

ФОТОГРАММЕТРИЯ. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

PHOTOGRAMMETRY. BASIC PRINCIPLES AND PRACTICAL APPLICATION

M. Mikhaylova
A. Akhmedov
R. Shagibalov

Summary. The use of luminaries, repairs, sets of energy, the body primed by means of technical means to make it possible to measure the parameters of objects, their position in space. The former has opened up a whole new horizon in determining the parametric characteristics of the subjects showed objective prevents science on the path of stable most three-dimensional model of the objects of study. To date, shooting equipment and methods of repair of objects have been developed at the ceremony, the methods of the device based on product programs for subsequent interpretation of the images are created. Photogrammetry has also found its application in medical technologies, especially in dental practice.

Keywords: CAD/CAM, dentistry, aperture, of prosthetic.

Михайлова Мария Владимировна

Ассистент, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)
stom-maria@mail.ru

Ахмедов Алиаскер Натиг оглы

Ординатор, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)

Шагибалов Руслан Римович

Аспирант, Первый Московский государственный
медицинский университет имени И. М. Сеченова
Минздрава России (Сеченовский Университет)

Аннотация. Использование светосилы, фиксация световой энергии, отраженной предметами с помощью технических средств, обеспечили возможность осуществлять точное измерение параметров предметов, их положение в пространстве. Фотограмметрия открыла совершенно новые горизонты в вопросах определения параметрических характеристик предметов, показала цели прикладной науки на пути составления масштабной объемной модели объектов исследования. На сегодняшний день разработано современное съемочное оборудование и методики фиксации объектов, созданы аппаратные методы на базе программных продуктов для последующей интерпретации получаемых снимков. Так же свое применение фотограмметрия нашла и в медицинских технологиях, особенно в стоматологической практике.

Ключевые слова: CAD/CAM, стоматология, светосила, ортопедические конструкции.

Точное определение формы, размеров и положения предметов давно представляли научный и технический интерес. С помощью обычного описания предметов на основе визуального наблюдения можно было рассчитывать только на приблизительные данные о размерах и форме исследуемого объекта. Использование в целях повышения точности измерений прикладных математических методов позволило в некоторой степени добиться приблизительной точности, однако полученная картинка имело мало общего с реальным расположением предметов, с их формой и местом в пространстве.

Большая площадь исследуемого пространства, неоднозначность форм и размеров исследуемых объектов не позволяли обеспечить визуальную фиксацию в режиме реального времени, ограничивая тем самым прикладное значение исследований. Для создания точных карт и планов местности мало было использовать визуальную картинку на основе зарисовок и письмен-

ных описаний. Сказывалось отсутствие технических средств и возможностей для получения панорамного представления исследуемой зоны. Не имелись четкие методы и технические средства для фиксирования места расположения предметов и объектов в пространстве относительно друг друга. Появление фотографии открыло новые технические возможности для фиксации объектов во времени и пространстве, для составления подробного описания размера и формы предметов. Размеры и формы ортопедических конструкций в стоматологии [6].

Первые опыты с наложением отдельных снимков друг на друга указали на реальное направление ведения дальнейших работ по созданию точных описаний области исследования. Сначала в двухмерном варианте, а затем и в создании объемных геометрических моделей. Сначала существенным препятствием для точного составления объемного описания предметов в пространстве с помощью фотографии, определения разме-

ров и форм объектов на основе снимков, стала невозможностью интерпретировать фотографические снимки в практическую плоскость. Отсутствовали механизмы адаптации зафиксированной на фотографии картинке к реальной обстановке. С появлением новых фотокамер и математических алгоритмов на базе вычислительной техники стало возможным осуществлять запись на различные носители полученную визуальную информацию.

Многочисленные практические опыты и математические расчеты создали почву для появления фотограмметрии, прикладной научной дисциплины. Задачи, которые решает фотограмметрия, заключаются в технически точном определении размеров и форм объектов, фиксации их места в исследуемом пространстве на основе фотографических снимков [1].

