Программирование

Лекция 5. Константность. Конструктор копирования. Класс массива. ООП

Константные методы

Ключевое слово const можно использовать для нотации методов классов, которые не изменяют полей объектов.

- Методы классов могут быть объявлены как `const`.

```
struct IntArray {
    size_t size() const;
};
```

Класс целочисленного массива

Метод возвращает размер массива, не изменяя полей класса

Если в таком методе менять поля класса, то будет ошибка

- Такие методы не могут менять поля объекта (тип `this` — указатель на `const`).
- У константных объектов (через указатель или ссылку на константу) можно вызывать только константные методы:

```
IntArray const * p = foo();
p->resize(); // ошибка
```

resize не является константным методом

- Внутри константных методов можно вызывать только константные методы.

Ключевое слово mutable

Иногда возникает необходимость менять поля класса внутри константных методов

Ключевое слово `mutable` позволяет определять поля, которые можно изменять внутри константных методов:

```
struct IntArray {
    size_t size() const {
        ++counter_;
        return size_;
    }

private:
    size_t size_;
    int *  data_;

    mutable size_t counter_;
};
```

Например, необходимо посчитать, сколько раз вызывается метод у определенного экземпляра класса

Ключевым словом mutable нужно определять только те поля, которые не являются частью состояния объекта.

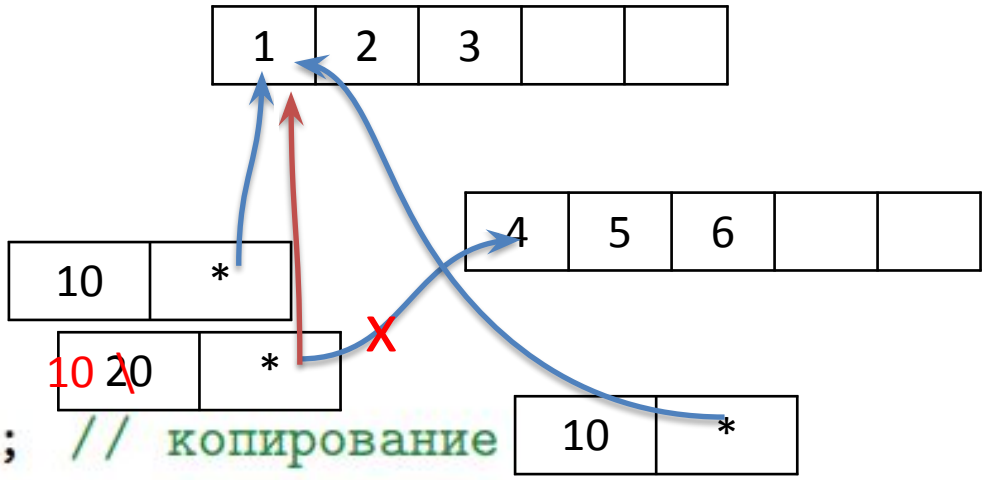
Поле counter никак не влияет на значение массива

Копирование объектов

```
struct IntArray {
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};

int main() {
    IntArray a1(10);
    IntArray a2(20);
    IntArray a3 = a1; // копирование
    a2 = a1; // присваивание

    return 0;
}
```



При выходе из функции произойдет вызов деструкторов: a3 (освобождение памяти динамического массива [1,2,3,…]), a2 (попытка освободить память – ошибка), a1.
Кроме того, утечка памяти – массив [4,5,6,…] остался

Конструктор копирования

Если не определить конструктор копирования, то он сгенерируется компилятором.

```
struct IntArray {
    IntArray(IntArray const& a)
        : size_(a.size_), data_(new int[size_])
    {
        for (size_t i = 0; i != size_; ++i)
            data_[i] = a.data_[i];
    }
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Константная ссылка на объект того же типа

Копируем поле size

Указатель на новый массив

Копируем значения массива

Конструктор копирования вызывается в тех случаях, когда при копировании создается новый объект, н-р, при передаче объекта в функцию по значению.

Оператор присваивания

- Когда копирование происходит в уже существующий объект, вызывается оператор присваивания.

Если не определить оператор присваивания, то он тоже сгенерируется компилятором.

