

ОЦЕНКА КООРДИНАТ ОБЪЕМНЫХ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Ошаровская Е.В., Патлаенко Н.А., Солодкая В.И.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова,
65029, Украина, г. Одесса, ул. Кузнечная, 1.
osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

ОЦІНКА КООРДИНАТ ОБ'ЄМНИХ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ошаровська О.В., Патлаєнко М.О., Солодка В.І.

*Одеська національна академія зв'язку імені О.С. Попова,
65029, Україна, м. Одеса, вул. Ковальська, 1
osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

EVALUATION OF COORDINATES OF VOLUME TELEVISIONAL OBJECTS

Osharovskaya E.V., Patlaenko N.A., Solodka V.I.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kovalska St., Odessa 65029, Ukraine.
osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net, valentinka_1986_@mail.ru*

Аннотация. Представлена схема восстановления трёхмерного объекта с минимальной погрешностью при Wavelet-преобразованиях. Рассмотрены Wavelet-преобразования разных порядков с нормированными значениями шага дискретизации для повышения качества 3D изображения. Получены коэффициенты разложения 3D объекта в декартовой системе координат в среде Matlab

Ключевые слова: Wavelet-преобразование, 3D объекты, сетка, шаг дискретизации

Анотація. Представлена схема відновлення тривимірного об'єкту з мінімальною погрішністю при Wavelet-перетвореннях. Розглянуті Wavelet-перетворення різних порядків з нормованими значеннями кроку дискретизації для підвищення якості 3D зображення. Отримані коефіцієнти розкладання 3D об'єкту в декартовій системі координат в середовищі Matlab

Ключові слова: Wavelet-перетворення, 3D об'єкти, сітка, крок дискретизації

Abstract. A scheme of recovery three-dimensional object with a minimum error in Wavelet - transformations. Wavelet - conversion of different orders are considered with the fiducially resampling values to improve the quality of 3D images. Expansion coefficients are obtained for 3D object in a Cartesian coordinate system in the Matlab environment

Key words: Wavelet-transform, 3D objects, mesh, sampling step

Получение трехмерных моделей реальных объектов является актуальной задачей в различных областях человеческой деятельности. В настоящее время значительно возрос интерес к проблемам построения полигонально-сеточных 3D изображений, что проявляется, в частности, при обработке трехмерных телевизионных объектов. При этом необходимо оценить наиболее важные характеристики, такие как отношение сигнал/шум и погрешность измерения трехмерных координат.

Целью современных систем объемного телевидения является стремление к воспроизведению оптимального качества 3D изображения, которому соответствует максимальная реализация системы в рамках доступного ресурса, что является проблемой эффективного хранения и быстрого синтеза 3D изображения.

Реализация этой цели в современном мире телевидения использует представление 3D объекта в виде сетки, состоящей из координат вершин этого объекта и порядка их соединения. Увеличение детализации 3D изображений обеспечивается уменьшением шага сетки в сложных областях [3], что, в общем случае, свидетельствует о принципиально неравномер-

ной выборке в 3D пространстве. Если рассмотреть в качестве примера полый трехмерный объект, такой, что луч из любой иной точки внутри объекта пересекает его поверхность только в одной точке, то набор отрезков от узлов сетки до выбранного центра дает полное описание объекта в той же мере, как и пространственное распределение яркости изображения для двухмерного случая. Такой способ хранения информации о трехмерном объекте можно назвать универсальным, но, даже с учетом неравномерного шага дискретизации, требующем значительных объемов памяти для описания объекта, и, самое главное, подбора индивидуальных алгоритмов сжатия для каждого конкретного изображения [6].

Как известно, что для сжатия данных о геометрии трёхмерного объекта с потерями может быть применён трёхмерный аналог преобразования Фурье и Wavelet-преобразования.

В настоящей работе представляются результаты реализации алгоритма разложения 3D изображения. В качестве примера рассмотрим разложения сферы в среде Matlab.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ. Для описания подхода к системе оценки погрешности рассмотрим обобщенную схему (рис. 1). Такая схема осуществляет обработку трехмерной структуры объектов в пределах допустимых норм погрешности $1,0^{-4}$.



