

# **БЫСТРЫЕ МЕТОДЫ ВЫЧИСЛЕНИЯ МЕТРИКИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ**

Автор:

ст. преподаватель кафедры АиСУ ОмГУПС  
Захаренко Елена Игоревна

Научный руководитель:

к.т.н., доцент кафедры АиСУ ОмГУПС  
Альтман Евгений Анатольевич

# ОЦЕНКА ДВИЖЕНИЯ

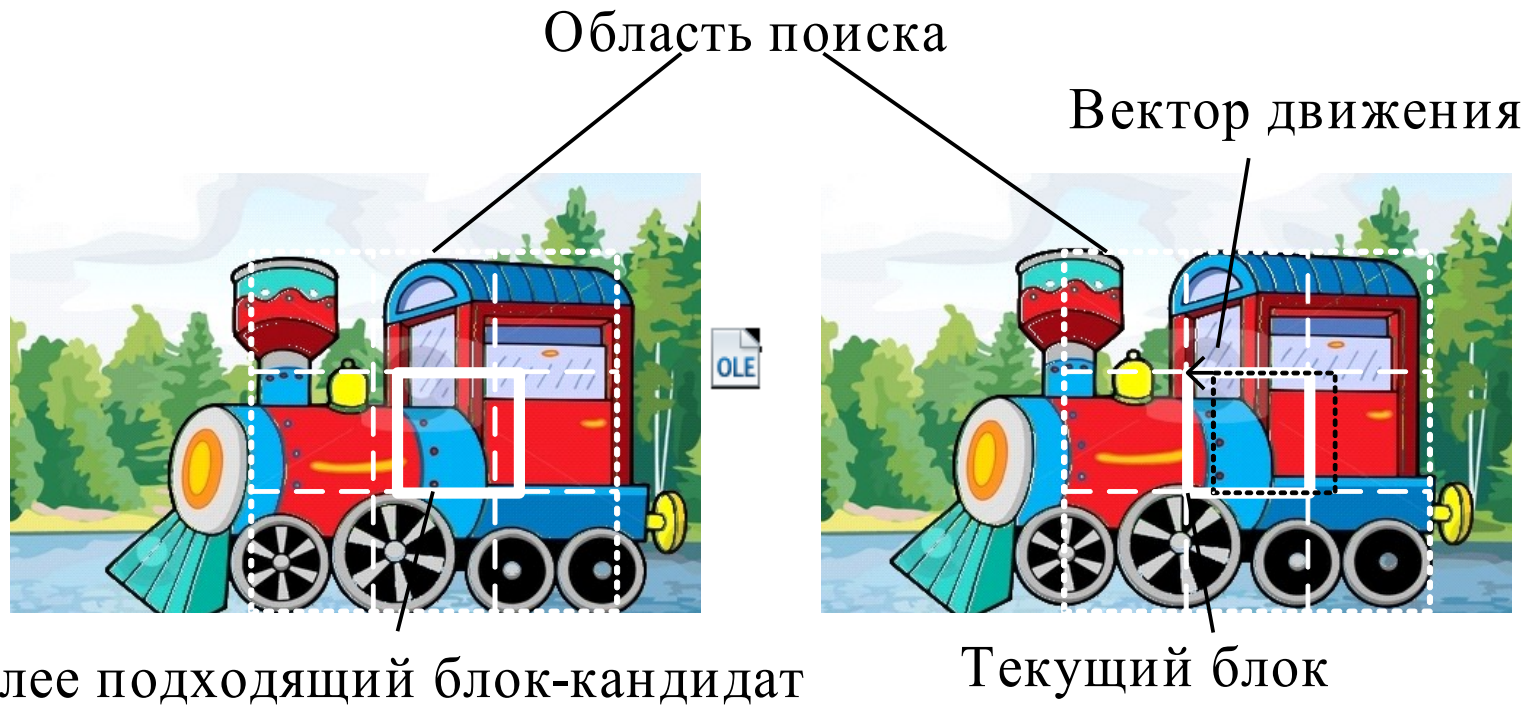


Рисунок 1 – Схема работы алгоритма блочного сопоставления блоков

