

I642598

發明摘要

※ 申請案號：103103882

※ 申請日：103/02/06

※IPC 分類：B64D 45/04 (2006.01)

G08G 5/00 (2006.01)

【發明名稱】

一種飛機行為預測系統及預測方法

SYSTEM FOR AIRCRAFT BEHAVIOR PREDICTION AND
METHOD THEREOF

【中文】

本發明提供一種飛機行為預測系統，包括：模型生成單元，其根據兩個或兩個以上飛行行為資料維度構建資料空間，並根據搜索條件和約束條件生成飛行行為預測模型；資料獲取單元，其獲取飛行行為資料；以及預測單元，其根據該飛行行為資料，利用該飛行行為預測模型在該資料空間上搜索非正常飛行行為高占比區域。

【英文】

The present invention provides a system for aircraft behavior prediction, including a model-forming unit that establishes a data space according to at least two data for flying behavior, and forms a prediction model for flying behavior according to a search condition and a constraint condition; a data-acquiring unit that acquires data for flying behavior; and a prediction unit that searches regions with high

percentile abnormal flying behavior in the data space by the prediction model for flying behavior according to the data for flying behavior.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖7。

【本代表圖之符號簡單說明】：

700 飛機行為預測系統

701 資料獲取單元

702 模型生成單元

703 資料庫

704 預測單元

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

一種飛機行為預測系統及預測方法

SYSTEM FOR AIRCRAFT BEHAVIOR PREDICTION AND
METHOD THEREOF

【技術領域】

本發明係關於一種飛機相關技術，特別係關於一種飛機行為預測系統及預測方法。

【先前技術】

在飛機運行中，飛行安全必須得到保證。當出現可能影響到飛行安全的情況時，就需要對飛機的正常飛行行為做出調整，以確保飛行安全。飛機的非正常飛行行為包括航班取消、航線變更、晚點、返航和備降等。飛機的非正常飛行行為會降低飛行可靠性，影響飛行安全；同時也極大地損害旅客乘坐的舒適度和滿意度。所有的航空公司都在努力研究飛機的非正常行為，希望能找出辦法來盡可能減少飛機的這些行為。所以，對飛機的非正常行為進行合理預測也成為各個航空公司研究的重要課題。然而，這一技術問題困擾各個航空公司多年，始終沒有得到解決。

【發明內容】

針對現有技術中存在的一個或多個技術問題，根據本發明的一個方面，提出一種飛機行為預測系統，包括：模型生成單元，其根據兩個或兩個以上飛行行為資料維度構建資料空間，並根據搜索條件和約束條件生成飛行行為預測模型；資料獲取單元，其獲取飛行行為資料；以及預測單元，其根據該飛行行為資料，利用該飛行行為預測模型在該資料空間上搜索非正常飛行行為高占比區域。

如果飛機的航班出現在高占比區域中，則預測該航班有很大的可能性出現非正常行為。因此，在考慮將該航班的時間調整到非高占比區域。換言之，本發明的預測下，在航班排期時應當盡可能避免非正常飛行行為高占比區域，由此確保飛機飛行安全，提高旅客乘坐的舒適度。

根據本發明的另一個方面，提出一種飛機行為預測方法，包括：根據兩個或兩個以上飛行行為資料維度構建資料空間，並根據搜索條件和約束條件生成飛行行為預測模型；獲取飛行行為資料；以及根據該飛行行為資料，利用該飛行行為預測模型在該資料空間上搜索非正常飛行行為高占比區域。如果飛機的航班出現在高占比區域中，則預測該航班有很大的可能性出現非正常行為。

【圖式簡單說明】

圖1是飛機返航備降過程實例的示意圖；

圖2是根據本發明的一個實施例的飛機返航備降預測原理示意圖；

圖3是根據本發明的一個實施例的搜索目標示意圖；

圖4是根據圖3的實施例的第一搜索目標示意圖；

圖5是根據圖3的實施例的第二搜索目標示意圖；

圖6是根據圖3的實施例的第三搜索目標示意圖；

圖7是根據本發明實施例的一個飛機行為預測系統的結構示意圖；

圖8是根據本發明的一個實施例的預測單元的結構示意圖；以及

圖9是根據本發明的一個實施例的飛機非正常飛行行為預測方法的流程圖。

【實施方式】

為使本發明實施例的目的、技術方案和優點更加清楚，下面將結合本發明實施例中的附圖，對本發明實施例中的技術方案進行清楚、完整地描述，顯然，所描述的實施例是本發明一部分實施例，而不是全部的實施例。基於本發明中的實施例，本領域普通技術人員在沒有做出創造性勞動前提下所獲得的所有其他實施例，都屬於本發明保護的範圍。

通常而言，造成飛機非正常飛行行為的因素可以分為兩個方面。一方面是飛機自身的因素，例如維修保養、油料補給、飛行故障等。另一方面是非飛機自身的因素，例如天氣、場地條件等。

