# Теория

## Алгоритм случайного поиска

### Общее описание

В качестве алгоритма оптимизации бокового силуэта корабля выбран алгоритм случайного поиска (АСП), который является эффективным средством для решения сложных экстремальных задач.

Для любого алгоритма оптимизации характерно движение системы как совокупности ряда переменных к оптимальному состоянию, которое определяется в функции эффективности. Для систем, где критерий эффективности зависит от множества оптимизируемых характеристик и их ограничений, нет однозначного характерного направления движения системы к оптимальному состоянию. Для нахождения оптимального экстремума функции критерия эффективности таких систем удобен АСП.

В алгоритме оптимизации система представляет собой вектор оптимизируемых переменных. Переменные для удобства работы с АСП делятся на два класса: непрерывные и дискретные :

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Компонент – вектор постоянных, не оптимизирующийся алгоритмом, но влияющий функционально или параметрически на систему в целом.

Важным компонентом алгоритма является оценка системы, который называется критерием эффективности:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Алгоритм преобразует случайным образом переменные и и сходится по вероятности к решению экстремальной задачи.

Производя каждый шаг оптимизации алгоритм присваивает значения оптимизируемым переменным и производит оценку оптимизированной системы по критерию эффективности. При последующем шаге действия повторяются, и производится сравнение критериев эффективности. Если в результате последующего шага получен лучший результат, то значения переменных переназначаются. Если получен результат хуже предыдущего, то значение переменных остаётся неизменным, и выполняется следующий шаг.

### Непрерывные переменные

К непрерывным переменным относятся характеристики системы, которые принадлежат непрерывному множеству точек в определённом диапазоне.

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | (4) |

где – i-й непрерывный компонент вектора оптимизируемых переменных;

, –границы диапазона допустимых значений.

Формула шага оптимизации:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

где – i-й компонент, соответствующий предыдущему удачному шагу оптимизации;

– случайная величина, принимающая любое значение на сегменте (- 1;1) с равной вероятностью;

– целое положительное нечётное число.

Благодаря указанному диапазону изменения величины и нечётности показателя второе слагаемое в выражении (5) может быть как положительным, так и отрицательным. При выполнении шага алгоритма возможно нарушение ограничения на диапазон изменения оптимизируемых переменных. Выбор i-го компонента продолжается до удовлетворения ограничению.

С ростом показателя уменьшается итерационный шаг оптимизации. Сочетаясь с учётом опыта предыдущих вычислений, увеличение M в процессе поиска позволяет ускорить сходимость алгоритма к .

По этой же причине показатель является также основанием для завершения процесса оптимизации. При каждом неудачном шаге оптимизации, показатель M увеличивается, и может достигать таких значений, при которых значение второго слагаемого в выражении (5) будет равно меньшему значению, чем округление значений переменных:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

### Дискретные переменные

К дискретным переменным относятся характеристики системы, которые могут принимать ряд заранее известных значений . Для дискретных переменных применяется следующая формула шага оптимизации:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |
|  | (8) |
|  | (9) |

где – индекс элемента в перечне возможных значений дискретной переменной;

– индекс элемента в перечне возможных значений дискретной переменной, соответствующий лучшему предыдущему удачному шагу оптимизации;

– число значений, которые может принимать i-ая дискретная переменная.

## Участвующие переменные

### Вводные данные

Исходными данными внутри программы являются переменные, не участвующие в алгоритме оптимизации: не оптимизируемые в рамках данной программы технические характеристики корабля, а также ограничения и данные для проверки остойчивости общего проектирования корабля или судна.

#### Главные размерения и свойства корабля

* L – длина, м;
* B – ширина, м;
* T – осадка, м;
* H – высота борта, м;
* δ – коэффициент общей полноты, м;
* – коэффициент развитости надстроек, м;
* h – поперечная метацентрическая высота (МЦВ), м.

#### Постоянные величины

* pW = 1200 Па – давление ветра;
* θ = 15 градусов – максимально допустимый угол крена от действия ветра.

#### Описание огибающей силуэта

* t’ – заданное значение максимальной аппликаты огибающей силуэта, м;
* q’ – относительная абсцисса максимума огибающей силуэта (доли длины);
* p’ – относительное аппликата огибающей силуэта на кормовом перпендикуляре (доля t’).

### Параметры блоков надстройки

Архитектура надстройки компонуется из отдельных друг от друга блоков, обладающих следующими характеристиками:

* – коэффициент пропорциональности длины i-го блока надстройки. Определяет относительную длину блока по сравнению с длиной L;
* – коэффициент пропорциональности высоты i-го блока надстройки. Определяет относительную высоту блока по сравнению с высотой надводного борта HБ;
* – угол наклона носовой стенки блока;
* – угол наклона кормовой стенки блока;
* – ордината размещения блока относительно единой системы координат корабля;
* – аппликата размещения блока относительно единой системы координат корабля.

