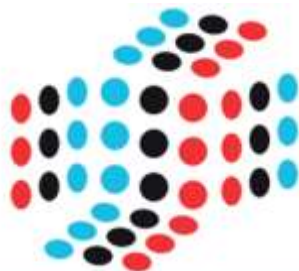


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

## **V Международный форум «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»**

**Международные научно-практические конференции**  
*«Когнитивная робототехника и искусственный интеллект»*  
*«Интеллектуальные информационно-измерительные и  
диагностические системы»*



Интеллектуальные информационно-  
измерительные и диагностические системы



КОГНИТИВНАЯ  
РОБОТОТЕХНИКА

## **СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ КОНФЕРЕНЦИИ**

24-25 ноября 2022 года

Томск  
2023

**УДК 004.896**  
**ББК 32.813+32.816**  
**К57**

**К57** Материалы V международного форума (24-25 ноября 2022 г.) / под ред. В.И. Сырямкина. – Томск :STT, 2023 – 145с.

**ISBN**

Сборник представляет материалы международного форума, который регулярно проводится на базе факультета инновационных технологий Национального исследовательского Томского государственного университета и посвящен актуальным проблемам в области разработки и использования современных роботизированных систем в науке и производстве. Форум прошел в сотрудничестве с Национальным исследовательским Томским политехническим университетом, Алтайским государственным техническим университетом им. И.И. Ползунова (г. Барнаул), ОА “Научно-исследовательским институтом полупроводниковых приборов” (г. Томск), Anhalt University of Applied Sciences (Германия), Карагандинским государственным техническим университетом.

Сборник предназначен для специалистов, исследователей в сфере робототехники, приборостроения, а также НИРС в вузах.

**УДК 004.896**  
**ББК 32.813+32.816**

**ISBN**  
**ISBN**

## Оглавление

<b>КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ</b> .....	7
<i>Кострикова А. А.</i> .....	7
<b>СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DEEP LEARNING</b> .....	10
<i>Tape Жан Макс Хабиб, Погуда А.А.</i> .....	10
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОМПРЕССИИ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ В РАБОТЕ АЛГОРИТМА РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОТОМОГРАФА.</b> ....	13
<i>Левкевич В. И., Клестов С. А.</i> .....	13
<b>ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ПОИСКА ДЕФЕКТОВ</b> .....	15
<i>Левкевич В. И., Клестов С. А.</i> .....	15
<b>ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> .....	17
<i>Миникаев Р. Р., Клестов С. А.</i> .....	17
<b>ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ</b> .....	21
<i>Миникаев Р. Р.</i> .....	21
<b>«ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ» 4-ОЙ И 5-ОЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕВОЛЮЦИЙ</b> ... 25	
<i>Сырямкин В. И.</i> .....	25
<b>ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ НА ОСНОВЕ НЕЙРО – НЕЧЕТКИЕ ТЕХНОЛОГИЙ</b> ... 27	
<i>Сырямкин В.И., Клестов С.А., Сырямкина М.М., Маргиев П.Э.</i> .....	27
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ И СПЛАЙН МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРЕДОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК</b> .....	28
<i>Иваненко Б. П.</i> .....	28
<b>НЕЙРОСЕТЕВОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ</b> .....	31
<i>Иваненко Б. П.</i> .....	31
<b>ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА</b> .....	34
<i>Плака Р. Р., Клестов С. А.</i> .....	34
<b>МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ</b> .....	37
<i>Плака Р. Р., Клестов С. А.</i> .....	37
<b>ОБЗОР МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЕДИНИЦЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ</b> .....	41
<i>Жумагали А. К., Юрченко А. В.</i> .....	41

<b>АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ UTC(KZ) НА ОСНОВЕ ПАССИВНЫХ ВОДОРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ .....</b>	<b>44</b>
<i>Смагулов С. Б., Юрченко А. В. ....</i>	<i>44</i>
<b>РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....</b>	<b>47</b>
<i>Юрченко Е. А., Вичканова И. А. ....</i>	<i>47</i>
<b>СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТГУ .....</b>	<b>50</b>
<i>Цвингер В. А., Сырямкин В. И. ....</i>	<i>50</i>
<b>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM - СИСТЕМ ДЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ КОМАНДИРОВОК СОТРУДНИКОВ.....</b>	<b>52</b>
<i>Пестунов И. А., Погуда А. А. ....</i>	<i>52</i>
<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ .....</b>	<b>55</b>
<i>Клестов С. А. ....</i>	<i>55</i>
<b>ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АЛЬЦГЕЙМЕРА ПРИ ПОМОЩИ ПРОСТОЙ МОДЕЛИ СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ЭЭГ.....</b>	<b>57</b>
<i>Хоймов М. С., Шушарина Н. Н. ....</i>	<i>57</i>
<b>НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕПЛООВОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ.....</b>	<b>60</b>
<i>Хильчук М. Д., Клестов С. А. ....</i>	<i>60</i>
<b>КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА СПЛАВА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ TIG-СВАРКИ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА .....</b>	<b>62</b>
<i>Хильчук М. Д., Клестов С. А. ....</i>	<i>62</i>
<b>ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ.....</b>	<b>64</b>
<i>Оздиев А. Х. ....</i>	<i>64</i>
<b>СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК МЕТАТЕХНОЛОГИИ В КОГНИТИВНОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ .....</b>	<b>66</b>
<i>Сырямкина Е. Г. ....</i>	<i>66</i>
<b>ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ УЗ-СВАРКИ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ПЭЭК-УВ МЕТОДОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....</b>	<b>68</b>
<i>Панин С. В., Степанов Д. Ю., Алексенко В. О., Буслович Д. Г., Бяков А. В., Панин К. С., Тянь Дэфан .....</i>	<i>68</i>
<b>СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА СВОБОДНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ .....</b>	<b>71</b>
<i>Оздиев А. Х. ....</i>	<i>71</i>

<b>ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК ЗА СЧЁТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАННЫХ .....</b>	<b>74</b>
<i>Мсаллам М., Сырямкин В. И. ....</i>	<i>74</i>
<b>ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОРТОВОЙ РЭА ПРИ ИМИТАЦИИ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА .....</b>	<b>77</b>
<i>Хвалько А. А., Сунцов С. Б. ....</i>	<i>77</i>
<b>БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ В ОБУЧЕНИИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ .....</b>	<b>79</b>
<i>Погуда А. А., Погуда А. А. ....</i>	<i>79</i>
<b>ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ .....</b>	<b>82</b>
<i>Чернета С. Г. ....</i>	<i>82</i>
<b>РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ДАТЧИКА ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ .....</b>	<b>85</b>
<i>Колганов О. А., Хошев А. Е., Фёдоров А. В., Лукьянов Г. Н. ....</i>	<i>85</i>
<b>АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ .....</b>	<b>88</b>
<i>Губин М. С., Федоров А. В. ....</i>	<i>88</i>
<b>ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНЫЙ ГОРОД» В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН .....</b>	<b>90</b>
<i>Абдусаломов Абдуазиз Гофур угли ....</i>	<i>90</i>
<b>ПОГРЕШНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА .....</b>	<b>92</b>
<i>Клестов С. А. ....</i>	<i>92</i>
<b>ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЯ .....</b>	<b>95</b>
<i>Зарина А. В., Семенюк А. Е. ....</i>	<i>95</i>
<b>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕУГОЛЬНЫХ И ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ .....</b>	<b>98</b>
<i>Сапрунов С. О., Ехлаков Ю. П., Погуда А. А. ....</i>	<i>98</i>
<b>КАРТА КЛИКОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНОЙ АКТИВНОСТИ В СЕТИ .....</b>	<b>101</b>
<i>Черкашин Н. С., Погуда А. А. ....</i>	<i>101</i>
<b>МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ..</b>	<b>103</b>
<i>Булембаев Т. Д., Юрченко А. В. ....</i>	<i>103</i>
<b>ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ .....</b>	<b>106</b>

<i>Жексенбаев Е. К., Юрченко А. В.</i> .....	106
<b>ПЕРЕМЕЩЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА К ЦЕЛИ ПО ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ</b> .....	109
<i>Гуцал В. А.</i> .....	109
<b>СОЗДАНИЕ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В 2D, 3D СРЕДЕ</b> .....	111
<i>Нгуен Чанг Хоанг Тхуи, Шидловский С. В., Нгуен Кыонг Тхе</i> .....	111
<b>ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗОНА: ВЛИЯНИЕ СЕЧЕНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ</b> .....	114
<i>Невзоров А.А.</i> .....	114
<b>СИНТЕЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ В ВИДЕОПОТОКЕ</b> .....	117
<i>Нгуен Кыонг Тхе, Сырямкин В. И., Нгуен Чанг Хоанг Тхуи</i> .....	117
<b>ARDUINO-BASED TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY SENSORS - AN ESTIMATION OF THEIR SUITABILITY FOR INDOOR AIR QUALITY OF SOLAR DRYER</b> .....	120
<i>Louay A. Rasheed, Alexey V. Y.</i> .....	120
<b>MACHINE LEARNING IN PHYSICS</b> .....	123
<i>Mukesh Pradhan, Poguda A. A.</i> .....	123
<b>NATURAL LANGUAGE GENERATION</b> .....	126
<i>Mukesh Pradhan, Poguda A. A.</i> .....	126
<b>APPLICATIONS OF DEEP LEARNING</b> .....	128
<i>Mukesh Pradhan, Poguda A. A.</i> .....	128
<b>APPLICATION OF DEC-POMDP MODEL TO THE MULTI-AGENT USER INTERFACE</b> .....	131
<i>Vidmanov D. A., Alfimtsev A. N.</i> .....	131
<b>REWARD SHAPING IN REINFORCEMENT LEARNING FOR UNMANNED VEHICLES OF SMART CITY</b> .....	134
<i>Sakulin S. A., Alfimtsev A. N.</i> .....	134
<b>A QUICK REVIEW OF 3D POINT CLOUD SEMANTIC SEGMENTATION</b> .....	137
<i>Msallam M., Syrymkin V.I.</i> .....	137
<b>UNDERSTANDING BUSINESS INTELLIGENCE IN THE CONTEX OF BANKING</b> .	140
<i>Christin Pratiwi Toumeluk, Poguda A. A.</i> .....	140
<b>OFF-ROAD AUTONOMOUS NAVIGATION SIMULATION USING LIDAR</b> .....	145
<i>Uvarov N.A</i> .....	145

## КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КАК ФАКТОР УВЕЛИЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

*Кострикова А. А.*

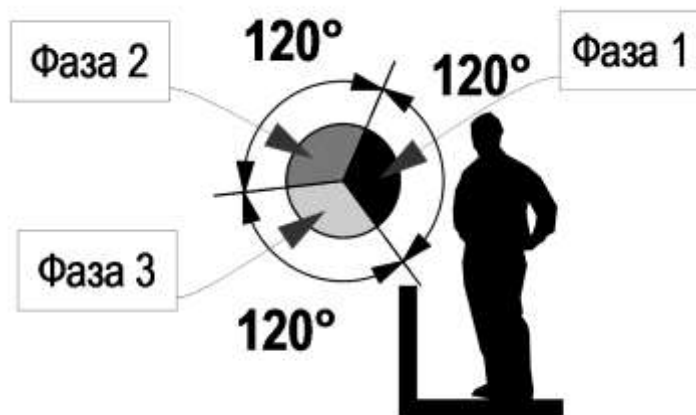
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
nastya\_kostrikova@mail.ru

Металлургия – одна из отраслей, где традиционно вопросы автоматизации и контроля были важны, когда речь шла об эффективности и качестве.

Основным инструментом прокатного станка является валок, и его долговечность и производительность имеют важное значение для технических и экономических показателей всего прокатного производства. Таким образом, важнейшей задачей является обеспечение требуемых нормируемых показателей качества валков, в частности низкая аварийность при высокой производительности. Вывод прокатных валков из эксплуатации по аварийным причинам приводит к очень большим затратам, таким как бракованный конечный продукт, остановка стана на продолжительное время, повреждение основного и вспомогательного оборудования [1].

Жизненный цикл валков состоит из: работы в клетях прокатного стана, перешлифовок, дефектоскопии и в конечном итоге отбраковке и утилизации путем переплавки в копровом цехе. После работы в клетях валки направляются на перешлифовку, где шлифовщик проводит визуальный осмотр валка. Валки, «подозрительные», имеющие небольшие дефекты (трещины, сетка разгара) направляются на проверку дефектоскопом. При обнаружении поверхностных дефектов валок передаётся на НК, где после контроля валки возвращаются на перешлифовку, но валки, выработавшие ресурс и имеющие тяжелые повреждения, уходят на отбраковку. Также из-за частых перешлифовок валка, он быстро приходит в негодное состояние. И в дальнейшем подлежит только утилизации.

У большинства предприятий отсутствует комбинированная система контроля, и используется только ультразвуковой контроль ручного типа, он осуществляется по трем осям (рис.1). Работы можно проводить только при условии установки валка на вальцешлифовальный станок. При этом две трети поверхности бочки валка становятся недоступными для обследования. Возникает необходимость разделения обработки одного валка на три фазы (1, 2 и 3), с поворотом валка на  $120^{\circ}$ .



*Рис.1 Техника контроля по трем осям*

Такая система контроля не идеальная, так как изучение валка проходит только по трем осям, но не позволяет обнаруживать все скрытые дефекты. Но более значимым преимуществом является то, что позволяет сократить время, затраченное на дефектоскопию одного валка. В идеале система

контроля прокатного вала должна состоять из расчерчивания зон по валку, и круговому контролю каждого миллиметра.

Подводя итоги 2021 года, была проведена статистика по эксплуатации валков, на предприятии, где отсутствует комбинированная система контроля, где было выделено сколько валков после перешлифовки были признаны годными, попали на повторную проверку, отбраковано по итогам УЗК, вышли из строя в 1-2 завалку после первого УЗК, более детально с данными можно ознакомиться в таблице.

Ед.изм	Проверено всего	Признаны годными	Попали на повторную проверку	Отбраковано по итогам УЗК	Вышли из строя в 1-2 завалку после первого УЗК
шт	182	171	19	11	6
%	100	94,0	10,4	6,04	3,30

Можно сделать вывод, что часть валков после прохождения УЗК все равно выходят из строя. И поэтому есть необходимость приобретения комбинированной системы контроля или ужесточения УЗК. Ужесточения УЗК будет включать в себя: более детальное сканирование, то есть по всем правилам контроля.

Преимущества комбинированная система позволяет обнаруживать поверхностные дефекты посредством вихревых токов, на глубинах до 5 мм, дефекты как трещины, усадочные рыхлоты выявляются. А наличие внутренних дефектов, как дефекты композиционного материала и дефектов литья выявляются с помощью ультразвука на глубинах от 5 мм до 1700 мм. Глубина выявления дефекта будет определяться частотой излучаемого сигнала и входным углом преобразователя излучения.

Для контроля качества валков на вальцешлифовальном станке разработана специальная испытательная сенсорная головка, оснащенная ультразвуковым и вихретоковым датчиком. Механическая система устанавливается непосредственно на каретку станка. Позиционирование головки осуществляется с помощью системы скольжения, оснащенной электродвигателем и системой автоматического позиционирования. Позиционирование обеспечивается поворотным механизмом и датчиками начала и конца валка. Эта система позиционирует головку на одной линии со шлифовальным кругом, чтобы исключить контакт со станком, а программное обеспечение устанавливает оптимальные условия контроля и автоматически перемещает головку к контролируемому валку (рис.2). Датчики в головке расположены таким образом, что контроль осуществляется без контакта с поверхностью валка [2].

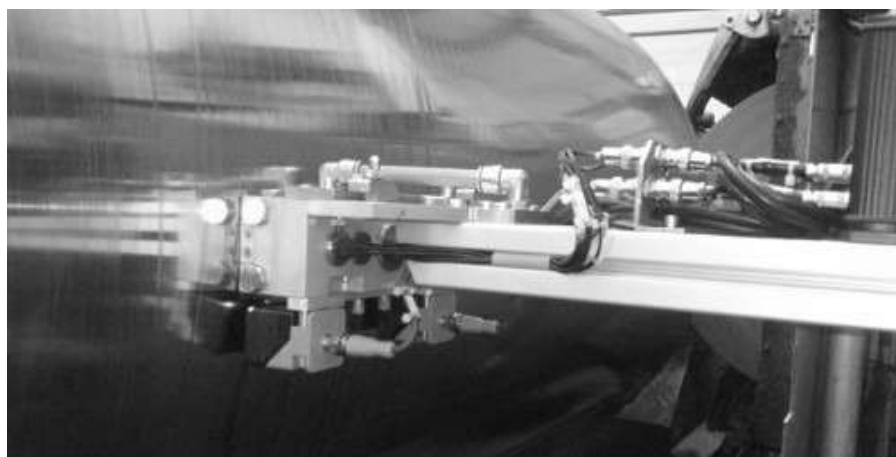


Рис.2 Позиционирование головки комбинированной системы на валке

Процесс эксплуатации устройства настолько прост, что доступен для дефектоскописта и не требует знаний и квалификации специалистов по неразрушающему контролю. В зависимости от модели срок окупаемости автоматизированной системы контроля прокатных валков составляет от 6 до 18 месяцев



**Список публикаций:**

1. Самедов Я.Ю. Особенности НК прокатных валков // В мире НК. Март, 2011. № 1 (51). С. 30–31.
2. Кострикова А.А. // Неразрушающий контроль в производственном процессе подготовки прокатных валков станов плоского проката // ИННОВАТИКА-2022 сборник материалов XVIII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск, 2022. С. 288-291.

# СЕМАНТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕКСТА С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИИ DEEP LEARNING

*Tane Жан Макс Хабиб, Погуда А.А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет

Jeanmax.habib@mail.ru

Сегодня трудно представить себе эффективную работу с текстовыми данными, не прибегая к компьютерной обработке. Одним из наиболее актуальных и постоянно развивающихся видов обработки текста является семантический анализ. В зависимости от критериев, заданных в автоматизированной системе, может быть выбран наиболее подходящий вид семантического анализа. Например, в случае поискового аудита сайта критериями выбора метода семантического анализа являются скорость обработки и минимальный объем словаря. В случае дословного произведения со сложными оборотами речи основным критерием выбора метода семантического анализа является качество обработки. Поэтому алгоритм семантического разбора должен достигать результатов, максимально приближенных к естественным человеческим, так что такие параметры, как скорость и размер словаря, не являются критичными.

Классификация текстов — это процесс категоризации текстов (например, титов, новостных статей, отзывов клиентов) по организованным группам. Типичные задачи ТС включают анализ настроений, категоризацию новостей и классификацию тем. Недавно исследователи показали, что многие задачи по пониманию естественного языка (NLU) (например, ответ на вопрос с извлечением, вывод на естественном языке) эффективно выполнять в качестве ТС, позволяя классификаторам текста на основе данных принимать пару текстов в качестве входных данных (например, [1-3]).

Deep learning относится к классу алгоритмов машинного обучения, в основном основанных на artificial neural networks (ANNS), в которых сеть имеет много слоёв, чтобы постепенно извлекать высокоуровневые функции из одного слоя в другой на основе входных данных. В классическом методе распознавания объектов вычисляется набор предопределённых признаков. Эти функции определяются разработчиком на основе его знаний о данных и их свойствах. Затем отбираются наилучшие признаки для формирования входных данных классификатора. Таким образом, глубокое обучение отличается от классического метода тем, что признаки и классификатор обучаются вместе, что означает, что разработчику классификатора глубокого обучения не нужно указывать, какие признаки должны быть вычислены для распознавания объектов. Deep learning применяется во многих приложениях [4].

В то время как модели DL достигли многообещающих результатов в сложных тестовых условиях, большинство из этих моделей не поддаются интерпретации. Например, почему модель превосходит другую модель в одном наборе данных, но уступает в других наборах данных? Чему именно научились модели DL? Что такое минимальная архитектура нейронной сети, которая может достичь определённой точности в данном наборе данных? Хотя механизмы внимания и самоконтроля дают некоторое представление об ответах на эти вопросы, детальное изучение лежащего в основе поведения и динамики этих моделей все ещё отсутствует. Лучшее понимание теоретических аспектов этих моделей может помочь в разработке более совершенных моделей, адаптированных к различным сценариям анализа текста.

В этом эксперименте мы выполнили реализацию предложенной нами модели GRU на двух фрагментах Google и тестовых наборах данных TREC с определёнными параметрами. Мы использовали для оценки производительности предложенной модели GRU три хорошо известные традиционные рекуррентные нейронные сети, включающие рекурсивную нейронную сеть (RNN), рекурсивную матрично-векторную нейронную сеть (MV-RNN) и долговременную кратковременную память (LSTM) на обоих наборах данных. Обучение модели было завершено по стохастическому градиентному спуску с помощью перетасованных мини-пакетов. Мы также заметили, что поддержание размеров встраивания, эквивалентных количеству закрытых единиц,

работает лучше, чем сети, содержащие единиц намного больше, чем размеры встраивания слов. В нашей работе мы использовали предварительно обученный метод GloVe в слое встраивания на уровне слов для последовательного переноса каждого слова в текстах для вычисления векторного представления слова в реальном значении. В этом эксперименте мы оценили результаты классификации, основанные на стандартных оценочных показателях точности, и среднеквадратичные ошибки (MSE) были использованы для сравнения трёх современных существующих моделей RNNs, а именно RNN, MV-RNN и LSTM. Для первого набора данных Google snippets сравнение производительности между тремя моделями выглядит следующим образом

Method	Dataset	EconBiz $F_1$ scores						PubMed $F_1$ scores					
		Full-Text	T1	T2	T4	T8	$T_{all}$	Full-Text	T1	T2	T4	T8	$T_{all}$
Base-MLP		0.441	<b>0.391</b>	<b>0.419</b>	<b>0.442</b>	0.451	0.472	0.526	<b>0.479</b>	<b>0.478</b>	0.475	0.465	0.485
MLP		<b>0.457</b>	0.357	0.396	0.432	<b>0.453</b>	<b>0.500</b>	<b>0.530</b>	0.449	0.456	0.464	0.465	0.504
CNN		0.387	0.364	0.382	0.400	0.407	0.426	0.483	0.438	0.437	0.431	0.419	0.440
LSTM		0.363	0.360	0.392	0.417	0.435	0.466	0.524	0.465	0.470	<b>0.477</b>	<b>0.481</b>	<b>0.515</b>

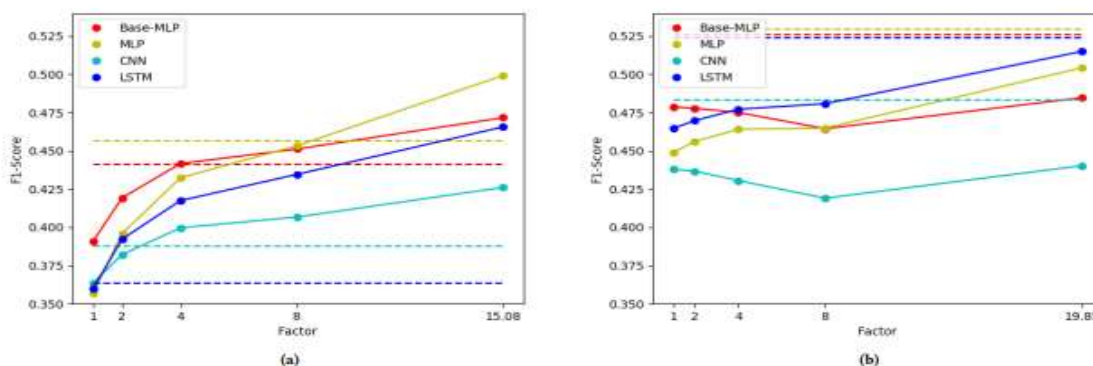


Рис. 1 Производительность каждого классификатора по заголовкам в зависимости от размера выборки по отношению к количеству полнотекстовых текстов сплошной линией на EconBiz (a) и PubMed (b).

Пунктирные горизонтальные линии представляют производительность соответствующего классификатора в полнотекстовом формате.

В этой статье мы провели сравнительный обзор существующих моделей глубокого обучения. Мы пришли к выводу, что модели глубокого обучения пригодны для решения многих проблем. В этом исследовании сравнивались некоторые из наиболее широко используемых глубоких нейронных сетей для классификации текста. В этом исследовании мы обнаружили, что типы RNN - сети GRU и LSTM - хорошо справляются с задачами последовательного обучения и преодолевают проблемы исчезновения градиента и взрыва в традиционных RNN при изучении долгосрочных зависимостей. Кроме того, скрытый размер и размер партии позволяют создавать модели RNN с сильно изменяющейся производительностью. Это говорит о том, что оптимизация этих двух параметров необходима для повышения производительности всех трех моделей DBNs, CNNs и RNNs. "С быстрым развитием аппаратных ресурсов и вычислительных технологий мы надеемся, что глубоким нейронным сетям будет уделяться больше внимания и они найдут более широкое применение в будущем.

#### Список публикаций:

1. J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding," *arXiv preprint arXiv:1810.04805*, 2018
2. A. Wang, A. Singh, J. Michael, F. Hill, O. Levy, and S. R. Bowman, "Glue: A multi-task benchmark and analysis platform for natural language understanding," *arXiv preprint arXiv:1804.07461*, 2018

3. X. Liu, P. He, W. Chen, and J. Gao, “Multi-task deep neural networks for natural language understanding,” *arXiv:1901.11504*, 2019
4. Murphy K. P., *Machine Learning: A Probabilistic Perspective* // Cambridge, MA: MIT Press, 2012.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОМПРЕССИИ, ПРИМЕНЯЮЩИХСЯ В РАБОТЕ АЛГОРИТМА РЕНТГЕНОВСКОГО МИКРОТОМОГРАФА.

*Левкевич В. И., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
645105@bk.ru

Существует необходимость изучения внутренней структуры объектов, непрозрачных в видимом диапазоне электромагнитного излучения, особенно биологических, с микронным разрешением. Развитие методов рентгеновской микроскопии позволило заглянуть внутрь непрозрачных объектов с разрешением, превышающим возможности оптической микроскопии. Сегодня компьютерная микротомография — это основной метод визуализации трехмерной внутренней микроструктуры органических и неорганических объектов с использованием рентгеновского излучения, который аналогичен медицинской томографии, но обладает значительно более высоким пространственным разрешением [1].

Одна из проблем, возникающая при работе с рентгеновским микротомографом, состоит в том, что в процессе работы необходимо хранить и обрабатывать большое количество графической информации. Это требует от системы больших объемов памяти. Уменьшить эти требования способны методы компрессии. Но следует учесть, что выбранные методы компрессии не должны исказить исходную информацию.

На данный момент существует несколько основных направлений компрессии графической информации:

- алгоритм RLE;
- алгоритм LZW;
- алгоритм Хаффмана;
- JBIG;
- Lossless JPEG и другие [2].

Кроме обработки теневых проекций как отдельных изображений, следует применять методы, работающие одновременно с группой изображений.

Центральной частью обработки теневых проекций является следующая идея – группу теневых изображений, полученных под близкими углами, можно считать кадрами видеоизображения, снятыми движущейся камерой.

Таким образом, для группы теневых проекций можно использовать алгоритмы и методы, разработанные для сжатия видеоряда.

Методы сжатия файлов по отдельности характеризуются следующими параметрами:

- худший, средний и лучший коэффициенты сжатия. То есть, во сколько раз изменится объем информации изображения. Худший для наихудших исходных данных; средний коэффициент для того класса изображений, на который ориентирован алгоритм; лучший коэффициент - при наилучших исходных данных;
- класс изображений, на который ориентирован алгоритм - совокупность изображений, применение к которым алгоритма архивации дает качественно одинаковые результаты;
- симметричность - отношение характеристики алгоритма кодирования к аналогичной характеристике при декодировании. Характеризует ресурсоемкость процессов кодирования и декодирования. Наиболее важной является симметричность по времени: отношение времени кодирования ко времени декодирования;
- наличие потерь качества.

Численные значения этих параметров представлены в таблице 1 [3].

**Таблица 1 - Сравнение алгоритмов сжатия изображений по отдельности.**

Алгоритм	Диапазон среднего коэффициента сжатия	Симметричность по времени	На что ориентирован	Потери
RLE	2	1	3,4-х битные	отсутствуют
LZW	4	1.2 - 3	1-8 битные	отсутствуют
Хаффмана	1.5	1-1.5	8 битные	отсутствуют
ССИТТ-3	5	1	1-битные	отсутствуют
JBIG	2 - 30	1	1-битные	отсутствуют
Lossless JPEG	2	1	24-битные, серые	отсутствуют
JPEG	2 - 20	1	24-битные, серые	регулируемы
Рекурсивное сжатие	2 - 200	1.5	24-битные, серые	регулируемы
Фрактальный	2 - 2000	1000-10000	24-битные, серые	регулируемы

Исходя из данных, приведенных в таблице 1, можно сделать вывод, что наиболее подходящими для решения задачи в первом случае являются методы JBIG, JPEG, Lossless JPEG, метод рекурсивного сжатия и фрактальный метод. При использовании последних трех методов, необходимо вести контроль потери качества изображения.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

**Список публикаций:**

1. Syryamkin V.I., Klestov S.A., Suntsov S.B. *DIGITAL X-RAY TOMOGRAPHY*. – Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 с.
2. G.K.Wallace “The JPEG still picture compression standard” // *Communication of ACM*. Volume 34. Number 4 April 1991.
3. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео*. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. - 384 с.

# ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ МЕТОДОВ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ И ПОИСКА ДЕФЕКТОВ

*Левкевич В. И., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
645105@bk.ru

Современной науке доступны методы анализа внутренней микроструктуры объекта различными способами. Одним из лучших методов неразрушающей визуализации является метод рентгеновской микротомографии. Рентгеновская микротомография дает возможность получать изображение внутренней структуры непрозрачных объектов в трехмерном виде с высоким пространственным разрешением.

Этот метод исследования пространственной микроструктуры и морфометрии материалов, живых объектов или тканей не требует подготовки образцов и изготовления тонких срезов с последующим совмещением. Сканирование объектов исследования позволяет получить полные сведения о внутренней пространственной микроструктуре образца с микронным и субмикронным пространственным разрешением сохраняя структуру образца [1].

Отсюда следует, что важно не только иметь возможность просканировать и реконструировать 3D модель исследуемого объекта, но и находить дефекты. Существует множество известных алгоритмов и каждый из них разработан для определенной цели [2].

Если необходимо определять характеристики дефекта, то с этим прекрасно справится метод градиентного анализа. Исходными данными для данного метода является массив значений плотностей в каждой точке образца. На основе этих данных определяется функция распределения плотности материала  $\rho(x, y, z)$ , после чего строится градиентное поле образца. Дефекты будут определяться неоднородностями этого поля, то есть наличием градиентов плотности

$$\nabla\rho(x, y, z) = \left(\frac{\partial\rho}{\partial x}, \frac{\partial\rho}{\partial y}, \frac{\partial\rho}{\partial z}\right).$$

По объемному расположению этих градиентов можно определить размеры и характер дефектов.

Преимущества данного метода:

- возможность определения типа дефекта;
- возможность определения локализации дефекта;

В том случае, когда от алгоритма нужна либо точность, либо быстрдействие, то используется алгоритм корреляционного анализа. Суть метода состоит в том, что исследуемое изображение (ИИ) сравнивается с эталонной идеальной картиной (ЭИ) [3].

При использовании модифицированного корреляционного алгоритма признаком нахождения фрагмента эталонного изображения в области поиска является максимум коэффициента корреляции:

$$K_{\phi} = \frac{\sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n (Y_{1,(J+j),(I+i)} - m_1)(Y_{2,(J+j),(I+i)} - m_2)}{\sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n (Y_{1,(J+j),(I+i)} - m_1) \sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n (Y_{2,(J+j),(I+i)} - m_2)}, \quad (1)$$

где  $j$  – номер строки;

$i$  – номер пиксела в строке;

$Y_1, Y_2$  – значения яркостей пикселов;

$n$  – размер фрагмента;

$m_1, m_2$  – математические ожидания.

Сканирование проводится построчно с интервалом в один пиксел.

В разностном алгоритме признаком нахождения фрагмента эталонного изображения в области поиска является минимум функции:

$$F = \left[ \frac{\sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n |Y_{1(J_{\mathcal{E}} + j)(I_{\mathcal{E}} + i)} - Y_{2(J + j)(I + i)}|}{n \times n} \right]^3. \quad (2)$$

При использовании разностного быстрого алгоритма признаком нахождения фрагмента эталонного изображения в области поиска является минимум функции:

$$F = \frac{\sum_{j=0}^n \sum_{i=0}^n |Y_{1(J_{\mathcal{E}} + j)(I_{\mathcal{E}} + i)} - Y_{2(J + j)(I + i)}|}{n \times n}. \quad (3)$$

Выбор определяется требованиями, предъявляемыми к системе. Например, применение первого алгоритма обеспечивает высокие точностные характеристики (при невысоком быстродействии) за счёт улучшения параметров корреляционной функции. Использование второго алгоритма повышает быстродействие за счёт значительного сокращения вычислительных операций.

Для поиска и локализации дефектов также могут использоваться нейронные сети. Существует множество моделей построения нейронных сетей, обучаемость и способность к распознаванию объектов различной структуры, которых достаточно высоки [4].

На эталонных изображениях происходит обучение нейронной сети выявлению различных дефектов. Для увеличения точности и скорости работы можно распределить задачи между несколькими более простыми нейронными сетями. Например, для поиска каждого дефекта используется соответствующая только ему нейронная сеть.

Основными достоинствами данного метода является достаточно высокая точность и способность к обучению, а значит, к дальнейшему повышению точности работы.

К недостаткам данного метода относится высокая продолжительность времени обучения и ресурсоемкость программного обеспечения, использующего нейросетевые методы.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Патент № 2745304. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. В. И. Сыряжкин, С. А. Клестов, С. Б. Сунцов.
2. Сыряжкин, В. И. Адаптивные и интеллектуальные системы технического зрения: охрана, диагностика, навигация, робототехника, мехатроника / В. И. Сыряжкин, В. С. Титов // Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции : сборник материалов IV Международного форума, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью "СТТ", 2022. – С. 13-14.
3. Дефектоскопия '13, *Sozopol Bulgaria*, 17–21 июня 2013 года. – *Sozopol Bulgaria: Academician of International NDT Academia*, 2013. – 436 с.
4. Кравцова, Е. Ю. Компьютерное зрение на основе существующих технологий искусственного интеллекта / Е. Ю. Кравцова, Д. А. Сапрыкин // *Инновации. Наука. Образование*. – 2022. – № 49. – С. 1049-1055.



## ТОМОГРАФИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*Миникаев Р. Р., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
minikaev.ruslan@mail.ru

Доклад посвящен контролю качества радиоэлектронной аппаратуры путем неразрушающего контроля на основе рентгеновской томографии. В докладе отражен метод рентгеновской томографии радиоэлектронной аппаратуры, благодаря которому дефекты определяются и классифицируются без нарушений структуры исследуемых органических и неорганических образцов.

Контроль топологии печатных плат (ПП) является сложным и трудоемким процессом автоматизации которого уделяется большое внимание. Создание технологического оборудования для автоматизации контроля ПП требует решения следующих задач: 1) разработки высокопроизводительных технологических установок для автоматической идентификации дефектов; 2) создание технических средств для автоматизации маркирования дефектов участков; 3) создания технологических установок для автоматического устранения дефектов участков. В идеале достаточно решить первую и третью задачи.

Первая задача решается путем разработки наукоемкого, дорогостоящего оборудования. Решение второй задачи необходимо в том случае, если дальнейшее их устранение осуществляется человеком. Третья задача решается путем целесообразности использования уже известных технических решений (например, точная фрезеровка мест дефектов или удлинение дефектных участков с помощью технологического лазера).

Важной проблемой при производстве радиоэлектронного оборудования является контроль качества печатных плат на различных технологических этапах, так высокая плотность проводников и минимально допустимые отклонения в производстве высокотехнологичных печатных плат предъявляют высокие требования к качеству изделий. Дефектом при осуществлении контроля является отклонение элементов топологии на объекте (изображение или фотошаблон печатной платы) от проектной документации вследствие погрешностей при производстве, таких как несоответствие температурных и временных режимов производства [1; 3].

Система контроля топологии печатных плат позволяет находить и классифицировать дефекты различных объектов. Для поиска дефектов печатных плат используются различные методы, начиная от простой проверки работоспособности прибора заканчивая проверкой неразрушающего контроля, которые являются наиболее актуальными в настоящее время.

Для диагностики печатных плат применяют бесконтактный метод рентгеновской микротомографии контроля с использованием современных программно-технических комплексов обработки изображения на основе технологий машинного зрения. Данная методика имеет высокую точность, а также качество диагностирования при минимальных трудовых ресурсах. Данный метод дает возможность получать изображение внутренней структуры различных объектов в трехмерном виде с высоким разрешением.

Используя данный метод можно проводить исследования как органических, так и неорганических объектов, выявляя статистические особенности состава и структуры исследуемых объектов [2].

Исследование проводится по следующей методике. Включаем интеллектуальный рентгеновский микротомограф (ИРМТ) и вычислительный сервер ПК, запускаем программное обеспечение (ПО) ИРМТ и рентгеновскую трубку на прогрев. После этого открыв крышку ИРМТ, устанавливаем образец на столик (управляемая рабочая зона) ИРМТ и закрываем крышку и запускаем на сканирование образца с помощью ПО. После съемки изображения образца в ИРМТ с помощью ПО отсканированные фотографии собираем в одну реконструкцию.

В статье описан оригинальный интеллектуальный рентгеновский микротомограф (ИРМТ), который работает следующим образом (рис. 1).

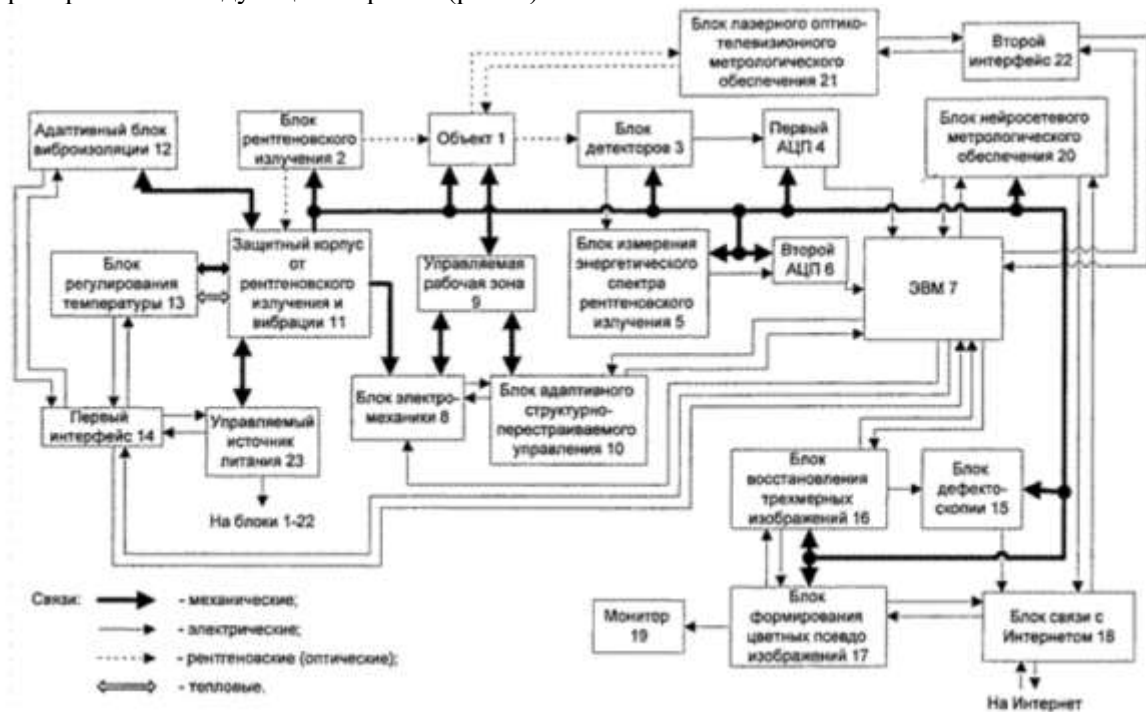


Рис. 1 Структурная схема устройства

Блок рентгеновского излучения (БРИ) облучает объект, который размещается на управляемой рабочей зоне (УРЗ). Рентгеновские лучи БРИ, проникая через объект, поступают на блок детекторов, воспринимающий поэлементно полный кадр изображения внутренней структуры объекта.

Аналоговый сигнал от блока детекторов оцифровывается АЦП и поступает на ЭВМ, на второй вход которой приходит цифровой сигнал от второго АЦП, преобразующий сигнал от блока измерения энергетического спектра рентгеновского излучения (БИЭСРИ). Этот блок измеряет составляющие спектра сигнала, снимаемого с блока детекторов. Считывание изображения блоком детекторов осуществляется при вращении объекта вокруг вертикальной оси и смещении объекта вдоль вертикальной, горизонтальной и поперечной осей. Такие манипуляции с объектом блоком электромеханики через управляемую рабочую зону, куда устанавливается объект. Корректировка перемещений УРЗ осуществляется блоком адаптивного структурно-перестраиваемого управления. Цифровые сигналы от первого и второго АЦП поступают на ЭВМ, которая преобразует сигналы в цифровой массив, отображающий кадр энергетического спектра рентгеновского изображения.

В процессе съемки объект поворачивается на 180 или 360 градусов с фиксированным шагом. Для каждого микровращения фиксируется теневое (трансмиссионное) изображение образца. Система сохраняет все эти проекции как 16-битные tiff-файлы. Массив данных после сканирования представляет собой набор нормальных трансмиссионных рентгеновских снимков. Количество файлов в массиве зависит от размера шага и величины выбранного полного угла поворота.

После завершения съемки образца следует реконструкция его изображения. Полученные 16-битные теневые tiff-изображения используются для реконструкции виртуальных сечений объекта. Далее с использованием алгоритма реконструкции, генерируется предварительный массив сечений. Эти данные еще не являются изображениями, а являются матрицей, содержащей значения поглощения в реконструируемом сечении.

Размер матрицы подобен количеству пикселей внутри сечения или линии ПЗС-матрицы (прибор с зарядовой связью). Теперь можно сохранить реконструированное сечение как матрицу с плавающей точкой, содержащую значения величин затухания после реконструкции.

По завершении формирования предварительного массива сечений на его основе создается 3D-изображение исследуемого образца. С помощью блока восстановления трехмерных изображений (БВТИ) восстанавливается трехмерное изображение внутренней структуры объекта по его теневым проекциям. После этого блоком дефектоскопии определяются несплошности (трещины, дефекты и т.д.). Затем блок формирования цветных псевдоизображений (БФЦП), используя БВТИ, представляет на экране монитора псевдоцветное изображение. Результаты работы устройства передаются от блока дефектоскопии и БФЦП в систему Интернет через блок связи с Интернетом. Алгоритмическое обеспечение блока дефектоскопии основано на градиентном, корреляционном, фрактальном методах, вейвлет- и фурье анализах [4].

Метод рентгеновской томографии пространственной микроструктуры и морфометрии материалов и живых материалов, живых объектов или тканей не требует подготовки образцов и изготовления тонких срезов с последующим совмещением.

Сканирование объектов исследования позволяет получить полные сведения о внутренней и пространственной микроструктуре образца с микронным субмикронным пространственным разрешением, сохраняя структуру образца или жизнь подопытному животному. Интеллектуальный рентгеновский микротомограф представлен на рисунке 2 [5-6].



*Рис. 2 Интеллектуальный рентгеновский микротомограф*

Характеристики ИРМТ:

- различимость деталей исследуемого объекта 1-13 мкм;
- высокочастотная система позиционирования исследуемого объекта с точностью  $\pm 1$  мкм;
- размер фокального пятна источника рентгеновского излучения  $< 5$  мкм;
- размер исследуемого объекта  $25 \times 25 \times 25$  мм;
- время восстановления трехмерных изображений – 10 (мин/см<sup>3</sup>);
- время анализа трехмерных изображений – 60 (мин/см<sup>3</sup>).

Было установлено, что разработанный на базе Томского Государственного Университета рентгеновский микротомограф превосходит аналогичные устройства по мобильности, компактности, возможности диагностировать материалы (органические, неорганические) и

элементы радиоэлектронной аппаратуры, а также работать в комплекте с другим оборудованием, очень низкой цене при качествах, не уступающих конкурентам.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

**Список публикаций:**

1. Бергер Е. Контроль качества печатных плат // Технологии в электронной промышленности. Издательство: ООО «Медиа КиТ». 2012. № 5 (57). С. 18–20 (дата обращения: 25.09.2022).
2. Кочегаров И. И., Данилова Е. А. Классификация дефектов при диагностики скрытых дефектов печатных плат // Актуальные вопросы образования и науки: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 14 частях. Часть 11. Пенза: Пензенский государственный университет. 2014. С. 80–84 (дата обращения: 26.09.2022).
3. Сарычев Р. А., Хребтов А. Р. Диагностика печатных плат радиоэлектронных средств методом термографического контроля // Актуальные проблемы энергосбережения и эффективности в технических системах. Тамбов, 25–27 апреля 2016 г. Тезисы докладов 3-й Международной конференции с элементами научной школы. Тамбов: Издательство Першина Р.В. С. 369–370 (дата обращения: 26.09.2022).
4. Патент на изобретение RU 2505800. Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Сырямкин В.И. и др. – Опубл. 27.01.2014, Бюл №3 (дата обращения: 28.09.2022).
5. V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov. Digital X-ray Tomography / Tomsk State University. – 2nd edition. – London: Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5.
6. S. A. Klestov, V. I. Syryamkin, S. B. Suntsov. Digital 3d X-ray microtomographic scanners for electronic equipment testing // Journal of Physics: Conference Series: International Conference "Actual Trends in Radiophysics", Tomsk, 01–04 октября 2019 года. – Tomsk: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012045. – DOI 10.1088/1742-6596/1499/1/012045

## ТЕЛЕВИЗИОННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ КОНТРОЛЯ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

*Миникаев Р. Р.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
minikaev.ruslan@mail.ru

При изготовлении радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) невозможно избежать появления технологических дефектов, которые подразделяются на явные и скрытые. Явные дефекты приводят к немедленному отказу изделия. Скрытые дефекты не приводят к немедленному отказу, но снижают их надежность и качество.

Для эффективного выявления технологических дефектов необходимо производить контроль и диагностирование РЭА на всех этапах производства.

Анализ выпуска печатных плат (ПП) указывает на необходимость повышения их надежности и качества за счет введения активного контроля технологических процессов изготовления. На 30-40% качество РЭА определяется наличием дефектов ПП, причина возникновения которых заключается в несоблюдении технологических требований государственным стандартам и техническим условиям. Для печатных плат – это трещины в проводниках, перемычки между печатными проводниками, отсутствие металлизации в переходных контактных отверстиях [1].

На этапе изготовления ПП к скрытым дефектам относятся выступы и сужения, разрывы печатных проводников, вкрапления металлизации на поверхности диэлектрической основы ПП и раковины в печатных проводниках.

Наиболее эффективными методами выявления дефектов РЭА являются методы неразрушающего визуального (оптического) контроля, основанные на системах технического зрения.

Техническое зрение – это сфера применения телевизионных систем в производстве и промышленности. Под техническим зрением понимают процесс восприятия роботом окружающих объектов с помощью датчиков оптической информации, оценки местоположения объектов и их распознавания на основе полученной видеоинформации. Системы технического зрения (СТЗ) состоят из датчиков оптической информации и средств обработки и анализа изображения, и других устройств. Применение технического зрения помогает облегчить, а также заменить людей, оценивая качество выполненных работ при производстве. Кроме того, преимущество использования СТЗ заключается в отсутствии человеческого фактора, приводящие к дефектам. Средства обработки и анализа изображения реализуются на микроЭВМ или микропроцессорах. Разработки СТЗ придает большое значение во всех развитых странах мира.