Рисунок 1 – Обобщенная схема восстановления сигнала с минимальной погрешностью

В состав схемы входит *исходный сигнал* – векторные значения, которые зависят от нескольких параметров: от времени и от частоты. Сигнал представляет собой тензор, который характеризует сжатие или растяжение и изменение формы в каждой точке тела при преобразовании координат. Компоненты тензора в трёхмерной декартовой системе координат образуют матрицу:

$$\sigma = [T^{e_1} T^{e_2} T^{e_3}] = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \sigma_{23} \\ \sigma_{31} & \sigma_{32} & \sigma_{33} \end{bmatrix},$$

столбцами которой являются нормали к поверхности e_1, e_2, e_3 .

Например, трехмерное изображение можно считать трехмерным сигналом, значением которого является яркость и цветность каждой точки изображения, а параметрами – координаты точки по горизонтали, вертикали и по глубине.

Преобразование координат происходит с помощью аффинных преобразований, которые на практике удобно задавать одной матрицей. При этом используются однородные координаты. Аффинное преобразование задается следующей матрицей T размерностью 4×4 :

$$T = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & t_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & t_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

где R_{ij} , представляет собой матрицу линейного оператора над пространством трехмерных векторов.

В общем случае произвольная матрица размера 4×4 задает проективное преобразование. Такие преобразования, как можно догадаться из названия, используются для проецирования трехмерной сцены.

На следующем этапе происходят *преобразования*, такие как: дискретное преобразование Фурье, дискретно косинусное преобразование Фурье, Wavelet – преобразования [2].

Следующим шагом на схеме идет векторное *квантование*, а также происходит ограничение частоты сигнала $\Delta x = x_n - x_{n-1}$, а именно происходит фильтрация некоторых компонентов. Кроме того, получившийся после квантования сигнал отличается от реального сигнала на величину порядка шага квантования Δx . Это различие носит название шума квантования, и оно принципиально неустранимо.

Следующее преобразование, необходимо для вычисления полусуммы и полуразности значений координат для получения более равномерных значений.

Среда передач, является каналом с АБГШ.

Целью работы является восстановление исходной сферы после различных преобразований координат с минимальной погрешностью.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ. Для выполнения эксперимента обработки трехмерных телевизионных объектов с равномерной сеткой [2] использовалась среда Matlab, в качестве тестового объекта выбрана сфера. Над сферой, представленной равномерной сеткой [1], проведен эксперимент с разным шагом дискретизации с нормированными значениями 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9, которые удовлетворяют теореме Котельникова для трехмерного случая [3]. Так как выбирается максимальная частота сигнала в нормированном диапазоне от 0 до 1, удовлетворяющей теореме Котельникова с частотой дискретизации f_d .

Для анализа оценки погрешности координат сферы использовали преобразование Фурье, дискретно-косинусное преобразование Фурье и Wavelet-преобразование Хаара, Добеши 4, 6, 8, 10 и 24-го порядка. Одно из основных преимуществ Wavelet-анализа заключается в локализации изменения сигнала в спектральной области [7].

Получены спектральные коэффициенты разложения сетки сферы, используя Wavelet-преобразование Хаара (рис. 2), Добеши 4-го порядка (рис. 3) и Добеши 24-го порядка (рис. 4) с нормированным значением шага дискретизации 0,5.

ИЗМЕРЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ. Переходя к измерению погрешностей координат, будем считать, что они обусловлены шумом квантования интенсивности вектора вершин I_x , I_y , I_z на основании которых рассчитываются нормали к отражающей поверхности, а так же наличием флуктуационного шума [5]. В конечном итоге это приводит к геометрическим искажениям полученным, в результате обработки объекта. Шум пространственной дискретизации при этом играет меньшую роль.

