國軍事運營分析學會誌
10 卷, 第1號, 1984.6.

破片彈藥의 效果測定方法 및 要望効果에 대한 彈藥所要算出節次

김 충 영*

要 約

현재 韓國軍에서 適用하고 있는 破片彈藥의 效果를 測定하는 方法은 대체로 3가지로 區分할 수 있다. 그 하나는 一發命中確率을 算定하여 사용하는 方法이고 두째는 聯合武器效果 매뉴얼 (JMEM)에서 사용되는 方法이며 세째는 死傷者 評價모델 (CAM)에서 사용되는 方法이다.

이들 세技法은 軍에서 흔히 사용되고 있으나 그 長短點을 評價함이 없이 사용되어 온 감이 없지 않다. 따라서 이들 技法의 理論的 背景을 檢討하고 短點을 分析하여 將次 韓國地域에 適合한 技法으로 改善發展 되어야 할 分野를 技術資料面과 技法面으로 區分하여 提示한다.

紹 介

火器의 效果를 測定하는 技法은 지금까 많이 발전하여 왔으나 그 技法의 長短을 分析 評價함이 없이 사용해온 감이 지 않다. 따라서 현재까지 우리나라에 사용되어 왔던 여러 火器의 效果測定 法中 破片火器의 效果를 測定하고 또 望被害에 도달할 수 있는 所要彈數를 出하는 方法에 대해 討議하고 分析評價 서 장차 硏究發展되어야 할 方向을 提 하는 것이 要望되고 있다.

火器種類는 一般的으로 彈의 性格에 따 破片火器와 非破片火器로 區分할 수 있다. 破片火器는 砲彈이 標的地域에 近接 또는 接着할 때 발생하는 破片에 의해 人員 또는 物資에 被害를 주는 火器이다. 따라서 破片火器는 標的地域을 破片으로 덮어 그 標的에 被害를 주므로 地域標的射擊火器라고도 한다. 非破片火器는 小銃 對戰車火器 같이 彈이 標的에 命中함으로써 그 標的에 被害를 주는 火器이다. 따라서 이런 種類의 火器를 點標的射擊火器라고도 한다.

여기서는 破片火器의 效果를 評價하기 위하여 開發된 技法을 檢討하고 그 技法에 包含하고 있는 중요 假定事項을 討議하고 장차 硏究되어야 할 要望課題에 대하여 論하고자 한다.

* 國防大學院

2. 技 法

破片火器의 效果를 評價하는 技法은 主로 4가지로 大別할 수 있다. 하나는 一發命中確率의 分布를 基礎로 彈爆發地點에 따른 命中確率과 그 彈의 致死面積을 土臺로 被害率를 算定하는 方法이다. 이러한 技法은 Breaux (1968), Eckler (1969), Grubbs(1968), Guenther 와 Terragno(1964), Helgert(1971), Mcnolty(1965,1968)등에 의해 발전되었다. 두번째는 실제 致死面的은 射擊發數와 彈의 信賴度의 函數로 보고 射擊部隊의 豫想 커버地域과 실제 致死面積과의 比率과 標的을 덮을 수 있는 比率을 土臺로 被害率를 算定하는 技法이다. 聯合技術協助國(Joint Technical Co-ordinating Group)은 이 技法을 사용하여 JMEM을 작성하였다. 세번째는 發射된 彈에 영향을 주는 各種誤差를 실제와 같이 模擬하므로써 爆發地點과 標的과의 거리를 算定하고 彈의 致死面積과 이 거리를 比較하여 標的의 被害率을 算定하는 方法이다. 끝으로 戰區級워게임과 같은 概略的으로 描寫되는 워게임모델에 흔히 사용되는 方法으로써 이 技法은 本 硏究書에서는 說明을 略하고 다른 세가지 技法을 說明하면서 討議하도록 한다.

3. 一發被害率技法

一發命中確率(Pssk)은 彈이 目標地點에 爆發하는 確率로 表示될 수 있다.

則

$$Pssk = \sum_{\text{모든 폭발 지점}} Pr\left[\begin{matrix}x \text{ 와 } x+\triangle x \\ \text{사이에 탄착폭} \\ \text{발함으로 표적} \\ \text{에 주는 피해}\end{matrix}\right]$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} P(x)\,dx = Pr\left[\begin{matrix}x \text{ 와 } x+dx \text{ 사} \\ \text{이의 탄착}\end{matrix}\right]$$

$$\cdot\, Pr\left[\begin{matrix}\text{폭발에 의한} \\ \text{표적 피해}\end{matrix} \Big/ \begin{matrix}x\text{와 } x+dx \\ \text{사이의 탄착}\end{matrix}\right] \quad (1$$

단, x는 표적지점

$\triangle x$는 아주 짧은 구간

$Pr\left[\begin{matrix}x\text{와 } x+dx \\ \text{사이의 탄착}\end{matrix}\right]$은 彈着地點分布로 表示될 수 있으며 $Pr\left[\begin{matrix}\text{폭발에 의한} \\ \text{표적살상}\end{matrix} \Big/ \begin{matrix}x\text{와 } x+dx \\ \text{사이에 탄착}\end{matrix}\right]$은 爆發後 致死確率로 示된다.

