

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่สนามทางยุทธวิธี

Controlling System of Tactical Firing for Field Artillery

กริช อินทรทิพย์ **

สุรสิทธิ์ วรรณไกรโรจน์ *

บทความนี้จะกล่าวถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่สนามทางยุทธวิธี โดยให้คอมพิวเตอร์คำนวณหาหลักฐานยิงที่จะใช้ในการยิงของปืนใหญ่สนาม ในสนามรบที่มีการยิงในการบังคับวิถีการรบที่มีอยู่หลายกระบอก หลายที่ตั้งและหลายประเภทของปืนใหญ่สนามได้ในเวลาเดียวกันโดยวิธีประมาณค่า

The article will describe about controlling system of tactical firing for field artillery. This system controls the path of battle mission that the field artillery have many gun, many position and many type of field artillery in a once time by approximation method.

1. บทนำ

ในการรบ ปืนใหญ่ได้เข้ามามีบทบาทในการกำหนดการแพ้ชนะภาคพื้นดินอย่างมาก[6],[7] ปืนใหญ่นั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ปืนใหญ่ต่อสู้อากาศยาน ซึ่งยิงกระสุนจากพื้นดินสู่อากาศ และปืนใหญ่สนาม ซึ่งยิงกระสุนจากพื้นดินสู่พื้นดิน แต่ในประเทศไทยยังไม่ได้มีการใช้ปืนใหญ่สนามในการบังคับวิถีการรบอย่างสมบูรณ์กล่าวคือ ใช้ยานการยิงของปืนใหญ่สนามไปบังคับให้สถานการณ์การรบเป็นไปตามที่เราต้องการ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่ายังขาดระบบอำนวยความสะดวกที่มีความสามารถในการอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่ได้พร้อมกันหลาย ๆ กระบอก และสามารถพิจารณาประเภทและจำนวนของกระสุนที่จะใช้ในการยิงไปยังเป้าหมายได้อย่างเหมาะสม[8] หรือที่เรียกว่า การควบคุมการยิงปืนใหญ่สนามทางยุทธวิธี ข้อจำกัดประการหนึ่งคือ ปริมาณข้อมูลที่มีมาก เช่น ชนิดปืนใหญ่ ระยะ มุมที่ทำการยิง ค่าความคลาดเคลื่อน ฯลฯ เพื่อใช้อำนวยความสะดวกนั้นเป็นอุปสรรคอัน

สำคัญ หากเรานำข้อมูลตัวเลขที่มีความสัมพันธ์กันมาทำให้เป็นรูปสมการก็จะทำให้ข้อมูลที่มีปริมาณมากไม่เป็นอุปสรรคอีกต่อไป แต่เราก็ต้องสูญเสียซึ่งความถูกต้องไปบ้างและต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ การรบในปัจจุบันถึงแม้จะมีโอกาสที่เกิดขึ้นได้ยากแล้ว แต่การเตรียมความพร้อมตลอดจนการพัฒนา ระบบอาวุธและระบบควบคุมให้มีความสามารถเพิ่มขึ้น จะทำให้ประเทศของเราไม่ตกอยู่ในภาวะความเสี่ยงต่อสงครามที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต

2. แนวความคิด

การอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่แบบเก่าจะต้องมีเครื่องมือทางด้านกราฟฟิก เช่น กระดาษตาราง ไม้บรรทัดวงวัดระยะ เข็มหมุน คินสอ สมุดตารางอิงแผ่นตารางทับเป้าหมาย เครื่องคิดเลข ฯลฯ ซึ่งนอกจากจะทำให้เสียเวลาในการให้ได้มาซึ่งหลักฐานยิงแล้วยังมีปัญหาในการอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่หลายที่ตั้ง หลายประเภทอาวุธในเวลาเดียวกันและยังมีความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการทำงานของมนุษย์ และโดยภายใต้สภาวะแวดล้อมการรบที่มีการกดดันทั้งทางร่างกายและจิตใจ เราแทบจะไม่สามารถเฝ้าระวังใน

