

## РЕАЛИЗАЦИЯ ROC-АНАЛИЗА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРОГОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ НОВЫХ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ BRI, ABSI, LAP

Н. В. Билаш<sup>1</sup>, Е. Д. Константинова<sup>2</sup>, С. Ю. Огородникова<sup>2</sup>, Т. А. Маслакова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Уральский Федеральный университет им. первого Президента России

Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Институт промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

*В статье представлены результаты ROC-анализа и определения пороговых значений антропометрических индексов: Body Roundness Index (BRI), A Body Shape Index (ABSI), Lipid Accumulation Product (LAP), которые позволяют выявить группу риска возникновения метаболического синдрома (МС). Используются ретроспективные данные 347 работников-мужчин, занятых во вредных условиях труда на пяти промышленных предприятиях Свердловской области. Разработана программа на высокоуровневом языке программирования общего назначения Python. Продемонстрирована возможность реализации ROC-анализа, определения диагностических пороговых значений антропометрических индексов, а также визуального позиционирования точки отсечения (Cut-off point) на графике. Полученные значения сравнили с результатами использования прикладного статистического пакета SPSS 29 (SPSS, Chicago, Illinois, USA). Диагностические пороги для четырех возрастных групп, найденные при помощи написанной программы, составили: BRI – (4,1–4,4), ABSI – (0,079–0,083), LAP – (49,7–70,5).*

**Ключевые слова:** ROC-анализ; Cut-off point; диагностический порог; антропометрические индексы; метаболический синдром; вредные условия труда.

### 1. Введение

Классификация информации является важным компонентом вопросов принятия решений в различных областях науки и техники. Такие задачи, как прогнозирование или диагностика, – типичные прикладные примеры классификации [1].

С момента возникновения необходимости в создании классификаторов было разработано множество инструментов, включая линейный и квадратичный дискриминантный анализ, деревья классификации, нейронные сети, логистическую регрессию и др. [2].

Выбирая метод классификации, в первую очередь исходят из особенностей анализируемых данных, а также желаемой (требуемой) эффективности классификатора. Особенностям анализа медико-биологических данных и специфическим требованиям, предъявляемым к нему, посвящен ряд исследований [3]. Так, для выбора метода оценки профессионального риска существуют законодательно закрепленные критерии и рекомендации [4, 5]. В частности, в качестве одной из основных рекомендаций названо обеспечение возможности прослеживания, воспроизводимости и проверки процесса и результатов, а также простоты и понятности применяемого метода. Речь идет прежде всего о том, что алгоритмы, потенциально влияющие на жизнь и здоровье людей, должны быть контролируемы, а их решающие правила понятны специалисту в предметной области и легко интерпретируемы. Моделирование на основе регрессионного анализа отвечает всем требованиям, предъявляемым к обработке медико-биологических данных.

Любая статистическая модель нуждается в оценке качества ее работы. ROC-анализ, где основным показателем прогностической способности модели служит площадь под кривой (AUC), – один из распространенных методов оценки. В задачах бинарной классификации, к которым относится логистический регрессионный анализ,

ROC-кривая оценивает, насколько точно были классифицированы элементы заданного множества.

Данный метод анализа активно применяется в различных областях человеческой деятельности [6, 7]. Широкое применение ROC-анализ получил в медицине, в частности, при диагностике заболеваний или состояний.

С помощью ROC-анализа можно определять Cut-off point, имеющую прикладную значимость в качестве диагностического порогового значения наличия заболевания [8]. ROC-анализ реализован во многих статистических прикладных пакетах (Statistica, SPSS и др.), однако в современной ситуации использование зарубежного программного обеспечения не всегда возможно согласно Указу № 166 Президента Российской Федерации [9]. Возникает необходимость создания нового рабочего инструмента в виде отечественного программного обеспечения, функционал которого будет позволять строить классификаторы, проводить ROC-анализ и определять основные характеристики построенной модели.

По данным Всемирной организации здравоохранения, в настоящее время около 25–30 % взрослого населения в разных странах мира страдает от МС. Распространенность как МС, так и ожирения в Российской Федерации неуклонно растет, что мотивирует исследователей на поиск неинвазивных и бюджетных методов выявления лиц, входящих в группу риска [10]. Особого внимания заслуживают работники промышленных предприятий, занятые во вредных условиях труда. Прогрессирующее снижение численности населения трудоспособного возраста требует разработки научно обоснованного комплекса приоритетных мер, направленных на сохранение здоровья и трудового потенциала работающих [11]. Стоит отметить, что медсанчасти предприятий зачастую не имеют возможности проводить дорогостоящие комплексные исследования для оценки риска развития общесоматических заболеваний, не имеют в своем арсенале прикладных статистических пакетов, способных обработать большой объем медико-биологических данных, и не имеют в штате сотрудников, обладающих компетенциями в области анализа этих данных. Потребность медицины труда (как отрасли науки) в отечественных надежных рабочих инструментах оценки риска развития общесоматических заболеваний у работников при постоянном воздействии сверхнормативных уровней комплекса вредных производственных факторов не вызывает сомнений.

В качестве доступного инструмента диагностики такого патологического состояния, как МС, хорошо себя зарекомендовали так называемые новые антропометрические индексы [12–14]. Разработка новых (относительно классического индекса массы тела (ИМТ)) информативных антропометрических показателей была вызвана потребностью в более точном отражении типа распределения жировой ткани. Было обнаружено, что именно тип распределения жировой ткани тесно взаимосвязан с частотой развития артериальной гипертензии, сахарного диабета, атеросклероза и МС [15].