Название точно передает всю техническую суть метода: фото — свет, грамма — запись и метрия — измерение. Сочетание всех трех аспектов обеспечивает получение необходимых информационных данных об объекте исследования путем светозаписи визуальной информации.

Фотограмметрия — направления развития, виды и методы работы

На сегодняшний день фотограмметрия широко используется практически во всех значимых для общества отраслях экономики и медицины [18]. Прикладное значение этой науки трудно переоценить. Картография, землеустройство, архитектура и инженерия, оборонная промышленность и военное дело в своей работе опираются на технические возможности фотограмметрии. Активно ведутся работы в данном направлении в судебно-медицинской криминалистике и в медицине. Основные базовые аспекты фотограмметрии используются в создании геоинформационных систем. Методика значительно увеличила технические возможности астрофизики и открыла новые горизонты развития космической отрасли. Стремительное улучшение и обновление существующих цифровых фотограмметрических систем, а также автоматизация практически всех производственных процессов, привели к увеличению производительности и улучшению качества фотограмметрических продуктов [7].

Сегодня метод определения размеров и форм объектов опирается не только на простое изучение и анализ фотографических данных. Фотограмметрия, благодаря техническому совершенству электронных записывающих устройств и компьютерной техники, обеспечивает высокую точность визуализации и описания объектов, делает возможным осуществить анализ места расположения объектов в пространстве с максимальной точно-

стью. Фотодетекторные матрицы имеют неизменную стационарную структуру связей элементов и постоянные параметры считывания информации со всех элементов видеодатчика без ее предварительной обработки [9]. Многие информационные системы, которые используются в практической плоскости, обеспечивают не только фиксацию информации, но и выполняют последующее редактирование, анализ полученных данных.

Фотограмметрия, как прикладная наука развивается по трем разным направлениям, каждое из которых характеризуется наличием определенного вида техники и приборов, используемых для считывания данных об объектах. В практической деятельности активно используются:

- ◆ аналоговая фотограмметрия;
- ◆ аналитическая;
- ◆ цифровая фотограмметрия.

Для аналоговой и аналитической фотограмметрии характерным является теоретический и практический метод оценки состояния объекта, его размеров, формы и положения в пространстве. Для этих целей используются аналоговые фотоснимки. Аналоговая фотограмметрия строится на работе оптико-механических аналоговых устройств и приборов, выполняющих с помощью кадровой съемки засечки предметов в пространстве и во времени. Аналитическая фотограмметрия построена на сочетании двух компонентов, геометрической модели объектов, разработанной с помощью вычислительной техники и данными, полученными в результате работы оптико-механических приборов. И в первом и во втором случае для практической работы используются аналоговые съемочные камеры, фиксирующие картинку. Существенным минус подобного метода заключается в систематических ошибках, допускаемых на снимках в результате искажений. Для нормальной работы всей съемочной системы требуется постоянная калибровка фотокамеры и проверка ориентации съемочной системы [2].

Трансформация аналогового снимка в набор метрических параметров, представляет собой процесс совмещения изображения одного и того же объекта на одном снимке в наклонной проекции с горизонтальным изображением уже на другом снимке, в одном и том же масштабе и за тот же интервал времени. Аналитическая геометрия имеет на вооружении необходимые формулы расчетов, с помощью которых устанавливается связь координат наклонного снимка и горизонтального изображения. Задача вычислений заключается в преобразовании имеющихся координат из одной системы в другую.

В случае с цифровой фотограмметрией получение данных об объекте основано на работе цифровых

