



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ГАБРОВО

Факултет „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА“

МАГ. ИНЖ. ВИКТОРИЯ ЦВЕТАНОВА ВЕЛКОВА

**РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА УСЛУГА ЗА ДОСТАВЯНЕ
НА ПЕРСОНАЛИЗИРАНО СЪДЪРЖАНИЕ НА ПОСЕТИТЕЛИТЕ НА
МУЗЕИ НА ОТКРИТО**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен „доктор“**

Област на висше образование: 5., „Технически науки“

Професионално направление: 5.3., „Комуникационна и компютърна
техника“

Докторска програма: „Автоматизирани системи за обработка на
информация и управление“

Габрово 2025 г.



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ-ГАБРОВО

Факултет „ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И ЕЛЕКТРОНИКА“

МАГ. ИНЖ. ВИКТОРИЯ ЦВЕТАНОВА ВЕЛКОВА

**РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА УСЛУГА ЗА ДОСТАВЯНЕ
НА ПЕРСОНАЛИЗИРАНО СЪДЪРЖАНИЕ НА ПОСЕТИТЕЛИТЕ НА
МУЗЕИ НА ОТКРИТО**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен „доктор“**

Област на висше образование: 5., „Технически науки“

Професионално направление: 5.3., „Комуникационна и компютърна техника“

Докторска програма: „Автоматизирани системи за обработка на
информация и управление“

Научен ръководител: доц. д-р инж. Росен Стефанов Иванов

Рецензенти: Проф. д-р Десислава Иванова Панева-Маринова

Проф. д-мн Стоян Недков Капралов

Габрово 2025 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за официална защита на заседание на Разширен катедрен съвет на катедра „Компютърни системи и технологии“ към факултет „Електротехника и електроника“ на Технически Университет – Габрово, проведен на 20.06.2025 г.

Дисертационният труд съдържа 239 страници. Научното съдържание е представено в увод, 4 глави и 4 приложения и включва 70 фигури и 10 таблици. Цитирани са 158 литературни източника. Номерацията на формулите, таблиците и фигурите в Автореферата отговарят на тази в дисертацията.

Разработката и изследванията по дисертационния труд са извършени в катедра „Компютърни системи и технологии“ към факултет „Електротехника и електроника“ на Технически Университет – Габрово.

Официалната защита на дисертационния труд ще се състои на 14.10.2025 г. от 13.00 ч. в зала 3312 на Технически Университет – Габрово.

Рецензиите и становищата на членовете на научното жури и авторефератът са публикувани на сайта на университета: www.tugab.bg

Благодаря на катедра „Компютърни системи и технологии“ на Технически Университет – Габрово за предоставените ресурси и възможности, които подпомогнаха моето изследване.

Изказвам своята благодарност на моя научен ръководител доц. д-р инж. Росен Иванов за ценната подкрепа, надзор, насоки и редакторска помощ, които се оказаха решаващи за завършването на настоящия дисертационен труд.

Автор: ВИКТОРИЯ ЦВЕТАНОВА ВЕЛКОВА

Електронна поща: viktoriavelkova2@gmail.com

Заглавие: РАЗРАБОТВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА УСЛУГА ЗА ДОСТАВЯНЕ НА ПЕРСОНАЛИЗИРАНО СЪДЪРЖАНИЕ НА ПОСЕТИТЕЛИТЕ НА МУЗЕИ НА ОТКРИТО

Тираж: 10 бр.

Място на отпечатване: Печатна база на ТУ – Габрово

СЪДЪРЖАНИЕ

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	6
Въведение и актуалност	6
Цел и задачи на дисертационния труд.....	6
Материали и методи	7
Научна новост	9
Приложимост.....	10
Апробация на дисертационния труд	11
СТРУКТУРА И ОБЕМ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	12
Глава 1. Преглед на достъпната литература	13
Глава 2. Доставка на персонализирано съдържание чрез базирана на микроуслуги архитектура	15
Глава 3. Сегментиране на посетителите на музеи.....	23
Глава 4. Технологии за проследяване на посетителите с цел доставка на съдържание	28
Заключение	41
ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	42
СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	44
ЦИТИРАНИЯ, СВЪРЗАНИ С ПУБЛИКАЦИИТЕ НА ДОКТОРАНТА	45

Използвани съкращения

Съкращение	Значение на английски	Превод на български
AI	Artificial Intelligence	Изкуствен интелект
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol	Разширен протокол за управление на опашки със съобщения
API	Application Programming Interface	Програмен интерфейс за достъп до приложения
AR	Augmented Reality	Добавена реалност
BLE	Bluetooth Low Energy	Bluetooth с ниска енергия
FCM	Firebase Cloud Messaging	Услуга на Google за изпращане на съобщения
Geohash	Geohash Encoding	Географски хеш (кодиране на геолокация)
GeoJSON	Geographic JavaScript Object Notation	Географски формат на данни в JSON
GPS	Global Positioning System	Глобална навигационна система
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure	Сигурен протокол за трансфер на хипертекст
iOS	iPhone Operating System	Операционна система за iPhone
IoT	Internet of Things	Интернет на нещата
ML	Machine Learning	Машинно обучение
NFC	Near Field Communication	Комуникация на близки разстояния
OAuth	Open Authorization	Отворена авторизация
OS	Operating System	Операционна система
RSSI	Received Signal Strength Indicator	Индикатор за силата на приетия сигнал
UI	User Interface	Потребителски интерфейс
UUID	Universally Unique Identifier	Универсален уникален идентификатор
VR	Virtual Reality	Виртуална реалност

ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Въведение и актуалност

Дигитализацията дълбоко променя обществения живот, като засяга културните институции, включително музеите. В контекста на нарастващите очаквания за адаптиране към индивидуалните предпочитания на посетителите, съвременните музеи излизат извън традиционната си роля на пазители на културното наследство. Днес те се превръщат в динамични пространства за образование, забавление и социална комуникация. Възможностите, които предоставят новите технологии, като изкуствен интелект (AI), машинно обучение (ML) и Интернет на нещата (IoT), откриват пред музеите перспективи за предлагане на персонализирано съдържание и обогатяване на взаимодействието с аудиторията.

Персонализацията е ключова за постигане на стратегическите цели на музеите. Чрез анализ на интересите и поведението на посетителите се създават индивидуализирани маршрути, които повишават удовлетвореността и предоставят ценна обратна връзка за ефективно управление на ресурсите.

Основното предизвикателство е съчетаването на традицията със съвременните изисквания за дигитализация. Музеите на открито предоставят уникална възможност за интегриране на технологични решения поради специфичната си организация и взаимодействие с посетителите.

Настоящият дисертационен труд се фокусира върху разработването и внедряването на услуга за доставяне на персонализирано съдържание за посетителите на музеи на открито. Изследването включва създаването на базирана на микроуслуги архитектура, алгоритми за сегментиране на аудиторията и приложения за проследяване и адаптиране на съдържанието според индивидуалните предпочитания.

Значимостта на тази тема се обуславя от нарастващата необходимост музеите да бъдат конкурентоспособни в епохата на дигитализацията. Успешното прилагане на персонализирани подходи може не само да увеличи посещаемостта и ангажираността на аудиторията, но и да утвърди музеите като съвременни културни и образователни центрове.

Цел и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е да се проектира, разработи и експериментира система за доставяне на персонализирано съдържание на посетителите в музеи на открито чрез използване на съвременни технологии за позициониране и идентификация.

За постигане на целта се дефинират и решават следните задачи:

1. Да се анализират съвременните технологии и методи за доставяне на персонализирано съдържание в музейна среда.
2. Да се разработи дизайн на услуга за доставяне на персонализирано съдържание с разпределена архитектура на базата на микроуслуги.
3. Да се разработи обобщен алгоритъм за функциониране на услугата за доставяне на персонализирано съдържание.
4. Да се предложи методология за сегментация на потребителите с цел по-добра персонализация на предоставяното съдържание.
5. Да се разработи прототип и минимален жизнеспособен продукт на мобилно приложение, част от предлаганата услуга.
6. Да се проектира и тества микроуслуга за доставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музеи чрез използване на интерфейс към генеративен изкуствен интелект (GPT API).
7. Да се проектира и имплементира услуга за доставка на мултимедийно съдържание, използваща BLE маяци.
8. Да се разработи модул за доставяне на съдържание чрез NFC технология за конкретни музейни експонати.
9. Експериментално да се валидира предложената услуга.

Материали и методи

Изследването се основава на интегриран подход, който комбинира количествени и качествени методи за събиране и анализ на данни. Основните материали и методи, използвани в дисертационния труд, са структурирани по следния начин:

1. Проучване на научната литература

Извършен е анализ на научната литература, свързана с интелигентни музеи, технологии за персонализация и иновационни подходи за управление на културното съдържание. За целта са използвани международни бази данни като Scopus, Web of Science и Google Scholar. За да се реализира този анализ, от достъпните бази данни за научни публикации са извлечени 140 публикации, пряко свързани с доставянето на персонализирано съдържание до посетителите на музеи. Допълнително са анализирани 18 публикации, които не са свързани пряко с доставяне на персонализирано съдържание. В Приложение 1 на дисертационния труд е представен статистически анализ на публикациите, които са пряко свързани с доставянето на персонализирано съдържание в музеи, съгласно методологията PRISMA.

2. Разработване на архитектура за услугата

Услугата за предоставяне на персонализирано съдържание е базирана на микроуслуги, което позволява мащабируемост и гъвкавост на системата. Основните компоненти включват:

- Бизнес логика: За управление на данните и взаимодействието между компонентите.
- Мобилно приложение: За директно взаимодействие с посетителите.
- Инфраструктура за проследяване на посетителите: BLE маяци, NFC етикети и геофенсинг.

3. Методология за сегментиране на аудиторията

За сегментиране на посетителите са използвани следните подходи:

- Демографски анализ: Пол, възраст, националност и предпочитания;
- Поведенчески анализ: Данни за времето, прекарано пред различни експонати, и избраните маршрути;
- Контекстуален анализ: Локация в реално време, регистрирана чрез BLE маяци и GPS.

4. Технологии за проследяване и адаптация

За проследяване на движението на посетителите са интегрирани следните технологии:

- BLE маяци: За локализация в закрити и открити пространства с висока точност;
- NFC етикети: За взаимодействие с експонати и предоставяне на контекстуална информация;
- Геофенсинг: За дефиниране на виртуални зони около експонати с големи размери и адаптиране на съдържанието спрямо локацията на посетителя.

5. Алгоритми за персонализация на съдържанието

Разработен е алгоритъм за персонализация на съдържанието, който се основава на:

- Сегментиране на посетителите: Комбиниране на експлицитно и имплицитно профилиране на посетителите на музеите;
- Генеративен изкуствен интелект: Генериране на специфични за всеки посетител отговори, съобразени със сегментите към които принадлежи всеки посетител.

6. Анализ на данни

Използвани са количествени методи за обработка и анализ на събраните данни, включително:

- Статистически анализ: За установяване на закономерности;
- Визуализация: Представяне на резултатите чрез графики и таблици.

