

# 以 OPS5 建構侵台颱風風速與雨量分佈 預測專家系統

陳 熙 揚\*      潘 大 龍\*\*

\* 中央氣象局資訊中心

\*\* 中山科學研究院

## 摘 要

侵台颱風在各地所產生之風力與雨量大小，除與颱風本身位置及環流結構有關外，因盛行氣流受中央山脈地形影響產生爬山與繞山效應故分佈甚為複雜，目前仍然在在需要依靠具有良好經驗的預報員加以判斷，然而有經驗的預報員培養不易，常需數十年方能為功；故深值建立專家系統協助預報。

本研究擷取蔡清彥、吳宗堯等之侵台颱風相關研究成果，以實體——關係模式建構知識庫，利用 OPS 5 法則式前向推理的特性，以資料驅動方式建置極易受實際氣象條件影響之「侵台颱風風速與雨量分佈」專家系統雛型。

本系統可根據侵台颱風路徑之走向與山脈之交角、颱風氣流對山脈走向之入射角、颱風七級風半徑及台北與桃園平均風速等各值的大小決定颱風將自由抑或分裂過山及其在台灣各地所造成的影響，並進一步根據其路徑預測各區域之風速與雨量分佈。

## 一、前 言

天氣預報是一件非常複雜的工作，須接收來源不同、品質各異的各種資料，經同化、合成及分析等過程，再由預報員借助各類檢查表或運用自己的判斷做出預報。

近年來，隨著都普勒雷達、剖風儀（Profiler Wind Sensor）及各類新穎自動觀測系統的問世，觀測資料的時間與空間解析度均有顯著的進步，資料量也因而大增。然而根據心理學家的研究，如無適當的處理配合，則與日俱增的龐大資料

量並不意謂著預報將會獲得改善（Stewart et al, 1989）。目前，即使在使用各式尖端電腦設備從事廣泛與繁瑣資料處理的氣象先進國家預報中心，面對數量龐大的資訊，預報員仍需運用各種複雜的學理與經驗法則在很短的時間內完成預報工作，其判斷過程往往會受到情緒、壓力等人為因素的影響；再者，不同的天氣預報對象常需不一樣的預報知識，而這些知識又需由預報員在校所學配合實際工作經驗加以歸納融會貫通而得。然而，在不同的地區各種物理過程有不一樣的重要性，因此這些預報知識非但需要經年累月不斷的累積方能為功，

而且難以轉移。所幸，由於專家系統的問世，情況漸獲改觀。

晚近由於人工智慧的研究普受重視，因此各類專家系統相繼問世：如用於處理迪吉多電腦公司客戶訂單，以組合VAX計算機系統的XCON、用於醫療診斷的MYCIN、用於鑽探礦物的DRILLING ADVISOR 等等，不勝枚舉（鄭福燭，1987）。

由於專家系統可運用知識有效率且有效用地解決特定領域中的問題，加以人工專業知識具永久性、一致性、容易移轉和形成文件且價格便宜等優點，故專家系統的研究已是潮流所趨。以氣象領域而言，在國外，Weaver and Phillips（1987）利用EXSYS公司的專家系統核心（Shell）EXSYS在個人電腦上建立法則式並具可靠度因子的CONVEX專家系統從事空間尺度為Meso- $\beta$ ，時間尺度3至8小時的對流天氣現象發生時間和強度的預測；而Zwack, et. al.（1989）則根據產生低雲的物理過程，結合觀測、數值模式預報與經驗預報法則為一體，建立雛型專家系統從事24小時機場低雲預測；Derr（1989）也利用商業化的規則式核心系統建立專家系統，以南方振盪指數、海水表面溫度及風的東西向分量等等變數，使用歷史資料集（COADS）預測熱帶太平洋艾爾尼紐南方振盪現象（El Nino-Southern Oscillation Processes）的冷暖，除可作假設的檢定（Test of hypotheses）外，更可供作與其他預測方法比較的基礎。

