

МЕЖДУ- НАРОДНЫЕ ОРГАНИ- ЗАЦИИ И ОБЪЕДИ- НЕНИЯ

ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В СОЧЕТАНИИ С ИСКУССТВЕННЫМ ИНТЕЛЛЕКТОМ В ИННОВАЦИОННЫХ УМНЫХ БИБЛИОТЕКАХ

A SURVEY ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AIDED INTERNET-OF-THINGS TECHNOLOGIES IN EMERGING SMART LIBRARIES*

Сигуо Би (Siguo Bi), Библиотека Университета Фудань, Шанхай, КНР

Конг Ванг (Cong Wang), Школа биологических наук Университета Фудань, Шанхай, КНР

Цзилун Чжан (Jilong Zhang), Библиотека Университета Фудань, Шанхай, КНР

Утао Хуан (Wutao Huang), Офис информатизации Университета Фудань, Шанхай, КНР

Бочунь Ву (Bochun Wu), Офис информатизации Университета Фудань, Шанхай, КНР

И Гонг (Yi Gong), Кафедра материаловедения Университета Фудань, Шанхай, КНР

Вэй Ни (Wei Ni), Организация научных и промышленных исследований Содружества, Сидней, Новый Южный Уэльс, Австралия

Контактная информация: wubochun@fudan.edu.cn (Бочунь Ву), wei.ni@data61.csiro.au (Вэй Ни)

Реферат. Бурно развивающиеся технологии искусственного интеллекта и Интернета вещей, позволившие соединить друг с другом тысячи смарт-устройств, нашли чрезвычайно широкое применение в современном обществе. Подобные достижения значительно улучшили систему государственных услуг и управления, которые традиционно основывались на ручном труде. В частности, библиотечное дело вступило в эпоху так называемых смарт-библиотек, или умных библиотек,

* <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/8/2991/htm>

использующих возможности искусственного интеллекта и Интернета вещей. В отличие от существующих работ по этой теме в представленной статье всесторонне рассматривается использование указанных технологий в трех основных аспектах: умные услуги, умная устойчивость и умная безопасность. Кроме того, отдельно изучены перспективные тенденции в области развития умных библиотек.

Ключевые слова: Интернет вещей, искусственный интеллект, умные библиотеки.

Введение

Стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ) и Интернета вещей (ИВ) позволило связать друг с другом тысячи смарт-устройств [1–6]. В результате возник целый ряд инновационных концепций, проникших во все аспекты жизни человека, например «умная планета» [7], «умный город» [8], «умное сообщество» [9] и «умный кампус» [10]. Как ключевая отрасль, библиотечное дело стало очевидной областью приложения технологий ИИ и ИВ. Применяемые в библиотеках передовые подходы на основе ИИ включают обработку естественного языка (NLP) [11], глубокое обучение (DL) [12], рекомендательные системы [13], машинное зрение [14] и умное комплектование [15]. Среди передовых библиотечных подходов на основе ИВ отметим радиочастотную идентификацию (RFID) [16], ближнюю бесконтактную связь (NFC) [17], беспроводную сеть (Wi-Fi) [18], протокол Bluetooth с низким энергопотреблением (BLE) [19] и роботизированные системы [20].

В традиционном библиотечном деле все еще существуют возможности для повышения эффективности обслуживания в условиях разнообразных и растущих потребностей в своевременном получении ресурсов [21–23]. Так, проблему сильной зависимости от человеческого вмешательства, сказывающуюся на деятельности учреждений, можно частично решить. Например, функционирующие на базе ИИ роботы позволяют снизить затраты на справочные услуги. В частности, предоставление достаточно простой услуги по поиску конкретной книги может взять на себя смарт-робот со встроенным механизмом распознавания речи, который способен понимать персонализированные потребности читателей и генерировать оптимальную навигацию для поиска литературы в рамках службы локализации в реальном времени с помощью маяков RFID, сетей Wi-Fi и протокола BLE. Это может существенно упростить процесс обработки обращений как для библиотечных сотрудников, так и для читателей, особенно в тех случаях, когда другие читатели случайным образом размещают книги на полках, в отличие от традиционной книговыдачи, осуществляемой сотрудниками.

Традиционные библиотеки и умные библиотеки

Традиционные библиотеки предоставляют различные услуги читателям, а также занимаются организационной и административной деятельностью. В рамках сложившегося многоступенчатого процесса получения литературы читатель должен прийти в конкретную библиотеку, хранящую интересующую его книгу, далее отнести ее в определенное место (например, на стойку библиотекаря), предъявить сотруднику читательский билет для проверки и, наконец, подтвердить получение книги. Стоит также учитывать часто встречающиеся ситуации, когда искомая публикация была выдана другому читателю в ходе подобной процедуры; не зная заранее, в каком учреждении есть в наличии та или иная копия, пользователь вынужден посетить несколько филиалов один за другим.

В эпоху умных библиотек получение книг предполагает лишь несколько простых шагов с использованием цифрового устройства: найти нужную литературу, выбрать время получения, забрать книги с помощью специального умного гида и механизмов, предлагаемых библиотекой, например оптимального режима получения. Так, эффективность книговыдачи повышается по сравнению с традиционными методами благодаря огромной мощности ИИ и ИВ, внедренных в библиотечном деле. В частности, как только заказ и необходимая информация от читателей были получены, ИИ запускает процесс составления умного режима выдачи литературы, что позволяет рационально рассчитать время и филиал для доставки книг. Современные технологии помогают принять рациональное решение о том, какой филиал библиотеки является наиболее удобным. Речь здесь идет о частых случаях, когда для пунктуального читателя приближается срок сдачи хранящейся в ближайшей библиотеке копии, исходя из информации о предыдущих выдачах книги, полученной с помощью механизма ИИ. При этом местонахождение филиала библиотеки, хранящего достаточное количество копий, значительно удалено от местоположения читателя, сделавшего заказ. Механизм ИИ может рекомендовать оптимальный режим выдачи в соответствии с персонализированными потребностями пользователя. Используя предложенный режим, читатель может легко найти нужную литературу с помощью навигации, поддерживаемой локальной системой позиционирования на основе сетей Wi-Fi в сочетании с системой локализации RFID [18], и получить книгу посредством терминала самообслуживания для автоматизированной выдачи и возврата книг на основе системы RFID.

В целом, как обсуждалось в одном из исследований [22], деятельность умных библиотек всегда ориентирована на пользователя, она может рационально учитывать потребности читателей,



Рис. 1. Переход от традиционных библиотек к умным библиотекам за счет применения технологий ИИ и ИВ

эффективно предоставляя им ресурсы и услуги. Приведенный выше случай иллюстрирует, как механизм ИИ способен рекомендовать режим доставки книг, а технологии ИВ могут использоваться для обеспечения оптимальной навигации для их точной локализации [21–25]. Данный процесс позволяет значительно сэкономить время и избежать лишних поездок. Кроме того, почти полное отсутствие необходимости прямого вмешательства человека особенно актуально в эпоху пандемии COVID-19 [26].

Отметим, что обсуждаемый сценарий использования технологий — это всего лишь один из прикладных аспектов концепции умных библиотек. По сравнению с традиционной библиотекой [27] появляется возможность воспользоваться результатами прогресса, основанного на технологиях ИИ и ИВ, в трех аспектах библиотечной деятельности: умные услуги, умная устойчивость и умная безопасность (рис. 1).

Предпосылки исследования

Примечательно, что библиотека является не только местом для досугового чтения и учебы, но и фундаментом для ускорения самого процесса раз-

вития цивилизации. Кроме того, именно активное продвижение технологий ИВ и ИИ позволяет сделать библиотеку более технологичным и эффективным учреждением. Таким образом, необходимо всесторонне исследовать такую ключевую и чрезвычайно перспективную область, как применение указанных разработок в умных библиотеках.

Существующие обзоры научной литературы по проблеме внедрения современных технологий в библиотеках касаются либо ИИ, либо ИВ, но не обсуждают их совместное использование или интеграцию ИВ и ИИ в соответствии с требованиями концепции «умной библиотеки» (табл. 1). При этом эффективность функционирования применяемых в умных библиотеках технологий, например механизмов RFID и NFC, значительно повышается в сочетании с ИИ, а реализацию возможностей ИВ, дополненных механизмами ИИ, можно считать многообещающей тенденцией, согласно проведенному всестороннему исследованию деятельности умных библиотек [28–33].

С целью проведения текущего обзора в качестве основного источника публикаций была выбрана широко известная и часто используемая база данных Scopus [34], что позволило обеспечить ка-

Таблица 1

Сравнение данного обзора с прочими обзорами литературы

Обзор	Применение ИВ	Применение ИИ	Интеграция ИВ и ИИ
А. Озир и др. [21]	✓		
Г. Цао и др. [22]	✓	✓	
С. Гуль и др. [23]	✓	✓	
Дж. Шепфель [24]		✓	
А. Асеми и др. [25]		✓	
Настоящая работа	✓	✓	✓

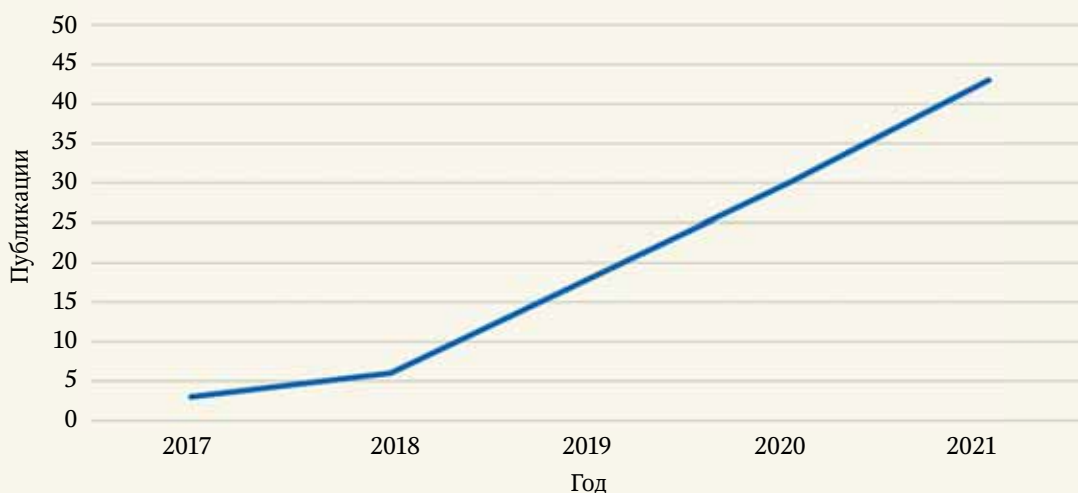


Рис. 2. Публикации за последние пять лет, извлеченные из базы Scopus с помощью принятой строки поиска [34]

чество и надлежащий охват исследования. Общая форма принятой строки поиска показана ниже:

ALL (“smart library” OR “smart libraries” OR “intelligent library” OR “intelligent libraries”) AND (“IoT” OR “Internet-of-Things”) AND (“AI” OR “artificial intelligence”).