Рассмотрение начнем с определения погрешности, обусловленной шумом квантования I_x , I_y , I_z . В данном случае смещения вдоль строки на один пиксель [4] вызывает приращение координаты глубины, соответственно

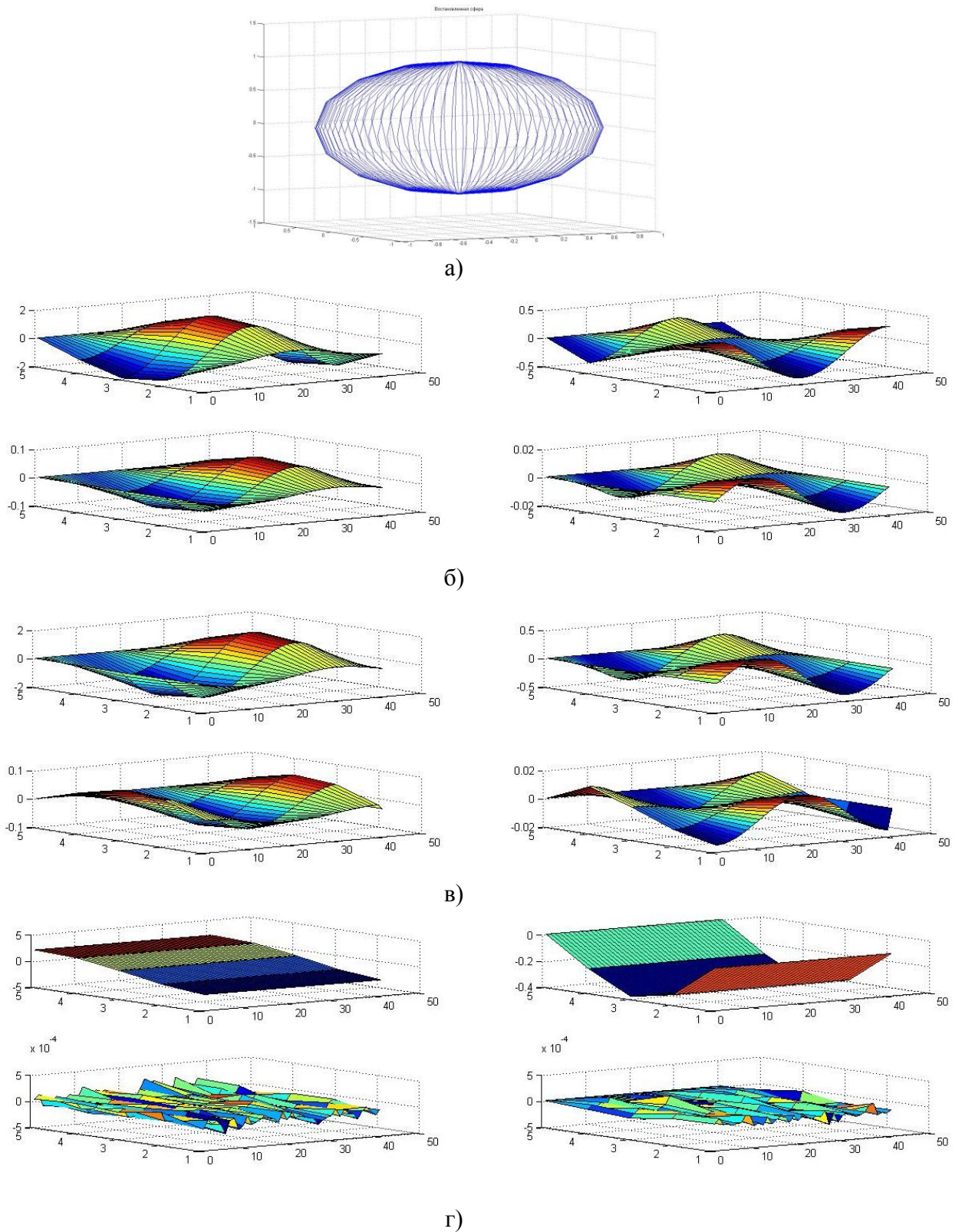


Рисунок 2 – Сфера, восстановленная после Wavelet-преобразования Хаара (а), коэффициенты разложения по оси X (б), коэффициенты разложения по оси Y (в), коэффициенты разложения по оси Z (г)