7. Тестване и валидиране на услугата

- Предложена и реализирана е методика за тестване на услугата в локална среда под управлението на ОС Windows 11. Тестовата инфраструктура включва: контейнер за всяка микрослуга; брокер на съобщения RabbitMQ разгърнат в облачна инфраструктура; инстанции на база данни MongoDB за всяка микрослуга; външни услуги Google Firebase и OneSignal с цел доставяне на push известия.
- Валидирането на услугата се реализира в локална среда. Реализирани са: 1) Функционалните тестове: Регистрация на посетители; Детектиране на приближаване до геозони при обновяване на позицията на посетителя; Точно сегментиране, базирано на позицията на посетителя и неговия профил; Генериране на push нотификации; Доставяне на подходящо съдържание според потребителския сегмент; Правилна обработка на събития при доближаване на експонат; 2) Тестове за производителност; 3) Тестове на надеждността на услугата.

Приложените методи осигуряват всеобхватен подход за изследване на ефективността на предложената услуга и нейния потенциал за приложение в музеи на открито.

Научна новост

Настоящият дисертационен труд представя иновативна услуга за доставяне на персонализирано съдържание до посетителите на музеи на открито, базирана на съвременни технологии и разпределена архитектура чрез микрослуги. Научната новост на изследването се състои в следното:

1. Разработка на разпределена архитектура

Предложена е нова архитектура, която интегрира микрослуги, технологии за геолокация (GPS, BLE маяци, NFC) и изкуствен интелект (програмен достъп до ChatGPT). Тази архитектура позволява гъвкаво и ефикасно управление на персонализираното съдържание, като отчита спецификите на музеите на открито.

2. Хибриден подход за профилиране на посетителите

Предложен е комбиниран метод за профилиране, който съчетава експлицитни (анкети, OAuth регистрация) и имплицитни (анализ на поведението на посетителите) техники. Този подход позволява по-точно определяне на интересите и предпочитанията на посетителите, което подобрява качеството на предоставяното съдържание.

3. Интеграция на изкуствен интелект

Използването на ChatGPT позволява динамично генериране на текстово персонализирано съдържание в реално време, адаптирано към профила на всеки посетител. Това подобрява интерактивността и ангажираността, като предоставя възможност за допълнителни запитвания и обогатяване на информацията.

4. Оптимизиране на енергийната ефективност

Алгоритъмът за проследяване на посетителите използва данни от акселерометъра за активиране на GPS и BLE сензорите, което значително намалява консумацията на енергия от мобилните устройства и удължава живота на батерията.

5. Персонализирани препоръки

Системата предлага динамично генерирани препоръки за експонати, базирани на текущата позиция, посока на движение и исторически данни за поведението на посетителя.

Приложимост

Разработената услуга за доставяне на персонализирано съдържание в музеи на открито има широка приложимост в културния и образователен сектор. Тя може да бъде внедрена в различни типове музеи, включително етнографски музеи на открито, археологически паркове, исторически обекти, екомuzeи и други институции, които предлагат експозиции на открито.

Предимства за музеите:

- **Повишаване на ангажираността:** Персонализираното съдържание и интерактивните функции увеличават интереса на посетителите и подобряват тяхното изживяване.
- **Оптимизиране на управлението:** Системата предоставя ценни данни за поведението на посетителите, които могат да се използват за подобряване на експозициите и маркетинговите стратегии.

- Намаляване на разходите: Използването на съвременни технологии като BLE маяци и NFC етикети намалява необходимостта от физически гидове и печатни материали.

Предимства за посетителите:

- Персонализирано изживяване: Всеки посетител получава информация, адаптирана към неговите интереси и предпочитания.
- Гъвкавост: Приложението позволява самостоятелно планиране на посещението, без да е необходимо строго следване на фиксирани маршрути.
- Достъпност: Интеграцията с технологии като ChatGPT и аудио съдържание прави музея по-достъпен за хора със специални нужди.

Бъдещи насоки за приложение:

- Интеграция с други платформи: Възможност за свързване със социални мрежи и образователни платформи за по-широко разпространение на културното наследство.

Услугата представлява иновативен подход за модернизирание на музеите, като съчетава технологиите с културното наследство, и има потенциал да се превърне в стандарт за подобни институции по света.

Апробация на дисертационния труд

Дисертационният труд е докладван и обсъждан на разширен катедрен съвет на катедра „Компютърни Системи и Технологии“ при Технически Университет – Габрово. Основните резултати от дисертационния труд са публикувани и докладвани в следните международни научни конференции:

- Международна научна конференция [International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics](#) (AQTR), Румъния (Клуш-Напока), Докладите се индексират в Scopus;
- Международна научна конференция [Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage](#) (DiPP), България (Бургас). Докладите се индексират в Scopus и WoS. От 2024 г. конференцията има Scopus SJR;
- Международна научна конференция [International Conference Automatics and Informatics](#) (ICAI), България (Варна). Докладите се индексират в Scopus;
- Международна научна конференция [Unitech](#), България (Габрово). Докладите не се индексират в известни научни бази данни.

СТРУКТУРА И ОБЕМ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертационният труд е структуриран в четири основни глави (194 стр.) и четири приложения (45 стр.), които системно представят теоретичните, методологичните и практическите аспекти на изследването. Следва кратко описание на съдържанието на всяка глава:

Глава 1: Преглед на достъпната литература

Разглежда се актуалността на темата, значимостта на изследването и съвременните технологии, използвани в контекста на „умните музеи“. Анализират се методи за персонализирано доставяне на съдържание и спецификата на музеите на открито. Главата завършва с формулиране на целта, задачите и структурата на дисертацията.

Глава 2: Доставяне на персонализирано съдържание чрез базирана на микроуслуги архитектура

Представен е подробен анализ на софтуерните архитектури, подходящи за разработка на услугата. Изследват се технологичният стек, алгоритмите за персонализация, мобилното приложение и икономическите аспекти на внедряването.

Глава 3: Сегментиране на посетителите на музеи

Фокусът е върху методиките за класифициране на аудиторията, с цел адаптивно предоставяне на съдържание. Разглеждат се критерии за сегментиране, анализ на потребителските профили и практически насоки за музеите.

Глава 4: Технологии за проследяване на посетителите с цел доставяне на съдържание

Анализират се решения за локализация (NFC, BLE, геофенсинг) и интеграцията на генеративен изкуствен интелект, за доставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музея.

Заклучение

Обобщават се основните приноси на изследването и се предлагат насоки за бъдещо развитие.

Приложения

Съдържат допълнителни материали, включително статистически анализ на достъпната литература, анкети и практически инструменти за профилиране на посетителите, както и методика за тестване и валидиране на услугата.

Глава 1. Преглед на достъпната литература

Тази глава предлага анализ на съществуващите методи за предоставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музеи, както в открити, така и в закрити пространства. Анализирани са различни технологии и подходи, които музейните институции използват за създаване на индивидуализирано изживяване, включително интерактивни приложения, мобилни платформи и допълнителна реалност.

Основна цел

Главата има за цел да идентифицира и анализира иновационните технологии и подходи за персонализация, които могат да бъдат приложени към музеите на открито. Особено внимание се отделя на съвременните методи за сегментиране на аудиторията и изграждане на потребителски профили.

Ключови въпроси

1. Какви са съвременните технологии за предоставяне на персонализирано съдържание?
2. Какви са подходите за профилиране и сегментиране на посетителите в музейната практика?
3. Каква е ролята на интерактивните технологии като AR, VR и IoT в създаването на персонализирани изживявания?
4. Какви са предизвикателствата и бариерите пред внедряването на персонализирани услуги в музеите на открито?

Теоретична рамка

Теоретичната рамка се базира на интердисциплинарни подходи, които включват:

- Теории от музеологията, свързани с ролята на музеите като образователни и културни институции.
- Методи от информационните технологии, включително изкуствен интелект и алгоритми за препоръки.

Методи за анализ на литературата

Анализът на литературата е извършен съгласно методологията PRISMA, която структурира процеса на идентифициране, скрининг и класификация на подходящите източници. Обхватът на изследваните публикации покрива периода от 2015 до 2024 година, като са включени 140 статии от реномирани научни бази данни.

Източници на данни и ключови термини

Използвани са низове за търсене на литературни източници, като се набляга на термини като „музеи на открито“ и „персонализация“. Основната част от публикациите е извлечена от IEEE Xplore (15,7%), ResearchGate (11,4%), ACM Digital Library (11,4%), MDPI (7,9%), Springer (7,9%), Teylor & Fransis (7,9%) и други платформи (Приложение 1 на дисертацията, Фиг. 1.2).

Класификация по тип на публикациите

Докладите и статиите представляват 85% от изследванията, докато главите в книги и уеб публикациите имат по-малък дял (Приложение 1 на дисертацията, Фиг. 1.3).

Фокус върху музеи на открито

Само 22 от анализираните публикации се фокусират върху музеи на открито, което подчертава дефицита на научни изследвания в тази област (Приложение 1 на дисертацията, Фиг. 1.4).

Класификация по технологии

IoT и AI са водещи технологии с 20 и 11 публикации съответно, следвани от мобилни приложения и AR, всяка с 6 публикации (Приложение 1 на дисертацията, Фиг. 1.5).

Тенденции по години

Наблюдава се постоянен ръст на изследванията, особено след 2019 г., като пикът е достигнат през 2024 г. с 15 публикации. Това отразява нарастващото внимание към дигитализацията и персонализацията в културния сектор (Приложение 1 на дисертацията, Фиг. 1.7).

Основни резултати

Анализът на достъпната литература показва, че:

1. Публикациите по темата демонстрират устойчива тенденция на нарастване през годините. Това показва значимостта на персонализираните подходи в музейната практика и тяхното признание от научната общност.
2. Разпределението на публикациите по години потвърждава, че изследванията, свързани с персонализираното съдържание, остават значими. Темата продължава да бъде предмет на значителен научен интерес.
3. Липсват достатъчно публикации, които да адресират специфичните нужди на музеите на открито.

4. Публикациите разглеждат широк спектър от аспекти, включително мобилни приложения, интерактивни експонати, адаптирано съдържание и сегментиране на аудиторията. Това подчертава комплексния характер на персонализацията.
5. Персонализираното съдържание е идентифицирано като ключов фактор за увеличаване на ангажираността и удовлетвореността на посетителите.

Анализът на публикациите потвърждава, че персонализираното съдържание в музеите остава актуално и значимо за съвременната културна и научна практика. Тази тенденция акцентира върху необходимостта от внедряване на нови технологии и стратегии, които да отговорят на индивидуалните нужди и предпочитания на посетителите.

Връзка с общата концепция

Глава 1 предоставя контекстуална и методологична основа за последващото изследване и разработване на услуга за персонализирано съдържание в музеи на открито. Тя идентифицира ключовите предизвикателства и възможности, които обуславят успешното внедряване на иновации в културния сектор.

Изводи

Глава 1 анализира съвременните технологии и методи за персонализирано съдържание в музеи, като идентифицира липсата на изследвания за музеи на открито. Чрез методологията PRISMA са анализирани 140 публикации, които показват нарастващ интерес към дигитализацията и персонализацията в културния сектор, като се подчертава ролята на AI, IoT и интерактивните технологии за подобряване на посетителското изживяване.