Как видно на рис. 2, извлеченные из Scopus с помощью принятой строки поиска публикации за последние пять лет демонстрируют тенденцию к постепенному количественному росту. Это отражает быстрое развитие и многообещающие перспективы ИИ, ИВ и соответствующих приложений в умной библиотеке. Кроме того, стоит отметить, что существует множество примеров внедрения тех или иных технологий, которые не были выявлены с помощью очевидных ключевых слов, использованных в ходе поиска. Так, новый подход, предполагающий сочетание технологий глубокого обучения и механизмов RFID, может применяться в электронной, университетской или публичной библиотеке, однако в публикации могут отсутствовать конкретные слова, такие как «умный» или «смарт». В связи с этим авторы увеличили количество работ, идентифицировав релевантные статьи из более широкого списка источников, например из цифровой библиотеки «IEEE Xplore» [35], и рассмотрели их в качестве важного дополнения.

С точки зрения работы с читателями среди основных функций библиотеки можно выделить ресурсное обеспечение, предоставление пространства, книговыдачу, справки, обучение, комплектование и т. д. [21; 22; 36; 37]. Читатели могут пользоваться различными видами услуг, предлагаемых библиотекой, при этом, согласно принципам библиотечного дела [24; 38], традиционная библиотека самостоятельно отвечает за поддержание нормальной

работы в целях обеспечения устойчивости [24; 39–41] и безопасности [24; 42–45], причем оба аспекта содержат потенциал для улучшений. Иными словами, библиотека, как организация общественного обслуживания, должна не только предоставлять качественные услуги, но и брать на себя ответственность за выполнение социальных обязательств [38; 46; 47], таких как устойчивость и безопасность. Внедрение механизмов ИИ и ИВ способно не только существенно улучшить качество обслуживания читателей, но и поддержать эффективную работу в области обеспечения устойчивости и безопасности библиотечной деятельности в целом. Кроме того, стоит отметить, что таксономия трех категорий (умные услуги, умная устойчивость и умная безопасность) основана на практических результатах поиска, что также отвечает направлениям будущего развития: достижение высокого уровня эффективности обслуживания и устойчивости, а также защита конфиденциальности как приоритет. Анализ практических публикаций в рамках существующей литературы указывает на обогащение методологии библиотечного дела благодаря использованию технологий ИВ на базе ИИ.

Подводя итоги, отметим, что изложенные соображения послужили обоснованием для проведения обзора, нацеленного на всестороннее рассмотрение новой и многообещающей области применения технологий ИВ в сочетании с ИИ в умных библиотеках.

Научный вклад исследования

В настоящей статье представлен подробный обзор применения технологий ИВ в сочетании с ИИ в умных библиотеках. Суммируем научный вклад исследования.

1. Отмечено, что продвижение технологии ИВ можно значительно улучшить посредством

сопутствующего внедрения ИИ во всех аспектах библиотечного дела, рассмотрены новые исследования, в которых используется усовершенствованное сочетание ИВ и ИИ для реализации интеллектуальных подходов к управлению библиотекой.

2. Дано формальное определение понятия «умная библиотека» на основе изучения последних публикаций, касающихся совместного применения технологий ИИ и ИВ.

3. Основываясь на всестороннем обзоре существующей литературы и примеров из практики, авторы выделили и рассмотрели аспекты «умной библиотеки» в трех измерениях, а именно: умные услуги, умная устойчивость и умная безопасность, как основные направления текущих исследований.

4. Определены перспективные тенденции развития умных библиотек на основе анализа новых исследований по проблеме использования технологий ИВ в сочетании с ИИ.

Данная статья построена следующим образом: в разделе «Умная библиотека» описана структура предмета исследования с соответствующими комментариями. В разделе «Ключевые технологии умных библиотек» сформулирована и подробно рассмотрена классификация работ по ключевым методам ИИ и ИВ в трех аспектах. В разделе «Технологии ИВ в сочетании с ИИ» всесторонне изучены публикации в области совместного применения технологий ИВ и ИИ в библиотечном деле. Затем следуют разделы: «Проблемы и перспективы» и «Выводы».

Умная библиотека

Структура

С точки зрения функциональных возможностей понятие «умная библиотека» можно рассматривать как «умную публичную библиотеку» и «умную академическую библиотеку» (в большинстве случаев имеется в виду «умная вузовская

библиотека»). «Умная публичная библиотека» как ключевая область реализации концепции «умного города» содержит большинство элементов данной концепции [23; 48; 49], которые в основном включают «умные общественные услуги», «умную общественную безопасность» и «умную общественную устойчивость». Как правило, эти функции опираются на ИВ в сочетании с ИИ в качестве основы. «Умная академическая библиотека» как критическая область применения концепции «умного кампуса» обладает не только тремя упомянутыми выше функциями «умной публичной библиотеки», но также уделяет особое внимание продвижению культурного образования и научных исследований. В целом мы объединяем понятия «умная публичная библиотека» и «умная академическая библиотека» в общую идею умной библиотеки и далее рассматриваем соответствующие научные работы в трех аспектах: умные услуги, умная безопасность и умная устойчивость. Таким образом, мы относим специфические функции по продвижению культурного образования и исследований к категории умных услуг. На рис. 3 представлена взаимосвязь между умным городом, умной библиотекой и умным кампусом с точки зрения использования технологий ИИ и ИВ. Мы выделяем умные услуги, умную безопасность и умную устойчивость в качестве основных функций как публичной, так и академической библиотеки.

К сожалению, формального и общепринятого определения термина «умная библиотека» пока не существует. Проанализировав значительное количество работ, мы определяем «умную библиотеку» как интеллектуальное учреждение с глубоко внедренными технологиями ИВ в сочетании с ИИ с целью эффективного продвижения всех аспектов операционной эффективности, повышения уровня удовлетворенности потребностей читателей и реализации устойчивых социальных обязательств [21–25; 38–44; 46; 47].

Концепция умной библиотеки первоначально была описана как практический сценарий, в рамках которого пользователи хотели найти оптимальный маршрут к искомым книгам с учетом их местоположения [50]. Читателю требовался лишь карманный персональный помощник (КПП) для подтверждения положения нужной книги (книг) с помощью службы умной книговыдачи, поддерживаемой библиотекой. По сравнению с традиционным способом поиска книг вручную использование технологий ИВ на базе ИИ оказалось намного эффективнее [50].

Ключевые технологии умных библиотек

С тех пор как успешное инновационное испытание [50] привлекло внимание библиотекарей, почти во всех аспектах библиотечного дела стали



Рис. 3. Связь между умным городом, умной библиотекой и умным кампусом с точки зрения применения ИИ и ИВ

применяться новые методы на основе ИВ и ИИ, как подробно описано ниже.

Фундаментальные технологии ИВ

Технологии ИВ оказывают глубокое влияние на традиционный характер управления библиотекой и ее функционирование. Для краткости в данной статье рассматриваются лишь ключевые и наиболее репрезентативные методы.

Система локализации RFID

Система локализации RFID является широко распространенной технологией ИВ, при этом история развития RFID насчитывает более 70 лет. В силу быстрого роста индустрии интегральных схем с каждым годом уменьшаются как размеры, так и стоимость полупроводников, что значительно стимулирует применение систем RFID. Типичная система RFID, применяемая в библиотеке, может быть разделена на пассивные радиочастотные метки, считыватели радиочастотных меток и центральные технологические устройства. Процесс идентификации меток RFID можно кратко суммировать следующим образом. Пассивная радиочастотная метка использует поле электромагнитной индукции, создаваемое радиочастотным сигналом, излучаемым считывателем меток, с целью выработки энергии для дальнейшей двусторонней связи и передачи данных. В условиях умной библиотеки технология RFID широко применяется для контроля доступа, самостоятельного получения и возврата книг, умной расстановки книг на полках и т. д. [51–54].

Сеть Wi-Fi

Как одна из стандартных конфигураций (практически для всей публичной инфраструктуры), стандарт IEEE 802.11, а именно Wi-Fi, в современном обществе получил широкое распространение и применение во всех сценариях обустройства внутренних помещений (например, в библиотеках, супермаркетах, банках, ресторанах, больницах). Благодаря мощным сетевым возможностям Wi-Fi люди могут легко подключаться к сети Интернет, используя любое интеллектуальное устройство, чтобы выполнять различные виды социальных или деловых задач в онлайн-режиме. Считается, что сеть Wi-Fi может иметь широкое покрытие до 1 км. Несмотря на то что Wi-Fi обычно используется для коммуникации, технология локализации на основе Wi-Fi уже стала востребованным направлением разработок. Основная причина универсальности локализации на основе Wi-Fi связана с системой, которая может быть создана непосредственно с помощью точек доступа Wi-Fi, изначально развернутых для коммуникации, без привлечения каких-либо дополнительных ресурсов [55–59]. В условиях умной библиотеки Wi-Fi широко применяется для навигации и поиска книг.

