Парадигмы программирования (часть 1)

Алексей Островский

Физико-технический учебно-научный центр НАН Украины

28 ноября 2014 г.

Определение парадигмы

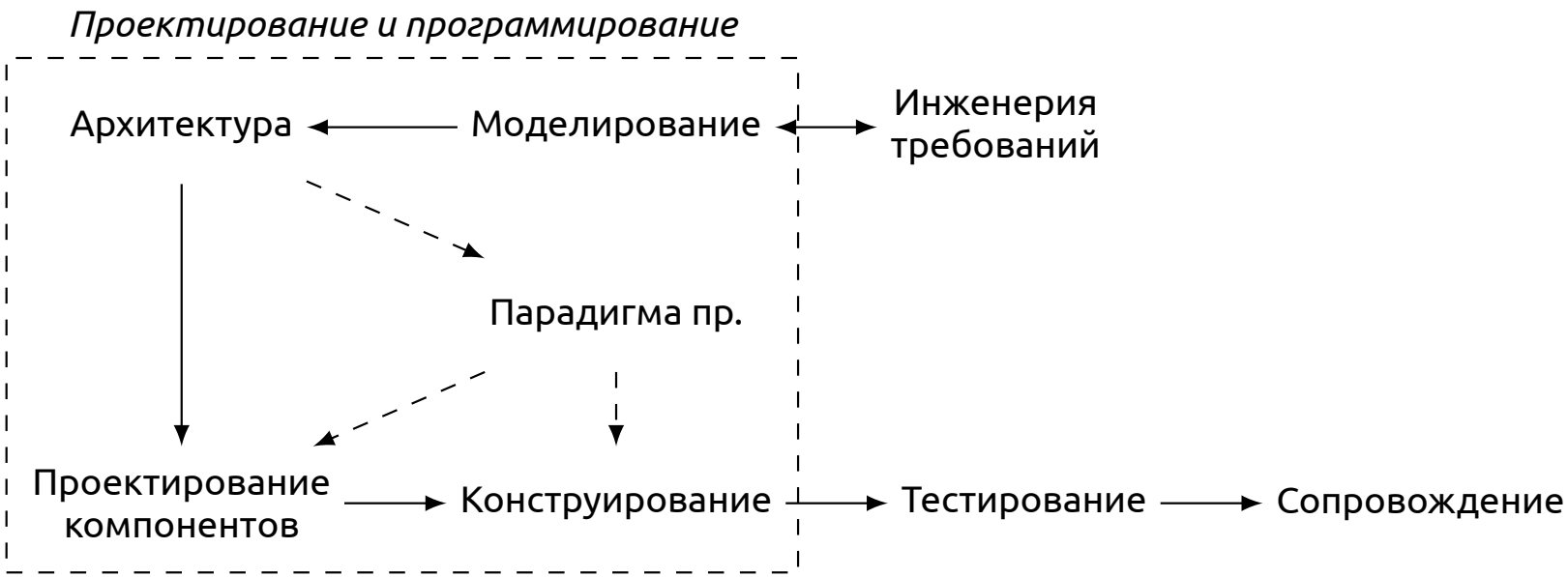
Определение

Парадигма программирования (англ. *programming paradigm*) — совокупность идей и понятий, которые определяют общий стиль написания компьютерных программ, построения их структуры и отдельных элементов программной системы.

Цель парадигмы программирования:

