



Современное решение проблемы точного определения площади анатомических областей и отделов со сложным рельефом

А. А. Воробьев*, Ю. А. Македонова, А. О. Соловьев, Д. Ю. Дьяченко, Е. Г. Багрий, Ю. В. Агеева, И. А. Гриценко

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, Волгоград, Россия

Актуальность. Имеющиеся на сегодняшний день методы определения площади анатомических областей со сложным рельефом не претендуют на точность и удобство применения.

Цель исследования явилась разработка способа определения площади поверхности анатомической области (субструктуры) со сложным рельефом.

Материал и методы. У пациентов с патологией челюстно-лицевой области и промежности выявлена возможность определения площади поверхности анатомической области (субструктуры) со сложным рельефом посредством реального 3D моделирования.

Результаты. Суть разработанного метода заключается в том, что сначала у пациента определяют «зону интереса», на которой планируют проводить подсчет площади поверхности, после чего проводят фотосъемку цифровым фотоаппаратом для получения достаточного количества фотоснимков с максимального количества доступных ракурсов, используя шаблон с заранее заданными размерами для масштабирования. Затем полученные фотоснимки обрабатывают в программе для реконструкции 3D модели, получают виртуальную 3D модель, корректно повторяющую рельеф «зоны интереса» и гарантирующую расчет площади поверхности с учетом всех индивидуальных ее особенностей. Способ апробирован в акушерстве и гинекологии, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии.

Заключение. Доказаны простота, доступность, скорость, высокая точность данной методики при определении площади анатомических областей со сложным рельефом. При этом исследуемый объект не нуждается в фиксации и длительном пребывании в неподвижном состоянии. Цифровое оптическое устройство используют бесконтактно с исследуемым объектом, что важно в ситуациях, где необходимо соблюдение правил асептики и антисептики.

Ключевые слова: определение площади, анатомическая область, фотометрия, 3D модель.

Accurate Measurement of Surface Areas of Anatomical Structures Including Areas with an Irregular Relief: a Modern Solution to the Problem

© A. A. Vorob'ev*, Yu. A. Makedonova, A. O. Solov'ev, D. Yu. D'yachenko, E. G. Bagrii, Yu. V. Ageeva, I. A. Gritsenko

Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia

Relevance. The currently available methods for measuring anatomical areas with irregular relief do not claim to be accurate and easy to use.

The aim of the study was to develop a method for measuring the surface area of an anatomical region (substructure) with an irregular relief.

Material and methods. There was developed an option to measure the surface area of an anatomical region (substructure) with a complex relief in patients with pathology of the maxillofacial region and perineum using realistic 3D modeling.

Results. The principle of the developed method is that, firstly, it is necessary to determine the patient's "zone of interest", where it is planned to measure the surface area; after that, digital photographs of the defined area are taken to obtain a sufficient number of images from the maximum number of available angles using a template with predefined dimensions for scaling. Then the obtained photographs are processed in the program for the 3D model reconstruction, and a realistic 3D model that correctly repeats the relief of the "zone of interest" and guarantees measurements of the surface area taking into account all its individual features is obtained. The method has been tested in obstetrics and gynecology, dentistry, maxillofacial surgery.

Conclusion. This technique has been proved to be simple, accessible, fast, highly accurate in measuring the area of anatomical regions with complex relief. At the same time, the investigated object does not need fixation and prolonged immobility. A digital optical device is used contactless, the fact being significant in situations where it is necessary to comply with the rules of asepsis and antisepsis.

Key words: measurements of the surface areas, anatomical area, photometry, 3D model.

***Автор для переписки:**

Воробьев Александр Александрович
Волгоградский государственный медицинский университет,
площадь Павших Борцов, 1, Волгоград, 400131,
Российская Федерация

***Corresponding author:**

Aleksandr Vorob'ev
Volgograd State Medical University, ploshchad' Pavshikh
Bortsov, 1, Volgograd, 400131, Russian Federation
E-mail: cos@volgmed.ru

Введение

В медицинской практике очень часто возникает необходимость в определении площади поверхности кожного покрова, слизистой, органа или даже части тела. Точное определение площади поврежденной поверхности в хирургии – один из самых объективных в прогностическом и динамическом плане критериев эффективности заживления ран [1, 3, 8].

