คิดว่าไม่เกี่ยวข้องออกไป

2.3 การสร้างภาพข้อมูล (Data Visualization)

เป็นการแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาให้เข้าใจได้ง่าย มีข้อมูลที่จำเป็นเพียงพอ ไม่มากและไม่น้อยจนเกินไป รวมทั้งมีรูปแบบที่สวยงาม เหมาะสมกับการใช้งาน เครื่องมือในการทำ Data Visualization มีอยู่จำนวนมาก [6] เช่น Power BI, Google Studio, Excel เป็นต้น เครื่องมือส่วนใหญ่ จำเป็นต้องดึงไฟล์ฐานข้อมูลออกมาจาก Network ยกเว้นแต่เครื่องมือพื้นฐาน เช่น Excel ที่อนุญาตให้ใช้ข้อมูลที่อยู่บนเครื่อง local ที่ทำงานอยู่ ในขั้นตอนนี้มักนิยมทำการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติขั้นต้นประกอบไปด้วย เช่น การทำ Order Sorting, การหาค่า Min, Max, Average, และการ filter ข้อมูลที่ต้องการออกมา เป็นต้น

2.4 การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) การหาแนวโน้มของข้อมูลถือเป็น Data Analysis อย่างหนึ่ง [7] การหา Trend หรือแนวโน้ม จะต้องทราบตัวข้อมูลนั้น ๆ ในอดีต หรือในลักษณะของ time series ยิ่งมีจำนวนมากยิ่งจะทำให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องมากขึ้น วิธีหนึ่งที่ยิยมใช้คือ Curve Fitting ซึ่งใช้กราฟ/สมการ รูปแบบต่าง ๆ ที่คิดว่าเหมาะสมที่สุดมาแทนกลุ่มข้อมูล กราฟ/สมการ ดังกล่าวอาจเป็น Linear, Exponential, Polynomial ในลำดับต่าง ๆ หรือ Moving Average เป็นต้น เมื่อแทนที่กลุ่มข้อมูลด้วยกราฟได้ ก็จะสามารถต่อกราฟแนวโน้มเพื่อพยากรณ์ข้อมูลที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้และส่วนมากจะแทนกลุ่มข้อมูลด้วยกราฟโดยตัดแบ่งเป็นส่วนสั้น ๆ (Piecewise)

2.5 การพยากรณ์ข้อมูล (Data Prediction) การพยากรณ์สภาพและความเป็นไปของข้อมูลจำเป็นต้องรู้พฤติกรรมการกระจายตัวเชิงสถิติของข้อมูลเพื่อให้สามารถคาดการณ์ชุดข้อมูลใหม่ได้อย่างถูกต้องมากที่สุดในการศึกษาพฤติกรรมของข้อมูลหากไม่มีข้อมูลในอดีต จำเป็นต้องทำการสุ่มข้อมูลใหม่ขึ้นมา (Sampling)

โดยทำให้มีการกระจายตัว (Distribution) ตามที่ต้องการโดยใช้หลักการของ Stochastic นอกจากนี้ในกรณีที่มีความสนใจในการศึกษาพฤติกรรมของกลุ่มข้อมูลซึ่งอาจมีแนวโน้มที่จะลู่อู่เข้าสู่ค่าใดค่าหนึ่งที่สนใจ ในกรณีดังกล่าว มักนิยมใช้ Markov Chain Monte Carlo Analysis ในการศึกษา

3. ข้อมูลและการเตรียมข้อมูล เทคโนโลยีสารสนเทศนับเป็นเทคโนโลยีที่มีบทบาทสำคัญในการจัดเก็บและบริหารจัดการข้อมูลยุทธโธปกรณ์ในทางบก ทางทะเลและทางอากาศ ระบบฐานข้อมูลเทคโนโลยีป้องกันประเทศ [8] กล่าวถึงแนวทางในการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาบริหารจัดการในรูปแบบภูมิสารสนเทศและแสดงรายละเอียดข้อมูลยุทธโธปกรณ์อาวุธในระดับประเทศ ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปจัดเก็บด้วยแนวทางดังกล่าวได้เช่นเดียวกันซึ่งประกอบด้วยจำนวน 3 ไฟล์ ดังต่อไปนี้

3.1 ไฟล์ “fg_2589188_AGM.xls” เป็นฐานข้อมูลของ Air-to-Ground Missiles ต่าง ๆ ในโลก ตัวอย่างบางส่วนแสดงดังตารางด้านล่างโดยมีข้อมูลอยู่ 300 รายการ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Air_to_surface_missile_specifications														
2	S No	Missile Designation and Name	Section	Sub section	Country	L	Dia	H	W	Guidance	Control	Propulsion	Range	Altitude	Speed
3	6	AIM-7	Air-to-surface/missile	Direct/track	France	4.15 m	402 mm	580 kg	150 kg HC war	radio	RCS passive radar	solid-propellant	-	100 km	300 m/s
4	7	AS-10TT	Air-to-surface/missile	Direct/track	France	2.5 m	396 mm	100 kg	30 kg HC warhead penetrating	impact	radio (Radio command)	solid-propellant	3 km	17 km	300 m/s
5	8	AS-XL	Air-to-surface/missile	Direct/track	France	3.65 m	342 mm	620 kg	240 kg HC	impact	RCS SAR	solid-propellant	-	12 km	400 m/s
6	9	PRIR 3 LR (LR TRIGAT)	Air-to-surface/missile	Direct/track	Germany	1.8 m	190 mm	40 kg	4.5 kg HC tandem hollow charge	impact, proximity	passive IR	solid-propellant	0.5 km	7 km	290 m/s
7	10	Hellfire (Hag)	Air-to-surface/missile	Direct/track	India	1.92 m	190 mm	40 kg	8 kg HC Tandem HCAT	proximity	passive IR, radio (non wave active radar)	solid-propellant	0.5 km	7 km (full scope), 10 km (full wing)	230 m/s
8	11	Anti-ship cruise missile (ASCM) and surface ship	Air-to-surface/missile	Direct/track	International	1.7 m (max)	140 mm	32 kg	multi-purpose tandem hollow charge	-	RCS, IR, TV (Dual band)	solid-propellant	-	10 km (max)	-
9	12	Swarm (RGM-5900) and Yasser	Air-to-surface/missile	Direct/track	Iran	3.15 m	400 mm	900 kg	340 kg HC	-	-	solid-propellant	-	20 km	5,140 m
10	13	Draydon (LAVAT)	Air-to-surface/missile	Direct/track	Israel	0.875 m	100 mm	12.5 kg	70 kg (inertial) gasless-warhead	impact	semi-active laser	solid-propellant	-	0 km	280 m/s
11	14	Whip Shot	Air-to-surface/missile	Direct/track	Israel	1.20 m	102 mm	10 kg	6 kg HC blast fragmentation	impact	-	solid-propellant (boom - non-implosion)	-	0 km	-

ที่มา: ข้อมูลจรวรตนำวิถีแบบอากาศสู่พื้น (Air-to-Ground Missiles) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane’s Defense