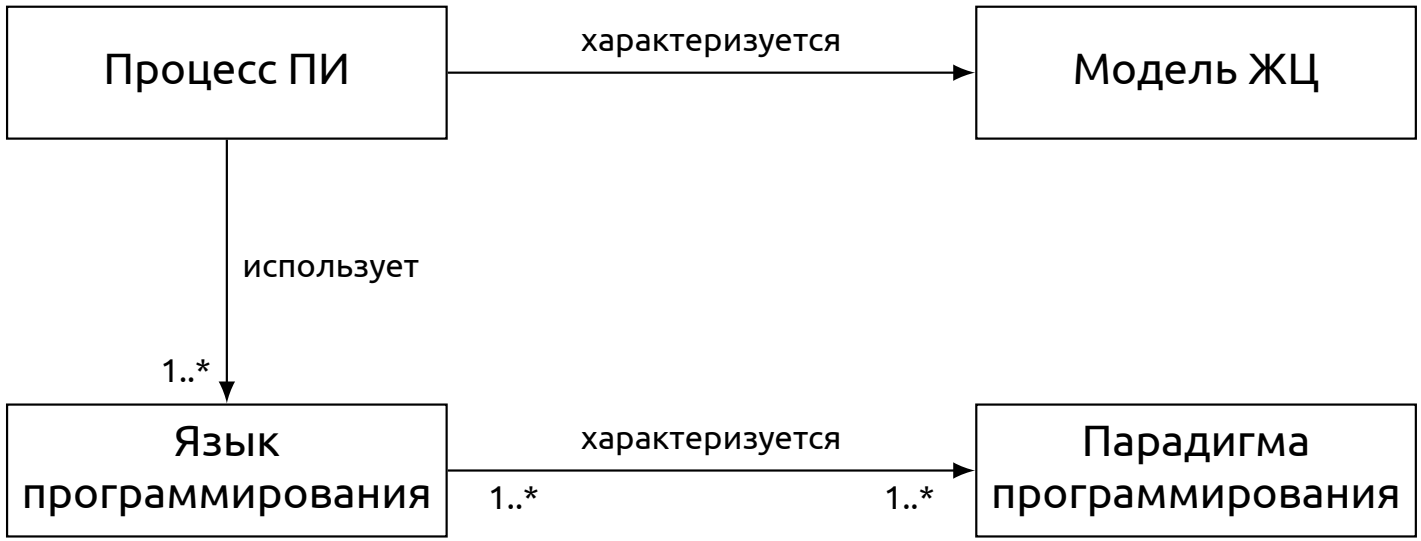
- разделение программы на базовые составные элементы (напр., функции или объекты);
- определение модели преобразования данных;
- внедрение ограничений на используемые конструкции.