Система технического зрения должна обеспечивать:

- 1) восприятие (регистрацию) первичной информации исходного изображения;
- 2) формирование модели ситуации на основе первичной зрительной информации для последующей обработки (аналоговая картинная модель, цифровая модель);
- 3) поиск объектов;
- 4) классификацию объектов;
- 5) определение местонахождения объектов в рабочей зоне;
- 6) определение ориентации объектов в пространстве или на плоскости;
- 7) измерение характерных параметров объектов или совокупности объектов (числа объектов, геометрических размеров, площади, цвета и т.п.).

Система технического зрения классифицируются следующим образом: 1) принцип действия, 2) функциональное назначение, 3) автономность, 4) дальность действия, 5) метод получения информации, 6) количество видеодатчиков, 7) вид рабочей информации, 8) способ размещения, 9) метод обработки сигнала, 10) анализ цвета. В соответствии с принципами действия системы

технического зрения подразделяются на СТЗ на основе двухпозиционных (логических) систем, координаторы, обзорно-сравнительные системы биоструктуры.

Системы технического зрения в основном строятся на основе передающих трубок мгновенного действия типа диссектор. Используемых в СТЗ произвольная выборка сигналов позволяет применять в адаптивных диссекторных СТЗ любые реализованные программно или аппаратно алгоритмы считывания информации, изменяемые в процессе работы системы.

Так, например, в СТЗ могут применяться поиск объекта в широком угле зрения большим растром и измерения характеристик обнаруженного объекта более точным малым растром, центр которого совмещается с центром объекта, изменение разрешающей способности системы масштабированием растров пропорционально полю зрения и размерам объектов, слежение малым растром за центром подвижного объекта, а также по контуру изображения объекта и другие режимы работы способы считывания информации.

Аналогичные алгоритмы считывания информации используются в зрении человека. Производится слежение глазом за подвижным объектом, выделяются контуры и границы изображений объектов. Сначала производится грубое обнаружение объекта в поле зрения, а затем изображение объекта или его части, которую необходимо проанализировать и рассмотреть более подробно, направляется на центральное углубление счетчика, где острота зрения и разрешающая способность максимальны.

Система технического зрения содержит следующие блоки: блок трубки, преобразующий оптическое изображение объекта в электрический сигнал; обработки видеосигнала, выделяющий полезный сигнал из шумов и помех окружающего фона и преобразующий видеосигнал в бинарный; обнаружения и измерения координат объектов; цифровых разверток, формирующих напряжения и токи для отклоняющих катушек диссекторов; обработки информации; управления, задающей режимы работы системы; высоковольтного и низковольтного напряжения питания.

Блок обработки видеосигналов содержит фильтр с узкой полосой пропускания, оптимальной для обнаружения видеосигнала, выходное решающее устройство и схему формирования порогового уровня обнаружителя сигналов. На блок обработки с выхода блока трубки поступает видеосигнал, амплитуда которого пропорциональна освещенности объекта и окружающего его фона. Видеосигнал усиливается, интегрируется на время длительности сигнала, фильтруется и сравнивается в решающем устройстве с пороговым уровнем.

Схема формирования порогового уровня построена по принципу преобразования амплитуды видеосигнала в постоянное напряжение, часть которого, например, равная половине амплитуды видеосигнала, используется в качестве порогового уровня. Запоминание уровня производится в режиме обучения или калибровке СТЗ. Если видеосигнал превышает уровень порогового устройства, то он преобразуется в цифровой бинарный сигнал и принимается решение об обнаружении объекта [2].

Система адаптивного робота (АР) с телевизионной СТЗ, предназначенной для контроля топологии ПП состоит из СТЗ (телевизионной камеры (ТК), перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), электронный диск (ЭД), модуля управления цветным монитором (МУЦМ), ЭВМ, механизма сканирования (МС); системы управления, блока управления (БУ), датчика обратной связи (ДОС)); блока подсветки – первое и второе устройства связи с осветителями УСО1, УСО2, регулируемых источников света в нижней и верхней подсветок (РИСНП, РИСВП), первого и второго источников света (ИС1, ИС2); периферийного оборудования – первого и второго видеоконтрольных устройств (ВКУ1, ВКУ2), алфавитно-цифрового печатающего устройства (АЦПУ), графопостроителя (ГП). Все вычисленные операции и синхронизация работы АР производятся на управляющей микроЭВМ «Электроника 6В».

Способ обучения начинается с установления необходимой подсветки (нижней подсветки, обеспечиваемой УСО1, РИСНП, ИС1 и используемой для контроля отверстий, и верхней подсветки, обеспечиваемой УСОУ 2, РИСВП, ИС 2 и используемой для контроля проводящего рисунка) ПП, размещаемой на двухкоординатном столе МС. Нижней подсветкой производится сквозное просвечивание отверстий ПП, а верхней – освещение проводящего рисунка ПП. Оба канала блока

подсветки выполнены аналогично и обеспечивают управление освещением следующим образом. Через УС01, УС02 производится соответственно связь ЭВМ с РИСНП, РИСВП, преобразующим цифровые сигналы в аналоговые и устанавливающими заданный уровень сигналов управления ИС1, ИС2, по которым фиксируется требуемое освещение ПП. При этом блок подсветки может содержать различное число светильников ИС1, ИС2, очередность включения и частота работы которых управляются от ЭВМ; СТЗ определяет правильность положения ПП и выдает сигналы, по которым СУ устанавливает смещаемую часть двухкоординатного стола таким образом, чтобы первый считываемый участок находился в поле зрения телевизионной камеры.

Изображение, воспринимаемое телекамерой, считывается в БЗУ, осуществляющее запоминание одного кадра изображения размерностью 256x256 и шестнадцатью градациями яркости. Затем эталонная информация переписывается в ЭД (емкостью 2000 Кбит), обеспечивающий запоминание восьми кадров изображения.

Программа обработки изображения хранится в ППЗУ, обладающий объемом 32 Кбайт. Затем двухкоординатный стол МС производит перемещение ПП в положение, соответствующее считыванию ТК второго кадра. Эталонная информация заносится в ЭД. После этапа обучения выдается сообщение о готовности системы к работе. На МС подается контролируемая ПП; полученные в результате обработки данные сравниваются с эталонными параметрами участка ПП, и принимается решение о его соответствии норме.

Работа СТЗ контролируется визуально с помощью ВКУ1 и ВКУ2. ВКУ1 позволяет индентифицировать на своем экране черно-белое изображение, считываемое ТК, или изображение, обработанное на ЭВМ. Связь ВКУ1 осуществляется через БЗУ на ВКУ2 через МУЦМ производится цветное контрастирование изображения, обработанное на ЭВМ. Для распечатки программ, протокола контроля и места неисправности ПП служат АЦПУ и ГП.

В АР также применяется двухконтурная система автоматического управления. Внешний контур управления состоящий из цепи – ЭВМ, УСМ, БУ, МС, ПП, ТК, БЗУ, использует в качестве датчика объекта контроля телекамеру и по результатам анализа положения ПП на механизме сканирования выдает в ЭВМ через БУ необходимую информацию, которая используется ЭВМ для обработки управляющих сигналов, поступающих через УС и СУ на МС. Внутренний контур управления, состоящий из цепи – ЭВМ, УСМ, БУ, МС, ДОС, БУ, использует ДОС в качестве датчика положения ПП. Сигналы с ДОС преобразуются в БУ в сигналы управления МС. БЗУ, МУЦМ, ППЗУ, ЭД, блок подсветки (без ИС1, ИС2) и блок управления конструктивно выполнены в стандарте микроЭВМ и занимают четыре ее полных платы (кроме центрального процессора).

Программное обеспечение АР, разработанное на языках Квейсик и Ассемблер, позволяет управлять МС и выполнять следующие функции СТЗ: измерять габариты ПП; определять размеры разъемных соединений ПП; оценивать размеры отверстий; измерять размеры контактных площадок; определять координаты центров отверстий относительно базовой привязки (базового размера); оценивать недопустимые сближения (замыкания) проводников (площадок); оценивать разрывы проводников.

На первом этапе функционирования СТЗ производится выделение границ изображения, осуществляемое с целью устранения мешающих элементов (помех) изображения или создания квадратного кадра изображения.

На втором этапе осуществляется следующая обработка изображения; фильтрация (например, методом нерекрусивного фильтра), бинаризация, выделение контуров.

СТЗ на третьем этапе работы локализует неисправность, используя структурные или корреляционные алгоритмы. При использовании структурных алгоритмов требуемая информация извлекается на основе оценки таких параметров объектов изображения, как периметр, линейные размеры, отношения линейных размеров, коэффициент компактности и т.п.

СТЗ имеет следующие характеристики: разрешающая способность – 50 мк; точность оценки линейных размеров и систематическая составляющая ошибки измерения – 0,1% от размера кадра изображения при размере контролируемого изображения ПП 25x25 мм; максимальный размер контролируемой платы – 185x220 мм; время контроля отверстия 0,1-1,0 с и время контроля

проводящего рисунка 10-15 с на кадр изображения в зависимости от формы отверстия и сложности рисунка ПП.

Система технического зрения для контроля ПП может быть реализована в виде специализированных вычислительных устройств. СТЗ содержит ТК, располагаемую над контролируемой поверхностью, вычислительный блок, обрабатывающий получаемые ТК изображения и видеоконтрольное устройство, используемое в основном при настройке системы. Контроль ПП выполняется путем механического сканирования контролируемой поверхности и анализа получаемых изображений. Для сканирования используется автоматически перемещающийся КС, на котором укрепляется контролируемая деталь. Эталоны при контроле может служить проверенные вручную печатные платы.

После автоматического просмотра контролируемой детали СТЗ выдает оператору информацию о недопустимости и отклонениях. Анализируя список дефектов, оператор принимает решение о годности контролируемой детали [3-4].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций**

1. Сыряжкин В.И., Титов В.С. // Справочник. Системы Технического Зрения. Томск: МГП «РАСКО» 1993. С 223
2. Юрков, Н. К. Технология радиоэлектронных средств: учебник / Н. К. Юрков. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2012. – 640 с
3. А.Н. Писаревский, А.Ф. Чернявский, Г.К. Афанасьев // Системы технического зрения. Машиностроение, 1988. 424 с
4. А. Пью; Пер. с англ. Д.Ф. Миронова; под ред. Г.П. Катмыса // Техническое зрение роботов. Машиностроение 1987. 320 с.



## «ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ» 4-ОЙ И 5-ОЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕВОЛЮЦИЙ

*Сырямкин В. И.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
svi\_tsu@mail.ru

Рассматриваются характеристики технологических укладов (ТУ) и промышленных революций (ПР) мировой экономики. Обосновывается применение «Цифровых двойников» при реализации ТУ И ПР.

Конкурентоспособность любого государства определяется только развитием экономики, науки, образования, медицины, промышленности и безопасности государства; но всё-таки главное – это научно-технологическое (промышленное) развитие государства, которое характеризуется технологическими укладами (ТУ). Все развитие мировой экономики содержит шесть ТУ [1], причем основные – пятый и шестой ТУ. Пятый ТУ (1985-2035) опирается на достижения в области электроники и микроэлектроники, атомной энергетики, высокотехнологичной добычи полезных ископаемых, информационных технологий, геномной инженерии, нано- и биотехнологий, космонавтики, интернета, спутниковой связи, высокотехнологичного контроля качества продукции. Шестой ТУ (2010 – 2050 п. п.) обуславливается развитием нано-и биотехнологий, наноэнергетики, молекулярной, клеточной и ядерной технологий, робототехники, искусственного интеллект и когнитивных технологий, отход от углеводородов, новая медицина, умная бытовая техника, промышленный интернет, и «цифровые двойники». Высокоразвитые страны находятся «на пути» от пятого до шестого ТУ.

Мировая экономика определяет реализацию пятого ТУ как 4-ая промышленная революция, а реализацию шестого ТУ как 5-ая промышленная революция. Однако такие характеристики 5-ой являются условными.

Следует отметить, что реализация пятого и шестого ТУ (4-ой и 5-ой промышленных революций) невозможно без применения «Цифровых двойников» [2-6].

«Цифровой двойник» с максимальной точностью представляет в цифровом формате (в виртуальном виде) конфигурацию, состояния объекта, продукта, процесса, актива и т.д на протяжении его полного жизненного цикла: проектирование, производство, внедрение или обработка, тестирование, реализация и эксплуатация. В любой момент времени идентификатор цифрового двойника коррелирует с физическим оригиналом [2-6].

Национальный исследовательский Томский государственный университет (НИ ТГУ) имеет хорошие результаты в синтезе и анализе «Цифровых двойников» широкого применения [7 - 11]. Основные принципы в разработке «Цифровых двойников»: полная цифровизация синтезируемого объекта, применение датчиков обратной связи с физическим оригиналом, использование искусственного интеллекта, баз больших данных, систем автоматизированного проектирования и характеристик устройств и блоков синтезируемого объекта.

В докладе подробно рассматриваются современное состояние и принцип синтеза «Цифровых двойников».

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

### **Список публикаций:**

- 1. Когнитивные системы мониторинга и прогноза научно-технологического развития государства/ В. И. Сырямкин и др. – Томск: Изд. ТГУ. 2012. – 358с.*
- 2. Glaessgen and D. Stargel. The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles // 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 23 April 2012 - 26 April 2012 Honolulu, Hawaii.*
- 3. M. Grieves. Origins of the Digital Twin Concept // working paper, Florida Institute of Technology, 2016.*

4. M. Grieves. *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication* // Michael W. Grieves, LLC, 2014.
5. D. Hartmann, M. Herz, and U. Wever. *Model Order Reduction a Key Technology for Digital Twins* // *Reduced-Order Modeling (ROM) for Simulation and Optimization*, pp. 167–179, Springer, 2018.
6. *The digital twin paradigm for future NASA and U.S. air force vehicles. Conference Paper · April 2012 Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th* [Electronic resource]. – Available at: [https://www.researchgate.net/publication/268478543\\_The\\_digital\\_twin\\_paradigm\\_for\\_future\\_NASA\\_and\\_US\\_air\\_force\\_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/268478543_The_digital_twin_paradigm_for_future_NASA_and_US_air_force_vehicles) (Accessed: 20.05.2022).
7. Разработка «цифрового двойника» коронавируса COVID-19 (КК)/ В.И. Сырямкин, А.А. Колтунов, С.А. Клестов [и др.] // *Инноватика – 2021: сборника материалов XVII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-23 апреля 2021 года.* – Томск: ООО «СТТ», 2021. – С. 119-121.
8. Синтез «цифрового двойника» государства Лаос / В. И. Сырямкин, С.А. Клестов, П. Аначак, М.В. Сырямкин // *Инноватика – 2021: сборника материалов XVII Международной школы-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-23 апреля 2021 года.* – Томск: ООО «СТТ», 2021. – С. 308-310.
9. Сырямкин В.И., Шумилов В.Н. Синтез искусственного носителя интеллекта: информационно – биологический подход. Монография / под ред. проф. В.И. Сырямкина / Москва / Берлин: Директ – Медиа, 2021. 412с.
10. Сырямкин В.И., Клестов С.А., Сунцов С.Б., Проектирование рентгеновского 3D микротомографа на основе его Цифрового двойника. / *Дефектоскопия, 2022(6 печати).* - 10с.
11. «Цифровые двойники ландшафта территории», Сырямкин В.И., Клестов С.А., М. Масалам, Маргиев П.Э.//*Инноватика – 2021: Сборник материалов в XVII международной школы – конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-23 апреля 2021 года.* – Томск: ООО «СТТ»; 2021. – с. 195 - 197

## ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ НА ОСНОВЕ НЕЙРО – НЕЧЕТКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Сырямкин В.И.<sup>1</sup>, Клестов С.А.<sup>1</sup>, Сырямкина М.М.<sup>2</sup>, Маргиев П.Э.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Средняя школа «Перспектива» города Томска

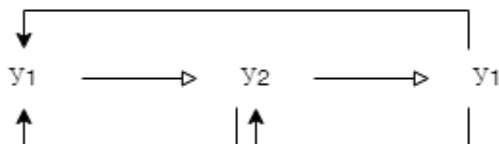
<sup>3</sup>Томский лесотехнический техникум

svi\_tsu@mail.ru

Рассматриваются нейро – нечетные глубокие алгоритмы, на которых синтезированы «Цифровые двойники». Применяемые в создании искусственного интеллекта технической диагностики, медицине и формировании ландшафта.

Современные и высокотехнологичные приборы, изделия и промышленные производства требуют применение «цифровых двойников» на всех этапах проектирования, изготовления и эксплуатации.[1]

Оригинальное направление создания «Цифровых двойников» - это их синтез на основе гибридного нейро – нечеткого вычислителя, который состоит из трех уровней: 1 уровень – формирование содержательной модели объекта, 2 уровень – адаптивная многокритериальная нейро – нечеткая модель, 3 уровень – нейрософская когнитивная модель [2]. Процесс синтеза (проектирования) «Цифрового двойника» объекта выполняется в виде общего итерационного процесса и трёх частных итерационных процессов каждого уровня,



где U1, U2, U3, уровни процесса синтеза ЦД.

В докладе подробно рассматриваются принципы создания «Цифровых двойников» на основе гибридного нейро – нечеткого вычислителя, как пример глубоких нейросетевых алгоритмов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

### Список публикаций:

1. Сырямкин В.И. «Цифровые двойники» 4-ой и 5-ой промышленных революций. В материалах настоящей конференции 2022г.
2. Сырямкин В.И. и др. Гибридный нейро – нечеткий вычислитель «Цифрового двойника» объекта. В печати

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ И СПЛАЙН МЕТОДОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПРЕДОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК

*Иваненко Б. П.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ivanenko\_boris@mail.ru

Очевидно, что простейшая предобработка данных может быть основана на статистической обработке данных, т.е. в накоплении данных, расчете среднего и дисперсии, что позволяет уменьшить погрешность измерений. Однако это усложняет проведение измерений и приводит к лишним затратам ресурсов измерительной аппаратуры. Так же можно использовать алгоритмы восстановления эмпирических функций, используя метод регуляризации Тихонова и статрегуляризацию [1]. В приложении к нейросетевым моделям, регуляризирующие методы сводятся к оптимизации функционала ошибки (в простейшем случае - суммы квадратов уклонений модели от экспериментальных значений) с аддитивной добавкой, исчезающей по мере улучшения гладкости функции:

$$E[G] = \sum_{\alpha=1}^{N_{\alpha}} (G(\bar{x}^{\alpha}) - \bar{y}^{(\alpha)})^2 + \lambda \phi[G]$$

Здесь  $\phi$  - регуляризирующий функционал,  $\lambda$  - параметр регуляризации [2,3]. Еще одним и весьма эффективным способе предобработки данных, может быть, при, может быть, построение интерполяционного или сглаживающего сплайна функций  $N$  переменных на хаотических сетках в областях произвольной конфигурации, основанный на представлении сплайна через функцию Грина и ядро некоторого энергетического оператора [4]. В простейшем двумерном случае, когда сплайн-функция удовлетворяет условию минимума функционала энергии вида:

$$\int [\sigma^2_{x,x} + 2 \sigma_{x,y} + \sigma^2_{y,y}] d\Omega = \min \Omega$$

сплайн- функция двух переменных определяется формулой:

$\sigma(x,y) = 1/2 \sum \lambda_i [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2] \ln [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2] + v_{00} + v_{10}x - v_{01}y$ , а коэффициенты  $\lambda_i$  и  $\mu_i$  являются решением СЛАУ вида:

$$\begin{vmatrix} 0 & a_{1,2} & \dots & a_{1n} & 1 & x_1 & y_1 & \lambda_1 \\ a_{2,1} & 0 & \dots & a_{nn} & 1 & x_2 & y_2 & \lambda_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & 0 & 1 & x_n & y_n & \lambda_n \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & 0 & \lambda_{00} \\ x_1 & x_2 & \dots & x_n & 0 & 0 & 0 & \lambda_{10} \\ y_1 & y_2 & \dots & y_n & 0 & 0 & 0 & \lambda_{01} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} r_i \\ r_i \\ \dots \\ r_i \\ r_i \\ r_i \\ r_i \end{vmatrix}$$

$a_{ii} = G_{22}(0) = 0, a_{ij} = \left| \left| P_i - P_j \right| \right|^2 \ln \left| \left| P_i - P_j \right| \right|.$

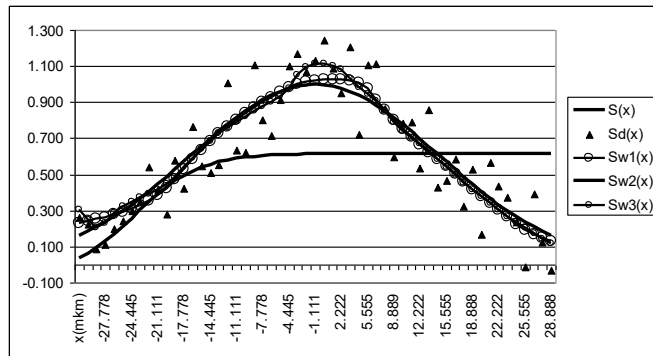


Рис. 1 Графическая иллюстрация способности сети к обобщению

В данном случае функция  $G_{m,s}(x,p)$  с точностью до постоянного положительного множителя совпадает с функцией Грина для полигармонического оператора,  $(-1)^m \Delta^m = (D^m)^* D^m$ ,  $P_{i,j}$  – узлы интерполяции,  $r_i$  – значения функции, а при переходе к режиму сглаживания к диагональным элементам матрицы добавляются значения  $-\alpha \geq 0$  параметра сглаживания.

Как известно, одной из сложных задач при использовании нейросетевых методов является определение рациональной структуры нейросетевой модели, в том числе - числа слоев и нейронов. Проиллюстрируем это на конкретном примере, проводя аналогию между полиномиальной аппроксимацией и нейросетью.

На рис. 1 кривая  $S(x)$  – точные значения сигнала, сигнала полученные с томографа [5],  $Sd(x)$  – зашумленные значения,  $S1(x)$  - восстановленные нейросетью значения, когда мы использовали слишком большое количество нейронов (степень полинома завышена);  $S2(x)$  - правильное количество нейронов (степень полинома, подобрана, верно);  $S3(x)$  слишком малое количество нейронов (степень полинома занижена – линейная аппроксимация).

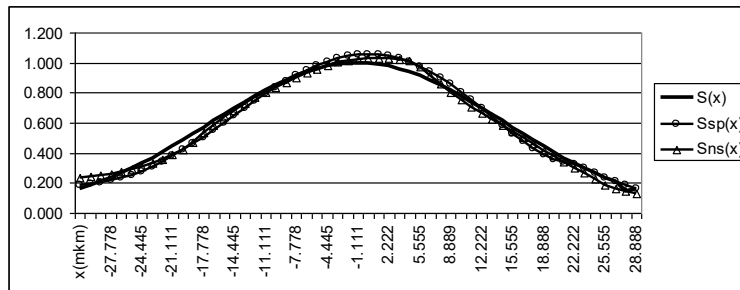


Рис. 2 Сравнительный анализ сплайн и нейросетевых методов восстановления сигналов.

Далее в рамках численного эксперимента проведем сравнительный анализ нейросетевых и сплайн методов обработки данных. На рис.2. представлены результаты восстановления сильно зашумленного сигнала (см. Рис.1.). Здесь  $S(X)$  –точные значения сигнала,  $Ssp(X)$  –регуляризованные сигналы, полученные использованием сплайнов нечетной степени на отрезке,  $Sns(X)$  регуляризованные сигналы, восстановленные нейросетью. Представляет определенный интерес сравнить методы двумерной сплайн интерполяции и нейросетевые. В качестве простейшего примера зададим на единичном квадрате  $[0,1] \times [0,1]$  аналитическую функцию  $F(x,y)=100+3x^2+\sin(5y+x)+4(y-x)\cos(3x+2y)$ . С использованием датчика случайных чисел нанесем на этот квадрат нерегулярно расположенные интерполяционные узлы и рассчитаем в них значения искомой функции.

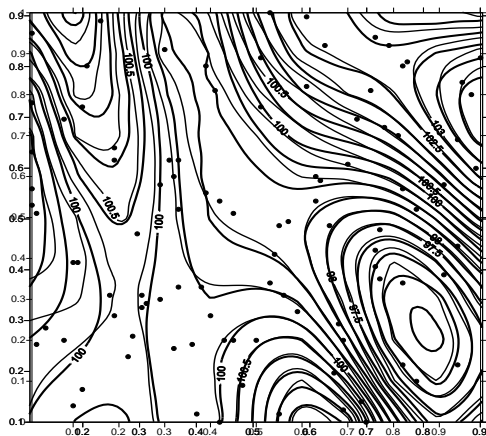


Рис.3 Построение карт изолиний

Подготовим обучающую выборку, входами которой будут узлы интерполяции, а параметром обучения значения функции. Построим простейшую двухслойную нейронную сеть – многослойный персептрон и обучим сеть на нерегулярной сетке, а затем для построения карт изолиний на вход подадим координаты узлов, рассчитанных на регулярной сетке размером 11\*11. Аналогичные расчеты проведем с использованием методов сплайн-интерполяции и построим карты изолиний. На рис. 3 приведены результаты расчетов.

На данном рисунке точками нанесены узлы интерполяции, сплошные толстые линии получены при помощи методов сплайн- интерполяции, а тонкие линии построены на основе нейросетевых расчетов. Легко заметить, что результаты расчетов практически совпали, что служит хорошим аргументом в пользу нейросетевых методов. Аналогичные результаты можно получить и при решении трехмерной задачи. Анализируя представленный выше графический материал, отметим, что проведенный сравнительный анализ методов восстановления сильно зашумленных эмпирических данных с использованием регуляризирующих сплайнов и нейронных сетей позволяет сделать вывод об их высокой эффективности.

В презентации к докладу приведены результаты численного моделирования на примере обработки реальных данных и модельных сигналов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. А.Н. Тихонов, А.В. Гончарский, В.В. Степанов, А.Г. Ягола, Численные методы решения некорректных задач, М.: Наука, 1990.
2. Иваненко Б.П., Клецов С.А., Сырымкин В.И. Нейросетевой прогноз природных ресурсов. На примере реальных нефтяных месторождений, полигонов захоронения ЖРО, прогнозе паводковых вод. Издательство LAP LAMBERT, 2019 год, 190 с.
3. Терехов С.А. Прямые, обратные и смешанные задачи в нейросетевом моделировании сложных инженерных систем. Тезисы IV Всероссийского рабочего семинара "Нейроинформатика и ее приложения". Красноярск, 5-7 октября, 1996 г.
4. Сплайн-функции: теория, алгоритмы, программы / В. А. Василенко; Отв. ред. Г. И. Марчук. - Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1983. - 214 с.
5. Digital X-RAY tomography Bureev A.Sh., Klestov S.A., Kutsov M.S., Osipov A.V., Osipov Yu.M., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. Edited by V.I. Syryamkin. London, 2015.

# НЕЙРОСЕТЕВОЕ ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ РЕНТГЕНОВСКОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

*Иваненко Б. П.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ivanenko\_boris@mail.ru

Известно, что любое моделирование основывается на аналогии (сходстве) нескольких систем (объектов). При этом все многообразие методов моделирования можно условно разделить на четыре класса: физическое, аналоговое, математическое и информационное. Информационное моделирование основано на хорошо известном методе «черного ящика», предложенного Норбертом Винером в теории идентификации систем [1]. В основе информационного кибернетического подхода лежит создание моделей не на основе анализа, а на основе синтеза компонент. При этом моделируется внешнее функционирование системы, которое описывается чисто информационно на основе данных эксперимента или наблюдений над реальной системой. Искусственные нейронные сети (ИНС) являются удобным и естественным базисом для представления информационных моделей. Нейросеть может быть достаточно формально определена, как совокупность простых процессорных элементов - нейронов обладающих полностью локальным функционированием, и объединенных однонаправленными связями синапсами. Сеть принимает некоторый входной сигнал из внешнего мира, и пропускает его сквозь себя с преобразованиями в каждом процессорном элементе. Таким образом, в процессе прохождения сигнала по связям сети происходит его обработка, результатом которой является определенный выходной сигнал. В укрупненном виде ИНС выполняет функциональное соответствие между входом и выходом, и может служить информационной моделью  $G$  системы  $F$ . Возможность представления любой системной функции  $F$  с наперед заданной точностью определяет нейросеть, как компьютер *общего назначения*. Этот компьютер имеет принципиально другой способ организации вычислительного процесса - он *не программируется* с использованием явных правил и кодов в соответствии с заданным алгоритмом, а *обучается* посредством целевой адаптации синаптических связей (и, реже, их структурной модификацией и изменением переходных функций нейронов) для представления требуемой функции. На данный момент существует несколько десятков коммерческих и свободно распространяемых программных нейроимитаторов. В основном, это законченные независимые программные продукты, предназначенные для решения широкого класса задач. Однако следует отметить, что такие пакеты не обладают рядом возможностей для функционирования в составе сложных информационных систем. В связи, чем в настоящее время существует потребность в разработке специализированных нейроимитаторов, предназначенных для решения задач рентгеновской дефектоскопии радиоэлектронных устройств, работающих в автоматическом режиме, либо при минимальном участии оператора.

Далее приводится описание разрабатываемого нейросетевого ПК «NNet», предназначенного для решения задач рентгеновской дефектоскопии. В отличие от, описанных выше серийных ПК, он должен обладать следующими свойствами:

- надежное функционирование в составе информационной системы (ИС) или системы управления;
- встраивание нейросетевых модулей в ИС или системы управления или специализированное программное обеспечение;
- автоматизированная обработка данных с минимальным участием пользователя;
- интерфейсная часть нейросетевого модуля должна быть рассчитана на пользователя, не имеющего специальную подготовку;
- автоматизация построения, обучения и подбора архитектуры нейронной сети;

- автоматизация извлечения знаний из баз данных, отчётов, хранилищ экспериментальной информации;
- периодическое дообучение нейросетевой модели и корректировка архитектуры сети;
- генерация результатов в форматах, пригодных для обобщения и анализа стандартными средствами, использующимися в рентгеноструктурном анализе.

Разрабатываемые нейросетевые компоненты нейросетевого ПК «NNet», согласно [3,4] позволяют решать следующие задачи.

- Создавать ИНС слоистой архитектуры без обратных связей с любым количеством слоёв любой размерности.
  - Выбирать функцию активации для каждого слоя из нижеперечисленных: линейная функция, функция Ферми, рациональная сигмоида, гиперболический тангенс.
  - Просматривать и весовые матрицы каждого слоя и редактировать весовые коэффициенты.
  - Создавать выборки данных любой размерности, выделять в них учебное, проверочное и тестовое множества.
  - Редактировать обучающие выборки, импортировать данные из других приложений посредством стандартных механизмов обмена данными.
  - Нормировать данные в диапазон, пригодный к использованию в нейронных сетях (-1;1).
  - Обучать ИНС по алгоритму обратного распространения ошибки и его модификациям [2]:
    - использование момента обучения;
    - параметр обучения (шаг обучения) меняется случайным образом на каждой эпохе обучения;
    - по окончании обучения возможно восстановить значения весовых коэффициентов, при которых была достигнута минимальная ошибка обучения.
  - Задавать критерий остановки обучения по количеству эпох или по достижению заданной ошибки обучения.
  - Добавлять нейроны в процессе обучения в любой слой (кроме выходного).
  - Получать значения с выхода нейронной сети, как при подаче на её входы одного входного вектора, так и выборки из входных векторов, сохранённых в файле.
- Импортировать данные следующего формата: цифровые изображения (.png, .tiff) и текстовые файлы описания (.txt, .json);

Прежде чем перейти к содержательной части напомним, что, нейросетевая постановка задачи, как правило, состоит из нескольких этапов:

- Первый этап – физическая постановка задачи с целью построения обучающих выборок.
- Второй этап – предобработка исходных данных;
- Третий этап - построение обучающих выборок;
- Четвертый этап выбор архитектуры сети и алгоритма ее обучения;
- Пятый этап получение и анализ результатов.

Рассмотрим более детально первый этап на примере дефектоскопии печатных плат. (ПП). При их производстве, начиная от изготовления диэлектрического основания и заканчивая пайкой компонентов, могут проявиться различного рода дефекты, которые негативным образом влияют на качество готового изделия согласно ГОСТ Р 55490–2013. Примером таких дефектов могут служить: перемычка; раковина; заужение; выступ; трещина; разрыв проводников; расширение; вырыв и т.д.

Очевидно, что для обнаружения и количественной оценки дефектов ПП необходимо определить, к какому типу они относятся, т.е. решить задачу классификации. Классическая постановка задачи распознавания образов с помощью нейронной сети выглядит следующим образом: дано множество объектов. Проводится классификация относительно этих объектов. Множество состоит из подмножеств, которые именуют классами. Заданы: информация о классах, описание всего множества и описание информации об объекте, принадлежность которого к определенному классу неизвестна. Требуется по имеющейся информации о классах и описании объекта установить – к какому классу относится этот объект. Исходными данными для обучения



нейронной сети в данном случае являются изображения дефектов проводящего слоя печатной платы, на основе которых и будет обучаться нейронная сеть для последующего выявления дефектов. Результатирующими данными является информация о наличии дефекта на ПП.

Следует отметить, что каких-либо специальных нейросетевых архитектур для решения классификации не существует. Обычно используются многослойные персептроны.

В презентации к докладу изложены основы информационного моделирования в нейросетевом базисе и в стандарте IDEFO представлена полная диаграмма взаимодействия программных модулей разрабатываемого нейромитатора «NNet» [3,4].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Винер.Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине: Пер. с англ. 2-е изд. – М.: 1968.
2. Горбань А.Н. Быстрое дифференцирование, двойственность и обратное распространение ошибки / Нейроинформатика Новосибирск: Наука, Сибирская издательская фирма РАН, 1998.
3. Иваненко Б.П., Клестов С.А., Сырымкин В.И. Нейросетевой прогноз природных ресурсов. На примере реальных нефтяных месторождений, полигонов захоронения ЖРО, прогнозе паводковых вод. Издательство LAP LAMBERT, 2019 год, 190 с.
4. Digital X-RAY tomography Bureev A.Sh., Klestov S.A., Kutsov M.S., Osipov A.V., Osipov Yu.M., Syryamkin V.I., Suntsov S.B. Edited by V.I. Syryamkin. London, 2015.

## ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК КОМПЬЮТЕРНОГО ТОМОГРАФА

Плака Р. Р., Клестов С. А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
plaka\_reshat@mail.ru

Использование методов математического моделирования и предиктивной аналитики позволяет создавать цифровые двойники производственных активов и процессов. Виртуальные модели применяются в различных отраслях: космической, топливной, транспортной промышленности, электроэнергетике, медицине, строительстве, металлообработке и машиностроении.

Термин «цифровой двойник» был введён в 2002 году профессором Мичиганского университета Майклом Гривзом в ходе его доклада об управлении жизненным циклом продукта. За почти тридцатилетнюю историю концепция понятия не раз трансформировалась за счёт новых достижений в сфере виртуального моделирования. Сегодня цифровой двойник является одним из ярких трендов развития ряда экономических отраслей и предметом большого количества споров [1].

Цифровой двойник – это виртуальная копия, модель объекта, группы объектов или процесса, содержащая информацию о технических характеристиках оригинала. Включает в себя исходные данные от изготовителя, историю поломок, плановых и внеплановых ремонтов. С помощью специальных датчиков осуществляет сбор и обработку сведений на протяжении всего жизненного цикла своего прототипа [2].

Рентгеновская компьютерная томография (КТ) высокого разрешения – это новая технология, идеально подходящая для широкого круга геологических исследований. Это быстрый и неразрушающий метод создания изображений, которые точно соответствуют серийным сечениям объекта. Последовательные, смежные изображения компилируются для создания трехмерных представлений, которыми можно манипулировать в цифровом виде для эффективного выполнения большого количества задач измерения и визуализации [3].

Простейшими общими элементами рентгеновской радиографии являются источник рентгеновского излучения, объект для визуализации, через который проходят рентгеновские лучи, и ряд детекторов, измеряющих степень ослабления рентгеновского сигнала за счет рентгеновского излучения. объект (рис. 1).

Фундаментальный принцип компьютерной томографии заключается в получении нескольких наборов изображений объекта в диапазоне угловых ориентаций. Благодаря этому получают дополнительные данные о размерах по сравнению с обычной рентгенографией, при которой имеется только один вид.

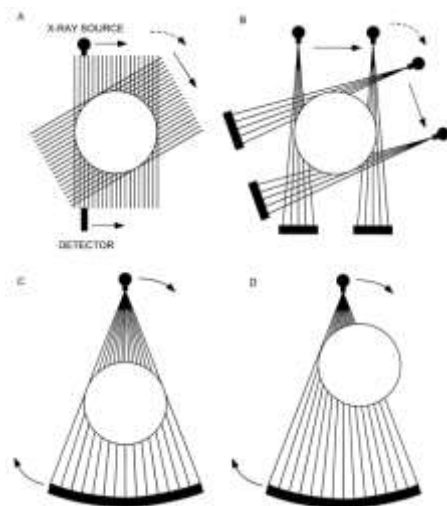


Рис. 1 Схематическая иллюстрация геометрии рентгеновского КТ разных поколений [4].

Сплошные стрелки указывают движения во время сбора данных, пунктирные стрелки указывают движения между последовательностями сбора данных. Сплошные линии, идущие от источников к детекторам, представляют собой пути лучей, и каждый набор сплошных линий с одной угловой ориентацией представляет собой вид. На этих иллюстрациях показано, как источник и детекторы перемещаются вокруг неподвижного объекта, как в случае с медицинскими сканерами.

Во всех случаях осью вращения является центр окружности. (А) геометрия остроугольного луча первого поколения с поступательным и вращательным движением; (В) геометрия веерного луча второго поколения с поступательно-вращательным движением; (С) геометрия третьего поколения, предназначенная только для вращения; (D) геометрия офсетного режима третьего поколения [5].

В результате разработки «Цифрового двойника» рентгеновского компьютерного томографа ЦФРТ (рис.2) представим в общем виде операторную ленточную схему алгоритма ЦФРТ и запишем в следующем виде:

$$H^{\downarrow 1} + K^{\downarrow 2} \rightarrow O^{\downarrow 3a,6} \rightarrow MC^{\downarrow 4} \rightarrow ИИ^{\downarrow 5} \begin{matrix} \nearrow УН^{\downarrow 6} \\ \searrow БЭ^{\downarrow 7} \end{matrix} \rightarrow T^{\downarrow 8} \rightarrow P^{\downarrow 9}$$

Здесь верхние цифры и стрелки операторов означают номер оператора, а нижние – направление и и номер оператора для взаимодействия.

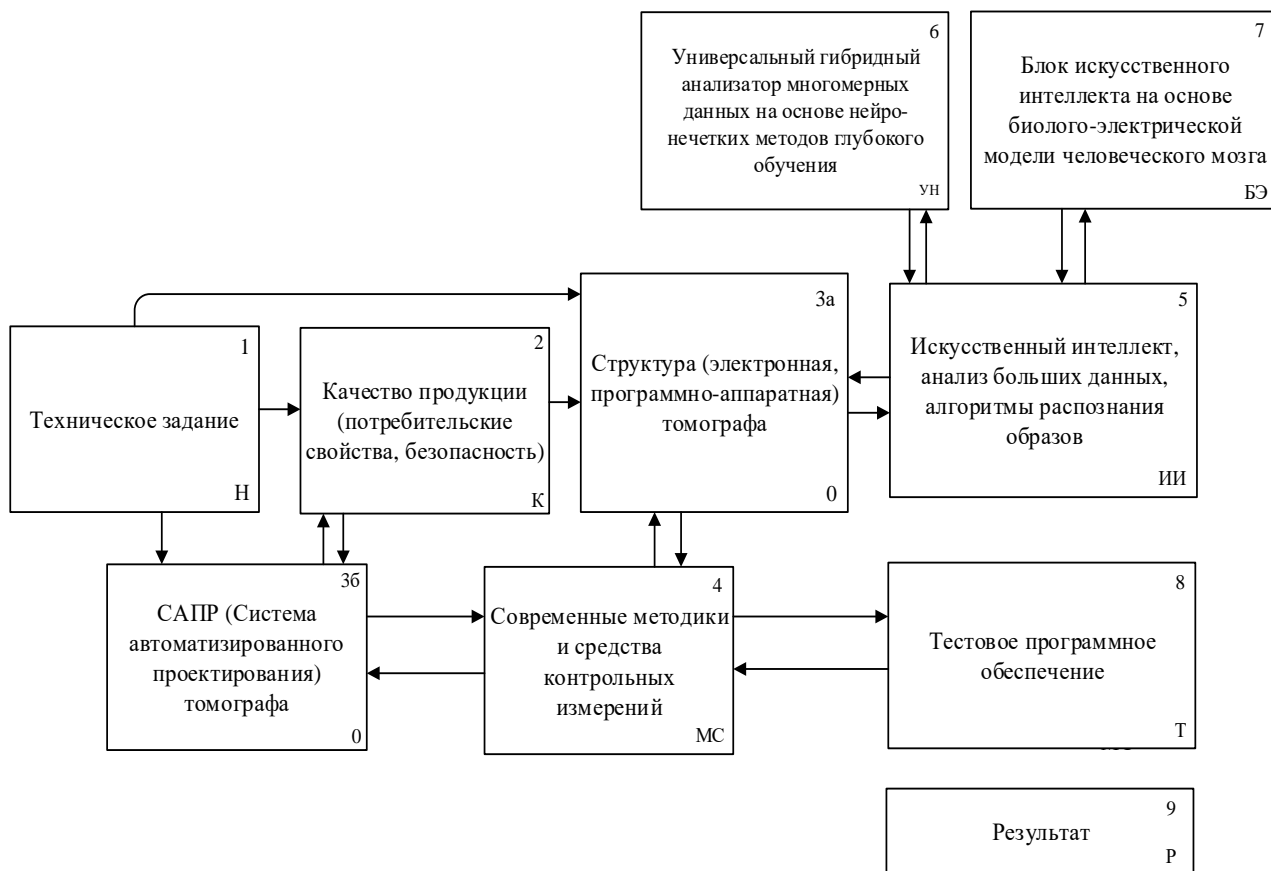


Рис. 2 – «Цифровой двойник» рентгеновского компьютерного томографа

1. Оператор «Н» означает начало работы ЦФРТ: узлы и блоки подготавливаются к работе (возврат в исходное состояние, очистка памяти, подготовка к принятию очередного заказа (заявки) и т.п.) и вырабатывается команда для синхронизации работы и управления устройствами ЦФРТ.

2. Оператор «К» оценивает требуемое качество контролируемой продукции и требуемые характеристики рентгеновского компьютерного томографа (точность, надежность, вероятность правильной работы, быстродействие и др.)

3. Оператор «О» определяет структуру (электронную, программно-аппаратную) томографа и САПР.

4. Оператор «МС» формирует современные методики и средства контроля измерений оператора «О».

5. Оператор «ИИ» включает искусственный интеллект, анализ больших данных, алгоритмы распознавания образов. Здесь возможны условия: используется универсальный гибридный анализатор многомерных данных на основе нейро-нечетких методов глубокого обучения УН или блок искусственного интеллекта на основе биолого-электрической модели человеческого мозга БЭ (Э).

6. Оператор «Т» формирует тестовые программное обеспечение для контроля (аттестации) ЦФРКТ.

7. Оператор «Р» формирует результат проверки компьютерного рентгеновского компьютера в виде электронной модели и твердой копии.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

**Список публикаций:**

1. Michael W. Grieves *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication LLC*, 2014, 7 p.
2. Glaessgen E., Stargel D. *The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles //53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA. – 2012. – С. 1818.*
3. Amos, C.L., Sutherland, T.F., Radzjewski, B., Doucette, M., *A rapid technique to determine bulk density of finegrained sediments by X-ray computed tomography. Journal of Sedimentary Research. 1996. 1023–1024 pp.*
4. Bauer, R.L., Ketcham, R.A., Denison, C., Carlson, W.D., *X-ray computed tomography (CT) imaging of spiral inclusion trails and the external morphology of garnet porphyroblasts. 1998. 357 p.*
5. Chen, M.-R., Hinkley, R.E., Killough, J.E., *Computed tomography imaging of air sparging in porous media. Water Resources Research. 1996. 3013–3024 pp.*

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

*Плака Р. Р., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
plaka\_reshat@mail.ru

В современном обществе метрология как наука и область практической деятельности играют большую роль. Это связано с тем, что практически нет ни одной сферы человеческой деятельности, где бы не использовались результаты измерений- В нашей стране ежедневно исполняется свыше 20 миллиардов различных измерений. Измерения являются неотъемлемой частью большинства трудовых процессов. Затраты на обеспечение и проведение измерений составляют около 20 % от общих Затрат на производство продукции.

На основе измерений получают информацию о состоянии производственных, экономических и социальных процессов. Измерительная информация служит основой для принятия решений о качестве продукции при внедрении систем качества, в научных экспериментах и т.д. И только достоверность и соответствующая точность результатов измерений обеспечивает правильность принимаемых решений на всех уровнях управления. Получение недостоверной информации приводит к неверным решениям, снижению качества продукции, возможным авариям.

Метрологическое обеспечение – создание и поддержание условий для получения измерительной информации, соответствующей установленным/заданным требованиям. Объектами метрологического обеспечения являются измерения.

Объекты измерений – это изделия, процессы (в том числе, контроль и испытания), явления, процедуры, технологические операции, вещества и материалы, количественные характеристики которых подлежат измерению. Предмет метрологического обеспечения – условия измерений в широком понимании (документация, помещения, оборудование, средства измерений, организационные структуры, персонал и другие ресурсы).

Работы по метрологическому обеспечению (далее МО) осуществляются: в быту, на рабочих местах, в подразделениях, на предприятиях и в организациях, в производственных объединениях, на уровне отраслей/ведомств, и на государственном уровне.

Безотносительно к специфике различных сфер деятельности, в которых выполняются измерения, различию организационных структур хозяйствующих субъектов, и особенностей объектов измерений, в МО можно выделить следующие основные процессы:

- постановка задачи;
- информационное обеспечение;
- организация работ;
- планирование;
- финансирование;
- разработка методических материалов;
- проектирование;
- материально-техническое снабжение;
- учет и хранение средств измерений;
- техническое обслуживание и ремонт;
- соблюдение правовых норм;
- управление кадрами;
- выполнение контрольных функций [1].

Метрологические характеристики диагностической системы (ДС) – это характеристики свойств ДС, включая их алгоритмическое, аппаратное и программное обеспечение, которые влияют на результаты и погрешности измерений. Погрешности измерения – отклонение результатов измерений (значение величины, найденное путем ее измерения) от истинного значения измеренной величины.

К основным метрологическим характеристикам ДС следует отнести:

- 1) характеристики, определяющие результаты измерений: функция преобразования, цена деления, вид выходного кода и др.;
- 2) точностные характеристики ДС;
- 3) характеристики чувствительности ДС к внешним факторам, влияющим на работу ДС: электрические помехи, неравномерность освещенности текущего изображения (ТИ) в рабочей зоне, вибрации и др.;
- 4) динамические характеристики;
- 5) характеристики, отражающие их способность влиять на инструментальную составляющую погрешности измерений вследствие взаимодействия ДС с любым из подключенных к их входу или выходу компонентов (например, подсветка рабочей зоны, узлы, имеющие ограничения по точности);
- 6) неинформативные или информативные сигналы входного или выходного сигнала ДС [2].