對於飛機自身引起的非正常飛行行為可以通過提高飛機的維護水準盡可能降低。而對於非飛機自身因素引起的非正常飛行行為則存在著一定的客觀規律。利用資料挖掘技術，通過對非飛機自身因素引起的非正常飛行行為的歷史資料進行分析，構建起合適的數學模型，可以對飛機的此類非正常飛行行為做出合理的預測。

本發明主要針對由於非飛機自身因素引起的非正常飛行行為。如背景技術

中所提及的，非正常飛行行為包括但不限於航班取消、航線變更、飛機晚點、飛機返航和備降。

以下以飛機的返航和備降為例，進一步說明本發明的技術方案。對於其他的非正常飛行行為，也可以採用與返航備降的實施例類似的方法進行預測。

圖 1 是飛機返航備降過程實例的示意圖。如圖 1 所示，飛機在起飛機場順利地放行起飛。在正常飛行過程中，出現了必須返航備降的情況。在某一位置（如圖中星形符號所示）做出返航或者備降的決策。之後，飛機沒有沿虛線所示飛往目的機場，而是返航飛回起飛機場或者飛到備降機場。如圖 1 中所示的返航和備降就是本發明所關注的非正常飛行行為。

對於某一個特定的目的機場而言，場地條件是固定的。因此，可以將所有與之有關的返航備降情況作為一個獨立的資料空間，通過評估其上特定條件下出現返航備降的概率來實現對飛機返航備降行為的預測。

圖 2 是根據本發明的一個實施例的飛機返航備降預測原理示意圖。如圖 2 所示，由於月份和時間段都是離散的，月份和時間段可以組成一個二維平面。一年的 12 個月和一天的 24 個小時將這個二維平面劃分為 288 個矩形。每一個小的矩形定義為“區塊”。某幾個月份的連續時間段或者某幾個時間段的連續月份定義為“區域”。兩個或兩個以上連續區塊構成的較大矩形即為區域。圖 2 中示出了 1 月到 2 月和 6:00-7:00 時間段所組成的區塊。

根據航班的歷史資料，包括正常航班和返航備降航班在內的所有航班的落地時刻都落在這 288 個矩形內。對於每個區塊，該區塊返航備降的占比水準為該區塊內返航備降的航班數與該區塊內所有航班數的比值，即：

$$\text{返航備降占比} = \text{返航備降的航班數} / \text{所有航班數}$$

對於每個區域而言，同樣的該區域返航備降的占比水準為該區域內返航備降的航班數與該區域內所有航班數的比值。每個區塊的占比水準存在差異。因此，不同區域的占比水準也不相同。因此，通過演算法模型可以在該二維平面內尋找出那些返航備降占比水準較高的區域。

返航備降占比超過某一閾值，並且相比該區域周圍的其他區域返航備降占

比更高的區域可以被認為是高占比區域。該閾值可以根據實際情況設定，例如返航備降占比的平均值。設定不同的閾值，返航備降高占比區域也可能不同。例如，圖 2 中的目的機場有三個返航備降高占比區域 A、B 和 C，其對應不同的月份和時間段。如果飛機的預訂落地時間正好落在返航備降高占比區域，即可以預測飛機非正常的返航備降行為出現的概率將相對很大。通過上述方法，飛機返航備降行為的預測可以轉換為在上述二維空間中滿足特定條件的區域的搜索。

如何構建合適的二維或多維資料空間是困難的。如果資料空間構建的不合適，飛機出現特定的非正常飛行行為將是分散的，而不是集中的。這樣無法取得滿意的預測結果。根據本發明的一個實施例，可選擇的資料維度包括：降落的時間段、日期、月份、農曆的日期或月份、距離特定事件，如節氣、暴雨、大風、降雪等的時間等。圖 2 所述的實施例是一個二維平面空間的例子。採用多於二維的多維度空間也是可行的。

根據本發明的一個實施例，上述搜索可以不在整個資料空間上進行，而是在資料空間的一部分上進行，例如在區域 Z 上進行。通過一系列的搜索條件來搜索最為合理的高占比區域，例如，可以採用如下的搜索條件：

1. 該區域的返航備降占比水準越高越好，盡可能地趨於 1；
2. 該區域的面積越大越好，盡可能地趨於整個區域 Z；
3. 該區域包含的返航備降航班個數盡可能的多。

根據本發明的一個實施例，上述搜索的約束條件可以為該區域返航備降航班數或者航班總數達到一定的數量，從而將搜索問題轉化為多目標規劃問題。約束條件可以為：

4. 該區域返航備降航班數和/或航班總數達到一定的數量。

圖 3 是根據本發明的一個實施例的搜索目標示意圖，即在區域 Z 上搜索滿足搜索條件和約束關係的區域 S。圖 4 是根據圖 3 的實施例的第一搜索目標示意圖，圖 5 是根據圖 3 的實施例的第二搜索目標示意圖；圖 6 是根據圖 3 的實施例的第三搜索目標示意圖。如圖 3-5 所示，在本實施例中採用了與圖 2 實施