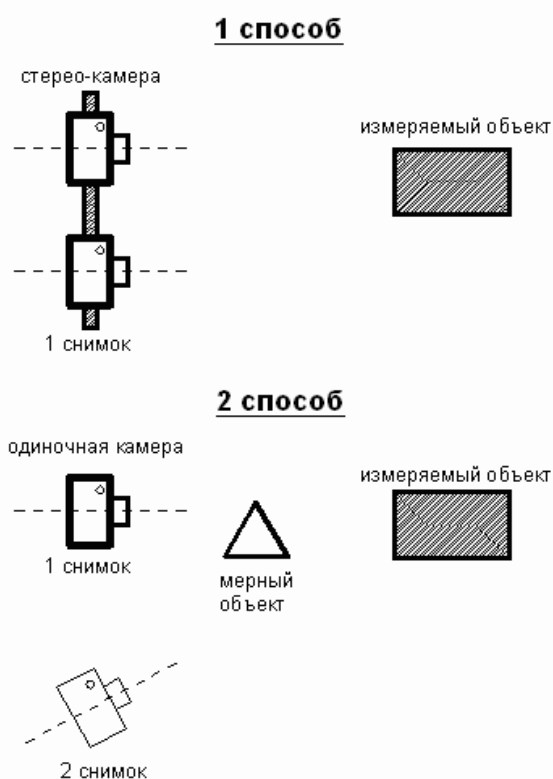


Схема 1. Способы расположения фотокамеры и предмета.

устройств, способных одновременно выполнять цифровые снимки и последующее построение геометрической модели на основе последующих автоматизированных вычислений. Для этого направлением характерным является наличие двух этапов: получение цифрового изображения. Далее следует обработка снимков с помощью специальных компьютерных программ. Получение цифровых снимков, в данном случае, может быть выполнено двумя способами: с помощью цифровой фотокамеры в режиме реального времени или при растровом сканировании уже имеющихся аналоговых фотоснимков.

Для цифровой фототехники используются координаты пикселей в наклонном снимке, которые заложены в матрицу в процессе внутреннего ориентирования камеры и калибровки объектива. Внешние данные для ориентации получают при обратных фотограмметрических вычислениях. Благодаря горизонтальным координатам строится матрица трансформированного изображения. Все допустимые углы наклоны определяются специальным программным обеспечением.

Исходным и главным рабочим инструментом для фотограмметрии является изображение объектов — сним-

ки. Для построения объемной модели на базе информации, полученной со снимков, используется принцип обратного фотографического процесса. Дать характеристику размерам объекта и его форме можно в процессе изучения одиночной фотографии в центральной проекции. Более точное, пространственное представление об объекте дает пара снимков с разных ракурсов, которые при наложении друг на друга перекрывают не менее 60% изображения.

Использование для составления описания характеристик предмета одиночного изображения называется фотограмметрическим методом, который способен дать представление о предмете только в двух плоскостях, X и Y. Фотограмметрический метод в данном случае подходит для построения плоской математической модели. Работа для получения данных об объекте в пространстве основана на изучении информации, полученной на паре снимков. Такой метод называется стереофотограмметрическим. Опираясь на пару снимков, сделанных из разных точек пространства, создается трехмерная модель объекта. Снимки перекрывают друг друга, давая возможность вычислить координаты X, Y и Z отдельных точек объекта уже в трехмерной плоскости.

Что бы построить фотограмметрическую модель исследуемой области на основании полученных снимков, устанавливается прямоугольная пространственная фотограмметрическая система координат — базовая основа стереопары. Для достижения необходимой точности измерений, используется угловая фотограмметрическая засечка. Обязательное условие, оба снимка как можно больше перекрывали друг друга. Что бы определить координаты точек, зафиксированных одновременно на двух снимках, необходимо знать координаты каждого центра проекции и соответственно сопоставлять их координатам точек на снимках. Это в идеальной ситуации. В реальности, лучи главной проекции отклоняются на определенные углы, а ось Хобычно развернута в горизонтальной плоскости. Несмотря на то, что значения углов невелики, их следует учитывать при последующих вычислениях.

Снимки объектов получают с помощью специального фотографического оборудования. В основном для работы используются кадровые фотоаппараты, способные выдавать на высокой скорости мультисерии снимков, фиксируя положение, формы и размеры объекта в пространстве за определенное время. С точки зрения основной задачи фотограмметрии главную информацию несет центральная проекция предмета, дополненная данными с другого фотоснимка. Стереопары или снимки, выполняемые с разных ракурсов и точек пространства, дают представление об объеме и форме предмета, о его положении [2].

