

การคำนวณพื้นที่อันตรายจากหัวรบแบบห้วงผลจากสะเก็ด

Analysis of the lethal zone for a fragmentation warhead

กัณฑ์ไชย ธนาพรวิฑิตต์*, วีระชาติ กุลศิริเกษม และ พล.ต. ฉัตรชัย ลักษณะา

สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ 47/433 อาคารสำนักงานปลัดกระทรวงกลาโหม (แจ้งวัฒนะ) ชั้น 4 หมู่ 3 ถนนแจ้งวัฒนะ เขตบ้านใหม่
แขวงปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

*ติดต่อ: ganchai.t@dti.or.th, เบอร์โทรศัพท์ 0 2980 6200 #614, เบอร์โทรสาร 0 2980 6198

บทคัดย่อ

บทความวิจัยฉบับนี้ เสนอแนวคิด และวิธีการคำนวณหาพื้นที่ห้วงผล ในการทำลายบุคคลจากสะเก็ดระเบิดที่เกิดจากการระเบิดของหัวรบ ทั้งนี้แนวคิด และวิธีการคำนวณที่นำเสนอ สามารถใช้ได้กับทั้งหัวรบที่มี และไม่มีสะเก็ดระเบิดแบบ preformed fragment อย่างไรก็ตามในบทความฉบับนี้ นำเสนอเฉพาะพื้นที่ห้วงผลที่เกิดจากหัวรบที่ไม่มีสะเก็ดระเบิดจาก preformed fragment มีเพียงสะเก็ดระเบิดที่เกิดขึ้นจากการแตกของเปลือกหัวรบเท่านั้น (natural fragment) การคำนวณหาพื้นที่ห้วงผลนี้ เริ่มจากการคำนวณหาความเร็วเริ่มต้น และมุมของสะเก็ดเปลือกหัวรบที่วิ่งออกไปขณะที่หัวรบแตกออกจากการระเบิด ในการคำนวณความเร็วเริ่มต้นของสะเก็ดนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการของ Gurney ในขณะที่มุมของสะเก็ดระเบิดที่วิ่งออกไป สามารถคำนวณได้จากสมการของ Shapiro ภายหลังจากการคำนวณพารามิเตอร์ทั้งสองดังกล่าวข้างต้น ในขั้นตอนต่อมาคือการหาค่าความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิดที่ตกบนแผ่นเป้าหมายซึ่งวางรอบหัวรบที่ระยะต่างๆ โดยเกณฑ์ในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ห้วงผลนั้น ถูกกำหนดโดยค่าความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิดที่มีค่าเท่ากับจำนวนสะเก็ด 2 ชิ้นที่ตกภายในพื้นที่ 1 ตรม. ในขั้นตอนสุดท้ายนั้นจะเป็นการวาดเส้นขอบเขตของพื้นที่ห้วงผล โดยใช้โปรแกรมสำหรับวาดเส้น contour บนข้อมูลที่ได้มาจากการคำนวณความหนาแน่นของสะเก็ดเปลือกหัวรบที่ระยะต่างๆ

คำหลัก: ความหนาแน่นของสะเก็ด, พื้นที่ห้วงผล, เศษระเบิดจากเปลือกหัวรบ

Abstract

This research aims to develop ideas and method to analyze a lethal zone for a fragmentation warhead. The concept proposed in this study can be employed to construct a lethal zone of both warheads with and without preformed fragments. It is noted that this paper only presents a lethal zone of a warhead without preformed fragments. Analysis of lethal zone starts with calculation of initial fragment velocity, spray angle and fragment hit density. A modified Gurney's equation was employed to calculate initial velocities of natural fragments resulted from a fracture of warhead casing. Apart from initial velocities of natural fragments, spray angles of those fragments can be determined using Shapiro's formula. By varying distances from an analyzed warhead, hit densities at targets surrounded the warhead can be determined. The criterion adopted to specify the boundary of lethal zone is a fragment hit density of two fragments/m². Finally, a boundary of a lethal zone where the hit density equals to two fragments/m² can be constructed using a general software which has a capability to plot contour lines.