Важными переменными, которые определяют, насколько эффективным будет источник рентгеновского излучения для конкретной задачи, являются размер фокального пятна, спектр генерируемых рентгеновских энергий и интенсивность рентгеновского излучения. Размер фокального пятна частично определяет потенциальное пространственное разрешение системы КТ, определяя количество возможных путей источник-детектор, которые могут пересекать заданную точку сканируемого объекта. Чем больше таких путей источник-детектор, тем больше будет размытие признаков. Энергетический спектр определяет проникающую способность рентгеновских лучей, а также их ожидаемое относительное затухание при прохождении через материалы различной плотности. Рентгеновские лучи более высоких энергий проникают более эффективно, чем низкоэнергетические, но менее чувствительны к изменениям плотности и состава материала. Интенсивность рентгеновского излучения напрямую влияет на отношение сигнал/шум и, следовательно, на четкость изображения. Более высокие интенсивности улучшают основную статистику подсчета, но часто требуют большего фокусного пятна [3].

Многие обычные рентгеновские трубки имеют двойную нить накала, которая обеспечивает два размера фокусного пятна, при этом меньший размер пятна позволяет получать более подробные изображения за счет интенсивности. Медицинские компьютерные томографы, как правило, имеют размер пятна рентгеновского излучения от 0,5 до 2 мм. В системе высокого разрешения на установке компьютерной томографии УТ используется двухточечный источник рентгеновского излучения 420 кВ (Pantak HF420) с размерами пятна 0,8 и 1,8 мм. Маленькое пятно имеет максимальную нагрузку 800 Вт (т. е. 2 мА при 400 кВ), тогда как большое пятно имеет максимальную нагрузку 2000 Вт. регулируемое фокусное пятно с минимальным размером 510 мм при общей нагрузке 8 Вт, но при более высоких нагрузках размер пятна автоматически увеличивается, чтобы предотвратить тепловое повреждение цели. В большинстве случаев можно использовать слегка «расфокусированный» луч (большой размер пятна) для улучшения статистики подсчета с небольшими затратами на разрешение. Оба источника имеют вольфрамовые мишени. Генерируемый энергетический спектр обычно описывается в терминах пиковой энергии рентгеновского излучения (кэВ или МэВ), но на самом деле он состоит из континуума, в котором уровень с максимальной интенсивностью обычно меньше половины пика (рис. 1) [4].

Общий «эффективный» спектр определяется рядом факторов, помимо энерговклада самого источника рентгеновского излучения, включая автофильтрацию как за счет поглощения фотонов, генерируемых под поверхностью толстой мишени (Сильвер, 1994), так и за счет автофильтрации. проходом через выходное отверстие трубки; введена другая фильтрация луча для селективного удаления низкоэнергетического рентгеновского излучения; усиление луча в сканируемом объекте; и относительная эффективность детекторов для различных энергий. Как обсуждается ниже, изменения в спектре рентгеновского излучения, вызванные прохождением через объект, могут привести к множеству артефактов сканирования, если не будут предприняты усилия для их компенсации.

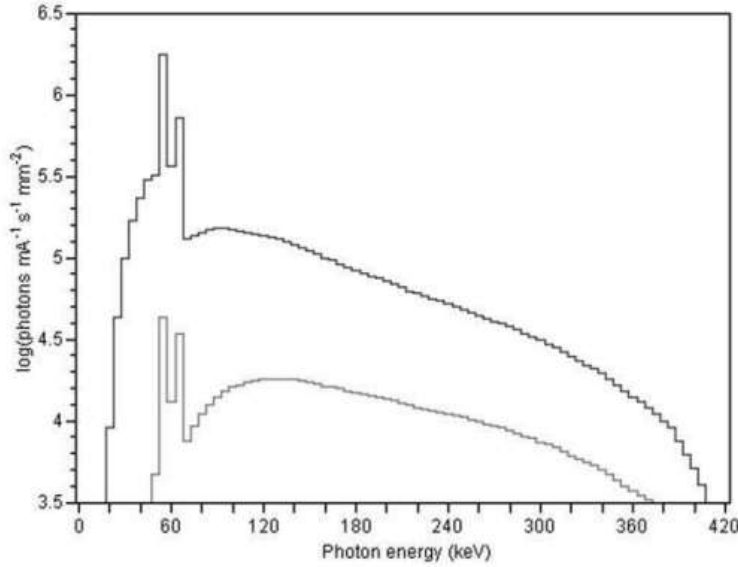


Рис. 1 Теоретические энергетические спектры для источника рентгеновского излучения 420 кВ с вольфрамовой мишенью, рассчитанные с объединением интервалов 5 кэВ.

Спектры состоят из непрерывного тормозного излучения и характерных пиков К-серии при 57–59 и 67–69 кэВ. Верхний спектр модифицирован только собственной фильтрацией пучка 3 мм алюминия на выходе из трубки. Средняя энергия рентгеновского излучения составляет 114 кэВ. Нижняя кривая представляет собой спектр, который также прошел через 5 см кварца. Преимущественное затухание низкоэнергетического рентгеновского излучения вызывает повышение средней энергии до 178 кэВ [5].

Основной задачей рентгеновской компьютерной томографии (КТ) является реконструкция внутренней структуры объектов исследования путем зондирования проникающим излучением. С математической точки зрения эту задачу можно рассматривать как задачу восстановления некоторой функции в двумерном или трехмерном пространстве по известным значениям интегралов по определенным линиям или плоскостям. В КТ искомой функцией является линейный коэффициент затухания, а проекционными данными являются известные значения интегралов. Связь между проекционными данными и искомой функцией линейного коэффициента затухания описывается преобразованием Радона, которое в двумерном случае представляет собой линейный интеграл функции вдоль линии. Представление функции через ее преобразование Радона называется формулой обращения.

Если прямая  $L: (\xi, x) = 1$  задана в нормальной форме, интеграл от функции  $f(x)$  по прямой  $L$  равен:

$$P(\theta, l) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\cos \theta - x'_2 \sin \theta, l \sin \theta + x'_2 \cos \theta) dx'_2, \quad (1)$$

где  $x'_2$  — ось  $Y$  после поворота на угол  $\theta$ .

Формула в этом случае будет иметь вид:

$$f(x) = -\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_0^{2\pi} \frac{1}{l-l'} * \frac{\partial P(\theta, l')}{\partial l'} d\theta dl', \quad (2)$$

где  $l'$  — кривая, проходящая через определенную точку  $(x_1, x_2)$ .

Таким образом, основную математическую задачу рентгеновской компьютерной томографии можно свести к интегральному уравнению вида:

$$T_\mu \equiv \int_{L(l, \theta)} \mu(x, y) dl = P(l, \theta). \quad (3)$$

Уравнение (3), где  $T$  — оператор преобразования, можно исследовать методами интегральной геометрии Радона. Однако методы Радона позволяют получить точное решение основного уравнения КТ при условии точного задания начальных данных  $P(l, \theta)$ . Но на практике проективные данные  $P(l, \theta)$  содержат разного рода ошибки и не являются точными. Точно восстановить

изображение по проекциям  $P(l, \theta)$  невозможно. На практике применяются методы регуляризации уравнения (3).

Все многообразие методов, используемых для восстановления изображений, можно разделить на две основные группы: аналитические и итерационные методы.

Реализация любого алгоритма реконструкции зависит от схемы генерации рентгеновского излучения, реализованной в томографе. Различают 3 основные схемы: параллельная, веерная, конусная [6].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Гвоздев В.Д. *Прикладная метрология: метрологическое обеспечение / Учебное пособие.* — М.: МИИТ, 2011 — С. 5.
2. ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. *Метрологическое обеспечение измерительных систем. Общие положения.* — М.: Изд-во стандартов, 2002. — 11 с.
3. R.A. Ketcham, W.D. Carlson *Acquisition, optimization and interpretation of X-ray computed tomographic imagery: applications to the geosciences Comput. Geosci.*, 27 (2001), pp. 381-400.
4. Сырямкин В.И., Богомолов Е.Н., Бубенчиков М.А. и др. *Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Учебное пособие (лабораторный практикум).* — Томск: ТГУ, 2013. — 412с.
5. Кристоф Р., Нойман Г.И. *Рентгеновская томография в промышленной метрологии* — 2011. — с. 68.
6. Симонов Э.Н. *Физика визуализации изображения в рентгеновской компьютерной томографии.* Челябинск, Южно-Уральский ул. изд., 2013. 479 с.



# ОБЗОР МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ЕДИНИЦЫ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ

*Жумагали А. К.<sup>1</sup>, Юрченко А. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

war.aseke.kz@mail.ru

Влажность атмосферного воздуха, технологических и природных газов является одним из важнейших параметров, определяющих качество исходных и конечных продуктов во многих отраслях промышленности. Научный прогресс и разработка новых технологий требуют высокоточных измерений влажности газов в широком диапазоне рабочих температур и давлений.

Для количественного описания влажных газов можно использовать около двух десятков величин. Три основных количества в практической гигрометрии используются различные физические характеристики: температура точки росы/иней, объемная доля влаги и относительная влажность. Параметры влажности газов взаимосвязаны, но их взаимное масштабирование осложняется необходимостью учета неидеальности реальных газов и недостаточной точностью эмпирических зависимостей [1].

Разработка системы для поддержки единства измерений в области гигрометрии требует воспроизведения и измерения любого параметра влажности газов с высочайшей точностью в соответствии с его определением. Чтобы решить эту проблему, необходимо создать эталон, которые можно использовать для воспроизведения и измерения каждой величины с помощью прямых абсолютных методов.

Ниже рис. 1 представлен иерархия метрологической прослеживаемости единицы относительной влажности в зависимости от метода и принципа измерения.

	Гравиметрический гигрометр			
Первичный эталон	Генератор влажного воздуха прецизионный на методе двух температур		Генератор влажного воздуха прецизионный на методе двух давлений	
Вторичный эталон	Двухпоточный генератор	Гигрометр температуры точка росы	Насыщенные соли	
Рабочие средства измерения	Психрометр	Резистивный гигрометр	Полимерный датчик	Механический гидрограф

*Рис.1 Прослеживаемость*

Гравиметрические гигрометры измеряют степень смешивания газа [2]. Масса воды, поглощенной осушителем, делится на массу сухого воздуха. Масса сухого воздуха рассчитывается по объему сухого воздуха, давлению и температуре.

Масса, температура, давление и объем — все это может быть измерено с высокой точностью. Поэтому эта система была рассмотрена в качестве основного стандарта измерения влажности [3].

Главным недостатком этой системы является то, что ее эксплуатация отнимает много времени. Поэтому это непрактично для обслуживания калибровки. Он используется в нескольких лабораториях для проверки работы генераторов первичной влажности [4].

Принцип работы генератора с двумя давлениями заключается в том, что воздух насыщается при более высоком давлении, а затем расширяется до более низкого давления при той же температуре [5].

В двухтемпературных генераторах воздух насыщается относительно плоской поверхности чистой воды и перекачивается в измерительный сосуд. Температура измерительного сосуда поддерживается выше, чем температура сатуратора. Давления в сатураторе и измерительном сосуде поддерживаются почти одинаковыми [6].

В двухпоточном генераторе влажности сжатый воздух смешивается с влажным воздухом [7]. Можно изменять скорости потока сжатого и влажного воздуха для создания различной влажности в измерительном сосуде. Исходное значение относительной влажности может быть рассчитано по измеренным расходам и температурам точки росы/иней сжатого и насыщенного воздуха.

Принцип работы охлажденного зеркального гигрометра точки росы заключается в охлаждении зеркала до тех пор, пока на нем не образуется слой росы или инея. Температура зеркала измеряется точным термометром, встроенным в зеркало. Таким образом, прибор измеряет либо температуру точки росы, либо температуру точки замерзания газа. Дополнительно можно измерить температуру воздуха с помощью отдельного термометра. Используя эти два параметра, можно рассчитать относительную влажность. Температура зеркала регулируется автоматически, а толщина слоя воды контролируется с помощью отраженного светового луча, облучающего детектор света [8].

Очень простыми и дешевыми эталонами, которые можно использовать для калибровки влажности, являются насыщенные растворы солей. При любой температуре концентрация насыщенного раствора постоянна и не нуждается в определении. Эти солевые растворы создают среду с известной относительной влажностью в небольших замкнутых объемах [9].

Принцип работы психрометра основан на испарительном охлаждении термометра с влажной колбой по отношению к термометру с сухой колбой. Скорость испарительного охлаждения зависит от относительной влажности воздуха. Его также называют гигрометром с влажной и сухой колбой, потому что он состоит из двух парных термометров. Один термометр заключен во влажный фитиль, а другой остается сухим. Значения температуры, указанные двумя термометрами, могут быть использованы для получения значений относительной влажности с использованием таблицы психрометра или соответствующей формулы психрометра [3].

Гигрометры импеданса широко используются в промышленности. Их можно разделить на емкостные и резистивные гигрометры [10]. Эти гигрометры изготовлены из полимерного материала с гигроскопичным диэлектриком и предназначены для обеспечения изменения электрической емкости или сопротивления, соответствующего относительной влажности воздуха. Тонкопленочный полимер поглощает водяной пар при повышении относительной влажности окружающего воздуха и десорбирует водяной пар при понижении относительной влажности.

В рынке широко продается и применяется вторичные эталоны для поверки/калибровки рабочих гигрометров. Соответственно для калибровки вторичных эталонов требуется первичные эталоны, что является основной задачей Научно-Метрологических Институтов стран в целях обеспечения прослеживаемости единицы относительной влажности и создания системы калибровки.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389,  
<https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. A. A. Anashko, A. F. Vinge, M. A. Vinge, and S. A. Morozov // *Metrological Capabilities Of The National Primary Standard For The Units Of Relative Humidity Of Gases, Molar (Volume) Fraction Of Moisture, And Temperature Of The Dew/Frost Point, GET 151-2014// Measurement Techniques// 2017. № 2. С. 103-108.*
2. M. Stevens, S. Bell // *The Humidity Facility at UK National Physical Laboratory// ISHM 2002: 4rth International Symposium on Humidity & Moisture, Proceedings// 2002. №1. С. 2-9.*
3. A. Wexler, W.G. Brombacher// *Methods of Measuring Humidity and Testing Hygrometers// National Bureau of Standards, USA// 1994.*

4. C.W. Meyer, J.T. Hodges, R.W. Hyland, G.E. Scace, J. Valencia-Rodriguez, J.R. Whetstone // *A Second-Generation NIST Gravimetric Hygrometer*// National Institute of Standards and Technology, USA// 2010.
5. Bob Hardy, *Trustbutverify—practical approaches to humidity generation and measurement*, TEMPMEKO 2004: 9th international symposium on temperature and Thermal Measurement in Industry and Science, proceedings, 2004, Vol. 1, 23-32
6. C. Takahashi, H. Kitano, N. Ochi // *Uncertainty and performance of the NRLM two-pressure and two-temperature humidity generator*// TEMPMEKO 1999: 7th International Symposium on Temperature and Thermal Measurement in Industry and Science, Proceedings// 1999. № 1. C. 197-202.
7. H. Kishan, B. Singh// *Mixed Flow Relative Humidity Generator*// MAPAN - Journal of Metrology Society of India// 2008. № 1. C. 21-24.
8. N. D. Milosevi, N. M. Stepani, M. M. Babi// *A relative humidity calibration from 5 to 45 °C in a mixed-flow generator*// Thermal Science// 2012. № 1. C. 193- 205.
9. L. Greenspan// *Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions*, Institute for Basic Standards// National Bureau of Standards, USA// 1976.
10. S. Bell // *The Beginner's Guide to Humidity Measurement*// NPL UK// 2012.

# АЛГОРИТМ ФОРМИРОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОЙ ШКАЛЫ ВРЕМЕНИ UTC(KZ) НА ОСНОВЕ ПАССИВНЫХ ВОДОРОДНЫХ СТАНДАРТОВ ЧАСТОТЫ И ВРЕМЕНИ

*Смагулов С. Б.<sup>1</sup>, Юрченко А. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
s.smagulov@ksm.kz

Физическая реализация UTC (всемирное координированное время) системой основных часов в лаборатории времени называется UTC (к). Для того, чтобы сделать отклонение UTC(k) от UTC как можно меньше, а также поддерживать высокую краткосрочную и долговременную нестабильность частоты, предлагается новый алгоритм управления [3], и подробный алгоритм выглядит следующим образом.

Во-первых, вводится стабильная шкала эталонного времени (ТА) для мониторинга в реальном времени UTC(KZ). Алгоритм шкалы времени для генерации ТА, который рассчитывается как средневзвешенное значение трёхатомных часов, работающих в автономном режиме в Государственном первичном эталоне времени и частоты Республики Казахстан (KZ), основан на данном алгоритме. А процедура взвешивания предназначена для оптимизации кратковременной частотной нестабильности весов. Во-вторых, вычисляется смещение частоты. (1) Вычисляется частота главных часов в следующем временном интервале; (2) вычитается разность фаз между ТА и UTC(KZ); (3) Окончательное смещение частоты генерируется на основе вышеуказанных шагов. Программное обеспечение компилируется по этому алгоритму. Результаты, рассчитанные с помощью программного обеспечения, автоматически отправляются на микрофазный шаговый генератор. Наконец, экспериментальный результат показывает, что новая стратегия управления главным тактовым генератором может контролировать сдвиг фазы в пределах  $\pm 3,5$  нс, в то же время она может также улучшить его краткосрочную и долговременную нестабильность.

С ноября 2008 года по декабрь 2018 года разность фаз национальной шкалы времени UTC(KZ), генерируемого Государственным первичным эталоном времени и частоты Республики Казахстан (ГЭВЧ-2007), от всемирного координированного времени UTC контролировался в пределах  $\pm 2500$  нс. В указанный период в состав ансамбля часов для ведения UTC(KZ) входили три коммерческих цезиевых стандартов частоты и времени Symmetricom 5071A с опцией 001 «high-performance» и генератор фазовых сдвигов высокого разрешения HROG-5 (рис. 1,а).

В период с 4 июня по 31 декабря 2021 года для ведения национальной шкалы времени UTC(KZ) использовался только один водородный стандарт пассивного типа Ч1-1007, производства ЗАО «Время-Ч», Россия (ГЭВЧ-2020). На (рис.1,б) представлено смещение UTC(KZ) от UTC. Большая разница фаз свидетельствует о невозможности ведения национальной шкалы времени данным образом. В январе 2022 года завершились работы по модернизацию Государственного первичного эталона времени и частоты (ГЭВЧ-2021) и на сегодняшний день в состав ансамбля часов входит два водородных стандартов пассивного типа VCH-1008 и один водородный стандарт Ч1-1007, установленный в 2020 году. В составе эталона так же имеется формирователь эталонных частот VCH-317, который в свою очередь позволяет внедрить более эффективный алгоритм ведения шкалы времени с помощью автоподстройки. Разницу между UTC и UTC(KZ) можно получить из Циркуляра Т [2], который предоставляется Международным бюро мер и весов (BIPM).

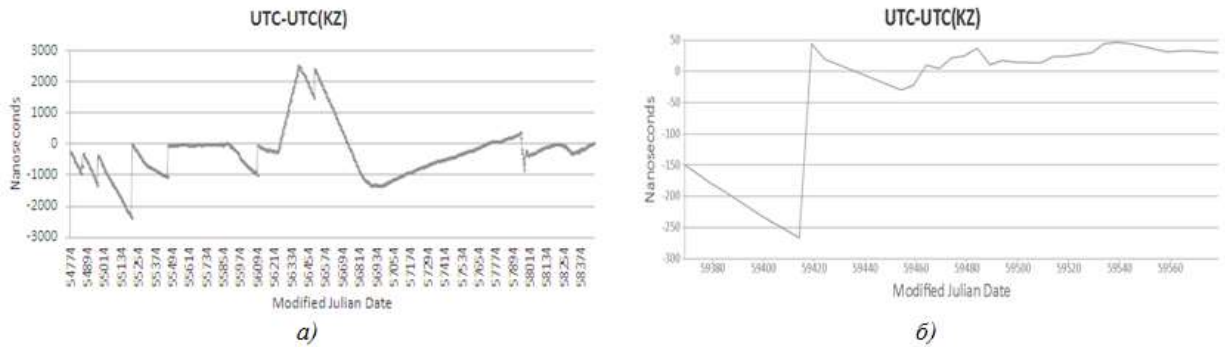


Рис.1 Разница во времени между UTC(KZ) и UTC  
 а) в период с 4 ноября 2008 года по 12 декабря 2018 года (ГЭВЧ-2007)  
 б) в период с 4 июня по 31 декабря 2021 года (ГЭВЧ-2020)

Ведение и физическая реализация шкал атомного времени, максимально приближенных к международной шкале координированного времени UTC, на национальных эталонах представляется важной задачей, решение которой необходимо для обеспечения единства измерений. Для реализации физической шкалы времени, как правило, используются вспомогательные генераторы (AOG, HROG, Ч7-317), стабилизированные по частоте сигналом атомных часов и позволяющие вводить поправки по фазе и частоте относительно этого сигнала. Реализовать управляемую шкалу времени можно и с помощью только одних атомных часов: для подстройки фазы и частоты достаточно коррекции кода встроенного синтезатора частоты. Однако в этом случае из-за возмущения в результате управляющего воздействия усложнится процедура оценки нестабильности частоты и других характеристик атомных часов [1].

Существуют отклонение и дрейф частоты атомных часов, но для поддержания стабильности атомных часов их обычно поддерживают в состоянии свободного хода. Его изменение частоты реализуется путем ввода регулировки частоты через внешний микрофазный шаговый генератор (в нашем случае это формирователь эталонных частот VCH-317).

При регулировании частоты необходимо не только учитывать отклонение фазы выходного сигнала времени UTC(KZ) от UTC, но и обращать внимание на стабильность частоты UTC(KZ). Принцип управления частотой заключается в вычислении отклонения между эталонной шкалой времени и физическим сигналом в реальном времени, и одновременно это отклонение определяется соответствующим алгоритмом для формирования управляющей величины, которая вводится один раз в неделю в формирователь эталонных частот.

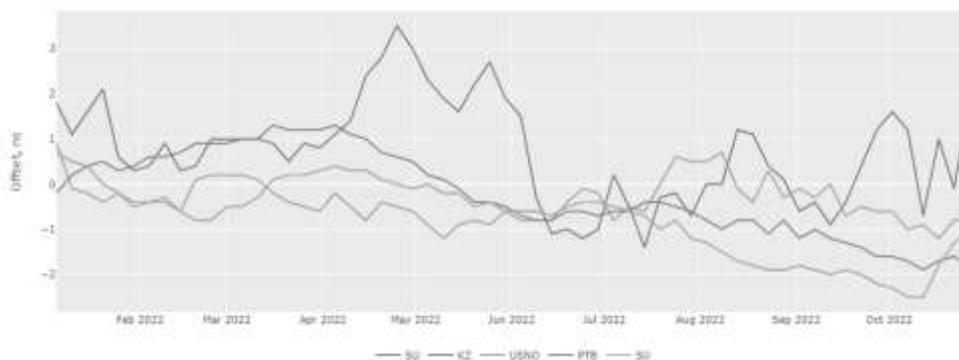


Рис.2 Сравнение UTC(KZ) с лучшими реализациями UTC ведущих лабораторий времени в мире

По результатам ежемесячной публикации Департамента времени ВРМ (Circular T) на сегодняшний день поведение национальной шкалы UTC(KZ) относительно UTC составляет  $\pm 3,5$  нс (рис.2), что является одним из высших показателей из 80 лабораторий мира, участвующих в

международных ключевых сличениях по теме «CCTF-K001.UTC Calculation of the reference time scale UTC».

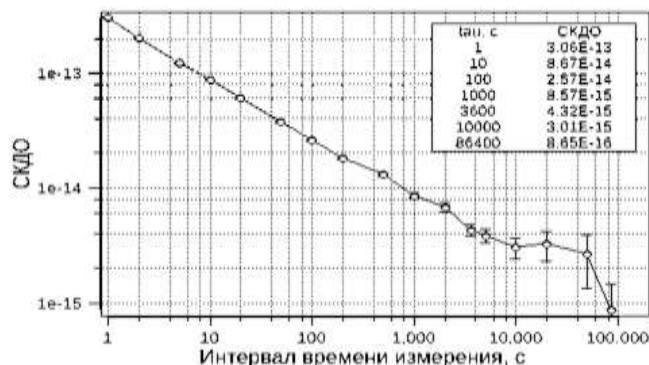


Рис.3. Нестабильность частоты UTC(KZ) после введения автоподстройки шкалы

Введенный с января 2022 года алгоритм ведения национальной шкалы времени позволил своевременно реагировать и контролировать шкалу для достижения наилучших показателей (рис.3). Разработанный алгоритм также позволил ведение национальной шкалы времени UTC(k) на пассивных водородных стандартах частоты и времени, что осуществляется впервые в мире.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>

**Список публикаций:**

1. Мишагин, К. Г. Реализация метода оптимальной автоподстройки шкалы времени атомных часов / К. Г. Мишагин, С. Ю. Медведев//Измерительная техника. – 2021. – № 8. – С. 51-55. – DOI 10.32446/0368-1025it.2021-8-51-55. – EDN MDLUYT.
2. <ftp://ftp2.bipm.org/pub/tai/publication/cirt>.
3. Zhao Shu-Hong, Wang Zheng-Ming, Yin Dong-Shan. A Study on the Steering Strategy for the Master Clock. *Chinese Astronomy and Astrophysics* 39 (2015) 118–128.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ 3D ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Юрченко Е. А.<sup>1</sup>, Вичканова И. А.<sup>2</sup>

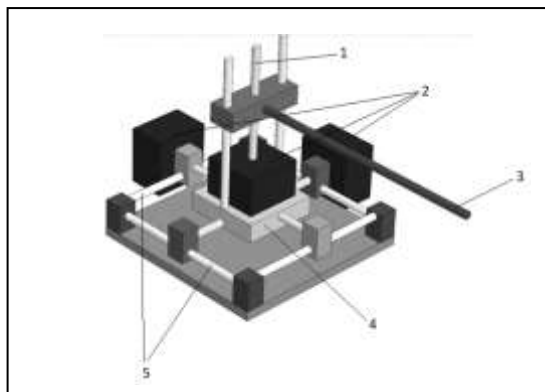
<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
kattifi@mail.ru

При травматических повреждениях головного мозга очень важно оперативно выявить наличие и характеристики внутричерепных гематом, для оказания необходимой медицинской помощи. На данный момент основными точными инструментальными методами выявления таких травм все еще являются магнитно-резонансная и компьютерная томографии, но не всегда есть возможность проведения обследования пациента сразу после травмы, что не дает оценки состояния человека в режиме реального времени. Также стоит добавить, что известные перечисленные выше методы имеют ряд ограничений. Таким образом, создание прибора для экспресс-диагностики внутричерепных гематом мозга во вне стационарных условиях является актуальной. Решением такой задачи может быть метод ближней ИК-спектроскопии [1]. В данной работе целью является создание системы 3D позиционирования для автоматизации процесса исследования методики ближней ИК-спектроскопии гематом мозга. С помощью данной установки предполагается возможность автоматизации процесса перемещения аналогов гематом в пространстве по трем координатам внутри фантома человека.

На сегодняшний день, на рынке существует прибор Infrascanner model 2000 (разработанный компанией InfraScan). Данное устройство представляющий собой переносной детектор для определения внутричерепных гематом, работающий в ближнем ИК-диапазоне (808 нм). Согласно приведенным экспериментальным исследованиям, прибор имеет высокую диагностическую чувствительность. Представлены результаты, что вероятность выявления наличия внутричерепных гематом составляет 90% (при условии, что залегание гематомы не более 2,5 см от коры мозга и размером более 3,5 см<sup>3</sup>) [2]. Однако, это устройство не позволяет определить параметры самой гематомы (размер, локализация, плотность), которые очень важны для проведения реанимационно-реабилитационных действий. Принцип работы прибора Infrascanner model 2000 – это выявление внутричерепных гематом путем сравнения оптических свойств симметричных участков различных полушарий в точно заданных точках. По этой причине, остается высокая вероятность не обнаружить небольшие или глубоко залегающие гематомы вне этих зон. Основываясь на данных недостатках, понятно, что необходимо дальнейшее совершенствование метода и устройства для получения не только качественных, но и численных данных о параметрах диагностируемой гематомы

Представлена конструкция системы 3D позиционирования (рис. 1.). Движущаяся подставка (4) передвигается в трех координатах за счет шаговых двигателей (2) и шпилек (1). Для более точного позиционирования в конструкции присутствуют направляющие (5). При проведении экспериментальных исследований пробирка с кровью закрепляется на креплении (3) при помощи металлической лески. Данная конструкция позволяет перемещать колбу в любом направлении относительно оптической части.



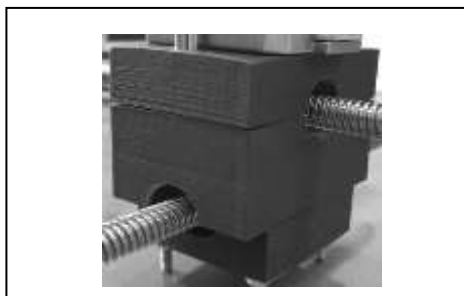
*Рис.1 Система 3D позиционирования. 1 –штупка; 2–шаговые двигатели; 3–крепление для перемещения пробирки с кровью; 4–движущаяся подставка; 5–направляющие.*

Для проектирования основных деталей экспериментальной установки была использована программа САПР КОМПАС – 3D. Для реализации перемещения конструкции выбраны шаговый двигатель 17HS4401 и драйвер A4988 [3].

Для механической части экспериментальной установки были реализованы модель движущейся подставки (рис. 2) и крепления для направляющих (рис. 3).



*а*



*б*

*Рис.2. а) деталь для крепления направляющих б) движущаяся подставка*

В данной статье представлены результаты разработки модернизированного макета для проведения экспериментальных исследований возможности диагностики внутричерепных гематом методом ближней ИК-спектроскопии. Данный макет позволяет осуществить перемещение аналога гематомы внутри фантома головы в трех координатах. В дальнейшем планируется усовершенствование системы с помощью ее автоматизации.



*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389,  
<https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

**Список публикаций:**

1. Robertson E. L, Zager E. L. // *Clinical Evaluation of a Portable Near-Infrared Device for Detection of Traumatic Intracranial Hematomas*. 2010. Vol. 27. № 9. P. 1597-1604.
2. *The Infrascanner Model 2000 – access mode [Electronic resource]*. – URL: <http://delruseurope.com/wp-content/uploads/Infrascanner-Model-2000.pdf> (дата обращения: 03.11.2022)
3. *Обзор драйвера шагового двигателя A4988*. – URL: <https://robotchip.ru/obzor-drayvera-shagovogo-dvigatelya-a4988/> (дата обращения: 9.11.2022)

## СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТГУ

*Цвингер В. А., Сырямкин В. И.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Valeri.tsvinger@gmail.com

Одной из наиболее прослеживаемых тенденций в современном мире, является рост цифровизации [1]. Именно поэтому современный технологический уклад порождает большое количество динамичных связей, что в свою очередь приводит к большим объемам данных, которые необходимо принять во внимание для того, чтобы принимать эффективные управленческие решения. Таким образом, нам необходима система аккумуляции, обработки и анализа больших объемов данных. И в качестве такой системы, можно использовать технологию «цифровой двойник».

Цифровой двойник с максимальной точностью представляет в цифровом формате конфигурацию, состояние продукта, процесса, актива и т.д. на протяжении его полного жизненного цикла: проектирование, производство, внедрение или обработка, тестирование, реализация или эксплуатация. В любой момент времени идентификатор цифрового двойника коррелирует с физическим оригиналом [2].

Варианты использования цифрового двойника в рамках инфраструктуры Томского государственного университета указаны ниже:

1. Создание индивидуальной образовательной траектории.
2. Система мониторинга и удаленного управления территорией.
3. Бережливое расходование ресурсов.
4. Автоматическая генерация расписания.
5. Круглосуточный доступ к лабораториям.

В общем виде, блок-схема цифрового двойника НИ ТГУ указана на рисунке 1.

Шаг 1(1.1, 1.2 на схеме): отражает источники информации, при получении данных, из которых цифровой двойник начнет работу. Пользователь выполнил действия на сайте, сотрудник прошёл через турникет или вошёл в кабинет, информация, необходимая для принятия маркетинговых решений.

Шаг 2 (2.1, 2.2, 2.3): показывает используемые цифровым двойником каналы информации.

Шаг 3: отражает накопление, сортировку информации на сервере. При получении определенной информации, сервер формирует заказ на принятие решения.

Шаг 4: искусственный интеллект (или человек), получает собранную на шаге 1 информацию, сведения о необходимости принятия решения, а также цифровой двойник ТГУ и строит или корректирует стратегию изменения объекта. В сущность, разрабатывающую решение, заранее вкладывается система принятия решений, цели процессов, на которые сущность воздействует, нормативные акты, которые регламентируют деятельность образовательного учреждения, потребности университета, прочие приоритеты, которые необходимо учитывать при принятии решения.

Шаг 5: цикл разработки решения включает в себя три этапа: разработка решения, искусственный интеллект или человек рассматривает возможные решения для получившейся ситуации, поиск необходимых ресурсов, система оценивает, с помощью чего и какой ценой она может повлиять на ситуацию, проверка решения, система вводит решение и затраченные ресурсы, после чего, цифровой двойник моделирует возможные исходы этого решения. Эти этапы повторяются несколько раз, после чего выбирается самое оптимальное решение. После выбора оптимального решения, оно применяется в физической модели университета.

Шаг 6: отправляются приказы на перераспределение ресурсов для обеспечения реализации решения.

Шаг 7: решение применяется, цифровая модель учреждения обновляется, физическая модель, даёт обратную связь в окружающую среду, либо пользователю, взаимодействующему с интерфейсом.

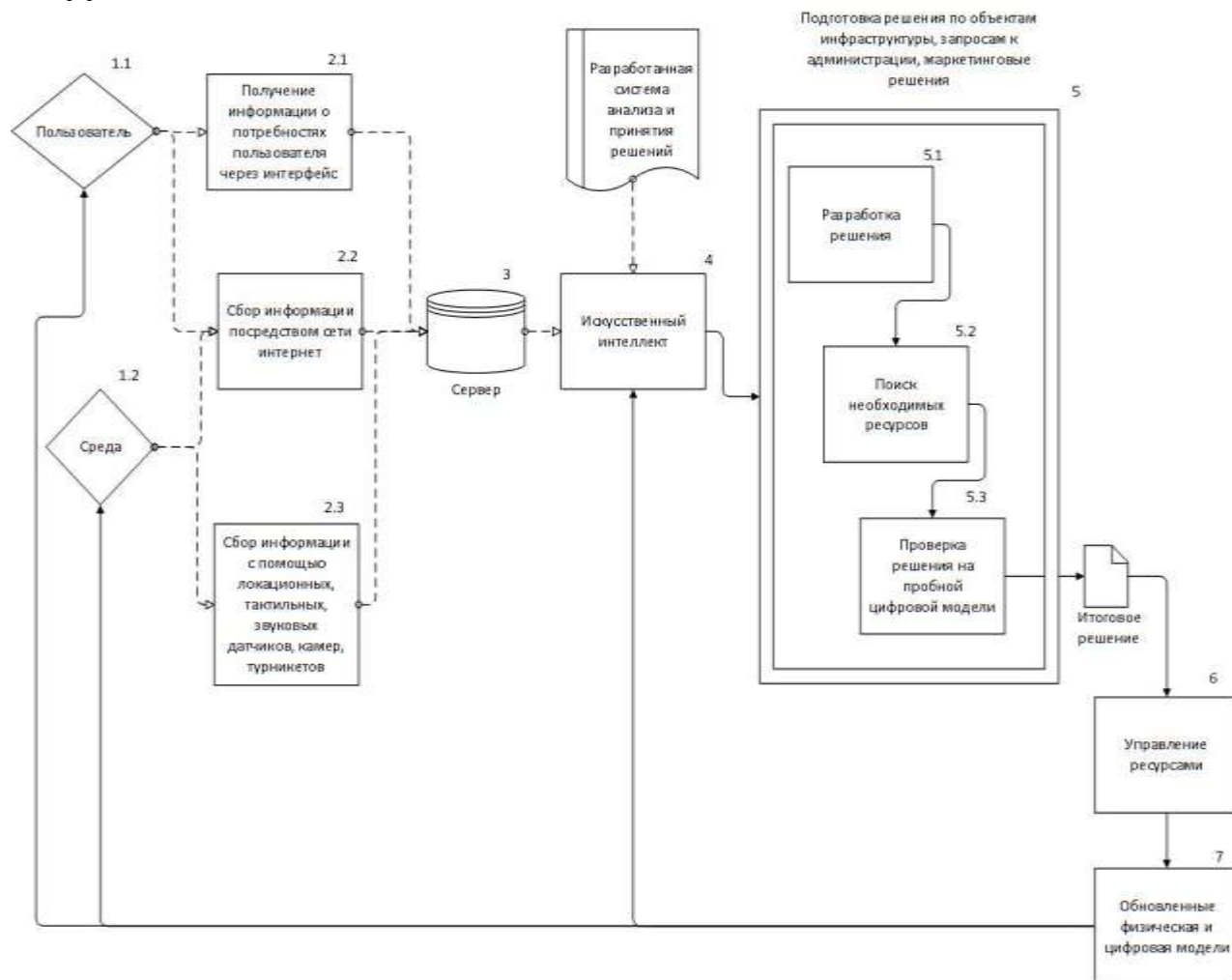


Рис. 1 Цифровой двойник НИ ТГУ

**Список публикаций:**

1. Азиатский банк развития. Embracing the e-commerce revolution in Asia and the Pacific [Электронный ресурс] // Официальный сайт Азиатского банка развития. URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/430401/embracing-e-commerce-revolution.pdf>
2. Кажмаганбетова З. Цифровые двойники //SAS Business Forum 2018 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sas.com/content/dam/SAS/documents/event-collateral/2018/ru/sas-business-forum-2018/sas-business-forum-2018-digital-doubles.pdf>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CRM - СИСТЕМ ДЛЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОРГАНИЗАЦИИ КОМАНДИРОВОК СОТРУДНИКОВ

*Пестунов И. А., Погуда А. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
igr.pestunov@gmail.com

Документированная информация составляет основу управления, его эффективность в значительной степени базируется на производстве и скорости обработки информации. На современном предприятии скорость обработки информации является важным элементом управления и повышения качества производства. В современных условиях для повышения качества производства, будь то вещественный или интеллектуальный продукт, необходимо уделять достаточное внимание совершенствованию работы с документами, так как управленческое решение всегда базируется на информации, носителем которой является документ на различных основах.

Командировочные расходы занимают вторую по величине долю в затратах большинства компаний. Любой Университет не является исключением, а значит требуется комплексное решение, которое позволит сократить командировочные расходы, давая сотрудникам простой инструмент для управления деловыми поездками, одновременно позволяющий экономить деньги и время. В данной работе рассматриваются варианты решения командирования сотрудников.

Для начала необходимо рассмотреть этапы командирования сотрудников. Для подготовки командировки необходимы следующие этапы: [1]

- подготовка служебного задания и приказа на командировку с последующим утверждением;
- бронирование билетов, гостиниц и прочих необходимых опций по поездке;
- выдача аванса командированному сотруднику;
- составление и утверждение авансового отчета по командировке с последующей выплатой компенсации (по необходимости).

Если мы рассматриваем крупное предприятие, допустим университет, то в данном процессе может быть задействовано четыре стороны сотрудник, менеджер, бухгалтер и туристическое агентство. Данные лица совершают массу действий внутри процесса, постоянно взаимодействуя между собой.

Сотрудник	Должен заполнить документы, контролировать подтверждающие документы, систематизировать и упаковать это все в единую папку
Менеджер	Контролирует не превысил ли сотрудник бюджет на командировку существующего лимита, соблюдены ли все политики компании
Бухгалтер	Проверяет всю документацию, перепроверяет документацию при

	выявлении ошибок и повторной сдаче, а также выплатить в срок аванс и компенсацию
Туристическое агентство	Бронирует опции по выгодным тарифам. Не все организации используют услуги туристического агентства, зачастую сотрудник выполняет эти обязанности самостоятельно.

Большое количество звеньев в данной цепочке подготовки командировки и дальнейшего отчета по ней увеличивает риск задержек, простоев и потери важных документов. Самый эффективный способ минимизировать финансовые и временные потери – автоматизация. В результате автоматизации мы получим комплексный проект для организации, отлаженный до мелочей бизнес-процесс, работающий как часовой механизм, без сбоев, потери рабочего времени и простаивания сотрудников.

В автоматизации бизнес-процесса организации деловых поездок нам помогут современные ИТ-решения, удобные инструменты, которые активно способствуют диджитализации бизнеса, помогают переносить сложные процессы в простое электронное поле, удобны как для руководителей, так и для финансовых специалистов. На рынке ИТ-решений имеется множество готовых решений.

Hamilton Командировки.

В приложении Hamilton Командировки все участники бизнес-процесса работают онлайн. Сотрудник заполняет заявку на командировку с любого устройства. Менеджер утверждает заявку на командировку сотрудника и бюджет по ней в один клик, если лимиты по бюджету превышены – приложение даст знать, и менеджер сможет вернуть заявку для внесения изменений. [1] Бухгалтеру остается лишь просмотреть документы и отправить выплату, так как приложение исключает ошибки в документации сотрудника, самостоятельно формирует бухгалтерские проводки и автоматически сверяет счет сотрудника с утвержденным на бюджет на командировку.

Единственное что не может приложение Hamilton Командировки – поддержка при форс-мажорах.

PROF-IT Командировки.

PROF-IT Командировки помогает в обеспечении процессах годового и ежемесячного планирования, согласование заявок на командировки и подготовку отчетов по итогам рабочих поездок, сбор и хранение аналитической отчетности. Имеется поддержка интеграции с системами кадрового и бухгалтерского учета («1С Бухгалтерия», «1С: Зарплата и Управление персоналом»). Модуль отчетности позволяет анализировать затраты в разрезе транспортных компаний, авиакомпаний, отелей, что помогает в получении выгодных коммерческих условий от подрядчиков [2].

Однако все эти решения являются отдельным продуктом, но если в организации уже настроена единая информационная среда, к примеру как в Томском Государственном Университете на Битрикс24, то можно настроить бизнес-процесс прямо в CRM-системе.

В Битрикс24 можно реализовать автоматизацию командирования сотрудников через смарт-процессы Битрикс24 со стадиями либо через типовой бизнес-процесс «Заявление на командировку» [3].

Несомненным плюсом данного решения является гибкость – через редактор процессов можно изменить бизнес-процесс и настроить его под необходимости конкретной компании.

Так же в Битрикс24 можно удобно настроить документооборот, в отличие от аналогичных решений, он прозрачен и удобен. Имеется несколько интерфейсов для управления движением документов [3].

Таким образом мы сравнили 3 системы организации командировок сотрудников, выявили преимущества и недостатки каждой системы. Для дальнейшей работы мы выявили наиболее подходящую систему – Битрикс24. Преимущество данной системы заключается в возможности интеграции в уже настроенную информационную среду, два варианта реализации командировки сотрудника, возможность настройки бизнес-процессов и настройка документа оборота. Исходя из этого в дальней работе мы будем взаимодействовать с системой Битрикс24.

**Список публикаций:**

1. *Бизнес-процесс: командировка. [Электронный ресурс] –<https://hamiltonapps.ru/biznes-protsess-komandirovka/> (дата обращения 15.10.2022)*
2. *Компания PROF-IT GROUP выпустила решение для управления командировками. [Электронный ресурс] –<https://www.prnews.ru/topic/kompania-prof-it-group-vypustila-resenie-dla-upravlenia-komandirovkami> (дата обращения 18.10.2022)*
3. *Автоматизация процесса согласования и оформления командировки с помощью смарт-процессов в Битрикс24. [Электронный ресурс] - <https://www.info-expert.ru/portfolio/vnedrenie-bitrix24/avtomatizatsiya-protsessa-soglasovaniya-i-oformleniya-komandirovki-s-pomoshchyu-smart-protsessov-v-b/> (дата обращения 23.10.2022)*

# КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Клестов С. А.

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
klestov\_simon@mail.ru

Актуальным вопросом является процесс локализация дефектов. На сегодняшний день существует несколько основных принципов создания систем выявления дефектов печатных плат. Эти принципы можно подразделить на две группы: контактные и бесконтактные методы обнаружения дефектов. Эффективность поиска дефектов на сегодняшний день связана с развитием автоматизированных систем контроля качества печатных плат. [1,2].

Классификация дефектов по признакам ускоряет определение неисправности и соответственно сокращает время, затрачиваемое на ремонт. Дефекты можно классифицировать по основным признакам в соответствии со схемой на рисунке 1.

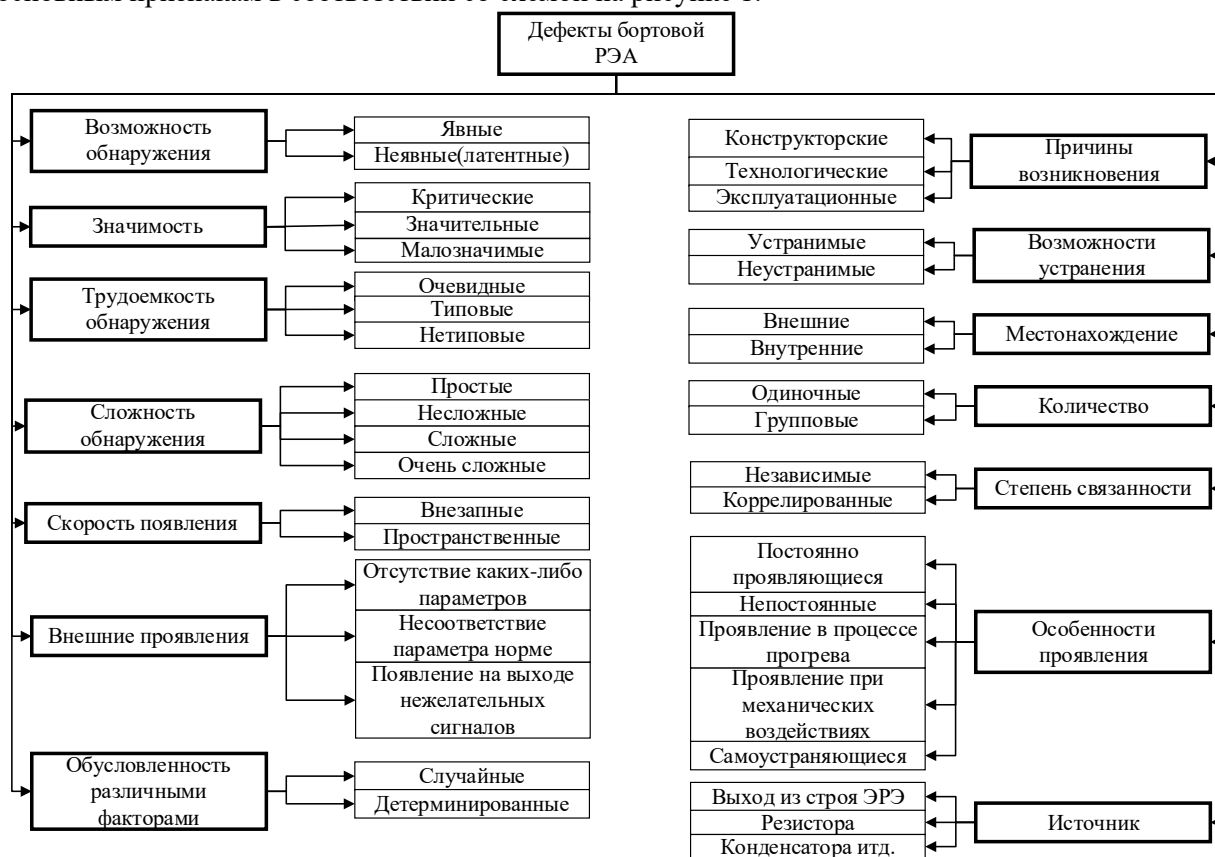


Рис. 1 – Классификация дефектов РЭА

Более подробно остановимся на описании признаков данной классификации. Разделение технологических дефектов по возможности обнаружения на явные и скрытые (латентные) имеет важное значение при анализе качества продукции и устранении причин неисправностей.

