

3. Замятина О.М. Моделирование сетей: учебное пособие / О.М. Замятина: Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 168 с.

4. OPNET [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.riverbed.com/products/performance-management-control/opnet.html>

## **ОБЗОР РАЗРАБОТОК В СФЕРЕ ПАНОРАМНОЙ СЪЕМКИ**

**Бабаринов С.Л.**

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

**Щепилова Д.В.**

г. Белгород, ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,  
05.13.17 – «Теоретические основы информатики»

**Аннотация.** При разработке решений в сфере панорамной съемки необходимо опираться на опыт, полученный в ходе проектирования существующих систем, а также на основные тренды применения решений панорамной съемки, которые позволяют сосредоточиться на выборе тех или иных технических решений.

Для реализации концепта конкурентоспособной продукции необходимо изучить весь спектр имеющихся продуктов-конкурентов, для определения рыночной ниши для серийных образцов продукта. Анализ продуктов конкурентов также может дать ответ на возможные векторы развития прототипа в сторону более узконаправленных решений.

В настоящее время на мировом рынке существуют несколько решений для профессиональной панорамной съемки 360°. Они находятся в разной степени готовности и используют различные конструктивные подходы к съемке, обработке и постобработке изображений.

Среди основных направлений использования систем объемной панорамной съемки можно выделить следующие [1]:

- 1) Системы виртуальной реальности;
- 2) Системы дополненной реальности.

На сегодняшний момент среди разработок в сфере объемной панорамной съемки лидируют решения для виртуальной реальности.

Можно выделить несколько основных течений в данном направлении [2,3,1]:

- Игровые приложения:

Интерактивные компьютерные игры основаны на взаимодействии игрока с создаваемым ими виртуальным миром. Многие из них основаны на отождествлении игрока с персонажем игры, видимым или подразумеваемым. Существует устоявшееся мнение [4], что качественная трёхмерная графика обязательна для качественного приближения виртуального мира игры к реальности. Если виртуальный мир игры не отличается графической красотой, схематичен и даже двумерен, погружение пользователя в этот мир может происходить за счёт захватывающего игрового процесса, характеристики которого индивидуальны для каждого пользователя. С помощью технологий объемной панорамной съемки упрощается процесс рендеринга [3]. Кроме того, в качестве основы для игровых уровней можно использовать реальную местность (помещения, улицы городов, пещеры и т.п.), снятую с помощью панорамных камер. Для данных целей используется ряд камер от любительского до профессионального уровня: Vuze Camera [5], Sphericam 2 [6], Nokia OZO [7] и другие.

- Симуляторы и тренажеры:

Данное течение тесно соприкасается с игровыми приложениями виртуальной реальности. Существует целый ряд симуляторов какого-либо рода деятельности. Распространены авиасимуляторы, автосимуляторы, разного рода экономические, тактические, военные и спортивные симуляторы, мир которых моделирует важные для данного рода физические законы, создавая приближенную к реальности модель. Объемная панорамная съемка в таких симуляторах позволяет увеличить степень реалистичности и создать эффект непосредственного присутствия. [2,3] Качественная съемка помещений, салонов автобусов, самолетов может быть использована при создании высокоэффективных военно-тактических симуляторов для проведения различных сценариев учений специальных и контртеррористических подразделений. Съемка кокпита различных типов самолетов вкпе с моделью управления может использоваться для улучшенной визуализации авиатренажеров. Использование качественной объемной панорамной съемки в тренажерах поможет улучшить подготовку пилотов, водителей и операторов в нештатных ситуациях, которые зачастую невозможно смоделировать с реальными объектами.

Для съемки закрытых помещений с искусственными источниками света достаточно использовать панорамные камеры использующие объективы типа “рыбий глаз”. Среди таких камер на рынке можно выделить следующие: Samsung 360 gear [8], Kodak SP360 4K, Luna, Fly360, Niso360 и ряд других камер. В виду того что условия освещения в помещениях зачастую поддаются корректировке при съемке в них можно ограничиться довольно простыми решениями на базе объективов “рыбий глаз”, кроме того это упрощает алгоритмы совмещения изображений с камер в единую объемную панораму.

- Художественная съемка

Данное течение является одним из локомотивов развития объемной панорамной съемки. Потребность в появлении нового формата видео и фото контента ведет к необходимости разработки новых технологий, позволяющих реализовать различные идеи, которые впоследствии могут быть успешно коммерциализированы. Уже сейчас популярные видеохостинги (YouTube) поддерживают возможность размещения панорамного видео контента. Данный формат обеспечивает большую степень присутствия зрителя и является новой вехой в истории развлечений [3].

