

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ПРОГНОЗУ ОБРАЗОВАНИЯ ТУМАНА<sup>1</sup>

*М.И. Чемрукова, Н.М. Щербо*

Объектом исследования в данной работе являются экспертные системы как способ автоматизировать и упростить решение некоторых трудноразрешимых проблем и вопросов в метеорологии. Целью данной работы является создание системы поддержки принятия решения по прогнозу образования тумана. Результатом работы является разработанная система поддержки принятия решения по прогнозу образования тумана.

Ключевые слова: экспертная система, прогноз, туман

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование тумана является довольно актуальной задачей, поскольку знание о наступлении тумана, важно для принятия решений:

- в авиации;
- в сельском хозяйстве (для принятия мер по защите культур, для которых туман является вредным фактором воздействия);
- для сокращения числа дорожно-транспортных происшествий из-за плохой видимости на дорогах;
- при планировании строительно-монтажных работ. [1]

### 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Система поддержки принятия решения состоит из трех основных компонентов. Первый компонент – база фактов, в которой имеются данные о температуре, скорости ветра, относительной влажности, количестве облачности в нижнем ярусе атмосферы (на высоте до 100 м), продолжительности тумана и его интенсивности. Все сведения взяты из Могилевского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды им. О.Ю.Шмидта.

Второй компонент экспертной системы – база знаний, в которых содержатся нормированные значения записей базы фактов.

Третий компонент – непосредственно блок принятия решения. Входными параметрами для работы системы являются температура, скорость ветра, относительная влажность, количество облачности в нижнем ярусе атмосферы (на высоте до 100 м). [2]

В работе используется комбинированная модель принятия решения: имитационное моделирование и применение дерева И-ИЛИ.

Система строит вывод в соответствии с предложениями  $Y = Y_{\text{вер}} \& Y_{\text{инт}} \& Y_{\text{прод}} \& Y_{\text{видим}}$ , где  $Y_{\text{вер}}$  – вероятность наступления тумана,  $Y_{\text{инт}}$  – прогнозируемая интенсивность тумана,  $Y_{\text{прод}}$  – продолжительность тумана,  $Y_{\text{видим}}$  – прогнозируемая видимость в тумане.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена по заказу Могилевского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды им. О.Ю.Шмидта

Имитационные методы анализа и выбора решений основаны на моделировании процессов реализации возможных решений и внешних условий, при этом применяется метод Монте-Карло.

Метод Монте-Карло основан на применении случайных равномерно распределенных чисел, расчет (розыгрыш) которых выполняется по специальным алгоритмам, реализованным в большинстве языков программирования и во многих прикладных системах обработки данных. Эти алгоритмы разработаны таким образом, что случайные равномерно распределенные числа всегда принимают значения из диапазона от нуля до единицы, и при этом принимают значения из любой этого диапазона с одинаковой частотой. [3]

Для имитации случайной величины, распределенной по равномерному закону в некотором диапазоне (А; В), используется следующая формула:

$$X = A+(B-A)R, \quad (1)$$

где R – случайное равномерно распределенное число.

Алгоритм принятия решения следующий:

1) Пользователь осуществляет ввод исходных данных для прогнозирования тумана, причем вводит диапазон значений всех входных параметров, кроме названия месяца.

2) С использованием формулы (1) генерируются случайные равномерно распределенные значения входных параметров, которые попадают в соответствующие введенные диапазоны.

3) Полученные случайные равномерно распределенные значения входных параметров нормируются.

4) Применяется дерево решений И-ИЛИ. Просматривается база знаний в поисках записей, удовлетворяющих правилу вывода  $P1 = (T_{вв}=T_{знаний}) \& (O_{вв}=O_{знаний}) \& (S_{вв}=S_{знаний}) \& (V_{вв}=V_{знаний})$ , то есть такие записи, в которых значения параметров точно совпадают с параметрами, полученными в пункте 3. Если такие записи находятся, то переходят к шагу 4.1.

4.1) счетчик совпадений (counter) увеличиваем на 1.

4.2) увеличиваем значение общей продолжительности на величину продолжительности тумана, наблюдавшегося при входных параметрах.