特別한 例로 彈着地點分布를 正規分〔f(x ; μ, σ)〕로 致死確率을 指數布〔$\ell(x;a)$〕로 假定한다면 각각 다과 같이 表示된다.

$$f(x;\mu,\sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma} \exp\left\{-\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right\} \quad (\;$$

$$\ell(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2a^2}\right) \quad (\;$$

단, x : 標的地點으로 부터의 거리

μ : 平均彈着地點

σ^2 : 爆發地點의 分散

a : 彈의 致死거리

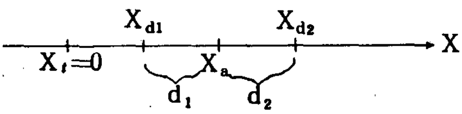
等式(2)와 (3)을 (1)에 代入하여 간단히 면 다음과 같이 表示된다.

$$Pssk = \frac{a}{\sqrt{a^2+\sigma^2}} \exp\left\{-\frac{\mu^2}{2(a^2+\sigma^2)}\right. \quad (\;$$

이 技法의 短點은 破片火器는 一發 써 射擊하는 것이 아니라, 통상 砲隊로 射擊하며 또한 彈着地點誤差는 目標點照準에 따른 誤差와 彈自體에 의한

. 投發手段誤差)가 있는데 目標照準에
ㅏ 誤差는 考慮하지 않고 있다.

ㅣ기서 砲除一齊射 境遇에 標的照準誤
ㅏ 投發手段誤差를 모두 考慮하는 方法
導出하기 위해 다음 變數를 定義한다.



$_t$: 標的 位置
$_a$: 標的 照準點
$_i$: i 번째彈의 彈着地點. $i = 1, 2 \cdots$
$l_i = X_{d_i} - X_a,\ i = 1, 2, \cdots$

ㄴ리고 數式을 導出하기 위해 다음 5
ㅣ 事項을 假定한다.

. 標的中央이 $X_t = 0$ 인 標的에 交戰
ㅏ.

. 一齊射發數가 n 發일때 n 發 모두
準點 X_a 에 照準한다. X_a 는 確率變數
ㄱ 正規分布를 하며 平均이 μ_a 이고 分
는 σ_a^2 이다. 則

$$f_{x_a}(X_a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_a} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_a-\mu_a}{\sigma_a}\right)^2\right\}$$

. 彈着點誤差는 確率變數이며 다음과
ㅣ 表示된다.

$$D_i = X_{d_i} - X_a$$

ㄴ리고 D_i 는 確率變數이고 獨立이며
이고 다음과 같이 表示되는 正規分布
(X_d) 를 따른다.

$$g_{x_d}(X_d) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ \sigma_d}$$

$$\cdot \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_d-X_a}{\sigma_a}\right)^2\right\}$$

4. a를 彈의 致死距離라고 하고 標的
ㄹ(X_t)과 彈着地點(X_{d_i})間 거리를
γ라고 하면 γ은

$$\gamma = X_{d_i} - X_t$$

이며, 이때 致死函數는 γ의 增加에 따라 指數函數로 減少한다면 致死函數 $[\ell(\gamma)]$은 다음과 같이 표시된다.

$$\ell(\gamma) = \exp\left(-\frac{\gamma^2}{2a^2}\right)$$

5. n 發 射擊에 대한 重復被害는 없는 것으로 한다.

上記 假定下에 n 發 一齊射擊을 실시하여 標的被害確率은 아래와 같이 表現된다.

$$\Pr\left[\begin{matrix}\text{n 발 일제사격후}\\ \text{표적 피해}\end{matrix}\right]$$

$$= \Pr\left[\begin{matrix}X_a \text{ 와 } X_a + \triangle X_a\\ \text{사이에 조준}\end{matrix}\right]$$

$$\cdot \Pr\left[\begin{matrix}\text{n 발 사격하여}\\ \text{표적 피해없음}\end{matrix} \Big/ \begin{matrix}X_a\text{ 에}\\ \text{조준}\end{matrix}\right]$$

$$= 1 - \Pr\left[\begin{matrix}X_a \text{ 와 } X_a + \triangle X_a\\ \text{사이에 조준}\end{matrix}\right]$$

$$\cdot \Pr\left[\begin{matrix}\text{n 발 사격하여}\\ \text{표적 피해없음}\end{matrix} \Big/ \begin{matrix}X_a\text{ 에}\\ \text{조준}\end{matrix}\right]$$

$$= P_k(n) \qquad (5)$$

$$\Pr\left[\begin{matrix}\text{n 발 사격하여}\\ \text{표적 피해없음}\end{matrix} \Big/ \begin{matrix}X_a\text{ 에}\\ \text{조준}\end{matrix}\right]$$

$$= (1 - Pssk/x_a)^n \qquad (6)$$

$$\Pr\left[\begin{matrix}X_a \text{ 와 } X_a + dx_a\\ \text{사이에 조준}\end{matrix}\right]$$

$$= f_{x_a}(X_a)\,dx_a$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\,\sigma_a}\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{X_a-\mu_a}{\sigma_a}\right)^2\right\}dx_a \qquad (7)$$

等式(4),(6),(7)를 (5)에 代入하여 간략히 하면 다음과 같다.

$$P_k^{(n)} = a\sum_{k=1}^{n}\binom{n}{k}\left[\frac{-a}{\sqrt{a^2+\sigma_d^2}}\right]^{k-1}$$

$$\cdot \exp\left\{\frac{-K\mu_a^2}{2(a^2+\sigma_d^2+K\sigma_a^2)}\right\} / \sqrt{a^2+\sigma_d^2+K\sigma_a^2} \quad (8)$$

等式(4)와 (8)은 X軸만 考慮하였다. 그러나 X軸과 y軸 다시 말하면 사거리上과 偏角上誤差가 다르다면 X와 y의 變數를 동시에 考慮하여야만 한다.

