

УДК 004.9

С.А. Зори, канд. техн. наук, докторант,  
И.А. Звягинцев, магистр  
Донецкий национальный технический университет, г. Красноармейск  
[sa.zori1968@gmail.com](mailto:sa.zori1968@gmail.com)  
[zvyg@i.ua](mailto:zvyg@i.ua)

## Организация псевдо 3D- визуализации графического и видео контента

*В статье предложена общая концепция организации псевдо 3D- визуализации графического и видео контента для систем 3D- визуализации. Сформулированы основные этапы и предложены алгоритмы решения задачи синтеза 3D- стерео изображений на основе 2D- изображений. Показаны основные особенности организации синтеза стандартного 3D- стерео кадра, выполнено экспериментальное моделирование процесса генерации полного стерео-кадра изображения, приведены результаты оценки его временной сложности.*

**Ключевые слова:** 3D- визуализация, псевдо 3D- стерео, стереопара изображений, стандартный 3D- стереокадр, алгоритм, моделирование, временная сложность.

### Введение

Псевдо 3D- визуализация по сути представляет собой генерацию визуальных 3D- образов на основе готовых изображений (image based 3D- synthesis). Это означает, что 3D- модель сцены отсутствует, либо не используется для непосредственного получения 3D- изображения. Суть процесса синтеза псевдо 3D- изображений состоит в получении (воссоздании, «реставрации») комплексы проекционных 3D- изображений сцены (стереопары) в экранном пространстве 3D- устройства отображения (3D- стерео дисплея) из полученных ранее тем или иным способом «видовых» 2D- изображений сцены (сгенерированных по 3D- модели, результаты фото- и видео съемки и пр.) [1, 2].

Методы, применяемые при организации псевдо 3D- синтеза используют «неявную геометрию» - 3D положения точек не восстанавливаются, а для преобразования исходного изображения в 3D- стерео используются специфические алгоритмы анализа изображений и создания их карт глубины, на основе которых происходит «реставрация 3D» - трансформация исходного изображения в стереопару.

Необходимо отметить, что известные промышленные практические реализации псевдо 3D- синтеза (например в современных 3D- телевизорах и мониторах, в составе таких технологий как 3D Hyper Real Engine от Samsung, X-Reality Pro от Sony, Triple XD Engine от LG и пр. [3 - 5]) как правило являются закрытыми (ноу-хау) и создают 3D образы невысокого качества (эффекты г-хостинга (g-hosting), перекрестные помехи, недостаточная пространственная глубина образов и пр.). При этом такие реализации обязательно используют аппаратную поддержку специализиро-

ванных процессоров, например четырехядерных процессоров ARM Cortex-A15 (1,35 ГГц), ARM Cortex Dual Core Plus (1,2 ГГц), и даже специализированных мультимедиа вычислительных систем в составе двухъядерного процессора MT5890 и четырехядерного графического процессора Mali-T624 с 16 ГБ RAM [3 - 5].

Для создания качественных псевдо 3D- образов на практике применяются технологии с «ручной» разметкой исходных кадров для создания карт глубины объектов изображений [6, 7], что делает невозможным интерактивную он-лайн генерацию псевдо 3D- изображений.

Таким образом, ввиду частой практической востребованности псевдо 3D- визуализации («синтез 3D- без 3D») разработка методики и принципов организации процесса 3D- псевдо стерео визуализации графического и видео контента и архитектуры компьютерной системы 3D- псевдо стерео визуализации является важной научной и практической задачей.

### Общий механизм и алгоритмы получения 3D- псевдо стерео из 2D изображений

В связи с отмеченной выше закрытостью большинства существующих технологий «интеллектуального» создания псевдо 3D- и на основании анализа литературных источников, процесс получения 3D- псевдо стерео из 2D предложено реализовать схемой, представленной на рисунке 1. За основу взят метод «A novel 2D-to-3D conversion system using edge information» из [8], поскольку он дает практические результаты хорошего качества, а алгоритмы обработки кадра выполняют обработку изображения по блокам, что дает потенциальную возможность для ускорения генерации путем распараллеливания.

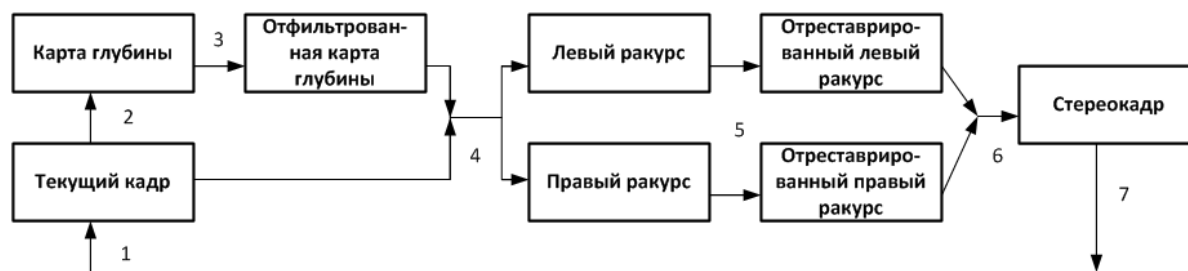


Рисунок 1 – Предлагаемая схема генерации 3D- псевдо стерео из 2D изображения

На рисунке 1:

1) получение исходного изображения (возможно, выделение кадра из видео потока при работе с потоками мультимедиа);

2) получение карты глубины текущего кадра;

3) фильтрация карты глубины (с помощью кросс-билатерального фильтра);

4) формирование стереопары из текущего кадра и отфильтрованной карты глубины;

5) реставрация ракурсов с учетом возможных дефектов (заполнение «дыр» в полученных ракурсах - Inpainting);

6) преобразование стереопары в стандартный формат 3D кадра;

7) (возможно) добавление сформированного 3D кадра в результирующий 3D- видео поток.

Отметим, что выполнение этапов 1, 6 и 7 не является обязательным (1 и 7 – только при работе с видеопотоками, 6 – иногда может быть реализован аппаратурой устройства 3D- отображения).

Таким образом, обобщенный алгоритм получения 3D- стереокадра из 2D изображения может быть представлен следующим образом (рис. 2).

### Begin

Открыть\_изображение;  
Сгенерировать\_карту\_глубины;  
Отфильтровать\_карту\_глубины;  
Получить\_стереопару;  
Применить\_Inpainting\_для\_левого\_ракурса;  
Применить\_Inpainting\_для\_правого\_ракурса;  
Сформировать\_стереоквадр;  
Сохранить\_полученное\_изображение;

### End

Рисунок 2 - Предлагаемый алгоритм получения 3D- псевдо стерео из 2D изображения

Рассмотрим каждый из этапов алгоритма подробнее.

1. Алгоритмы выделения объектов на изображении и формирования карты глубины

Для формирования карты глубины необходимо в первую очередь выделить объекты на изображении, глубина которых (т.е. степень уда-

ленности от наблюдателя) будет в дальнейшем использована для формирования карты глубины изображения.

Процесс выделения объектов на изображении – одна из классических задач по обработке изображения. На сегодняшний день наиболее известными являются следующие алгоритмы [2]:

- алгоритмы, выделяющие непосредственно контуры объектов на изображении;

- алгоритмы, формирующие объекты в виде массивов пиксельных регионов.

Алгоритмы, выделяющие контуры на изображении, основываются на одном из базовых свойств сигнала яркости – разрывности и применяются для этого пространственную фильтрацию масками. Наиболее известными являются маски Собеля, Превитта, Робертса [9, 10]. При фильтрации происходит перемещение маски по пикселям изображения, и для каждого вычисляется отклик фильтра с использованием предварительно заданных связей (например, для линейной пространственной фильтрации отклик задается суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в регионе, который покрывает данная маска фильтра).

Алгоритмы этой группы дают хорошие результаты, но вычислительно достаточно сложны – необходимо вычисление производных 1-го и 2-го порядков по каждому направлению (X и Y) и совместной величины градиента по обоим направлениям. В связи с этим, для обнаружения перепадов яркости используются дискретные аналоги производных первого и второго порядка и градиента [9, 10]. Также выбор типа и размера маски неоднозначен и существенно влияет на скорость работы алгоритмов этого класса и качество отфильтрованных контуров объектов.

В связи с этим предлагается использовать сравнительно недавно появившийся алгоритм Роста регионов (Region Growing) [10] как представителя второго класса алгоритмов выделения объектов на изображении, формирующие объекты в виде массивов пиксельных регионов, и отмеченный в литературе как качественный и быстрый.

Идея алгоритма – пометить на изображении связанные области, обладающие некоторой степенью сходства по цвету (яркости), как одинаковые,

анализируя яркость каждого пикселя изображения.

Описать алгоритм можно следующим образом:

1. Левый верхний пиксель изображения объявляется новым классом  $C$ .

2. Для пикселей первой строки изображения вычисляется отклонение  $g$  от класса левого пикселя, которое сравнивается с некоторым порогом  $\delta$ . Если отклонение от класса меньше порога, то пиксель добавляется к классу соседа, иначе заводится новый класс.

3. Первый пиксель каждой последующей строки сравнивается с классом верхнего пикселя. Далее текущий пиксель сравнивается с классами двух соседей - левого и верхнего, при этом:

3.1 Если отклонение от обоих классов больше порога, то заводится новый класс, если отклонение больше только для одного класса, то пиксель добавляется к тому классу, отклонение от которого меньше порога.

3.2 Если отклонение допустимо для обоих классов, то возможны 2 варианта:

А)  $(g(C1) - g(C2)) < \delta$  - тогда эти 2 класса объединяются (если они не один и тот же класс) и текущий пиксель добавляется к объединённому классу.