Разделение дефектов по значимости на критические, значительные и малозначительные принято в большинстве стран мира. Оно имеет большое значение при обосновании планов, методов и средств контроля.

Деление дефектов по возможности устранения на устранимые и неустранимые имеет существенное значение при обосновании допусков на изготовление продукции и при разработке

технологических процессов. Устранимым называется дефект, установление которого технически возможно и экономически целесообразно.

Деление дефектов по причинам возникновения на конструкторские, технологические и эксплуатационные имеет существенное значение при анализе причин возникновения дефектов и принятии мер по устранению причин.

Также дефекты можно классифицировать по месту их нахождения на внешние и внутренние.

Далее классификацию можно расширить, проводя деление дефектов по следующим признакам: трудоемкости обнаружения; сложности; количеству; степени связанности; скорости проявления; особенности проявления; месту нахождения дефекта в одной из подсистем радиоэлектронного средства (РЭС); внешнему проявлению; источнику неисправности; причинам возникновения; значимости. Это разделение условное, так как сами признаки не могут иметь четких границ. Например, одна и та же неисправность может иметь сразу несколько признаков. По трудоемкости обнаружения различают дефекты: очевидные, на поиск которых затрачивается мало времени; типовые, имеющие однозначную связь с их внешним проявлением; нетиповые, на поиск которых затрачивается больше времени.

По сложности обнаружения различают дефекты: простые, когда дефект очевиден и легко устраним; несложные, когда дефект легко отыскивается, однако устранение его затруднено; сложные, когда дефект непросто отыскать, но легко устранить; микроперемычки на печатной плате из-за действия агрессивной среды; очень сложные, когда дефект трудно отыскать и устранить. По количеству различают дефекты одиночные и групповые, когда несколько неисправностей проявляются одновременно. По степени связанности дефекты разделяют на независимые и коррелированные, причем корреляция может быть вызвана причинами неисправности как самого изделия, так и условиями эксплуатации.

По скорости проявления дефекты бывают внезапные и постепенные. По особенностям проявления различают дефекты: постоянно проявляющиеся; непостоянные, проявляющиеся время от времени без явных причин; проявляющиеся или пропадающие в процессе прогрева; проявляющиеся или пропадающие при механических воздействиях; самоустраняющиеся.

Любой дефект, проявляющийся в РЭС, нарушает ее нормальную работу. Однако дефекты неравноценны, поэтому целесообразно установить последовательность их поиска и устранения исходя из их значимости [3].

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Данилова Е. А. Классификация дефектов печатных плат //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 1. – С. 325-328.
2. Syryamkin, V. I. Digital X-ray Tomography / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov ; Tomsk State University. – 2nd edition. – London: Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5.
3. Григорьев А. В., Данилова Е. А., Држевецкий А. Л. Классификация дефектов бортовой РЭА //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2013. – Т. 1. – С. 328-331.



## ДИАГНОСТИРОВАНИЕ АЛЬЦГЕЙМЕРА ПРИ ПОМОЩИ ПРОСТОЙ МОДЕЛИ СЛУЧАЙНОГО ЛЕСА НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ЭЭГ

Хоймов М. С.<sup>1</sup>, Шушарина Н. Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Балтийский Центр Нейротехнологий и Искусственного Интеллекта,

<sup>2</sup>Балтийский Федеральный Университет им.И.Канта, г.Калининград, Россия

matthewkhoimov@gmail.com

Болезнь Альцгеймера является одной из самых распространённых причин снижения когнитивных способностей. Обычно, данная болезнь проявляется в возрасте 65 лет и повреждает такие области умственной деятельности, как: общение, память, понимание, внимание и рассуждение. На сегодняшний день нам не известны все причины развития Альцгеймера, одной из причин развития болезни считается рост количества скоплений бета-амилоида, что приводит к гибели нейронных клеток головного мозга [1].

На данный момент Альцгеймер диагностируют при помощи наблюдением за пациентом: следят за когнитивными и функциональными изменениями человека, а также рассматривают истории болезней его родных [2]. Данный подход является трудоёмким, так как нужно проводить различные тесты для подтверждения диагноза. Для снижения нагрузки на медицинских работников можно попробовать применить методы машинного обучения для автоматизации процесса обнаружения когнитивных нарушений при помощи ЭЭГ пациента, эта идея и стала целью данной работы.

При поиске аналогичных работ было обнаружено, что в большинстве случаев для решения поставленной проблемы исследователи используют глубокое обучение [3, 4]. Поэтому в данной работе было принято решение решить поставленную задачу без использования нейронных сетей. Одним из самых простых методов машинного обучения является Случайный Лес. Данный метод относится к категории обучение с учителем и классифицирует объекты на основании их признаков за счёт уменьшения энтропии. Для поиска оптимального сочетания гиперпараметров для модели был применён метод GridSearch.

Так как размер используемой базы данных мал, а для обучения и проверки модели необходимо разделять данные на обучающую и тестовую выборки, разумнее всего использовать кросс-валидацию. При обучении моделей использовалась пятикратная кросс-валидация. Качество работы модели оценивалось при помощи метрики F1 score:

$$precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

$$recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$F1\ score = \frac{2*precision*recall}{precision+recall} \quad (3)$$

где TP – количество правильно определённых пациентов с болезнью;

FP – количество здоровых людей, помеченных как больных;

FN – количество больных, помеченных как здоровых.

Для обучения моделей методов машинного обучения необходимы данные. База данных ЭЭГ была взята из открытого доступа всемирной сети интернет [3]. Запись ЭЭГ велась с 19 каналов с частотой дискретизации 128 Гц, длительность записи – 8 секунд. Всего база данных содержит 24 записи пациентов с болезнью Альцгеймера и 24 записи здоровых людей. Средний возраст пациентов – 72 года.

Перед обучением моделей данные ЭЭГ усреднялись по всем каналам. После чего из записи удалялись волны с частотой больше 40 Гц. Сначала для обучения модели использовались сырые

данные ЭЭГ. Далее, данные ЭЭГ прошли обработку при помощи непрерывного вейвлет-преобразования (CWT), результаты которого также усреднялись по всем частотам.

В ходе поиска оптимального сочетания гиперпараметров для Случайного Леса при помощи метода GridSearch было обучено 1944 модели, список значений для гиперпараметров приведён в таблице:

Тип данных	criterion	max_depth	min_samples	n_estimators
Сырые данные	entropy	5	2	90
CWT	entropy	5	2	70

Далее, были обучены модели с отобранными гиперпараметрами посредством пятикратной кросс-валидации с усреднением результатов. Столбчатые диаграммы хорошо демонстрируют, что модель, обученная на CWT данных, лучше справляется с задачей классификации (рис. 1.).

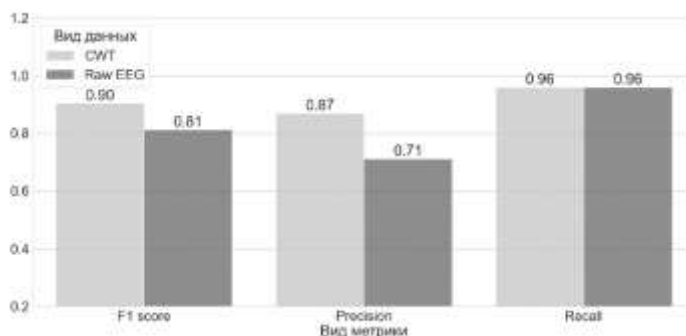


Рис. 1 Зависимость значений метрик F1 score, Precision и Recall от типов обучающих данных

Также для установления наилучшего ритма мозговой активности на данных CWT соответствующих каждому ритму частот были обучены дополнительные модели (рис. 2.)



Рис. 2 Зависимость значений метрик F1 score, Precision и Recall от ритмов мозговой активности

Обученные модели Случайного Леса показали хорошие результаты классификации. Модель, обученная на данных, полученных в ходе непрерывного вейвлет-преобразования, лучше справляется с задачей диагностирования болезни Альцгеймера, чем модель, обученная на сырых данных ЭЭГ, исходя из значений F1 score (0.90 и 0.81, соответственно). Также стоит заметить, что наиболее качественно Альцгеймер диагностируется на основании beta ритмов головного мозга (0.89 против 0.82, 0.81, 0.76 и 0.57).

Такие высокие результаты могли получиться благодаря хорошим использованным данным, поэтому полученные результаты нельзя считать конечными, поэтому на данном этапе применение моделей в медицине невозможно. Для более объективной оценки рассмотренного подхода необходимо проверить метод машинного обучения Случайный Лес на других данных записей ЭЭГ. Также в будущей работе можно рассмотреть и другие методы машинного обучения.

**Список публикаций:**

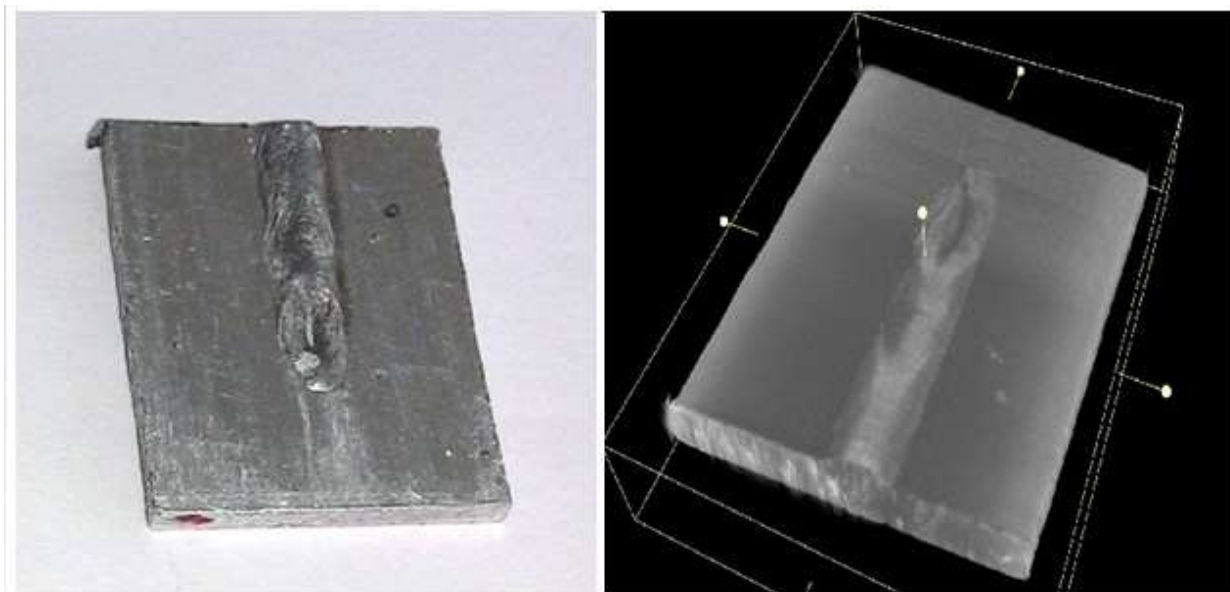
1. Kumar A. et al. *Alzheimer disease*. – 2018.
2. Neugroschl J., Wang S. *Alzheimer's disease: diagnosis and treatment across the spectrum of disease severity* // *Mount Sinai Journal of Medicine: A Journal of Translational and Personalized Medicine*. – 2011. – Т. 78. – №. 4. – С. 596-612.
3. Alves C. L. et al. *EEG functional connectivity and deep learning for automatic diagnosis of brain disorders: Alzheimer's disease and schizophrenia* // *Journal of Physics: Complexity*. – 2022. – Т. 3. – №. 2. – С. 025001.
4. Zhao Y., He L. *Deep learning in the EEG diagnosis of Alzheimer's disease* // *Asian conference on computer vision*. – Springer, Cham, 2014. – С. 340-353.

## НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОГО ПРОЦЕССА СВАРКИ

*Хильчук М. Д., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ma6a70@gmail.com

В настоящее время является актуальной задачей контроль разного рода конструкционных материалов и элементов радиоэлектронной аппаратуры. Поскольку с развитием промышленно-научного комплекса ставится задача эффективного и быстрого контроля материалов на выявление наличия дефектов. Сварные соединения используются на этапах создания элементов промышленных конструкций. Поскольку процесс сварки происходит при больших температурах плавления с последующим остыванием и часто применяется для разнородных металлов, то конечный результат сварки может иметь брак в виде пор, трещин, непровара и др. Таким образом при промышленном производстве необходимо использовать методы неразрушающего контроля материалов с целью исключения бракованных изделий. В качестве эффективного метода неразрушающего контроля материалов выступает метод радиационного контроля, а именно неразрушающий контроль с применением рентгеновской томографии. Преимущества метода заключаются в получении внутренней структуры исследуемого материала на микроуровне без нарушения целостности материала [1-3].

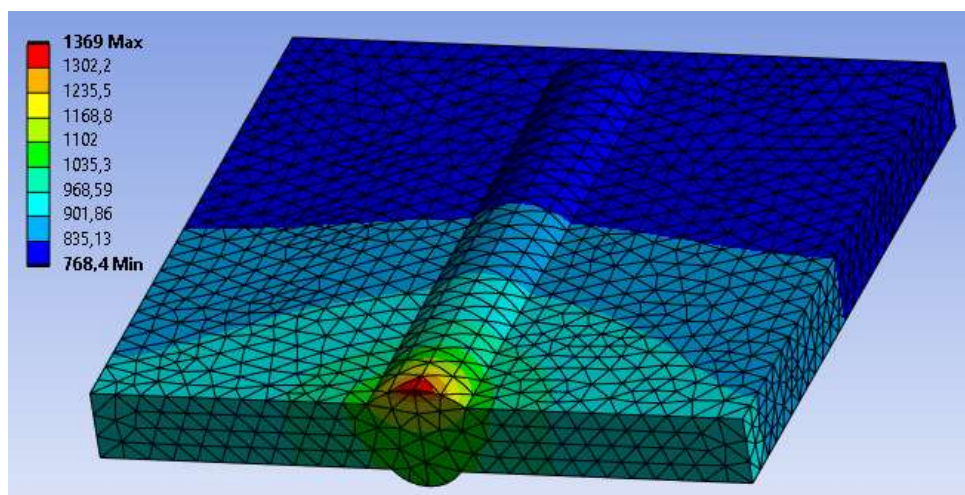


*а*

*б*

*Рис.1 а) образец сварного шва, б) реконструкция образца сварного шва*

Помимо этого, для прогнозирования появления дефектов сварных швов важно изучить физический процесс протекания процесса сварки. Поскольку в ходе сварки происходит плавление материала с фазовым переходом в жидкое состояние с большим выделением тепла, то для такого процесса возможно получить численное решение, которое можно сопоставить с экспериментальными данными образца [5]. Составляется математическая модель, основанная на уравнении теплопроводности с граничными условиями конвекции и движущимся источником тепла, которая решается методом конечных элементов с помощью ANSYS Workbench [6-7].



*Рис.2 Математическая модель данного сварного шва*

В ходе работы была получена математическая модель, с помощью программного пакета ANSYS Workbench получено распределение тепла в процессе сварки в сечении стыка двух пластин, и так же на нижней и верхней поверхности полученной пластины. Кроме того, на экспериментальном образце был проведен анализ дефектов данного шва с помощью рентгеновского микротомографа.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

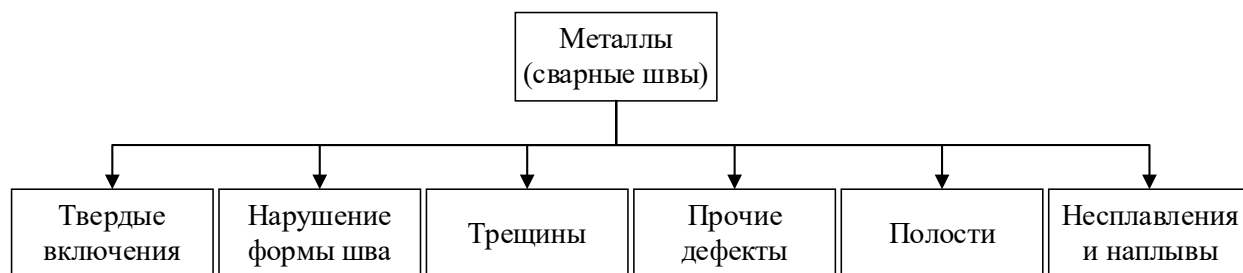
1. Клестов, С. А. Исследование сварных швов с помощью рентгеновского 3D микротомографа / С. А. Клестов, В. И. Сырямкин, С. Б. Сунцов // Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции: сборник материалов IV Международного форума, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью "СТТ", 2022. – С. 29-30. – EDN LQETSS.
2. Syryamkin, V. I. Digital X-ray Tomography / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov ; Tomsk State University. – 2nd edition. – London: Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5. – EDN UXZIOP.
3. Применение методов неразрушающего контроля для оценки качества деталей непосредственно в процессе аддитивного производства / Н. П. Алешин, М. В. Григорьев, Н. А. Щупаков [и др.] // Дефектоскопия. – 2016. – № 9. – С. 64-71. – EDN WYCBSH.
4. Сливинский А. А., Жданов Л. А., Коротенко В. В. Теплофизические особенности импульсно-дуговой сварки неплавящимся электродом в защитных газах (Обзор) // Автоматическая сварка. – 2015.
5. Сливинский А. А. и др. Расчетно-экспериментальный анализ тепловых процессов сварки тонколистовой нержавеющей стали способами TIG и CMT // Технологические системы. – 2014. – №. 1. – С. 76-83.
6. Capriccioli A., Frosi P. Multipurpose ANSYS FE procedure for welding processes simulation // Fusion engineering and Design. – 2009. – Т. 84. – №. 2-6. – С. 546-553.
7. Веремейчик, А. И. Моделирование процесса лазерной закалки в ANSYS Workbench / А. И. Веремейчик, М. В. Нерода // Актуальные вопросы машиноведения. – 2021. – Т. 10. – С. 238-242. – EDN CUZMYH.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНОГО ШВА СПЛАВА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ TIG-СВАРКИ С ПОМОЩЬЮ РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА

*Хильчук М. Д., Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
ma6a70@gmail.com

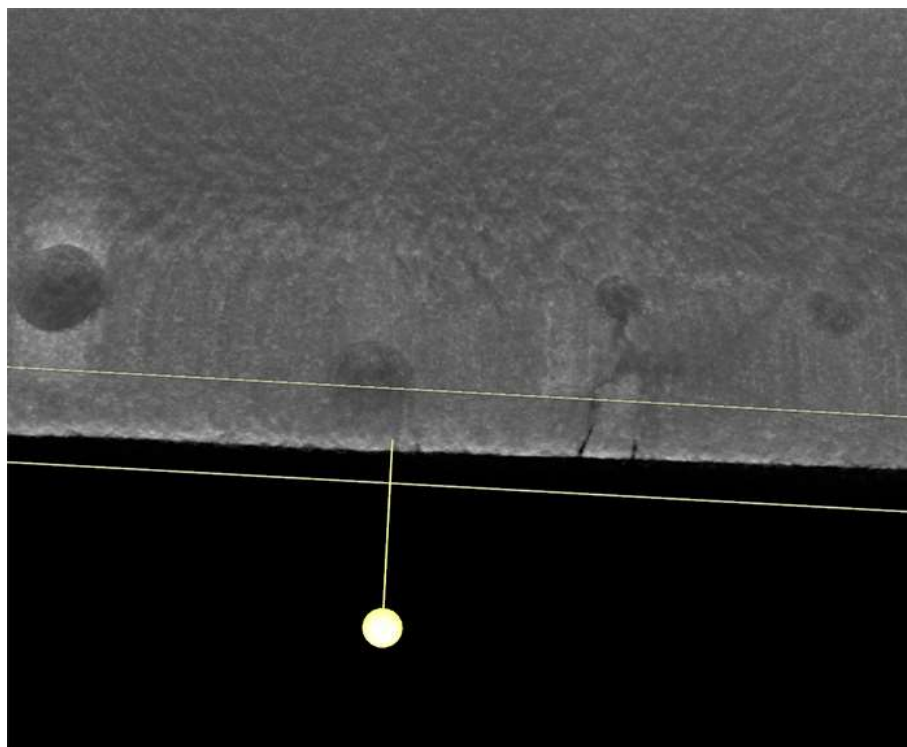
Метод TIG сварки широко применяется для сварки сплавов алюминия поскольку сварной шов имеет высокое качество по сравнению с другими методами сварки. TIG-сварка в основном используется для сварки высоколегированных нержавеющей, жаростойких и жаропрочных сталей, а также для сварки цветных металлов, таких как алюминиевые, медные и никелевые сплавы [1, 2]. Однако при несоблюдении подготовки, сборки и технологии сварки в сварном шве могут возникнуть дефекты, приводящие к браку. Основные виды дефектов представлены на рис. 1. К часто встречающимся дефектам в сварных соединениях относятся такие дефекты как трещины и поры. Трещины представляют из себя несплошность сварного шва, которая может быть вызвана в результате охлаждения или нагрузок. Трещины так же делятся на горячие и холодные, по причине возникновения соответственно во время кристаллизации металла и сразу после остывания шва. Поры представляют из себя полости внутри сварного шва, заполненные газами, возникают в жидком металле, если не все газовые пузыри успевают выйти наружу [3].



*Рис.1 Таблица дефектов сварных соединений*

Помимо трещин и пор установлено множество других дефектов сварных соединений. К твердым включениям относится шлак, образующийся при плавлении электродного покрытия или флюса. При сварке в защитных газах шлаковые включения встречаются редко. Шлаковые включения могут иметь размер до нескольких десятков миллиметров и поэтому являются очень опасными. Они уменьшают сечение шва и приводят к концентрации напряжений в нем. Несплавления образуются из-за того, что дуга не расплавила часть кромки стыка и не сформировала шов с ее участием. К несплавлению так же относится непровар по всей длине шва или на участке, возникающий вследствие неспособности расплавленного металла проникнуть в корень соединения или местное нарушение сплавления между свариваемыми элементами, между металлом шва и основным металлом или между отдельными слоями шва при многослойной сварке. Дефекты формы и размеров сварных швов снижают прочность и ухудшают внешний вид шва, так же они косвенно указывают на возможность образования внутренних дефектов в шве.

Для выявления внутренних дефектов сварных швов, которые не могут быть обнаружены с помощью методов визуальной дефектоскопии применяются методы неразрушающего контроля. Одним из самых эффективных методов неразрушающего контроля конструкционных материалов является радиационный контроль. Изображения, полученные с помощью рентгеновского томографа, позволяют выявить дефекты на микроуровне [4-6].



*Рис.2 Срез изображения сварного шва, полученного томографом*

В данной работе на подготовленном образце сварного шва, полученного TIG-сваркой были исследованы внутренние дефекты сварного шва. С помощью компьютерного томографа SkyScan 1172 на режиме 120 кВ, 10 Вт выявлено наличие дефектов, установлено их расположение внутри шва и проведена классификация (рис. 2).

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Клестов, С. А. Исследование сварных швов с помощью рентгеновского 3D микротомографа / С. А. Клестов, В. И. Сырямкин, С. Б. Сунцов // Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции: сборник материалов IV Международного форума, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью "СТТ", 2022. – С. 29-30. – EDN LQETSS.
2. Syryamkin, V. I. Digital X-ray Tomography / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov; Tomsk State University. – 2nd edition. – London: Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5. – EDN UXZIOP.
3. Николаев В. С. Дефекты в сварных швах алюминиевых сплавов // Иосифьяновские чтения 2017. – 2017. – с. 95-98.
4. Передельский В. А. и др. О выявлении трещиноподобных дефектов сварки существующими методами контроля качества // Advanced Engineering Research. – 2021. – Т. 21. – №. 1. – с. 89-95.
5. Назаров Р. М., Гизатуллин З. М. Обзор методов анализа дефектов сварных швов на рентгенографических изображениях // Юность и знания-гарантия успеха-2020. – 2020. – с. 223-227.
6. Сорокина Е. Н., Калмукиди И. Е., Морсков Е. В. Базовые методики мониторинга сварного шва // актуальные вопросы теории и практики развития научных. – 2022. – с. 104.

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ РЕНТГЕНОСТРУКТУРНОМ АНАЛИЗЕ

*Оздиев А. Х.*

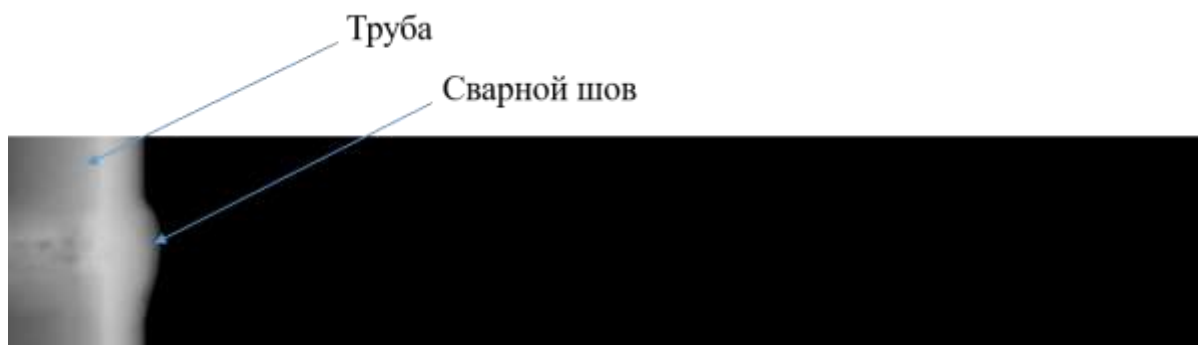
Национальный исследовательский Томский государственный университет  
doorbreaking@yandex.ru

Классические методы рентгеноструктурного анализа в качестве результатов сканирования предоставляет реконструированные изображения, содержащие дефекты [1]. Данные дефекты специалисты по дефектоскопии обычно анализируют и детектируют визуально. Что может влиять на качество всей процедуры. Для устранения данной зависимости применяются различные методы автоматизированного детектирования дефектов. Мы предлагаем применять компьютерное зрение, результаты чего приведены в данной работе. Для проверки работоспособности предлагаемого подхода были проведены экспериментальные измерения, цель которых заключалась в поиске дефектов в сварном соединении, представленном на рисунке 1.



*Рис. 1 – Образец сварного соединения*

Было произведено рентгеновское сканирование шва [2]. Полученные проекции после предварительной обработки имели вид, представленный на рисунке 2. Итак, в результате томографической реконструкции была получена трехмерная визуализация исследуемого сварного соединения с возможностью пошагово анализа его сечений [3].



*Рис. 2 – Пример проекции, полученной в результате сканирования*

Визуальный анализ реконструированных сечений показал, что метод позволяет обнаруживать дефекты визуально. Но на большом объеме данных все еще есть риск пропустить дефекты при “ручном” поиске. Применим детектирование дефектов при помощи компьютерного зрения для поиска дефектов на реконструированном слое объекта. На рисунке 3 представлен процесс поиска дефектов в сварном соединении исследуемого объекта в 3 этапах: а – области скользящего окна, b – маска, с – детектированные дефекты.



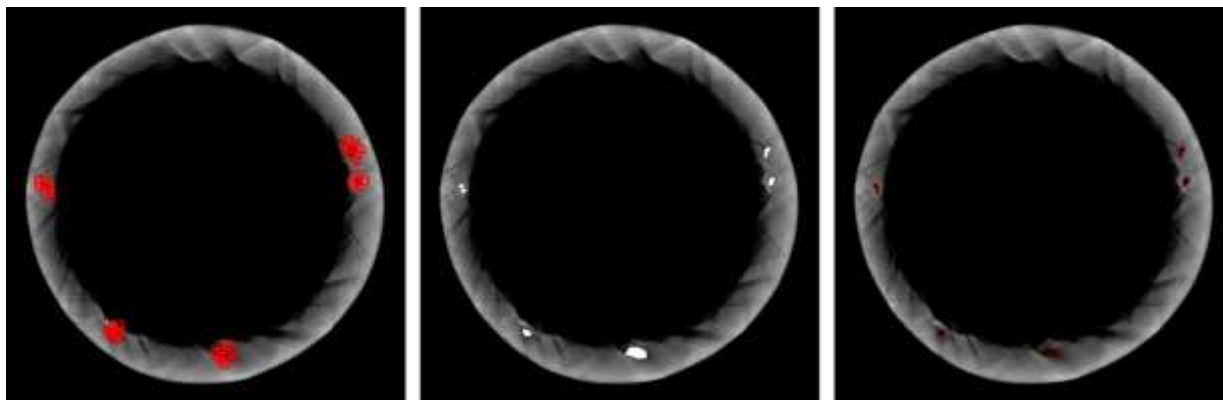


Рис. 3 – Детектирование дефектов при помощи предложенного метода на основе компьютерного зрения

Для классификации участка трубы была построена архитектура нейронной сети, базирующаяся на предварительно обученной сети InceptionV3. Данная модель хорошо зарекомендовала себя в задачах классификации сложных объектов [4]. Для обучения представленной модели были использованы следующие параметры (таблица 1):

Таблица 1 – Параметры обучения нейронной сети

Наименование	Значение
Optimizer	Adam
Learning rate	0.0002
Epochs	300
Batch size	512
Loss function	Binary cross entropy
Metrics	Accuracy, Precision, Recall

Для принятия конечного результата работы сети задано пороговое значение, равное 0.42. Данное значение подобрано эмпирическим путем в ходе анализа тестовой выборки. Качественные показатели, полученные на тестовой выборке: Precision = 0.983, Recall = 0.992. В работе предложен метод детектирования дефектов на реконструированных изображениях на основе компьютерного зрения с применением скользящего окна. Нейронная сеть детектирует дефекты в каждом окне и сегментирует дефект из тех областей, где степень достоверности обнаружения наиболее высокая.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389,  
<https://rscf.ru/project/22-19-00389>*

**Список публикаций:**

1. J. Hiller, M. Maisl, and L. M. Reindl, *Measurement Science and Technology* 23, 085404 (2012).
2. G. Zhao and S. Qin, *Sensors (Switzerland)* 18 (2018), 10.3390/s18082524.
3. M. Sperrin and J. Winder, in *Scienti c Basis of the Royal College of Radiologists Fellowship*, 2053-2563 (IOP Publishing, 2014) pp. 2{1 to 2{50.
4. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7984661>

## СОЦИОГУМАНИТАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК МЕТАТЕХНОЛОГИИ В КОГНИТИВНОМ МЕНЕДЖМЕНТЕ

*Сырямкина Е. Г.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
syryamkinaeg@mail.ru

Информационное общество – это общество, основанное на знании в виде информации, и современный человек формируется в процессе интенсивного информационного обмена, поэтому важное значение приобретает способность индивида к осознанному выбору информации, сопротивляемость манипулятивным информационным воздействиям. Естественно, это требует новой парадигмы образования, в основании которой лежит выбор, поиск, самостоятельность, практическая ориентированность. В такой образовательной парадигме актуализируется и специфицируется система когнитивного менеджмента.

Складывается новый образ педагога: это исследователь, воспитатель, консультант, руководитель проектов, тьютор. Когнитивные технологии являются основными в шестом укладе, поэтому «высокое образование» становится одной из ведущих отраслей деятельности в информационном обществе, где резко возрастает ценность сложно организованной личности, поэтому в подготовке кадров необходимо сдвигать акцент на развитие самостоятельного движения субъекта в образовании с экспансией на креативную практику. Такое радикальное обновление образования предполагает не только современные операции со знанием и разнообразные формулы их трансляции, но главный упор делается на синергичное развитие самой личности, когда важнейшим дефицитным ресурсом становится человек.

Поэтому еще одним важнейшим отличием новой модели образования является практическое признание принципа меритократичности и высокой ценности таланта. Мотивация, интерес, склонности обучающихся рассматриваются как ключевой и наиболее дорогой ресурс результативности образования [Российское образование 2020, 2008: 13-14]. В такой образовательной парадигме актуализируется и специфицируется система когнитивного менеджмента. Если в традиционной системе образования когнитивный менеджмент направлен на энциклопедическое присвоение и наращивание знаний отдельной личностью, то компетентностный подход в новом образовании шестого уклада требует управления самим процессом познания, способами создания, порождения из информации присвоенного субъектом знания, формирования, так называемого, широкого образования, которое по-английски звучит как *soft power* («гибкая» или «умная» сила) [High-hume & high-ed: высокие гуманитарные технологии и высокое образование 2014] – это интеллектуальная сила и культурный императив. Знаниевая же часть будет все больше делегироваться техническим носителям, сливаясь с инновационными методами воспитания и развития, с формами социальной и духовной активности. Образование становится рефлексией и способом творческого, модифицированного использования этих знаний в меняющейся и усложняющейся практике.

Российское образование пока отстает по мировым трендам: по мобильности студентов (2% от общего числа иностранных студентов); по представленности в системе образования электронного дистанционного образования (на западе 90% вузов используют электронную форму обучения, в России еще начинают реально осваивать); развитие института диспута и метод обучения действием только становятся и не стали массовым явлением.

В шестом технологическом укладе образование вообще рассматривается как критерий оценки потенциала страны с точки зрения развития человеческого капитала. США позиционирует себя как мировой образовательный центр, в России активно идет процесс существенного обновления образовательных систем, обсуждаются проблемы экспорта российского образования.

В последнее время в мире актуализируется тенденция развития транснационального преподавательского и студенческого сообщества в трансграничной среде, которые формируют не

только новые образовательные технологии, но и среду социокультурной переработки новой транснациональной элиты. Университетский кампус как образ жизни, где важна атмосфера, социальный капитал, характер отношений между студентами, преподавателями, другими группами, является платформой, на которой монтируются остальные элементы образовательного процесса. Кампусовая структура – это образовательная, воспитательная модель, которая тиражируется в глобальном масштабе как модель отношения к миру [High-hume & high-ed: высокие гуманитарные технологии и высокое образование 2014].

Приоритетные направления развития образования, характерные для шестого уклада, позволяют нам представить развитие когнитивных стратегий в седьмом укладе. Как мы видим, уже в недрах шестого уклада идет поиск новых мировоззренческих ориентаций, отличных от идеалов техногенной цивилизации. Аксиологическая проблематика становится чрезвычайно актуальной для прогресса человечества. Основной ценностью становится человек и сохранение цивилизации. Не случайно седьмой уклад называют укладом социогуманитарных технологий. Если когнитивные технологии шестого уклада ориентированы чисто на познавательные процессы и относятся к области психологии, педагогики и собственно знания, то социогуманитарные технологии относятся к человеку, к практике, к обществу, морали, нравственности, ценностям, к культуре. Именно в седьмом укладе появляется субъектность среды, субъектность культуры, специально организованные и рефлексивно-активные среды, которые формируют новые формы жизнедеятельности на планете. Социогуманитарные технологии выступают как метатехнологии по отношению к шестому укладу в целом, в том числе и когнитивным технологиям, и ориентированы на сохранение и даже выращивание различных социокультурных образований в мире: футурополисы, парки, полигоны [Альтернативная глобализация: 7-й технологический уклад 2014].

Направленность российской истории, российской культуры даёт основание России попытаться выйти в седьмой уклад одной из первых.

Кроме того, Россия геополитически расположена на западе и на востоке, поэтому российская ментальность имеет как собственные национальные ментальные черты (склонность к рефлексии, терпение, высокая эмоциональность, альтруизм, толерантность, общинность), так и включает черты западной ментальности (прагматизм, рациональность) и восточной (семейные приоритеты, иерархические связи), что позволяет ей претендовать на объединяющую и ведущую роль в формировании технологий мироустройства в седьмом укладе.

#### **Список публикаций:**

1. *High-hume & high-ed: высокие гуманитарные технологии и высокое образование. 2014 [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.intelros.ru/subject/mir\\_prog/3813-hi-hume-hi-ed-vysokie-gumanitarnye.html](http://www.intelros.ru/subject/mir_prog/3813-hi-hume-hi-ed-vysokie-gumanitarnye.html) (дата обращения 10. 07. 2014).*
2. *Российское образование — 2020: модель образования для экономики, основанной на знаниях 2008: к IX Междунар. науч. конф. «Модернизация экономики и глобализация», Москва, 1–3 апреля 2008 г. / под ред. Я. Кузьминова, И. Фрумина; Гос. ун-т – Высшая школа экономики. – М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2008. – С.13-14.*
3. *Альтернативная глобализация: 7-й технологический уклад. 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.finam.fm/archive-view/2069/> (Дата обращения 15.07.2014).*

# ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ УЗ-СВАРКИ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИТОВ ПЭЭК-УВ МЕТОДОМ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

*Панин С. В.<sup>1</sup>, Степанов Д. Ю.<sup>1</sup>, Алексенко В. О.<sup>1</sup>, Буслович Д. Г.<sup>1</sup>, Бяков А. В.<sup>1</sup>, Панин К. С.<sup>3</sup>, Тяп Дэфан<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>3</sup>Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ  
svp@ispms.ru

Ультразвуковая (УЗ) сварка является одним из распространенных способов формирования неразъемных соединений термопластичных материалов и композитов на их основе (ПЭ, ПП, ПА и др.), прежде всего для конструкционных приложений. Эта технология, равно как и оборудование для ее реализации, хорошо развиты и широко используются в промышленности. Процесс УЗ-сварки включает три основных этапа. I) Первоначально путем постепенного увеличения прикладываемого давления между свариваемыми деталями достигается требуемое усилие прижима. На данном этапе УЗ-колебания не прикладываются. II) Далее, при выдерживании постоянного уровня усилия прижима начинаются приложения УЗ-колебаний заданной частоты и амплитуды. При этом за счет взаимного перемещения друг относительно друга свариваемых деталей происходит фрикционный нагрев и плавление их поверхностных слоев. Развиваются процессы перемешивания, массопереноса, взаимного проникновения полимерных цепей. III) На третьей стадии происходит кристаллизация (затвердевание) расплавленного материала. Заданное на двух предыдущих этапах усилие прижатия не изменяется. УЗ-колебания уже не прикладываются.

Очевидно, что вышеназванные технологические параметры УЗ-сварки (сила прижима, времена приложения УЗ-колебаний и выдержки под давлением после выключения УЗ-колебаний) могут оказывать противоположное (конкурирующее) влияние на развитие процессов структурообразования. Одновременно необходимо учитывать константы полимера, такие как температуры стеклования и плавления, его молекулярное строение (молекулярная масса и полярность звеньев) и пр. Известно, что вследствие приложения давления на границе раздела УЗ-соединяемых деталей, должно происходить диффузионное реологическое взаимодействие молекул с формированием структурного перехода. Подобное взаимное проникновение реализуется, когда полимеры находятся в вязко-текучем состоянии, а молекулы имеют максимальную подвижность и минимальную плотность упаковки [1, 2].

В последнее время метод УЗ-сварки нашел применение в высокотехнологических отраслях промышленности для задач соединения непрерывно-армированных полимерных композитов на основе High-Performance Polymers – НРР. В работе [3] показано, что для УЗ-сварки между соединяемыми деталями необходимо размещать адгезионную пленку (Energy Director - ED). За счет плавления ED можно достичь формирования надежного неразъемного соединения. При этом если прочность на сдвиг последнего сопоставима с прочностью материала полимерного связующего, параметры УЗ-сварки можно считать оптимальными. Предметом исследований в таких работах являются подбор оптимального режима УЗ-сварки, который в том числе зависит от материала и структуры (строения) Energy Director [4].

В литературе активно обсуждаются и используются различные методы выбора оптимальных значений технологических параметров, в том числе противоречащих друг другу. При большом количестве «управляющих» параметров используются методы планирования многофакторных экспериментов, в частности хорошо зарекомендовал себя метод Тагути [5]. Последний позволяет ранжировать технологические параметры по степени влияния. Далее выбираются наилучшие значения из набора проведенных измерений, которые могут являться оптимальными или наиболее близкими к ним. Основная проблема подобных исследований заключается в больших затратах (как временных, так и финансовых) на проведение натуральных экспериментов, вследствие чего количество

проведенных экспериментов, как правило, не велико. В условиях малого объема экспериментальной выборки, существует вероятность выбора параметров экспериментов за пределами области оптимальных значений. Поэтому, совместно с методами планирования эксперимента необходимо использовать математические методы моделирования исследуемого процесса и прогнозировать свойства слоистых композитов, которые могут быть получены при произвольных значениях параметров УЗ-сварки. Для этого требуется привлечение современных подходов, к числу которых следует отнести активно развивающиеся в последнее время методы машинного обучения [6].

Целью работы является обоснование возможности применения и исследование методов машинного обучения для подбора оптимального сочетания технологических параметров при отработке метода формирования слоистого композита. Последний содержал два внешних слоя ПЭЭК, средней слой из препрега однонаправленных углеродных волокон, а также размещаемые между ними две пленки Energy Director.

В работе сформулирована математическая задача поиска оптимального сочетания технологических параметров УЗ-сварки слоистых композитов «ПЭЭК – препрег УВ-волокон».

Предложена методика проведения исследований деформационно-прочностных свойств слоистых композитов на основе ПЭЭК и углеродных волокон, сформированных УЗ-сваркой, на основе нейросетевого моделирования.

Проведены натурные эксперименты, выбраны пороговые значения условий оптимальности параметров УЗ-сварки, и на их основе осуществлено нейросетевое моделирование и поиск областей оптимальности параметров.

Показано, что согласно методу Тагучи наилучшими параметрами УЗ-сварки слоистого композита «ПЭЭК-УВ-препрег» при учете деформационно-прочностных и структурных характеристик является режим с параметрами  $P = 3.0$  атм /  $t = 1200$  мс. Однако при этом режиме в процессе УЗ-сварки наблюдается интенсивное плавление препрега и разрушение УВ-волокон, поэтому такой режим нельзя считать оптимальным.

Определено, что верификацию результатов моделирования в условиях малой выборки возможно провести только путем анализа физической достоверности полученных результатов. Для получения формальных критериев оценки достоверности полученных моделей необходимо проведение дополнительных исследований.

Проведен анализ оптимального сочетания параметров УЗ-сварки, предложенный на основании нейросетевого моделирования. На примере двух использованных режимов с помощью дополнительного анализа оптических и РЭМ-фотографий их зоны сплавления показано, что разработанное условие оптимальности недостаточно и требует коррекции с учетом других значимых структурных характеристик получаемых слоистых композитов. Однако, нейросетевое моделирование позволило выделить еще одну область параметров, ранее не рассматриваемую при планировании эксперимента, как оптимальная. Проверка данной области натурным экспериментом при параметрах УЗ-сварки  $P = 1.5$  атм,  $t = 800$  мс и  $\tau = 1500$  мс подтвердила корректность анализа принятых моделей искусственных нейронных сетей.

#### **Список публикаций:**

1. Harras, B., Cole, K. C., Vu-Khanh, T. *Optimization of the Ultrasonic Welding of PEEK-Carbon Composites // Journal of Reinforced Plastics and Composites.* 1996. vol. 15(2). pp. 174–182. <https://doi.org/10.1177/073168449601500203>
2. Liu S.J., Chang I.T., Hung S.W. *Factors affecting the joint strength of ultrasonically welded polypropylene composites. // Polymer Composites.* 2001. vol. 22(1). pp. 132–141. <https://doi.org/10.1002/pc.10525>
3. Gallego-Juárez J.A., Graff K.F. *Power Ultrasonics / J.A. Gallego-Juárez, K.F. Graff, 1st Edition.* – Woodhead Publishing, 2015. – 1142 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-16435-5>
4. Palardy G., Villegas I.F. *On the effect of flat energy directors thickness on heat generation during ultrasonic welding of thermoplastic composites // Composite Interfaces.* 2017. vol. 24(2). pp. 203–214. <https://doi.org/10.1080/09276440.2016.1199149>
5. Peace G.S. *Taguchi Methods: A Hands-On Approach; Addison-Wesley Publishing Company, Inc.: Boston, MA, USA, 1993; pp. 522.*

6. R. Misener, C. A. Floudas. *Piecewise linear approximations of multidimensional functions*. March 2010. *Journal of Optimization Theory and Applications* 145(1):120-147. DOI:10.1007/s10957-009-9626-0.

## СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПОИСКА СВОБОДНЫХ ПАРКОВОЧНЫХ МЕСТ

*Оздиев А. Х.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
doorbreaking@yandex.ru

В первом приближении задачу наложения распознанных автомобилей на пространство парковки можно отнести к классу простых задач, решение которых не требует разработки специализированных подходов, а нуждается лишь в применении стандартного набора инструментов цифровой обработки изображений. Однако, при подробном анализе задачи возникает множество условий и параметров, которые делают применение стандартных инструментов неэффективным. В частности, если бы система SpotParking была рассчитана только на работу с системами видеонаблюдения, камеры которых расположены на высоте хотя бы 27-30 метров (7-9 этажи), то алгоритм наложения сводился бы к простейшему паттерн мэтчингу (pattern matching), то есть сопоставлению координат маски распознанного автомобиля с координатами конкретного места на плане парковки.

В реальности же SpotParking проектируется и строится таким образом, чтобы возможность эффективной интеграции была не только с камерами, расположенными высоко. Разрабатываемые алгоритмы позволяют подключать к системе камеры, находящиеся на высоте 2 этажа (рисунок 1), что значительно уменьшает обзор и не позволяет простыми методами различать расположение припаркованных автомобилей.



*Рис. 1 – Пример изображения с камеры, расположенной на высоте второго этажа*

Таким образом, для решения задачи наложения распознанных автомобилей на пространство парковки используется разработанный алгоритм. На вход данного алгоритма подается разметка парковочных мест на изображении, полученного с камеры, в виде наборов точек в системе координат самого изображения. Из такой разметки извлекается вся необходимая информация для работы алгоритма: координаты центра парковочного места на изображении, угол поворота относительно принятого начала координат и т.д. Благодаря полученной информации, которая предварительно должна быть стандартизирована, так как разрешение и соотношение размеров изображения могут быть разными, создаются группы парковочных мест с учетом их расположения

относительно друг друга. Для этого применяется алгоритм кластеризации DBSCAN. Кластеризация – это одна из самых важных задач интеллектуального анализа данных. Алгоритм DBSCAN – это плотностный алгоритм для кластеризации пространственных данных с присутствием шума, был предложен Мартином Эстер, Гансом-Питером Кригель и их коллегами в 1996 году как решение проблемы разбиения (изначально пространственных) данных на кластеры произвольной формы. Идея, положенная в основу алгоритма, заключается в том, что внутри каждого кластера плотность точек (объектов) заметно выше, чем плотность снаружи кластера, а также плотность в областях с шумом ниже плотности любого из кластеров. Еще точнее, для каждой точки кластера ее окрестность в диапазоне заданного радиуса должна содержать не менее некоторого числа точек, которое задается пороговым значением.



Рис. 2 – Примеры кластеров произвольной формы, распознанных DBSCAN

Зная расположение групп парковочных мест относительно друг друга, строится карта парковки в уже в относительных координатах. Так как в применяемых нами методах нельзя произвести полноценный перенос из трехмерного пространства (изображение с камеры) в двумерное пространство (карта парковки) из-за того, что неизвестна третья координата пространства, в алгоритме также предусмотрены инструменты, которые позволяют провести подбор оптимальной третьей координаты благодаря вариации параметров переноса.

Далее происходит перенос полученных относительных координат парковочных мест на карту с оптимальным коэффициентом масштабирования (в зависимости от разработчиков ГИС). В итоге наложение координат распознанных автомобилей на пространство парковки сводится к сопоставлению координат масок и парковочных мест в относительных координатах уже непосредственно в ГИС.

Из инструментов и фреймворков, используемых для решения данной задачи, можно выделить язык программирования Python, следующие специализированные библиотеки: OpenCV – для работы с изображениями и разметкой парковочных мест; NumPy – для выполнения матричных операций. Pandas - для анализа полученной информации в виде табличных данных; Scikit-learn – для использования алгоритма кластеризации DBSCAN и инструмента для стандартизации StandartScaler; стандартная библиотека python.math - для применения алгоритма аппроксимации полигоном n-ой степени, а также создания алгоритма распознавания поворота полигона в пространстве. Результат работы автоматизированного алгоритма разметки парковочных пространств и их переноса на карту представлен на рисунке 3.