Глава 2. Доставка на персонализирано съдържание чрез базирана на микроуслуги архитектура

Глава 2 от дисертационния труд се фокусира върху проектирането и разработването на архитектура за доставяне на персонализирано съдържание в умни музеи.

Основна цел

Целта на Глава 2 е да разработи система, базирана на микроуслуги, която да интегрира съвременни технологии като геофенсинг, разпределени архитектури и персонализация на съдържанието. Системата е проектирана да предоставя персонализирано съдържание, адаптирано към местоположението и профила на всеки посетител.

Ключови въпроси

1. Какви са основните предимства и ограничения на различните архитектурни подходи – централизирани, децентрализирани и разпределени?
2. Как може да се осигури персонализирано съдържание в реално време чрез интеграция на микроуслуги и технологии като геофенсинг?
3. Какви са основните предизвикателства при използването на архитектури за открити музеи?
4. Как могат съвременните инструменти и протоколи да подобрят ефективността и адаптивността на системата?

Теоретична рамка

Главата се основава на теорията за софтуерните архитектури и разглежда различните подходи към изграждането на системи. Технологии като геофенсинг, асинхронни комуникации и NoSQL бази данни се използват за осигуряване на динамична обработка на заявки и персонализация на съдържанието.

Основни резултати

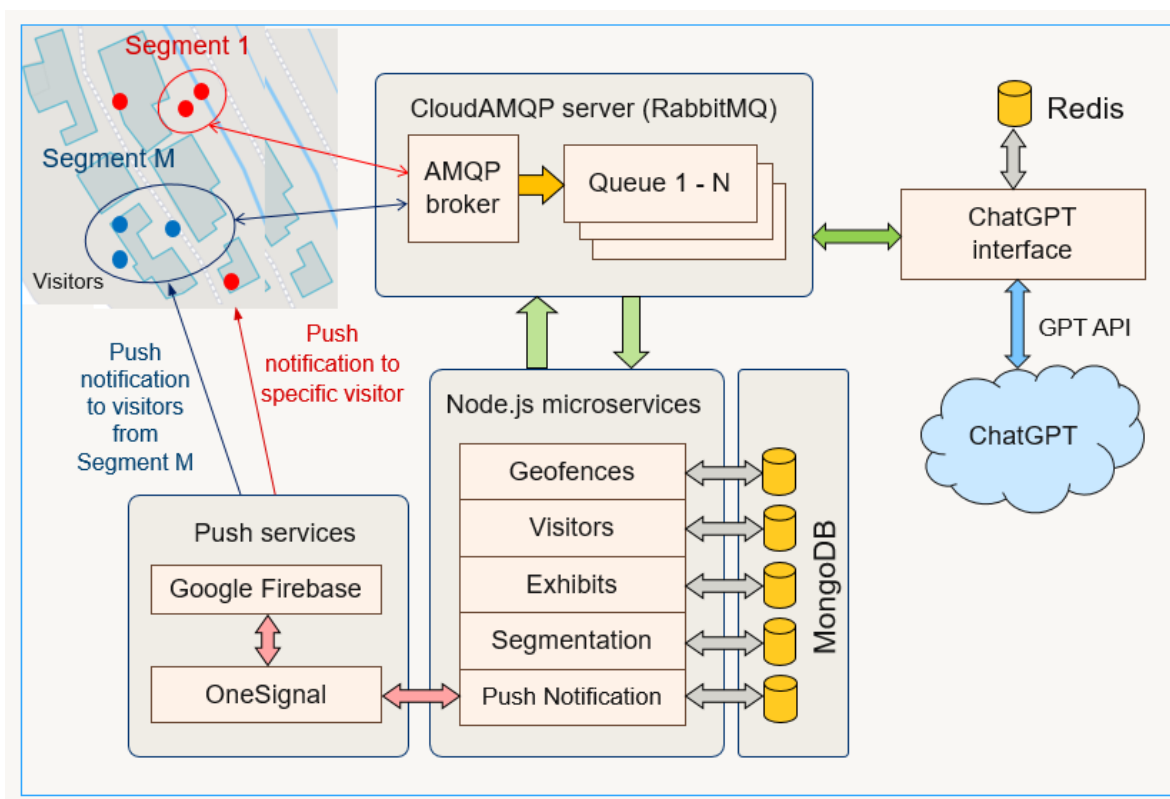
1. **Анализ на архитектурни подходи:** Проведен е сравнителен анализ на предимствата и недостатъците на централизирани, децентрализирани и разпределени архитектури. Установено е, че разпределените архитектури са най-подходящи за умни музеи с голям брой посетители.
2. **Предложена архитектура:** Разработена е архитектура, базирана на микроуслуги, която използва Node.js за изграждане на модулни компоненти, MongoDB за управление на геопространствени данни и AMQP за асинхронна комуникация.
3. **Интеграция на геофенсинг:** Въведен е механизъм за геозониране, който позволява предоставяне на съдържание, адаптирано към местоположението на посетителите.
4. **Динамично управление на съдържанието:** Системата използва профилиране и сегментиране, за да адаптира съдържанието спрямо интересите и поведението на всеки посетител.

Връзка с общата концепция

Глава 2 обосновава ключовата роля на разпределените архитектури и микроуслугите за доставяне на персонализирано съдържание в контекста на културни и музейни институции. Предложената архитектура подпомага основната цел на дисертацията – разработване на ефективни технологични решения за персонализация, базирана на съвременни технологии.

2.1 Архитектура на предлаганата услуга

На Фиг. 2.1 е показана архитектурата на предлаганата услуга.



Фиг. 2.1 Архитектура на услуга за доставяне на персонализирано съдържание в музеи на открито

Предложената архитектура за доставка на персонализирано съдържание е проектирана на база микроуслуги, осигуряваща висока гъвкавост, мащабируемост и персонализация.

2.1.1 Основни характеристики на архитектурата

1. Микроуслуги и тяхната роля:

- **Geofences:** Управлява геозони, описани в GeoJSON формат, за да дефинира виртуални граници около експонати. Тази услуга предоставя бързо определяне дали посетител се намира в конкретна зона.
- **Visitors:** реализира регистрация на потребителите на системата чрез идентифициране чрез услуга OneSignal или OAuth регистрация.
- **Exhibits:** Управлява информация за експонатите, като използва модификация на стандартите ObjectID (за физически артефакти) и Dublin Core (за цифрови ресурси).

- **Segmentation:** Профилира посетителите на базата на местоположение или профилни данни, което позволява предоставяне на персонализирано съдържание.
- **Push Notifications:** Изпраща известия до всички посетители, определени сегменти или конкретни потребители чрез интеграция с услуги OneSignal и Google Firebase FCM.
- **ChatGPT interface:** Реализира интерфейс към услуга ChatGPT посредством GPT API. Целта е посетителите на музеи да могат да изпращат запитвания към тази микроуслуга с цел доставяне на персонализирано текстово описание за експонати. Към въпроса на посетителя се добавя текущия профил на посетителя и по този начин се генерира персонализирано съдържание.

2. Комуникация и синхронизация:

- Използва се протокол Advanced Message Queuing Protocol (AMQP) за асинхронна и надеждна комуникация между микроуслугите.
- Използва се брокер на съобщения RabbitMQ, който предоставя възможност за управление на множество опашки за съобщения и осигурява надеждната им доставка.

3. Управление на данни:

- MongoDB е използвана като база данни тип NoSQL, позволяваща съхранение на геопространствени данни, профили на посетители и информация за експонати.

4. Персонализация:

- Геофенсингът позволява динамично активиране на съдържание при влизане или излизане на посетител от определена геозона.
- Посетителите се сегментират на база местоположение и профил, което позволява предоставяне на информация, свързана с интересите им.

5. Push известия:

- Услугата OneSignal осигурява изпращане на push известия със съдържание до кой експонат е посетителя.

6. Мобилно приложение:

- Хибридното приложение за Android и iOS осигурява платформа за регистрация, получаване на персонализирани известия и достъп до информация за експонатите. Приложението комуникира с услугата

чрез брокер на съобщения и използва данни от микроуслугите за адаптиране на съдържанието.

2.1.2 Предимства на предложената архитектура

- Геофенсинг: Активира съдържание на база местоположение.
- Скалируемост: Разпределената структура позволява добавяне на нови микроуслуги без прекъсване на системата.
- Надеждност: AMQP и MongoDB осигуряват устойчивост и бърза обработка на заявките.
- Персонализация: Комбинира анализ на местоположението, поведенчески данни и генеративен изкуствен интелект с цел предоставяне на персонализирана информация.

Архитектурата съчетава иновативни технологии и надеждни комуникационни протоколи, което я прави подходяща за музеи с голям брой посетители. Тя осигурява интерактивно, персонализирано изживяване чрез гъвкава и мащабируема структура, която може да се адаптира към различни музейни условия.

2.2 Алгоритъм на работата на услуга

Логиката на услугата за доставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музеи на открито се реализира в следната последователност:

Фаза 1: Инициализация и регистрация

Стъпка 1-2: Инсталация на мобилното приложение и OneSignal регистрация

Посетителят сканира QR код или NFC етикет на входа на музея или от уебсайта с цел инсталиране на приложението. При стартиране се извършва автоматична регистрация в OneSignal за push известия, получавайки `player_id`.

Стъпка 3-4: OAuth регистрация. Системата се опитва да извърши OAuth 2.0 регистрация чрез Facebook, Twitter или LinkedIn за получаване на `visitor_id` и демографски данни. При отказ се използва `player_id` като основен идентификатор на посетителя.

Стъпка 5-7: Профилиране и регистрация Данните за посетителя се записват в базата данни. Извършва се начално сегментиране чрез анализ на предварителна анкета и OAuth данни. Създава се или обновява профила на посетителя с демографски данни и предпочитания.

Фаза 2: Локализация и активиране

Стъпка 8-9: GPS активиране и проверка на местоположение. Активира се GPS проследяване (само при движение според акселерометъра с цел енергийна

ефективност). Системата проверява дали посетителят е в границите на музея на всеки 15 секунди до потвърждение на присъствието.

Стъпка 10-11: Мултисензорно проследяване. При влизане в музея се активират NFC и BLE канали. Започва комбинирано проследяване чрез GPS, BLE маяци и NFC етикети за прецизно определяне на позицията на посетителя.

Фаза 3: Интерактивно профилиране

Стъпка 12: Експлицитно профилиране. При липса на движение над 15 секунди се активира анкетиране. Посетителят може да отхвърли или частично да отговори на въпросите. Отговорите се използват за обновяване на профила на посетителя.

Стъпка 13: Имплицитно профилиране. Паралелно се проследяват GPS позиции, BLE приближавания и NFC сканирания. Анализират се посетени експонати, последователност и отделено време за всеки експонат.

Фаза 4: Персонализирано съдържание

Стъпка 14: Интелигентни известия. При влизане в геозащита около експонат се изпраща push известие. Системата управлява честотата на известията, намалявайки я при „умора от известия“.

Стъпка 15: Динамично съдържание При заявка за получаване на информация за експонат („отваряне“ на push известие) се връща персонализирано съдържание според потребителския профил (текст, снимки, видео и аудио). Посетителят може да оценява съдържанието (1-5 звезди) и да прави допълнителни запитвания чрез ChatGPT.

