

Задание №3 практикума по C++

(в поддержку курса «Проектирование и программирование на C++»)

Напишите библиотеку, с помощью которой можно будет вычислять значения и производную функции одной переменной. Основные функции, которые должны представляться в виде объектов:

- тождественная функция,
- вещественная константа,
- степенная функция,
- экспонента,
- полином.

Библиотека должна поддерживать (путем переопределения операторов) арифметические выражения, которые собираются из таких объектов и арифметических операций над ними. При этом необходимо генерировать исключения `std::logic_error` в случае передачи в арифметические операции объектов с неподдерживаемыми типами (список поддерживаемых типов см. ниже описание параметра `type`). Также у основных функций должны поддерживаться методы `ToString`, возвращающие строковое представление функции.

Очередность:

1. Реализуйте иерархию классов основных функций. Базовый класс `TFunction` из этой иерархии хранит функторы для вычисления функции, ее производной (реализуется в п. 3), а также фабрику по созданию таких основных функциональных объектов. Создание объекта должно задаваться строковым параметром `type`, который принимает значения из множества {"`ident`", "`const`", "`power`", "`exp`", "`polynomial`"}, а также параметром, необходимым для определения функции выбранного типа, например: значение вещественной константы, показатель степенной функции.

2. Реализуйте переопределенные двухпозиционные операторы ("+", "-", "*", "/") для поддержки арифметических выражений.

Важно: результат применения оператора к паре объектов-функций `TFunction` – это `TFunction`, представляющий собой «композицию» этих функций посредством соответствующей арифметической операции; к нему также можно применять операторы, тем самым строя сложные выражения. Значение выражения вычисляется при передаче значения переменной в объект `TFunction`, соответствующий этому выражению.

3. Реализуйте метод, рассчитывающий в заданной точке производную функции, заданную арифметическим выражением $f(x)$ с одной переменной.

4. Реализуйте функцию, которая принимает на вход арифметическое выражение $f(x)$ с одной переменной и находит корень уравнения $f(x) = 0$ методом градиентного спуска. Проверять сходимость в коде не надо. Число итераций градиентного спуска должно быть параметром функции.

```
// пример работы с библиотекой, схематично:  
std::vector<TFunctionPtr> cont;  
auto f = funcFactory.Create("power", 2); // PowerFunc x^2  
cont.push_back(f);  
auto g =  
    funcFactory.Create("polynomial", {7, 0, 3, 15}); // TPolynomial 7 + 3*x^2 + 15*x^3  
cont.push_back(g);  
for (const auto ptr : cont) {  
    std::cout << ptr->ToString() << " for x = 10 is " << (*ptr)(10) << std::endl;  
}  
auto p = *f + *g;  
p.GetDeriv(1); // 53  
auto h = *f + "abc"; // std::logic_error  
f->GetDeriv(3); // 429
```

Каждый из пунктов 1 – 4 должен обязательно сопровождаться набором тестов, написанных с использованием `gmock/gtest`. Тестируть нужно создание объектов, генерацию ошибок, вычисление значений базовых функций и арифметических выражений (с различными операциями), формирование строкового представления, вычисление производной, поиск корня методом градиентного спуска (например, для квадратного уравнения с целыми корнями).

Замечания.

- (1) Метод `ToString` достаточно поддержать только у основных функций.
- (2) Сложение двух полиномов *не требует* специальных представлений со сложением соответствующих коэффициентов (т.е. преобразования суммы полиномов к единственному полиному), аналогично для умножения полинома на константу и иных случаев, когда результат выполнения операции может быть *с математической точки зрения* преобразован в основную функцию.
- (3) Производную функции нужно уметь вычислять в точке, нет необходимости реализовывать производную как `TFunction` и выполнять символьное дифференцирование.
- (4) Необходимо продумать иерархию классов основных функций, чтобы правильно их создавать и приводить к строковому виду.
- (5) О паттерне «фабрика» можно почитать здесь:
https://mk.cs.msu.ru/images/5/57/Lecture_pbscpp_8.pdf
- (6) Вопросы по заданию следует направлять В. Балашову в Телеграм (@slonoul).

Стоимость пунктов задания (* – необязательный пункт):

Пункт	Баллы
1. Основные функции	3
2. Арифметические выражения	3
3. Вычисление производной (*)	2
4. Поиск корня (*)	2

Напоминаем, что при поиске корня градиентным методом используется производная.