例相同的時間段和月份作為二維平面的維度。三個搜索目標對應於如上的三個搜索條件。

以下是具體的搜索表達：

(1) 區域 Z 變數設置

- 1.1. 設返航備降比較集中的區域為 Z
- 1.2. 區域 Z 包含的基本區塊的個數記為 num_Z''
- 1.3. 區域 Z 記憶體在的返航備降航班數記為 $value_Z^{fhhj}$
- 1.4. 區域 Z 記憶體在的航班數記為 $value_Z''$
- 1.5. 區域 Z 在月份維度的開始月份為 SM_Z
- 1.6. 區域 Z 在月份維度的結束月份為 EM_Z
- 1.7. 區域 Z 在時間段維度的開始時間段為 ST_Z
- 1.8. 區域 Z 在時間段維度的結束時間段為 ET_Z

如上則區域 Z 的面積可以表示為 $Z_{square} = (EM_Z - SM_Z + 1) * (ET_Z - ST_Z + 1)$

(2) 區域 S 變數設置

- 1.1. 設搜索區域為 $S_{sm_em_st_et}$ 。
- 1.2. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 的返航備降占比水準大小為 p_S
- 1.3. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 記憶體在返航備降航班的基本區塊的個數為 num_S^{fhhj}
- 1.4. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 包含的基本區塊的個數為 num_S''
- 1.5. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 記憶體在返航備降航班個數為 $value_S^{fhhj}$
- 1.6. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 包含的航班個數為 $value_S''$
- 1.7. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 在月份維度上的開始月份為 SM_S
- 1.8. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 在月份維度上的結束月份為 EM_S

1.9. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 在時間段維度上的開始時間段為 ST_S

1.10. 區域 $S_{sm_em_st_et}$ 在時間段維度上的結束時間段為 ET_S

如上則區域 S 的面積可以表示則 $S_{square} = (EM_S - SM_S + 1) * (ET_S - ST_S + 1)$

(3) 區域 \bar{S} 變數設置

1.1. 區域 Z 除去區域 $S_{sm_em_st_et}$ 之後的剩餘區域記為 \bar{S}

1.2. 區域 \bar{S} 的返航備降占比水準大小為 $p_{\bar{S}}$

1.3. 區域 \bar{S} 包含的基本區塊的個數為 $num_{\bar{S}}^u$

1.4. 區域 \bar{S} 存在返航備降航班個數為 $value_{\bar{S}}^{fbj}$

1.5. 區域 \bar{S} 包含的航班個數為 $value_{\bar{S}}^u$

1.6. 區域 \bar{S} 的面積 $\bar{S}_{square} = Z_{square} - S_{square}$

(4) 決策變數

決策變數，即搜索變數為在時間段和月份兩個維度上的切點和步長：

1.1. 區塊在月份維度上的開始月份記為 sm

1.2. 區塊在月份維度上的結束月份記為 em

1.3. 區塊在時間段維度上的開始時間段記為 st

1.4. 區塊在時間段維度上的結束時間段記為 et

(5) 目標函數

目標 1：矩形區域返航備降占比水準盡可能地趨於 1，可以表示為：

$$\max \quad goal1 = p_S + (1 - p_{\bar{S}})$$

目標 2：該區域包含的返航備降個數所占區域 Z 中返航備降數越大越好，可以表示為：

$$\max \quad goal2 = value_S^{f_{hj}} / value_Z^{f_{hj}}$$

目標 3：該矩形區域盡可能的趨於整個 Z ，即包含的基本區塊的數量盡可能地覆蓋整個區域 Z 的區塊個數，可以表示為：

$$\max \quad goal3 = num_S^u / num_Z^u$$

(6) 約束條件

約束條件 1：區域 S 返航備降航班個數達到一定的數量水準，公式表示為：

$$value_S^{f_{hj}} \geq S_{square} * av_{f_{hj}}$$

$$av_{f_{hj}} = value_{f_{hj}} / \text{存在返航備降航班的區塊個數}$$

約束條件 2：區域 S 航班總量達到一定的數量水準，公式表示為：

$$value_S^u \geq S_{square} * av_u$$

$$av_u = value_u / \text{存在航班的區塊個數}$$

約束條件 3：區域 S 的返航備降占比必須達到一定得水準，公式表示為：

$$value_S^{f_{hj}} / value_S^u \geq P_{level}$$

(7) 其他變數設置

$P1, P2, P3$ 分別為 $goal1, goal2, goal3$ 的優先等級。數值越大代表優先等級越高。

由此，經過整體優化後，該搜索的數學優化模型可以表示為：

$$\left\{ \begin{array}{l} \max \quad goal1 = P_S + (1 - P_{\bar{S}}) \\ \max \quad goal2 = num_S^u / num_Z^u \\ \max \quad goal3 = value_S^{f_{hj}} / value_Z^{f_{hj}} \\ value_S^{f_{hj}} \geq S_{square} * av_{f_{hj}} \text{ 或者 } value_S^u \geq S_{square} * av_u \\ value_S^{f_{hj}} / value_S^u \geq P_{level} \end{array} \right.$$

其中，決策變數為： sm, em, st, et ，決定了 $S_{sm_em_st_et}$ 。

圖 7 是根據本發明實施例的一個飛機行為預測系統的結構示意圖。如圖 7 所示，飛機行為預測系統 700 包括資料獲取單元 701、模型生成單元 702、資料庫 703 和預測單元 704。