Существующие на сегодняшний день способы весьма приблизительны, порой трудоемки. Известен способ определения площади поврежденной при ожоге поверхности по Б.Н. Постникову, заключающийся в наложении на обожженную поверхность слоя стерильной марли или целлофана, нанесении на них контура площади ожога с последующим вырезанием площади ожога по нанесенному контуру и наложением его на лист миллиметровой бумаги для определения абсолютной площади ожога методом арифметического подсчета [7]. Недостатком известного способа является его длительность и приблизительная точность определенной площади, так как не учитывается рельеф площади.

Учет рельефа можно осуществить при помощи специальной морфометрической линейки для определения параметров операционных ран [4]. Морфометрическая линейка содержит подвижно соединенные между собой несущую и указательную метрические бранши, и фиксированную к несущей указательной бранше метрической дуги, обеспечивающих измерение широтных, высотных, угловых параметров операционных ран. Однако этот способ трудоемок и длителен во времени, так как требует большого числа измерений и последующего расчета широтных, высотных, угловых параметров операционной раны и не обеспечивает возможности определения площади всей раневой поверхности.

Очень часто в медицине начинают использовать устройства, применяемые до этого в других областях и отраслях промышленности. Так, к примеру, в косметологии для изучения площади поверхности кожи с учетом глубины и длины морщин, используют анализ силиконовых реплик (слепков) кожи с использованием механических или оптических профилометров. В первую очередь изготавливают силикон и наносят его на участок кожи. После этого снимают слепок рельефной по-

верхности и сканируют, оцифровывают, анализируя полученные данные. Пропущенный через силиконовый слепок свет регистрируется специальным фотодетектором. Затем с помощью компьютерной программы формируется объемная модель изображения поверхности кожи. При этом различные показатели ее рельефа можно рассчитать: гладкость, шероховатость, количество, длину и глубину морщин. Недостатками метода являются возникновение погрешностей, а также длительный и кропотливый процесс создания силиконовой реплики [5].

Известен способ бесконтактного измерения формы объекта, заключающийся в определении поверхности подлежащей исследованию, восприятие изображения поверхности тела оптическим фиксирующим прибором, обработка изображений и последующий анализ воспринимаемого изображения [2].

На этапе предобработки формируют опорную искусственную текстуру поверхности объекта, представляющую собой совокупность плоских меток, размер и плотность которых зависят от чувствительности оптического фиксирующего устройства, после чего при помощи сопоставления оптических характеристик всех изображений объекта находят координаты каждой распознанной точки объекта на различных изображениях и по результатам сопоставления определяют форму объекта. Изображения в известном способе получают оптическим фиксирующим устройством, установленным с возможностью перемещения вокруг измеряемого объекта, причем координаты оптического фиксирующего устройства для каждого получаемого изображения известны, а область нахождения каждой точки по каждому изображению вычисляют с учетом данных о координатах оптического фиксирующего устройства для каждого получаемого изображения. Необходимость использования в известном способе фиксированных меток затрудняет его использование на пациентах (живых объектах), поскольку нанесение многочисленных меток на поверхность ран или слизистых затруднительно.

Обращает на себя внимание еще один способ определения координат точек и ориентации участков поверхности тела сложной формы, как достаточно точный и условно применимый в медицине [6]. Осуществляют это следующим образом. Сначала на поверхность тела, подлежащую исследованию, наносят метки. В качестве меток используют плоские элементы одинаковой формы. Способ определения координат точек и ориентации участков поверхности тела сложной формы реализуют при помощи взаимно перпендикулярных горизонтальной и вертикальной базовых поверхностей. Обязательным элементом является метка, выполненная, например, в форме круга (в проекции эллипса), причем

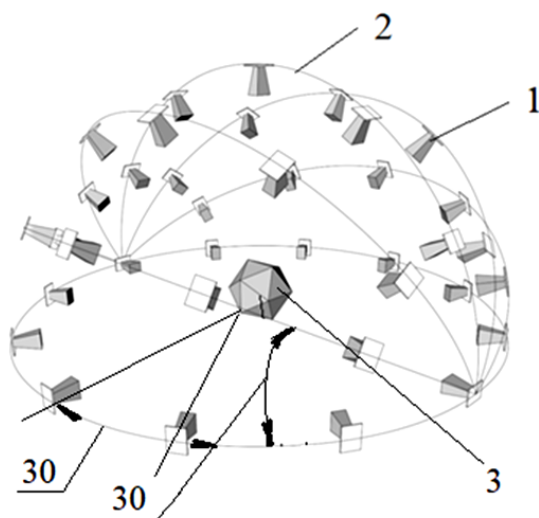


Рис. 1. Исследование площади поверхности объекта, находящегося на плоскости.