Б)  $(g(C1) - g(C2)) > \delta$  - в этом случае пиксель добавляется к тому классу, от которого отклонение минимально.

После того, как были выделены объекты на текущем изображении, необходимо определить, как далеко находится каждый из объектов от наблюдателя. Для решения такой задачи используют алгоритмы генерации карты глубины. Карта глубины – это черно-белое изображение, на котором глубина объектов задается их градиентом яркости (чем ближе - тем светлее).

Данная задача является нетривиальной, поскольку из 2D изображения тяжело (а иногда и невозможно) узнать точную информацию об удаленности объектов от наблюдателя, поэтому однозначного правильного и точного решения данной задачи не существует.

С другой стороны - это очень важный этап процесса создания псевдо 3D изображений, от качества выполнения которого напрямую зависит качество полученных 3D стерео кадров.

На сегодняшний день существует несколько основных подходов для формирования карты глубины для 2D изображения [11]:

- карта глубины по пейзажу сцены (Depth effects from landscape scene);
- карта глубины по движению объектов (Depth from motion);
- карта глубины по фокусу (Depth from focus);
- карта глубины по геометрии сцены (Depth from geometry).

Проанализировав существующие методы получения карты глубины из 2D изображений, было принято решение использовать метод Depth effects from landscape scene как наиболее универсальный и менее вычислительно затратный, поскольку Depth from motion предполагает работу с видеофайлами и информацию о движении объектов, Depth from focus требует длительных вычислений и реставрации положения камеры, Depth from geometry показывает хорошие результаты только при обработке сцен, в которых преобладают прямые линии и геометрии.

Идея алгоритма Depth effects from landscape scene основана на том, что чаще всего объекты, находящиеся геометрически внизу-спереди изображения, находятся ближе к наблюдателю, чем объекты, находящиеся в верхней части (эффект пространственной перспективы), на основе чего и делается заключение об удалении объекта от наблюдателя. Глубина сцены отражается градиентом яркости изображения по вертикали от белого к черному.

На основе этого, и с учетом применения описанного ранее алгоритма выделения регионов, алгоритм генерации карты глубины можно представить следующим образом (рис. 3):

```

Begin
Do ( $i=0$  to  $i$ <количество регионов)
Begin
    высота_региона:=0;
Do ( $j=0$  to  $j$ <количество пикселей в регионе)
Begin
If высота_региона>высота_тек_пикселя_региона
Then
Begin
    высота_региона:=высота_тек_пикселя_региона;
End
End
Do ( $j=0$  to  $j$ <количество пикселей в регионе)
Begin
    Глубина_пикселя:=высота_региона/высота_изоб;
End
End
End
  
```

Рисунок 3 – Алгоритм генерации карты глубины

В предложенном алгоритме (рис. 3), значение глубины пикселя текущего региона вычисляется по упрощенной формуле, что требует значительно меньше вычислений и означает более высокую производительность при практически идентичном (установленном экспериментально для тестовых сцен) качестве карты глубины изображения. Полученная таким образом глубина будет присвоена всем пикселям некоторого региона, а ее распространение по объектам предлагается скорректировать в дальнейшем совместным ис-

пользованием полученной и отфильтрованной карты глубины (интерполяция глубины).

Для удаления артефактов и окончательного распространения (применения) карты глубины к объектам изображения необходимо выполнить кросс-билатеральную фильтрацию карты [11]. Без ее использования объекты (регионы) на полученной карте глубины останутся «плоскими», т.к. имеют одну и ту же глубину для всех пикселей.

Алгоритм фильтрации карты глубины был разработан на основе [11] и формул 1 – 3.

$$D_f = \frac{A_i}{N(x_i)} \tag{1}$$

$$A_i = \frac{\sum_{x_j \in \Omega} D_{x_j} * e^{\frac{\sqrt{(x(x_j)-x(x_i))^2+(y(x_j)-y(x_i))^2)}}{2\sigma_s^2}} \sqrt{\frac{(I(x_j)-I(x_i))^2}{2\sigma_c^2}}}{\sum_{x_j \in \Omega} e^{\frac{\sqrt{(x(x_j)-x(x_i))^2+(y(x_j)-y(x_i))^2)}}{2\sigma_s^2}} \sqrt{\frac{(I(x_j)-I(x_i))^2}{2\sigma_c^2}}} \tag{2}$$

$$N(x_i) = \frac{\sum_{x_j \in \Omega} e^{\frac{\sqrt{(x(x_j)-x(x_i))^2+(y(x_j)-y(x_i))^2)}}{2\sigma_s^2}} \sqrt{\frac{(I(x_j)-I(x_i))^2}{2\sigma_c^2}}}{\sum_{x_j \in \Omega} e^{\frac{\sqrt{(x(x_j)-x(x_i))^2+(y(x_j)-y(x_i))^2)}}{2\sigma_s^2}} \sqrt{\frac{(I(x_j)-I(x_i))^2}{2\sigma_c^2}}} \tag{3}$$

