

Управление образования города Пензы

МКУ «Центр комплексного обслуживания и методологического обеспечения учреждений образования» г. Пензы

МБОУ «Лицей современных технологий управления № 2» г. Пензы

### **«Математические расчеты в педиатрии»**

Выполнил: Власова Софья Евгеньевна,

11 «В» класс,

муниципальное бюджетное

общеобразовательное учреждение

«Лицей современных

технологий управления № 2» г.Пензы.

Руководитель: Хальметова Наиля Ханифовна,

Учитель математики,

муниципальное бюджетное общеобразовательное

учреждение «Лицей современных

технологий управления № 2» г.Пензы.

**Пенза**

**2022 год**

---

✉- 440008, г. Пенза, ул. Бакунина, 115

☎- телефон /841-2/ 54-20-44; e-mail: [school02@guoedu.ru](mailto:school02@guoedu.ru)

<http://www.lstu2.ru>

## Оглавление

<b>1. Введение.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Основная часть.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Математика в медицине .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Классические методы.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Задача на расчет массы тела.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Различные математические методы в медицине и педиатрии.....</b>	<b>7</b>
<b>2.5. Основной метод, применяемый в работе .....</b>	<b>7</b>
<b>2.6 Информация и энтропия.....</b>	<b>7</b>
<b>3. Теоретическая часть.</b>	
<b>3.1. Дивергенция Кульбака-Лейблера.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Метрика сходства выборок.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3. Выделение значимых факторов.....</b>	<b>9</b>
<b>4. Практическая часть.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1. Сбор нужных данных.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2. Построение распределения по каждому показателю.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3. Визуализация выборок на плоскости.....</b>	<b>11</b>
<b>4.4 Расчет дивергенции Кульбака-Лейблера.....</b>	<b>11</b>
<b>Заключение.....</b>	<b>13</b>
<b>Список источников.....</b>	<b>13</b>

## **Математические расчеты в педиатрии**

### **1. Введение**

Ни одна область человеческой деятельности не обходится без математики. Медицина не исключение. С появлением новых технологий роль математики в работе медицинского работника только увеличивается. Ярким примером служит роль математики в педиатрии. Ведь первые цифры, которые слышит ребенок – это вес, даты и время рождения. Родители так же не забывают о математике при приготовлении пищи, взвешивании и т.д.

Математические вычисления в педиатрии просто необходимы для правильного развития ребенка. С помощью математических методов решаются задачи, которые необходимо знать каждому родителю:

- измерение роста, веса ребенка;
- расчет продуктов для приготовления еды младенцу;
- дозировка лекарственных средств в домашних условиях;
- измерение температуры воды при купании ребенка.

На первый взгляд медицина и математика могут показаться несовместимыми областями человеческой деятельности. Математика, по общему признанию, является "царицей" всех наук, решая проблемы химии, физики, астрономии, экономики, социологии и многих других наук.

Медицина же, долгое время, развиваясь "параллельно" с математикой, оставалась практически неформализованной наукой, тем самым подтверждая, что "медицина – это искусство".

Я задумалась: в какой же связи находятся эти, казалось бы, на первый взгляд несовместимые предметы? Какая связь может быть между математикой, мудрой царицей всех наук, и педиатрией? Как могут взаимодействовать такие совершенно разные человеческие сферы деятельности? Появилась проблема: как взаимодействуют между собой наука, пользующаяся только строгими доказательствами, формулами, и педиатрия - медицинская дисциплина, изучающая анатомию и физиологию детского организма в различные возрастные периоды, детские болезни, их лечение и профилактику. Мне показалось интересным найти эти связи.

Появилась гипотеза:

- Математика и педиатрия – науки несовместимые.
- Математика и педиатрия взаимодействуют между собой.

### **1. Актуальность**

Здоровье – залог счастливой жизни. Оно помогает выполнять наши планы, успешно решать задачи, преодолевать трудности и, в целом, вести активную жизнь. К сожалению, в современное время из-за бешеного ритма, тяжелой работы, многозадачности люди совсем перестали соблюдать простейшие правила здорового образа жизни, которые могли бы снизить риски серьезных заболеваний. Однако современные математические методы помогают выделить различные закономерности,

сформулировать законы, которые могут сохранить здоровье, обеспечить хорошее самочувствие и т.д.