이러한 方法은 Grubbs(1968)에 의해 硏究發展되었다.

일단 一發被害確率이 決定되면 標的에 대해 一齊射를 m번 했을 경우 標的被害($\triangle T$)는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\triangle T = T\,[\,1-\{\,1-P_k(n)\}^m\,] \quad (9)$$

단, T : 射擊前 標的地域內 標的數

$\triangle T$: 射擊後 被害 입은 標的數

m : 一齊射 실시 回數

만약 要望被害率이 α라고 한다면 $\alpha=\frac{\triangle T}{T}$ 이며 等式(9)로부터 m를 구할 수 있다.

$$m = \frac{\ell n(1-\alpha)}{\ell n\,[1-P_k(n)]} \quad (10)$$

總射擊發數는 n發 一齊射를 m回 實施하였으므로 n×m發이 된다.

이 技法은 照準點 및 彈과 그 彈의 投發手段의 誤差로 인해 발생하는 彈着點分布를 알아야만 되며 彈이 爆發됐을때 彈着地點으로부터 標的地點까지 거리로 表示되는 致死分布를 알아야 한다. 이 方法의 短點은 첫번 一齊射效果와 두번째 一齊射效果는 다음 事實에 의거 그 效果가 같지 않다.

1. 標的의 移動 또는 防護

2. 一齊射 發數間 重復被害 誘發 더구나 致死面積은 砲隊의 配置와 射向束에 따라 달라진다. 따라서 連續一齊射로 射할 때는 重復效果와 彈着形態(砲隊配置 射向束은 彈着形態를 決定지어 준다)를 慮하는 被害評價方法의 導出이 要望된ㄷ

4. 彈着形態와 重復效果를 考慮한 方

砲隊配置와 射向束에 따라 決定되는 着形態와 連續一齊射 射擊에 의한 重復果 및 標的面積을 考慮하는 被害確率 聯合技術協調團 JMEM을 作成하는데 용되었다.

이 技法은 먼저 標的地域에 彈이 彈되었다는 假定下에서 출발한다. 이때 着形態가 덮을 수 있는 被害地域內 실 致死面積을 比較, 致死確率(P_k)를 計算다. 則

$$P_k = \frac{(\text{砲隊 1 發彈數})(\text{1개彈의 信度})(\text{1개彈의 예상致死面積})}{(\text{彈着形態가 덮을 수 있는 被地域})(\text{일제사重復效果})}$$

$$= \frac{(N_R)(\gamma_R)(A_L)}{(A_{VP})(OF)} \quad (1$$

단, P_k : 被害確率

N_R : 一齊射 發數

γ_R : 發射彈의 信賴度

A_L : 彈 1發의 豫想 致死面積

A_{VP} : 一齊射의 彈着形態가 덮 수 있는 被害地域

OF : 重複效果因數

一齊射 射擊時 彈着形態가 덮을 수 있 被害地域內 標的이 殘留할 수 있는 確(P_s)은

$$P_s : 1-P_k \quad (1$$

一齊射를 N_V번 連續射擊할 경우 被害域內 標的이 殘留할 수 있는 確率 $[P_s(N_V)]$은

$$P_s(N_V) = P_s^{N_V(OF)} \quad (1$$

齊射를 Nv 번을 射擊後 被害地域內 標이 被害를 받을 確率은

$$P_k(N_V) = 1 - P_s(N_V) = 1 - (1 - P_k)^{N_V(OF)} \quad (14)$$

齊射에 의한 彈着形態가 標的地域을 덮 수 있는 정도는 아래와 같이 定義된다. EC_R 은 一齊射의 彈着形態가 標的 地을 사거리상으로 덮을 수 있는 豫想比 EC_D 는 一齊射의 彈着形態가 標的 地을 偏角上으로 덮을 수 있는 比率, 따서 標的地域의 被害比率 (F_D) 는

$$F_D = EC_R \cdot EC_D \cdot P_k(N_V) \quad (15)$$

式(11)과 (14)를 等式(15)에 代入면

$$F_D = EC_R \cdot EC_D \left[1 - \left(1 - \frac{N_R \cdot \gamma_R \cdot A_L}{A_{VP} \cdot OF}\right)^{N_V \cdot OF}\right] \quad (16)$$

같이 된다. 이 方法은 통상 Super !uickil II 技法이라 일컫는다. 그리고 !數 A_{VP}, OF, EC_R, EC_D 의 算定過 !은 別紙에 說明하였다.