再就國內的情況而言，陳熙揚（1990）首對專家系統之理念、工具特性、實際建構及應用加以研究；陳熙揚、潘大龍（1990）並以1985年美國McGraw-Hill圖書公司出版的Micro Expert

系統為工具，經改善其人機介面功能後，根據蔡清彥等之「台灣地區之颱風風速分佈」（蔡清彥等，1981），以決策樹的方式建立知識庫，完成「侵台颱風風速分佈預測專家系統」的建置。

由於Micro Expert 採用目標驅動（Goal-Driven）的推論方式：假設問題為一欲確定的結論（目標）逆向推論找出支持的條件形成中間假設（次目標），再依同樣方式反覆執行，直至系統找到一個規則，其條件部份成立（True）。此種策略規則的引發是事先排定的，適用於結構良好的系統，例如診斷及目標少的情形。然而對某些大氣現象而言，往往很難在事先就了解或預測其發生或形成的先決條件，在此種情況下使用資料驅動（Data Driven）的前推式專家系統較為適合，亦即由輸入的資料自行引發規則進行推論。

OPS 5 就是一個以資料驅動做前推式推論的法則系統程式語言，由於以OPS 5 為工具建構的專家系統如迪吉多電腦公司的XCON、XSEL等相當成功，以XCON而言，每年可為迪吉多公司節省數千萬美元。因此，鑒於侵台颱風風雨預報的重要，並在作業可行性的考慮及增加前述「侵台颱風風速分佈預測專家系統」知識庫的前提下，特以OPS 5 建構「侵台颱風風速與雨量分佈預測專家系統」協助預報。

本文第二節將對OPS 5 及其推論方式做一簡介，第三、四節則分別為以實體——關連模式建構本系統之知識庫及應用實例，最後在第五節中提出結論與建議。

## 二、OPS5簡介

OPS 5 是法則式程式語言之一，可用來解答問題、陳述答案，並指引電腦應用這些答案。茲就

其基本概念與推論機簡述如下：(Brownston et. al., 1985)

(一)基本概念

一法則系統主由資料群、法則群及推論機三部份所組成，如圖1所示。

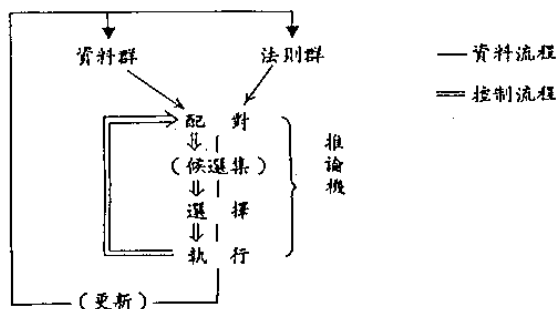


圖1 法則系統之組成

資料群是一共用資料庫內存相關問題的事實或待完成的目標。資料群內每一基本資料稱為工作備忘元素(Working Memory Element, WME)。至於法則群則是程式的主體，從概念的觀點而言，每一法則可用下列形式來代表：

IF C1 C2 ... THEN A1 A2...

其中C1, C2, ...是法則的條件部，稱為條件元素(Condition Element, CE)，C1和C2和.....則稱為此法則的左手邊(Left Hand Side, LHS)，而A1, A2, ...則是法則的行動部，稱為行動元素(Action Element, AE)，A1和A2和.....則稱為此法則之右手邊(Right Hand Side, RHS)。

在OPS 5中，法則以如下的形式表示：

(P法則名稱 C1 C2 ...→A1 A2...)