Протокол BLE

Новая версия технологии Bluetooth — протокол с низким энергопотреблением BLE используется для локализации, контекстного опосредованного обнаружения, определения активности и т. д. Как можно интуитивно понять из названия, низкое энергопотребление является ключевым преимуществом BLE и, таким образом, может стать естественным выбором для использования в сценариях приложений ИВ с ограниченным энергопотреблением. Кроме того, протокол BLE может иметь покрытие до 100 м, обеспечивая при этом скорость передачи данных до 24 Мбит/с. Благодаря мощным функциональным возможностям при низком энергопотреблении, большому радиусу действия, приемлемой скорости передачи данных и низкой стоимости производства технология BLE имеет серьезное преимущество перед другими решениями в некоторых конкретных ситуациях, например в условиях ограничений на мощность и объем доступных ресурсов [60–64]. В умных библиотеках протокол BLE может применяться, среди прочего, для навигации и поиска конкретных мест, а также для коммуникации в целях общения или обучения среди студентов [65].

Фундаментальные технологии ИИ

В умных библиотеках также внедрен ряд подходов на основе ИИ, наиболее распространенные из которых кратко изложены ниже.

Технология NLP

NLP — многообещающая технология, которая помогает машине понимать, обрабатывать и даже генерировать человеческую речь. Машина может понимать людей и взаимодействовать с ними в соответствии с передовыми концепциями, алгоритмами и разработками, определенными NLP. Таким образом, возможности NLP широко применяются в поисковых системах, автоматизированных диалоговых системах и адаптивных роботах. В умной библиотеке технология NLP используется во многих видах деятельности, которые традиционно выполняются вручную, например чат-робот со встроенной технологией NLP внедряется для проведения консультаций в приемной библиотеки, встраивается в навигационные системы, используемые для поиска книг [66–71].

Глубокое обучение

Глубокое обучение является, возможно, одной из самых важных технологий машинного обучения, которая существенно влияет на развитие ИИ. В качестве репрезентативного метода глубокая нейронная сеть — это технология, глубокие уровни которой связаны между собой и формируют иерархическую абстрактную структуру представления. Варианты применения, основанные на глубоком обучении, включают, помимо прочего, сверточные нейронные сети (CNN), рекуррент-

ные нейронные сети (RNN), графовые нейронные сети (GNN), которые обычно применяются в области машинного распознавания образов, NLP и обработку структур данных, связанных с графами, соответственно [72–74]. В умных библиотеках технология глубокого обучения может применяться во всех областях с помощью статистических данных, генерируемых для изучения и представления различных функций и правил [12; 75; 76].

Рекомендательные системы

Технология рекомендательных систем является практичным и эффективным решением проблемы информационной перегрузки. Концепция технологии рекомендательных систем основана на фундаментальном предположении о том, что люди обычно учитывают мнения других людей, когда сталкиваются с необходимостью принять важное решение. Исходя из этого, интернет-магазины розничной торговли часто используют рекомендательные системы, предлагая покупателям полезные и сопутствующие товары, получая при этом прибыль за счет рекомендаций либо на основе контента, либо — совместной фильтрации. В умных библиотеках рекомендательные системы выступают в качестве основного механизма для предоставления читателям рекомендаций относительно книг и научных работ с целью повышения эффективности деятельности учреждения и доверия читателей [13; 77–80].

Технологии ИВ в сочетании с ИИ

Очевидно, технологии ИВ и ИИ значительно продвинули библиотечное дело. Однако, опираясь исключительно на одну из этих методик, нельзя реализовать на практике весь потенциал подобных технологий.

В практическом аспекте услуг установка терминалов самообслуживания на основе RFID для получения и возврата литературы, несомненно, повысила эффективность по сравнению с традиционным ручным трудом библиотечных сотрудников. Однако, если подобные терминалы самообслуживания расположены в неподходящем месте, их эффективность может быть значительно ограничена в силу недостаточного использования. С помощью ИИ управление размещением подобных терминалов может быть надлежащим образом организовано и динамически оптимизировано путем анализа накопленных с помощью алгоритмов ИИ данных об особенностях использования читателями помещения библиотеки.

В практическом аспекте устойчивости высокий уровень яркости освещения в углу читального зала можно рассматривать как пустую трату ресурсов, если книги там мало используют. С помощью ИИ можно разумно регулировать уровень яркости в соответствии с интеллектуальным анализом

предыдущих данных о передвижениях читателей. Кроме того, для поддержания стабильных условий среды многие кондиционеры, потребляющие значительное количество энергии, плотно размещаются в читальных залах, зонах компактного хранения и центрах обработки данных. Это является серьезной тратой ресурсов, если этими зонами редко пользуются. Подобная проблема низкого уровня устойчивого потребления также может быть эффективно решена путем установки лишь необходимого количества кондиционеров или динамического планирования режима их работы на основе интеллектуального анализа статистических данных об окружающей среде.

В практическом аспекте безопасности злонамеренные действия, связанные с выдачей, могут быть заранее выявлены посредством интеллектуального анализа данных о прошлых выдачах, собранных с помощью устройства RFID в терминалах самообслуживания, это инициирует дальнейшие действия по верификации, например отправку системой ИИ сообщения с напоминанием о выдаче и подтверждения. Как правило, ИИ может быстро обнаружить аномалию при наличии значительного отклонения от регулярного режима работы.

В то же время полагаться исключительно на технологии ИИ не всегда разумно. Как обсуждалось в предыдущем случае, злонамеренные действия по выдаче связаны с определенными рисками. RFID-система для контроля доступа может дать сигнал о злоумышленнике, даже если он притворится обычным пользователем, пытаясь выйти из библиотеки со спрятанными в сумке украденными книгами, и его задержат охранники. Помимо этого, статистические данные о поведении читателей, используемые для работы алгоритмов ИИ, невозможно собрать и проанализировать без помощи всевозможных устройств, работающих в рамках ИВ [81–84].

В целом в умных библиотеках технологии ИИ и ИВ тесно взаимосвязаны, а их совместное применение может обоюдно усиливать эффективность. Далее подробно рассматривается использование ИВ в сочетании с ИИ в умных библиотеках в трех аспектах.

Умные услуги в библиотеках

Конечная цель библиотечного дела всегда состоит в том, чтобы предоставить читателям комфортную среду и повысить эффективность использования ресурсов.

Проблему оптимального размещения читателей в помещениях библиотеки еще не удалось решить традиционными способами. При этом условно занятое, но на деле пустующее место является серьезной тратой ресурсов, особенно в период подготовки к экзаменам. Для решения таких проблем

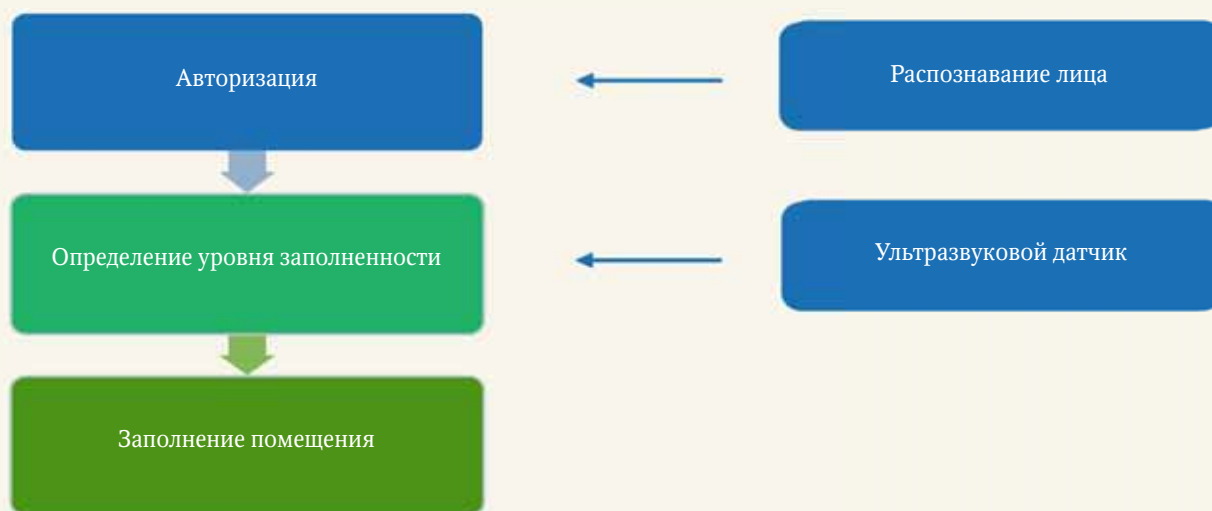


Рис. 4. Блок-схема процесса заполнения помещения [89]

были предложены некоторые передовые подходы, основанные на технологиях ИВ в сочетании ИИ. В некоторых исследованиях показано, что информационные данные об использовании мест могут динамически отслеживаться, анализироваться и регулироваться на основе веб-приложения, датчиков давления и RFID [85; 86].

В других случаях испытаны технологии, позволяющие читателям самостоятельно входить в систему, бронировать места, сканировать информацию, регистрироваться, а также отменять бронирование с помощью мобильного устройства [87; 88]. Данные, поступающие в режиме реального времени, можно использовать для разумного планирования в соответствии с динамическими потребностями в зависимости от статуса использования пространства. Технологии ИВ в сочетании с ИИ также применялись в аналогичном случае для управления процессом заполнения помещения [89], когда служба, отслеживающая занятость помещений, требовала последовательного выполнения следующих этапов: 1) запускается команда авторизации доступа на основе алгоритма распознавания лиц; 2) уровень заполненности помещения определяется с помощью ультразвукового датчика; 3) авторизованный пользователь может занять освободившееся место, получив уведомление на основании второго шага. Блок-схема указанного процесса показана на рис. 4.

