

ВЛИЯНИЕ УГЛА ПОВОРОТА ОБЪЕКТА НА КАЧЕСТВО 3D ИЗОБРАЖЕНИЯ

Ошаровская Е.В., Патлаенко Н.А., Солodka 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*

ВПЛИВ КУТА ПОВОРОТУ ОБ'ЄКТА НА ЯКІСТЬ 3D ЗОБРАЖЕННЯ

Ошаровська О.В., Патлаєнко М.О., Солodka 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*

INFLUENCE OF THE OBJECT ROTATION ANGLE ON THE 3D IMAGES QUALITY

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

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications,
1 Kovalska St, Odessa, Ukraine, 65029
osharovskaya@mail.ru, nick_msa@ukr.net, valentinka_1986@mail.ru*

Аннотация. В статье приведены результаты исследования точности представления трехмерного объекта "Голова", описанного триангуляционной сеткой и предназначенного для передачи в телевизионной системе. С целью сжатия информации о вершинах треугольников сетки использовано несколько вариантов трехмерного вейвлет преобразования. В частности, исследовались преобразования Добеши 4, койфлет 2, симплет 4, дискретное Майера, биортогональные 2 и 4. Приведены коэффициенты вейвлет разложений триангуляционной сетки объекта по горизонтали, вертикали и диагонали для осей X, Y, Z. Показаны зависимости погрешности представления трехмерных координат сеточного объекта "Голова" от поворота вокруг произвольной оси относительно центра координат и применения wavelet-преобразований разного типа. Определены пороговые значения отношения сигнал/шум, позволяющие восстанавливать координаты с заданной допустимой погрешностью.

Ключевые слова: 3D-TV, полигональная сетка, вершины, wavelet-преобразования.

Анотація. У статті надано результати дослідження точності надання тривимірного об'єкта "Голова", описаного триангуляційною сіткою і призначеного для передачі в телевізійній системі. З метою стиснення інформації про вершини трикутників сітки використано кілька варіантів тривимірного вейвлет перетворення. Зокрема, досліджувалися перетворення Добеши 4, койфлет 2, симплет 4, дискретне Майера, біортогональні 2 і 4. Надані коефіцієнти вейвлет розкладань триангуляційної сітки об'єкта по горизонталі, вертикалі і діагоналі для осей X, Y, Z. Показані залежності похибки надання тривимірних координат сіткового об'єкта "Голова" від повороту навколо довільної осі відносно центра координат і застосування вейвлет-перетворень різного типу. Визначені порогові значення відносини сигнал/шум, що дозволяють відновлювати координати із заданою допустимою похибкою.

Ключові слова: 3D-TV, полігональна сітка, вершини, wavelet-перетворення.

Abstract. The article presents the results of a study the accuracy of three-dimensional representation the object "Head", which was described by a triangulated mesh and destined for transmission in a television system. There were used several variants of the three-dimensional wavelet transforms for the purpose of the mesh vertices data compression. In particular, we studied the following transforming types: Daubechies 4, Wavelet Coiflets 2, Symlets 4, Discrete Meyer, Biorthogonal 2.4, Biorthogonal 4.4. There are given the coefficients of the wavelet decompositions of triangulated mesh of the object in the horizontal, vertical and diagonal directions to the axes X, Y, Z. We obtained the dependence the error representation of three-dimensional coordinates of the mesh object "Head" from the rotation around an arbitrary axis relative to the center coordinate and the application of wavelet transforms of different types. We have defined threshold signal-to-noise ratio, which allow restoring the coordinates with a predetermined acceptable margin of error.

Key words: 3D-TV. Polygonal mesh, vertices, wavelet-transformation.

Для описания сложных объемных реальных объектов сетками необходимо двигаться в направлении уменьшения вычислительных мощностей, так как в классическом виде каждая вершина объекта подвергается математическому преобразованию, что увеличивает на порядок вычислительные затраты. Для уменьшения вычислительной сложности полигонально-сеточной модели предлагается переход в спектральную область путем разбиения объекта на субполосные области с дальнейшей фильтрацией при помощи вейвлет-преобразований.