在此，P用來定義一法則的開始。

(二)OPS 5推論機

推論機可視為一個包含配對、選擇、和執行等三個行動狀態循環的有限狀態(Finite

State)機器如下：

重覆

執行配對

如滿足下述條件之一則停止

候選集為空

執行到停止指令

已達到循環計數

選擇候選集中法則 instantiation

執行選取之法則

結束

茲分述如下：

(一)配對

一法則的LHS和工作備忘區配對(即CE成立)的條件如下：

- 每一非負之CE皆可與一WME配對。
- 沒有任一WME可與負的CE配對。
- 每一元素變數(Element Variable)結合配對成功之WME。
- 對LHS所有條件中每一個變數僅可結合一個值以確保一致性。

在配對後，候選集(Conflict Set)內包含配對成功的法則CEs，及其相對的WMEs；稱之為法則instantiations。故，在候選集中由於不同的WMEs配對，而對同一個法則會有一個以上的法則instantiations。

(二)選擇

在配對後如果候選集中不祇一個法則instantiations，則在選擇階段就必須執行選擇策略選取某條法則。

OPS 5提供LEX(Lexical Ordering)及MEA(Means-Ends Analysis

) 兩種策略，分別說明如下：

1. L E X：選擇方式依次如下：

- (1)refraction：每一候選集中的法則 instantiation 只被執行一次。(即執行過後，不再執行，須從候選集中將執行過法則 instantiation 剔除。)
- (2)recency：僅保留候選集中 timetag 最高的法則 instantiation。
- (3)specificity：只保留所剩候選集中特殊性最高；即測試條件最多的法則 instantiations。
- (4)arbitrary：從所剩候選集中，任選一法則 instantiation。

2. M E A：選擇方式依次如下：

- (1)refraction：同 L E X。
- (2)recency：首先僅考慮第一個 C E 的 recency，餘同 L E X。
- (3)specificity：同 L E X。
- (4)arbitrary：同 L E X。

(三)執行

根據上述過程選出之法則 instantiation，執行法則的 R H S 以更改資料庫，以完成一次推論。(即當一法則其 L H S 成立時，則可執行此法則之 R H S。)

### 三、知識庫的建立

知識庫的建立是專家系統發展中最主要的瓶頸之一，如何獲取知識並將知識組織成正規(Formal)形式以增強專家系統能力是非常重要的課題。

知識的獲取通常是直接與專家交談溝通而得，而在此過程中，最大的困難在於專家對相似的問題常因時地不同而有不同的解決方法，其抉擇端賴多

年累積的經驗，難以將之作有系統的正規化描述，因此先由相關文獻中萃取知識。

(一)知識的來源：

由於人工專家技術具有可擴充及易維護之特性，日後隨著新研究成果的發現及使用經驗的累積可對知識庫內的知識加以新增或修改；且在不失建構專家系統的一般性下，本研究以蔡清彥等之「颱風路徑與台灣地區之風速及雨量分佈」(蔡清彥等，1982)及吳宗堯等之「現有颱風預報研究成果作業化之研究(二)」(吳宗堯等，1989)研究報告為基礎，經融合後，擷取侵台颱風受中央山脈之影響及其產生之風雨分佈的知識，建立本專家系統的知識庫雛型。

(二)知識結構化

由於實體—關係模式(Entity—Relationship Model)(Ullman, 1982)在資料庫的設計中常被用來將真實世界(Real World)混淆不清的問題或現象予以正規化，使這些問題或現象有一較清晰明確的概念觀點(Conceptual View)，因此，本研究亦以實體—關係模式將錯綜複雜的大氣現象模式化，俾使往後不會因知識的大量增加導致知識庫難以維護。

一實體是一存在且可區分之物，而實體具有之性質稱為屬性(Attribute)。例如，一個颱風是一個實體，我們可定義 Pass—Taiwan—Status 為颱風這個實體的屬性，代表颱風經過台灣時的狀態是分裂、自由過山、抑或減弱消失。而實體集合間的關係則以法則描述，並利用工作區來記憶執行中法則所需資訊。茲以颱風經過中央山脈的情形為例加以說明：