*Цель* – определить пороговые значения новых антропометрических индексов и оценить их прогностическую способность выявлять группу риска развития патологического состояния.

#### *Задачи*

##### *Основная:*

– исследовать прогностическую способность антропометрических индексов BRI, ABSI и LAP для выявления лиц с МС среди работников промышленных предприятий, занятых во вредных условиях труда.

##### *Прикладные:*

– разработать программу для построения классификатора и проведения ROC-анализа с последующим определением пороговых значений;

– сравнить характеристики моделей с данными, полученными с помощью прикладного пакета SPSS.

## 2. Материалы и методы

### 2.1. Исследуемая выборка

Клиническая часть исследования проводилась на базе Екатеринбургского медицинского научного центра профилактики и охраны здоровья работников промышленности Роспотребнадзора. В исследовании использованы ретроспективные данные 347 рабочих мужского пола в возрасте от 27 до 63 лет (средний возраст  $46,5 \pm 8,3$  лет), занятых во вредных условиях труда на пяти промышленных предприятиях Свердловской области. Сбор данных проводился в процессе планового медицинского осмотра за 2019 г.

Все испытуемые подписали письменное информированное согласие на обработку данных, протокол исследования был одобрен наблюдательным советом учреждения (протокол № 3 от 05.06.2023). У всех испытуемых измеряли рост, вес и окружность талии (ОТ). Рассчитан индекс массы тела. Также были взяты образцы крови, триглицериды (ТГ) сыворотки измерялись у подгруппы из 169 рабочих. Данные о диагнозе МС были взяты из медицинской карты пациента (истории болезни).

### 2.2. Антропометрические индексы

Антропометрические показатели BRI, ABSI и LAP рассчитывались по следующим формулам [15–17]:

$$BRI = 364,2 - 365,5 \sqrt{1 - \frac{OT^2}{\pi^2 \cdot \text{рост}^2}}; \quad (1)$$

$$ABSI = \frac{OT}{\sqrt{\frac{1}{IMT^3 \cdot \text{рост}^2}}}, \quad (2)$$

где  $IMT = \frac{\text{вес}}{\text{рост}^2}$

$$LAP = (OT - 65) \cdot ТГ \quad (3)$$

BRI был предложен Томасом и соавторами в 2013 г. как альтернатива ИМТ [15]. BRI более точно, чем ИМТ, определяет распределение жира в организме, учитывая округлость тела, и меньше зависит от пола и возраста. По мнению ряда авторов, BRI демонстрирует отличную прогностическую способность для определения распространенности МС в общей популяции, среди населения с ожирением и избыточным весом, а также у женщин в постменопаузе [12, 13, 17–19]. Пороговые значения BRI для мужчин: норма < 5, для избыточного веса 5–5,5, ожирение > 5,5. Для женщин: норма < 4,5, для избыточного веса 4,5–5, ожирение > 5.

Показатель ABSI был предложен в 2012 г. Nir Y. Krakauer и Jesse C. Krakauer [16]. Показывая отношение между ОТ, ростом и весом, ABSI является количественным показателем формы тела. Чем выше ABSI, тем выше доля брюшного жира по сравнению с другими частями тела. Нормальный уровень ABSI для мужчин составляет от 0,078 до 0,089, а для женщин от 0,084 до 0,094. Значение ABSI выше 0,11 указывает на высокий риск развития метаболических нарушений и сердечно-сосудистых заболеваний.

Термин LAP впервые упоминается в работах H.S. Kahn [14, 17], в которых данный индекс рассматривался в качестве маркера избыточного накопления липидов у взрослых. Вычисление LAP основано на двух простых показателях – обхват талии и содержание триглицеридов в плазме крови натощак. Это делает его удобным инструментом для выявления предрасположенности к метаболическим и сердечно-сосудистым заболеваниям. Согласно данным исследования ЭССЕ-РФ, среднее значение LAP у мужчин без ишемической болезни сердца и сахарного диабета в возрасте 25–64 года составило  $45,5 \pm 0,88$  см·ммоль/л. Диапазон варьирования значений LAP в нашей выборке составил 5,9–163,6 см·ммоль/л.

### 2.3. Статистический анализ

Для оценки качества моделей бинарных классификаторов использовался ROC-анализ. Оптимальные пороговые значения для отнесения объектов к тому или иному классу определялись путем построения ROC-кривых. Построение ROC-кривых, вычисление значений индекса Юдена и определение пороговых значений для антропометрических индексов осуществлялось как в прикладном пакете SPSS, так и с использованием новой программы, написанной при помощи языка программирования Python.

Различия групповых средних оценивались с помощью метода сравнения долей, для сравнения медиан был использован критерий Краскела – Уолесса. Статистическая значимость различий оценивалась на уровне 0,05.

### 3. Результаты

36,3 % работников исследуемой выборки имели метаболический синдром. Выборка была разбита на возрастные квартили Q<sub>1</sub>-Q<sub>4</sub>. В табл. 1 приведена распространенность МС, медианы антропометрических индексов, 25 и 75 перцентили (Me (P25–P75)).