Keywords: Fragment hit density, Lethal zone, Natural fragment

1. บทนำ

โดยทั่วไปการประเมินประสิทธิภาพของหัวรบแบบหัวงผลจากสะเก็ดนั้น สามารถประเมินได้จากความสามารถในการทำลายของหัวรบว่ามีขีดความสามารถในการทำลายออกไปไกลจากตำแหน่งระเบิดของหัวรบได้มากน้อยเพียงไร และสามารถทำลายเป้าหมายประเภทใดได้บ้าง โดยทั่วไปนั้นหัวรบที่หัวงผลจากสะเก็ดเป็นหลักนั้น ส่วนใหญ่จะมุ่งหมายที่จะทำลายเป้าหมายที่เป็นบุคคล และในบางครั้งก็ยังสามารถที่จะทำลายยานพาหนะที่ไม่ได้มีการเสริมเกราะป้องกันเป็นพิเศษ ในบทความฉบับนี้ ได้นำเสนอหลักการและวิธีหาพื้นที่หัวงผลที่เป้าหมายบุคคลจะถูกทำลายได้จากสะเก็ดเปลือกหัวรบ ขอบเขตพื้นที่อันตรายที่เกิดจากหัวรบนั้น ไม่ได้เป็นไปตามพื้นที่ของวงกลม ที่มีรัศมีเท่ากับ รัศมีทำลายของหัวรบ แต่จะมีลักษณะครอบคลุมพื้นที่ออกไปในทิศทางของสะเก็ดเปลือกหัวรบที่เริ่มวิ่งออกไป (มุมยิงของสะเก็ด)

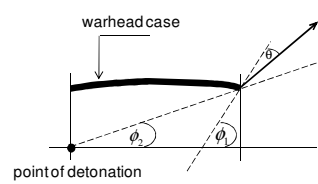
ในบทความฉบับนี้จะอธิบายหลักการ และวิธีการที่จะใช้ในการหาขอบเขตพื้นที่อันตราย โดยที่จะเริ่มตั้งแต่การคำนวณหาความเร็ว และมุมยิงของสะเก็ด รวมไปถึงการคำนวณความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิดที่ระยะต่างๆ

2. การคำนวณความเร็วเริ่มต้น และทิศทางของสะเก็ดระเบิด

ในการคำนวณความเร็วเริ่มต้นของสะเก็ดระเบิดสามารถคำนวณได้จากสมการของ Gurney [1] ดังแสดงในสมการที่ 1 โดยที่ $\sqrt{2E}$ คือค่าสัมประสิทธิ์ความเร็วของ Gurney โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์นี้เป็นค่าคงที่เฉพาะสำหรับดินระเบิดแต่ละชนิด และค่า M/C คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเปลือกหัวรบต่อน้ำหนักของดินระเบิด สำหรับทิศทางของสะเก็ดระเบิดที่เริ่มวิ่งออกไป ณ ขณะที่เกิดการระเบิดและเปลือกหัวรบแตกออกไปแล้วนั้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่เสนอโดย Shapiro [2] ดังแสดงในสมการที่ 2 โดยที่ทิศทางของสะเก็ดเปลือกหัวรบนั้นจะขึ้นอยู่กับความเร็วต้นของสะเก็ดระเบิด V และความเร็วของการระเบิด V_0 และยังขึ้นกับตำแหน่งของเปลือกหัวรบเมื่อเทียบกับตำแหน่งจุดระเบิด ดังแสดงในรูปที่ 1

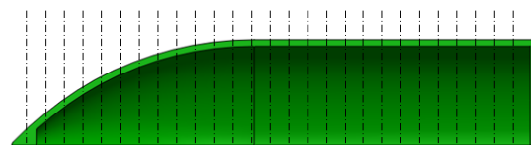
$$V = \sqrt{\frac{2E}{\frac{M}{C} + \frac{1}{2}}} \tag{1}$$

$$\tan \theta = \frac{V}{2V_0} \cos\left(\frac{\pi}{2} + \phi_2 - \phi_1\right) \tag{2}$$

