

Национальный исследовательский
университет «Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации
сельского хозяйства»

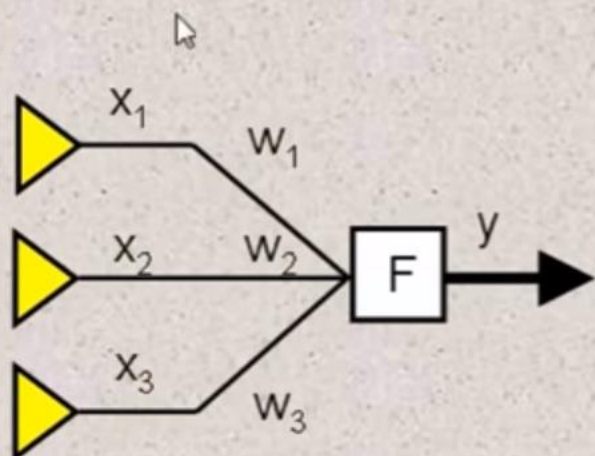
Мухамедиева Дилноз Тулкуновна

7-тема

Многослойные нейронные сети

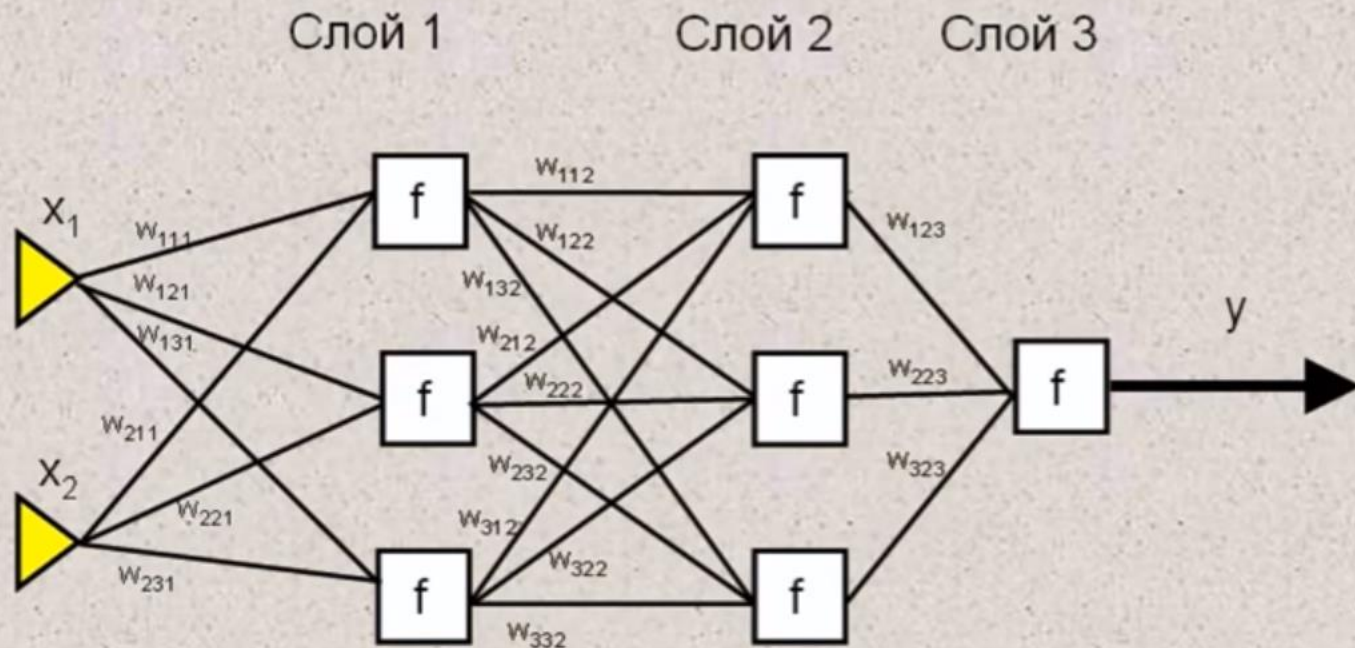
Переход к многослойной сети

Простой перцептрон



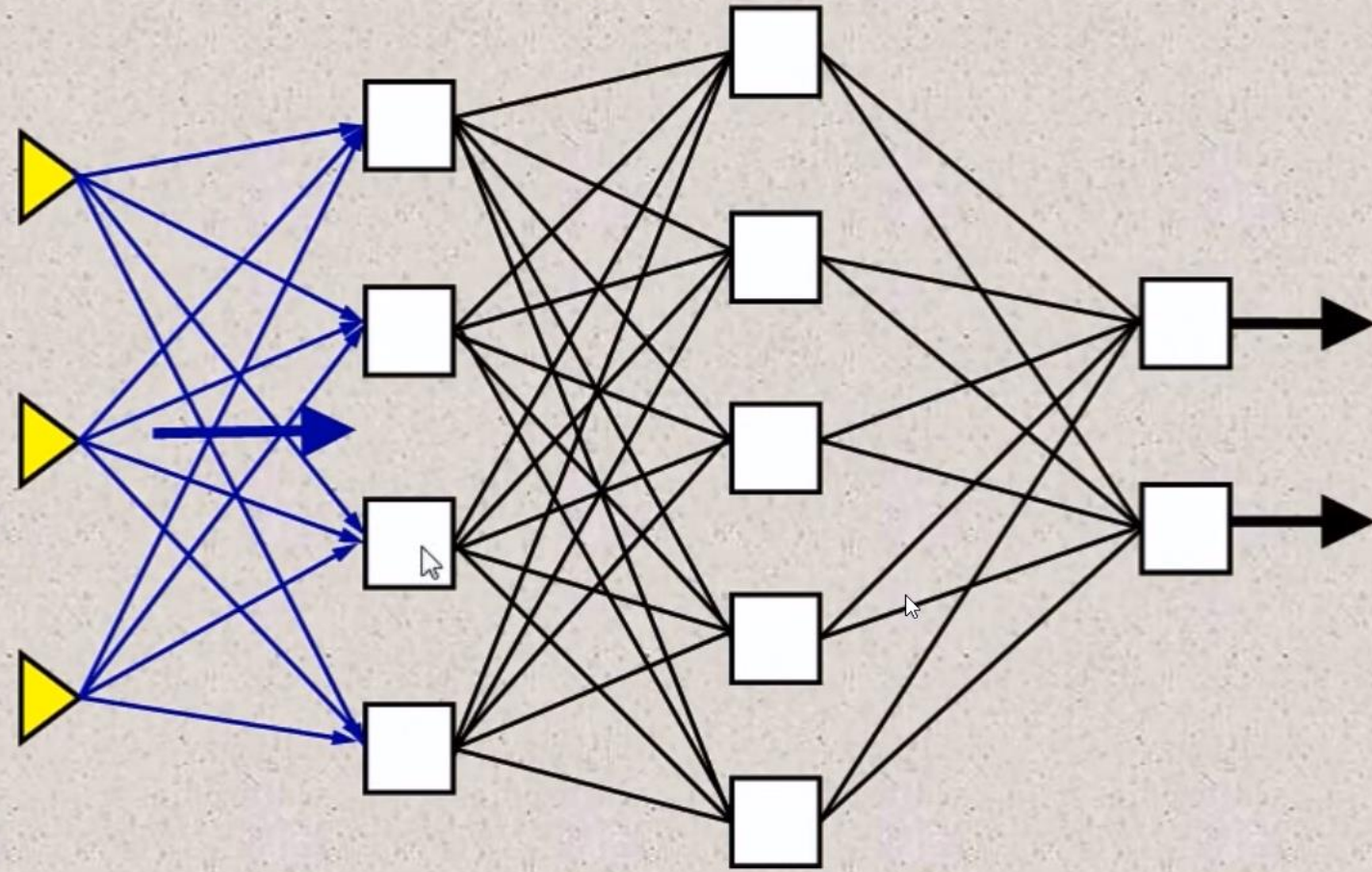
X – Входные сигналы
 W – Веса связей
 f – Функции активации
 y – Ответ сети