* อาจารย์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

** นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สจล.

การทำงานของบุคคลที่ทำงานนี้ จะนับเวลาทำงานจริงจึงต้องตั้งชุดทำงานนี้มากกว่า 1 ชุดทำงาน เพื่อนำข้อมูลมาตรวจสอบความถูกต้องซึ่งกันและกันและยังถ้าเป็นการอำนวยความสะดวกยิ่งเป็นใหญ่สนามทางยุทธวิธีด้วยแล้วยังต้องมีชุดทำงานมากขึ้นเป็นทวีคูณและมีความยุ่งยากมากขึ้น อีกทั้งต้องให้ชุดทำงานทั้งหมดทำงานประสานกันเป็นอย่างดี ด้วยความยุ่งยากดังกล่าวจึงไม่มีการอำนวยความสะดวกยิ่งเป็นใหญ่สนามทางยุทธวิธีในปัจจุบัน จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะนำคอมพิวเตอร์มาทำงานแทนมนุษย์ เพราะคอมพิวเตอร์มีความสามารถคำนวณได้อย่างรวดเร็วและมีความถูกต้องสูง แต่เพื่อให้การแปลงงานมาสู่คอมพิวเตอร์เป็นไปได้จึงต้องลดปริมาณข้อมูลซึ่งมีจำนวนมากในสมุดตารางยิงของปืนใหญ่แต่ละประเภท ให้เป็นสมการและจัดเก็บลงฐานข้อมูล ทำให้ปริมาณข้อมูลลดลงมากกว่า 10 เท่าจากปริมาณข้อมูลที่มีอยู่เดิม โดยทำการออกแบบระบบใหม่ให้มีการทำงานเป็น 3 ส่วนให้ทำงานสัมพันธ์กันคือ ส่วนการคำนวณ ส่วนติดต่อกับผู้ใช้ และส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบ โดยใช้คอมพิวเตอร์ 2 เครื่องต่อสำหรับหน่วยยิงทั้งหมดที่มีอยู่ในการรบทั้งสมรภูมิ

3. โครงสร้างของระบบ

ระบบอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่สนามทางยุทธวิธีประกอบไปด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ [4] คือ

3.1 ส่วนจัดการการคำนวณ

- คำนวณหาระยะ
- คำนวณหาทิศทาง
- คำนวณหามุมสูง
- คำนวณหาค่ามุมยิง (มุมสูง + ค่า

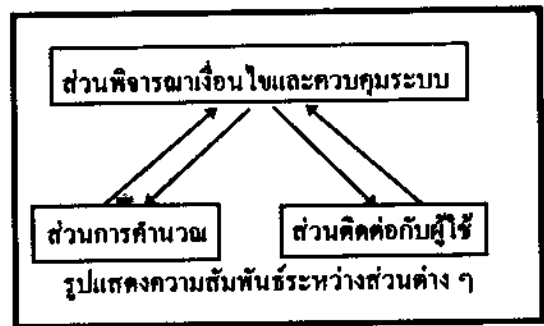
ความคลาดเคลื่อน) และมุมทิศตั้งยิง (มุมทิศ + ค่าความคลาดเคลื่อน)

3.2 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้

- ส่วน INPUT
- ส่วน OUTPUT

3.3 ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบ

- ส่วนพิจารณาเงื่อนไขระยะและส่วนบรรจุ
- ส่วนพิจารณาประเภทและจำนวนกระสุน
- ส่วนควบคุมการทำงานของระบบ



4. การทำงานของระบบ

4.1 ส่วนติดต่อกับผู้ใช้จะทำการเก็บค่าเริ่มต้นเกี่ยวกับข้อมูลที่ตั้งของปืนใหญ่รวมทั้งสภาพแวดล้อมของที่ตั้งและข้อมูลที่ตั้งของเป้าหมายที่ตั้งได้ตามแผน[9]

4.2 ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบจะนำค่าเริ่มต้นที่ได้จากส่วนติดต่อกับผู้ใช้ส่งไปให้ส่วนการคำนวณเพื่อคำนวณหาระยะและมุมทิศทางการยิง[6]

4.3 ส่วนการคำนวณส่งค่าระยะและทิศทางการยิงไปให้ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบพิจารณาเลือกสมการมุมสูงและเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้ระยะเป็นเงื่อนไขการพิจารณาตลอดจนพิจารณาการใช้กระสุนที่จะยิงเป้าหมายนั้น ๆ [8],[9]

4.4 ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบส่งข้อมูลที่ผ่านการพิจารณาเงื่อนไขไปให้ส่วนการคำนวณเพื่อทำการคำนวณหาค่าที่สมบูรณ์[9]

4.5 ส่วนการคำนวณส่งค่าที่สมบูรณ์ไปให้
ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบเพื่อรวบรวม

4.6 ส่วนพิจารณาเงื่อนไขและควบคุมระบบ
ส่งค่าที่รวบรวมไว้จนครบไปให้ส่วนติดต่อกับผู้ใช้
เป็นการจบการอำนวยความสะดวกในการใช้งาน