## **2. Цель работы**

Цель работы: выяснить какую роль играют математические расчеты в медицине, в педиатрии в частности, посмотреть простейшие задачи, с помощью которых можно выявить заболевания, с помощью библиотеки python на основе некоторых данных предугадать пол человека

## **3. Задачи проекта**

Задачи:

1. сделать гугл-форму, где мои друзья внесут некоторые данные о себе
2. построить распределение по каждому показателю
3. визуализировать выборки на плоскости
4. рассчитать дивергенцию Кульбака-Лейблера и проанализировать

## **2. Основная часть**

### **2.1. Математики в медицине**

**Математика** - прикладная наука, которая получила широкое применение в широком диапазоне областей знаний. Она используется в медицине, физике, химии, а также других науках. Этот весьма сильный и эластичный предмет при исследовании находящегося вокруг нас общества. В каждой академической дисциплине имеется собственная методика, базирующаяся на исполнении определенных исследований. Далее, данные сведения обрабатываются и закрепляются в числовом варианте. А так как обработкой числовых данных занимается математика, вот и возникла взаимосвязь между медициной и арифметикой, а теперь более непосредственно.

В том случае, когда необходимо решить проблему о наследственности, применяя познания в сфере комбинаторики, можно просчитать разнообразные виды распределения хромосом, число подобных вариантов и иных необходимых данных. Если, к примеру, нужно сделать план, что в автоматическом порядке, отталкиваясь от признаков заболевания, может помочь подобрать оптимальный метод лечения, в том случае это есть самое прямое использование математики в медицине, так как для этого сначала строится точная модель, то есть «модель человека», изображенная стилем математики.

Несколько лет назад, когда исследовалась проблема математической статистики в маленькой врачебной научно-исследовательской команде, разговор о способности проложить арифметическую тропинку посредством густых дебрей экологических условий зачастую кончались достаточно подозрительным покачиванием головой и заявлением о том, что «медицина – есть все-таки искусство». Безусловно это правильно в том смысле, что проницательность и интуиция для доктора действительно важны. В то же время большая часть пациентов и потенциальных больных, безусловно, рассчитывают на постоянное развитие и увеличение академических аспектов медицины, а наука обозначает использование математики.

Поскольку статистика как термин возникла в средние века, означавшая политическое состояние государства, то в науку этот термин ввел немецкий ученый Ахенваль. В настоящее время этот термин употребляют в четырех значениях:

- комплекс дисциплин – учебный предмет;

- отрасль практической деятельности по сбору и обработке, анализу и публикации массовых цифровых данных о различных явлениях и процессах общественной жизни;
- совокупность цифровых сведений;
- статистические методы, принимаемые для изучения экономических явлений.

Статистика, изучающая вопросы, связанные с медициной и здравоохранением носит в настоящее время название мед. Мед статистика делится на три раздела:

- статистика общественного здоровья;
- статистика здравоохранения;
- клиническая статистика.

Существуют различные задачи, решаемые математическими методами. К таким задачам относятся задачи на проценты, а также задачи с метрическими системами мер. Так, например, спецмерами объема являются:

- 1) объем чайной ложки равен 5 мл;  
объем десертной ложки равен 10 мл;  
объем столовой ложки равен 15 мл.
- 2) 1 мл водного раствора равен 20 каплям;  
1 мл спиртового раствора равен 40 каплям;  
1 мл спиртово-эфирного раствора равен 60 каплям.

Существует также метрическая шкала, которой удобно пользоваться при переводе и производить расчеты доз препаратов. Дозы препаратов подразделяют на;

- разовые;
- суточные;
- курсовые.

Точно можно разделить только таблетки только таблетки с риской, капсулы, жидкие лекарственные средства с мерной посудой. При расчете разовой дозы препарата по формуле:

разовая доза препарата = требуемая доза / количество препарата лекарственного средства

Надо помнить, что назначение врача и содержимое лекарственных единиц должно быть в одинаковых единицах измерения. Таким образом, вышесказанное дает возможность утверждать, что знание математики в медицине как науке играет немаловажное значение.