Многослойная нейронная сеть

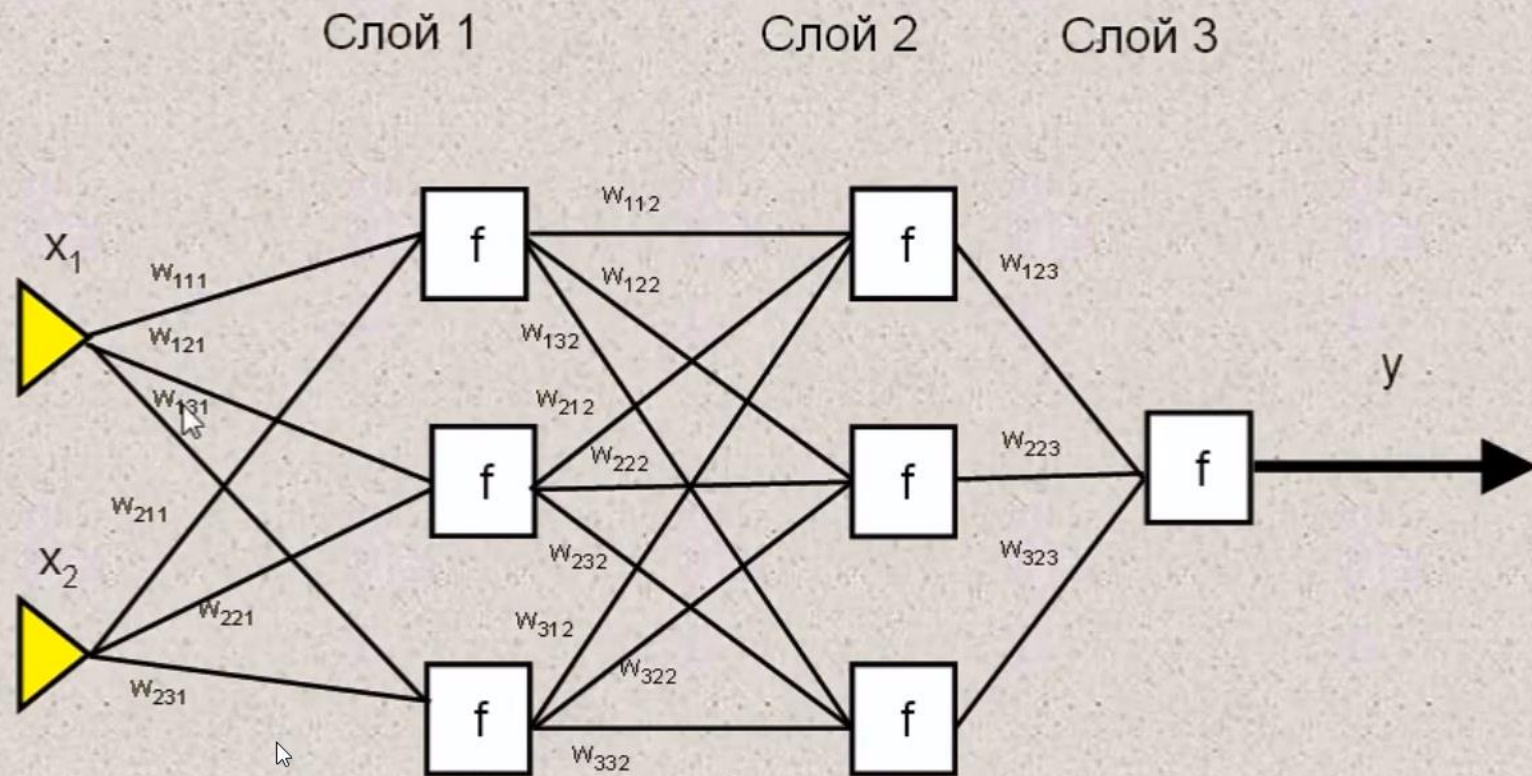


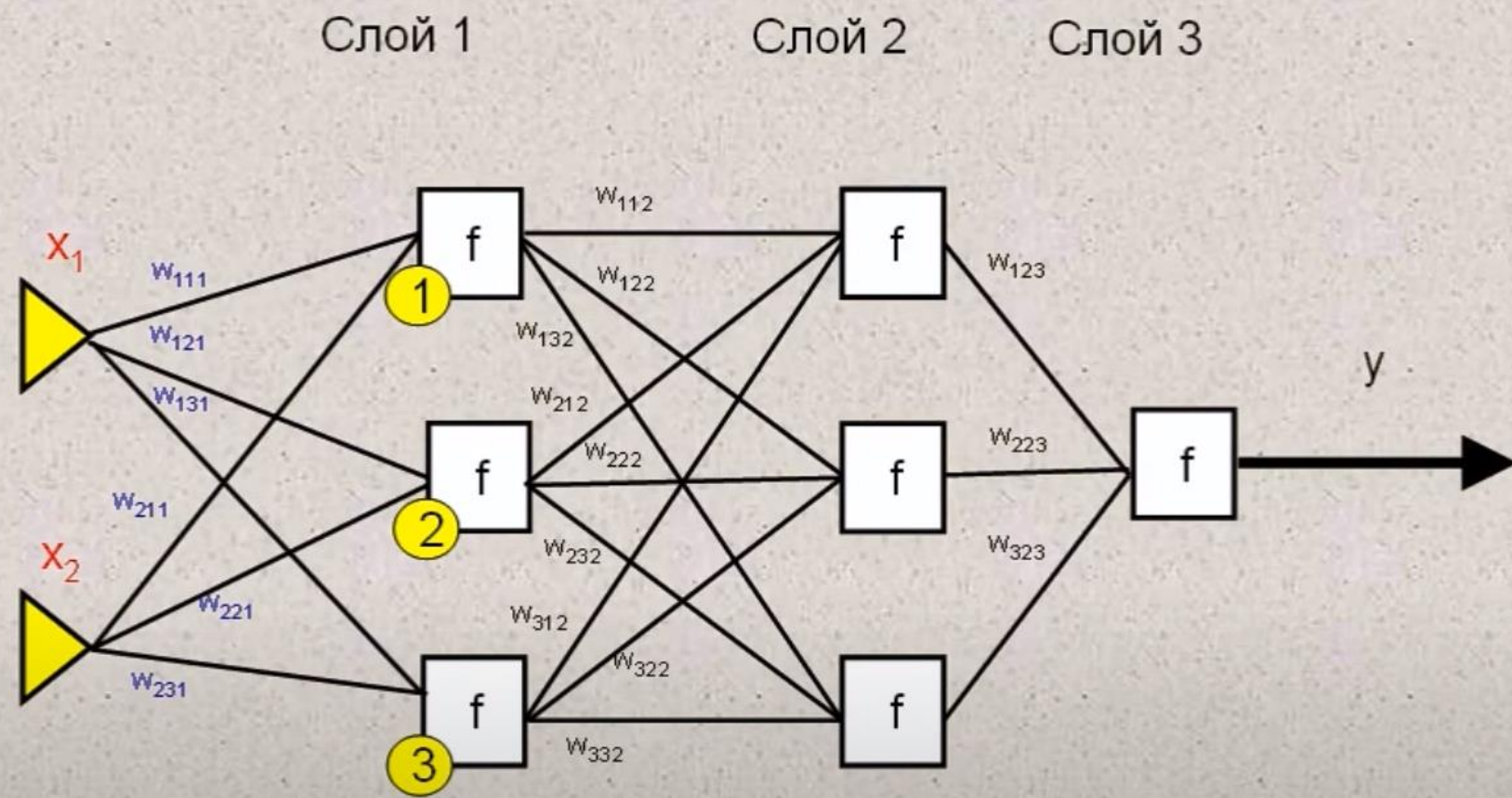
Нейронная сеть прямого распространения

Входы Слой 1 Слой 2 Слой 3 Выходы



Работа многослойной сети прямого распространения





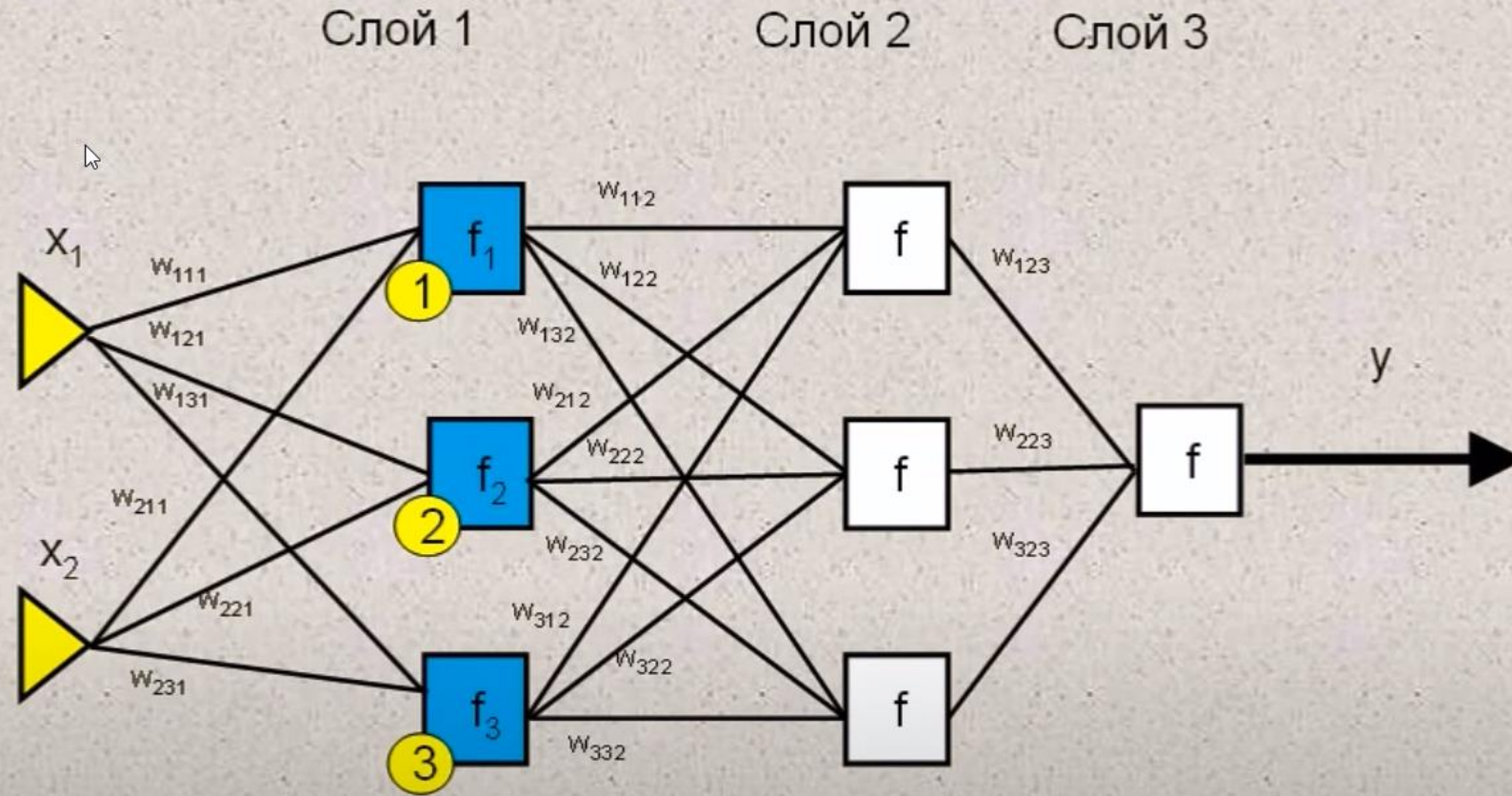
① $S_1 = X_1 * W_{111} + X_2 * W_{211}$

② $S_2 = X_1 * W_{121} + X_2 * W_{221}$

③ $S_3 = X_1 * W_{131} + X_2 * W_{231}$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



① $S_1 = X_1 * W_{111} + X_2 * W_{211}$
 $F_1 = F_a(S_1)$

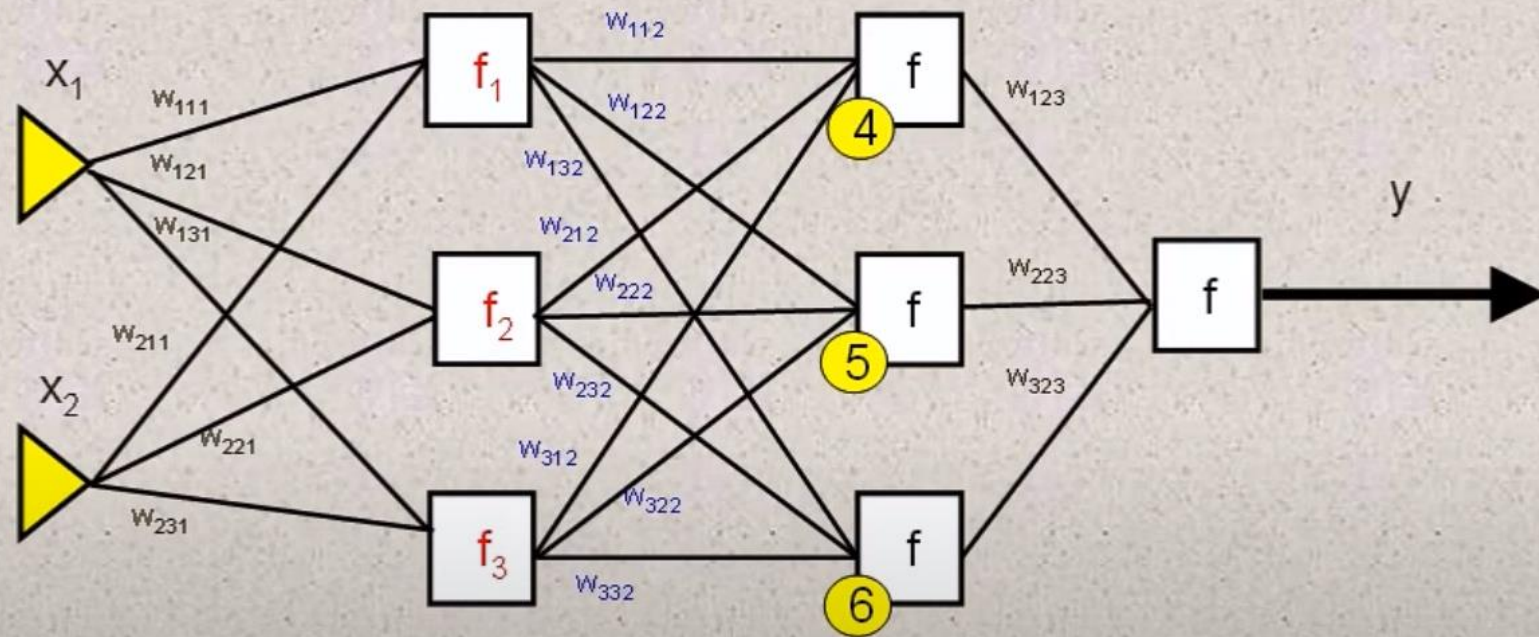
② $S_2 = X_1 * W_{121} + X_2 * W_{221}$
 $F_2 = F_a(S_2)$

③ $S_3 = X_1 * W_{131} + X_2 * W_{231}$
 $F_3 = F_a(S_3)$

Слой 1

Слой 2

Слой 3



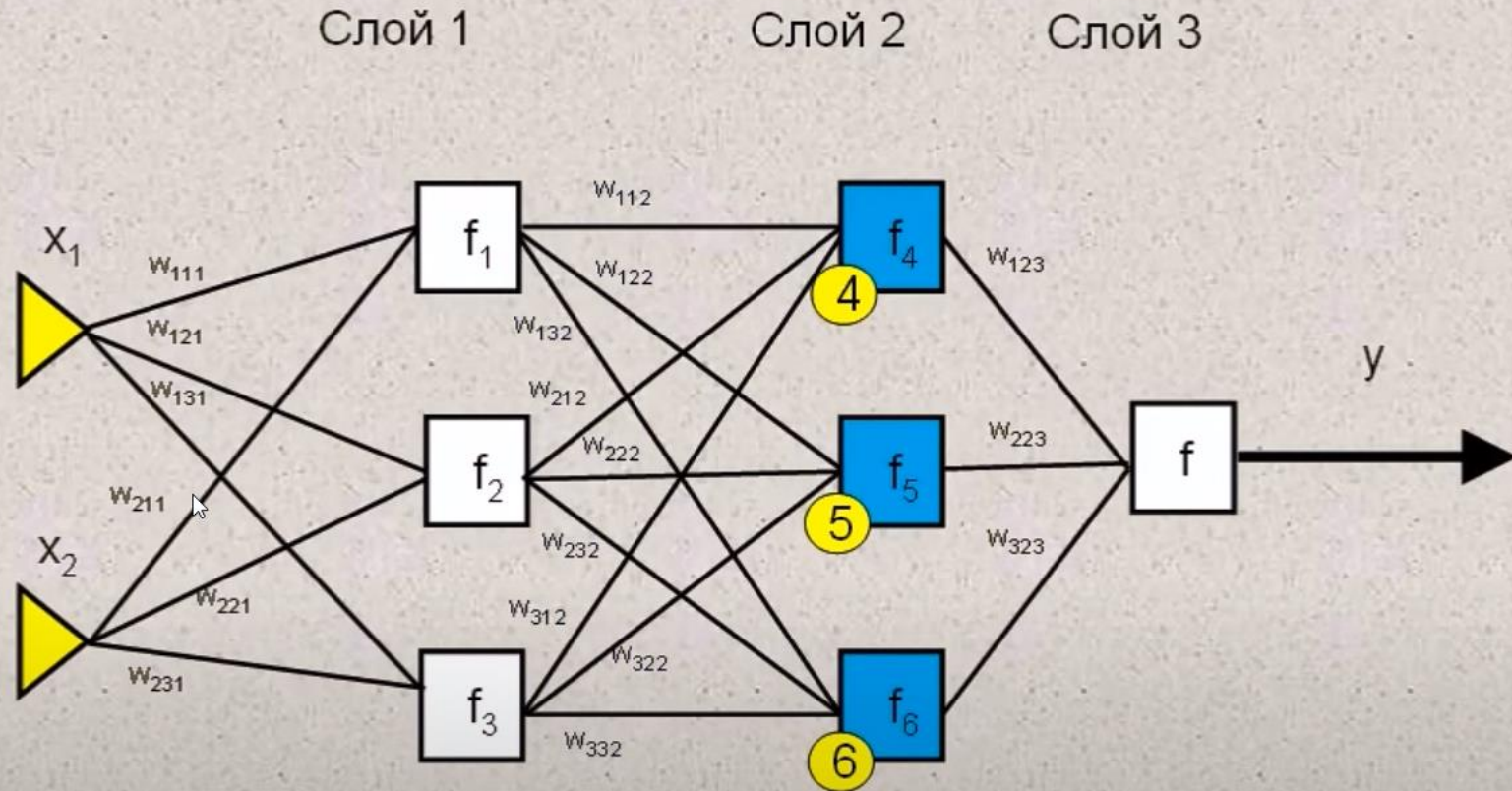
$$④ \quad S_4 = f_1 * W_{112} + f_2 * W_{212} + f_3 * W_{312}$$

$$⑤ \quad S_5 = f_1 * W_{122} + f_2 * W_{222} + f_3 * W_{322}$$

$$⑥ \quad S_6 = f_1 * W_{132} + f_2 * W_{232} + f_3 * W_{332}$$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$



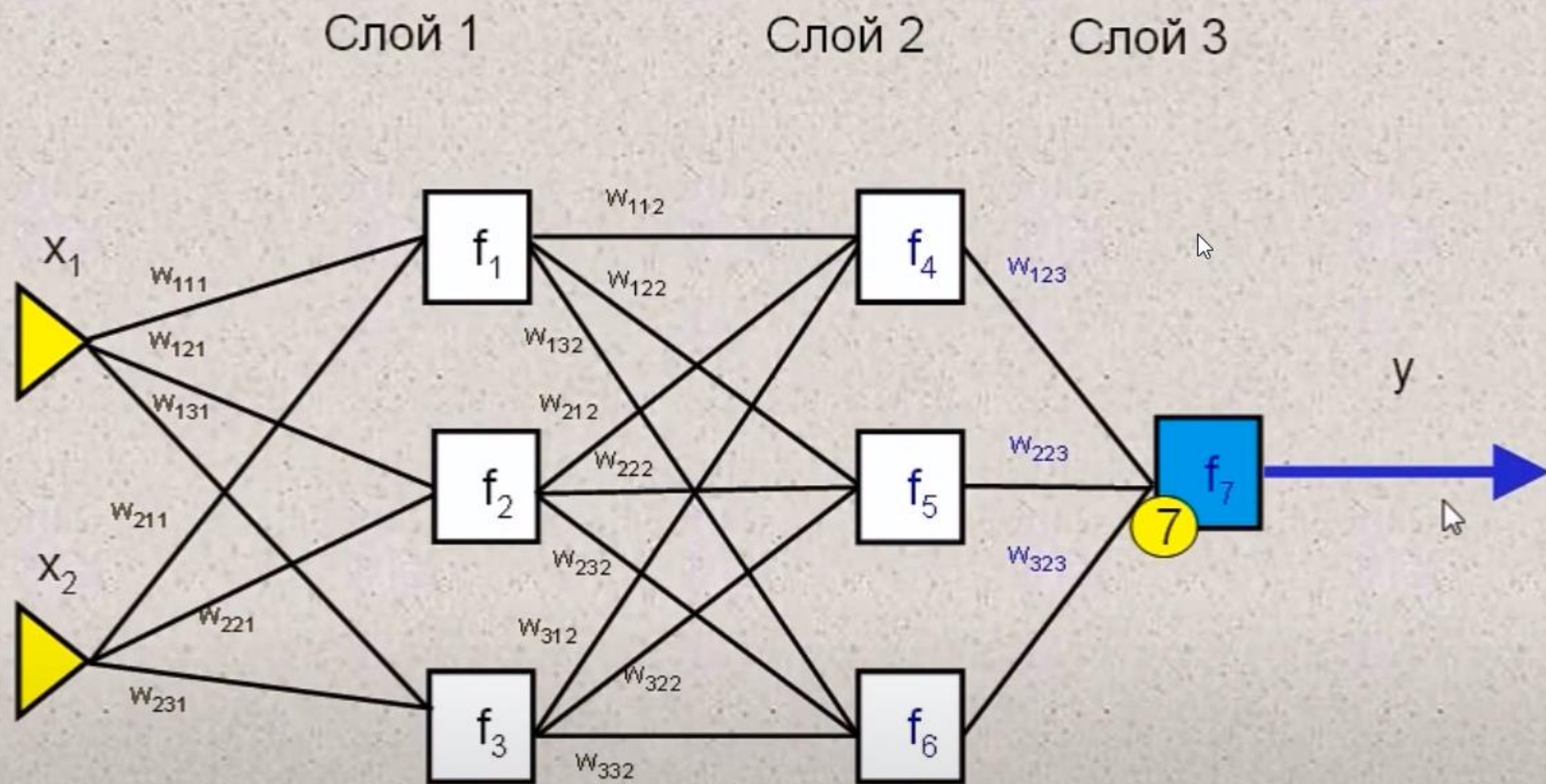
④ $S_4 = f_1 * W_{112} + f_2 * W_{212} + f_3 * W_{312}$
 $F_4 = F_a(S_4)$