從前述專家累積的經驗，我們知道颱風路徑

走向與中央山脈夾角小於 120 度，則此颱風將會自由過山，換句話說：

(法則一):若(→)有一山脈(中央山脈)名為

N 1，且

(←)有一颱風(南茜)名為N 2，則

記錄N 1 與N 2 路徑間的夾角。

(法則二)：若夾角小於 120 度，則

颱風N 2 將會自由越過中央山脈

N 1。

上述第一個法則指出二個實體，並試著得到

它們之間的關係，第二個法則再根據這個關係決定 Pass-Taiwan-Status 這個颱風的屬性。這些規則可以用 OPS 5 描述如下：

```
(literalize Mountain
      name
    )
;This is an entity.
;Only Central Mountain Range here.

(literalize Typhoon
      name
      track-kind
      Longitude-E
      Latitude-N
      Pass-Taiwan-Status
      30KT-R
      U-at-T
      .
      .
    )
;This is an entity.
;Kind-ask ^value

)

(literalize Cross-Angle-1
      value
      typhoon ; the name of typhoon
    )

(p Cross-Angle-1-q
  (Mountain ^name <N1> )
  (Typhoon ^name <N2> ^pass-taiwan-status nil )
  { (cross-angle-1) <a> }
  - ( Cross-Angle-1-q-has-fired )
-->
  (write (crlf) | What is the angle between | <N1>
         | mountain range and the path of | <N2> |? | )
  ( bind <acv> (accept) )
  (modify <a> ^value <acv> ^typhoon <N2> )
  (make Cross-Angle-1-q-has-fired)
)

(p Cross-Angle-1-small-120
  (Cross-Angle-1 ^value < 120 ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
-->
  (modify <e> ^pass-Taiwan-Status Free)
)
```

在此，Cross - Angle - i - q 這個法則由使用者的回答，得到颱風路徑與中央山脈間的關係，並將此關係記錄在 Cross - Angle - l 之屬性值內，如果此關係的值小於 120 度，則 Cross - Angle - l - small - 120 這個法則就決定此颱風將會自由過山。

#### 四、系統介紹

本節將針對以 OPS 5 建構的「侵台颱風風速與雨量分佈預測」雛型專家系統加以介紹。首先，將對知識庫加以描述，其次舉一應用實例。

##### (一)知識庫

知識庫內以下列 process - wind - distribution 及 process - rain - distribution 兩條規則，藉變數 < n > 使風雨分佈與颱風之路徑產生關聯：

```
(p process-wind-distribution
  (typhoon ^track-kind { > 0 < 7 <n> } )
  { (wind-distribute
      ^area-name      <i>
      ^mean-max-wind <j>
      ^inst-max-gust <k>
      ^kind-w         <n> ) <e1> }
    { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
    { (what      ^label <o> ) <e3> }
    (print-wind-title)
  -->
  ( write iwind3out
    (crlf) <i> (tabto 24) <j> (tabto 50) <k>
  )
  ( write
    (crlf) <i> (tabto 24) <j> (tabto 50) <k>
  )
  ( bind <v-label> (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name process-wind-distribution)
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next <v-label> )
  ( remove <e1> )
  )

(p process-rain-distribution
  (print-rain-title)
  (typhoon ^track-kind { > 0 < 7 <n> } )
  { (rain-distribute
      ^area-name-r    <i>
      ^degree         <j>
      ^timing          <k>
      ^amount-of-rain <l>
      ^kind-r         <n> ) <e1> }
    { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
    { (what      ^label <o> ) <e3> }
  -->
  ( write iwind3out
    (crlf) <i> (tabto 22) <j> (tabto 40) <k> (tabto 52) <l>
  )
  ( write
    (crlf) <i> (tabto 22) <j> (tabto 40) <k> (tabto 52) <l>
  )
  ( bind <v-label> (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name process-rain-distribution)
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next <v-label> )
  ( remove <e1> )
  )
```