Таблица 1. Распространенность МС (%) и медианы антропометрических индексов работников по возрастным группам

Параметр	Возраст, лет				p-значение
	Q <sub>1</sub> 27–40 n = 84 (24,7 %)	Q <sub>2</sub> 41–46 n = 81 (23,8 %)	Q <sub>3</sub> 47–52 n = 87 (25,6 %)	Q <sub>4</sub> 53–63 n = 88 (25,9 %)	
	n (%)				
Метаболический синдром	15 (17,9 %)	29 (35,8 %)	39 (42,9 %)	43 (47,3 %)	<0,001
	Me (P25–P75)				
BRI, отн. ед.	4,0 (3,2–4,7)	4,4 (3,7–5,4)	5,0 (4,0–5,8)	5,1 (4,1–5,9)	<0,001
ABSI, м <sup>11/6</sup> · кг <sup>-2/3</sup>	0,079 (0,077–0,082)	0,080 (0,078–0,083)	0,082 (0,080–0,084)	0,085 (0,081–0,087)	<0,001
LAP, см·ммоль/л	40,3 (23,1–54,6)	50,5 (35,8–91,1)	65,5 (39,6–83,2)	65,6 (34,6–93,5)	<0,001

\* Для оценки статистически значимых различий распространенности МС в возрастных квартилях использован метод сравнения долей, для оценки различий медиан использовался критерий Краскела – Уолиса.

Как видно из табл. 1, с увеличением возраста распространенность МС возрастает в 2,6 раза. Медианы всех исследуемых антропометрических индексов статистически значимо возрастают с увеличением возраста ( $p < 0,05$ ).

#### 3.1. Построение и анализ ROC-кривых с помощью программы на языке Python

По значениям индекса Юдена были определены пороговые значения индексов. На основании полученных значений были сформированы списки специфичности (Sp) и чувствительности (Se), по которым были построены ROC-кривые. На рис. 1 представлен промежуточный результат проведения поквартильного ROC-анализа антропометрического индекса BRI для всей исследуемой выборки.

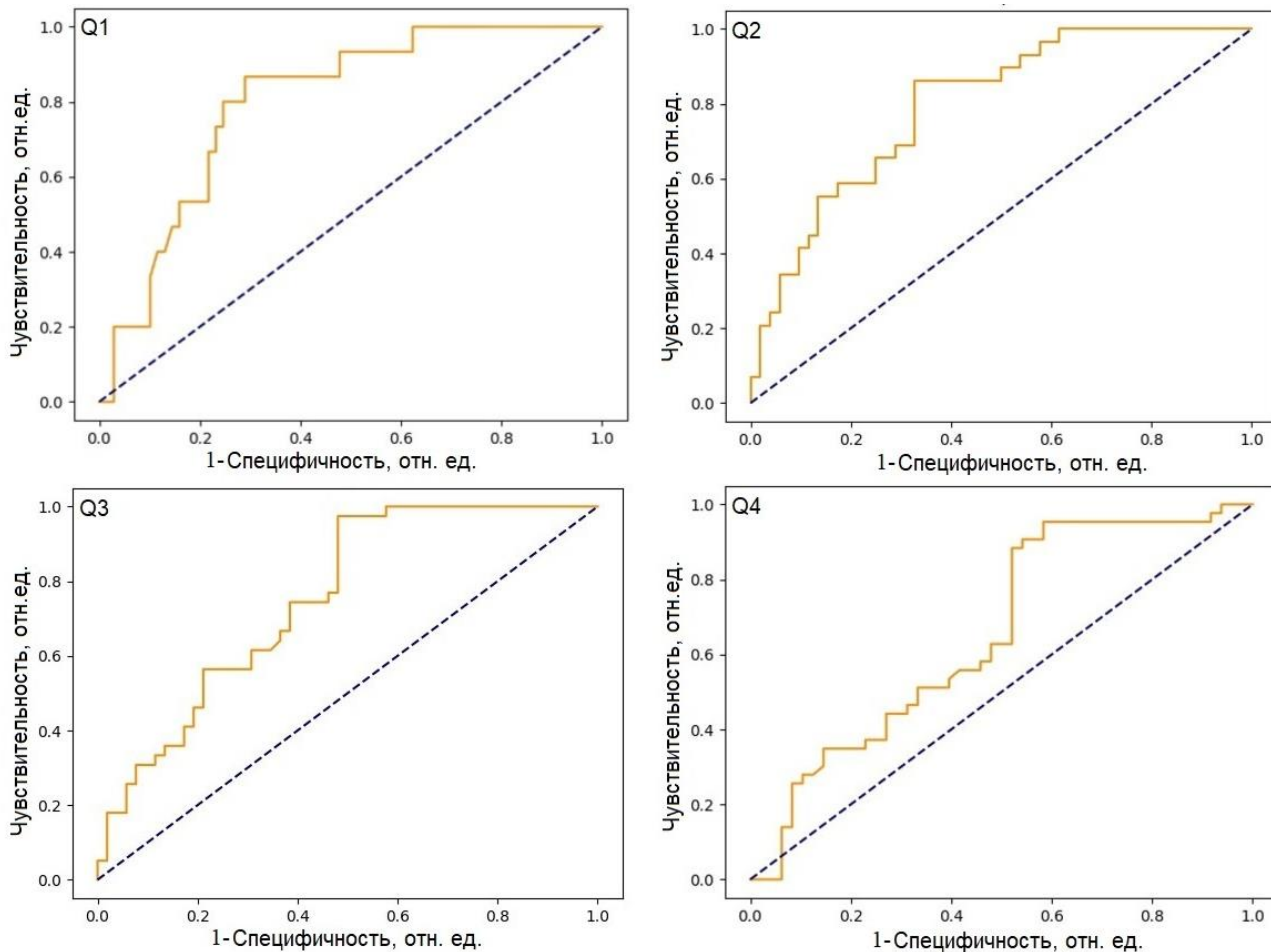


Рис. 1. ROC-анализ индекса BRI для возрастных кватрилей

### 3.1.1. Оценка прогностической способности и определение пороговых значений для антропометрических индексов

Для определения пороговых значений антропометрических индексов была применена функция, исходными данными для которой являлись список порогов и основная база данных. На основе вычисленных порогов создавался бинарный список, предсказывающий наличие/отсутствие МС. Затем анализировалась матрица ошибок. На следующем этапе алгоритма вычислялись чувствительность и специфичность.