```
struct IntArray {
    IntArray & operator=(IntArray const& a)
    {
        if (this != &a) {
            delete [] data_;
            size_ = a.size_;
            data_ = new int[size_];
            for (size_t i = 0; i != size_; ++i)
                data_[i] = a.data_[i];
        }
        return *this;
    }
    ...
};
```

Ссылка на зн-е текущего объекта

Проверка, не присваиваем ли зн-е самого себя

Сначала удаляем данные, к-рые уже есть в объекте

Выделяем новый дин.масси

Разыменовываем, т.о. получаем, ссылку

Метод swap

- Реализацию оператора присваивания можно упростить методом swap

```
struct IntArray {
    void swap(IntArray & a) {
        size_t const t1 = size_;
        size_ = a.size_;
        a.size_ = t1;

        int * const t2 = data_;
        data_ = a.data_;
        a.data_ = t2;
    }
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Ссылка на объект того же типа

Обмениваем зн-я поля size

Обмениваем зн-я поля data

После вызова метода swap, данные массивов обменяются местами

Метод swap

- Реализацию метода swap можно упростить за счет использования библиотечной функции swap.

Можно использовать функцию std::swap и файла algorithm.

```
#include <algorithm>

struct IntArray {
    void swap(IntArray & a) {
        std::swap(size_, a.size_);
        std::swap(data_, a.data_);
    }
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Переставляет местами 2 зн-я

Реализация оператора = при помощи swap

- Используя конструктор копирования и метод swap, можно реализовать оператор присваивания

```
struct IntArray {
    IntArray(IntArray const& a)
        : size_(a.size_), data_(new int[a.size_]) {
        for (size_t i = 0; i != size_; ++i)
            data_[i] = a.data_[i];
    }
    IntArray & operator=(IntArray const& a)
        if (this != &a)
            IntArray(a).swap(*this);
        return *this;
    }
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Конструктор копирования

Оператор присваивания

1) IntArray t(a)
2) t.swap(*this)
3) Временное зн-е t будет уничтожено

Запрет копирования объектов

- Иногда необходимо запретить копирование объектов

Для того, чтобы запретить копирование, нужно объявить конструктор копирования и оператор присваивания как `private` и не определять их.

```
struct IntArray {
    ...
private:
    IntArray(IntArray const& a);
    IntArray & operator=(IntArray const& a);

    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Конструктор копирования

Произойдет ошибка компиляции при копировании или присваивании переменной данного типа

Методы, генерируемые компилятором

Компилятор генерирует четыре метода:

1. конструктор по умолчанию,
2. конструктор копирования,
3. оператор присваивания,
4. деструктор.

Если потребовалось переопределить конструктор копирования, оператор присваивания или деструктор, то нужно переопределить и остальные методы из этого списка.

Поля и конструкторы

- Обобщим знания о классе для массива.

```
struct IntArray {
    explicit IntArray(size_t size)
        : size_(size), data_(new int[size]) {
        for (size_t i = 0; i != size_; ++i)
            data_[i] = 0;
    }
    IntArray(IntArray const& a)
        : size_(a.size_), data_(new int[size_]) {
        for (size_t i = 0; i != size_; ++i)
            data_[i] = a.data_[i];
    }
    ...
private:
    size_t size_;
    int *  data_;
};
```

Обязательно нужен 1 аргумент

Запрет неявного преобразования

Инициализация элементов нулями

Конструктор копирования

2 поля

Деструктор, оператор присваивания и swap

```
~IntArray() {
    delete [] data_;
}

IntArray & operator=(IntArray const& a) {
    if (this != &a)
        IntArray(a).swap(*this);
    return *this;
}

void swap(IntArray & a) {
    std::swap(size_, a.size_);
    std::swap(data_, a.data_);
}
```

Удаляем динамический массив

Библиотечная функция swap из стандартной библиотеки

Наследование

Наследование — это механизм, позволяющий создавать производные классы, расширяя уже существующие.

