

# 航空噪音預測模式

撰寫原則：與「第13章 噪音預測模式」、「第33講噪音預測模式」有關

JACOB LIU

飛機的噪音大略可區分為構架噪音(Airframe Noise)及引擎噪音(Engine Noise)二種，前者係由飛機構架引起，包括機翼起落架，縫翼、襟翼安定面、機輪槽等，這些構架在飛機起落時較常用到，影響地面居民較大，至於飛機的引擎噪音可分為內部噪音及外部噪音，所謂內部噪音包括風扇、壓縮器、和渦輪噪音，其特性為具純音(Pure Tone)特性，頻率範圍為2000至4000赫茲之間；所謂外部噪音是指排氣噪音（Jet Exhaust Noise），主要由於噴嘴之高溫、高速的噴射氣流與周圍大氣強烈的剪切作用與擾動混合過程所產生的噪音，其噪音為一種寬頻的噪音，噪音量與排氣速度有關。

目前可查知的航空噪音預測模式有：

- 1.美國整合噪音模式(INM)模式3.09版。
- 2.美國MGA公司NOISEMAP 6.0飛航噪音模式6.0版。
- 3.美國直昇機噪音模式（HNM）2.2版。
- 4.德國CANDA-AzB模式。
- 5.德國SOUNDPLAN模式5.0版。
- 6.美國NEF模式。

在航空交通噪音預測模式應用上，由於航空噪音音源大、來源複雜，且影響範圍大，一般多以飛機種類、起降時間分佈、方向、起降特性等因素，輸入預測模式電腦軟體加以計算，以下茲就目前所蒐集到的NOISEMAP、INM、HNM、CANDA及SOUNDPLAN模式五種電腦模擬模式來加以介紹：

## 一、整合性噪音模式(Integrated Noise Model Version3.09, INM)

### (一)出處

INM為美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA (<http://www.faa.gov>), Office of Environment and Energy, 800 Independence Avenue S.W., Room 900W, Washington, DC 20591)發展成功之電腦套裝軟體，提供聯邦飛航規則第150號噪音相容性規劃及聯邦航空總署1050號命令環境評估及衝擊說明使用之模式。用以模擬預測機場周遭地區所受飛航噪音影響之情況及影響範圍大小，目前已被世界各國廣泛應用於相關機場活動之研究，亦為國內民航局唯一認可使用之飛航噪音模式。

### (二)噪音預測模式

INM模式內建之航空器音源資料庫隨版次新增而增加，以6.0版而言，計有226種航空器，另外263筆替代機種資料，模式提供了進場、起飛及使用後燃器噪音辨識資料，噪音、馬力、距離曲線圖，操作剖面辨識資料，操作程序點及步驟、襟翼使用、噴射馬力、一般馬力、螺旋馬力等資料，跑道端、航線辨識、定義描述、進離場與衝場操作頻率資料，輸出矩陣、噪音評估指標選項等資料庫。此外本軟體須輸入機場與跑道座標等基本資料，該機場起降航空器型式、替代機種、噪音曲線、操作剖面、各種航線定義與其全年日平均使用架次，以及航空噪音評估指標、等音線顯示數量、輸出大小及紙張的比例等，經由模式推估後，可得到顯現該機場全年日夜平均航空噪音影響程度之等噪音線圖。

目前國內普通使用之INM第3.09版，其輸入參數主要包括：

1. 機場環境高度、溫度。
2. 起降跑道。
3. 飛航運作情形。
4. 機種組成、飛航發生時刻（日間、傍晚或夜間）及其航道使用頻率。
5. 飛航側視圖及噪音曲線。

計算式：

$$\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dmi}}{10}} \right) \log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dmi}}{10}} \right)$$

亦即  $\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dmi}}{10}} \right)$

Li：當日7時至22時前各航空噪音事件均能音量。

Di：當日7時至22時前各航空噪音事件持續時間。

Lj：當日22時至翌日7時前各航空噪音事件均能音量。

Dj：當日22時至翌日7時前各航空噪音事件持續時間。

### (三) 模式特性及功能

其輸出用以評估噪音之指標主要為NEF(Noise Exposure Forecast, 噪音曝露預測)、Leq、航空噪音日夜音量 (DNL) 及Ldn, 並可繪製等噪音線圖。

