

# Исследование функций. Составные типы данных

Храмов Д. А.

24.04.2019

## Поиск максимумов, минимумов и точек перегиба

## Первая производная

Вычисление первой производной функции  $f(x)$  дает возможность найти локальные максимумы и минимумы.

Найдем первую производную следующей функции

$$f(x) = \frac{3x^3 + 17x^2 + 6x + 1}{2x^3 - x + 3}$$

Запишем символьное выражение

```
syms x  
f = (3 * x^3 + 17 * x^2 + 6 * x + 1)/(2 * x^3 - x + 3)
```

Построим график этой функции

```
ezplot(f) % В новых версиях: fplot(f)
```

# Асимптоты

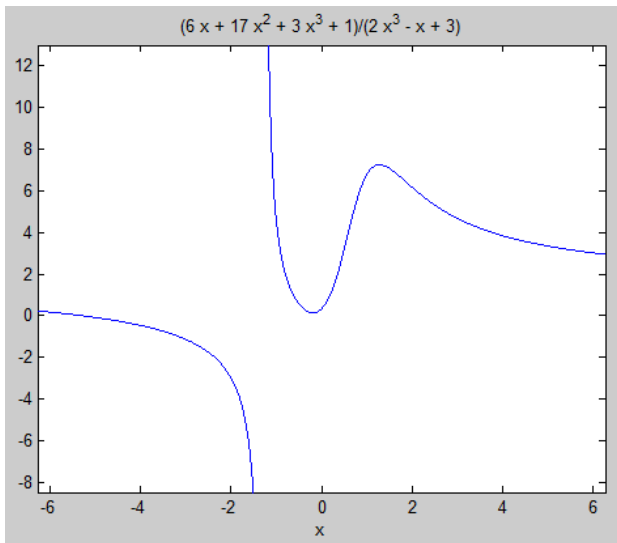


График функции имеет горизонтальную и вертикальную асимптоты. Локальный минимум находится на промежутке  $[-1,0]$ , локальный максимум – в  $[1,2]$

По умолчанию символьные величины создаются комплексными, но нам достаточно вещественных значений. Предположим (assume), что  $x$  является вещественным (real):

```
assume(x, 'real')
```

Чтобы найти горизонтальную асимптоту, вычислим предел функции  $f$  при  $x$  стремящемся к  $+\infty$  и к  $-\infty$ :

```
hasy = [limit(f, x, sym(inf)), limit(f, x, -sym(inf))]
```

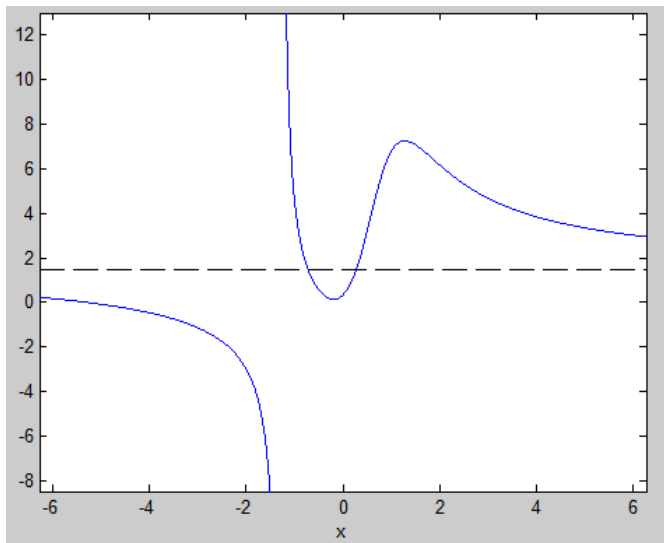
```
hasy =
```

```
[ 3/2, 3/2]
```

Добавим асимптоту к графику

```
hold on
```

```
line([-10, 10], hasy, 'Color', 'k', 'LineStyle', '--');
```



Чтобы построить вертикальную асимптоту  $f$ , найдем корни полинома, являющегося знаменателем  $f$ :

```
vasy = solve(2 * x^3 + x * -1 + 3 == sym(0), x)
```

```
vasy =
```