# ОЦЕНКА ДВИЖЕНИЯ ПОЛНЫМ ПЕРЕБОРОМ

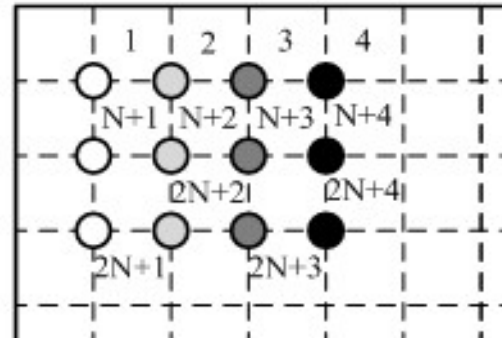


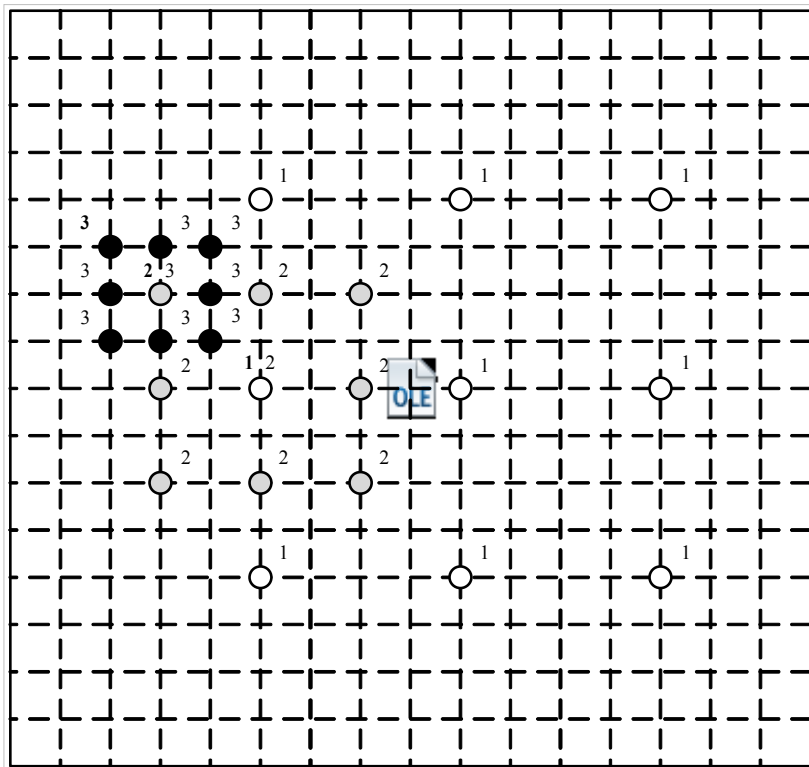
Рисунок 2. Оценка движения методом полного перебора  $FS$

Таблица 1. Вычислительная сложность полного перебора относительно быстрого алгоритма

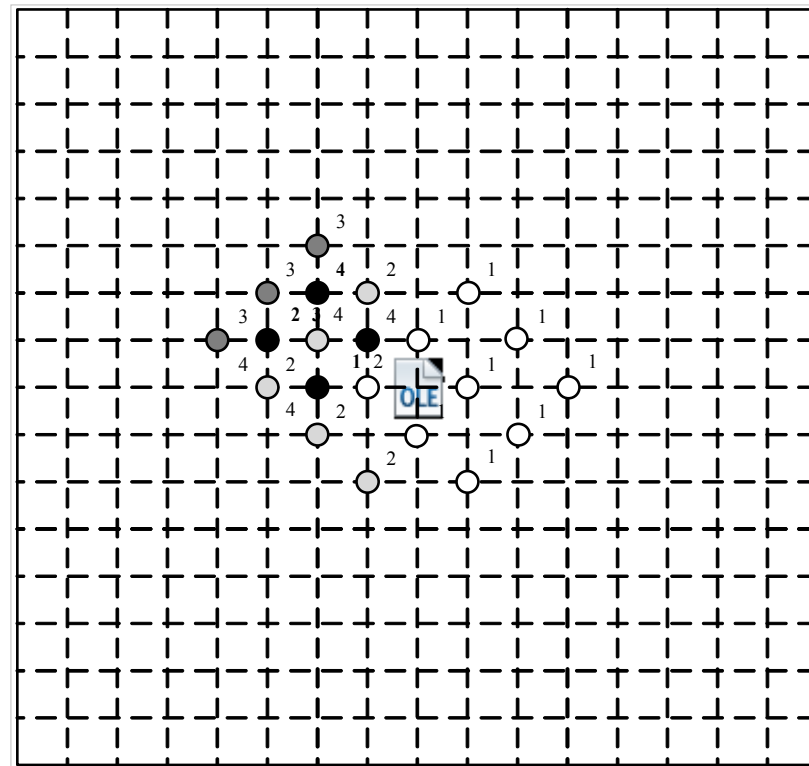
$32 \times 32$	$25 \cdot N$
$16 \times 16$	$8 \cdot N$
$8 \times 8$	$2,6 \cdot N$