В рамках одного из исследований был предложен чрезвычайно интересный подход к системе позиционирования, основанный на слиянии маяков BLE, Wi-Fi и метода k -ближайших соседей (KNN) [19]. Он позволяет облегчить совместную работу для студентов, оптимизировать использование пространства и повысить эффективность умных услуг в области управления помещениями. Основываясь на предложенном решении, учащиеся могут по собственному желанию формировать

различные виды учебных групп, что способствует организованному и практичному использованию возможностей библиотечных пространств [19]. Данный метод можно разделить на два этапа: офлайн- и онлайн-этапы. На первом этапе с помощью Wi-Fi создается база данных идентификационных меток (или «отпечатков») на основе предварительных измерений каждого местоположения в определенном пространстве библиотеки, например рабочее место, стол или класс. На онлайн-этапе учащийся посредством мобильного устройства и программы на платформе Android, входящей в пакет решений системы позиционирования, получает сигналы от точек доступа Wi-Fi и отправляет подобную информацию для запроса предполагаемого местоположения. Оптимальное положение выбирается с учетом оценки данных протоколов BLE и сети Wi-Fi на основе сравнения плотности вероятности ошибки. Здесь стоит отметить, что оценка с помощью подхода на основе Wi-Fi учитывает наиболее распространенный атрибут k ближайшего местоположения, хранящегося в базе данных меток, в рамках алгоритма KNN. Положение, плотность вероятности ошибки которого оценивается как наименьшая на основе технологий BLE и Wi-Fi, выбирается в качестве конечной прогнозируемой позиции для конкретного учащегося. Тем временем спрогнозированная в реальном времени позиция в режиме онлайн также может использоваться для обновления базы данных идентификационных меток в офлайн-режиме. Как только точное положение было определено с помощью системы позиционирования, учащийся может легко объявить о своем предметном интересе и положении окружающим, присвоив ярлык или указав место на визуальной карте, являющейся частью функционала программы. Далее пользователи с теми же или похожими интересами получают эту информацию и могут сформировать интерак-



Рис. 5. Архитектура умной системы сортировки книг [90]

тивные дискуссионные группы по той или иной тематике. Таким образом, можно оптимизировать использование пространства, а также значительно повысить эффективность умных услуг в области управления помещением.

Система сортировки книг является фундаментальным и важным инструментом оптимизации обращения фонда. При этом эффективность можно существенно повысить за счет использования штрих-кода и оптического распознавания символов (OCR) на основе глубокого обучения [90]. Архитектура умной системы сортировки книг [90] состоит из двух ключевых частей: модели сбора данных и модели обработки данных (рис. 5). Модель сбора данных в основном используется для получения сведений относительно изображения обложки книги с помощью камеры. Модель обработки данных может впоследствии обрабатывать информацию, касающуюся обнаружения и идентификации штрих-кодов, с помощью OCR на основе технологий глубокого обучения. В другом исследовании дрон-робот на основе возможностей визуальной локализации и OCR идентифицировал метки на книгах, что в дальнейшем применялось в целях инвентаризации [91].

Кроме того, существует новый подход, основанный на облачных и рекомендательных системах, который помогает учащимся узнавать об интересных и полезных книгах [13]. Такой метод позволяет читателям не только оценивать выданную им литературу, но и получать рекомендации на основе накопленных данных, хранящихся в облаке. Так, целый набор систем [13] может помочь читателям сэкономить время и деньги.

Существуют также новые способы работы со звуком на основе применения возможностей OCR, глубокого обучения и ультразвуковых датчиков, что дает незрячим и слабовидящим людям возможность слышать и понимать содержание библиотечных материалов [92]. В частности, ультразвуковой датчик используется для определения расстояния между устройством OCR и книгой для повышения точности распознавания информации на следующем этапе. Далее сочетание технологий OCR и

глубокого обучения позволяет распознать содержание печатной книги и затем преобразовать его в текстовый контент. Наконец, контент преобразуется в соответствующий аудиофайл, который можно воспроизвести через наушники. Таким образом, незрячие люди могут «читать» бумажные книги.

Отметим также интересный подход к улучшению качества обучения [93]. Эта модель использует интерактивные данные и данные обратной связи, сгенерированные в классе группового обучения, для анализа статистических правил на основе машинного обучения и дальнейшего обновления соответствующей информации, хранящейся в облаке. Предложенный метод может дать научную оценку индивидуальных когнитивных особенностей учащихся.

В одном из исследований [94] предлагается набор решений проблемы погрешностей, возникающих при считывании RFID-меток. На основе предварительных измерений уровня принимаемого сигнала в сочетании с KNN можно использовать точную локализацию RFID-меток книг для выявления неправильно считанных меток. Аналогичным образом RFID и алгоритм машинного обучения могут использоваться для локализации книг, хранящихся в шкафу [95]. Этот подход может повысить точность определения местоположения книг и найти нужный ряд, стеллаж и полку. Также опробован метод локализации книг, хранящихся на книжных полках, на основе измерений уровня принимаемого сигнала, собранных с помощью RFID и технологий глубокого обучения [96].

Оценка востребованности и интереса к книге является важным показателем для повышения эффективности библиотечных услуг и улучшения персонализированного обслуживания. Технология RNN для глубокого обучения с помощью вычислительной радиочастотной идентификации (CRFID) [97] может применяться с целью выявления и идентификации следующих действий библиотечного пользователя: берет книгу в руки, просматривает заголовок, проглядывает страницы, перемещает книгу, читает книгу, получает книгу. Данные о деятельности собираются с помощью



Рис. 6. Рабочий процесс системы изучения персонализированных действий [97]

CRFID, при этом собранная информация естественным образом излагается последовательно и приспособлена для использования технологиями машинного обучения на основе RNN, а также предоставляет конструктивные предложения по удовлетворению потребностей читателей. Рабочий процесс иллюстрирует рис. 6.

Таким образом, в ряде исследований [20; 85–91; 94; 97] отражены технологии ИВ в сочетании с ИИ, применяемые в области умных услуг, умных образовательных услуг, умных услуг книговыдачи и умного комплектования фондов соответственно. Литература, связанная с умными услугами, для удобства сведена в табл. 2.

Таблица 2

Изученная литература по проблеме использования ИВ в сочетании с ИИ для предоставления умных библиотечных услуг

Сценарий использования в библиотеке	Соответствующие технологии ИВ в сочетании с ИИ	Год и источник
Управление помещением	Датчики + умная организация	2019 [85], 2021 [86]
	Мобильное устройство + умная организация	2019 [88], 2021 [87]
	Датчики + распознавание лиц	2019 [89]
	Датчики + KNN	2016 [19]
Выдача по абонементу	Датчики + OCR на основе компьютерного зрения	2017 [20]
	Датчики + OCR на основе глубокого обучения	2021 [90; 91]
Образовательные услуги	Датчики + OCR на основе компьютерного зрения	2021 [92]
	Облако + машинное обучение	2021 [93]
	Облако + рекомендательные системы	2020 [13]
Выдача по абонементу	Датчики + KNN	2021 [94]
	Датчики + KNN/SVM	2020 [95]
	Датчики + глубокое обучение	2020 [96]
Комплектование фондов	Датчики + RNN	2020 [97]

Умная устойчивость в библиотеках

Выбросы парниковых газов в атмосферу уже давно являются серьезной проблемой, влияющей на устойчивое развитие человеческого общества [98]. Деятельность любого библиотечного учреждения неизбежно связана не только с потреблением значительного количества ресурсов для выполнения обычных операций, но и с выбросами и отходами, включая выбросы парниковых газов. Таким образом, библиотекам остро необходимо осуществить переход на принципы устойчивого управления при потреблении ресурсов. Современные технологии ИВ и ИИ позволяют разумно планировать мероприятия в области обеспечения устойчивости в соответствии с практическими потребностями. Так, разработан набор технологичных решений [99] для анализа уровня освещения в библиотеке, чтобы максимально повысить эффективность использования дневного света. Читатель может войти в систему управления устройством и выбрать интеллектуальный режим. Датчики определяют высоту и угол падения света и автоматически адаптируются к параметрам, установленным пользователем (рис. 7). Кроме того, разработана структура системы управления устойчивым потреблением в умных библиотеках [100], включающая датчики, собирающие данные из нескольких источников, сеть датчиков и сервер, где хранится накопленная информация о температуре, влажности и пр. (рис. 8). Собранные данные синхронизируются друг с другом и с сервером, учитываются также хронологические показатели датчиков. Центр управления, развернутый



Рис. 7. Рабочий процесс интеллектуальной системы управления освещением [99]

Таблица 3

Существующие исследования в области применения технологий ИВ в сочетании с ИИ для обеспечения умной устойчивости в библиотеках

Технологии ИВ в сочетании с ИИ	Год и источник
Датчики + автоматическая адаптация	2021 [99]
Датчики + умный график	2019 [100]
Мобильный терминал + умное расписание	2017 [102]
Датчики + умный мониторинг	2021 [103]
Датчики + умный сбор данных	2017 [104]
Датчики + умный мониторинг	2021 [105; 106]
Мультисенсорные системы + умная сохранность	2019 [101]
Датчики + алгоритм классификации изображений	2021 [107]

на сервере, может осуществлять интеллектуальное планирование использования оборудования, например динамически планируя систему освещения на основе анализа данных о том или ином периоде работы. Наконец, в одном эксперименте протестирован новый подход к анализу условий окружающей среды в целях сохранности фондов с помощью мультисенсорных систем и визуализации данных мониторинга [101].

Таким образом, ряд исследований [99; 100; 102–107] мы можем объединить в одну группу в качестве практических примеров реализации концепции сопряжения ИВ и ИИ в умных библиотеках. Соответствующая литература, связанная с обеспечением умной устойчивости, представлена в табл. 3.

Умная безопасность в библиотеках

Посетители имеют возможность читать в комфортных условиях, предлагаемых библиотекой. Между тем в публичной среде личная информация и неприкосновенность частной жизни подвергаются как преднамеренному, так и непреднамеренному риску. Кроме того, с наступлением эры больших данных и соответствующих алгоритмов обработки ожидается возрастание озабоченности и потребностей в защите конфиденциальности. Технологии ИВ и ИИ позволяют эффективно снизить риск раскрытия личных данных. Например, для защиты конфиденциальности разработана инновационная структура аутентификации [108]. Так, собранные на базе RFID данные шифруются с помощью интеллектуального алгоритма аутентификации, а затем может быть выполнена многократная безопасная транзакция посредством предложенного алгоритма аутентификации (рис. 9).