Расположение фотокамеры во время съемки объекта в разных точках дает информацию относительно расположения исследуемого объекта в пространстве. На сегодняшний день практикуются два вида съемки, с использованием стереокамеры и работа с одиночной фотокамерой. На схеме изображен порядок расположения фотокамеры и предмета в первом и во втором случае.

Первый вариант — стереофотосъемка выполняется двумя фотокамерами, которые расположены на одной оси и ведут одновременно съемку предмета, с центрального ракурса и с бокового.

Второй вариант предполагает использование одиночной камеры для получения двух снимков объекта с разных ракурсов. Для взаимной ориентации полученных кадров в пространстве используется мерный объект, имеющий форму равностороннего треугольника.

Каждый способ имеет свои преимущества и недостатки. Для стереофотосъемки отличительной особенностью является возможность получить кадры, находясь в одной точке, без привязки к исследуемой области. Качество изображений и точность в данном случае требуют соблюдения сносности положения всей съемочной системы и калибровки объективов.

Работа с одиночной камерой в этом аспекте выглядит проще и предпочтительнее. Наличие одной фотокамеры и мерного объекта существенно расширяет поле обследования и съемочную базу. Для мерного объекта можно использовать любой предмет, имеющий форму правильного треугольника. О недостатках метода можно говорить, если брать во внимание тот факт, что во время съемки требуется установка мерного объекта, для получения второго кадра необходимо сменить положение камеры. Снимки выполняются цифровыми камерами, которые обладают стабильными оптическими характеристиками, которые можно легко использовать при последующих вычислениях.

Применяемые сегодня в фотограмметрии оба метода съемки объектов обеспечивают высокую точность измерений, большую производительность и необходимую достоверность полученных данных. Благодаря фотограмметрии стало возможным вести дистанционное обследование предметов и объектов, доступ к которым ограничен или физически невозможен в силу их расположения или представляемой угрозы.

Устройства и приборы, используемые в фотограмметрии

Выше было сказано, что базовым предметом фотограмметрии является изображение объекта. Инстру-

менты, с помощью которого делаются снимки, это фотоаппараты и съемочные камеры, которые отличаются способом получения изображения. С практической точки зрения все съемочное оборудование делится на пассивные (ПСС) и активные (АСС) системы. Для CAD/CAM технологии применяют оптические сканеры, которые в дальнейшем позволяют фрезеровать каркасы бюгельных протезов [12, 19].

К пассивным съемочным системам относятся аппараты, способные фиксировать излучаемую объектами световую или тепловую энергию, формирующие изображение на основе собственного светового излучения или естественного света. Как правило, это телевизионные и фототелевизионные камеры, инфракрасные и многозональные камеры.

К активным съемочным системам относится оборудование, обеспечивающее построение структуры изображения на базе отраженного светового и волнового потока. К таким устройствам относятся разночастотные радиолокационные системы, лазерные съемочные системы, радио и интерферометрические станции. Качественным отличием активных систем съемки является использование в качестве источника данных отраженных электромагнитных волн определенного спектра и частоты.

Модели, получаемые в результате совмещения и взаимного ориентирования снимков стереопары, имеют произвольные масштаб и расположение в пространстве. Последующие вычисления осуществляются с использованием компьютеризированных программ и направлены на определения масштаба полученной модели. Осуществляется ориентация геометрической модели относительно основной системы координат по осям X, Y и Z.

Новая цифровая техника (ЦСК) имеет большую информационную емкость, что позволяет значительно увеличить технические возможности получения изображений в цифровом формате. Цифровые съемочные камеры активно используются в наземной стереофотограмметрии. Помимо применения цифровой техники в архитектуре, геодезии и топографии, сегодня наметился переход на более качественное использование цифровых изображений в медицинских целях, в других прикладных отраслях науки и техники. Цифровые изображения объектов практически лишены искажения, для обработки полученных снимков не требуется трудоемкого фотохимического процесса и сканирования, которые часто приводят к потере необходимого качества снимков. Параллельно с техническим совершенством цифровых камер следует отметить их высокие функциональные возможности. В процессе съемки можно осу-

щественный контроль над качеством изображения и позиционирования самой камеры [3].