此外，有四個判斷條件用來決定颱風受中央山脈的影響，它們分別為：

### 1. 中央山脈和颱風路徑走向之交角

若此交角  $\geq 120^\circ$  則分裂過山

(見 Cross - Angle - 1 - large - 120 法則)。

若此交角  $< 120^\circ$ ，則自由過山

(見 Cross - Angle - 1 - small - 120 法則)。

```
(p Cross-Angle-1-q
  (Mountain ^name <N1> )
  (Typhoon ^name <N2> ^pass-taiwan-status nil )
  { (cross-angle-1) <a> }
  - ( Cross-Angle-1-q-has-fired )
-->
  (write (crlf) (crlf) )
  (write iwind3out (crlf) (crlf) )
  (write iwind3out (crlf) | What is the angle between| <N1>
    | mountain range and the path of| <N2> |? | )
  (write          (crlf) | What is the angle between| <N1>
    | mountain range and the path of| <N2> |? | )
  ( bind <acv> (accept) )
  (modify <a> ^value <acv> ^typhoon <N2> )
  (write iwind3out <acv> )
  (make Cross-Angle-1-q-has-fired)
)

(p Cross-Angle-1-large-120
  (Cross-Angle-1 ^value >= 120 ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what      ^label <o> ) <e3> }
-->
  (modify <e> ^pass-Taiwan-Status split)
  ( bind <v-label>      (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name | split : Cross angle 1 is >= 120 | )
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next      <v-label> )
)

(p Cross-Angle-1-small-120
  (Cross-Angle-1 ^value < 120 ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what      ^label <o> ) <e3> }
-->
  (modify <e> ^pass-Taiwan-Status Free)
  ( bind <v-label>      (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name | Cross angle 1 < 120 | )
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next      <v-label> )
)
```

## 2 颶風氣流對山脈走向之入射角

若此入射角  $< 40$ ，則非分裂過山

(見 Cross - Angle - 2 - Small - 40 法則)

若此入射角  $\geq 40$ ，且  $\leq 70$  則可能分裂

(見 Cross - Angle - 2 - Among - 40 - 70 法則)

若此入射角  $> 70$  則分裂過山

(見 Cross - Angle - 2 - large - 70 法則)

```
(p Cross-Angle-2-q
  (Mountain ^name <N1> )
  (Typhoon ^name <N2> ^pass-taiwan-status nil )
  { (Cross-Angle-2) <a> }
  - ( Cross-Angle-2-q-has-fired )
-->
(write (crlf) (crlf) )
(write iwind3out (crlf) (crlf))
(write iwind3out (crlf) | What is the angle between| <N1>
  |mountain range and the flow of| <N2> |? | )
(write (crlf) | What is the angle between| <N1>
  |mountain range and the flow of| <N2> |? | )
(bind <acv> (accept))
(modify <a> ^value <acv> ^typhoon <N2> )
(write iwind3out <acv> )
(make Cross-Angle-2-q-has-fired )
)

(p Cross-Angle-2-small-40
  (Cross-Angle-2 ^value < 40 ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
(modify <e> ^pass-Taiwan-Status non-split)
( bind <v-label> (genatom) )
( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
  ^production-name |non-split: Cross angle 2 is < 40 |)
( modify <e3> ^previous <v-label> )
( modify <e2> ^next <v-label> )
)

(p Cross-Angle-2-among-40-70
  (Cross-Angle-2 ^value { >= 40 <= 70 } ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
(modify <e> ^pass-Taiwan-Status may-be-split)
( bind <v-label> (genatom) )
( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
  ^production-name |non-split: Cross angle 2 is between 40 and 70 |)
( modify <e3> ^previous <v-label> )
( modify <e2> ^next <v-label> )
)

(p Cross-Angle-2-large-70
  (Cross-Angle-2 ^value > 70 ^Typhoon <N>)
  { (Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
(modify <e> ^pass-Taiwan-Status split)
( bind <v-label> (genatom) )
( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
  ^production-name | split is due to Cross angle 2 > 70 |)
( modify <e3> ^previous <v-label> )
( modify <e2> ^next <v-label> )
)
```



### 3. 颱風七級風 ( 30KT ) 半徑

若 30KT 半徑 > 180 哩，則非分裂過山

( 見 Typhoon - 30KT - R - large - 180 法則 )