5. การคำนวณหาสมการ

ในการหาสมการความสัมพันธ์ของข้อมูลใน
การยิงปืนใหญ่สนาม เป็นความสัมพันธ์ระหว่างระยะ
กับมุมสูง ซึ่งนำข้อมูลมาจากสมุดตารางยิง นำมาทำ
Approximation[1] ออกมาในรูปสมการโพลิโนเมียล
และอาศัยทฤษฎีของเคลิแฮมิลตัน[2] ในการหาค่าคงที่
ออกมา สมการจะออกมาในรูป

$$k_1 + k_2 \cdot \text{ระยะ}^1 + k_3 \cdot \text{ระยะ}^2 + k_4 \cdot \text{ระยะ}^3 = \text{ค่ามุมสูง}1$$

$$k_1 + k_2 \cdot \text{ระยะ}^2 + k_3 \cdot \text{ระยะ}^2 + k_4 \cdot \text{ระยะ}^3 = \text{ค่ามุมสูง}2$$

$$k_1 + k_2 \cdot \text{ระยะ}^3 + k_3 \cdot \text{ระยะ}^3 + k_4 \cdot \text{ระยะ}^3 = \text{ค่ามุมสูง}3$$

$$k_1 + k_2 \cdot \text{ระยะ}^4 + k_3 \cdot \text{ระยะ}^4 + k_4 \cdot \text{ระยะ}^4 = \text{ค่ามุมสูง}4$$

หมายเหตุ:

ระยะ คือ ระยะห่างระหว่างปืนใหญ่กับเป้าหมาย
มุมสูง คือ มุมยกปกระบอกปืนเพื่อให้การยิงกระสุนปืน
ใหญ่ตกลง ณ ระยะที่ต้องการยิง(ไม่มีค่ากลาดเคลื่อน)
แปรให้อยู่ในรูป Matrix

$$\begin{bmatrix} R11 & R12 & R13 & R14 \\ R21 & R22 & R23 & R24 \\ R31 & R32 & R33 & R34 \\ R41 & R42 & R43 & R44 \end{bmatrix} = I R I$$

$$\begin{bmatrix} \text{สูง}1 & R12 & R13 & R14 \\ \text{สูง}2 & R22 & R23 & R24 \\ \text{สูง}3 & R32 & R33 & R34 \\ \text{สูง}4 & R42 & R43 & R44 \end{bmatrix} = I R I$$

$$\begin{bmatrix} R11 & \text{สูง}1 & R13 & R14 \\ R21 & \text{สูง}2 & R23 & R24 \\ R31 & \text{สูง}3 & R33 & R34 \\ R41 & \text{สูง}4 & R43 & R44 \end{bmatrix} = I R2 I$$

$$\begin{bmatrix} R11 & R12 & \text{สูง}1 & R14 \\ R21 & R22 & \text{สูง}2 & R24 \\ R31 & R32 & \text{สูง}3 & R34 \\ R41 & R42 & \text{สูง}4 & R44 \end{bmatrix} = I R3 I$$

$$\begin{bmatrix} R11 & R12 & R13 & \text{สูง}1 \\ R21 & R22 & R23 & \text{สูง}2 \\ R31 & R32 & R33 & \text{สูง}3 \\ R41 & R42 & R43 & \text{สูง}4 \end{bmatrix} = I R4 I$$

จะได้ $k_1 = |R11| / |R1|$, $k_2 = |R21| / |R1|$,

$$k_3 = |R31| / |R1| , k_4 = |R41| / |R1|$$

ให้ $R11, R21, R31, R41 = 1$

$$R12 = \text{ระยะ}^1, R22 = \text{ระยะ}^2,$$

$$R32 = \text{ระยะ}^3, R42 = \text{ระยะ}^4$$

$$R13 = \text{ระยะ}^1^2, R23 = \text{ระยะ}^2^2,$$

$$R33 = \text{ระยะ}^3^2, R43 = \text{ระยะ}^4^2$$

$$R14 = \text{ระยะ}^1^3, R24 = \text{ระยะ}^2^3,$$

$$R34 = \text{ระยะ}^3^3, R44 = \text{ระยะ}^4^3$$

ค่า k_1, k_2, k_3, k_4 เป็นค่าสัมประสิทธิ์ ในสมการ
โพลิโนเมียล

ส่วนการหาระยะจะได้จากการหาระยะห่าง
ระหว่างจุดสองจุดซึ่งเราสามารถทราบได้จากจุดที่ตั้ง
ของปืนใหญ่และจุดที่ตั้งของเป้าหมายโดยอาศัยความ
แตกต่างทางแนวแกน X (ที่ตั้งตะวันออก/ตก) และ
ความแตกต่างทางแนวแกน Y(ที่ตั้งเหนือ/ใต้) ดังนี้[3]