```
struct Person {
    string name() const { return name_; }
    int    age() const { return age_; }
private:
    string name_;
    int age_;
};

struct Student : Person {
    string university() const { return uni_; }
private:
    string uni_;
};
```

Класс, описывающий человека

«геттеры»

Класс Student является производным класса Person

Класс Student будет иметь также все поля и методы класса Person

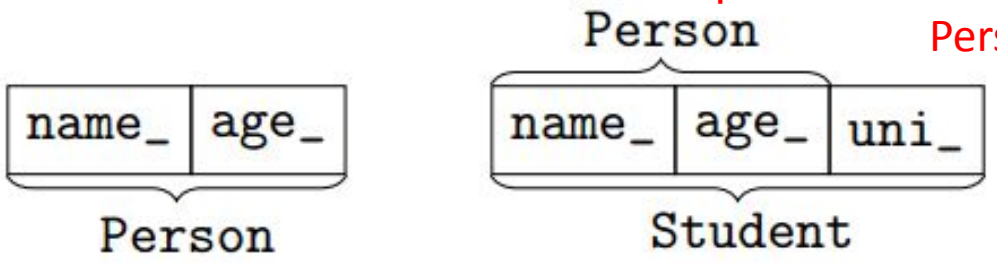
Класс-наследник

У объектов класса-наследника можно вызывать публичные методы родительского класса.

```
Student s;
cout << s.name() << endl
     << s.age()  << endl
     << s.university() << endl;
```

Внутри объекта класса-наследника хранится экземпляр родительского класса.

Вначале объекта типа Student хранится экземпляр класса Person



Создание/удаление объекта производного класса

При создании объекта производного класса сначала вызывается конструктор родительского класса.

```
struct Person {
    Person(string name, int age)
        : name_(name), age_(age)
    {}
    ...
};
struct Student : Person {
    Student(string name, int age, string uni)
        : Person(name, age), uni_(uni)
    {}
    ...
};
```

Конструктор от 2х параметров

При создании производного класса нужно вызвать конструктор родителя

После деструктора Student вызывается деструктор Person.

Приведения

- Производные классы связаны со своими базовыми (или родительскими) классами при помощи приведений

Для производных классов определены следующие приведения:

```
Student s("Alex", 21, "Oxford");
Person & l = s;   // Student & -> Person &
Person * r = &s; // Student * -> Person *
```

Создаем ссылку и указатель базового класса на производный тип

Поэтому объекты класса-наследника могут присваиваться объектам родительского класса:

```
Student s("Alex", 21, "Oxford");
Person p = s; // Person("Alex", 21);
```

Скопированы соответствующие поля

При этом копируются только поля класса-родителя (срезка). (Т.е. в данном случае вызывается конструктор копирования `Person(Person const& p)`, который не знает про `uni_`.)

Модификатор доступа protected

- Класс-наследник не имеет доступа к private-членам родительского класса. (к полям и методам)
- Для определения закрытых членов класса доступных наследникам используется модификатор protected.

```
struct Person {
    ...
protected:
    string name_;
    int age_;
};

struct Student : Person {
    ... // можно менять поля name_ и age_
};
```

Перегрузка функций

- Для того, чтобы продолжить изучать наследование и говорить о переопределении методов, вспомним, что такое перегрузка.
- Перегрузка – это возможность определить несколько функций с одним и тем же именем, но различными типами

В отличие от C в C++ можно определить несколько функций с одинаковым именем, но разными параметрами.

