

圖二 戰術載具目標預置航點基本偏角拉升飛行示意圖

二、研究方法概述

無人攻擊機與戰術攻擊機之空對地攻擊模式的任務規劃，包含不同之投放型態，如俯衝模式(Dive)、俯衝投彈模式(Dive/Toss)、平飛投彈模式(Level/Laydown)、爬升拋彈模式(Loft/Toss)及急速爬升投彈模式(Pop)等，其研究方法，如圖一所示，其任務規系統中，應依據空對地戰術拉升攻擊模式與目標預置航點的需求，定義投放型態、參數諸元及目標預置航點攻擊模式之參數諸元等，並以無人攻擊機動態系統分析、運動學分析及三維座標轉換(包含平移座標轉換、旋轉座標轉換及圓柱座標轉換等)方法等，完成自上一預置航點、經戰術拉升飛行、武器投放及逃脫模式，至下一預置航點之三維路徑演算法則，輸入各對應投放型態之參數，並解算其間隔時間之各飛行點飛行三維諸元(包含時間、位置、航程、姿態、航向、速度、G值等資訊之數值等)，發展無人攻擊機任務規劃攻擊模式系統之需求，建立可行與合理之演算法則。

三、目標預置航點基本偏角拉升飛行

圖二為戰術載具目標預置航點基本偏角拉升飛行

示意圖，該程序可涵蓋不同投放型態及逃脫模式，其諸元之定義如下：

1. 進入航向(Approach Heading)：在機翼改平拉升及爬升之飛行航向。
2. 攻擊航向(Attack Heading)：機翼改平進入攻擊時之航向，又稱為攻擊軸向。
3. 偏角(Angle-off)：進入航向與攻擊航向間之夾角。
4. 直線拉升(Direct POP-UP)：偏角小於 15° 者。
5. 偏角拉升(Offset POP-UP)：偏角大於 15° 至 90° 之間者。
6. 間接拉升(Indirect POP-UP)：偏角大於 90° 者。
7. 起始點(Initial Point-IP)：進入航向之起始點，通常為距離目標10至20海哩之明顯且獨立易於目視之目標。
8. 動作點/距離(Action Point/Range)：實施偏置轉彎已進入偏角或間接拉升攻擊時，距目標之距離及位置。
9. 拉升點(POP-UP Point)：戰術拉升攻擊之起始拉升位置。
10. 爬升角(Climb Angle)：開始戰術拉升動作所需爬升角度。

11. 戰術拉升到倒入點距離(Pop-to-Pull-Down Distance)：從拉升點到倒入點間地面距離，在炸射諸元計算中，是可預知並明確訂定之距離。
12. 倒入點(Pull-Down Point-PDP)：戰術拉升由爬升姿態轉為俯衝姿態之操作點。
13. 俯衝點(Dive Angle)：決定投放武器之角度。
14. 最高點(APEX)：在戰術拉升航線的最高位置。
15. 最小攻擊圈(Minimum Attack Perimeter-MAP)：以目標為中心，至起始追瞄點的位置為半徑之假想圓，此半徑隨炸射諸元及追瞄時間而改變。
16. MAP距離：MAP至目標距離，由炸彈飛行水平距離及追瞄時水平前進距離組合而成。
17. 追瞄(Tracking)：五邊自機翼改平至投彈階段。
18. 瞄準距離(Aim off Distance, AOD)：距目標12點鐘方位，飛行軌跡地面瞄準點至目標之水平距離。
19. 投彈高度(Release Altitude)：完成武器投放時距地面高度。