где:

- D – значение глубины текущего пикселя;
- $\sigma_s$  – параметр кросс-билатерального фильтра;
- $\sigma_c$  - параметр кросс-билатерального фильтра;
- $\Omega$  - подмножество пикселей ядра;
- $x_j$  – текущий пиксель ядра;
- $x_i$  - текущий пиксель;
- $I(x_j)$  – яркость текущего пикселя ядра;
- $I(x_i)$  - яркость текущего пикселя;
- $x(x_j)$  – координата по оси x текущего пикселя ядра;
- $y(x_j)$  – координата по оси y текущего пикселя ядра;
- $x(x_i)$  – координата по оси x текущего пикселя;
- $y(x_i)$  – координата по оси y текущего пикселя.

В результате фильтрации при распространении глубины по объектам в результирующем изображении может произойти искажение карты глубины. Это связано с применением предложенной упрощенной модели определения глубины пикселей регионов (рис. 3).

Тогда, для получения более точных значений глубины пикселей (окончательной карты глубины) предлагается использовать «корректировку» результатов отфильтрованной по (1-3) карты с исходной картой глубины. Глубина пикселей объектов отображается градиентом белого (0 - 255).

2. Алгоритм генерации стереопары из карты глубины и исходного изображения

На основе сформированной карты глубины и исходного изображения можно сформировать стереопару.

При генерации левого и правого ракурса используется понятие стереоскопического параллакса [12] - изменение зрительного положения объекта в зависимости от точки наблюдения.

В соответствии с [13 - 15], при формировании стереопары учитывается положение объекта относительно экрана. Если объект находится за некоторой виртуальной экранной плоскостью, то такой объект называется объектом с положительным параллаксом, если перед - то с отрицательным параллаксом (рис. 4).

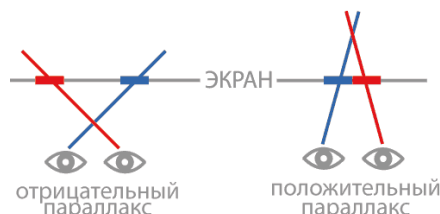


Рисунок 4 – Стереоскопический параллакс

Как видно из рисунка 4, чем дальше находится объект от экрана, тем больше значение его смещения для каждого глаза. Таким образом, объекты, находящиеся перед экраном, будут восприниматься человеком как явно объемные, причем чем ближе они расположены к виртуальной точке наблюдения, тем больше эффект объемности.

Таим образом, общая идея алгоритма генерации псевдо стерео изображения состоит в следующем: – выбрать положение виртуальной плоскости экрана и вычислить новые координаты пикселей объектов из исходного изображения (смещения по горизонтали) для левого и правого ракурсов в зависимости от положения объекта относительно виртуальной плоскости экрана, задаваемого полученной картой глубины.

В полученной карте глубины, объекты, имеющие цвет ближе к белому, находятся ближе к наблюдателю и будут размещены перед виртуальным экраном, остальные отнесены него.

В соответствии с этим, предлагают формулы (4,5) получения координат текущего пикселя для левого и правого ракурсов стереопары:

$$x_l = \begin{cases} x + \frac{B}{2} * \frac{d_x}{255}, & \text{если } d_x > 150 \\ x - \frac{B}{2} * \left(1 - \frac{d_x}{255}\right), & \text{иначе} \end{cases} \tag{4}$$

$$x_r = \begin{cases} x - \frac{B}{2} * \frac{d_x}{255}, & \text{если } d_x > 150 \\ x + \frac{B}{2} * \left(1 - \frac{d_x}{255}\right), & \text{иначе} \end{cases} \tag{5}$$

где:

- $x_1$  – координата по оси x текущего пикселя для левого ракурса;

$x_r$  – координата по оси  $x$  текущего пикселя для правого ракурса;

$x$  - координата по оси  $x$  текущего пикселя;

$d_x$  – значение глубины текущего пикселя;

$B$  – значение базиса (смещения для ракурсов).

Значение «150» ассоциировано с положением виртуальной экранной плоскости (0 – 255) и было установлено опытным путем как дающее приемлемый результат объемности, однако может быть изменено на любое другое. Заметим, что в существующих практических реализациях подобных систем это значение также может варьироваться и определяется желаемым «эффектом объемности» («слабое», «нормальное», «сильное»), однако слишком малые значения вызывают артефакты и зрительный дискомфорт.