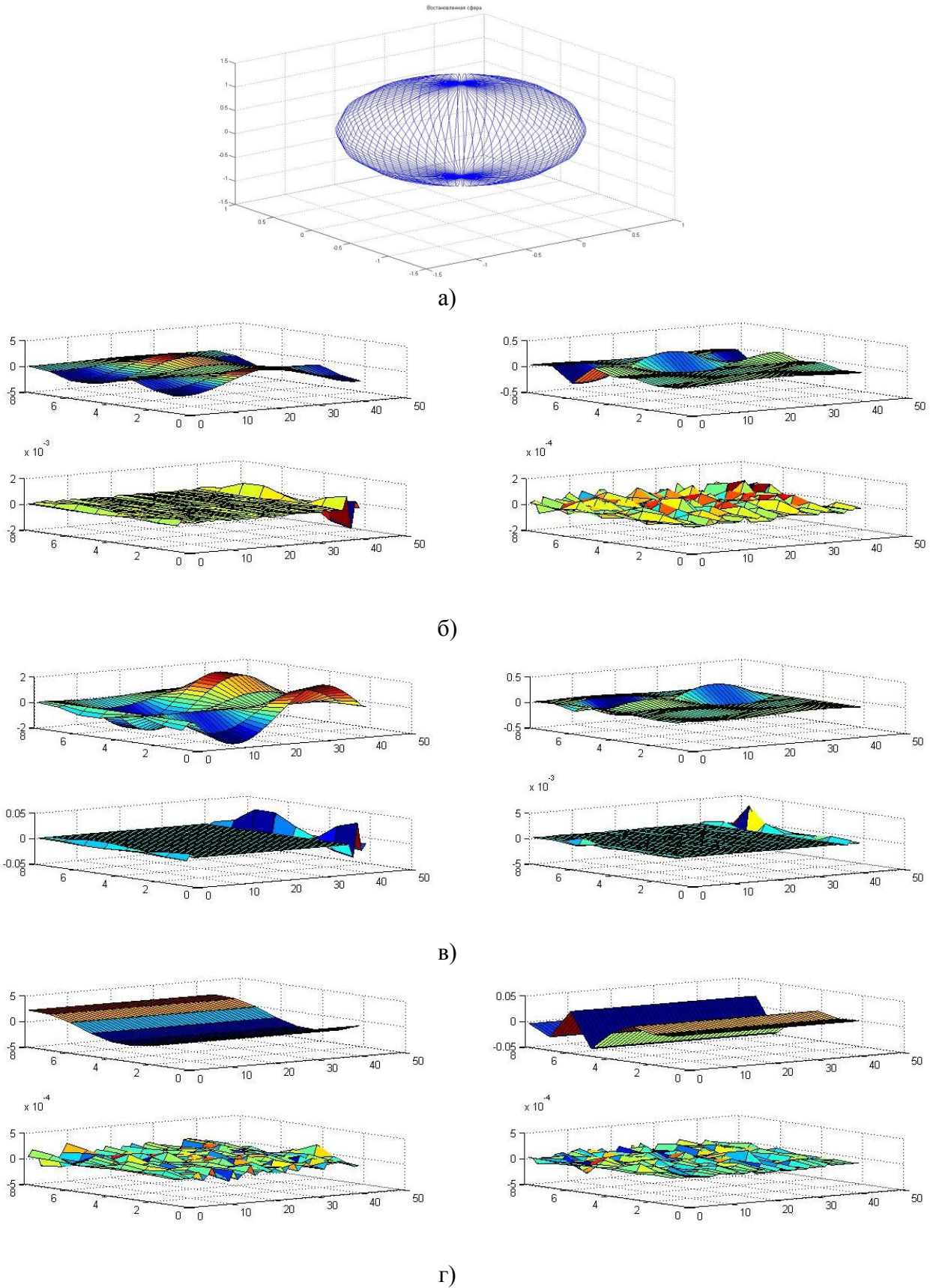


Рисунок 3 – Сфера, восстановленная после Wavelet-преобразования Добеши 4-го порядка (а), коэффициенты разложения по оси X (б), коэффициенты разложения по оси Y (в), коэффициенты разложения по оси Z (г)

