

УДК 004.891.3

UDC 004.891.3

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы экономики (физико-математические науки, экономические науки)

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods of economics (physical and mathematical sciences, economic sciences)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТОНУСА МЫШЦ ЛИЦА У ДЕТЕЙ С ДЦП

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR DIAGNOSING FACIAL MUSCLE TONE IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

Яхонтова Ирина Михайловна
канд. эк. наук. доцент
РИНЦ SPIN-код=5791-4786
e-mail: Yaxontova.i@edu.kubsau.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Yakhontova Irina Mikhailovna
Candidate of Economics. docent
RSCI SPIN-code: 5791-4786
e-mail: Yaxontova.i@edu.kubsau.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Лещенко Кирилл Денисович
ассистент
РИНЦ SPIN-код=1322-0945
e-mail: lechenko020300@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Leshchenko Kirill Denisovich
assistant
RSCI SPIN-code: 1322-0945
e-mail: lechenko020300@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

Болотов Егор Юрьевич
Студент 4 курса факультета прикладной информатики
e-mail: egorbolotov01@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия

Bolotov Egor Yurievich
4th year student of the Faculty of Applied Informatics
e-mail: egorbolotov01@mail.ru
Kuban state agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar, Russia

В рамках данной статьи изложены наработки в области создания когнитивной платформы для ассесмента мышечного тонуса лицевой мускулатуры у людей с диагностированным детским церебральным параличом. Изучение важности анализа мышечного тонуса как критического фактора в процессе реабилитации указанной демографической группы представляет собой ключевой момент работы. В статье рассматривается методический подход к разработке вышеупомянутой платформы, включая применение алгоритмов искусственного интеллекта и технологий компьютерного зрения для выявления и классификации мимических реакций. Предложенная система ориентирована на автоматизацию процессов сбора, обработки и интерпретации данных, что способствует сокращению временных затрат на диагностические мероприятия и повышению степени точности оценки дисфункций мышечного тонуса. Прогрессивным аспектом является адаптация бесконтактных методик сбора информации, таких как видеоаналитика, что обеспечивает усиление комфорта для педиатрических субъектов. Исследование включает детальное описание структуры разработанной системы, обзор примененных инновационных технологий и результатов экспериментальной проверки. Особое внимание уделяется потенциалу когнитивной

This article describes the developments in the field of creating a cognitive platform for assessing the muscle tone of facial muscles in people with diagnosed cerebral palsy. The study of the importance of analyzing muscle tone as a critical factor in the rehabilitation process of this demographic group is a key point of the work. The article discusses a methodological approach to the development of the above-mentioned platform, including the use of artificial intelligence algorithms and computer vision technologies to identify and classify facial reactions. The proposed system is focused on automating the processes of data collection, processing and interpretation, which helps to reduce the time spent on diagnostic measures and increase the degree of accuracy in assessing muscle tone dysfunctions. A progressive aspect is the adaptation of contactless information collection techniques such as video analytics, which provides increased comfort for pediatric subjects. The study includes a detailed description of the structure of the developed system, an overview of the applied innovative technologies and the results of experimental verification. Special attention is paid to the potential of the cognitive platform in improving the standard of living of patients by providing medical and rehabilitation specialists with accurate and timely information about the state of facial muscle tone. In conclusion, attention is focused on the prospects of integrating the

платформы в повышении уровня жизни пациентов благодаря предоставлению медицинским и реабилитационным специалистам аккуратных и своевременных сведений о состоянии мышечного тонуса лица. В заключении акцентируется внимание на перспективах интеграции системы в клиническую практику и ее применении в составе индивидуализированных реабилитационных программ

system into clinical practice and its application as part of individualized rehabilitation programs

Ключевые слова: ДЦП, ИИ, ГИПЕРТОНУС, ДИАГНОСТИКА, РАЗРАБОТКА

Keywords: CEREBRAL PALSY, AI, HYPERTENSION, DIAGNOSIS, DEVELOPMENT

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-198-032>

Детский церебральный паралич характеризуется как спектр неврологических расстройств, обусловленных церебральной дисфункцией на этапах раннего развития, что существенно влияет на координацию моторики и степень мышечного напряжения. В частности, изменения мышечного тонуса в области лица могут проявляться как гипертонусом, так и гипотонусом, что существенно воздействует на основополагающие функции, включая деглотацию, жевание, артикуляцию и экспрессивность лицевых движений у пациентов педиатрической группы с данной патологией. Следовательно, разработка методики оценки состояния мышечного тонуса лица является ключевой для повышения эффективности реабилитационных мероприятий и улучшения жизненного стандарта данных индивидов.