Фаза 5: Приключване

Стъпка 16-17: Мониторинг и завършване Системата непрекъснато проверява присъствието на посетителя в музея. При излизане от границите на музея се изпраща благодарствено съобщение и сесията се приключва. При оставане в музея процесът се връща към стъпка 12.

2.3 Анализ на цената на услугата

Цената на услугата е анализирана за етнографски музей на открито „Етър“. Разгледани са два подхода за реализация:

1. **С Kio Cloud (облачна услуга на Kontakt.io)** – осигурява висока точност чрез машинно обучение и възможности за бизнес анализ, но е по-скъпа (общо ~165,700 лв.).
2. **Без Kio Cloud** – по-евтина (около 147,300 лв.), с локална обработка на данни в мобилното приложение, но с по-ниска точност и без бизнес анализи.

Основни компоненти и разходи:

- Хардуер: от 2,300 до 20,300 лв. в зависимост от избраната архитектура;
- Облачни услуги: 10,000–10,400 лв.;
- Микроуслуги (бизнес логика): 65,000 лв.;
- Мобилно приложение: 50,000 лв.;
- Други разходи (интеграция, обучение и маркетинг): 20,000 лв.

2.4 Експерименти

Извършени са тестове в локална среда, без използване на Kio Cloud, заради пониски разходи, по-голяма гъвкавост и по-малка сложност при интеграция.

2.4.1 Методология за валидиране на архитектурата

В рамките на изследването е разработена методология за валидиране на предложената архитектура с микроуслуги за персонализирано доставяне на съдържание в музеи на открито. Методологията включва функционални, интеграционни тестове и тестове за производителност, провеждани чрез локално разгръщане на пет основни микроуслуги: Geofences, Visitors, Exhibits, Segmentation и Push Notifications, комуникиращи посредством RabbitMQ брокер на съобщения.

Тестовата среда е проектирана за максимална възпроизводимост и е реализирана чрез Docker контейнери за всяка микроуслуга, RabbitMQ сървър в Google Cloud Platform, локални MongoDB инстанции за всяка услуга, външни услуги OneSignal и Google Firebase, както и симулатор за генериране на заявки.

2.4.2 Конфигуриране на тестовата среда

Системни изисквания и настройки

Методологията е разработена за изпълнение в среда Windows 11 Pro/Enterprise с Hyper-V поддръжка, Docker Desktop с WSL2 (Windows Subsystem for Linux 2) и PowerShell 7.1+.

Архитектурно разгръщане на компонентите

Микроуслугите са разгрънати чрез Docker Compose конфигурации, като всяка услуга е свързана към общата мрежа museum-network. Гарантирана е персистентност на данните чрез Docker volumes и са конфигурирани необходимите порт мапинги за външен достъп. Този подход осигурява изолирана и контролируема тестова среда.

2.4.3 Тестови сценарии и процедури

Функционални тестове

Валидиране на регистрационния процес: Разработени са тестови процедури за валидиране на регистрацията на посетители. Методологията включва проверка на правилната обработка на регистрационните заявки.

Геопространствено проследяване: Реализирани са тестови процедури за актуализиране на локацията на посетителите, включващи обработка на GPS координати, определяне на активни геозони чрез MongoDB оператор \$geoWithin, актуализиране на позициите в базата данни и location-based сегментиране.

Персонализация на съдържанието: Разработена е методика за тестване на комбинираното location-based и profile-based сегментиране чрез създаване на комплексни потребителски профили, включващи демографски данни, предпочитания и история на посещенията.

Интеграционни тестове

Методологията включва валидиране на комуникационните потоци между компонентите: мобилно приложение → RabbitMQ → микроуслуги → база данни → външни услуги. Разработени са различни сценарии на взаимодействие, включващи регистрация, актуализиране на локация, детектиране на близост до експонати и обновяване на потребителски профили.

Тестове за производителност

Геопространствени операции: Разработена е методика за измерване на производителността при високо натоварване с 1000 едновременни потребители, 50 актуализации в секунда за период от 10 минути. Тествани са различни типове геопространствени индекси (2dsphere, 2d) и геопространствени заявки чрез оператори \$near, \$geoWithin и \$geoIntersects.

Тестове за надеждност и хаос тестове

Тестове за надеждност се използват за проверка на стабилността на системата при нормални и натоварващи условия. Хаос тестове се използват за симулиране на неочаквани грешки и сризове, за да се провери как системата се справя с непредвидими ситуации.

Мрежова устойчивост: Разработени са процедури за симулиране на мрежови прекъсвания чрез отключване на услуги от мрежата за определени периоди. Тествани са механизмите за автоматично възстановяване и обработка на съобщенията след възстановяване на връзката.

2.4.4 Критерии за оценка и очаквани резултати

Функционални показатели

Методологията дефинира следните критерии: 100% успешност при регистрация на посетители чрез OneSignal, правилно детектиране на геозони при location

updates сегментиране, базирано на позиция и профил, успешно генериране на персонализирани push нотификации и правилна обработка на събития при доближаване до експонати.

Производителност

Определени са следните референтни стойности: актуализации на местоположението под 100ms, получаване на push известия под 5 секунди, геопространствени заявки под 1ms, поддръжка на над 1000 едновременни посетители и пропускателна способност над 1000 съобщения в секунда.

Надеждност

Методологията предвижда валидиране на устойчивостта на системата при мрежови сринове, възможностите за възстановяване на съобщенията и плавното влошаване при сринове на външни услуги.

2.4.5 Заключение относно тестовата методология

Разработената методология за тестване осигурява валидиране на предложената архитектура с микроуслуги. Тя покрива критичните бизнес процеси и технически изисквания, като предоставя солидна основа за валидиране на научните приноси в областта на персонализираното доставяне на културно съдържание в музеи на открито.

Изводи

В Глава 2 е описана архитектурата на система на базата на микроуслуги. Системата интегрира геофенсинг, BLE, NFC и интерфейс към ChatGPT, с цел доставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музеи на открито. Експериментите демонстрират ефективността на системата при управление на персонализирано съдържание, като се използват асинхронна комуникация (AMQP) и оптимизирани геопространствени заявки в MongoDB.

Глава 3. Сегментиране на посетителите на музеи

Глава 3 от дисертационния труд се фокусира върху разработката на методика за сегментиране на посетителите на музея с цел изграждане на техните индивидуални профили за доставяне на персонализирано съдържание.

Основна цел

В тази глава се цели разработването на методика за сегментиране на посетителите на музеи с цел предоставяне на персонализирано съдържание, съобразено с индивидуалните интереси, предпочитания и поведение на различни аудитории.

Ключови въпроси

1. Как могат да се категоризират посетителите на музеите според различни критерии (демографски, поведенчески, технологични и др.)?
2. Какви подходи за сегментиране (експлицитно, имплицитно и хибридно) са приложими в музейна среда?
3. Как да се преодолее проблемът със студения старт при липса на първоначална информация за посетителите?
4. Как се прилага персонализация чрез използване на чатбот, базиран на GPT API?

Теоретична рамка

Анализът показва, че най-ефективният подход е хибридното сегментиране, което съчетава:

1. Предварително онлайн анкетиране.
2. Регистрация чрез OAuth с извличане на данни от социални мрежи.
3. Анкетиране по време на посещение.
4. Проследяване на поведенчески данни в рамките на музея чрез GPS/BLE технологии.

На базата на статистически анализ на данните от анкетиране на 551 респонденти се дефинират разнообразни типове посетители:

- демографски профили (възраст, пол, география);
- поведенчески (време на престой, честота на посещения);
- интереси на посетителите (тип предпочитан музей, вид съдържание);
- технологична ориентация (традиционалисти срещу дигитално активни).

Основни резултати

Въз основа на изследването се предлага интегрирана методика за многослойно профилиране, която включва:

1. Автоматична регистрация и събиране на данни чрез мобилно приложение.
2. Адаптивно персонализиране на съдържанието според сегмента, към който принадлежите.
3. Използване на ChatGPT за динамично създаване на подходящо съдържание.

Връзка с общата концепция

Тази глава е логически свързана с предходните, като надгражда основите на дигитализацията в музейното преживяване чрез въвеждане на иновативна техника за сегментиране на посетителите с цел персонализирана комуникация с посетителите. Тя допринася съществено за решаването на общите задачи на дисертацията, като осигурява приложим на практика модел за повишаване на удовлетвореността и ангажираността на посетителите на музеи. Развитието на аргументацията в главата е последователно: от анализ на нуждата от сегментиране, през описание и прилагане на конкретни техники, до оценка на ефекта от тях и насоки за защита на личните данни, в съответствие с GDPR.

3.1 Сегментиране на посетителите на музея

Разработена е хибридна методика за персонализирано съдържание в музейен контекст, базирана на многослоен потребителски профил. Целта е индивидуализирано информационно обслужване, съобразено с интересите, поведението и контекста на всяко посещение.

Профилът на посетителя включва:

- Демографски характеристики (възраст, пол, география);
- Поведенчески индикатори (честота на посещения, време на престой);
- Технологична ориентация (традиционалисти, дигитално активни);
- Предпочитан тип съдържание (образователно, развлекателно, информационно);
- Социален контекст на посещението (семеино, групово, индивидуално).

3.2 Методика за сегментиране на посетителите

Сегментирането на посетителите на музеи при предлаганата методика се реализира в следната последователност:

1. Анонимна регистрация. След инсталиране приложението автоматично реализира регистрация за получаване на push известия, като генерираният идентификатор `player_id` се използва като уникален идентификатор за посетителя. Този подход гарантира запазване на анонимността и невъзможност за директно свързване на личните данни с конкретен посетител.

2. OAuth 2.0 интеграция. Използването на програмната рамка OAuth 2.0 позволява псевдо-експлицитно сегментиране чрез индиректен достъп до профилни данни от социални медии, предоставяйки основно демографска и географска информация.

3. Първично профилиране. Реализира се начално профилиране на посетителите на базата на данните от регистрацията и предварително анкетиране, което е предпочитано при липса на начална информация за посетителите.

4. Експлицитно онлайн анкетиране. Посетителите получават в мобилното приложение кратки въпроси, на които отговарят доброволно. Всеки може да отговори на един или повече въпроси или да пропусне анкетирането. Сегментирането се осъществява по следните критерии:

- Демографски сегменти;
- Интереси и предпочитания;
- Поведенчески сегменти;
- Технологични предпочитания;
- Готовност за взаимодействие;
- Тип съдържание;
- Време на престой.

5. Имплицитно профилиране чрез геозаграждане. Автоматично проследяване на придвижването на посетителите в рамките на музея и точно изчисляване на времето на престой до всеки експонат. Техническата реализация се осъществява чрез BLE маяци и GPS позициониране.

6. Доставка на персонализирано съдържание. Чрез push известие посетителят се информира при доближаване до експонат. При „отваряне“ на известието услугата доставя персонализирано съдържание, съобразено с текущия му профил. Посетителят има възможност да изпраща запитване към ChatGPT чрез който се формира персонализиран текстов отговор. За целта към запитването се добавя профила на посетителя

3.3 Експерименти

В контекста на системата за предоставяне на персонализирано съдържание на посетители в музеи, сегментирането представлява критичен компонент. То има за цел да класифицира посетителите въз основа на поведенчески данни, местоположение и персонални предпочитания, за да осигури максимално подходящо преживяване.