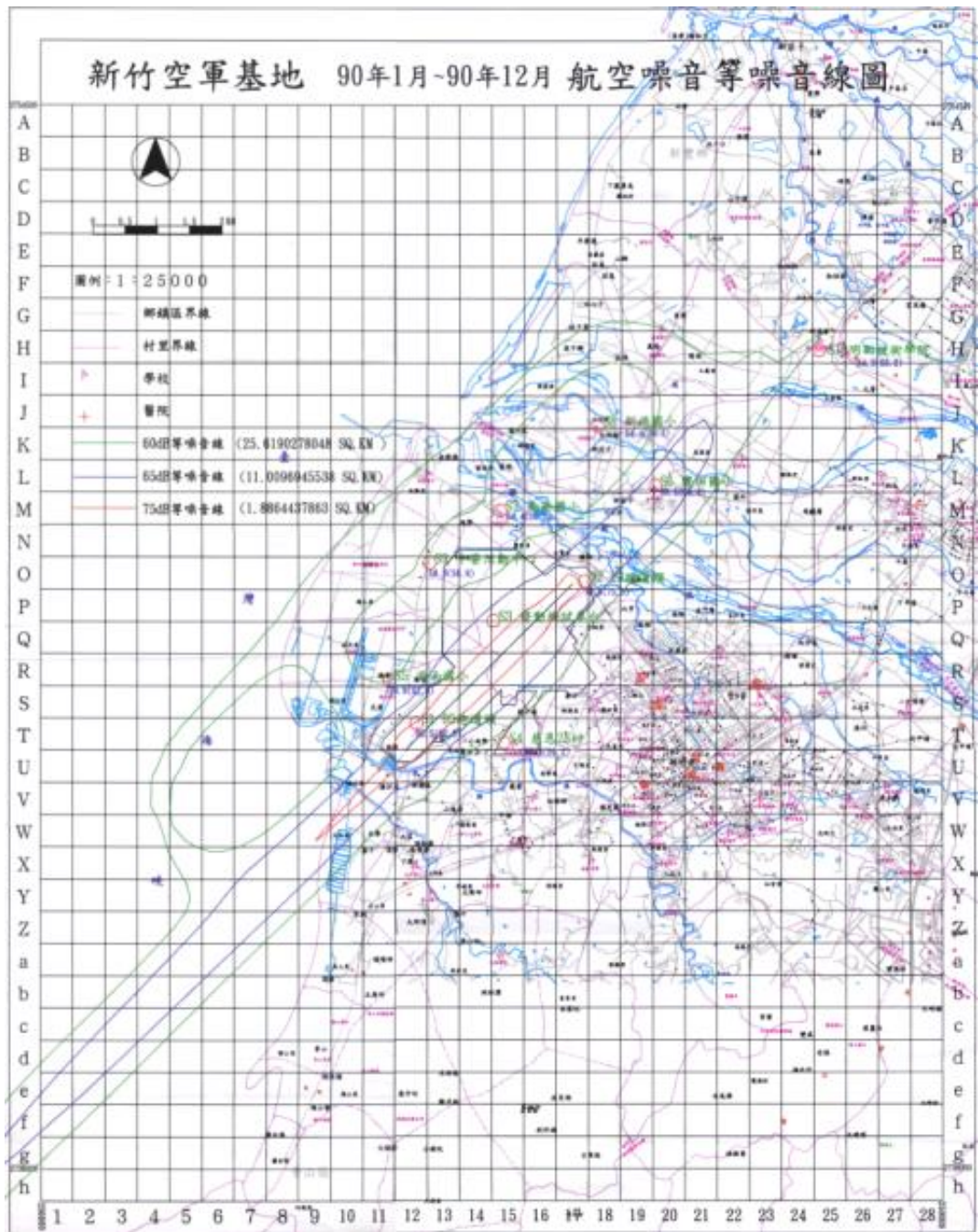


圖1-1 新竹空軍基地航空噪音監測站分佈圖

#### (四)應用

目前為國內民航局惟一認可之飛航噪音模式，故已普遍應用在國內各機場等音壓線繪製之使用上，舉凡航空管制區劃分，輔助飛航噪音監測及機場環境影響評估皆需應用此模式。

## 二、NOISEMAP模式 (Version 6.0)

### (一)出處

本模式係由美國空軍所發展，於1990年2月出版。(http://www.noisemap.com/, Atkins Environment, Woodcote Grove, Ashley Road, Epsom, Tel: 01372 726140, Surrey Fax: 01372 740055, KT18 5BWnoise@atkinglobal.com)。