Место парадигмы в разработке



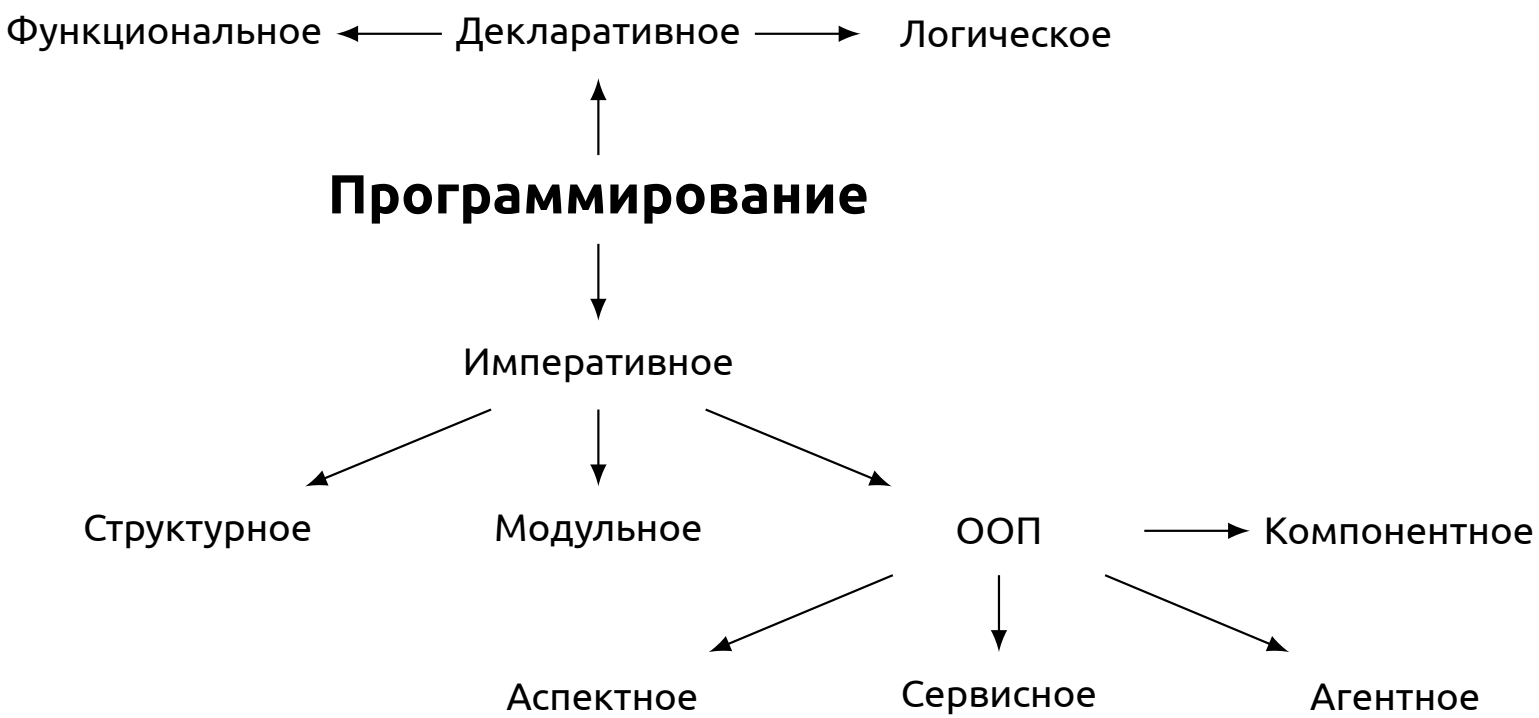
Роль парадигм программирования в разработке ПО. Парадигма выбирается, исходя из архитектуры системы и влияет на построение и реализацию ее компонентов