В табл. 2 представлены характеристики моделей, полученных в результате анализа ROC-кривой. Исходя из представленных данных, наибольшую прогностическую ценность для мужчин в возрасте от 41 до 46 лет (Q2) продемонстрировал индекс BRI (AUC = 0,799). Наилучшие характеристики по остальным возрастным кватрилям, Q1 и Q3–Q4, имели модели для антропометрического индекса LAP (AUC = 0,931; 0,785 и 0,873). Индекс ABSI имел самые низкие значения AUC и, следовательно, худшую прогностическую способность.

Затем определялись пороговые значения антропометрических индексов для каждой возрастной кватрили. Для индекса BRI диагностические пороги варьировали в пределах 4,1–4,4 отн. ед., для ABSI – 0,079–0,083 м<sup>11/6</sup>·кг<sup>-2/3</sup>, а для LAP – 49,7–70,5 см·ммоль/л.

Для оценки качества исследуемой модели классификации были использованы дополнительные метрики (Accuracy, Precision, F1-score), определение которых в прикладных статистических пакетах не доступно.

Итоговый вид результата работы программы представлен на рис. 2.

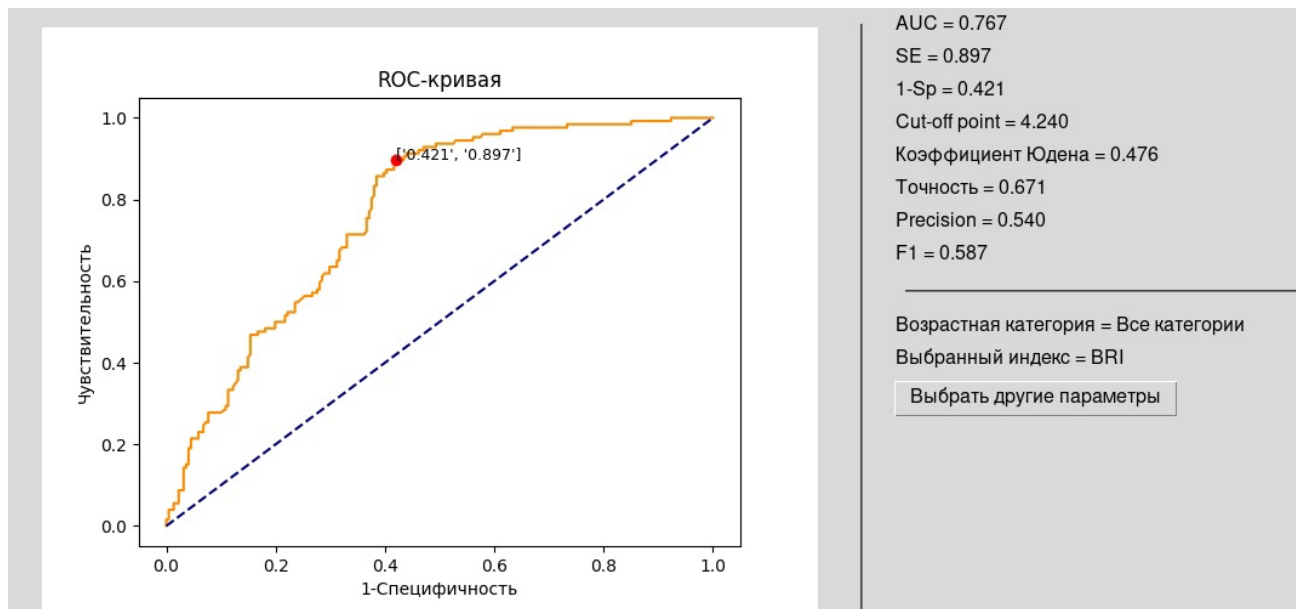
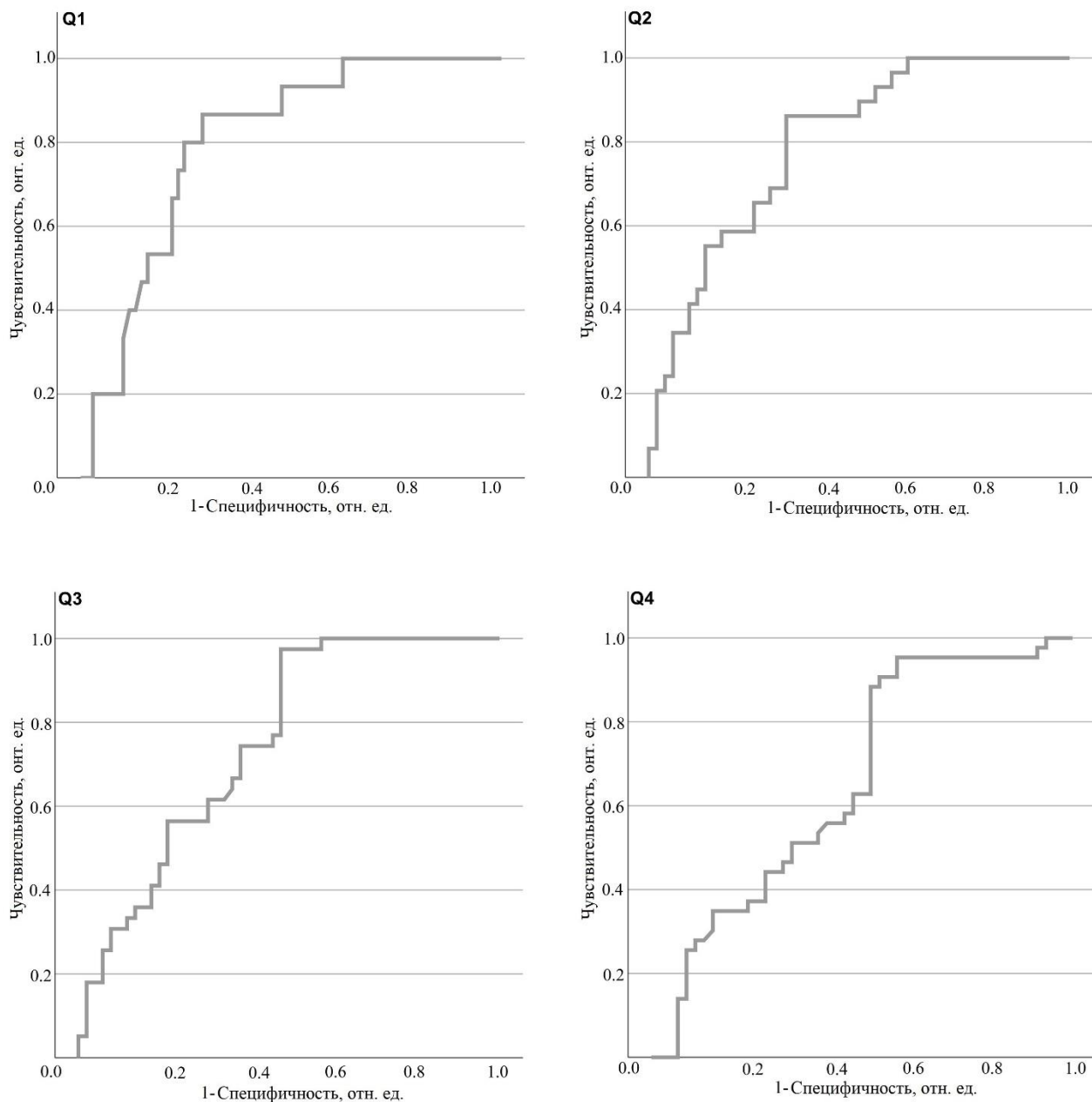


