]МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Физико-технический факультет**

**Кафедра физики и информационных систем**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ В ГЕМОТОЛОГИИ ПРИ ЦИРРОЗЕ ПЕЧЕНИ**

Работу выполнил \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Переверзев Дмитрий Сергеевич

Курс 3

Направление биотехнические системы и технологии

Научный руководитель

Канд. Физ. мат. наук, доцент\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.В.Супрунов

Нормоконтролер

Канд. Физ. мат. наук, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_В.В.Супрунов

Краснодар, 2018**РЕФЕРАТ**

Курсовой проект 21с., 9 источников, 3 рис., 1 табл.,

Объектом исследования являются гематологические показатели крови.

Цель работы – использование фрактального анализа для диагностики цирроза печени.

Задачи – изучение возможности диагностики цирроза печени на основе гематологических показателей методом Херста. Диагностика тенденций заболевания, изучение возможности внедрение данного метода в медицину. Методы исследования – обработка гематологических данных, полученных при помощи автоматического анализатора.

В результате написания курсового проекта были изучены гематологические показатели больных циррозом печени. После чего, исследуемые данные подверглись анализу в системе MathСad. Вычисление коэффициента Херста может дать четкую тенденцию развития или угасания болезни.

Ключевые слова: фрактальный анализ, MathСad, индекс Хёрста, цирроз печени, обработка и хранение данных, временной промежуток.

**СОДЕРЖАНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ........................................................................................................................4

1 ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ..........................................................................................5

1.1 ФРАКТАЛЫ.......................................................................................................5

 1.2 ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛОВ В МЕДИЦИНЕ.............................................6

2 ПОКАЗАТЕЛЬ ХЁРСТА................................................................................................9

3 РАСЧЕТ В СРЕДЕ MATHCAD...................................................................................12

4 ЦИРРОЗ ПЕЧЕНИ........................................................................................................14

 4.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ......................................................................................14

 4.2 ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ...................................................................15

 4.3 ДИАГНОСТИКА.............................................................................................15

5 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НА КОНКРЕТНОМ СЛУЧАЕ......17

ЗАКЛЮЧЕНИЕ................................................................................................................19

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ........................................................21

**ВВЕДЕНИЕ**

Метод фрактального анализа широко используется при анализе сложных сигналов. В свою очередь, сложные сигналы, как например энцефалограмма или шумы сердца помогают диагностировать тяжёлые заболевания как на начальной стадии, так и в тяжелых случаях. Это способствует излечению больного до того, как болезнь станет неизлечимой.

Другим направлением использования фрактального анализа является рынок. Аналитики сравнивая поведение цен, пытаются предвидеть будущее развитие, не допустив грубой ошибки прогнозирования.

Цель данного проекта – изучение вышеуказанного метода, его роль в медицине.

Задачи данного проекта:

- изучить фрактальный анализ как новый метода обработки данных в медицинской сфере;

- исследовать возможность непосредственной диагностики заболевания на примере нескольких показателей крови;

- оценить клиническое значение показателей;

- рассмотреть вопрос применение данного метода в медицине.

Данный метод используется в медицине и его дальнейшее изучение расширяет рамки его использования, что позволяет прогнозировать тенденции болезни. Расчет проводится путем применения показателя Херста в среде MathCAD. Это вносит существенный вклад в максимально компетентную и высокоточную диагностику заболевания.

#  Фрактальный анализ

##  Фракталы

Фракталы — геометрические фигуры, полученные в результате дробления на части, подобные целому, или при одном и том же преобразовании, повторяющемся при уменьшающихся масштабах [1].

Одним из инструментов теории Хаоса, используемых для изучения феноменов, которые являются хаотическими только с точки зрения евклидовой геометрии и линейной математики, является фрактальная геометрия, способная описать естественные объекты. Фрактальный анализ произвел революцию в характере исследований, ведущихся в несметном количестве различных областей науки: метеорологии, медицине, геологии, экономике, метафизике.

Рождение фрактальной геометрии связано с выходом в 1977 году книги французского ученого Бенуа Мандельброта «Фрактальная геометрия природы».

