



**МИННО-ГЕОЛОЖКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. ИВАН РИЛСКИ”,  
СОФИЯ  
ФАКУЛТЕТ МИННО-ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧЕН  
КАТЕДРА ИНФОРМАТИКА**

**маг. инж. Димитрина Лукова Делийска**

**МЕТОДОЛОГИЯ И ПРОЕКТИРАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА  
НАВИГАЦИЯ В КОМПЛЕКС ОТ СГРАДИ**

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

на дисертационен труд за присъждане на  
образователна и научна степен **"ДОКТОР"**

Научна област: 5. Технически науки

Професионално направление: 5.13. Общо инженерство

Докторска програма: Компютърни технологии в инженерната дейност

**Научни консултанти:**

- 1. Доц. д-р Николай Иванов Янев**
- 2. Доц. д-р Мариана Трифонова Драганова**

СОФИЯ, 2020г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Разширен катедрен съвет на катедра „Информатика“ към Минно-електромеханичен факултет на МГУ „Св. Иван Рилски“, София, на 12.10.2020г., съгласно Ректорска заповед № Р- 734 от 30.09.2020 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои пред Научно жури, утвърдено със заповед № Р- 831 от 21.10.2020г. на Ректора на МГУ „Св. Иван Рилски“ и ще се проведе на 21.12.2020г. от 14:00 часа в зала 204 Б на Минно-електромеханичен факултет, МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Сектор „Следдипломна квалификация“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, Ректорат, ет. 3, стая № 79, тел. 02/ 80 60 209..

Утвърденото Научно жури е в състав:

1. проф. д-р Георги Петров Димитров – експерт, МГУ
2. доц. д-р Йорданка Найденова Анастасова – председател, МГУ, кат. „Информатика“
3. доц. д-р инж. Аделина Пламенова Алексиева-Петрова – ТУ- София
4. проф. д-р инж. Даниела Асенова Гоцева - ТУ- София
5. проф. д-р Иван Томов Иванов – УНИБИТ- София

Резервни членове:

1. доц. д-р инж. Николай Иванов Янев - МГУ, кат. „Информатика“
2. доц. д-р инж. Георги Станчев Запрянов – ТУ- София

#### **РЕЦЕНЗЕНТИ:**

1. проф. д-р Георги Петров Димитров – експерт, МГУ
2. доц. д-р инж. Аделина Пламенова Алексиева-Петрова – ТУ- София

Дисертантът е на самостоятелна подготовка към катедра „Информатика“ на факултет Минно-електромеханичен.

Автор: маг. инж. Димитрина Делийска

Заглавие: Методология и проектиране на компютърни приложения за навигация в комплекс от сгради

Тираж: 20 броя

Отпечатано в Издателска къща „Св. Иван Рилски“ на МГУ „Св. Иван Рилски“, София.

# I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

## Увод

Развитието, усъвършенстването и внедряването на различни софтуерни продукти и използването на нови инструменти за изграждане на информационни системи, както и анализирането на предоставяната информация, е от огромно значение за днешното информационно общество. Днес Интернет е най-масовото средство за информиране и бърза комуникация между хората под формата на новини, социални мрежи или фирмени и университетски сайтове, представени на различни езици.

През периода 2017/2018г беше проведена анонимна анкета сред студенти от различни специалности и курсове на МГУ „Св. Иван Рилски“, която включваше въпроси свързани с разпределението на материалната база на университета.

Изследването показва, че на 52% от анкетираните им отнема средно между 10-15 минути за придвижване от едно занятие до друго и се случва да закъсняват за часове, поради причината, че не могат да се ориентират в разпределението на залите. При зададен въпрос: „Дали биха се възползвали от създаването на приложение за разпределение на учебните зали и кабинети в университета“, 70% от анкетираните студенти са отговорили с „Да“.

## Актуалност на проблема

Според различни изследвания по-голямата част от интернет трафика в целия свят вече е мобилен. Броят на смарт устройствата непрекъснато нараства и значително надхвърля броя на потребителите на компютри. Всичко това налага разработването на адаптивен или отзивчив дизайн на уеб сайтовете с цел форматиране на оптимално и добре изглеждащо съдържание, подходящо за гледане през различни устройства с различна резолюция (настолни компютри, таблети, мобилни телефони и др.).

Навигацията, като методиката от средства за достигане от едно място до друго, сигурно и ефективно, се използва от древността. Първите идеи за навигационни информационни системи (НИС) датират от средата на миналия век, но първите практически реализации са от края на века. Развитието на НИС е пряко свързано с развитието на Интернет. Поради това НИС не правят изключение от описаните по-горе тенденции.

Подбирането на подходящата методология е изключително важно за изграждането на ефективно софтуерно приложение. Създадени са различни методологии, всяка с конкретно приложение за съответен софтуерен продукт. Все още не е създадена универсална методология, подходяща за всякакъв вид проекти. Една нова методология, много често се формира за специфичен процес, на база конкретна технология и обвързаните с нея организационни, проектни и други съображения.

## Цели и задачи на дисертационния труд

Целта на дисертационния труд е да предложи, опише, реализира и апробира методология за разработване на мобилни приложения за закрити помещения.

За постигане на поставената цел на дисертационното изследване са дефинирани следните задачи:

1. Да се анализират технологиите за позициониране на открито и в затворени помещения;

2. Да се анализират методите за определяне местоположението на обекти и алгоритми за локализация;
3. Да се предложат варианти за повишаване бързодействието при използване на методи за намиране на най-кратък път;
4. Да се предложи съвременна методология за изграждане на ИС за навигация на закрито;
5. Да се апробира изградената методология;

## **Структура и обем на дисертационния труд**

Дисертационният труд е в обем от 113 страници, като включва увод, 4 глави за решаване на формулираните основни задачи, заключение, списък на публикациите по дисертацията, използвана литература, декларация за оригиналност. Цитирани са общо 100 литературни източници, като 82 са на латиница и 18 на кирилица. Работата включва общо 73 фигури и 6 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

В Глава 1. **Анализ на съществуващи технологии и търговски решения за позициониране във външна и вътрешна среда** са разгледани известни Глобални и регионални спътникови навигационни системи, като е направен сравнителен анализ между тях. В тази глава са описани технологиите за позициониране на обекти в затворени помещения, като акцентът е върху безжичните технологии. Разгледани са различни софтуерни и хардуерни решения, които фирмите предлагат за реализиране на вътрешно позициониране, както и реализирани приложения в тази област.

В Глава 2. **Методи за определяне местоположението на обекти. Алгоритми за локализация** са разгледани някои класически методи за определяне на местоположение на обекти, както и такива, основаващи се на радиосигнал. Направена е съпоставка между описаните методи и технологиите, които ги използват за получаване на възможно най-точна локализация на обекти. Предложени са известни алгоритми, прилагани върху разгледаните методи, чрез които може да бъде изчислен най-кратък път по даден маршрут.

В Глава 3. **Методология за изграждане на компютърни приложения за навигация в комплекс от сгради** се описва най-съществената част от научния труд. Тук са предложени методология и подходи за разработването на компютърно приложение. Всеки компонент от методологията е реализиран практически чрез съвременните софтуерни решения.

В Глава 4. **Апробиране на ИС. Описание на приложението. Апробиране на избраната методология** е описана апробацията на предложената в глава 3 методология, като са описани реализираните компютърни приложения – web ИС и мобилно приложение.

В **Заключението** са обобщени постигнатите резултати, решените задачи и са посочени приносите на дисертационния труд. Дадени са насоки за бъдещо развитие на реализираната система.

## **Публикации**

Основни постижения и резултати от дисертационния труд са изложени в 5 публикации – 4 на научни сесии и конференции и 1 в списание, като 2 от тях са самостоятелни.

## **Благодарности**

Благодаря на моите научни консултанти доц. д-р Николай Янев и доц. д-р Мариана Трифонова – Драганова за предоставената възможност да работя по темата и за подкрепата и насоките, които ми даваха за реализирането на идеята.

Благодаря на колегите от катедра „Информатика“, които ми предоставиха възможност да работя в приятна и спокойна среда.

Искрено съм благодарна и на Дънди Прешъс Металс, с. Челопеч и в частност на Стефан Делийски за отделеното време и помощта, която ми указаха за реализиране на част от практическата работа по дисертацията.

Благодарна съм на моето семейство и приятели за доверието и подкрепата им през годините.

## **II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

---

### **ГЛАВА 1. АНАЛИЗ НА СЪЩЕСТВУВАЩИ ТЕХНОЛОГИИ И ТЪРГОВСКИ РЕШЕНИЯ ЗА ПОЗИЦИОНИРАНЕ ВЪВ ВЪНШНА И ВЪТРЕШНА СРЕДА**

В „ерата“ на информационните технологии определянето на местоположението на обект и определяне на най-кратък път от точка до точка е лесно. Необходим е само достъп до интернет. С помощта на различни софтуерни продукти използващи географски карти, от които се извежда информацията за местоположение на потребителите и математически изчисления, може да се осъществи проследяването на обекти или определяне на маршрути. Това са така наречените Услуги, базирани на местоположение (*location-based service- LBS*). Към тях се отнасят всички сателитни навигационни системи като: Глобална позиционираща система (*GPS*) и тези за вътрешно позициониране (*Indoor Positioning Systems - IPS*). Но това са системи работещи само във външна или само във вътрешна среда. По-сериозното предизвикателство е: как да бъде проследявано местоположението на движещ се обект, преминавайки от външна към вътрешна среда и/или обратното.

#### **1. НАВИГАЦИОННИ СИСТЕМИ**

В днешно време, с развитието на интелигентните технологии и при възникването на нужда за определяне на местоположение на обекти се налага използването на системи за навигация. В зависимост от това дали трябва да се определи маршрут във външна среда или да се локализира обект в закрито помещение, се налага използването на различни навигационни системи.

##### **1.1. Навигационни системи за външно позициониране**

###### **1.1.1. Глобални навигационни системи**

Глобалните навигационни системи представляват сателити, позиционирани в орбитата на Земята, които предават сигнали от различни наземни приемници. В зависимост от използвана сателитна система, силата на сигнала е различна.

## ❖ **Global Positioning System (GPS)**

Глобалната система за позициониране (GPS) е система, разработена от американското Министерство на отбраната. Нейното предназначение е да определя точното местоположение на обектите в реално време на открито. Тя се състои от: спътници, които са разположени около земното кълбо, контролни станции, разположени в различни точки на света и приемници, които представляват устройства, чрез които могат да бъдат приемани и обработени GPS сигналите (Григоров, В., 2017).

Получаването на местоположението на обектите с GPS е на принципа на трилатерацията с минимум три спътника като се използват радиочестоти. Отклонението, което дава Глобалната система за позициониране, е около метър. Влияние оказват различни фактори от околната среда – сгради, дървета, които смущават сигнала, атмосферно налягане, разположение на спътници и други. Най-широко разпространена е GPS - навигацията за превозните средства.

## ❖ **Навигационна система Галилео**

Глобалната сателитна навигационна системата *Галилео* е разработена по европейски проект и е алтернатива на GPS. Системата е надеждна, с висока точност. Грешката в изчислението на координатите на даден обект е до сантиметри.

Очакванията за системата са до края на 2020 година тя да е напълно функционираща, с около 30 спътника. Това означава, че това ще бъде една самостоятелна система за навигация и всеки, който иска да определи местоположение или даден маршрут, ще може да го направи, като използва единствено спътниците на „Галилео“.

## ❖ **GLONASS**

*ГЛОНАСС* е глобална навигационна спътникова система, създадена от руските власти, която е подобна на GPS и *Галилео*. Тази система се състои от същите компоненти като предходните две навигационни системи, с разликата, че е изградена по метода на триангулацията.

В сравнение с GPS, *ГЛОНАСС* дава по-голямо отклонение в изчислението на местоположението на обектите и определянето на маршрути, около 10 метра, което ограничава използването ѝ за комерсиални цели. Като предимство на руската спътникова навигационна система може да се отбележи по-голямата точност в по-високи географски ширини.

## ❖ **BeiDou**

*BeiDou* е китайска спътникова навигационна система, като идеята за създаването ѝ датира от 80-те години. Системата е планирана да бъде осъществена в три етапа, като до 2003г. се пуска експериментална *BeiDou*, състояща се от три спътника. До 2012г. системата се превръща в регионална, като обхваща цялата страна и регионите около нея. Точността, която дава в момента Китайската навигационна система, е до 0,5 m. Около 70% от китайските смартфони са съвместими с BeiDou.

Според Мардиросян (2019) разгледаните Глобални навигационни сателитни системи (GNSS) могат да бъдат сравнени по различни показатели (Таблица 1.2). Данните са актуални към месец април, 2020г.

Характеристики	GPS	GLONASS	GALILEO	BieDou
Първи полет	22.02.1978г.	12.10.1982г.	28.12.2005г.	30.10.2000г.
FOC	12.12.1995г.	18.01.1996г.	2012г.	2013г.
Последен полет	22.08.2019г.	16.03.2020г.	07.2018г.	16.12.2019г.
Услуги	За военни и граждански цели	За военни и граждански цели	За военни и граждански цели	Оторизирани с отворен достъп за търговски цели
Брой спътници в орбита	31	24	22	33
Общо брой спътници	33	26	28	35
Общ брой изстрелвания	72	26	28	57
Брой орбити	6	3	3	3
Орбитален наклон	55°	64.8°	56°	55.5°
Полу-голяма ос (Semi-major axis) в km	26560	25508	29601	27840
Височина на спътниците в km	20180	19130	23222	21500
Точност	500-30cm	2.8-7.38m	1m – публичен 1cm - криптиран	3.6m – публичен 2.6m–Тихоокеански район на Азия 10cm - криптиран
Период	11ч и 58 минути	11ч и 15 минути	14ч и 5 минути	12ч и 50 минути
Координатна система	WGS-84	PZ-90	GTRF	CGCS2000
Тип система	GPST	UTC (SU)	GST	China UTC
Кодиране	CDMA	FDMA/CDMA	CDMA	CDMA
Средно тегло на сателити в kg	1500	1100	700	1200
Средна продължителност на сателитите в години	10	10	12	13
Средна налична мощност на сателит	1500W	2300W	1600W	6200W
Честоти (в MHz)	L1:1575.420	G1:1602	E1:1575.42	B1-2:1589.74
	L2:1227.600	G2:1246	E5a:1176.45	B-1:1561.1 (E2')
	L3:1381.050	G3:TBD	E5b:1207.14	B2:1207.14 (E5b)
	L4:1379.913		E6:1278.75	B3:1268.52 (E6)

**Таблица 1.2** Спецификации на Глобалните навигационни сателитни системи (GNSS)

От направеното сравнение може да се каже, че американската GPS и китайската BeiDou се развиват паралелно, макар че имат разлика от първият направен (известен) полет от около 20 години. Дори BeiDou към момента има най-много спътници изстреляни в орбита, като броят на продължителност на сателитите на разгледаните GNSS е приблизително еднакъв. Независимо от това, че и четирите системи предлагат услугите си и за граждански цели, анализът показва, че с най-голяма точност е GPS.