## 2.2. Классические методы

Существует большое количество известных математических формул и расчетов, которые применяются в медицине в целом и педиатрии в частности, которые позволяют:

### Рассчитывать индексы

- Норма веса
- Норма прибавки
- Рост ребенка
- Коэффициент пропорциональности

### Определять идеальный вес

- По росту (Индекс Брока)
- По росту и комплекции (Индекс Борнгардта)
- По росту и возрасту (Формула Креффа)

### Корректировать питание

- Объемный способ
- Калорийный способ

### 2.3 Задача на расчет массы тела.

Изучив литературу по теме, я подобрала классическую задачу, связанную с педиатрией и решила ее.

Задача №1: Вес ребенка при рождении 3300 г., в три месяца его масса составила 4900 г. Определить степень гипотрофии.

Решение: Гипотрофия I степени при дефиците массы 10-20%, II степени – 20-30%, III степени – больше 30%. Увеличение массы тела ребенка за каждый месяц первого года жизни можно рассчитать с помощью таблицы:

месяц	1	2	3	4	5	6
прибавка	600	800	800	750	700	650
месяц	7	8	9	10	11	12
прибавка	600	550	500	450	400	350

1) Сначала определим, сколько должен весить ребенок в 3 месяца, для этого к весу при рождении ребенка прибавим ежемесячные прибавки, т.е.

$$3300 + 600 + 800 \times 2 = 5500 \text{ г.}$$

2) Определяем разницу между долженствующим весом и фактическим (т.е. дефицит массы):  $5500 - 4900 = 600 \text{ г.}$

3) Определяем какой процент, составляет дефицит массы:  $600 / 5500 \times 100\% = 10,9\%$   
Ответ: Гипотрофия I степени и составляет 10,9%

### 2.4. Различные математические методы, применяемые и сделавшие прорыв в медицине и педиатрии

- Моделирование и построение сценариев развития болезней или эпидемий (например, COVID-19)

- Персональные вычисления для достижения максимального здоровья и энергии (например, нутрициология). Сейчас особенно развито такое направление, как нутрициология, которое учитывает индивидуальные особенности каждого человека, его предпочтения в еде, воде, отдыхе и т.д. И на основе всех этих показателей составляется комфортная программа для улучшения здоровья человека

- Выделение влияющих факторов на здоровье. Это может быть как в целом, так и в частности. Здесь строят различные модели, выделяют факторы, которые влияют на здоровье. (Например, сейчас оценивается вред от электронных сигарет).

- Регрессионные анализы в различных сферах (взаимосвязь питания и уровня жизни на индекс внутреннего жира и т. д.)
- Сравнение различных групп населения – особо применяется как метод сравнения при тестировании новых методик лечения/ диетологии/другое. (Например создали диету, есть 2 контрольных группы, одна группа следует диете, а вторая – нет. Затем смотрят, как изменились различные показатели за определенный промежуток времени.

## 2.5. Основной метод, применяемый в работе

Как можно сравнить две выборки и выделить в них факторы, определяющие это значимое развитие?

**Расстоянием (расхождением, дивергенцией) Кúльбака — Лéйблера** называют несимметричную меру удалённости друг от друга двух вероятностных распределений, определённых на общем пространстве элементарных событий.

Данную величину часто применяют в теории информации и математической статистике.

### Используем Python и его библиотеки для реализации

- Визуализация:  
matplotlib, plotly, seaborn
- Предобработка данных  
pandas, numpy
- Машинного обучения:  
sklearn (метод TSNE) #сжатие размерности  
shap #выделение значимых параметров  
xgboost #предсказание

## 2.6 Информация и энтропия

Информация случайного события вычисляется как минус логарифм вероятности этого события:

$$I = -\log p(x)$$

При этом, так как логарифм здесь с основанием 2, информация измеряется в битах, а если использовать натуральный логарифм, с основанием в виде числа e, то информация будет измеряться в натах.

Из этой формулы следует, что, чем менее вероятно какое-то событие, тем больше информации оно несёт или, по-другому, тем больше бит требуется для передачи информации о таком событии. И наоборот, чем более вероятно какое-то событие, тем меньше информации.