만약 標的에 대해 要望被害率에 도달할 까지 射擊을 한다면 이에 대한 所要發 !는 等式(16)에서 아래와 같이 導出된

$$N_V = \frac{\ln\left(1 - \frac{F_D}{EC_R \cdot EC_D}\right)}{(OF)\ln\left(1 - \frac{N_R \cdot \gamma_R \cdot A_L}{A_{VP} \cdot OF}\right)} \quad (17)$$

等式(16)을 사용하는 被害率算定方法 彈이 항시 標的地點에 彈着하는 것으 假定하기 때문에 P_k 는 다음과 같이 示될 수 있다.

P_k = Pr [탄착형태가 덮을 수 있는 피해지역내 표적피해 표적지역에 탄착]

이 方法은 修正射擊(觀測者가 標的을 보고 彈을 誘導)에는 適合하나 非修正射擊에는 照準誤差를 考慮하여야만 한다. 또한 要望被害率에 도달할 수 있는 所要彈藥 算定時에는 彈이 標的地域에 誘導되기 前에 發射된 彈數를 追加的으로 考慮해 주어야만 한다. 그러므로 射擊할 때마다 標的地域命中 與否를 確認하여 被害率을 累積하고 消耗된 彈藥을 計算하는 方法이 考案되었다.

5. 彈着地點을 模擬하는 技法

이 方法은 標的을 要望被害水準에 이르는데 必要한 彈藥所要를 算出하는데 사용된다. 所要彈藥을 算出하는 過程은 세段階로 區分할 수 있다. 첫째는 標的地域上에 떨어지는 개개彈의 位置를 評價한다. 둘째는 標的地域內 개개 標的에 대해 致死率를 分析한다. 셋째는 發數에 해당하는 標的地域內 全標的의 被害率을 計算한다.

發射된 彈이 標的地域內 彈着與否을 決定하기 위해서는 標的地域에 대한 假定과 投發手段에 대한 假定事項이 必要하다. 먼저 標的地域은 圓形이며 標的은 2 地域內 均等하게 分布되었다고 假定한다.(부록2 참조). 편의상 이러한 標的地域을 標準標的이라 일컫는다.

다음은 投發手段에 의해 發射된 彈의 標的地域上에 彈着되는 位置는 다음 다섯가지 要素에 의해서 決定된다고 假定한다.

가. 射向束効果

砲隊內 各砲의 照準點은 彈着點에 영향을 준다. 彈着點은 다음과 같이 方眼座標

로 表示할 수 있다.

$$S_t = (X_t^s,\ y_t^s)$$

단, t : 火砲번호

S_t : 사항속에 의한 彈着點

S_t는 平行射向束 일때는 火砲位置가 되며 集中射向束 일때는 火砲位置가 되며 集中射向束 일때는 (0, 0)가 된다.

나. 圖心誤差効果

이 誤差는 探知者가 標的中央을 잘못 標定하므로써 發生한다. 다시 말하면 이러한 誤差는 標的地域內 標的을 探知하여 이 標的에 대해 照準點을 選擇하는 過程에서 誘發한다. 標準圖心誤差(C)는 다음과 같이 定義한다.

$$X^C = \sqrt{\mu_1}\ R\cos(2\pi\mu_2)$$
$$y^C = \sqrt{\mu_1}\ R\sin(2\pi\mu_2)$$

단, X^c : 方向上 圖心誤差

y^c : 사거리上 圖心誤差

R : 標的半徑

μ_1과 μ_2 : 0과 1사이를 변하는 一樣(uniform)分布를 갖는 確率變數.

그러면 標準圖心誤差는 다음과 같다.

$$C = (X^C,\ y^C)$$

다. 探知手段의 誤差

探知手段의 誤差는 不確實한 標的情報에서 나오거나 選定된 照準點의 精密度가 낮으므로써 誘發된다. 探知手段(Q)는 다음과 같이 表示된다.

$$Q = (X^Q, y^Q)$$
$$X^Q = \alpha Z_1 S$$
$$y^Q = \alpha Z_2 S$$

단, S : 探知手段의 圓公算誤差(CEP)

X^Q : 探知手段의 偏角上 誤差

y^Q : 探知手段의 사거리上 誤差

Z_1, Z_2 : 正規分布로 변하는 確率變數

α : 媒介變數

라. 砲隊誤差効果

이 誤差는 砲隊에서 射擊되는 모든 數에 대해 一般的으로 發生하는 體系誤差(system error)이다. 砲隊誤差(μ_b)는 다음과 같이 表現된다.

$$\mu_b = (X_b^U,\ y_b^U),\quad b = 1, B$$
$$X_b^U = \beta Z_1 E_d$$
$$y_b^U = \beta Z_2 E_r$$

단, b : 砲隊번호

X_b^U : b砲隊의 偏角上 誤差

y_b^U : b砲隊의 사거리上 誤差

E_d : 砲隊火砲體系上 偏角公算誤差

E_r : 砲隊火砲體系上 사거리公算誤差

Z_1, Z_2 : 正規分布를 가진 確率分

β : 媒介變數

B : 射擊에 참여하는 砲隊數

마. 附屬弾 誤差

이 誤差는 發射되는 모든 ICM (Improved Conventional Munition) 의 分散에 영향을 준다. 이 誤差는 개개 發射彈에 대해 發生하므로 火砲別 砲隊別 및 砲隊發數別로 識別하여 다음과 같이 表示한다.

$$W_{tbv} = (X_{tbv}^W,\ y_{tbv}^W)$$
$$X_{tbv}^W = \delta Z_1 E_d$$
$$y_{tbv}^W = \delta Z_2 E_r$$
$$t = 1, T$$
$$b = 1, B$$
$$v = 1, V$$