Особую роль в современной науке играют новейшие информационные технологии и компьютерная техника [9]. Исследование и создание системы искусственного интеллекта для диагностирования мышечного тонуса лицевой мускулатуры у пациентов педиатрического возраста, страдающих церебральным параличом, является значимой задачей, диктуемой рядом важнейших причин.

Инициальная инцидентность церебрального паралича подчеркивает его значимость как ключевой проблематики в педиатрической неврологии. Индекс заболеваемости составляет приблизительно 2-3 случая на каждую

<http://ej.kubagro.ru/2024/04/pdf/32.pdf>

тысячу живорожденных, что подчеркивает общественную важность вопросов, связанных с диагностикой и реабилитационными процедурами для данной демографической группы.

В контексте диагностики церебрального паралича, спектр двигательных и тонических нарушений мускулатуры, включая мускулатуру лицевой области, представляет собой диагностический вызов. Оценка уровня тонуса мышечных структур и его изменений является критическим компонентом в разработке реабилитационных стратегий, тем не менее, субъективный характер таких оценок и необходимость в длительном наблюдении вносят определенные трудности в этот процесс.

Преждевременная идентификация заболеваний с последующим развертыванием персонализированных терапевтических стратегий значительно повышает эффективность восстановительных мероприятий. В этой сфере интеллектуальные системы оценки здоровья могут быть инструментом первостепенной важности, обеспечивая детектирование на начальных этапах патологических состояний и модификацию лечебных протоколов в соответствии с уникальными характеристиками пациента.[1]

Интеграция передовых технологических разработок, включая алгоритмы компьютерного зрения, машинного обучения и разработки в области искусственного интеллекта, может способствовать повышению точности и не субъективности процессов диагностики, а также уменьшить временные затраты на анализ и толкование медицинских данных.

Создание передовых диагностических устройств для обследования и контроля церебрального паралича оказывает существенное влияние на уровень благополучия детей и их семей, способствуя улучшению реабилитационных стратегий и повышая уровень социальной адаптации.

В контексте рассмотренных параметров, несомненно, приобретает значимость создание автоматизированных систем оценки мышечного тонуса лицевой мускулатуры у детей, пораженных церебральным

параличом. Такой подход представляется релевантным не только в рамках академической и инновационной деятельности, но и с точки зрения клинической практики с аспекта содействия улучшению состояния здоровья этой категории пациентов.

Целью статьи по инновационной разработке системы для диагностирования мышечного тонуса на лицевой области у пациентов младшего возраста с диагнозом детский церебральный паралич заключается в формировании высокоточного инструмента, который будет способствовать повышению точности оценок специалистами в области медицины и реабилитации относительно нарушений лицевой мышечной активности. Это представляет собой значительную необходимость для оптимизации терапевтических подходов.

Иницирующая роль интеллектуальной аналитической системы заключается в повышении точности и несубъективности информации о кондиции фациальной мускулатуры, что вносит вклад в корректность диагностического процесса и оптимизацию терапевтических стратегий.

Дополнительно, эксклюзивность данной системы проявляется через ее способность к формированию персонализированных схем лечения и восстановления.[2] Учитывая вариабельность уровней поражения и функциональных нарушений у детей с церебральным параличом, такой методологический подход обеспечивает модификацию лечебных программ в соответствии с уникальными потребностями каждого индивидуального пациента.

Данная система предоставляет инструменты для непрерывного отслеживания динамики пациента на протяжении процесса терапии, обеспечивая возможность своевременной модификации реабилитационных стратегий, что способствует оптимизации терапевтических исходов [8].

Преждевременное выявление аномалий в мышечном тонусе лица у детей с церебральным параличом и инициация адаптированной терапии с

применением разработанной системы могут существенно улучшить терапевтические результаты и повысить уровень жизненного комфорта данных пациентов.