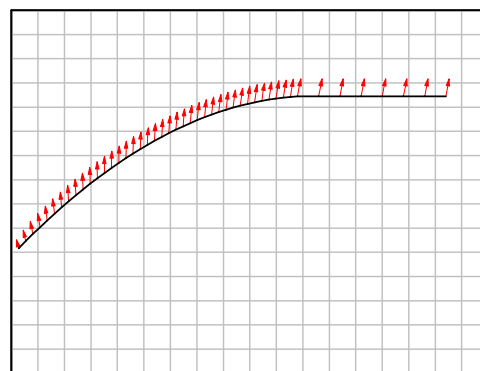


รูปที่ 1 ทิศทางที่สะเก็ดเริ่มวิ่งออกไป

เนื่องจากรูปทรงหัวรบ จะมีส่วนที่เป็น ogive ซึ่งในบริเวณนี้สัดส่วนของน้ำหนักของดินระเบิดต่อน้ำหนักของเปลือกหัวรบจะมีค่าน้อย เมื่อเทียบกับอัตราส่วนในบริเวณที่เป็นทรงกระบอก ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณความเร็วเริ่มต้น และมุมของสะเก็ดที่วิ่งออกไปมีค่าที่ถูกต้องมากขึ้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแบ่งหัวรบออกเป็นส่วนย่อยๆ [3] เพื่อที่จะคำนวณค่าความเร็ว และมุมของสะเก็ดในแต่ละส่วนย่อยๆ ดังแสดงในรูปที่ 2 จากการคำนวณตามสมการที่ 1 ความเร็วต้นของสะเก็ดเฉลี่ยในทุกๆส่วนย่อยของหัวรบมีค่าเท่ากับ 2400 เมตร/วินาที ในรูปที่ 3 ได้แสดงถึงเวกเตอร์ความเร็วของสะเก็ดในทุกๆส่วนย่อยของเปลือกหัวรบ



รูปที่ 2 การแบ่งหัวรบออกเป็นส่วนย่อยๆเพื่อใช้ในการคำนวณความเร็วต้น และมุมของสะเก็ด



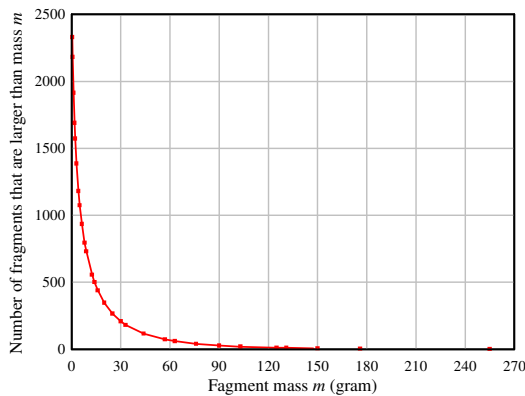
รูปที่ 3 เวกเตอร์ความเร็วของสะเก็ด

3. การคำนวณการกระจายตัวของน้ำหนักสะเก็ด และ ความเร็วของสะเก็ดที่ระยะทาง s

ในการที่จะคำนวณความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิด (hit density) ได้นั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึงจำนวนของสะเก็ดระเบิดที่เกิดขึ้นทั้งหมด และในการที่จะประเมินความสามารถในการทำลายของสะเก็ดได้นั้น จำเป็นที่จะต้องทราบถึง พลังงานจลน์ของสะเก็ด ซึ่งก็คือมวลและความเร็วของสะเก็ด โดยที่จำนวน และการกระจายตัวของมวลของสะเก็ดนั้น สามารถคำนวณได้ โดยถือว่าการกระจายตัวของมวลนั้นเป็นไปตาม Mott's distribution [4] ดังแสดงในสมการที่ 3 และ 4 สำหรับหัวรบที่ทำการวิเคราะห์ในครั้งนี้มี การกระจายตัวของจำนวนและน้ำหนักสะเก็ดเปลือกหัวรบเป็นไปตามรูปที่ 4

$$N(m) = \frac{M_0}{2M_k^2} e^{-\left(\frac{m^{1/2}}{M_k}\right)} \quad (3)$$

$$M_k = Bt^{5/16} d^{1/3} \left(1 + \frac{t}{d}\right) \quad (4)$$



รูปที่ 4 การกระจายตัวของจำนวนและน้ำหนักสะเก็ดเปลือกหัวรบ

ดังที่กล่าวไว้ในข้างต้น อำนาจการทำลายของสะเก็ดนั้น ก็ยังขึ้นอยู่กับความเร็วของสะเก็ดขณะก่อนตกกระทบที่เป้าหมาย ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องประเมินความเร็วคงเหลือของสะเก็ด, V_s ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วต้นของสะเก็ด, V (ตามสมการที่ 1), ระยะทางถึงเป้าหมาย, s และ drag ที่เกิดขึ้น ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับรูปทรง, พื้นที่หน้าตัด และน้ำหนักของสะเก็ด การคำนวณหาความเร็วคงเหลือ