Место парадигмы в разработке



Связь парадигм с языками программирования подобна связи процесса программной инженерии с выбранной моделью разработки

Классификация парадигм программирования



Декларативное программирование

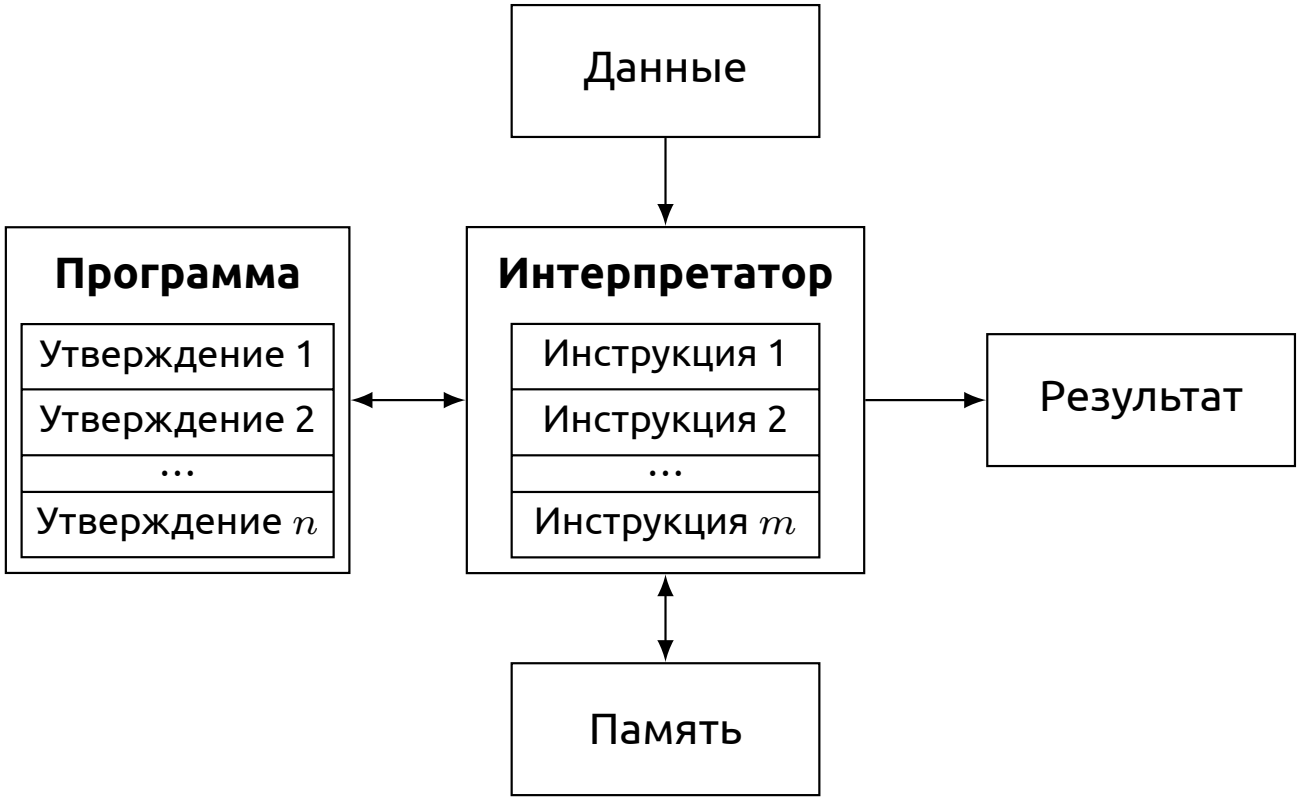
Определение

Декларативное программирование (англ. *declarative programming*) — парадигма, согласно которой программа представляет логику вычислений без описания прямой последовательности действий (действия определяются компилятором или интерпретатором).

Области использования:

- математическое моделирование;
- искусственный интеллект;
- анализ данных;
- наука.

Выполнение декларативной программы



Декларативная программа не взаимодействует напрямую с памятью, поручая эту работу интерпретатору

Императивное программирование

Определение

Императивное программирование (англ. *imperative programming*) — парадигма, согласно которой программа представляет собой последовательность действий, изменяющих *состояние программы*.

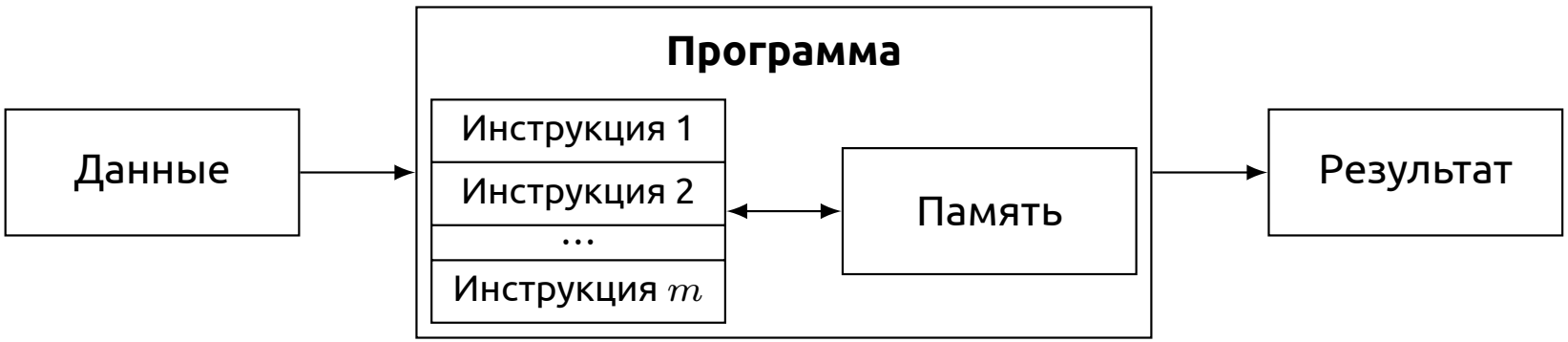
Определение

Состояние программы (англ. *program state*) — совокупность данных, связанных со всеми используемыми программой переменными в конкретный момент времени.

Область использования:

- системные программы;
- прикладные программы.