### 1.1.2. Регионални навигационни системи

Държави като Индия и Япония създават свои собствени навигационни системи за да ограничат зависимостта си от американската GPS.

#### ❖ NAVIC

Индийската регионална сателитна навигационна система (IRNSS), NAVIC е самостоятелна навигационна система, която обхваща територия около 4 милиона km<sup>2</sup> в Индия и региона. Това е система, определяща точното местоположение на обекти в реално време, в рамките на обхвата си. Височината на сателитите в орбита е над 36 000 km.

Очакванията за NAVIC са тя да предоставя две нива на услуга – кодирана версия със специален достъп и стандартна версия за позициониране. Системата има за цел да достигне прецизна точност при изчисление на местоположението, като за района на Индия да бъде около 10 m, а в Индийският океан – до 20 m.

#### ❖ QZSS (Michibiki)

Друга регионална сателитна навигационна система е QZSS (Quasi - Zenith Satellite System). Това е навигационната система на Япония. Сигналът, който предава системата, обхваща Източна Азия и Океания. QZSS не е самостоятелна система. Необходимо е да бъде инсталирана на устройства, които имат поне още една навигация, например GPS. Комбинацията между QZSS и GPS дава възможност за по-прецизно определяне на местоположението. Японската регионална навигационна система е предназначена за прилагане в земеделието, строителството, морската и въздушна флота (*Koji Terada (JAXA), 2011*).

В Таблица 1.3 са предложени критерии, по които биха могли да бъдат сравнени разгледаните регионални навигационни системи.

Спецификации	NAVIC	QZSS
Собственик	Индия	Япония
Брой сателити	7	3
Орбитална височина	над 36 000 km	40 000 km
Точност	По-малко от 10 m	3 cm
Орбитален период	~ 12 часа	12 часа
Средна продължителност на живот на спътниците	10 години	10 години
Статус	Функционира	Функционира

**Таблица 1.3** Спецификации на регионалните навигационни системи



От таблицата се вижда, че регионалните навигационни системи на Индия и Япония имат приблизително еднакви стойности по зададените критерии. Същинската разлика е в броя сателити, които NAVIC има към момента, но въпреки това QZSS постига по-голяма точност при локализиране на обектите.

## **1.2. Системи за вътрешно позициониране (Indoor Positioning Systems)**

За да се преодолеят дефектите при позиционирането на GPS и да се осъществи точното позициониране в сложната вътрешна среда, се въвеждат много практични схеми за локализиране на закрито, като инфрачервена връзка, WI-FI, Bluetooth, ZigBee, ултразвук, радиочестотна идентификация (RFID) и ултра широколентова връзка (UWB) (Cai, X., 2018).

Такива системи се наричат IPSs (Indoor Positioning Systems), които с помощта на тези технологии, базирани на безжичен интернет, засичат текущото местоположение на обекта и определят неговите координати на закрито в реално време. Обикновено такива системи се създават, за да улеснят придвижването на хора в многоетажни сгради или такива с поразчупен дизайн на конструкцията, както и за проследяване на обекти или хора.

### **1.2.1. Оптични технологии**

Оптичното вътрешно позициониране представлява технология, която с помощта на мобилни сензори (камери) и настолни такива, разчита движението на обекти по тяхното изображение и го преобразува в координати по метода на триангулацията. Към тази категория могат да бъдат причислени:

- ❖ **Инфрачервени технологии** – използват инфрачервени сигнали, за да предават сигналите по сензори към електронни компоненти, наречени BS (базови станции). Това е система, която първо управлява получения сигнал от преобразуватели и след това го определя количествено (EDIBON, 28.01.2020).

- ❖ **Комуникация с видима светлина** - Visible Light Communication (VLC) е иновативна технология, която се основава на видими източници на светлина. Най-често това са LED лампи, които имат допълнителни устройства за предаване на данни чрез светодиоди. С такива устройства е възможно предаването на информацията да бъде от порядъка на гигабайт в секунда. Предимство на такъв вид системи е работата с безжични приложения.

### **1.2.2. Звукови технологии**

Тези технологии биват използвани за различни цели – от изследване на минимален шум до използването на звук за предотвратяване на престъпления или за лечебни цели. Към тези технологии спадат ултразвукови и свръхзвукови системи за местоположение.

- ❖ **Ултразвукови и свръхзвукови системи** – това са системи, изградени на база звукови честоти, които определят местоположението на обекти чрез изчисляване времето на пътуване и пристигане на сигнала от потребителя към приемника. Възможно е да бъдат използвани и само звукови сигнали за определяне на местоположението, но тези системи имат недостатъци, като главният е, че дразни хората наблизо. Такива системи се използват главно в по-големите обществени места (молове), където е необходимо ограничаване на музиката в конкретни зони.

### 1.2.3. Радио честотни технологии

#### ❖ Определяне на местоположението чрез радиочестотна идентификация (RFID)

Radio-Frequency Identification (*RFID*) или Радиочестотна идентификация е един от методите за безжично (дистанционно) определяне местоположението на обекти. Това е автоматизирана система, използвана най-често за определяне местоположението на стоки в магазините, при чипирането на животните и при затворниците за тяхното проследяване.

Една *RFID* система се състои от няколко задължителни компонента:

- Идентификатор – това може да бъде някакъв етикет, бадж или чип за маркиране на всеки обект, който трябва да се проследи. Още се наричат тагове.
- Четец – това е устройството, с което трябва да се маркира идентификатора, за да бъде прочетена неговата информация.
- Антена – връзката на идентификатора с четеца.
- Контролер, който да осъществи връзката между четеца и компютъра
- Софтуер, чрез който може да бъде съхранена информацията от идентификатора, която е прочетена от четеца.

Всичките компоненти на *RFID* системата са взаимосвързани и зависят от честотата на сигнала, на която се осъществява комуникацията. Радиочестотната идентификация работи в три честотни диапазона – ниска, висока и ултра висока честота.

#### ❖ Определяне на местоположение чрез WI-FI

WI-FI е съвременна технология за безжичен обмен на данни. Базирана е на спецификациите IEEE 802.11 за безжична локална мрежа. За да се използва *WI-FI* средата е необходимо да се набавят безжични точки на достъп (APs) и да съществуват един или повече клиенти. Тези APs с помощта на радиовълни излъчват своето име в мрежата чрез пакети, наречени маяци (beacons).

Определяне местоположението на обекти чрез wireless връзка е най-често използваният метод в наши дни. Причините за това са минималните усилия, които се полагат за снемането на точките на достъп и ниската стойност на използваните ресурси. От друга страна, точността, с която трябва да се определи локацията на даден обект, може да се разминава с действителната му позиция. Това зависи от броя на *WI-FI* устройствата, начина им на позициониране и предаване на сигнала, както и всяка промяна в обстановката, които могат да заглушат този обмен на данни. Това е и главният недостатък на системите от този тип. Независимо от това, все повече мобилни приложения за вътрешно позициониране, изградени на този принцип, набират популярност.

#### ❖ Определяне на местоположение чрез BLUETOOTH

Това е стандарт на безжичен обмен на данни между различни устройства като телефони, лаптопи, часовници, гривни. Всички съвременни устройства имат вграден *BLUETOOTH*. Той също работи на принципа на радиочестотните идентификатори. Предимно се използва за обмен на файлове. Тази безжична технология работи както в открита външна среда, така и в закрити помещения. Необходимо е първо технологията да бъде включена от две или повече устройства, между които ще се извърши този трансфер, за да може да бъдат

засечени сигналите. Друго условие е устройствата да бъдат на малко разстояние едно от друго (не повече от 100 м).

Тъй като широко се използва и за управление на т.н. „интелигентни системи“, *BLUETOOTH* се поддържа и развива. Текущата версия е *BLUETOOTH 5.0* пусната през 2016 г. от Special Interest Group, която предоставя високоскоростен режим (1Mbps до 2Mbps) и ниска консумация на енергия.

#### ❖ **UWB технология за определяне на местоположение**

Ultra-wideband е радиотехнология за определяне на местоположение, която използва висока честотна лента от радиоспектъра. Работи на къси разстояния, но много ефективно и икономично от гледна точка на разход на енергия.

*UWB* технологията е много обсъждана тема от научната общност в последните години поради стремежа на учените да се открие ефикасен и икономичен метод за вътрешно проследяване на обекти. Друг фактор за все по-често използване на тази технология е малкото отклонение (до няколко сантиметра), което дава при изчисление на местоположението на обектите, в сравнение с *Wi-Fi* например, която дава над един метър измерителна грешка.

#### ❖ **Определяне на местоположение чрез ZigBee сензорни мрежи**

*ZigBee* е евтин вариант за определяне на местоположение чрез безжична връзка. Базиран е на т.нар. ad-hoc дигитална радио-мрежа, която не разчита на предварително изградена инфраструктура, като например маршрутизатори в кабелни мрежи или точки за достъп в управлявани (инфраструктурни) безжични мрежи. Вместо това, всеки възел участва в маршрутизирането чрез препращане на данни за други възли, така че определянето на кои възли изпращат данни се извършва динамично на базата на мрежова свързаност и използвания алгоритъм за маршрутизиране. На безжичните мрежи липсва сложността на настройката и администрирането на инфраструктурата, което позволява на устройствата да се присъединяват към мрежите „в движение“ – навсякъде, по всяко време (Toh, C., 2002).

### **1.3. Активни и пасивни безжични технологии**

Технологиите, използвани за определяне на местоположение, могат да бъдат категоризирани и като активни и пасивни. Всички разгледани до момента технологии за вътрешно позициониране чрез радиосигнал или *Wi-Fi* спадат към категорията „активни“, тъй като изискват обектът да се движи и да притежава някакво свързващо устройство. Освен това, устройствата трябва да могат да събират и обработват предаваната информация. Пример за системи, които използват някои от посочените активни технологии, са Ekahau real time location system (*RTLS*), Microsoft research radar, Intel Place Lab и други. Единствено технологията *UWB* може да се използва и като пасивна система.

При пасивните системи не е необходимо да има наличие на физическо устройство, което да е прикрепено към движещия се обект. Такава е системата Device-free Passive (*DfP*). Концепцията при нея е да използва налична безжична мрежа за обмен на данни, да открие промени в средата и да проследи местоположението на обектите пасивно без да се изисква допълнително оборудване. Това е особено полезно в много приложения, които се използват

от възрастни хора, включително автоматизация на интелигентни домове, които могат да бъдат използвани за подпомагане на възрастните за защита на домовете им.

В Таблица 1.4 са представени критерии, по които могат да бъдат съпоставяни безжичните технологии (Brena, R.F., 2017, Zheliazkov, G., 2013).

	стандарт	Поддържани протоколи	скорост	Честотна лента	Обхват /метри/	отклонение /метри/	Тип система	Средна цена на оборудване	Средна цена за поддръжка	мрежа
RFID	ISO/IEC 18000-63	ISO 18000-6A/B	Между 27 и 128 Kbps	От 300 kHz до 1 GHz	>100	1-5	активна	ниска	висока	mesh
Wi-Fi	IEEE 802.11	Wi-Fi - Access Protocols	54Mbps	2.4 GHz или 5 GHz	В зависимост от броя AP	<1	активна	висока	ниска	WLAN
BLUETOOTH	IEEE 802.15.1	UDP/TCP, IPv6, 6LoWPAN	1Mbps до 2Mbps	2.4 GHz	10-100	0.3 -1	активна	ниска	ниска	WPAN
UWB	IEEE 802.15.3a	MAC	100Mbps	150 kHz до 40 GHz	30	0.15	активна/ пасивна	ниска	висока	WPAN
ZigBee	IEEE 802.15.4	6LoWPAN, IPv6, PANA, RPL, TCP, TLS и UDP	250Kbps	До 2.4 GHz	10-100	0.25	активна	ниска	висока	WLAN

**Табл. 1.4 Спецификации на безжичните технологии**

От таблица 1.4. могат да бъдат изведени следните изводи:

- Всяка една от технологии, представени в таблицата е стандартизирана;
- Поддържат се различни протоколи за пренос на данните по мрежата;
- Скоростта на предаване на данните по мрежата средно е около 30Mbps;
- Честота на предаваната информация е около 2GHz ;
- Обхвата на разгледаните технологии е около 100m;
- Отклонението, което дават технологиите при изчисляване на местоположение е минимално, но зависи от различни фактори като видимост между приемници и предаватели, гъстота на точките за достъп и други;
- Цената за поддръжка на системите е най- ниска при WI-FI и BLUETOOTH.

#### 1.4. Търговски решения за вътрешно позициониране

Поради необходимостта за бързо ориентиране в непозната среда с цел пестене на ресурси много фирми по света предлагат различни решения.

#### 1.5. Мобилни приложения за вътрешно позициониране

Разгледани са различни приложения, които фирмите предлагат на пазара. Повечето от тях са платени и не предоставят ясна концепция за изграждането на такъв тип приложение.

#### 1.6. Изводи

Всяка от разгледаните навигационни системи има своите предимства и недостатъци. Като обобщение може да се каже, че GPS е най-популярната и развита Глобална навигационна система в момента. Повечето от навигационните устройства на моторните превозни средства я използват. Мобилните приложения, независимо за каква операционна система са, също използват GPS навигацията за ориентир на обектите в непозната среда.

Тъй като това е спътникова система, която предава сигнала си от наземни приемници, всяко непредвидено препятствие, като високи сгради и дървета, могат да доведат до отклонение от маршрута, както беше споменато в **точка 1.1.1**

От разгледаните технологии за вътрешно позициониране на обекти могат да бъдат направени следните оценки разделени по критерии ефективност, цена, скорост на предаване на информацията (*Делийска Д., 2019*):

- **Цена** – от направения анализ на най-популярните технологии за безжичен обмен на информация за определяне на местоположение на обекти в непозната среда, с най-високи разходи за оборудване е *WI-FI*, ако няма изградена инфраструктура. Но при налична вече мрежа, *WI-FI* технологията е най-достъпният вариант за изграждане на приложения за определяне на местоположение.

- **Скорост** – в зависимост от разстоянието, което ще се измерва от базова точка до желаното местоположение, ще зависи и скоростта на обмен на тази информация. Независимо от това, че *UWB* поддържа най-висока скорост на предаване на данни, с най-висока скорост на близко разстояние е *WI-FI* технологията.

- **Ефективност** – най-висока точност на определяне на местоположение на обект на къси разстояния в затворени помещения е *UWB* технологията. За по-отдалечени маршрути подходящо е използването на *WI-FI* технологията.