資料獲取單元 701 用來從原始資料中直接獲取所需維度的資料；或者利用原始資料經過調整後得出所需維度的資料。以下以返航備降的資料獲取為例，說明資料的獲取過程。

提取航班記錄中的欄位“FLT_ID”表示航班號、“DEP_APT”表示起飛機場、“ARR_APT”表示目的機場、“STD”表示班表起飛時間、“STA”表示班表到達時間、“OFF_TIME”表示實際起飛時間、“ON_TIME”表示實際落地時間、“CANCEL_FLAG”表示航班狀態、“MEMO”表示航班狀態說明。

通常情況下，欄位“CANCEL_FLAG”欄位取值為“0”表示正常；取值為“1”表示取消；取值為“3”表示備降航班備降階段；取值為“4”表示備降航班複飛階段；取值為“5”表示返航航班返航階段；取值為“6”表示航班複飛階段。根據需要，剔除“CANCEL_FLAG”欄位為“1”的記錄。

根據本發明的一個實施例，對於“CANCEL_FLAG”欄位為“3”或者“5”的記錄，獲取欄位“MEMO”並進行匹配，保留“MEMO”欄位包含“雨”、“雪”、“風”、“霧”、“雲”、“冰”、“能見度”或“天氣”的記錄。

根據本發明的一個實施例，對於欄位“CANCEL_FLAG”取值為 3 或者 5 的欄位，調整 ON_TIME 欄位。 $ON_TIME=OFF_TIME+(STA-STD)$ 。將欄位“CANCEL_FLAG”取值為 4 或者 6 的欄位調整為取值 0。

對於 ON_TIME 欄位，進行如下處理：將時間欄位 ON_TIME 拆分，將年、月、日、時間（時）分別用欄位“ON_Y”表示年，“ON_M”表示月，“ON_D”表示日，“ON_T”表示小時進行保存。例如 ON_TIME 為“2009-10-1 6:05”，則 ON_Y=2009，ON_M=10，ON_D=1，ON_T=6。

對於“ARR_APT”欄位，用某一段時間內正常航班的目的機場調整該段時間內返航備降航班記錄的目的機場。

具體而言，即對欄位“CANCEL_FLAG”取值為 3 或者 5 的記錄的“ARR_APT”欄位進行如下調整：

1. 提取“CANCEL_FLAG”取值為 3 或者 5 的記錄的“FLT_ID”-航班號、“DEP_APT”-目的機場、“ON_Y”，分別記為 FLT_ID_FHBJ，DEP_APT，ON_Y_FHBJ，ON_M_FHBJ；
2. 提取“CANCEL_FLAG”取值為 0，“FLT_ID”取值為 FLT_ID_FHBJ，“DEP_APT”取值為 DEP_APT，“ON_Y”取值為 ON_Y_FHBJ 的記錄的欄位“ARR_APT”，記作 AP。
3. 用 AP 調整前者記錄的“ARR_APT”欄位內容。

經過上述處理之後，就可以提取目的機場資料的資料了。其中，CANCEL_FLAG=0 的記錄為正常航班記錄，CANCEL_FLAG=3 或者 5 的記錄為返航備降航班記錄。兩者加和便為所有分析的航班記錄。在每個記錄中提取目的機場資料進行分析。

資料獲取單元 701 獲取資料後，將資料發送到資料庫 703 中存儲或者直接發送到預測單元 704 進行處理。

資料庫 703 用來存儲航班歷史資料，並且接受預測單元 704 的查詢，提供相應的資料以供預測單元 704 使用。根據本發明的一個實施例，資料庫 703 可以根據模型生產單元 702 中生成的模型，對資料庫中存儲的歷史資料進行格式的調整，或生成新的資料表以備使用。

根據本發明的一個實施例，對所有的返航備降航班進行初步統計，建立落在目的機場、實際落地時間月份和實際落地時間段三個維度上的航班總量、返航備降航班總量和返航備降占比的分佈，分別記作：

1. 落在目的機場、月份和時間段三個維度上的航班總量 $tt(ap, mon, time)$
2. 落在目的機場、月份和時間段三個維度上的返航備降航班數量 $f_{hbj}(ap, mon, tim)$
3. 落在目的機場、月份和時間段三個維度上的返航備降占比 $p(ap, mon, tim)$

其中， ap 為目的機場的編號； mon 為月份，取值為

$mon = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$; tim 為時間段, $tim = 1, 2, 3, 4, \dots, 22, 23$ 。

模型生成單元 702 根據輸入的搜索條件和約束條件生成相應的搜索模型。模型生成單元 702 的功能在之前已經詳細說明，這裏不再贅述。

預測單元 704，根據模型生成單元 702 的模型，在資料庫中獲取相應的資料上，搜索特定的非正常飛行行為的高占比區域，從而實現對特定非正常飛行行為的預測。本領域技術人員應當理解，模型生成單元 702 所生成的模型也可以保存在資料庫中或者飛機行為預測系統的記憶體中。因此，不必每次預測單元 704 執行預測時都重新利用模型生成單元生成模型。