ข้อมูลของ Air-to-Ground Missiles ประกอบด้วย Field ต่าง ๆ ดังนี้ :

“SI No” – Running Number สำหรับฐานข้อมูล, “Missile Designation and Name” – ชื่อเรียกในวงการ หรือ Code Name, “Section” – ประเภทของ missile, “Sub-section” – ประเภทย่อยของ missile, “Country” – ประเทศที่สร้างอาวุธ, “Length” – ความยาวของ missile (m), “Diameter” – เส้นผ่านศูนย์กลางของ missile (mm), “Weight” – น้ำหนักของ missile (kg), “Warhead” – ประเภทของหัวรบ, “Fuze” – ประเภทของชนวนหัว, “Guidance” – ประเภทของระบบนำวิถี, “Propulsion” – ประเภทของระบบขับเคลื่อนที่ใช้, “Range (min)” – พิสัยของอาวุธขั้นต่ำ (km), “Range (max)” – พิสัยของอาวุธสูงสุด (km), และ “Speed (m/s)” – ความเร็วสูงสุดของ missile (m/s)

ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นต้นพบว่าระบบอาวุธนำวิถีแบบอากาศสู่พื้นจำเป็นต้องติดตั้งอยู่บนอากาศยานเพื่อต่อระยะในการใช้อาวุธมีความยาวที่หลากหลายตั้งแต่ 0.975m (Israel) จนถึง 11.67m (Russia) และสามารถมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้สูงสุดถึง 1.2m ในขณะที่มีพิสัยสูงสุดถึง 5,000 km (Russia)

3.2 ไฟล์ “fg_2595639_a_Offensive Weapons.xls” เป็นฐานข้อมูลของอาวุธปล่อยที่ถือว่าเป็นอาวุธอันตรายสูงมาก (ทั้งนำวิถีและไม่นำวิถี) ตัวอย่างบางส่วนแสดงในตารางด้านล่าง โดยมีข้อมูลอยู่ 150 รายการ

ข้อมูลของอาวุธปล่อยประกอบด้วย Field ต่าง ๆ ดังนี้: “Table” – หมวดหมู่หลักของอาวุธ, “Country” – ประเทศที่สร้างอาวุธ, “Missile name and designation” – ชื่อ missile และ Code Name ของอาวุธ, “Length” – ความยาวของ missile (m), “Diameter” – เส้นผ่านศูนย์กลางของ missile (m), “Launch weight” – น้ำหนักของ missile (kg), “Payload” – โหลดที่บรรทุก, “Propulsion” – ประเภทของระบบขับเคลื่อน, “Range” – ระยะสูงสุดของอาวุธ, “Status” – สถานะของอาวุธ, และ “In-service” – มีใช้อยู่ในสภาพที่ใช้ได้ หรือมีประจำการอยู่หรือไม่

ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นต้นพบว่าอาวุธปล่อยที่อันตรายเหล่านี้ มีขนาดที่แตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับระบบที่ปล่อยอาวุธ ซึ่งอาจจะเป็นการปล่อยจากอากาศ จากพื้นดิน หรือจากทางทะเล โดยมีระยะไกลสุดอยู่ที่ 18,000 km (อาวุธปล่อยแบบ Land-based ของ Russia) นอกจากนี้ยังพบว่าข้อมูลของลูกระเบิดนิวเคลียร์ จะมีรายละเอียดทางมิติต่าง ๆ ตามปกติของลูกระเบิด เช่น ขนาดและ

6	Country	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
112	South-East Asia																				
113	Brunei	4.1%	3.9%	3.9%	3.7%	2.5%	2.3%	2.3%	2.4%	2.3%	2.9%	2.9%	2.2%	2.2%	2.3%	3.1%	3.3%	3.5%	2.9%	2.6%	3.3%
114	Cambodia	2.2%	1.8%	1.5%	1.4%	1.3%	1.1%	1.0%	0.9%	0.8%	1.3%	1.5%	1.5%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%	1.9%	2.1%	2.2%	2.3%
115	Indonesia	0.7%	0.6%	0.7%	0.9%	0.9%	0.8%	0.7%	0.7%	0.6%	0.6%	0.6%	0.7%	0.7%	0.9%	0.8%	0.9%	0.8%	0.9%	0.7%	0.7%
116	Laos	0.8%	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.4%	0.3%	0.3%	0.3%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	..	..	..	..	..	..
117	Malaysia	1.6%	2.1%	2.2%	2.6%	2.3%	2.2%	2.0%	2.1%	1.9%	2.0%	1.5%	1.6%	1.4%	1.5%	1.5%	1.5%	1.4%	1.1%	1.0%	1.0%
118	Myanmar	2.0%	1.6%	1.1%	1.7%	1.7%	1.4%	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
119	Philippines	1.6%	1.5%	1.5%	1.6%	1.4%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.3%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.1%	1.1%	1.1%	1.3%	0.9%	1.0%
120	Singapore	4.5%	4.8%	4.9%	4.9%	4.4%	4.3%	3.9%	3.6%	3.9%	3.9%	3.4%	3.2%	3.2%	3.1%	3.1%	3.1%	3.2%	3.1%	3.1%	3.2%
121	Thailand	1.5%	1.5%	1.4%	1.3%	1.2%	1.1%	1.2%	1.4%	1.6%	1.8%	1.6%	1.6%	1.4%	1.4%	1.4%	1.4%	1.6%	1.6%	1.4%	1.3%
122	Timor-Leste	xxx	xxx	..	..	..	..	0.4%	0.6%	0.8%	0.5%	1.1%	0.6%	0.3%	0.5%	0.6%	0.7%	1.2%	1.0%	0.9%	1.0%
123	Viet Nam	..	..	..	2.1%	2.0%	1.8%	1.9%	2.3%	2.2%	2.3%	2.3%	2.0%	..	..	..	..	..	..	..	..

ที่มา: ข้อมูลการใช้จ่ายด้านยุทธโประณ์ของแต่ละประเทศ (World Military Expenditures) ปี พ.ศ. 2563 www.sipri.org/databases/milex จาก Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)

ชนิดของ Payload อย่างไรก็ตาม ไม่พบข้อมูลของ ยานพาหนะที่จะทำการบรรทุกและปล่อยลูกระเบิด ดังกล่าว ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ยังคงปกปิดเป็นความลับ และไม่เปิดเผยต่อสาธารณชน