⑤ $S_5 = f_1 * W_{122} + f_2 * W_{222} + f_3 * W_{322}$
 $F_5 = F_a(S_5)$

⑥ $S_6 = f_1 * W_{132} + f_2 * W_{232} + f_3 * W_{332}$
 $F_6 = F_a(S_6)$

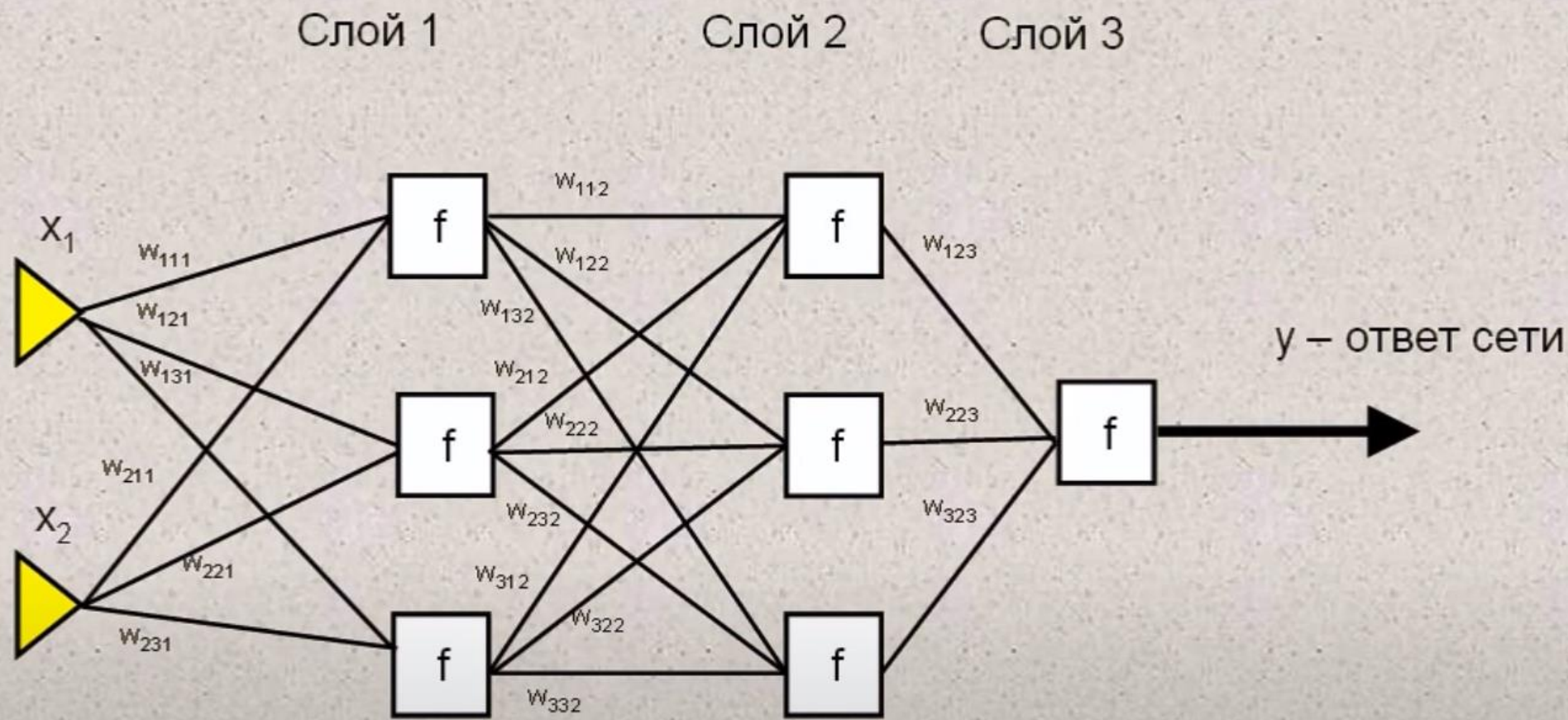
Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

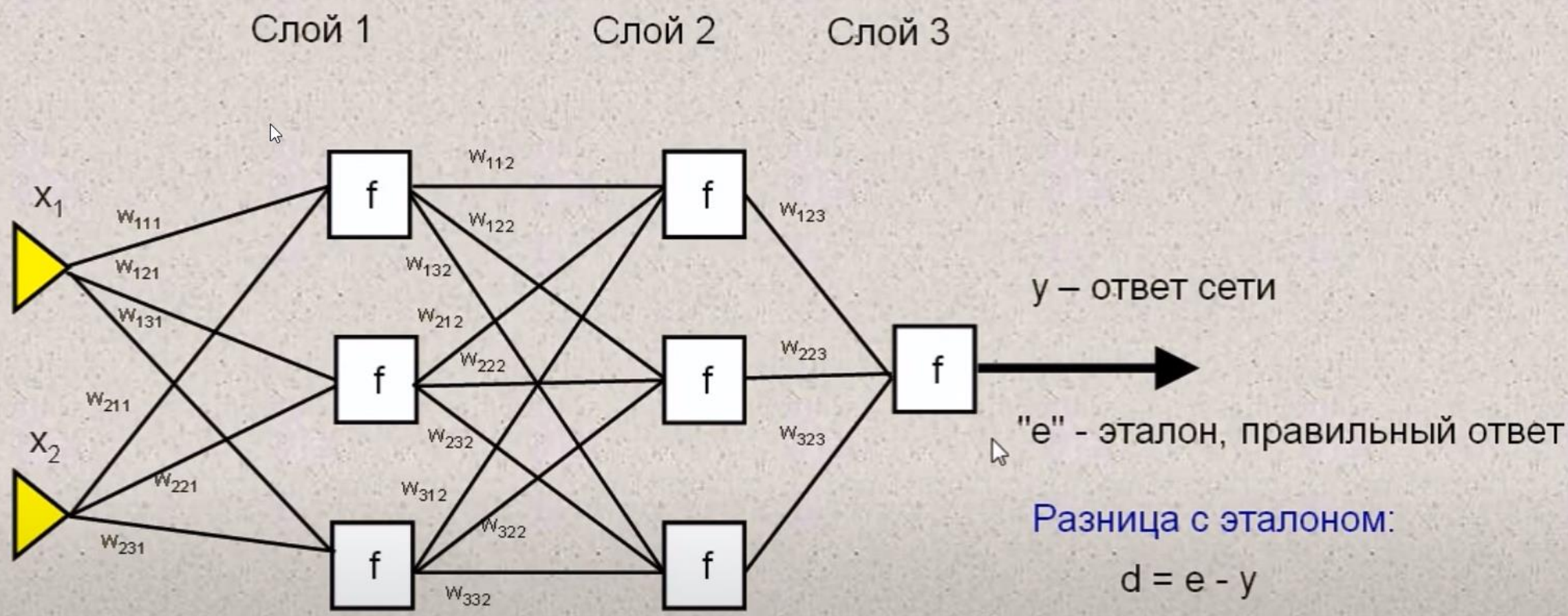


⑦ $S_7 = f_4 * W_{123} + f_5 * W_{223} + f_6 * W_{323}$

$$F_7 = F_a(S_7)$$



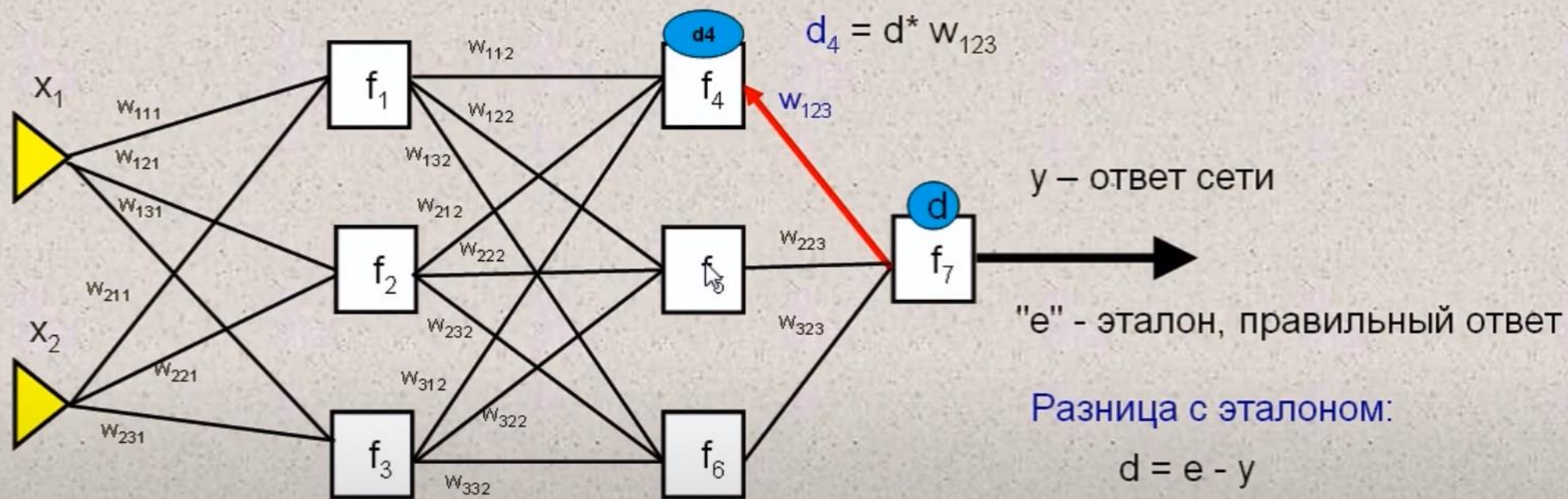
Инициализация весов: $W_{ijk} = \text{случайное число } (-0,5 \dots +0,5)$

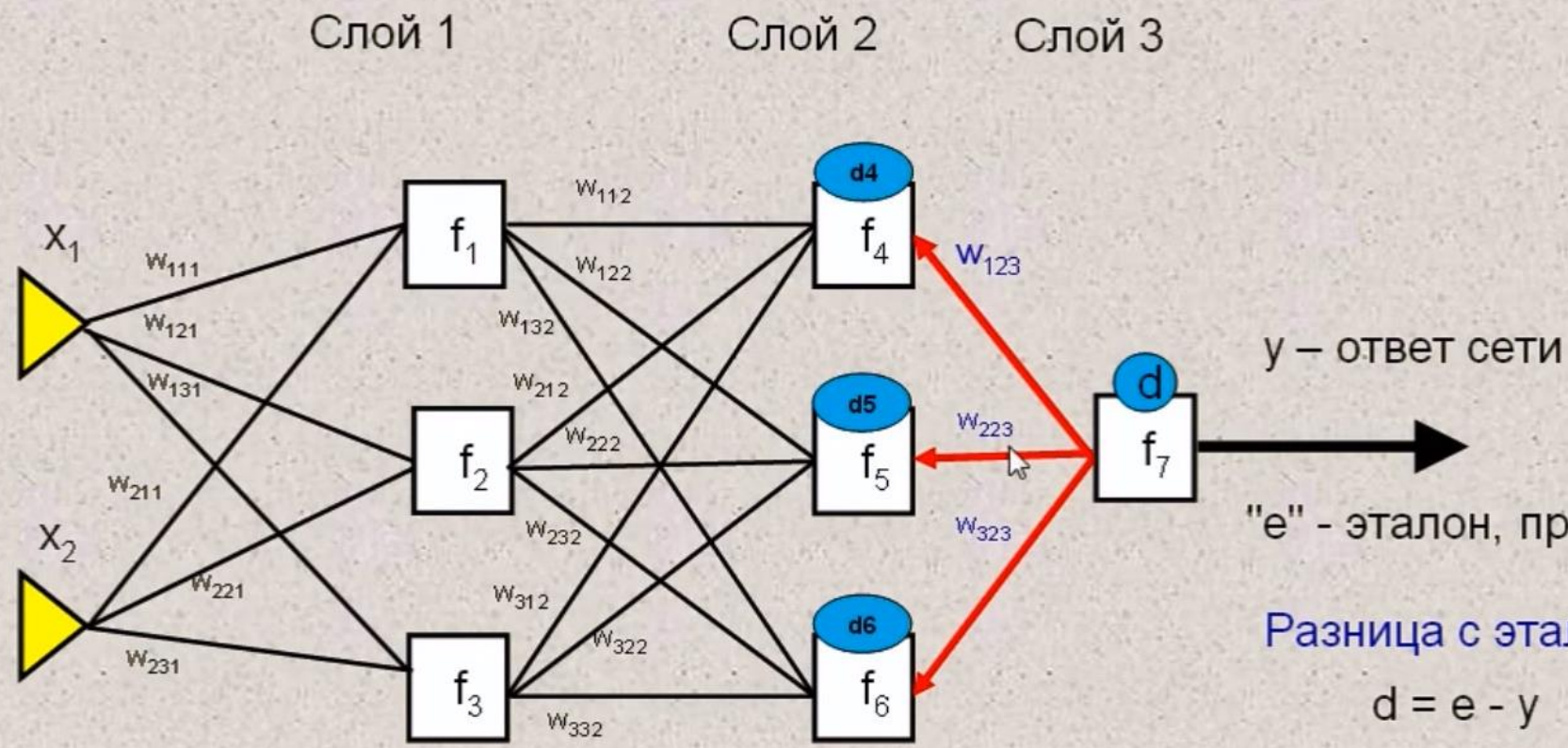


Слой 1

Слой 2

Слой 3





"e" – эталон, правильный ответ

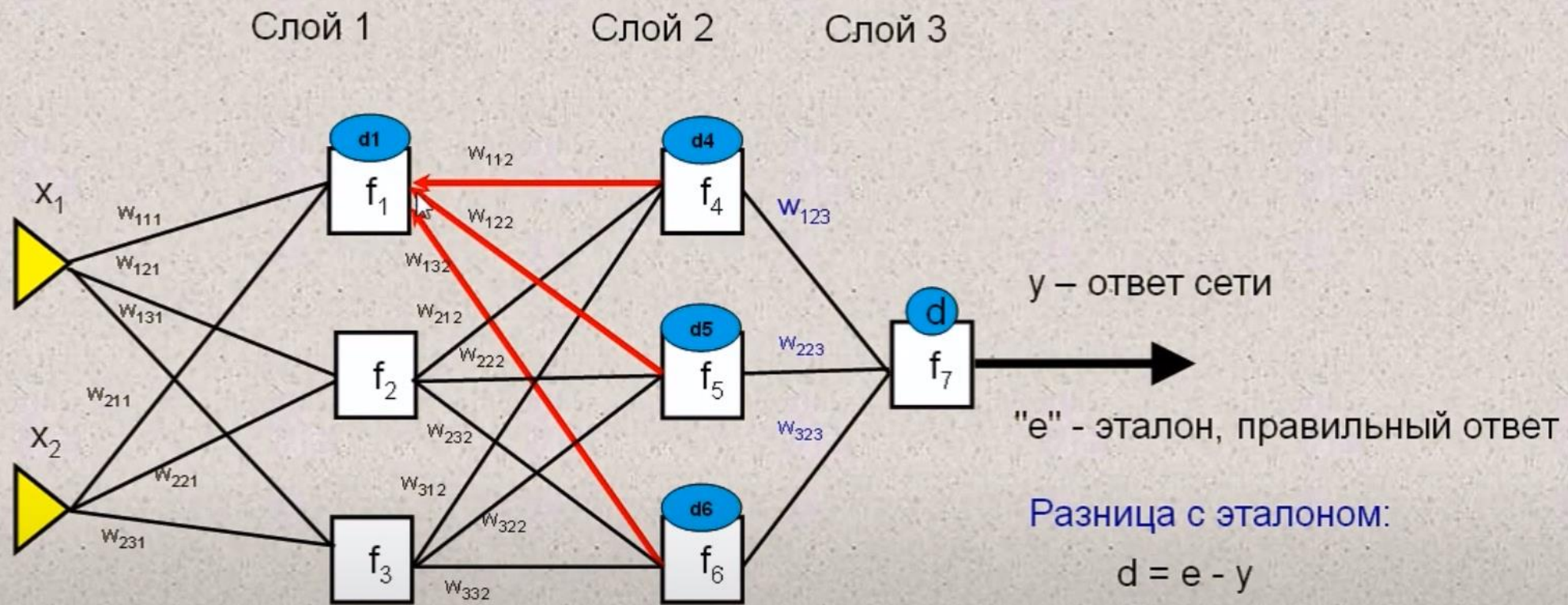
Разница с эталоном:
 $d = e - y$

Ошибки нейронов 3-его слоя:

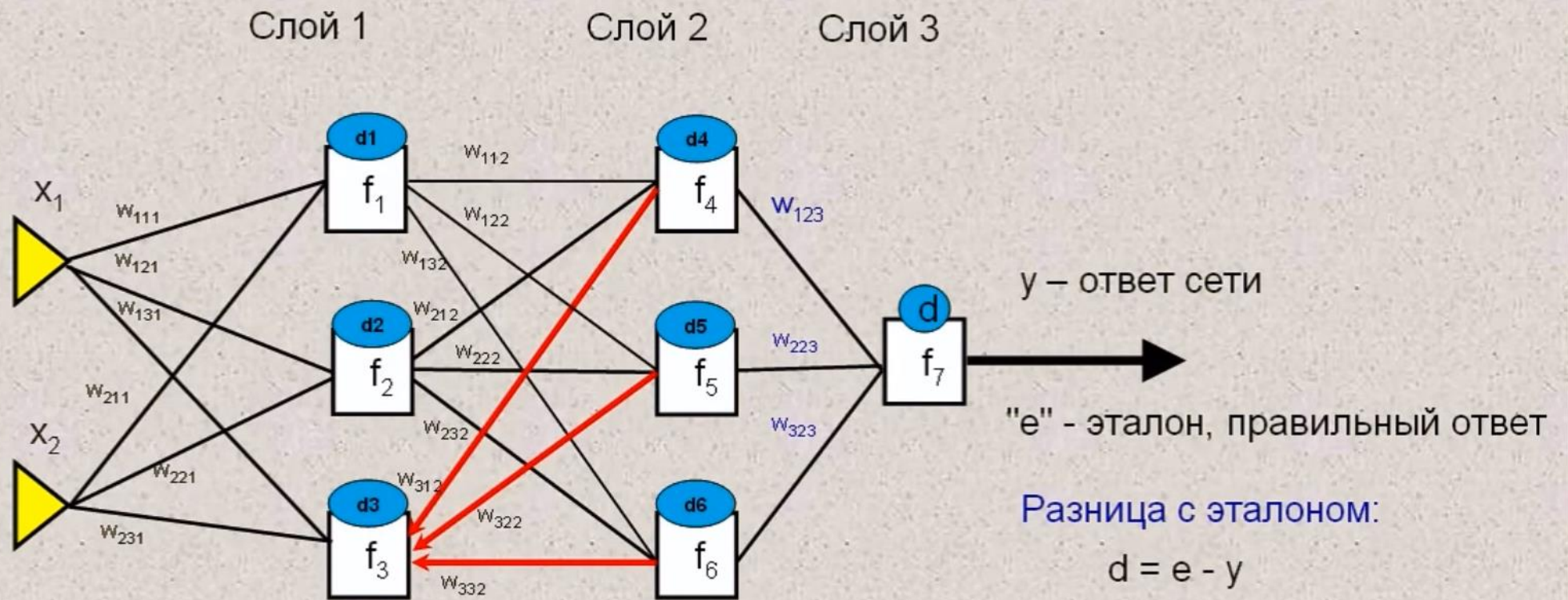
$$d_4 = d * w_{123}$$

$$d_5 = d * w_{223}$$

$$d_6 = d * w_{323}$$



Ошибка первого нейрона: $d_1 = d_4 * w_{112} + d_5 * w_{122} + d_6 * w_{132}$



Ошибка первого нейрона: $d_1 = d_4 * w_{112} + d_5 * w_{122} + d_6 * w_{132}$

Ошибка второго нейрона: $d_2 = d_4 * w_{212} + d_5 * w_{222} + d_6 * w_{232}$

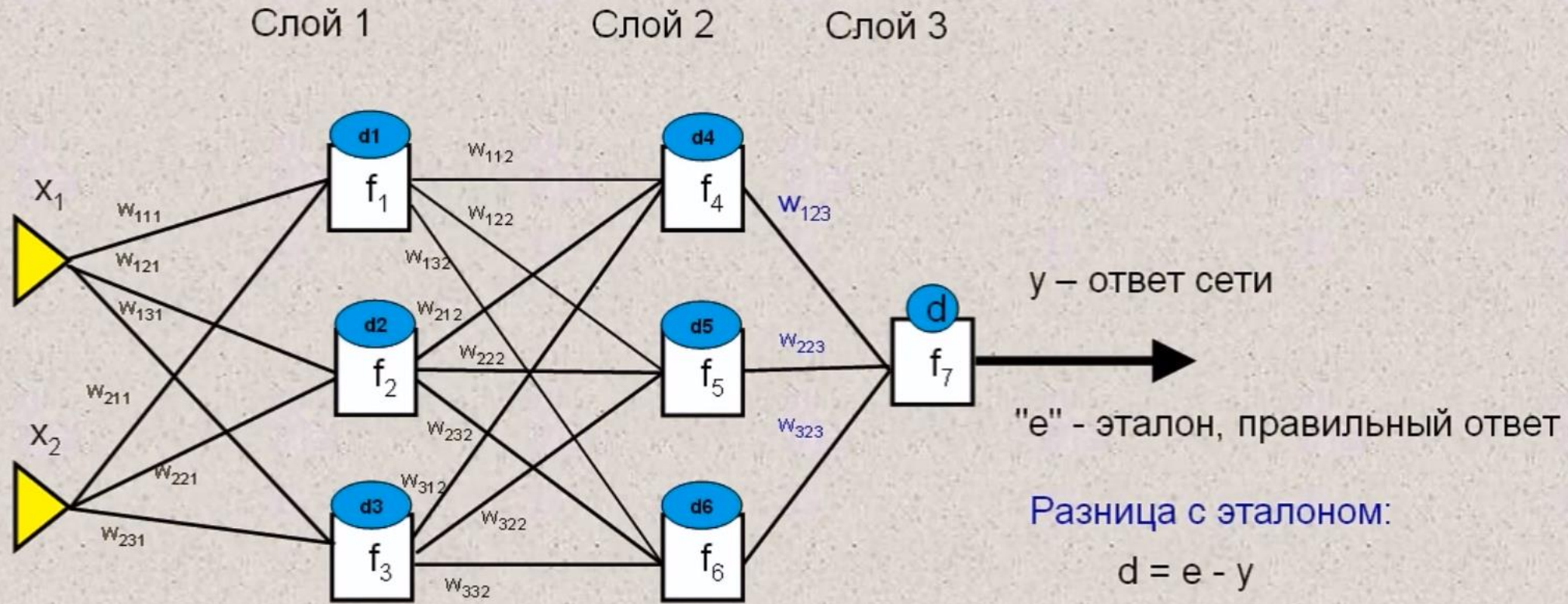
Ошибка третьего нейрона: $d_3 = d_4 * w_{312} + d_5 * w_{322} + d_6 * w_{332}$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$

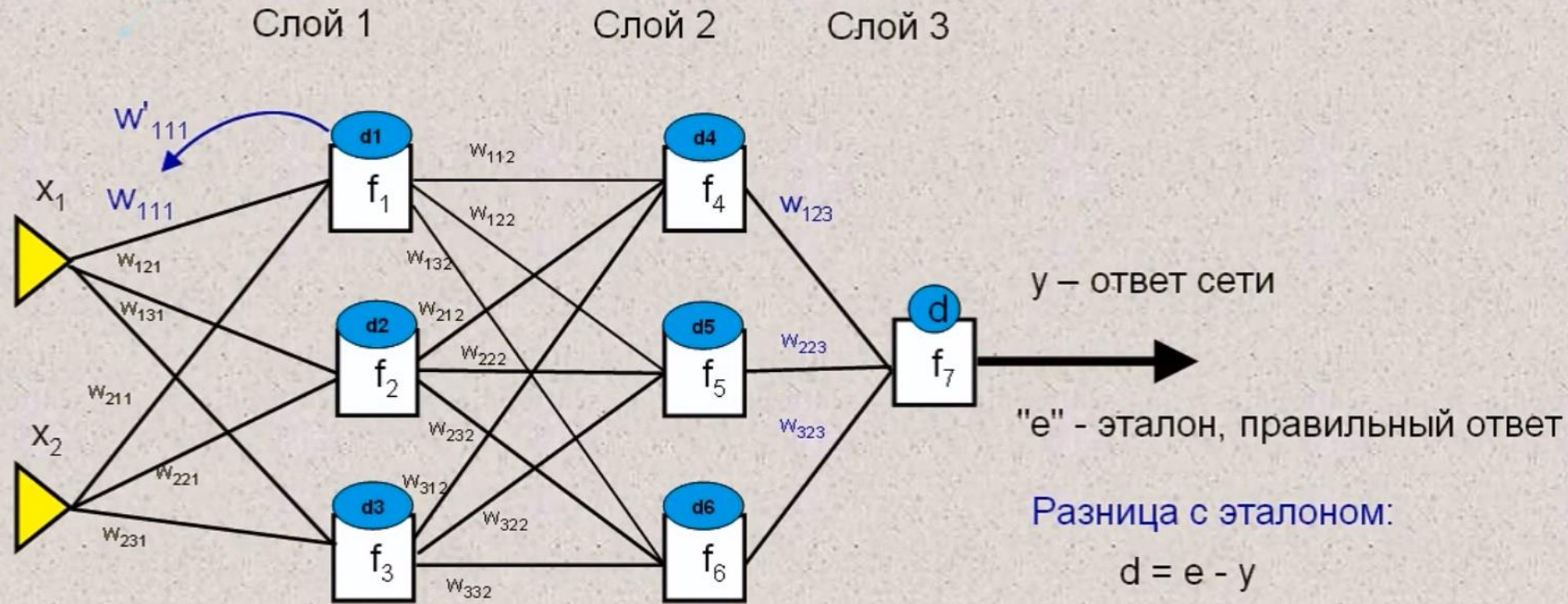


Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F_a' = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (w'_{111}):

$$w'_{111} = w_{111} + d_1 * F_a'(S_1) * X_1 * a$$

w_{111} – текущий вес связи

$F_a'(S_1)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

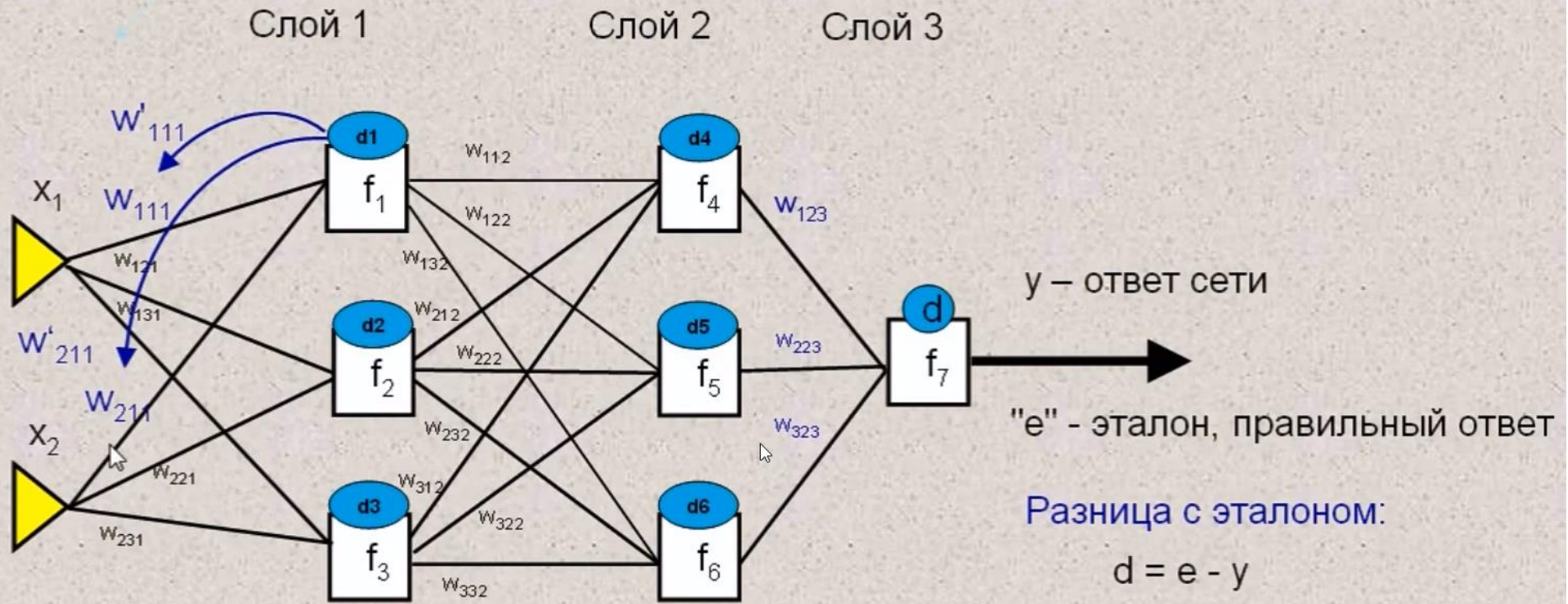
a – скорость обучения

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (W'_{111}):

$$W'_{111} = w_{111} + d_1 * F'_a(S_1) * X_1 * a$$

$$W'_{211} = w_{211} + d_1 * F'_a(S_1) * X_2 * a$$

W_{i11} – текущий вес связи

$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

a – скорость обучения

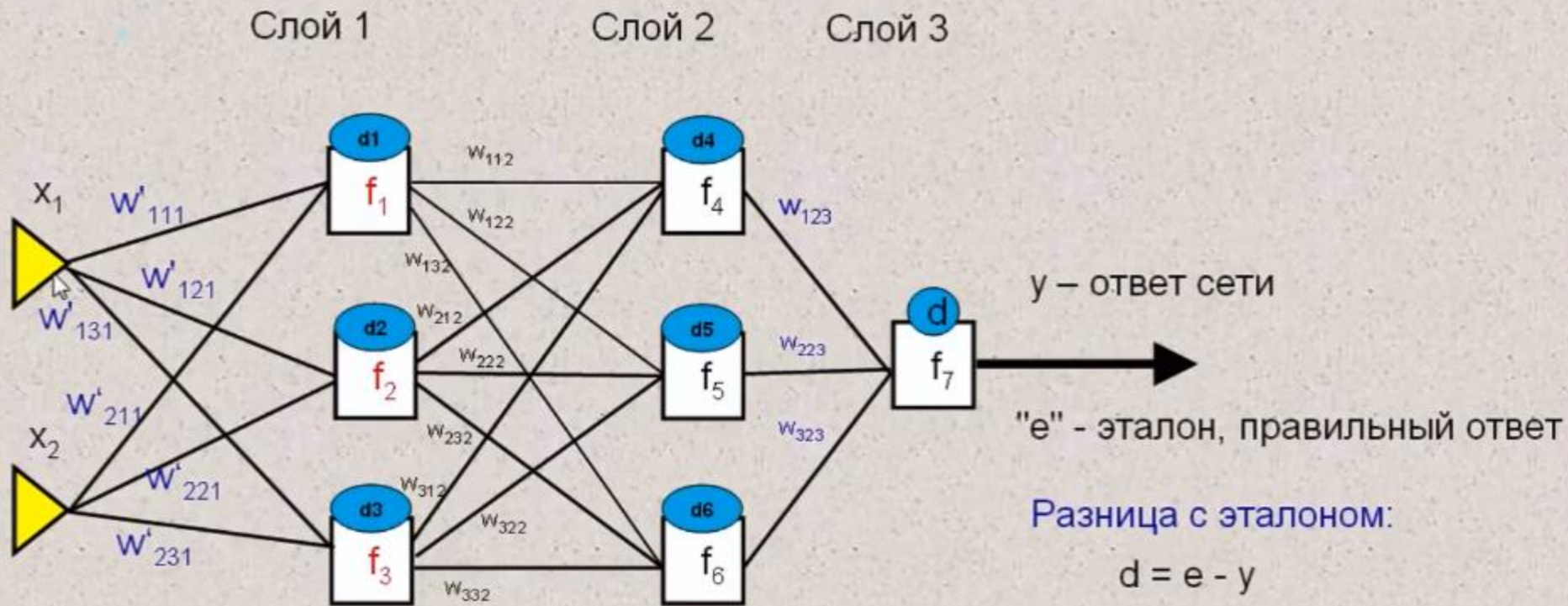
Обучение многослойного перцептрона

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (W'_{ik1}):

$$W'_{ik1} = w_{ik1} + d_k * F'_a(S_k) * X_i * a$$

w_{ik1} – текущий вес связи

$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

a – скорость обучения; $i = 1, 2$; $k = 1, 2, 3$;