本文中所提到的“單元”可以是完成特定功能的電路。因此，“單元”這一術語也可以用“電路”來代替。根據本發明的一個實施例，這些電路包括但不限於處理器、數位信號處理器（DSP）、通用微處理器、專用積體電路（ASIC）、現場可編程邏輯陣列（FGPA）或其他等效積體電路或離散邏輯電路。

圖 8 是根據本發明的一個實施例的預測單元的結構示意圖。圖 8 所示的實施例可以應用於圖 7 實施例中的預測單元 704 中。如圖 8 所示，預測單元 800 包括統計模組 801、搜索模組 802、解約束模組 803 和存儲和排序模組 804。

統計模組 801 用來完成統計功能，例如返航備降航班整體月份分佈統計或者某目的機場返航備降月份分佈統計。

根據本發明的一個實施例，返航備降航班整體月份分佈統計可以包括如下步驟：

步驟 1：設定年份，可以是一年或者連續幾年；

步驟 2：當月份 mon 分別取 $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ 時，根據返航備降在目的機場、月份和時間段三個維度上的分佈情況 $fhbj(ap, mon, tim)$ ，計算在每個月份上返航備降的航班數，記作 $value_fhbj(mon)$ ；

步驟 3：當月份 mon 分別取 $1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$ 時，根據航班在目的機場、月份和時間段三個維度上的分佈情況 $tt(ap, mon, tim)$ ，計算在每個月份上的

航班數，記作 $value_tt(mon)$ ；

步驟 4：計算在某年度或者某幾個年度在各個月份上返航備降占比
 $value_per(mon) = value_fjbj(mon) / [value_tt(mon) + 0.000000001]$, $mon = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$

根據本發明的一個實施例，某目的機場返航備降月份分佈統計可以包括如下步驟：

步驟 1：設定目的機場 i ，年份可以是一年或者連續幾年；

步驟 2：當月份 mon 分別取 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 時，根據返航備降在目的機場、月份和時間段三個維度上的分佈情況 $fjbj(ap, mon, tim)$ ，計算目的機場 i 在每個月份上返航備降的航班數，記作 $value_i_fjbj(mon)$ ；

步驟 3：當月份 mon 分別取 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 時，根據航班在目的機場、月份和時間段三個維度上的分佈情況 $tt(ap, mon, tim)$ ，計算目的機場 i 在每個月份上的航班數，記作 $value_i_tt(mon)$ ；

步驟 4：計算目的機場 i 在某年度或者某幾個年度在各個月份上返航備降占比，計算公式表示為：

$$value_i_per(mon) = value_i_fjbj(mon) / [value_i_tt(mon) + 0.000000001]$$

其中 $mon = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12$

搜索模組 802 是預測單元中重要的部件。根據本發明的一個實施例，搜索模組根據資料庫中的資料以及模型的要求，對整個資料空間進行遍曆。然後將遍曆的結果輸出到解約束模組 803。解約束模組 803 判斷遍曆的結果是否符合約束條件，並且將符合約束條件的遍曆結果輸出到存儲和排序模組 804。存儲和排序模組 804 存儲所有符合條件的遍曆結果，並對遍曆結果進行綜合排序；然後根據排序的結果輸出非正常飛行時間的高占比區域。

根據本發明的一個實施例，搜索模組 802 在資料空間中生成非正常飛行行為概率超過閾值的區域 Z ；然後再對區域 Z 進行遍曆。

本文中所提到的“模組”可以是完成特定功能的電路。因此，“模組”這一術語也可以用“電路”來代替。根據本發明的一個實施例，這些電路包括但

不限於處理器、數位信號處理器 (DSP)、通用微處理器、專用積體電路 (ASIC)、現場可編程邏輯陣列 (FPGA) 或其他等效積體電路或離散邏輯電路。

圖 9 是根據本發明的一個實施例的飛機非正常飛行行為預測方法的流程圖。圖 9 所示的預測方法可以應用到圖 7 和圖 8 所示的實施例中。在圖 9 的實施例中，飛機的非正常飛行行為是返航備降行為，資料空間是時間段與月份的二維平面。

如圖 9 所示，飛機非正常飛行行為預測方法 900，在步驟 910，利用搜索模組形成一個區域 Z 。區域 Z 包括多個連通的區塊。區域 Z 的返航備降占比水準高於第一閾值 p_level ，或者該區塊內的返航備降航班個數大於或等於 av_{fbbj} ，其中第一閾值 p_level 是預設的返航備降占比閾值或者平均的返航備降占比，其中 av_{fbbj} 是預設的返航備降數量閾值或者平均的返航備降量。

以下通過一個具體的實例，說明如何實現步驟 910 的 Z 區域搜索。

根據本發明的一個實施例，搜索返航備降占比水準大於第一閾值 p_level 的區塊，並用標記 k 對連通的區塊進行標記，並用結構體 *keypoint* 記錄區塊資訊，包括月份、時間段以及標記 k 。