四、攻擊投放模式之分析

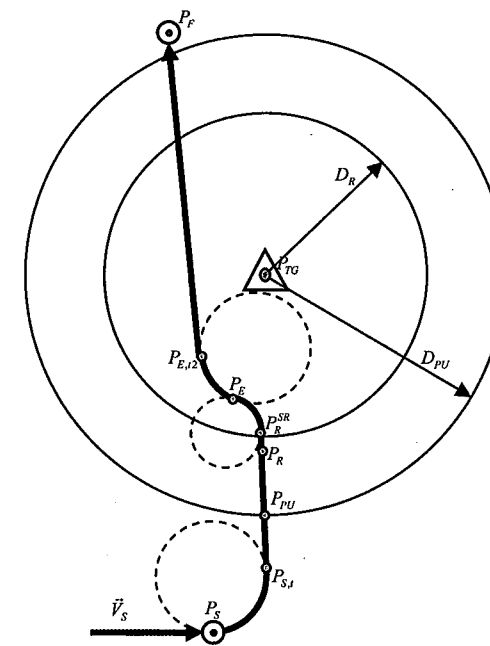
無人攻擊機攻擊投放模式，包含不同之投放型態，如俯衝模式(Dive)、俯衝投彈模式(Dive/Toss)、平飛投彈模式(Level/Laydown)、爬升拋彈模式(Loft/Toss)及急速爬升投彈模式(Pop)等，以下僅詳述爬升拋彈模式之分析，其餘之攻擊投放模式皆大同小異。

目標預置航點之爬升拋彈攻擊模式可分為四個階段(如圖三所示)：第一階段為起始階段，乃由上一預置航點 P_S 開始，至拉升點 P_{PU} ，如該預置航點為常轉點，則應具進入該預置航點之方向；第二階段為爬升拋彈階段，由拉升點 P_{PU} 開始，經拋彈過程，俟載具與彈之飛行在一安全距離後，至開始滾轉點 P_R^{SR} 止；第三階段為滾轉逃脫階段，乃於開始滾轉點 P_R^{SR} 做滾轉倒入動作，經一逃脫滾轉角度，至逃脫點 P_E 止；第四階段為脫離階段，逃脫點 P_E ，至下一預置航點 P_F 止。分析爬升拋彈階段可由炸彈之彈落點，亦即目標預置航點之位置開始，由起始階段可得攻擊航向，再由攻擊航向之垂直剖面去分析如圖四所示，

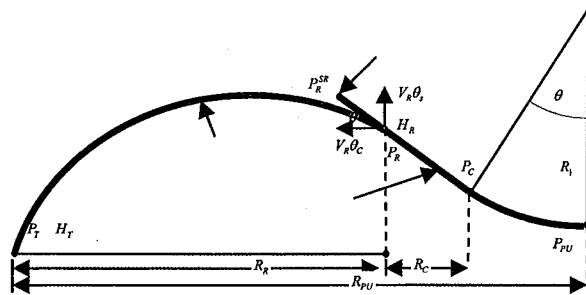
所得之資料可經由相關之座標轉換，推算其實際位置。

目標預置航點若為爬升拋彈模式之投放型態與平飛滾轉安全逃脫模式(Level Turn Safe Escape, LTSE)做逃脫的動作之組合，其輸入之相關參數如圖五所示，其二維飛行軌跡圖例如圖三所示，該三維立體飛行軌跡之演算法則步驟如下。

- 步驟1：由預置航點 P_S 及目標預置航點 P_{TG} 計算其二維關鍵點位置與諸元，如 P_{S_i} 及其攻擊飛行航向。
- 步驟2：由攻擊之飛行航向、炸彈飛行時間、載具拋彈距離及拋彈點之速度等，可得實際爬升角、實際拋彈點位置諸元、實際拉升點 P_{PU} 之距離及拉升點位置諸元。
- 步驟3：由投彈點 P_R 、投彈點飛行速度、逃脫之加速度、轉向及其角度，可得逃脫點 P_E 。
- 步驟4：由逃脫點 P_E 及下一預置航點 P_F 計算其二維關鍵點位置與諸元參數。
- 步驟5：由各關鍵點之諸元參數，可計算其三維空間飛行軌跡，可參閱[8-10]基本三維飛行軌跡之計算法則。