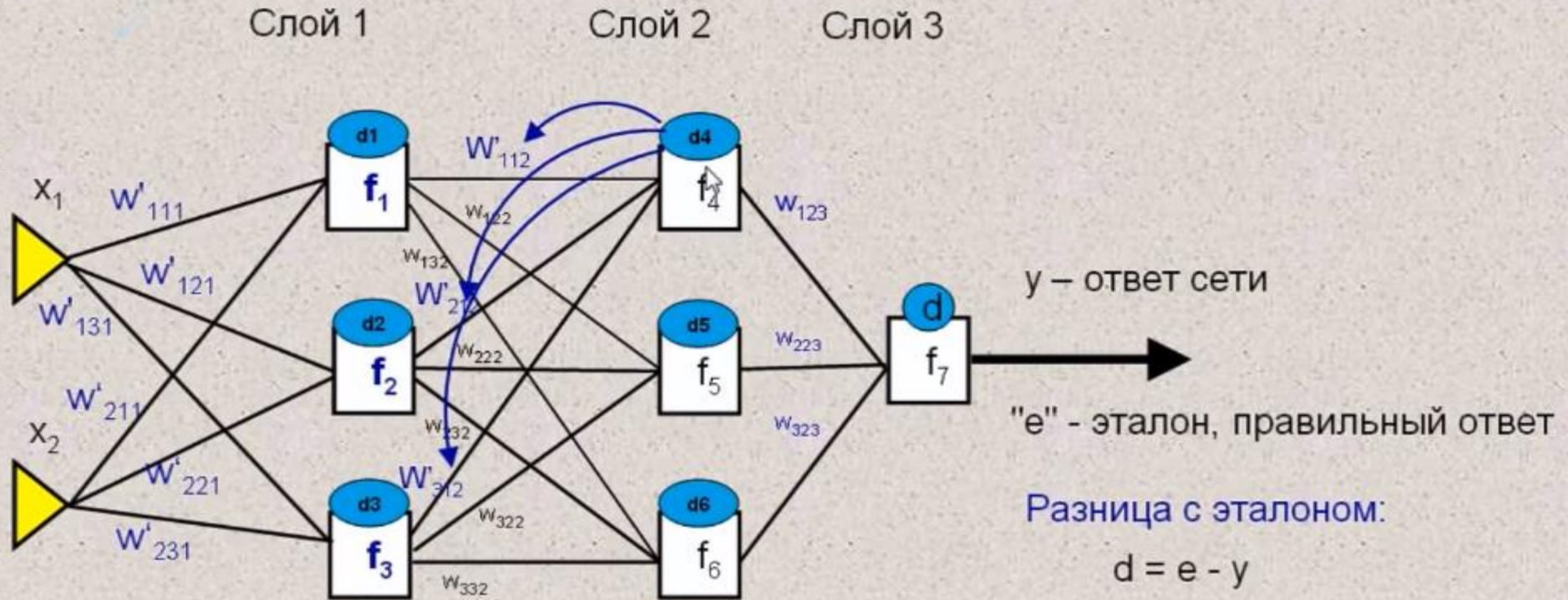
Обучение многослойного перцептрона

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (w'_{i12}):

$$w'_{i12} = w_{i12} + d_4 * F'_a(S_4) * f_i * a$$

w_{i12} – текущий вес связи

$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

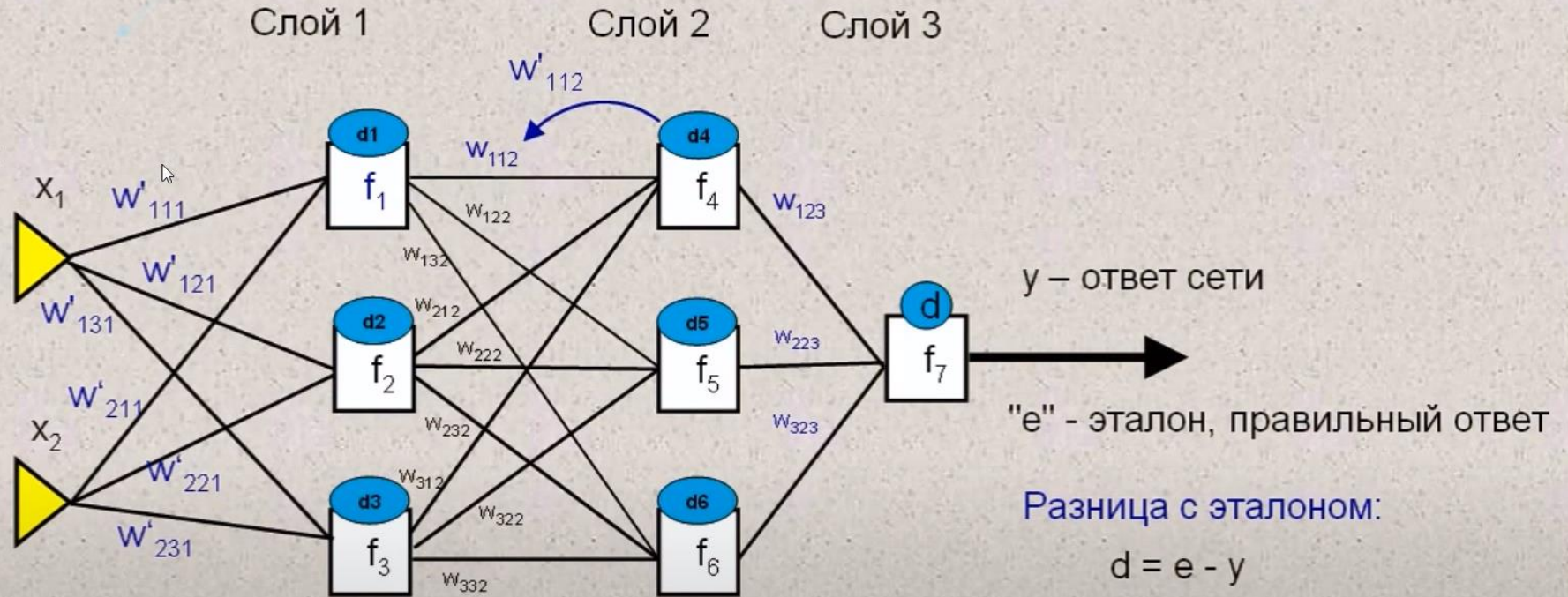
a – скорость обучения; $i = 1, 2, 3$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx:

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (w'_{112}):

$$w'_{112} = w_{112} + d_4 * F'_a(S_4) * f_1 * a$$

w_{112} – текущий вес связи
 $F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов
 a – скорость обучения

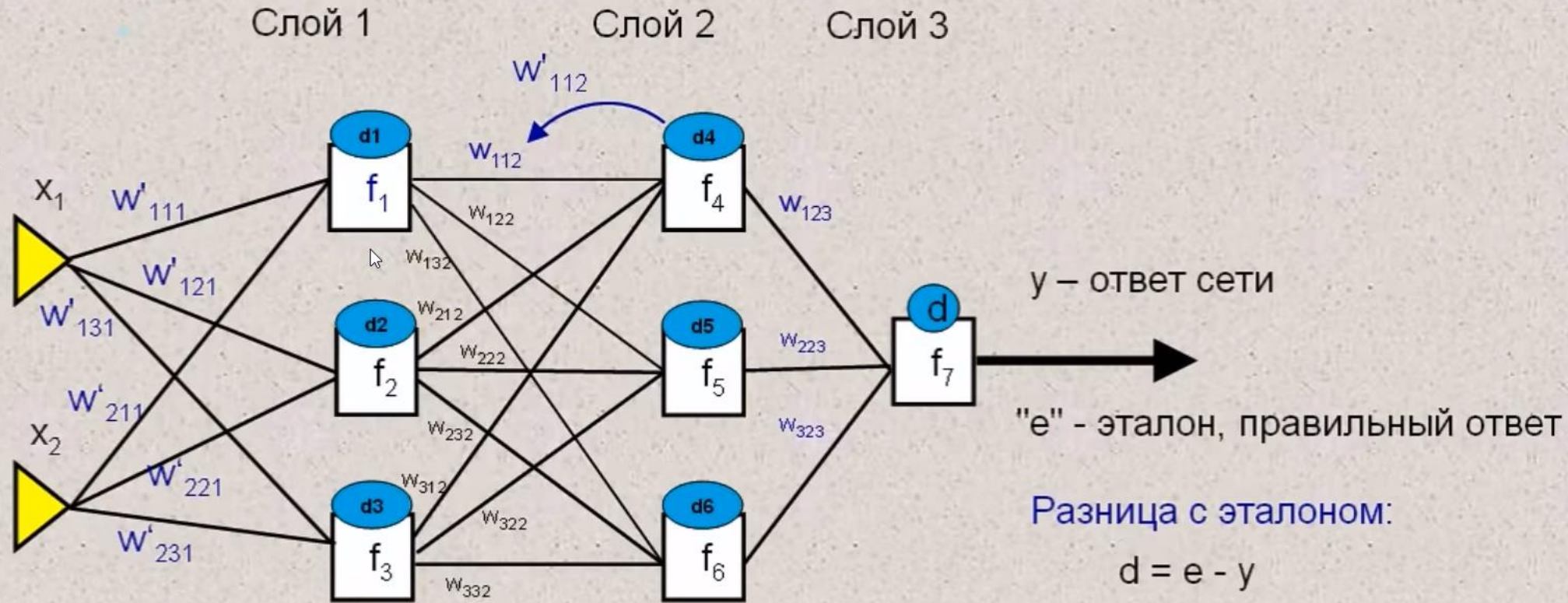
Обучение многослойного перцептрона

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (W'_{112}):

$$W'_{112} = w_{112} + d_4 * F'_a(S_4) * f_1 * a$$

w_{112} – текущий вес связи
 $F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов
 a – скорость обучения

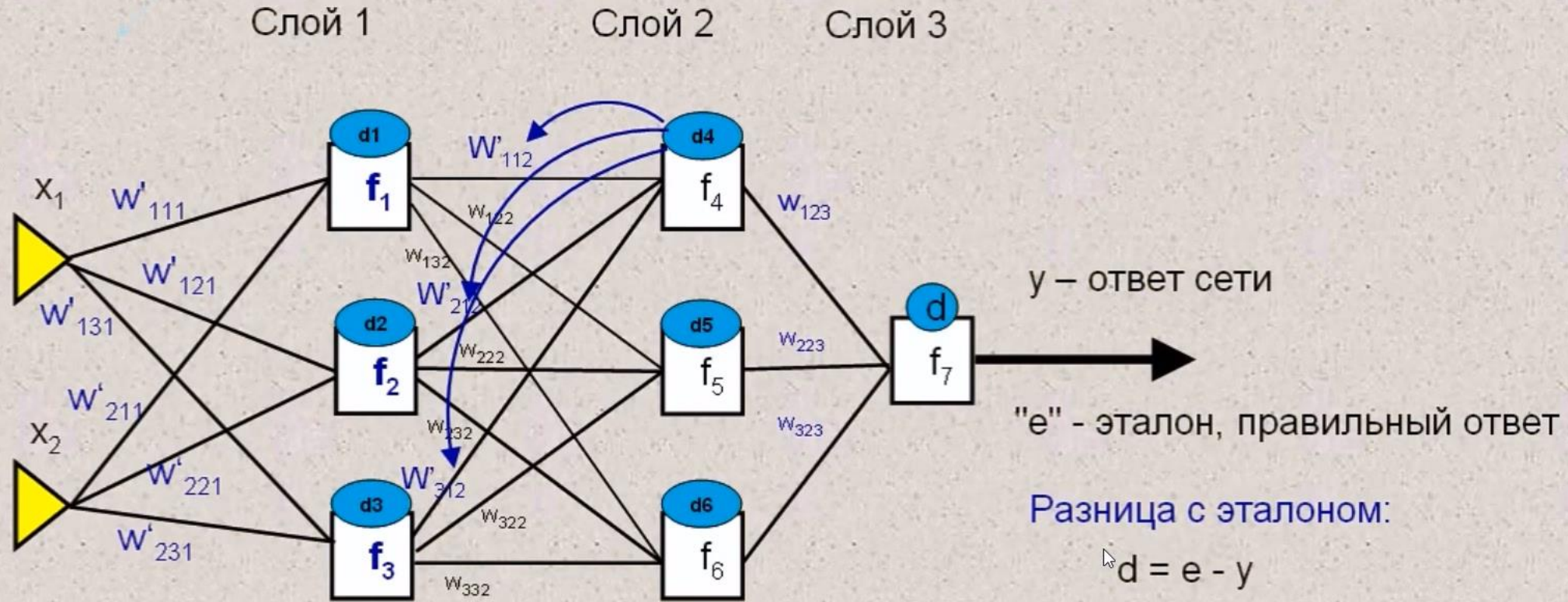
Обучение многослойного перцептрона

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (w'_{i12}):

$$w'_{i12} = w_{i12} + \alpha * d_4 * F'_a(S_4) * f_i * a$$

w_{i12} – текущий вес связи

$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

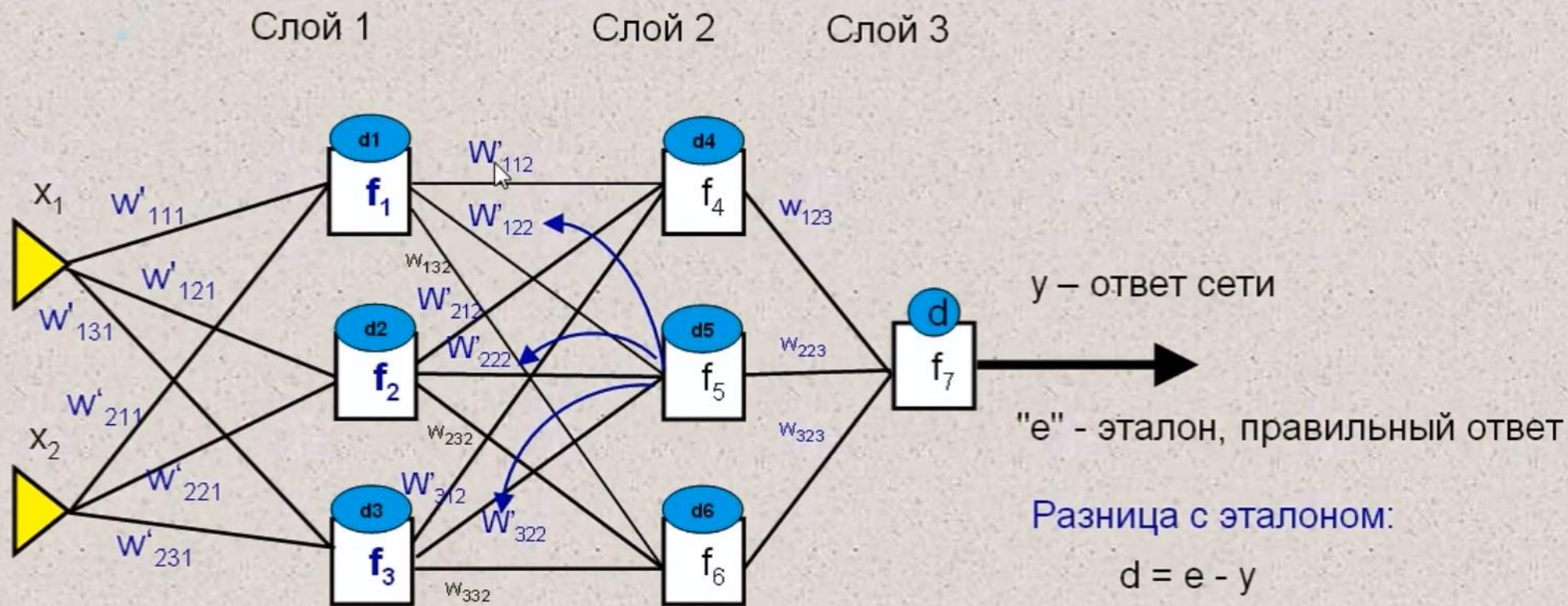
α – скорость обучения; $i = 1, 2, 3$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