輸入： $p(i, mon, tim), p_level, av_{fbbj}$ ；其中 $p(i, mon, tim)$ 為所有區塊的返航備降占比，其中 i 為機場標記。

輸出：結構體 *keypoint* [屬性：目的機場 (.ap)，月份 (.mon)，時間段 (.tim)，區域標識 (.mark)]，以及區域 Z 的個數 $num_keyzoon$

910.1. 初始化步驟： $mon = 1, tim = 1, m = 1, n = 1, k = 1$

910.2. 尋找返航備降占比大於第一閾值 p_level 的區塊或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fbbj} ，並作標記 k 。具體包括：尋找第一個

$p(i, mon, tim) > p_level$ 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fbbj} 的 mon, tim

組合，並用結構體陣列 *keypoint* 記錄，即

$keypo\ int(n).mon = mon, keypo\ int(n).tim = tim, keypo\ int(n).mark = mark = k$,

並使

$$p(i, mon, tim) = 0, m = n, n = n + 1 \text{ 。}$$

910.3. 尋找與 $keypo\ int(m)$ 相連的並且返航備降占比大於第一閾值 p_level 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fmbj} 的區塊, 並作標記 k 。

$mon = keypo\ int(m).mon + 1, tim = keypo\ int(m).tim$, 當 $mon \leq 12$ 並且 $p(i, mon, tim) > p_{level}$ 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fmbj} 時, 用結構體陣列 $keypo\ int$ 記錄, $mon = keypo\ int(m).mon + 1, tim = keypo\ int(m).tim, keypo\ int(n).mark = k$, 並使 $p(i, mon, tim) = 0$, $n = n + 1$, 否則轉入下一步。

$mon = keypo\ int(m).mon - 1, tim = keypo\ int(m).tim$, 當 $mon > 0$ 並且 $p(i, mon, tim) > p_{level}$ 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fmbj} 時, 用結構體陣列 $keypo\ int$ 記錄, $mon = keypo\ int(m).mon - 1, tim = keypo\ int(m).tim, keypo\ int(n).mark = k$, 並使 $p(i, mon, tim) = 0$, $n = n + 1$, 否則轉入下一步。

$mon = keypo\ int(m).mon, tim = keypo\ int(m).tim + 1$, 當 $tim \leq 23$ 並且 $p(i, mon, tim) > p_{level}$ 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fmbj} 時, 用結構體陣列 $keypo\ int$ 記錄, $mon = keypo\ int(m).mon, tim = keypo\ int(m).tim + 1, keypo\ int(n).mark = k$, 並使 $p(i, mon, tim) = 0$, $n = n + 1$, 否則轉入下一步。

$mon = keypo\ int(m).mon, tim = keypo\ int(m).tim - 1$, 當 $tim > 0$ 並且 $p(i, mon, tim) > p_{level}$ 或者區塊內返航備降航班數量不小於 av_{fmbj} 時, 用結構體陣列 $keypo\ int$ 記錄, $mon = keypo\ int(m).mon, tim = keypo\ int(m).tim - 1, keypo\ int(n).mark = k$, 並使 $p(i, mon, tim) = 0$, $n = n + 1$, 否則轉入下一步。

910.4. 當 $m < n$ 時, $m = m + 1$, 重複 910.3, 否則轉入下一步。

910.5. 當 $mon \leq 12$ 並且 $tim \leq 23$ 時轉入 910.2, $k=k+1$ ，否則終止。

根據本發明的一個實施例，搜索結構體 *keypoint* 的區塊組成的全部區域，用結構體 *keyzoon* 記錄。具體如下：

輸入：結構體 *keypoint*，區域 Z 的個數 $num_keyzoon$ ，陣列 $f_{hbj}(i, mon, tim)$ ， $tt(i, mon, tim)$ ，其中

輸出：結構體 *keyzoon* [屬性：目的機場 (.ap)，開始月份 (.sm)，結束月份 (.em)，開始時間段 (.st)，結束時間段 (.et)，返航備降航班個數 (.f_{hbj})，航班總數 (.tt)]

910.6. $mark = 1$ ；

910.7. 用 sm, em 記錄標記等於 $mark$ 的所有區塊的 mon 屬性的最小值和最大值。用 st, et 記錄標記等於 $mark$ 的所有區塊的 tim 屬性的最小值和最大值。

910.8. 用結構體 *keyzoon* 對區域進行記錄，即 $keyzoon(mark).sm = sm, keyzoon(mark).em = em, keyzoon(mark).st = st, keyzoon(mark).et = et$ 並且，用屬性 $value_f_{hbj}$ 記錄區域返航備降的航班個數，用屬性 $value_tt$ 記錄區域航班數量，用屬性 num_z 記錄該區域的大小， $mark = mark + 1$ 。

910.9. 當 $mark \leq k - 1$ 的時候，轉入步驟 910.7。

然後，計算約束 $av_u, av_{f_{hbj}}$ 。該步驟可以在約束步驟 930 之前的任意步驟中進行。具體如下：

輸入： $f_{hbj}(i, mon, tim), tt(i, mon, tim)$

輸出： $av_{tt}, av_{f_{hbj}}$

910.10. $value_{f_{hbj}} = 0, value_u = 0, mon = 1, tim = 1$

910.11. 如果 $tt(i, mon, tim) > 0, value_u = value_u + tt(i, mon, tim)$

910.12. 如果 $fhbj(i, mon, tim) > 0$, $value_{fhbj} = value_{fhbj} + fhbj(i, mon, tim)$