где  $N$  – количество операций быстрого алгоритма

# БЫСТРЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ



а



б

Рисунок 3. Оценка движения быстрыми методами:  
а – трехшаговым *TTS* и б – бриллиантовым *DS* поисками

# ОБЗОР КРИТЕРИЕВ СОПОСТАВЛЕНИЯ БЛОКОВ

1. Суммарная квадратичная ошибка (Sum of Square Difference – SSD):

$$SSD(i, j) = \sum_{y=0}^{N_h-1} \sum_{x=0}^{N_w-1} (B(x, y) - S(x+i, y+j))^2, \quad (1)$$

2. Суммарная абсолютная разница (Sum of Absolute Difference – SAD):

$$SAD(i, j) = \sum_{y=0}^{N_h-1} \sum_{x=0}^{N_w-1} |B(x, y) - S(x+i, y+j)|, \quad (2)$$

где  $i, j$  – координаты вектора движения относительно текущего блока,  $i \in (-Sw/2; Sw/2)$ ,  $j \in (-Sh/2; Sh/2)$ ;

$x, y$  – координаты точки блока;  $Nw \times Nh$  – размер блока;

$B$  – текущий блок;  $S$  – ссылочный блок размером  $Sw \times Sh$ .

# СОКРАЩЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ

Формулу SSD можно разложить на три слагаемых:

$$SSD1 = \sum_{y=0}^{N_h-1} \sum_{x=0}^{N_w-1} B^2(x, y); \quad (3)$$

$$SSD2 = - \sum_{y=0}^{N_h-1} \sum_{x=0}^{N_w-1} B(x, y) S(x+i, y+j); \quad (4)$$

$$SSD3 = \sum_{y=0}^{N_h-1} \sum_{x=0}^{N_w-1} S^2(x+i, y+j), \quad (5)$$

где  $i, j$  – координаты вектора движения относительно текущего блока,  
 $i \in (-V_w/2; V_w/2), j \in (-V_h/2; V_h/2)$ , где  $V_w \times V_h$  – размер области, в которой может  
 быть расположен искомый блок на ссылочном кадре;

$x, y$  – координаты точки текущего блока  $B$ ;  $N_w \times N_h$  – размер блока  
 $B$ ;  $S$  – ссылочная область размером  $S_w \times S_h$ , где  $S_w = N_w + V_w, S_h = N_h + V_h$ .

# НОВЫЙ РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Новый метод разложения на 12 корреляций:

$$X_{i,j} = \begin{bmatrix} \hat{x}_{i,j} & \hat{x}_{i,j+2} & \dots & \hat{x}_{i,j+N-2} \end{bmatrix}^T Y_{i,j} = \begin{bmatrix} \hat{y}_{i,j} & \hat{y}_{i,j+2} & \dots & \hat{y}_{i,j+N-2} \end{bmatrix} \quad (6)$$

где  $\hat{x}_{i,j} = [x_{i,j}, x_{i,j+2}, \dots, x_{i,j+N-2}]$   $\hat{y}_{i,j} = [y_{i,j}, y_{i,j+2}, \dots, y_{i,j+N-2}]$

$$C_{i,j} = \begin{bmatrix} c_{i,j} & c_{i+1,j} & c_{i,j+1} & c_{i+1,j+1} \\ Y_{i,j} & Y_{i+1,j} & Y_{i,j+1} & Y_{i+1,j+1} \\ Y_{i+2,j} & Y_{i+1,j+1} & Y_{i,j+2} & Y_{i+1,j+2} \\ Y_{i+2,j+1} & Y_{i+1,j+2} & Y_{i+2,j+2} & Y_{i+1,j+2} \end{bmatrix} \begin{matrix} X_{0,0} \\ X_{1,0} \\ X_{0,1} \\ X_{1,1} \end{matrix} \quad (7)$$

где подстрочный индекс 0 сигнала  $X$  означает четную позицию сигнала  $x$ , 1 – нечетную,  $i, j \in [0; N/2]$