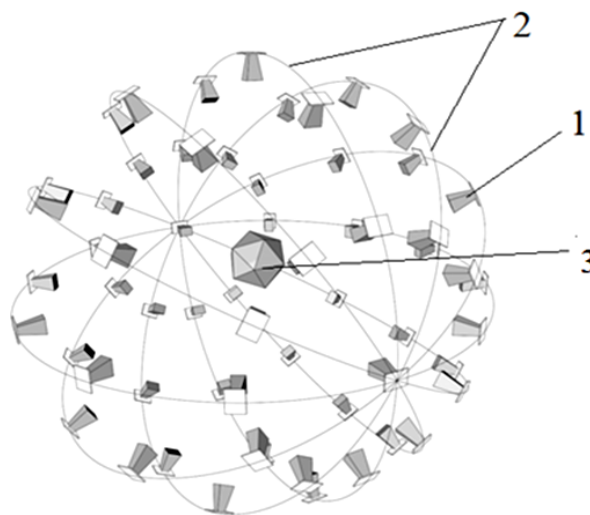


Рис. 2. Исследование площади поверхности объекта, находящегося в центре сферы.

метка размещается в контролируемой точке участка поверхности тела сложной формы.

Восприятие изображения поверхности тела сложной формы в известном способе выполняют оптическим фиксирующим прибором, например, фото-, теле-, кино- или видеокамерой с устройства, зафиксированного над исследуемой поверхностью. Последующий анализ воспринимаемого изображения производят относительно горизонтальной и перпендикулярной ей вертикальной базовых поверхностей. При этом эталонную метку размещают на горизонтальной базовой поверхности. Сравнивая изображения метки и эталонной метки, расположенной таким образом, что координаты всех точек метки известны, рассчитывают координатах точек поверхности тела сложной формы, а также ориентацию участка поверхности, на котором расположена метка, учитывая угол его наклона.

Однако необходимость использования фиксированных меток затрудняет его использование на пациентах (живых объектах), поскольку нанесение многочисленных меток на поверхность ран или слизистых затруднительно. Кроме того, сложность математического подсчета тоже затрудняет использование этого метода в медицинских целях.

Приведенные выше способы и методы определения площади анатомических областей и отделов не претендуют на точность и удобство применения в медицине.

Целью исследования явилось обеспечение возможности воспроизведения в виде компьютерной 3D модели и последующего вычисления с высокой точностью площади поверхности любой анатомической области со сложным рельефом бесконтактным способом.

Материал и методы исследования

Способ определения площади анатомических областей и отделов со сложным рельефом заключается в том, что вначале у пациента определяют «зону интереса», имеющую сложный рельеф, площадь поверхности которой предстоит вычислить, затем проводят фотосъемку «зоны интереса» любым оптическим цифровым фотоаппаратом для получения достаточного количества цифровых фотоснимков с максимального количества доступных ракурсов, предварительно разместив рядом с «зоной интереса» специальный шаблон в виде плоского равностороннего треугольника с заранее заданными размерами, необходимыми для масштабирования полученных цифровых фотоснимков. Фотосъемку осуществляют, мысленно поместив «зону интереса» в воображаемую полусферу или сферу, образованную меридианами, расположенными примерно через каждые 30° относительно друг друга, регистрируя изображение «зоны интереса» вдоль меридиана приблизительно через каждые 30° , причем в процессе фотосъемки у фотоаппарата должны быть неизменны значения выдержки, ISO, диафрагмы и фокусного расстояния. Затем полученные фотоснимки обрабатывают в программе для реконструкции 3D модели и получают виртуальную 3D модель, воспроизводя рельеф «зоны интереса» и обеспечивая расчет площади поверхности с учетом рельефа ее поверхности.