Выполнение императивной программы



Императивная программа использует именованные области памяти (переменные) для хранения состояния вычислений

Функциональное программирование

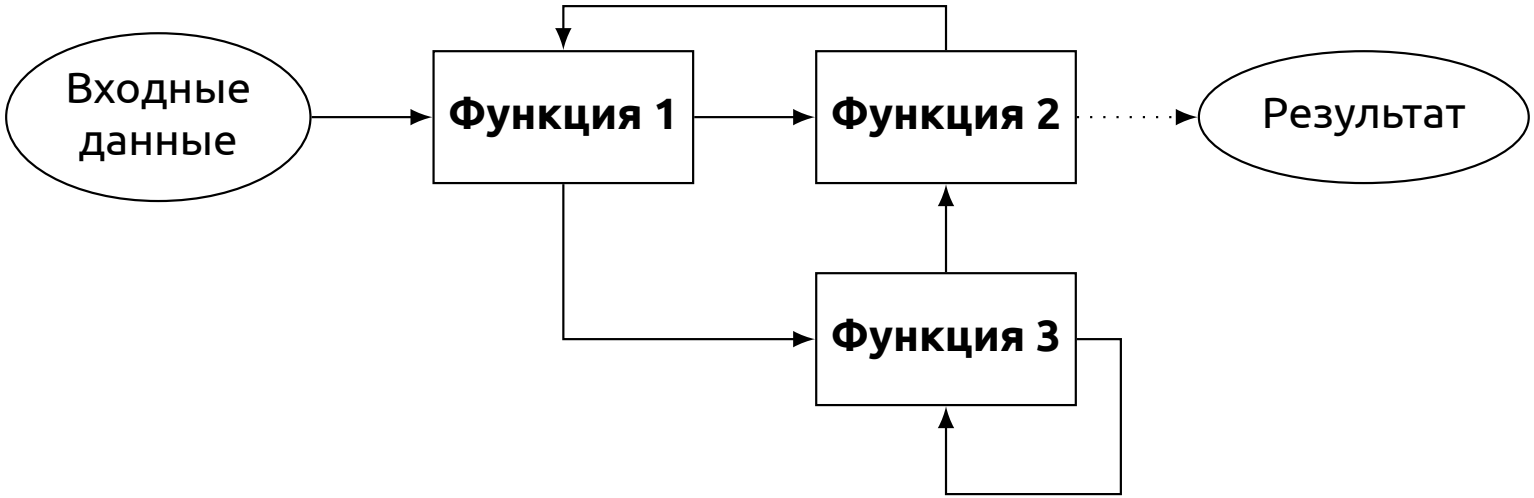
Определение

Функциональное программирование (англ. *functional programming*) — парадигма, согласно которой процесс исполнения программы представляется последовательностью вычислений значений для математических функций.

Особенности:

- отказ от явного хранения переменных (функции без побочных эффектов);
- $\Rightarrow$ встроенная поддержка параллелизации, оптимизации и кэширования без необходимости действий со стороны программиста.

Функциональное программирование (продолжение)



Функции возвращают результат, иначе не меняя состояние программы (напр., через переменные).

Ключевые слова: чистая функция, прозрачность ссылок.

Функциональное программирование (продолжение)

Концепции:

- функции высших порядков — функции, которые возвращают другие функции или принимают функции в качестве аргументов;
- замыкание (англ. *closure*) —сохранение контекста функции при ее создании;
- рекурсия для создания циклов;
- ленивые вычисления (англ. *lazy evaluation*) — вычисление аргументов функций по мере необходимости (не при задании).

Языки программирования: Lisp, Scheme, Clojure, Erlang, Haskell, F#.

Логическое программирование

Определение

Логическое программирование (англ. *logic programming*) — парадигма, согласно которой программа представляет собой вывод с помощью правил формальной логики.

Правило вывода:

$$H :- B_1, \ldots, B_n, \quad \text{т. е.} \quad H, \textbf{ если } B_1 \textbf{ и } \ldots \textbf{ и } B_n.$$

Особенности:

- данные представляются как факты (безусловные утверждения, аксиомы);
- результат выполнения — данные, для которых истинно некоторое утверждение.