若 30 KT 半徑 < 150 哩，則分裂過山

( 見 Typhoon - 30KT - R - small - 150 法則 )

```
(p Typhoon-30kt-R-q
  ((Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> )
  - (Typhoon-30kt-R-q-has-fired)
-->
(write (crlf) (crlf) )
(write iwind3out (crlf) (crlf))
(write iwind3out (crlf) | What is the radius of 30 kt above | <N> | ? | )
(write (crlf) | What is the radius of 30 kt above | <N> | ? | )
(bind <acv> (accept) )
(modify <e> ^30kt-R <acv> )
(write iwind3out <acv> )
(make Typhoon-30kt-R-q-has-fired)
)

(p Typhoon-30kt-R-large-180
  { (Typhoon ^30kt-R > 180 ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
(modify <e> ^pass-Taiwan-Status non-split)
( bind <v-label> (genatom) )
( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
  ^production-name | Non-split is decided due to the radius of |
  | 30 kt of typhoon > 180 | )
( modify <e3> ^previous <v-label> )
( modify <e2> ^next <v-label> )
)

(p Typhoon-30kt-R-small-150
  { (Typhoon ^30kt-R <= 150 ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
(modify <e> ^pass-Taiwan-Status split)
( bind <v-label> (genatom) )
( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
  ^production-name | split is decided due to the radius of |
  | 30 kt of typhoon <= 150 | )
( modify <e3> ^previous <v-label> )
( modify <e2> ^next <v-label> )
)
```

#### 4. 台北與桃園平均風速

若風速 < 20 則分裂過山

(見 Typhoon - U-at - T - small - 20 法則)

若風速 > 35，則非分裂

(見 Typhoon - U-at - T - large - 35 法則)

```
(p Typhoon-U-at-T-q
  {(Typhoon ^name <N> ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  - (Typhoon-U-at-T-q-has-fired)
-->
  (write (crlf) (crlf) )
  (write iwind3out (crlf) (crlf))
  (write iwind3out (crlf) | What is the mean wind speed of | <N>
    | at Taipei or Tayou? | )
  (write (crlf) | What is the mean wind speed of | <N>
    | at Taipei or Tayou? | )
  (bind <acv> (accept) )
  (modify <e> ^U-at-T <acv> )
  (write iwind3out <acv> )
  (make typhoon-u-at-t-q-has-fired)
)

(p Typhoon-U-at-T-small-20
  { (Typhoon ^U-at-T < 20 ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
  (modify <e> ^pass-Taiwan-Status split)
  ( bind <v-label> (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name | split has be decided due to the wind |
    | speed at taipei or tayou < 20 | )
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next <v-label> )
)

(p Typhoon-U-at-T-large-35
  { (Typhoon ^U-at-T > 35 ^pass-taiwan-status nil ) <e> }
  { (what-head ^next <o> ^label <p> ) <e2> }
  { (what ^label <o> ) <e3> }
-->
  (modify <e> ^pass-Taiwan-Status non-split)
  ( bind <v-label> (genatom) )
  ( make what ^label <v-label> ^next <o> ^previous <p>
    ^production-name | Non-split has been decision due to the wind|
    | speed at taipei or tayou > 35 | )
  ( modify <e3> ^previous <v-label> )
  ( modify <e2> ^next <v-label> )
)
```

(二)實例介紹

假設 Nancy 颱風是個侵台颱風，颱風中心由台灣東部海域向北移動，亦即屬於第五類路徑之颱風，而其氣流與中央山脈之入射角為10度，則本系統之執行情形如圖 2 所示，其中劃底線部份為由使用者輸入者。

What is the name of typhoon? nancy

What is the angle between central mountain range and the flow of nancy ? 10  
The max. wind speed occur in the lee side of the mountain  
Typhoon nancy will over the mountain by non-split  
Taiwan area will be influenced as follows:  
nil means no recommendation  
.. Eastern area: nil  
.. Western area: nil  
.. Southern area: nil  
.. Northern area: wind speed max.  
.. SouthEastern area: nil  
.. SouthWestern area: nil  
.. NorthEastern area: wind speed max.  
.. NorthWesterb area: nil