Методология на сегментацията

Процесът на сегментиране използва данни, получени от мобилното приложение на потребителите. Информацията за местоположението се предава към сървъра чрез опашка `location.updates`, докато профилните данни и демографски

характеристики, се изпращат чрез опашка `segmentation.data`. Тези данни се обработват от микроуслуги `Geofences` и `Segmentation`.

Важна част от процеса включва геозоните, дефинирани в базата данни, които позволяват на системата да определи дали даден посетител се намира в музея или близо до конкретен експонат.

Провеждане на експериментите

Системата беше подложена на няколко тестови сценария, които валидираха нейната функционалност и ефективност при сегментиране:

1. Първият експеримент фокусира върху локационно-базираното сегментиране. Мобилното приложение симулира движения на посетителя в и извън дефинирани геозони. Системата идентифицира всички събития на преминаване на граници и да задейства съответните действия.
2. Във втория експеримент е тествано профилно-базираното сегментиране. Данните на посетителя, като предпочитания и демографски характеристики, се актуализират чрез анкета. Системата коректно обновява профила на посетителя в съответствие с тези промени.
3. Последният, най-сложен тест комбинира локационно-базираното и профилно-базираното сегментиране. При него посетителите получават персонализирани известия и препоръки, които отразяваха както текущото им местоположение, така и техните лични предпочитания.

3.4 Заключение

В настоящата глава се предлага методика за хибридно сегментиране на посетителите на музеи, комбинираща експлицитно, псевдо-експлицитно и имплицитно профилиране. Анализът показва, че чрез събиране на данни от анкети, социални мрежи и поведенчески анализ в музея могат да се изградят точни и адаптивни потребителски профили.

Изводи

Предложена е хибридна методика за сегментиране, комбинираща експлицитни (анкети), псевдо-експлицитни (OAuth) и имплицитни (BLE/GPS) подходи. Тя позволява динамично профилиране на посетителите, като адаптира съдържанието според техните интереси и поведение, което цели повишаване на удовлетвореността и ангажираността на посетителите.

Глава 4. Технологии за проследяване на посетителите с цел доставяне на съдържание

Глава 4 от дисертационния труд се фокусира върху използваните технологии за доставяне на персонализирано съдържание на посетителите на музеи на открито. В главата са разгледани и всички разработени услуги, които използват тези технологии, както и тяхното експериментиране.

Основна цел

Основната цел на Глава 4 е да се изследват и предложат технологични решения (GPS геофенсинг, BLE маяци и NFC етикети) за автоматизирано и адаптивно предоставяне на информация на посетителите, съобразена с техните интереси, поведение и местоположение.

Ключови въпроси

1. Какви технологии могат да се използват за проследяване на посетители в реално време?
2. Какви са предимствата и ограниченията на тези технологии?
3. Как може да се реализира персонализирана доставка на съдържание според профила на посетителя?
4. Как се изгражда ефективна система за управление и доставяне на съдържание за множество музеи?

Теоретична рамка

1. Геофенсинг.
2. Персонализирано съдържание и потребителски профили.
3. Осезаеми потребителски интерфейси.
4. Генеративен изкуствен интелект.

Основни резултати

1. NFC етикетите, BLE маяците и геофенсингът са подходящи за проследяване на посетителите на музеи с цел доставяне на персонализирано съдържание.
2. Push известията са ефективен канал за доставяне на съдържание, включително при неактивно мобилно приложение.
3. Внедрената система за проследяване и доставяне на съдържание работи в реално време, с висока надеждност и мащабируемост, доказана чрез симулации и реални тестове.

Връзка с общата концепция

Глава 4 логически надгражда предишните чрез реализация на ключов функционален модул – системата за интелигентно предоставяне на съдържание. Аргументацията в дисертацията се развива от представяне на концепции (в предходни глави), към конкретна технологична реализация и експериментално валидиране, подготвяйки основа за анализа на резултатите и обобщенията в заключителната част на труда.

4.1 Проследяване на посетителите чрез NFC етикети, BLE маяци и геофенсинг

NFC етикетите осигуряват евтин и лесен начин за предоставяне на съдържание чрез безжичен обмен на данни на разстояние 1-3cm. Те изискват физическо доближаване, което ги прави по-малко ефективни в динамични или открити музейни среди.

BLE маяците са по-гъвкаво решение – те излъчват сигнали, които мобилни устройства улавят без необходимост от контакт. Това позволява пасивно предоставяне на съдържание и създаване на интерактивни преживявания, активиращи се при доближаване до експонати. BLE маяците също така подпомагат събирането на поведенчески данни за по-добро профилиране и стратегическо планиране.

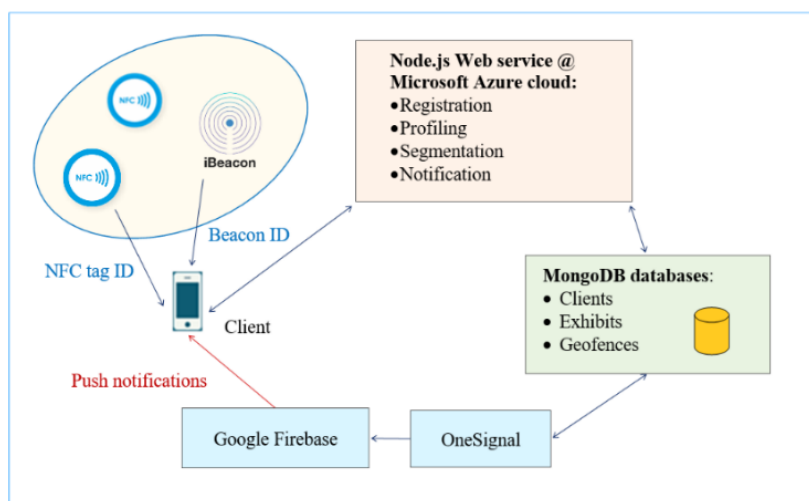
Когато експонатите са с големи размери или се намират на открито, се използва геофенсинг – технология за създаване на виртуални зони, базирани на GPS или BLE. Това позволява точно определяне кога посетител доближава, навлиза или напуска дадена зона.

4.2 Услуга за доставяне съдържание на посетителите на музеи чрез осезаем тип потребителски интерфейс

В разработената услуга е използван осезаем тип потребителски интерфейс, който позволява интерактивно и интуитивно взаимодействие на посетителите с музейните експонати. Този тип интерфейс е подходящ за културни институции, тъй като намалява когнитивното натоварване и улеснява достъпа до информация чрез физически взаимодействия.

4.2.1 Архитектура на услугата

Архитектурата на услугата е показана на Фиг. 4.1. Тя включва хибридно мобилно приложение, бизнес логика на Node.js и база данни MongoDB.



Фиг. 4.1 Архитектурата на приложението

Мобилното приложение изпълнява ключови функции като сканиране на BLE маяци, четене на NFC етикети и получаване на GPS координати. То използва акселерометъра, за да разпознава активността на посетителите (например ходене, неподвижност), което помага за динамично профилиране. Системата доставя съдържание чрез push известия, използвайки външната услуга OneSignal.

Уеб услугата отговаря за обработка на събраните данни и осигурява персонализирано съдържание. Тя автоматично профилира посетителите на базата на времето, прекарано пред експонати, и предпочитаните видове мултимедия. Услугата сегментира посетителите на базата на техните интереси, което оптимизира доставянето на съобщения.

Базата данни, реализирана с MongoDB, съхранява информация за клиенти, експонати и геозащити. Всеки експонат е описан с идентификатори, метаданни и връзки към мултимедийни ресурси. Данните се използват за доставяне на персонализирано съдържание и за стратегическо планиране на експозициите.

4.2.2 Експерименти и резултати

Разработена е и тествана прототипна архитектура на услуга, включваща уеб приложение и база данни MongoDB, хоствани в Microsoft Azure, както и хибридно мобилно приложение за Android. Уеб приложението изпраща push известия чрез Firebase Cloud Messaging (FCM) чрез посредничеството на OneSignal, което улеснява изпращането до определени потребители.

За тестване са използвани NFC тагове и BLE маяци от Kontakt.io. Мобилното приложение може да сканира BLE маяци и да чете GPS позицията на потребителя дори когато не е активно на екрана, а NFC таговете се четат само когато приложението е на фокус. Приложението е тествано на Android версии 9, 11 и 12.

В базата данни има информация за 20 реални експоната (NFC и BLE), 1000 виртуални експоната, 10 реални и 1000 виртуални клиенти, както и 38 геозони от музея „Етър“. Времето за отговор на заявки към базата е под 4 ms, а закъснението на уеб услугата е под 500ms при използване на европейски сървъри. Мултимедийните ресурси се съхраняват отделно на файлов сървър и в базата се пазят само техните URL адреси.

При сканиране на NFC или приближаване до BLE маяк, приложението показва персонализирана информация за експонатите според профила на посетителя, която е унифицирана независимо от типа на сензора. Подобна информация се показва и при навлизане в определена геозона.

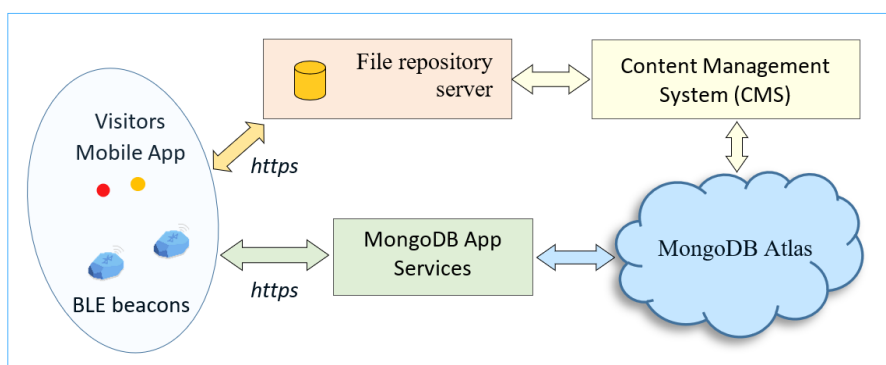
Заклучението е, че архитектурата е валидирана в симулирана среда и осигурява персонализирано съдържание в реално време с ефективно изпращане на push известия, като използва облачни услуги и геопространствени заявки в MongoDB.

4.3 Услуга за доставяне на мултимедийно съдържание за множество институции чрез технология Bluetooth Low Energy

Разработената услуга използва BLE маяци за предоставяне на персонализирано мултимедийно съдържание в музеи и други културни институции. Тази услуга е проектирана така, че да бъде мащабируема и приложима в различни организации, което я отличава от съществуващите решения, предназначени за индивидуални институции.

4.3.1 Архитектура на услугата

Системата е изградена върху архитектура (Фиг. 4.7), включваща BLE маяци, мобилно приложение и облачна база данни MongoDB Atlas.



Фиг. 4.7 Архитектура на системата за доставяне на съдържание чрез използване на технология Bluetooth Low Energy

BLE маяците служат като основен механизъм за локализация и доставяне на съдържание, като предават сигнали към мобилното приложение. Приложението използва тези сигнали, за да идентифицира най-близкия експонат и да предостави съответното съдържание на потребителя.