В заключение необходимо остановиться на аппаратных технических средствах, позволяющих трансформировать аналоговые снимки в цифровое изображение. Речь идет о фотограмметрических сканерах. Первые модели увидели свет в 1990 году, когда появилась необходимость обработки аналоговых фото и киноматериалов в цифровой формат. Для первых моделей свойственными были слабые функциональные и метрические возможности. Работать можно было только с черно-белыми снимками или с цветными фото в узком диапазоне. Швейцарская (Seiko) и немецкая (Carl Zeiss) компании выпустили ряд аппаратов, которые носили уже промышленный характер и стали ограниченно использоваться в киноиндустрии.

Ограниченность применения обусловлена высокой стоимостью установок. Фотограмметрические станции в отличие от сканеров более доступны, мобильны и удобны в эксплуатации [4].

Сфера использования фотограмметрии. Основные аспекты применения

Технические характеристики и возможности современных цифровых устройств существенно расширили сферу практического применения фотограмметрии. Возможности, которыми обладает современная фотограмметрия, позволяют с высокой точностью определять положение объектов в пространстве, создавать трехмерные модели предметов, на основании которых осуществляются научные и прикладные исследования.

Перед проведением хирургических вмешательств в стоматологии у пациентов снимают оттиски, с целью изготовления диагностической модели и последующего переноса координат поверхности данной модели в компьютер [8].

На сегодняшний день основными направлениями практического применения фотограмметрии являются картография и землеустройство, астрофизика и прикладная сфера в науке и технике. Основная задача, которую решает сегодня фотограмметрия — это составление карт, планов местности, корректировка существующих топографических карт с учетом изменений ландшафта и рельефа. На основании топографических данных, полученных с помощью аэрофотосъемки и геодезических исследований, создаются кадастровые планы, карты лесных и сельскохозяйственных угодий, ведется учет объектов землепользования. Геология и археология используют возможности фотограмметрии для оценки состояния

поверхностного слоя и недр земной поверхности. В стоматологии получают оптические слепки улыбающегося лица пациента и лица с оттиском в полости рта, причем на внешней поверхности оттисковой ложки нанесены маркеры, в виде выдавленного рельефа [11]. Очень важна передача оптической пропорции в медицине. Под пропорцией понимают закономерное соотношение частей предметов или явлений между собой и целым [13].

Съемка объектов, основанная на принципах фотограмметрии, в настоящее время является основным механизмом для проектирования в градостроительстве и конструирования в авиа и автомобилестроении. Инженерно-проектные работы, связанные с созданием объектов городской и транспортной инфраструктуры, объектов социальной сферы практически всегда опираются на измерения и данные, полученные методами фотограмметрии.

Существует способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении, отличающийся тем, что получают оптический слепок улыбающегося лица пациента с реперными объектами закрепленными на зубах, снимают оттиск с верхней челюсти пациента с реперными объектами, снимают оттиск с нижней челюсти пациента, отливают модели верхней челюсти пациента с реперными объектами и нижней челюсти, дважды сканируют модель верхней челюсти сначала с надетыми на нее реперными объектами, а потом без, отдельно сканируют модель нижней челюсти, затем сопоставляют [15]. Применение цифровых технологий значительно повышает качество лечения и облегчает работу врача-стоматолога. Наиболее информативными являются методики получения трехмерного изображения, так как дают полную клиническую картину и возможность прогнозировать эстетический результат лечения. Активно используется составление плана лечения в пластической хирургии и косметологии, существуют программные комплексы по моделированию результата оперативного вмешательства [17].

С успехом фотограмметрия применяется в медицине. Стереофотосъемка обеспечивает широкие возможности для изучения строения тела человека и оценки рельефа лицевой части. Использование полученных снимков создает реальные возможности для моделирования в области пластической хирургии, в ортопедии и в протезировании. Трехмерные модели внутренних органов и участков тела выполняются с учетом анатомических особенностей человеческого организма [5]. Для внутриротового сканирования требуется меньше времени, чем при аналоговой технике оттиска [14]. В современной стоматологии очень важен процесс фотограмметрии при использовании анализа рельефа зубных рядов и их

фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов [18].