```
double square(double d) { return d * d; }

int    square(int    i) { return i * i; }
```

При вызове функции по имени будет произведен поиск наиболее подходящей функции:

```
int    a = square(4);      // square(int)
double b = square(3.14);   // square(double)
double c = square(5);      // square(int)
int    d = square(b);      // square(double)
float  e = square(2.71f);  // square(double)
```

Возвращ.зн-е будет преобразовано

Не double и не int

Перегрузка методов

- Аналогично перегрузке функций, в C++ существует перегрузка методов.

```
struct Vector2D {
    Vector2D(double x, double y) : x(x), y(y) {}

    Vector2D mult(double d) const
        { return Vector2D(x * d, y * d); }

    double  mult(Vector2D const& p) const
        { return x * p.x + y * p.y;    }

    double x, y;
};
```

Класс, описывающий вектор на пл-ти

Умн-е вектора на число

Умн-е вектора на вектор (скалярное)

```
    Vector2D p(1, 2);
    Vector2D q = p.mult(10); // (10, 20)
    double   r = p.mult(q);  // 50
```

Определяем вектор

Умн-е на число

Умн-е **p** на **q**

Перегрузка при наследовании

```
struct File {
    void write(char const * s);
    ...
};

struct FormattedFile : File {
    void write(int i);
    void write(double d);
    using File::write;
    ...
};
```

Класс для работы с файлами

Метод для записи строки в файл

Производный класс

Объявлены перегрузки – методы для записи целых и вещест. чисел
Данные методы «перекрывают» методы базового класса

Данная строка позволяет исп-ть метод из базового класса

```
FormattedFile f;
f.write(4);
f.write("Hello");
```

Не скомпилируется, если нет using File::write…

Правила перегрузки

- Как компилятор выбирает правильную функцию при перегрузке?

1. Если есть точное совпадение, то используется оно.
2. Если нет функции, которая могла бы подойти с учётом преобразований, выдаётся ошибка.
3. Есть функции, подходящие с учётом преобразований:
   - 3.1 Расширение типов.
     `char, signed char, short` → `int`
     `unsigned char, unsigned short` → `int/unsigned int`
     `float` → `double`
   - 3.2 Стандартные преобразования (числа, указатели).
   - 3.3 Пользовательские преобразования.

Н-р, double в int

В случае нескольких параметров нужно, чтобы выбранная функция была *строго лучше* остальных.

Иначе – ошибка – вызов неоднозначен, т.е. неск-ко функций одинаково

NB: перегрузка выполняется на этапе компиляции. (не на этапе выполнения)

лат. Nota bene
«обрати внимание»

Задача

Есть три версии функции foo:

```
void foo(char) { std::cout << "char" << std::endl; }
void foo(signed char) { std::cout << "signed char" << std::endl; }
void foo(unsigned char) { std::cout << "unsigned char" << std::endl; }
```

Отметьте все верные утверждения относительно вызова функции foo.

- [ ] в результате вызова foo('a') будет выведено unsigned char
- [ ] в результате вызова foo('a') будет выведено char
- [ ] в результате вызова foo('a') будет выведено signed char
- [ ] в результате вызова foo(97) будет выведено signed char
- [ ] в результате вызова foo(97) будет выведено char
- [ ] вызов foo('a') приведет к ошибке компиляции
- [ ] вызов foo(97) приведет к ошибке компиляции

Задача 2

В программе определены две функции:

```
float  square(float value) { return value * value; }
double square(float value) { return (double)value * value; }
```

Далее в программе есть вызов:

```
double sq = square(2.0);
```

Отметьте все верные утверждения из списка.

- [ ] программа не скомпилируется, потому что такая перегрузка функции square не допустима
- [ ] программа не скомпилируется, потому что вызов double sq = square(2.0) неоднозначен
- [ ] программа скомпилируется, будет вызвана функция float square(float value)
- [ ] программа скомпилируется, будет вызвана функция double square(float value)

Задача 3

```
void promotion(char &) { std::cout << "char" << std::endl; }
void promotion(int  &) { std::cout << "int"  << std::endl; }
void promotion(long &) { std::cout << "long" << std::endl; }
```

Кроме того в программе есть вызов:

```
short sh = 10;
promotion(sh);
```

Отметьте все верные утверждения.

- [ ] вызов promotion(sh) не скомпилируется, так как есть несколько подходящих функций для вызова
- [ ] вызов promotion(sh) не скомпилируется, так как нет ни одной подходящей функции для вызова
- [ ] при вызове promotion(sh) произойдет преобразование типа и будет вызвана функция promotion(long &)
- [ ] при вызове promotion(sh) произойдет преобразование типа и будет вызвана функция promotion(int &)
- [ ] при вызове promotion(sh) произойдет преобразование типа и будет вызвана функция promotion(char &)

Переопределение методов (overriding)

- Перегрузка – определение функции с тем же именем, но другой сигнатурой.
- Переопределение – определение метода с тем же именем и сигнатурой, как у базового класса.

```
struct Person {
    string name() const { return name_; }
    ...
};
struct Professor : Person {
    string name() const {
        return "Prof. " + Person::name();
    }
    ...
};
```

Базовый класс

Метод из базового класса

```
    Professor pr("Stroustrup");
    cout << pr.name() << endl; // Prof. Stroustrup
    Person * p = &pr;
    cout << p->name() << endl; // Stroustrup
```

Виртуальные методы

```
struct Person {
    virtual string name() const { return name_; }
    ...
};
struct Professor : Person {
    string name() const {
        return "Prof. " + Person::name();
    }
    ...
};
```

Тогда при вызове метода через указатель на базовый класс, какой метод будет вызван, будет зависеть не от типа указателя, а от объекта, на к-рый он ссылается

```
Professor pr("Stroustrup");
cout << pr.name() << endl; // Prof. Stroustrup
Person * p = &pr;
cout << p->name() << endl; // Prof. Stroustrup
```

Чистые виртуальные (абстрактные) методы

- Особый вид виртуальных методов – чистые вирт. методы. Это виртуальные методы, у к-рых отсутствует реализация.

```
struct Person {
  virtual string occupation() const = 0;
  ...
};
struct Student : Person {
  string occupation() const {return "student";}
  ...
};
struct Professor : Person {
  string occupation() const {return "professor";}
  ...
};
```

Нет реализации

Сам класс становится абстрактным, т. е. нельзя создать экземпляр класса

Но можно создавать производные класса

```
  Person * p = next_person();
  cout << p->occupation();
```

Но можно создавать указатели на Student или Professor

Будет вызвана соответствующая реализация, основываясь на типе

продолжение

Виртуальный деструктор

К чему приведёт такой код?

```
struct Person {
    ...
};
struct Student : Person {
    ...
private:
    string uni_;
};

int main() {
    Person * p = new Student("Alex",21,"Oxford");
    ...
    delete p;
}
```

Название университета

Деструктор класса Person, то есть поле “uni” останется висеть в памяти

Виртуальный деструктор

Правильная реализация:

```
struct Person {
    ...
    virtual ~Person() {}
};
struct Student : Person {
    ...
private:
    string uni_;
};