3.3 ไฟล์ “SIPRI-Milex-data-1949-2019_World Military Expenditures.xls” เป็นไฟล์ ที่ดาวน์โหลดได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายจากเว็บไซต์ของ Stockholm International Peace Research Institute (www.sipri.org/databases/milex) ซึ่ง เผยแพร่ข้อมูล รวมทั้งอนุญาตให้ดาวน์โหลดฐานข้อมูล ในรูปแบบต่าง ๆ เกี่ยวกับ Military Expenditures ของประเทศต่าง ๆ ในโลก โดยมีข้อมูลในช่วงปี ค.ศ. 1949 - 2019 อย่างไรก็ตามพบว่าความสมบูรณ์ ของข้อมูลเป็นไปตามระดับการพัฒนาประเทศ และ นโยบายในการเปิดเผยข้อมูลของแต่ละประเทศใน แต่ละช่วงเวลา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องสกัดเอา เฉพาะข้อมูลที่เราสนใจออกมาและนำมาผ่าน Data Cleansing พอสมควรก่อนการนำมาแสดงผลหรือ วิเคราะห์ผลอื่น ๆ ต่อไป นอกจากนี้พบว่าข้อมูลจาก ประเทศต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะมีความสมบูรณ์มากขึ้นใน ช่วงหลังปี ค.ศ. 2000 ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศส่วนใหญ่ ไม่มีสถานการณ์ทางการเมืองที่ขึ้นจากจำนวนข้อมูล ทั้งสิ้น 180 รายการ ทางกลุ่มงานจะนำเฉพาะข้อมูล ของกลุ่มประเทศ South East Asia 11 ประเทศมา นำเสนอ ดังแสดงในตารางด้านล่าง ทั้งนี้เป็นข้อมูล

การใช้จ่ายของแต่ละประเทศไปในการซื้อ/ผลิต อาวุธ รวมทั้งใช้ในกิจการทางทหาร ตัวเลขใน แต่ละปี แสดงอยู่ในรูป อัตราการเติบโตของ GDP ของแต่ละประเทศ ตัวอย่างบางส่วนแสดงในตาราง ด้านล่าง

4. การแสดงภาพข้อมูล (Data Visualization)

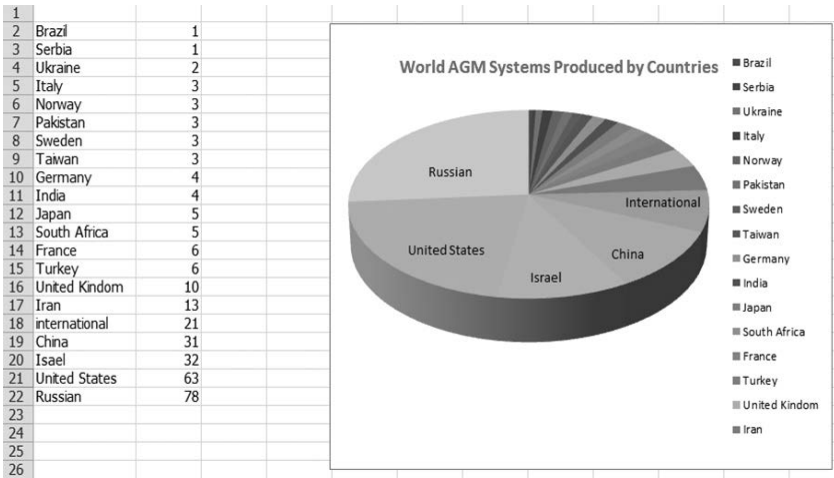
สิ่งสำคัญในการทำ Data Visualization คือ การ คิดหัวข้อ/ประเด็น ของการวิเคราะห์/การนำเสนอ เพื่อให้สามารถแสดงผลออกมาได้น่าสนใจ มีหลักการ และเป็นประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประยุกต์ ใช้ทางทหาร [9] โดยในเบื้องต้นผู้เขียนจะสกัดข้อมูล Field ต่าง ๆ ออกมาจากฐานข้อมูลใหญ่เท่าที่จำเป็น ต้องใช้ เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลได้สะดวก (Data Manipulation) หลังจากนั้นจะทำ Data Cleansing ให้ ข้อมูลอยู่ในรูปแบบเดียวกัน ที่เป็นตัวเลข (numeric) และมีความหมาย (valid) รวมทั้งตัดสิ่งต่าง ๆ ที่ไม่ เกี่ยวข้อง (outlier) ออกไป หลังจากนั้นจะใช้วิธี Sorting, Filtering, Grouping และ Counting เพื่อจัดรูปแบบ การแสดงผลให้น่าสนใจ ก่อนนำมาแสดงผลด้วย 3D Pie Chart ในการนำเสนอ “World AGMs Produced by Countries” และแสดงผลด้วย Horizontal Bar Graph ในการนำเสนอ “Max Range of AGMs by Countries” ดังรูปที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Table	Country	Missile name and designation	Length	Diameter	Launch weight	Payload	Propulsion	Range	Status	In-service
2	Land-based ballistic missiles	China	BS11	6.0 m	0.6 m	2,100 kg	480 kg (single conventional HE)	solid	150 km	operational	2004 (but may be 1999)
3	Land-based ballistic missiles	China	BS11M	6.80 m	0.6 m	2,187 kg	480 kg (single conventional HE)	solid	260 km	operational	2007
4	Land-based ballistic missiles	China	DF-3	21.2 m	2.25 m	84,000 kg	2,150 kg (single nuclear, 1-3 MT)	liquid	2,500 km	withdrawn (est)	1970
5	Land-based ballistic missiles	China	DF-3A	21.2 m	2.25 m	84,000 kg	single, conventional (HE) or nuclear	liquid	2,400-2,800 km	withdrawn (est)	1987
6	Land-based ballistic missiles	China	DF-4	28.05 m	2.25 m	82,000 kg	2,200 kg (single nuclear, 1-3 MT)	liquid	5,500 km	operational	1980
7	Land-based ballistic missiles	China	DF-5	36.0 m	3.35 m	183,000 kg	3,900 kg (single nuclear, 1-3 MT)	liquid	12,000 km	operational	1981
8	Land-based ballistic missiles	China	DF-5A	36.0 m	3.35 m	183,000 kg	3,200 kg (single nuclear 1-3 MT)	liquid	13,000 km	operational	1988
9	Land-based ballistic missiles	China	DF-5B	36.0 m	3.35 m	183,000 kg	3 MIRV nuclear, 150-350 kT	liquid	13,000 km	operational	2015
10	Land-based ballistic missiles	China	DF-11	7.5 m	0.8 m	3,800 kg	800 kg (single conventional HE)	solid	260 km	operational	1992
11	Land-based ballistic missiles	China	DF-11A	8.5 m	0.8 m	4,200 kg	500 kg (single conventional HE)	solid	350 km	operational	1999
12	Land-based ballistic missiles	China	DF-15/15A/15B	9.1 m (15)	1.0 m	6,200 kg	500 kg (single conventional HE)	solid	600-800 km	operational	1990 (15), 1996 (15A), 2006 (15B)
13	Land-based ballistic missiles	China	DF-16	n/k	1.2 m	n/k	500 kg (single conventional HE)	solid	1,000 km	operational	2011 (est)

ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense

รูปที่ 2 แสดงภาพรวมของอุตสาหกรรม AGM ในโลกแบ่งตามประเทศต่าง ๆ ทั้งนี้พบว่ามี Big Players อยู่ 5 ประเทศเท่านั้น ได้แก่ รัสเซีย สหรัฐอเมริกา อิสราเอล จีน และโครงการความร่วมมือของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป ตามลำดับ