Новое значение веса связи (W'_{i22}):

$$W'_{i22} = w_{i22} + d_5 * F'_a(S_5) * f_i * a$$

w_{122} – текущий вес связи

$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

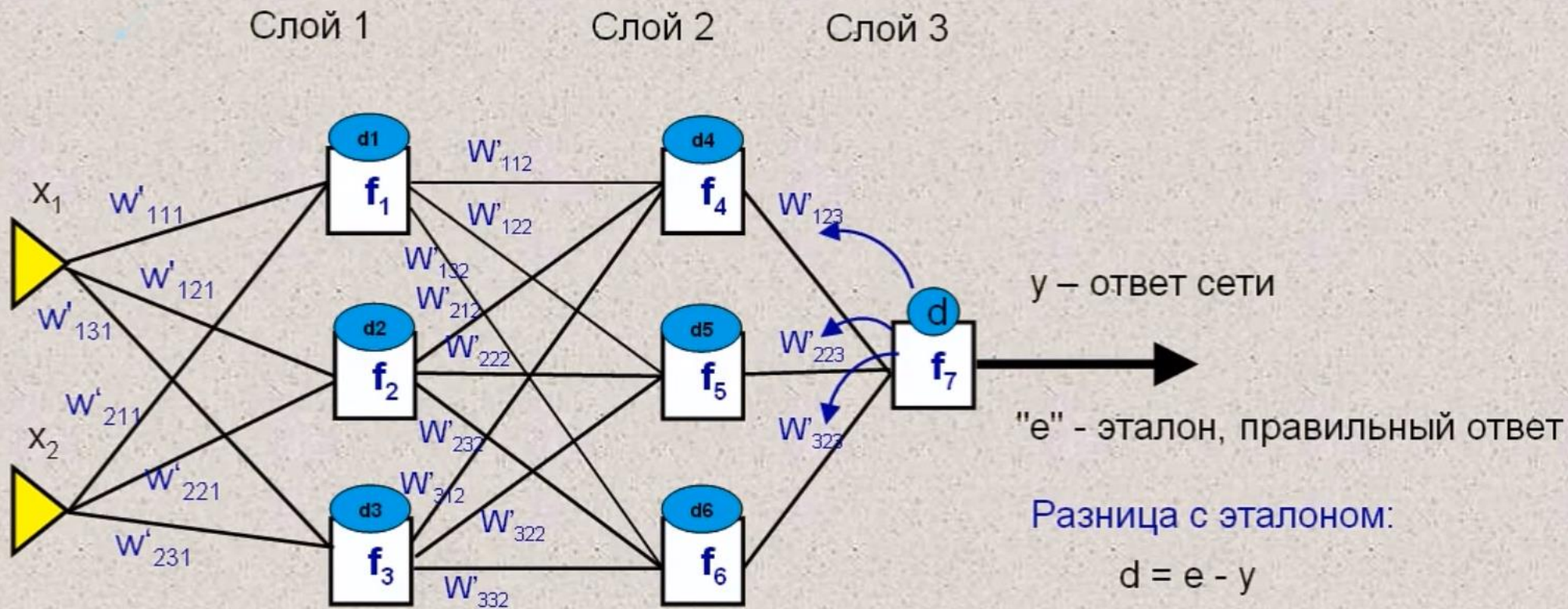
a – скорость обучения; $i = 1, 2, 3$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-x}}$$

Производная dF/dx :

$$F'_a = F_a * (1 - F_a)$$



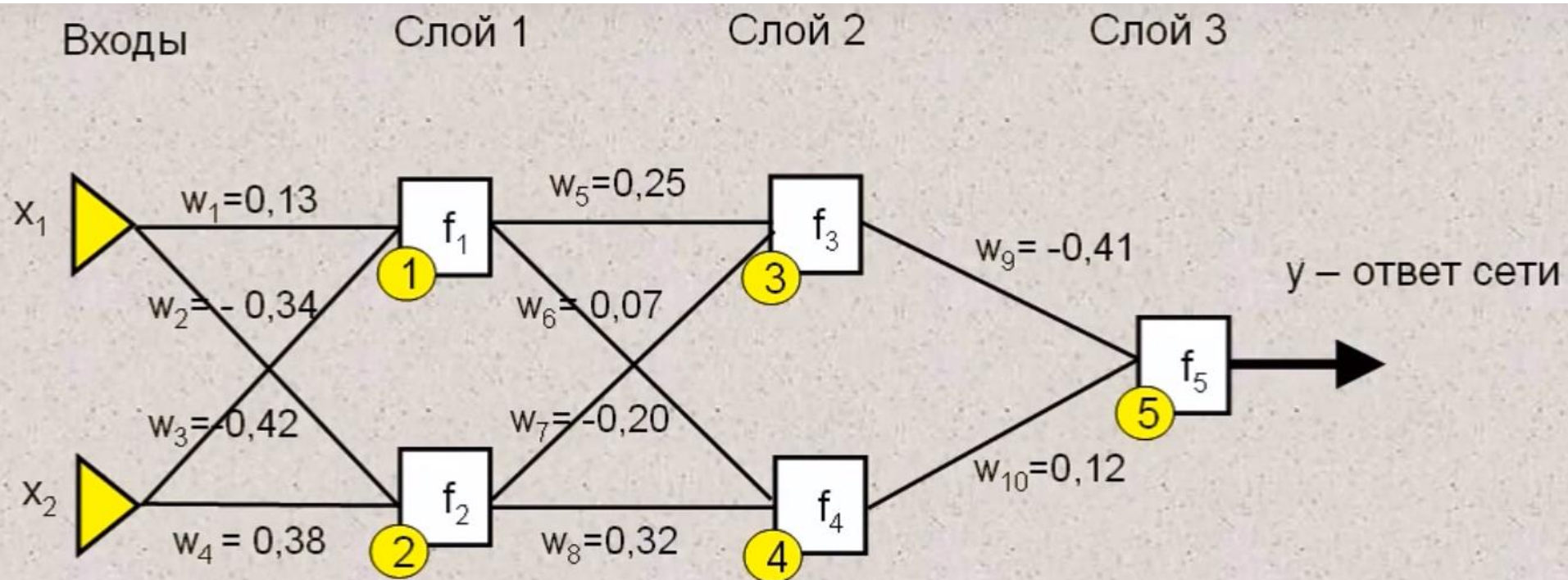
Новое значение веса связи (W'_{i22}):

$$W'_{i23} = w_{i23} + d * F'_a(S_7) * f * a$$

w_{122} – текущий вес связи

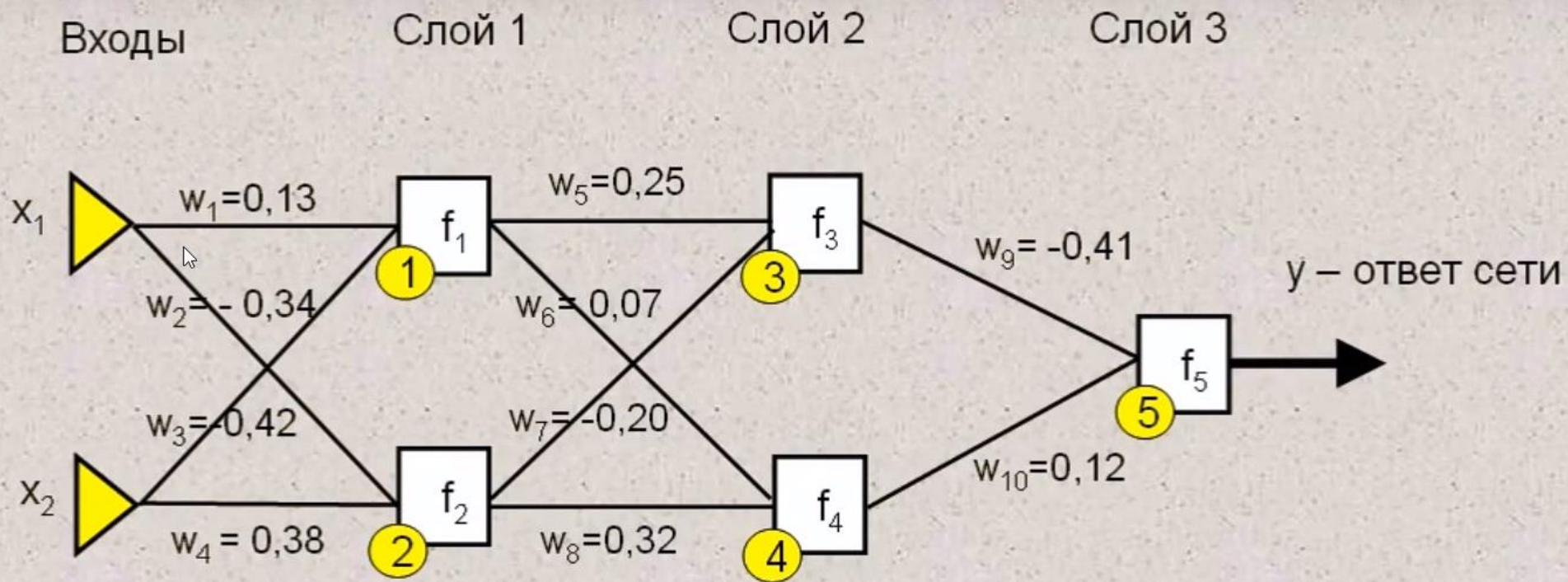
$F'_a(S)$ – производная функции активации от взвешенной суммы входов

a – скорость обучения; f : f_4, f_5, f_6



Инициализация весов: W_{ijk} = случайное число (-0,5...+0,5)

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$



$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = 0$$

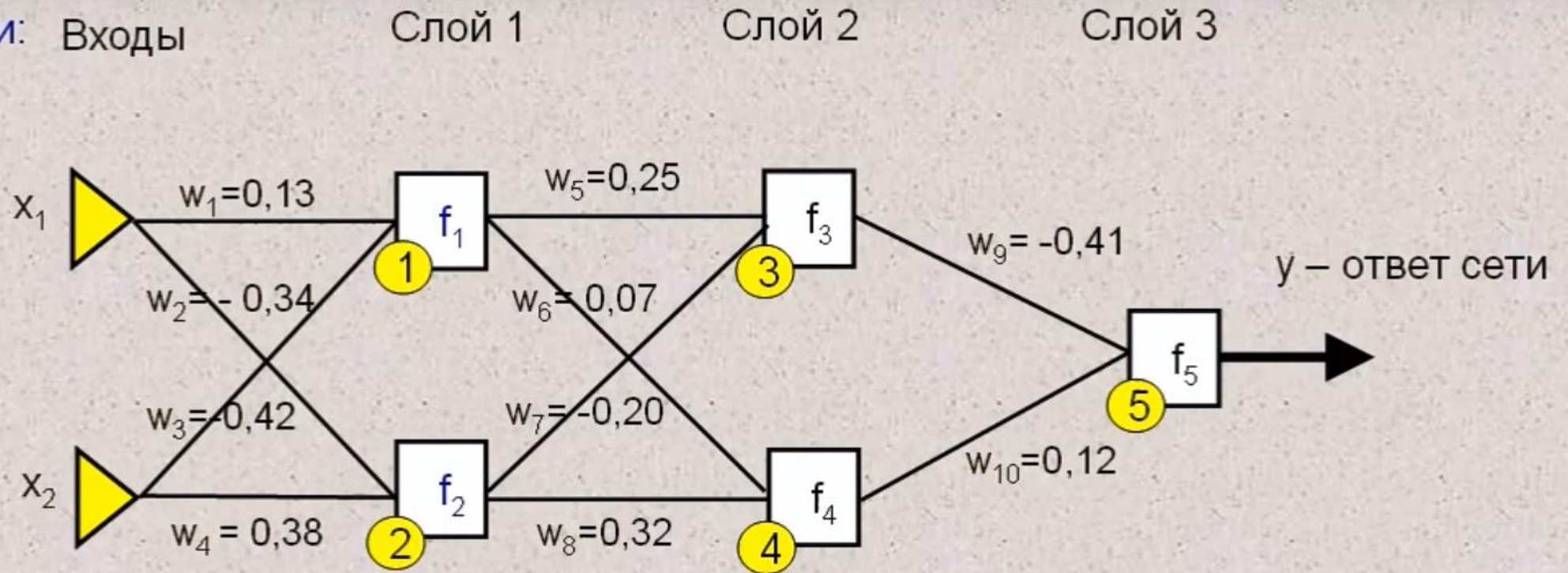
$$e = 1$$

$$\textcircled{1} S_1 = X_1 * W_1 + X_2 * W_3 = 1 * 0,13 + 0 * (-0,42) = 0,13$$

$$\textcircled{2} S_2 = X_1 * W_2 + X_2 * W_4 = 1 * (-0,34) + 0 * 0,38 = -0,34$$

Функция активации: Входы

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$



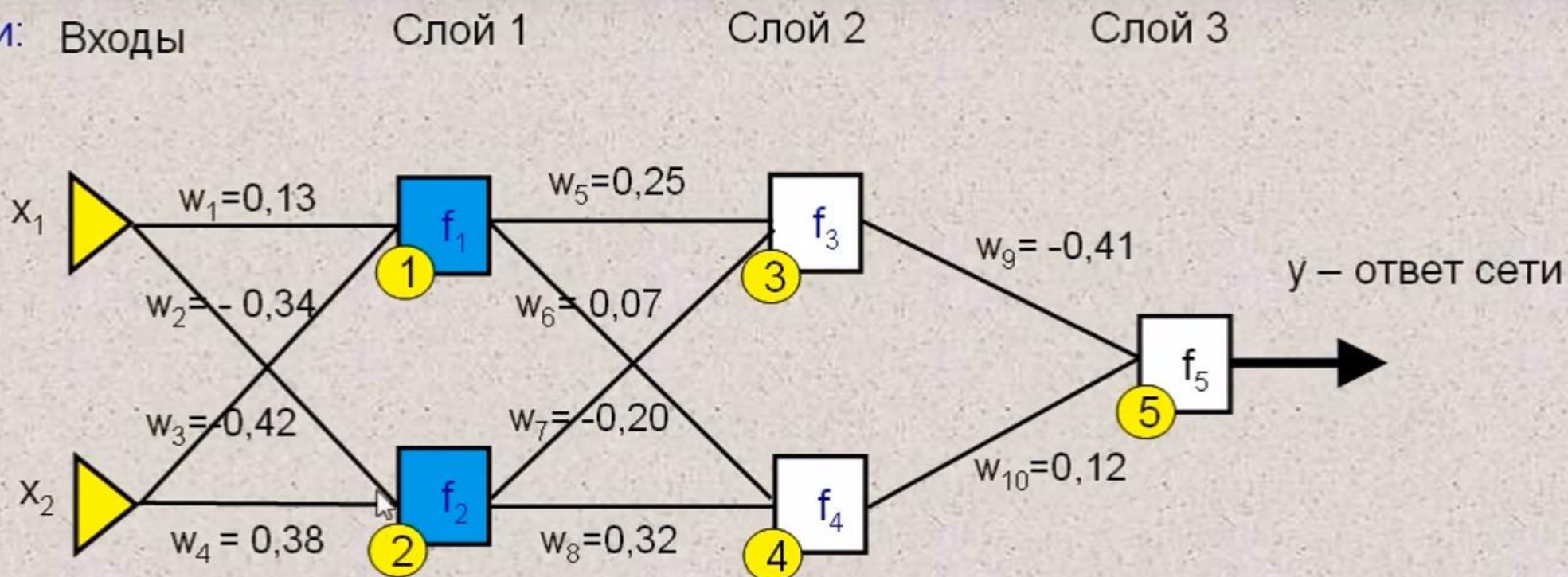
$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$s_1 = 0,13$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$s_2 = -0,34$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$		
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$	$e = 1$	