Рис. 2. ROC-анализ индекса BRI

## 3.2. Построение и анализ ROC-кривых с помощью прикладного пакета SPSS

### 3.2.1. Построение ROC-кривых

Для определения достоверности полученных результатов был проведен аналогичный анализ ROC-кривых в прикладном пакете SPSS. Полученные кривые представлены на рис. 3.



• Рис. 3. ROC-кривые индекса BRI для возрастных кватилей в прикладном пакете SPSS

### 3.2.2. Оценка прогностической способности моделей и определение пороговых значений для антропометрических индексов

По результатам анализа всех возрастных категорий в прикладном пакете SPSS нами также были определены пороговые значения антропометрических индексов. Для BRI диагностический порог составляет 4,38 отн. ед., для ABSI –  $0,0815 \text{ м}^{11/6} \cdot \text{кг}^{-2/3}$ , а для LAP – 60,31 см·ммоль/л.

В предметном смысле вычисленное численное пороговое значение индекса означает следующее: работники, у которых зафиксированы значения индексов, равные или выше пороговых, имеют высокий риск развития метаболического синдрома и должны быть направлены на дополнительное углубленное обследование. Работники со значениями индексов ниже пороговых не находятся в настоящий момент в группе риска развития МС.

В табл. 2 представлены характеристики моделей, полученные в результате анализа ROC-кривой в прикладном пакете SPSS и новой программы.

Таблица 2. Характеристики ROC-кривых антропометрических индексов для возрастных квартилей

Антропометрический индекс	Q	SPSS				Написанная программа			
		AUC	Cut-off point	Se	1-Sp	AUC	Cut-off point	Se	1-Sp
BRI, отн. ед.	1	0,800	4,3	0,867	0,290	0,800	4,3	0,867	0,290
	2	0,799	4,4	0,862	0,327	0,799	4,4	0,862	0,327
	3	0,753	4,1	0,974	0,481	0,753	4,1	0,974	0,481
	4	0,655	4,3	0,953	0,583	0,655	4,3	0,953	0,583
	1–4	0,767	4,2	0,897	0,421	0,767	4,2	0,897	0,421
ABSI, $m^{11/6} \cdot kg^{-2/3}$	1	0,613	0,083	0,333	0,058	0,613	0,083	0,333	0,058
	2	0,713	0,079	0,828	0,404	0,713	0,079	0,828	0,404
	3	0,672	0,081	0,718	0,385	0,672	0,081	0,718	0,385
	4	0,637	0,082	0,860	0,604	0,637	0,082	0,860	0,604
	1–4	0,695	0,082	0,683	0,362	0,695	0,082	0,683	0,362
LAP, см·ммоль/л	1	0,931	59,3	0,818	0,027	0,931	59,3	0,818	0,027
	2	0,774	50,5	0,739	0,200	0,774	50,5	0,739	0,200
	3	0,785	47,7	0,905	0,429	0,785	47,7	0,905	0,429
	4	0,873	67,2	0,727	0,071	0,873	67,2	0,727	0,071
	1–4	0,852	60,2	0,740	0,163	0,852	60,2	0,740	0,163