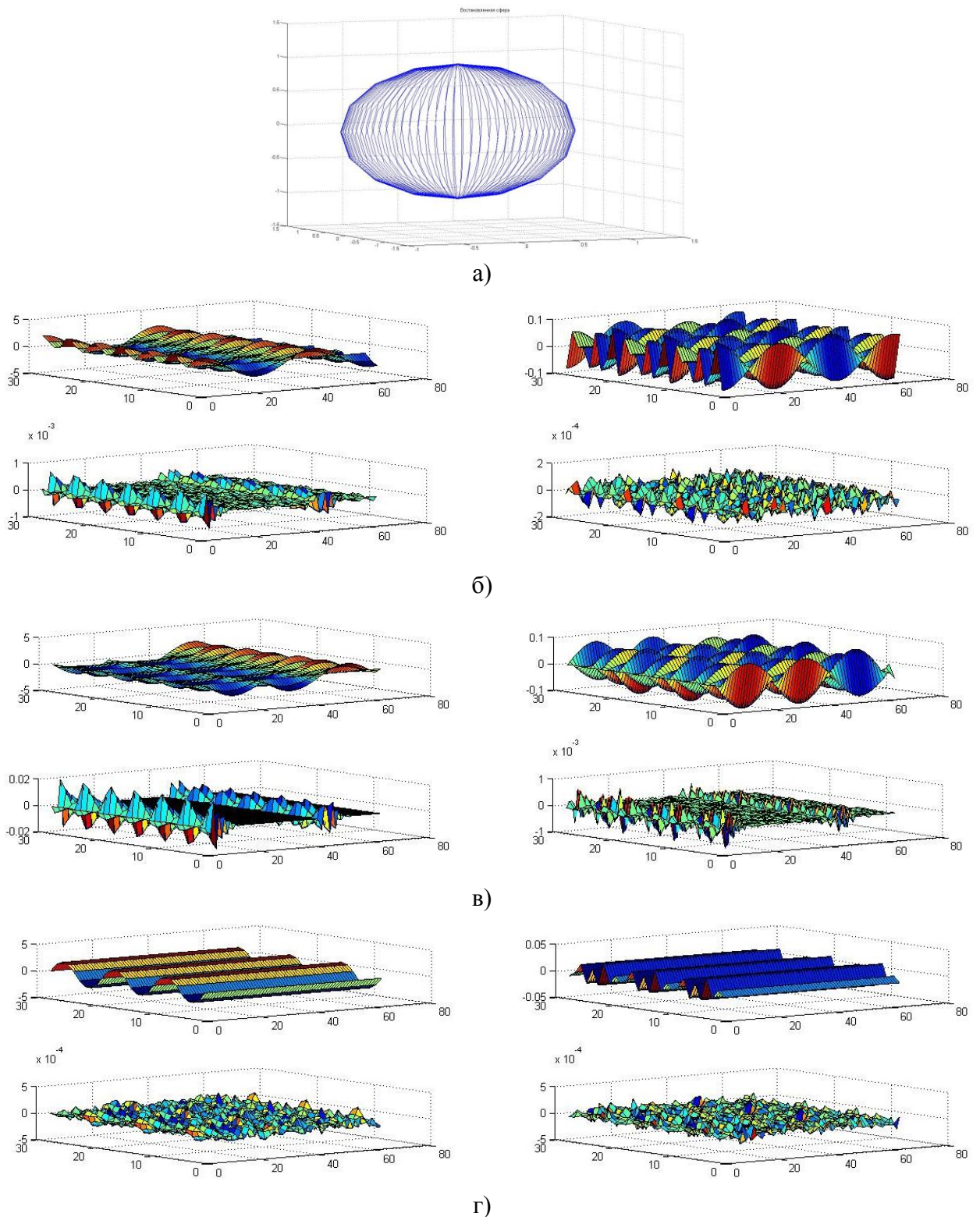


Рисунок 4 – Сфера, восстановленная после Wavelet-преобразования Добеши 24-го порядка (а), коэффициенты разложения по оси X (б), коэффициенты разложения по оси Y (в), коэффициенты разложения по оси Z (г)

$$M = \sum_{n_0}^N tg\varphi_N(l_0, n) + \sum_{l_0}^L tg\mu_N(l, N) + \sum_{k_0}^K tg\theta_N(k, K)$$

Здесь l , n и k – текущие номера строк и столбцов изображения, полученные после восстановления; l_0 , n_0 и k_0 – номера строк и столбцов сферы, для которой координата

глубины принята равной нулю; L , N и K – номера строки и столбца пикселя, для которого определяется дискретная координата глубины.