Is it an intrusive typhoon (intrude 19-28N, 117-125E) ?  
1: Yes  
2: No  
3: Exit  
Please enter a choice 1

What kind track of this typhoon?  
1. the track pass Taiwan area from 25-28N, 122E)  
2. the center of typhoon landed at 23.5-25N, 122E  
between Yi-Lan and Hsin-Kung (Tai-Tung)  
3. track pass Taiwan area from 22-23.5N, 121E  
landed at south of Hsin-Kung or north of Heng-Tsun  
4. track pass Taiwan area from 19-22N, 121E,  
pass through Baishih Channel from south of Heng-Tsun  
5. The center of typhoon move northward from Eastern  
Taiwan  
6. the center of typhoon move northward from Taiwan  
Strait and have northeastern component  
7. otherwise  
8. Please give me an explain.  
Please enter a choice 5

Area Name	Degree	Period	Precipitation
North of Tan Shui, Taipei, Kee Lung at Ta Tun Shan	nil	after Sep	<700mm
Yi Lan	nil	after Sep	<280mm
Ta Tun Shan	nil	before Aug	<130mm
Eastern Of Central Mountain and South of Hwa Lien	nil	before Aug	<300mm

Area Name	Mean Max. Wind (10 Min)	Instaneous Max. Gust
Western (Hsin Chu To Tai Nan)	weak	weak
SouthEastern Coast (Hsin Kung To Ta Wu)	14-17mps	22-24mps
Northern Coast	15-20mps	>24mps

圖 2 系統之執行情形

由圖中可見 Nancy 爲一非分裂過山颱風，其最大風速在中央山脈的背面，且北部地區及東北部地區有最大風速發生，至於其它區域的狀況則暫時保留並以 nil 表示。Nancy 亦爲侵台第五類路徑颱風，預測其在淡水、台北、基隆以北之大屯山區、宜蘭、大屯山、中央山脈東部及花蓮以南的雨量分布；和新竹至台南、新港至大武及北海岸區的平均風力、最大陣風等均一併顯示如圖中所示。

此外，本系統亦設計了簡單的交談式解釋次系統供回答系統執行的狀態，例如圖 3 顯示 What 的功能，它回答使用者那些事實已被決定。由圖中可見系統提供了三個風四個雨的分佈資料；並決定了此爲非分裂過山颱風，其判斷依據是 Cross Angle 2 (即中央山脈和颱風氣流間的入射角) < 40 度。

```
What kind of explain do you need?  
1: WHAT has determined ?  
3: Exit  
Please enter a choice 1  
  
process-wind-distribution  
process-wind-distribution  
process-wind-distribution  
process-rain-distribution  
process-rain-distribution  
process-rain-distribution  
Fill recommendation for non-split pass  
non-split: Cross angle 2 is < 40
```

圖 3 解釋次系統的執行情形

## 五、結論與建議

侵台颱風在各地所產生之風力與雨量大小，除與颱風本身位置及環流結構有關外，因盛行氣流受中央山脈地形影響產生爬山與繞山效應故分佈甚爲複雜，深值建立專家系統協助預報。

由於我們往往無法事先了解或預測侵台颱風發生或形成強風與豪雨的先決條件，因此基本上採用資料驅動的前推式專家系統較爲合適。OPS 5 就

是滿足此一條件且具可作業性的通用目的知識工程語言，故本研究利用它建構極易受實際氣象條件影響之「侵台颱風風速與雨量分佈」專家系統雛型協助預報。

本研究之知識取自蔡清彥等之「颱風路徑與台灣地區之風速及雨量分佈」及吳宗堯等之「現有颱風預報研究成果作業化之研究(二)」等文獻，並以實體—關連模式予以結構化，且將其以 OPS 5 表示，是以本系統可根據侵台颱風路徑之走向與山脈之交角、颱風氣流對山脈走向之入射角、颱風七級風半徑及台北與桃園平均風速等各值的大小決定颱風將自由抑或分裂過山及其在台灣各地所造成的影響，並可根據其路徑預測各區之風速與雨量分佈。此外，系統並具初步交談式解釋功能，可供使用者了解系統決策狀態。