$$\text{ระยะ} = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$$

ส่วนการหาทิศทางนั้นได้จากความสัมพันธ์
ทางตรีโกณมิติคือ

$$\text{มุมทิศ} = \arctan \left(\frac{Dx}{Dy} * 1018.1818 \right) \text{ มิลลิเดกรี}$$

6. การออกแบบฐานข้อมูล

6.1 TABLE ข้อมูลประจำปี

Attribute	Type	Size
ชื่อหน่วย	Text	15
ชนิดอาวุธ	Integer	2
ที่ตั้งเหนือ/ใต้	Double	6
ที่ตั้งตะวันออก/ตก	Double	6
ค่าตัวเก็บมูสูง	Double	2.2
ค่าตัวเก็บมูทิศ	Double	2.2
ค่าตัวเก็บเวลาขบวน	Double	2.2

6.2 TABLE ประเภทอาวุธ

Attribute	Type	Size
ชนิดอาวุธ	Integer	2
ชื่อชนิดอาวุธ	Text	20
ประเภทอาวุธ	Text	20

6.3 TABLE สมการ

Attribute	Type	Size
ชนิดอาวุธ	Integer	2
ระยะยิง	Double	5
ส่วนบรรจุ	Text	2
สมการมูสูง1	Double	2.25
สมการมูสูง 2	Double	2.25
สมการมูสูง 3	Double	2.25
สมการมูสูง 4	Double	2.25
สมการเวลาขบวน1	Double	2.25
สมการเวลาขบวน2	Double	2.25
สมการเวลาขบวน3	Double	2.25
สมการเวลาขบวน4	Double	2.25

6.4 TABLE ข้อมูลเป้าหมาย

Attribute	Type	Size
ชื่อเป้าหมาย	Text	10
ชนิดเป้าหมาย	Integer	2
ที่ตั้งเหนือ/ใต้	Double	6
ที่ตั้งตะวันออก/ตก	Double	6
ขนาด	Integer	3

6.5 TABLE ประเภทเป้าหมาย

Attribute	Type	Size
ชนิดเป้าหมาย	Integer	2
ชื่อชนิดเป้าหมาย	Text	20
ประเภทเป้าหมาย	Text	15

6.6 TABLE การใช้ขบวน

Attribute	Type	Size
ชนิดเป้าหมาย	Integer	2
ใช้ กระสุน/ขบวน	Text	30

6.7 TABLE การยิงเป้าหมาย

Attribute	Type	Size
ขนาด	Integer	3
เกณฑ์สูญเสีย	Integer	3
ประเภทเป้าหมาย	Text	15
ประเภทอาวุธ	Text	20
จำนวนหน่วยยิง	Integer	1
การยิง	Integer	2

7. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

- 7.1 ใส่ข้อมูลที่ตั้งปืนใหญ่และชนิดปืนใหญ่
- 7.2 พิจารณาประเภทปืนใหญ่เลือกชุดสมการ โดย
Select [ชื่อหน่วยยิง]และ[สมการ]
From ตาราง[ประเภทอาวุธ],ตาราง[ข้อมูลประจำปี]
และตาราง[สมการ]
- 7.3 ใส่ข้อมูลเป้าหมาย
- 7.4 พิจารณาจากข้อมูลเป้าหมายเลือก ชนิด
กระสุน ขนาดและจำนวนกระสุนที่ต้องใช้ โดย
Select [ชื่อเป้าหมาย],[กระสุนขนาด],[เกณฑ์การสูญเสีย],[ประเภทอาวุธ],[จำนวนหน่วยยิง],[การยิง]
From ตาราง[ประเภทเป้าหมาย],ตาราง[การยิงเป้าหมาย],ตาราง[การใช้กระสุน],ตาราง[ข้อมูลเป้าหมาย]
- 7.5 คำนวณระยะเป้าหมายและมุมที่ใช้สมการ[3]

$$ระยะ = \sqrt{(Dx)^2 + (Dy)^2}$$

$$มุมทิศ = \arctan \left(\frac{Dx}{Dy} * 1018.1818 \right) \text{ มิลลิเดียม}$$

- 7.6 เปรียบเทียบระยะเพื่อพิจารณาเลือกใช้ส่วน
บรรจุ

Select [ระยะยิง],[ส่วนบรรจุ]