Рис. 8. Рабочий процесс интеллектуальной структуры управления устойчивостью [100]

В одном из проектов по внедрению ИВ и ИИ в библиотеках использовалась система оповещения о рисках, основанная на технологиях доказательной аргументации и размытых множеств, с целью автоматического мониторинга состояния всех видов устройств наряду с действиями читателей [109]. Рабочий процесс предлагаемой структуры состоит из нескольких этапов:

1) датчики обнаруживают и идентифицируют риски аномалий;

2) данные, собранные датчиками, затем передаются на уровень обработки и оценки данных в соответствии с методами и протоколами, основанными на ИВ;

3) выходные данные сравниваются с сохраненными архивными сведениями об аномальных событиях на уровне обработки и оценки;

4) полученная информация отправляется на уровень принятия решений на основе доказательной аргументации и размытых множеств для принятия окончательного решения по обнаруженному аномальному событию;

5) после принятия решения сохраненные архивные данные дополнительно обновляются и сохраняются для последующего использования при обработке и сравнении данных (рис. 10).

Таким образом, ряд научных работ отражает применение технологий ИВ и ИИ для умной системы обращения фонда [108; 110; 111]. В некоторых исследованиях изложены подходы к внедрению соответствующих технологий для предоставления умных услуг в области цифровых ресурсов [112–114]. Наконец, представлены проекты, нацеленные на оптимизацию базовых услуг [109; 115; 116]. Литература по проблеме умной безопасности обобщается в табл. 4.

Проблемы и перспективы

Несмотря на значительный прогресс в области технологий ИВ в сочетании с ИИ, применяемых в умных библиотеках, все еще остаются возможности для дальнейшего совершенствования.

С точки зрения умных услуг — такие оценки эффективности работы, как точность и результаты внедрения инновационных методов, основанных на рекомендациях, остаются сравнительно низкими. Более продвинутые технологии NLP (модель BERT [69] и нейронные сети на основе графов [2; 117–119] с расширенной дополнительной информацией) в ближайшем будущем могут быть использованы в качестве важного восходящего или нисходящего механизма обработки данных в сочетании с ИВ.

С точки зрения умной устойчивости — стоимость внедрения датчиков для сбора данных об окружающей среде по-прежнему высока. Нецелесообразно повсеместно устанавливать все виды устройств мониторинга в дополнение к существующим технологиям для обеспечения устойчиво-

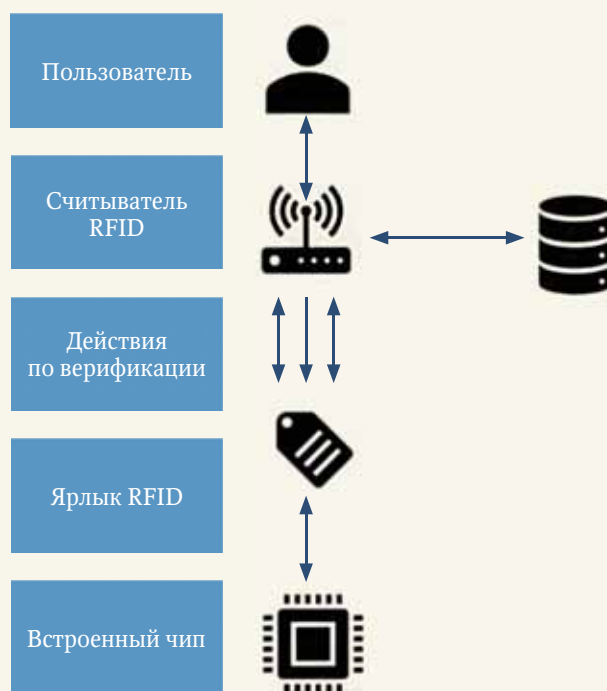


Рис. 9. Рабочий процесс структуры интеллектуальной системы RFID-аутентификации [108]



Рис. 10. Рабочий процесс структуры системы оповещения о рисках на базе технологий ИВ и ИИ [109]

сти в умных библиотеках. Этот недостаток может быть устранен в рамках совместной и скоординированной структуры беспроводной сенсорной сети (WSN) [120; 121]. Таким образом, существуют широкие возможности для внедрения алгоритмов на основе ИИ в подобные совместные WSN. Стоимость и размер одного датчика могут быть уменьшены в соответствии с хорошо известным законом Мура. Иными словами, вскоре все больше и больше датчиков могут стать доступными и использоваться для повышения производительности библиотечной деятельности.

С точки зрения умной безопасности — существующие методы зачастую относятся к однородным данным, генерируемым конкретными датчиками, например RFID. Однако на фоне диверсификации бизнес-сценариев в умных библиотеках совместная скоординированная обработка разнородных данных, генерируемых многоцелевыми датчиками (RFID, NFC, Bluetooth, инфракрасный порт и т. д.) может стать перспективным

направлением для будущих исследований. Серьезная проблема заключается в поиске оптимального подхода к обработке больших объемов данных, собранных из нескольких источников, с учетом взаимосвязанной избыточности [122]. Кроме того, массивные данные, генерируемые различными устройствами ИВ, повышают важность защиты конфиденциальности. В частности, разнородные данные, собранные из нескольких источников, в умных библиотеках включают большое количество частной и конфиденциальной информации (например, изображения лиц пользователей), и потенциальная утечка подобных данных окажет сильное влияние на жизни людей. Таким образом, чрезвычайно важно уделять внимание ключевым вопросам защиты информации, что в основном связано с двумя критическими и фундаментальными аспектами информационной безопасности: конфиденциальностью данных и их сохранностью. Говоря о конфиденциальности данных, алгоритм шифрования с симметричным ключом

Таблица 4

Литература по использованию технологий ИВ и ИИ для обеспечения умной безопасности в библиотеках

Сценарий использования в библиотеке	Соответствующие технологии ИВ в сочетании с ИИ	Год и источник
Умная выдача по абонементу	Датчики + умная аутентификация	2020 [108]
Умные базовые услуги	Датчики + доказательная аргументация и размытое множество	2019 [109]
Умные базовые услуги	Датчики + машинное зрение	2020 [115]
Умная выдача по абонементу	Датчики + умная идентификация	2016 [110]
Умные услуги в области цифровых ресурсов	Облако + умная идентификация	2022 [112]
Умные базовые услуги	Доверительная сеть + умное шифрование	2019 [116]
Умная выдача по абонементу	Датчики + защита от умных атак	2021 [111]
Умные услуги в области цифровых ресурсов	Сенсорная сеть + умное предотвращение контрактов	2020 [113]
Умные услуги в области цифровых ресурсов	Облако + умное шифрование	2021 [114]

можно эффективно использовать для защиты данных от кражи как в процессе передачи, так и в процессе хранения. Кроме того, контроль доступа также может быть эффективным способом предотвращения несанкционированного раскрытия частной информации. Что касается сохранности данных, соответствующие механизмы обеспечения безопасности в основном включают алгоритм аутентификации и проверки целостности информации. Например, алгоритм проверки сохранности хеш-данных может быть использован для защиты данных от злонамеренной санкционированной модификации путем преобразования частной информации в данные фиксированной длины для дальнейшей верификации хеш-значений в процессе передачи и хранения данных [123–126]. В рамках обсуждаемой схемы надежного механизма собранные разнородные сведения и данные из нескольких источников могут быть сохранены и в дальнейшем безопасно применены для нисходящего анализа защищенных данных, например в рамках процесса распределенного многостороннего обучения.

Алгоритмы искусственного интеллекта на основе федеративного обучения [127–129] могут быть широко использованы для снижения риска раскрытия данных, присущего существующим методам централизованного обучения, принятым в библиотечном деле. Наконец, на фоне разработки ряда концепций, в частности виртуальных копий или «цифровых двойников» [130; 131] и метавселенной [132], внедрение подобных передовых технологий в умных библиотеках может стать перспективным направлением работы в ближайшем будущем.

Выводы

В настоящем исследовании проведен всесторонний обзор технологий ИВ в сочетании с ИИ в новых умных библиотеках в целях представления систематизированной, структурированной и подробной схемы функционирования этой многообещающей области приложения современных разработок. Практические и конкретные примеры умного подхода к книговыдаче показывают, что парадигма умной библиотеки, работающей с помощью технологий ИИ и ИВ, позволяет значительно улучшить качество обслуживания, в отличие от традиционного библиотечного дела, основанного на труде библиотекарей. Несмотря на то что в умных библиотеках могут использоваться различные сценарии приложения ИИ и ИВ, в статье рассмотрены следующие основные аспекты: умные услуги, умная устойчивость и умная безопасность. Обсуждается развитие концепции умных библиотек, дано формальное определение понятия «умная библиотека» на основе обширного

обзора актуальных исследований. Представлено краткое введение в ключевые технологии ИИ и ИВ, применяемые в умных библиотеках, которые могут стать фундаментом для дальнейшего развития области. Проведен всесторонний обзор использования современных технологий в умных библиотеках с глубоким внедрением механизмов ИВ и ИИ. Обобщены проблемы и перспективные направления, способные вдохновить аудиторию на изучение новых разработок, применяемых в сфере умных библиотек.

Вклад авторов

Разработка концепции – Сигуо Би, Цзилун Чжан, Бочунь Ву;

научно-исследовательская работа – Сигуо Би; написание первоначального текста – Сигуо Би, Конг Ванг;

пересмотр и редактирование текста – Утао Хуан, Бочунь Ву, И Гонг, Вэй Ни; визуализация данных – Сигуо Би, Конг Ванг;

контроль за проведением работы – Цзилун Чжан, Бочунь Ву, Вэй Ни;

руководство научно-исследовательской работой – Бочунь Ву, Вэй Ни.

Все авторы прочитали и согласились с опубликованной версией рукописи.

Финансирование

При проведении данного исследования не использовалось финансирование из внешних источников.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии какого-либо конфликта интересов.