При этом $M = tg\varphi_N$. Поэтому погрешность, допущенная при измерении I_x , приводит к погрешности, с которой вычисляется $tg\varphi_N$ и как следствие, к погрешности вычисления координаты глубины. Сфера, показанная на рисунке 2а, дискретная в пространстве, для нее запишем выражения для дифференциалов dM_x , dM_y , dM_z :

$$dM_x = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_x} dI_x;$$

$$dM_y = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_y} dI_y;$$

$$dM_z = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_z} dI_z.$$

Поскольку погрешности dI_x , dI_y , dI_z - невелики, то от дифференциалов можно перейти к приращениям и записать:

$$\Delta M_x = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_x} \Delta I_x;$$

$$\Delta M_y = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_y} \Delta I_y;$$

$$\Delta M_z = \frac{d(tg\varphi_N)}{dI_z} \Delta I_z.$$

Измерения погрешности в зависимости от нормированного значения шага дискретизации приведены в табл. 1.

Таблица 1 –Погрешности, полученные после восстановления координат сферы

Преобразования	Нормированные значения шага дискретизации				
	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Дискретное преобразование Фурье	$1,22^{-14}$	$6,43^{-15}$	$3,11^{-15}$	$2,75^{-15}$	$2,55^{-15}$
Дискретное косинусное преобразование	$1,18^{-14}$	$8,14^{-15}$	$3,9^{-15}$	$3,45^{-15}$	$1,8^{-15}$
Преобразование Хаара	$8,31^{-18}$	$8,28^{-15}$	$8,0^{-15}$	$8,21^{-15}$	$8,0^{-15}$
Добеши 4-го порядка	$2,7^{-18}$	$2,73^{-11}$	$2,78^{-11}$	$2,87^{-11}$	$2,99^{-11}$
Добеши 6-го порядка	$2,2^{-11}$	$2,22^{-11}$	$2,27^{-11}$	$2,35^{-11}$	$2,48^{-11}$
Добеши 8-го порядка	$4,0^{-11}$	$4,11^{-11}$	$4,32^{-11}$	$4,68^{-11}$	$5,18^{-11}$
Добеши 10-го порядка	$6,66^{-11}$	$6,52^{-11}$	$6,31^{-11}$	$6,13^{-11}$	$6,04^{-11}$
Добеши 24-го порядка	$8,35^{-10}$	$8,0^{-10}$	$7,71^{-10}$	$7,9^{-10}$	$9,32^{-10}$