В данной работе исследуемый трехмерный объект "Head" (рис. 1) содержит 1258 вершин и 3774 координат. Над данным объектом производился поворот вокруг произвольной оси относительно центра координат.

$$X' = x \cos \alpha + y \sin \alpha + z \sin \alpha,$$

$$Y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha - z \sin \alpha,$$

$$Z' = -x \sin \alpha + y \sin \alpha + z \cos \alpha,$$

где, x, y, z – исходные координаты точки; X', Y', Z' – новые координаты точки.

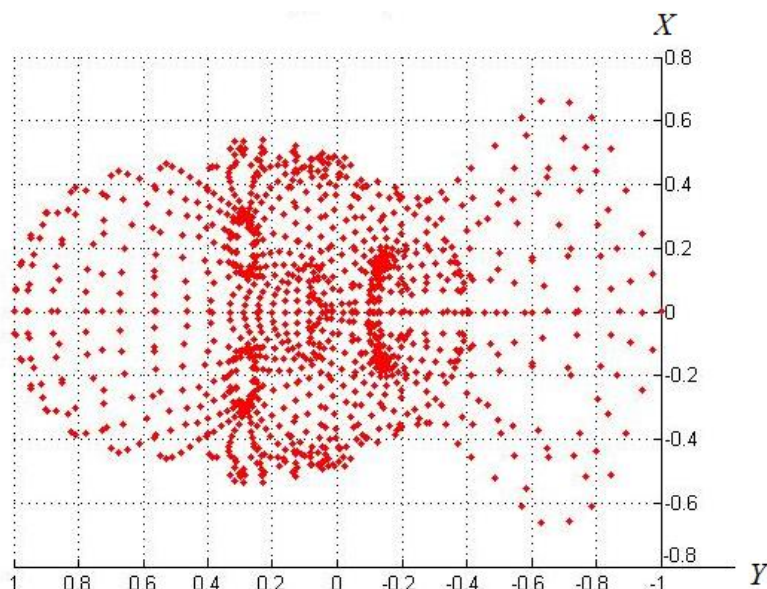
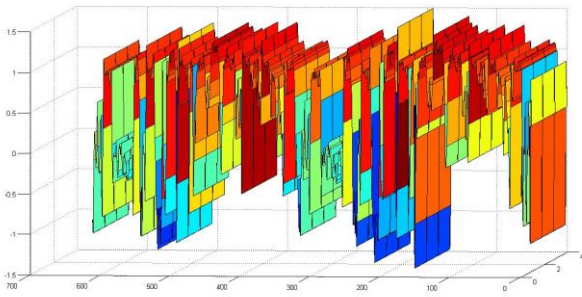


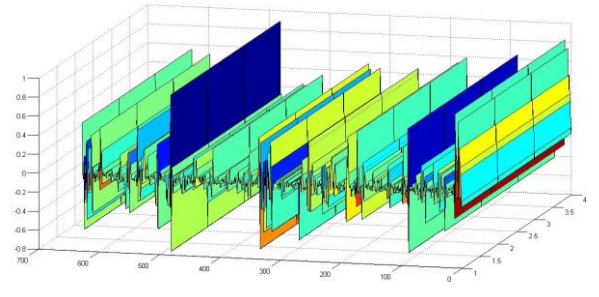
Рисунок 1 – Исследуемый объект „Head”

Для увеличения скорости обработки реального объекта (рис. 1) были использованы вейвлет-преобразования [1] таких типов: Daubechies 4, Wavelet Coiflets 2, Symlets 4, Discrete Meyer, Biorthogonal 2.4, Biorthogonal 4.4. Исследуемый объект для дальнейшей обработки не подвергался дополнительными искажениями. Например, при использовании Daubechies 4 на выходе получают следующие коэффициенты разложения:

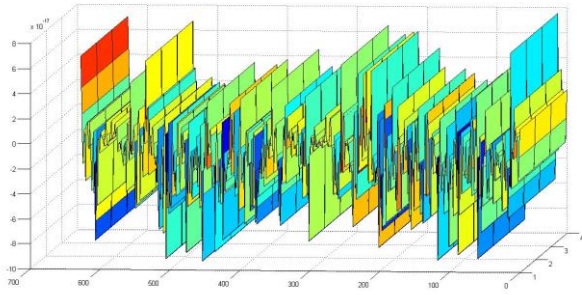
- коэффициенты аппроксимации по X , по Y , по Z (рис. 2, а);
- коэффициенты разложения по горизонтали по X , по Y , по Z (рис. 2, б);
- коэффициенты разложения по вертикали по X , по Y , по Z (рис. 2, в);
- коэффициенты разложения по диагонали по X , по Y , по Z (рис. 2, г).