Список источников

1. Lin Z., Lv T., Ni W. et al. Nested Hybrid Cylindrical Array Design and DoA Estimation for Massive IoT Networks // IEEE J. Sel. Areas Commun. 2021. Vol. 39. P. 919–933.
2. Thomas D., Shankaran R., Orgun M. et al. A Graph Based Fault-Tolerant Approach to modeling QoS for IoT-based Surveillance Applications // IEEE Internet Things J. 2021. Vol. 8. P. 3587–3604.
3. Ren C., Lyu X., Ni W. et al. Distributed Online Optimization of Fog Computing for Internet-of-Things under Finite Device Buffers // IEEE Internet Things J. 2020. Vol. 7. P. 5434–5448.
4. Li K., Ni W., Bao W., Tovar E. Onboard Double Q-Learning for Airborne Data Capture in Wireless Powered IoT Networks // IEEE Netw. Lett. 2020. Vol. 2. P. 71–75.
5. Mnasri S.T.S., Val T. A Survey on IoT Routing: Types, Challenges and Contribution of Recent Used Intelligent Methods // Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Computing and Information Technology. Tabuk, Saudi Arabia, 27–30 September 2022. P. 161–166.
6. Qazi S., Khawaja B.A., Farooq Q.U. IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends // IEEE Access 2022. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3152544

7. IBM Builds a Smarter Planet. URL: <https://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/> (дата обращения: 14.10.2022).
8. *Gagliardi G., Lupia M., Cario G. et al.* Advanced Adaptive Street Lighting Systems for Smart Cities // *Smart Cities*. 2020. Vol. 3. P. 1495–1512.
9. *Yahaya A.S., Javaided N., Javed M.U. et al.* Blockchain Based Secure Sustainability Trading with Mutual Verifiable Fairness in a Smart Community // *IEEE Trans. Ind. Inform.* 2022. DOI: 10.1109/TII.2022.3141867
10. *Zhang Y., Yip C., Lu E., Dong Z.Y.* A Systematic Review on Technologies and Applications in Smart Campus: A Human-Centered Case Study // *IEEE Access* 2022. Vol. 10. P. 16134–16149.
11. *Jiang M., Hu Y., Worthey G. et al.* Evaluating BERT's Encoding of Intrinsic Semantic Features of OCR'd Digital Library Collections // *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries*. Champaign, IL, USA, 2021. P. 308–309.
12. *Lin W.-H., Chang S.-S., Li P. et al.* Exploration of Usage Behavioral Model Construction for University Library Electronic Resources from Deep Learning Multilayer Perceptron // *Proceedings of the 2019 IEEE International Conference on Consumer Electronics*. Taiwan, Yilan, Taiwan, 2019. P. 1–2.
13. *Anoop A., Ubale N.A.* Cloud Based Collaborative Filtering Algorithm for Library Book Recommender System // *Proceedings of the 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology*. Tirunelveli, India, 2020. P. 695–703.
14. *Bagal D., Saindane P.* Librany – A Face Recognition and QR Code Technology based Smart Library System // *Proceedings of the 2019 International Conference on Communication and Electronics Systems*, Coimbatore, India, 2019. P. 253–258.
15. *Choi Y., Joo S.* Topic Detection of Online Book Reviews: Preliminary Results // *Proceedings of the 2019 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries*. Champaign, IL, USA, 2019. P. 418–419.
16. *Li D.-Y., Xie S.-D., Chen R.-J., Tan H.-Z.* Design of Internet of Things System for Library Materials Management Using UHF RFID // *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on RFID Technology and Applications*. Foshan, China, 2016.
17. *Liao P., Shieh J.* The Development of Library Mobile Book-Finding System Based on NFC // *Proceedings of the 2015 IIAI 4th International Congress on Advanced Applied Informatics*. Okayama, Japan, 2015. P. 148–153.
18. *Determe J.-F., Azzagnuni S., Singh U. et al.* Monitoring Large Crowds with WiFi: A Privacy-Preserving Approach // *IEEE Syst. J.* 2022. DOI: 10.1109/JSYST.2021.3139756
19. *Antevski K., Redondi A.E.C., Pitic R.* A Hybrid BLE and Wi-Fi Localization System for the Creation of Study Groups in Smart Libraries // *Proceedings of the 2016 9th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference*. Colmar, France, 2016. P. 41–48.
20. *Angal Y., Gade A.* Development of library management robotic system // *Proceedings of the 2017 International Conference on Data Management, Analytics and Innovation*. Pune, India, 2017. P. 254–258.
21. *Ozeer A., Sungkur Y., Nagowah S.D.* Turning a Traditional Library into a Smart Library // *Proceedings of the 2019 International Conference on Computational Intelligence and Knowledge Economy*. Dubai, United Arab Emirates, 11–12 December 2019. P. 352–358.
22. *Cao G., Liang M., Li X.* How to make the library smart? The conceptualization of the smart library // *Electron. Libr.* 2018. Vol. 36. P. 811–825.
23. *Gul S., Bano S.* Smart libraries: An emerging and innovative technological habitat of 21st century // *Electron. Libr.* 2019. Vol. 37. P. 764–783.
24. *Schöpfel J.* Smart Libraries // *Infrastructures*. 2018. Vol. 3, № 4. P. 43. DOI: <https://doi.org/10.3390/infrastructures3040043>
25. *Asemi A., Ko A., Nowkarizi M.* Intelligent libraries: A review on expert systems, artificial intelligence, and robot // *Libr. Hi Tech*. 2021. Vol. 39. P. 412–434.
26. *Temiz S., Salelkar L.P.* Innovation during crisis: Exploring reaction of Swedish university libraries to COVID-19 // *Digit. Libr. Perspect.* 2020. Vol. 36. P. 365–375.
27. *He D.* A Strategy of Smart Library Construction in the Future // *J. Serv. Sci. Manag.* 2020. Vol. 13. P. 330–335.
28. *Başçiftçi F., Bokiye L.M.* IoT Based Library Management Automation System Using RFID // *Proceedings of the 2021 IEEE 21st International Symposium on Computational Intelligence and Informatics*. Budapest, Hungary, 2021. P. 21–24.
29. *Devi P.D., Mirudhula S., Devi A.* Advanced Library Management System using IoT // *Proceedings of the 2021 Fifth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*. Palladam, India, 2021. P. 150–154.
30. *Jayawardena C., Reyas S., Kekirideniya K.R. et al.* Artificial Intelligence Based Smart Library Management System // *Proceedings of the 2021 6th IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering*. Kedah, Malaysia. 2021. P. 1–6.
31. *Sofwan R.A., Somantri M.* Smart School System with Single ID based on RFID Through NFC using FCM Notification // *Proceedings of the 2021 4th International Conference of Computer and Informatics Engineering*. Depok, Indonesia, 2021. P. 485–490.
32. *Roh H., Kim Y.* A Shared NFC Antenna Using Metal Frame of Smartphone // *Proceedings of the 2021 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting*. Denver, CO, USA, 2022. P. 173–174.
33. *Suhartono J., Karya S., Candra S.* The utilize of NFC technology for campus library services management // *Proceedings of the 2017 International Conference on Information Management and Technology*. Special Region of Yogyakarta, Indonesia, 2017. P. 60–64.
34. Scopus. URL: <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=advanced> (дата обращения: 10.11.2022).
35. Ieeexplore. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения: 10.11.2022).
36. The library of Fudan University. URL: <http://www.library.fudan.edu.cn/eng/380/list.htm> (дата обращения: 10.11.2022).
37. The library of Harvard University. URL: <https://library.harvard.edu/services-tools> (дата обращения: 10.11.2022).
38. *Johnson I.* Smart City and Library Service // *Proceedings of the 6th Shanghai International Library Forum*. Shanghai, China, 2012.