Логическое программирование (продолжение)

Концепции:

- процедурная интерпретация правил:

$$H :- B_1, \ldots, B_n;$$

чтобы вычислить H, нужно вычислить B_1, ..., B_n.

- контроль над стратегией доказательства утверждений (параллельный или последовательный поиск, перебор с возвратом, ...).

Языки программирования: Prolog и диалекты, Oz.

Структурное программирование

Определение

Структурное программирование (англ. *structured programming*) — парадигма, в основе которой лежит представление программы в виде иерархии *блоков*.

Определение

Блок инструкций — логически связанный набор последовательных инструкций, предназначенный для:

- ограничения области видимости;
- обращения к блоку как к одной инструкции.

Особенности:

- каждый блок должен иметь строго один вход и выход;
- $\Rightarrow$ отказ от безусловных переходов (**`goto`**).

Структурное программирование (продолжение)

Элементы программ:

Конструкция	Псевдокод
последовательность	$S_1; S_2; S_3; \ldots$
ветвление	if C then S_1 else S_2
цикл	while C do S
подпрограммы	function $F(A_1, A_2, \ldots, A_n)$ B

Теорема (Бём, Якопини)

Программы, использующие управляющие конструкции последовательности, ветвления и цикла, способны вычислить любую вычислимую функцию.

Структурное программирование (продолжение)

Концепции:

- выделение повторяющегося кода в подпрограммы (процедуры и функции);
- объединение логически связанных подпрограмм в модули;
- использование блоков инструкций для контроля области видимости переменных и функций;
- проектирование программ сверху вниз;
- разделение интерфейсов и имплементаций подпрограмм в модулях.

Языки программирования: Algol, C, Pascal, Ada, FORTRAN, PL/I.

Объектно-ориентированное программирование

Определение

Объектно-ориентированное программирование (англ. *object-oriented programming*) — парадигма, согласно которой программа представляется в виде взаимодействующих объектов.

Определение

Объект — сильная связь между структурами данных и методами ($\simeq$ функциями), обрабатывающими эти данные. Составляющие объекта:

- идентификатор;
- свойства;
- методы.

Особенность: развитие структурного программирования с объединением в объектах данных и поведения.

Концепции ООП

- **объекты**;
- **инкапсуляция** — скрытие информации от внешних (по отношению к системе или объекту) сущностей;
- **наследование** — повторное использование методов работы с данными в различных условиях; дополнение функциональности объектов;
- **полиморфизм подтипов** — возможность использования наследованных от объекта потомков в том же контексте, что и сам объект;
- **динамическая диспетчеризация** — выбор, какую реализацию виртуального метода следует вызывать, во время исполнения программы;
- **открытая рекурсия** — переменная `this`/`self`, позволяющая вызывать методы объекта из других методов.

Полиморфизм есть и в структурном программировании, но другой.

Виды ООП

- ООП на основе **классов** — вид ООП, в котором поведение объектов и наследование определяется с помощью классов (начальный набор данных + поведение).

  Языки программирования: C++, Java, C#, Python.

- ООП на основе **прототипов** — вид ООП, в котором наследование поведения осуществляется с помощью клонирования существующих объектов (прототипов).

  Языки программирования: JavaScript, Lua.

Виды ООП (продолжение)

Характеристика	Вид ООП	
	На основе классов	На основе прототипов
Наследование	создание подклассов	клонирование прототипа
Содержимое объектов	определяется классом	определяется конкретным объектом
Связь между данными и поведением	сильная	слабая
Интерфейсы	подвид классов	duck typing

Императивное и декларативное программирование

Вычисление чисел Фибоначчи — императивная программа (Python):

```
1  def fib(n):
2      """ Вычисляет n-е число Фибоначчи (с отсчетом от нуля). """
3      if (n == 0):
4          return 0;
5      a, b = 0, 1;
6      for i in range(1, n):
7          a, b = b, a + b;
8      return b;
```