Оценка уровня мышечного тонуса у педиатрических пациентов, страдающих церебральным параличом, является ключевым элементом для разработки эффективных стратегий терапии и восстановления. Проанализируем принципиальные подходы к изучению тонуса лицевой мускулатуры в данной популяции.

Медицинский диагностический процесс

Специалисты в области медицины и физиотерапевтики применяют мануальные методики диагностики для анализа мышечного тонуса.[3] Это включает в себя определение степени сопротивляемости мышц в условиях пассивных перемещений, а также оценку их функциональной активности при выполнении разнообразных мимических действий.

Электромиографический анализ

Применение электродов для регистрации биоэлектрической активности мышечных волокон. Процедура ЭМГ способствует диагностике мышечного отклика на электрическую стимуляцию нервов и определению нарушений в мышечной функции.

Гониометрическое исследование

Процесс измерения угловой мобильности суставов с использованием инструмента гониометра, что обеспечивает оценку влияния мышечной активности на амплитуду движений.

Анализ видеофиксации

Регистрация моторики через видеоматериалы предоставляет экспертам возможность детализированного изучения экспрессии лица и других моторных реакций, с последующим мониторингом динамики изменений.

Компьютерная и магнитно-резонансная визуализация

Визуальные данные, отражающие структурные модификации головного мозга, способные оказывать влияние на мышечную тонусную активность.[4]

Акустическая визуализация

Применение сонографических техник для картографирования миофибриллярных структур и прилегающих биологических тканей с прямой трансляцией, способствующей анализу морфологии и функциональности мускулатуры.

Нейрофизиологическая обратная связь

Процедуры визуализации или аудиоотклика, направленные на обучение педиатрических субъектов регуляции мышечного напряжения в контексте физических упражнений.

Миотонометрия

Процесс применения инструментального оборудования для количественной оценки миотонических характеристик, обеспечивающий измерительные показатели по градиенту твёрдости или гибкости мускульных волокон.

Кинетическая оценка мускулатуры

Методология исследования мышечной мощности путём выполнения серии испытаний на противодействие, которые инициируются клиницистом или медицинским специалистом.

Данные подходы обеспечивают глубокое понимание информации, критической для создания персонализированных схем терапии и восстановления для юных пациентов, страдающих церебральным параличом, принимая во внимание их уникальные требования и характеристики.[5]

Проблемы и недостатки текущих методик:

1 Проблематика унификации

Симптомы церебрального паралича уникальны для каждого пациента, влекущие за собой сложности в стандартизированном подходе к оценке миотонуса фациальных мышц.

2. Гетерогенность неврологических проявлений

Флуктуации мышечного тонуса в области лица у педиатрических пациентов, страдающих церебральным параличом, могут значительно отличаться, подверженные влиянию циркадных ритмов, уровня физической утомляемости и множества дополнительных переменных, усложняющих процесс квантификации объективных метрик.

3. Проблемы верификации измерений

Имеющиеся методологии для оценки мышечного тонуса нередко лишены необходимой точности и чувствительности для детектирования тонких вариаций, что является особенно значимым для диагностики в контексте церебрального паралича у детей.

4. Препятствия в инструментарии

Высококачественное диагностическое оборудование, несмотря на его значимость, часто оказывается экономически недостижимым для широкого круга медицинских учреждений, преимущественно в районах с ограниченным доступом к ресурсам.

5. Эффективное функционирование интеллектуальных систем и адекватный анализ данных предполагают наличие экспертов с глубокими знаниями, что является редкостью в современной практике.

6. В проведении исследований, включающих детей с церебральным параличом, критически важным является учет этических норм и обеспечение психологической безопасности участников.

Для усовершенствования подходов к исследованию и созданию эффективных систем диагностики мышечного тонуса лица у пациентов с церебральным параличом, становится актуальным проведение интегративных научных работ, обеспечивающих сотрудничество

экспертов из областей неврологии, реабилитологии, биомедицинской инженерии, компьютерных наук и разработки алгоритмов искусственного интеллекта, сопровождающихся улучшением методов аквизиции и анализа информации.