Способ определения площади анатомических областей и отделов со сложным рельефом поясняется чертежом, где на рис. 1 изображены различные этапы фотосъемки цифровой фотокамерой по меридиональным

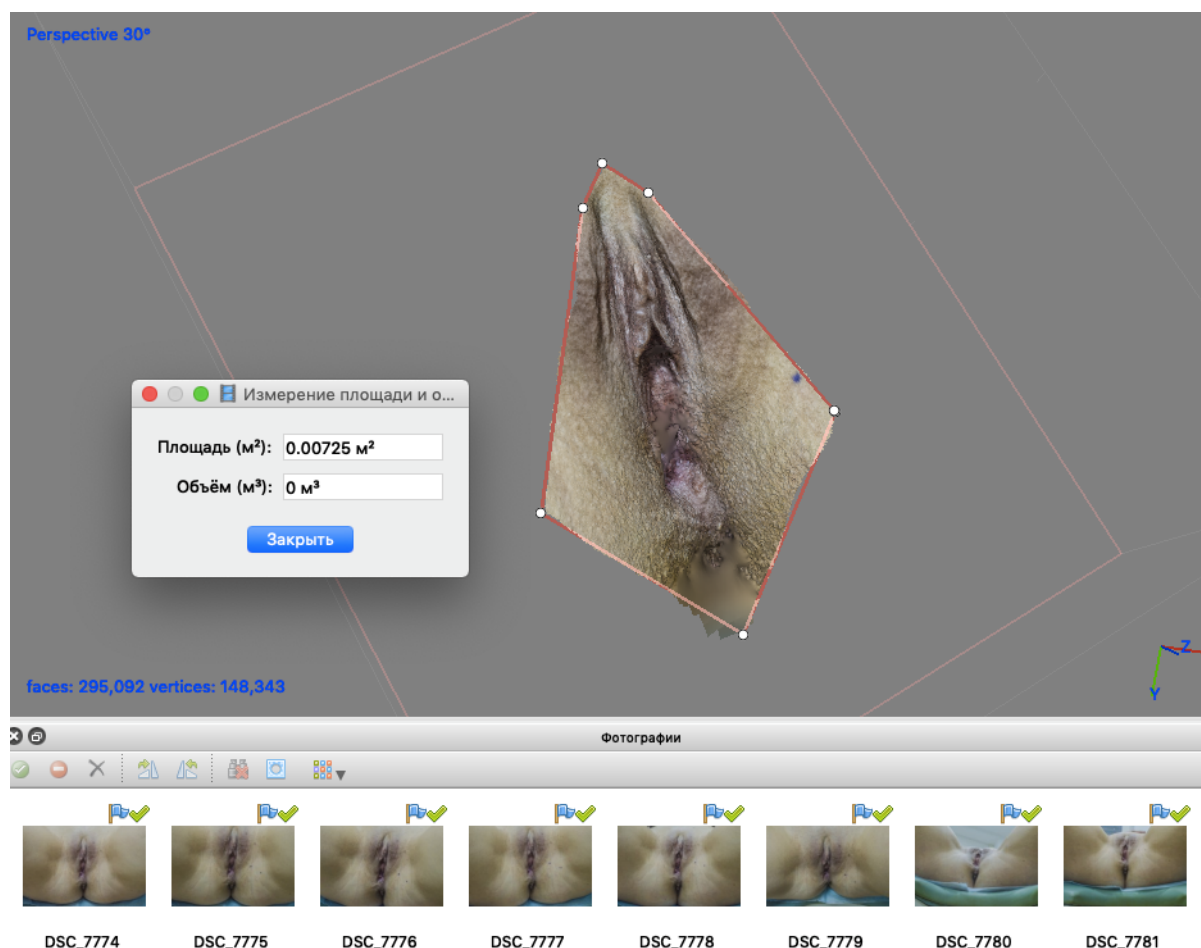


Рис. 3. Снимок экрана с результатами обработки программой площади женской промежности. Фотография предоставлена с разрешения пациента.

плоскостям исследуемого объекта, расположенного в центре горизонтальной плоскости полусферы; на рис. 2 – то же, но с расположением исследуемого объекта в центре сферы, т.е. со всех сторон.

Результаты и их обсуждение

Предлагаемый способ определения площади анатомических областей и отделов со сложным рельефом мы смогли реализовать в различных областях медицинской практики. Например, в акушерстве и гинекологии, стоматологии, челюстно-лицевой хирургии.