圖三 爬升拋彈模式之飛行軌跡圖例



圖四 爬升拋彈階段之飛行軌跡垂直剖面圖

五、研究成果

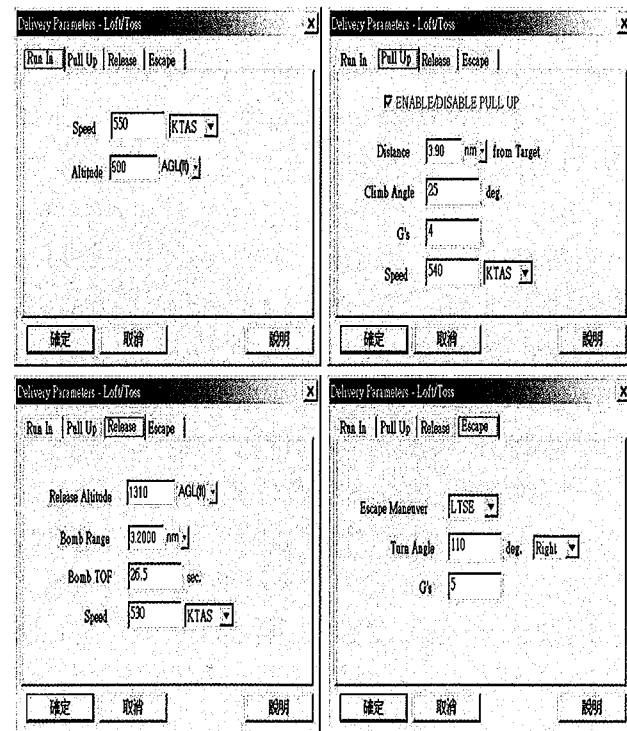
本研究已完成以三維空間座標轉換分析為基礎，輸入不同相關之飛行參數圖(如五所示)，依據輸入參數可解算目標預置航點之平面飛行軌跡及其中之關鍵座標點，進而解算載具三維空間飛行諸元，並完成不同目標預置航點型態之飛行諸元的演算法則，將該演算法則逐一以軟體實現，整合並提供符合視窗作業系統(Windows OS)之軟體動態連結程式庫(DLL, Dynamic Link Library)，完成不同目標預置航點投放型態之分析與研發。另為驗證該程式庫，亦針對不同目標預置航點型態撰寫三維視效驗證軟體，圖六為目標預置航點投彈模式相關參數之三維視效驗證軟體操作介面，圖七及圖八為三維視效驗證軟體目標預置航點投彈模式執行時之三維視效動態透視圖及三維視效俯視平面圖。

六、結論

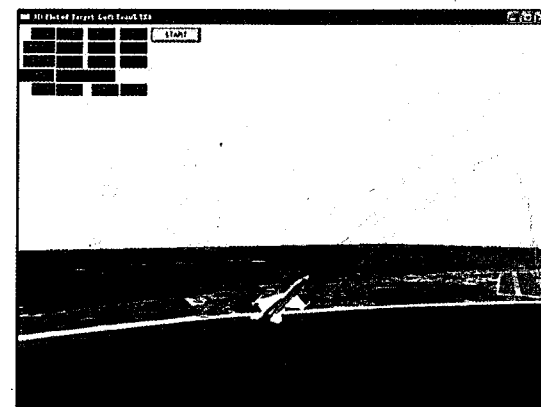
一般而言，戰機進行目標攻擊時具高度危險，但如能有效利用無人攻擊機任務規劃系統，執行任務前模擬攻擊及逃脫之路徑，可有效降低危險性並完成該任務，目前國內外關於無人攻擊機之任務規劃攻擊模式系統的研究仍方興未艾，發展獨立自主並適合國內應用需求之任務規劃系統應可有效提升相關軍種之戰力，此外該技術亦可應用於民用航空器，而其關鍵技術亦可應用於水面及水下之船隻、艦艇等的任務規劃系統與車輛載具之任務規劃系統等。因此，研發該系統實是刻不容緩。

本研究以三維空間座標轉換分析為基礎，由相關飛行參數和目標預置航點之平面飛行軌跡開始解算其中之關鍵座標點，進而解算載具三維空間飛行諸元，並完成不同目標預置航點型態之飛行諸元的演算法則，如平飛投彈模式、爬升拋彈模式及急速爬升投彈模式等。為因應需求單位之需要，將該演算法則逐一撰寫軟體，實現不同目標預置航點投放型態之分析與研發，除整合並提供一符合視窗作業系統之軟體動態連結程式庫外，為考量使用者使用程式庫之便利性，使用者於輸入與設定相關參數後，僅需呼叫一程式即可完成所有計算，減少使用者之學習時間(Learning Period)，並降低其誤操作之風險。另為驗證該程式庫，本研究計畫亦針對不同目標預置航點型態撰寫三維視效驗證軟體。