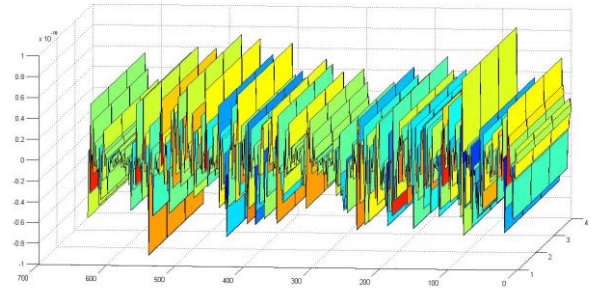
а)



б)



в)



г)

Рисунок – 2 Коэффициент аппроксимации по Z (а); коэффициент разложение по горизонтали для Z (б); коэффициент разложение по вертикали для Z (в); коэффициент разложение по диагонали для Z (г)

Для повышения скорости работы алгоритма необходимо отфильтровать незначительные коэффициенты (которые фактически не влияют на восстановление объекта). Определяем данный порог аналитически, при этом получаем глубину вейвлет-преобразования $n = \log_2(\max(C_{i,j}))$, где $C_{i,j} \geq 2^n$ – это заданный порог. Следовательно, те коэффициенты, которые удовлетворяют порогу, остаются, а остальные обнуляются, как показано на рис. 3, где показано распределение горизонтальных составляющих координат по оси Z (рис. 3).

При обратном вейвлет-преобразовании учитываются все коэффициенты разложения, в том числе и обнуленные, количество элементов восстановленного объекта совпадает с исходными (рис. 4).

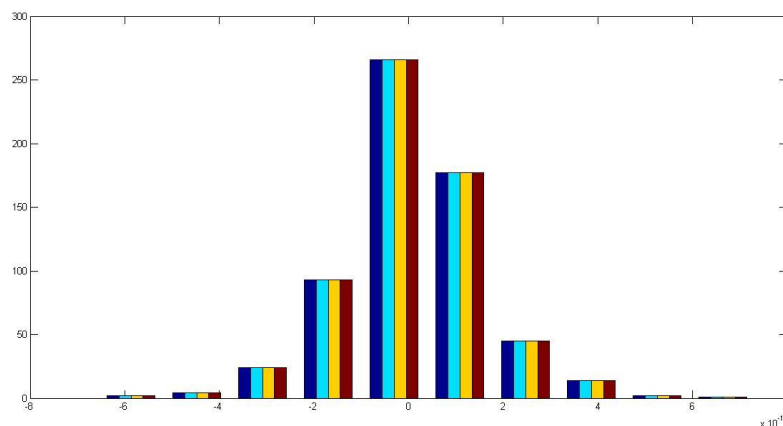


Рисунок 3 – Распределения горизонтальных составляющих координат по Z

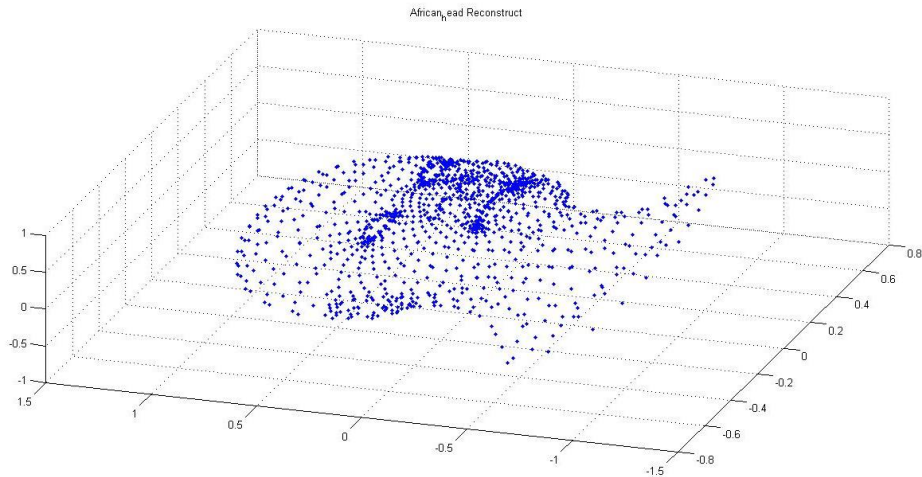


Рисунок 4 – Восстановленный объект „Head”