Понятие фрактал (от лат. fraktus — расколотый, раздробленный, состоящий из фрагментов) Мандельброт использовал для обозначения регулярных и нерегулярных, но самоподобных структур.

Позднее Мандельброт дал такое определение фрактала: «Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому».

Но бесконечное дробление и подобие мельчайших частей целому — это есть принцип «устройства» природы. В настоящее время придумано множество искусственных моделей, иллюстрирующих этот принцип.

В человеческом организме множество фракталоподобных образований — в структуре кровеносных сосудов и различных протоков, а также в нервной системе. Наиболее тщательно изучена фрактальная структура дыхательных путей, по которым воздух поступает в легкие (рисунок 1).



Рисунок 1 - Легкие

## Применение фракталов в медицине

Теория фракталов применятся для анализа электрокардиограмм. Периоды биоритмов , и, в частности, сердечного ритма, длительностью порядка часа, суток и более, можно изучать традиционными методами гистограммного или спектрального анализа. Однако оценка хроноструктуры, величины и ритмов фрактальной размерности индексом Херста позволяет на более ранней стадии и с большей точностью и информативностью судить о нарушениях гомеостазиса и развитии конкретных заболеваний.

Фрактальный анализ предназначен для визуальной оценки степени гармонизации биоритмов на различных уровнях управления и прогноза состояния здоровья пациента на сравнительно длительный период (до 10 дней).

Фрактальный показатель биоритмов, приводимый на портрете пациента, позволяет прогнозировать его состояние на период времени от трех до десяти дней. Если этот показатель выше интегрального показателя в режиме «экспресс-контроль» , то состояние пациента будет улучшаться, если ниже – ухудшаться.

В общих чертах идея использования фрактальных методов применительно к ЭГЭГ на примере диагностики ЖКТ выглядит следующим образом.

С возникновением в 1975 году фрактальной геометрии, связанной с именем Б. Мандельброта, стало возможным описание, упорядочивание и представление сложных сигналов фрактальными моделями в достаточно простом и наглядном виде. Фрактальный подход в последнее время все больше применяется для решения задач идентификации процессов и объектов, отличающихся наличием компонент хаотического, детерминированного и периодического характера .

Одним из основных фрактальных методов является И/З-анализ, представляющий собой совокупность статистических приёмов и методов анализа временных рядов (цифровых сигналов), позволяющих определить некоторые важные их характеристики, такие как наличие непериодических циклов.

В настоящий момент доказано, что фрактальными свойствами обладают сосудистые системы животного организма, динамика функций мозга, сердца и электрически активных клеток.

В медицине фрактальные методы обработки, по видимому, впервые были применены для исследования электроэнцефалограмм (ЭЭГ) . Для ЭЭГ, также как и для ЭГЭГ, к настоящему времени было разработано большое количество методов анализа, которые в основном базировались на классическом Фурье-анализе .

Все фрактальные методы основаны на статистической обработке той физической величины, которая наиболее полно отражает исследуемое свойство объекта . Для описания биосигнала осуществляется построение его фрактальной модели, а именно производится расчет, так называемых, фрактальных размерностей и параметров [].

Пусть имеется дискретная временная последовательность отсчетов — значений биоэлектрического потенциала. На первом этапе рассчитываются значения основных фрактальных параметров (размерностей), то есть осуществляется К/Э-анализ. По рассчитанным значениям делается вывод о том, является ли исходная временная последовательность расчетов персистентной, то есть обладает ли она долговременной памятью. По сути, набор фрактальных параметров описывает состояние ЖКТ пациента в текущий момент времени.

На втором этапе путем анализа большого количества биосигналов создается статистическая база, позволяющая определить диапазоны значений фрактальных параметров для больных и здоровых людей. Использование фрактальных мер позволяет не только определить состояние органов ЖКТ пациента в текущий момент времени, но и предсказать динамику изменения состояния в дальнейшем. Создание адекватной фрактальной математической модели органов ЖКТ позволит применять разработанные алгоритмы с целью диагностирования, что может найти применение в медицинской практике.

Второй важной задачей создания универсальной автоматической системы диагностики органов ЖКТ является разработка радиотехнического комплекса для регистрации биоэлектрических потенциалов желудочно-кишечного тракта и фрактального анализа ЭГЭГ сигнала.