Исходя из представленных в табл. 2 данных, наибольшую прогностическую ценность для мужчин в возрасте от 41 до 52 лет ( $Q_2$ - $Q_3$ ) демонстрирует BRI (AUC = 0,753 и 0,799). Наилучшие характеристики по возрастным квартилям  $Q_1$  и  $Q_4$  имеют LAP (AUC = 0,931 и 0,873). ABSI имеет самые низкие значения AUC и, следовательно, худшую прогностическую способность.

#### 4. Обсуждение

Референсных значений для индексов BRI, ABSI и LAP для работников мужчин европеоидной расы, занятых во вредных условиях труда, в литературных источниках обнаружено не было.

Основные характеристики классификатора, которые возможно получить при помощи ROC-анализа, – чувствительность и специфичность [3]. Данные показатели отражают способность модели верно классифицировать положительные и отрицательные исходы соответственно.

Одной из наиболее эффективных мер оценки диагностической работы классификатора является коэффициент Юдена, который представляет собой разницу между долей истинно положительных и ложноположительных результатов классификации [20]. Близость данного индекса к единице говорит о лучшей работе построенной модели.

ROC-анализ представлен в самых известных прикладных статистических пакетах, идея модернизации некоторых его параметров прослеживается и по сей день. Примером написания уникального кода для реализации ROC-анализа является статья [21], где было разработано специальное приложение с использованием языка программирования (Java) с возможностью сравнения двух или более ROC-кривых, которые пересекаются друг с другом.

Согласно Указу Президента РФ работникам критической инфраструктуры (в т. ч. учреждений науки и образования) с 1 января 2025 г. зарубежные пакеты прикладных программ станут недоступны [9]. Данные обстоятельства послужили мотивацией для проведения настоящей работы – разработки отечественного рабочего инструмента для врача медицины труда. Была написана программа на языке Python для построения модели классификатора и реализации ROC-анализа прогностической



способности нескольких антропометрических индексов в определении метаболического синдрома.

В предлагаемой программе реализовано вычисление нескольких дополнительных, но не менее важных характеристик ROC-кривых – Accuracy, Precision и F1-мера, которые наряду с «классическими» метриками дают более полное описание качества полученного классификатора, а, следовательно, способны помочь с высокой точностью выбрать подходящий прогностический фактор и диагностические пороги.

## 5. Заключение

1. Результаты нашего исследования свидетельствуют о целесообразности практического применения новых антропометрических индексов для выявления группы риска развития МС среди работников, занятых во вредных условиях труда.
2. Лучшую прогностическую способность для мужчин в возрасте 27–40 лет и 53–63 лет продемонстрировала модель с индексом LAP (AUC 0,931 и 0,873 соответственно). Наилучшими характеристиками для возрастного диапазона 41–46 лет обладает модель BRI (AUC 0,799). Индекс ABSI для нашей выборки не показал высокой прогностической способности ни для одного из возрастных диапазонов.
3. Предлагаемая программа представляет собой новый надежный рабочий инструмент для практической работы врача в медицине труда.

## 6. Список литературы

1. *Замятин, А. В.* Введение в интеллектуальный анализ данных : учебное пособие / А. В. Замятин ; Нац. исслед. Том. гос. ун-т. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета. – 2016.
2. *Расулова, Ш. Ш.* Классификация данных с использованием нейронных сетей / Ш. Ш. Расулова, К. Г. Палванов // Наука в современном мире. – 2021. – С. 105–113.
3. *Дудченко, П. В.* Метрики оценки классификаторов в задачах медицинской диагностики / П. В. Дудченко // Молодежь и современные информационные технологии : сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 164, 165.
4. Приказ Министерства труда Российской Федерации от 16 декабря 2022 г. № 786 «О проведении оперативного мониторинга в целях обеспечения занятости населения».
5. Приказ министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 декабря 2021 г. № 926 «Об утверждении рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков».
6. *Liu, C.* Efficient generation of receiver operating characteristics for the evaluation of damage detection in practical structural health monitoring applications / C. Liu, J. Dobson, P. Cawley // Proc R Soc A: Math Phys Eng Sci. – 2017. – Vol. 473, №. 2199. – DOI 10.1098/rspa.2016.0736.
7. Over the ROC methodology: Productivity, economic size and firms' export thresholds / S. Costa, F. Sallusti, C. Vicarelli [et al.] // Review of International Economics. – 2019. – Vol. 27, No. 3. – P. 955–980. – DOI 10.1111/roie.12405.
8. *Мудров, В. А.* Алгоритм применения ROC-анализа в биомедицинских исследованиях с помощью пакета программ SPSS / В. А. Мудров // Забайкальский медицинский вестник. – 2021. – № 1. – С. 148–153. – DOI 10.52485/19986173\_2021\_1\_148. – EDN KKABAY.
9. Указ Президента РФ от 30.03.2022 № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
10. Росстат изучил рацион питания россиян. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/70761> (дата обращения: 20.10.2023).
11. Ведущие факторы риска формирования патологий системы кровообращения и костно-мышечной системы у работников металлургического предприятия / Е. Л. Базарова, А. Н. Варакин, Т. А. Маслакова [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2023. – Т. 31, № 11. – С. 50–57. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-11-50-57. – EDN NBCSZH.