Исследовательский контингент настоящего анализа формируется из педиатрического когорты, проявляющего симптомы церебральной патологии моторного спектра. Церебральная патология моторного спектра определяется как набор стойких дефектов моторики и статики, обусловленных дисфункциями в процессе созревания или травмирования мозга на этапе его развития. Критерии инклюзии подопытных в данное наблюдение могут охватывать демографические показатели, такие как возрастной промежуток (к примеру, от трех до десяти лет), градации тяжести патологического состояния (незначительная, умеренная или высокая степень), классификация церебральной патологии моторного спектра (спастическая, дискинетическая, атаксическая, гетерогенная формы), исключение прочих медицинских состояний, способных сказаться на достоверности результатов, а также получение информированного согласия от законных представителей ребенка. Валидность выборки является существенной для обеспечения адекватности и экстраполяции выводов исследования на более широкую популяцию.

Методология исследования (описание разрабатываемой системы, технологии и алгоритмы, используемые для диагностики):

Процедурный подход к созданию системы диагностической оценки мускулатуры лицевого аппарата у юных пациентов, страдающих церебральным параличом, интегрирует множественные фундаментальные элементы, способствующие верификации, консистентности и практичности применения данного инструментария.

Первоначальный этап концептуализации системы предусматривает установление ее критериев и функциональных возможностей. Данная

система будет разработана для выполнения комплексного анализа и оценки степени напряжения мышечных структур лицевого контура пациентов с целью обеспечения адекватной диагностической информации. Это предполагает функционал по распознаванию несимметричности черт лица, спастичности мышечных элементов и иных патологических проявлений, ассоциируемых с церебральным параличом.

В рамках данной системы применяются алгоритмы компьютерного зрения и методы искусственного интеллекта, предназначенные для эффективной интерпретации визуальной информации, исходящей от физиономии субъекта. Используя устройства для захвата изображений высокой четкости в сочетании с разработанным на базе передовых технологий программным обеспечением, система обладает функциональностью для идентификации и детального анализа мимических изменений, что способствует прецизионному сбору информации о мускульной активности.

Методы машинного обучения, в числе которых выделяются искусственные нейронные сети, способны обучаться, используя обширные датасеты, содержащие визуальные данные о детях с различным уровнем мышечного тонуса, в том числе и с различной тяжестью церебрального паралича. Такое обучение методов способствует идентификации закономерностей, что, в свою очередь, позволяет системе осуществлять детализированную классификацию уровня мышечного поражения.

Для повышения надежности диагностического процесса система может быть дополнена интеграцией биомедицинских сенсоров, включая устройства для регистрации электрокимографического сигнала, что способствует верификации визуальных данных и укреплению верифицируемости исходов.

Ключевым аспектом методического подхода является валидация системы посредством её оценки через клинические испытания на выборке

субъектов, что обеспечивает апробацию точности и чувствительности системы, а также её способности воспроизводить результаты.

Комплексная интеллектуальная система для диагностики монотонических реакций лицевой мускулатуры у пациентов с церебральным параличом интегрирует прогрессивные методы компьютерного зрения и аналитики данных, а также передовые разработки в сфере искусственного интеллекта, направленные на повышение точности и эффективности диагностической процедуры.

Процесс разработки автоматизированной системы для оценки мышечного тонуса лица у педиатрических пациентов с диагнозом церебральный паралич включает многоуровневую схему исследований. В исходной фазе осуществляется критический обзор научных публикаций и апробированных методик, среди которых выделяются электромиографические тесты и алгоритмы визуального распознавания. Этап является фундаментальным для выявления исследовательских задач, формулирования специфических требований и выяснения потребностей специалистов в области реабилитации, оказывающих помощь детям с проблемами церебральной моторики.

Разберем подробный алгоритм разработки системы:

1. Процесс аквизиции и преобразования данных

- Аквизиция визуального контента, включающего лицевые образы детей, страдающих церебральным параличом.

- Приведение изображений к стандарту через процедуры нормализации и масштабирования.

- Разметка изображений с привлечением компетенций медицинских специалистов.

2. Детектирование лицевых структур и характеристических точек

- Применение инструментария OpenCV или библиотеки dlib для локализации лиц.

- Выявление характеристических точек лицевой области с целью анализа мышечного тонуса.