Алгоритм генерации стереопары для псевдо 3D приведен на рис. 5.

```

Begin
  Do ( $i=0$  to  $i$ =ширина_кадра)
    Begin
      Do ( $j=0$  до  $j$ =высота_кадра)
        Begin
          If Глубина_пикселя( $i,j$ )>150 then
            Begin
              коорд_х_левого_кадра:=  $i + \text{Базис}/2*$ 
Глубина_пикселя( $i,j$ ) / 255;
              коорд_х_правого_кадра:=  $i - \text{Базис}/2*$ 
Глубина_пикселя( $i,j$ ) / 255;
            End
          Else
            Begin
              коорд_х_левого_кадра:=  $i - \text{Базис}/2*(1 - \text{Глу-}$ 
бина_пикселя( $i,j$ )/255);
              коорд_х_правого_кадра:=  $i + \text{Базис}/2*(1 -$ 
Глубина_пикселя( $i,j$ ) / 255);
            End
          If коорд_х_левого_кадра>0 And
коорд_х_левого_кадра<ширина_кадра
            Begin
              установить_значение_пикселя_в_левый_
ракурс(коорд_х_левого_кадра, $j$ , исх_цвет);
            End
          If коорд_х_правого_кадра>0 And ко-
орд_х_правого_кадра<ширина_кадра
            Begin
              установить_значение_пикселя_в_правый_
ракурс (коорд_х_правого_кадра, $j$ ,исх_цвет);
            End
          End
        End
      End
    End
  End

```

Рисунок 5 - Алгоритм генерации псевдо 3D- стереопары

### 3. Inpainting алгоритм

В результате получения стереопары, на обоих ракурсах возможно появление «дыр» -

часть информации исходного изображения теряется, значит необходимо восстановить утраченную информацию для ракурсов.

Задача восстановления недостающей информации является классической задачей обработки изображения. Алгоритмы, решающие данную проблему называются inpainting-алгоритмами.

Известны разные подходы к решению этой задачи [16 - 18]. Заметим, что реализации Inpainting-алгоритмов и сравнение их эффективности нигде не описано подробно, в связи с этим, был разработан собственный Inpainting-алгоритм на основе exemplar based inpainting algorithm [18].

Идея алгоритма состоит в постепенном распространении информации по поврежденной области от ее точек, граничащих с неповрежденными пикселями, вглубь к точкам, не граничащим с неповрежденными пикселями.

Таким образом, предлагаемый Inpainting алгоритм работает следующим образом:

1. Поврежденные пиксели формируются в регионы.
2. Восстановление региона начинается с пикселей, граничащих с неповрежденными.
3. Вычисляется значение цвета текущего поврежденного пикселя как среднее значение соседних пикселей.

Для ускорения работы алгоритм реализован как инкрементный.

Псевдокод предложенного Inpainting алгоритма представлен на рис. 6.

```

Begin
  Инициализация списка поврежденных пикселей();
  Инициализация матрицы всех пикселей изображения();
  Do ( $i=0$  to  $i$ =ширина_кадра)
    Begin
      Do ( $j=0$  to  $j$ =высота_кадра)
        Begin
          If тек_пиксель( $i,j$ ) поврежден then
            Begin
              Добавить тек_пиксель( $i,j$ ) в список_поврежденных_пикселей;
            End
          End
        End
        Количество_поврежденных_пикселей:=
Количество_элементов In список_поврежденных_пикселей;
        While Количество_поврежденных_пикселей!=0
          Begin
            Do ( $i=0$  to  $i$ =Количество_элементов In
список_поврежденных_пикселей)
              Begin
                If тек_пиксель( $i,j$ ) поврежден
                  Begin
                    Получить_количество_неповрежденных_
соседей (тек_пиксель( $i,j$ ));

```

```

    If количество_неповрежденных_соседей
    >=2 then
    Begin
    Изменить тек_пиксель(i,j) на
    НЕ_поврежден;
    Количество_поврежденных_пикселей--;
    Рассчитать_Цвет тек_пиксель(i,j);
    Установить_значение_тек_пикселя_
    изображения_результата(i,j, Цвет_пикселя(i,j));
    End
    End
    End
    End
    End
    End

```

Рисунок 6 - Inpainting алгоритм

4. Формирование стандартного стереокадра из стереопары

После получения стереопары из текущего кадра, необходимо сформировать из нее стерео кадр стандартного 3D-стерео формата.

Отметим, что выполнение данной процедуры не является строго обязательной и используется в основном для формирования структуры потокового 3D- видео в одном из стандартных форматов представления, а также для подготовки к выводу стерео 3D-изображений на стандартных 3D-устройствах отображения.

В зависимости от того, какой стандартный формат 3D- стерео требуется получить, выполняются следующие алгоритмические преобразования полученной стереопары:

1. Для полноразмерной горизонтальной стереопары (horizontal side-by-side) нужно, чтобы кадр-результат был в два раза больше по горизонтали текущих ракурсов, производится простая компоновка.

2. Для полноразмерной вертикальной стереопары (vertical OverUnder) кадр-результат должен быть в два раза больше по вертикали текущих ракурсов, производится простая компоновка.

3. Для получения анаморфной горизонтальной стереопары (anamorph horizontal side-by-side), необходимо сжать левый и правый ракурсы по горизонтали в два раза по сравнению с оригинальным изображением и записать сжатый левый ракурс в левую часть кадра-результата, а правый – в правую часть кадра-результата (или наоборот – для перекрестной).