Съществуват системи за вътрешно или за външно локализиране на обекти. В световен мащаб, към момента, системите за вътрешно позициониране са в процес на активна разработка. Това е сравнително нова материя за специалистите и има ограничена информация. Анализ на съществуващи системи за вътрешно позициониране в България, показва наличието на оскъдна информация в тази област. Подобна система е имплементирана и работи успешно, за нуждите на една от големите минно-добивни организации в България. В нея отново се използват специализирани софтуерни продукти, работещи с комплексни математически модели, за определяне на локацията на обектите чрез *WI-FI* връзка. Въвеждането в експлоатация на подобна система изисква голям финансов ресурс.

## **ГЛАВА 2. МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЕТО НА ОБЕКТИ. АЛГОРИТМИ ЗА ЛОКАЛИЗАЦИЯ**

### **2. МЕТОДИ ЗА ПОЗИЦИОНИРАНЕ НА ОБЕКТИ**

Всяка една от изброените технологии в *Глава 1* използва конкретни методи за изчисляване разстояние между обекти или за локализацията на текущо местоположение. Съществуват редица методи, които могат да бъдат приложени върху статични или движещи се обекти в закрыта или открита среда.

#### **2.1. Класически методи за определяне местоположението на обекти**

##### **2.1.1. Одометрия**

Одометрията представлява промяна на позицията във времето - измерване на изминат път с одометър. Думата одометрия се състои от гръцките думи *odos* (което означава „маршрут“) и *метрон* (което означава „мярка“) (*Колектив на СБЛЛ в ИБЕ, 2015*).

При одометрията се измерва броят завъртания на колелата, чрез които се извършва движението. Това е най-разпространената техника за изчисляване на изминати разстояния.

Дължи се най-вече на простия механизъм на действие и съответно лесното приложение и ниска цена на една такава система (Генчев, Св., 2011). С помощта на одометрията може да се изчисли относителното преместване на човек и по този начин да бъде изчислено изминатото от него разстояние.

Този подход дава значителни отклонения. Трябва да се вземат предвид различни фактори като:

- Дължината и бързината на крачките (завъртанятия на колелата);
- Трасето, по което се движи обектът (човек или робот);

## **2.1.2. Абсолютна и относителна локализация**

### ***Относителна локализация***

При относителната локализация, положението на робота се изчислява на базата на предишната му позната позиция. За целта е нужен модел за движението на робота в пространството. Поради това грешката, допускана при определяне на позицията при неопределеност в измерванията и неточности на модела, монотонно се натрупва с времето при всяка следваща локализация. Предимство на навигационните системи, базирани на релативни техники, е високото бързодействие. Сензорите, ползвани за получаване на нужната информация, са сензори на вътрешното състояние на робота (Генчев, Св., 2011).

### ***Абсолютна локализация***

При абсолютното локализиране, неизвестната позиция е директно изчислена на базата на измервания на величини от околната среда на робота (външното му състояние). Неопределеността в така получения резултат, за разлика от релативните техники, не зависи по никакъв начин от грешките в позицията допуснати до момента. За сметка на това обаче, локализирането изисква повече време поради сравнително големия обем на измерваната външна информация. Също така, функционирането на една абсолютна система за навигация изисква специално подредени среди или наличие на специално оборудване в работното пространство на робота. Сензорите, използвани за получаване на нужната информация са сензори на външната среда на робота.

## **2.1.3. Триангулация**

Триангулацията е метод в тригонометрията и елементарната геометрия, за определяне на разстоянието до обекти, като се използва геометрията на триъгълниците. При този метод търсеното разстояние е височина в триъгълник, образуван от дадената точка и другите две известни референтни точки. Условието при метода триангулация, е да има пряка видимост между отделните засечени точки.

## **2.1.4. Трилатерация**

Трилатерацията е метод, с който може да се изчисли местоположението на обект по задължително известни поне три базови точки и разстоянието от обекта до тях. Разстоянията между точките се приема, че са радиуси на окръжности, като имат сечения помежду си. Възможно е снемането на повече точки, с цел намаляване риска от отклонение на резултата. Трилатерацията може да се разгледа под два аспекта – изчисляване на ъгли и латерация. Към двете разделения спадат различни методи за изчисление местоположението на обекти.

Към латерацията, например, се отнасят мощност на приетия сигнал, време на пристигане и други, които ще бъдат разгледани в следващата подточка.

### 2.1.5. Инерционна навигация

Инерционната навигационна система е самостоятелна навигационна техника за определяне положението на движещи се обекти и определяне на тяхната скорост, като се вземе предвид началната им отправна точка и ориентация. За определяне на местоположението на обекти с помощта на този метод се използват акселерометри и жирокопи.

Акселерометрите и жирокопите са неизменна част от съвременните мобилни устройства. Благодарение на акселерометъра може да се промени ориентацията на екрана – *portrait* или *landscape*, а чрез жирокопа може да се изчисли под какъв ъгъл ще бъде направена снимката.

Инерционната навигация има широко приложение във въздушната и водна (подводна) навигация. Тъй като този метод е със сравнително висока цена и изисква значителни знания в областта на динамиката, неговото използване върху заобикалящата ни среда е ограничено.

Таблица 2.1 показва системи и технологии използващи най-често приложимите класически методи за определяне на местоположение на обекти.

Метод	Външни системи	Вътрешни системи
триангулация	GLONASS	Оптични
трилатерация	GALILEO, GPS	Звукови , RFID

**Таблица 2.1** Системи използващи класически методи за определяне на местоположение

## 2.2. Методи за определяне разстоянието на обекти, основани на радиосигнал

Съществуват и други методи за локализация на обектите чрез Мощност на приетия сигнал (*RSS- Received Signal Strength*), Ъгъл на пристигане (*AoA - Angle of Arrival*) или посока на пристигане (*DoA - Direction of Arrival*), както и чрез измервания по време на пристигане (*Time-of-Arrival (TOA)*). Всички те служат за измерване локацията на обекти по безжична мрежа.

### 2.2.1. Мощност на приетия сигнал (*RSS- Received Signal Strength*)

Това е един от най-широко разпространените методи, които се използват в системите за позициониране на закрито. Служи за изчисление мощността на предавания сигнал от устройство към приемник. Измерва се в децибели, като границите на мощността на сигнала варират от 0 до -110 dBm. Колкото по-близко до 0 е измереното число, толкова е по-голяма силата на приетия сигнал. Стойностите на RSS зависят от разстоянието на предавателите.

### 2.2.2. Индикатор за сила на получения сигнал (*RSSI- Received Signal Strength Indication*)

Това е RSS индикатор, при който стойностите на получените данни за приетия сигнал са относителни. Това е всъщност сигналът, който приемникът може да получи от BS или APs. Обикновено всяка една компания, чиято дейност включва и разработка на чипове (Cisco и др.) избира стойностите на вариране на RSSI.

### **2.2.3. Ъгъл на пристигане (AoA - Angle of Arrival)**

Някои безжични технологии, като UWB, използват този метод като основа за изчисление на разстоянието от устройство до приемник. Този метод за определяне на разстоянието на обекти изчислява ъгъла на пристигане на сигнала от APs към BS или сензори, по метода на триангулацията. За да се изчислят ъглите, AoA се нуждае от насочена антена или антенна решетка.

### **2.2.4. Време на пристигане (Time-of-Arrival -TOA)**

Този метод е наричан още „време на полет“ (Time-of-Flight –ToF) е метод за определяне времето, през което сигналът пристига от приемника към устройството. Изчисленията се правят на база скоростта на светлината.

### **2.2.5. Разлика във времето на пристигане (Time Difference of Arrival -TDoA)**

Това е метод, който чрез разликата във времето на пристигане на сигнала до приемника изчислява разстоянието между предавателя и приемника, поради тази причина не е необходима синхронизация между тях. При ToA се изчислява абсолютното време на пристигане на сигнала до базовата станция, а при TDoA разликата на получения сигнал при различните станции и неговата скорост (Sun, Y., 2019).

### **2.2.6. Отпечатъци (Fingerprinting)**

Метод, прилаган при WI-FI позиционирането и все още при Bluetooth технологията. Наличните APs в закритите помещения се използват като излъчващи устройства към предавателите и по този начин приблизително може да се изчисли разстоянието между тях чрез интензитета на радио сигнала. Методът на „пръстовите отпечатъци“ протича през две фази – офлайн и позициониране. Фаза на обучение или „офлайн“ фазата протича като чрез предавания сигнал се събират данни (вектори) база данни, която изгражда така наречената радио карта, обхващаща изследваната област. Тези данни могат да бъдат и координатите на местоположението, както и други параметри, които след това да бъдат използвани за измерванията и ориентацията на радио сигнала (Sansano-Sansano, E., 2019). При фазата на позициониране данните от потребителското устройство се сравняват с векторите от радио сигнала и по този начин се изчислява местоположението на потребителя. Този метод работи с прилагането на различни филтърни алгоритми и алгоритми за графи, които ще бъдат разгледани.

### **2.2.7. Други методи**

Съществуват и други методи за определяне разстоянието между приемник и предавател на база радио сигнал, които са по-специфични и не толкова известни. Методът Return Time of Flight (RToF) или „време за връщане на полета“ е подобен на метода ToF, с разликата, че при RToF се взема времето не само до получения сигнал до приемника, а и обратния към предавателя, т.е. сигналът се изчислява два пъти. Факторите, от които зависи точността на измерване на местоположение, чрез този метод са честота на дискретизация и честотна лента на сигнала. Phase of Arrival (PoA) или „фаза на пристигане“ чрез фазовата разлика на носещия сигнал за оценка на разстоянието между предавателя и приемника, определя местоположението на потребителя (Zafari, F., 2019).



Методите за определяне разстоянието на обекти, основани на радиосигнал могат да бъдат сравнявани по различни критерии като точност или видимост между предавател и приемник. В Таблица 2.2 са представени показателите, по които разгледаните в текущата подточка могат да бъдат съпоставяни, както и технологиите, разгледани в глава 1, при които се прилагат.

метод	изискващи fingerprinting	точност	синхронизация на		технологии
			часовниците между приемник и предавател	видимост между приемник и предавател	
<b>RSSI</b>	да	ниска	незадължително	незадължително	Wi-Fi, Bluetooth
<b>АоА</b>	не	висока	задължително	задължително	RFID, Wi-Fi
<b>ToF(ToA)</b>	не	висока	задължително	задължително	UWB
<b>TDoA</b>	не	висока	незадължително	незадължително	Wi-Fi
<b>Fingerprinting</b>	да	висока	незадължително	незадължително	Wi-Fi

**Таблица 2.2** Методите за определяне разстоянието на обекти, основани на радиосигнал

От направената съпоставка може да се направи изводът, че повечето от разгледаните методи могат да бъдат приложени върху безжичната технология WI-FI. Прилагайки АоА и TDoA е необходима задължителна синхронизация между приемник и предавател, като при останалите това не е необходимо условие за получаване на висока точност на локализиране.

### 2.3. Алгоритми прилагани върху методи за определяне на местоположение.

За да бъде изчислено разстоянието от точка до точка, като се вземе предвид началното местоположение на обекта, е необходимо да бъдат приложени различни алгоритми, като е възможна комбинация от повече от един за постигане на минимална грешка при измерването траекторията на пътя.

#### 2.3.1. SLAM

Това е алгоритъм за смарт устройства за едновременна локализация и картографиране е добре утвърдена техника в индустрията на роботиката. В SLAM както пътят на човека, така и местоположението на ориентирите се оценяват онлайн, без да се отчитат предишни познания за средата или местоположението. Офлайн схемата за оптимизация винаги трябва да предоставя най-доброто налично решение, тъй като обобщава глобалния минимум от търсения в конкретното пространство, представляващ съвместната оценка на пътя, изминат през космоса, и основната „карта“, от която са направени измерванията (Faragher, R., 2013).

### **2.3.2. Дейкстра**

След избор на алгоритъм за картографиране е необходимо да се определи маршрута, по който ще се движи обекта. Вариант за определяне на път е прилагането на алгоритъм на Дейкстра. По своята същност алгоритъмът представлява изчисляване на разстоянието от един връх на граф до останалите му върхове, като задължителното условие за прилагането му е върховете на графа да не са с отрицателни тегла на ребрата (Dijkstra, E. W., 1959). Алгоритъмът търси най-кратък път в граф. Широко използван е в GPS навигацията за оптимизиране на маршрути, като аналогично може да бъде приложен и за вътрешно маршрутизиране.

### **2.3.3. A \***

Не винаги най-краткият път е оптималният. Затова може да бъде приложен и алгоритъм A-star (A\*), който е разширение на предходния алгоритъм (Zeng, W., 2009). При A\* се търси най-ефикасното от към време или разстояние решение между начален и краен връх измежду всички възможни пътища в граф.

При метода A\* търсената област се трансформира в двумерен масив, който е група от квадратни решетки и центърът на мрежата се определя като възел (x). Всеки елемент от масива е квадрат на решетката. Двумерната кутия се дефинира като проходим възел и непроходим възел.

### **2.3.4. Алгоритъмът с най-малките квадрати**

Това е стандартен подход в регресионния анализ, който се използва за апроксимация на решенията на предетерминирани системи. В сравнение с триъгълния центроидален алгоритъм алгоритъмът с най-малко квадрати може да прецени по-точно местоположението на слепи възли.

### **2.3.5. Алгоритъмът на най-малките претеглени квадрати**

Weighted Least-Squares - WLS също може успешно да бъде приложен при позициониране на закрито. WLS, въз основа на получените измервания на силата на сигнала, могат да се прилагат върху системи с безжично локално разположение на закрито. Най-малкият квадратен коефициент на тежест се конструира чрез приемане на свободно пространство за модел за безжично предаване на сигнал (Chen, J.J., 2018).

### **2.3.6. Калман филтър**

Използвайки безжични мрежови технологии е неизбежно прилагането на алгоритми, които да правят оценка на фактори, влияещи върху силата на сигнала между предавател и приемник. Пример за такъв алгоритъм е Калман филтър. Чрез него може да бъде дадена оценка на неизвестни променливи, съдържащи шум и други радио смущения, които се наблюдават във времето. Филтърът на Калман е рекурсивен филтър, чието предимство е минималното използване на памет за съхранение. Тази страна от филтъра го прави един много полезен инструмент за обработка на GPS данни при приложения на системата в реално време (Райкова, Зл., 2010).

### 2.3.7. К-алгоритъм на най-близкия съсед

K-nearest-neighbor algorithm kNN е прилаган алгоритъм за вътрешно позициониране и най-често за fingerprinting при WI-FI системи за позициониране. Алгоритъмът за пръстово отпечатване на най-близкия съсед използва фиксиран брой съседи, което намалява точността на позициониране. Този алгоритъм просто избира пръстовия отпечатък, който има минималното разстояние до текущото измерване в сигналното пространство (Amirisoori, S., 2017).

Прилагането на теорията на графите и алгоритмите за оптимален път ще бъдат подробно разгледани в следващата глава.

### 2.4. Изводи

Основен проблем при определянето на маршрут е придвижването на обекта от точка до точка, определяне на текущото му местоположение, както и намирането на оптималния път до крайната цел, като се избегнат предполагаеми препятствия по трасето. Този проблем е обвързан с локализацията на обектите и начините за тяхното навигиране.