단, T : 砲隊內 火砲數

B : 射擊에 참여하는 砲隊數

V : 最大 砲隊一齊射 發數

W_{tbv} : b 砲隊 t 火砲가 v 번째 (射)된 彈의 附屬彈 誤差

X^{W}_{tbv} : b 砲隊內 t 火砲의 v 번째 射된 附屬彈의 偏角上 誤差

y^{W}_{tbv} : b 砲隊內 t 火砲의 v 번째 射된 附屬彈의 사거리上 誤差

Z_1, Z_2 : 正規分布를 가진 確率變

δ : 媒介變數

E_d, E_r : 砲隊誤差에서 定義된 과 같음.

屬彈效果는 彈差中心에는 영향을 주지 고 다만 砲隊發 被害效果半徑에 영향을 다. 따라서 이 誤差는 ICM彈에만 適 하고 HE 彈等 재래식彈에는 사용않는다. 結果的으로 上記 假定에 의거 砲隊發의 均彈着中心(I)은 다음과 같이 表示된

$$X_{tbv} = S_t + C + Q + U_b + W_{tbv} = (X^{I}_{tbv},\ y^{I}_{tbv})$$

$$X^{I}_{tbv} = X^{s}_{t} + X^{C} + X^{Q} + X^{U}_{b} + X^{W}_{tbv}$$

$$y^{I}_{tbv} = y^{s}_{t} + y^{C} + y^{Q} + y^{U}_{b} + y^{W}_{tbv}$$

단, $t = 1, T$

$b = 1, B$

$v = 1, B$

ICM彈이 아니면 $W_{tbv} = 0$ 즉, X^{W}, $y^{W} = 0$

단, X^{I}_{tbv} : b 砲隊 t 火砲의 v 번째 一射發數의 偏角上 彈着中心.

y^{I}_{tbv} : b 砲隊 t 火砲의 v 번째 一射發數의 사거리上 彈着中心.

標的中心 座標(T^C)를 $T^C = (X^{TC}, y^{TC})$ 고 한다면 標的中心(T^C)와 彈着中心 I_{tbv})과의 거리 (D)는 $D = T^C - I_{tbv}$이

즉, $D = (X^{D}_{tbv},\ y^{D}_{tbv})$라 한다면

X^{D}_{tbv} : $| X^{TC} - X^{I}_{tbv} |$

Y^{D}_{tbv} : $| y^{TC} - y^{I}_{tbv} |$

로 表示되며 고로 $D = \sqrt{(X_{tbv})^2 + (y_{tbv})^2}$ 이 된다.

두번째는 標的地域에 爆發된 彈의 致死程度를 分析한다. 致死確率은 標準標的地域面積(부록 2 참조)과 致死面積의 比率로 定義할 수 있으며 重複致死要素를 勘案하여 多數彈이 標的地域에 彈着하게 되면 그 效果는 減少하게 되므로 指數分布로 假定한다면 다음과 같이 表示될 수 있다.

$$P_k(i, v) = 1 - \exp(NSLF_SF_M) / \pi R^2$$

단, i : 標的要素

v : 一齊射射擊發數

R : 標準圓形標的 半徑

N : 射擊發數中 半徑 R이내 彈着되는 彈數

S : 1 個 彈內 附屬彈數(ICM 彈에만 適用)

L : ICM彈 境遇 附屬彈의 致死面積

π : HE彈 境遇 彈의 致死面積

F_M : 彈의 信賴度

F_S : 附屬彈의 信賴度(ICM 彈에만 適用)

S, L, F_M 및 F_S는 彈種만 決定되면 技術資料에서 그값을 얻을 수 있다. R은 標的 크기에 따라 標的을 圓形으로 看做하여 그 半徑으로 決定한다. N는 彈着中心(I_{tbv})와 標的中心(T^C)간 거리인 D와 R을 比較하여 決定한다. 則

D < R면 이 彈은 標的地域에 命中

D > R면 이 彈은 標的地域에서 벗어난다.

이러한 事項은 模擬技法을 통해서 N를 決定할 수 있다.

세번째 段階는 豫想 被害率算定이다. E(v)를 v번째 一齊射를 포함해서 그이전 一齊射에 의해 誘發된 豫想被害率이라 定義하고 $P_k(i,v)$를 標的地域內 i번째 標本標的이 v번째 一齊射에서 致死되는 確率이라고 定義한다면 標準圓形標的地域內 標本標的 100個(부록2참조)에 대한 豫想被害率 E(v)는 다음과 같이 算定된다.

$$E(1) = \sum_{i=1}^{100} \{ P_k(i,1)$$

$$E(2) = E(1) + \sum_{i=1}^{100} \{ P_k(i,2) \times [1-P_k(i,1)] \}$$

$$\vdots \qquad \vdots$$

$$E(v) = E(v-1) + \sum_{i=1}^{100} \{ P_k(i,v) \times \prod_{j=1}^{v-1} [1-P_k(i,j)] \}$$

어떤 標的에 대해 射擊한 一齊射發數가 n이고 要望被害率에 이를때까지 v發을 射擊했다면 그 標的에 대한 所要彈藥數는 nv가 된다.