Во многих отраслях науки и техники разработаны компьютерные технологии, которые сочетают в себе возможности фотограмметрии. В ряде случаев используются съемочные системы, разработанные на базе электронных микроскопов. Высокая разрешающая способность и цветочувствительность обеспечивают возможность осуществлять лабораторную съемку труднодоступных объектов на малых и сверхмалых расстояниях. Благодаря техническим характеристикам современных видеокамер, фотограмметрия легла в основу стереовизуализации. Создаваемые съемочные системы способны передать форму и размеры, цвет и оттенки предметов любого размера, начиная от самых больших и заканчивая сверхмалыми объектами. Результатом работы таких систем являются готовые 3D модели территории обширной площади, трехмерные модели малых и труднодоступных объектов. Полученные результаты визуально оцениваются на мониторе, программные продукты и приложения обеспечивают анализ данных и практическую работу с ними. Вся информация теперь заносится в каталоги, представлена не только в печатном виде, но и хранится на жестких носителях для последующего использования. Существуют основные этапы адаптации CAD/CAM технологий под специальные технологические требования, которые предъявляются к оборудованию, используемому в ортопедической стоматологии [16].

На данный момент существуют несколько способов визуализации результатов, полученных в ходе фотограмметрических исследований. К наиболее часто используемым относятся:

- ◆ создание базовой матрицы за счет разницы цифровых моделей;
- ◆ эффект пошагового колорирования цифровой модели объекта с точечной сеткой;
- ◆ создание и построение профилей объектов, моделирование сечений и области в разрезе;
- ◆ динамическая визуализация, основанная на оценке объекта в трехмерном измерении;
- ◆ построение и создание круговых сечений объектов.

Большая часть фотограмметрических методов измерения объектов имеют логическое продолжение в виде компьютеризированных системы обработки данных. Программные продукты позволяют интерпретировать данные с полученных снимков в трехмерные модели, как отдельных объектов, так и обширных площадей. Компьютерная техника обеспечивает высокую скорость обработки цифровых снимков, сохраняя мельчайшие детали объекта. Специальные программы устраняют

возможные погрешности фотограмметрических измерений, сохраняют картинку максимально приближенную к реальности.

Заключение

Использование в современных условиях оптических свойств предметов, применение на практике прикладных математических методов анализа, в корне изменило представление о точности измерений. Данные, полученные с помощью фотосъемки, дают наиболее полное представление об исследуемом объекте, о его положении в пространстве. Фотограмметрия, опираясь на технические возможности современной цифровой и вычислительной техники, представляет собой уникальный способ фиксации метрических параметров и измерений. Постоянная работа над совершенствованием способов фотосъемки и методов анализа полученной визуальной информации, дает основание говорить о значимости фотограмметрии для развития современной науки и техники. Характеристики цвета — яркость, насыщенность и собственно оттенок — играют неравнозначную роль в создании суммарного впечатления. В силу особенностей своего рецепторного аппарата человеческий глаз более восприимчив к разнице в яркости, нежели к разнице в насыщенности и оттенке, но, тем не менее, ошибка в определении любого из этих параметров может негативно сказаться на внешнем виде реставрации [10].

Значительным шагом в области практического применения методов цифровой съемки стала высокоточная визуализация сверхмалых предметов или объектов, расположенных на больших расстояниях. Фотограмметрия в комплексе с компьютерными программами и обеспечивает визуальный обзор скрытых объектов или предметов, доступ к которым затруднен в силу определенных причин.

До появления крупноформатных камер и сканеров, программное обеспечение выбиралось свободно, в зависимости от технической необходимости и способа обработки данных. Сегодня работа цифрового съемочного оборудования определяет вид и тип программного продукта для достижения необходимого результата [6].

Однако, несмотря на очевидные преимущества использованных методик, применение фотограмметрии в отдельных отраслях хозяйствования сталкивается с определенными трудностями. Недостаточная техническая подготовка обслуживающего персонала, отсутствие научного осмысления реальных возможностей фотограмметрических методов для практического использования, является на сегодняшний день существенным препятствием для более достижения более значимых и качественных результатов в науке и технике.