В зависимост от избраната технология за локализиране или навигиране на обекти е необходимо съобразяването на методите, които ще бъдат използвани. Много често дадена технология позволява прилагането на повече от един метод, особено в безжичните мрежи.

От разгледаните методи за локализиране на обекти чрез радио сигнал може да се каже, че честа е комбинацията между *RSSI* и *TDoA* за по-голяма точност на локализиране.

Когато няма директна видимост между клиента (таг, маркер) и предавателите, е възможно поставянето на допълнителен адаптер, който да усилва сигнала.

Всеки от разгледаните методи за локализиране чрез радио сигнал работи чрез съвместно прилагане и на класически методи за определяне местоположение. Изборът на комбинация между тях зависи от средата, в която ще бъдат прилагани.

За получаване на по-висока точност на локализация, изчисляване на отклонения, както и влияния от различни източници на неблагоприятни смущения в сигнала при предаването на данни в безжични мрежи е необходимо прилагането на известни математически алгоритми.

## ГЛАВА 3.

### МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА КОМПЮТЪРНИ ПРИЛОЖЕНИЯ ЗА НАВИГАЦИЯ В КОМПЛЕКС ОТ СГРАДИ

За да се осъществи локализацията на обекта е необходимо да се намери неговата позиция спрямо обектите около него. Ако обектът е позициониран във външна среда може да се използват картографски карти на района, в който се намира той. За вътрешни обекти също може да се изгради карта, подобна на Плановете за евакуация при пожари. Тези карти се създават с цел да се създадат ориентирни за намиране на позицията на обекта (*Делийска Д.*, 2019).

В процеса на разработка на компютърни приложения за навигация на хора в непозната среда трябва да бъдат взети предвид различни фактори. В зависимост от сградата трябва да бъде избрана подходящата технология за навигиране. След това спрямо тази технология

трябва да бъдат съобразени и използваните от нея методи за изчисляване на разстояние и алгоритмите за определяне на път.

### 3. КОМПОНЕНТИ НА МЕТОДОЛОГИЯТА

Съществуват различни компютърни разработки, които служат за локализация в закрити помещения, които са търговски решения и методологията по която са разработени не е указана. Едно такова решение е предложено в точка 3.4. Тестовите са извършени симулационно в „Дънди Прешъс Металс“ – с. Челопеч.



**Фиг. 3.1** Структура на методология за проектиране на компютърни приложения за навигация в сгради

#### 3.1. Създаване карта на сградата

##### 3.1.1 Графично представяне

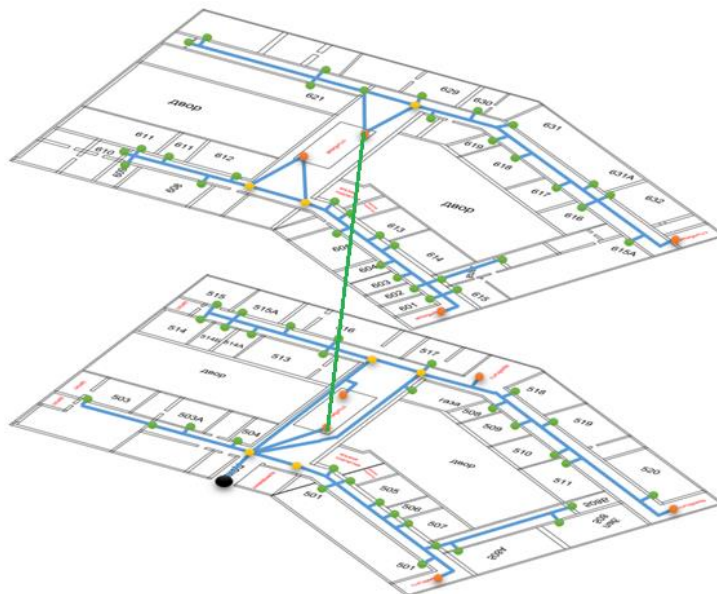
За целите на дисертационния труд разглежданата сграда е Блок 4- Лабораторен блок на МГУ „Св. Иван Рилски“, състояща се от 3 етажа, разпределени както следва:

- Приземен етаж – състоящ се предимно от гаражи, складове и дворно пространство. Поради тази причина не е обект на изследване.
- Партер (1-ви етаж) – състоящ се от лаборатории, учебни зали и преподавателски кабинети, офис на охраната, книжарница.
- 2-ри етаж - състоящ се от лаборатории, учебни зали и преподавателски кабинети.

Обект на изследването са 1-ри и 2-ри етаж на сградата. За база е използвана налична карта за евакуация при пожари като е актуализирана с текущите номерации на залите и реконструкцията на някои зали.

Всяка посещавана от студенти и гости на корпуса зала, разглеждана като обект, е обозначена с уникален номер. На Фиг. 3.3 е показана схема на 1-ви и 2-ри етаж, като в черно е отбелязана началната отправна точка за сградата, в жълто са фиксирани общите точки на коридорите, в оранжев цвят – стълбищата, които водят към приземен и 2-ри етаж, а в зелено са отбелязани входовете на залите и преподавателските кабинети.

Височината между етажите е завишена, за по-нагледна схема. Такъв вид карта би могла да бъде приложена за всякакъв тип сграда.



**Фиг. 3.3** Карта на 1-ви и 2-ри етаж от Блок 4

### 3.1.2 Представяне на картата чрез математически модел

Картата на разглежданата сграда може да бъде представена чрез неориентиран граф (Фиг. 3.4). Един неориентиран граф може да се определи като наредена двойка  $(V, E)$ , където:  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  е крайно множество от върхове, а  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$  е крайно множество от неориентирани ребра. Всяко ребро, т.е. всеки елемент  $e_k \in E$  ( $k = 1, 2, \dots, m$ ) е ненаредена двойка  $(v_i, v_j)$ , където  $v_i, v_j \in V$ ,  $1 \leq i, j \leq n$ .

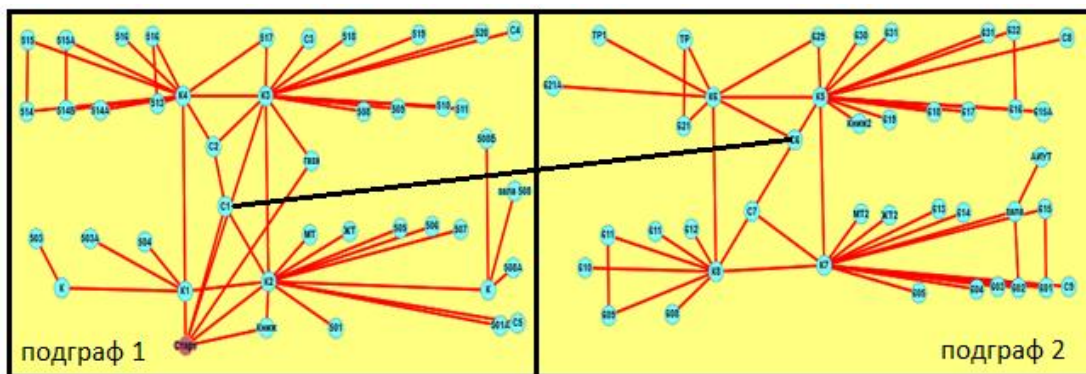
За настоящата задача съвкупността  $V$  от всички върхове на графа включва:

- всички зали в сградата;
- входната точка на сградата;
- крайните точки на стълбищата;
- общите точки на коридорите.

За етикети на възлите, представящи зали в сградата, е използвана реалната номерация на залите.

В целия граф са обособени два подграфа за всеки от етажите.

Ако освен това е зададена функция  $f(i, j)$ , съпоставяща целочислена стойност на всяко ребро  $(i, j) \in E$ ,  $f(i, j) = f(j, i)$ , графът ще бъде претеглен неориентиран граф. В случая теглата на ребрата представляват реалните им дължини в метри.



**Фиг. 3.4** Карта на 1-ви и 2-ри етаж на Лабораторен блок, представен чрез неориентиран претеглен граф

### 3.1.3. Представяне на връзката между залите в табличен вид

Описаните в точка 3.1.2 елементи на картата могат да бъдат представени чрез матрица на съседство (Фиг. 3.5). Това е един от най-често използваните начини за представяне на графи.

При неориентиран граф с  $n$  върха се съпоставя квадратна матрица  $A[n][n]$ . Стойността на  $A[i][j]$  е равна на 1, когато съществува реброто  $(i,j)$ , и  $A[i][j] = 0$  — в противен случай.

	старт	K1	K2	504	503A	503	К-Л	МТ	ЖТ	501	505	506	507	К-Д
старт	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
K2	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
504	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
503A	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
503	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
К-Л	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
МТ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ЖТ	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
501	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
505	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
506	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
507	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
К-Д	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Фиг. 3.5** Част от матрицата на съседство за разглеждания граф

## 3.2. Избор на алгоритъм

Съществуват различни всеизвестни алгоритми прилагани върху графи, с цел автоматизирано изчисляване на разнородни параметри.

Чрез обхождане на граф може да се намерят всички прости пътища между два негови върха. За тази цел може да се използва обхождане на графа в ширина или дълбочина. Не рядко възниква задачата за намиране на най-кратък път между два върха на един граф. За решаването ѝ са разработени редица алгоритми, като един от най-често използваните е алгоритъм на Дейкстра.

### 3.2.3 Реализиране на Алгоритъм на Дейкстра

За определяне на най-оптимален път могат да бъдат приложени известните методи като алгоритъм на Дейкстра или  $A^*$ , които накратко бяха разгледани в предишната глава.

По своята същност алгоритъмът на Дейкстра представлява обхождане на граф с положителни тегла на ребрата с цел търсене на най-къс път от даден връх до всички останали (Dijkstra, E. W., 1959).

За целта матрицата на съседство, описваща връзките между върховете, може да бъде заместена с такава (Фиг. 3.6), при която на мястото на връзката между два върха се запише теглото на реброто с краища тези върхове., а в останалите случаи – безкрайност. Тази матрица ще бъде наричана за по-кратко „тегловна матрица“. В изследваният граф теглата представляват реалното разстояние между залите в метри.

Ако графът се разглежда като пълен неориентиран граф, то броят на ребрата му може да бъде изчислен по формулата (Владимиров, В., 2016):

$$n * \frac{(n-1)}{2}, \quad (3.2)$$

където n е броят на върховете му.

За търсеният граф броят на ребрата за всеки подграф е както следва:

**За етаж 1-ви :**  $42 * \frac{42 - 1}{2} = 861$  (3.3)

**За етаж 2-ри :**  $41 * \frac{41 - 1}{2} = 820$  (3.4)

**За лабораторен блок 1-ви и 2-ри етаж:**  $83 * \frac{83 - 1}{2} = 3403$  (3.5)

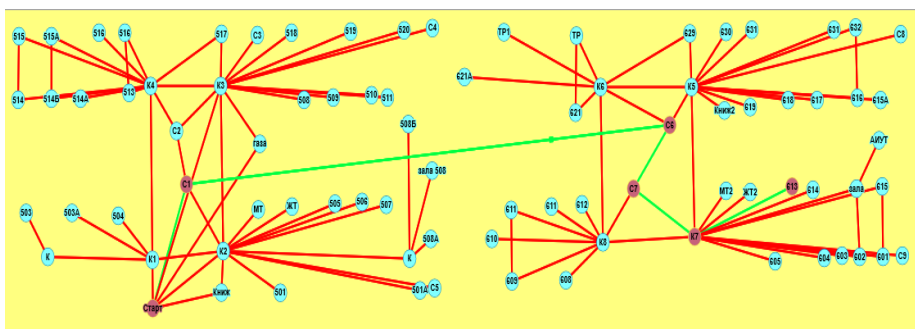
	старт	K1	K2	504	503A	503	К-Л	МТ	ЖТ	501	505	506	507	К-Д
старт	∞	1,3	4,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
K1	1,3	∞	6	1,5	6,2	∞	9,8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
K2	4,7	6	∞	∞	∞	∞	2	9	3,7	11	12,5	16	18,5	∞
504	∞	1,5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
503A	∞	6,2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
503	∞	∞	∞	∞	∞	∞	6,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
К-Л	∞	9,8	∞	∞	∞	6,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
МТ	∞	∞	2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
ЖТ	∞	∞	9	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
501	∞	∞	3,7	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
505	∞	∞	11	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
506	∞	∞	12,5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
507	∞	∞	16	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
К-Д	∞	∞	18,5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞

**Фиг. 3.6** Извадка от тегловната матрица за разглеждания граф

Тестът (Фиг. 3.7) за най-къс път от началната точка на графа до зала 613, намираща се на 2-ри етаж в Лабораторен блок, чрез алгоритъм на Дейкстра показва:

**Старт⇒С1⇒С6⇒С7⇒К7⇒613,**

което е действително най-краткият път до тази зала.



**Фиг. 3.7** Търсене на най-къс път в граф, чрез алгоритъм Дейкстра

### 3.2.4. Реализиране на Алгоритъм А\* (А-звезда)

На всяка итерация на основния си цикъл А\* трябва да определи кой от частичните пътища да бъде продължен в една или повече посоки. За тази цел се използва оценка на цената (сумарното тегло), оставаща до върха цел:

$$f(x)=g(x) + h(x), \quad (3.6)$$

Където,  $g(x)$  е цената на оптималния път от началния връх до  $x$ , а  $h(x)$  е евристика, оценяваща цената на оптималния път от  $x$  до целта.. За да бъде намерен действително най-късият път, евристичната оценка трябва да бъде приемлива (оптимистична), което означава, че никога не надценява действителната цена за достигане на най-близкия целеви връх.

**Реализация на алгоритъма (Фиг.3.8):**

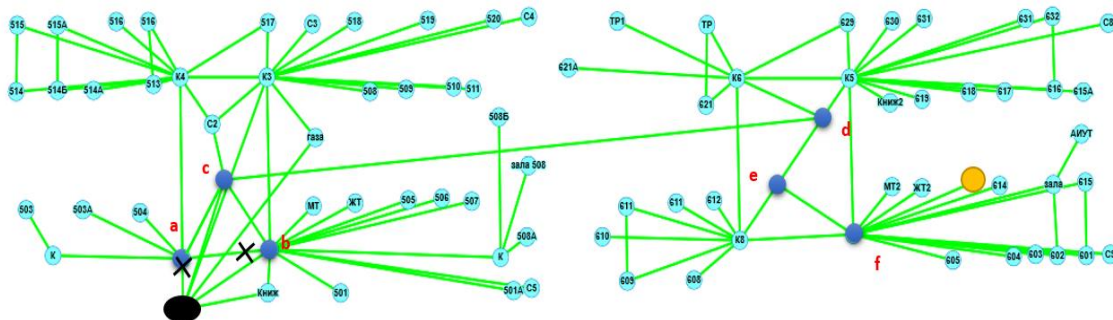
Начална точка – Старт

Крайна цел – зала 613, 2-ри етаж

Изчисления:

Заместваме по формулата за прилагане на алгоритъма, където първото число е разстоянието от началната точка до върха X, а второто е пълното остатъчно разстояние от X до крайната цел.

$$f(a)=1,3+35,7 = 37 \quad f(b)=4,7+35,7 = 40,4 \quad f(c)=8,1+28,5=36,6 \quad (3.7)$$



**Фиг. 3.8** Търсене на най-къс път в граф, чрез алгоритъм А\*

### 3.2.5. Реализиране на Алгоритъм Флойд – Уоршал

Алгоритъмът определя всички възможни разстояния между двойка възли в графа. При него се построява собствена матрица на разстоянията (Фиг.3.10).