Например, если вероятность какого-то события равна 0.001, тогда его собственная информация будет равна:

$$-\log_{0.001} = 9.9658$$

если вероятность равна 0.5, то информация равна единице:

$$-\log_{0.5} = 1$$

а если вероятность равна единице, то информация равна нулю:

$$-\log_{0.001} = 9.9658$$

### 3. Теоретическая часть. Дивергенция Кульбака-Лейблера

**3.1. Дивергенция или расхождение Кульбака-Лейблера (KL)** — это мера, позволяющая определить насколько [информационная энтропия](#) одного распределения отлична от энтропии другого распределения.

Для определения KL нужно вычислить информационную энтропию обоих распределений и найти их разность. Однако, просто в лоб этого сделать нельзя, поскольку KL вычисляется для одного распределения (Q) относительно другого распределения (P), поэтому в первой половине формулы вычисления энтропии (Q) вероятность используется из распределения (P), относительно которого производится вычисление:

$$KL(P\|Q) = - \sum P(x) \log Q(x) + \sum P(x) \log P(x)$$

Эту формулу можно упростить:

$$KL(P\|Q) = \sum P(X) \log \frac{P(x)}{Q(x)}$$

иногда можно встретить вариант этой формулы со знаком минус:

$$KL(P\|Q) = - \sum P(X) \log \frac{Q(x)}{P(x)}$$

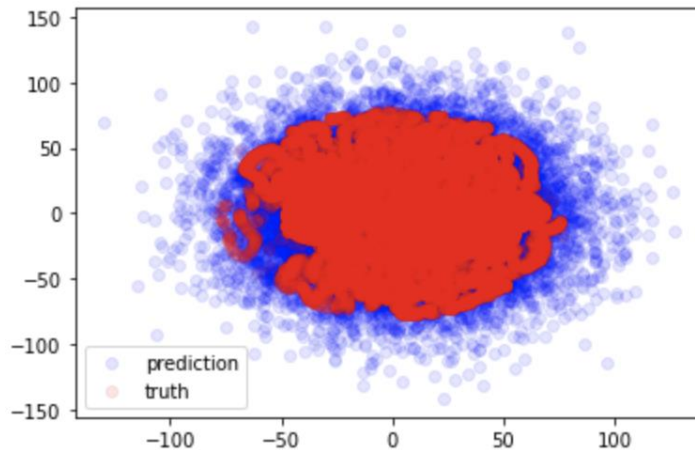
KL — мера несимметричная, то есть значение, вычисленное для распределения Q относительно P, не будет равно значению, вычисленному для распределения P относительно Q. Именно поэтому, например, профессор [Ali Ghodsi](#) против того, чтобы называть KL расстоянием, потому как расстояние подразумевает под собой симметрию.

### 3.2. Метрика сходства выборок

#### Расхождение (дивергенция) Кульбака-Лейблера

$$D_{KL}(\mathcal{N}_0 \parallel \mathcal{N}_1) = \frac{1}{2} \left( \text{tr}(\Sigma_1^{-1} \Sigma_0) + (\mu_1 - \mu_0)^\top \Sigma_1^{-1} (\mu_1 - \mu_0) - k + \ln \left( \frac{\det \Sigma_1}{\det \Sigma_0} \right) \right)$$





### 3.3. Выделение значимых факторов, влияющих на анализируемую метрику

Формула для расчета значения Шэпли для  $i$ -той фичи:

$$\phi_i(p) = \sum_{S \subseteq N/\{i\}} \frac{|S|!(n - |S| - 1)!}{n!} (p(S \cup \{i\}) - p(S))$$

$p(S \cup \{i\})$  — это предсказание модели с  $i$ -той фичей,

$p(S)$  — это предсказание модели без  $i$ -той фичи,

$n$  — количество фичей,

$S$  — произвольный набор фичей без  $i$ -той фичи

Значение Шэпли для  $i$ -той фичи рассчитывается для каждого сэмпла данных (например, для каждого клиента в выборке) на всех возможных комбинациях факторов, затем полученные значения суммируются по модулю и получается итоговая важность  $i$ -той фичи.