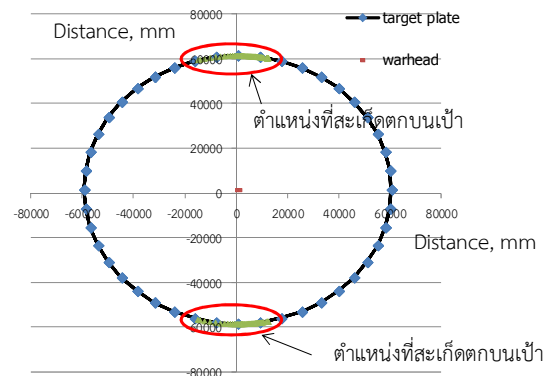
ของสะเก็ดที่ระยะทาง s สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5

$$\ln\left(\frac{V_s}{V}\right) = -\frac{C_D A_f \rho_a s}{2m} \quad (5)$$

4. ตำแหน่งที่สะเก็ดชนเป้าหมาย และความหนาแน่นของสะเก็ด

ภายหลังจากที่คำนวณความเร็วเริ่มต้น และมุมของสะเก็ดในแต่ละส่วนย่อยได้แล้ว ในขั้นตอนถัดไปคือการหาว่าที่ระยะรัศมีค่าหนึ่งๆ สะเก็ดของเปลือกหัวรบวิ่งออกไปชนเป้าหมายที่ตำแหน่งใดบ้าง โดยในขั้นตอนนี้จะมีสมมติฐานที่ว่ามุมของสะเก็ดตั้งต้นนั้นมีค่าคงที่ตลอดการเดินทางของสะเก็ด รูปที่ 5 เป็นรูปตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งที่สะเก็ดชนเป้าหมายที่รัศมี 60 เมตร จากจุดศูนย์กลางการระเบิดของหัวรบ โดยที่ระยะห่างออกไป 60 เมตรนั้นมีแผ่นเป้าหมายอยู่รอบเป็นวงกลม

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการคำนวณหาตำแหน่งที่สะเก็ดชนเป้าหมายที่ระยะรัศมี 5, 10, 15, 20, 25, 40, 50 และ 60 เมตร หลังจากที่ได้คำนวณหาตำแหน่งที่สะเก็ดระเบิดชนเป้าหมายได้แล้ว จึงสามารถหาความหนาแน่นของสะเก็ดที่ตำแหน่งต่างๆ ได้ โดยที่จำนวนสะเก็ดในแต่ละตำแหน่งคำนวณจากสัดส่วนของจำนวนสะเก็ดทั้งหมดที่เกิดขึ้น (หาได้จากรูปที่ 4)



รูปที่ 5 ตำแหน่งที่สะเก็ดตกบริเวณเป้าที่จัดไว้

5. ขอบเขตพื้นที่อันตรายของหัวรบแบบหัวงผลจากสะเก็ด

โดยทั่วไปนั้นการจะกำหนดพื้นที่อันตรายว่ามีขอบเขตเท่าไร จำเป็นที่จะต้องระบุด้วยว่าเป็นพื้นที่อันตรายสำหรับเป้าหมายประเภทไหน เนื่องจากอำนาจ