目前，本專家系統仍屬雛型階段，尚待進一步擴充；另氣象領域內之問題常具不確定性，因此，有必要在規則內加上可靠度因子 (Certainty Factor)；此外，系統尚須與其他問題導向語言 (Problem-Oriented Languages) 結合俾具計算能力等等均值得進一步研究改進。

## 六、致 謝

本研究是國科會大型防災計劃 NSC 80-0414-P 052-04 B 即時預報專家系統之開發研究的部份成果。承蒙國科會支助、中央氣象局提供部份電腦資源、迪吉多電腦公司惠借 OPS 5，特此致謝。

## 參考文獻

- 吳宗堯、謝信良，1989：現有颱風預報研究成果作業化之研究(二)，國科會防災科技研究報告78—29號。
- 陳熙揚，1990：專家系統的初步研究，中央氣象局研究報告第331號。
- 陳熙揚、潘大龍，1990：侵台颱風風速分佈預測專家系統之研究與建置，氣象學報，36，4，281—296。
- 蔡清彥、周根泉、陳正改，1981：台灣地區之颱風風速分佈，台大大氣科學系研究報告LO—CIR—04號。
- 蔡清彥、周根泉，1982：颱風路徑與台灣地區之風速及雨量分佈，中央氣象局中範圍天氣系統研討會論文集編，209—221。
- 鄭福焯，1987：專家系統概論，第三波文化事業公司。
- Brownston, Farrell, Kant, and Martin, 1985 : Programming Expert System in OPS5, Addison-Wesley.
- Stewart T.R., W.R. Moninger, J.A. Flueck, K. Heideman, 1989 : Expert Judgment and weather Forecasting : Does Better Information Lead to Better Forecasts? Preprint of 12th Conference on Weather Analysis and forecasting, AMS, October 2-6, 1989 Monterey, California. J71-J72.
- Ullman, 1982 : Principles of Database systems, Pitman.
- Vernon E. Derr, 1989 : Development of an Expert System for predicting Warm and Cold events in the tropical PACIFIC. Preprint of 12th Conference on Weather Analysis and forecasting. AMS, October 2-6, 1989 Monterey, California, J70pp.
- Weaver, J.F. and R.S. Phillips, 1987 : Mesoscale Thunderstorm Forecasting Using RAOB Data, Surface Mesonet Observations, and an Expert System. Proc. Symposium on Mesoscale Analysis and Forecasting Incorporating Nowcasting. Vancour, BC., CANADA, 17-19 August, 327-330.
- Zwack, Peter, Yves Chartier, Andre Cotnoir, and Monroe Newborn, 1989 : A low cloud expert advisory terminal forecaster, Proceedings of the Fifth International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography, and Hydrology, American Meteorological Society, January 29-February 3, Anaheim, 389-390.

# An Expert System for Predicting the Wind and Precipitation Distributions of Typhoon

Chen Shi-Yang

Computer Center, Central Weather Bureau  
Pan Dah-Lung

Chung Shan Institute of Science and Technology

## ABSTRACT

By using the OPS5, a rule-based expert system has been developed for predicting the distributions of wind and precipitation of an intrusive typhoon.

The E-R (Entity-Relationship) model is used to formalize the conceptual view of atmospheric phenomena, which are derived from the study of Tsay et. al. and Wu et. al., and a natural view is provided to apply the formalized knowledge in OPS5.

Four criteria concerning features of typhoon are used to describe the interaction between typhoon and the Central Mountain Range in this system. Both the influenced area and the future status of typhoon which is either free, separated over the mountain, or dissipated can be decided according to the result. Further, the wind and rainfall distributions are predicted based on the kinds of typhoon track.