Упростим и сделаем все в Python библиотекой SHAP.

## 4. Практическая часть

### 4.1. Сбор нужных данных

- Онлайн-опрос подростков.
- Данные с медосмотра – данные о проценте жира + показатели артериального давления.

**В анализе выборок учитывали такие показатели, как:**

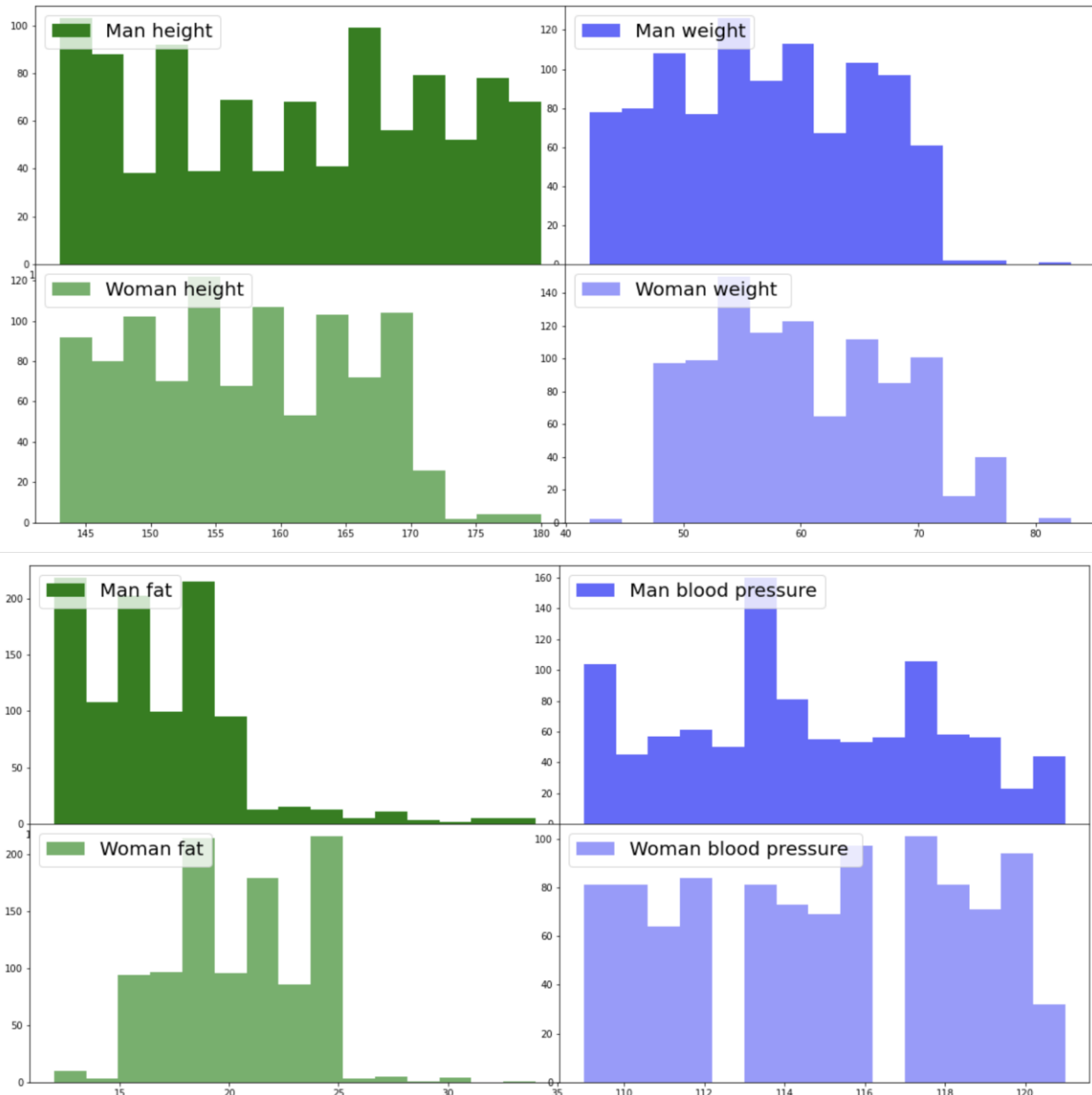
- Пол