Рис. 3 – Перенос парковочных мест на ГИС (фрагмент геоинформационной системы приведен для примера, строгое соответствие исключено)

**Список публикаций:**

1. J. Hiller, M. Maisl, and L. M. Reindl, *Measurement Science and Technology* 23, 085404 (2012).
2. G. Zhao and S. Qin, *Sensors (Switzerland)* 18 (2018), 10.3390/s18082524.
3. M. Sperrin and J. Winder, in *Scientific Basis of the Royal College of Radiologists Fellowship*, 2053-2563 (IOP Publishing, 2014) pp. 2{1 to 2{50.
- 4.URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7984661>
5. Слайн-функции: теория, алгоритмы, программы / В. А. Василенко; Отв. ред. Г. И. Марчук. - Новосибирск : Наука : Сиб. отд-ние, 1983. - 214 с.

# ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КЛАССИФИКАЦИИ ТРЁХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК ЗА СЧЁТ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАННЫХ

*Мсаллам М., Сырямкин В. И.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
majdi.f.msallam@gmail.com

Классификация облаков точек является одной из основных задач в системе технического зрения, этой задаче в последнее время уделяется большое внимание в большом количестве работ, где предложено множество методов и моделей с целью получения наилучшей производительности. В нашей предыдущей работе мы предложили метод создания новых синтезированных выборок данных, представленных в виде трёхмерных облаков точек. В этом докладе мы рассматриваем проблему увеличения данных как метода повышения производительности классификации. Для нашего эксперимента мы использовали общедоступный набор данных ModelNet40, из которого выбрали подмножество для создания новых выборок данных. Сочетание исходных и сгенерированных данных затем используется для обучения классификатора глубокого обучения, VoxNet, и производительность сравнивается со случаем, когда классификатор обучается с использованием только исходных данных. Результаты симуляции показывают, что сгенерированные данные значительно повышают производительность, несмотря на использование классических методов увеличения данных при обучении классификатора, таких как поворот, масштабирование и др.

В [1-2] мы предложили методику создания новых выборок данных из полных мешов. Методика включает в себя два основных этапа, а именно удаление скрытых поверхностей и случайную выборку точек из видимых поверхностей.

В этом докладе мы представляем результаты эксперимента, который мы провели, чтобы показать способность сгенерированных нами данных повышать производительность классификаторов глубокого обучения. Кроме того, новые сгенерированные данные позволяют прогнозировать производительность классификаторов в реальных приложениях. В заключение мы предоставим некоторые рекомендации о том, как выбрать набор обучения классификатора для повышения его производительности.

Мы выбрали один из общедоступных наборов данных, который широко используется в литературе, ModelNet40 [3] Этот набор содержит 12311 выборок данных 40 классов, из которых мы выбрали только 8 для нашего эксперимента. Из каждого класса отбираются 75 объектов, которые делятся на: 40 для обучения, 10 для валидации и 25 для тестирования. Итак, общее количество выбранных объектов равно 600. Из каждого входного объекта мы создали 25 новых объектов, каждый из которых соответствует разному местоположению камеры. Мы выбрали значения  $\{\pm 80, \pm 40, 0\}$  в градусах для угла возвышения камеры и значения  $\{0, 72, 144, 216, 288\}$  для его угла азимута. Мы показываем в Таблице 1 характеристики сгенерированного набора данных.

Таблица 1. Характеристики созданного набора данных.

Метод Представления	#классов	#объектов в классе	Общее #объектов	Размер на жёстком диске (ГБ)
Облако точек	8	1875	15000	2.57

Мы используем два набора данных (исходный и сгенерированный) в разных конфигурациях для обучения классификатора глубокого обучения VoxNet [4]. Эти конфигурации показаны в Таблице 2. В Наборе 2 исходные объекты преобразуются в облака точек путём случайной выборки каждой их элементарной поверхности с равномерным распределением. Во время обучения используются некоторые классические методы увеличения данных, такие как поворот, масштабирование и дрожание.

В результате процесса обучения мы получаем три классификатора, имеющих одинаковую структуру (VoxNet), но обученных на разных наборах. Мы протестируем эти классификаторы используя как исходные, так и сгенерированные данные.

Таблица 2. Подробная информация о выбранных обучающих наборах.

Обучающий набор	Данные	#объектов для обучения	#объектов для валидации
Набор 1	Сгенерированные	8000	2000
Набор 2	Исходные	320	80
Набор 3	Объединение наборов 1 и 2	8320	2080

Обученные классификаторы используются для распознавания двух разных наборов тестирования, показанных в Таблице 3. В Тесте 1 мы оцениваем производительность классификаторов при распознавании исходных объектов. Цель этого теста — выяснить влияние увеличения набора данных на производительность. В Тесте 2 мы оцениваем производительность классификаторов, используя только тестовые объекты из сгенерированных данных. Целью этого теста является прогнозирование производительности классификаторов в реальных приложениях, исходя из предположения, что сгенерированные данные аналогичны реальным, поскольку они закупорены (англ. occluded) таким же образом. В Таблице 4 мы показываем общую точность трёх классификаторов с использованием двух наборов тестирования.

Таблица 3. Подробная информация о выбранных наборах тестирования.

Набор тестирования	Данные	#объектов в классе	Общее #объектов
Тест 1	Исходные	25	200
Тест 2	Сгенерированные	625	5000

Таблица 4. Общая точность классификаторов с использованием двух разных наборов тестирования.

	Обучающие данные	Общая точность %	
		Тест 1	Тест 2
Классификатор 1	Сгенерированные	81.0	76.3
Классификатор 2	Исходные	82.0	45.9
Классификатор 3	Исходные + сгенерированные	<b>87.5</b>	<b>79.7</b>

В Тесте 1 проявляется эффект увеличения исходных данных сгенерированными данными, где мы замечаем улучшение производительности с 82,0% при использовании Классификатора 2 до 87,5% при использовании Классификатора 3. Результат Классификатора 1 также настолько интересен, что показывает, что обучение классификатора с использованием только закупоренных объектов позволяет ему распознавать полные объекты с хорошей производительностью. В Тесте 2 производительность Классификаторов 1 и 3 хорошая, а у Классификатора 2 плохая. Таким образом, ожидается, что Классификаторы 1 и 3 будут работать лучше, чем Классификатор 2 в реальных приложениях. Конечно, необходимо тестировать классификаторы на реальных данных, чтобы проверить справедливость этого вывода.

Мы замечаем, что Классификатор 2 хорошо работает только при распознавании полных объектов, но плохо работает с закупоренными объектами. Поэтому не рекомендуется использовать только полные объекты для обучения классификатора. Классификатор 3 даёт наилучшие результаты как в Тесте 1, так и в Тесте 2. Таким образом, можно сказать, что Классификатор 3 является лучшим вариантом для реальных приложений.

В этом докладе представлены результаты эксперимента, проведённого нами для проверки эффективности увеличения данных для повышения производительности классификации облаков точек. Эксперимент включает в себя выбор подмножества из набора данных ModelNet40, а затем

создание новых выборок данных, представленных в виде облаков точек, с использованием нашего метода. После того, был обучен классификатор VoxNet, используя различные комбинации исходных и сгенерированных данных, потом были протестированы полученные классификаторы как на исходных, так и на сгенерированных данных. Результаты показывают, что сгенерированные данные позволяют значительно улучшить производительность классификации. Кроме того, сходство между сгенерированными данными и реальными данными позволяет прогнозировать производительность классификаторов в реальных приложениях. Результаты также показывают, что предпочтительно, чтобы набор тестирования включал в себя комбинацию полных и закупоренных объектов.

**Список публикаций:**

1. Msallam, M., & Syryamkin, V. I. (2021). *Point clouds - a method to represent objects in 3D space*. In *Ресурсосберегающие Технологии в Контроле, Управлении Качеством и Безопасности* (pp. 260-264).
2. Msallam, M., & Syryamkin, V. I. (2021). *RL-PointClouds – a new synthetic dataset to classify 3D objects*. In *IV Международный форум «Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции»* (pp. 83-84).
3. Wu, Z., Song, S., Khosla, A., Yu, F., Zhang, L., Tang, X., & Xiao, J. (2015). *3D ShapeNets: A deep representation for volumetric shapes*. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1912-1920).
4. Maturana, D., & Scherer, S. (2015, September). *VoxNet: A 3D convolutional neural network for real-time object recognition*. In *2015 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS)* (pp. 922-928). IEEE

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БОРТОВОЙ РЭА ПРИ ИМИТАЦИИ УСЛОВИЙ ОТКРЫТОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА**

*Хвалько А. А., Сунцов С. Б.*

Акционерное общество «Информационные спутниковые системы» имени академика  
М. Ф. Решетнёва»  
aahvalko@mail.ru

Обеспечение повышения срока активного существования космических аппаратов (КА), при воздействии тепловых факторов, требует совершенствования подходов наземных термовакуумных испытаний бортовой радиоэлектронной аппаратуры (РЭА). Применяемая в настоящее время методика предусматривает осуществление контроля температуры с помощью датчиков, установленных в непосредственной близости от электрорадиоизделий (ЭРИ). Сложность такого метода обусловлена необходимостью измерения температур большого количества ЭРИ в зависимости от времени и режима работы, необходимостью анализа результатов и прогнозирования надежности и ресурса.

Существуют основные подходы к термическому тестированию оборудования космического аппарата [1, 2, 3], однако, используемые в них алгоритмы имеют общий недостаток – они требуют интенсивной работы экспертов. Эксперты задают набор правил, конструируют математическую модель, устанавливают допустимые пределы значений параметров. При усложнении системы возрастает количество данных, что приводит к резкому увеличению работы, которую необходимо выполнить экспертам прежде, чем система мониторинга сможет работать.

Повышение эффективности анализа результатов испытаний бортовой РЭА и автоматического выявления аномалий, указывающих на наличие возможных дефектов, возможно с помощью использования методов интеллектуального анализа данных. Методы интеллектуального анализа позволяют устанавливать и отслеживать взаимосвязь между большим количеством параметров, дают возможность автоматически обрабатывать архивы накопленных данных и извлекать из них полезную информацию, позволяют учитывать новые данные о нормальном поведении системы и обновлять ранее построенную модель ее поведения.

В работе представлены результаты разработки и применения системы поиска неисправностей в бортовой РЭА и причин выхода ее из строя на основе анализа скрытых закономерностей с учетом имеющихся данных о нормальном функционировании аппаратуры. Основные задачи разработанной системы:

- обнаружение неисправностей и скрытых дефектов на ранней стадии испытаний, что обеспечивает уменьшение повторов испытаний;
- повышение точности и достоверности обнаружения дефектов, что обеспечивает сокращение затрат на их устранение;
- увеличение надежности и ресурса работы радиоэлектронной аппаратуры за счет обнаружения дефектов, приводящих к деградации параметров.

Можно выделить несколько основных направлений применения данной системы. Автоматизация выделения и анализа наиболее важных участков термограмм поверхности блока позволяет ускорить и увеличить точность измерения температур ЭРИ, интересующих областей конструкции блока и платы. Использование результатов вычислительного моделирования для теплового анализа бортовой РЭА и выбора точек контроля. Сопоставление расчетных характеристик аппаратуры с измеренными значениями в ходе испытаний проводится с применением интеллектуального анализа данных. Методы интеллектуального анализа позволяют использовать алгоритмы выявления тепловых аномалий, основанные не на жестких рамках для значения каждого измеряемого параметра, а использующие совокупное отклонение характеристик от некоторого “нормального” среднего значения. Кроме того, анализ данных применяется для

выявления отклонений в тепловизионных снимках, что дает возможность подвергать проверке все элементы блока и автоматически выявлять отклонения, указывающие на дефекты в монтаже или функционировании ЭРИ.

**Список публикаций:**

1. *Spacecraft Thermal Control Handbook. Volume I: Fundamental Technologies Second edition.* David G. Gilmore, editor 836 pp. illus. ISBN 1-884989-11-X. [http://web.mit.edu/e\\_peters/Public/Spacecraft%20Thermal%20Control%20Handbook.pdf](http://web.mit.edu/e_peters/Public/Spacecraft%20Thermal%20Control%20Handbook.pdf)
2. William M. Foster II. *Thermal Verification Testing of Commercial Printed-Circuit Boards for Spaceflight*, 1992, NASA, Lewis Research Center, Cleveland, Ohio. <http://www.armco-inspections.com/files/ir/Electrical%20Rotating%20Std.pdf>
3. Fatma Güntürkün. *A Comprehensive Review of Data Mining Applications in Quality Improvement and a Case Study*, thesis, 2007. <http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12608751/index.pdf>

## **БИЗНЕС-ПРОЦЕССЫ В ОБУЧЕНИИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ**

*Погуда А. А., Погуда А. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
an5364@mail.ru

Работа посвящена существующей системе подготовки взрослого населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций в Ачинском филиале краевого государственного казённого образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Институт региональной безопасности». После проведённого нами ряда исследований и полученных результатов, выявлены недостатки в организации подготовки взрослых слушателей в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций. В работе даны предложения по улучшению и совершенствованию обучения разновозрастной категории обучаемых. Цель исследования: повысить качество подготовки взрослых слушателей на 40%.

В ходе проведения настоящего исследования и написании статьи были использованы такие методы, как анализ эмпирических данных, методы анкетного опроса, широко использовался анализ документов, метод тестирования и т.д. Методологический аппарат исследования представляет собой синтез таких подходов, которые позволяют рассмотреть обеспечение гражданской защиты населения его подготовку и обучение как определённую и единую систему, в деятельности которой участвуют как государственные органы, так и органы местного самоуправления.

Результаты исследования представлены в виде новых бизнес-процессов, которые представят возможность повысить процент успеваемости слушателей. Внедрение в образовательный процесс входного тестирования, инновационного диктанта с включением вопросов входного тестирования и пройденного материала, диагностического и итогового тестирования, имеет явные успехи и возможности повышения качества подготовки слушателей. Повышается аффилиация взрослых слушателей, что в конечном счете приводит к результативности подготовки слушателей в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций.

Считаем, что существенным отличием новых бизнес-процессов (рисунок 1), от традиционных методов подготовки взрослых слушателей, является то, что они дают возможность определить уровень знаний на первоначальном этапе обучения в области гражданской обороны и защиты от ЧС, ставят всех слушателей в равные условия. Тесты используются как измерительный инструмент, дают возможность определения уровня усвоения основных понятий. Обучение слушателей с использованием тестов и их разборов дает возможность охвата нескольких тем и разделов учебной программы одновременно. Дальнейшее расширение спектра применяемых инструментов оценки и обеспечения качества обучения в рамках электронной информационно-образовательной среды, позволяет организовать относительно безболезненный для отдалённых городов и районов переход на удаленный формат обучения с использованием дистанционных образовательных технологий.



Рис. 2 – Бизнес-процесс после внедрения метода

Подготовка граждан к действиям при угрозе возникновения опасностей, присущих чрезвычайной ситуации и военным конфликтам, является одним из приоритетных направлений общегосударственной политики [1, 2, 3]. В работе рассматриваем проблему подготовки, а также пути решения повышения качества подготовки должностных лиц органов местного самоуправления и организаций в данной области. В статье речь идет об использовании методов, которые ранее не использовались в области гражданской обороны при обучении взрослых слушателей. В настоящее время значимость гражданской обороны постоянно возрастает и требует повышения её постоянной готовности. Особое внимание исследователей привлекает подготовка граждан в данном направлении и несмотря на то, что система подготовки в этой области совершенствуется, но порой правильность выбранного направления вызывает противоречие, несогласие и обсуждение.

На основании проведённого анализа в КГКОУ ДПО «Институт региональной безопасности» город Красноярск и его филиалах находящиеся в городах Ачинск, Канск, Минусинск, Лесосибирск в «Институте развития МЧС РФ» город Химки, в Керченском классе Феодосийского отделения ГБОУ ДПО «УМЦ по ГО и ЧС Республики Крым», мы пришли к выводу что традиционную систему подготовки в системе ДПО в области гражданской обороны и защиты от ЧС необходимо менять. Рассматривая вопросы совершенствования системы образования, применения инновационных технологий на занятиях, необходимо учесть и вопросы качества повышения квалификации педагогических работников. На основании проведённого анализа, взяв за основу исследования Ю.О. Лихашерстной [4], М.Т. Громковой [5], С.И. Змеева [6], П.И. Третьякова [8] был проведён опрос среди педагогических работников, где было установлено что только 30% педагогических работников считают свой профессиональный уровень полностью достаточным для реализации инновационных технологий обучения взрослого населения в области гражданской обороны и защиты от ЧС, 15% педагогических работников отдают предпочтение традиционным подходам. Следовательно, на основании изучения научных работ, анализа, опроса педагогических работников необходимо искать методы, посредством которых обучение и подготовка взрослых будет осуществляться как с использованием инновационных технологий, так и коммуникативно.

Первая волна исследования была проведена с января по декабрь 2021 года. В опросе приняли участие слушатели разновозрастной категории от 20 до 60 лет из города Ачинска, Боготола,



Назарово, Шарыпово, Ужура и шести районов. Совокупность составила 700 обучающихся, среди которых 36 % мужчин и 64 % женщин. В качестве испытаний, проб, проверок в своей работе использовали метод тестов, это групповые, индивидуальные, тесты скорости и результативности, компьютерные, ситуационно-поведенческие, входное тестирование. Особое внимание уделено достоинству метода оно заключается в их оперативности и экономичности, надёжности и справедливости, возможность тестировать сразу всю группу испытуемых. Входное тестирование позволяет определить уровень знаний слушателей сразу на первоначальном этапе обучения. Предлагаемые нами тесты для взрослых охватывают основные разделы учебной программы, ставят всех испытуемых в равные условия, где сразу выявляются пробелы знаний.

Наше утверждение по внедрению новых бизнес-процессов в образование взрослых слушателей, базируется на достаточно значительном количестве доводов, основные из которых мы приводим в статье ВАК «Пути решения обучения взрослого населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций» журнал Мир науки, культуры, образования.

Мы считаем, что важным отличием тестов, от традиционных методов подготовки взрослых слушателей в Ачинском филиале КГКОУ «Институт региональной безопасности», является то, что они более мягкий инструмент, так как ставят всех слушателей в одинаковые условия, дают возможность определить уровень знаний на первоначальном этапе обучения в области гражданской обороны и защиты от ЧС, тесты более содержательный инструмент, показатели тестов ориентированы на установление степени уровня усвоения основных понятий, тем и разделов программы. Данный метод как измерительный инструмент применяются во многих странах. Их разработка и использование базируется на мощной теории и подтверждено многочисленными эмпирическими исследованиями.

Хочется подчеркнуть значимость этого метода дающего возможность сопоставлять процесс подготовки взрослых слушателей, ликвидировать недочеты и видеть дальнейшие перспективы его совершенствования.

#### **Список публикаций:**

1. Указ Президента РФ от 20 декабря 2016 г. № 696 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области гражданской обороны на период до 2030 года»
2. Федеральный закон РФ «Об образовании в Российской Федерации» N 273 / ст. 76
3. Примерная дополнительная профессиональная программа повышения квалификации руководителей и работников гражданской обороны, органов управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций и отдельных категорий лиц, осуществляющих подготовку по программам обучения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций МЧС России от 30 октября 2020 года №2-4-71-11-10
4. Лихошерстная Ю.О. Инновационные технологии в системе повышения квалификации педагогов [Электронный ресурс] / Ю.О. Лихошерстная // Порталес: научная онлайн-библиотека. 2013 <http://www.portalus.ru>.
5. Громкова М.Т. Андрагогика: теория и практика образования взрослых: учеб. пособие для системы доп. проф. образования; учеб. пособие для студентов вузов / М.Т. Громкова М. Ю. НИТИ-ДАНА, 2005.-495 с.
6. Змеев С.И. Технология обучения взрослых: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2001. – 128 с. 4. Змеев С.И. Андрагогика: основы теории, истории и технологии обучения взрослых. – м.: Пер Сэ, 2007. – 272 с.
7. Третьяков П.И. Адаптивное управление педагогическими системами: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. завед. / П.И. Третьяков, С.Н. Митин, Н.Н. Бояринцева; под ред. П.И. Третьякова. М.: Академия, 2003.- 368 с.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИННОВАЦИОННОЙ ПРОДУКЦИИ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Чернета С. Г.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
sgcherneta@yandex.ru

Одной из задач научно-технологического развития РФ, сформулированной в «Стратегии научно-технологического развития РФ до 2030 года» [1] является создание благоприятных условий для проведения исследований и разработок. Условия для деятельности малых инновационных предприятий (МИП) создает инновационная инфраструктура поддержки (бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, технологические инкубаторы и др.). Задача этих структур – обеспечить благоприятные условия развития стартапов и МИП на начальной стадии развития с целью обеспечения их жизнеспособности и конкурентоспособности. Одной из важнейших составляющих конкурентоспособности предприятия является качество выпускаемой ими инновационной продукции. Качество будущей продукции закладывается на этапе ее проектирования. Анализ литературных источников по теме развития инфраструктуры поддержки МИП в России и в регионах [2-4] показал, что в настоящее время инфраструктура поддержки МИП не осуществляет помощь в области применения методов менеджмента качества, направленных на учет всех показателей качества будущей продукции при ее проектировании.

Поскольку организация и осуществление этого процесса требует финансовых, временных и квалифицированных человеческих ресурсов, руководителям инновационной инфраструктуры необходимо понимать насколько вложенные инвестиции в организацию этого процесса будут эффективными. Далее под бизнес-инкубатором будет пониматься любая организация инновационной инфраструктуры поддержки МИП.

Целью данной работы является создание методики оценивания качества инновационной продукции МИП на стадии проектирования, которая позволит провести оценку результативности и эффективности процесса «управления качеством продукции МИП», организованного в бизнес-инкубаторе. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Определить показатели качества будущей продукции, подлежащие измерению, по которым можно определить эффективность процесса «управления качеством продукции МИП» в бизнес-инкубаторе.
2. Определить в процессе проектирования инновационной продукции МИП этапы, на которых следует произвести измерения параметров ее качества.
3. Разработать методику оценивания показателей качества (МОК) будущей инновационной продукции МИП.
4. Дать рекомендации по применению результатов МОК.

В рамках решения первой задачи, с учетом трудов [5,6], авторами предлагается измерять комплексный показатель качества продукции  $K_k$  и показатель готовности  $P$  потенциального потребителя приобрести инновационный продукт. Поскольку речь идет об измерении качества еще не готовой продукции, а только проекта инновационной продукции, показатели предлагается оценивать по упрощенной методике оценивания [7], которая предполагает максимально допустимую величину погрешности и минимально допустимую величину надежности итоговых результатов.

Проводить измерения параметров качества будущей продукции необходимо минимум дважды:

- первый раз – перед этапом планирования проектирования продукции. По сути, это продукция на уровне авторской идеи, трехмерной компьютерной модели с набором свойств по представлению команды проекта.

- второй раз – после применения методов проектирования качества на этапе определения входных данных, но перед утверждением ТЗ на проектные работы.

Это позволит произвести замеры параметров качества до и после применения конкретного метода менеджмента качества – QFD, но перед тем, как начнут финансироваться работы по проектированию продукции.

В соответствии с рекомендациями в литературе [7,10,11] предлагается следующая методика оценки качества (МОК):

1. Определение ситуации оценивания. На этом этапе собирается необходимая и достаточная информация о свойствах продукции, подлежащих включению в дерево свойств; определяются исходные условия, положенные в основу МОК, собирается информация об особенностях и условиях применения продукции; каким образом будет производиться оценка качества (метод, показатель, шкала, сроки).
2. Формирование групп оценивания – групп потенциальных потребителей, имеющих отношение к типу новой продукции и готовых к приобретению и пользованию технологическими новинками. На этом этапе целесообразно привлечь к работе специалиста по маркетингу от БИ. Согласно рекомендациям по проведению фокус-групп, количество участников может варьироваться от 8 до 12 человек.
3. Построение дерева свойств инновационной продукции варианта А, основанное на мнении авторов идеи.

В дереве свойств должны быть отражены:

- a) параметры технического качества: свойства назначения, параметры классификации, эргономические, эстетические, нормативные параметры;
- b) параметры стоимости инновационной продукции: приблизительная максимальная цена для покупателей, приблизительная минимальная отпускная цена для изготовителя;
- c) временные параметры (приблизительные): время, необходимое для создания продукции, время, необходимое для организации производства, время выхода продукции на рынок, срок морального устаревания продукции.

В результате этого этапа работ формулируется продукт варианта А с набором свойств  $n$  ( $A(n)$ ).

4. Проведение опроса группы потенциальных потребителей (сформированную на втором этапе работ) на предмет определения важности потребительских свойств продукта варианта  $A(n)$ , бальной оценки значений этих показателей, показателя готовности  $P_A$  приобрести продукт варианта  $A(n)$ .

Обработку данных по определению важности свойств продукции необходимо проводить с помощью квалиметрических методов, в результате чего должны быть получены значения нормированных ярусных коэффициентов для группы свойств продукции. Результатом этого этапа работ является расчет показателя интегрального качества продукции варианта  $K_A$  и показателя готовности  $P_A$  приобрести продукт варианта  $A(n)$ .

5. Применение выбранных методов менеджмента качества к будущей продукции в процессе определения входных данных для ее проектирования - предлагается метод функции развертывания качества QFD.

6. Изучение мнений и пожеланий потенциальных потребителей относительно потребительских свойств продукции и формулирование продукта варианта Б – после применения методов менеджмента качества при проектировании продукции.

По сути, это этап построения нового дерева свойств будущей инновационной продукции варианта Б, выбор потребительских свойств, определение показателей их качества и значений, в результате чего будет сформулирован продукт варианта Б с набором свойств  $m$  ( $B(m)$ ).

7. Проведение опроса группы потенциальных потребителей на предмет важности потребительских свойств продукта варианта  $B(m)$  и их значений и определения показателя готовности  $P_B$  приобрести продукт варианта  $B(m)$ . Результатом этого этапа работ является расчет показателя интегрального качества продукции варианта  $K_B$  и показателя готовности  $P_B$  приобрести продукт варианта  $B(m)$ .

8. Обработка полученных данных квалитметрическими методами [8,9] и расчет значений показателей  $\Delta K_k$  и  $\Delta P$ .

Показатель влияния примененного ММК, выраженного в виде функции  $F_{(ММК)}$  можно записать следующим образом:  $F_{(ММК)} = \{\Delta K_k; \Delta P\}$ . Положительные показатели  $\Delta K_k$  в баллах и  $\Delta P$  в процентах будут свидетельствовать о положительной результативности процесса «Управление качеством НТР» в БИ. Повышение комплексного показателя качества и готовности потребителя приобрести инновационный продукт в свою очередь влияют на увеличение расчетных значений потенциальных объемов продаж и прибыли инновационного проекта, что увеличивает его инвестиционную привлекательность.

Методика разработана в целях оценки вложенных инвестиций в расширение спектра оказываемых услуг бизнес-инкубатором в части управления качеством будущей продукции МИП, что в конечном итоге позволит обеспечить создание благоприятных условий для развития стартапов.

#### **Список публикаций:**

1. Указ Президента РФ «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» (на период до 2030 г.) от 01.12.2016 г. № 642 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449>, свободный (дата обращения: 10.08.2020).
2. Николенко Т.Ю. Проблемы активизации инновационного развития экономики // Вестник университета. - 2019. - №1. - С. 55-63.
3. Кочиева А.К., Лысак Л.В. Активизация инновационной деятельности как фактор инновационного развития экономики регионов // Региональная экономика: теория и практика. - 2017. - Т. 15, вып. 4.- С. 729–741.
4. Чистякова О.В. Производственно-технологическая инфраструктура инновационной предпринимательской деятельности в ресурсно-ориентированных регионах // Известия Байкальского государственного университета. - 2018. - Т 28, № 4. - С. 682-693.
5. Гончаров А.А. Оценка интегрального показателя качества создаваемого инновационного проекта // Научный вестник МГИИТ. - 2012. -№ 5. - С. 59-61.
6. Корчагин П.Ю. Интегральные критерии оценки качества инновационных проектов: дис. ...канд. экон. наук. - М.: 2008. – 123 с.
7. Азгальдов Г.Г. Квалитметрия для всех : учеб. пособие / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. - М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
8. ГОСТ 15467-79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gost.ruscable.ru/Index/31/31626.htm>, свободный (дата обращения: 10.08.2020).
9. ГОСТ Р ИСО 9001:2015 Системы менеджмента качества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394>, свободный (дата обращения: 10.08.2020).
10. Плахотникова Е.В. Квалитметрическая оценка продукции на стадии проектирования на примере электромеханического привода: дис. ...канд. тех. наук. 05.02.23. – Т.: 2005. – 124 с.
11. Квалитметрия: методы количественного оценивания качества различных объектов / под общ. и науч. ред. д.э.н., профессора Г.В. Астратовой; ГОУ ВПО ХМАО – Югры «Сургут. гос. пед. ун-т». – Сургут: РИО СурГПУ, 2014. – 160 с.

# РАЗРАБОТКА ПЕРВИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ДАТЧИКА ДИНАМИЧЕСКОГО ИНДЕНТИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО ВКЛЮЧЕННЫХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

Колганов О. А., Хошев А. Е., Фёдоров А. В., Лукьянов Г. Н.  
Университет ИТМО  
kolganoff2014@yandex.ru

В настоящее время при решении задач неразрушающего контроля (НК) механических свойств материалов изделий и их составных частей на этапах производства, испытаний и эксплуатации широкое применение находят безобразцовые методы, реализуемые портативными приборами. Одним из перспективных методов безобразцового контроля механических свойств материалов изделий является метод динамического индентирования (ДИ). Данный метод позволяет проводить безобразцовый контроль не только твердости материала, но и других его свойств (прочность, упругость и др.). При этом проведение НК с использованием ДИ возможно, как металлов, так и низкомолекулярных полимеров и композиционных материалов. Основа реализации метода ДИ заключается в регистрации параметров движения индентора в процессе его контактного ударного взаимодействия (КУВ) с испытуемым материалом. Применение метода ДИ регламентируется стандартом ГОСТ Р 56474-2015. В процессе КУВ ударник проходит через катушку индуктивности, что вызывает изменение магнитного потока и, как следствие, формирование сигнала электродвижущей силы (ЭДС), пропорционального скорости движения индентора на всем временном интервале КУВ [1]. Типичный график зависимости скорости движения индентора от времени  $V(t)$  представлен на рис.1.

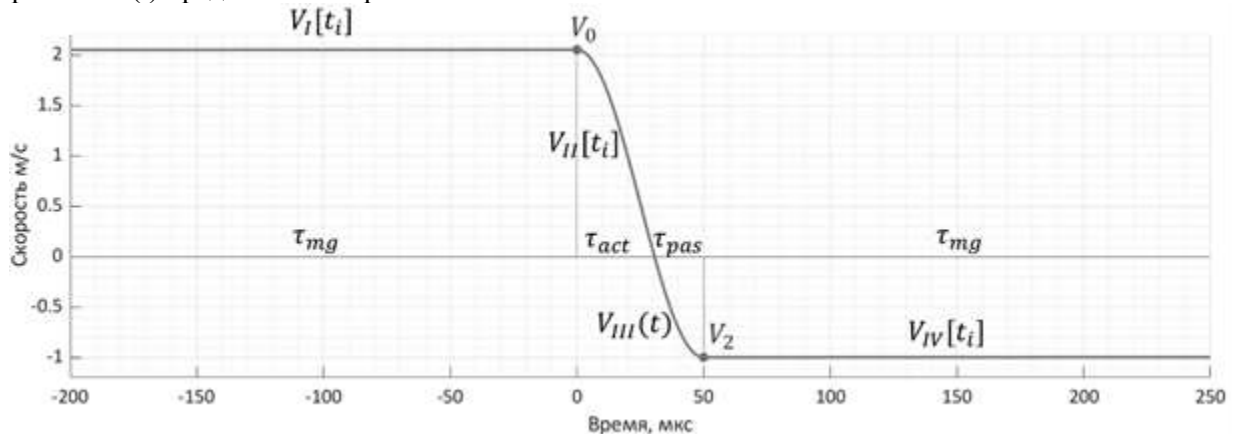


Рис. 1 Типичный график зависимости ЭДС времени при КУВ

В настоящее время для регистрации параметров движения ударника используется магнитоиндукционный метод, который основан на возбуждении катушки индуктивности с помощью движущегося магнита. Существующая на сегодняшний день конструкция первичного преобразователя предусматривает одну катушку индуктивности, что несет в себе определенные недостатки, влияющие на форму и характер получаемого исходного сигнала. Одним из таких недостатков является то, что количество линий потока, пересекающих катушку, меняется в зависимости от положения индентора, а выходное напряжение является функцией, как скорости, так и положения индентора. Другой недостаток проявляется, когда индентор с магнитом центрирован относительно катушки индуктивности – линии потока, обусловленные отрицательным полюсом, при этом также могут индуцировать напряжение в катушке противоположной полярности.

Также следует отметить, что значения параметров первичного преобразователя и устройства его разгона в ГОСТ Р 56474–2015 не нормированы [2-4]. Вышеуказанные требования в настоящее время достигается конструктивными особенностями системы регистрации, в том числе электрическими параметрами катушки индуктивности.

Для устранения описанных недостатков предложена реализация магнитоиндукционного метода с использованием двух дифференциально включенных катушек. При такой схеме регистрации движения ударника катушка индуктивности окружает ударник, в состав которого входит магнит соединённый с индентором, во время его перемещения. В рабочем диапазоне КУВ оба конца магнита находятся внутри катушки, которая разделена на две секции. В каждой секции катушки расположен свой полюс магнита. Эти катушки затем соединяются последовательно, чтобы получить выходное напряжение постоянного тока, пропорциональное скорости магнита [5,6].

Разработан прототип датчика динамического индентирования используя предложенную схему первичного преобразователя на основе дифференциально включенных катушек индуктивности. Внешний вид модели прототипа датчика приведен на рис.2.

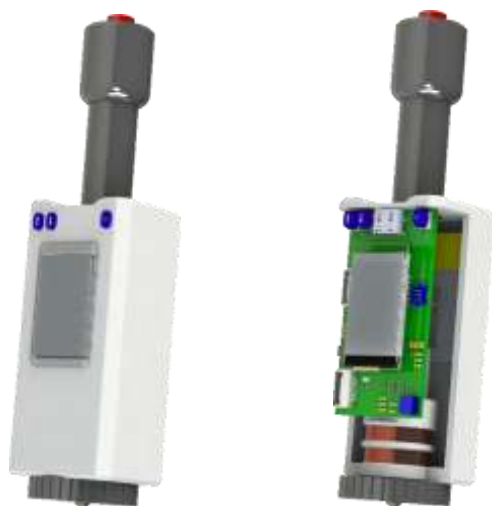


Рис. 2 3D модель разработанного прототипа датчика ДИ

Используя разработанный прототип датчика динамического индентирования, был проведён эксперимент и получена зависимость изменения ЭДС от времени при контактно-ударном взаимодействии. Полученная форма сигнала является симметричной и имеет минимальные шумовые составляющие. Сравнив зависимость ЭДС (от времени) экспериментально полученного сигнала с аналитической зависимостью, можно сделать вывод, что по форме и временному вектору сигналы совпадают, а разница значений амплитуды обусловлена технологией реализации (намотки) катушки индуктивности. Проведена корреляции массивов данных, полученных при моделировании, с заданной синусоидальной функцией проведем корреляционный анализ при помощи линейного коэффициента корреляции Пирсона.

#### **Список публикаций:**

1. Крень А.П., Рабцевич А.В., Зинкевич Н.В. Моделирование ударного контакта индетора с нежесткими стальными конструкциями при изменении твердости // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия Физико-технических наук. 2017. №4. С. 38 – 45.
2. ГОСТ Р 56474-2015 Системы космические. Контроль неразрушающий физико-механических свойств материалов и покрытий космической техники методом динамического индентирования. Общие требования.

3. Колганов О.А., Лукьянов Г.Н., Федоров А.В. Обоснование выбора метода регистрации параметров движения ударника при динамическом индентировании // Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО - 2022. - Т. 2. - С. 54-57
4. Оценка погрешности определения физико-механических характеристик материалов при их контроле методом индентирования // Приборы и методы измерений. 2018. Т.9. №3. С. 263 – 271.
5. Medital [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.medital.com/products/lvt-linear-velocity-transducers>. – (дата обращения: 02.03.2022).
6. Electricaldeck [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electricaldeck.com/2021/07/measurement-of-linear-velocity-using-velocity-transducers.html>. – (дата обращения: 02.03.2022).

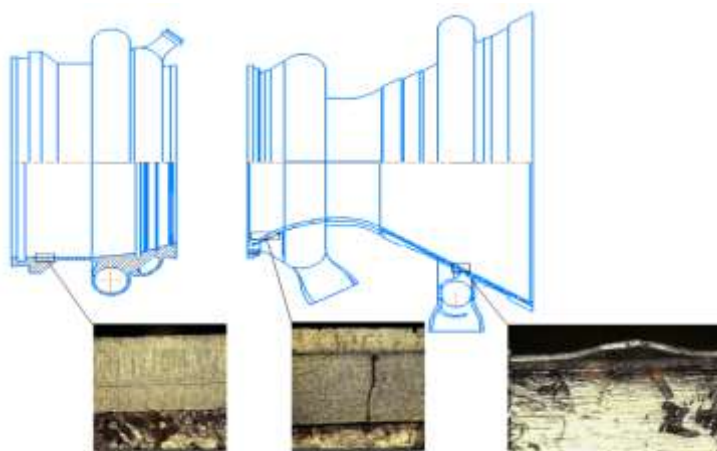
## АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЙ ИЗДЕЛИЙ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

*Губин М. С., Федоров А. В.*

Национальный исследовательский университет ИТМО  
gubin.maxim@mail.ru

На данный момент отрасли, связанные с изготовлением высокотехнологичных агрегатов, нацелены на развитие в нашей стране. Особое внимание направлено на стороны, связанные с повышением безотказности, долговечности сложных технических систем. Наиболее важной частью высокотехнологичного агрегата является сложная техническая система, направленная на создание силы тяги, разработка которой требует колоссальных временных затрат и ресурсов. Поэтому решение задач, связанных с повышением долговечности и безотказности актуально и своевременно на данный момент.

Производство данных систем осуществляется в соответствии с предъявляемыми техническими требованиями. Данное изделие представляет газовый канал, особого профиля, имеющий сужение для изменения скорости, проходящего по нему потока газа (рис.1). Основным этапом в технологической цепочке изготовления является нанесение металлического и неметаллического покрытия, основная задача которого заключается в повышение термостойкости внутренних огневых стенок. На безотказность и долговечность влияют такие параметры, как толщина покрытия, поверхностные и подповерхностные дефекты огневой стенки (рис.1).



*Рис.1 Внешний вид дефектов никелевого и хром-никелевого покрытия элементов сложно профильных изделий*

Отклонение параметров от допустимых значений может приводить к преждевременному выходу из строя, что является недопустимым при эксплуатации. Поэтому контроль основных параметров является необходимой задачей. На данный момент существует ряд технологий неразрушающего контроля (НК) основных параметров никель-хромового покрытия, которые находят применения на предприятиях, изготавливающих изделия сложной геометрической формы. Например, используются технологии ручного неразрушающего контроля с помощью магнитных толщиномеров толстослойного никелевого покрытия МТНП-1М и хромового покрытия на никелевом подслое МТП-ХН1. Реализуемые в данных приборах пондеромоторный и магнитодинамический методы контроля, позволили обеспечить их портативность, возможность контроля покрытий на криволинейных поверхностях и в труднодоступных местах изделий сложной геометрической формы. Как показывает практика применения технологий НК, существует ряд



проблем, влияющих на качество контроля. Во-первых, преобладает ручной контроль, согласно которому, измерения выполняются в соответствующих точках конкретных сечений. Следовательно, возникает проблема нахождения толщины никелевого, никель-хромового покрытия в допустимом диапазоне по всей поверхности сложно-профильного изделия. Для решения данной проблемы на предприятиях внедряются автоматизированные комплексы НК, но из-за существенного разнообразия конструктивных исполнений изделий сложной формы, автоматизированный контроль не проводится для всех существующих конструкций. Во-вторых, отсутствует комплексное применение технологий НК в рамках одной автоматизированной установки. Применение автоматизированного комплексного НК позволит выявлять наличие дефектов и диапазоны толщин конкретной области сканирования.

На данный момент был проведен анализ современного состояния НК на предприятиях, производящих сложно-профильные изделия. Определены основные проблемы. Также установлены основные параметры сложно-профильных изделий, такие как геометрия, толщины покрытий, области нанесения. Проанализировано современное состояние автоматизированных комплексов НК, выявлены их основные недостатки. По результатам анализа, сделаны выводы о сложности сложно-профильных изделий и автоматизированных установок, разработанных под конкретное изделие.

#### **Список публикаций:**

1. Клецов, С. А. Исследование сварных швов с помощью рентгеновского 3D микротомографа / С. А. Клецов, В. И. Сырямкин, С. Б. Сунцов // Интеллектуальные системы 4-й промышленной революции: сборник материалов IV Международного форума, Томск, 15–16 декабря 2021 года. – Томск: Общество с ограниченной ответственностью "СТТ", 2022. – С. 29-30. – EDN LQETSS.
2. Syryamkin, V. I. Digital X-ray Tomography / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov ; Tomsk State University. – 2nd edition. – London: Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5. – EDN UXZIOP.
3. Применение методов неразрушающего контроля для оценки качества деталей непосредственно в процессе аддитивного производства / Н. П. Алешин, М. В. Григорьев, Н. А. Щупаков [и др.] // Дефектоскопия. – 2016. – № 9. – С. 64-71. – EDN WYCBSH.

## ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «УМНЫЙ ГОРОД» В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

*Абдусаломов Абдуазиз Гофур угли*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
abduaziz01@bk.ru

На сегодняшний день Узбекистан находится на начальном этапе внедрения инновационных технологий «Умный город». Ведется планирование и начата реализация пилотных проектов по внедрению технологий «Умный город» в городе Ташкенте по направлениям «Безопасный город», «Умные счетчики», «Умный транспорт», «Умная медицина». Осуществляется комплексная работа по внедрению современной городской инфраструктуры в городе Нурафшоне, осуществляется строительство новых инфраструктур в рамках проектов «Tashkent City» и «Delta City».

При этом одними из основных проблем, препятствующих эффективному внедрению технологий «Умный город», являются неразвитая инфраструктура информационно-коммуникационных технологий, значительный износ и моральная устарелость городских инфраструктур. Все это требует проведения мероприятий по модернизации сетей телекоммуникаций, поиску значительных капиталовложений на реконструкцию городских инфраструктур.

Исходя из этого, важной задачей является проведение глубокого анализа наиболее рациональных решений по данному вопросу, реализованных в зарубежных странах, и их практическая апробация в лабораторных и полигонных исследованиях и в рамках соответствующих пилотных проектов, а также поиск возможных имеющихся вариантов и генерация новых предложений по гибким бизнес-моделям и привлекательным для инвесторов схемам инвестирования, применимым в данных условиях.

Способ решения данных задач выработан в мировой практике и предусматривает привлечение частного бизнеса к решению социально значимых задач, налаживание государственно-частного партнерства.

Внедрение технологий «умного» города повышает эффективность городского управления за счет формирования единой цифровой среды, которая позволяет управлять городом как единым целым.

В этой связи с учетом особой значимости вышеуказанных задач разработана Концепция внедрения технологий «Умный город» в Республике Узбекистан (далее — Концепция), предусматривающая ключевые приоритеты и основные направления государственной политики в данном направлении.

Основной целью данной Концепции является реализация комплекса мер, направленных на создание современных инженерно-коммуникационных инфраструктур в городах путем внедрения технологий «Умный город», в частности:

- обеспечение устойчивого роста качества жизни и формирование комфортной городской среды для жителей и гостей, благоприятных условий ведения предпринимательской деятельности;
- повышение эффективности государственных расходов, в том числе за счет внедрения государственно-частного партнерства;
- планомерное внедрение всех технологий «Умный город», соответствующих зарубежным аналогам;
- повышение эффективности работы городских служб и дорожно-транспортной инфраструктуры путем внедрения инновационных решений.

Основными задачами Концепции являются:

- создание эффективных и действенных нормативно-правовых, организационных и институциональных основ внедрения технологий «Умный город», в том числе цифровой инфраструктуры;

- создание механизмов стимулирования спроса на смарт-сервисы;
  - формирование системы государственной поддержки разработки и внедрения смарт-сервисов;
  - повышение качества сервисов и уровня жизни населения;
  - решение проблем, связанных с инженерно-коммуникационным состоянием городов, и обновление изношенной и морально устаревшей городской инфраструктуры;
  - формирование благоприятных условий, обеспечивающих инфраструктуру информационно-коммуникационных технологий, а также повышение скорости и доступности Интернета;
  - создание платформы «Умный город», обеспечивающей обратную связь с жителями, которые смогут оценивать городские сервисы и делиться опытом в любых сферах городского развития;
  - развитие навигации по городу с использованием цифровых технологий, в том числе предоставление открытых информационных данных туристам, ускорение доработки и внедрение системы цифровых технологий;
- выполнение работ по планированию максимального охвата внедряемыми наиболее востребованными технологиями «Умный город» всех городов республики.

#### **Список публикаций:**

1. Michael W. Grieves *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication LLC*, 2014, 7 p.
2. Glaessgen E., Stargel D. *The digital twin paradigm for future NASA and US Air Force vehicles //53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 14th AIAA. – 2012. – С. 1818.*
3. Азиатский банк развития. *Embracing the e-commerce revolution in Asia and the Pacific [Электронный ресурс]* // Официальный сайт Азиатского банка развития. URL: <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/430401/embracing-e-commerce-revolution.pdf>
4. Кажмаганбетова З. *Цифровые двойники //SAS Business Forum 2018 [Электронный ресурс]. URL: https://www.sas.com/content/dam/SAS/documents/event-collateral/2018/ru/sas-business-forum-2018/sas-business-forum-2018-digital-doubles.pdf*

## ПОГРЕШНОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО 3D МИКРОТОМОГРАФА

*Клестов С. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Klestov\_simon@mail.ru

Рентгеновский 3D микротомограф (РМТ) состоит из следующих функциональных блоков:

- 1) источник рентгеновского излучения;
- 2) приемник рентгеновского излучения;
- 3) система позиционирования.

Для каждого из функциональных блоков следует рассчитать параметры и характеристики, для чего необходимо рассмотреть возможные погрешности в работе и результатах измерений [1-3].

Для вычисления погрешностей РМТ используется следующая структурная схема (рис. 1):



*Рис. 1* Схема погрешностей РМТ.

Суммарная погрешность обусловлена погрешностями в следующих блоках РМТ.

### 1. Генератор высокого напряжения.

Необходимым условием для достижения высокой точности измерений интенсивностей рентгеновского излучения и точности получаемых результатов является стабильность питания рентгеновской трубки. Стабильность высокого напряжения, создаваемого высоковольтным генератором, поддерживается на уровне 0,01%-0,5% процента [1]. Примерно на этом же уровне стабилизируется анодный ток трубки.

### 2. Система позиционирования.

Необходимо обеспечить точность позиционирования при перемещении подвижных источника и приемника вдоль горизонтальной оси, рабочего стола по вертикальной оси Z, а также стабильность скорости вращения вокруг вертикальной оси Z.

Точность измерений интенсивности рентгеновского излучения во многом зависит от правильности установки образца в поле облучения пучком рентгеновской трубки. Поэтому к системе позиционирования предъявляются достаточно жесткие требования.