### (二)噪音預測模式

本模式的操作可概分為二階段，第一階段是基本資料庫的建立，係利用程式中的BASEOPS3.0子程式，以人工的方式輸入機場、試車台、飛行操作等相關資料（詳如圖1-2），建立MCM檔(Master Control Module)。第二階段則是將MCM檔輸入NOISEMAP 6.0的程式中，利用該程式中的OMEGA 10及OMEGA 11資料庫，分別計算飛航噪音及非飛航噪音(如地面試車噪音)的等高音線，最後利用NOISEMAP中的繪圖程式(NMPLOT)繪出我們所需的總等高音線圖。

此外，本模式尚可配合監測計畫利用實際監測資料修正輸入參數而得到更正確的預測結果。相關整個模式的模擬及實測校驗證流程可參閱圖1-3所示。

### (三)模式特性及功能

本模式係針對美國空軍所發展而成，而我國空軍制式裝備和飛機多為美國系統，因此頗適於應用在軍用機場噪音的模擬和預測；但在民航機方面，由於民航局所

定義之等噪音線僅認可INM之模擬值，所以本模式並不適用於民航機或民用機場的航空噪音預測。NOISEMAP是專業的噪音製圖軟體，可以被快速大量處理作業而且使用簡單，所有的計算與英國標準(CRTN, CRN and BS5228)符合，與其他複雜的程式相比NOISEMAP可以在幾分鐘內做出噪音地圖的計算，美國空軍(USAF)應用於製作環繞於軍用機場的噪音模型之模式。主要包括三種基礎程式，輸入程式(BASEOPS)、模型程式(NMAP)、輸出程式(NMPLOT)。

#### (四)應用

曾在美國MGA(Mestre Greve Associates)公司的協助下將本模式應用於「空軍八十年度環境保護整體規劃」計畫中三十個機場的飛航噪音模擬。

一般性

機場資料

跑道

監測站資料

監測點位置

子程式BASEOPS

助航點位置

建立MCM檔

飛行資料

航道

飛行剖面

試車資料

試車台位置

試車頻率

$$\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dni}}{10}} \right)$$

圖1-2 NOISEMAP模式基本資料庫建立流程

噪音監測流程

模式模擬流程

圖面選點

及現場勘查

電腦監測

事件噪音資料

環境噪音資料

監測資料庫建立

非飛航噪音重大噪音源

機場、氣象和操作資料

輸入BASEOPS 3.0模式中

建立MCM檔案

執行NOISEMAP 6.0

輸出模擬噪音值

校驗證

不正確

正確

修正參數

執行NMPLOT

繪等噪音線圖

$$\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dn}}{10}} \right)$$

圖1-3 NOISEMAP模式模擬及實測校驗證流程

### 三、直昇機噪音模式(Heliport Noise Model Version 2.2, HNM)

HNM 2.2版為美國聯邦航空總署環境與能源辦公室 (The FAA Office of Environment and Energy) 於1989年至1994年委託John A. Volpe National Transportation System Center開發之直昇機噪音預測模式，提供聯邦飛航規則第一五〇號噪音相容性規劃及聯邦航空總署1050號命令環境評估及衝擊說明使用之模式。HNM模式目前尚無法評估直昇機低頻音的特性及其所產生的震動感覺，該模式所繪製的直昇機等噪音線僅就人耳可聽範圍且響度較明顯的中高頻帶噪音量。供迴旋翼飛機（直昇機）起降之機場，污染源種類包括民用直昇機、軍用直昇機起降及其地面滑行與停機等產生噪音之活動。評估指標：時段均能音量（ $LA_{eq}(p)$ ）、航空噪音日夜音量（DNL）。

#### (一)出處

Donna G. Warren Federal Aviation Administration

(<http://www.aee.faa.gov/noise/HNM.htm>)

Office of Environment and Energy

800 Independence Avenue S.W., Room 900W

Washington, DC 20591

## (二)噪音預測模式

計算式一：

$$\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dn}}{10}} \right)$$

$L_i$ ：早上為上午5時至上午7時前之每小時直昇機噪音事件均能音量。

日間為上午7時至晚上8時前之每小時直昇機噪音事件均能音量。

晚上為晚上8時至晚上10時前之每小時直昇機噪音事件均能音量。

夜間為0時至上午5時及同時晚上10時至12時前之每小時直昇機噪音事件均能音量。

計算式二：

$$\log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dn}}{10}} \right) \log \left( \left( \frac{1}{365} \right) \sum 10^{\frac{L_{dn}}{10}} \right)$$

$$DNL = 10 \log \left\{ \frac{1}{86400} \left[ \left( \sum_{i=1}^m 10^{\frac{L_i}{10}} \times D_i \right) + \left( \sum_{j=1}^n 10^{\frac{L_j+10}{10}} \times D_j \right) \right] \right\}$$