Кроме того, крупные кинематографические компании также заинтересованы в дальнейшем развитии данного направления. Для получения качественного контента разрабатываемые камеры объемного панорамного изображения должны получать не просто объемный-снимок панораму, которые позволяет менять направление взгляда, но и положение наблюдателя в процессе просмотра видео. Реализации этого возможна при способности камеры строить 3D проекцию сцены основываясь на характеристиках лучей света.2] Данная реализация позволит получить максимальный эффект присутствия при просмотре отснятого фильма, недостижимый на данный момент никакими другими средствами.

Среди разработок подобного класса можно указать камеру Lytro Immerge [9] от компании Lytro Inc. Разработка предназначена для профессиональных студий и кинематографистов. Стоимость камеры, сервера и программного обеспечения составит от \$250 000 до \$500 000. Пленочная камера Lytro Immerge не требует фокусировки и работает на методе световых полей. Однако данный подход довольно спорен в виду появления артефактов различного рода на полученных изображениях. Кроме того кадры отснятые Lytro Immerge [9] требует высокопроизводительного вычислительного комплекса для обработки данных, полученных от матрицы, что в свою очередь вызывает необходимость использования облачных сервисов.

Также следует отметить разработку компании Facebook - Facebook surround 360 [10]. На корпусе устройства, по форме напоминающего юлу, расположено 17 камер: 14 широкоугольных, рассредоточенных по окружности, и 3 с линзами “рыбий глаз”, 2 из которых расположены снизу, а 1 в верхней части [10]. Устройство готово к созданию полноценного, высококачественного контента — максимальное разрешение сферического видео составит 8K. Библиотеки программного обеспечения для шивки изображений с камер в единую панораму находятся в открытом доступе, однако данное решение также, как и Lytro Immerge [9], требует использования высокопроизводительных платформ для обработки данных.

Художественная съемка в высоком разрешении также востребована при создании виртуальных туров. Создание виртуальных туров по музеям и различным достопримечательностям может повысить к ним интерес, а также дать более широкий доступ массам к культурным ценностям. Наиболее ярким примером может стать создание виртуальных туров по тем музеям, где экспонатами являются скульптуры и ювелирные произведения. Ко всему прочему, виртуальный тур является эффективным инструментом маркетинга, позволяющим показать потенциальному потребителю товар или услугу особым образом. Он создает у зрителя «эффект присутствия» — яркие, запоминающиеся зрительные образы, и позволяет получить наиболее полную информацию о товаре или услуге [10].

Объемная панорамная съемка также находит широкое применение в системах дополненной реальности [11,12]. Подобные системы характеризуются возможностью вывода дополнительной информации об объектах реального мира. В качестве примера можно привести системы, обеспечивающие помощь при пилотировании летательных аппаратов: камеры обеспечивают видео захват изображения его обработку (распознавание различных объектов, маркеров; применение фильтров и прочее) и последующую передачу изображения с элементами дополненной реальности на устройство воспроизведения пилота. Применение дополненной реальности позволяет повысить информативность эксплуатируемых систем за счет возможности применения компьютерной обработки в масштабе реального времени [5].

В направлении дополненной реальности, как и в случае с виртуальной реальностью можно выделить несколько основных течений:

- Военно-тактические системы

Применение систем дополненной реальности в военно-тактических целях в настоящее время находится в стадии активного развития. Существует множество задач [11,6], которые можно решить или упростить их решение с помощью применения технологий дополненной реальности. В том числе “подсвечивание” цели, умные прицелы, тактические камеры, вывод на экран дополнительной информации о состоянии цели, погодных условиях и прочее.

- Системы идентификации

Для систем идентификации широко используется съемка с камер видеонаблюдения, однако такая съемка часто не позволяет получить достаточную информацию о происходящих событиях [11,6]. Съёмка объемных панорам с выделением необходимых объектов, позволяет упростить используемые алгоритмы и получить более полную картину событий.

- Системы реконструкции и построения 3D объектов

Применение систем построения 3D-объектов по фото и видео материалу является одним из новых направлений в которых может быть задействована объемная панорамная съемка. Современные алгоритмы построения 3D объектов зачастую используют большое количество двумерных разноплановых фотографий, чтобы осуществить корректное построение объекта. Использование объемных панорам позволить существенно упростить процесс построения и реконструкции 3D объектов.