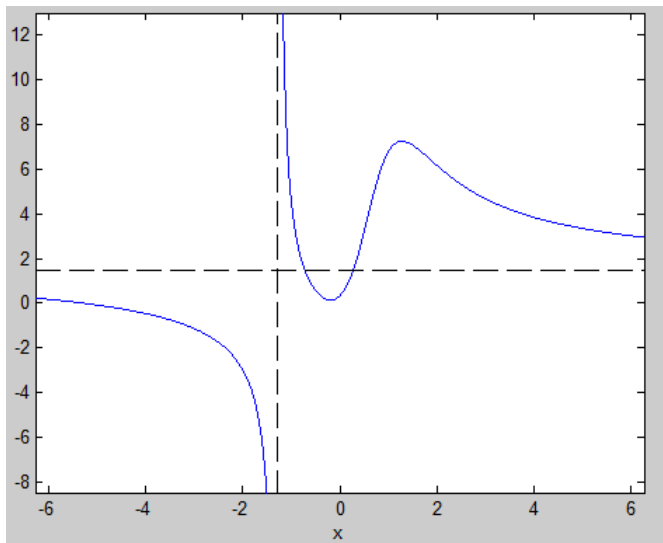
$$- \frac{1}{(6 \cdot (3/4 - (241^{1/2} \cdot 432^{1/2}) / 432)^{1/3})} - (3/4 - (241^{1/2} \cdot 432^{1/2}) / 432)^{1/3}$$

Найдем приближенное значение этого числа при помощи функции `vpa`

```
vpa(vasy, 6)
```

```
ans =
```

```
-1.28962
```





## Поиск локальных экстремумов

Если точка является локальным экстремумом функции  $f(x)$  (минимумом или максимумом), то первая производная  $g = f'(x)$  в этой точке равна нулю:

$$g = \text{diff}(f, x)$$

$$g =$$

$$(9x^2 + 34x + 6)/(2x^3 - x + 3) - ((6x^2 - 1)(3x^3 + 17x^2 + 6x + 1))/(2x^3 - x + 3)^2$$

Решим уравнение  $g(x) = 0$ :

```
solve(g == 0, x);  
extrema = vpa(ans, 6)
```

```
extrema =
```

```
1.28598
```

```
-0.189245
```

Теперь у нас есть координаты экстремумов. Тип экстремума (максимум или минимум) определим, пользуясь 2-ой производной  $h = f''(x)$ .

- ▶  $f''(x_0) > 0$ ,  $x_0$  – минимум;
- ▶  $f''(x_0) < 0$ ,  $x_0$  – максимум;
- ▶  $f''(x_0) = 0$ ,  $x_0$  – ?

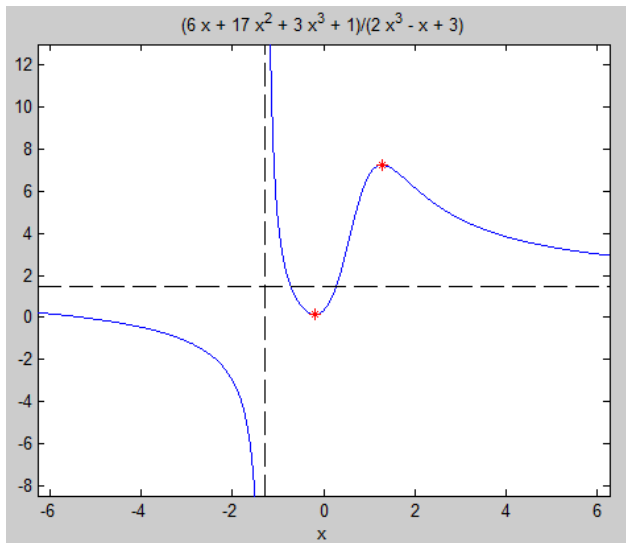
```
h = simplify(diff(f, x, 2))      % h = simplify(diff(g, x))  
subs(h, x, extrema)
```

```
ans =
```

```
-9.148586299108628836484272395515  
9.7356976182397201186055335918601
```

Таким образом:

- ▶  $x_1 = 1.28598$  – максимум,
- ▶  $x_2 = -0.189245$  – минимум.