int main() {
    Person * p = new Student("Alex",21,"Oxford");
    ...
    delete p;
}
```

Нужно указать, что деструктор базового класса является виртуальным

При удалении будет вызван ~Student

Полиморфизм

Полиморфизм

Возможность единообразно обрабатывать разные типы данных.

Перегрузка функций

Первый механизм полиморфизма

Выбор функции происходит в момент компиляции на основе типов аргументов функции, *статический полиморфизм*.

Виртуальные методы

Второй механизм полиморфизма

Выбор метода происходит в момент выполнения на основе типа объекта, у которого вызывается виртуальный метод, *динамический полиморфизм*.

Ещё раз об ООП

Объектно-ориентированное программирование — концпеция программирования, основанная на понятиях объектов и классов.

Это экземпляры класса

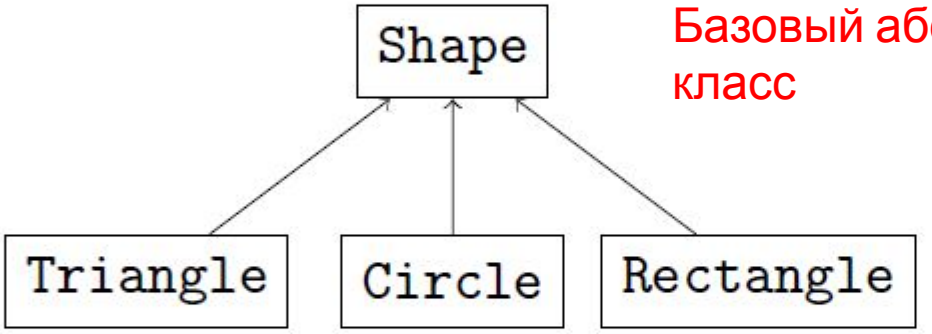
Основные принципы:

- инкапсуляция, Объединение логически связанных данных с методами работы с этими данными
- наследование, Возможность создавать производные класса
- полиморфизм, Работа с подклассами через ссылку на базовый класс
- абстракция. Возможность сокрыть реализацию класса при помощи модификаторов доступа

Подробнее о принципах проектирования ООП-программ можно узнать по ключевым слову „шаблоны проектирования".

Как правильно построить иерархию?

Иерархия геометрических фигур:

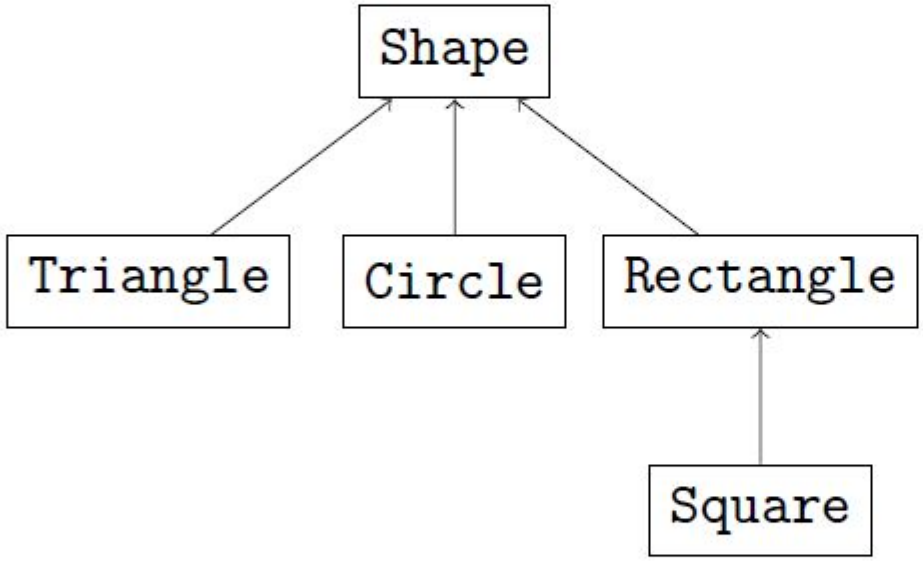


Базовый абстрактный класс

Куда добавить класс Square?

Как правильно построить иерархию?

Квадрат — это прямоугольник, у которого все стороны равны.



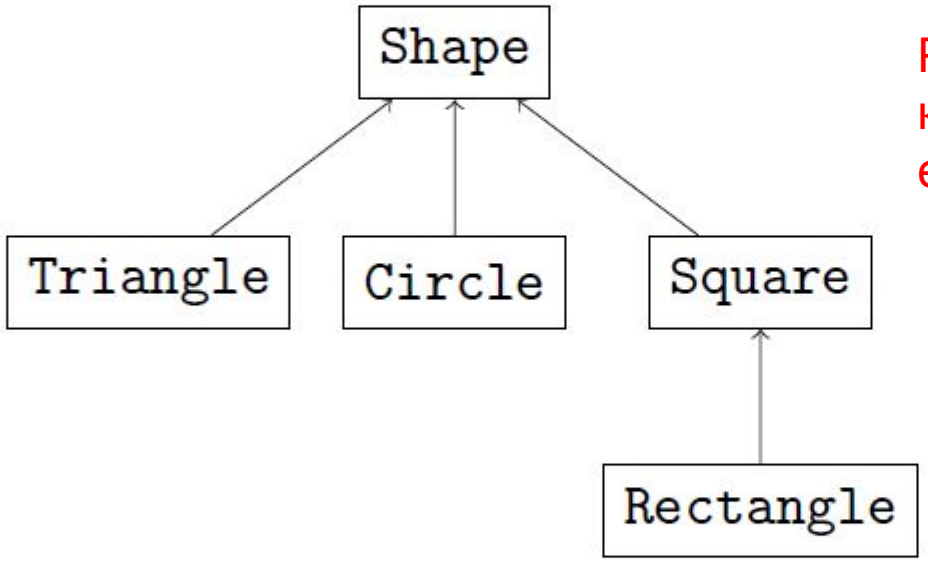