นิวเคลียร์, หัวรบแรงระเบิดสูง (HE-High Explosive) เป็นต้น นอกจากนี้ ยังอาจเป็นแบบ Sub-munition หรือประกอบด้วยหัวรบหลายประเภทย่อยรวมอยู่ด้วยกัน ในตารางฐานข้อมูลใหญ่ ยังประกอบด้วย ข้อมูลของ ICBM หรือ Inter-continental Ballistic



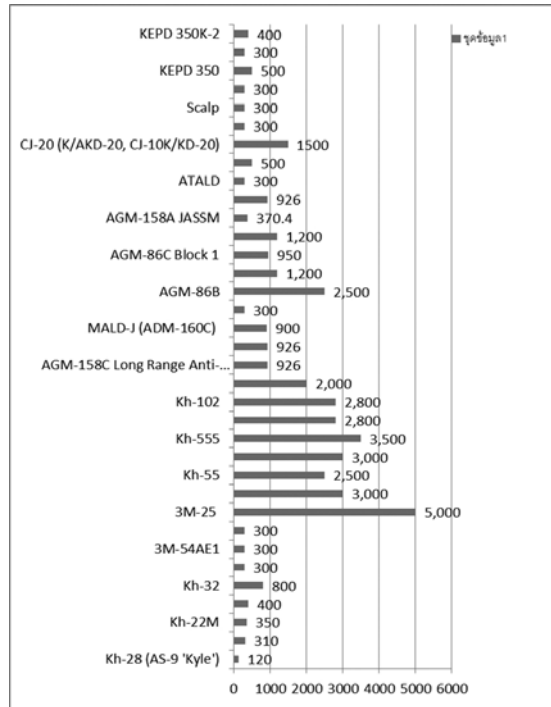
รูปที่ 2 แผนภาพข้อมูลจำนวนขีปนาวุธแบบอากาศสู่พื้นของแต่ละประเทศ (ที่มา: ข้อมูลขีปนาวุธแบบอากาศสู่พื้น (Air-to-Ground Missiles) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane’s Defense)

เราสามารถแสดงผลที่น่าสนใจเพิ่มเติม โดยทำการศึกษารายละเอียดปลีกย่อยของขีปนาวุธซึ่งมีพารามิเตอร์ Field ต่าง ๆ อยู่เป็นจำนวนมาก และน่าจะต้องใช้ Expert Judgement ประกอบในการอาวุธนำวิถี เราจะทราบว่าพิสัยสูงสุด (Max Range) ที่ไกลกว่า 300 km น่าจะเป็นสิ่งที่ถือว่าอันตรายและมีเพียงไม่กี่ประเทศที่จะมีหรือใช้อาวุธดังกล่าวซึ่งสามารถแสดงผลได้ดังรูปที่ 3 “Max Range of AGMs by Countries”

นิตยสาร Jane’s Defense ได้ทำการรวบรวมฐานข้อมูล Offensive Weapon หรือ “อาวุธปล่อย” ที่จัดว่าเป็นอาวุธที่อันตรายของโลกไว้ อาวุธเหล่านี้ถูกออกแบบมาให้สามารถติดตั้งหัวรบ (Warhead) แบบอันตรายสูง เช่น แบบสารเคมีอันตราย, หัวรบ

Missile หรือขีปนาวุธข้ามทวีปซึ่งส่วนใหญ่เป็นอาวุธที่มีพิสัยไกลกว่า 5000 km ซึ่งในจำพวก ICBM นี้เทคโนโลยีในปัจจุบันสามารถนำหัวรบของ Missile จำนวนมากมาจัดรวมอยู่ด้วยกันในลักษณะของ Cluster ซึ่งเรียกว่า Multiple Independently targetable Reentry Vehicle (MIRV) สามารถถูกโปรแกรมให้กระจายตัวลงสู่เป้าหมายต่าง ๆ กันได้อย่างแม่นยำ ในขาลงของจรวด Missile เมื่อกลับคืนสู่โลกหลังผ่านจุด Apogee ซึ่งมีระยะความสูงกว่า 2000 km

ในตารางฐานข้อมูลอาวุธปล่อยอันตรายสูงข้างต้นยังสามารถแบ่งออกอาวุธปล่อยได้เป็น 3 ประเภทตามลักษณะของการปล่อยอาวุธ ได้แก่ 1) Land-based Ballistic Missile ปล่อยจากพื้นไปสู่พื้นดังแสดงในรูป

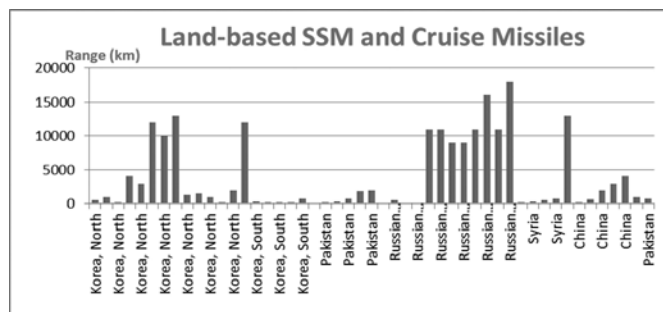


รูปที่ 3 แผนภาพแสดงกราฟแท่ง Max Range of AGMs by Countries (ที่มา: ข้อมูลจรวตนาวีถีแบบอากาศสู่พื้น (Air-to-Ground Missiles) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)

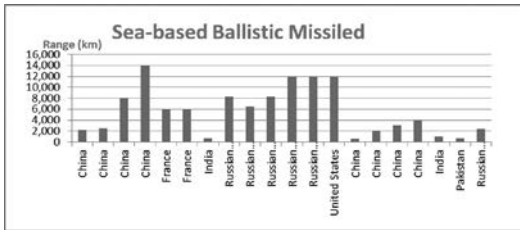
ที่ 4 2) Sea-based Cruise Missile (SSM) ปล่อยจากพื้นผิวทะเล หรือเรือดำน้ำไปสู่พื้นดังแสดงในรูปที่ 5 และ 3) Air-launched Cruise Missile (ASM) ปล่อยจากอากาศไปสู่พื้นดังแสดงในรูปที่ 6 รวมทั้งยังแบ่งออกได้เป็น อาวุธอันตรายสูงที่เป็นจรวด Missile ซึ่งมีระบบขับเคลื่อนเป็นของตนเอง และในส่วนที่เป็นระเบิดนิวเคลียร์ (Nuclear Bomb) ซึ่งไม่มีระบบ

ขับเคลื่อนของตนเองและขึ้นอยู่กับกาตั้งระเบิดของอากาศยานที่บรรทุกระเบิดไปเท่านั้น

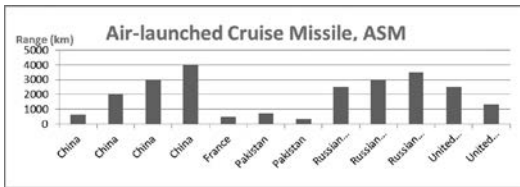
ภายหลังการ Cleansing, Grouping, Sorting และ Filtering ที่เหมาะสม เราสามารถแสดงกราฟของระบบอาวุธดังกล่าวได้เป็น 3 ประเภทหลักที่กล่าวมา ในรูปที่ 4 - 6 ตามลำดับ