### 3. Детектор рентгеновского излучения.

В рентгеноспектральной аппаратуре в настоящее время используются детекторы, для которых средняя амплитуда электрических импульсов пропорциональна энергии квантов регистрируемого излучения. Это, в первую очередь, полупроводниковые детекторы. Их принцип действия базируется на способности рентгеновского излучения ионизировать атомы вещества. Амплитудная селекция импульсов, соответствующих попавшим в детектор квантам, позволяет подавить высокие порядки дифрагировавшего на кристалле рентгеновского излучения и повысить тем самым контрастность выделяемого сигнала.

### 4) Блок регистрации и обработки электрических импульсов.

Электрические импульсы с детектора после усиления и формирования в предусилителе поступают в амплитудный анализатор.

Основными метрологическими характеристиками методик анализа принято считать воспроизводимость, правильность, предел обнаружения, диапазон определяемых элементов.

Воспроизводимость – это метрологический параметр, характеризующий разброс результатов анализа относительно среднего значения. Воспроизводимость определяется случайными ошибками, обусловленными действием многих неконтролируемых факторов. Численно воспроизводимость характеризуется либо выборочной дисперсией, либо стандартным отклонением, либо относительным стандартным отклонением:

$$S = \sqrt{\frac{n}{n-1} \times \delta^2} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \times \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Выборочная дисперсия может быть рассчитана по формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

где  $\delta^2$  — дисперсия,

$x_i$  —  $i$ -й элемент выборки;

$n$  — объём выборки;

$\bar{x}$  — среднее арифметическое выборки.

Воспроизводимость различна в разных диапазонах определяемых содержаний. Поэтому в ряде случаев рационально использовать относительное стандартное отклонение.

Правильность характеризует отклонение среднего результата от установленного значения. Правильность – это качество анализа, отражающее близость к нулю систематических погрешностей. Распространены следующие способы определения правильности анализа:

- 1) оценка результатов измерений в наборе стандартных образцов (эталонных);
- 2) сравнение с результатами измерений, выполненных другими контрольными методами;

3) введение контрольных добавок (добавление эталонов).

Значимость расхождений проверяется статистическими критериями Стьюдента, Фишера, Кохрена и др.

Критерий Стьюдента широко используется в статистике малых выборок.

При равенстве числа измерений его можно рассчитывать по формуле:

$$T = \frac{(\text{abs}(\bar{C}_2 - \bar{C}_1) \times \frac{n}{2})}{S},$$

где

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n ((C_{i,1} - \bar{C}_1)^2 + (C_{i,2} - \bar{C}_2)^2)}{2 \times (n - 1)}.$$

Если рассчитанное значение Т больше табличного, то значения двух выборок  $C_1$  и  $C_2$  значимо различаются между собой, и результаты определения имеют систематическую ошибку. В противном случае эти различия носят случайный характер [1].

Если необходимо сравнить несколько выборочных дисперсий, то проверку гипотезы об их принадлежности к одной генеральной совокупности проводят по критериям Кохрена.

При одинаковом объеме выборок:

$$G = \frac{S_{max}^2}{(S_1^2 + S_2^2 + S_3^2 + \dots)}.$$

Знаменатель выражения содержит все выборочные дисперсии, включая и максимальную. Если рассчитанное значение окажется меньше табличного, то гипотеза об однородности может быть принята.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда  
№ 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

#### **Список публикаций:**

1. Системы технического зрения: Справочник / В.И. Сырямкин, В.С. Тутов, Ю.Г. Якушенков и др. ; под общ. ред. В.И. Сырямкина, В.С. Тутова. Томск, 1992. 367 с.
2. Digital X-ray Tomography / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov, S. B. Suntsov ; Tomsk State University. – 2nd edition. – London : Red Square Scientific, Ltd., 2020. – 200 p. – ISBN 978-0-9928299-9-5.
3. X-ray microtomographic scanners / V. I. Syryamkin, S. A. Klestov // AIP Conference Proceedings : Proceedings of the 5th International Scientific Conference "New Operational Technologies", Tomsk, 29–30 сентября 2015 года. – Tomsk: American Institute of Physics Inc., 2015. – P. 040009. – DOI 10.1063/1.4936042.

## ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Зарина А. В., Семенюк А. Е.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
[nastmi9@gmail.com](mailto:nastmi9@gmail.com)

Тема статьи направлена на изучение влияния процессного подхода на оптимизацию бизнес-процессов. Актуальность темы данной статьи объясняется тем, что применение процессного подхода в работе предприятия для оптимизации бизнес-процессов является довольно эффективным инструментом для управления и оптимизации. Но его находят довольно трудоемким и достаточно долгим по времени реализации процессом, к которому большинство фирм и организаций попросту оказываются не готовы. Эффективное управление организацией с минимумом потерь – это то, к чему стремится каждый руководитель. Процессный подход помогает достичь тесных связей между подразделениями, оперативного вмешательства при изменениях внешней среды для компании. Но, если бизнес-процессы фирмы не выстроены грамотно, достичь максимально эффективно выгодного результата не получится. Постоянное совершенствование и оптимизация бизнес-процессов в рамках применения процессного подхода к управлению позволит увеличить эффективность работы организации и повысить ее конкурентоспособность. Таким образом, можно говорить о том, что тема, затронутая в данной статье, является актуальной.

Процессный подход – это новая и современная концепция управления, которая предполагает деятельность разных организаций как совокупность бизнес-процессов и предлагает различные инструменты и методы для их дальнейшей оптимизации.

Процессный подход к управлению представляет организацию в виде множества связанных между собой бизнес-процессов, а не совокупность разных функций у каждого подраздела. Каждый бизнес-процесс представляет собой последовательность операций и действий, которые нацелены на получение ценного результата для организации. В отличие от функционального подхода к управлению, процессный подход делает компанию ориентированной на результат. Бизнес-процесс – это основной и неотъемлемый элемент процессного подхода.

Применение процессного подхода позволит рассматривать не только сами процессы, но и взаимодействие между ними, что в свою очередь, позволит обнаружить узкие места, завязанные на связях процессов. Это позволит решить проблему с учетом желаний и целей всех стейкхолдеров, то есть таким образом, что не возникнет новых проблем в другом, связанным с этим процессом местом. Кроме того, процессный подход позволит избежать ошибок, которые следуют из неучтенных связей.

Концепция процессного подхода не отторгает имеющуюся систему управления, а определяет пути ее совершенствования и постепенного перехода к процессной системе управления. Согласно концепции первым шагом к улучшению системы управления предприятием обязан быть процесс описания текущей структуры фирмы, выявление основных бизнес-процессов, идентификация процессов. Подобная концепция может помочь обнаружить узкие места в существующем бизнес-процессе, избыточность и дублирование функций на уровне основных процессов, обнаружить дефекты имеющейся модели.

Использование процессного подхода помогает глубже рассмотреть взаимодействие между разными подразделениями организации, устранить барьеры и недопонимания, а также контролировать процесс от начала и до конца. Появляется возможность найти сотрудника или процесс, на котором «зависает» все производство и отрегулировать этот момент до результативного исхода. Процессный подход дает организации превосходство посредством познания и оптимизации всей цепочки действий, необходимых для достижения результата и увеличения эффективности работы.

Кроме увеличения эффективности процессный подход позволяет передать преобладание на сторону отделов, действующих напрямую с заказчиком, так как только они понимают потребность потребителя и заинтересованы в трансляции его требований вовнутрь организации для соответствующей модификации бизнес-процессов. Ориентация на потребителя зачастую устанавливается первостепенной задачей при введении процессного подхода.

Процессный подход позволяет внедрить ряд принципов, полезных для процесса оптимизации:

– любой вид деятельности рассматривается как процесс, то есть совокупность связанных видов деятельности, преобразующих входы в выходы;

– нацеленность на результат;

– наличие циклов, например, PDCA;

– связанность по входам, выходам, ресурсам;

– рассмотрение организации, как единого целого;

– непрерывность процессов и непрерывность улучшения их.

Применение процессного подхода при оптимизации процесса позволит получить ряд преимуществ, а именно:

– позволит создать описание деятельности, на основе которого, можно подобрать наиболее эффективные и безопасные (не навредят другим процессам) инструменты оптимизации;

– нахождение взаимосвязей между процессами, позволит проще и быстрее находить места, в которых можно сократить время бизнес-процесса;

– позволит избежать издержек, следующих из неучтенных связей между компонентами системы;

– непрерывно осуществлять оптимизацию, так как непрерывность лежит в основе обеих технологий.

Таким образом, были определены не только возможность, но и полезно-эффективное применение процессного подхода при оптимизации бизнес-процессов. Это актуально для любой организации на сегодняшний день.

#### **Список публикаций:**

1. *Определение бизнес-процессов // Классификация бизнес-процессов.* – [Б. м.], 2022. – URL: <https://plansys.ru/process/business-process-definition/classify> (дата обращения: 15.05.2022).

2. *Кинтонова А.Ж., Ким Е. Оптимизация бизнес-процессов // Sciences of Europe.* 2016. №9-4 (9). – [Б. м.], 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimizatsiya-biznes-protsessov-1> (дата обращения: 19.04.2022).

3. *Quality management. Process approach.* – [Б. м.], 2022. – URL: [https://www.kpms.ru/EN\\_general\\_info/EN\\_process\\_approach.htm](https://www.kpms.ru/EN_general_info/EN_process_approach.htm) (дата обращения: 15.05.2022).

4. *Оптимизация // Википедия.* [2022]. – [Б. м.], 2022. – URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=6430975&oldid=121563965> (дата обращения: 20.04.2022).

5. *Методы и этапы оптимизации бизнес-процессов // Alkosto. Реклама в интернете. Блог.* – [Б. м.], 2022. – URL: <https://www.alkosto.ru/blog/metody-i-etapy-optimizaczii-biznes-protsessov/> (дата обращения: 15.05.2022).

6. *И.А. Лариошина, Д.А. Долгая Лекция "Оптимизация бизнес-процессов" // Электронный университет Moodle.* – Томск: Томский государственный университет, 2021.

7. *Алексейчик Т.В., Володин А.Н. Методы оптимизации бизнес-процессов // Вестник РГЭУ РИНХ.* 2014. №2 (46). – [Б. м.], 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metody-optimizatsii-biznes-protsessov> (дата обращения: 27.05.2022).

8. *Процессное управление: в чем сила? // ГК «Современные технологии управления».* – [Б. м.], 2022. – URL: [https://www.businessstudio.ru/articles/article/protsessnoe\\_upravlenie\\_v\\_chem\\_sila/](https://www.businessstudio.ru/articles/article/protsessnoe_upravlenie_v_chem_sila/) (дата обращения: 06.03.2022).

9. *КАК ОБЕСПЕЧИТЬ ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯМИ? // Школа бизнес-анализа Андрея Коптелова.* – [Б. м.], 2022. – URL: <https://koptelov.info/publikatsii/upravlenie-izmeneniyami/> (дата обращения: 16.03.2022).

10. *Оптимизация бизнес-процессов // Бетасофт.* – [Б. м.], 2022. – URL: <http://betasoft.ru/development/business.php> (дата обращения: 23.03.2022).

11. *Блинов А.О. Реинжиниринг бизнес-процессов.: учеб. для вузов /под редакцией Блинова А.О. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2010. – С. 343.*



12. Черемных О.С., Черемных С. В. *Стратегический корпоративный реинжиниринг: процессно-стоимостной подход к управлению бизнесом: учеб. Пособие.* – М.: Финансы и статистика, 2005. – С. 736.
13. *Описание бизнес-процессов: методы и инструменты // Управление предприятием.* – [Б. м.], 2022. – URL: <https://upr.ru/article/opisanie-biznes-processov/> (дата обращения: 14.04.2022).
14. *Основы процессного подхода // Блог Comindware.* – [Б. м.], 2022. – URL: <https://www.comindware.com/ru/blog-%D0%BE%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B-%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%B0/> (дата обращения: 14.04.2022).
15. *Реализация процессного подхода в организации // Consilium Consulting Group.* – Новосибирск, 2022. – URL: <https://adovgal.ru/uparvlencheskij-konsalting/realizaciya-processnogo-podxoda-v-organizacii/> (дата обращения: 17.04.2022).

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРЕУГОЛЬНЫХ И ТРАПЕЦЕИДАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Сапрунов С. О.<sup>1</sup>, Ехлаков Ю. П.<sup>2</sup>, Погуда А. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет,

<sup>2</sup>Томский университет систем управления и радиоэлектроники

Saprunov3@mail.ru

С момента публикации в 1965 году работы Л.А. Заде [1], нечеткие множества нашли широкое применение как при решении практических задач как в производственно-технологических, так и в социально – экономических системах. Каждая нечеткая система обязательно включает в себя один или несколько универсумов: нечетких переменных и их функции принадлежности на универсуме, а также систему нечетких правил ввода-вывода. Проблема выбора конкретного вида функции принадлежности в системах нечеткой логики до сих пор не оставляем равнодушным разработчиков по всему миру. По этому вопросу существуют различные мнения, основанные как на логической аргументации, так и на оценке особенностей применения в конкретных ситуациях. В данной работе авторы ставят целью провести сравнительный анализ треугольной и трапецидальной функций принадлежности, как наиболее часто используемых при решении практических задач. Исследования проводились на примере решения довольно известной задачи определения размера чаевых официанту, которая сводится к тому, что, имея входные параметры «уровень сервиса» и «качество еды», необходимо определить выходной параметр <уровень чаевых> в диапазоне от 0 до 25% [2].

Нечеткая переменная описывается набором  $(\alpha, \chi, A)$ , где  $\alpha$  - название переменной,  $\chi$  - универсальное множество (область  $\alpha$ ),  $A$ -нечеткие множества на  $x$ , описывающие ограничение  $(M_\alpha(x))$  на значение нечеткой переменной  $\alpha$ ).  $M$  функции принадлежности определяются тройкой чисел  $(a,b,c)$  и их значения в точке  $x$  вычисляется согласно выражениям (1) и (2).

$$\begin{array}{l}
 \text{Для треугольных чисел} \\
 MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{c-b}, b \leq x \leq c \\ 0^* \end{cases} \quad (1)
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Для трапецидальных чисел} \\
 MF(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, a \leq x \leq b \\ 1, b \leq x \leq c \\ 1 - \frac{x-c}{d-x}, c \leq x \leq d \\ 0^* \end{cases} \quad (2)
 \end{array}$$

\*В остальных случаях

База нечетких правил ввода-вывода представлена в таблице ниже.

Уровень чаевых		Уровень сервиса			
		Низкий	Средний	Высокий	Превосходный
Качество еды	Низкое	Низкие чаевые	Низкие чаевые	Средние чаевые	Средние чаевые
	Среднее	Низкие чаевые	Средние чаевые	Средние чаевые	Высокие чаевые
	Высокое	Средние чаевые	Средние чаевые	Высокие чаевые	Высокие чаевые
	Превосходное	Средние чаевые	Высокие чаевые	Высокие чаевые	Высокие чаевые

Универсумы и термы входной переменной «уровень сервиса», и выходной «чаевые» представлены соответственно на рисунках 1а-2а для трапецеидальных чисел и 1б-2б для треугольных чисел.

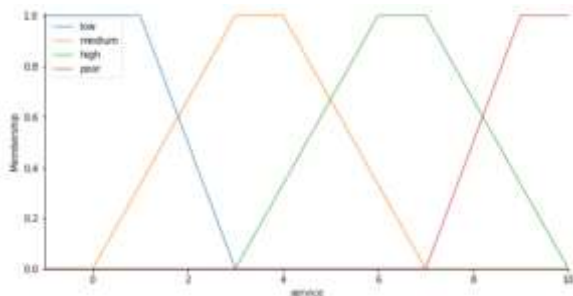


Рис.1а Входная переменная сервис

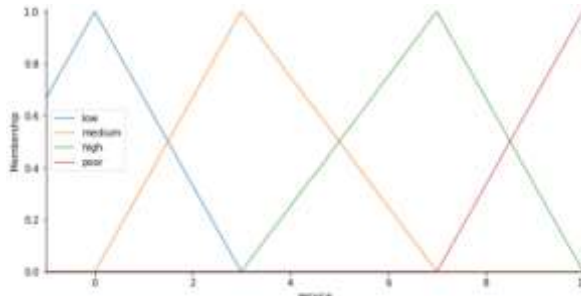


Рис.1б Входная переменная сервис

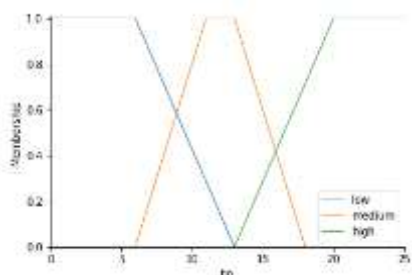


Рис.2а Выходная переменная чаевые

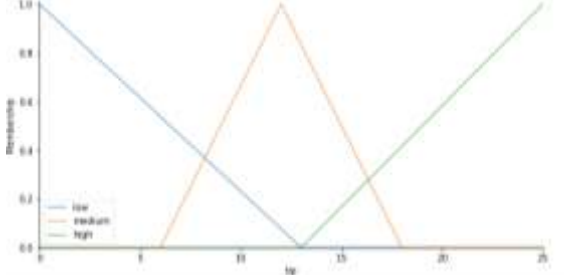


Рис.2б Выходная переменная чаевые

Исследование проводилось с помощью библиотеки SciKit Fuzzy для языка Python [3]. Задавая для каждой функции принадлежности значения входных переменных «уровень сервиса» и «качество еды» путем их циклического перебора в диапазоне [0...10], и используя базу правил нечеткого вывода получим полный набор значений для выходной переменной <объем чаевых> (рис. 3).



Рис.3 График изменения значения выходной переменной «объем чаевых» и времени выполнения программ

В результате проведенного эксперимента можно отметить, что трапецеидальные и треугольные числа имеют достаточно близкие выходные значения, однако время выполнения программы с использованием трапецеидальных чисел ближе к 90-100 результату измерений становится меньше на 20%. В связи с чем их использование позволяет прирост в скорости выполнения вычислительного блока программы в сопоставимом размере без ущерба результатам вычислений.

**Список публикаций:**

1. Zadeh L.A. *Fuzzy sets // Information and Control*. 1965. Vol. 8. No. 3. P. 338–353.
2. Fatouh A. *A two-stage representation of Fuzzy Systems // International Journal of Engineering Research and Applications*. 2012. Vol. 2. No. 3. P. 2660–2665.
3. *SciKit-Fuzzy [Электронный ресурс]* URL <https://pythonhosted.org/scikit-fuzzy/overview.html> (дата обращения 29.04.2021)

# КАРТА КЛИКОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНОСНОЙ АКТИВНОСТИ В СЕТИ

*Черкашин Н. С., Погуда А. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Nikitos0628@gmail.com

Данная статья посвящена анализу карты кликов в качестве метода обнаружения нетипичной и потенциально вредоносной активности в сети. В данной статье рассматривается актуальность использования данного метода, проводится анализ применимости и возможности реализации, а также демонстрируется описание и приложение метода.

Организация мониторинга активности пользователей является крайне востребованной темой для построения корпоративной сети. По статистике МВД, за семь месяцев 2021 года произошло почти на 16% больше преступлений в сфере информационных технологий и телекоммуникаций, чем за тот же период в 2020 году. За неполный 2022 год, каждое 4-е нарушение закона также классифицируется как киберпреступление [1]. В связи с этим вопрос защиты корпоративных сетей от атак набирает актуальность с каждым годом. Согласно анализу успешно проведенных атак, на основе данных из открытых источников, как минимум 30% из них происходила внутри системы людьми, имеющими допуски к обходу контуров безопасности. Данный тип атак возможно предотвратить путем применения алгоритмов и методик, которые будут являться маркерами аномального поведения пользователя сети. В качестве одного из таких алгоритмов авторы рассматривают построение карты кликов.

Для работы алгоритма необходимо провести сбор активности пользователя. Входными данными будет являться «карта кликов», отражающая нажатия кнопки мыши пользователя на все активные элементы страницы или веб-приложения, такие как кнопки, строки для ввода текста или ссылки [2].

Записанные данные активности, нужно подвергнуть провести дискретизации с определенным временным промежутком. Это необходимо для более точного сопоставления анализируемых данных с данными, отражающими типичный паттерн поведения пользователя системы. Так как характер поведения разных пользователей, а также типы активности внутри системы неоднородны, необходимый временной промежуток определяется принадлежностью пользователя к определенной группе в системе, а также типом активности, подвергаемой анализу. Предполагается, что оптимальный отрезок для анализа активности находится в интервале от 7 до 10 минут в рамках одной сессии приложения внутренней сети.

Далее, данные, подвергнутые дискретизации подлежат сравнительному анализу. Данный анализ проводится в два этапа. Первый этап – сравнение полученных данных с предыдущими сеансами активности данного пользователя. В случае отсутствия данных о предыдущих аналогичных или схожих по паттерну сеансов активности, алгоритм предполагает использование следующего этапа анализа – сравнение с обезличенными данными пользователей схожей группы и подходящими сценариями использования системы. Данный этап является основным, тогда как анализ предыдущей активности одного пользователя – уточняющим.

Критерием достаточной «нетипичности» активности является 50% (и выше) отклонение от стандартного паттерна, согласно карте кликов. В случае обнаружения такого рода отклонения – информация передается системному администратору. Данный этап является конечной точкой алгоритма.

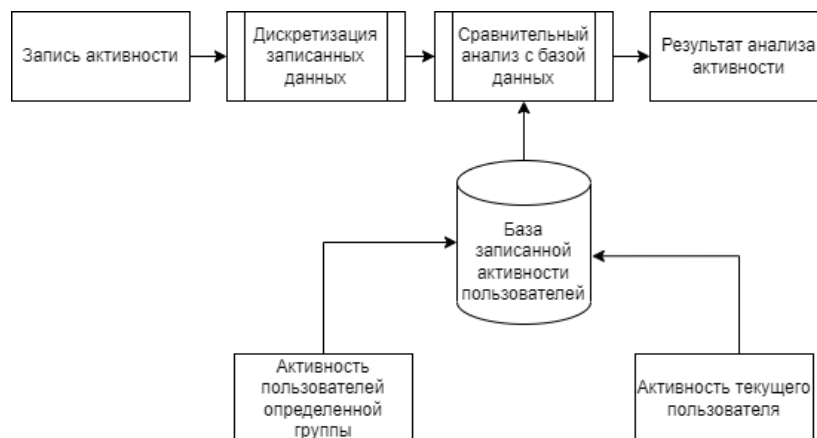


Рис.1 Схема работы алгоритма анализа вредоносной активности при помощи карты кликов

Таким образом, алгоритм способен выявлять аномальную активность внутри корпоративной сети. Стоит отметить, что данный метод не является эталонным и выходные данные нельзя однозначно трактовать как «вредоносную активность», Наибольшей эффективности можно достигнуть, используя алгоритм как часть комплексной системы безопасности с применением алгоритмов машинного обучения для сбора и анализа данных [3].

#### Список публикаций:

1. *Краткая характеристика состояния преступности в Российской Федерации за январь - сентябрь 2022 года.* // <https://мвд.рф/reports/item/33388812/>
2. Weizhi Meng, Fei Fei, Lijun Jiang, Zhe Liu, Chunhua Su & Jinguang Han. // *ICT Systems Security and Privacy Protection 33rd IFIP TC 11 International Conference, SEC 2018*). С. 18-32.
3. Liu H., Lang B. *Machine learning and deep learning methods for intrusion detection systems: A survey* // *Applied Sciences*.2019. Т. 9. № 20. С. 4396

## МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ГЛАЗНЫХ БОЛЕЗНЕЙ

*Булембаев Т. Д.<sup>1</sup>, Юрченко А. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
2019315@mail.ru

За последние несколько лет произошли огромные успехи в области сотовых телефонов и других мобильных технологических устройств. Врачи не должны остаться в стороне в этом технологическом прорыве, и в наши дни сотовые телефоны часто являются такой же стандартной вещью для всех людей, как градусник и тонометр для врачей. Офтальмология не исключение [5].

На базе смартфонов предлагают ряд так называемых медицинских и офтальмологических «приложений», и их использование будет исследовано в этом обзоре. Был проведен интернет-анализ для выявления доступных медицинских «приложений» и оценки их использования. Поисковые системы, веб-сайты разработчиков и интернет-магазины сканировались, по ключевым словам, таким как: «смартфон», «медицинские приложения» и «проверка зрения». «Приложения» были оценены на предмет удобства использования и с соответствующими опубликованными отзывами. Кроме того, в ходе международного опроса офтальмологов были заданы вопросы об использовании смартфона и предпочтениях в «приложениях». Были предприняты прямые запросы к разработчикам по избранным многообещающим новым «приложениям». Более 70 идентифицированных исследованных «приложений» были разделены на различные категории: А) функция проверки, Б) фото- и видеозаписи, В) кабинет, Г) обучение пациентов и информированное согласие, а также Д) функции дополнительного медицинского образования и поиск литературы. Опрос определил, что iPhone является самым популярным смартфоном среди опрошенных офтальмологов во всем мире. Многие популярные «приложения» стали доступны только недавно и, следовательно, частично страдают некоторыми первоначальными техническими проблемами. Некоторые офтальмологические «приложения» очень полезны в отделении неотложной помощи или во время консультаций. Только несколько «приложений» были одобрены в качестве медицинских продуктов и поэтому не могут заменить полное офтальмологическое обследование. Растущее распространение «приложений» для смартфонов в офтальмологии может потенциально облегчить лечение пациентов, управление данными и общение. Д) обучение пациентов и информированное согласие, а также Е) функции непрерывного медицинского образования и поиск литературы. [2] В следующем исследовании Jay Chhablani с соавт. [4] выделили следующие основные направления используемых офтальмологических программ: тестирование (комплекс инструментов клинично-функциональной оценки), образование врача и пациента (схемы, видеоматериалы, результаты рандомизированных исследований и т.п.), рабочие инструменты врача (стандарты, классификации и т.п.) и различные калькуляторы.

Согласно опросу, проведенному American Society of Cataract and Refractive Surgery в 2014 г., 83% офтальмологов используют смартфоны или веб-совместимые устройства [3]. По данным Manhattan Research [6] более 20% медиков интегрировали и применяют платформы для безопасного обмена сообщениями с целью общения со своими больными. Более 20% врачей удаленно отслеживают состояние здоровья пациентов, при этом в среднем в месяц один специалист таким способом следит за самочувствием 22 обратившихся за помощью. Исследование Taking the Pulse, проведенное в 2014 г., показывает, что 40% врачей уверены, что использование цифровых технологий для отслеживания состояния здоровья пациентов и коммуникации с ними приведет к улучшению показателей здоровья населения. Примерно столько же опрошенных также заявили, что они используют такие устройства для общения со своими больными.

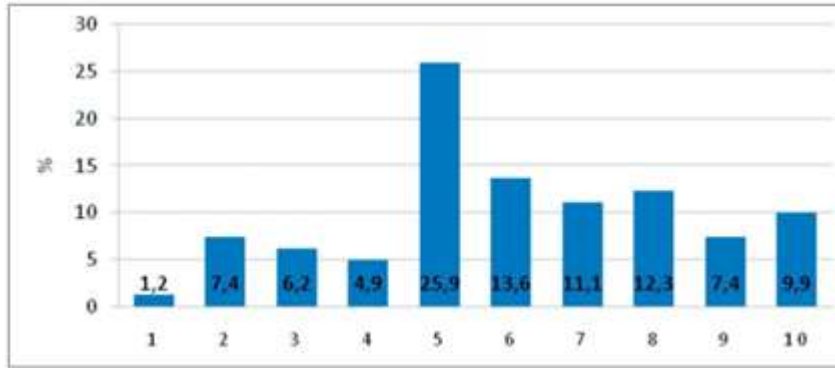


Рис.1 Вероятность использования персонального мобильного приложения по 10-балльной шкале [1]

По результатам опроса 89,3% врачей желали бы иметь мобильное приложение, позволяющее контролировать процесс диагностического осмотра и постановки диагноза, 89,5% – с информацией о актуальных образовательных программах, 92,9% – с образовательной информацией для пациентов, 84,9% – с набором диагностических тестов для оценки состояния здоровья пациента за пределами рабочего кабинета (при условии, что они предусмотрены для специальности респондента).

Визуальные проявления являются первостепенными в диагностике и мониторинге глазных заболеваний, их фото- и/или видеорегистрация является мощным дополнением к клинической документации и продолжает оставаться важным элементом клинической и научной офтальмологии. Однако получение качественных снимков без использования дополнительного оборудования предполагает высокую вероятность получения материала с нулевой информативностью. Для получения качественных снимков с помощью смартфона следует иметь специальный адаптер, который создает оптимальные условия съемки – исключает дрожания рук при работе с щелевой лампой, обеспечивает дополнительное освещение с возможностью крепления широкоугольных линз для осмотра глазного дна и др. На сегодня разработано порядка 40 видов адаптеров, каждый из которых имеет свои преимущества и явные недостатки.

По анализу платформы AppStore и GooglePlay выявлены следующие популярные приложения для проверки зрения, фотосъемки глаза и диагностики заболеваний:

- Smart Optometry- Eye test
- EyeCos EYE Selfie
- Проверка зрения
- Eye Handbook
- iКулист
- Optometry eye

Анализ мировой литературы демонстрирует высокий интерес зарубежного офтальмологического сообщества к мобильным технологиям, способным значительно расширить возможности практической деятельности врача-офтальмолога. Результаты проведенных в рамках данной работы опросов демонстрируют высокий интерес к мобильным технологиям и представителями отечественной медицины, что актуализирует активное изучение данного направления, разработку и совершенствование программного обеспечения и комплектующих к используемым мобильным устройствам с целью улучшения качества оказания медицинской помощи.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389,  
<https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*



**Список публикаций:**

1. Демчинский А.М., Мушкова И.А., Майчук Н.В., Демчинская Е.М.// *Современные технологии в офтальмологии* № 4 2016, XI Всероссийская научная конференция молодых ученых «Актуальные проблемы офтальмологии». Стр. 80-83.
2. Stanzel B.V., Meyer C.H. *Smartphones in der Augenheilkunde. Erleichterung oder Spielerei für den Augenarzt?* // *Der Ophthalmologe*. 2012. – Vol. 109, Is. 1. – P. 8-20.
3. Davis E.A., Hovanesian J.A., Katz J.A. et al. *Professional life and the smartphone* // *Cataract & Refractive Surgery Today*. – 2010. – Sept. – 21-22.
4. Jay Chhablani, Simon Kaja, Vinay A Shah, *Smartphones in ophthalmology* // *Ophthalmology practice*. – 2012. – Vol. 60, Is. 2. – P. 127-131.
5. Tahiri R. Joutei Hassani, Sanharawia M. El, Dupont-Monoda S. et al. *Les smartphones en ophtalmologie* // *J. Francais d'Ophtalmologie*. – 2013. – Vol. 36, Is. 6. – P. 499-525.
6. *47% of Doctors Use Digital Technologies, Smartphones at Work* [Электронный ресурс] // <http://mhealthintelligence.com> (дата обращения: 03.01.2016).

## ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ГЛЮКОЗЫ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЯХ

*Жексенбаев Е. К.<sup>1</sup>, Юрченко А. В.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет  
2774547@mail.ru

Сахарный диабет входит в тройку заболеваний, наиболее часто приводящих к инвалидизации населения и смерти. Способом борьбы с болезнью является соблюдение строгой диеты с постоянным самостоятельным контролем уровня глюкозы в крови. Однако, современные инвазивные глюкометры обладают рядом недостатков, таких как: болезненность процедуры прокола пальца, опасность попадания инфекции при проведении процедуры в нестерильных условиях, а также высокая стоимость расходных материалов. Все эти недостатки привели к необходимости разработки нового типа глюкометров, которым не будет требоваться образец крови для определения уровня глюкозы. Данный тип приборов получил название неинвазивный глюкометр. Наиболее известными неинвазивными методами измерения уровня глюкозы в крови являются: рамановская спектроскопия, импедансная спектроскопия, ближняя инфракрасная спектроскопия, фотоакустическая спектроскопия и другие. Рамановская спектроскопия [1] основана на измерении рассеянного света. Импедансная спектроскопия основанная на измерении сопротивления при изменении частоты излучения. Для измерения уровня глюкозы необходимо нескольких датчиков расположенных в области вен на руках человека [2]. Ближняя инфракрасная спектроскопия основана на передаче ближнего инфракрасного излучения через сосудистую область тела (палец, мочка уха и т. д.). При этом концентрация глюкозы рассчитывается на основе полученной спектральной информации [3]. Все измерения в ближней инфракрасной спектроскопии основаны на прохождении светового излучения через или вглубь образца и измерении интенсивности (прошедшего или отраженного) луча. Спектрометры для измерений в ближней инфракрасной спектроскопии имеют подходящий источник света (такой как высокостабильная кварцево-вольфрамовая лампа), монохроматор или интерферометр и детектор. Обычные монохроматоры представляют собой акустооптические перестраиваемые фильтры, дифракционные решетки или призмы. Спектроскопия в средней инфракрасной области основана на поглощении света молекулами глюкозы [4].

Было проведено определение поглощения раствора глюкозы в бидистиллированной воде 20 ммоль/литр, 10 ммоль/литр, 5 ммоль/литр и 0 ммоль/литр. Концентрация растворов выбирается таким образом, чтобы значение плотности на максимуме полосы попадало в оптимальный диапазон фотометрических измерений (0,3-1,5 оптической плотности). Растворы готовят в мерных колбах в соответствии с точным весом образца. Для стандартных кювет ( $l = 1$  см) и значений  $\epsilon=10^3$ - $10^4$  обычные концентрации растворов составят порядка  $10^{-2}$  моль/л.

В результатах измерения получены поглощения растворов глюкозы в диапазонах с 190 до 1,000 нм, с 190 до 450 нм и с 600 до 1,000 нм. При проведении серии измерений спектров поглощения на растворах глюкозы выявлена зависимость уровня поглощения на длине волны 825.5нм (пик 3) на всех остальных пиках изменения не обнаружены. На рисунке 1. представлено изменения спектра поглощения при изменении концентрации глюкозы. Видно, что с увеличением концентрации глюкозы увеличивается уровень поглощения.

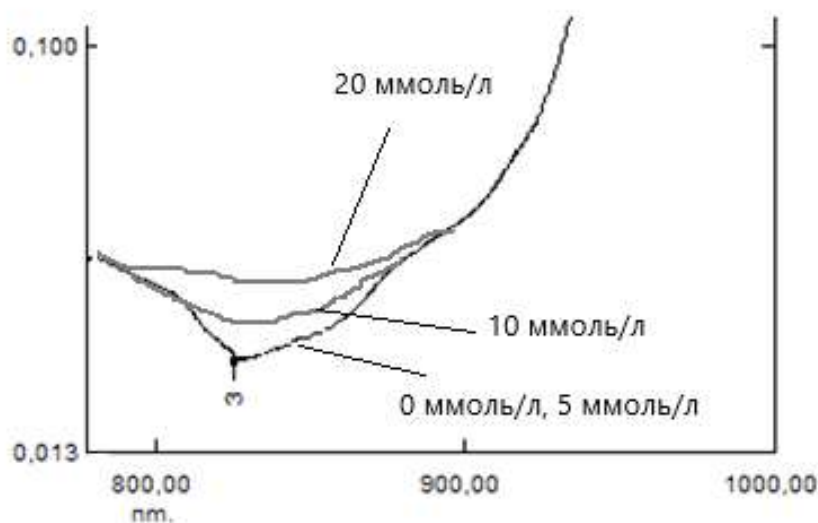


Рис. 1 Спектры поглощения растворов с концентрациями глюкозы 0 ммоль/литр, 5 ммоль/литр, 10 ммоль/литр, 20 ммоль/литр

В таблице 1 представлены результаты оптических измерений уровня поглощения на пиках глюкозы (3) и воды (1). Выявленный пик поглощения глюкозы позволил провести исследования уровня поглощения в растворах глюкозы тех же концентраций при облучении монохромные светодиодами с длиной волны 830 нм (что необходимо для создания портативного измерителя уровня глюкозы).

Прибор	Концентрация Длина волны, нм	0	5	10	20
		ммоль/литр	ммоль/литр	ммоль/литр	ммоль/литр
Светодиод Iю	825,5	0,036	0,037	0,053	0,067
	976	0,247	0,255	0,255	0,255
Спектро- фотометр	825,5	0,033	0,035	0,039	0,052

Таблица 1. – Поглощение растворов глюкозы

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389, <https://rscf.ru/project/22-19-00389/>

**Список публикаций:**

1. Forst T. et al. Impact of environmental temperature on skin thickness and microvascular blood flow in subjects with and without diabetes //Diabetes Technology & Therapeutics. – 2006. – Т. 8. – №. 1. – С. 94-101.
2. Caduff A. et al. First human experiments with a novel non-invasive, non-optical continuous glucose monitoring system //Biosensors and Bioelectronics. – 2003. – Т. 19. – №. 3. – С. 209-217.
3. Khalil O. S. Spectroscopic and clinical aspects of noninvasive glucose measurements //Clinical chemistry. – 1999. – Т. 45. – №. 2. – С. 165-177.

4. Roychoudhury P., Harvey L. M., McNeil B. *At-line monitoring of ammonium, glucose, methyl oleate and biomass in a complex antibiotic fermentation process using attenuated total reflectance-mid-infrared (ATR-MIR) spectroscopy* // *Analytica chimica acta*. – 2006. – T. 561. – №. 1-2. – C. 218-224.

## ПЕРЕМЕЩЕНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА К ЦЕЛИ ПО ОПТИМАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

*Гуцал В. А.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Vadya0994@mail.ru

Современные мобильные роботы способны выполнять не только команды, поступающие из центра управления, регламентирующие параметры движения (азимут, скорость, ускорение), но и самостоятельно планировать траекторию достижения целевого состояния, учитывая необходимость также решать задачи обхода препятствий. При этом ориентация в пространстве обеспечивается навигационной системой, использующей GPS/ГЛОНАСС, дополненной средствами системы ориентации: технического зрения, дальномером, инфракрасными датчиками и т.д. Совокупность этих средств обеспечивает мобильный робот достаточно объективной информацией о текущем местонахождении. Достижение целевого положения осуществляется по некоторой траектории, для предварительного планирования которой необходима информация о внешней среде -пространстве, в котором будет производиться движение. Эти сведения доставляет карта местности, которая может быть получена из различных источников. Однако такая карта не может учитывать возможные изменения, обусловленные перемещением мобильных устройств (транспорт, люди), природных явлений (осадки), антропогенного воздействия на ландшафт, сезонных изменений природы и др. Тем не менее общее представление о местности, доставляемое картой, вполне достаточное, для осуществления, обобщенного (предварительного) планирования траектории движения.

Для планирования траектории полета на основе полученной карты местности предполагается построение трехмерного массива размерностью  $n$ , заполненного значениями 0 и 1, где 0 - является свободным путем, 1 - препятствием. На основе полученного массива выполняется вычисление оптимальной траектории полета, с учетом обхода препятствий и учитывающей физические размеры летательного аппарата для преодоления наиболее сложных препятствий. Ниже приведен пример построенной траектории. Для реализации данной задачи используется алгоритм  $A^*$ .  $A^*$  пошагово просматривает все пути, ведущие от начальной вершины в конечную, пока не найдёт минимальный. В начале работы просматриваются узлы, смежные с начальным; выбирается тот из них, который имеет минимальное значение  $f(x)$ , после чего этот узел раскрывается. На каждом этапе алгоритм оперирует с множеством путей из начальной точки до всех ещё не раскрытых (листовых) вершин графа — множеством частных решений, — которое размещается в очереди с приоритетом. Приоритет пути определяется по значению  $f(x) = g(x) + h(x)$ . Алгоритм продолжает свою работу до тех пор, пока значение  $f(x)$  целевой вершины не окажется меньшим, чем любое значение в очереди, либо пока всё дерево не будет просмотрено. Из множества решений выбирается решение с наименьшей стоимостью. На рис. 1 приведен пример результата моделирования построенной траектории от текущего положения объекта до заданной цели в трехмерном пространстве реализованный в среде MatLab.

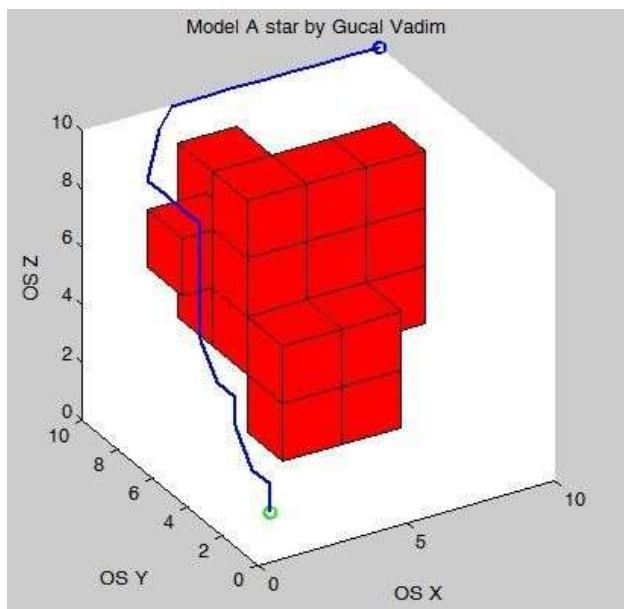


Рис. 1 Пример результата моделирования построения траектории

После расчета координат точек, для прохождения оптимальной траектории при помощи данных с гироскопического датчика, который измеряет угол поворота устройства, исполнительными механизмами летательного аппарата вырабатываются определенные воздействия для прохождения координат точек, из которых состоит оптимальная траектория полета.

Сложность данной задачи проявляется в том, что заданная цель является движущимся летающим объектом, и для этого необходим эффективно быстрый пересчет заданной оптимальной траектории и эффективно быстрая реакция исполнительных механизмов для постоянного приближения к движущейся цели.

#### Список публикаций:

1. NEERC.IFMO.RU: Алгоритм A\*. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC\\_A\\*](http://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_A*) (дата обращения 01.11.22).
2. ROBOTOSHA.RU: Описание движения мобильного робота. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotosha.ru/robotics/robot-motion.html> (дата обращения 01.11.22).
3. Шидловский С.В // Логическая система с перестраиваемой структурой в задачах управления технологическими процессами. Автоматрия. 2005. Т. 41. № 4. С. 104-113.
4. Шидловский С.В., Сырякин В.И., Шидловский В.С // Перестраиваемые вычислительные среды в многосвязных системах автоматического управления. Телекоммуникации. 2010. № 10. С. 28-32.

## СОЗДАНИЕ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ В 2D, 3D СРЕДЕ

*Нгуен Чанг Хоанг Тхуи<sup>1,2</sup>, Шидловский С. В.<sup>1</sup>, Нгуен Кыонг Тхе<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Вьетнамский морской университет

trangnht@vimaru.edu.vn

Навигационный робот — это робот, использующий технологию для управления движением и планирования работы. Эта технология определяет, как двигаться, идентифицировать и планировать работу робота, адаптируясь к внешней среде, и является автономно - интеллектуальным роботом. Конструкция этих роботов довольно сложна, требуя рассмотрения соответствующих методов и технологий. В общем, при создании роботов сосредоточьтесь на базовой области, заключающейся в том, чтобы предложить алгоритмы или сценарии работы для роботов и подходящие модели аппаратной архитектуры для роботов. Навигация роботов не является исключением, алгоритм навигации для роботов считается основой для построения движущихся карт для роботов в 2D и 3D пространстве. Параллельно будет упомянута предлагаемая аппаратная система, основанная на перестраиваемых вычислительных архитектурах. Эта статья посвящена созданию перестраиваемых вычислений для построения карты того, как робот перемещается в 2D и 3D пространстве.

Поведение навигационного робота настраивается в зависимости от окружающей среды, связь между структурами специфична для каждого местоположения и соответствующее движение робота является достаточно гибким, требующим гибкого аппаратного механизма управления роботом, тогда возможным решением является перестраиваемое вычислительное приложение. С подходом использования лазерной технологии в навигации и перестраиваемой вычислительной модели для управления работой робота процесс обработки информации будет осуществляться в 7 основных этапов: структурирование работы робота по логическим функциям, построение функции, представляющей корреляцию ввода / вывода, структурирование функций по основным логическим элементам И, ИЛИ, НЕТ, создание пространства активных состояний для робота, создание перестраиваемой вычислительной среды – ПВС для роботов. И последний шаг — это построение карты.

Общая среда движения робота обычно представлена в 2D и 3D пространстве. В 2D пространстве (координаты Оху) (рис.1), робот может двигаться в 4 направлениях в зависимости от положения препятствий вокруг него. Следовательно, можно разбить это пространство на 2-мерные матрицы ( $m \times n$ ), тогда размер каждой ячейки в матрице будет соответствовать размеру робота. При использовании метода структурирования каждая движущаяся позиция робота будет структурирована логическими функциями (И, ИЛИ, НЕ) с корреляцией входных и выходных данных функции, заданной текущей позицией и следующей позицией робота. Рассматривая возможные положения и движения робота, устанавливается набор элементарных вычислений, с помощью которых будет построено пространство состояний робота. Создание перестраиваемых вычислений — это по сути, объединение автоматов на физическом уровне при рассмотрении корреляции между входом и выходом каждого автомата и корреляции между автоматами, каждый из которых действует как элементарное вычисление (ЭВ) в перестраиваемых вычислениях. Интеграция алгоритма управления в аппаратную систему позволяет роботу иметь возможность воспроизводить пространство своего движения. Однако реализовать полноценную систему (аппаратное обеспечение, программное обеспечение) очень сложно. Автор сосредоточился на построении системы на логическом уровне путем моделирования и имитации, чтобы проверить правильность алгоритма управления, а также предложенной перестраиваемой вычислительной модели. Оттуда создайте движущееся пространство для робота на 2D и 3D картах.

С целью построения модели для имитации работы роботов (автоматов и настраиваемых вычислительных сред) предложена модель высокопроизводительной вычислительной среды с

параллельной конвейерной архитектурой. В то же время эта модель должна быть встроена в общую среду моделирования (пространственную) с поддержкой таких компонентов, как операционная система робота, инструмент моделирования среды и подключение к программному обеспечению моделирования. Имитационная модель робота будет установлена в среде Gazebo при поддержке операционной системы ROS для предоставления параметров координат робота, а также технических характеристик датчика. Эти параметры можно рассматривать как входную информацию для настраиваемых вычислений для моделирования в среде Matlab, тем самым создавая карту среды для робота, а также для всей роботизированной системы.

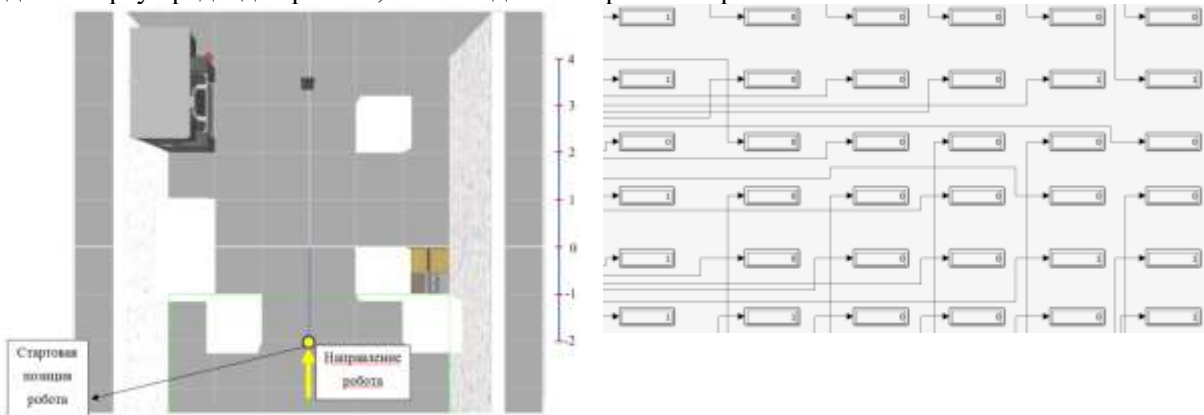


Рис. 1 Моделирование робота, движущегося в 2D-среде, и перестраиваемая карта вычислительной среды ПВС, получаемая при движении робота в 2D-среде

По аналогии с вафельным роботом Turtlebot 3 была создана среда беспилотного летательного аппарата Nector-Quadrotor. Чтобы учесть специфическую взаимосвязь между слоями в 3D-среде, среда для робота Nector-Quadrotor (рис. 3) будет построена на меньшей площади, а именно "6 × 6 × 6". В соответствии с этой средой будет построена среда ПВС с 216 ЭВ и интегрированным соединением между 6 слоями.