$$f_1 = \frac{1}{1+e^{-0,13}} = 0,53$$

$$f_2 = \frac{1}{1+e^{-(-0,34)}} = 0,42$$

Функция активации: Входы

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$



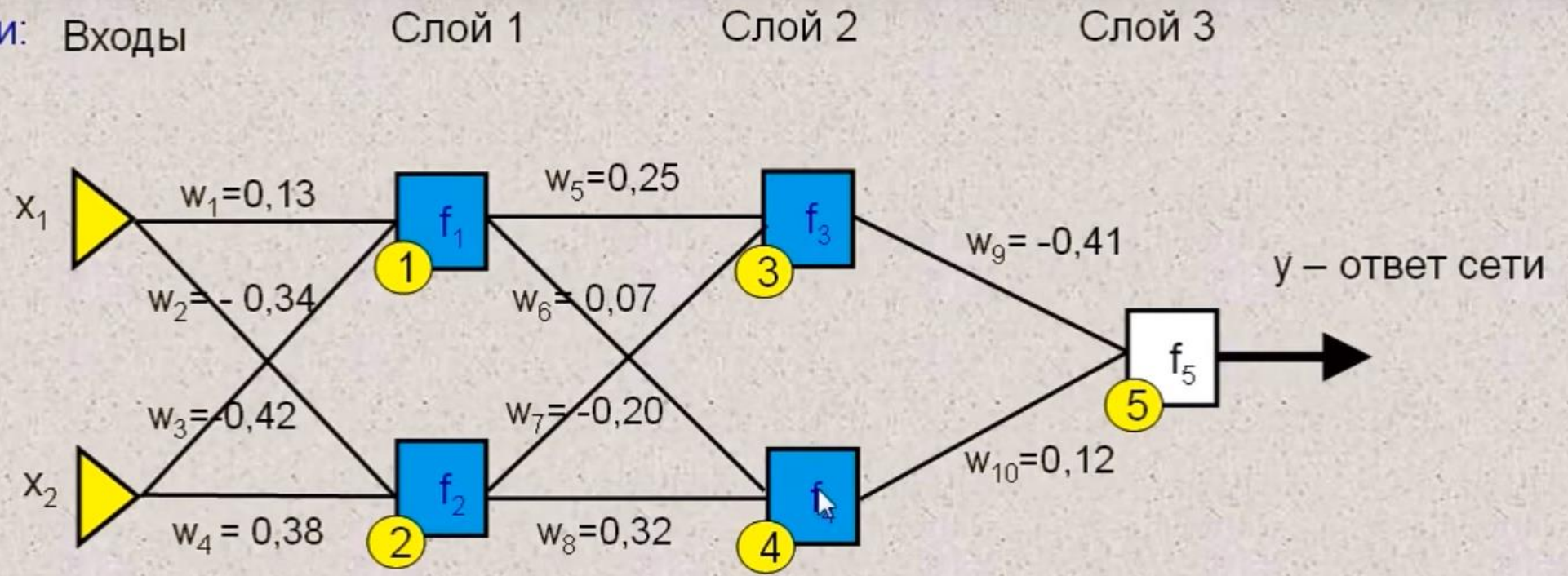
$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$			
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$			
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$	$e = 1$		

③ $S_3 = f_1 * w_5 + f_2 * w_7 = 0,53 * 0,25 + 0,42 * (-0,20) = 0,05$

④ $S_4 = f_1 * w_6 + f_2 * w_8 = 0,53 * 0,07 + 0,42 * 0,32 = 0,17$

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$



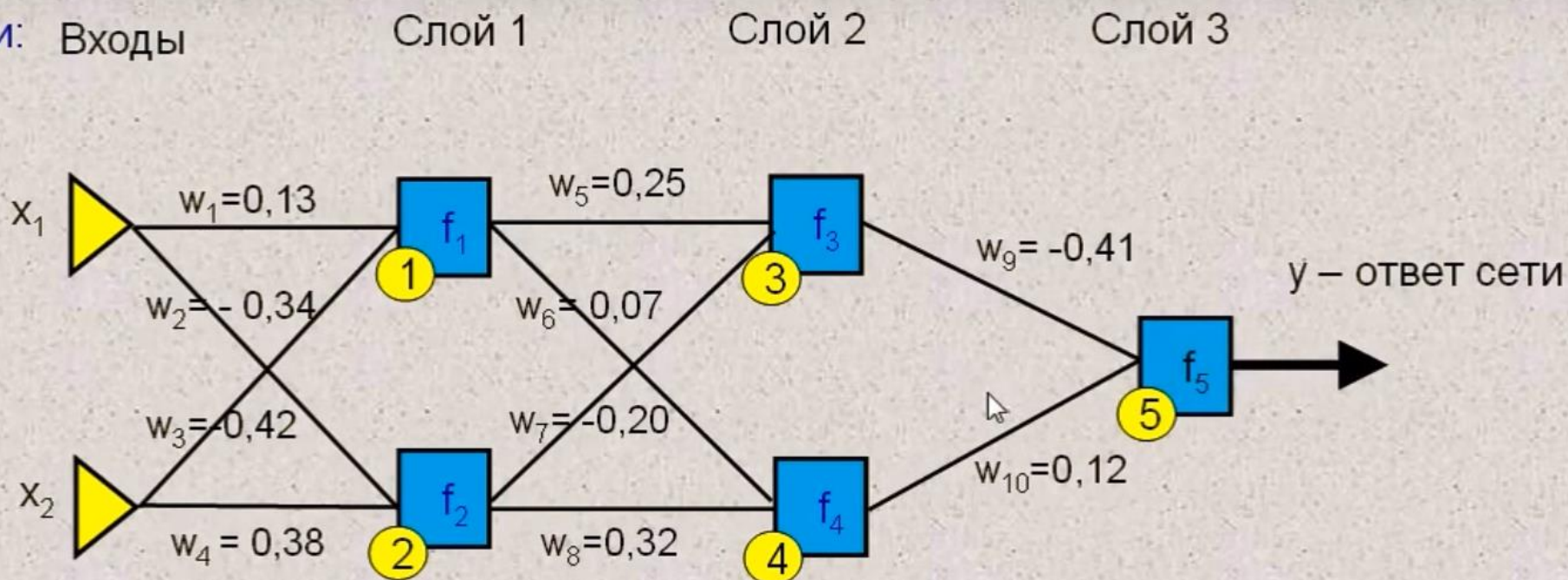
$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$		$S_3 = 0,05$	
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		$S_4 = 0,17$	
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$	$e = 1$		

$$f_3 = \frac{1}{1+e^{-0,05}} = 0,51$$

$$f_4 = \frac{1}{1+e^{-0,17}} = 0,54$$

Функция активации: Входы

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$



5 $S_5 = f_3 * W_9 + f_4 * W_{10} = 0,51 * (-0,41) + 0,54 * 0,12 = -0,14$

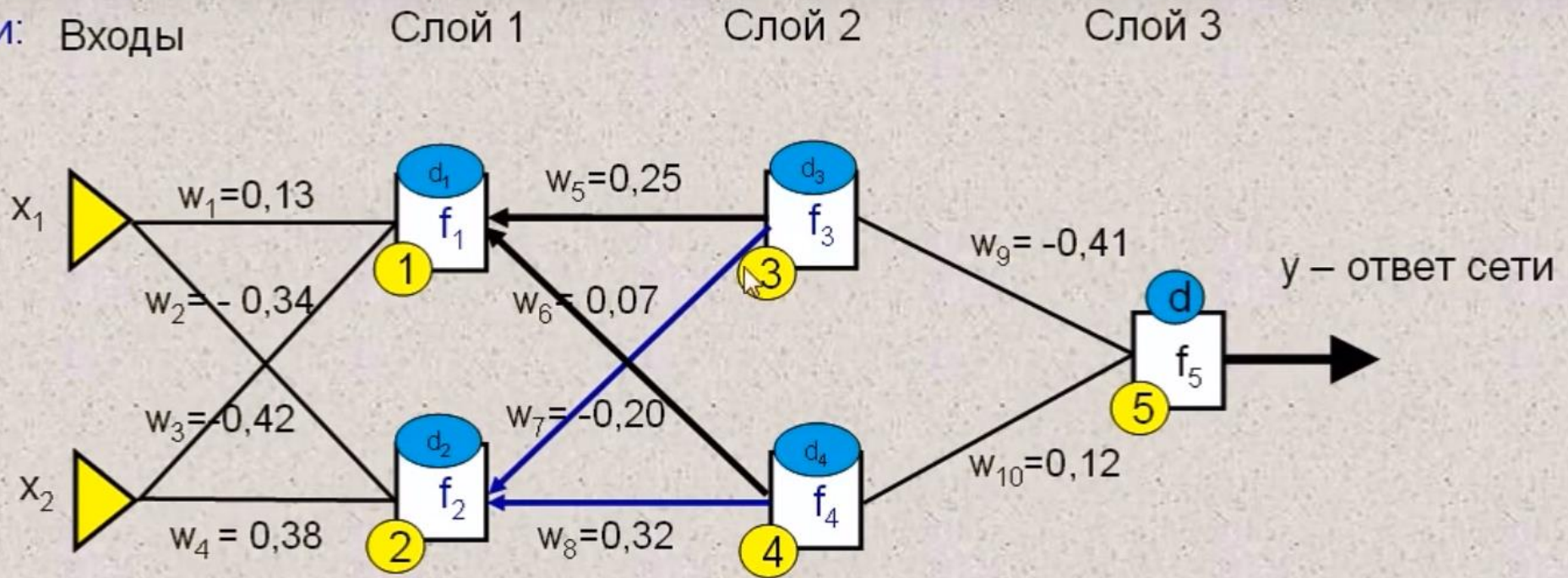
$$f_5 = \frac{1}{1+e^{-(-0,14)}} = 0,47$$

$y = f_5 = 0,47$ – Ответ сети

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$	$e = 1$	$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$		$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$

Функция активации: Входы

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$



Ошибки 1-го слоя:

$$d_1 = d_3 * w_5 + d_4 * w_6 = -0,22 * 0,25 + 0,06 * 0,07 = -0,05$$

$$d_2 = d_3 * w_7 + d_4 * w_8 = -0,22 * (-0,20) + 0,06 * 0,32 = 0,06$$

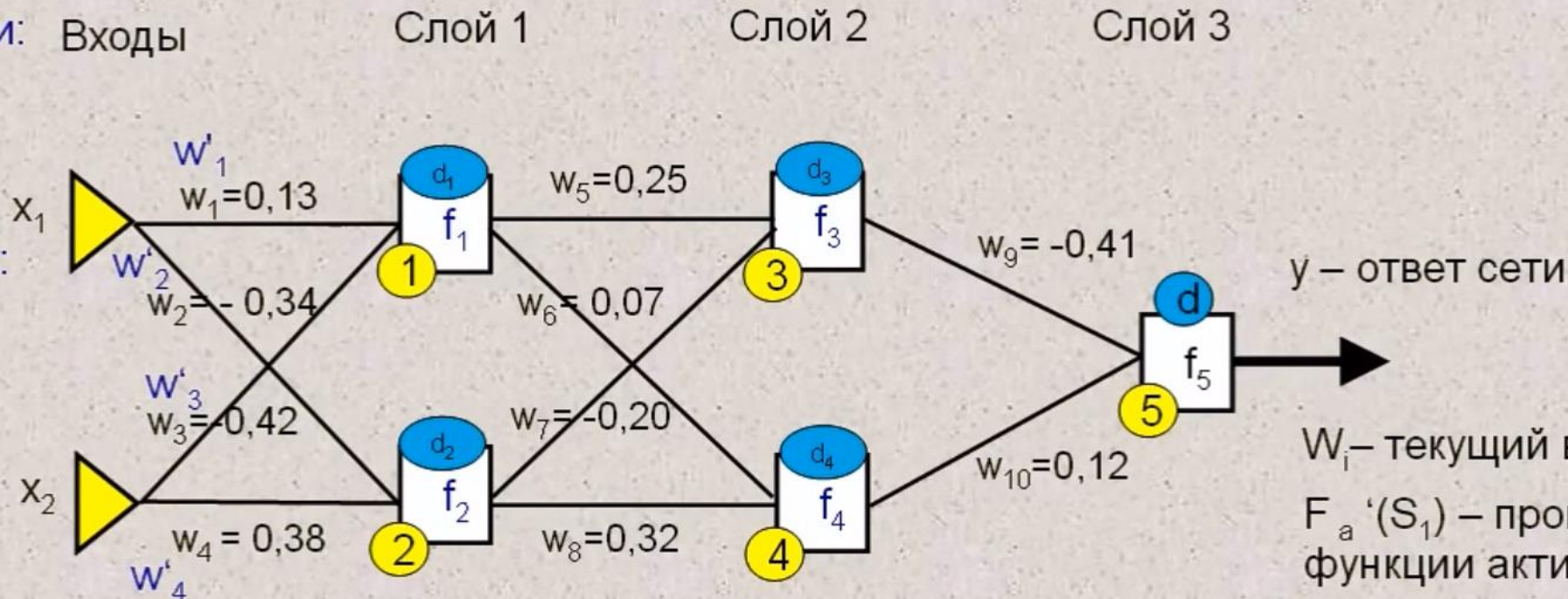
$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$	$d = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$	$d_3 = -0,22$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$		$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$	$d_4 = 0,06$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$	
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$	$e = 1$	$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$	

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$

Производная dF/dx :

$$F_a' = F_a * (1 - F_a)$$



W_i – текущий вес связи
 $F_a'(S_i)$ – производная функции активации
 a – скорость обучения

Корректировка дендритов:

$$F_a'(S_1) = F_a * (1 - F_a) = f_1 * (1 - f_1) = 0,53 * (1 - 0,53) = 0,25$$

$$W'_1 = w_1 + d_1 * F_a'(S_1) * X_1 * a = 0,13 + (-0,05) * 0,25 * 1 * 0,1 = 0,129$$

$$W'_3 = w_3 + d_1 * F_a'(S_1) * X_2 * a = -0,42 + (-0,05) * 0,25 * 0 * 0,1 = -0,42$$