Облачната база данни съхранява информация за организации, експонати и географски зони, като предоставя централизирано управление на съдържанието. Всеки експонат е свързан с уникален BLE маяк и е описан чрез текст, изображения, видео и аудио ресурси. Данните за тези ресурси се синхронизират с мобилното приложение чрез защитен HTTPS канал.

4.3.2 Методика за оценка на стойността на експонентата на затихване по пътя

За изграждането на надеждна BLE-базирана система за локализация на посетители в културни институции, особено в условията на открита или смесена среда, ключов елемент е точното определяне на разстоянието до маяците. За целта в разработката се използва log-нормалния модел, който дава връзката между силата на сигнала от маяците и разстоянието до тях:

$$RSS_{k,d} = RSS_{k,d_0} - 10\gamma_k \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + N(x_0, x) \quad (1)$$

където $RSS_{k,d}$ е оценката на мощността на сигнала от k -тия радиомаяк, измерена на разстояние d ; RSS_{k,d_0} е оценката на мощността на сигнала от k -тия радиомаяк, измерена на референтно разстояние d_0 (обикновено 1 m); γ_k е експонентата на загубата по пътя за k -тия радиомаяк, а $N(x_0, x)$ отразява случайните флуктуации на RSS, дължащи се на различни видове затихване.

За локализиране на посетителя е необходимо преобразуване на измерванията на RSS в приблизително разстояние от радиомаяка:

$$d = 10^{\frac{RSS_{k,d_0} - RSS_{k,d} - N(x_0, x)}{10\gamma_k}}. \quad (2)$$

Анализът на (1) в контекста на локализиране в музеи на открито показва, че пренебрегването на случайните флуктуации $N(x_0, x)$ е оправдано поради трудностите при точното определяне на стандартното им отклонение в сложна среда. Такива среди включват променливи фактори като посетители, временни структури, атмосферни условия и растителност, което води до систематични грешки, надвишаващи теоретичните ползи от включването на $N(x_0, x)$ в модела. Опростеният детерминистичен подход с $N(x_0, x)=0$ осигурява по-стабилни и предсказуеми резултати, като позволява компенсирание на шума чрез множествени измервания, адаптивна калибрация и филтриране на данни. Този подход постига баланс между теоретична точност и практическа приложимост, като гарантира стабилност и надеждност на системата за локализиране в реални условия.

Следователно, за изчисляване на разстоянието до маяците е необходима оценка за стойността на експонентата на затихване по пътя γ_k . Тя може да варира в зависимост от честотата на сигнала и специфичните условия в сградата—от 1,5 за сценарий с пряка видимост (Line of Sight, LOS) до 3,5 за сценарий без пряка видимост (Non-Line of Sight, NLOS).

В дисертационния труд е разработена и експериментално валидирана методика за изчисление на експонентата на затихване, базирана на log-нормалния модел на разпространение на радиосигнали. Методиката включва:

1. Провеждане на измервания в контролирана среда (закрито пространство с фиксирани размери и разположение на BLE маяци), при което се събират стойности на получен сигнал (RSSI) на различни известни разстояния от източника.
2. Агрегиране на измерените данни в двойки (разстояние – RSSI).
3. Използване на нелинейна регресия чрез функцията `curve_fit` (библиотека SciPy, Python), която прилага алгоритъма на Levenberg-Marquardt за оценка на експонентата на затихване чрез минимизиране на квадратичната грешка между измерените и теоретичните стойности.
4. Статистическа оценка на модела чрез коефициент на детерминация (R^2), стандартна грешка, средноквадратична грешка (RMSE) и 95% доверителен интервал на експонентата на затихване.

Резултатите от приложената методика показват висока степен на съгласуваност с теоретичния модел. Проведени са експерименти в реална среда. Направена е оценка на експонентата на затихване за 6 маяка. Коефициентът на детерминация R^2 е 0.9526, а средно-квадратичната грешка - 1.24 dBm. Това свидетелства за стабилността на оценката и потенциала ѝ за приложение при изчисление на разстояние в BLE-базирани навигационни системи.

4.3.3 Методика за изчисляване на експонента на затихване за различни локации в музей на открито

Точната локализация в музейни среди на открито изисква адаптивен модел за оценка на загубите по пътя на радиосигнала, отчитащ влиянието на околната среда върху разпространението. В тази връзка в дисертационния труд е предложена методика за локализация на посетителите чрез BLE маяци при липса на достатъчно точна GPS локализация. Методиката се основава на предположението, че средата не е хомогенна – физическите характеристики на зоните (например открити площи, пешеходни алеи, участъци между експонати, полуоткрити пространства и др.) оказват съществено влияние върху радиосигнала. Поради това стойността на експонентата на затихване не може да се третира като константа за целия терен, а трябва да се определя индивидуално за всяка зона.

Алгоритъмът се опитва да намери най-точната стойност на експонента на затихване в модела за разпространение на радиосигнали в открити пространства. Той работи итеративно, като на всяка стъпка подобрява както оценката на експонента, така и позицията на посетителя.

Предложената методика включва следните етапи:

1. Инициализация

Алгоритъмът започва с разполагане на N маяка в рамките на музея. Създава се един посетител със случайна позиция. Задава се начална стойност на експонента на затихване и се определят критерии за край на алгоритъма.

2. Симулация на сигнали

За всеки маяк се симулира силата на получения сигнал според математическия модел за разпространение на радиосигнали. Към тази стойност се добавя бял шум, за да се имитират реални условия.

3. Основен цикъл

3.1 Избор на подходящи маяци

От всички налични маяци се избират само тези, които отговарят на определени критерии за качество. Първо се филтрират маяците според разстоянието и силата на сигнала - отхвърлят се твърде близките маяци и тези с твърде слаб сигнал. За останалите маяци се изчислява показател за качество, който комбинира нормализираната сила на сигнала и обратното разстояние до маяците:

$$w_i = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_i}{d_{th}}\right)^p}, \quad (10)$$

Където w_i е теглото за маяк с индекс i , d_i е разстоянието до маяк i , $d_{th} = 25\text{m}$ (прагова стойност за d) и $p = 2$ (степенен показател).

Ако $d_i \ll d_{th}$, то $w_i \approx 1$ – близките маяци получават висока тежест. Ако $d_i = d_{th}$, то $w_i \approx 0.5$. Ако $d_i \gg d_{th}$, то $w_i \rightarrow 0$ – далечните маяци получават ниска тежест, но не се игнорират. От всички кандидат-маяци се избират M най-добри маяка за текущата итерация.

3.2 Изчисляване на тегла за надеждност

За всеки от избраните маяци се определя тегло, което показва колко надежден е за изчисленията. Маяците на по-малко разстояние получават по-голямо тегло, защото техните измервания са по-точни. Всички тегла се нормализират така, че сборът им да е единица.

3.3 Изчисляване на нова стойност на експонента на затихване

За всеки избран маяк се изчислява стойността на експонента на затихване, използвайки измерената сила на сигнала и разстоянието до него. Тази локална стойност показва каква трябва да бъде стойността на експонентата на затихване, за да отговаря на наблюдаваната сила на сигнала. След това всички локални стойности се комбинират чрез претеглена средна стойност, където теглата

отразяват надеждността на всеки маяк. Така се получава нова подобрена оценка на експонента.

3.4 Актуализиране на позицията

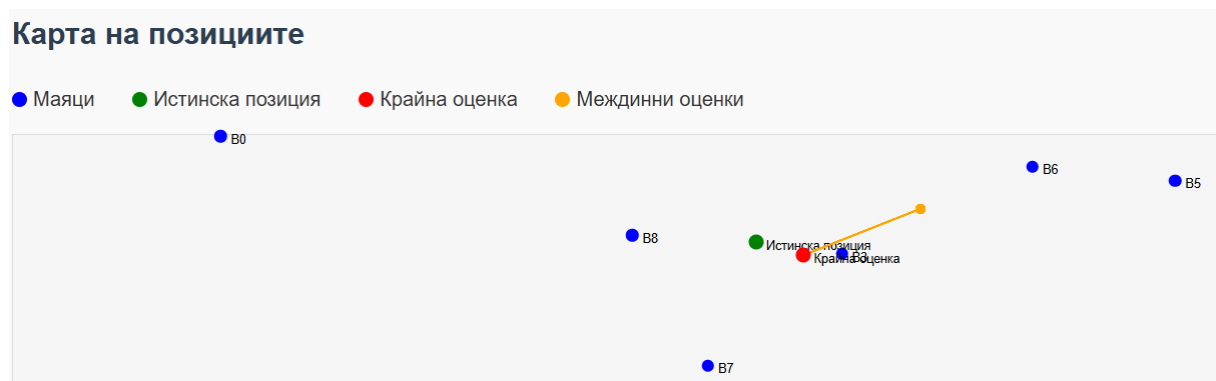
Позицията на приемника (посетителя) се изчислява по метода на трилатерацията на базата на анализ на сигналите от M маяка.

3.5 Проверка за край

Алгоритъмът проверява дали промените в експонента на затихване и позицията на посетителя са достатъчно малки. Ако условията за край се изпълняват, то алгоритъмът се счита за сходящ и се прекратява. Ако промените са все още големи, процесът се повтаря с новите стойности, докато не се постигне сходимост или не се достигне максималният брой итерации – преход към 3.

Тестване на методиката

Разработена е симулационна програмна среда за тестване на предложената методика. Чрез нея се визуализират позицията на маяците, реалната позиция на посетителя и изчислената позиция на посетителя, както е показано на Фиг. 4.13.



Фиг. 4.13 Резултати от програмата за валидиране на методологията за изчисляване на експонентата на затихване: истинска (зелена точка) и изчислена (червена точка) на позицията на посетителя

Реализирани са 50 последователни симулации за оценка на позицията на посетител. За постигане на по-реалистични резултати, към $RSSI$ стойностите се добавя бял шум. Диапазонът на абсолютната позиционна грешка е (1.5 - 7.6)m. Средната грешка е 3.12m, а средноквадратична грешка - 3.89m. 64% от всички измерванията позиционната грешка е под 4m.

4.3.4 Алгоритъм за филтриране на BLE маяци

За да се получи надеждна оценка на това до кой точно маяк се намира посетителят, трябва да се приложат различни техники за филтриране на маяците. Алгоритъмът за филтриране на маяци се изпълнява в следната последователност:

1. Обработват се само маяци от тип *iBeacon* и с *UUID*, съответстващ на услугата. Всички други BLE пакети се игнорират.
2. Прочитане на стойностите на *RSSI*, *major* и *minor* за текущ маяк. Стойността на поле *major* се използва като идентификатор на организация (музей), с стойността на поле *minor* като идентификатор на експонат.
3. Ако стойността на *major* на текущия маяк съвпада с *id* на организация (музей) и все още не е визуализирана информация за нея, се създава и визуализира началната страница на музея.
4. Формира се идентификатор на маяка „*major-minor*“. В асоциативен масив с име *beacons* се прави запис за маяка с посочения идентификатор. Инициира се масив *rssi*, в който ще се записват стойностите на силата на сигнала на текущ маяк. Този масив е цикличен и в него се записват *N* последователни стойности на *RSSI*. Целта е да се реализира филтър с плъзгаща се средна стойност за стойностите на *RSSI*.
5. Получаване на средната стойност за *RSSI* - *averageRssi*:

$$averageRssi = (\sum_{i=1}^N RSSI_i) / N. \quad (14)$$

където $RSSI_i$ е мощността а сигнала от маяк с времеви индекс i , а N е броят на анализирани стойности на *RSSI*.