910.13. 如果 $tim = tim + 1$ 並且 $tim < 24$, 返回步驟 920.11, 否則 $tim = 1$, 轉入

920.14

910.14. 如果 $mon = mon + 1$ 並且 $mon < 13$, 返回步驟 920.11

910.15. $av_{fhbj} = value_{fhbj} /$ 存在返航備降航班的區塊個數,

$av_u = value_u /$ 存在航班的區塊個數。

通過步驟 910, 得到了一個結構體 *keyzoon* 表示的區域 *Z*, 該結構體包括多條記錄, 每一條記錄對應一個返航備降占比水準高於第一閾值 p_level , 或者該區塊內的返航備降航班個數大於或等於 av_{fhbj} 的區域。

在步驟 920, 利用搜索模組對步驟 910 得到的區域 *Z* 上進行遍曆。

輸入結構體 *keyzoon*, *index*, *P1*, *P2*, *P3*, 其中 *index* 表示區域 *Z* 的編號。然後, 對第 *index* 區域 *Z* 進行遍曆, 並對每一次遍曆區域 *S*, 用結構體 *list1* 記錄相關資訊: 用屬性 *min_m* 記錄區域 *S* 的開始月份, 用屬性 *max_m* 記錄區域 *S* 的結束月份, 用屬性 *min_t* 記錄區域 *S* 的開始時間段, 用屬性 *max_t* 記錄區域 *S* 的結束時間段, 用屬性 *value_fhbj* 記錄區域 *S* 的返航備降航班數, 用屬性 *value_tt* 記錄區域 *S* 的航班總數, 用屬性 *num_s* 記錄區域 *S* 的面積大小。

在步驟 930, 判斷每個遍曆的結果是否滿足約束條件, 並對每一次滿足約束條件的遍曆的結果用結構體 *List* 進行記錄。具體如下:

對每個區域的遍曆結果, 求解三個優化目標值, 並進行單個目標值的排序, 進而對每個遍曆的三個目標值求均值, 選擇出最小值遍曆作為該區域的最優值。

930.1. 對 *list1* 的記錄進行約束條件判斷, 對滿足下列兩個條件之一的記錄

用結構體 *list* 進行記錄。約束判斷條件:

$$value_{fhbj} \geq num_S * av_{fhbj}, \quad value_u \geq num_S * av_u。$$

- 930.2. 計算所有遍曆區域的第一個目標函數值，並用 $goal1$ 進行記錄。
- 930.3. 計算所有遍曆區域的第二個目標函數值，並用 $goal2$ 進行記錄。
- 930.4. 計算所有遍曆區域的第三個目標函數值，並用 $goal3$ 進行記錄。
- 930.5. 對所有遍曆區域根據三個目標的大小進行排序，最大記作 1，其次記為 2，分別用結構體 $list$ 的屬性 $goal1_{index}, goal2_{index}, goal3_{index}$ 進行記錄。

在步驟 950，計算綜合排名。具體包括：並計算每個遍曆三個目標的綜合排名，並分別用結構體 $list$ 的屬性 $goal_total$ 進行記錄。結構體 $list$ 的第 i 條記錄的綜合排名的計算公式為：

$$list(i).goal_{total} = P1 * list(i).goal1_{index} + P2 * list(i).goal2_{index} + P3 * list(i).goal3_{index}$$

在步驟 960，搜索結構體 $list$ 中屬性 $goal_{total}$ 最小的遍曆區域，返回開始月份 sm ，結束月份 em ，開始時間段 st ，結束時間段 et 。

通過上述步驟，最後輸出第 $index$ 區域 Z 的高占比區域 $S(sm, em, st, et)$ 。

以上對本發明的具體實施例進行了詳細描述，但其只是作為範例，本發明並不限制於以上描述的具體實施例。對於本領域技術人員而言，任何對本發明進行的等同修改和替代也都在本發明的範疇之中。因此，在不脫離本發明的精神和範圍下所作的均等變換和修改，都應涵蓋在本發明的範圍內。

【符號說明】

- 700 飛機行為預測系統
- 701 資料獲取單元
- 702 模型生成單元

- 703 資料庫
- 704 預測單元
- 800 預測單元
- 801 統計模組
- 802 搜索模組
- 803 解約束模組
- 804 存儲和排序模組
- 900 飛機非正常飛行行為預測方法
- 910 步驟
- 920 步驟
- 930 步驟
- 940 步驟
- 950 步驟
- 960 步驟