รูปที่ 4 แผนภาพแสดงกราฟของระบบอาวุธปล่อยจากพื้นสู่พื้น (ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)



รูปที่ 5 แผนภาพแสดงกราฟของระบบอาวุธปล่อยจากพื้นผิวทะเลหรือเรือดำน้ำสู่พื้น (ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงกราฟของระบบอาวุธปล่อยจากอากาศสู่พื้น (ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)

สิ่งที่สามารถสรุปได้จากกราฟทั้ง 3 พบว่า นอกจากอาวุธอันตรายเหล่านี้จะมีใช้หรือพัฒนาจากประเทศขนาดใหญ่และมีภัยคุกคามทางบกสูง เช่น สหรัฐอเมริกา รัสเซีย จีน ปากีสถาน ฝรั่งเศส และเกาหลีเหนือ ยังพบสิ่งที่น่าสนใจว่าไม่มี Land-based Cruise Missile ระดับความอันตรายสูงจากสหรัฐอเมริกา เลย แต่พบว่ามีอาวุธจากจีน รัสเซีย และปากีสถาน อยู่เป็นจำนวนมาก ในขณะที่สหรัฐอเมริกา มีการพัฒนา Sea-based Ballistic Missile จำนวนมากซึ่งรวมไปถึงระบบอาวุธแบบ Submarine-launch และพบว่าทุก ๆ ประเทศมหาอำนาจมีส่วนในการพัฒนาระบบอาวุธแบบ Air-launched Cruise Missile มากพอ ๆ กัน จุดนี้สะท้อนให้เห็นถึงภัยคุกคาม (Threats) ที่อยู่รอบ ๆ ประเทศแต่ละประเทศ ซึ่งไม่เหมือนกัน ประเทศที่มีภัยคุกคามทางบกจากประเทศต่าง ๆ ที่มีชายแดนติดกันมักจะพัฒนา Land-based Cruise Missile แต่ประเทศที่อยู่ติดทะเลมักจะพัฒนา Sea-based Cruise Missile

5. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูล Offensive Weapons อาจะมีคำถามว่า ความอันตรายของอาวุธเหล่านี้พิจารณาจากอะไร ในการวิเคราะห์เราจะ Filter เฉพาะอาวุธที่มีพิสัยมากกว่า 1000 km เพื่อมุ่งไปที่อาวุธปล่อยที่มีระยะที่ค่อนข้างไกล เพื่อให้ได้ Player ที่พัฒนาอาวุธที่มีนัยสำคัญจริง ๆ ในที่นี้คำถามที่ชัดเจนมากขึ้นคือ ขนาดของอาวุธปล่อยแปรผันตามพิสัยของอาวุธปล่อยซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ความอันตรายของอาวุธใช่หรือไม่

5.1 ความเป็นอันตรายของอาวุธในโลกประเภทจรวดและขีปนาวุธ

จากพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในตารางฐานข้อมูล ซึ่งมี Field “Length (m)”, “Diameter (m)”, “Weight (kg)” และ “Range (km)” เราจะทำ Data Fusion ของ 2 Field ข้อมูล เพื่อให้เกิด Field ข้อมูลใหม่คือ

$$\text{ปริมาตรของจรวด (Volume)} = \pi R^2 h$$

แสดงใน คอลัมน์สีแดง ในตาราง

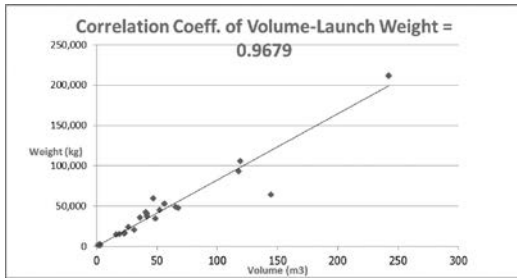
เมื่อ R = รัศมีของจรวด และ h = ความยาวของจรวด แล้วใช้ Scattering Plot แสดงสหสัมพันธ์ (Correlation)

ของ Volume และ Weight ----- 1

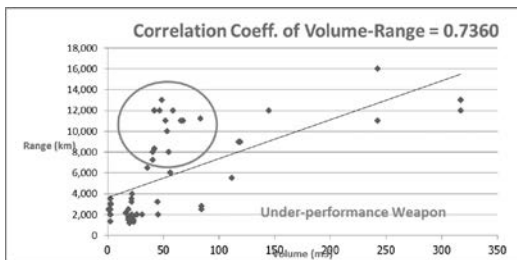
Volume และ Range ----- 2

Country	Weapon name and range	Length (m)	Diameter (m)	Weight (kg)	Range (km)	Volume (m³)
China	DF-21	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-26	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-31	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-41	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-51	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-52	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-53	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-54	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-55	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-56	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-57	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-58	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-59	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-60	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-61	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-62	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-63	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-64	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-65	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-66	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-67	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-68	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-69	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-70	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-71	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-72	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-73	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-74	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-75	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-76	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-77	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-78	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-79	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-80	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-81	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-82	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-83	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-84	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-85	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-86	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-87	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-88	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-89	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-90	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-91	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-92	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-93	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-94	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-95	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-96	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-97	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-98	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-99	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500
China	DF-100	21.0	2.5	11,000	1,500	1,500

ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 นิตยสาร Jane's Defense



รูปที่ 7 กราฟแสดง Correlation Coefficient ระหว่าง Volume และ Launch Weight ของอาวุธ (ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)



รูปที่ 8 กราฟแสดง Correlation Coefficient ระหว่าง Volume และ Range ของอาวุธ (ที่มา: ข้อมูลของอาวุธปล่อยอันตรายสูง (Offensive Weapons) ของโลก ปี 2562 จากนิตยสาร Jane's Defense)

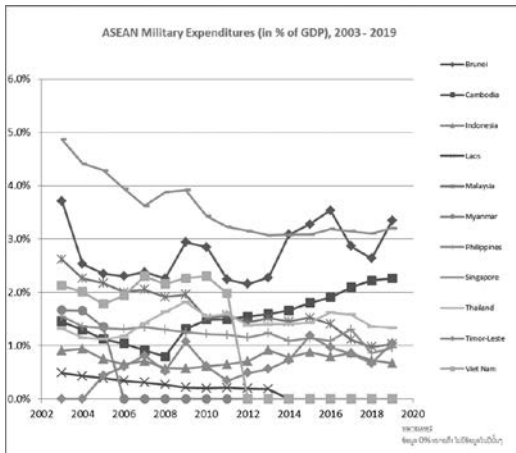
กราฟในรูปที่ 7 - 8 ด้านบน แสดงค่า Correlation Coefficient ที่สอดคล้องกันสูงมาก สำหรับปริมาตร (Volume) และ น้ำหนัก (Weight) ในขณะที่พบความสอดคล้องกันที่ต่ำ สำหรับน้ำหนัก (Volume) และพิสัย (Range) แต่จาก Expert Judgement เราทราบว่า ค่าความอันตรายของอาวุธนำวิถีข้ามทวีปเหล่านี้ สามารถพิจารณาได้จากพิสัย (Range) ความเร็วต้น (Initial Velocity) และประเภทของหัวรบ (Warhead) ที่บรรจุไปซึ่งมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งสามารถเลือกผสมหัวรบหลายประเภทเข้าด้วยกันได้ด้วย ความต่างของค่าสหสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่า ในขณะที่เราทราบว่า ปริมาตรของอาวุธปล่อยนำวิถีจะต้องแปรผันตรงกับน้ำหนักอย่างแน่นอน ปริมาตรของอาวุธกลับมีค่าสหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่ากับพิสัย