Впервые в медицине прибор для регистрации с поверхности тела биопотенциалов в узком диапазоне частот, соответствующих сокращениям гладкой мускулатуры пищеварительной трубки был разработан Собакиным М.А.. Идея создания электрогастрографических приборов нашла свое продолжение в работах Ворновицкого Е. Г. , Наджимет-динова Л. Г. , Реброва В. Г.  и др.

Недостатком вышеперечисленных приборов является то, что они не позволяли осуществлять раздельную регистрацию биопотенциалов с различных органом ЖКТ.

# Показатель Хёрста

Изначально фрактальный анализ широко используется в экономике для анализа структуры рынка (в т.ч. финансового), который показывает, что его общая емкость имеет тенденцию к бесконечному росту: суммарный объем мелких рыночных ниш может превышать суммарный объем крупных, поскольку чем меньше размер ниш, тем в большем количестве они присутствуют на рынке. Зная расположение «незанятого» пространства на рынке, можно «расположить» там новых агентов с соответствующим набором услуг и оборотом. При этом будет получена новая, более плотная конфигурация рыночной структуры. Такая процедура может продолжаться бесконечно. Практический интерес представляет получение плотных, оптимальных по заполнению конфигураций, размер ниш которых варьируется в ограниченных пределах. Представление многоукладного рынка как масштабируемой структуры взаимодействующих рыночных ниш позволяет оценить его емкость и структурировать как финансовую, так и производственно-торговую сферы.[3].

Таким образом, одна из центральных характеристик, позволяющих отличать фракталы друг от друга - это их размерность, которая описывает, как объект заполняет пространство и является продуктом всех влияющих на этот процесс факторов. Ключевой параметр фрактального анализа — показатель Херста. Это мера, которую используют при анализе временных рядов. Чем больше задержка между двумя одинаковыми парами значений во временном ряду, тем меньше коэффициент Хёрста.

Основой статистической модели Херста стала работа Альберта Эйнштейна о броуновском движении, которая по существу является моделью случайных блужданий частицы[4]. Сущность теории в том, что расстояние, которое проходит частица, увеличивается пропорционально квадратному корню из времени:

$R=T^{0.5}$ (1)

где R – частица,

Т – период, 1/с.

Перефразируем формулу: размах вариации, R, при большом количестве испытаний равен корню из количества испытаний, T. Именно эту формулу Херст взял за основу при доказательстве того, что разливы Нила — не случайность.

Для формирования своего метода гидролог использовал временной ряд X1..Xn значений разлива реки. Далее проводился следующий алгоритм, названный в последующем методом нормированного размахаили R/S-анализом:

1. Расчет среднего значения, Xm, ряда X1..Xn
2. Расчет стандартного отклонения ряда, S
3. Нормализация ряда, путем вычитания из каждого значения среднего значения, Zr, где r=1..n
4. Создание кумулятивного временного ряда Y1=Z1+Zr, где r=2..n
5. Расчет размаха кумулятивного временного ряда R=max(Y1..Yn)-min(Y1..Yn)
6. Деление размаха кумулятивного временного ряда на стандартное отклонение S [5].

Херст расширил уравнение Эйнштейна и привел его к более общей форме:

$(\frac{R}{S})\_{n=c\*n^{H}}$(2)

где с — константа.

В общем случае значение R/S изменяет масштаб по мере увеличения приращения времени, согласно значению степени зависимости, равной H, которая обычно и называется показателем Херста**:**

$C=2\left(2H-1\right)-1$(3)

где С – мера корреляции;

Н – показатель Хёрста.

Имеются три различных классификации для различных показателей Херста: при H = 0,5 получается истинно случайный ряд чисел, то есть события случайны и не коррелированны. Правая часть уравнения обращается в нуль и настоящее не влияет на будущее[6] .

При 0 < H < 0,5 происходит так называемый "возврат к среднему": если система растет в какой-то период, то в следующий период надо ожидать спада. Если вчера шло снижение цен, то завтра ждите их повышения. Чем ближе Н к нулю, тем устойчиве эти колебания. Но таких процессов в реальности очень мало.