이 方法은 標的地域內 標本標的 100個가 均等하게 分布되어 있다고 假定하고 있으므로(부록2참조) 실제 標的地域半徑을 어떻게 定하는냐에 따라 다음과 같은 문제점이 있다.

1. 標的地域半徑을 크게 잡으면 標本標的은 中央에 集中하게 되고

2. 標的地域半徑을 적게 잡으면 標本標的은 地域內 均等하게 分布된다고 볼 수 있으나 外廓地域에 있는 標本標的은 除外되게 된다.

이 技法은 死傷者 評價 매뉴얼에서 使用되고 있으며 COSAGE모델에서 破片彈藥所要를 算定하는데 사용되고 있다. 이 COSAGE모델은 美概念分析局에서 과거 彈藥所要算定모델인 AMMORATE 모델을 改善한 워게임모델이다.

6. 將次 研究發展되어야 할 課題

지금까지 標的被害를 評價하고 所要彈藥을 算定하는 3가지 技法을 紹介하였지만 모두 長短點을 內包하고 있음을 알 수 있다. 따라서 앞으로 改善發展시켜야 할 餘地가 충분히 있음을 알 수 있다. 이러한 發展시켜야 할 分野는 대체적으로 技術資料面과 技法面으로 分類할 수 있다.

技術資料는 이미 설명한 3가지 技法에 대한 人力資料로써 妥當性과 信賴性 있는 測定方法을 사용하여 體系的인 實驗을 통하여 얻어질 수 있다. 3가지 技法에 대한 技術人力을 나열해 보면 다음과 같다.

가. 一發被害確率技法

- 照準誤差를 제외한 彈着地點誤差의 確率分布($g(X_d)$, μ_d, σ_d).
- 照準點誤差에 대한 確率分布($f(X_a)$, μ_a, σ_a).

나. 彈着形態와 重複効果를 고려한 技法.(附錄1 參照)

- 落角(w) 및 彈의 致死面積(A_L)
- 사거리 및 偏角精密公算誤差(REP_P, DEP_P).
- 彈着形態의 길이와 폭(L_V, W_V)
- 標的位置 誤差(TLE)
- 平均사거리 및 偏角彈着 誤差(REP_M DEP_M)
- 標準標的크기 (L_T, W_T, 半徑(R_T))
- 被害形態調整因數(K)

特히 上記人力 技術資料는 JMEM을 作成하는데 사용되는 자료이다. 그러므로 韓國地形의 特性에 맞는 JMEM의 作成이 要望된다. 다시 말하면 山岳地域 또는 農繁期의 논地域등에 대한 武器效果表 作成이 절실하다.

다. 彈着地點을 模擬하는 技法

- 圓心誤差의 確率分布
- 探知手段의 圓公算誤差의 確率分布 사거리와 偏角公算誤差
- 砲隊武器體系誤差의 確率分布 및 사리와 偏角公算誤差
- 附屬彈의 分散分布

技法面에서는 彈着形態와 重複效果를 慮한 方法은 항상 彈이 標的地域에 命할 것으로 보고 被害를 評價하고 있고 精密公算誤差, 彈着公算誤差 및 標的置誤差만 고려하여 彈이 標的地域을 덮 수 있는 豫想比率를 算出하고 있으므 武器體系上 誤差를 추가적으로 고려여 標的地域內 彈着하는 豫想有效發數 等式 16 에서 N_R)를 決定해서 評價하 것이 보다 現實性이 있다고 判斷된다. 彈着地點을 模擬하는 技法에서는 항상 準標的만을 고려하고 있다. 실제 사항서는 標的地域內 標本標的은 標的中心로 正規分布로 分布되어 있다고 보는이 보다 妥當性이 있다. 따라서 標本標이 正規分布일 경우 이에 대한 위치를 정하여 被害評價하는 方法論의 研究가 望된다. 한편 部隊는 통상 橫隊隊形으 展開된다고 본다면 標的地域을 圓形이니라 直四角形 形態로 보고 이 形態內 本標的이 無作爲하게 分布되어 있다는 項하에 被害를 評價하는 技法開發이 要된다.

附錄 1 重複效果 및 標的地域을 덮을 수 있는 豫想比率

가. 重複效果

$$OF = \frac{N_R \cdot A_{AP}}{A_{VP}}$$

1. 調整된 1發被害面積 (A_{AP})은

$$A_{AP} = L_{AP} \cdot W_{AP}$$

2. 1發被害面積의 사거리要素 (L_{AP})와 偏角要素 (W_{AP})는

$$L_{AP} = L_{DP} + K(REP_P)$$
$$W_{AP} = W_{DP} + K(DEP_P)$$

3. 1發被害面積의 거리 (L_{DP}) 및 폭 (W_{DP})는

- HE탄 경우 :

$$L_{DP} = 2\sqrt{\frac{A_L(1-0.8\,\mathrm{Cos}\,\omega)}{\pi}}$$

$$W_{DP} = \frac{L_{DP}}{(1-0.8\,\mathrm{Cos}\,\omega)}$$

- ICM탄 경우

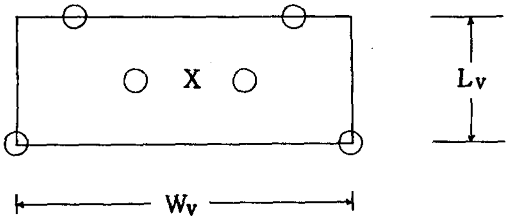
$$L_{DP} = \sqrt{\pi}\ R_{SP}$$
$$W_{DP} = \sqrt{\pi}\ R_{SP}$$

$$A_L = L_{DP} \cdot W_{DP}\left[1-\exp\left(\frac{N_S \cdot \gamma_S \cdot A_L}{L_{DP} \cdot W_{DP}}\right)\right]$$