4.3) увеличиваем значение общей интенсивности на величину интенсивности тумана, наблюдавшегося при входных параметрах.

4.4) возвращаемся к шагу 2.

5) Применяется дерево решений И-ИЛИ. Просматривается база знаний в поисках записей, удовлетворяющих правилу вывода  $P2 = (T_{вв}=T_{знаний} \vee (T_{вв}+1)=T_{знаний} \vee (T_{вв}-1)=T_{знаний}) \& (O_{вв}=O_{знаний} \vee (O_{вв}+1)=O_{знаний} \vee (O_{вв}-1)=O_{знаний}) \& (S_{вв}=S_{знаний} \vee (S_{вв}+1)=S_{знаний} \vee (S_{вв}-1)=S_{знаний}) \& (V_{вв}=V_{знаний} \vee (V_{вв}+1)=V_{знаний} \vee (V_{вв}-1)=V_{знаний})$ , то есть такие записи, в которых значения параметров отличаются на 1 от значений параметров, полученных в пункте 3. Если такие записи находятся, то переходят к шагу 5.1.

5.1) счетчик совпадений (counter\_80) увеличиваем на 1.

5.2) увеличиваем значение общей продолжительности на величину продолжительности тумана, наблюдавшегося при входных параметрах.

5.3) увеличиваем значение общей интенсивности на величину интенсивности тумана, наблюдавшегося при входных параметрах.

5.4) возвращаемся к шагу 2.

6) После заданного числа итераций перехода к шагу 2 имеются в наличии данные, необходимые для получения выходных данных.

7) Вероятность наступления тумана рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{вер}} = \text{counter} + 0.8 \cdot \text{counter\_80} \quad (2)$$

8) Прогнозируемая продолжительность тумана рассчитывается по следующей формуле:

$$\overline{Y}_{\text{прод}} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_{\text{прод}}}{N}, \quad (3)$$

где  $N = \text{counter} + \text{counter\_80}$ .

Полученное значение нормированной продолжительности тумана путем преобразований приводится к ненормированному значению.

9) Прогнозируемая интенсивность тумана рассчитывается по формуле:

$$\overline{Y}_{\text{инт}} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_{\text{инт}}}{N}, \quad (4)$$

где  $N = \text{counter} + \text{counter\_80}$ .

Полученное значение нормированной интенсивности тумана путем преобразований приводится к ненормированному значению.

10) По имеющемуся значению интенсивности тумана определяется видимость в нем.

11) Система формирует отклик в соответствии с принятым решением.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение разработанного программного продукта непосредственно на рабочее место обеспечивает более эффективную и оперативную работу, минимизацию ошибок и уменьшению трудоемкости работы. Разработанная экспертная система используется в Могилевском областном центре по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды им. О.Ю.Шмидта.

#### Литература

1. *Чемрукова М.И., Якубова Н.В., Щербо Н.М.* Экспертная система прогнозирования туманов. // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 21-22 апр. 2005 г. В 2 ч. Ч. 1. – Могилев: ГУ ВПО «Бел.-Рос. ун-т», 2005. – С. 415.
2. *Чемрукова М.В., Якубова Н.В., Щербо Н.М.* Экспертная система прогнозирования туманов. // Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: Материалы VIII респ. науч. конф. студ. и асп. (г. Гомель, 14-16 марта 2005 г.) / Гл. ред. Д.Г.Лин. – Гомель: УО «ГГУ им. Ф.Скорины», 2005. – С. 315-316.
3. Методы анализа и принятия решений в слабоструктурированных задачах: Учеб. пособие для вузов / С.С.Сморodinский, Н.В.Батин и др.; Под ред. С.С.Сморodinского. – М.: 2002. – 120 с.

#### Чемрукова Марина Игоревна

Студентка электротехнического факультета  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(22) 41-55-80  
E-mail: [radost\\_moia@tut.by](mailto:radost_moia@tut.by)

#### Щербо Наталья Михайловна

Старший преподаватель кафедры АСУ  
Белорусско-Российский университет, г. Могилев  
Тел.: +375(22) 25-63-57