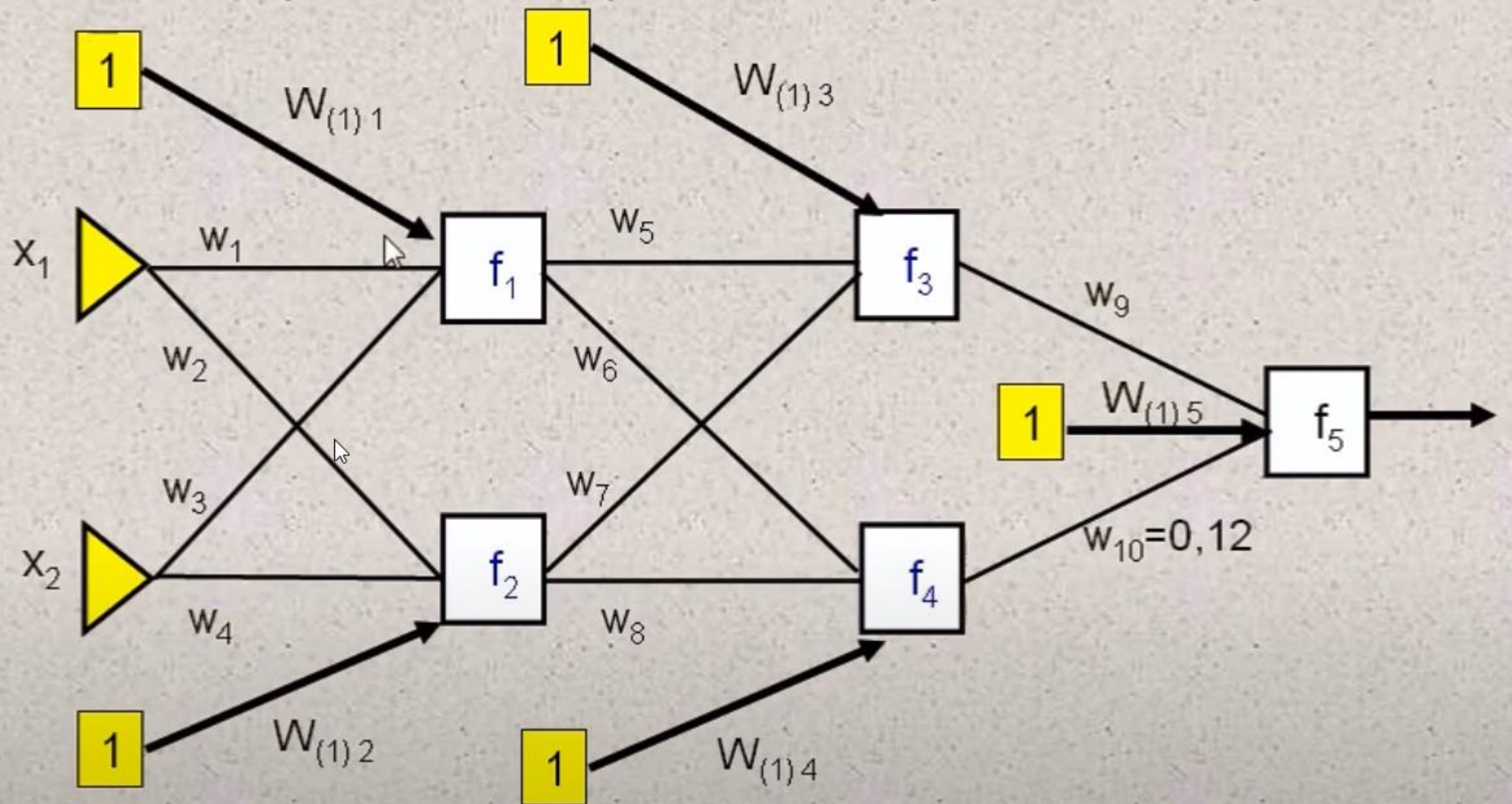
$$F_a'(S_2) = F_a * (1 - F_a) = f_2 * (1 - f_2) = 0,42 * (1 - 0,42) = 0,244$$

$$W'_2 = w_2 + d_2 * F_a'(S_2) * X_1 * a = -0,34 + 0,06 * 0,244 * 1 * 0,1 = -0,338$$

$$W'_4 = w_4 + d_2 * F_a'(S_2) * X_2 * a = 0,38 + 0,06 * 0,244 * 0 * 0,1 = 0,38$$

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$	$d = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$	$d_3 = -0,22$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$	$e = 1$	$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$	$d_4 = 0,06$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$	$d_1 = -0,05$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$		$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$	$d_2 = 0,06$

$y = f_5 = 0,47$ – Ответ сети

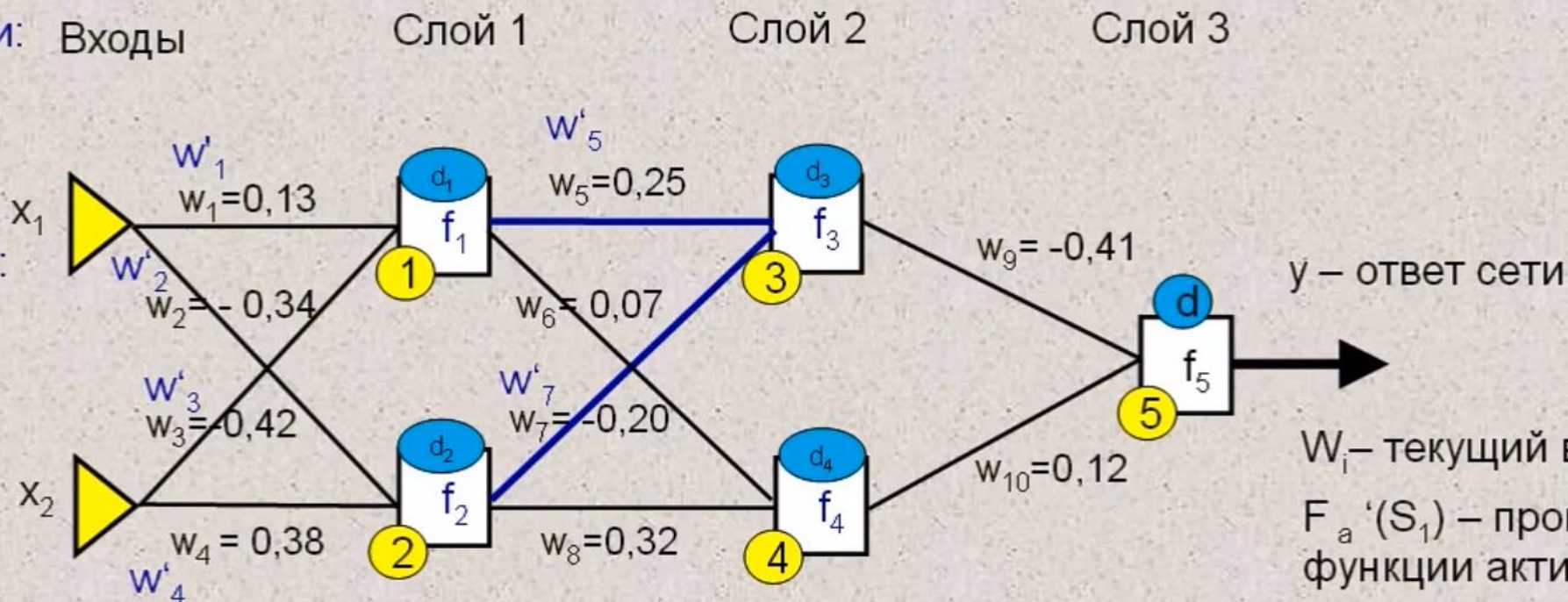


Функция активации: Входы

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$

Производная dF/dx :

$$F_a' = F_a * (1 - F_a)$$



W_i – текущий вес связи
 $F_a'(S_i)$ – производная функции активации
 a – скорость обучения

Корректировка весов 2-го слоя:

$$F_a'(S_3) = F_a * (1 - F_a) = f_3 * (1 - f_3) = 0,51 * (1 - 0,51) = 0,25$$

$$W_5 = w_5 + \frac{d_3 * F_a'(S_3)}{f_1} * a = 0,25 + (-0,22) * 0,25 * 0,53 * 0,1 = 0,247$$

$$W_7 = w_7 + \frac{d_3 * F_a'(S_3)}{f_2} * a = (-0,20) + (-0,22) * 0,25 * 0,42 * 0,1 = -0,202$$

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$	$d = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$	$d_3 = -0,22$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$		$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$	$d_4 = 0,06$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$	$e = 1$	$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$	$d_1 = -0,05$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$		$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$	$d_2 = 0,06$

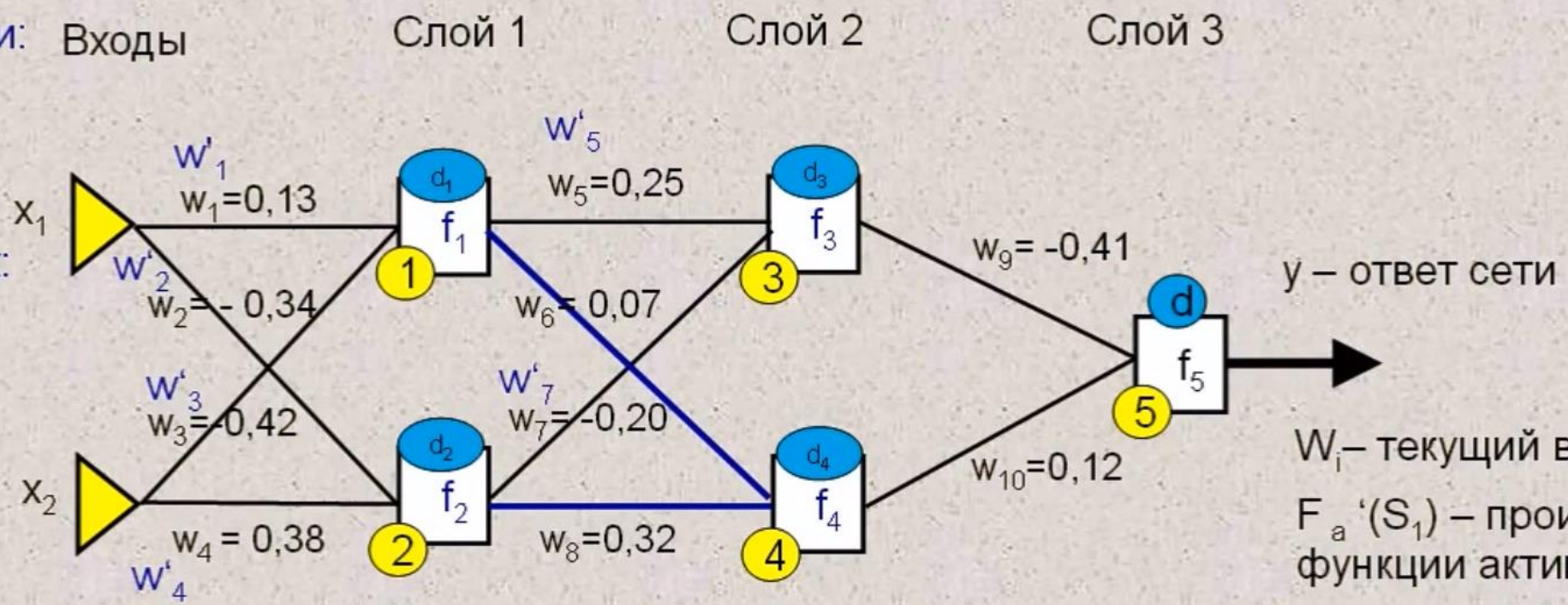
$y = f_5 = 0,47$ – Ответ сети

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$

Производная dF/dx :

$$F_a' = F_a * (1 - F_a)$$



W_i – текущий вес связи
 $F_a'(S_i)$ – производная функции активации
 a – скорость обучения

Корректировка весов 2-го слоя:

$$F_a'(S_4) = F_a * (1 - F_a) = f_4 * (1 - f_4) = 0,54 * (1 - 0,54) = 0,248$$

$$W'_6 = w_6 + \frac{d_4 * F_a'(S_4) * f_1 * a}{1} = 0,07 + 0,06 * 0,248 * 0,53 * 0,1 = 0,071$$

$$W'_8 = w_8 + \frac{d_4 * F_a'(S_4) * f_2 * a}{1} = 0,32 + 0,06 * 0,248 * 0,42 * 0,1 = 0,321$$

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$	$d = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$	$d_3 = -0,22$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$	$e = 1$	$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$	$d_4 = 0,06$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$		$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$	$d_1 = -0,05$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$		$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$	$d_2 = 0,06$

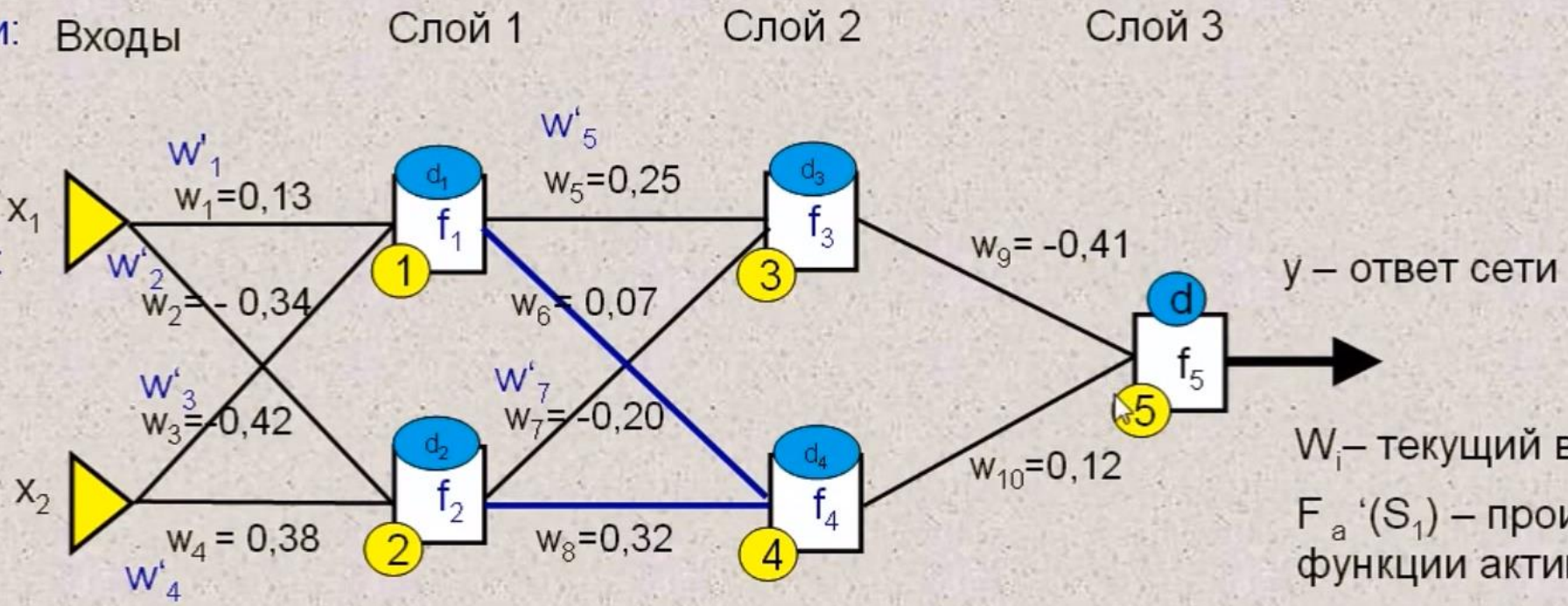
$y = f_5 = 0,47$ – Ответ сети

Функция активации:

$$F_a = \frac{1}{1+e^{-S}}$$

Производная dF/dx :

$$F_a' = F_a * (1 - F_a)$$



W_i – текущий вес связи
 $F_a'(S_i)$ – производная функции активации
 a – скорость обучения

Корректировка весов 3-го слоя:

$$F_a'(S_5) = F_a * (1 - F_a) = f_5 * (1 - f_5) = 0,47 * (1 - 0,47) = 0,249$$

$$W'_9 = w_9 + \frac{d * F_a'(S_5)}{a} * f_3 * a = -0,41 + 0,53 * 0,249 * 0,51 * 0,1 = -0,403$$

$$W'_{10} = w_{10} + \frac{d * F_a'(S_5)}{a} * f_4 * a = 0,12 + 0,53 * 0,249 * 0,54 * 0,1 = 0,128$$

$w_1 = 0,13$	$w_6 = 0,07$	$x_1 = 1$	$S_1 = 0,13$	$f_1 = 0,53$	$d = 0,53$
$w_2 = -0,34$	$w_7 = -0,20$	$x_2 = 0$	$S_2 = -0,34$	$f_2 = 0,42$	$d_3 = -0,22$
$w_3 = -0,42$	$w_8 = 0,32$		$S_3 = 0,05$	$f_3 = 0,51$	$d_4 = 0,06$
$w_4 = 0,38$	$w_9 = -0,41$	$e = 1$	$S_4 = 0,17$	$f_4 = 0,54$	$d_1 = -0,05$
$w_5 = 0,25$	$w_{10} = 0,12$		$S_5 = -0,14$	$f_5 = 0,47$	$d_2 = 0,06$

$y = f_5 = 0,47$ – Ответ сети

