**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 со знаком.

Выходными будут те же скорость движения платформы вперед-назад, вправо-влево и скорость спуска груза.

Для расстояний до нужного места на корабле применяем такие подмножества:

Изображение выглядит как линия, зарисовка, диаграмма

Автоматически созданное описание

Для скорости движения такие:

Изображение выглядит как диаграмма, линия, зарисовка, дизайн

Автоматически созданное описание

Для расстояния до палубы и скорости спуска груза такие:

Изображение выглядит как диаграмма, линия, зарисовка, Технический чертеж

Автоматически созданное описание

Правила.

// для движения вперед-назад

1. Если дельта по x **большая положительная,** то скорость движения платформы вперед-назад **положительная**
2. Если дельта по x **маленькая положительная,** то скорость движения платформы вперед-назад **положительная или отрицательная**
3. Если дельта по x **маленькая отрицательная,** то скорость движения платформы вперед-назад **положительная или отрицательная**
4. Если дельта по x **большая отрицательная,** то скорость движения платформы вперед-назад **отрицательная**

// для скорости спуска груза

1. Если дельта по x **большая положительная,** тоскорость спуска груза **нулевая**
2. Если дельта по x **большая отрицательная,** тоскорость спуска груза **нулевая**
3. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **большое,** тоскорость спуска груза **высокая**
4. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **большое,** тоскорость спуска груза **высокая**
5. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **большое,** тоскорость спуска груза **высокая**
6. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **большое,** тоскорость спуска груза **высокая**
7. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **среднее,** тоскорость спуска груза **средняя**
8. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **среднее,** тоскорость спуска груза **средняя**
9. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **среднее,** тоскорость спуска груза **средняя**
10. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **среднее,** тоскорость спуска груза **средняя**
11. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **маленькое,** тоскорость спуска груза **низкая**
12. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая положительная** ирасстояние до палубы **маленькое,** тоскорость спуска груза **низкая**
13. Если дельта по x **маленькая положительная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **маленькое,** тоскорость спуска груза **низкая**
14. Если дельта по x **маленькая отрицательная** и дельта по z **маленькая отрицательная** ирасстояние до палубы **маленькое,** тоскорость спуска груза **низкая**

// для движения вправо-влево

1. Если дельта по z **большая положительная,** то скорость движения платформы вправо-влево **положительная**
2. Если дельта по z **маленькая положительная,** то скорость движения платформы вправо-влево **положительная или отрицательная**
3. Если дельта по z **маленькая отрицательная,** то скорость движения платформы вправо-влево **положительная или отрицательная**
4. Если дельта по z **большая отрицательная,** то скорость движения платформы вправо-влево **отрицательная**

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 и z:

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

Для скорости движения платформы вперед-назад и вправо-влево:

Отрицательная – от -1 до -3 м/c. Положительная от 1 до 3 м/c.

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.