4. Для получения анаморфной вертикальной стереопары (anamorph vertical OverUnder), необходимо сжать левый и правый ракурсы по вертикали в два раза по сравнению с оригинальным изображением и записать сжатый левый ракурс в верхнюю часть кадра-результата, а правый – в нижнюю часть кадра-результата (или наоборот – для перекрестной).

5. Для чересстрочного (interlaced) формата кадр-результат формируется как изображение, в котором чередуются строки из левого и правого кадров, при этом исходные кадры сжимаются в 2 раза, либо производится выборка из исходных кадров только четных/нечетных строк.

6. Для анаглифного (anaglyph) формата значение каждого пикселя стереокадра вычисляется на основе информации о цветах данного пикселя в каждом из ракурсов [19].

Следует отметить, что анаглифный формат – один из самых старых, обладающий проблемами в цветопередаче, однако самый универсальный – позволяет воспроизводить 3D- образы на не 3D-устройствах отображения. Остальные форматы для воспроизведения требуют наличия 3D-устройств отображения.

### Экспериментальное исследование преобразования 2D- изображений в 3D- псевдо стерео

Выполнено экспериментальное исследование предложенных алгоритмов преобразования 2D- изображений в 3D- псевдо стерео пару. Исследование производилось на двух тестовых стендах (табл. 1).

Таблица 1 - Конфигурация тестовых стендов

OS	CPU	RAM
Windows 7 Ultimate, x86	Intel Pentium Dual Core T4300 @ 2,1 ГГц	4 Гб, DDR3
	Intel Core 2 Quad Q9550 @ 2,83 ГГц	4 Гб, DDR3

Эксперимент проводился на примере кадра, взятого из фильма Star Wars: Episode II [20].

На рис. 7 представлены результаты экспериментальных исследований времени полной генерации стандартных 3D- стерео кадров (анаглиф и горизонтальный анаморф) из 2D изображения, где и исходные изображения заданы с разрешением 320x480, 800x600 и 1920x1080 пикселей соответственно (результаты показаны без учета времени обращения к диску для чтения и записи исходного и результирующего файлов).

Результаты реализации этапов алгоритма представлены на рис. 8.

Результаты проведенных экспериментов показывают, что предложенные подход и алгоритмы генерации 3D- псевдо стерео изображений из 2D изображений являются дееспособными, однако генерация псевдо 3D- стерео изображений для кадров высокого разрешения в реальном времени не представляется возможной, в связи с чем необходимо исследование организации архитектуры средств аппаратной поддержки.