- Системы кибернетического зрения

Отличительная черта кибернетического зрения — это извлечение полезной и важной информации из изображений, в том числе и панорамных. Компьютерное зрение сосредотачивается на обработке трехмерных сцен, спроектированных на одно или несколько изображений. Используя объемную панорамную съемку гораздо проще восстановить информацию о трехмерной сцене [11,6]. Области применения кибернетического зрения необычайно широка: системы управления процессами (промышленные роботы, автономные транспортные средства), системы видеонаблюдения, системы организации информации (например, для индексации баз данных изображений), системы моделирования объектов или окружающей среды (анализ медицинских изображений, топографическое моделирование), системы взаимодействия (например, устройства ввода для системы человеко-машинного взаимодействия). Для многих роботизированных систем необходимо обладать достаточными сведениями об окружающей области. На основе этой информации робот выбирает модель поведения. Таким образом, здесь используется информация о структуре окружающих объектов и отслеживается их движение, что позволяет роботу стабильно работать в условиях динамически меняющейся среды. [5] Главной задачей системы управления движением является планирование перемещений робота [6] к некоторой целевой точке с учетом различных факторов. Информация об этих факторах содержится в видеопотоке, получаемом с камеры, расположенной на мобильной платформе. Следовательно, разработка камер, позволяющих получить наиболее полную информации об окружающей сцене является актуальной задачей. Кроме того, важно извлечь информационную составляющую из полученного видеопотока. Для этого необходимо распознать образы объектов трехмерной сцены, чтобы система управления роботом может на основе этих данных, корректно сформировать целесообразное поведение робота, для выполнения поставленной задачи.

Исходя из разработанной структуры организации устройства объемной панорамной съемки, представленной на рисунке 1, можно сделать некоторые основные выводы.

Использование модульной архитектуры представленного решения для объемной панорамной съемки позволяет иметь достаточную свободу при подготовке коммерческого продукта. Модульная архитектура камеры позволяет гибко подбирать составляющие для работы в различных условиях и для различных целей.

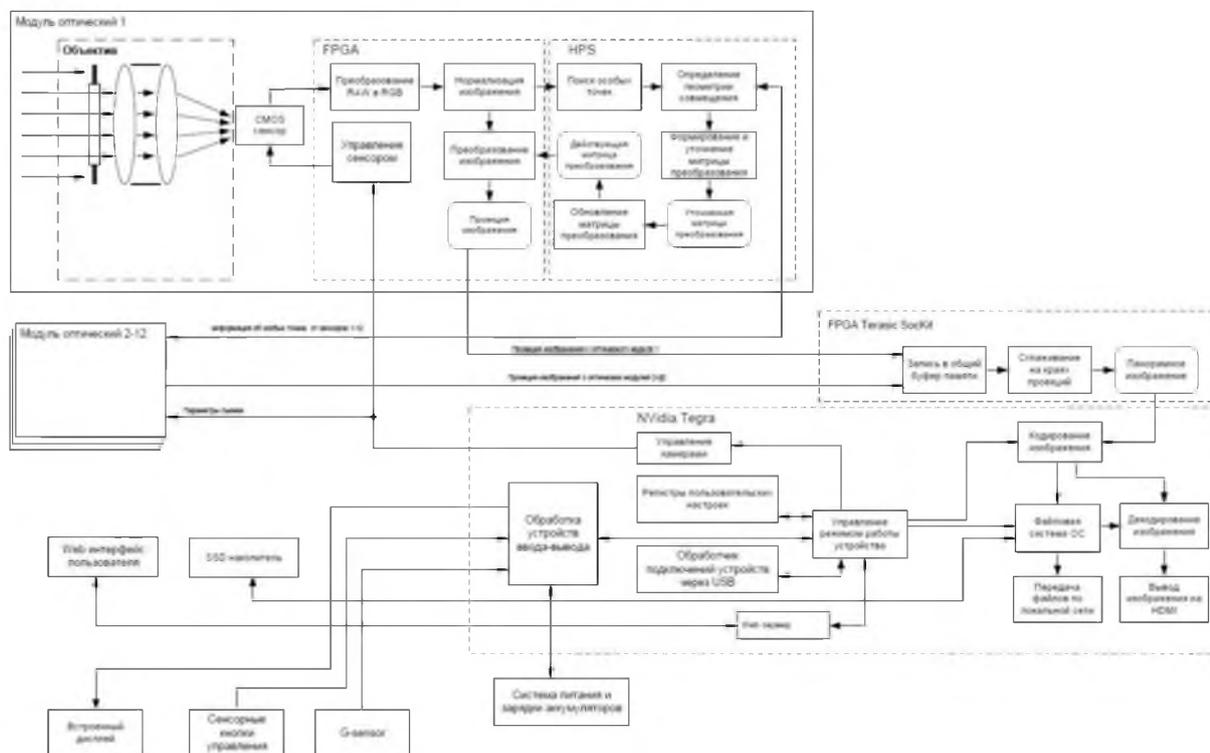


Рисунок 1 – Схема прототипа устройства регистрации цифровых панорамных изображений

Основу функционирования камеры составляют следующие конструктивные элементы

- Центральный процессор;

- Программируемая пользователем вентиляционная матрица ППВМ;
- Объектив;
- Фотосенсор;
- ОЗУ/ПЗУ;
- Блок интерфейсов;
- Операционная система.