3. Экстракция характеристик

- Вычисление векторов атрибутов, основанных на координатах характеристических точек.

- Использование методик сокращения измерений данных при необходимости.

4. Тренировка модели

- Применение метода опорных векторов или архитектуры искусственных нейронных сетей для категоризации уровня мышечного тонуса (метод опорных векторов (SVM)).

- Тренировка модели на базе размеченных данных.

5. Верификация и валидация модели

- Испытание модели на новообработанном датасете.

- Анализ показателей точности, чувствительности и специфичности разработанной модели.

6. Конструирование пользовательского интерфейса

- Разработка интерфейсной оболочки для взаимодействия медицинского персонала с аналитической системой.

- Интеграция алгоритмической модели в интерфейс с целью ускоренного анализа поступающих данных.

Ниже приведем фрагменты кода для основных этапов

Предобработка данных и обнаружение ключевых точек с использованием dlib:

```
import numpy as np
import cv2
import dlib

# Загрузка предварительно обученного детектора лица и предиктора
ключевых точек
```

```
robot = dlib.get_frontal_face_detector()
predictor = dlib.shape_predictor('shape_predictor_68_face_landmarks.dat')
# Функция для обнаружения ключевых точек лица
def get_landmarks(image):
    color = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    faces = robot(color)
    for face in faces:
        marks = predictor(gray, face)
        points = []
        for n in range(0, 68):
            x = marks.part(n).x
            y = marks.part(n).y
            points.append((x, y))
        return points
# Обработка изображения
png = cv2.imread('path_to_image.jpg')
points = get_landmarks(image)
```

Обучение модели SVM с использованием sklearn:

```
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import accuracy_score
# Предположим, X - это массив векторов признаков, а y - метки
классов
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2,
random_state=42)
# Создание и обучение модели SVM
s_model = SVC(kernel='linear')
s_model.fit(X_train, y_train)
```

```
# Предсказание на тестовом наборе
y_pred = s_model.predict(X_test)
# Оценка модели
print("Accuracy:", score(y_test, y_pred))
```

Обучение нейронной сети с использованием TensorFlow и Keras:

```
# Обучение модели
model.fit(X_train, y_train, epochs=10, validation_split=0.2)
# Оценка модели
model.evaluate(X_test, y_test)
```

В результате система подлежит оценке эффективности с применением соответствующих метрических параметров и подвергается процедуре усовершенствования с использованием методик оптимизации. Интеграция в клиническую практику достигается путем подготовки медицинского персонала и внедрения расширяемых облачных технологий для обеспечения удобства в доступе и обработки медицинских данных в условиях работы клиники.

Последующая трактовка информации, полученной благодаря инновационной системе, предполагает проведение оценочного анализа для верификации точности и непредвзятости диагностических мероприятий, направленных на измерение мышечного тонуса лицевой области у пациентов с детским церебральным параличом. Процесс оценки преимуществ и ограничений технологии способствует выявлению степени её эффективности и возможностей для последующего совершенствования.[6]

Аналитические результаты позволяют установить потенциальное воздействие применения данной системы на клиническую практику в контексте диагностики мышечного тонуса лицевой мускулатуры у детей, страдающих детским церебральным параличом. Преимущества могут охватывать повышение диагностической точности, персонализацию

реабилитационных стратегий и возможность своевременного обнаружения сложностей.

Новаторская система для оценки мышечного тонуса лицевой мускулатуры у пациентов с диагнозом детский церебральный паралич является значимым прорывом в секторе здравоохранения. Внедрение передовых технологических подходов, включая алгоритмы искусственного интеллекта и анализ изображений, обеспечивает повышенную точность и нейтральность в оценке физиологического состояния лицевых мышц, что критически важно для определения диагностических стратегий и разработки программ реабилитации.

Оценочный анализ функциональности данной системы демонстрирует её эффективность в точном определении миотонических характеристик, что ведёт к персонализированным терапевтическим стратегиям. Раннее вмешательство и последующий контроль за динамикой развития могут существенно улучшить прогнозы и жизненные показатели у младших пациентов с церебральным параличом. Тем не менее, существует необходимость в дальнейшей модификации и устранении обнаруженных ограничений данной системы.