В реальности обычно 0,5 < H < 1 - и это трендоустойчивые ряды. То есть если ряд начал возрастать, ждите, что он будет возрастать и дальше, если он убывает сегодня, завтра тоже будет убывать. Трендоусточивость тем больше, чем ближе Н к 1, потому что чем больше корреляция между процессами, тем более одинаково они себя ведут. Чем ближе Н к 0,5, тем более зашумленный и менее выраженный тренд получается на выходе.

# Расчет в среде MathCad

MathCAD – это приложение для математических и инженерных вычислений, промышленный стандарт проведения, распространения и хранения расчетов. MathCAD – продукт компании PTC – мирового лидера разработки систем САПР, PDM и PLM. MathCAD является универсальной системой, т.е. может использоваться в любой области науки и техники – везде, где применяются математические методы.

Документы MathCAD представляют расчеты в виде, очень близком к стандартному математическому языку, что упрощает постановку и решение задач. MathCAD содержит текстовый и формульный редактор, вычислитель, средства научной и деловой графики, а также огромную базу справочной информации, как математической, так и инженерной. Редактор формул обеспечивает естественный «многоэтажный» набор формул в привычной математической нотации (деление, умножение, квадратный корень, интеграл, сумма и т.д.). Мощные средства построения графиков и диаграмм сочетают простоту использования и эффектные способы визуализации данных и подготовки отчетов.

В ходе курсовой работы был написан код для обработки результатов с применением индекса. На рисунке 2и на рисунке 3 представлен процесс обработки результатов, а также итоговый результат[7].



Рисунок 2 - Вычисление индекса Херста в среде MathCAD



Рисунок 3 - Вычисление индекса Херста в среде MathCAD

# Цирроз печени

## Общие сведения

Цирроз печени – хроническое прогрессирующее заболевание печени, характеризующееся перестройкой структуры печеночной ткани и сосудистого русла, уменьшением количества функционирующих печеночных клеток (гепатоцитов), разрастанием соединительной ткани, появлением узлов регенерации и развитием в последующем печеночной недостаточности и портальной гипертензии.

В экономически развитых странах цирроз печени входит в одну из основных причин смерти в возрасте от 35 до 60 лет..

Длительное время цирроз печени протекает бессимптомно или с минимальными нетипичными проявлениями. Появляется слабость, повышенная утомляемость, снижение работоспособности, раздражительность, слезливость, обидчивость, склонность к истерическим реакциям.

Часто возникают расстройства пищеварения: тошнота, рвота, горечь во рту, непереносимость жирной пищи и алкоголя.

Характерными признаками цирроза являются тяжесть и боли в животе, преимущественно в правом подреберье, сосудистые «звездочки» в верхней половине туловища, покраснение ладоней, кровоизлияния в кожу, кровоточивость слизистых оболочек. Нередки жалобы на кожный зуд и боли в суставах.

Тяжелые формы заболевания протекают с грубыми нарушениями функции печени и угрожающими жизни осложнениями, в первую очередь портальной гипертензией (повышение давления в портальной вене), приводящей к кровотечению из расширенных вен пищевода, асциту, печеночно-клеточной недостаточности.

## Причины возникновения

Наиболее частыми причинами цирроза являются: хронический вирусный гепатит В (и D), гепатит С, хронический алкоголизм (алкогольная болезнь печени), метаболические нарушения, из которых основным является метаболический синдром, сопровождающийся жировым гепатозом – неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП). Кроме того, цирроз вызывают наследственные заболевания: гемохроматоз, болезнь Вильсона-Коновалова, дефицит альфа-1-антитрипсина и др., а также аутоиммунные заболевания печени, в том числе первичный билиарный цирроз и токсическое поражение печени промышленными ядами и лекарственными средствами.

## Диагностика

Диагноз на ранних стадиях цирроза устанавливается с трудом, так как выраженных изменений в печени часто нет. В первую очередь проводится ультразвуковое обследование печени (УЗИ-диагностика), которая позволяет выявить диффузные изменения ткани печени, увеличение ее размеров (правда, это происходит не всегда). Желательно проводить допплерографию сосудов брюшной полости с определением ширины просвета сосудов и скорости кровотока. Это позволяет установить наличие признаков портальной гипертензии.