Данная архитектура на своей основе позволяет создавать коммерческие продукты для различных целей, варьируя типы конструктивных элементов. При этом тип конструктивных элементов определяется конкретными целями и задачами поставленными перед продуктом. В связи с чем необходимо привести примеры таких вариаций, которые наглядно покажут преимущества данной архитектуры.

Центральный процессор является основой функционирования устройства и позволяет на своей основе реализовать различные приложения, пользовательский интерфейс, сопряжение с другими устройствами и дополнительными модулями. Выбор типа процессора определяется требованиями: а) к скорости обработки данных, б) к наличию функциональных возможностей и/или инструкций; в) к температурным режимам работы; г) к количеству потребляемой мощности, д) к многопоточности обработки.

Исходя из этих требований может осуществляться подбор конкретной модели процессора. Таким образом, центральный процессор позволяет обеспечивать гибкость всей архитектуры панорамной камеры.

Программируемая пользователем вентиляционная матрица является одной из важнейших составляющих устройства. В зависимости от ее конфигурации возможно решение различных прикладных задач. Использование ППВМ дает возможность одновременной многопоточной обработки и, анализа данных полученных от фотосенсоров, в том числе в режиме реального времени. Конфигурации ППВМ могут быть ориентированы на решение различных задач: распознавание объектов, кибернетическое зрение и многое другое. Решение на базе ППВМ дает возможность построения панорамного изображения по заложенным алгоритмам.

ППВМ могут быть модифицированы практически в любой момент в процессе их использования. Они состоят из конфигурируемых логических блоков, подобных переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили). В цифровых схемах такие переключатели реализуют базовые двоичные операции AND, NAND, OR, NOR и XOR. В большинстве современных микропроцессоров функции логических блоков фиксированы и не могут изменяться. Принципиальное отличие ППВМ состоит в том, что и функции блоков, и конфигурация соединений между ними могут меняться с помощью специальных сигналов, посылаемых схеме. В некоторых специализированных интегральных схемах (ASIC) используются логические матрицы, аналогичные ППВМ по строению, однако они конфигурируются один раз в процессе производства, в то время как ППВМ могут постоянно перепрограммироваться и менять топологию соединений в процессе использования. Однако такая гибкость требует существенного увеличения количества транзисторов микросхемы.

Оперативное запоминающее устройство - энергозависимая часть системы памяти, в которой во время работы компьютера хранится выполняемый код, а также входные, выходные и промежуточные данные, обрабатываемые процессором. Выбор типа ОЗУ определяется: а) совместимостью с частотой памяти процессора; б) объемом обрабатываемых данных.

Операционная система — комплекс программ, обеспечивающий управление аппаратными средствами компьютера, организующий работу с файлами и выполнение прикладных программ, осуществляющий ввод и вывод данных. Операционная система управления устройством регистрации цифровых панорамных изображений имеет следующие атрибуты: Внутреннее имя – ОС УУРЦПИ. Платформа ОС УУРЦПИ поддерживает реализацию нативных приложений с использованием C++ ANSI ISO 14882 2003 (GCC, LLVM). Web-приложения разрабатываются с применением HTML5, CSS3, JavaScript, JQuery, JQuery Mobile

#### **Список использованных источников**

1. Virtual reality vs Augmented reality [Электронный ресурс] // Augment.News E.: URL: <http://www.augment.com/blog/virtual-reality-vs-augmented-reality/> (Дата обращения 16.03.17)
2. Направления развития Виртуальной реальности [Электронный ресурс] // VR-REVIEW Новости E.: URL: <https://vr-review.ru/category/novosti-ustrojstva-vr/vr-exploration> (Дата обращения 13.03.17)
3. Virtual reality [Электронный ресурс] // Virtual Reality Society E.: URL: <http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html> (Дата обращения 16.03.17)
4. Камеры фото и видео 360 градусов от «А» до «Я»: Google Jump, Samsung Gear 360, Nokia OZO и многие другие [Электронный ресурс] // Geektimes Публикации E.: URL: <https://geektimes.ru/post/273330/> (Дата обращения 10.03.17)
5. Vuze Panoramic Camera [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Vuze E.: URL: <http://vuze.camera/product/> (Дата обращения 13.03.1)
6. Sphericam 2 Professional VR resolution Camera [Электронный ресурс] // Sphericam: spherical video E.: URL: <http://www.sphericam.com/sphericam2/> (Дата обращения 04.03.17)