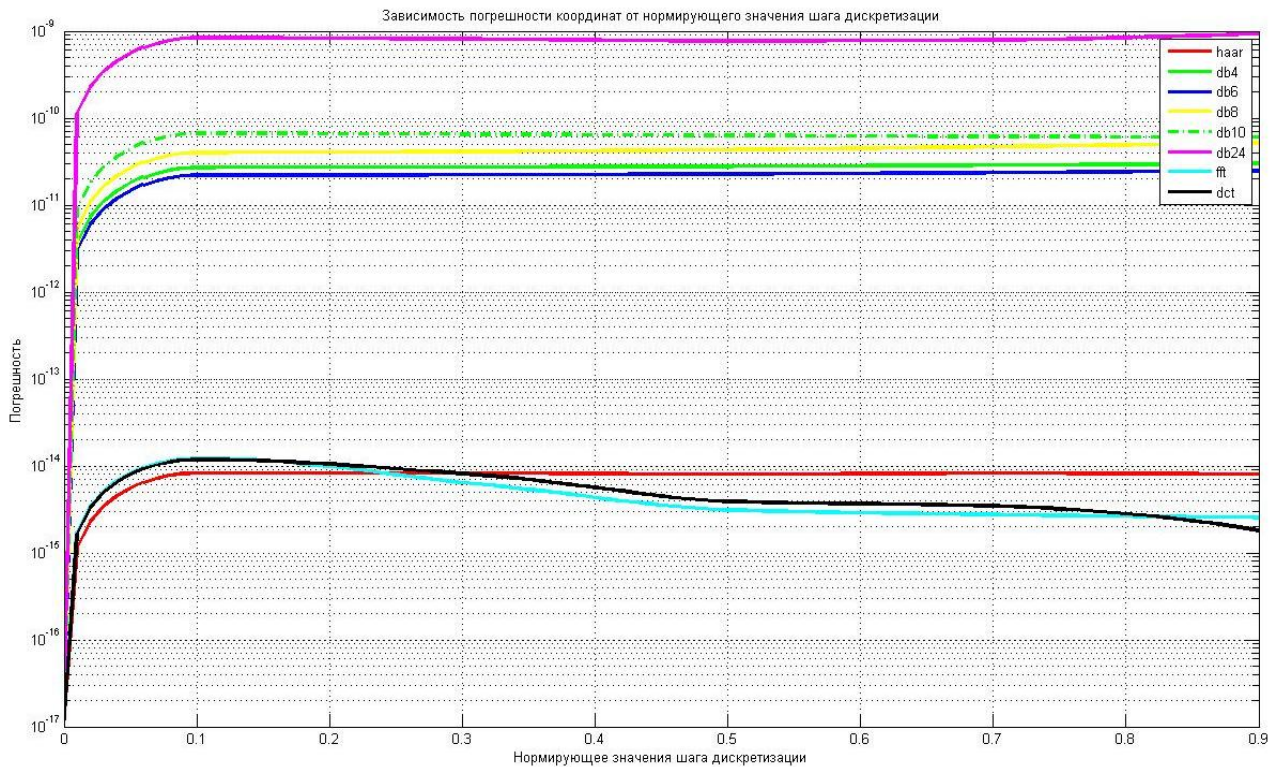


Рисунок 5 – Зависимость погрешности координат сферы от нормированного значения шага дискретизации

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ. Так как при преобразовании, квантовании и обработке координат 3D объекта погрешность может увеличиваться, при этом отношения сигнал/шум уменьшатся [8]. На рис. 6 показано отношения сигнал/шум для восстановленной сферы от погрешности для Wavelet-преобразования.

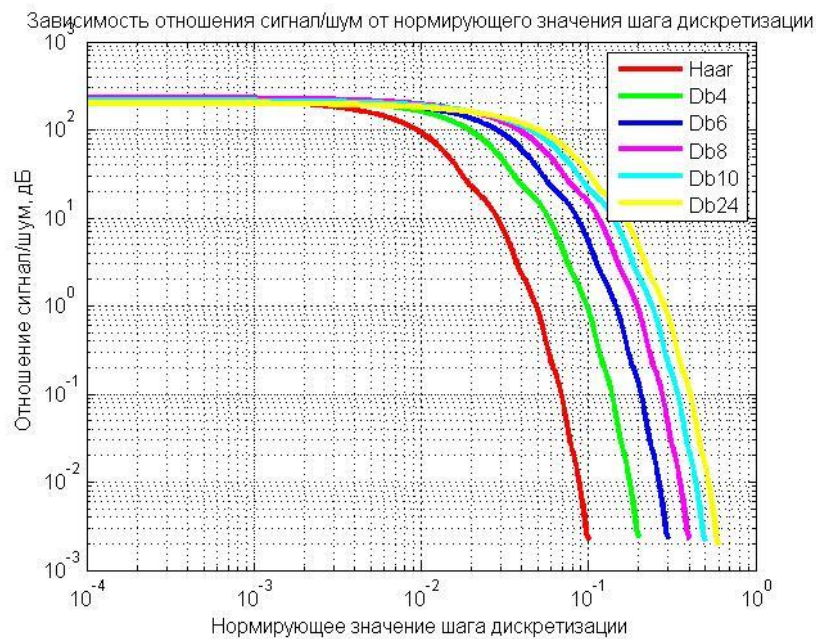


Рисунок 6 – Зависимость отношения сигнал/шум от нормированного значения шага дискретизации для восстановленной сферы

Использование спектров коэффициентов разложения 3D объектов для реализации алгоритмов ускорения визуализации является новым направлением в современном телевидении. Предложена реализация сферы в виде сетки, состоящей из координат вершин этого объекта и

порядка их соединения. Увеличение детализации 3D изображений обеспечивается уменьшением шага дискретизации сетки в сложных областях, что в общем случае, свидетельствует об эффективном хранении и быстром синтезе 3D изображения.