Вызов:

```
>>> fib(10)
55
```

Императивное и декларативное программирование

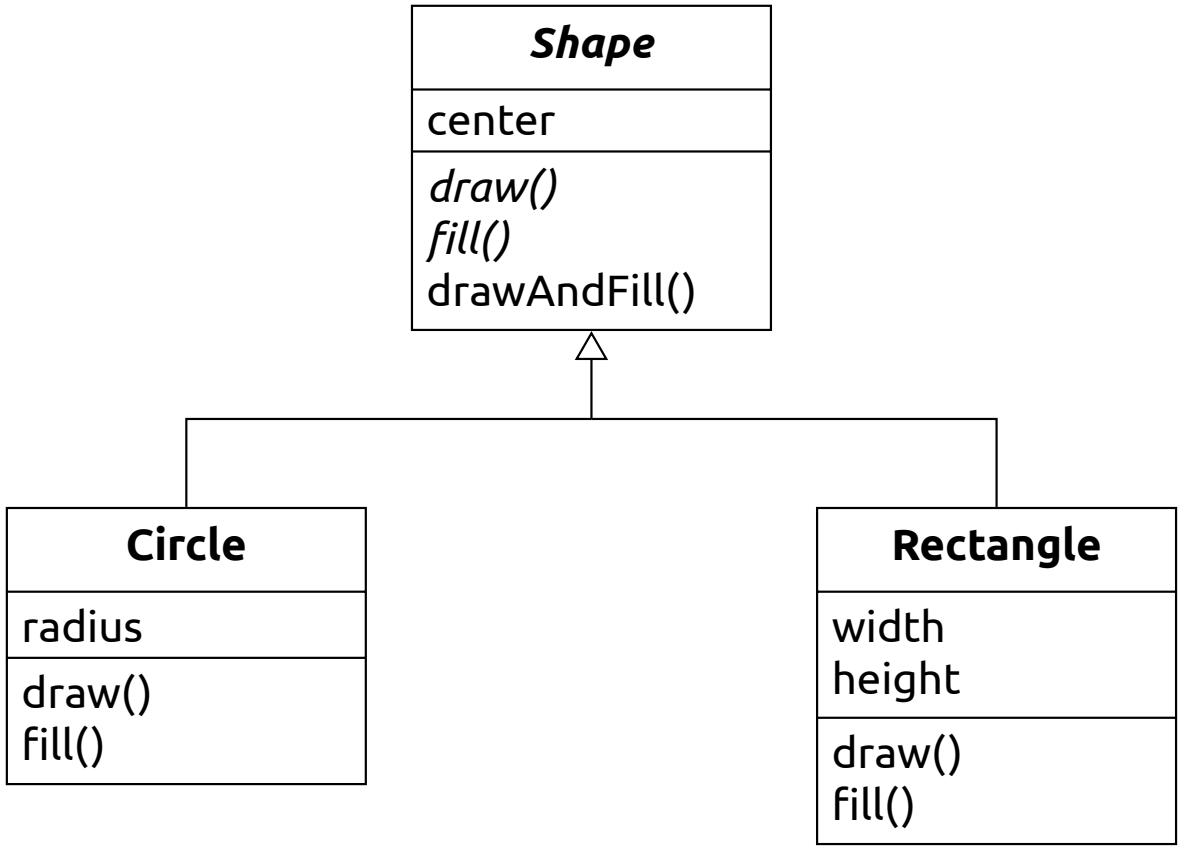
Вычисление чисел Фибоначчи — декларативная программа (Prolog):

```
1  % Вычисление чисел Фибоначчи.
2  % fib(n, X) ⇔ X = F_n.
3  fib(N, X) :-
4      fibr(0, 1, N, X).
5
6  fibr(A, _, 0, X) :- X is A.
7  fibr(_, B, 1, X) :- X is B.
8  fibr(A, B, N, X) :-
9      N_1 is N - 1,
10     Sum is A + B,
11     fibr(B, Sum, N_1, X).
```