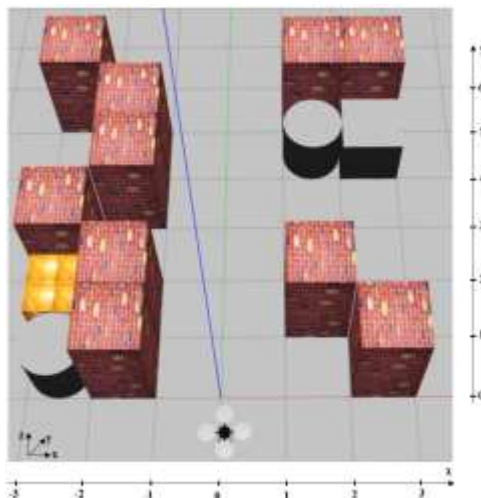


Рис. 2 Среда моделирования для дрона Nector-Quadrotor

Как уже упоминалось, для создания направленного робота необходимо создать две основные части: алгоритм навигации и аппаратную систему для обслуживания построения программы. Начиная с текущего состояния робота и соответствующих действий, устанавливается правило, с помощью которого будет построена база данных правил управления. Оттуда пространство рабочего состояния робота формируется в 2D и 3D средах. Были разработаны алгоритмы и вычислительные



модели окружающего пространства (для случая 2D и 3D), ориентированные на аппаратное обеспечение, выполняющее вычисления параллельной интеграции. Алгоритм позволяет выполнять работу в режиме реального времени в среде, где роботы и беспилотные летательные аппараты перемещаются от ЭВ к ПВС, равным размеру окружающей среды. Программное обеспечение было разработано для моделирования перестраиваемой модели вычислительной среды, реализующей вышеуказанные алгоритмы, были проведены вычислительные эксперименты для оценки качества и эффективности. В ходе моделирования была получена карта среды ПВС, полностью соответствующая среде робота и беспилотного летательного аппарата.

**Список публикаций:**

1. Шидловский С. В. *Автоматическое управление. Перестраиваемые структуры* / С. В. Шидловский. – Томск : ТГУ, 2006. – 288 с.
2. Шидловский С. В. *Автоматическое управление. Реконфигурируемые системы: учебное пособие* / С. В. Шидловский. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2010. – 168 с.
3. Nguyen T., Shydlovsky.S. *Situations in Construction of 3D Mapping for Slam [Electronic resource]* / MATEC Web of Conferences. – 2018. – Vol. 155 : 8th International Scientific and Practical Conference on Information and Measuring Equipment and Technologies, IME and T 2017. Tomsk, Russian Federation, November 22–25, 2017. – Article number 01055. – 6 p. – URL: [https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/14/mateconf\\_imet2018\\_01055.pdf](https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/pdf/2018/14/mateconf_imet2018_01055.pdf) (access date: 23.09.2020).

# ВОССТАНОВЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОЗОНА: ВЛИЯНИЕ СЕЧЕНИЙ ПОГЛОЩЕНИЯ

Невзоров А.А.

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

naa@iao.ru

В Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН на Сибирской лидарной станции (СЛС) продолжаются многолетние лидарные исследования вертикального распределения концентрации озона (ВРО) в верхней тропосфере – нижней стратосфере и стратосфере на парах длин волн зондирования 299/341 нм (~5–20 км) и 308/353 нм (~15–45 км) [1].

Лидарный метод дифференциального поглощения (МДП) предусматривает сравнение принятых эхо-сигналов из атмосферы или лидарных сигналов на двух длинах волн – 299 или 308 нм (поглощение озона), 341 или 353 нм (опорная длина волны). Анализ отношения двух лидарных сигналов на зондирующих длинах волн дает возможность оценить концентрацию озона в атмосфере и его пространственное распределение. МДП активно используется на всех лидарных станциях мира, где измеряют ВРО. В его основе лежит применение уравнения из работы [2]:

$$n(H) = \frac{1}{2[k_{on}(H, T) - k_{off}(H, T)]} \times \frac{d}{dH} \left[ \ln \frac{N_{off}(H)}{N_{on}(H)} \right],$$

где  $n(H)$  – концентрация озона на высоте  $H$ ,  $N_{on}(H)$  и  $N_{off}(H)$  – отраженные сигналы, зарегистрированные на длинах волн  $\lambda_{on}$  (on – на пике линии поглощения) и  $\lambda_{off}$  (off – вне пика линии поглощения);  $k_{on}(H, T)$  и  $k_{off}(H, T)$  – сечения поглощения озона с температурной зависимостью.

На рис. 1 в графическом виде показаны разности сечений поглощения со значительными отклонениями для пар длин волн 299/341 нм и 308/353 нм из работ Gorshlev et al [3,4], данные SCIAMACHY [5], данные GOME [6] и данные Malicet et al [7]. Заметим, что для пары длин волн 308 и 353 нм видны близкие значения сечений поглощения, особенно данные SCIAMACHY и Gorshlev. Имеются существенные расхождения разности сечений поглощений для второй пары длин волн.

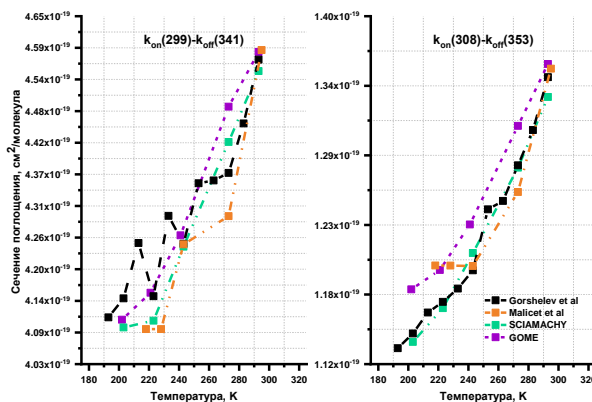


Рис. 1 Сечения поглощения озона (т.е.  $k_{on} - k_{off}$  для 299/341 нм (левая часть) и 308/353 нм (правая часть)) получены по четырем наборам данных: SCIAMACHY, GOME, Malicet, Gorshlev.

Алгоритм восстановления учитывает фактическую зависимость сечения поглощения озона от температуры. В своей работе [8] мы проанализировали влияние сечения поглощения из работ Gorshlev et al, данные SCIAMACHY, данные GOME и данные Malicet et al для длин волн 299 и 341 нм, 308 и 353 нм. Аналогичный анализ мы провели в рамках исследования влияния температурной коррекции [9].

Результат анализа сравнений профилей озона из работы [8] по разным наборам сечений поглощения и их средних отклонений показал, что для лидарного мониторинга приемлемо

использование данных из работы Gorshlev особенно на тропосферных высотах. Эффект от использования разных данных более заметен на тропосферных высотах вокруг тропопаузы на длинах волн 299/341 нм, где используемые наборы сечений поглощения сильно различаются от одной точки к другой. Температурная зависимость сечений поглощения будет заметно влиять на поведение профилей озона в тропосфере и стратосфере после добавления ранее неисследованных температурных величин, что существенно повысит надежность восстановления ВРО. Для примера на рисунке 2 представлены наложенные друг на друга средние профили озона с коридорами отклонений по данным лидарных измерений за 2021 год в тропосфере и стратосфере, восстановленные с использованием разных наборов сечений поглощения.

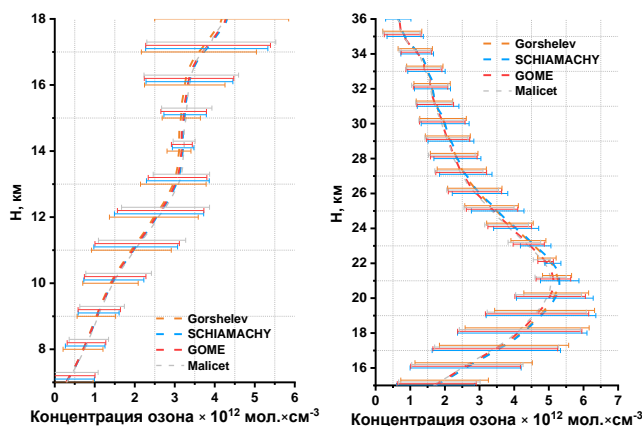


Рис. 2 Динамика озоносферы по данным лидарных измерений с использованием метеоданных MetOp

Из рисунка 2 видно, что профили и коридор вариативности очень близки. Динамика изменчивости тропосферы прослеживается в двух высотных диапазонах до 14 км и после, также это можно заметить на высотах стратосферы около 22 км. В наших измерениях преобладают зимние данные поэтому средний профиль получился характерным для этого периода. Отметим, что представленные на рисунке 2 профили очень близки. В то же время применение разных наборов сечений поглощения при рассмотрении профилей в увеличенном масштабе, показывает, что вертикальные распределения озона, полученные с использованием разных наборов, находятся в пределах погрешности восстановления ~6–14 % для высот 5–20 км и в пределах 5 % для стратосферных высот.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания ИОА СО РАН (в части получения результатов измерений) и гранта Президента РФ (МК-2040.2021.1.5) (в части обработки и анализа результатов). Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Атмосфера» при частичной финансовой поддержке Минобрнауки России (договор № 075-15-2021-661).

#### Список публикаций:

1. Comparison of ozone vertical profiles in the upper troposphere–stratosphere measured over Tomsk, Russia (56.5° N, 85.0° E) with DIAL, MLS, and IASI / Dolgii S.I., Nevzorov A.A., Nevzorov A.V., Romanovskii O.A., Kharchenko O.V. // *International Journal of Remote Sensing*. 2020. V.41. № 22. P. 8590–8609.
2. Measures, R.M. *Laser Remote Sensing: Fundamentals and Applications*. Reprint 1984 de Krieger Publishing Company; Krieger Publishing Company: Malabar, Florida, USA, 1992; pp. 237–280.
3. Gorshlev V., Serdyuchenko A., Weber M., Chehade W., and Burrows J.P. High spectral resolution ozone absorption cross-sections – Part 1: Measurements, data analysis and comparison with previous measurements around 293 K // *Atmospheric Measurement Techniques*. 2014. V. 7 issue 2. P. 609–624.
4. High spectral resolution ozone absorption cross-sections – Part 2: Temperature dependence / Serdyuchenko A., Gorshlev V., Weber M., Chehade W. and Burrows J.P. // *Atmospheric Measurement Techniques*. V. 7 issue 2. P. 625–636.

5. *Molecular Spectroscopy and Chemical Kinetics Group studies at the IUP, University of Bremen. Temperature dependent absorption cross sections measured with the SCIAMACHY satellite spectrometer: Version 4.0 for ozone.* URL: <https://www.iup.uni-bremen.de/gruppen/molspec/databases/sciamachydata/index.html> (дата обращения 9 декабря 2021).
6. *Molecular Spectroscopy and Chemical Kinetics Group studies at the IUP, University of Bremen. Temperature-dependent absorption cross-sections of O<sub>3</sub> in the 231-794 nm range recorded with GOME FM: O<sub>3</sub> data.* URL: <https://www.iup.uni-bremen.de/gruppen/molspec/databases/gomefmdata/index.html> (дата обращения 9 декабря 2021).
7. Malicet J., Daumont D., Charbonnier J., et al. *Ozone UV spectroscopy 2. Absorption cross-sections and temperature-dependence* // *Journal of Atmospheric Chemistry*. 1995. V. 21. N. 3. P. 263–273.
8. *Temperature Correction of the Vertical Ozone Distribution Retrieval at the Siberian Lidar Station Using the MetOp and Aura Data* / Dolgii S.I., Nevzorov A.A., Nevzorov A.V., Gridnev Yu.V., Kharchenko O.V. // *Atmosphere*. 2020. V. 11 N. 11. P. 1139.
9. *Influence of Absorption Cross-Sections on Retrieving the Ozone Vertical Distribution at the Siberian Lidar Station* / Dolgii S.I., Nevzorov A.V., Nevzorov A.A., Gridnev Yu.V., Romanovskii O.A., Kharchenko O.V. // *Atmosphere*. 2022. V.13. Issue 2. P. 293.

## СИНТЕЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ В ВИДЕОПОТОКЕ

*Нгуен Кыонг Тхе<sup>1,2</sup>, Сырямкин В. И.<sup>1</sup>, Нгуен Чанг Хоанг Тхуи<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Вьетнамский морской университет

cuongntit@vimarv.edu.vn

Видео - это файл в виде изображений, которые показываются последовательно с течением времени, вызывая восприятие движущегося эффекта изображения человеческим глазом. Текущее видео имеет частоту кадров в секунду (англ. Frames Per Second - FPS), обычно 30 кадров в секунду или более. Обнаружение объектов в видео - это, по сути, обнаружение объектов в изображении, и время обработки должно быть меньше, чем частота кадров в секунду видео.

Обнаружение объектов в видеопотоках - это общая проблема, которую можно разделить на проблемы, основанные на таких свойствах объекта, как цвет, форма и движение. Для алгоритмов, которые необходимо сначала обучить, это будет проблемой: обнаружение обычных объектов или обнаружение и распознавание человеческих лиц.

Алгоритм состоит из двух шагов: Шаг 1 - Определяем цветовой порог объекта. Шаг 2 - Обнаруживаем объект, цвет которого относится к порогу на шаге 1. На шаге 1 цветовой порог определяется в соответствии с нижней и верхней границами цветовой системы HSV (англ. Hue, Saturation, Value), поскольку он имеет три разных независимых параметра. На шаге 2: Шаг 2.1 - Определяем странные грани как пиксели, принадлежащие цветовой порогу. Шаг 2.2 - Используем оператор "Открыть" (англ. Open) для удаления шума (ядро 5x5). Шаг 2.3 - Мы используем операцию "Закрыть" (англ. Close), чтобы получить исходный размер (ядро 10x10). Шаг 2.4 - Находим границу (контур) вокруг объекта на изображении странного лица. Шаг 2.5 - Рисуем линию вокруг объекта в соответствующем положении исходного изображения. Смотрите также [1]. Алгоритм подходит для обнаружения объектов с синхронными цветами, видео с FPS равно 30.



*Рис. 1 Результат обнаружения объекта по цветовому признаку*

Ранее обнаружение объекта основывалось на алгоритме вычитания фона [2]. Недостаток этого алгоритма заключается в том, что трудно определить, какие пиксели являются фоном. Полагаемся на движущийся объект в видео, чтобы изменить его положение относительно фона изображения в последовательных кадрах. Итак, нам просто нужно вычислить абсолютную разницу между двумя (или, возможно, более) последовательными кадрами, что приведет к изменению границы вокруг объекта. Если количество изменений пикселей превышает определенный порог, значит, объект движется. Применяются операции шумоподавления и сглаживания изображения. Смотрите также [3]



Рис. 2 Результаты обнаружения движущегося объекта

В подходе применения искусственной нейронной сети (англ. CNN) [4] было предложено множество моделей, которые возвращают высокие результаты с наборами тестовых данных, опубликованных в справочнике [5]. Чтобы адаптироваться к реальной задаче, масштаб которой подходит для небольшой группы объектов, скорректировали существующие сетевые модели CNN, унаследовав обученные данные в сверточных слоях (англ. convolution layers). Настраиваемся из "полностью связанных слоев" (англ. fully connected layers) и проектируем выходное количество в соответствии с количеством групп объектов, которые необходимо обнаружить. Экспериментальная модель на наборе данных MNIST [6] с задачей распознавания рукописных цифр и задачей распознавания российских билетов [7], которая наследует обучающие данные из "слоев свертки" модели VGG16 [8].

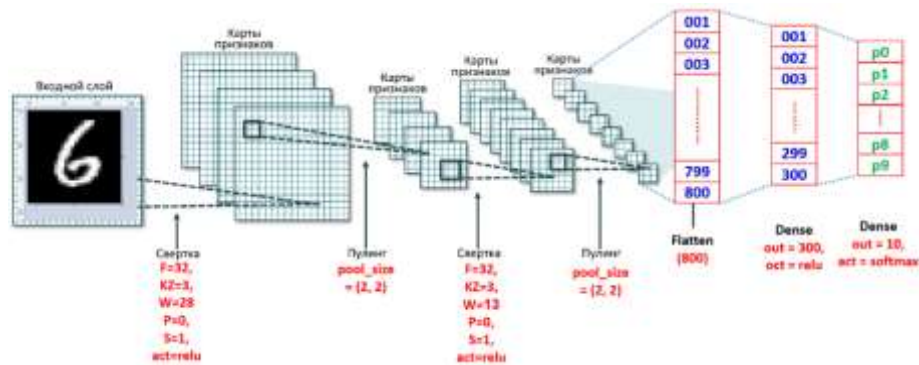


Рис. 3 Дизайн модели CNN распознает рукописные цифры

```

new_model = old_model(weights='old_weights_file', include_top=False)
x = Flatten(name='flatten')(new_model)
x = Dense(n1, activation='relu', name='fc1')(x)
x = Dropout(0.5)(x)
x = Dense(n2, activation='relu', name='fc2')(x)
x = Dropout(0.5)(x)
x = Dense(n3, activation='softmax', name='predictions')(x)

```



Рис. 4 Редактируем "полностью связанные слои" после "слоев свертки" модели VGG16, чтобы создать модель распознавания российских билетов

```

Epoch 00049: val_accuracy did not improve from 0.98627
Epoch 50/50
51/51 [=====] - 12s 245ms/step - loss: 0.1076 - accuracy: 0.9635 - val_loss: 0.8662 - val_accuracy:
Epoch 00050: val_accuracy did not improve from 0.98627
(tf_gpu) [anhpv@compute-0-1 money] $

```

Рис. 5 Результат обучения набора данных имеет точность 0,98627 после 49-й эпохи.

Обнаружение объектов на изображениях было дано многими исследователями, многие модели CNN тестируются с большими наборами данных, что требует высоконастраиваемых компьютеров для выполнения с очень длительным временем обработки обучения. Однако при применении в реальном времени проблема обнаружения объекта в видеопотоке возникает из-за контроля времени обработки, каждый кадр должен быть меньше FPS. Этот фактор в значительной степени влияет на точность и детализацию применяемых моделей. На самом деле, не существует оптимальной модели для всех проблем. Поэтому исследователям необходимо тщательно проанализировать характеристики задачи, входные данные процесса обучения и спроектировать соответствующую модель для обнаружения объектов в видео в реальном времени. Применение трансфертного обучения к практическим задачам - это тенденция, которая в настоящее время активно изучается. Смотрите также [9].

#### **Список публикаций:**

1. OpenCV// URL: <https://docs.opencv.org/4.x/index.html>
2. Piccardi, M. //Background subtraction techniques: A review. *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*. 2004. pp. 3099–3104. doi:10.1109/icsmc.2004.1400815. ISBN 0-7803-8567-5.
3. Nguyen The, C., Shashev, D. //Methods and Algorithms for Detecting Objects in Video Files. Article number 01016. *MATEC Web of Conferences*. 2018. Volume 155.
4. Wikipedia // [https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network)
5. EU-funded PASCAL2 Network of Excellence on Pattern Analysis, SMCL// URL: <http://host.robots.ox.ac.uk/pascal/VOC/>
6. Yann LeCun, Corinna Cortes, Christopher J.C. Burges// The MNIST database of handwritten digits. URL: <http://yann.lecun.com/exdb/mnist/>
7. Нгуен Тхе Кыонг, Сырямкин В.И., Нгуен Чанг Хоанг Тхуи// Модель метода распознавания объектов на изображениях с использованием «сверточной нейронной сети – CNN» // *Современные наукоемкие технологии*.-2020. -№ 12-2. -С. 269-280;
8. Xiangyu Zhang, Jianhua Zou, Kaiming He, Jian Sun// Accelerating Very Deep Convolutional Networks for Classification and Detection. *Computer Vision and Pattern Recognition (cs.CV)*. 2015. URL: <https://arxiv.org/abs/1505.06798>
9. Данг Т.Ф.Т., Юрченко А.В., Динь В.Т., Ляшенко Д.А., Нгуен Т.К.// Применение сверточной нейронной сети для распознавания фруктов // *Современные наукоемкие технологии*. – 2021. – № 7. – С. 24-29;



# ARDUINO-BASED TEMPERATURE AND RELATIVE HUMIDITY SENSORS - AN ESTIMATION OF THEIR SUITABILITY FOR INDOOR AIR QUALITY OF SOLAR DRYER

*Louay A. Rasheed<sup>1</sup>, Alexey V. Y.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Tomsk polytechnic University

<sup>2</sup>Tomsk State University

niipp@inbox.ru

Sensors are now used in practically every aspect of life because to technological improvement and size reduction. One of these industries where sensors are effectively applied to get multiple advantages is agriculture. The choice of sensors and appropriate use of them to address the issues with drying agricultural products Measurements of temperature and humidity are helpful in a variety of heat engineering applications, including maintaining the indoor climate in buildings and public spaces and keeping an eye on agricultural product drying systems. The possibility for improving the control and management of energy efficiency and indoor environmental quality is presented by the industry's rising use of digital twins (IEQ).

Energy and HVAC have drawn a lot of interest from the scientific community from the aforementioned disciplines of study. Beyond energy consumption sensors, indoor environmental quality (IEQ) sensors are frequently utilized in this field [1,2]. IEQ is frequently evaluated by the measurement of particular physical characteristics, such as air temperature (T), relative humidity (RH), and air velocity, as well as chemical and microbiological factors.

The main objective is to assess how well various types of sensors work over the long term. It is anticipated that in doing so, recommendations for test methods will be made for that review. The evaluation examined five distinct humidity, relative temperature, and sensor types.

Selected sensors for comparison: -

The selection of the sensors for a monitoring campaign has to take into account many factors. According to Silva, Coelho and Henriques (2020) [3], the following aspects must be considered: compatibility of the sensor with the ambient conditions; measuring range; resolution; accuracy; response time; drift in time; compatibility with the data-logger and price.

The market has a wide variety of sensors for measuring relative humidity and temperature. It is therefore difficult to choose the best equipment from such a large choice. The sensors used in this study that were selected for comparison meet the requirements listed below:

- ✓ Getting closer to the minimal accuracy standards for both temperature and relative humidity,
- ✓ Low-cost,
- ✓ Accessible online from at least one of the top five distributors of electronics components,
- ✓ Connectable to the Arduino platform and open-source,
- ✓ Easy programming,
- ✓ No need for many other components for proper performance.

Five different sensors of the following parameters as shown in Figure. 1 were tested: temperature (T) and relative humidity (RH). The T and RH tests comprise a combination of short-term and long-term exposures over 24 months, ranging between 10 °C and 35 °C, and 50%–95%, respectively. The results highlighted that some low-cost sensors, open-source and easily connectable to Arduino, showed an excellent behavior and general compliance with applicable standards. SHT85 T/RH sensor, stood out in the sample.





Fig. 1. Five different sensors of the considered temperature & relative humidity: (a) SHT31, (b) SHT85, (c) SHT75, (d) DHT11, (e) DHT22 or AM2302.

Temperature and Relative humidity: -

Table 1&Table 2 show the main characteristics declared by the manufacturers of the considered temperature and relative humidity sensors.

Table 1

Main typical characteristics of temperature sensors (obtained from manufacturers).

Sensor	Type of sensor	Range (°C)	Accuracy (°C)	Resolution (°C)	Repeatability (°C)	Response (s)	Power consumption (mW)
SHT31	Silicon bandgap	-40 to 90	±0.3	0.01	±0.08	>2	0.00561
SHT85	Silicon bandgap	-40 to 105	±0.1	0.01	±0.08	>2	0.00561
SHT75	Thermistor	-40 to 123.8	±0.3	0.01	±0.1	5 to 30	0.0924
DHT11	Thermistor	0 to 50	±5	1	±1	30	0.6
DHT22 or AM2302	Thermistor	-40 to 80	±0.5	0.1	±1	2	6.25

Table 2

Main typical characteristics of relative humidity sensors (obtained from manufacturers).

Sensor	Type of sensor	Range (%)	Accuracy (%)	Resolution (%)	Repeatability (%)	Response (%)	Power consumption (mW)
SHT31	Capacitive	0 to 100	±2	0.01	±0.15	8	0.00561
SHT85	Capacitive	0 to 100	±1.5	0.01	±0.15	8	0.00561
SHT75	Capacitive	0 to 100	±1.8	0.05	±0.1	8	0.0924
DHT11	Resistive	20 to 90	±4	1	±1	2	0.6
DHT22 or AM2302	Capacitive	0 to 100	±2	0.1	±0.2	10	6.25

The graphic of Figure. 2 shows the temperature and relative humidity of the model for evaluating the robustness of sensors [4]. The experimental setup was based on the intercomparison of the selected temperature and relative humidity sensors. With a logging interval of 1 min, the sensors were tested in different combinations of temperature and relative humidity ambiances programmed in the climatic chamber. The laboratory campaign was two months under climatic cycles.

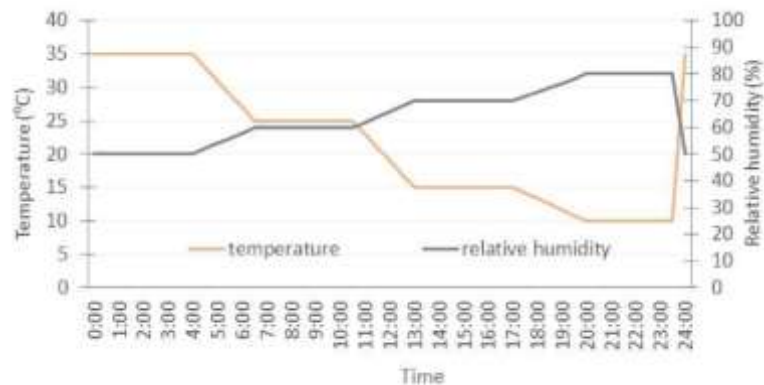


Fig. 2 First phase - Temperature and relative humidity of the cycle.

DHT22 Temperature and Humidity sensor: -

The temperature is read using a DHT22 sensor, which is then utilized to regulate the fan speed. It can also detect relative humidity. This sensor features a resistive-type humidity measuring component and an NTC-type temperature measurement element built-in, as well as an 8-bit microprocessor with a rapid response time, and is available in a 4-pin single-row device. The DHT22 module uses serial communication, which is sometimes known as "single-wire communication." When compared to other sensors, this sensor is very simple to use and has excellent accuracy. For a certain amount of time, this module delivers data in the form of a pulse train.

Conclusions:

This work contributes to the scientific field of digital twins by analyzing the long-term performance of different sensors applied in the measurement of temperature, relative humidity. These parameters are the most frequently used in indoor environmental quality (IEQ) studies. However, the state of the art showed a lack of comprehensive and current studies comparing low-cost sensors of these parameters that can be easily used in an Arduino.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-19-00389,  
<https://rscf.ru/project/22-19-00389/>*

**References:**

1. T. Parkinson, A. Parkinson, R. de Dear, *Continuous IEQ monitoring system: context and development*, *Build. Environ.* 149 (2019) 15–25.
2. S. Habibi, *Smart innovation systems for indoor environmental quality (IEQ)*, *J. Build. Eng.* 8 (2016) 1–13.
3. H.E. Silva, G.B.A. Coelho, F.M.A. Henriques, *Climate monitoring in world heritage list buildings with low-cost data loggers: the case of the Jerónimos Monastery in Lisbon (Portugal)*, *J. Build. Eng.* 28 (2020) 101029.
4. Pedro F. Pereira, Nuno M.M. Ramos *Low-cost Arduino-based temperature, relative humidity and CO2 sensors - An assessment of their suitability for indoor built environments*, *Journal of Building Engineering* 60 (2022) 105151.

# MACHINE LEARNING IN PHYSICS

*Mukesh Pradhan, Poguda A. A.*  
Tomsk State University  
mpradhan745@gmail.com

Applying classical methods of machine learning to the study of quantum systems is the focus of an emergent area of physics research. A basic example of this is quantum state tomography, where a quantum state is learned from measurement [1]. Other examples include learning Hamiltonians [2, 3] learning quantum phase transitions [4, 5] and automatically generating new quantum experiments [6, 7, 8, 9]. Classical machine learning is effective at processing large amounts of experimental or calculated data in order to characterize an unknown quantum system, making its application useful in contexts including quantum information theory, quantum technologies development, and computational materials design. In this context, it can be used for example as a tool to interpolate pre-calculated interatomic potentials [10] or directly solving the Schrödinger equation with a variational method.

Applications of machine learning to physics:

## 1. Noisy data

The ability to experimentally control and prepare increasingly complex quantum systems brings with it a growing need to turn large and noisy data sets into meaningful information. This is a problem that has already been studied extensively in the classical setting, and consequently, many existing machine learning techniques can be naturally adapted to more efficiently address experimentally relevant problems. For example, Bayesian methods and concepts of algorithmic learning can be fruitfully applied to tackle quantum state classification, Hamiltonian learning, and the characterization of an unknown unitary transformation. Other problems that have been addressed with this approach are given in the following list:

- Identifying an accurate model for the dynamics of a quantum system, through the reconstruction of the Hamiltonian;
- Extracting information on unknown states [1];
- Learning unknown unitary transformations and measurements;
- Engineering of quantum gates from qubit networks with pairwise interactions, using time dependent or independent Hamiltonians;
- Improving the extraction accuracy of physical observables from absorption images of ultracold atoms (degenerate Fermi gas), by the generation of an ideal reference frame;

## 2. Calculated and noise-free data

Quantum machine learning can also be applied to dramatically accelerate the prediction of quantum properties of molecules and materials. This can be helpful for the computational design of new molecules or materials. Some examples include

- Interpolating interatomic potentials;
- Inferring molecular atomization energies throughout chemical compound space;
- Accurate potential energy surfaces with restricted Boltzmann machines;
- Automatic generation of new quantum experiments [6, 7];
- Solving the many-body, static and time-dependent Schrödinger equation [10];
- Identifying phase transitions from entanglement spectra;
- Generating adaptive feedback schemes for quantum metrology and quantum tomography.

## 3. Variational circuits

Variational circuits are a family of algorithms which utilize training based on circuit parameters and an objective function. Variational circuits are generally composed of a classical device communicating input parameters (random or pre-trained parameters) into a quantum device, along with a classical Mathematical optimization function. These circuits are very heavily dependent on the architecture of the proposed quantum device because parameter adjustments are adjusted based solely on the classical components within the device. Though the application is considerably infantile in the field of quantum machine learning, it has incredibly high promise for more efficiently generating efficient optimization functions.

#### 4. Sign problem

Machine learning techniques can be used to find a better manifold of integration for path integrals in order to avoid the sign problem.

#### 5. Fluid dynamics

Physics informed neural networks have been used to solve partial differential equations in both forward and inverse problems in a data driven manner. One example is the reconstructing fluid flow governed by the Navier-Stokes equations. Using physics informed neural networks does not require the often-expensive mesh generation that conventional CFD methods relies on.

#### 6. Physics discovery and prediction

A deep learning system was reported to learn intuitive physics from visual data (of virtual 3D environments) based on an unpublished approach inspired by studies of visual cognition in infants. Other researchers have developed a machine learning algorithm that could discover sets of basic variables of various physical systems and predict the systems' future dynamics from video recordings of their behavior. In the future, it may be possible that such can be used to automate the discovery of physical laws of complex systems. Beyond discovery and prediction, "blank slate"-type of learning of fundamental aspects of the physical world may have further applications such as improving adaptive and broad artificial general intelligence.[additional citation(s) needed] In specific, prior machine learning models were "highly specialized and lack a general understanding of the world".

#### References:

1. Torlai, Giacomo; Mazzola, Guglielmo; Carrasquilla, Juan; Troyer, Matthias; Melko, Roger; Carleo, Giuseppe (May 2018). "Neural-network quantum state tomography". *Nature Physics*. 14 (5): 447–450. arXiv:1703.05334. Bibcode:2018NatPh..14..447T. doi:10.1038/s41567-018-0048-5. ISSN 1745-2481. S2CID 125415859.
2. Cory, D. G.; Wiebe, Nathan; Ferrie, Christopher; Granade, Christopher E. (2012-07-06). "Robust Online Hamiltonian Learning". *New Journal of Physics*. 14 (10): 103013. arXiv:1207.1655. Bibcode:2012NJPh...14j3013G. doi:10.1088/1367-2630/14/10/103013. S2CID 9928389.
3. Cao, Chenfeng; Hou, Shi-Yao; Cao, Ningping; Zeng, Bei (2020-02-10). "Supervised learning in Hamiltonian reconstruction from local measurements on eigenstates". *Journal of Physics: Condensed Matter*. 33 (6): 064002. arXiv:2007.05962. doi:10.1088/1361-648x/abc4cf. ISSN 0953-8984. PMID 33105109. S2CID 220496757.
4. Broecker, Peter; Assaad, Fakhre F.; Trebst, Simon (2017-07-03). "Quantum phase recognition via unsupervised machine learning". arXiv:1707.00663 [cond-mat.str-el].
5. Huembeli, Patrick; Dauphin, Alexandre; Wittek, Peter (2018). "Identifying Quantum Phase Transitions with Adversarial Neural Networks". *Physical Review B*. 97 (13): 134109. arXiv:1710.08382. Bibcode:2018PhRvB..97m4109H. doi:10.1103/PhysRevB.97.134109. ISSN 2469-9950. S2CID 125593239.
6. Jump up to:a b Krenn, Mario (2016-01-01). "Automated Search for new Quantum Experiments". *Physical Review Letters*. 116 (9): 090405. arXiv:1509.02749. Bibcode:2016PhRvL.116i0405K. doi:10.1103/PhysRevLett.116.090405. PMID 26991161. S2CID 20182586.
7. Jump up to:a b Knott, Paul (2016-03-22). "A search algorithm for quantum state engineering and metrology". *New Journal of Physics*. 18 (7): 073033. arXiv:1511.05327. Bibcode:2016NJPh...18g3033K. doi:10.1088/1367-2630/18/7/073033. S2CID 2721958.
8. Dunjko, Vedran; Briegel, Hans J (2018-06-19). "Machine learning & artificial intelligence in the quantum domain: a review of recent progress". *Reports on Progress in Physics*. 81 (7): 074001. arXiv:1709.02779.

*Bibcode:2018RPPh...81g4001D. doi:10.1088/1361-6633/aab406. hdl:1887/71084. ISSN 0034-4885. PMID 29504942. S2CID 3681629.*

9. Melnikov, Alexey A.; Nautrup, Hendrik Poulsen; Krenn, Mario; Dunjko, Vedran; Tiersch, Markus; Zeilinger, Anton; Briegel, Hans J. (1221). "Active learning machine learns to create new quantum experiments". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 115 (6): 1221–1226. arXiv:1706.00868. doi:10.1073/pnas.1714936115. ISSN 0027-8424. PMC 5819408. PMID 29348200.

10. Behler, Jörg; Parrinello, Michele (2007-04-02). "Generalized Neural-Network Representation of High-Dimensional Potential-Energy Surfaces". *Physical Review Letters*. 98 (14): 146401. Bibcode:2007PhRvL..98n6401B. doi:10.1103/PhysRevLett.98.146401. PMID 17501293.

## NATURAL LANGUAGE GENERATION

*Mukesh Pradhan, Poguda A. A.*  
Tomsk State University  
mpradhan745@gmail.com

Natural-language understanding (NLU) or natural-language interpretation (NLI) [1] is a subtopic of natural-language processing in artificial intelligence that deals with machine reading comprehension. Natural-language understanding is considered an AI-hard problem [2].

There is considerable commercial interest in the field because of its application to automated reasoning [3], machine translation [4], question answering [5], news-gathering, text categorization, voice-activation, archiving, and large-scale content analysis.

The umbrella term "natural-language understanding" can be applied to a diverse set of computer applications, ranging from small, relatively simple tasks such as short commands issued to robots, to highly complex endeavors such as the full comprehension of newspaper articles or poetry passages. Many real-world applications fall between the two extremes, for instance text classification for the automatic analysis of emails and their routing to a suitable department in a corporation does not require an in-depth understanding of the text [6], but needs to deal with a much larger vocabulary and more diverse syntax than the management of simple queries to database tables with fixed schemata.

Throughout the years various attempts at processing natural language or English-like sentences presented to computers have taken place at varying degrees of complexity. Some attempts have not resulted in systems with deep understanding, but have helped overall system usability. For example, Wayne Ratliff originally developed the Vulcan program with an English-like syntax to mimic the English-speaking computer in Star Trek. Vulcan later became the dBase system whose easy-to-use syntax effectively launched the personal computer database industry [7, 8]. Systems with an easy to use or English like syntax are, however, quite distinct from systems that use a rich lexicon and include an internal representation (often as first order logic) of the semantics of natural language sentences.

Hence the breadth and depth of "understanding" aimed at by a system determine both the complexity of the system (and the implied challenges) and the types of applications it can deal with. The "breadth" of a system is measured by the sizes of its vocabulary and grammar. The "depth" is measured by the degree to which its understanding approximates that of a fluent native speaker. At the narrowest and shallowest, English-like command interpreters require minimal complexity, but have a small range of applications. Narrow but deep systems explore and model mechanisms of understanding [9], but they still have limited application. Systems that attempt to understand the contents of a document such as a news release beyond simple keyword matching and to judge its suitability for a user are broader and require significant complexity [10], but they are still somewhat shallow. Systems that are both very broad and very deep are beyond the current state of the art. Regardless of the approach used, most natural-language-understanding systems share some common components. The system needs a lexicon of the language and a parser and grammar rules to break sentences into an internal representation. The construction of a rich lexicon with a suitable ontology requires significant effort, e.g., the Wordnet lexicon required many person-years of effort.

The system also needs theory from semantics to guide the comprehension. The interpretation capabilities of a language-understanding system depend on the semantic theory it uses. Competing semantic theories of language have specific trade-offs in their suitability as the basis of computer-automated semantic interpretation. These range from naive semantics or stochastic semantic analysis to the use of pragmatics to derive meaning from context. Semantic parsers convert natural-language texts into formal meaning representations.

Advanced applications of natural-language understanding also attempt to incorporate logical inference within their framework. This is generally achieved by mapping the derived meaning into a set of assertions in predicate logic, then using logical deduction to arrive at conclusions. Therefore, systems based on functional languages such as Lisp need to include a subsystem to represent logical assertions, while logic-

oriented systems such as those using the language Prolog generally rely on an extension of the built-in logical representation framework.

The management of context in natural-language understanding can present special challenges. A large variety of examples and counter examples have resulted in multiple approaches to the formal modeling of context, each with specific strengths and weaknesses.

**References:**

1. Semaan, P. (2012). *Natural Language Generation: An Overview*. *Journal of Computer Science & Research (JCSCR)*-ISSN, 50-57
2. Roman V. Yampolskiy. *Turing Test as a Defining Feature of AI-Completeness*. In *Artificial Intelligence, Evolutionary Computation and Metaheuristics (AIECM) --In the footsteps of Alan Turing*. Xin-She Yang (Ed.), pp. 3-17. (Chapter 1). Springer, London. 2013. <http://cecs.louisville.edu/ry/TuringTestasaDefiningFeature04270003.pdf>
3. Van Harmelen, Frank, Vladimir Lifschitz, and Bruce Porter, eds. *Handbook of knowledge representation*. Vol. 1. Elsevier, 2008.
4. Macherey, Klaus, Franz Josef Och, and Hermann Ney. "Natural language understanding using statistical machine translation." *Seventh European Conference on Speech Communication and Technology*. 2001.
5. Hirschman, Lynette, and Robert Gaizauskas. "Natural language question answering: the view from here." *natural language engineering* 7.4 (2001): 275-300.
6. *An approach to hierarchical email categorization by Peifeng Li et al. in Natural language processing and information systems edited by Zoubida Kedad, Nadira Lammari 2007 ISBN 3-540-73350-7*
7. *InfoWorld*, Nov 13, 1989, page 144
8. *InfoWorld*, April 19, 1984, page 71
9. *Building Working Models of Full Natural-Language Understanding in Limited Pragmatic Domains by James Mason 2010*.
10. *Mining the Web: discovering knowledge from hypertext data by Soumen Chakrabarti 2002 ISBN 1-55860-754-4 page 289*

## APPLICATIONS OF DEEP LEARNING

*Mukesh Pradhan, Poguda A. A.*

Tomsk State University

mpradhan745@gmail.com

Presently, various DL applications are widespread around the world. These applications include healthcare, social network analysis, audio and speech processing (like recognition and enhancement), visual data processing methods (such as multimedia data analysis and computer vision), and NLP (translation and sentence classification), among others. These applications have been classified into five categories: classification, localization, detection, segmentation, and registration. Although each of these tasks has its own target, there is fundamental overlap in the pipeline implementation of these applications. Classification is a concept that categorizes a set of data into classes. Detection is used to locate interesting objects in an image with consideration given to the background. In detection, multiple objects, which could be from dissimilar classes, are surrounded by bounding boxes. Localization is the concept used to locate the object, which is surrounded by a single bounding box. In segmentation (semantic segmentation), the target object edges are surrounded by outlines, which also label them; moreover, fitting a single image (which could be 2D or 3D) onto another refers to registration. One of the most important and wide-ranging DL applications are in healthcare. This area of research is critical due to its relation to human lives. Moreover, DL has shown tremendous performance in healthcare. Therefore, we take DL applications in the medical image analysis field as an example to describe the DL applications.

Computer-Aided Diagnosis (CADx) is another title sometimes used for classification. Bharati et al. used a chest X-ray dataset for detecting lung diseases based on a CNN. Another study attempted to read X-ray images by employing CNN. In this modality, the comparative accessibility of these images has likely enhanced the progress of DL. used an improved pre-trained GoogLeNet CNN containing more than 150,000 images for training and testing processes. This dataset was augmented from 1850 chest X-rays. The creators reorganized the image orientation into lateral and frontal views and achieved approximately 100% accuracy. This work of orientation classification has clinically limited use. As a part of an ultimately fully automated diagnosis workflow, it obtained the data augmentation and pre-trained efficiency in learning the metadata of relevant images. Chest infection, commonly referred to as pneumonia, is extremely treatable, as it is a commonly occurring health problem worldwide. Conversely, Rajpurkar et al. utilized CheXNet, which is an improved version of DenseNet with 121 convolution layers, for classifying fourteen types of disease. These authors used the CheXNet14 dataset, which comprises 112,000 images. This network achieved an excellent performance in recognizing fourteen different diseases. In particular, pneumonia classification accomplished a 0.7632 AUC score using receiver operating characteristics (ROC) analysis. In addition, the network obtained better than or equal to the performance of both a three-radiologist panel and four individual radiologists. Zuo et al. have adopted CNN for candidate classification in lung nodule. Shen et al. employed both Random Forest (RF) and SVM classifiers with CNNs to classify lung nodules. They employed two convolutional layers with each of the three parallel CNNs. The LIDC-IDRI (Lung Image Database Consortium) dataset, which contained 1010-labeled CT lung scans, was used to classify the two types of lung nodules (malignant and benign). Different scales of the image patches were used by every CNN to extract features, while the output feature vector was constructed using the learned features. Next, these vectors were classified into malignant or benign using either the RF classifier or SVM with radial basis function (RBF) filter. The model was robust to various noisy input levels and achieved an accuracy of 86% in nodule classification. Conversely, the model of interpolates the image data missing between PET and MRI images using 3D CNNs. The Alzheimer Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) database, containing 830 PET and MRI patient scans, was utilized in their work. The PET and MRI images are used to train the 3D CNNs, first as input and then as output. Furthermore, for patients who have no PET images, the 3D CNNs utilized the trained images to rebuild the PET images. These rebuilt images approximately fitted the actual disease recognition outcomes. However, this approach did not address the



overfitting issues, which in turn restricted their technique in terms of its possible capacity for generalization. Diagnosing normal versus Alzheimer's disease patients has been achieved by several CNN models. Hosseini-Asl et al. attained 99% accuracy for up-to-date outcomes in diagnosing normal versus Alzheimer's disease patients. These authors applied an auto-encoder architecture using 3D CNNs. The generic brain features were pre-trained on the CADDementia dataset. Subsequently, the outcomes of these learned features became inputs to higher layers to differentiate between patient scans of Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, or normal brains based on the ADNI dataset and using fine-tuned deep supervision techniques. The architectures of VGGNet and RNNs, in that order, were the basis of both VOXCNN and ResNet models developed by Korolev et al. They also discriminated between Alzheimer's disease and normal patients using the ADNI database. Accuracy was 79% for Voxnet and 80% for ResNet. Compared to Hosseini-Asl's work, both models achieved lower accuracies. Conversely, the implementation of the algorithms was simpler and did not require feature hand-crafting, as Korolev declared. In 2020, Mehmood et al. trained a developed CNN-based network called "SCNN" with MRI images for the tasks of classification of Alzheimer's disease. They achieved state-of-the-art results by obtaining an accuracy of 99.05%.

Recently, CNN has taken some medical imaging classification tasks to different level from traditional diagnosis to automated diagnosis with tremendous performance. Examples of these tasks are diabetic foot ulcer (DFU) (as normal and abnormal (DFU) classes) sickle cells anemia (SCA) (as normal, abnormal (SCA), and other blood components), breast cancer by classify hematoxylin–eosin-stained breast biopsy images into four classes: invasive carcinoma, in-situ carcinoma, benign tumor and normal tissue, and multi-class skin cancer classification. In 2020, CNNs are playing a vital role in early diagnosis of the novel coronavirus (COVID-2019). CNN has become the primary tool for automatic COVID-19 diagnosis in many hospitals around the world using chest X-ray images. More details about the classification of medical imaging applications can be found.

Although applications in anatomy education could increase, the practicing clinician is more likely to be interested in the localization of normal anatomy. Radiological images are independently examined and described outside of human intervention, while localization could be applied in completely automatic end-to-end applications. Zhao et al. introduced a new deep learning-based approach to localize pancreatic tumor in projection X-ray images for image-guided radiation therapy without the need for fiducials. Roth et al. constructed and trained a CNN using five convolutional layers to classify around 4000 transverse-axial CT images. These authors used five categories for classification: legs, pelvis, liver, lung, and neck. After data augmentation techniques were applied, they achieved an AUC score of 0.998 and the classification error rate of the model was 5.9%. For detecting the positions of the spleen, kidney, heart, and liver, Shin et al. employed stacked auto-encoders on 78 contrast-improved MRI scans of the stomach area containing the kidneys or liver. Temporal and spatial domains were used to learn the hierarchal features. Based on the organs, these approaches achieved detection accuracies of 62–79%. Sirazitdinov et al. presented an aggregate of two convolutional neural networks, namely RetinaNet and Mask R-CNN for pneumonia detection and localization.

Computer-Aided Detection (CADe) is another method used for detection. For both the clinician and the patient, overlooking a lesion on a scan may have dire consequences. Thus, detection is a field of study requiring both accuracy and sensitivity. Chouhan et al. introduced an innovative deep learning framework for the detection of pneumonia by adopting the idea of transfer learning. Their approach obtained an accuracy of 96.4% with a recall of 99.62% on unseen data. In the area of COVID-19 and pulmonary disease, several convolutional neural network approaches have been proposed for automatic detection from X-ray images which showed an excellent performance.

In the area of skin cancer, there several applications were introduced for the detection task. Thurnhofer-Hemsi et al. introduced a deep learning approach for skin cancer detection by fine-tuning five state-of-art convolutional neural network models. They addressed the issue of a lack of training data by adopting the ideas of transfer learning and data augmentation techniques. DenseNet201 network has shown superior results compared to other models.