亦即

$L_i$ ：當日7時至22時前各航空噪音事件均能音量。

$D_i$ ：當日7時至22時前各航空噪音事件持續時間。

$L_j$ ：當日22時至翌日7時前各航空噪音事件均能音量。

$D_j$ ：當日22時至翌日7時前各航空噪音事件持續時間。

## (三)模式特性及功能

HNM模式至目前為止只有2.2版，其使用之作業系統為DOS系統，似乎暫無更新或整合在INM的計算，該版本提供21種直昇機資料庫，另外提供7種直昇機替代機種資料，本軟體須輸入機場與跑道座標等基本資料，該機場起降航空器型式、替代機種、噪音曲線、操作剖面、各種航線定義與其全年日平均使用架次，以及航空噪音評估指標、等音線顯示數量、輸出大小及紙張的比例等，經由模式推估後，

可得到顯現該機場全年日平均航空噪音影響程度之等噪音線圖。



圖1-4 HNM模式輸出圖例

#### (四)應用

目前國外已普遍應用在各機場等音壓線繪製之使用上，舉凡航空管制區劃分，輔助飛航噪音監測及機場環境影響評估皆應用此模式。

#### 四、德國CANDA-AzB模式

##### (一)出處

德國CANDA-AzB模式為德國DataKustik公司 (<http://www.datakustik.de>, Datakustik GmbH, Software, Technische Dokumentation und, Ausbildung für den Immissionsschutz, Gräfelinger Str. 133 A, D-81375 München, Fon.: +49 - (0)89 - 7007 629 - 0, Fax: +49 - (0)89 - 7007 629 - 89, E-Mail: [info@datakustik.de](mailto:info@datakustik.de)) 依DIN、RLS-90及相關室外聲學原理 (ISO9613、TA-Larm、DIN18005、VDI 2714、VDI 2720、RLS90、Schall03、AL28、STL86)所發展之模組，亦為Cadna-A之子程式，屬32位元視窗版軟體，作業環境為WINDOWS 95、WINDOWS 98或WINDOWS NT，目前國內主要使用及代理公司為必凱科技股份有限公司。

## (二)噪音預測模式

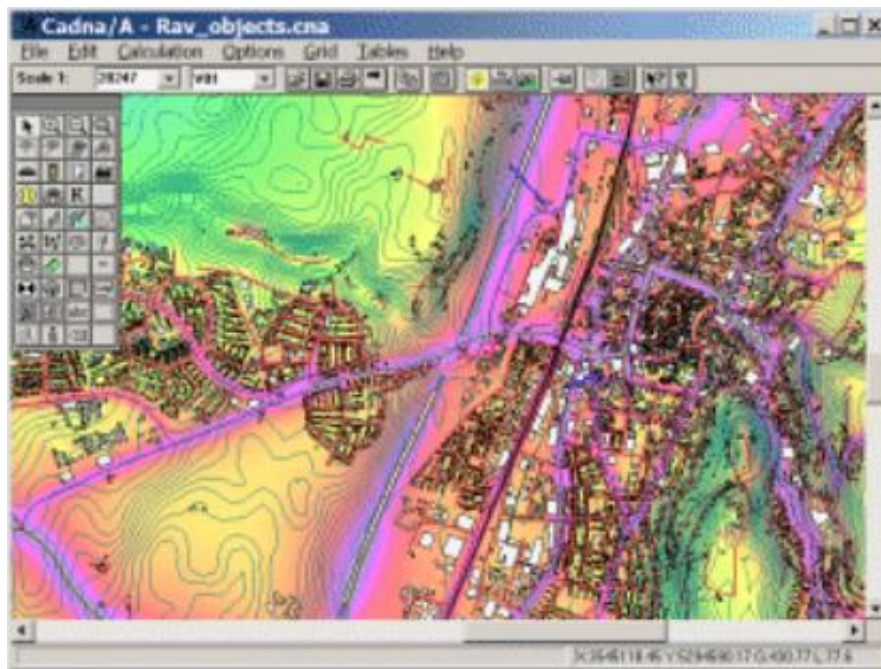
CANDA-AzB具有模擬航空噪音之功能，當輸入航空器種類、機場環境高程、溫度、起降跑道、飛航運作情形、機種組成、飛航發生時刻（日間、傍晚或夜間）及其航道使用頻率、敏感點、環境屬性等物件之資料後程式進行計算，輸出結果包括敏感受體音量及噪音等噪音線圖。