39. *Fedorowicz-Kruszewska M.* Green libraries and green librarianship – Towards conceptualization // *J. Librariansh. Inf. Sci.* 2021. Vol. 53. P. 645–654.
40. *Khalid A., Malik G.F., Mahmood K.* Sustainable development challenges in libraries: A systematic literature review (2000–2020) // *J. Acad. Librariansh.* 2021. Vol. 47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2021.102347>
41. *Liu Q., Wang Z.* Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China // *Energ. Sustain. Soc.* 2022. Vol. 12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00341-9>
42. *Kruger D.D., Barstow S.* Security in a Fully Functioning Academic Library during Renovation // *Libr. Arch. Secur.* 2009. Vol. 22. P. 85–97.
43. *Igbinovia M.O.* Internet of things in libraries and focus on its adoption in developing countries // *Libr. Hi Tech News.* 2021. Vol. 38. P. 13–17.
44. *Ma Y., Wu C., Ping K. et al.* Internet of Things applications in public safety management: A survey // *Libr. Hi Tech.* 2020. Vol. 38. P. 133–144.
45. *Duncan A.S.P.* Opportunities for academic smart libraries in the Caribbean // *Libr. Hi Tech News.* 2021. Vol. 8. P. 9–12.
46. *Luterek M.* Smart City Research and Library and Information Science. Preliminary remarks // *Zagadnienia Inf. Nauk. – Stud. Inf.* 2018. Vol. 56. P. 52–64.
47. *Blewitt J.* Public libraries and the right to the [smart] city // *Int. Soc. Ecol. Sustain. Dev.* 2014. Vol. 5. P. 55–68.
48. *Kulkarni S., Dhanamjaya M.* Smart libraries for smart cities: A historic opportunity for quality public libraries in India // *Libr. Hi Tech News.* 2017. Vol. 34. P. 26–30.
49. *Zanella A., Bui N., Castellani A. et al.* Internet of Things for Smart Cities // *IEEE Internet Things J.* 2014. Vol. 1. P. 22–32.
50. *Aittola M., Ryhanen T., Ojala T.* Smart Library: Location-Aware mobile library service // *Proceedings of the 2003 International Symposium on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services.* Udine, Italy, 2003. Berlin; Heidelberg, Germany: Springer, 2003. P. 411–415.
51. *Want R.* An introduction to RFID technology // *IEEE Pervasive Comput.* 2006. Vol. 5. P. 25–33.
52. *Khadka G., Ray B., Karmakar N.C., Choi J.* Physical Layer Detection and Security of Printed Chipless RFID Tag for Internet of Things Applications // *IEEE Internet Things J.* 2022. P. 1–11. DOI: [10.1109/JIOT.2022.3151364](https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3151364)
53. *Ali Z., Rance O., Barbot N., Perret E.* Depolarizing Chipless RFID Tag Made Orientation Insensitive by Using Ground Plane Interaction // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation.* 2022. Vol. 70. P. 5235–5245. DOI: [10.1109/TAP.2022.3145479](https://doi.org/10.1109/TAP.2022.3145479)
54. *Luo C., Gil I., Fernández-García R.* Textile UHF-RFID Antenna Embroidered on Surgical Masks for Future Textile Sensing Applications // *IEEE Transactions on Antennas and Propagation.* 2022. DOI: [10.1109/TAP.2022.3145477](https://doi.org/10.1109/TAP.2022.3145477)
55. *Yang C., Shao H.* Wi-Fi-based indoor positioning // *IEEE Commun. Mag.* 2015. Vol. 53. P. 150–157.
56. *Chen X., Li H., Zhou C. et al.* Fidora: Robust Wi-Fi-based Indoor Localization via Unsupervised Domain Adaptation // *IEEE Internet Things J.* 2022. DOI: [10.1109/jiot.2022.3163391](https://doi.org/10.1109/jiot.2022.3163391)
57. *Jarawan T., Kamsing P., Tortceka P. et al.* Wi-Fi received signal strength-based indoor localization system using K-nearest neighbors fingerprint integrated D algorithm // *Proceedings of the 2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology.* Seoul, Korea, 2022. P. 242–247.
58. *Mendoza-Silva G.M., Costa A.C., Torres-Sospedra J. et al.* Environment-Aware Regression for Indoor Localization Based on WiFi Fingerprinting // *IEEE Sens. J.* 2022. Vol. 22. P. 4978–4988.
59. *Zafari F., Gkelias A., Leung K.K.* A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies // *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2019. Vol. 21. P. 2568–2599.
60. *Ji T., Li W., Zhu X., Liu M.* Survey on indoor fingerprint localization for BLE // *Proceedings of the 2022 IEEE 6th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference, Chongqing, China, 2022.* P. 129–134.
61. *Jeon K.E., She J., Soonsawad P., Ng P.C.* BLE Beacons for Internet of Things Applications: Survey, Challenges, and Opportunities // *IEEE Internet Things J.* 2018. Vol. 5. P. 811–828.
62. *Phutcharoen K., Chamchoy M., Supanakoon P.* Accuracy Study of Indoor Positioning with Bluetooth Low Energy Beacons // *Proceedings of the 2020 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering.* Pattaya, Thailand, 2020. P. 24–27.
63. *Pakanon N., Chamchoy M., Supanakoon P.* Study on Accuracy of Trilateration Method for Indoor Positioning with BLE Beacons // *Proceedings of the 2020 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology.* Chiang Mai, Thailand, 2020. P. 1–4.
64. *Echizennya K., Kondo K.* Estimation of indoor position and motion direction for smartphones using DNN to BLE beacon signal strength // *Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics.* Taiwan, 2020. P. 1–2.
65. *Uttarwar M.L., Kumar A., Chong P.H.J.* BeaLib: A Beacon Enabled Smart Library System // *Wirel. Sens. Netw.* 2017. Vol. 9. P. 302–310.
66. *Zeng Z., Sun S., Li T. et al.* Mobile visual search model for Dunhuang murals in the smart library // *Libr. Hi Tech.* 2022. DOI: <https://doi.org/10.1108/LHT-03-2021-0079>
67. *Young T., Hazarika D., Poria S., Cambria E.* Recent Trends in Deep Learning Based Natural Language Processing [Review Article] // *IEEE Comput. Intell. Mag.* 2018. Vol. 13. P. 55–75.
68. *Otter D.W., Medina J.R., Kalita J.K.* A Survey of the Usages of Deep Learning for Natural Language Processing // *IEEE Trans. Neural Netw. Learn. Syst.* 2021. Vol. 32. P. 604–624.
69. *Wahle J.P., Ruas T., Meuschke N., Gipp B.* Are Neural Language Models Good Plagiarists? A Benchmark for Neural Paraphrase Detection // *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries.* Champaign, IL, USA, 2021. P. 226–229.
70. *Choudhury M.H., Jayanetti H.R., Wu J. et al.* Automatic Metadata Extraction Incorporating Visual Features from Scanned Electronic Theses and Dissertations // *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries.* Champaign, IL, USA, 2021. P. 230–233.
71. *Panda S., Chakravarty R.* Adapting intelligent information services in libraries: A case of smart AI chatbots // *Libr. Hi Tech News.* 2022. Vol. 39. P. 12–15.

72. *Bengio Y., Courville A., Vincent P.* Representation Learning: A Review and New Perspectives // *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2013. Vol. 35. P. 1798–1828.
73. *Szegedy C., Liu W., Jia Y. et al.* Going deeper with convolutions // *Proceedings of the 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, MA, USA, 2015. P. 1–9.
74. *Huang G., Liu Z., Maaten L.V.D., Weinberger K.Q.* Densely Connected Convolutional Networks // *Proceedings of the 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. Honolulu, HI, USA, 2017. P. 2261–2269.
75. *Kim J.H., Lee J.H., Lee K.J.* A Study on the Issues Related to Building a Library Information System Based on Deep Learning // *Proceedings of the 2021 21st ACIS International Winter Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing*. Ho Chi Minh City, Vietnam, 2021. P. 287–289.
76. *Prashanth P., Vivek K.S., Reddy D.R., Aruna K.* Book Detection Using Deep Learning // *Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication*. Erode, India, 2019. P. 1167–1169.
77. *Simović A.* A Big Data smart library recommender system for an educational institution // *Libr. Hi Tech.* 2018. Vol. 36. P. 498–523.
78. *Puritat K., Intawong K.* Development of an Open Source Automated Library System with Book Recommendation System for Small Libraries // *Proceedings of the 2020 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering*. Pattaya, Thailand, 2020. P. 128–132.
79. *Zhang H., Xiao Y., Bu Z.* Personalized Book Recommender System Based on Chinese Library Classification // *Proceedings of the 2017 14th Web Information Systems and Applications Conference*. Liuzhou, China, 2017. P. 127–131.
80. *Srikayon C., Thusaranon P., Pongtawevirat P.* A collaborative filtering-based library book Recommender system // *Proceedings of the 2018 5th International Conference on Business and Industrial Research*. Bangkok, Thailand, 2018. P. 106–109.
81. *Raza M.A., Abolhasan M., Lipman J. et al.* Statistical Learning-based Grant-Free Access for Delay-Sensitive Internet of Things Applications // *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2022. DOI: 10.1109/TVT.2022.3155719
82. *Cui Q., Zhang Z., Shi Y. et al.* Dynamic Multichannel Access Based on Deep Reinforcement Learning in Distributed Wireless Networks // *IEEE Syst. J.* 2021. DOI: 10.1109/JSYST.2021.3134820
83. *Emami Y., Wei B., Li K. et al.* Joint Communication Scheduling and Velocity Control in Multi-UAV-Assisted Sensor Networks: A Deep Reinforcement Learning Approach // *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2021, Vol. 70. P. 10986–10998.
84. *Li K., Ni W., Dressler F.* LSTM-characterized Deep Reinforcement Learning for Continuous Flight Control and Resource Allocation in UAV-assisted Sensor Network // *IEEE Internet Things J.* 2021. Vol. 9. P. 4179–4189.
85. *Daniel O.C., Ramsurrun V., Seeam A.K.* Smart Library Seat, Occupant and Occupancy Information System, Using Pressure and RFID Sensors // *Proceedings of the 2019 Conference on Next Generation Computing Applications*. Mauritius, 2019. P. 1–5.
86. *Maepa M.R., Moeti M.N.* IoT-Based Smart Library Seat Occupancy and Reservation System using RFID and FSR Technologies for South African Universities of Technology // *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and its Applications*. Association for Computing Machinery. New York, NY, USA, 2021. P. 1–8.
87. *Liu Y., Ye H., Sun H.* Mobile phone library service: Seat management system based on WeChat // *Libr. Manag.* 2021. Vol. 42. P. 421–435.
88. *Zhou D.* Case Study on Seat Management of University Library Based on WeChat Public Number Client – Taking Jiangnan University Library as an Example // *Proceedings of the 2019 4th International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering*. Hohhot, China, 2019. P. 630–6303.
89. *Upala M., Wong W.K.* IoT Solution for Smart Library Using Facial Recognition // *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2019. Vol. 495. 012030.
90. *Shi X., Tang K., Lu H.* Smart library book sorting application with intelligence computer vision technology // *Libr. Hi Tech.* 2021. Vol. 39. P. 220–232.
91. *Martinez-Martin E., Ferrer E., Vasilev I., del Pobil A.P.* The UJI Aerial Librarian Robot: A Quadcopter for Visual Library Inventory and Book Localisation // *Sensors*. 2021. Vol. 21. DOI: <https://doi.org/10.3390/s21041079>
92. *Karthikeyan D., Arumbu V.P., Surendhirababu K. et al.* Sophisticated and modernized library running system with OCR algorithm using IoT // *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.* 2021. Vol. 24. P. 1680–1691.
93. *Li J., Liu Y., Wang L.* Design and Development of Promotion APP of University Smart Library Service Platform Based on Network Teaching // *Proceedings of the 2021 Fifth International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud)*. Palladam, India, 2021. P. 1344–1347.
94. *Bi S., Wang C., Wu B. et al.* An accurate book-localization approach based on passive ultra-high-frequency RFID // *Proceedings of the IEEE 6th International Conference on Computing, Control and Industrial Engineering*. Hangzhou, China, 2021.
95. *Yaman O., Ertam F., Tuncer T., Firat Kilincer I.* Automated UHF RFID-based book positioning and monitoring method in smart libraries // *IET Smart Cities*. 2020. Vol. 2. P. 173–180.
96. *Cheng S., Wang S., Guan W. et al.* 3DLRA: An RFID 3D Indoor Localization Method Based on Deep Learning // *Sensors*. 2020. Vol. 20. 2731.
97. *Bai R., Zhao J., Li D. et al.* RNN-based demand awareness in smart library using CRFID // *China Commun.* 2020. Vol. 17. P. 284–294.
98. *Bi S., Fang Z., Yuan X., Wang X.* Joint Base Station Activation and Coordinated Downlink Beamforming for HetNets: Efficient Optimal and Suboptimal Algorithms // *IEEE Trans. Veh. Technol.* 2019. Vol. 68. P. 3702–3712.
99. *Xue J., Wang Y., Wang M.* Smart Design of Portable Indoor Shading Device for Visual Comfort – A Case Study of a College Library // *Appl. Sci.* 2021. Vol. 11. DOI: <https://doi.org/10.3390/app112210644>