Как видно из графиков спектральных коэффициентов разложения (рис. 2...4) сферы, можно сделать вывод, что всплески по осям x и y более выявлены, чем по оси z , поэтому шаг дискретизации по оси z можно выбирать больше, что позволяет сэкономить время обработки координат объекта в среде Matlab.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Солодка В.И. Оценка погрешностей координат 3D ТВ объектов. / В.И.Солодка, Е.В.Ошаровская, Н.А.Патлаенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014г. – № 13. – с. 37 – 40.
2. Солодка В.И. Анализ методов стиснення цифрових відеопослідовностей у телевізійних системах / В.И. Солодка, Н.А. Патлаєнко, М.І. Арделян // Цифрові технології. – 2012. – № 12. – С. 117 – 122.
3. Ошаровская Е.В. Методы построения сеток в трёхмерных областях / Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаенко, В.И. Солодка / "Східноєвропейський журнал передових технологій". – 2011. – № 5/4 (53),
4. Niedemayer, M. (2003), "DIVX3 / MS-MPEG4v1-v3 / WMV7-8", GNU Free Documentation Li, W., Ohm, J.-R., Schaar, M., Jiang, H., Li S.
5. Jacklin, M. (2002), "MPEG-4 - The Media Standard", MPEG-4 Industry Forum.
6. Li, S. (2001), "Coding of Moving Pictures and Audio: MPEG-4 Video Verification Model", v. 18, N3908 (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11), Pisa.
7. E. P. Simoncelli and E. H. Adelson, "Noise removal via Bayesian wavelet coding," in Proc. 3rd Int. Conf. Image Processing, Lausanne, Switzerland, Sep.1996, vol. I ,pp. 379–382.
8. Шайдуrow В.В. Многосеточные методы конечных элементов./– М., Наука, 1989. – 288с.
9. Witten, I., Radford, M., Cleary, J. (1987), "Arithmetic coding for data compression", Vol. 30 No 6 pp. 520-40 Communications of the ACM.

REFERENCES:

1. Patlaenko, N.A., V.I. Solodkaya, and E.V. Osharovskaya. "Estimate of Errors of Coordinates of 3D TV of Objects." *A Measuring and Calculable Technique Is in Technological Processes* № 13 (2014): 37-40.
2. Patlaenko, N.A., M.I. Ardelyan, and V.I. Solodka. "Analysis of Methods of Compression of Digital Videos of Sequences at the Television Systems." *Digital Technologies* № 12 (2012): 117-22.
3. Osharovskaya, E.V., N.A. Patlaenko, and V.I. Solodkaya. "The Method of Constructing Grids in Three-dimensional Domains." *East European Journal of Advanced Technologies* № 5/4.53 (2011): 56-58.
4. Niedemayer, M., W. Li, M. Schaar, and H. Jiang. *DIVX3 / MS-MPEG4v1-v3 / WMV7-8*. N.p.: n.p., 1985.
5. Jacklin, M. *MPEG-4 - The Media Standard*. N.p.: n.p., 2002.
6. Li, S. "Coding of Moving Pictures and Audio: MPEG-4 Video Verification Model." *ISO/IEC JTC1/SC29/WG11* 18.N3908 (2001): Pisa.
7. Simoncelli, E.P., and E.H. Adelson. "Noise Removal via Bayesian Wavelet Coring." *Conf. Image Processing, Lausanne, Switzerland* 1 (1996): 379-382.
8. Shaydurov, V.V. *The Multiple-wire Methods of Eventual Elements*. M.: Science, 1989. Print. Ser. 288.
9. Witten, I., M. Radford, and J. Cleary. "Arithmetic Coding for Data Compression." *Communications of the ACM* 30.№ 6 (1987): 520-540.