- Возраст
- Рост
- Вес

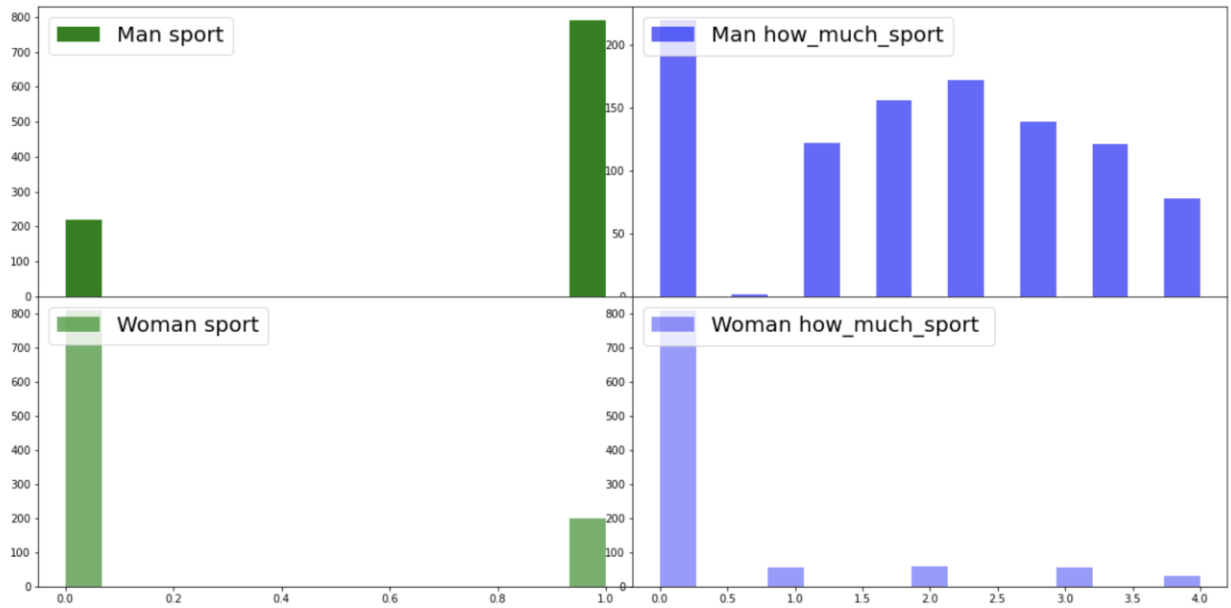
- Занимается спортом или нет
- Если занимается, то сколько раз
- Процент жира
- Артериальное давление

**Итого:**

Оставили по 1009 анкет мальчиков и девочек и обогатили их данными по % жира и данным по артериальному давлению, полученными на медосмотре