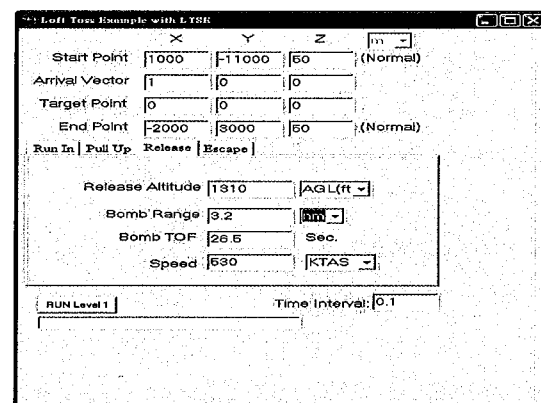
國內雖有一些學者或專家個別對不同飛行預置航點做分析與探討，但整合不同預置航點之分析與實現，並以可應用之完整軟體(或軟體動態連結)程式庫實現分析之演算法則，且可供實際應用者，本研究計畫應屬第一。



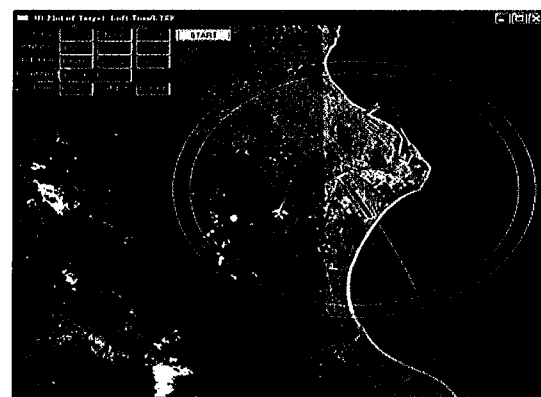
圖五 爬升拋彈型態之相關飛行參數



圖六 三維視效驗證軟體操作介面



圖七 三維視效透視圖



圖八 三維視效俯視平面圖

七、參考文獻

[1] Pedersen, L., Smith, D.E., Deans, M., Sargent R., Kunz, Lees, C., D., and Rajagopalan, S., "Mission planning and target tracking for autonomous instrument placement," in Proceedings of 2005 IEEE Conference on Aerospace, pp. 34-51, 2005.

[2] Bar-Gill, A., Ben-Ezra, P., and Bar-Itzhack, I. Y., "Improvement of terrain-aided navigation via trajectory optimization," IEEE transactions on Control Systems Technology, Vol. 2, pp. 336-342, 1994.

[3] Leavitt, C. A., "Real-time in-flight planning," in Proceedings of the IEEE National Aerospace and Electronics Conference 1996, pp.83-89, 1996.

[4] Gutierrez, L. G., Tejo, J. A., Cendrero, A., Pereda, M., Saiz, J., Hernandez, de Miguel, C., D., and Beech, T.W., "Off-the-shelf mission planning is possible:Flex plan does it," in Proceedings of 2005 IEEE Conference on Aerospace, pp. 4008-4016, 2005.

[5] Bell, B. and Clark, J., "Bringing command and control of unmanned air vehicles down to earth," in Proceedings of The 21st Digital Avionics Systems Conference, pp.7E1-1-7E1-10, 2002.

[6] Barbier, M. and Chantry, E., "Autonomous mission management for unmanned aerial vehicles," Aerospace Science and Technology, vol. 8, pp.395-368, 2004.

[7] Vachtsevanos, G., Tang, L., Drozeski, G., and Gutierrez, L., "From mission planning to flight control of unmanned aerial vehicles: Strategies and implementation tools," Annual Reviews in Control, vol. 29, pp.101-115, 2005.

[8] 楊介仙, "任務規劃攻擊模式分析研究," 95年度國防科技學術合作計畫成果發表會論文集, 桃園, 2006.

[9] 楊介仙, "戰術載具任務規劃攻擊模式之研究," 第十六屆國防科技學術研討會論文集, 桃園, 2007.

[10] 楊介仙, "無人攻擊機任務規劃攻擊模式分析研究," 96年度國防科技學術合作計畫成果發表會論文集, 桃園, 2007.