Для восстановленного объекта «Head» [3] были получены зависимости отношения сигнал/шум при повороте 3D сеточного объекта вокруг произвольной оси относительно центра координат. Также определены абсолютные погрешности [2] координат восстановленного объекта „Head” после вейвлет-преобразований (табл. 1), и вычислены относительные погрешности вершин для новых координат объекта по осям X, Y, Z:

$$\delta_x = \frac{\Delta}{X'} \cdot 100 \% ,$$

$$\delta_y = \frac{\Delta}{Y'} \cdot 100 \% ,$$

$$\delta_z = \frac{\Delta}{Z'} \cdot 100 \% ,$$

где Δ – это абсолютная погрешность; X', Y', Z' – восстановленные координаты объекта.

Таблица 1 – Исследование „Head” по оси X, Y, Z

Вейвлет-преобразование	Исследованные параметры	Координаты	Поворот координат объекта, мин.				
			0'	15'	30'	45'	60'
1	2	3	4	5	6	7	8
Daubechies 4	Отношение с/ш	X	113,62	55,42	49,39	45,87	43,37
		Y	114,86	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	109,58	56,83	50,81	47,28	44,77
	Относительная погрешность, %	X	$7,85 \cdot 10^{-9}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0,0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$3,77 \cdot 10^{-8}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$2,7 \cdot 10^{-7}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,33 \cdot 10^{-4}$	-0,0012
Wavelet Coiflets 2	Отношение с/ш	X	113,59	55,42	49,40	45,87	43,37
		Y	114,48	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	110,19	56,83	50,81	47,28	44,77

1	2	3	4	5	6	7	8
	Относительная погрешность, %	X	$-2,64 \cdot 10^{-8}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0.0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$-1,59 \cdot 10^{-7}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$-1,48 \cdot 10^{-7}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,33 \cdot 10^{-4}$	-0,0012
Symlets 4	Отношение с/ш	X	113,79	55,42	49,40	45,87	43,37
		Y	114,55	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	109,67	56,83	50,81	47,28	44,77
	Относительная погрешность, %	X	$-8,32 \cdot 10^{-8}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0,0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$9,72 \cdot 10^{-8}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$-5,56 \cdot 10^{-8}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,33 \cdot 10^{-4}$	-0,0012
Discrete Meyer	Отношение с/ш	X	113,55	55,42	49,40	45,87	43,37
		Y	114,31	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	110,12	56,83	50,81	47,28	44,77
	Относительная погрешность, %	X	$-2,01 \cdot 10^{-8}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0,0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$5,71 \cdot 10^{-9}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$-1,41 \cdot 10^{-8}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,33 \cdot 10^{-4}$	-0,0012
Biorthogonal 2.4	Отношение с/ш	X	113,79	55,42	49,40	45,87	43,37
		Y	114,54	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	109,70	56,83	50,81	47,28	44,77
	Относительная погрешность, %	X	$-5,50 \cdot 10^{-8}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0,0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$3,28 \cdot 10^{-8}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$-5,95 \cdot 10^{-8}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,33 \cdot 10^{-4}$	-0,0012
Biorthogonal 4.4	Отношение с/ш	X	113,68	55,42	49,40	45,87	43,37
		Y	114,66	59,36	53,35	49,83	47,34
		Z	109,88	56,83	50,81	47,28	44,77
	Относительная погрешность, %	X	$-9,87 \cdot 10^{-9}$	$-7,95 \cdot 10^{-4}$	-0,0016	-0,0024	-0,0032
		Y	$5,06 \cdot 10^{-8}$	0,0011	0,0022	0,0033	0,0045
		Z	$-1,46 \cdot 10^{-8}$	$-3,15 \cdot 10^{-4}$	$-6,26 \cdot 10^{-4}$	$-9,32 \cdot 10^{-4}$	-0,0012