**4.2. Построение распределения по каждому показателю**

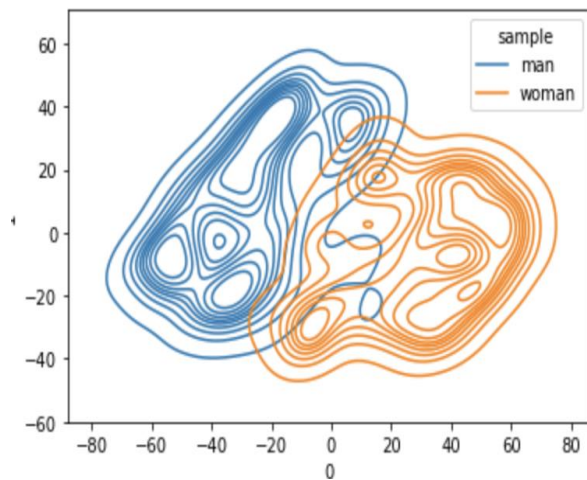




### 4.3. Визуализация выборок на плоскости

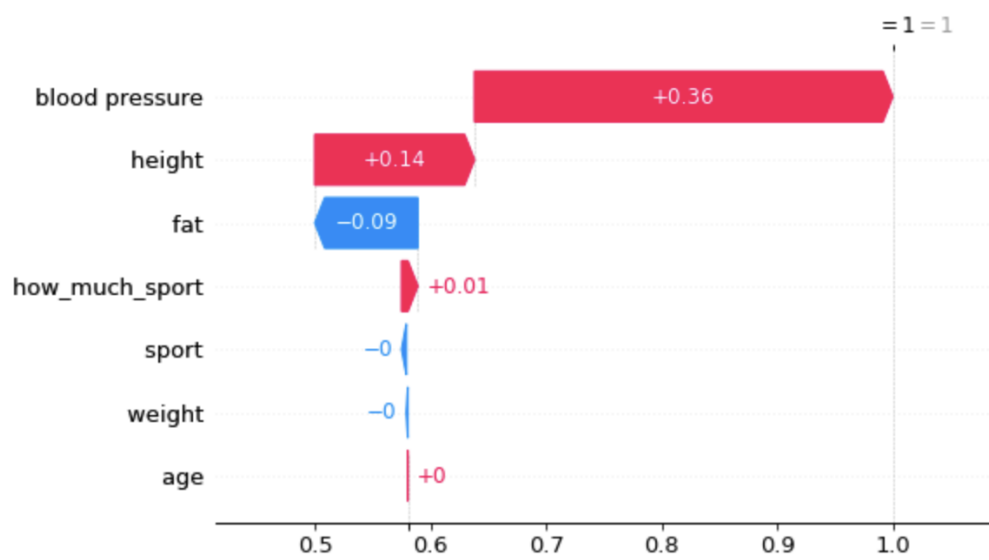
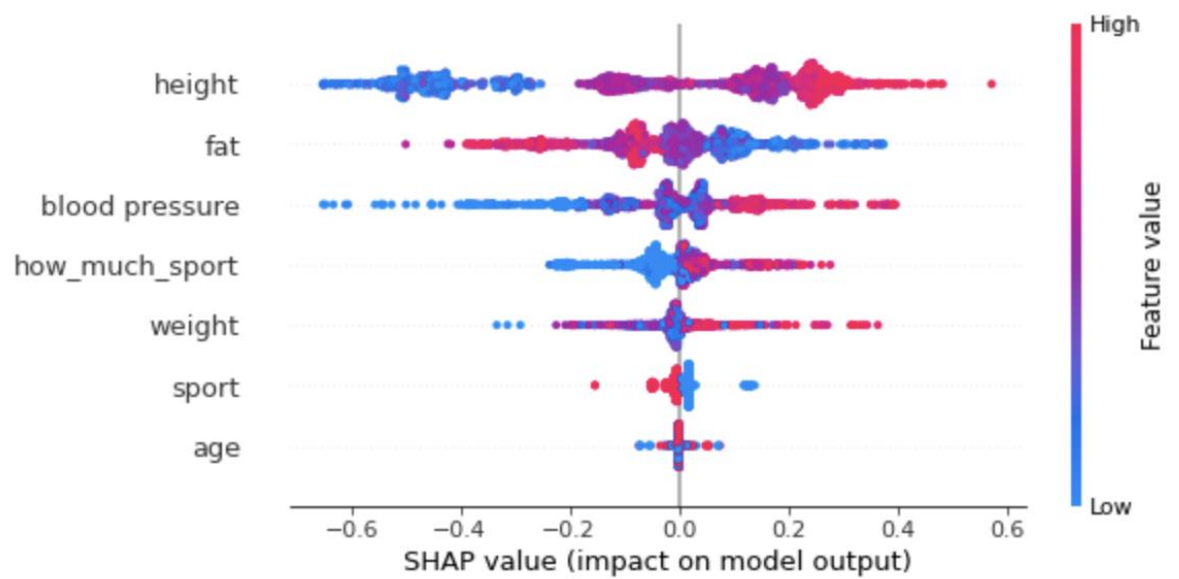


### 4.4. Расчет дивергенции Кульбака-Лейблера



	Мальчики	Девочки
Мальчики	0	3,78090277
Девочки	5,61198338	0

Accuracy: 0.9999976584215785



## 5. Заключение:

В результате моей исследовательской работы выдвинутая гипотеза, что математика и педиатрия – науки несовместимые, опроверглась, а то, что математика и педиатрия взаимодействуют между собой, было доказано.