Although MRI and CT image segmentation research includes different organs such as knee cartilage, prostate, and liver, most research work has concentrated on brain segmentation, particularly tumors. This issue is highly significant in surgical preparation to obtain the precise tumor limits for the shortest surgical resection. During surgery, excessive sacrificing of key brain regions may lead to neurological shortfalls including cognitive damage, emotionlessness, and limb difficulty. Conventionally, medical anatomical segmentation was done by hand; more specifically, the clinician draws out lines within the complete stack of the CT or MRI volume slice by slice. Thus, it is perfect for implementing a solution that computerizes this painstaking work. Wadhwa presented a brief overview on brain tumor segmentation of MRI images. Akkus wrote a brilliant review of brain MRI segmentation that addressed the different metrics and CNN architectures employed. Moreover, they explain several competitions in detail, as well as their datasets, which included Ischemic Stroke Lesion Segmentation (ISLES), Mild Traumatic brain injury Outcome Prediction (MTOPI), and Brain Tumor Segmentation (BRATS).

Recently, the Automatic segmentation of COVID-19 Lung Infection from CT Images helps to detect the development of COVID-19 infection by employing several deep learning techniques.

#### 1. Registration

Usually, given two input images, the four main stages of the canonical procedure of the image registration task are:

- Target Selection: it illustrates the determined input image that the second counterpart input image needs to remain accurately superimposed to.
- Feature Extraction: it computes the set of features extracted from each input image.
- Feature Matching: it allows finding similarities between the previously obtained features.
- Pose Optimization: it is aimed to minimize the distance between both input images.

Then, the result of the registration procedure is the suitable geometric transformation (e.g., translation, rotation, scaling, etc.) that provides both input images within the same coordinate system in a way the distance between them is minimal, i.e., their level of superimposition/overlapping is optimal. It is out of the scope of this work to provide an extensive review of this topic

#### References:

1. Zhang G, Wang C, Xu B, Grosse R. *Three mechanisms of weight decay regularization*; 2018. *arXiv preprint arXiv:1810.12281*.
2. Laurent C, Pereyra G, Brakel P, Zhang Y, Bengio Y. *Batch normalized recurrent neural networks*. In: *2016 IEEE international conference on acoustics, speech and signal processing (ICASSP), IEEE*; 2016. p. 2657–61.
3. Salamon J, Bello JP. *Deep convolutional neural networks and data augmentation for environmental sound classification*. *IEEE Signal Process Lett*. 2017;24(3):279–83.
4. Wang X, Qin Y, Wang Y, Xiang S, Chen H. *ReLU-Tanh: an activation function with vanishing gradient resistance for SAE-based DNNs and its application to rotating machinery fault diagnosis*. *Neurocomputing*. 2019;363:88–98.
5. Tan HH, Lim KH. *Vanishing gradient mitigation with deep learning neural network optimization*. In: *2019 7th international conference on smart computing & communications (ICSCC). IEEE*; 2019. p. 1–4.
6. MacDonald G, Godbout A, Gillcash B, Cairns S. *Volume-preserving neural networks: a solution to the vanishing gradient problem*; 2019. *arXiv preprint arXiv:1911.09576*.
7. Mittal S, Vaishay S. *A survey of techniques for optimizing deep learning on GPUs*. *J Syst Arch*. 2019;99:101635.
8. Kanai S, Fujiwara Y, Iwamura S. *Preventing gradient explosions in gated recurrent units*. In: *Advances in neural information processing systems*. San Mateo: Morgan Kaufmann Publishers; 2017. p. 435–44.

# APPLICATION OF DEC-POMDP MODEL TO THE MULTI-AGENT USER INTERFACE

Vidmanov D. A., Alfimtsev A. N.  
 Bauman Moscow State Technical University  
 vidmanov@bmstu.ru, alfim@bmstu.ru

In the study of user interfaces, there is a common formulation of interface adaptation as a multi-agent reinforcement learning problem [1], which will allow us to overcome the problems of effective online adaptations. The purpose of adaptation is to improve user support, improve the quality of the interface, and also introduce the capabilities of automatically synthesized interfaces [2]. The key task is to select interface state changes based on inference of human intent from user input.

The proposed multi-agent approach includes a user agent that models human interaction behavior and an interface agent that supports the user agent in performing its task. The approach described in the paper can be useful in all scenarios for using adaptive interfaces. For example, it can be used to adapt the structure of GUI layouts, place icons on home screens of mobile devices, or reorganize application menus [3].

The Decentralized Partially Observable Markov Decision Processes (Dec-POMDP) model belongs to a family of discrete-time scheduling structures that are derived from a Markov Decision Process (MDP) with one agent [4...8]. Such models define one or more agents inhabiting a certain environment, which is considered at discrete time steps. The number of time steps during which agents will interact with their environment is called the horizon of the decision problem and is denoted by  $h$ . A more detailed illustration of the dynamics of a Dec-POMDP model in the multi-agent user interface is shown in Figure 1.

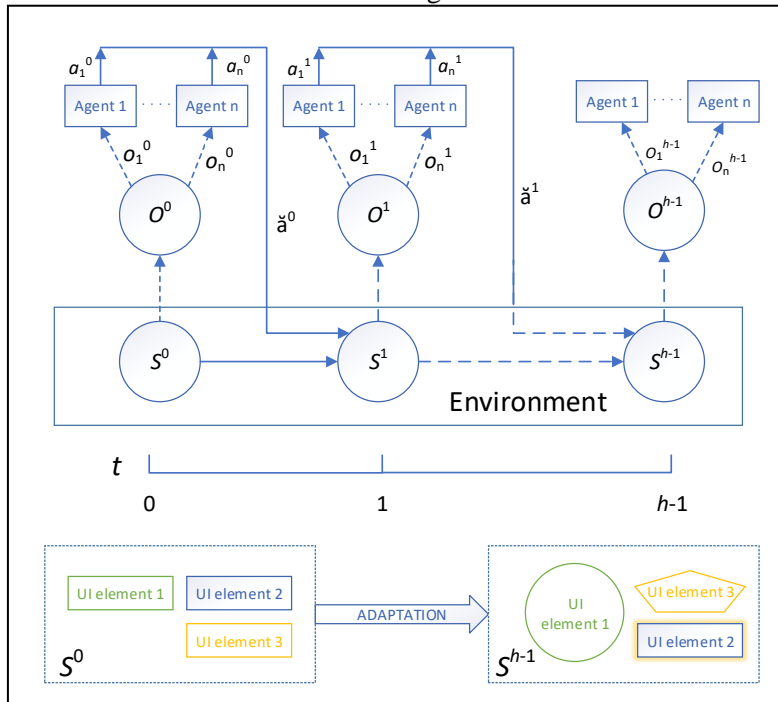


Fig. 1 The dynamics of the Dec-POMDP model in the multi-agent user interface.

Fig. 1 also illustrates the relationship of user interface adaptation to Dec-POMDP performance dynamics. Depending on the application, the purpose of adaptation may vary and include: minimizing selection time, increasing the importance of elements, reducing cognitive load, increasing user engagement, or a combination of these goals. This approach can handle various types of adaptations (Figure 1), including

the visual representation of graphic elements (position, size, color, etc.) or their behavior (number of elements, animation, etc.).

The way that the environment changes and returns to watch agents is modeled by the transition and watch functions. They define probabilities that represent the stochastic dynamics of the environment. In addition, there are rewards that determine what kind of behavior is desirable. Therefore, the reward model defines the goal or task of agents: agents must develop a plan that maximizes the expected long-term cumulative reward [4].

The Dec-POMDP model can also be used for high-level formalization of tasks with multiple agents - user interface elements. In this task, agents are located in the world of a grid - a graphical interface, and agent-elements must cooperate in order to solve the user's task. In particular, there is an element that is implemented by a single agent, or there are several different elements that are adapted by agents together, which increases user satisfaction.

The model is programmed with special properties that the transition, observation, and reward function can exhibit in order to compactly represent and efficiently solve Dec-POMDP problems. The basic idea is to consider the states and functions of transition, observation, and reward not as atomic objects, but as consisting of a number of factors and explicitly representing how different factors affect each other. For example, a Dec-MDP factorized  $n$ -agent is said to be reward-independent if there exists a monotonically non-decreasing function  $f$  such that [4]:

$$R(s, a) = f(R_1(s_1, a_1), \dots, R_n(s_n, a_n)), \quad (1)$$

In this case, the global reward is maximized by maximizing the local reward. For example, additional local rewards are often used:

$$R(s, a) = \sum_{i \in D} R_i(s_i, a_i), \quad (2)$$

The family of MDP-derived structures considered in decision theory planning fits very closely with the definition of an agent, offering an action and observation interface for interacting with the environment [5,6]. At each stage  $t = 0, 1, 2, \dots, h-1$ , each agent under consideration performs an action, and the combination of these actions affects the environment, causing a transition between states (Fig. 1). At the next time step, each agent first receives an observation of the environment, after which it must take an action again.

Dec-POMDP refers to a family of discrete-time scheduling structures that are derived from a single-agent Markov decision process. Such models define one or more agents living in a certain environment, which is considered at discrete time stages, also called decision stages or epochs. The number of time steps during which agents will interact with their environment is called the problem solution horizon [7,8].

*The work was carried out as part of the research work PRIOR/SN/NU/22/SP2/1 of the Bauman DeepAnalytics project of the «Priority 2030» program: <https://da.bmstu.ru>*

#### References:

1. T. Langerak, S. Christen, M. Albaba, C. Gebhardt, O. Hilliges, "MARLUI: Multi-Agent Reinforcement Learning for Goal-Agnostic Adaptive UIs", *arXiv preprint, arXiv:2209.12660*. 2022 Sep 26.
2. D. A. Vidmanov, A. N. Alfimtsev "Adaptive mobile user interface", *Industrial ACS and controllers*, 2022, vol. 7, pp. 11-19, DOI 10.25791/asu.7.2022.1374. (In Russian).
3. K. Todi, G. Bailly, L. Leiva, A. Oulasvirta, "Adapting user interfaces with model-based reinforcement learning", *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2021, pp. 1–13.
4. F. A. Oliehoek, C. Amato, "A concise introduction to decentralized POMDPs", Springer, 2016, 142 p.  
*Хотя она не самая новая поэтому ее можно отменить просто свежими по теме в хороших журналах:*
5. M. Lauri, J. Pajarinen, J. Peters, "Multi-agent active information gathering in discrete and continuous-state decentralized POMDPs by policy graph improvement *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 2020, 34.2: 1-44.
6. Q. Tang, R. Xie, F. R. Yu, T. Huang, Y. Liu, "Decentralized computation offloading in IoT fog computing system with energy harvesting: A dec-POMDP approach", *IEEE Internet of Things Journal*, 2020, 7(6), 4898-4911.

7. S. Song, Z. Fang, J. Jiang, "Fast-DRD: Fast decentralized reinforcement distillation for deadline-aware edge computing." *Information Processing & Management* 59.2 (2022): 102850.
8. X. Lyu, A. Baisero, Y. Xiao, C. Amato, "A Deeper Understanding of State-Based Critics in Multi-Agent Reinforcement Learning", *arXiv preprint arXiv:2201.01221* (2022).

# REWARD SHAPING IN REINFORCEMENT LEARNING FOR UNMANNED VEHICLES OF SMART CITY

*Sakulin S. A., Alfimtsev A. N.*  
Bauman Moscow State Technical University  
sakulin@bmstu.ru

In the smart city concept, an important place is occupied by unmanned vehicles, which are considered as agents of multi-agent systems. The main tasks in the management of unmanned vehicles are: avoiding traffic accidents and traffic jams, as well as minimizing the time spent on moving around the city in conditions of limited information available to a separate unmanned vehicle [1].

One of the most effective and advanced approaches to multi-agent learning under limited information is reinforcement learning. Reinforcement learning requires reward function. The value of the reward increases if the conformity of the agent's behavior with the desired behavior increases. The desired behavior of the agent is consistent with the goal of managing the entire multi-agent system. However, in many cases, the reward function is constructed axiomatically by an expert choice of one of the most widely used functions based on a poor analysis of the subject area. For example, in article [2] the reward function is the following expression:

$$R = \begin{cases} -0,25t, & \text{if the agent has taken } t \text{ steps} \\ -5, & \text{if the agent was involved in an accident.} \\ 10, & \text{if the agent reached the goal} \end{cases} \quad (1)$$

The reward function (1) does not take into account the complex situations that actually arise in traffic flows in which agents interfere with each other without incident. In particular, if, in order to save time, agents moving in a continuous chain do not give way to agents leaving a secondary road, then a certain number of agents will not be able to move at all. Such situations are social dilemmas in which the question of the priority of the short-term egoistic interests of an individual agent over the long-term interests of the entire set of agents is decided.

A simplified approach to reward formation is due to cognitive difficulties that an expert has, especially with a large number of interdependent arguments. At the same time, the reward function can be represented as an aggregation operator since the range of valid values of any argument can be reduced to a unit interval by an appropriate linear transformation. The input criteria for such an operator are certain factors of the agent's behavior, as well as the results of the actions of all agents during the training period, for example, the average speed of agents. The use of the Choquet integral as an aggregation operator makes it possible to formalize the expert's knowledge of positive and negative correlations, as well as the substitution of criteria. However, the poor intuitive understanding of the Choquet integral among practitioners does not allow its wide application in practice. To overcome these difficulties, a balance model [3] was proposed, on the basis of which a visualization of the Choquet integral of the 2nd order was developed [4]. 2D visualization [4] has a drawback: images of weights that meet the criteria and interaction indices can overlap each other. The transition to three-dimensional space when visualizing aggregation operators allows the expert to observe the entire aggregation process in one three-dimensional image (Fig. 1). This figure shows a 3D balance model. It is an absolutely rigid plane, mounted on the support line  $ab$ , fixed by springs with a unit stiffness coefficient. The plane can only rotate along the line of support and has no other degrees of freedom. Its rotation is limited and the angle of deviation from the horizontal can vary in the range  $[0,1]$  on the aggregation scale in the form of an arc in the lower left corner of Fig. 1. Weights in the form of cylinders whose heights correspond to the relative importance of the criteria  $g[1], \dots, g[H]$  represent the weights of these criteria  $\psi_1, \dots, \psi_H$ . The distances from the support line to these weights are equal to the values of the corresponding criteria. Weights in the form of parallelepipeds located on the plane

at distances  $l[1], \dots, l[K]$  from the support line correspond to the interaction indices of criteria, just as it is done in 2D visualization [4]. The heights of these parallelepipeds correspond to the weights  $\omega_1, \dots, \omega_H$ . The distance  $l[k]$  from the  $k$ -th weight to the support line is given by an arbitrary defined function of the values of the criteria and their weights:

$$l[k] = f_k^l(g[1], \dots, g[H], \psi_1, \dots, \psi_H). \quad (2)$$

The value  $\omega_k$  of the  $k$ -th auxiliary weight is given by an arbitrary function of the weights of the criteria:

$$\omega_k = f_k^o(\psi_1, \dots, \psi_H). \quad (3)$$

Taking into account Newton's second law and assuming that the angle of deviation of the plane is sufficiently small ( $\cos x \approx 1$ ), the value  $x$  (the result of aggregation) is calculated in accordance with the expression:

$$x = \sum_{h=1}^H \psi_h g[h] + \sum_{k=1}^K \omega_k l[k]. \quad (4)$$

With the help of the proposed visualization, it is possible to analyze the properties of given operators and construct operators with the desired properties by arbitrarily setting functions (2) and (3).

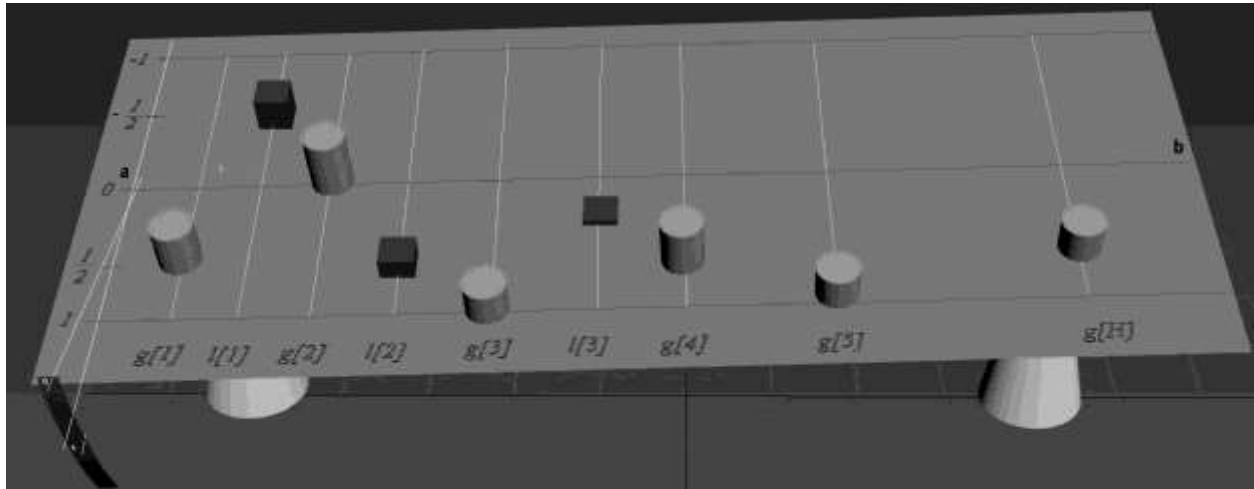


Fig.1 View of the 3D balance model

In particular, for reward shaping in reinforcement learning, a corresponding procedure has been developed that includes the identification of a fuzzy measure  $\mu$  by the method of the variance minimizing based on expert preferences. Through this procedure, the following reward function for training agents (unmanned vehicles) of a smart city is obtained:

$$R = \begin{cases} 0, & \text{if } g[5] = 1 \\ 1, & \text{if } g[6] = 1 \\ C_\mu(g[1], \dots, g[4]) & \text{else} \end{cases}, \quad (5)$$

where the criterion  $g[1]$  corresponds to the average speed of the agent,  $g[2]$  corresponds to the average speed of all agents,  $g[3]$  corresponds to the maximum speed of approach to other agents (the degree of risk of collision),  $g[4]$  corresponds to obstruction of other agents,  $g[5]$  corresponds to participation in an incident (collision) with other agents,  $g[6]$  corresponds to the full compliance of the agent's behavior with the desired behavior,  $C_\mu(g[1], \dots, g[4])$  is the Choquet integral with respect to the fuzzy measure  $\mu$ .

Reinforcement learning was based on the algorithm [6]. The experiment showed that the use of the synthesized reward function (5) increases the efficiency of training a multi-agent system. Further research involves the synthesis of new types of reward functions based on the proposed 3D cognitive visualization.

*The research was supported by the Russian Science Foundation No. 22-21-00711*

**References:**

1. Ahmed H. U. et al. *Technology Developments and Impacts of Connected and Autonomous Vehicles: An Overview //Smart Cities*. – 2022. – T. 5. – №. 1. – C. 382-404.
2. Wang Z. et al. *Reinforcement Learning based Negotiation-aware Motion Planning of Autonomous Vehicles //2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. – IEEE, 2021. – C. 4532-4537.
3. Detyniecki M., Bouchon-Meunier B., Yager R. *Balance operator: a new vision on aggregation operators //Proceedings of Eurofuse-Sic'99*. – 1999. – C. 241-246.
4. Sakulin S. A., Alfimov A. N. *Data fusion based on the fuzzy integral: model, methods and applications //Data Fusion: Methods, Applications, and Research*. – 2017. – C. 1-64.
5. Bolshakov V. et al. *Deep Reinforcement Ant Colony Optimization for Swarm Learning //International Conference on Neuroinformatics*. – Springer, Cham, 2021. – C. 9-15.



# A QUICK REVIEW OF 3D POINT CLOUD SEMANTIC SEGMENTATION

*Msallam M., Syrymkin V.I.*

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
majdi.f.msallam@gmail.com

In this essay, we provide a quick review of the semantic segmentation of 3D point clouds, its objective and role in vision systems. We clarify the difference between this task and other similar tasks. We present the most widely used datasets and the best recent models that are proposed to solve the problem, in addition to the metrics that are commonly used to evaluate its performance.

Point cloud is one of the most widely used methods recently to represent 3D data in vision systems. Such data can often be obtained using a stereo camera or a LiDAR scanner. Many tasks can be performed in a vision system using point clouds, such as 3D object classification, segmentation, detection and tracking of 3D objects, 3D map construction, reconstruction of 3D objects, and prediction. Here, we address the issue of point clouds semantic segmentation as one of the basic tasks in vision systems in many applications, especially those concerned with the recognition of objects in the scene. In order for a system to be able to perform recognition, objects of a certain class must be separated from the background and from the objects of other classes. In some applications, it may be also necessary to separate the samples of each class from each other.

Segmentation in general attempts to divide the scene into several parts without necessarily trying to understand them. The resulted parts usually contain coherent data with common features. There are many levels of details that can be detected by segmentation depending on the application. Semantic segmentation tries to divide the scene into semantic parts, such as car, person, building etc., as it tries to classify each part into one of some predefined classes, and this is achieved by giving a label to each point in the scene.

Semantic segmentation may be confused with some other similar tasks such as object detection, instance segmentation, and part segmentation. These terms are similar in terms of the main goal they try to achieve, which is to understand the scene by detecting and classifying its objects. However, there are some differences between them. Object detection is concerned with the detection of instances of specific classes, determining their locations and orientations, then building a bounding box around the detected objects, for example human detection applications. Semantic segmentation can be used as a first stage before object detection in order to eliminate background as much as possible and reduce complexity [1]. In instance segmentation, objects that belong to the same class are separated, which is a lower level of segmentation compared to semantic segmentation. While in part segmentation, even the parts of the same object are separated from each other. So semantic segmentation is a high-level division of the scene in order to detect the presence or absence of certain classes in it and determine their locations.

Semantic segmentation methods for point clouds are classified into four categories [1]: 1) Projection-based methods, where a point cloud is initially transformed into another representation, such as multi-view representation and spherical representation. 2) Discretization-based methods, where point clouds are converted into discrete representations such as dense and sparse discretization representations. 3) Point-based methods are the most widespread, they include pointwise multilayer perceptron (MLP) methods, point convolution methods, RNN-based methods, and graph-based methods. 4) Hybrid methods.

One of the most important models proposed to solve the problem of point cloud segmentation is PointNet [2], which was proposed in 2017, it is considered the first point-based method, as it accepts a point cloud at its input without any transformation. PointNet is characterized by simplicity and good performance, and is considered the basis for a large number of other models that were subsequently proposed. To name some of the latest models that offer high performance: 2DPASS [3], AF2S3Net [4], and Cylinder3D [5]. In order to compare the different models, they are usually tested on specific benchmark datasets, and some specific metrics are computed to evaluate their outputs. The most commonly used datasets in the literature for semantic segmentation of point clouds are: SemanticKITTI [6], nuScenes [7], S3DIS [8], PartNet [9],

KITTI-360 [10], SemanticPOSS [11], STPLS3D [12], SensatUrban [13], RELIS-3D [14], Paris-Lille-3D [15], DALES [16].

To calculate the evaluating metrics of semantic segmentation, a comparison is made between the output of a model and the ground truth available in the dataset. The most commonly used metrics are [1-2, 17-18]: overall accuracy (OA), mean class accuracy (mAcc), mean intersection over union (mIoU). IoU is the most used metric, it is defined as the ratio between the number of points of the intersection between the real object and the estimated one to the number of points of their union, it takes its values in the range [0, 1], the greater its value, the better the segmentation. Recently, other region-based and not pixel-based metrics are proposed to increase the explainability of the performance [18].

In this essay, we provided a brief review of the semantic segmentation task of point clouds and its function in vision systems. We presented the various methods and some of the most important models and widely used datasets to solve this problem, we also presented the most commonly used metrics to evaluate the performance of the different models.

### References:

1. Qi, C. R., Su, H., Mo, K., & Guibas, L. J. (2017). *PointNet: Deep learning on point sets for 3D classification and segmentation*. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 652-660)
2. Yan, X., Gao, J., Zheng, C., Zheng, C., Zhang, R., Cui, S., & Li, Z. (2022). *2DPASS: 2D priors assisted semantic segmentation on lidar point clouds*. In *Euro. Conference on Computer Vision* (pp. 677-695). Springer, Cham.
3. Cheng, R., Razani, R., Taghavi, E., Li, E., & Liu, B. (2021). *(AF)2-S3Net: Attentive feature fusion with adaptive feature selection for sparse semantic segmentation network*. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 12547-12556).
4. Zhu, X., Zhou, H., Wang, T., Hong, F., Ma, Y., Li, W., ... & Lin, D. (2021). *Cylindrical and asymmetrical 3D convolution networks for LiDAR segmentation*. In *Proc. of the IEEE/CVF conf. on comp. vision & pat. rec.* (pp. 9939-9948).
5. Behley, J., Garbade, M., Milioto, A., Quenzel, J., Behnke, S., Stachniss, C., & Gall, J. (2019). *SemanticKITTI: A dataset for semantic scene understanding of LiDAR sequences*. In *Proc. of the IEEE/CVF Int. Conf. on Computer Vision* (pp. 9297-9307).
6. Caesar, H., Bankiti, V., Lang, A. H., Vora, S., Liong, V. E., Xu, Q., ... & Beijbom, O. (2020). *nuScenes: A multimodal dataset for autonomous driving*. In *Proc. of the IEEE/CVF conf. on computer vision and pattern recognition* (pp. 11621-11631).
7. Armeni, I., Sener, O., Zamir, A. R., Jiang, H., Brilakis, I., Fischer, M., & Savarese, S. (2016). *3D semantic parsing of large-scale indoor spaces*. In *Proc. of the IEEE conf. on computer vision and pattern rec.* (pp. 1534-1543).
8. Mo, K., Zhu, S., Chang, A. X., Yi, L., Tripathi, S., Guibas, L. J., & Su, H. (2019). *PartNet: A large-scale benchmark for fine-grained and hierarchical part-level 3D object understanding*. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 909-918).
9. Liao, Y., Xie, J., & Geiger, A. (2022). *KITTI-360: A novel dataset and benchmarks for urban scene understanding in 2D and 3D*. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*.
10. Pan, Y., Gao, B., Mei, J., Geng, S., Li, C., & Zhao, H. (2020, October). *SemanticPOSS: A point cloud dataset with large quantity of dynamic instances*. In *2020 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)* (pp. 687-693). IEEE.
12. Chen, M., Hu, Q., Hugues, T., Feng, A., Hou, Y., McCullough, K., & Soibelman, L. (2022). *STPLS3D: A Large-Scale Synthetic and Real Aerial Photogrammetry 3D Point Cloud Dataset*. *arXiv preprint arXiv:2203.09065*.
13. Hu, Q., Yang, B., Khalid, S., Xiao, W., Trigoni, N., & Markham, A. (2021). *Towards semantic segmentation of urban-scale 3D point clouds: A dataset, benchmarks and challenges*. In *Proc. of the IEEE/CVF conf. on com. vis. and pat. rec.* (pp. 4977-4987).
14. Jiang, P., Osteen, P., Wigness, M., & Saripalli, S. (2021, May). *RELIS-3D dataset: Data, benchmarks and analysis*. In *2021 IEEE international conference on robotics and automation (ICRA)* (pp. 1110-1116). IEEE.
15. Royndard, X., Deschaud, J. E., & Goulette, F. (2018). *Paris-Lille-3D: A large and high-quality ground-truth urban point cloud dataset for automatic segmentation and classification*. *The Int. journal of Robotics Research*, 37(6), 545-557.
16. Varney, N., Asari, V. K., & Graehling, Q. (2020). *DALES: A large-scale aerial LiDAR data set for semantic segmentation*. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition workshops* (pp. 186-187).

17. Zhang, Y., Mehta, S., & Caspi, A. (2021). *Rethinking semantic segmentation evaluation for explainability and model selection*. *arXiv preprint arXiv:2101.08418*.
18. Fernandez-Moral, E., Martins, R., Wolf, D., & Rives, P. (2018, June). *A new metric for evaluating semantic segmentation: leveraging global and contour accuracy*. In *2018 IEEE intelligent vehicles symposium (iv)* (pp. 1051-1056). *IEEE*.

# UNDERSTANDING BUSINESS INTELLIGENCE IN THE CONTEX OF BANKING

*Christin Pratiwi Toumeluk, Poguda A. A.*  
Tomsk State University  
christin.toumeluk@gmail.com

Banking is one of the industries that continues to grow, especially in the use of information and communication technology (ICT). The use of information and communication technology (ICT) in banking services is currently seen as an opportunity to improve not only the effectiveness, efficiency and quality of services, transparency of economic activity and availability of information in real time, protecting customer transaction data, ease of transaction, and security of transactions, but also to prevent crimes such as money laundering which are rife. Technology has made banks more competitive. Advances in digital technology are changing the nature of banking. Banks now distribute services through mobile technology [1].

The development of the era that is so fast requires the banking industry to create innovations both in terms of technology, products and services that can answer customer needs so that business processes continue. As explained by Fama (1980), banks are intermediaries. The Internet, however, changed the way financial service providers perform their roles. This fundamentally changed the nature of banking. This in turn changes the nature of banking services, and the way those services are delivered. Consequently, to compete in a changing digital landscape, banks must adapt [1].

The first research question is how can the banking industry find out customer needs, trends or business opportunities? This is important for decision makers to know, so they can make the right decisions for the business going forward with all the challenges and competition. With the increasing number of customers and their increasingly complex needs, the banking industry requires expertise and technology for business intelligence (BI) in order to collect systematic performance information from historical data. Business Intelligence (BI) is an umbrella term that refers to various software applications used to analyze raw data of organizations for intelligent decision making for business success [2]. The application of business intelligence (BI) in the banking industry can provide more personalized services to customers and improve service quality.

The second research question is how does the banking industry understand the use of Business Intelligence (BI) so that it can be applied optimally for business progress? The purpose of this article is to provide an actual picture of the learning material, giving a better understanding of the meaning and perspective of BI. It is important to translate this topic in a banking context.

## The Theory of Banking

Banks have an important role in supporting the economy of a country as well as playing a major role in national development. One of the real roles of banks is channeling funds to people who need business capital through micro, small and medium enterprises. Therefore, it is important for us to obtain a theoretical understanding of the bank.

Bank, an institution that deals in money and its substitutes and provides other money-related services. In its role as a financial intermediary, a bank accepts deposits and makes loans. It derives a profit from the difference between the costs (including interest payments) of attracting and servicing deposits and the income it receives through interest charged to borrowers or earned through securities [4]. Explained by Fama (1980), banking provides an accounting system for transactions and a portfolio system for the storage of assets. That will not change for the banks of the future. Fama (1980) explains that their activities, in an unregulated state, fulfil the Modigliani–Miller (1959) theorem of the irrelevance of the financing decision [1].

## Business Intelligence

To understand business intelligence in the context of banking, the first thing we must do is know the meaning of business intelligence. Business intelligence being a set of methodologies to convert a raw data set to meaningful and useful information for making decisions would help in quick computations, enhanced

communication and collaboration, increased productivity of teams, efficient use of volumes of data and offers support anytime and anywhere [6]. Business intelligence is defined as a process of extracting, transforming, managing, and analysing business data to support decision making process [8].

The architecture of business intelligence systems helps us to understand how business intelligence works. Business intelligence system consists of 4 main components and metadata management module [8]. The general architecture of business intelligence system is shown in Figure 1.

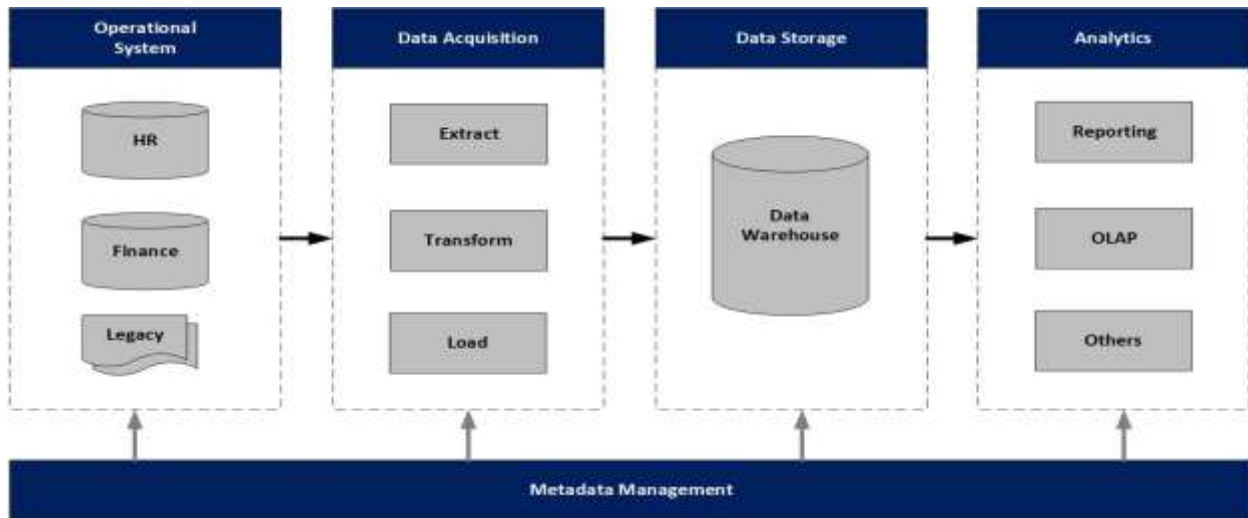


Fig. 1 BI System Architecture

The components in Figure 1 interact with each other to facilitate the fundamental functions of business intelligence. In first component, the level of operational system, there is a process called data collection, which collects data from a variety of different sources. This process uses online transaction processing (OLTP) to support data needs from different data sources.

Level of data acquisitions; in this level, a component before the process is divided into three stages: extraction, transformation, and loading (ETL) [8]. This process is often referred to as data integration where large amounts of data from various sources are extracted, then transformed according to the transformation rules and then loaded into the data warehouse.

Level of analytical; based on data warehouse, various types of analytical applications have been developed. The system of business intelligence supports 2 basic types in analytical function: reporting and online analytical processing (OLAP). OLAP is a model of multidimensional data known as star schema a snowflake schema. Reports that have been made by business intelligence's system typically have static format and contain exact type of data [8].

Metadata management: metadata is a distinctive data concerning other data, such as data sources, data warehouse saving, business regulations, access authorization, and how data is extracted and transformed. Metadata is very important in producing accurate and consistent information and system maintenance [8].

#### Areas Encompassed by Business Intelligence in Banks

Business intelligence is more optimal if we know which areas business intelligence can be applied to or encompassed by business intelligence. Business intelligence covers many areas of banking business, the most important being (Figure 2) [7]:

- Analytical Customer Relationship Management
- Bank Performance Management
- Enterprise Risk Management
- Asset & Liability Management
- Compliance

<b>Relationship Marketing</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Customer interaction analysis</li> <li>Customer investment profile</li> <li>Individual customer profile</li> <li>Wallet share analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Customer complaints</li> <li>Delinquency analysis</li> <li>Customer loyalty</li> <li>Market analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Campaign analysis</li> <li>Cross sell analysis</li> </ul>
<b>Performance Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transaction analysis</li> <li>Activity based costing analysis</li> <li>Insurance product analysis</li> <li>Investment arrangement analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Profitability analysis</li> <li>Channel profitability</li> <li>Customer lifetime value</li> <li>Customer profitability</li> <li>Location profitability</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Product profitability</li> <li>Product analysis</li> <li>Organization unit profitability</li> <li>Performance measurement</li> <li>Business procedure performance</li> </ul>
<b>Risk Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interest rate risk analysis</li> <li>Credit risk profile</li> <li>Credit risk assessment</li> <li>Credit risk mitigation assessment</li> <li>Operational risk assessment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Outstanding analysis</li> <li>Portfolio credit exposure</li> <li>Security analysis</li> <li>Liquidity risk</li> <li>Collection analysis</li> <li>Insurance risk profile</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Authority profiling</li> <li>Credit risk analysis</li> <li>Debt restructuring</li> <li>Involved exposure</li> <li>Location exposure</li> <li>Non performing loan</li> <li>Operational risk loss analysis</li> </ul>
<b>Asset &amp; Liability Management</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Interest rate sensitivity</li> <li>Liquidity analysis</li> <li>Short term funding management</li> <li>Financial management accounting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capital allocation analysis</li> <li>Capital procurement</li> <li>Credit loss provision</li> <li>Funds maturity analysis</li> <li>Income analysis</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Net interest margin variance</li> <li>Structured finance analysis</li> <li>Equity position exposure</li> <li>Position valuation analysis</li> </ul>
<b>Compliance</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>European central bank reporting</li> <li>Financial capital adequacy analysis</li> <li>Structure of regulatory capital</li> <li>Foreign financial account analysis</li> <li>Suspicious activity analysis</li> <li>Transaction activity analysis</li> <li>SOX Balance sheet analysis</li> <li>SOX Cash flow analysis</li> <li>SOX Statement of change in</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balance sheet portfolio basis approach analysis</li> <li>Balance sheet classified approach analysis</li> <li>Balance sheet order of liquidity approach analysis</li> <li>Cash flow direct analysis</li> <li>Cash flow indirect</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cash flow direct financial institution analysis</li> <li>Cash flow indirect financial institution analysis</li> <li>Income statement by function analysis</li> <li>Income statement by nature analysis</li> <li>Income statement by financial institution approach analysis</li> </ul>

*Fig. 2 Areas Encompassed by BI in Banking*

### Business Intelligence System Architecture in Banking Industry

Business intelligence architecture (Figure 1) is a term used to describe standards and policies for organizing data with the help of computer-based techniques and technologies that create business intelligence systems used for online data visualization, reporting, and analysis. The same architecture can be implemented in the banking industry with the aim of better understanding the working processes of business intelligence in banking. The architecture of a bank's business intelligence architecture is very heterogeneous and comprises several layers (Figure 2) [7]:

- Operational database and external data
- The data integration and transformation layers
- The data warehouse layer
- The data access layer (application, OLAP, data mining, etc.)
- The front end (layer for access to information)

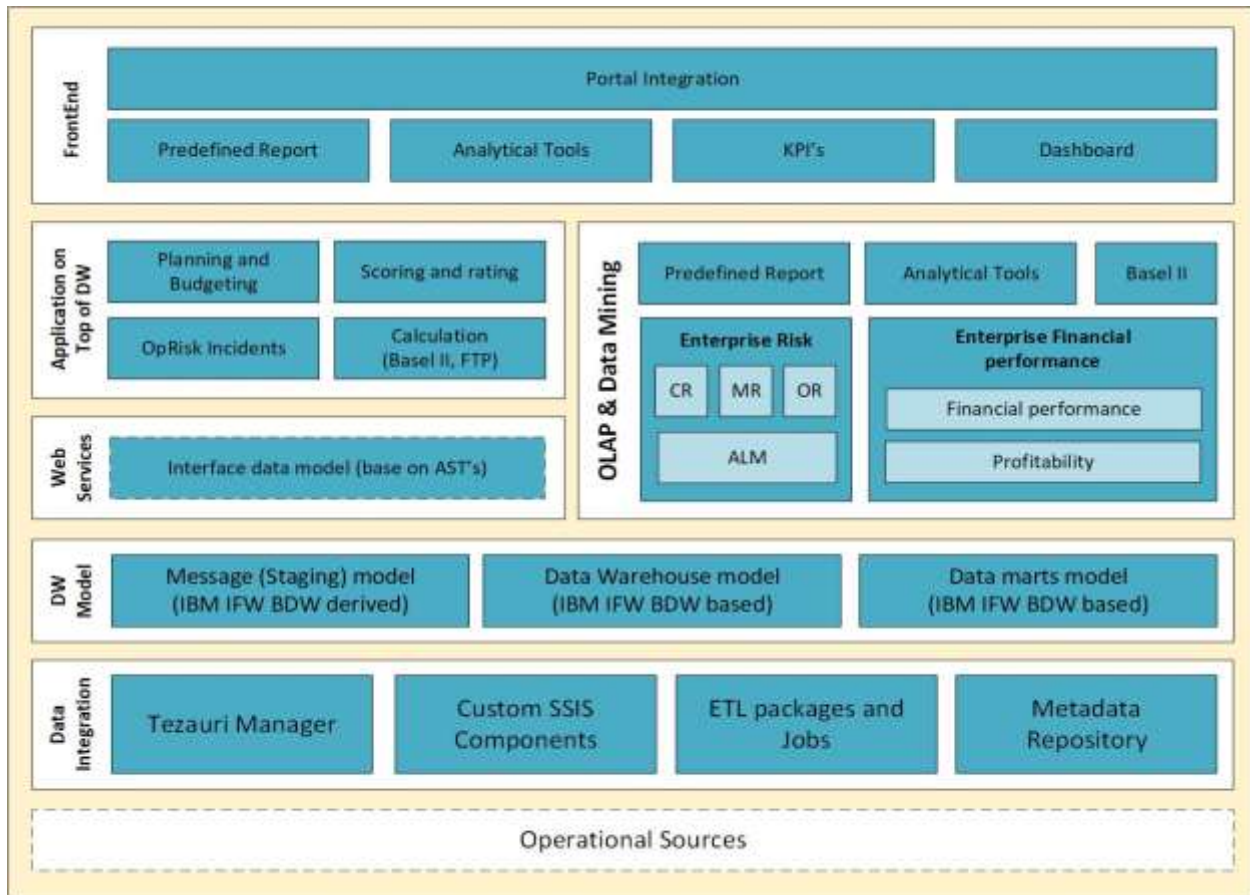


Fig. 3 BI System Architecture in Banking Industry

Same as general BI system architecture, Operational (transactional) databases are created to meet the needs of day-to-day operation. The bank's transactional data processing system, i.e., OnLine Transaction Processing (OLTP) is the bank's basic information system. The data integration and transformation layer include processes transforming data from operational and external sources into a form suitable for database storage (ETL process). A data warehouse (DW) is an analytical database used as the basis for BI systems, designed for large amounts of data in a manner enabling simple and efficient data management for purposed of creating information required in the decision-making process. The term OLAP refers to the category of software technology enabling users (such as analysis, managers etc.) to gain insight into data in a quick, consistent, and interactive. Data mining (DM) is the process of exploring and analyzing meaningful stacks and rules. Data mining uses techniques and algorithms from the area of statistics and artificial intelligence to find significant hidden stacks in large dataset [7].

#### Business Intelligence Application in Banking

After knowing areas encompassed by business intelligence and business intelligence system architecture in banking industry, the next thing to do is to choose the right BI application tools. Business intelligence provides many tools that can be used by the banking industry to carry out analysis and reporting according to the desired area of banking.

Business intelligence (BI) software tools enable companies to analyze events, trends, and market changes to gain competitive advantage. These BI tools collect, manage, and interpret mountains of structured and unstructured data. They construct models that deliver answers and insights through reports, charts, graphics, and other data representation methods. BI software is the foundation of digital transformation.

The banking industry is one of the industries that will always be needed from time to time. therefore, it is important for the banking industry to improve itself and follow the progress of an era. The banking industry needs business intelligence to develop and maintain the business by analyzing the areas covered by business intelligence, implementing business intelligence system architecture in banking industry and choosing the right business intelligence application tools to carry out analysis and reporting so that it can assist decision makes in making decisions.

**References:**

1. Daniel Broby. (2021). *Financial technology and the future of banking*. *Financial Innovation Article*. <https://jfin-swufe.springeropen.com/articles/10.1186/s40854-021-00264-y>
2. Mary Jeyanthi Prem, M. Karnan. (2013). *Business Intelligence: Optimization techniques for Decision Making*. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* Vol. 2.
3. Alireza Pourshahid, Iman Johari, Gregory Richards, Daniel Amyot, Okhaide S. Akhigbe. (2014). *A goal-oriented, business intelligence-supported decision-making methodology*. *Decision Analytics Article*.
4. George A. Selgin. (2022). *Bank*. <https://www.britannica.com/topic/bank/Bank-money>
5. Niccolo Caldararo. (2013). *The theory of Banking: Why banks exist and why we fear them*. *International Journal of Sociology and Anthropology* Vol. 5(4).
6. N. Nithya, R. Kiruthia. (2020). *Impact of Business Intelligence Adoption on performance of banks: a conceptual framework*. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*.
7. Bogdan Ubiparipović, Emina Đurković. (2011). *Application of Business Intelligence in the Banking Industry*. *Management Information System*, 6(4), pp. 23-30.
8. Arta M. Sundjaja, (2013). *Implementation of Business Intelligence on Banking, Retail, and Educational Industry*. *International Journal of Communication Information Technology (CommIT)* Vol. 7, pp. 65-70.



# OFF-ROAD AUTONOMOUS NAVIGATION SIMULATION USING LIDAR

*Uvarov N.A*  
Tomsk State University  
*nikotomsk@gmail.com*

Laser ranging sensors, commonly referred to as LIDAR, are ubiquitous in off-road autonomous navigation because they provide a direct measurement of the geometry of the operating environment of the robot [1]. One of the ongoing issues with LIDAR perception is the inability of the sensor to distinguish between navigable obstacles like grass and non-navigable solid obstacles. This problem is stated clearly by [2]. Failure to make the distinction leads to frustrating behaviors including unnecessary detours (of a timid system) around benign vegetation or collisions (of an aggressive system) with rocks misclassified as vegetation.

Machine learning techniques have accelerated the development of autonomous navigation algorithms in recent years, especially algorithms for on-road autonomous navigation. However, off-road navigation in unstructured environments continues to challenge autonomous ground vehicles. Many off-road navigation systems rely on LIDAR to sense and classify the environment, but LIDAR sensors often fail to distinguish navigable vegetation from non-navigable solid obstacles. While other areas of autonomy have benefited from the use of simulation, there has not been a real-time LIDAR simulator that accounted for LIDAR–vegetation interaction. In this work, we outline the development of a real-time, physics-based LIDAR simulator for densely vegetated environments that can be used in the development of LIDAR processing algorithms for off-road autonomous navigation. The results demonstrate the potential for using the simulation in the development and testing of algorithms for autonomous off-road navigation.

Among the more pervasive and demanding requirements for operations in vegetation is the discrimination of terrain from vegetation-of rocks from bushes. While there has been progress over the last decade in addressing the perception issues associated with LIDAR [3,4], the mitigating techniques have primarily been developed and refined experimentally. Recent advances in simulation for robotics have demonstrated that autonomy algorithms can be developed and tested in simulation. However, up until now simulations have either lacked the fidelity to realistically capture LIDAR-vegetation interaction or been computationally slow and difficult to integrate with existing autonomy algorithms.

In this work, the development, validation, and demonstration of a realistic LIDAR simulator that can be used to develop and test LIDAR processing algorithms for autonomous ground vehicles is presented. It accurately captures the interaction between LIDAR and vegetation while still maintaining real-time performance. Real-time performance is maintained by making some simplifying approximations and by using Embree, an open-source ray-tracing engine from Intel, for ray-tracing calculations, making the simulator useful for integration into “in-the-loop” simulations of autonomous systems.

## **References:**

1. Schwarz, B. *LIDAR: Mapping the world in 3D*. *Nat. Photonics* 2010, 4, 429.
2. Kelly, A.; Stentz, A.; Amidi, O.; Bode, M.; Bradley, D.; Diaz-Calderon, A.; Happend, M.; Herman, H.; Mandelbaum, R.; Pilarski, T.; et al. *Toward reliable off-road autonomous vehicles operating in challenging environments*. *Int. J. Robot. Res.* 2006, 25, 449–483.
3. Macedo, J.; Manduchi, R.; Matthies, L. *Ladar-based discrimination of grass from obstacles for autonomous navigation*. In *Experimental Robotics VII*; Springer: Berlin, Germany, 2001; pp. 111–120.
4. Manduchi, R.; Castano, A.; Talukder, A.; Matthies, L. *Obstacle detection and terrain classification for autonomous off-road navigation*. *Auton. Robots* 2005, 18, 81–102.