Постоянно растет потребность увеличить автоматизацию процесса съемки и последующей обработки цифровой информации. Потребность локального использо-

вания фотограмметрии в определенных областях науки и техники требует создания специальных программных продуктов и приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобир Н. Я., Лобанов А. Н., Федорук Г. Д., Фотограмметрия, М. Недра, 1974 г. 472 с.
2. Дубиновский В. Б. Калибровка снимков. — М. Недра, 1982 г. -С. 220–224
3. Б.В. Краснопевцев, Фотограмметрия, М. 2008 г. .29 с.
4. Олейник С. В. Фотограмметрические сканеры, Геопрофи, № 3, 2004 г. -С.21–22
5. Ряховский А.Н., Дегтярев В. М., Юмашев А. В., Ahlering A. Автоматизированная система протезирования зубов «DENTAL» // Информатизация регионов России»: Тез. докл. СПб.,—1995. -С. 33–37.
6. Беленький В.Е., Широкова Л. И. — Ортопедическая травматология // —1969,—№ 4. — С. 6–7.
7. Г. Гольдберг, Прошлое и настоящее цифровой фотограмметрии, Метрум, Рига, 2007 г., С. 28
8. Ряховский А.Н., Рассадин М. А., Левицкий В. В., Юмашев А. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А. — Объективная методика оценки изменений топографии объектов полости рта // Панорама ортопедической стоматологии. — 2006. — № 1. — С. 8–10.
9. Катус П.Г., Катус Г. П. Системы машинного видения с интеллектуальными видеодатчиками // Информационные технологии. —2001,— № 10,— С. 28.
10. Макеева И.М., Юмашев А. В., Москалев Е. Е. Значение освещения при определении цвета зубов в клинике // Институт стоматологии. — 2006. — Т. 1. — № 30. — С. 130–131.
11. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении // Патент на изобретение RU2306113 28.09.2006.
12. Утюж А., Юмашев А., Михайлова М. Ортопедические конструкции из сплавов титана при непереносимости традиционных зубных протезов // Врач. —2016. —№ 7. —С. 62–64.
13. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Значение пропорций в формировании эстетического восприятия // Панорама ортопедической стоматологии. 2007. —№ 3. —С. 18–21.
14. Юмашев А.В., Михайлова М. В., Кудерова И. Г., Кристаль Е. А. Варианты использования 3d сканирования в ортопедической стоматологии // Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание. —2015.—Т. 9.—№ 1.—С. 2–6.
15. Ряховский А.Н., Юмашев А. В., Левицкий В. В. Способ построения трехмерного изображения лица и зубных рядов, сопоставленных в корректном друг относительно друга положении. Патент РФ № 2306113. А61С 9/00. Бюл. № 26, 2007.
16. Юмашев А.В., Ряховский А. Н. Варианты использования CAD/CAM систем в ортопедической стоматологии // Стоматология. — 1999. — Т. 78. — № 4. — С. 56–58.
17. Ряховский А.Н., Левицкий В. В., Карапетян А. А., Мурадов М. А., Юмашев А. В. Сравнительная оценка методов трехмерного сканирования лица // Панорама ортопедической стоматологии. — 2007, — № 4, — С. 10–13.
18. Юмашев А. В. Использование анализа рельефа зубных рядов и их фрагментов при планировании и проведении ортопедического лечения несъемными конструкциями зубных протезов: автореф. дис. ... канд.мед. наук. Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии (ЦНИИС). Москва. 1999. 18 с.
19. Utyuzh A.S., Yumashev A. V., Mikhailova M. V. Spectrographic analysis of titanium alloys in prosthetic dentistry // Journal of Global Pharma Technology. 2016. —Т. 8. —№ 12. —С. 7–11.

© Михайлова Мария Владимировна (stom-maria@mail.ru), Ахмедов Алиаскер Натиг оглы, Шагибалов Руслан Римович.

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»