4. 擴大推定된 砲隊一齊射時 被害地域 (A_{VP})는 $L_{VP} = L_{AP} + L_V$, $W_{VP} = W_{AP} + W_V$ 로 주면

$$A_{VP} = (L_{AP} + L_V) \cdot (W_{AP} + W_V)$$
$$= L_{VP} \cdot W_{VP}$$

단, K : 被害形態 調整因數
R_{SP} : ICM탄의 附屬彈의 致死半徑
N_S : 附屬彈數
γ_S : 附屬彈의 信賴度
REP_P : 사거리상 精密公算 誤差
DEP_P : 偏角상 精密公算 誤差
w : 落角
A_L : 1發의 致死面積
L_V 및 W_V : 다음과 같이 砲隊一齊射時 彈着形態에서 定義된다.



나. 標的地域을 덮을 수 있는 豫想比率

$$EC_R = \frac{\alpha(REP_{TM})(FL)}{L_T}$$

$$EC_D = \frac{\alpha(DEP_{TM})(FW)}{W_T}$$

단, α : 媒介變數이며 통상 2.96임

1. 標的地域 거리 (L_T) 및 폭 (W_T)

$$L_T = W_T = \sqrt{\pi}\,(R_T)$$

단, R_T : 標的地域半徑

2. 彈着公算誤差의 사거리상 總平均地點(REP_{TM}) 및 偏角上 總平均地點(DEP_{TM})

$$REP_{TM} = \sqrt{(REP_M)^2 + (\beta(TLE))^2}$$

$$DEP_{TM} = \sqrt{(DEP_M)^2 + (\beta(TLE))^2}$$

단, β : 媒介變數이고 통상 0.573 임.

REP_M : 사거리상 平均彈着公算誤差

DEP_M : 偏角상 平均彈着公算誤差

TLE : 標的位置誤差

사거리상 標的地域을 덮을 수 있는 豫想比率(EC_R)는 豫想被害거리($E(L_{VP})$) 나누기 標的地域거리라 定義할 수 있다.

$$EC_R = \frac{E(L_{VP})}{L_T}$$

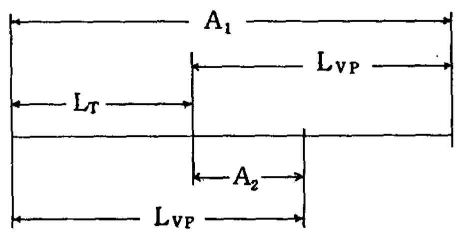
$E(L_{VP})$를 確率變數로 보고 正規分布라고 假定한다면 다음과 같이 標準化된 確率變數로 轉換된다.

$$\frac{E(L_{VP})}{\alpha REP_{TM}} = FL, \text{ 단, } \alpha = 2.96$$

$$E(L_{VP}) = \alpha\, REP_{TM}(FL)$$

마찬가지로 $E(W_{VP}) = \alpha\, DEP_{TM}(W_L)$ 가 된다.

다음은 FL과 W_L을 算定하기 위하여 標的地域을 덮어야 할 거리(目標거리)와 超過덮을거리를 圖表上에서 定義한다.



이 두거리를 標準化하면

$$a_1 = \frac{A_1}{\alpha\, REP_{TM}} = \frac{L_{VP} + L_T}{\alpha\, REP_{TM}}$$

$$a_2 = \frac{A_2}{\alpha\, DEP_{TM}} = \frac{|L_{VP} - L_T|}{\alpha\, DEP_{TM}}$$

같은 方法으로 폭에 관한 거리를 標準化하면

$$b_1 = \frac{W_{VP} + W_T}{\alpha\, DEP_{TM}}$$

$$b_2 = \frac{|W_{VP} - W_T|}{\alpha\, DEP_{TM}}$$

이 된다. x를 確率變數이며 彈着中心과 標的中心과의 거리라고 한다면 a_1은 덮을 수 있는 期待거리이고 a_2는 超過로 덮을 수 있는 最大거리이다. 그러면 FL과 FW은 각각 다음과 같이 定義할 수 있다.