Я выяснила, какую роль имеют математические расчеты в педиатрии.

А также были:

- Проанализированы различные базовые методики применения математики в медицине
- Изучены различные примеры
- Рассмотрены и опробованы современные методики анализы здоровья

## 6. Список источников

1. <https://thelib.info/medicina/723523-zadacha-2-ves-rebenka-pri-rozhdenii-3300-g-v-tri-mesyaca-ego-massa-sostavila-4900-g-opredelit-stepen-gipotrofii/>

THELIB – задача на расчет массы тела

2.1.

<https://congyuzhou.medium.com/%D0%B4%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8C%D0%B1%D0%B0%D0%BA%D0%B0-%D0%BB%D0%B5%D0%B9%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0-431fa749fddb>

Дивергенция Кульбака-Лейблера

2.2.

<https://congyuzhou.medium.com/%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D0%B8-%D1%8D%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%8F-d0e8d8e14f88>

Информационная энтропия

3. <https://habr.com/ru/post/428213/>

Интерпретация предсказаний моделей в SHAP

## РЕЦЕНЗИЯ

на научно-исследовательскую работу  
Власовой Софьи Евгеньевны  
(секция Математика)  
« Математические расчеты в педиатрии »  
(научный руководитель -  
учитель математики Хальметова Н.Х.)

Ни одна область человеческой деятельности не обходится без математики. С появлением новых технологий роль математики в работе медицинского работника только увеличивается. Ярким примером служит роль математики в педиатрии. Математические вычисления в педиатрии просто необходимы для правильного развития ребенка. С помощью математических методов решаются задачи, которые необходимо знать каждому родителю, медицинскому работнику.

Целью исследования стало изучение и поиск областей применения данных задач, а также способов их решения. На первый взгляд медицина и математика могут показаться несовместимыми областями человеческой деятельности. Математика, по общему признанию, является "царицей" всех наук, решающая проблемы химии, физики, астрономии, экономики, социологии и многих других наук. Медицина же, долгое время, развиваясь "параллельно" с математикой, оставалась практически неформализованной наукой. В работе затронута проблема: как взаимодействуют между собой математика как наука, пользующаяся только строгими доказательствами, формулами, и педиатрия - медицинская дисциплина, изучающая анатомию и физиологию детского организма в различные возрастные периоды, детские болезни, их лечение. Автор ставит перед собой задачи выяснить какую роль играют математические расчеты в педиатрии, разобрать простейшие задачи, с помощью которых можно выявить заболевания, с помощью библиотеки python на основе некоторые данных предугадать пол человека

Современные математические методы помогают выделить различные закономерности, сформулировать законы, которые могут сохранить здоровье, обеспечить хорошее самочувствие.

В работе гипотеза, выдвинутая автором исследования о несовместимости математики и педиатрии, опровергнута, установлена взаимосвязь между ними.

В работе выделены основные типы задач, решаемых математическими методами; изучена их классификация и область применимости, составлена подборка задач по теме. В результате исследовательской работы Софья

выяснила, какую роль имеют математические расчеты в педиатрии. А также были проанализированы различные базовые методики применения математики в медицине.

Работа имеет чёткую структуру и состоит из введения, основной части, заключения и списка литературы. Работа написана грамотным научным языком. Оформление работы в целом соответствует предъявленным требованиям.

Результаты исследования представлены достаточно полно и наглядно. Для представления результатов исследовательской работы используются диаграммы. Чётко сформулирована цель, заострено внимание на постановке конкретных задач. Введение выглядит достаточно содержательным и ёмким. В результате чёткого изложения цели работы в основной части научно-исследовательской работы присутствует логичность и последовательность.

Список литературы включает разнообразные источники, оформленные в соответствии с требованиями.

Стиль изложения материалов исследовательской работы Власовой Софьи научный. Работа имеет законченный характер и соответствует требованиям, предъявляемым к работам данного вида.

Рецензент:  
Заместитель директора по НМР  
МБОУ ЛСТУ № 2



Степанова А.С.

20.12.2022