Важным для характеристики структурного и функционально состояния печеночных клеток является биохимический анализ крови (АЛТ, АСТ, ГГТ, билирубин, щелочная фосфатаза, белковые фракции), а также клинический анализ крови и коагуллограмма – свертывание крови.

Для точной диагностики степени фиброза используются современные неинвазивные (заменяющие биопсию) методы обследования: эластометрия (эластография) печени на аппарате Фиброскан, Фибротес, ФиброМакс. Поражение печени характеризуется степенями от 0 до 4; 0 – здоровая печень, 4 – цирроз.

В первую очередь необходимо сделать анализы на вирусы гепатитов В и С, так как вирусы являются самой частой причиной цирроза, в особенности в сочетании с алкоголем. Если вирусы не выявлены, то поиски причины заключаются в исключении наследственных заболеваний печени, аутоиммунных показателей, а также алкогольной болезни печени, НАЖБП и токсического поражения печени.

Степень тяжести цирроза определяется по шкале Чайлда-Пью с учетом выраженности клинико-лабораторных данных, основными из которых являются содержание в крови билирубина, альбумина, протромбина, а также выраженности энцефалопатии и асцита. Выделяют активный и неактивный цирроз, компенсированный и декомпенсированный. Для декомпенсированного цирроза характерно развитие портальной гипертензии, появление асцита, возникновение желудочно-кишечных кровотечений [8].

# Практическое применение метода на конкретном случае

В ходе обследования пациентов был исследован ряд показателей крови, который замерялся на протяжении большого количества времени. На основе этих данных был вычислен показатель Хёрста (Таблица 1).

Таблица 1 Результаты анализов

|  |  |
| --- | --- |
| Параметр крови | Показатель Хёрста |
| RET% | 0.952 |
| WBC | 0.945 |
| RDW | 0.947 |
| RBC | 0.946 |
| MCV | 0.946 |

Были проведены следующие лабораторные анализы:

1. RET% - относительное количество ретикулоцитов (в %). Ретикулоциты представляют собой незрелые эритроциты, содержащие остатки РНК и образующиеся после потери нормобластами ядер. В связи с появлением высокотехнологичных гематологических анализаторов стало возможным получать, помимо классических, дополнительные информативные ретикулоцитарные параметры.
2. WBC (white blood cells) - количество лейкоцитов крови (х 109/л). Измерение лейкоцитов проводится после полного лизиса эритроцитов специальным реагентом. Все частицы размером более 35 фл считаются как лейкоциты. Тромбоциты, размер которых меньше порогового значения 35 фл, исключаются из подсчета. Коэффициент вариации (CV) при автоматическом определении этого показателя составляет 1-3%, в то время как при ручном подсчете 6,5-15% в зависимости от числа лейкоцитов.
3. RDW (red cell distribution width) - показатель гетерогенности эритроцитов по объему, характеризует степень анизоцитоза. Этот показатель вычисляется большинством современных гематологических анализаторов на основании гистограммы распределения эритроцитов как коэффициент вариации объема эритроцитов.
4. RBC (red blood cells) - количество эритроцитов крови (х 1012/л). Определение количества эритроцитов осуществляется путем вычитания из общего числа клеток в цельной крови тромбоцитов и лейкоцитов. Для исключения из счета тромбоцитов, которые имеют существенно меньшие размеры по сравнению с эритроцитами и лейкоцитами, используются пороговые значения. Считаются все частицы размером более 36 фл. Лейкоциты считаются в лизате после разрушения эритроцитов. Коэффициент вариации для данного параметра составляет 1-2%, а в некоторых приборах - менее 1%.
5. MCV (mean corpuscular volume) - средний объем эритроцита, выражается в кубических микрометрах (куб. мкм) или фемтолитрах (1 фл = 1 куб. мкм или 1 x 10-15/л). MCV определяется большинством гематологических анализаторов благодаря прямой зависимости амплитуды электрического импульса от объема клетки. Вычисляется MCV делением суммы клеточных объемов на число эритроцитов [].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Цирроз печени – хроническое прогрессирующее заболевание печени, характеризующееся перестройкой структуры печеночной ткани и сосудистого русла.