7. Nokia Ozo Professional VR Camera [Электронный ресурс] // Официальный сайт продукта OZO E.: URL: [https://ozo.nokia.com/ozo\\_en/ozo-professional-vr-camera/](https://ozo.nokia.com/ozo_en/ozo-professional-vr-camera/) (Дата обращения 06.03.17)
8. Samsung Gear 360 камера панорамной съемки [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании Samsung E.: URL: [https://www.samsung.com/\\_Gear\\_360](https://www.samsung.com/_Gear_360) (Дата обращения 05.03.17)
9. Lytro Immerge [Электронный ресурс] // Lytro: Professional Light Field solutions E.: URL: <https://www.lytro.com/immerge> (Дата обращения 15.11.16)
10. Facebook Surround Camera [Электронный ресурс] // Официальный сайт продукта Facebook Surround E.: URL: <https://facebook360.fb.com/facebook-surround-360> (Дата обращения 04.03.17)
11. Дополненная реальность [Электронный ресурс] // Geektimes Публикации E.: URL: [https://geektimes.ru/hub/augmented\\_reality/](https://geektimes.ru/hub/augmented_reality/) (Дата обращения 15.03.17)
12. Системы дополненной реальности [Электронный ресурс] // Футурософия: каким будет будущее E.: <http://futurosophy.com/technology/dopolnennaya-realnost/> (Дата обращения 15.03.17)

## **ОБ АНАЛИЗЕ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ СУБИНТЕРВАЛЬНЫХ МАТРИЦ КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

**Болгова Е.В.**

г. Белгород, ФГАОУ ВО Белгородский государственный национальный  
исследовательский университет,

05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям)»

**Павлова О.В.**

г. Белгород, ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени  
В.Я. Горина

**Аннотация.** В статье приведено оценивание количества близких к единице собственных чисел соответствующих субполосных и субинтервальных матриц. Проведенные вычислительные эксперименты показывают, что с точки зрения количества собственных чисел, близких к 1 в смысле  $\varepsilon$ -приближения, для субполосного скрытного внедрения данных в изображения для обеспечения большего объема внедряемой информации предпочтительнее использовать субинтервальные матрицы.

В настоящее время одним из перспективных направлений развития цифровой обработки изображений является цифровая стеганография. Стеганографическое (скрытное) внедрение контрольной, идентифицирующей информации в изображения зачастую используется для контроля за распространением и использованием визуального контента (статических изображений, видеоданных) [1, 2].

Наряду с распространенными известными методами стеганографии в цифровых изображениях [1-3] одним из перспективных направлений является скрытное внедрение контрольной информации на основе субполосных преобразований [4-8], в основе которых лежат различные унитарные преобразования: преобразование Фурье, косинусное и синусное преобразования, преобразования Хартли, Уолша-Адамара, Хаара и др. [9, 10].

Рассмотрим одни из наиболее распространенных унитарных преобразований – преобразование Фурье [9-11] и косинусное преобразование [12-14].

В работе [15] описан математический аппарат субполосных матриц преобразования Фурье и субинтервальных матриц косинусного преобразования, которые используют для субинтервального анализа изображений.

В методах субполосного скрытного внедрения контрольной информации в изображения [3] используются собственные векторы, соответствующие близким к единице собственным числам субполосных матриц. Количество используемых при внедрении собственных векторов определяет объем внедряемой информации.

Поэтому, представляет интерес сравнение приведенных выше субполосного и субинтервального преобразований с позиций оценивания количества близких к единице собственных чисел соответствующих субполосных и субинтервальных матриц.

Для изображения размерности  $64 \times 64$  пикселей ( $N = 64$ ) были проведены вычислительные эксперименты. Определены отдельные значения собственных чисел субполосных и субинтервальных матриц, соответствующих различным ППЧ при разбиении области каждой их пространственных частот на 4, 8, 16 и 32 равновеликих подобласти ( $R_1 = \{4, 8, 16\}$ ).

Значения собственных чисел субполосных  $A_r$  и субинтервальных  $G_r$  матриц,  $r_1 = 1, 2, 3, 4$ , соответствующих различным ППЧ при разбиении области пространственных частот на  $4 \times 4$  равновеликих подобласти, показали, что в соответствующих подобластях пространственных частот субинтервальные матрицы имеют большее количество собственных чисел близких к единице по сравнению с субполосными