6. Проверка на близостта на маяците, за които стойността на *averageRssi* е по-голяма от дадена прагова стойност на *RSSI_THRESHOLD*. Ако стойността на *averageRssi* е по-малка или равна на тази прагова стойност, записът за текущия маяк се изтрива от асоциативния масив *beacons* (маякът е твърде отдалечен от посетителя) и се преминава към точка 1. В противен случай се преминава към точка 7 от алгоритъма.
7. Изчисляване на разстоянието между маяка и клиента въз основа на *averageRssi* и експонентата на загубите по пътя. Този модел описва как мощността на радиосигнала намалява при отдалечаването му от предавателя.
8. Създава се обект, наречен *beaconData*, който съдържа информация за *averageRssi*, разстоянието до маяка и дали маякът е близо до клиента (променлива *near*). Първоначалната стойност на *near* е *false*.
9. Проверка дали съдържанието, свързано с текущия маяк, трябва да бъде показано. Ако изчисленото разстояние до маяка е по-малко от прагова стойност *dTh1* и стойността на флаг *near = false*, тогава се приема, че съдържанието трябва да бъде доставено. В този случай стойността на флага за близост се променя на *true*.

10. Ако разстоянието до маяка стане по-голямо от зададената стойност $dTh2$ и флагът за близост $near = true$, то стойността на този флаг се променя на $false$.
11. Записване на обект *beaconData* в масива *beacons*.
12. Преход към 1.

4.3.5 Експерименти

Функционалността на предложената услуга за доставка на съдържание, базирана на BLE маяци, е реализирана с помощта на мобилно приложение за операционни системи Android и iOS и бизнес логика, написана на Node.js с уеб интерфейс, което реализира системата за доставяне на съдържание. Като сървър за съхранение на файлове се използва Google Firebase. С помощта на това приложение в базата данни са създадени всички необходими колекции за две организации: 1) Музей на открито (Етнографски музей „Етър“) и 2) Катедра в университет (катедра „Компютърни системи и технологии“, ТУ-Габрово). Бяха използвани BLE маяци от типа Anchor Beacon на фирма kontakt.io. За тестването на услугата се използва следната конфигурация на маяците: iBeacon за тип на маяка; -4dBm за Tx Power и 600ms за интервал на изпращане на пакетите с данни. При тази конфигурация батерията на маяка (2xCR2477) издържа приблизително 2 години. Информацията, която се предоставя на посетителите, е свързана с лабораториите на катедрата и част от работилниците на занаятчийската улица на музея. Маяците се закрепват с двойно залепваща лента по средата на ширината на вратата на стаите или работилниците.

4.3.6 Заключение

Разработена е услуга за динамична доставка на съдържание с помощта на BLE маяци от типа iBeacons. За разлика от други подобни услуги, които се разработват специално за дадена организация, предложената услуга може да се използва от множество организации. Благодарение на алгоритъма за филтриране на маяци разпознаването на обекта, за който трябва да се достави съдържание, е надеждно и за двете организации.

Използването на BLE маяци в музеи на закрито е голямо предизвикателство, тъй като трябва да се решат няколко важни въпроси, например как да се прикрепят маяците, къде да се разположат, как да се осигури мащабируемост на приложението и т.н.). Предварителните експерименти в симулирана и реална среда показват много добър потенциал на предложената услуга.

4.4 Услуга за доставяне на съдържание на посетителите на музеи на открито чрез геофенсинг

Геофенсингът заема ключова роля като технология за виртуално ограждане на определени географски области, чрез което се осъществява мониторинг и реакция спрямо движението на потребителите в реално време.

Основното предимство на геофенсинга е възможността за изпращане на хиперлокални push съобщения до потребители при навлизане или напускане на конкретна зона. Това го прави изключително ефективен в сфери като мобилен маркетинг, логистика, сигурност и културен туризъм, без необходимост от специализиран хардуер от страна на потребителя. Съвместимостта на технологията с над 90% от съвременните смартфони гарантира широка приложимост.

4.4.1 Уеб услуга за създаване на геозащити

В рамките на дисертационния труд е разработена уеб-базирана услуга, предназначена за създаване, редактиране и управление на геозащитни зони (геофенсинг) с различна форма и обхват. Целта на услугата е да осигури удобен инструмент за дефиниране на геопространствени области, които да се използват за контекстуално предоставяне на съдържание на посетители, особено в културни и туристически обекти на открито.

Системата позволява създаване на геозони във формата на полигони, използвайки GPS карти и сателитни изображения посредством удобен уеб интерфейс. За описание и съхранение на пространствените обекти се използва форматът GeoJSON, съвместим с NoSQL бази от тип MongoDB.

4.4.1.1 Архитектура и технологии

Услугата е реализирана като микроуслуга с помощта на:

- Node.js – за изпълнение на сървърната логика;
- Express – за изграждане на REST интерфейс;
- MongoDB Atlas – като облачна NoSQL база данни;
- Mapbox GL-JS – за визуализация и интерактивна работа с карти;

Чрез уеб интерфейса потребителите могат:

- да създават нови геозаграждения;
- да редактират съществуващи зони чрез преместване или добавяне на върхове;
- да експортират създадените геозони до база данни MongoDB.

4.4.1.2 Експерименти

За тестване са създадени осем бази данни с от 50 до 10 000 посетители, разположени случайно в района на Технически Университет - Габрово. Използвани са геопространствени оператори (\$geoWithin, \$geoIntersect, \$near) за измерване на времето за заявки в MongoDB. Без индексирание времето за изпълнение расте почти двойно с удвояване на броя на клиентите, а при 2dsphere индексирание то е около 1ms. Няма съществена разлика между операторите \$geoWithin и \$geoIntersect от гледна точка на бързодействие Операторите \$near и \$nearSphere също се изпълняват под 1ms при индексирание 2dsphere.

Разработено е Node.js приложение, което визуализира позициите на посетителите в геозоните или извън геозоните и измерва времето за отговор, включително комуникационните закъснения. При 5G свързаност средното забавяне е около 195ms (максимум 290ms), дължащи се главно на закъснението за достъп до базата данни чрез MongoDB App Service.

4.5 Мобилно приложение за създаване и експортиране на геозащити

Мобилното приложение е необходимо за прецизно и интерактивно управление на геозащитите, особено при исторически обекти, които не са ясно видими на стандартните GPS карти. Тези обекти, като разрушени или частично запазени руини, имат сложни и неправилни форми, които не могат да се моделират точно с обикновени кръгови зони. Затова приложението позволява ръчно очертаване на геозони с полигони, което дава възможност за точно и детайлно описване на контурите им.

Създаденото приложение дава възможност за лесно добавяне, редакция и изтриване на точки в полигоните, като така осигурява актуалност и прецизност на базата данни.

Съхранението на данните в MongoDB във формат GeoJSON позволява ефективно използване на геопространствени заявки за проследяване на движението на потребителите спрямо тези зони.

4.5.1 Архитектура на приложението

Приложението е разработено с програмна рамка Cordova и Framework7, използва Realm Web за връзка с базата и Mapbox GL-JS за визуализация на GPS карти. Потребителският интерфейс е опростен и предлага функции за управление на GPS приемника, избор на тип GPS карта, създаване и редакция на полигони, промяна на имена и експортиране на геозащитите в базата данни. Всяка заявка към базата изисква авторизация на достъпа.

4.5.2 Експерименти

Тестването е проведено на историческото укрепление Градище край Габрово, където чрез приложението са създадени и детайлно редактирани полигони, описващи жилища и средновековна базилика, базирани на реконструкции. Геозащитите се експортират като GeoJSON документи в базата.

Приложението позволява интерактивно въвеждане и редакция на полигони върху GPS карти, като позицията на потребителя се показва в реално време, улеснявайки точността чрез данни от историци и археолози. Визуализацията на всички геозащити се осъществява чрез отделно приложение.

4.6 Услуга за предоставяне на интерфейс към ChatGPT

Разработена е микроуслуга, осигуряваща интеграция с езиковия модел ChatGPT чрез GPT API. Решението цели включване на генеративен изкуствен интелект в разпределени системи с акцент върху мащабируемост, устойчивост и запомняне на контекст в комуникацията. Услугата поддържа комуникация както чрез AMQP протокол (брокер RabbitMQ), така и чрез REST интерфейс за клиенти без AMQP поддръжка.

Архитектурата е реализирана като Python микроуслуга. RabbitMQ е избран поради високата си производителност (многопотокова обработка на заявки). Решението позволява устойчиво и ефективно разпределение на натоварването, критично за реално време взаимодействие с потребители.

Разработената услуга демонстрира приложимостта на генеративните модели в системи с микроуслуги, насочени към културни институции и образователни среди, като улеснява персонализирана комуникация и интерактивно съдържание за посетителите.

4.6.1 Архитектура

Микроуслугата действа като посредник между външни потребители и ChatGPT, като поддържа механизъм за запомняне на контекста на разговорите. Предложеното решение следва принципите на микроуслуги и позволява хоризонтално мащабиране, изолиране на функционалности и гъвкава интеграция в по-големи системи.

4.6.2 Експерименти

Функционалността на разработената микроуслуга за достъп до ChatGPT беше валидирана чрез два експеримента. В първия тест се анализира работата на услугата при индивидуален клиент чрез уеб интерфейс, реализиран с Node.js. Проверени бяха поддържането на разговорен контекст и времето за отговор при единични заявки, включително възможността за рестартиране на контекста.

Във втория експеримент беше измерено поведението на услугата при високо натоварване – 500 заявки от 250 различни клиента. Заявките бяха изпратени с максимална скорост от конзолно приложение. Сумарното време за отговор на всички заявки беше 5,6 минути, без загуба на заявки, което демонстрира стабилност и ефективност на архитектурата при паралелна обработка.

4.6.3 Заключение

Разработена и тествана е микроуслуга, осигуряваща надежден интерфейс към ChatGPT чрез AMQP протокол, позволяваща лесна интеграция в разпределени системи за създаване на чатботи с генеративен езиков модел. Проведените експерименти демонстрират стабилна работа дори при множество паралелни заявки. Интерфейсът е тестван с модела gpt-4.5-turbo-0614 и се използва успешно за предоставяне на персонализирано съдържание в музеи на открито.

Изводи

В Глава 4 се анализират технологиите за локализация (NFC, BLE, геофенсинг) и тяхната интеграция с генеративен изкуствен интелект (GPT API) с цел динамично генериране на персонализирано съдържание. Разработени са алгоритми за филтриране на BLE маяци и адаптивно определяне на експонента на затихване, които подобряват точността на системата. Експериментите потвърждават ефективността на решенията в симулационна и реална среда.