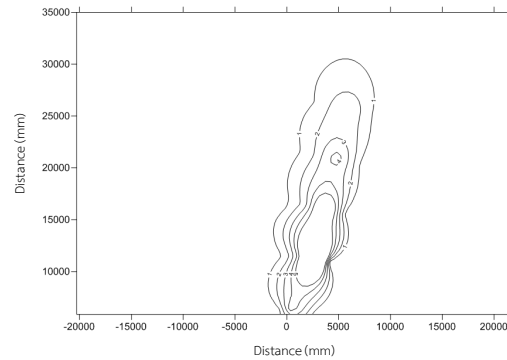
การทำลายของหัวรบชนิดหนึ่งๆ จะแตกต่างกันตามเป้าหมาย เนื่องจากโดยทั่วไปแล้ว หัวรบแบบหวังผลจากสะเก็ดนั้น จะนำไปใช้สำหรับทำลายเป้าหมายที่เป็นบุคคล ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์หาพื้นที่อันตรายสำหรับทำลายบุคคลและอากาศยาน แต่เนื่องจากขนาดของเป้าหมายที่เป็นบุคคลมีขนาดเล็กกว่ามาก โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณา ว่าบุคคลที่อยู่ภายในพื้นที่อันตรายจะต้องถูกทำลายแน่นอน คือความหนาแน่นของสะเก็ด ปกติแล้วพื้นที่ของบุคคลหนึ่งๆนั้น จะประมาณ 0.5 ตรม. [5] ดังนั้นถ้าต้องการให้สะเก็ดยิงเข้าไปที่บุคคลนั้นๆ จะต้องมีความหนาแน่นอย่างน้อย 1 ชั้นภายใน 0.5 ตรม. หรือเทียบเท่ากับความหนาแน่นของสะเก็ด 2 ชั้น/ตรม. จากหัวข้อก่อนหน้า ได้แสดงถึงวิธีการหาความหนาแน่นของสะเก็ด ณ ตำแหน่งที่สะเก็ดเข้าเป้าในระยาระยะต่างๆ ตารางที่ 1 เป็นตัวอย่างของข้อมูลที่ได้จากการคำนวณหาความหนาแน่นของสะเก็ดที่ตำแหน่งต่างๆ ในระยะรัศมี 5 เมตร จากข้อมูลดิบสำหรับรัศมี 5, 10, 15, 20, 25, 40, 50 และ 60 เมตร เมื่อนำมาใช้พลอตคอนทัวร์ของค่าความหนาแน่นสะเก็ด ก็จะได้ขอบเขตพื้นที่อันตราย ดังแสดงในรูปที่ 6 ตามที่ได้กล่าวไว้ในข้างต้น เกณฑ์ที่ใช้ในการกำหนดพื้นที่อันตรายคือความหนาแน่นของสะเก็ดที่ 2 ชั้น/ตรม. ดังนั้นขอบเขตพื้นที่อันตรายสำหรับเป้าหมายที่เป็นบุคคลจะเป็นขอบเขตของเส้นคอนทัวร์ความหนาแน่นสะเก็ด 2 ชั้น/ตรม. ดังแสดงในรูปที่ 7

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลดิบที่ใช้ในการหาขอบเขตพื้นที่อันตราย

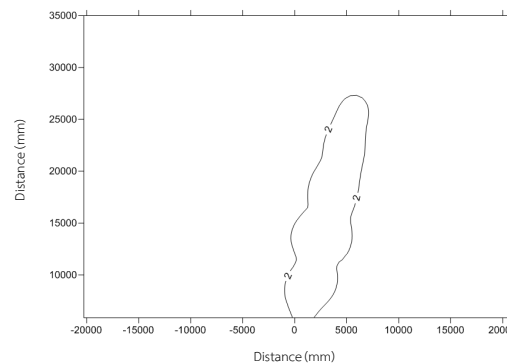
ตำแหน่งที่สะเก็ดเข้าเป้า, มม.		ความหนาแน่นของสะเก็ด
x	y	
-420	6373	1.64
284	6475	4.83
996	6475	17.28
1700	6373	48.36
2383	6173	29.45

จะเห็นได้ว่าพื้นที่อันตรายของหัวรบแบบสะเก็ดนั้น ไม่ได้มีลักษณะเป็นวงกลมรอบๆ หัวรบ แต่มีลักษณะเป็นพื้นที่ที่ครอบคลุมออกไปในแนวของมุมยิงของสะเก็ด โดยพื้นที่อันตรายบริเวณส่วนหัว และส่วนท้ายของหัวรบนั้น ครอบคลุมพื้นที่ที่น้อยกว่ามาก อย่างไรก็ตามในการวิจัย

ครั้งนี้ไม่ได้คิดถึงผลของอันตรายที่เกิดจากผาปิดท้ายของหัวรบที่แตกและพุ่งออกมาทำอันตรายต่อเป้าหมายที่อยู่ในบริเวณส่วนท้ายของหัวรบ



รูปที่ 6 พื้นที่หวังผลที่ค่าความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิด 1-5 ชั้นต่อ ตรม.



รูปที่ 7 พื้นที่หวังผลที่ค่าความหนาแน่นของสะเก็ดระเบิด 2 ชั้นต่อ ตรม.

ในขั้นตอนถัดมา เป็นการตรวจสอบว่าพลังงานจลน์ที่เหลืออยู่ของสะเก็ดเมื่อวิ่งไปถึงขอบเขตของพื้นที่อันตราย ยังเพียงพอที่จะทำลายเป้าหมายได้หรือไม่ จากรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าระยะไกลสุดที่เป็ขอบเขตของพื้นที่อันตรายอยู่ที่ประมาณ 27 เมตร ดังนั้นจะต้องคำนวณค่าพลังงานจลน์ของสะเก็ดที่เหลืออยู่เมื่อสะเก็ดวิ่งออกไปเป็นระยะทาง 27 เมตร คำนวณน้ำหนักของสะเก็ดเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 5.35 กรัม ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3 และ 4 และค่าความเร็วปลายของสะเก็ดที่ระยะ 27 เมตร สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 ค่าความเร็วปลายที่ระยะ 27 เมตร มีค่าเท่ากับ 2250 เมตร/วินาที ดังนั้นพลังงานจลน์ที่เหลืออยู่จึงมีค่าเท่ากับ 135 kJ ซึ่งเป็นระดับพลังงานที่สามารถใช้ทำลายเป้าหมายที่เป็นบุคคลได้ และยังสูงเพียงพอที่จะทำลายเป้าหมายที่เป็น