0	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	0
1	0	1	1	2	1	1	2	2	2	2	0
2	1	0	2	3	2	2	3	3	3	3	0
2	1	2	0	3	2	2	3	3	3	3	0
3	2	3	3	0	1	3	4	4	4	4	0
2	1	2	2	1	0	2	3	3	3	3	0
2	1	2	2	3	2	0	2	1	3	3	0
1	2	3	3	4	3	2	0	1	2	2	0
2	2	3	3	4	3	1	1	0	3	3	0
1	2	3	3	4	3	3	2	3	0	2	0
1	2	3	3	4	3	3	2	3	2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

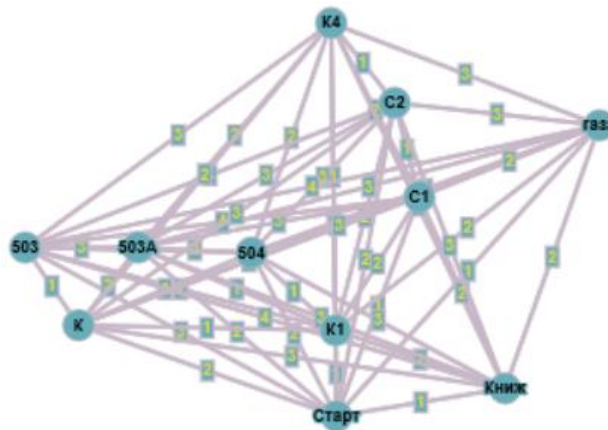
**Фиг. 3.10** Матрица на разстоянията



### за търсената част от графа

Идеята, на която е базиран самият алгоритъм е: разглежда се най-късият път от връх  $i$  до връх  $j$  с първите  $k$  върха като възможни междинни ( $D_k(i,j)$ ).

Ако върховете на графа  $G=(V,E)$ ,  $|V|=n$  са номерирани от 1 до  $n$  и въведеното обозначение  $D_{kij}$  се въвежда за дължина на най-краткия път от  $i$  до  $j$ , като освен самите върхове  $i$  и  $j$ , преминава само през върховете  $1 \dots k$  (Ramadhan, Z., 2018). Ако не съществуват ребра, стойностите се заместват с „ $\infty$ “. Реализацията на алгоритъма на Флойд- Уоршал е показана на Фиг. 3.9. Алгоритъмът е приложен върху част от графа, поради големият брой ребра и с цел по-добра визуализация.



**Фиг. 3.9** Търсене на път в граф  
чрез алгоритъм Флойд-Уоршал

За определяне на най-кратък път по зададен маршрут от разгледаните алгоритми за реализиране на приложението, разгледано в глава 4, е избран алгоритъм на Дейкстра. Предложеният граф се разглежда като два подграфа, като при обхождане на графа, първо се проверява дали търсеният път се намира в някой от двата подграфа. Това се прави с цел повишаване бързодействието за намиране на маршрута, без да се налага постоянно обхождане на целия граф (Трифенова М., 2015).

### 3.3. Среда за разработка

Съществуват различни среди за разработка на софтуер. В зависимост от целта на представяне на информация и езика, чрез който ще бъде осъществен проектът е важен правилният избор на графична среда. Спрямо това е необходимо да се избере подходящ формат на представяне на данните.

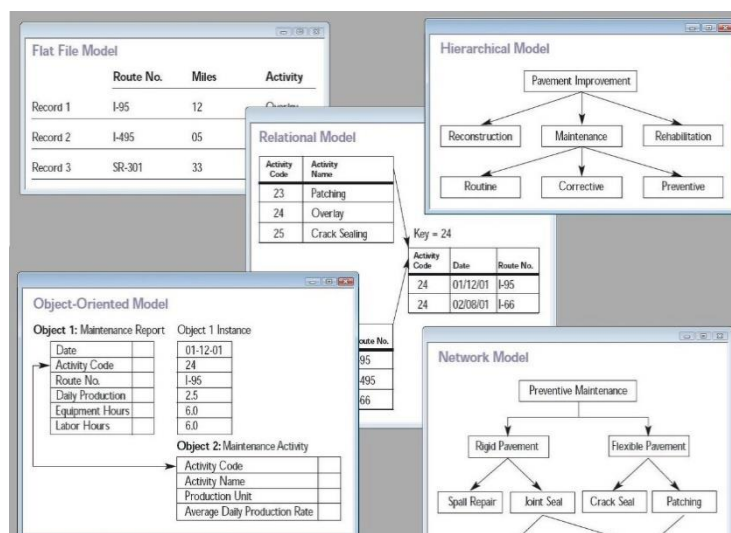
За среда за разработка на мобилни приложения са предложени Visual Studio, Eclipse и Android Studio.

### 3.3. Модели и формати на представяне на данните

#### 3.4.1 Избор на модел на представяне на данните

Първата задача при реализирането на ИС за навигация бе да се избере модел за представяне на данните в БД, която ще обслужва приложението. Съвременните БД работят с различни модели на данни (Фиг. 3.10), като целта е описваните реални обекти да бъдат

представени максимално точно и в същото време формата на данните да е такъв, че да позволява тяхната on-line, real-time обработка (Yanev, N., 2019).



Фиг. 3.10 Модели на представяне на данните

### ➤ Релационен модел

Релационния модел се базира на теория на множествата и релационната алгебра и тази строга математическа основа води до основните му предимства – ефективност, простота и интуитивност (Codd, 1970).

PCУБД описват обектите еднотипно – чрез редове на двумерна таблица. Всяка таблица съдържа неподредени редове и именувани колони. Различните таблици могат да бъдат свързани помежду си (Yanev, N., 2019).

Най-съществения недостатък на релационния модел е невъзможността за хоризонтално мащабиране, поради използването на относително статична схема за описание на обекти. Влошаване на производителността на PCУБД се наблюдава и при значително увеличаване на натоварването и обема на работните данни.

### ➤ NoSQL (No SQL или Not Only SQL)

NoSQL обхващат голямо разнообразие от различни технологии за бази данни, които са разработени в отговор на увеличаване обема на данните съхранявани за потребители, обекти и продукти, честотата с която се достъпват тези данни, както и нуждите от висока производителност при обработка им

Сред основните предимства на NoSQL базите данни са гъвкавост – не работят със статична схема, мащабируемост – дават възможност и за хоризонтално мащабиране, улесненото прехвърляне на БД върху множество сървъри и т.н. Най-сериозния недостатък на NoSQL системите е това, че не са транзитивни.

### ➤ NewSQL

За NewSQL бази данни се заговори през последните няколко години. Терминът NewSQL е предложен от Aslett (Aslett, M., 2010). Това са бази данни, които обединяват преимуществата на SQL и NoSQL базите данни. NewSQL са хоризонтално и вертикално разширяеми и транзитивни.

### 3.4.2 Формат на представяне на данните

#### ➤ eXtensible Markup Language (XML)

XML е стандарт, чрез който може да се съхраняват и транспортират данни в интернет пространството като описва правила за създаване на специализирани маркиращи езици. Опростен е структурно и е лесен за четене от хора и машини. Тъй като XML поддържа йерархична структура позволява релационни данни да се преобразуват в XML данни, както и да се прилагат алгоритми за обхождане в дървовидна структура (графи) (Davis, T.A., 2018).

За целите на дисертационното изследване именно XML формат е използван за описание на графа, представен в предходната подточка и се съхранява във външен файл (Фиг.3.15). Това позволява интегрирането му в среда за разработка Andoid Studio, използвайки езикът Java за постигане на крайният резултат на изследването, а именно създаване на мобилно приложение за навигация в комплекс от сгради. Структурата на XML документ, описващ картата на сградата под формата на математически модел, посредством граф е :

- Етикет graphml – главната структура в документа, която показва, че ще бъдат описани елементите на графа.
- Етикет graph - описание на графа, съдържащ идентификационният му номер, броя на върховете в графа и броя на ребрата в него
- Етикет node – описва върховете на графа като включва атрибути за позицията на върха по X и Y оси, уникалния идентификатор определящ върха, неговото текстово и числово наименование в графа.
- Етикет edge – чрез този етикет са описани връзките между върховете на графа. Атрибутите, описани в този етикет са по подразбиране.



```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<graphml>
  <graph id="Graph" uidGraph="83" uidEdge="3483">
    <node positionX="639" positionY="397" id="0" mainText="Crapt" upText="1" >/node>
    <node positionX="638" positionY="313" id="1" mainText="K1" upText="2" >/node>
    <node positionX="808" positionY="298" id="2" mainText="K2" upText="3" >/node>
    <node positionX="556" positionY="237" id="3" mainText="504" upText="81" >/node>
    <node positionX="445" positionY="232" id="4" mainText="503A" upText="82" >/node>
    <node positionX="335" positionY="232" id="5" mainText="503" upText="84" >/node>
    <edge source="0" target="1" isDirect="false" weight="1" useWeight="false" id="11055" text="" upText=""
      arrayStyleStart="" arrayStyleFinish="" model_width="4" model_type="0" model_curvedValue="0.1" >/edge>
    <edge source="0" target="44" isDirect="false" weight="1" useWeight="false" id="11056" text="" upText="" arrayStyleStart=""
      arrayStyleFinish="" model_width="4" model_type="0" model_curvedValue="0.1" >/edge>
    <edge source="0" target="2" isDirect="false" weight="1" useWeight="false" id="11057" text="" upText="" arrayStyleStart=""
      arrayStyleFinish="" model_width="4" model_type="0" model_curvedValue="0.1" >/edge>
  </graph>
</graphml>
```

Фиг. 3.15 Представяне на граф в XML формат

#### ➤ JSON (JavaScript Object Notation)

При JSON данните се представят като двойка колекция от име и стойност. Обикновено при реализация в програмен език се разглежда като обект, хеш таблица или асоциативен масив (Степанов, С., 12.06.2020).

За разлика от XML, където данните могат да се представят само под определени текстови типове, при JSON могат да се използват както текстови, така и числови масиви или булеви стойности за стойност от двойката колекция на представяне на данните във формата (Фиг. 3.16).

```

var graph = new Graph(
    [
        { id:0, go[1], x:639, y:397},
        { id:1, go[2], x:638, y:313},
        { id:2, go[0,1], x:808, y:298},
    ]
);

```

Фиг. 3.16 Примерно представяне на част от графа в JSON формат

### 3.5. Локализиране на обекти в непозната среда

Определянето местоположението на обекти чрез безжични технологии изисква специфични софтуерни решения и хардуерни компоненти. Съществува конкретна последователност и настройка на физически устройства, за да бъде извършено локализирането на обектите в непозната среда. Едно от тези решения с помощта на WI-FI технологията и допълнителни безжични тагове е внедрено в българска компания с канадско участие в сферата на минно-добивната промишленост. Използвайки разработено решение от Cisco, система за локализиране в реално време, те проследяват своите работници в рамките на предприятието.

За целите на дисертационния труд е направена симулация с Cisco Prime Infrastructure за определяне на местоположението на гости и студенти в Минно-геоложки университет.

#### Процедура за изпълнение:

1. Локация, сграда, етаж, карта
2. Позициониране на AP-та
3. Преименуване на AP-та
4. RSSI,SNR от Prime
5. MAP/CAS

#### Реализация:

За извършване на тестовете са използвани 6 броя Cisco Access Points модел 1242, позиционирани в две помещения по три APs. Обхватът на един AP от такъв модел е между 60-70м. Всяка тройка е свързана към 12 портов суич и са направени необходимите настройки за получаване IP адрес на Aps.

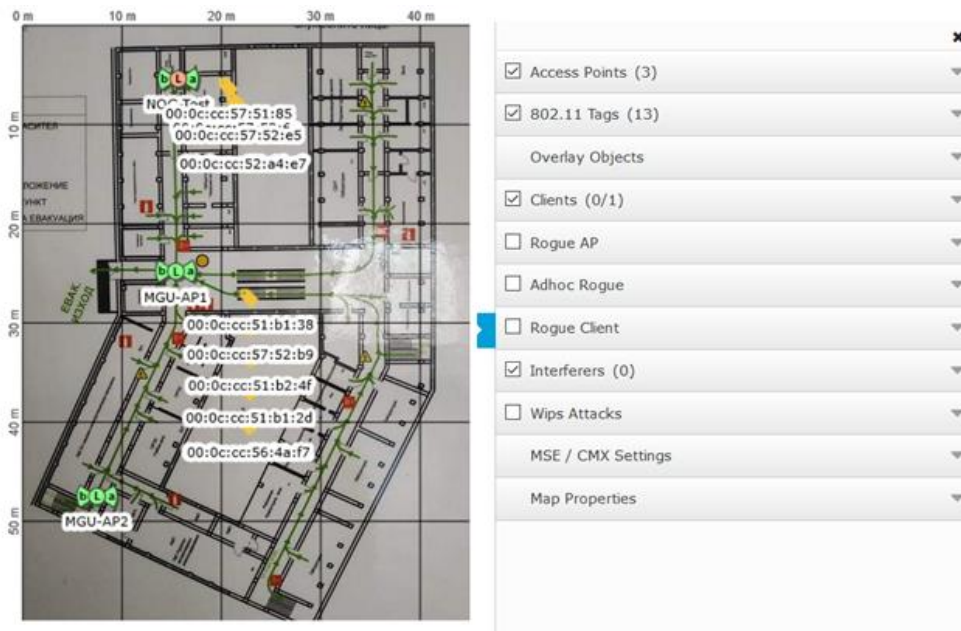
Системата позволява картата на разглежданата сграда да бъде в 2D проекция, като е възможно прилагането и във всякакъв формат. За симулацията е използвана карта за евакуация на 1-ви и 2-ри етаж в лабораторен блок на МГУ.

На всеки етаж бяха поставени по три точки за достъп (APs), разположени на равно разстояние в една посока и за двата етажа (Фиг. 3.22).



Фиг. 3.22 Визуализация на карта на сградата.

След прилагане на карта и поставянето на точките за достъп, към тях се свързват клиенти и може да се определи тяхното местоположение (Фиг. 3.23). Отклонението, което дава системата е около 2 метра. Ориентир са точките на достъп. Определяне локацията на клиентите по мрежата се изчислява по методите RSSI и TDoA. За сгради над земята се прилага методът на триангулацията, а за подземни помещения - метода на трилатерацията.