Заключение

Настоящата дисертация изследва възможностите за внедряване на персонализирано съдържание в музеи на открито, като се фокусира върху съвременните технологии и иновативните подходи. Разработената услуга, базирана на разпределена архитектура и микроуслуги, демонстрира потенциала на технологии като GPS, BLE, NFC и изкуствен интелект за предоставяне на динамично и адаптивно съдържание, съобразено с индивидуалните интереси и поведение на посетителите.

Изследването потвърждава, че интеграцията на тези технологии предлага нови възможности за музеите да се адаптират към изискванията на съвременната дигитална ера. Въпреки предизвикателствата, свързани с сигурността на данните, техническите ограничения и необходимостта от баланс между персонализация и поверителност, резултатите показват, че внедряването на такива решения е осъществимо и ефективно.

Бъдещите изследвания могат да се насочат към по-дълбока интеграция на изкуствения интелект, подобряване на точността на локализацията и разширяване на функционалностите за групово взаимодействие. Това ще допринесе за още по-

богато и интерактивно музейно изживяване, което отговаря на разнообразните нужди на посетителите и подкрепя образователната и културната мисия на музеите.

ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научни резултати:

1. Предложена е иновативна архитектура, базирана на микроуслуги. Тя интегрира геофенсинг (GPS/BLE), NFC технологии и изкуствен интелект (GPT API). Този подход решава ключови предизвикателства, свързани с мащабируемост, устойчивост и ефективност при доставяне на персонализирано съдържание в музеи. Разработката на тази архитектура допринася за теоретичната основа на системите за управление на културното наследство и може да се адаптира за други приложения като туризъм и образование (Секция 2.4).
2. Разработен е оригинален алгоритъм за персонализирано доставяне на музейно съдържание, който интегрира GPS, BLE, NFC и AI технологии с мултисензорна локализация. Ключови иновации включват многослойна система за профилиране на посетителите (експлицитно, псевдо-експлицитно и имплицитно), интелигентно разпознаване на „умора от известия“ и енергийно ефективно управление на сензорите. Алгоритъмът осигурява динамично генериране на персонализирано съдържание чрез интеграция на генеративен изкуствен интелект (Секция 2.5).
3. Разработена е иновативна методика за сегментиране на посетителите, която комбинира три подхода: експлицитни (анкети), псевдо-експлицитни (OAuth профилиране) и имплицитни (BLE/GPS проследяване) методи. Методиката създава динамични потребителски профили, които се адаптират в реално време. Въведеният двустепенен модел на „начално“ и „фино“ сегментиране позволява постепенно усъвършенстване на профилите - от основни демографски данни до детайлни поведенчески модели (Секция 3.3).

Научно-приложни резултати:

1. Разработена е методика за експериментално определяне на експонента на затихване на сигнала при използване на BLE маяци. Методиката позволява прецизно изчисляване на разстоянията между посетителите и музейните експонати, което е от съществено значение за качеството на персонализираното обслужване (Секция 4.4.3).
2. Създаден е итеративен алгоритъм с адаптивно тегловно усредняване, който динамично определя експонента на затихване за различни зони в музейна среда с цел локализация на посетителите при липса на GPS. Алгоритъмът автоматично се адаптира към специфичните условия на всяка локация като

избира оптималното подмножество от маяци за максимална точност (Секция 4.4.4).

3. Разработен и тестван е алгоритъм, който позволява селектиране в реално време на маяците, свързани с избраната организация, които са в непосредствена близост до конкретен посетител. Алгоритъмът позволява разработване на мобилни приложения за доставяне на съдържание на посетителите на музеи чрез хибридни технологии (Секция 4.4.5).

Основни приложни резултати:

1. Създадена е база данни в GeoJSON формат за обектите от етнографския музей на открито „Етър“. Чрез използване на 2dsphere индексирание е постигнато изключително бързо геопространствено анализиране - около 1ms за определяне на позициите на до 10,000 посетители спрямо геозащитите, което осигурява ефективна работа в реално време (Секция 4.3.1).
2. Създадени са специализирани мобилни приложения с иновативни функционалности, включващи хибридна локализация чрез комбинация от GPS, BLE и NFC технологии, доставяне на персонализирано текстово съдържание чрез генеративен изкуствен интелект, интелигентно управление на енергийния режим за оптимизиране на живота на батерията и персонализиран потребителски интерфейс, адаптиран към различните типове потребители (Секция 2.6, Секция 4.3.2, Секция 4.4.6 и Секция 4.5.2).
3. Разработен е минимален жизнеспособен продукт на бизнес логиката на услугата.
4. Разработена е цялостна методика за валидиране на системата, включваща функционални тестове, тестове на производителност и тестове за надеждност. Методологията позволява изчерпателна проверка на всички компоненти на системата в контролирана среда преди нейното реално внедряване.

Дисертационният труд допринася с теоретични и практични приноси в областта на доставяне на персонализираното съдържание на посетителите на музеи, предлагайки иновативни решения, които могат да бъдат приложени не само в културните институции, но и в други сфери, свързани с туризма и образованието. Успешното внедряване на предложените технологии ще позволи на музеите да се адаптират към изискванията на съвременната дигитална ера и да предложат уникални, ангажиращи преживявания на своите посетители.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

- [V1] Ivanov, R., & **Velkova**, V. (2022). Delivering Personalized Content to Open-air Museum Visitors Using Geofencing. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*, 12, 141-150.
- [V2] **Velkova**, V., & Ivanov, R. (2022). Microservice for creating geofences. In *International Scientific Conference UNITECH* (Vol. 1, p. 290).
- [V3] Ivanov, R., & **Velkova**, V. (2023). Tangible and Personalized Smart Museum Application. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*, 13, 97-106.
- [V4] **Velkova**, V., & Ivanov, R. (2023, October). Mobile application for creating and exporting geofences. In *2023 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)* (pp. 221-224). IEEE.
- [V5] Ivanov, R., & **Velkova**, V. (2024, May). Microservice-Based Interface to ChatGPT. In *2024 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)* (pp. 1-5). IEEE.
- [V6] Ivanov, R., & **Velkova**, V. (2024). Enhancing Museum Experiences: A Multi-Institution Mobile Multimedia Delivery System Using BLE Beacons. *Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage*, 14, 187-196.
- [V7] **Velkova**, V., (2024) User Segmentation Using Social Media Profiles, Int. Scientific Conf. Unitech, 21-22 November 2024, Gabrovo, <https://www.unitech.tugab.bg/archive/unitech-2024/thematic-session/computer-system-and-technologies>, [https://unitech.tugab.bg/images/2024/dokladi/4.COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES/USER SEGMENTATION USING SOCIAL MEDIA PROFILES.pdf](https://unitech.tugab.bg/images/2024/dokladi/4.COMPUTER_SYSTEMS_AND_TECHNOLOGIES/USER_SEGMENTATION_USING_SOCIAL_MEDIA_PROFILES.pdf)
- [V8] **Velkova**, V. (2024) Mobile App for Content Delivery for Museum Exhibits Using NFC Technology, Int. Conf. INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE 21-22 November 2024, Gabrovo, <https://www.unitech.tugab.bg/archive/unitech-2024/thematic-session/computer-system-and-technologies>, [https://www.unitech.tugab.bg/images/2024/dokladi/4.COMPUTER SYSTEMS AND TECHNOLOGIES/MOBILE APP FOR CONTENT DELIVERY FOR MUSEUM EXHIBITS USING NFC TECHNOLOGY.pdf](https://www.unitech.tugab.bg/images/2024/dokladi/4.COMPUTER_SYSTEMS_AND_TECHNOLOGIES/MOBILE_APP_FOR_CONTENT_DELIVERY_FOR_MUSEUM_EXHIBITS_USING_NFC_TECHNOLOGY.pdf)

ЦИТИРАНИЯ, СВЪРЗАНИ С ПУБЛИКАЦИИТЕ НА ДОКТОРАНТА

Научен труд	Публикации, в които е цитиран
1. Ivanov, R., & Velkova, V. (2022). Delivering Personalized Content to Open-air Museum Visitors Using Geofencing. <i>Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage</i> , 12, 141-150.	1. Douros, P., Papageorgiou, K., Milioris, K., Panagiotakopoulou, K., & Kaldis, P. (2023). Digital transformation using marketing strategies in cultural organizations and diffusion of knowledge through technology, a systematic literature review. <i>Transnational Marketing Journal</i> , 11(1), 199-216. (SJR = 0.24) 2. Pattakos, A., Zidianakis, E., Sifakis, M., Roulis, M., Partarakis, N., & Stephanidis, C. (2023). Digital Interaction with Physical Museum Artifacts. <i>Technologies</i> , 11(3), 65 (IF = 4.2) 3. Perera, P., Webber, S., & Smith, W. (2024, October). Digital design considerations in urban nature. In <i>Proceedings of the 27th International Academic Mindtrek Conference</i> (pp. 235-243). 4. Pilege, E. (2023). Career Guidance Model for Digital Transformation in the Cultural and Creative Industries. <i>Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage</i> , (XIII), 189-198. 5. Merighi, R. (2023). La tecnologia Beacon per il miglioramento dell'esperienza museale: Analisi della letteratura e il caso di Ca'Rezzonico.
2. Velkova, V., & Ivanov, R. (2022). Microservice for creating geofences. In <i>International Scientific Conference "UNITECH"</i> (Vol. 1, p. 290).	6. Hooda, A., Jain, R., & Jha, A. (2024). Mobile Phone Location-Based Advertising (MLBA): Emergence, premises and future research agenda. <i>Multidisciplinary Reviews</i> , 7(11), 2024276-2024276.
3. Ivanov, R., & Velkova, V. (2023). Tangible and Personalized Smart Museum Application. <i>Digital Presentation and Preservation of Cultural and Scientific Heritage</i> , 13, 97-106.	7. Nawawia, A. U., Pantjawatib, A. B., Saripudina, A., Arief, N. F., Hakimc, N., Karostianib, N., & Darmawanb, A. D. P. (2024). Development of the Android Application for the Landslide Disaster Mitigation Real-time System Based on Firebase Server and OneSignal. <i>Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi (JET)</i> , 24(2), 129-136. 8. Rosser Limiñana, P., & Soler, S. (2024). Quantitative Evaluation of Visitation Dynamics and Audience Segmentation for Sustainable Management of Civil War Memorial Heritage in Alicante, Spain (book chapter).
4. Velkova, V., & Ivanov, R. (2023, October). Mobile application for creating and exporting geofences. In <i>2023 International Conference Automatics and Informatics (ICAI)</i> (pp. 221-224). IEEE.	9. Sasaki, I., Arikawa, M., Lu, M., Utsumi, T., & Sato, R. (2024). Data-Driven Geofencing Design for Point-Of-Interest Notifiers Utilizing Genetic Algorithm. <i>ISPRS International Journal of Geo-Information</i> , 13(6), 174 (IF = 2.8)
5. Ivanov, R., & Velkova, V. (2024, May). Microservice-Based Interface to ChatGPT. In <i>2024 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)</i> (pp. 1-5). IEEE.	10. Jhingran, S., Bansal, N., Chaturvedi, R., Singh, A., & Arora, Y. (2024, December). Decentralized Generative AI Model Deployment Using Microservices. In <i>2024 International Conference on Artificial Intelligence and Quantum Computation-Based Sensor Application (ICAIQSA)</i> (pp. 1-5). IEEE.