【生物材料寄存】

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

申請專利範圍

1. 一種飛機行為預測系統，包含：

一模型生成單元，其包括配置成根據兩個或兩個以上飛行行為資料維度構建資料空間，並根據搜索條件和約束條件生成飛行行為預測模型的電路，

一資料獲取單元，其包括配置成獲取飛行行為資料的電路，以及

一預測單元，其包括配置成根據該飛行行為資料，利用該飛行行為預測模型在該資料空間上搜索非正常飛行行為高占比區域的電路；

其中該預測單元在該資料空間中確定非正常飛行行為占比水準大於第一閾值的待檢索區域，該預測單元的搜索在該待檢索區域上進行，該待檢索區域是該資料空間的一部分，

其中該模型生成單元的搜索條件使該高占比區域的非正常飛行行為占比最大，該高占比區域的面積最大以趨於整個待檢索區域，以及該高占比區域包含的非正常行為航班個數最大，以及

其中該模型生成單元的約束條件包括該高占比區域中非正常行為的航班數和航班總數中的至少一個超過預設的一閾值。

2. 如請求項1所述的預測系統，進一步包括資料庫，其中該預測單元從該資料獲取單元或資料庫獲取該飛行行為資料。
3. 如請求項1所述的預測系統，其中該模型生成單元的約束條件進一步包括：該高占比區域非正常飛行行為占比超過另一閾值。
4. 如請求項1所述的預測系統，其中該資料獲取單元利用原始飛行行為資料經過調整後得出該資料維度的資料。
5. 如請求項1所述的預測系統，其中該預測單元進一步包括：
搜索模組，其對待搜索區域進行遍曆；
解約束模組，其判斷遍曆的結果是否符合約束條件；以及
存儲和排序模組，其存儲所有符合條件的該遍曆結果，並綜合排序；然後根據該綜合排序的結果輸出非正常飛行時間的高占比區域。
6. 如請求項5所述的預測系統，其中該搜索單元在整個資料空間上檢索該待檢索區域。
7. 如請求項6所述的預測系統，其中該搜索單元搜索非正常飛行行為占比水準大於第一閾值的區塊，並用對連通的區塊進行標記。
8. 如請求項7所述的預測系統，其中該搜索單元進一步搜索該非正常飛行行為占比水準大於第一閾值

的區塊組成的區域。

9. 如請求項8所述的預測系統，其中該解約束模組對每個區域的遍曆結果，求解該搜索條件，並進行單個目標值的排序，選擇出最小值遍曆作為該區域的最優值。
10. 如請求項9所述的預測系統，其中該解約束模組對該最小值遍曆進行約束條件判斷。
11. 如請求項10所述的預測系統，其中該解約束模組對該最小值遍曆進行約束條件判斷。
12. 如請求項5所述的預測系統，其中該存儲和排序模組計算所有遍曆區域每個檢索條件的值，並進行排序。
13. 如請求項12所述的預測系統，其中該存儲和排序模組根據所有遍曆區域的各個檢索條件的值，計算所有遍曆區塊的綜合排名。
14. 一種飛機行為預測方法，包含：
根據兩個或兩個以上飛行行為資料維度構建資料空間，並根據搜索條件和約束條件生成飛行行為預測模型，
獲取飛行行為資料，以及
根據該飛行行為資料，利用該飛行行為預測模型在該資料空間上搜索非正常飛行行為高占比區域；以及
其中在該資料空間中確定非正常飛行行為占比

水準大於第一閾值的待檢索區域，搜索在該待檢索區域上進行，該待檢索區域是該資料空間的一部分，

其中該搜索條件使該高占比區域的非正常飛行行為占比最大，該高占比區域的面積最大以趨於整個待檢索區域，以及該高占比區域包含的非正常行為航班個數最大，以及

其中該約束條件包括該高占比區域中非正常行為的航班數和航班總數中的至少一個超過預設的一閾值。

15. 如請求項14所述的預測方法，其中該約束條件進一步包括：該高占比區域非正常飛行行為占比超過另一個閾值。
16. 如請求項14所述的預測方法，進一步包括利用原始飛行行為資料經過調整後得出該資料維度的資料。
17. 如請求項14所述的預測方法，進一步包括：
對待搜索區域進行遍曆；
判斷遍曆的結果是否符合約束條件；以及
存儲所有符合條件的該遍曆結果，並綜合排序；
然後根據該綜合排序的結果輸出非正常飛行時間的高占比區域。
18. 如請求項17所述的預測方法，進一步包括在整個資料空間上檢索該待檢索區域。

19. 如請求項18所述的預測方法，進一步包括搜索非正常飛行行為占比水準大於第一閾值的區塊，並用對連通的區塊進行標記。
20. 如請求項19所述的預測方法，進一步包括搜索該非正常飛行行為占比水準大於第一閾值的區塊組成的區域。
21. 如請求項20所述的預測方法，進一步包括對每個區域的遍曆結果，求解該搜索條件，並進行單個目標值的排序，選擇出最小值遍曆作為該區域的最優值。
22. 如請求項21所述的預測方法，進一步包括對該最小值遍曆進行約束條件判斷。
23. 如請求項17所述的預測方法，進一步包括計算所有遍曆區域每個檢索條件的值，並進行排序。
24. 如請求項23所述的預測方法，進一步包括根據所有遍曆區域的各個檢索條件的值，計算所有遍曆區塊的綜合排名。