From ตาราง[สมการ]

- 7.7 คำนวณมุมสูง (ใช้สมการจากการทำ
Approximation)

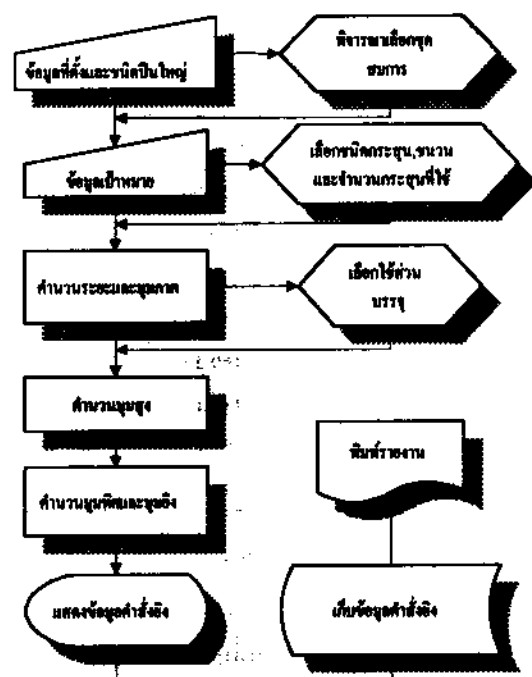
- 7.8 คำนวณมุมทิศและมุมยิงจากตัวแก้มุมสูง ตัว
แก้มุมทิศกับค่าที่ได้จากการคำนวณมุมสูงและมุมทิศ

- 7.9 ออกเป็นข้อมูลคำสั่งยิง

- 7.10 เก็บข้อมูล

- 7.11 พิมพ์รายงาน

โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของระบบ



8. การทดสอบความผิดพลาด

ทดสอบปืนใหญ่ขนาด 105 มม. แบบ M101 ส่วนบรรจุ 5 ระยะ 2,000 ม. ถึง 3,400 ม. ใช้การหาสมการที่ระยะ 2,000, 2,400, 3,000 และ 3,400 เปรียบเทียบกับข้อมูลในสมุดตารางยิงเฉพาะมุมสูงจากสมุดตารางยิง ระยะ1 = 2,000 , มุมสูง1 = 117.0

ระยะ2 = 2,400 , มุมสูง2 = 142.7

ระยะ3 = 3,000 , มุมสูง3 = 183.1

ระยะ4 = 3,400 , มุมสูง4 = 211.6

จะได้ $k1 = -1.84285714286$

$k2 = 0.057111904762$

$k3 = 4.4047619 \times 10^{-7}$

$k4 = 3.5714286 \times 10^{-10}$

ได้สมการ

$$\begin{aligned} \text{มุมสูง} = & -1.84285714286 + 0.057111904762 * \text{ระยะ} \\ & + 4.4047619 * 10^{-7} * \text{ระยะ}^2 + 3.5714286 * 10^{-10} * \\ & \text{ระยะ}^3 \end{aligned}$$

ระยะ	มุมจริง[4]	มุมที่ได้	ERROR
2000	117.0	117.000	$2.114 * 10^{-4}$
2200	129.7	129.738	$3.809 * 10^{-3}$
2400	142.7	142.700	$3.698 * 10^{-4}$
2600	155.9	155.903	$2.857 * 10^{-3}$
2800	169.4	169.364	$-3.619 * 10^{-2}$
3000	183.1	183.100	$7.314 * 10^{-4}$
3200	197.2	197.128	$-7.143 * 10^{-2}$
3400	211.6	211.467	$-1.333 * 10^{-1}$

จะเห็นว่าความผิดพลาดของสมการที่นำมาทดสอบนั้นมีค่าผิดพลาดน้อยมาก เพราะว่าค่าที่ได้จากสมการนั้นเป็นค่าตัวเลขที่มีความผิดพลาดในหลักทศนิยมเท่านั้น คิดโดยเฉลี่ยผิดพลาด 0.019% แต่ในการใช้งานจริงนั้นค่าที่นำไปใช้จะเป็นค่าจำนวนเต็ม ซึ่งได้จากการปัดค่าทศนิยมไปเป็นจำนวนเต็มและยังยอมรับความผิดพลาดจากจำนวนเต็ม บวกลบ 3 จึงพออนุมานได้ว่าสมการให้ค่าความถูกต้องที่ยอมรับได้ ข้อมูลที่ได้จะนำไปเป็นหลักฐานอิงตามแผนให้กับหน่วยอื่นต่าง ๆ และพิมพ์รายงานออกมาประกอบแผนทางยุทธวิธีให้กับผู้ควบคุมการยิงปืนใหญ่ทางยุทธวิธี