## (三)模式特性及功能

無特殊限制，音源，評估指標：小時均能音量( $L_{eq}$ )、最大音量( $L_{max}$ )可輸入Lin、A、B、C、D等頻率加權特性不同頻帶（31.5Hz、63 Hz、125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz、4000Hz、8000Hz等）之聲功率噪音位準。頻譜無特殊限制，屬於電腦軟體模式。輸入施工機具、操作時間、敏感點、環境屬性、噪音防治設施(隧道內襯吸音性)等物件之屬性資料後程式進行計算，輸出結果包括有無噪音防制措施前後之敏感受體預測點均能音量。

## (四)應用

目前受到多處機場(如Munich, Stuttgart, Cologne/Bonn, Frankfurt, Hamburg, Düsseldorf etc.)認可使用，用以作為可能受影響之鄰近地區噪音模擬。



## 五、德國SOUNDPLAN模式 (Version 5.0)

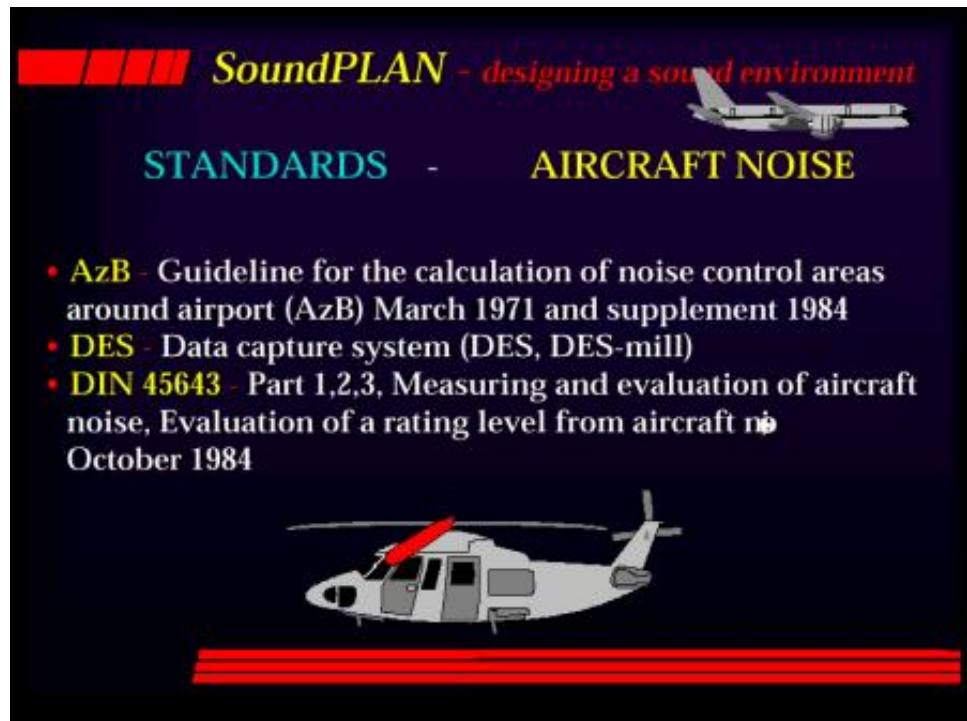
### (一)出處

預測評估模式為德國Braunstein+Berndt GMBH公司 (<http://www.soundplan.com/>, Phone: ++49 7191 9144-0, Fax: ++49 7191 9144-24, E-Mail: [bbgmbh@soundplan.de](mailto:bbgmbh@soundplan.de)) 依DIN、AzB及DES所發展之模組，屬32位元視窗版軟體，作業環境為WINDOWS 95、WINDOWS 98或WINDOWS NT，目前國內代理公司為御風企業股份有限公司。