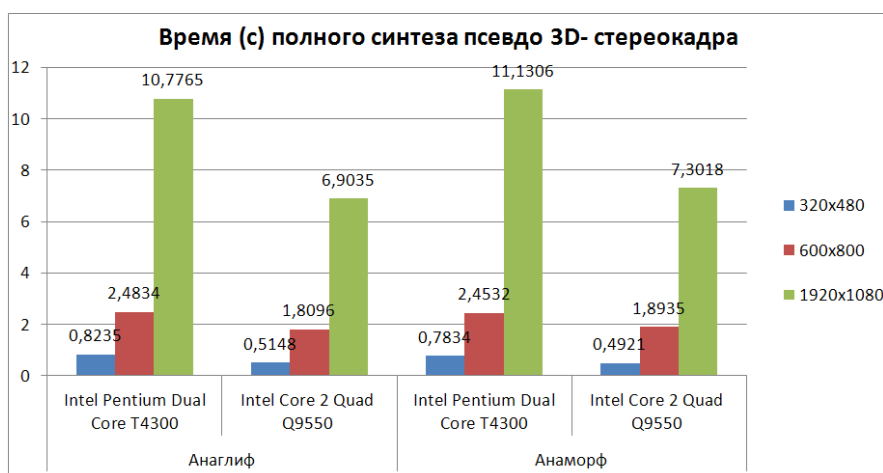


Рисунок 7 – Время полного синтеза псевдо 3D- из 2D изображения

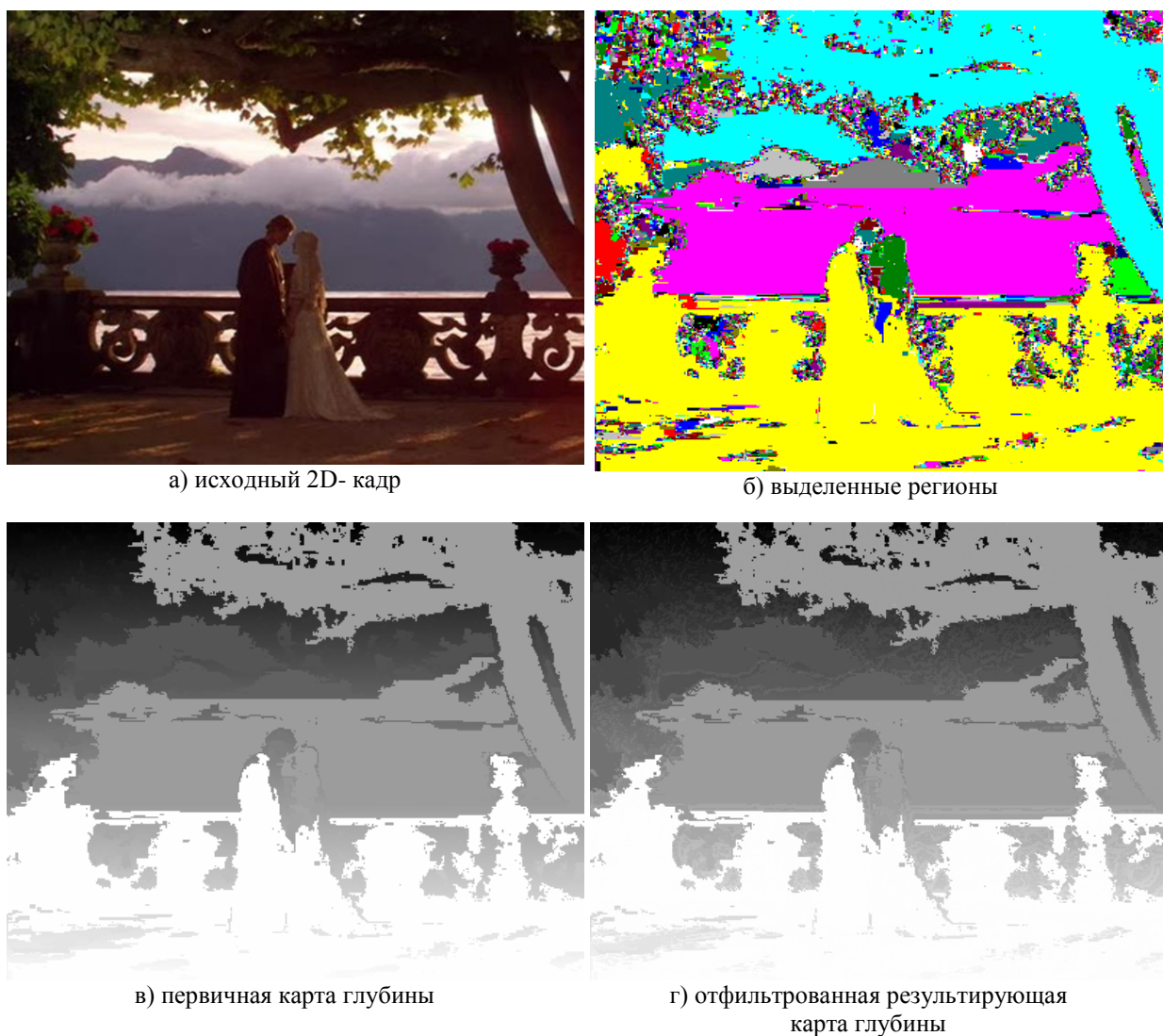


Рисунок 8 – Результаты экспериментальной генерации 3D- псевдо стерео из 2D изображения



д) сгенерированный левый ракурс



е) сгенерированный правый ракурс



ж) левый ракурс после inpainting



з) правый ракурс после inpainting



и) стереокадр в формате Color Anaglyphs



к) стереокадр в формате Anamorph Horizontal

Рисунок 8 (окончание) – Результаты экспериментальной генерации 3D- псевдо стерео из 2D изображения



**Заключення**

В статье предложена и детально рассмотрена общая концепция организации псевдо 3D-визуализации графического и видео контента для систем 3D- визуализации.

Сформулированы основные этапы и предложены алгоритмы решения задачи синтеза 3D-стерео изображений на основе 2D- изображений.

Показаны основные особенности организации синтеза стандартного 3D- стерео кадра, выполнено экспериментальное моделирование про-

цесса генерации полного стереокадра изображения, приведены результаты оценки его временной сложности. Результаты проведенных экспериментов показывают, что предложенный подход и алгоритмы генерации 3D- псевдо стерео изображений из 2D изображений являются дееспособными, однако генерация псевдо 3D- стерео изображений для кадров высокого разрешения в реальном времени не представляется возможной, в связи с чем необходимо исследование организации архитектуры средств аппаратной поддержки.