ตารางแสดงการเปรียบเทียบ

หนทางปฏิบัติ หัวข้อ	อำนวยความสะดวก โดยใช้สมการ	อำนวยความสะดวก โดยวิธีปกติ
ความถูกต้อง	99.63 %	< 90 %
การใช้เวลา	< 1 นาที	> 5 นาที
การใช้งาน	ใช้งานง่าย	ยุ่งยากซับซ้อน

9. สรุป

จากการวิจัยนี้จะพบว่าสิ่งที่ได้นำเอาแนวความคิดแปลงข้อมูลในสมุดตารางเป็นสมการนั้นได้ให้ค่าความถูกต้องที่สามารถนำไปใช้งานได้ถึงแม้จะมีความผิดพลาดบ้างแต่เป็นที่ยอมรับได้และเป็นไปตามเป้าหมายของงานวิจัยนี้ เป็นผลให้สามารถคำนวณข้อมูลเพื่ออำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่สนามทางยุทธวิธีเป็นจริงได้ เพราะหากไม่มีการแก้ปัญหาเชิงสมการคณิตศาสตร์ การอำนวยความสะดวกจะมีขีดจำกัด ไม่สามารถอำนวยความสะดวกยิงปืนใหญ่หลายชนิด หลายที่ตั้งได้อย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังเป็นการประหยัดในการจัดซื้อจัดหาอุปกรณ์เพิ่มเติมจากต่างประเทศเพื่ออำนวยความสะดวกในลักษณะนี้ ขณะเดียวกันจำนวนข้อมูลที่มีมากก็ถูกลดด้วยการใช้สมการ โดยยังสามารถรักษาความถูกต้องให้อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้นอกจากนั้นยังเอื้ออำนวยต่อการวางแผนเตรียมการในเรื่องการส่งกำลังด้านกระสุนที่จะต้องใช้ตลอดการรบได้เป็นอย่างดี สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ เป็นการเตรียมความพร้อมในการเพิ่มประสิทธิภาพต่ออาวุธที่มีอยู่ ทำให้ประเทศชาติสามารถประหยัดงบประมาณในด้านนี้และนำไปสร้างความเจริญให้แก่บ้านเมืองในด้านอื่นต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] DAVID KAHANER, CLEVE MOLER, STEPHEN NASH, NUMERICAL METHODS AND SOFTWARE, LINEAR LEAST SQUARES DATA FITTING, PRENTICE HALL SERIES IN COMPUTATIONAL MATHEMATICS, 1986 P.190 - P.213
- [2] วิพันธ์ ปรีชาพานิช, APPLIED LINEAR

ALGEBRA AND STATE EQUATION, ภาควิชา
วิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง, JAPAN INTERNATIONAL
COOPERATION AGENCY, พ.ศ.2533, หน้า 127
ถึงหน้า 129

[3] อาจารย์กำชัย รังสิมันต์ไพบูลย์, MODERN
ALGEBRA, กรุงเทพมหานคร, พ.ศ.2525, หน้า
344 ถึงหน้า 355

[4] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, FIRING TABLE (FT
105-H-7) , ศูนย์การทหารปืนใหญ่จังหวัดลพบุรี,
พ.ศ.2523, หน้า 1 ถึงหน้า 256

[5] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, ลย.302,ลย.302.1 ,ศูนย์
การทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี, พ.ศ.2523, หน้า 1
ถึงหน้า 15

[6] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, ลย.314, ศูนย์การทหาร
ปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี, พ.ศ.2532, หน้า 1 ถึงหน้า 11

[7] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, ลย.314.1, ศูนย์การทหาร
ปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี, พ.ศ.2532, หน้า 1 ถึงหน้า 12

[8] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, ลย.315, ศูนย์การทหาร
ปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี, พ.ศ.2532, หน้า 1 ถึงหน้า 14

[9] ศูนย์การทหารปืนใหญ่, ลย.315(พ.), ศูนย์การ
ทหารปืนใหญ่ จังหวัดลพบุรี, พ.ศ.2532, หน้า 1 ถึง
หน้า 15