Блоки надстройки задаются в произвольном количестве оператором, с отметкой о соответствующих функциональных характеристиках. В алгоритме эти характеристики описываются логическими маркерами (истина/ложь):

* обитаемость ;
* размещение фазированной антенной решётки (ФАР) ;
* фок-мачта ;
* грот-мачта ;
* дымовая труба ;
* размещение рулевой рубки .

Также, для соблюдения условий порядка и непересечения, задаются маркеры последовательного позиционирования объекта:

* – маркер объектной привязки к блоку по высоте;
* – маркер объектной привязки к блоку по длине;
* – расстояние до родительского блока;
* – маркер объектной привязки блока сверху;
* – маркер объектной привязки блока с носа.

При последовательном создании объектов, в соответствующих маркерах отмечается опирание на уже созданные объекты: по высоте снизу вверх, по длине с кормы в нос. Для исключения двойной привязки вводится маркер привязанного объекта, заполняемый автоматически при привязке дочернего объекта S (*slave*) в блоке родительского объекта H (*host*). Маркер хранит в себе ссылку на ранее созданный оператором объект. Объектная привязка к блоку по высоте выполняется в обязательном порядке для всех объектов, кроме первого, так как он является главным родительским объектом. Объектная привязка блоков по длине выполняется для всех блоков, размещённых на одном и том же блоке.

Объектная привязка по длине может быть реализована без фактического совпадения носовой точки родительского объекта и кормовой точки дочернего объекта. В случае разведения родительского и дочернего объектов вводится расстояние между объектами .

### Определяемые переменные

#### Надводный борт

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

#### Пропорции золотого сечения

Размеры блоков надстройки выбирается пропорционально размерам надводной части корпуса в соответствии с принципами «золотого сечения». Ограничением ряда пропорций является допустимая погрешность Формула пропорций для определения длины блока:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Формула пропорций для определения высоты блока:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

#### Параметры кубического полинома

Аппликата максимума, м:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Абсцисса максимума, м:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Аппликата огибающей силуэта на кормовом перпендикуляре:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

#### Переменные функциональных ограничений

* – площадь проекции i-го блока надстройки (по формуле (18));
* – абсцисса геометрического центра тяжести i-го блока надстройки (по формуле (38));
* – аппликата геометрического центра тяжести i-го блока надстройки (по формуле (24));
* – функция огибающей силуэта (по формуле (45));
* – коэффициенты в функции огибающей силуэта (по формулам (46)…(49))

## Функциональные ограничения

### Ограничения по функциональным требованиям к кораблю

#### Объём надстройки

Объём надстроек должен быть не меньше задаваемого коэффициентом их развитости:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Для двухмерной задачи функция имеет вид:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Где – площадь проекции блоков надстройки на диаметральную плоскость. Площадь проекции i-го блока рассчитывается по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Данное ограничение касаются блоков надстройки, в свойства которых добавлена обитаемость.

#### Статический угол крена при порыве ветра

Кренящий момент при ветровом давлении не должен вызывать статический угол крена больший, чем 15 градусов:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

Аппликаты центров парусности блоков надстройки от базисной линии блока рассчитываются по общей формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |
|  | () |
|  | () |
|  | () |

При этом, с учётом разного размещения каждого блока надстройки по высоте, возвышение центра парусности от КВЛ определяется для них прибавлением возвышения базисной линии:

|  |  |
| --- | --- |
|  | () |

#### Свободные от надстройки участки ВП

В носу и в корме должны быть свободные от надстроек участки верхней палубы заданной протяжённости для размещения вооружения и оборудования. Система должна удовлетворять условию:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (25) |
|  | (26) |

где – коэффициент пропорциональности длины кормового блока надстройки;

Данные ограничения касаются блоков надстройки, являющихся крайне носовым и крайне кормовым блоками, то есть

#### Высоты дымовой трубы и мачт

Высоты дымовой трубы и мачт ограничены диапазоном значений:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (27) |
|  | (28) |
|  | (29) |

Данные ограничения касаются блоков надстройки, являющихся трубами (F) и мачтами (FM и MM) соответственно. Соответствующая маркировка , и проставляется при вводе исходных данных.

#### Возвышение рулевой рубки

Высота блока надстройки, который включает в себя рулевую рубку, должна быть достаточной для получения длины зоны невидимости не более заданной:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (30) |

#### Размещение фазированной антенной решётки (ФАР)

Для размещения ФАР на i-ом блоке надстройки, площадь блока надстройки, на котором размещается ФАР, должна быть больше или равна 20 м2.