Пример 1. Пациентка П. 30 лет с диагнозом: недостаточность мышц тазового дна, цистоцеле, недержание мочи, многорожавшая. Находилась на амбулаторном лечении с применением физиопроцедур, общеукрепляющей терапии, гимнастики для мышц тазового дна.

Для диагностики эффективности проведения терапевтических процедур выполняли фотометрию с созданием трехмерной модели области промежности у обследованной пациентки.

При определении площади поверхности промежности пациентку уложили в гинекологическое кресло с таким условием, чтобы се-

далищные бугры находились за краем кресла, ноги расслаблены и максимально разведены.

Для масштабирования использовали шаблон – равносторонний треугольник, который положили рядом с «зоной интереса». Фотосъемку проводили с использованием цифровой фотокамеры, придерживаясь меридионального направления фотокамеры при изменении ракурса и соблюдая условия не менее 80% покрытия области снимка «зоной интереса».

Фотоснимки, полученные со всех сторон, позволили точно оценить рельеф поверхности, а именно высоту, ширину, глубину, протяженность различных изгибов, складок, выступов, углублений, морщин на промежности. Определили площадь промежности, равную 0.00725 м² (рис. 3).

Пример 2. Пациент И. 45 лет. В диагностических целях для постановки диагноза необходимо определение площади поверхности твердого неба. Для этих целей изготовили гипсовую модель верхней челюсти по предварительно снятому оттиску верхней челюсти пациента, определили «зону интереса» – твердого неба пациента (рис. 4). Выполнили фотосъемку. Полученные фотоснимки обрабатывали в программе для реконструкции 3D модели по фотографиям и получили

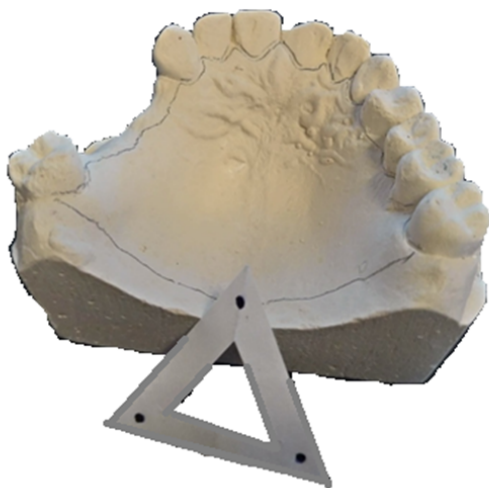


Рис. 4. Положение гипсовой модели верхней челюсти пациента с шаблоном для масштабирования 3D модели перед фотосъемкой.



Рис. 5. Положение лицевого отдела черепа перед фотосъемкой с шаблоном для масштабирования 3D модели и последующей 3D реконструкции.

виртуальную 3D модель верхней челюсти пациента. Масштабирование 3D модели в виртуальной среде проводили при помощи шаблона, расположенного рядом с «зоной интереса».

На данной виртуальной модели вычисляли площадь слизистой оболочки твердого неба с учетом рельефа и анатомических особенностей пациента, что способствовало точной постановке диагноза и составлению правильного плана лечения.

Пример 3. Пациент Н., 29 лет. Жалобы на патологические щелчки в суставе. Для проведения комплексной междисциплинарной диагностики требуется в виртуальной среде объединить компьютерную томографию, МРТ челюстно-лицевой области, а также необходим ряд исследований, одно из которых 3D сканирование лицевого отдела черепа.

Зоной интереса был выбран лицевой отдел черепа пациента. Далее проведено фотосъемление «зоны интереса» пациента с шаблоном (рис. 5). Полученные фотоснимки обработаны в программе для реконструкции 3D модели по фотографиям, в результате чего получена виртуальная 3D модель верхней челюсти пациента. Масштабирование 3D модели в виртуальной среде проводилось при помощи шаблона, расположенного рядом с «зоной интереса».

На данной виртуальной модели лицевого отдела черепа были рассчитаны краниометрические показатели и индексы, а также площади интересующих участков лица. Данная процедура способствовала точной постановке диагноза и составлению правильного плана лечения.