100. *Yang C.J., Kang H.B., Zhang L., Zhang R.Y.* A design of smart library sustainability consumption monitoring and management system based on IoT // *Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the Fifth Euro-China Conference on Intelligent Data Analysis and Applications (Xi'an, China, 2018)* / Eds. P. Krömer, H. Zhang, Y. Liang, J.S. Pan. Cham, Switzerland : Springer, 2019. Vol. 891. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03766-6_24
101. *Monti L., Mirri S., Prandi C., Salomoni P.* Preservation in Smart Libraries: An Experiment Involving IoT and Indoor Environmental Sensing // *Proceedings of the 2019 IEEE Global Communications Conference*. Waikoloa, HI, USA, 2019. P. 1–6.
102. *Jayalakshmi C., Sarangapani R.* Green libraries by using smart technology // *Proceedings of the 2017 International Conference on Smart Technologies For Smart Nation*. Bengaluru, India, 2017. P. 1496–1499.
103. *Krairiksh K., Choksuchat C.* Awareness of Green Academic Library by KYL Dashboard towards Sustainable Digital University // *Proceedings of the 2021 2nd SEA-STEM International Conference*. Hat Yai, Thailand, 2021. P. 108–111.
104. *Almayouf N., Ghazy M., Alghafis S., Bakolka M.* Green smart e-library station design // *Proceedings of the 2017 Learning and Technology Conference*. Jeddah, Saudi Arabia, 2017. P. 37–42.
105. Edmonton Public Library. URL: <https://www.ifla.org/ensulib-announces-6th-ifla-green-library-award-2021-shortlist-green-library-edmonton-public-library/> (дата обращения: 10.11.2022).
106. Edmonton Public Library. URL: <https://www.epl.ca/building-projects/> (дата обращения: 10.11.2022).
107. *Longo E., Sahin F.A., Redondi A.E.C. et al.* A 5G-Enabled Smart Waste Management System for University Campus // *Sensors*. 2021. Vol. 21. 8278.
108. *Adeniji O.D., Rukayat O., Solomon A.* Securing Privacy Risks Associated with Radio Frequency Identification Based Library Management System // *Int. J. Acad. Appl. Res.* 2020. Vol. 4, P. 178–182.
109. *Xie Y., Liu J., Zhu S. et al.* An IoT-based risk warning system for smart libraries // *Libr. Hi Tech*. 2019. Vol. 37. P. 918–932.
110. *Olaniyi O.M., Nuhu B.K., Salau S.A. et al.* Securing Digitized Library Circulatory System // *Niger. J. Technol.* 2016. Vol. 35. P. 598–607.
111. *Zuo Y.* Towards a trustworthy RFID system – From a security perspective // *Int. J. Bus. Inf. Syst.* 2021. Vol. 36. P. 432–448.
112. *Xing L., Zhao L., Zhang J.* Service Security of Cloud Storage Technology in Digital Library // *Innovative Computing : Proceedings of the 4th International Conference on Innovative Computing (IC 2021)* / Eds. J.C. Hung, J.W. Chang, Y. Pei, W.C. Wu. Singapore : Springer, 2022. Vol. 791.
113. *Xie Z., Chen Y.* The Research on User Privacy Protection of library Intelligent Service // *Proceedings of the 2020 International Symposium on Computer Engineering and Intelligent Communications*. Guangzhou, China, 2020. P. 200–205.
114. *Yang F.* Study on Library Individualized Information Security Under the Background of Big Data // *Proceedings of the 2021 IEEE 6th International Conference on Big Data Analytics*. Xiamen, China, 2021. P. 138–142.
115. *Khalid S., Shukla V.K.* Model for Implementing Biometrics in Library Management System using “Kensington VeriMark” // *Proceedings of the 2020 International Conference on Intelligent Engineering and Management*. London, UK, 2020.
116. *Wu Z., Xie J., Pan J., Su X.* An Effective Approach for the Protection of User Privacy in a Digital Library // *Libri*. 2019. Vol. 69. P. 315–324.
117. *Li R., Yuan X., Radfar M. et al.* Graph Signal Processing, Graph Neural Network and Graph Learning on Biological Data: A Systematic Review // *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2021. DOI: 10.1109/RBME.2021.3122522
118. *Ni W., Collings I.B., Lipman J. et al.* Graph Theory and Its Applications to Future Network Planning: Software-Defined Online Small Cell Management // *IEEE Wirel. Commun. Mag.* 2015. Vol. 22. P. 52–60.
119. *Iana A., Paulheim H.* GraphConfRec: A Graph Neural Network-Based Conference Recommender System // *Proceedings of the 2021 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries*. Champaign, IL, USA, 2021. P. 90–99.
120. *Rehman A., Haseeb K., Saba T. et al.* Towards resilient and secure cooperative behavior of intelligent transportation system using sensor technologies // *IEEE Sens. J.* 2022. DOI: 10.1109/JSEN.2022.3152808
121. *Wang S., Jiang X., Wymeersch H.* Cooperative Localization in Wireless Sensor Networks with AOA Measurements // *IEEE Trans. Wirel. Commun.* 2022 DOI: 10.1109/TWC.2022.3152426
122. *Hong H., Suo Z., Wu H. et al.* Design of multi-source, multi-state and massive heterogeneous terminal universal access interconnection protocol // *Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering*. Guangzhou, China, 2022. P. 412–416.
123. *Xiao Z., Xiao Y.* Security and Privacy in Cloud Computing // *IEEE Commun. Surv. Tutor.* 2013. Vol. 15. P. 843–859.
124. *Lu Y., Xu L.D.* Internet of Things (IoT) Cybersecurity Research: A Review of Current Research Topics // *IEEE Internet Things J.* 2019. Vol. 6. P. 2103–2115.
125. *Hu P., Ning H., Qiu T. et al.* Security and Privacy Preservation Scheme of Face Identification and Resolution Framework Using Fog Computing in Internet of Things // *IEEE Internet Things J.* 2017. Vol. 4. P. 1143–1155.
126. *Avizienis A., Laprie J., Randell B., Landwehr C.* Basic concepts and taxonomy of dependable and secure computing // *IEEE Trans. Depend. Secur. Comput.* 2004. Vol. 1. P. 11–33.
127. *Song J., Wang W., Gadekallu T.R. et al.* EPPDA: An Efficient Privacy-Preserving Data Aggregation Federated Learning Scheme // *IEEE Trans. Netw. Sci. Eng.* 2022. DOI: 10.1109/TNSE.2022.3153519
128. *Pillutla K., Kakade S.M., Harchaoui Z.* Robust Aggregation for Federated Learning // *IEEE Trans. Signal Process.* 2022. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1912.13445>
129. *Li Y., Chen Y., Zhu K. et al.* An effective federated learning verification strategy and its applications for fault diagnosis in industrial IOT systems // *IEEE*

- Internet Things J. 2022, 9, 16835–16849. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3153343
130. Wang C., Cai Z., Li Y. Sustainable Blockchain-based Digital Twin Management Architecture for IoT Devices // IEEE Internet Things J. 2022. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3153653
131. Xiao N. The Construction Path of University Smart Library Based on Digital Twin // Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering. Guangzhou, China, 2022. P. 35–38.
132. Park S.-M., Kim Y.-G. A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges // IEEE Access. 2022. Vol. 10. P. 4209–4251.

Перевод **Марии Федотовой**,
Российская государственная библиотека

**Установленные ООН Международные дни
по теме окружающей среды и устойчивого развития**
(подготовлено Секцией окружающей среды,
устойчивого развития и библиотек ИФЛА)*

	Дата	Наименование
Январь	24 января	Международный день образования
	26 января	Всемирный день экологического образования
Февраль	2 февраля	Всемирный день водно-болотных угодий
	11 февраля	Международный день женщин и девочек в науке
Март	3 марта	Всемирный день дикой природы
	21 марта	Международный день лесов
	22 марта	Всемирный день водных ресурсов
	23 марта	Всемирный метеорологический день
Апрель	7 апреля	Всемирный день здоровья
	22 апреля	Международный день Матери-Земли
Май	14 мая	Всемирный день мигрирующих птиц
	20 мая	Всемирный день пчел
	22 мая	Международный день биологического разнообразия
Июнь	3 июня	Всемирный день велосипеда
	5 июня	Всемирный день окружающей среды
	7 июня	Всемирный день безопасности пищевых продуктов
	8 июня	Всемирный день океанов
	18 июня	День устойчивой гастрономии
	29 июня	Международный день тропиков
Июль	11 июля	Всемирный день народонаселения
	15 июля	Всемирный день навыков молодежи
	30 июля	Всемирный день борьбы с торговлей людьми

	Дата	Наименование
Август	09 августа	Международный день коренных народов мира
	12 августа	Международный день молодежи
	19 августа	Всемирный день гуманитарной помощи
	29 августа	Международный день действий против ядерных испытаний
Сентябрь	16 сентября	Международный день охраны озонового слоя
	27 сентября	Всемирный день туризма
	28 сентября	Международный день всеобщего доступа к информации
Октябрь	16 октября	Всемирный день продовольствия
Ноябрь	6 ноября	Международный день предотвращения эксплуатации окружающей среды во время войны и вооруженных конфликтов
	10 ноября	Всемирный день науки за мир и развитие
	19 ноября	Всемирный день туалета
	20 ноября	Всемирный день ребенка
	25 ноября	Международный день борьбы за ликвидацию насилия в отношении женщин
Декабрь	5 декабря	Международный день добровольцев во имя экономического и социального развития
	5 декабря	Всемирный день почв
	10 декабря	День прав человека
	11 декабря	Международный день гор
	20 декабря	Международный день солидарности людей

* https://www.ifla.org/wp-content/uploads/GreenLibsTools_v01_202210.pdf