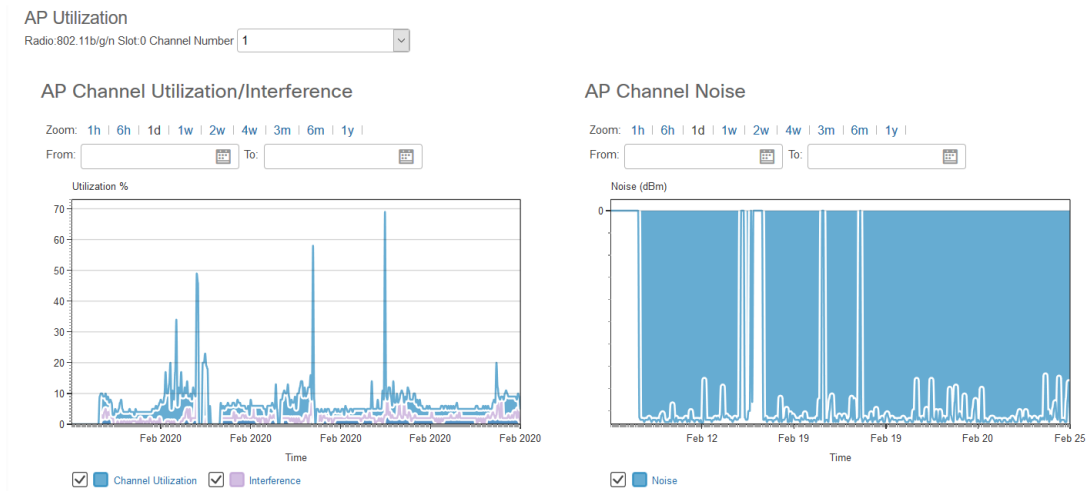
**Фиг. 3.23** Определяне на местоположението чрез Cisco Prime

Таговете, с които се осъществява симулацията са AeroScout T2, като Cisco Prime дава детайлна информация за предаването на данните между тага и точката на достъп (Фиг. 3.24). Може да се получи разлика във времето от 2-3 секунди.

След свързването на APs към безжичния контролер, виртуална машина (Mobility Services Engine) изчислява, чрез математически алгоритми местоположението на обектите. Алгоритъм Cisco CEX се прилага за връзка между клиента и MSE, а Cisco CMX или DNA spaces алгоритми осъществяват следенето на данните по мрежата. Необходимо е нужното конфигуриране, като след това могат да бъдат направени различни анализи.

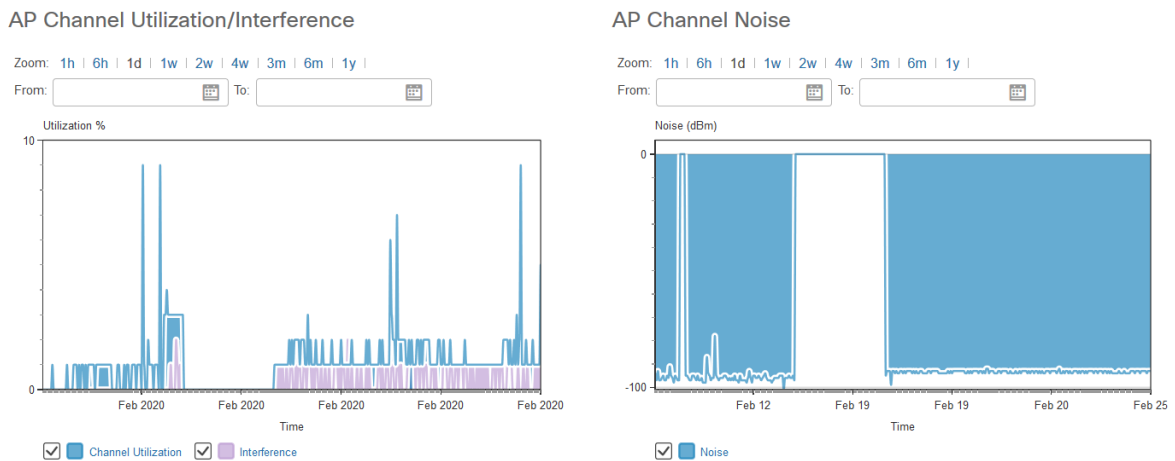
Чрез лицензирано клиентско приложение се предостави възможност да се направят справки колко клиента има в момента свързани, колко налични контролери има, натоварване на процесора и др. Бяха констатирани 149 клиента за двата етажа на картата с налични 8 контролера. Натовареността на процесора е около 10%, а заделената памет е около 30%.

Бяха направени анализи на силата на сигнала между точките на достъп и RFID таговете, като в началото на теста не беше отчетено прекъсване на сигнала. Графиката илюстрира направен анализ на RSSI през деня на тестовите (Фиг. 3.29). Тъй като използвания за симулацията суич беше конфигуриран изцяло за целта и нямаше възможност да се направи съпоставка на силата на сигнала за по-голям период от време.



**Фиг. 3.29** Анализ на RSSI

След известно време беше отчетено смущение в сигнала, като дори липсваше (Фиг. 3.30). Възможно е прилагане на алгоритъм филтър на Калман за определяне причината за полученото смущение.



**Фиг. 3.30** Смущения при предаване на сигнала между приемник и предавател

Направената симулация с помощта на корпоративното решение на Cisco даде възможност нагледно да се проследяват обекти чрез безжичната технология WI-FI. Предимство на системата е генерално решение за локализиране, сигурна поддръжка и пълен набор от инструментариум и описание към него. Съответно това решение е твърде скъпо за малки фирми. Като недостатък на този вид системи може да бъде определено и невъзможността да бъдат съчетавани различни фирмени хардуерни и софтуерни компоненти освен тези на фирмата производител, както и липсата на възможност за прилагане на триизмерни карти.

Тъй като това решение е неприложимо за момента в рамките на сградата, за която е предназначена разработката, като решение се предлага приложение, чрез което локацията на обекта е статична. Освен това целта на разработката е не само локализиране, а и навигиране

### **3.6. Изводи**

Създаването на компютърно приложение в закрыта среда е съпътствано от множество съображения. Въпреки това, направените изследвания показват, че стъпките, които се изпълняват при изграждане на софтуерно решение за навигация на хора в закрыта среда, където липсва достъп до GPS сигнал, могат да бъдат обединени и представени като методология, стъпваща на известни методи и алгоритми.

От съществено значение е изборът за представяне на картата на сграда. В зависимост от избрания модел ще бъде възможно прилагането на даден алгоритъм. За целите на дисертационния труд беше избран математически модел на представяне на данните, с цел прилагане на алгоритъм на Дейкстра за намиране на най-къс път в разглежданата сграда.

За имплементацията на алгоритмите в конкретна среда за разработка е необходимо да бъде избран подходящ формат за представяне на данните. Форматът, който беше избран е XML, поради възможността да бъде описан разглежданият граф в текстови формат и да бъде импортиран в среда за разработка на мобилни приложения Android Studio.

За да бъде графично представено движението на обектите в сградата и илюстрирано прилагането на избрания алгоритъм беше съобразено и с избора на технология за локализиране – Wi-Fi, за да се постигне цялостното изграждане на едно компютърно приложение за навигация в комплекс от сгради.

## **ГЛАВА 4**

### **АПРОБИРАНЕ НА ИЗБРАНАТА МЕТОДОЛОГИЯ. ОПИСАНИЕ НА ИНФОРМАЦИОННАТА СИСТЕМА И МОБИЛНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ.**

#### **4. ИНФОРМАЦИОННА СИСТЕМА**

Информационната система представлява съвкупност от софтуер и команди за управление на данни от човек, за получаване на необходимата информация (*Делийска, Д., 2016*).

По дефиниция Информационна система (ИС), съгласно Международната организация по стандартизация (International Organization for Standardization), е “взаимосвързана съвкупност от средства, методи и персонал, използвана за обработка, съхраняване на данни с цел предоставяне на информация за достигане на поставена цел”.

В настоящата глава ще бъде представено приложение за навигация на студенти и гости в учебната база на Минно- геоложки университет „Св. Иван Рилски“, гр. София. В процеса на работа приложението претърпя развитие от web до mobile базирано.

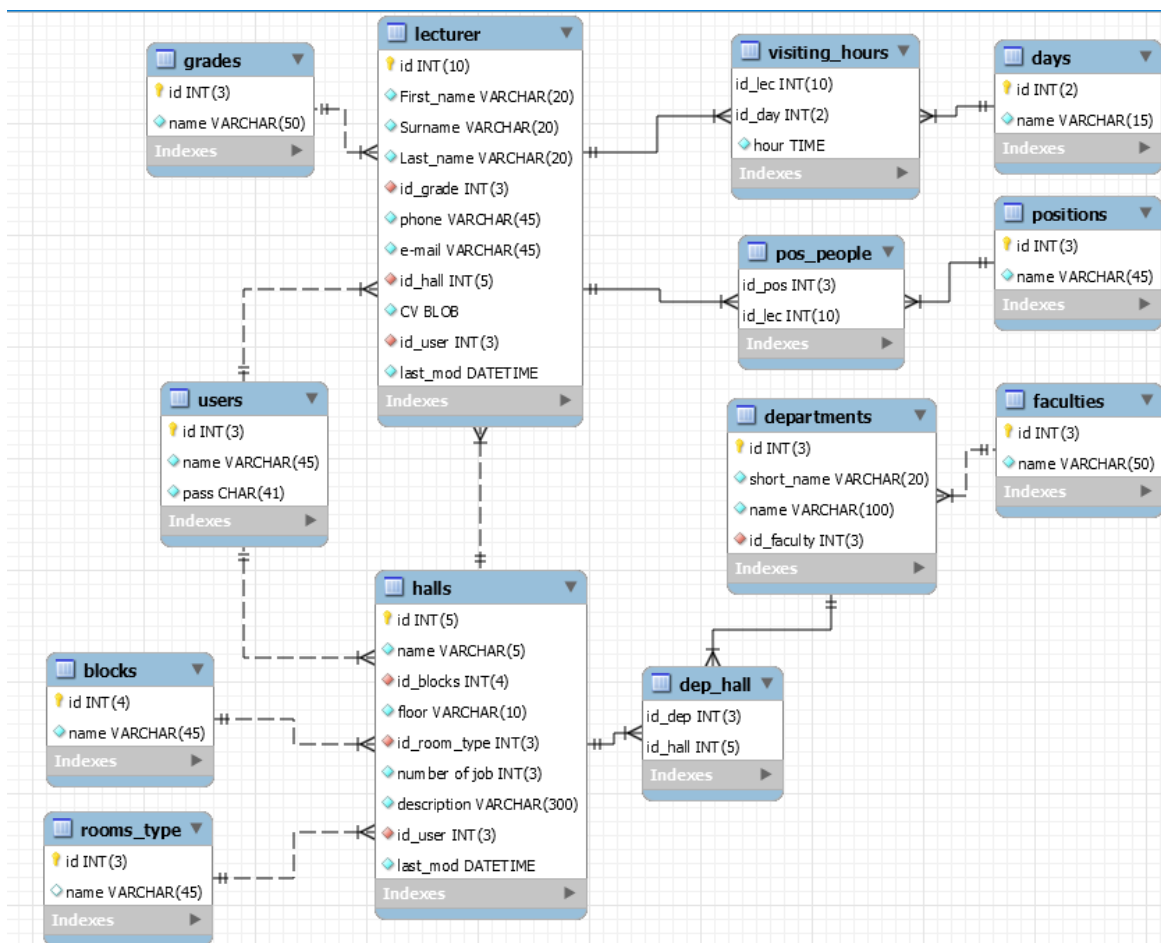
#### **4.1. Описание на БД**

При уеб – базирани ИС обмена на информацията се осъществява, най-често чрез технология клиент-сървър. Като предимства на тази технология могат да се изтъкнат ниските разходи за поддръжка, за намаляване мрежовото натоварване, подобрена интеграция на данните (Янев, Н., 2003). Главната особеност на модела клиент-сървър е използването на системно-алгоритмичен модул за работа с базата от данни и системата за нейното управление. Това позволява записване и актуализиране на данни, търсене и генериране на on-line информация (Симеонова, Д., 2016).

За реализацията на такава система БД трябва да бъде представена със сървър за управление на РБД. Като инструмент за реализация на БД е избран MySQL.

Според DB-Engines Ranking (2019) MySQL е най-използваната, свободно разпространявана РСУБД. Като се изключи липсата на удобен, графичен потребителски инструмент, MySQL е напълно съпоставим на комерсиалните РСУБД като Oracle, MS Server и др.

За целите на разработката бе изградена реляционна БД от 13 таблици (Фиг.4.1).



Фиг. 4.1 Схема на работната БД

## 4.2. Реализация на потребителския интерфейс

### 4.2.1. Уеб - базирана информационна система

Уеб базирана информационна система, е информационна система, която използва Интернет уеб технологии да доставя информация и услуги до потребители или други информационни системи/ приложения. Това е софтуерна система, чиято основна цел е да публикува и поддържа данни чрез използване на хипертекстови базирани принципи. Информационна уеб система обикновено се състои от един или повече уеб приложения, специфични функции, ориентирани към компоненти, заедно с информационни елементи и други не уеб компоненти. Web браузър обикновено се използва като front-end, докато базата данни като back-end (Deliyska, D., 2017).



Структура на разработената ИС е показана на Фиг. 4.2:



Фиг. 4.2 Схемa на информационната система

#### 4.2.2. Дизайн на потребителския интерфейс

##### Адаптивен и отзивчив дизайн на информационните системи

За изграждане на съвременни интернет приложения се използват различните технологии и програмни езици, които позволяват информацията в сайтовете, да бъде представена по достъпен и разбираем начин за различни възрастови групи потребители и за различните устройства, на които ще бъде посещаван даден сайт. Независимо от предметната област на ИС, днес разработчиците на уеб – приложения „стъпват“ върху няколко утвърдени методи за създаване на интерактивен дизайн на сайтовете. Два основни подхода са се наложили при разработване. Това са адаптивния и отзивчивия дизайн (Yanev N., 2018).

##### Адаптивен дизайн

Под адаптивен дизайн (Adaptive Web Design) се разбира създаване на различни уеб страници, които се визуализират в съответствие със специфичния размер на устройство чрез което се осъществява достъп до тях (Marcotte, E., 2017).

##### Отзивчив дизайн

При отзивчивия дизайн (Responsive Web Design) сайта се визуализира еднакво добре на устройства с различна разделителна способност (мобилни телефони, таблети, персонални компютри, лаптопи и др.) без промяна на програмния код, който го изгражда (Marcotte, E., 2017).

При този начин на изграждане на уеб приложения става пренареждане на елементите в страницата, без да е необходимо да бъдат създадени отделни такива за целта.