Кроме того, для размещения ФАР необходимо выдерживать требование по высоте i-го блока надстройки

|  |  |
| --- | --- |
|  | (31) |
|  | (32) |

#### Задымление надстроек

Блок (блоки) надстройки, расположенные за дымовой трубой, не должен задымляться:

### Ограничения технической эстетики

#### Возможность построения блока

Соотношение между углами при основании и высотой, описывающими архитектурный элемент, должно быть таким, чтобы он не превращался в «невозможную» фигуру:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (33) |

#### Относительная абсцисса центра визуальной массы

Относительная абсцисса центра визуальной массы, отождествляемая с относительной абсциссой центра тяжести проекции надводной части корабля на диаметральную плоскость, должна находиться в определённых пределах:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (34) |

где – абсцисса центра тяжести i-го блока надстройки, которая в условиях плоской задачи, параллельности оснований геометрической фигуры, образующей блок надстройки, и равномерности распределения визуальной массы определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (35) |

где – длина нижнего основания, м;

– длина верхнего основания, м;

– статический момент нижнего основания, м2;

– статический момент верхнего основания, м2;

– ордината размещения блока относительно единой системы координат корабля.

Статический момент в общем виде определяется по формуле:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (36) |

где – длина отрезка, м;

– центр тяжести отрезка, который в условиях равномерного распределения визуальной массы равен половине длины отрезка:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (37) |

Подставляя известные значения в формулу (35) получаем:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (38) |

### Условия порядка и непересечения

#### Объектная привязка к блоку по высоте

При отметке в маркере блока B ссылки блок A, система привязывает позиционирование блока B к блоку A, в блоке A

При привязке дочернего блока B сверху к родительскому блоку A, аппликата размещения блока B не оптимизируется и приравнивается к верхней точке блока A:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (39) |

Вводятся следующие ограничения для характеристик объекта B:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (40) |
|  | (41) |

#### Объектная привязка к блоку по длине

При отметке в маркере блока B ссылки блок A, система привязывает позиционирование блока B к блоку A, в блоке A

При привязке дочернего блока B сверху к родительскому блоку A, абсцисса размещения блока B не оптимизируется и приравнивается к носовой точке блока A, а также устанавливается связь углов наклона стенок надстройки:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (42) |
|  | (43) |

## Критерий эффективности

Критерием задачи формирования силуэта будет функция цели типа:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (44) |

Функция представляет собой кубический полином вида:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (45) |

Коэффициенты в выражении (45) определяются из следующих условий:

* ордината огибающей силуэта корабля на носовом перпендикуляре равна высоте надводного борта;
* максимальная ордината огибающей силуэта равна заданной величине;
* максимальная ордината огибающей силуэта достигается в заданной абсциссе;
* ордината огибающей силуэта корабля на кормовом перпендикуляре равна заданной доле максимальной ординаты.

В соответствии с этими требованиями коэффициенты для функции, описывающей огибающую силуэта, будут равны:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (46) |
|  | (47) |
|  | (48) |
|  | (49) |

# Алгоритм

## Ввод данных

### Ввод исходных данных

#### Ввод оператором

* L (длина)
* B (ширина)
* T (осадка)
* H (высота борта)
* Delta (коэффициент общей полноты)
* K\_DS (коэффициент развитости надстроек)
* h (МЦВ)
* t’
* q’
* p’

#### Переменные, значение которых заведено, но может быть изменено оператором

Pw = 1200 (давление ветра)

θ = 15 (максимальный угол крена от действия ветра)

#### Определение постоянных величин

FB, GS\_L, GS\_H, t, q, p по формулам (10)… (15)

a0, a1, a2, a3 по формулам (46)…(49)

### Ввод и определение блоков надстройки

#### Класс блока надстройки

Переменные класса:

* K\_L (коэффициент длины)
* K\_H (коэффициент высоты)
* A\_F (угол наклона носовой стенки)
* A\_A (угол наклона кормовой стенки)
* X (абсцисса базисной точки блока)
* Z (аппликата базисной точки блока)

Логические свойства класса блока:

* обитаемость Mh;
* размещение ФАР Mpa;
* фок-мачта Mfm;
* грот мачтаMmm;
* дымовая труба Mf;
* рулевая рубка Mw;
* расстояние до блока привязки LMHl;

Пространственное позиционирование:

* привязка к блоку по высоте MHh
* привязка к блоку по длине MHl;
* привязка блока сверхуMSh;
* привязка блока с носа MSl

В переменные класса также устанавливаются следующие определяемые параметры:

* площадь S по формуле (18)
* абсцисса центра тяжести x\_g по формуле (38)
* аппликата центра тяжести z\_g по формуле (24)

#### Класс оптимизируемой непрерывной переменной

Переменные класса:

* AV – принятое значение;
* V\_max – максимальное значение;
* V\_min – минимальное значение;
* IV – переменное значение;
* S – шаг округления.

#### Класс оптимизируемой дискретной переменной

Переменные класса:

* AV – принятое значение;
* Var(vi) – вектор возможных значений;
* IV – переменное значение;

## Оптимизация

## Вывод результата