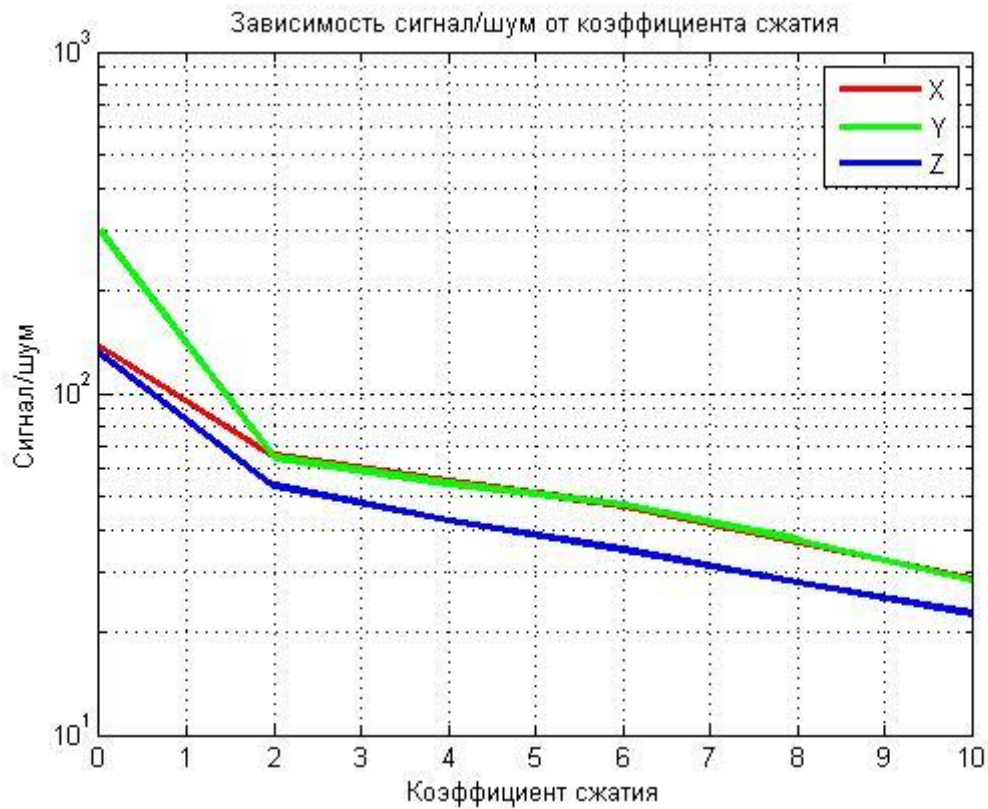


Рисунок 5 – Зависимость отношения сигнал/шум от угла поворота координат объекта „Head”