**Список использованной литературы**

1. Реалистическая пространственная визуализация с использованием технологий объемного отображения: моногр. / Е.А. Башков, С.А. Зори. – Донецк: ГВУЗ "ДонНТУ", 2014. – 150 с.
2. Порфилов П.А. Организация реалистичной стерео визуализации сцен 3D- графики / П.А. Порфилов, И.А. Звягинцев, С.А. Зори // Цифровая обработка сигналов и изображений (эл. изд.). – 2014. – С. 340
3. TRIPLE XD ENGINE от LG, обзор и характеристики [Электронный ресурс].– Режим доступа: [http://tab-tv.com/?page\\_id=3455](http://tab-tv.com/?page_id=3455)
4. Процессор изображения 3D HYPER REAL ENGINE от SAMSUNG, описание, обзор, технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://tab-tv.com/?page\\_id=2708](http://tab-tv.com/?page_id=2708)
5. Технологичный симбиоз. Телевизоры Sony BRAVIA KD-65X8505C и KDL-55W807C [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ferra.ru/ru/tv/review/android-tv-sony-bravia-kd-65x8505x-kdl-55w807c/#.VufAndKLQ5t>
6. Ручное создание карты глубины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://3dmasterkit.ru/forum/viewtopic.php?t=1638>
7. Акимов Д.А. Методы восстановления карты глубины сцены по одному изображению / Д.А. Акимов // Материалы XVIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых Ломоносов. – 2011. – С. 65-57.
8. С. С. Cheng, С. Т. Li and L. G. Chen, "A novel 2D-to-3D conversion system using edge information," in IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 56, no. 3, pp. 1739-1745, Aug. 2010. doi: 10.1109/TCE.2010.5606320
9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Технофера, 2005 – 1007 с.
10. Region growing methods. [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://www.owl.net.rice.edu/~elec539/Projects97/segment/grow.html>
11. Н. Lee, С. Jung and С. Kim, "Depth map estimation based on geometric scene categorization," Frontiers of Computer Vision, (FCV), 2013 19th Korea-Japan Joint Workshop on, Incheon, 2013, pp. 170-173. doi: 10.1109/FCV.2013.6485482
12. Параллакс. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Параллакс>
13. Геометрия стереофото съемки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/digimage/stereogeometry.shtml>
14. Ватолин Д.С. Введение в стереозрение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://courses.graphicon.ru/files/courses/mdc/2011/lectures/3D\\_intro\\_1\\_0.pdf](http://courses.graphicon.ru/files/courses/mdc/2011/lectures/3D_intro_1_0.pdf)
15. 3D – Природа объема. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.okno-tv.ru/biblio/detail.php?ELEMENT\\_ID=56608&SECTION\\_ID=56608](http://ru.okno-tv.ru/biblio/detail.php?ELEMENT_ID=56608&SECTION_ID=56608)
16. A.C. Kokaram, R.D. Morris, W.J. Fitzgerald, P.J.W. Rayner. Interpolation of missing data in image sequences. IEEE Transactions on Image Processing 11(4), 1509-1519, 1995
17. Masnou S. Level-lines based disocclusion / S. Masnou, J.M. Morel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://math.univ-lyon1.fr/~masnou/fichiers/publications/icip.pdf>
18. A. Criminisi, P. Perez and K. Toyama, "Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting," IEEE Trans. Image Process., vol. 13, pp. 1200–1212, 2004.
19. Anaglyph Methods Comparison. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.3dtv.at/knowhow/anaglyphcomparison\\_en.aspx](http://www.3dtv.at/knowhow/anaglyphcomparison_en.aspx)

---

20. Star Wars: Episode II Attack of the Clones. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <http://www.starwars.com/films/star-wars-episode-ii-attack-of-the-clones>

Надійшла до редакції 30.01.2016

**С.А. ЗОРИ, І.А. ЗВЯГІНЦЕВ**

Донецький національний технічний університет

**ОРГАНІЗАЦІЯ ПСЕВДО 3D- ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГРАФІЧНОГО І ВІДЕО КОНТЕНТУ**

У статті запропонована загальна концепція організації псевдо 3D- візуалізації графічного й відео контенту для систем 3D- візуалізації. Сформульовано основні етапи й запропоновані алгоритми рішення задачі синтезу 3D- стерео зображень на основі 2D- зображень. Показано основні особливості організації синтезу стандартного 3D- стерео кадру, виконане експериментальне моделювання процесу генерації повного стерео кадру зображення, наведені результати оцінки його тимчасової складності.

**Ключові слова:** 3D- візуалізація, псевдо 3D- стерео, стереопара зображень, стандартний 3D- стерео кадр, алгоритм, моделювання, тимчасова складність.

**S.A. ZORI, I.A. ZVYAGINCEV**

Donetsk National Technical University

**ORGANIZATION OF A PSEUDO 3D- VISUALIZATION OF GRAPHICS AND VIDEO CONTENT**

The article presents a general concept of the organization of Pseudo 3D- visualization of graphics and video content for 3D- visualization systems. The basic steps of algorithms for solving the problem of synthesis of 3D- stereo images based on 2D- Images are given. The basic features of synthesis organization of standard format of 3D- stereo frame, performed experimental simulation of generating a complete stereoframes and the results of its time complexity are shown.

**Keywords:** 3D- visualization, pseudo 3D- stereo, a stereo pair, 3D- stereo format, algorithm, modeling, time complexity.