IL = (사거리상 덮을 수 있는 期待値) − (사거리상 超過로 덮는 期待値)

FW＝(偏角上 덮을 수 있는 期待値)
　　－(偏角上 超過로 덮는 期待値)
x가 標的中心일때 덮을 수 있는 期待値는 a_1과 b_1에 近接하고 超過로 덮는 期待値는 a_2와 b_2에 近接한다. 따라서

$$FL = \int_0^{a1} (a_1 - x)\, f(x)dx - \int_0^{a2} (a_2 - x) f(x)\, dx$$

$$FW = \int_0^{b1} (b_1 - x)\, f(x)dx - \int_0^{b2} (a_2 - x) f(x)\, dx$$

로 表示할 수 있다. 즉 x가 0에 가까우면 덮을 수 있는 期待値는 커지고 x가 a_1에 가까우면 덮을 수 있는 期待値는 적어진다. a_2, b_1 및 b_2도 a_1과 같은 意味를 갖고 있다. $f(x)$를 標準正規分布로 假定하면

$$FL = \int_0^{a1} (a_1 - x) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} dx - \int_0^{a2} (a_2 - x) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} dx$$

$$= a_1 \int_0^{a1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} dx$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(a1)^2} - a_2 \int_0^{a2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2}$$

$$- \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(a2)^2}$$

$$= a_1 [F(a_1) - 0.5] + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(a1)^2}$$

$$= a_2 [F(a_2) - 0.5] - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(a2)^2}$$

마찬가지로

$$FW = b_1 [F(b_1) - 0.5] + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(b1)^2} - b_2 [F(b_2) - 0.5] + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(a2)^2}$$

으로 表示된다.

結論的으로 落角(W), 致死面積(A_L), 弾着形態(L_V, W_V), 精密公算誤差(PEP_P, DEP_P)를 알면 重複效果(OF)를 求할 수 있고 이에 追加하여 標的半徑(R_T) 平均弾着公算誤差(REP_M, DEP_M) 및 標的位置誤差(TLE)를 알면 標的地域을 덮을 수 있는 豫想比率을 算定할 수 있다.

附録 2　標準標的

標準標的은 다음 두 假定을 基礎로 發展시킨다.

假定 1　標準標的地域은 圓形이며 標本標的은 이 圓形內 均一하게 分布되어 있다.

假定 2　標準標的地域內　標本標的은 100개가 位置하고 있으며 이들 地點은 5개 環帶內 均一하게 分布되어 있다.

上記 두 假定을 根據로 圓形標的內 100개의 標本標的 位置를 구할 수 있다. 環帶의 內轂半徑을 S_i라 하고 外轂反徑을 R_i라 하고 i를 環帶의 순번이라고 하면 圓內 5개의 環帶가 있으므로 $i = 0, 1, 2, 3, 4$로 表示된다. 그리고 圓半徑을 1로 보면 環帶의 폭은 0.2이므로

$$S_i = 0.2i$$
$$R_i = 0.2(i + 1)$$
$$S_i = R_i - 0.2, \quad i = 0, 4$$

로 表示된다. 그리고 環帶 i의 面積(A_i)는

$$A_i = \pi(R_i^2 - S_i^2)$$
$$= \pi\{[0.2(i+1)]^2 - (0.2i)^2\}$$
$$= 0.04\pi(2i + 1)$$

로 表示된다. E_i를 i번째 環帶內 位置하는 標本標的數라고 한다면 다음 數式에 의거 標的을 均一하게 分布시킬 수 있다.

$$E_i = \frac{A_i}{A_1} E_1$$

$E_1 = 4$라고 한다면 $E_2 = 12$, $E_3 = 20$, $E_4 = 28$, $E_5 = 30$으로 모두 합하면 標本標的數 100이 된다. i번째 環帶의 中心半徑(Rc_i)는

$$Rc_i = \sqrt{(R_i^2 + S_i^2)/2}$$

로 表示되며, 이 環帶에 位置한 標本標的의 極座標位置(θ_{ij})는

$$\theta_{ij} = \frac{2\pi(j-1)}{E_i} \quad 단, \; i = 0.4, \; j = 1, E_i$$

로 表示된다. 이들 標本標的의 方眼座標는 다음과 같이 表現된다.

$$X_{ij} = Rc_i \cos\theta_{ij}, \quad y_{ij} = Rc_i \cos\theta_{ij} \quad 단, \; i = 0, 4, \; j = 1, E_i$$

참 고 문 헌

1. Breaux, H., "A Note on Two Coverage Problems for Multiple Shots." Operations Research, Vol. 16, 1968, pp.1239-1242.
2. Eckler, R.A., "A Survey of Coverage Problems Associated with Point and Area Targets." Technometrics, Vol. 11, No. 3, Aug. 1969, pp.561-589.
3. Grubbs, F., "Expected Target Damage for a Salvo of Rounds with Elliptical Normal Delivery and Damage Functions." Operations Research, Vol. 16, 1968, pp.1021-1026.
4. Guenther, W.C., and P.J. Terragno, "A Review of th Literature on a Class of Coverage Problem." An. Math. Statist., Vol. 35, 1964, pp.232-260.
5. Jones, C.M., "Artillery Casualty Assessment Model CAA, 1974.
6. Lee, Won Hyung, "Fortran Program for Expected Dama by Surface-to-Surface Weaons, MORS·K, Vol. 5, No. 1979, pp.37-72.
7. McCarthy, T., "Joint Muntion Effectiveness Manua (JMEM) and Application o Data." Proceedings of the Pacific Conference o Operations Research, 197 pp.546-570.
8. Mcnolty, F., "Kill Probability When the Lethal Effect as Variable." Operations Research, Vol 13, 1965, pp.478-482.
9. ___________, "Expected Coverage for Targets of Non-uniform Density." Operations Research, Vol 16, 1968, pp.1027-1040.
10. Helgert, H., "On the Computation of Hit Probability." Operation Researc Vol. 19, 1968, pp.668-68