Вывод

Анализ потенциала интеграции усовершенствованных методик диагностики мышечного тонуса лицевой мускулатуры у детей с церебральным параличом может привести к значительным изменениям в клинической практике и повышению результативности реабилитационных мероприятий. Постоянное применение инновационных технологических решений в медицинской практике обещает способствовать улучшению диагностических методик и, как следствие, повышению уровня жизни детей с диагнозом церебральный паралич.

Литература

1. Физическая и реабилитационная медицина при церебральном параличе у детей. Национальное руководство. Часть II / под ред. Т.Т. Батышевой. Москва, 2021. 308 с.
2. Григорьева Н.В., Меркулова Т.В. Детский церебральный паралич диагностика, лечение, реабилитация. Москва ГЭОТАР-Медиа, 2018. 240 с.
3. Балашова О.В., Мешкова Е.А., Спиваков А.А. Детский церебральный паралич современные технологии диагностики и лечения. Москва Медицина, 2018. 336 с.
4. Мясищев В.Н., Пиняскина Е.М., Лазарева Н.И. Детский церебральный паралич руководство для врачей. Москва Медицинское информационное агентство, 2020. 288 с.
5. Гниденко И.Г., Павлов Ф.Ф., Федоров Д.Ю. Технология разработки программного обеспечения учеб. пособие для СПО. Москва Юрайт, 2017. 235 с.
6. Гордеев С.И., Волошина В.Н. Организация баз данных в 2 ч. учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва Юрайт, 2019. Ч. 2. 501 с.
7. Жмудь В.А. Моделирование замкнутых систем автоматического управления учеб. пособие для академического бакалавриата. 2-е изд., испр. и доп. Москва Юрайт, 2019. 128 с.
8. Моделирование бизнес-процессов / Т. П. Барановская, А. Е. Вострокнутов, И. М. Яхонтова, Е. А. Ива-нова. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2016. – 154 с.
9. Яхонтова, И. М. Информационные технологии в науке, производстве и образовании / И. М. Яхонтова, Т. А. Крамаренко ; Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина. – Краснодар : Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. – 122 с.

References

1. Fizicheskaja i reabilitacionnaja medicina pri cerebral'nom paraliche u detej. Nacional'noe rukovodstvo. Chast' II / pod red. T.T. Batyshevoj. Moskva, 2021. 308 s.
2. Grigor'eva N.V., Merkulova T.V. Detskij cerebral'nyj paralich diagnostika, lechenie, reabilitacija. Moskva GJeOTAR-Media, 2018. 240 s.
3. Balashova O.V., Meshkova E.A., Spivakov A.A. Detskij cerebral'nyj paralich sovremennye tehnologii diagnostiki i lechenija. Moskva Medicina, 2018. 336 s.
4. Mjasishhev V.N., Pinjaskina E.M., Lazareva N.I. Detskij cerebral'nyj paralich rukovodstvo dlja vrachej. Moskva Medicinskoe informacionnoe agentstvo, 2020. 288 s.
5. Gnidenko I.G., Pavlov F.F., Fedorov D.Ju. Tehnologija razrabotki programmnoho obespechenija ucheb. posobie dlja SPO. Moskva Jurajt, 2017. 235 s.
6. Gordeev S.I., Voloshina V.N. Organizacija baz dannyh v 2 ch. uchebnik dlja vuzov. 2-e izd., ispr. i dop. Moskva Jurajt, 2019. Ch. 2. 501 s.
7. Zhmud' V.A. Modelirovanie zamknytyh sistem avtomaticheskogo upravlenija ucheb.posobie dlja akademicheskogo bakalavriata. 2-e izd., ispr. i dop. Moskva Jurajt, 2019. 128 s.
8. Modelirovanie biznes-processov / Т. P. Baranovskaja, А. Е. Vostroknutov, I. M. Jahontova, Е. А. Iva-nova. – Krasnodar : Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2016. – 154 s.
9. Jahontova, I. M. Informacionnye tehnologii v nauke, proizvodstve i obrazovanii / I. M. Jahontova, Т. А. Kramarenko ; Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet im. I.T. Trubilina. – Krasnodar : Ku-banskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni I.T. Trubilina, 2020. – 122 s.