เครื่องบินได้ [6] แต่อย่างไรก็ตามเกณฑ์ในการหาขอบเขตพื้นที่อันตรายสำหรับเป้าหมายที่เป็นเครื่องบิน จะแตกต่างไปจากเกณฑ์สำหรับหาขอบเขตพื้นที่อันตรายสำหรับเป้าหมายที่เป็นบุคคลที่ได้กำหนดความหนาแน่นของสะเก็ดเท่ากับ 2 ชิ้น/ตรม.

6. สรุป

การวิจัยในครั้งนี้ ได้แสดงให้เห็นถึงขั้นตอน และวิธีการคำนวณขอบเขตพื้นที่อันตรายที่เกิดจากหัวรบแบบหวังผลจากสะเก็ด โดยเป้าหมายที่ต้องการทำลายคือบุคคล การหาพื้นที่อันตรายของหัวรบนั้นเริ่มต้นจากการคำนวณความเร็วเริ่มต้น และมุมยิงของสะเก็ดในตำแหน่งต่างๆของเปลือกหัวรบ, การคำนวณจำนวนทั้งหมดของสะเก็ดที่เกิดขึ้น รวมถึงการหาการกระจายตัวของน้ำหนักของสะเก็ด เพื่อที่จะใช้น้ำหนักเฉลี่ยของสะเก็ดหลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนการหาตำแหน่งที่สะเก็ดชนเป้าหมาย และความหนาแน่นของสะเก็ดบริเวณนั้น ในขั้นตอนนี้จะต้องทำการหาตำแหน่ง และความหนาแน่นของสะเก็ดที่ระยะรัศมีต่างๆกัน เพื่อใช้เป็นข้อมูลดิบในการพล็อตคอนทัวร์ความหนาแน่นของสะเก็ด ซึ่งคอนทัวร์ที่ความหนาแน่นของสะเก็ดเท่ากับ 2 ชิ้น/ตรม. ก็จะเป็นขอบเขตบริเวณพื้นที่อันตรายสำหรับเป้าหมายที่เป็นบุคคล อย่างไรก็ตามจะต้องทำการตรวจสอบว่าพลังงานจลน์ของสะเก็ดที่วิ่งไปถึงขอบเขตพื้นที่อันตรายมีค่ามากเพียงพอในการทำลายเป้าหมายได้หรือไม่ จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่าขอบเขตพื้นที่อันตรายของหัวรบแบบหวังผลจากสะเก็ดนั้นไม่ได้เป็นรูปวงกลมล้อมรอบหัวรบ แต่มีลักษณะครอบคลุมบริเวณกว้างในบริเวณที่เป็นมุมยิงของสะเก็ด ซึ่งครอบคลุมออกไปเป็นระยะทางไกลสุดประมาณ 27 เมตรจากตำแหน่งหัวรบ

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Charron, Y. (1979). *Estimation of velocity distribution of fragmenting warheads using a modified Gurney method*, Air Force Institute of Technology.
- [2] U.S. Army Materiel Command (1962). *Elements of terminal Ballistics, Part One, Introduction, Kill Mechanics and Vulnerability*.
- [3] Tanapornraweevit, G. and Kulsirikasem, W. (2011). *Lethality Assessment of High Explosive*

(HE) Warhead with Preformed Fragments, paper presented in the *26th International Symposium on ballistics*, Miami, FL, USA.

[4] N.F. Mott, Army Operations Research Group (1943). *Fragmentation of high explosive shells, A theoretical formula for the distribution of weights of fragments*.

[5] NAVSEA, Dahlgren AAV 30 mm HE lethality testing, *Test procedures and casualty models*.

[6] *Introduction to Naval Weapons Engineering - Damage Prediction*, URL:

http://www.fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/dam_crit/dam_crit.htm, access on 2010.