## (二) 噪音預測模式

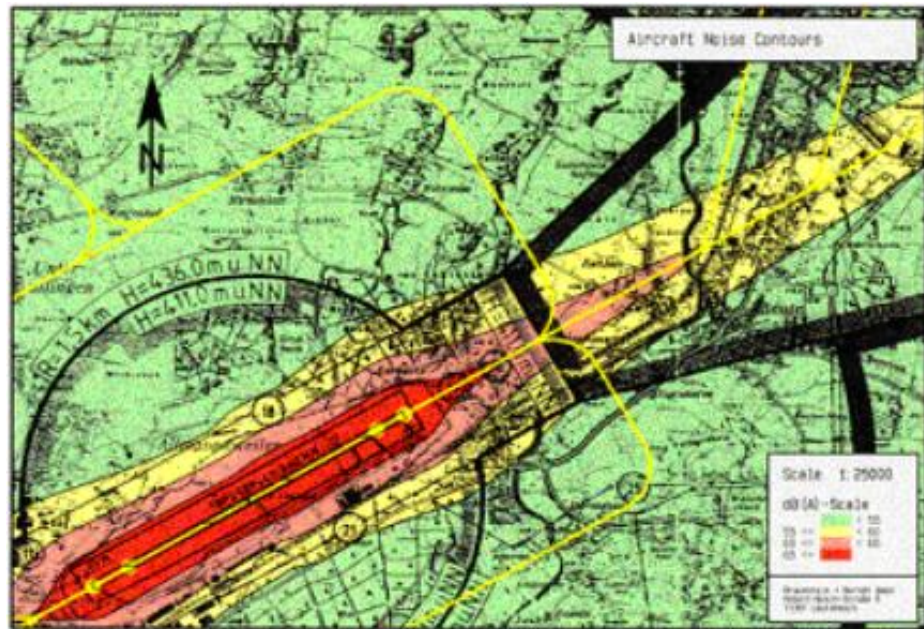
SOUNDPLAN噪音評估模式具有模擬航空噪音之功能，當輸入地形高程、敏感點、建築物、音源及其他資料後，模式可以算出指定受音點的噪音值或以等音線圖表示整個區域噪音的分布狀況。



## (三) 模式特性及功能

無特殊限制，評估指標包括小時均能音量(L<sub>eq</sub>)、最大音量(L<sub>max</sub>)皆可，頻譜無特殊限制，屬於電腦軟體模式。輸入航空器種類、機場環境高程、溫度、起降跑

道、飛航運作情形、機種組成、飛航發生時刻（日間、傍晚或夜間）及其航道使用頻率、敏感點、環境屬性等物件之資料後程式進行計算，輸出結果包括敏感受體音量及噪音等噪音線圖。



## 六、美國NEF (Noise Exposure Forecast) 模式

### (一)出處

NEF(噪音曝露預測值)預測評估模式為美國聯邦航空總署(Federal Aviation Administration, FAA)根據航空器噪音、機場各種各樣的聲音和可使用的資料發展而成(<http://www.tc.gc.ca/CivilAviation/>)。

### (二)噪音預測模式

用以評估飛機噪音曝露預測，某特別種類之飛機*i*，在飛行路線*j*時，其噪音曝露預測值，可以下示表之：

$$NEF_{ij} = EPNL_{ij} + 10 \log [nD_{(ij)} / 20 + nN_{(ij)} / 1.2] - 75$$

式中：

$nN_{(ij)}$ ：第*i*種飛機沿*j*飛行路線所產生之有效感覺噪音位準。

$nN_{(ij)}$ ：飛機種類*i*在飛行路線*j*於白天之飛行次數。

$nN_{(ij)}$ ：同上於夜間之飛行次數。

再地面一定位置之總噪音曝露預測值如下式所示：

$\Delta PN$

一般認為噪音曝露位準大於NEF=40通常難為人們所接受，而位準低於NEF=30則可以接受。

NEF以下簡捷式求之：

$\Delta PN$

$\Delta PN$

式中：

$\Delta PN$ ：表示飛機起飛及降落次數。

$\Delta PN$ ：表示白天15小時之次數。

$\Delta PN$ ：表示夜間9小時之次數。

$\Delta PN$ ：表示純音修正量。

$\Delta PN$ ：為持續時間修正量。

### (三)模式特性及功能

無特殊限制（營運量、飛行狀況）。

評估位置：飛行場及周圍地區。

可應用於各種地區，例如一個住宅區域應該NEF值為 30 或更低；而當NEF值超過 30時，便不宜作為住宅區之用途。

若規劃NEF值為 40，則這個區域可劃定為工業區和娛樂區。

### (四)應用

目前受到多處美國、加拿大機場認可使用，用以作為可能受影響之鄰近地區噪音模擬。通常亦使用DNL = NEF + 35為參考值。