# НОВЫЙ РЕКУРСИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

$$C_{i,j} = A_0 B0_{i,j} + A_1 B1_{i,j} + c_{i+1,j} \quad (8)$$

где  $A_0 = X_{0,0} - X_{1,0}$ ,  $A_1 = X_{0,1} - X_{1,1}$ ,  $B0_{i,j} = Y_{i,j} - Y_{i+1,j}$ ,  $B1_{i,j} = Y_{i,j+1} - Y_{i+1,j+1}$ ,

$$c_{i+1,j} = X_{0,0}Y_{i+1,j} + X_{0,1}Y_{i+1,j+1} + X_{1,0}Y_{i+2,j} + X_{1,1}Y_{i+2,j+1},$$

$$c_{i+1,j+1} = X_{0,0}Y_{i+1,j+1} + X_{0,1}Y_{i+1,j+2} + X_{1,0}Y_{i+2,j+1} + X_{1,1}Y_{i+2,j+2}.$$

$$\begin{aligned} &(X_{0,0} - X_{1,0})(Y_{i,j} - Y_{i+1,j}); (X_{0,1} - X_{1,1})(Y_{i,j+1} - Y_{i+1,j+1}); \\ &(X_{0,0} - X_{1,0})(Y_{i,j+1} - Y_{i+1,j+1}); (X_{0,1} - X_{1,1})(Y_{i,j} - Y_{i+1,j}); \\ &X_{0,0}Y_{i+1,j}; X_{0,1}Y_{i+1,j+1}; X_{1,0}Y_{i+2,j}; X_{1,1}Y_{i+2,j+1}; \\ &X_{0,0}Y_{i+1,j+1}; X_{0,1}Y_{i+1,j+2}; X_{1,0}Y_{i+2,j+1}; X_{1,1}Y_{i+2,j+2}. \end{aligned} \quad (9)$$



# ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Таблица 2. Вычислительная сложность алгоритмов двумерной корреляции сигнала  $B$  размером  $N \times N$  и сигнала  $S$  размером  $(2N - 1) \times (2N - 1)$  без учета МАС-операций

$N$	Количество арифметических операций				
	2D Fast 9	2D Fast 12	2D Full	2D через 1D Fast	2D через 1D Full
2	28	28	28	28	28
4	501	485	496	544	496
8	6 106	6 709	8 128	8 384	8 128
16	65 631	86 189	130 816	116 224	130 816
32	666 556	1 073 533	2 096 128	1 522 688	2 096 128
64	6 565 473	13 170 845	33 550 336	19 308 544	33 550 336

Таблица 3. Вычислительная сложность алгоритмов двумерной корреляции сигнала  $B$  размером  $N \times N$  и сигнала  $S$  размером  $(2N - 1) \times (2N - 1)$  с учетом МАС-операций

$N$	Количество арифметических операций				
	2D Fast 9	2D Fast 12	2D Full	2D через 1D Fast	2D через 1D Full
2	20	20	16	16	18
4	377	365	256	400	268
8	4 502	5 029	4 096	7 296	4 152
16	47 147	64 013	65 536	107 776	65 776
32	467 528	791 101	1 048 576	1 456 128	1 049 568
64	4 512 269	9 650 717	16 777 216	18 780 160	16 781 248

# ИССЛЕДОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ВЫЧИСЛЕНИЯ ДВУМЕРНОЙ КОРРЕЛЯЦИИ

Процент от сложности метода полного вычисления

Процент от сложности метода полного вычисления

а

б

Рисунок 4. Сравнение вычислительной сложности методов корреляции для блока размером  $N \times N$  и области поиска  $(3N-1) \times (3N-1)$ :  
а – без учета МАС-операций; б – с учетом МАС-операций

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЛОЖНОСТИ МЕТРИКИ SSD ДЛЯ ОЦЕКИ ДВИЖЕНИЯ ПОЛНЫМ ПЕРЕБОРОМ

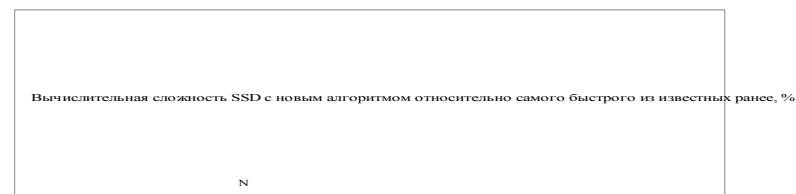


Рисунок 5. Сравнение вычислительной сложности метрики SSD с применением нового алгоритма относительно самого вычислительно эффективного алгоритма из известных ранее для областей поиска  $(2N-1) \times (2N-1)$  и  $(3N-1) \times (3N-1)$