แสดงให้เห็นว่าพิสัยของอาวุธปล่อยนำวิถีไม่ได้แปรผันตรง หรือขึ้นอยู่กับปริมาตรของมันเท่าใดนัก หากแต่ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย อาทิ ประเภทของระบบขับเคลื่อนและประเภทของหัวรบที่ใช้ เป็นต้น

นอกจากนี้ ในรูปที่ 8 การหาสหสัมพันธ์ทำให้เราสามารถจำแนกอาวุธในเบื้องต้นได้เป็นกลุ่มอาวุธประสิทธิภาพสูงและกลุ่มอาวุธประสิทธิภาพต่ำซึ่งแสดงในวงกลมสีเขียว ทั้งนี้ในกลุ่มประสิทธิภาพสูงส่วนใหญ่ จะมี Volume ต่ำ แต่ Range สูง ส่วนมากผลิตจาก Russia และสังเกตได้ว่าใช้ระบบเชื้อเพลิงเป็น Solid Propellant หรือ Liquid Propellant

5.2 การวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) ด้วยเส้นกราฟที่ดีที่สุด (Best Fit) ของค่าใช้จ่ายทางทหาร (Military Expenditures) ของประเทศต่าง ๆ

เมื่อทราบถึงอาวุธปล่อยนำวิถีแบบต่าง ๆ ในโลก ทั้งแบบธรรมดาและแบบที่มีอันตรายสูงแล้วและทราบถึง Big Players ในวงการแล้ว เมื่อมองย้อนกลับมาที่ประเทศไทย สิ่งที่น่าสนใจคือ สทป. ก็สามารถพัฒนาอาวุธปล่อยดังกล่าวได้เช่นกัน (ปัจจุบันสามารถทำได้ระยะไกลสุด 180 km) ดังนั้นจึงเป็นที่น่าติดตามว่าเมื่อประเทศไทยตัดสินใจพัฒนาวิจัยระบบอาวุธทางการทหารด้วยตนเองแล้วงบประมาณที่ประเทศไทยใช้จ่ายไปในทางการทหารในปัจจุบันมีมูลค่าเท่าใดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศ ASEAN เพื่อนบ้านแล้วเป็นอย่างไรงบประมาณที่ใช้อยู่น่าจะลดน้อยลงเรื่อย ๆ หรือไม่ และน่าจะมีค่าเท่าใดในอนาคตทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำข้อมูล World Military Expenditures มาพล็อตเพื่อเปรียบเทียบกัน ในรูปที่ 9 และทำการหาแนวโน้มภายหลังจากที่ทำความสะอาดข้อมูลแล้วระดับหนึ่งดังแสดงในรูปที่ 10 - 11 ตามลำดับ

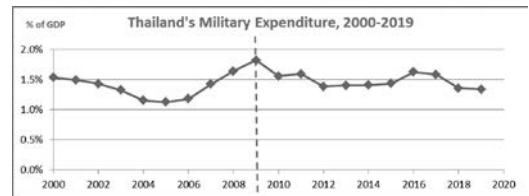


รูปที่ 9 แสดงการใช้จ่ายทางการทหารของกลุ่มประเทศ ASEAN ในช่วงปี ค.ศ. 2000 - 2019 (ที่มา: World Military Expenditures ปี 2563 www.sipri.org/databases/milex ของ SIPRI)

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ประเทศสิงคโปร์ และบรูไน ต่างลงทุนไปกับกิจการทางทหารในมูลค่าที่สูงมาก (3-5% ของ GDP เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย ที่ 1-2% ของ GDP) สิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษคือ ในประเทศทั้งหมด มีเพียงสิงคโปร์ประเทศเดียวที่ค่อนข้างโดดเด่นในปัจจุบันที่สามารถสร้างอุตสาหกรรมทางทหารในคุณภาพที่เป็นที่ยอมรับในระดับโลกเป็นจำนวนมาก ภายใต้ Brand – “STK” หรือ “ST-Engineering”

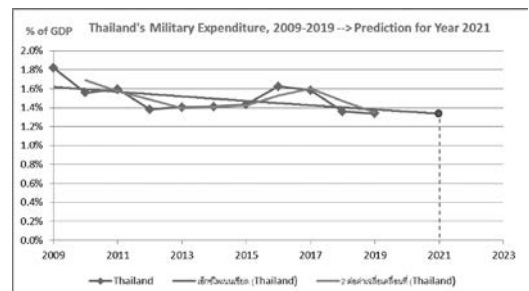
ประเทศไทยเริ่มกิจการพัฒนาวิจัยภายหลังสิงคโปร์พอสมควรและด้วยงบประมาณในการลงทุนที่ต่ำกว่ามากและอยู่ในช่วง 1 - 2% ของ GDP ของประเทศ อย่างไรก็ตามหากสังเกตกราฟของประเทศไทยในรูปที่ 9 จะพบว่าเราใช้งบประมาณทางทหารในระดับที่พอประมาณและมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ และหากสนใจว่าเรามีแนวโน้มว่าจะใช้งบประมาณในกิจการทางทหารเป็นมูลค่าเท่าใดในอนาคต เช่น ในอีก 2 ปีถัดไป (เป็นปี 2021) เราสามารถหาเส้นกราฟที่เหมาะสมที่สุด (Best fit) ที่เหมาะสมที่สุดให้กับชุดข้อมูลของประเทศไทยได้ ดังแสดงในรูปที่ 10-11 ตามลำดับ โดยใน MS Excel มี

ให้เลือกหลายแบบ (ดังแสดงด้านล่าง) ทั้งแบบเส้นตรงและเส้นโค้ง ทั้งนี้การเลือกใช้รูปแบบใดจะขึ้นอยู่กับความรู้เกี่ยวกับ Curve Fitting และความเข้าใจในธรรมชาติของชุดข้อมูลนั้น ๆ



รูปที่ 10 แสดงกราฟการใช้จ่ายทางการทหารของไทย แยกออกมาจากประเทศอื่น ๆ สังเกตว่ามีการเริ่มลดงบประมาณในการซื้ออาวุธอย่างมีนัยสำคัญ (ที่มา: World Military Expenditures ปี 2563 www.sipri.org/databases/milex ของ SIPRI)

จากกราฟ ในรูปที่ 10 พบความไม่ต่อเนื่องในช่วงปี 2009 ดังนั้นอาจจะเหมาะสมกว่าหากเราพิจารณาเฉพาะช่วงปี ค.ศ. 2009-2019 ดังแสดงในรูปที่ 11 ทั้งนี้ มีความเป็นไปได้ที่รัฐบาลจะเริ่มลดงบประมาณในการซื้ออาวุธลงอย่างมีนัยสำคัญและเริ่มพัฒนาวิจัยอาวุธขึ้นแทนการนำเข้า (บางส่วน) หลังจากปี พ.ศ.2552 (หรือ ค.ศ. 2009 ในกราฟ) ซึ่งเป็นปีที่จัดตั้งสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (สทป.)