```
void double_width(Rectangle & r) {
    r.set_width(r.width() * 2);
}
```

Функция получает прямоугольник по ссылке и увеличивает его ширину в 2 раза

Но если в эту функцию передадим квадрат, то будет некорректная работа программы

Как правильно построить иерархию?

Прямоугольник задаётся двумя сторонами, а квадрат — одной.



Расширили класс квадрата, добавив еще 1 поле

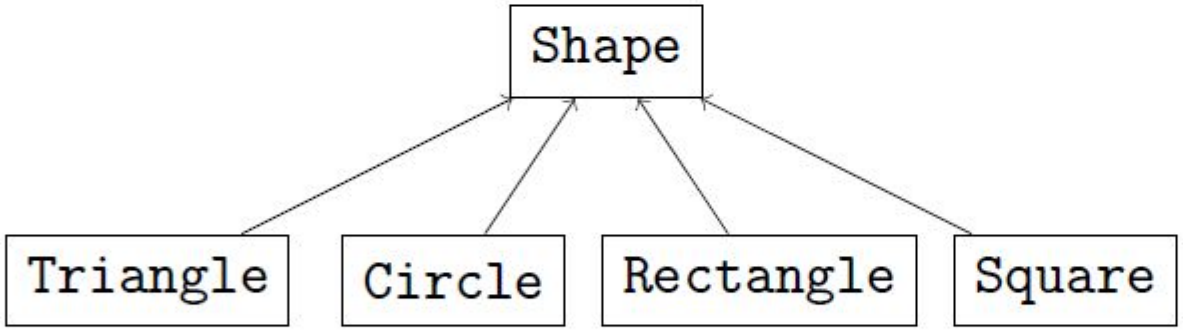
```
double area(Square const& s) {
    return s.width() * s.width();
}
```

Метод вычисляет площадь

Метод будет работать некорректно для прямоугольника

Как правильно построить иерархию?

Правильное решение — сделать эти классы независимыми:



Но в некоторых частных случаях, квадрат можно унаследовать от прямоугольника и наоборот, в зависимости от того, какие методы и функции понадобятся для работой с этими классами.

Агрегирование vs наследование

- Иногда вместо наследования используют агрегирование.

- *Агрегирование* — это включение объекта одного класса в качестве поля в другой.
- Наследование устанавливает более сильные связи между классами, нежели агрегирование:
  - приведение между объектами,
  - доступ к `protected` членам.
- Если наследование можно заменить легко на агрегирование, то это нужно сделать.

Н-р, класс компьютер (содержит клавиатуру, мышь и т.д.)

Тогда класс комп-р *агрегирует* в себя объекты классов клавиатуры, мыши и т.д.

Чем меньше зависимость, тем меньше нужно менять при изменении компонентов.

Примеры некорректного наследования

- Класс `Circle` унаследовать от класса `Point`.
- Класс `LinearSystem` унаследовать от класса `Matrix`.

Рас-е м/у 2 двумя точками

Транспонирование матриц не имеет смыла для системы линейных уравнений

Принцип подстановки Барбары Лисков

Liskov Substitution Principle (LSP)

Функции, работающие с базовым классом, должны иметь возможность работать с подклассами не зная об этом.

Этот принцип является важнейшим критерием при построении иерархий наследования.

Другие формулировки

- Поведение наследуемых классов не должно противоречить поведению, заданному базовым классом.
- Подкласс не должен требовать от вызывающего кода больше, чем базовый класс, и не должен предоставлять вызывающему коду меньше, чем базовый класс

Модификаторы при наследовании

При наследовании можно использовать модификаторы доступа:

```
struct A {};
struct B1 : public A {};
struct B2 : private A {};
struct B3 : protected A {};
```

B1 может вызывать все методы класса A

Только внутри класса B2 можно вызывать методы класса A

protected = private, только методы будут доступны также в производных класса B3

Для классов, объявленных как `struct`, по-умолчанию используется `public`, для объявленных как `class` — `private`.

Важно: *отношение наследования* (в терминах ООП) задаётся только `public`-наследованием.

Использование `private`- и `protected`-наследований целесообразно, если необходимо не только агрегировать другой класс, но и переопределить его виртуальные методы.

Переопределение private виртуальных методов

```
struct NetworkDevice {  // сетевое устройство
    void send(void * data, size_t size) {
        log("start sending");
        send_impl(data, size);
        log("stop sending");
    }
    ...
private:
    virtual void send_impl(void * data, size_t size)
    {...}
};

struct Router : NetworkDevice {
private:
    void send_impl(void * data, size_t size) {...}
};
```

Публичный метод send – нельзя переопределить у наследников

Виртуальный метод можно переопределить

Это шаблон template method

Интерфейсы

Интерфейс — это абстрактный класс, у которого отсутствуют поля, а все методы являются чистыми виртуальными.

Отсутствует реализация

```
struct IConvertibleToString {
    virtual ~IConvertibleToString() {}
    virtual string toString() const = 0;
};
```

Только у деструктора должна быть реализация

```
struct IClonable {
    virtual ~IClonable() {}
    virtual IClonable * clone() const = 0;
};
```

```
struct Person : IClonable {
    Person * clone() {return new Person(*this);}
};
```

Создаем копию человека

Множественное наследование

В C++ разрешено множественное наследование.

```
struct Person {};
struct Student : Person {};
struct Worker : Person {};
struct WorkingStudent : Student, Worker {};
```

Базовые классы через запятую (будет 2 экземпляра Person)

Стоит избегать *наследования реализаций* более чем от одного класса, вместо этого использовать интерфейсы.

```
struct IWorker {};
struct Worker : Person, IWorker {};
struct Student : Person {};
struct WorkingStudent : Student, IWorker {}
```

Множественное наследование — это отдельная большая тема.

Использование интерфейсов позволит избежать дублирования данных и неоднозначности

Вопросы

1. Что такое константный метод?
2. Для чего применяется ключевое слово mutable?
3. Перечислите методы, генерируемые компилятором.
4. Что такое наследование?
5. Приведите пример наследования на C++

Задача на закрепление материала по модификатору const

- Объявите переменную с именем *m*, в которой хранится указатель на двумерный массив целых чисел (int), выделенный в динамической памяти, так чтобы содержимое массива нельзя было поменять, т. е. компилятор должен выдавать ошибку при попытке произвести над *m* любое действие, которое изменит значение *m[i][j]* для любых *i* и *j*.
- Требования к выполнению задания: в задании требуется только объявить переменную, инициализировать ее не нужно. Например, объявление может выглядеть так:
- *int **m;*

Ответ

- *int const * const * m;*