Приложението за навигация на студентите от МГУ е разработен по метод на отзивчив дизайн. Тъй като целта е да бъде един единствен сайт с една и съща информация, независимо от избраното устройство, избора за изграждане на приложението беше този. Не бяха необходими допълнителни средства и време за преструктуриране на кода. Взе се

предвид предназначението на приложението, което е да ориентира, в реално време, своите потребители. Това налага използването му повече от смарт устройства.

### 4.3.3. Реализация на потребителския интерфейс

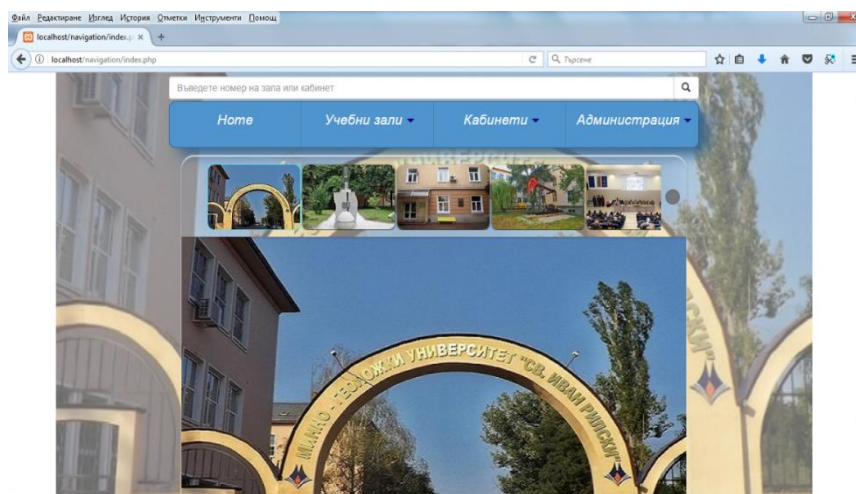
Уеб базираната информационна система позволява интерактивен графичен интерфейс, позволяващ едновременен многопотребителски достъп. Системата разполага с възможност за търсене по точни критерии или чрез навигация с менюта за ориентация в материалната база и важна информация за МГУ. Информацията, предоставена в уеб-системата може да бъде използвана на всяко мобилно устройство, което има мобилен интернет или WI-FI (Deliyska, D., 2017). На Фиг. 4.3 е показана началната страница на система.

ИС се състои от (Делийска, Д., 2018):

✓ панел за търсене по номер на зала - позволява да бъде извършено търсене по критерий „номер на зала“. Използвано е асинхронно презареждане на страницата, с цел повишаване скоростта на зареждането ѝ.

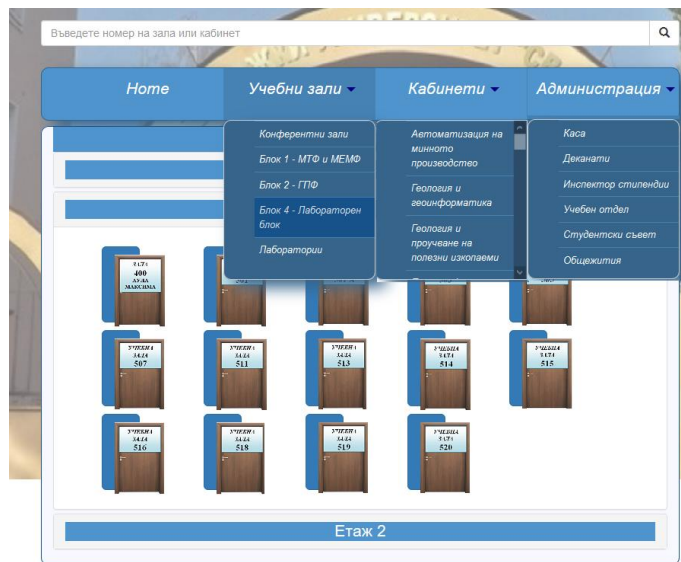
✓ панел с менюта – в него са разделени на три категории структурата на университета– учебни зали, кабинети на преподавателите и администрация. Добавен е бутон HOME в началото на панела с менюта с цел бърза връзка с началната страница на приложението. Всяко от менютата е направено така, че да не се прекрива с информацията, която има под него.

✓ Галерия - под главното меню се намира интерактивна галерия с анимирано съдържание, представяща снимки от материалната база на МГУ.



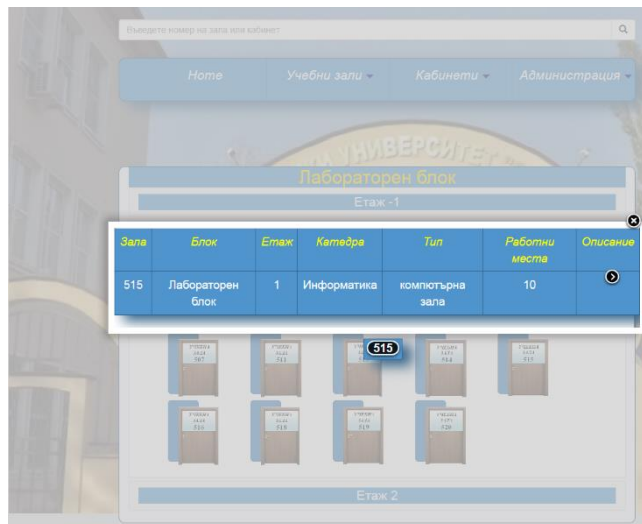
Фиг. 4.3 Начална страница на системата

Меню „Учебни зали“ е разделено по номер на блоковете на МГУ както се вижда на Фиг. 4.4. След като бъде избран конкретен блок, на мястото на галерията, се появява т.н. „collapse“ меню (меню – хармоника). В него, по интерактивен начин се представят наличните в съответната сграда по етажи зали. Това меню може да бъде разгърнато по етажи или да не се показва допълнителната информация, а само името на блока и съответните етажи в него.



**Фиг. 4.4** Избор на зала от меню „Учебни зали“

След избора на желаната зала, в прозорец се визуализира пълното ѝ описание, като тази информация се извлича от базата данни към системата. Предоставена е възможност за преглед на информацията за останалите зали, без да се прави нов избор (Фиг. 4.5).



**Фиг. 4.5** Информация за зала, извлечена от БД

### Меню „Кабинети“

Това меню представя всяка катедра в университета. За момента всеки линк на това меню води до сайта на МГУ и по-точно до страницата на съответната катедра в сайта, в зависимост от избора на потребителя.

### Меню „Администрация“

По аналогичен начин на предишните менюта, и това е разделено на категории, които са най-важните административни звена в университета за студентите. Информацията също като в меню „Учебни зали“ е представена в табличен вид.

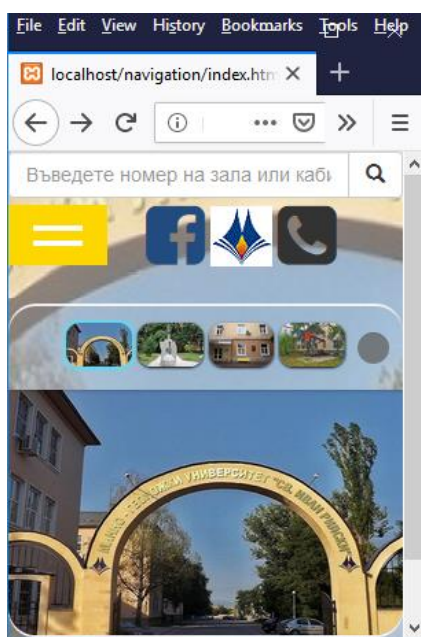
За реализирани на системата са избрани популярни софтуерни инструменти за реализиране на web интерфейс (Deliyska, D., 2018):

- HTML 5 като език за описание;
- CSS 3 за стилово оформление;

- JavaScript базираната библиотека jQuery и платформата Bootstrap – за реализация на отзивчив дизайн;
- PHP като интерпретатор подпомагащ web сървъра и средство за свързване с MySQL сървъра;

### **Responsive design на ИС за навигация**

Както вече бе уточнено, системата е с отзивчив дизайн. Системата беше тествана в изглед „portraits” и „landscape“ на таблет и смарт телефон (Фиг. 4.8). Предоставена е възможност за потребителите на ИС да имат бърза връзка към сайта на университета, официалната страница в социалните мрежи и телефонният указател на всички звена в него.



**Фиг. 4.8** Началната страница на система при максимална ширина от 640 пиксела

### **4.3. Мобилно приложение**

Въпреки възможността на създадената информационна система да предоставя информация на различни устройства се налага разработка на мобилно приложение, с цел да могат да бъдат приложени алгоритмите за изчисляване на най-кратък път по даден маршрут. Това е последната стъпка за завършване еволюцията на информационните системи за 21 век към момента.

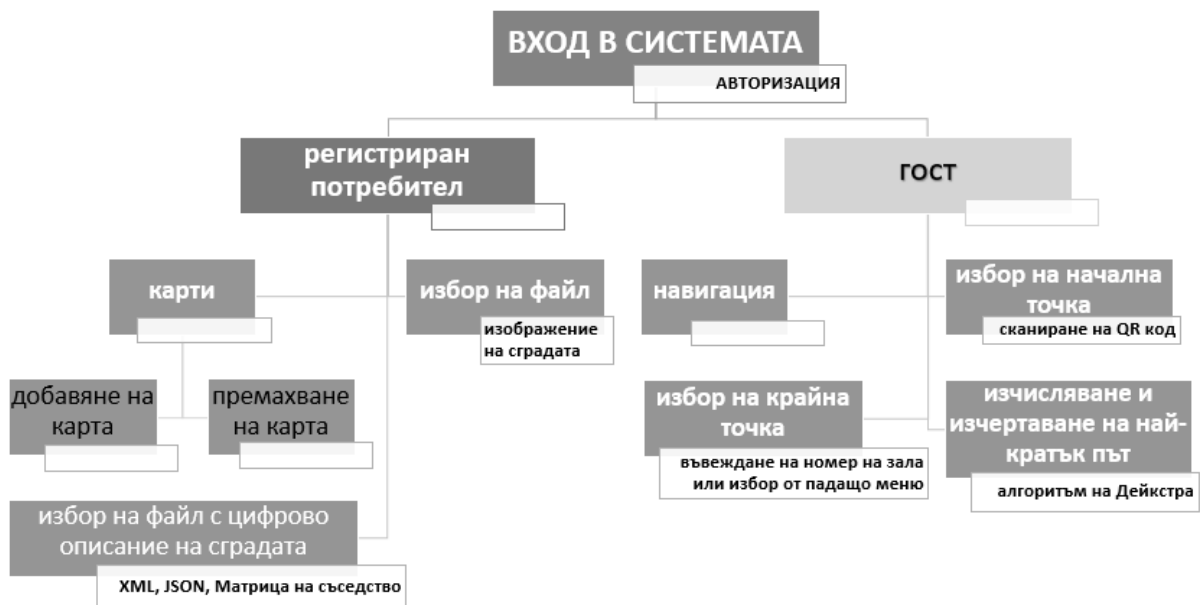
Мобилното приложение е разработено за Android операционна система и към момента е с landscape (хоризонтален) изглед. Съдържа функции за регистрирани потребители и за гости. Регистрираните потребители имат възможност да прикачат своя карта на сградата и да използват възможността за преизчисляване на най-кратък път по зададен маршрут. Освен картата, която трябва да прикачат и като файл и като формат на данните, описан в предишната глава, регистрираните потребители имат възможност да заявят и промяна съдържанието на базата данни към администратора. Гостите от своя страна могат да се възползват от услугите на приложението като имат достъп само до текущите данни – сканирането на QR код и въвеждането номер на зала.

Изборът на сканиране на QR код е съпроводен от това, че все повече от камерите на мобилните устройства поддържат автоматично разпознаване на такъв код. При устройства,

които нямат такава опция, е необходимо допълнително инсталиране на приложение, което чете QR кодове. Такива приложения в повечето случаи са безплатни.

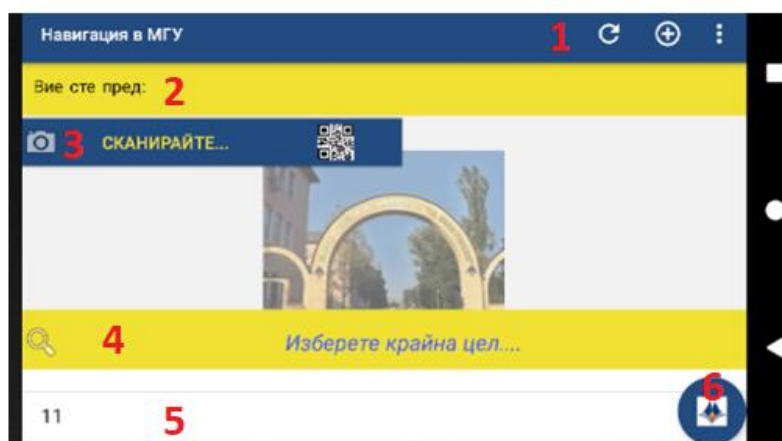
В момента има голям избор от програми за четене на QR кодове, в зависимост от операционната система на устройството.

На гостите на приложението е разрешено да използват наличната карта и определянето на маршрут спрямо нея. Схема на разработеното мобилно приложение е показана на Фиг. 4.9:



Фиг. 4.9 Схема на мобилното приложение

Чрез предложеното мобилно приложение гостите и новоприети студенти могат лесно да се ориентират в корпусите на висшето учебно заведение, без да се налага допълнително упътване и загуба на време. Приложението е предложено с приятен и олекотен потребителски интерфейс, чрез който на потребителите му няма да се налага да правят излишни „кликвания“, за да достигнат желаната цел (Фиг. 4.10).



Фиг. 4.10 Начален екран на мобилното приложение

Мобилно приложение „Навигация в МГУ“ съдържа един главен панел с:

1. **Навигационна лента** – освен името на приложението, в нея се съдържа бутон със скрито меню. За да бъде възможно приложението да бъде прилагано за различни сгради, а не само за разгледаната, като функционалност в менюто е добавена опция за добавяне на

нова карта. Съответно формата на картата трябва да бъде във формат предложен в разгледаната методология в глава 3. Добавен е и бутон за изчистване на предишно търсене.

2. **Информационно (текстово) поле** – в него автоматично се извежда информацията от сканирането на QR кода.

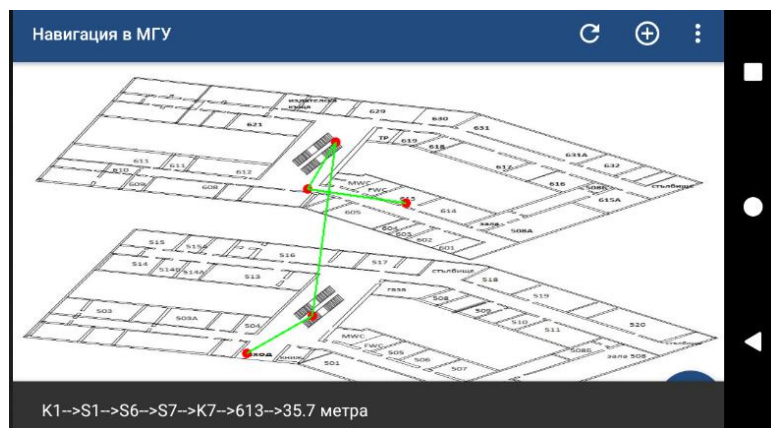
3. **Бутон за сканиране** – приложението предлага на потребителите си сканиране на QR код, като начална точка на определяне на местоположението им. За тази цел на всички зали в разгледаната сграда са поставените допълнителни табели с генерирани QR кодове. Информацията от сканирането се зарежда в информационното поле.