รูปที่ 11 แสดงกราฟที่ดีที่สุด (Best fit) เส้นที่เชื่อมกับเส้นประที่เหมาะสมกับข้อมูลของประเทศไทย (ที่มา: World Military Expenditures ปี 2563 www.sipri.org/databases/milex ของ SIPRI)

ผู้เขียนเลือกใช้ Prediction แบบ Exponential Fitting ซึ่งออกมาคล้ายคลึงกับการใช้ Linear Line Fitting เนื่องจากเชื่อว่า กราฟน่าจะเริ่มอ้อมตัวและไม่น่าจะลดลงมากไปกว่านี้เท่าใดนักในอนาคต ทั้งนี้ ค่าของ Expenditure ที่พยากรณ์สำหรับปี ค.ศ. 2021 อยู่ที่ 1.35 % ของ GDP ซึ่งผู้วิจัยเชื่อว่า น่าจะเป็นตัวเลขที่มีความเป็นไปได้สูง หากไม่เกิด Covid-19 Pandemic ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม เพื่อเป็นการเปรียบเทียบกับวิธีอื่นในการหาเส้นแนวโน้มเราได้ลองใช้วิธี ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ หรือ Moving Average เส้นสีเขียวมาประกอบด้วยจะพบสิ่งที่น่าสนใจคือ วิธี Moving Average จะทำให้ข้อมูลมีการแกว่งตัวน้อยลงแต่น่าจะเหมาะสมกับกรณีของการเฉลี่ยค่าที่วัดจากกลุ่มประชากรจำนวนมาก เช่น การทดลองทางวิทยาศาสตร์ ที่มีการวัดที่ Sampling Rate สูง ๆ และมี ΔT ที่สั้น ๆ และไม่เหมาะกับการทำนายแนวโน้มในระยะเวลา 2 ปี ในกรณีนี้

6. สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลในกรณีศึกษาอาวุธปล่อยนำวิถีแบบอากาศสู่พื้นและอาวุธอันตรายนสูงของโลกและการลงทุนทางการทหารของไทย

การวิเคราะห์ข้อมูลและการเปลี่ยนแปลงทางดิจิทัลโดยใช้กรณีศึกษาเป็นอาวุธปล่อยนำวิถีแบบอากาศสู่พื้นและอาวุธอันตรายนสูงของโลก เป็นการทดลองตั้งโจทย์ปัญหาจากข้อมูลเพื่อให้ทราบถึงธรรมชาติของข้อมูลที่น่ามาใช้ในการแสดงภาพข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อฝึกการรวบรวมองค์ความรู้ และข้อมูลของเทคโนโลยีป้องกันประเทศต่างและทำการสังเคราะห์ให้เกิดประโยชน์สำหรับเผยแพร่ให้กับประชาสังคมเพื่อนำไปสู่การพัฒนาหลักคิดและแนวทางในการปฏิบัติงานภายในกลุ่มบริการทางวิชาการและเทคโนโลยีให้ประสบผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัด ก.พ.ร. ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

ของ สทป. ที่กลุ่มบริการทางวิชาการและเทคโนโลยีรับผิดชอบ

งานวิจัยฉบับนี้ได้นำหลักการทางวิชาการและทฤษฎีด้านข้อมูลและสารสนเทศการวิเคราะห์ข้อมูลการสร้างภาพข้อมูลการวิเคราะห์แนวโน้มและการคาดคะเนข้อมูลมาดำเนินการกับฐานข้อมูลที่รวบรวมมาจากฐานข้อมูล Jane's Defense ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับระบบอาวุธของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก ประกอบด้วย ข้อมูลของอาวุธปล่อยแบบอากาศสู่พื้น (Air-to-ground missiles) ทั้งแบบนำวิถีและไม่นำวิถี และข้อมูลการใช้จ่ายของแต่ละประเทศทั่วโลกในการซื้อ/ผลิต อาวุธ รวมทั้งใช้ในกิจการทางทหาร

ผลแสดงภาพข้อมูลได้ข้อสรุปว่ามีประเทศผู้มีบทบาทเป็นผู้เล่นหลัก (Big players) ของโลกสำหรับอาวุธปล่อยนำวิถีซึ่งส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีสูงอยู่ 5 ประเทศ ได้แก่ รัสเซีย สหรัฐอเมริกา อิสราเอล จีน และโครงการความร่วมมือของกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปตามลำดับ รูปแสดงการจัดกลุ่มข้อมูลอาวุธปล่อยแสดงให้เห็นถึงภัยคุกคาม (Threats) ที่อยู่รอบ ๆ ประเทศแต่ละประเทศ ซึ่งไม่เหมือนกันทั้งทางบกและทางทะเลซึ่งส่งผลถึงแนวโน้มในการที่แต่ละประเทศจะเลือกพัฒนาประเภทของอาวุธปล่อยของตน (Land-based หรือ Sea-based cruise missile)

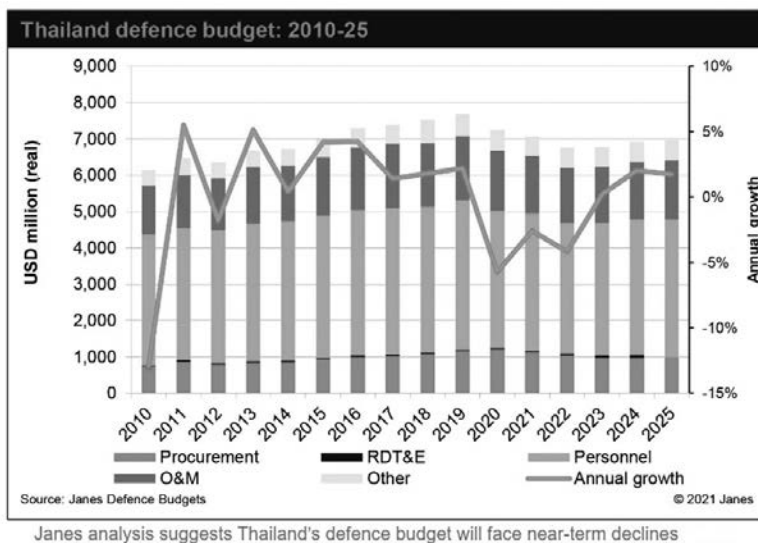
การวิเคราะห์ข้อมูลจากฐานข้อมูลอาวุธที่มีความอันตรายนสูง (Offensive weapons) ทำให้เราทราบว่า สทป. ซึ่งพัฒนางานวิจัยจรวดนำวิถีแบบ D1G อยู่ไม่น่าจะถูกจัดเป็นภัยคุกคามหรือมีความอันตรายนสูงเนื่องจากมีพิสัยเพียง 180 km ในขณะที่อาวุธนำวิถีที่จัดว่ามีความร้ายแรงในฐานข้อมูล มีพิสัยสูงสุดถึง 18,000 km และเมื่อหาสหสัมพันธ์ (Correlation)