## Точки перегиба

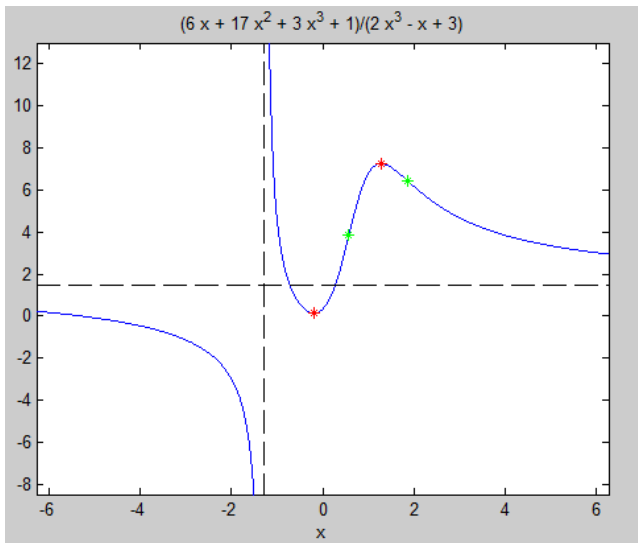
$f''(x_0) = 0$ ,  $x_0$  – точка перегиба.

```
inflection = vpa(solve(h == 0, x),6)
```

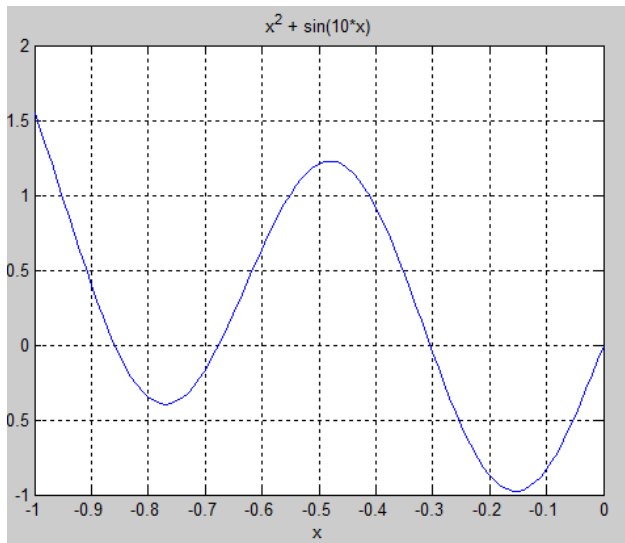
```
inflection =
```

```
1.86515
```

```
0.578718
```



$\text{fminbnd}(f,a,b)$  – поиск экстремумов  $f(x)$  на интервале  $[a; b]$



```
f = @(x) x.^2 + sin(10*x);
```

```
x = -1:.01:0;
```

```
y = f(x);
```

```
plot(x,y), grid on
```

```
fminbnd(f,-1,-0.6)
```

```
ans =
```

```
-0.76994
```



```
[x ymin] = fminbnd(f,-0.6,-0.4)
```

```
x =  
    -0.5999
```

```
ymin =  
    0.6399
```

```
[x ymin] = fminbnd(f,-0.4,0)
```

```
x =  
    -0.15400
```

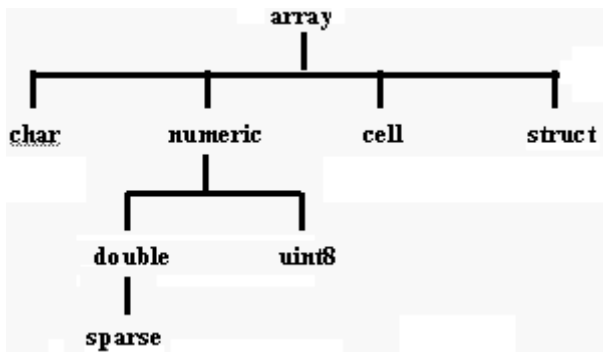
```
ymin =  
    -0.97581
```

# Больше методов оптимизации

- ▶ Optimization Toolbox (fminsearch)
- ▶ Global Optimization Toolbox
  - ▶ Прямые методы поиска
  - ▶ Генетические алгоритмы
  - ▶ Метод имитации отжига
  - ▶ Многоцелевая оптимизация

## Составные типы данных в MATLAB

## Таблица типов данных в MATLAB



# Структура

представляет собой элемент данных, содержащий разнотипные поля.

```
S.name = 'Juan Петров';  
S.date = '5-05-2010';  
S.grade = 4;
```

создает структуру S с тремя полями: name (строка), date (строка), grade (число). Поля отделяются от имени структуры точкой.