Заключение

Предлагаемый способ можно использовать в фотометрических исследованиях в различных отраслях медицины, например, в стоматологии для определения площади поверхности неба или съемных и несъемных ортопедических конструкций в диагностических и лечебных целях; в гинекологии для определения площади поверхности, предварительно созданной цифровой трехмерной модели промежности у пациенток с пролапсом женских половых органов; в реконструктивной и пластической хирургии, а также во множестве других случаях для точного определения площади поверхности в диагностических целях, а также в целях контроля динамики и эффективности лечения. Он имеет ряд преимуществ: позволяет просто и быстро определить площадь анатомических областей и отделов со сложным рельефом и с высокой точностью; исследуемый объект не нуждается в фиксации и длительном пребывании в неподвижном состоянии; цифровое оптическое фиксирующее устройство используют бесконтактно с исследуемым объектом, что важно в ситуациях, где необходимо соблюдение правил асептики и антисептики.

Список литературы / References

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство. М.: Медицина; 1990 [Avtandilov GG. Meditsinskaya morfometriya: rukovodstvo. Moscow: Meditsina; 1990] (in Russian).
2. Бирюков Н.А., Рутковский В.О. Патент РФ №

- 2419069; 2009 [Biryukov NA, Rutkovsky VO. Patent of the Russian Federation No. 2419069; 2009] (in Russian).
3. Бордаков В.Н. Раневой процесс. Принципы лечения ран: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ; 2014 [Bordakov VN. Ranevoi protsess. Printsipy lecheniya ran: uchebno-metodicheskoe posobie. Minsk: BGMU; 2014] (in Russian).
4. Воробьев А.А., Поройский С.В., Крюков С.А. Морфометрическая линейка для определения параметров операционных ран. Клиническая анатомия и экспериментальная хирургия. 2005;5:258–9 [Vorob'ev AA, Poroiskii SV, Kryukov SA. Morfometricheskaya lineika dlya opredeleniya parametrov operatsionnykh ran. Klinicheskaya anatomiya i eksperimental'naya khirurgiya. 2005;5:258–9] (in Russian).
5. Методы исследования кожи. Сырье и упаковка: для парфюмерии, косметики и бытовой химии. 2015; 2(170). URL: <https://cosmetic-industry.com/metody-issledovaniya-kozhi.html> [Skin research methods. Raw materials and packaging: for perfumes, cosmetics and household products. 2015; 2(170). Available from: <https://cosmetic-industry.com/metody-issledovaniya-kozhi.html>] (in Russian).
6. Павлюк А.С., Бизяев С.Н., Баранов А.С., Павлюк С.А. Патент РФ № 2162591; 2001 [Pavlyuk AS, Bizyaev SN, Baranov AS, Pavlyuk SA. Patent of the Russian Federation No. 2162591; 2001] (in Russian).
7. Петров С.В. Общая хирургия. СПб.: Лань; 1999 [Petrov SV. Obshchaya khirurgiya. Saint-Petersburg: Lan'; 1999] (in Russian).
8. Malian A, Azizi A, Heuvel FA, Zolfaghari M. Development of a Robust Photogrammetric Metrology System for Monitoring the Healing of Bedsores. The Photogrammetric Record. 2005 Sep;20(111):241–73. doi: 10.1111/j.1477-9730.2005.00319.x

Поступила в редакцию 18.10.2020

Received 18.10.2020

Принята в печать 30.11.2020

Accepted 30.11.2020

Для цитирования: Воробьев А.А., Македонова Ю.А., Соловьев А.О., Дьяченко Д.Ю., Багрий Е.Г., Агеева Ю.В., Гриценко И.А. Современное решение проблемы точного определения площади анатомических областей и отделов со сложным рельефом. Журнал анатомии и гистопатологии. 2020; 9(4): 90–95. doi: 10.18499/2225-7357-2020-9-4-90-95
 For citation: Vorob'ev A.A., Makedonova Yu.A., Solov'ev A.O., D'yachenko D.Yu., Bagrii E.G., Ageeva Yu.V., Gritsenko I.A. Accurate measurement of surface areas of anatomical structures including areas with an irregular relief: a modern solution to the problem. Journal of Anatomy and Histopathology. 2020; 9(4): 90–95. doi: 10.18499/2225-7357-2020-9-4-90-95