ของพิสัยและปริมาตร เปรียบเทียบกับสหสัมพันธ์ของ น้ำหนักและปริมาตรของซีปนาวุธและแสดงผลโดยใช้ Scattering Plot พบสิ่งที่น่าสนใจคือ 1) ปริมาตรของ ซีปนาวุธมีสหสัมพันธ์กับน้ำหนักมากกว่าพิสัยทำการ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระยะใกล้ - ไกลของซีปนาวุธไม่ได้ แปรผันขึ้นตรงกับปริมาตรเสียทีเดียวและเราพบว่า พิสัยของซีปนาวุธซึ่งเป็นพารามิเตอร์สำคัญในการ ระบุความอันตรายของมันยังขึ้นกับชนิดของหัวรบ ความเร็วต้นและเทคโนโลยีของระบบขับเคลื่อนด้วย นอกจากนี้ การหาสหสัมพันธ์ยังทำให้เราเห็นการ จำแนกระบบอาวุธประสิทธิภาพต่ำ (ปากีสถาน เกาหลี ตุรกี เป็นต้น) แยกออกมาจากอาวุธประสิทธิภาพสูง (กลุ่มประเทศยุโรป รัสเซีย และสหรัฐอเมริกา เป็นต้น)

ท้ายสุดจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายทางการ ทหารของกลุ่มประเทศ ASEAN ในปัจจุบัน พบว่า สิงคโปร์และบรูไน มีการใช้จ่ายด้านนี้ สูงเกือบ 5% ของ GDP ในขณะที่ประเทศอื่น ๆ รวมทั้งประเทศไทย

มีค่าใช้จ่ายอยู่ประมาณ 1 - 2% เท่านั้น จากกราฟ ประเทศไทยมีการลดปริมาณการซื้ออาวุธอย่างมี นัยสำคัญ ในปี 2552 ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีการจัดตั้ง สหป. อย่างเป็นทางการและกราฟของการใช้จ่าย มีการลดลงทีละน้อยอย่างต่อเนื่องและมีนัยสำคัญ ซึ่งเราสามารถใส่สมการ Exponential (หรือในหลาย ๆ กรณีอาจใช้ Moving average) ในการทำ Curve Fitting และแสดงการพยากรณ์การใช้จ่ายทางการทหารใน ปี 2021 ออกมาได้ที่ 1.35% ของ GDP (ข้อมูลก่อนเกิด Covid-19 Pandemic)

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในองค์ประกอบหลักของ ค่าใช้จ่ายทางการทหารของประเทศไทยทางเว็บไซต์ ของนิตยสาร Jane's Defense ได้รวบรวมข้อมูล ตั้งแต่ปี ค.ศ.2010 มาแสดง รวมทั้งทำการพยากรณ์ ข้อมูลจนถึงปี ค.ศ. 2025 และได้แบ่งประเภทข้อมูล ค่าใช้จ่ายทางการทหารทั้งหมดออกเป็นหมวดหมู่ หลัก ๆ ไว้อย่างน่าสนใจ ดังรูปที่ 12 ด้านล่าง



รูปที่ 12 แสดงกราฟแท่งค่าใช้จ่ายทางการทหารของประเทศไทย จากเว็บไซต์ทางการของนิตยสาร Jane's Defense ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2010 พยากรณ์จนถึงปี 2025 (ที่มา: www.janes.com/defence-news/news-detail/thailand-cuts-defence-budget-again_17744)

สิ่งที่สามารถสรุปได้จากแนวโน้มของกราฟในรูปที่ 12 ได้แก่ 1) ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อจัดจ้าง (Procurement) ที่ค่อนข้างคงที่ และมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ 2) ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายในส่วนของเงินเดือนบุคลากร (Personnel) ทางทหารที่สูงมาก 3) ประเทศไทยมีค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการปฏิบัติงานและการปรนนิบัติบำรุง (O&M) ที่สูงมากมาโดยตลอด และสูงกว่าค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อจัดจ้างอยู่พอสมควร 4) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยจัดงบประมาณสำหรับการพัฒนาวิจัยและการทดสอบ (Research, Development, Test and Evaluation – RDT&E) ในปริมาณที่น้อยมากมาโดยตลอด

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ราชกิจจานุเบกษา. 2562. พระราชบัญญัติเทคโนโลยีป้องกันประเทศ พ.ศ.2562. เล่ม 136 ตอนที่ 6 ก. หน้า 17 – 38.
- [2] ปรีชา ประดับมุข. 2563. ประกาศสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ ที่ 18/2563. เรื่อง การแบ่งส่วนงาน กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบ และกำหนดอำนาจการบังคับบัญชา. จำนวน 27 หน้า.
- [3] วศิน ศิวสฤทธ์. 2564. Data Analysis and Digital Transformation” – เอกสารประกอบการอบรม, หลักสูตร Smart Executive Development Beyond. สถาบันเสริมศึกษาและทรัพยากรมนุษย์. มธ
- [4] พิระยุทธ สารตายน. 2563. แนวทางการสร้างสทป. ให้เป็นศูนย์ความเป็นเลิศทางเทคโนโลยีป้องกันประเทศ - Guidelines for Defence Technology Excellence Center Development. เอกสารนำเสนอ Process Innovation Project หลักสูตร Smart Supervisor-2. สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ.
- [5] Scott Tilley. 2019. Systems Analysis and Design. 12th Edition. Cengage Learning. San Francisco, CA. 576 p.
- [6] Juso Jonatan & Hilden Koponen. 2019. Data Visualization Handbook. Aalto-yliopisto, Aalto University. Finland. 352 p.
- [7] Paul Kinley. 2016. Data Analytics for Beginners: Basic Guide to Master Data Analytics. CreateSpace Independent Publishing Platform. Amazon. 86 p.
- [8] สาคร เมฆรักษาวนิช. 2563. ระบบฐานข้อมูลเทคโนโลยีป้องกันประเทศ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีป้องกันประเทศ. ปีที่ 2 ฉบับที่ 5 พฤษภาคม – สิงหาคม 2563. หน้า 4 – 15.
- [9] Valérie Lavigne & Denis Gouin. 2011. Applicability of Visual Analytics to Defence and Security Operations. 16th Research and Technology Symposium International Command and Control “Collective C2 in Multinational Civil-Military Operations” (ICCRTS 2011), Quebec Canada, June 21-23.