**Проект экспертной системы для управления спуском груза портовым краном**

**Описание**

Проектируемая экспертная система будет управлять процессом спуска груза с помощью портового крана на палубу корабля. Система будет принимать во внимание несколько входных переменных, таких как высота палубы, угол отклонения троса от вертикали, скорость движения платформы и скорость спуска груза. Для управления системой будет использоваться нечёткая логика с трапециевидными функциями принадлежности.

**Входные переменные**

1. **Высота палубы H:**
   * Единицы измерения: метры.
   * Диапазон значений: от 10 до 15 метров.
   * Нечёткие множества:
     1. Малая высота;
     2. Умеренная высота;
     3. Большая высота.
2. **Угол отклонения троса от вертикали θ:**
   * Единицы измерения: градусы.
   * Диапазон значений: от 0 до 45 градусов.
   * Нечёткие множества:
     1. Малый угол;
     2. Средний угол;
     3. Большой угол.

**Выходные переменные**

1. **Скорость движения платформы Vp:**
   * Единицы измерения: метры в секунду.
   * Диапазон значений: от 0 до 5 м/с.
   * Нечёткие множества:
     1. Низкая скорость;
     2. Средняя скорость;
     3. Высокая скорость.
2. **Скорость спуска груза Vg:**
   * Единицы измерения: метры в секунду.
   * Диапазон значений: от 0 до 2 м/с.
   * Нечёткие множества:
     1. Низкая скорость;
     2. Средняя скорость;
     3. Высокая скорость.

**Нечёткие множества**

1. **Нечёткие подмножества для высоты палубы , где** , **.**
   1. **Малая высота**. Параметры: a = 11, b = 12.
   2. **Умеренная высота**. Параметры: a = 11, b = 12, c = 13, d = 14.
   3. **Большая высота**. Параметры: a = 13, b = 14.
2. **Нечёткие подмножества для угла отклонения троса , где** , **.**
   1. **Малый угол.** Параметры: a = 10, b = 15. Функция аналогична .
   2. **Средний** **угол.** Параметры: a = 10, b = 15, c = 30, d = 35. Функция аналогична .
   3. **Большой** **угол.** Параметры: a = 30, b = 35. Функция аналогична .
3. **Нечёткие подмножества для скорости движения платформы , где** , **.**
   1. **Низкая скорость.** Параметры: a = 1, b = 2.Функция аналогична .
   2. **Средняя скорость.** Параметры: a = 1, b = 2, c = 3, d = 4. Функция аналогична .
   3. **Высокая скорость.** Параметры: a = 3, b = 4. Функция аналогична .
4. **Нечёткие подмножества для скорости спуска груза, где** , **.** 
   1. **Низкая скорость.** Параметры: a = 0.5, b =1. Функция аналогична .
   2. **Средняя скорость.** Параметры: a = 0.5, b = 1, c = 1.5, d = 2. Функция аналогична .
   3. **Высокая скорость.** Параметры: a = 1.5, b = 2. Функция аналогична .

**Правила на основе нечётких множеств**

1. Если высота палубы **малая** и угол отклонения **малый**, то скорость движения платформы **высокая** и скорость спуска груза **высокая**.
2. Если высота палубы **малая** и угол отклонения **средний**, то скорость движения платформы **средняя** и скорость спуска груза **высокая**.
3. Если высота палубы **малая** и угол отклонения **большой**, то скорость движения платформы **низкая** и скорость спуска груза **низкая**.
4. Если высота палубы **умеренная** и угол отклонения **малый**, то скорость движения платформы **средняя** и скорость спуска груза **средняя**.
5. Если высота палубы **умеренная** и угол отклонения **средний**, то скорость движения платформы **низкая** и скорость спуска груза **средняя**.
6. Если высота палубы **умеренная** и угол отклонения **большой**, то скорость движения платформы **низкая** и скорость спуска груза **низкая**.
7. Если высота палубы **большая** и угол отклонения **большой**, то скорость движения платформы **низкая** и скорость спуска груза **низкая**.
8. Если высота палубы **большая** и угол отклонения **средний**, то скорость движения платформы **низкая** и скорость спуска груза **средняя**.
9. Если высота палубы **большая** и угол отклонения **малый**, то скорость движения платформы **высокая** и скорость спуска груза **высокая**.

**Вариант 2**

Входными параметрами считаем расстояние до палубы (вместо высоты палубы) и расстояние от центра контейнера до центра его позиции на корабле (или от края контейнера до края позиции, если так удобнее). Расстояние можно учитывать просто как дельту по x со знаком, но можно добавить и дельту по y аналогично.

Выходными будут те же скорость движения платформы вперед-назад и скорость спуска груза. (Если есть дельта по y, то соотв. есть скорость движения платформы вправо-влево).

Для расстояния до нужного места на корабле и для скорости движения платформы применяем такие нечеткие подмножества:

Изображение выглядит как линия, зарисовка, диаграмма

Автоматически созданное описание

Правила.

1. Если дельта по x **большая положительная** ирасстояние до палубы **большое,** то скорость движения платформы **большая положительная** и скорость спуска груза **нулевая**
2. Если дельта по x **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **большое,** то скорость движения платформы **медленная положительная или нулевая** и скорость спуска груза **высокая или средняя**
3. Если дельта по x **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **большое,** то скорость движения платформы **медленная отрицательная или нулевая** и скорость спуска груза **высокая или средняя**
4. Если дельта по x **большая отрицательная** ирасстояние до палубы **большое,** то скорость движения платформы **большая отрицательная** и скорость спуска груза **нулевая**
5. Если дельта по x **большая положительная** ирасстояние до палубы **среднее,** то скорость движения платформы **большая положительная** и скорость спуска груза **нулевая**
6. Если дельта по x **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **среднее,** то скорость движения платформы **медленная положительная или нулевая** и скорость спуска груза **низкая**
7. Если дельта по x **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **среднее,** то скорость движения платформы **медленная отрицательная или нулевая** и скорость спуска груза **низкая**
8. Если дельта по x **большая отрицательная** ирасстояние до палубы **среднее,** то скорость движения платформы **большая отрицательная** и скорость спуска груза **нулевая**
9. Если дельта по x **большая положительная** ирасстояние до палубы **маленькое,** то скорость движения платформы **большая положительная** и скорость спуска груза **нулевая**
10. Если дельта по x **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **маленькое,** то скорость движения платформы **медленная положительная или нулевая** и скорость спуска груза **низкая или нулевая**
11. Если дельта по x **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **маленькое,** то скорость движения платформы **медленная отрицательная или нулевая** и скорость спуска груза **низкая или нулевая**
12. Если дельта по x **большая отрицательная** ирасстояние до палубы **маленькое,** то скорость движения платформы **большая отрицательная** и скорость спуска груза **нулевая**

Конкретные «граничные» значения для расстояния до палубы:

Маленькое – от 0 до 3 м. Среднее от 5 до 10 м. Большое от 12 до беск.

Для дельты по x:

Маленькая положительная – от 0 до 10 м. Большая положительная от 15 до беск. Отрицательные симметричны.

Для скорости движения платформы:

Нулевая – 0. Маленькая положительная – от 0 до 3 м/c. Большая положительная от 5 м/c до макс. возможной скорости.

Для скорости спуска груза:

Низкая – от 0 до 1 м/c. Средняя от 2 м/c до 3 м/c. Высокая от 4 м/c до макс. возможной скорости.