Вызов:

```
?- fib(10, X).
X = 55.
```

Процедурное программирование и ООП



Структурная модель предметной области

Процедурное программирование и ООП

Описание ПрО — процедурный стиль (C):

```
1  struct Rectangle {
2      Point center;
3      double width;
4      double height;
5  };
6  void drawRect(struct Rectangle rectangle) { /*...*/ }
7  void fillRect(struct Rectangle rectangle) { /*...*/ }
8
9  struct Circle {
10     Point center;
11     double radius;
12 };
13 void drawCircle(struct Circle circle) { /*...*/ }
14 void fillCircle(struct Circle circle) { /*...*/ }
```

Процедурное программирование и ООП

Описание ПрО — ООП (Java):

```java
public abstract class Shape {
    private Point center;
    protected Shape(Point center) { /*...*/ }

    public abstract void draw();
    public abstract void fill();
    public void drawAndFill() {
        this.draw();
        this.fill();
    }
}

public class Circle extends Shape {
    private double radius;
    public Circle(Point center, double radius) { /*...*/ }

    public void draw() { /*...*/ }
    public void fill() { /*...*/ }
}
```

Процедурное программирование и ООП

Концепции ООП (Java):

```java
/* Полиморфизм подтипов: Circle можно рассматривать как Shape. */
Shape s = new Circle(new Point(1, 1), 5);

/* Динамическая диспетчеризация: вызывается Circle.draw(), а не Shape.draw(). */
s.draw();

public abstract class Shape {
    /*...*/

    public void drawAndFill() {
        /* Открытая рекурсия: при вызове s.drawAndFill() будут вызваны */
        /* методы Circle.draw() и Circle.fill(). */
        this.draw();
        this.fill();
    }
}
```

Классы и прототипы

Описание ПрО — прототипы (JavaScript):

```
1  function Shape(center) {
2      this.center = center;
3  };
4  Shape.prototype.drawAndFill = function() {
5      this.draw();
6      this.fill();
7  };
8
9  function Circle(center, radius) {
10     Shape.call(this, center);
11     this.radius = radius;
12 }
13 /* Клонирование прототипа. */
14 Circle.prototype = Object.create(Shape.prototype);
15 Circle.prototype.draw = function() { /*...*/ };
16 Circle.prototype.fill = function() { /*...*/ };
```

Классы и прототипы

Особенности прототипов (JavaScript):

```
1  var shape = new Circle({'x': 1, 'y': 1}, 5);
2
3  /* Работает, несмотря на отсутствие методов .draw() и .fill() в Shape. */
4  shape.drawAndFill();
5  /* Заменяет метод для конкретного объекта. */
6  shape.draw = function() { /*...*/ };
7  /* Заменяет метод для всех объектов, создаваемых с помощью new Circle(...). */
8  Circle.prototype.draw = function() { /*...*/ };
9
10 var otherShape = {
11     'draw': function() { alert('Drawn!'); }
12     'fill': function() { alert('Filled!'); }
13     'drawAndFill': Shape.prototype.drawAndFill
14 };
15 /* Duck typing: работает, несмотря на отсутствие явного наследования. */
16 otherShape.drawAndFill();
```

Выводы

1. Парадигма программирования определяет общий стиль написания программ. По своей сути парадигмы играют в проектировании и конструировании ту же роль, что и модель жизненного цикла в планировании разработки ПО.
2. Выделяют две основных группы парадигм программирования: декларативные (определяют цель, но не метод ее достижения) и императивные (определяют и то, и другое).
3. Объектно-ориентированное программирование — основная парадигма в разработке современных прикладных приложений. Ее особенность — представление предметной области в виде объектов, которые сочетают в себе данные и поведение.

Материалы

Abelson, Hal; Sussman, Gerald Jay.

Structure and Interpretation of Computer Programs.

http://mitpress.mit.edu/sicp/

(функциональное программирование)

Н. Вирт.

Алгоритмы + структуры данных = программы.

(структурное программирование)

Meyer, Bertrand.

Object-Oriented Software Construction.

(ООП)

Спасибо за внимание!