12. Sex- and age-specific optimal anthropometric indices as screening tools for metabolic syndrome in Chinese adults / J. Zhang, W. Zhu, L. Qiu [et al.] // International Journal of Endocrinology. – 2018. – P. 1–16. – DOI 10.1155/2018/1067603.
13. Ослопов, В. Н. Индекс формы тела – новый индикатор риска преждевременной смерти / В. Н. Ослопов, О. В. Богоявленская // Казанский медицинский журнал. – 2015. – Т. 96, № 2. – С. 253–256. – DOI 10.17750/KMJ2015-253. – EDN TMHTHP.
14. Kahn, H. S. The lipid accumulation product is better than body mass index for identifying diabetes / H. S. Kahn // Am. J. Epidemiol. – 2005. – Vol. 161. – P. S51. – DOI 10.1093/aje/161.Supplement\_1.S51c.
15. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model / D. M. Thomas, C. Bredlau, A. Bosy-Westphal [et al.] // Obesity (Silver Spring). – 2013. – Vol. 21. – P. 2264–2271. – DOI 10.1002/oby.20408.
16. Kahn, H. S. Estimating adult metabolic risk from a lipid accumulation product / H. S. Kahn // Am J Epidemiol. – 2004. – Vol. 159.
17. The feasibility of two anthropometric indices to identify metabolic syndrome, insulin resistance and inflammatory factors in obese and overweight adults / G. Li, H. K. Wu, X. W. Wu [et al.] // Nutrition. – 2019. – Vol. 57. – P. 194–201. – DOI 10.1016/j.nut.2018.05.004.
18. Body roundness index and body adiposity index: two new anthropometric indices to identify metabolic syndrome among Chinese postmenopausal women / P. J. Liu, F. Ma, H. P. Lou [et al.] // Climacteric. – 2016. – Vol. 19. – P. 433–439. – DOI 10.1080/13697137.2016.1202229.
19. Krakauer, N. Y. A New Body Shape Index Predicts Mortality Hazard Independently of Body Mass Index / N. Y. Krakauer, J. C. Krakauer // PLoS One. – 2012. – Vol. 7, No. 7. – P. e39504. – DOI 10.1371/journal.pone.0039504.
20. Корнеевков, А. А. Вычисление и интерпретация показателей информативности диагностических медицинских технологий / А. А. Корнеевков, С. В. Рязанцев, Е. Э. Вяземская // Медицинский совет. – 2019. – № 20. – С. 45–51. – DOI 10.21518/2079-701X-2019-20-45-51. – EDN FMTNPQ.
21. Moreira, D. Comparing Empirical ROC Curves Using a Java Application: CERCUS / D. Moreira, A. C. Braga // Computational Science and Its Applications–ICCSA 2019: 19th International Conference, Saint Petersburg, Russia. – 2019. – P. 25–37. – DOI 10.1007/978-3-030-24302-9\_3.

### Сведения об авторах:

**Билаш Наталья Викторовна**, студентка Уральского Федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия. Эл. почта: [natalia.vict@mail.ru](mailto:natalia.vict@mail.ru)

**Константинова Екатерина Даниловна**, к. ф.-м. н., старший научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией биостатистики Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. почта: [K.Konst@ecko.uran.ru](mailto:K.Konst@ecko.uran.ru)

**Огородникова Светлана Юрьевна**, младший научный сотрудник Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. почта: [ogor.svetalana@ecko.uran.ru](mailto:ogor.svetalana@ecko.uran.ru)

**Маслакова Татьяна Анатольевна**, к. ф.-м. н., научный сотрудник Института промышленной экологии УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия. Эл. почта: [masta@ecko.uran.ru](mailto:masta@ecko.uran.ru)

## REALIZATION OF ROC ANALYSIS TO DETERMINE THRESHOLD VALUES OF NEW ANTHROPOMETRIC INDICES BRI, ABSI, LAP

N.V. Bilash<sup>1</sup>, E.D. Konstantinova<sup>2</sup>, S.Yu. Ogorodnikova<sup>2</sup>, T.A. Maslakova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> Institute of Industrial Ecology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

The article presents the results of ROC analysis and determination of threshold values of the anthropometric indices Body Roundness Index (BRI), A Body Shape Index (ABSI), Lipid Accumulation Product (LAP), which allow identifying a risk group for metabolic syndrome (MS). We used retrospective data from 347 male workers employed in hazardous working conditions at five industrial enterprises in the Sverdlovsk region. A program was developed in the high-level general-purpose programming language Python. The possibility of implementing ROC analysis, determining diagnostic threshold values of anthropometric indices, as well as visual positioning of the cut-off point on the graph has been demonstrated. The obtained values were compared with the results of using the applied statistical package SPSS 29 (SPSS, Chicago, Illinois, USA). Diagnostic thresholds for four age groups, found using the written program, were: BRI – (4.1–4.4), ABSI – (0.079–0.083), LAP – (49.7–70.5).

**Key words:** ROC analysis; Cut-off point; diagnostic threshold; anthropometric indices; metabolic syndrome; harmful working conditions.