4. **Редактиращо поле (търсачка)** – възможност за въвеждане на крайна точка на маршрут от потребителя. Потребителят има възможност ръчно да въвежда конкретният номер на залата, до която иска да достигне или да потърси в предлаганото списъчно поле.

5. **Списъчно поле** – всичките съществуващи зали, кабинети и лаборатории в разглежданата сграда се извличат от база данни. Направен е допълнителен филтър на списъчното поле, чрез които при въвеждане част от номер на зала, списъчното поле показва само тези, съдържащи тези цифри.

6. **Плаващ бутон** – след сканиране на QR кода и избор на крайна цел, бутонът визуализира картата на сграда, намира най-късия път от текущата позиция до крайната точка чрез прилагане на алгоритъма на Дейкстра и изчертава трасето, по което потребителят трябва да премине (Фиг. 4.14).

В плаваща лента след натискане на бутона, пътя се визуализира и в реални метри.



**Фиг. 4.14** Визуализация на най-кратък път

#### 4.5. Изводи

Информацията в приложението за навигация на студенти и гости в учебната база на Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, гр. София е възможно да бъде представена чрез всеки от разгледаните модели на представяне на данните.

Разработеното мобилно приложение може да послужи за шаблон, върху който да бъдат изградени подобни приложения за различни сгради.

Разработените web и mobile приложения, за целите на дисертационният труд, са на база релационен модел на данните. Причините за това са :

- по-скоро статичен характер на описвания обект - преразпределение на вътрешното пространство, с цел обособяване на нови учебни зали и кабинети, се извършват рядко;

- наличие в съвременните РСУБД на добре развити и достъпни средства за import и export данни от други формати (най-вече XML и JSON) – това би улеснило преминаването към NoSQL при бъдещо допълване на информацията в базата данни;
- разбираемо представяне на данните в таблици;
- висока степен на физическа и логическа независимост на данните;
- богата практика с различни РСУБД.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Съвременните технологии за определяне на местоположение позволяват използването на съвкупност от методи и алгоритми за създаването на софтуерни решения за оптимизиране на маршрути. Тези решения трябва да бъдат съобразни със спецификата и сложността на заобикалящата ни среда и да бъдат представени възможно най-информативно за потребители си. Това предполага внимателен избор на методология на изграждане им.

В рамките на дисертационното изследване са поставени и решени следните задачи:

- ✓ Анализирани са технологиите за позициониране на открито и в затворени помещения;
- ✓ Анализирани са методите за определяне местоположението на обекти и алгоритми за локализация
- ✓ Предложен е вариант за повишаване бързодействието при използване на методи за намиране на най-кратък път;
- ✓ Предложена е съвременна методология за изграждане на компютърни приложения за навигация на закрито;
- ✓ Апробирана е предложената методология.

След решаването на поставените задачи е постигната и целта на изследването, а именно - създаване на методология и апробацията ѝ в компютърни приложения за навигация в затворени помещения.

Основните приноси на дисертационния труд могат да бъдат класифицирани като научно-приложни и приложни приноси.

### **Научно-приложни приноси:**

- Анализирани са технологии за вътрешно и външно позициониране;
- Анализирани са методи за определяне на местоположение и алгоритми за локализация;
- Предложена е методология за изграждане на компютърни приложения за навигация в сграда/и.

### **Приложни приноси:**

- Проведен е експеримент за локализиране на обекти в непозната среда с WI-FI технология;
- Апробация на предложената методология.

### **Перспективи за развитие на дисертационното изследване**

Развитието на информационните технологии налага постоянно следене на новите тенденции в областта и внедряването на нови технологии, с цел усъвършенстване на текущата разработка.

Към момента разработеното мобилно приложение е предназначено само за устройства, използващи Android операционна система, както и хоризонтален (landscape) изглед при стартирането си, тъй като определянето на координатите на местоположението на входовете на залите е статично. Това предполага при вертикален (portrait) изглед да бъдат зададени други координати.

Като бъдещи допълнения към разработката могат да бъдат отбелязани:

***Бъдещо развитие на информационната система:***

- За бъдещо развитие на система е възможно търсенето да се разшири и по други критерии, например по име на преподавател;
- Възможно е вграждане на панел с актуална учебна програма за студентите и предстоящи събития за гостите;
- Възможност за проследяване на заетостта на залите спрямо учебната програма.

***Бъдещо развитие на мобилното приложение:***

- Предоставяне на възможност на потребителите с различни операционни системи да използват мобилното приложение;
- Динамично задаване на координати;
- Възможност за навигация в различни сгради – външна и вътрешна среда едновременно;
- Допълнителни модули към приложението, спрямо спецификата на сградата.



## ПУБЛИКАЦИИ КЪМ ДИСЕРТАЦИЯТА

**Делийска Д.**, (2018) - РАЗВИТИЕ НА ИНФОРМАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ И ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ ЗА НАВИГИРАНЕ В НЕПОЗНАТА СРЕДА, Сборник доклади от научна конференция TechCo– Ловеч, 2018.

**Делийска Д.**, (2019) - МЕТОДИ ЗА ПОЗИЦИОНИРАНЕ НА ОБЕКТИ ВЪВ ВЪНШНА И ВЪТРЕШНА СРЕДА И ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ, Списание „Минно дело и геология“, бр. 2/2019г., стр. 37-40., ISSN 0861-5713, ISSN 2603-4549 (online)

**Deliyska D., Ir. Hristova** (2017), WEB-BASIC SYSTEM FOR NAVIGATION FOR STUDENTS OF UMG, *Journal of Mining and Geological Sciences, Vol. 60, Part IV, Humanitarian and Economics Sciences, 2017, Publishing House “Sv. Ivan Rilski”, ISSN 2535-1206.*

**Deliyska D., N. Yanev** (2018) - IMPROVING DETECTABILITY AND VISUALISATION OF THE WEBSITE OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI", *Journal of Mining and Geological Sciences, Vol.61, Part IV, Humanitarian sciences and Economics, ISSN 2535-1206, p.45-50, 2018.*

Yanev N. ,**D. Deliyska** (2018) - RESPONSIVE DESIGN OF THE WEBSITE OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI" - *International Scientific Conference Computer Science'2018, Greek Kavala, p.137-143*

## Литература, посочена в автореферата на дисертационния труд

1. Владимиров, В., В. Кралев, Сапунджу (2016) - Програмен продукт за работа с графи, Conference: First student and PhD Scientific Session SDSS, At: South-West University "Neofit Rilski", Blagoevgrad, Bulgaria
2. Генчев, Св. (2011) – Локализиране на мобилни работи в непозната среда, Технически университет – София, ФФОЕ
3. Григоров, В. (2017) - Основен преглед на Глобални Навигационни Спътникови Системи(ГНСС), блог - <https://viktorgrigorov.wordpress.com/2017/07/29/основен-преглед-на-глобални-навигаци/> (25.03.2020)
4. Делийска Д. (2018) – Развитие на информационните системи и приложението им за навигиране в непозната среда, Сборник доклади от научна конференция TechCo– Ловеч, стр. 24-28
5. Делийска Д. (2019) – Методи за позициониране на обекти във външна и вътрешна среда и технологии за определяне на местоположение, Списание „Минно дело и геология“, бр. 2/2019г., стр. 37-40., ISSN 0861-5713, ISSN 2603-4549 (online)
6. Делийска, Д., Ир. Христова (2016) – Методически аспекти на обучението по база данни, Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“ – София, Том 59, Свитък IV : Хуманитарни и стопански науки, стр. 117 – 121.
7. Мардироян, Г., Д. Димитров, Йоаннис Манакос (2019)- Наблюдение на Земята от Космоса - учебното помагало, ПРОЕКТ EEOBSS: Education in Earth observation for Bulgarian secondary schools - космически изследвания и технологии – БАН, ISBN 978-619-7490-03-9
8. Колектив на Секцията за българска лексикология и лексикография в Института за български език "Проф. Любомир Андрейчин" при Българската академия на науките (2015) – Речник на българския език, том 14, изд. [АИ- Проф.Марин-Дринов](#), ISBN 9789543225439
9. Райкова, Зл. (2010) - Случайни сигнали при GPS измерване и филтърът на Калман – Геомедия- <https://www.geomedia.bg/%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D0%B7%D0%B8%D1%8F/item/3413> (20.03.2020)
10. Симеонова, Д., Ст. Димитров, Д. Делийска (2016) – Разработване на интернет приложение – web базиран двуезичен речник на минни термини, Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“ – София, Том 59, Свитък IV : Хуманитарни и стопански науки, стр. 112 – 116.
11. Степанов, С. – Графи - <http://synset.com/ai/ru/data/Graphs.html> (12.06.2020)
12. Трифонова М., (2015) - Алгоритми за компютърна графика и използването им за решаване на инженерни задачи, Изд. къща „Св. Иван Рилски“, София, 2015, 108стр., ISBN: 978-954-353-279-7.
13. Янев Н. и др. (2003) – Възможности за приложение на web интерфейси при работа с база данни за минното производство, 50 Годишник Минно-геоложки университет “Св. Иван Рилски”, Годишник, том 46, свитък III, Механизация, електрификация и автоматизация на мините, София

14. Amirisoori, S., Daud, S.M., Ahmad, N.A., Aziz, N.S., Sa'at, N.I., & Noor, N.Q. (2017). *WI-Fi Based Indoor Positioning Using Fingerprinting Methods (KNN Algorithm) in Real Environment*.
15. Aslett, M. (2010) -What we talk about when we talk about NewSQL. 451 Group-  
[https://blogs.the451group.com/information\\_management/2011/04/06/what-we-talk-about-when-we-talk-about-newsq/](https://blogs.the451group.com/information_management/2011/04/06/what-we-talk-about-when-we-talk-about-newsq/) (20.07.2020)
16. Brena, R.F., García-Vázquez, J., Galván-Tejada, C.E., Rodríguez, D.M., Rosales, C.V., & Fangmeyer, J. (2017). *Evolution of Indoor Positioning Technologies: A Survey*. *J. Sensors*, 2017, 2630413:1-2630413:21.
17. Cai, X., Ye, L., & Zhang, Q. (2018)- *Ensemble learning particle swarm optimization for real-time UWB indoor localization*. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2018, 1-15.
18. Chen, J.J., Ou, G., Peng, A., Zheng, L., & Shi, J. (2018) - *An INS/WiFi Indoor Localization System Based on the Weighted Least Squares*. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18.
19. Codd, E. F. (1970) - *A relational model of data for large shared data banks*. - *Communications of the ACM*, 13,6, p. 377–387.
20. Davis, T.A. (2018). *Graph algorithms via SuiteSparse: GraphBLAS: triangle counting and K-truss*. *2018 IEEE High Performance extreme Computing Conference (HPEC)*, 1-6.
21. *DB-Engines Ranking*. (2019) - <https://db-engines.com/en/ranking> (01.08.2020)
22. Dijkstra, E. W. (1959) - "A note on two problems in connexion with graphs", *Numerische Mathematik*. 1: 269–271.
23. Deliyiska, D., Ir. Hristova (2017) - *Web-basic system for navigation for students of UMG, Journal OF THE MINING AND GEOLOGYCAL SCIENCES "ST. IVAN RILSKI"*, Vol. 60, Part IV, *Humanitarian and Economics Sciences, Publishing House "Sv. Ivan Rilski"*, ISSN 2535-1206.
24. Deliyiska D., N. Yanev (2018) - *IMPROVING DETECTABILITY AND VISUALISATION OF THE WEBSITE OF THE UNIVERSITY OF MINING AND GEOLOGY "ST. IVAN RILSKI"*, *Journal of Mining and Geological Sciences*, Vol.61, Part IV, *Humanitarian sciences and Economics*, ISSN 2535-1206, p.45-50.
25. *EDIBON - Technical Teaching and Research Equipment in the field of Engineering* - <https://www.edibon.com/en/pressure-test-module/catalog> (28.01.2020)
26. Faragher, R., & Harle, R.K. (2013). *SmartSLAM - An Efficient Smartphone Indoor Positioning System Exploiting Machine Learning and Opportunistic Sensing*.
27. Koji Terada (JAXA) (2011), *Current Status of Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)*, presentation at the *Munich Navigation Congress*, March 2011.
28. Marcotte, E., (2017) - *RWD Is Not AWD, The Difference Between Responsive and Adaptive Design* –blog - <https://www.mockplus.com/blog/post/difference-between-responsive-and-adaptive> (18.08.2020)
29. Qiao, P., & Zhan, X. (2019). *The diameter and radius of radially maximal graphs*. *arXiv: Combinatorics*.
30. Ramadhan, Z., Siahaan, A.P., & Mesran, M. (2018). *Prim and Floyd-Warshall Comparative Algorithms in Shortest Path Problem*.
31. Sansano-Sansano, E., Montoliu, R., Belmonte, O., & Torres-Sospedra, J. (2019). *Indoor Positioning and Fingerprinting: The R Package ipft*. *R J.*, 11, 67.

32. Sun, Y., Ho, K.C., & Wan, Q. (2019). *Solution and Analysis of TDOA Localization of a Near or Distant Source in Closed Form*. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 67, 320-335.
33. Toh, C. (2002). *Ad hoc mobile wireless networks : protocols and systems*.
34. Yanev, N. (2019) – *Contemporary approaches in storage and data processing*, *Journal of Mining and Geological Sciences*, Volume 62, Number 4, pp. 96
35. Yanev N., D. Deliyanska (2018) – *Responsive design of the website of the University of mining and geology “St. Ivan Rilski”- International Scientific Conference Computer Science’2018*, Greek Kavala, p.137-143
36. Zafari, F., Gkelias, A., & Leung, K.K. (2019). *A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies*. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21, 2568-2599.
37. Zeng, W., & Church, R. (2009). *Finding shortest paths on real road networks: the case for A\**. *International Journal of Geographical Information Science*, 23, 531 - 543.
38. Zheliazkov, G., D. Ivanov (2013) – *Methods and Technologies for Localization of Dynamic and Static Object*. *Institute of Information and Communication Technologies –BAS. Workshop ICT for new materials and nanotechnologies – New Nano INTERNATIONAL CONFERENCE ROBOTICS, AUTOMATION AND MECHATRON I0S0’13 - RAM 2013 October 8-10, 2013, Bankya, Bulgaria*