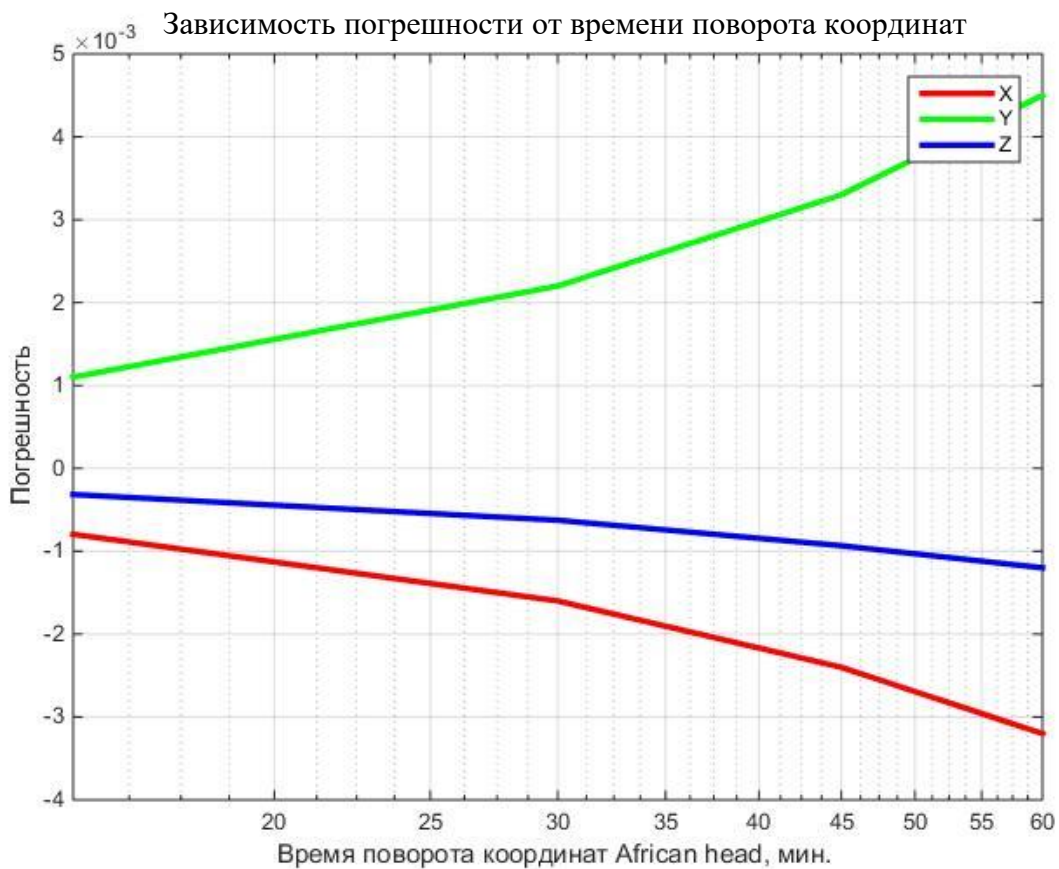


Рисунок 6 – Зависимость погрешности от угла поворота координат объекта „Head”

В данной работе был принят порог отношения сигнал/шум 35 дБ для поворотов по осям X , Y , Z относительно центра координат. Для оси X при повороте на 150° отношение сигнал/шум составляет 35,43 дБ, а погрешность – 0,0079 %. При повороте по оси Y на 240° отношение сигнал/шум принимает значение 35,37 дБ, а погрешность – 0,018 %. При повороте по оси Z приближение к пороговому значению отношения сигнал/шум 35 дБ, достигается при повороте на 180° , при отношении сигнал/шум 35,33 дБ, а погрешность – 0,0035 %.

Суммируя результаты исследования, можно прийти к следующим выводам:

1. Для вейвлет-преобразований в литературе преимущество отдают Daubechies и Symlets, но как видно из исследований для кодировки сеточных объектов можно использовать все существующие преобразования.

2. Больше внимание необходимо уделять уровню квантованию, что показывает разрядность вектора.

3. Z – координата является наиболее не критичной координатой к углу поворота, так как определяет глубину объекта. Известно, что разрешающая способность человеческой зрительной системы наименее чувствительна к глубине, таким образом ось Z можно подвергать более крупному шагу квантования и дискретизации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ошаровская Е. В. Оценка точности восстановления полигональных сеток пространственных видеоизображений в трехмерном пространстве / Е. В. Ошаровская, В. И. Солодкая, Н. А. Патлаенко, Л. Т. Зиангирова // Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2014. – № 2 (5) – С. 96 – 100.
2. Солодкая В.И. Оценка погрешностей координат 3D ТВ объектов / В.И. Солодка, Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаенко // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – № 13. – С.37 – 39.
3. Ошаровская Е.В. Методы построения сеток в трехмерных областях / Е.В. Ошаровская, Н.А. Патлаенко, В.И. Солодкая // Східно-Європейській журнал передових технологій. – 2011. – № 5/4(53). – С. 8 – 11.

REFERENCES:

1. E.V. Osharovskaya, N.A. Patlaenko, V.I. Solodkaya, L.T. Zianhirova Estimates for the accuracy recovery polygonal meshes spatial videos in three dimensional space // Zbirnik Naukova Pratzen Odeskoї State Academy of Quality tehničnogo reguluvannya that number. – (2014). – No 2(5). – Pp.96 – 100.
2. V.I. Solodka, E.V. Osharovskaya, N.A. Patlaenko Error Estimates coordinates 3D TV objects // A measuring and calculable technique is in technological processes. – (2014). – No13. – Pp.37 – 39.
3. E.V. Osharovskaya, N.A. Patlaenko, V.I. Solodkaya METHODS CREATION OF GRIDS IN THREE-DIMENSIONAL AREAS // Eastern-European Journal of Enterprise technologies. – (2011). – Vol 5. No 4(53). – Pp. 8 – 11.