### References

1. Zamyatin, A. V. Introduction to data mining: textbook / A. V. Zamyatin; National research. – Tomsk: Publishing House of Tomsk State University. – 2016. [In Russian].
2. Rasulova, S. S. Classification of data using neural networks / S. S. Rasulova, K. G. Palvanov // Science in the modern world. – 2021. – P. 105–113. [In Russian].
3. Dudchenko, P. V. Metrics for assessing classifiers in medical diagnostic tasks / P. V. Dudchenko // Youth and modern information technologies: collection of proceedings of the XVI International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduate Students and Young Scientists. – 2019. – P. 164–165. [In Russian].
4. Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation N 786 dated December 16, 2022 "On conducting operational monitoring in order to ensure employment of the population". [In Russian]
5. Order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation No 926 dated December 28, 2021 "On approval of recommendations for the selection of methods for assessing the levels of professional risks and for reducing the levels of such risks". [In Russian].
6. Liu, C. Efficient generation of receiver operating characteristics for the evaluation of damage detection in practical structural health monitoring applications / C. Liu, J. Dobson, P. Cawley // Proc R Soc A: Math Phys Eng Sci. – 2017. – Vol, 473. – No.2199. – DOI 10.1098/rspa.2016.0736.
7. Over the ROC methodology: Productivity, economic size and firms' export thresholds / S. Costa, F. Sallusti, C. Vicarelli [et al.] // Review of International Economics. – 2019. – Vol. 27, No. 3. – P. 955–980. – DOI 10.1111/roie.12405.
8. Mudrov, V. A. ROC curve analysis algorithm in biomedical research using SPSS software package / V. A. Mudrov // Zabaikalsky Medical Bulletin. – 2021. – N 1. – P. 148–153. – DOI 10.52485/19986173\_2021\_1\_148. – EDN KKABAY. [In Russian].

9. Decree of the President of the Russian Federation No 166 dated 30.03.2022 "On measures to ensure the Technological Independence and security of the Critical Information Infrastructure of the Russian Federation". [In Russian].
10. Rosstat studied the diet of Russians. Federal State Statistics Service. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/313/document/70761> (accessed: 20.10.2023). [In Russian].
11. *Bazarova, E.L.* Experimental data on the risk-normalization of the pathological system of bone and musculoskeletal system in workers of the metallurgical direction / E.L. Bazarova, A. N. Varaksin, T.A. Maslakova [et al.] // *Public Health and Life Environment – PH&LE.* – 2023. – Vol. 31. – No 11. – pp. 50–57. – DOI 10.35627/2219-5238/2023-31-11-50-57. – EDN NBCSZH.
12. Sex- and age-specific optimal anthropometric indices as screening tools for metabolic syndrome in Chinese adults / J. Zhang, W. Zhu, L. Qiu [et al.] // *International Journal of Endocrinology.* – 2018. – P. 1–16. – DOI 10.1155/2018/1067603.
13. *Osloпов, V. N.* Body shape index - a novel premature death risk factor / V. N. Osloпов, O. V. Bogoyavlenskaya // *Kazan Medical Journal.* – 2015. – Vol. 96. – N 2. – P. 253–256. – DOI 10.17750/KMJ2015-253. – EDN TMHTHP. [In Russian].
14. *Kahn, H. S.* The lipid accumulation product is better than body mass index for identifying diabetes // *Am. J. Epidemiol.* – 2005. – Vol. 161. – P. S51. – DOI 10.1093/aje/161.Supplement\_1.S51c.
15. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model / D. M. Thomas, C. Bredlau, A. Bosy-Westphal [et al.] // *Obesity (Silver Spring).* – 2013. – Vol. 21. – P. 2264–2271. – DOI 10.1002/oby.20408.
16. *Kahn, H. S.* Estimating adult metabolic risk from a lipid accumulation product / H. S. Kahn // *Am J Epidemiol.* – 2004. – Vol. 159.
17. The feasibility of two anthropometric indices to identify metabolic syndrome, insulin resistance and inflammatory factors in obese and overweight adults / G. Li, H. K. Wu, X. W. Wu [et al.] // *Nutrition.* – 2019. – Vol. 57. – P. 194–201. – DOI 10.1016/j.nut.2018.05.004.
18. Body roundness index and body adiposity index: two new anthropometric indices to identify metabolic syndrome among Chinese postmenopausal women / P. J. Liu, F. Ma, H. P. Lou [et al.] // *Climacteric.* – 2016. – Vol. 19. – P. 433–439. – DOI 10.1080/13697137.2016.1202229.
19. *Krakauer, N. Y.* A New Body Shape Index Predicts Mortality Hazard Independently of Body Mass Index / N. Y. Krakauer, J. C. Krakauer // *PLoS One.* – 2012. – Vol. 7, No. 7. – P. e39504. – DOI 10.1371/journal.pone.0039504.
20. *Korneenkov, A. A.* Calculation and interpretation of information content indicators of diagnostic medical technologies / A. A. Korneenkov, S. V. Ryazantsev, E. E. Vyazemskaya // *Medical Advice.* – 2019. – No 20. – P. 45–51. – DOI 10.21518/2079-701X-2019-20-45-51. – EDN FMTNPQ. [In Russian].
21. *Moreira, D.* Comparing Empirical ROC Curves Using a Java Application: CERCUS / D. Moreira, A. C. Braga // *Computational Science and Its Applications–ICCSA 2019: 19th International Conference, Saint Petersburg, Russia.* – 2019. – P. 25–37. – DOI 10.1007/978-3-030-24302-9\_3.