**Отчёт**

**о выполнении практического задания на тему**

**«Разработка базы знаний на основе продукционных правил и машины вывода для решения задачи выбора метода командного наведения летательного аппарата»**

**по курсу «Методы моделирования**

**интеллектуальных систем управления»**

Магистрант Волков А.В.

Группа КММО-01-23

1. **Цель и задачи работы**

Цель работы: углубление и закрепление знаний по моделям представлениям и обработки знаний в интеллектуальных системах, приобретение навыков анализа предметной области и формализации экспертных знаний.

Задачи:

* изучить и охарактеризовать методы наведения;
* проанализировать условия применимости методов наведения;
* разработать базу знаний;
* разработать машину ввода на основе продукционных правил;
* описать эксперимент.

1. **Краткая характеристика методов наведения, анализ условий их применимости**
   1. Прямой метод (метод погони)
      1. Качественный смысл метода

Суть метода: требуется всё время совмещать продольную ось истребителя с направлением на цель (рисунок 1).



Рисунок 1 – пример использования прямого метода наведения

Описание параметров из примера, представленного на рисунке 1:

* – положение истребителя;
* – положение цели;
* − скорости наводимого самолёта;
* − скорости цели;
* − текущие координаты цели;
* − текущие координаты самолёта;
* – дальности до цели и самолёта;
* – азимуты цели и самолёта, измеренные РЛС.
  + 1. Достоинства и недостатки метода

Достоинства:

* инвариантность к дальности наведения и высоте полета цели и самолёта.
* наведение в заднюю полусферу цели почти при любом исходном состоянии наводимого самолёта и цели.
* хорошее сопряжение с методами самонаведения самолётов и ракет «В-В».

Недостатки:

* криволинейная траектория наведения на подвижные цели.
* практическая невозможность использования для наведения на цель из её передней полусферы.
  1. Метод перехвата
     1. Качественный смысл метода

Метод перехвата представляет собой разновидность метода параллельного сближения (рисунок 2). Особенностью является то, что по методу параллельного сближения наводится не сам истребитель, а некоторая фиктивная точка А, расположенная по направлению вектора скорости на расстоянии от самолёта – дальности захвата цели бортовой визирной системой.



Рисунок 2 – пример использования метода перехвата

В процессе дальнего наведения прямая перемещается параллельно самой себе. Этим обеспечивается нахождение истребителя в точке на рубеже захвата в тот момент, когда точка А "встретится" в упрежденной точке встречи с целью.

* + 1. Достоинства и недостатки метода

Достоинства:

* высокая экономичность наведения, обусловленная наведением в упрежденную точку практически по прямолинейной траектории;
* обеспечение заданного рубежа перехвата при любом ракурсе наведения.

Недостатки:

* невозможность сопряжения с прямыми методами самонаведения при перехвате цели в ППС;
* отсутствие фиксированного ракурса атаки в момент окончания дальнего наведения (неудобно для дальнейшего применения визирных систем различной физической природы, например, ОЭС).
  1. Метод манёвра (метод прямой с разворотом)
     1. Качественный смысл метода

Метод обеспечивает вывод истребителя в зону обнаружения цели бортовой РЛС, ОЭС или оптическим прицелом под заданным углом на заданном расстоянии (рисунок 3).

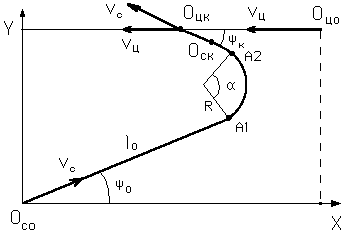


Рисунок 3 - пример использования метода манёвра

Точки , – положение самолёта и цели в начале дальнего наведения.

Точки и – положение самолёта и цели в момент дальнего наведения окончания.

Траектория наведения при этом методе состоит из трех участков:

отрезка прямой , дуги с радиусом R и отрезка прямой .

* + 1. Достоинства и недостатки метода

Достоинства:

* хорошее сопряжение со всеми методами самонаведения.
* возможность использования как радиолокационных, так и оптико-электронных визирных систем (истребитель выводится на рубеж захвата в ЗПС, в которой ОЭС имеют наибольшую дальность захвата по факелу двигателя).

Недостатки:

* большое время, затрачиваемое на выход самолёта на рубеж захвата.
* большой расход топлива.
* ограничения на ракурсы перехвата из ППС, обусловленные необходимостью вывода самолёта в ЗПС.