Как и всё в MATLAB, структуры являются массивами. Каждый элемент такого массива структур является структурой с несколькими полями.

## Поля структуры могут добавляться

- ▶ по одному

```
S(2).name = 'Маша Антипенко';  
S(2).date = '6-05-2010';  
S(2).grade = 5;
```

Индекс конкретной структуры в массиве указывается после имени массива.

- ▶ вместе, с помощью функции `struct`

```
S(3) = struct('name','Света Захарова','date', ...  
             '7-05-2010','grade',4)
```

## Когда использовать

Обычные массивы удобны при работе с однородными данными — только числами или только строками.

Массив структур удобно использовать, когда информация может быть представлена в виде таблицы.

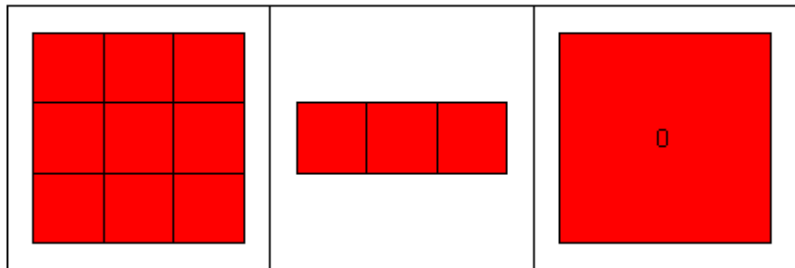
Структуры используются функциями MATLAB

- ▶ для настройки параметров,
- ▶ для сообщения дополнительных подробностей о результате.

Например, структуры используются функциями, реализующими вычислительные методы. Кроме результата такие функции могут сообщать об используемом методе, о количестве сделанных приближений и т.п., т.е. информацию которую нельзя представить в виде только чисел или только строк.

## Массивы ячеек

Ячейку можно представить себе как контейнер для хранения любых данных, а массив ячеек — как набор таких контейнеров — «камеру хранения»:





Элементами массива ячеек (cell array) могут быть любые типы данных, в том числе и другие массивы ячеек.

Мы уже не раз использовали массивы ячеек: в виде массивов ячеек организовано хранение входных и выходных параметров функций.

Массив ячеек создается путем заключения группы объектов в фигурные скобки:

```
A = eye(3,3);  
C = {A sum(A) prod(prod(A))}
```

дает массив ячеек C размерности 1x3. Эти три клетки содержат:  
1) матрицу A, 2) вектор-строку с суммами столбцов этой матрицы и 3) произведение ее элементов:

```
C =  
[3x3 double]      [1x3 double]      [0]
```

Для просмотра содержимого ячеек, помимо Array Editor, используются функции `celldisp` и `cellplot`.

`cell(m,n)` — создает массив ячеек размера  $m \times n$ , элементами которого являются пустые матрицы. Эту функцию удобно использовать для предварительного выделения памяти под массив ячеек.

Для получения доступа к содержимому ячеек используются индексы элементов, заключенные в фигурные скобки. Например, `C{1}` возвращает матрицу  $A$ , а `C{3}` — число 0.

Если нужно извлечь из хранящихся в ячейке данных отдельный элемент, например элемент первой строки и второго столбца —  $(1,2)$  — матрицы, хранящейся в ячейке `C{1}`, нужно набрать `C{1}(1,2)`.

## Важно!

Массивы ячеек содержат *копии* других массивов, а не ссылки на них.

Поэтому, если вы впоследствии измените матрицу *A*, с массивом ячеек *C* ничего не произойдет.

для хранения разнотиповых и “разноразмерных” данных в одной переменной используются:

1. массивы структур: `structArray(structIndex).Field`
2. массивы ячеек: `cellArray{cellIndex}`

Выбор типа составных данных зависит от конкретной задачи. Спросите себя, что вы предпочтете: обращаться к элементам переменной по именам или по номерам. В первом случае вам понадобится массив структур, во втором — массив ячеек.

Эти типы данных можно представлять себе как таблицы — с заголовками (структуры) и без заголовков (ячейки).

Переход между структурами и ячейками выполняется с помощью функций `cell2struct` и `struct2cell`.

- ▶ Maxima, Minima, and Inflection Points
- ▶ Extreme Values of Functions