Применение метода Хёрста предоставляет возможность достаточно корректно и быстро провести исследование гематологических показателей крови.

Согласно теории фракталов, если полученное значение показателя Херста H < 0,5; исследуемый ряд обладает «кратковременной» памятью, то есть является антиперсистентным. Это означает, что недавние события в породившей его системе оказывают намного большее значение на дальнейшее поведение самой системы, чем события более ранние.

Если H > 0,5; временной ряд персистентен и обладает фрактальной природой. При H = 0,5 сигнал представляет собой стохастический шум и не содержит полезной информации.

Используя метод Хёрста были посчитан коэффициент для 5 показателей крови: RET% - относительное количество ретикулоцитов, WBC (white blood cells) - количество лейкоцитов крови, ) RDW (red cell distribution width) - показатель гетерогенности эритроцитов по объему, характеризует степень анизоцитоза, RBC (red blood cells) - количество эритроцитов крови, MCV (mean corpuscular volume) - средний объем эритроцита, выражается в кубических микрометрах или фемтолитрах. Для каждого из показатель коэффициент Хёрста близок к единице. Это означает, что соблюдается "фрактальность", т.е. показатели и дальше будут вести также как и раньше.

В ходе проекта были изучены методы фрактального анализа . В результате выполнения работы были достигнуты следующие общекультурные и общепрофессиональные компетенции:

1. Способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7), мною самостоятельно была найдена и изучена вся информация, содержащаяся во всех главах данного курсового проекта.
2. Способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-5), для выполнения данной курсовой работы, активно использовалась научная информация из глобальной сети интернет, библиотечные данные.
3. Осуществлены поиск, хранение, обработка и анализ информации из различных источников и она представлена в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-6).
4. Оформлена курсовая квалификационная работа, презентация и научная статья по теме сборки лабораторного стенда для регистрации потенциалов мозга (ПК-3).

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

|  |  |
| --- | --- |
|  | 1. Фрактальная медицина // Понятие фрактал. Фракталы в медицине - (РУС). – URL: http://www.liveinternet.ru/users/laura\_mz/post395515625 [16 мая 2018]
 |
|   | 1. Матрица здоровья // Применение фрактального анализа в медицине - (РУС). - URL  https://www.matrix.com.ru/ponyatie-fraktal-fraktaly-v-medicine?v=1c2903397d88 [10 мая 2018]
 |
|   | 1. Обсуждение на LiveInternet // Показатель Херста биоэлектрических сигналов - (РУС). - URL: [http://www.liveinternet.ru/community/2202959/post62177758/ [11](http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/4887.html%20%5B11) мая 2018]
 |
|   | 1. Финансовый анализ предприятия // Выбор акций на основе показателя Херста - (РУС). - URL: https://www.beintrend.ru/2010-09-01-13-03-40 [13мая 2018]
 |
|   | 1. Статьи по MQL5 // Вычисление коэффициента Херста – (РУС). - URL: https://www.mql5.com/ru/articles/2930 [10мая 2018]
 |
|   | 1. Медицинский справочник // Нестандартный анализ и фрактал числовых систем - Комплементарная медицина - (РУС). - URL: http://textarchive.ru/c-2866802-p2.html [12 мая 2018]
 |
|   | 1. Справочник Mathcad 11/12/13 в математике / Под ред. В. П. Дьяконов – Москва: Горячая Линия – Телеком, 2007. - 960 с
 |
|   | 1. Специализированный научный гепатологический центр // Цирроз печени и его лечение – (РУС). - URL: https://www.gepatit.ru/cirrhosi/ [10мая 2018]
 |
|   | 1. Журнал советов на каждый день // Как расшифровать анализ крови - (РУС). – URL: [http://sovets.net/5280-rasshifrovka-analiza-krovi.html [20](http://sovets.net/5280-rasshifrovka-analiza-krovi.html%20%5B20) мая 2018]
 |