**3. Разработка базы знаний**

3.1. Ситуационный вектор

**Список переменных:**

Переменные, вводимые пользователем:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Переменная | Значения |
|  | Тип наведения | Рад. / Теп. |
|  | Нахождение в полусфере относительно цели | Зад. / Пер. |
|  | Требование наведения за мин. время | 0 / 1 |
|  | Требование к скрытности | 0 / 1 |
|  | Необходимость наведения в зад. полусферу | 0 / 1 |
|  | Необходимость наведения в пер. полусферу | 0 / 1 |
|  | Предпочтительно наведение в зад. полусферу | 0 / 1 |
|  | Предпочтительно наведение в пер. полусферу | 0 / 1 |
|  | Реализация по скорости «Прямого метода» | 0 / 1 |
|  | Реализация по скорости «Метода манёвра» | 0 / 1 |
|  | Реализация по скорости «Метода перехвата» | 0 / 1 |
|  | Реализация траектории «Прямого метода» | 0 / 1 |
|  | Реализация траектории «Метода манёвра» | 0 / 1 |
|  | Реализация траектории «Метода перехвата» | 0 / 1 |
|  | Реализация по запасу топлива «Прямого метода» | 0 / 1 |
|  | Реализация по запасу топлива «Метода манёвра» | 0 / 1 |
|  | Реализация по запасу топлива «Метода перехвата» | 0 / 1 |

Переменные, содержащие результат вывода:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Индекс | Переменная | Значения |
|  | Метод наведения | Прямой/Маневра/Перехвата/Никакой |

**Решение**

В первую очередь, стоит проверить “адекватность” входных данных, некоторые значения координат ситуационного метода могут быть несовместимы между собой, такие случаи обозначены в таблице красным светом.

Заполнена только нижняя половина, верхняя заполняется симметрично.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Тип наведения Рад. | Тип наведения Теп. | Нахождение в зад полусфере относительно цели | Нахождение в пер полусфере относительно цели. | Требование наведения за мин. время | Требование к скрытности | Необходимость наведения в зад. полусферу | Необходимость наведения в пер. полусферу | Предпочтительно наведение в зад. полусферу | Предпочтительно наведение в пер. полусферу |
| Тип наведения Рад. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Тип наведения Теп. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Нахождение в полусфере относительно цели Зад |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Нахождение в полусфере относительно цели Пер. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Требование наведения за мин. время |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Требование к скрытности |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Необходимость наведения в зад. полусферу |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Необходимость наведения в пер. полусферу |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предпочтительно наведение в зад. полусферу |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Предпочтительно наведение в пер. полусферу |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Также, если реализуемость (по скорости, траектории или топливу) всех трех методов невозможна, это тоже означает, что метод выбрать невозможно.

Далее, следует определить влияние координат ситуационного метода на выбор метода наведения.

Зеленым обозначена хорошая “совместимость” данного метода и значения вектора.

Желтым обозначены методы, которые “совместимы”, но не всегда. Например, метод маневра возможно применить только из определенных ракурсов ППС, наведение в определенную полусферу методом перехвата зависит от начального расположения цели и самолета. Метод маневра самый долгий, но если ни один из других не подходит, то выбрать все равно придется его.

Красным обозначена невозможность выбора метода при таком значении.

Отсутствие цвета означает, что-либо данный параметр не имеет влияния на метод, либо это влияние учтено в другой части решения.

P.S. Т.к. метод перехвата не гарантирует ракурс атаки и определенную полуплоскость в момент перехвата, был сделан вывод, что он не совместим с тепловым наведением, а значит и с требованием к скрытности.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод  Координата | Прямой | Маневра | Перехвата |
| Тип наведения Рад. |  |  |  |
| Тип наведения Теп. |  |  |  |
| Нахождение в полусфере относительно цели зад |  |  |  |
| Нахождение в полусфере относительно цели пер. |  |  |  |
| Требование наведения за мин. время |  |  |  |
| Требование к скрытности |  |  |  |
| Необходимость наведения в зад. полусферу |  |  |  |
| Необходимость наведения в пер. полусферу |  |  |  |
| Предпочтительно наведение в зад. полусферу |  |  |  |
| Предпочтительно наведение в пер. полусферу |  |  |  |
| Реализация по скорости «Прямого метода» |  |  |  |
| Реализация по скорости «Метода манёвра» |  |  |  |
| Реализация по скорости «Метода перехвата» |  |  |  |
| Реализация траектории «Прямого метода» |  |  |  |
| Реализация траектории «Метода манёвра» |  |  |  |
| Реализация траектории «Метода перехвата» |  |  |  |
| Реализация по запасу топлива «Прямого метода» |  |  |  |
| Реализация по запасу топлива «Метода манёвра» |  |  |  |
| Реализация по запасу топлива «Метода перехвата» |  |  |  |

После данного этапа, будут отобраны подходящие методы наведения, далее требуется проверить их реализуемость (по скорости, траектории и топливу).

Если ни один из подходящих методов не реализуем, то выбор метода наведения невозможен.

Если реализуемо несколько, выбираются на основе предпочтительных параметров (навед. в передн./задн полусферы, навед за мин время), если данные параметры не заданы, или дают несколько возможных методов, то выбирается метод с меньшей длиной пути (т.е. в следующем порядке перехвата-прямой-маневра).

На основе проведенного исследования можно вывести продукционные правила.

Для данных правил нам потребуются временные переменные

|  |  |
| --- | --- |
| Возможность метода прямого наведения | 0/1 |
| Возможность метода маневра | 0/1 |
| Возможность метода перехвата | 0/1 |

Все они булевы и по умолчанию имеют значение ИСТИНА

**Продукционные правила:**

1. ЕСЛИ   
   (**Тип наведения** == **Рад**.)

И   
(**Требование к скрытности**)

ТО **Метод наведения** = **Никакой**

1. ЕСЛИ   
   (**Тип наведения** == **Тепл**.)

И

((**Предпочтительно наведение в зад. полусферу**) ИЛИ (**Необходимость наведения в зад. полусферу**))

ТО **Метод наведения** = **Никакой**

1. ЕСЛИ  
    ((**Необходимость наведения в зад. полусферу**) И (**Предпочтительно наведение в пер. полусферу**))

ИЛИ

((**Необходимость наведения в пер. полусферу**) И (**Предпочтительно наведение в зад. полусферу**))

ИЛИ

((**Необходимость наведения в зад. полусферу**) И (**Необходимость наведения в пер. полусферу**))

ИЛИ

((**Предпочтительно наведение в зад. полусферу**) И (**Предпочтительно наведение в пер. полусферу**))

ТО **Метод наведения** = **Никакой**

ЕСЛИ **(Нахождение в пер полусфере относительно цели**) ТО

**Возможность метода маневра** = ЛОЖЬ

**Возможность метода прямого наведения** = ЛОЖЬ



ЕСЛИ **(Тип наведения теп**) ИЛИ (**Требование к скрытности**) ТО

**Возможность метода перехвата =** ЛОЖЬ



ЕСЛИ

**Реализация по скорости «Прямого метода»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация траектории «Прямого метода»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация по запасу топлива «Прямого метода»** == ЛОЖЬ

ТО **Возможность метода прямого наведения =** ЛОЖЬ

ЕСЛИ

**Реализация по скорости «Метода манёвра»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация траектории «Метода манёвра»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация по запасу топлива «Метода манёвра**» == ЛОЖЬ

ТО **Возможность метода манёвра =** ЛОЖЬ

ЕСЛИ

**Реализация по скорости «Метода перехвата»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация траектории «Метода перехвата»** == ЛОЖЬ

ИЛИ

**Реализация по запасу топлива «Метода перехвата**» == ЛОЖЬ

ТО **Возможность метода перехвата =** ЛОЖЬ



ЕСЛИ

**(Предпочтительно наведение в зад. полусферу)**

И

**((Возможность метода маневра)** ИЛИ **(Возможность метода прям навед))**

ТО **Возможность метода перехвата =** ЛОЖЬ



ЕСЛИ

**(Предпочтительно наведение в пер. полусферу)**

И

**(Возможность метода перехвата)**

ТО

**Возможность метода прям навед =** ЛОЖЬ

**Возможность метода маневра =** ЛОЖЬ



ЕСЛИ  
**(Возможность метода перехвата ==** ЛОЖЬ**)**

И

**(Возможность метода прям навед ==** ЛОЖЬ**)**

И

**(Возможность метода маневра ==** ЛОЖЬ**)**

ТО   
**Метод наведения** = **Никакой**



ЕСЛИ  
**(Возможность метода перехвата)**

ТО

**Метод наведения** = **Метод перехвата**



ЕСЛИ  
**(Возможность метода прям навед)**

ТО

**Метод наведения** = **Метод прям навед**



ЕСЛИ  
**(Возможность метода маневра)**

ТО

**Метод наведения** = **Метод маневра**

**4. Разработка машины вывода**

4.1. Входные данные

Входные данные – файл формата csv с названием data.csv, где в первой строке располагаются названия координат ситуационного вектора, во второй – их соответствующие значения. Пример входного файла приложен к отчету.

4.2. Выходные данные

Программа выводит в консоль предполагаемый метод наведения

4.3. Структура и алгоритм машины вывода

Сначала программа обрабатывает входной файл, считывает все значения, проверяет их допустимость, после чего программа последовательно применяет все продукционные правила и на их основе делает вывод о методе наведения.

4.5. Исходный код машины вывода

Исходный код приложен в отдельном файле

**5. Описание эксперимента**

Исходные данные эксперимента.



Результат вывода.

Метод наведения - прямой