

# **Navigace v budově**

Navigation inside buildings

Bc. Václav Talhofer

---

Diplomová práce  
2012



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta aplikované informatiky

---

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Václav TALHOFER**  
Osobní číslo: **A10400**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Navigace v budově**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši v oblasti navigace.
2. Analyzujte požadavek na navigaci uvnitř areálu.
3. Navrhněte architekturu systému.
4. Naprogramujte systém pro orientaci v areálu.
5. Navrhněte zobrazení trasy ve 3D modelu.
6. Zhodnoťte výsledky práce.
7. Navrhněte možná rozšíření systému.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BIC PLZEŇ. AntStudio [online]. 2011 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://www.bic.cz/index.php>.
2. ESRI. ESRI ArcMap 9.3.1. 1999-2009.
3. JITKA KRESLÍKOVÁ. Metodika projektového řízení objektově orientovaného vývoje [online]. 2005 [cit. 2012-02-16]. ISBN 1210-9592.
4. JOSEF ŠLAPAL. Matematické struktury v informatice. Brno, 2006.
5. WIKIPEDIE. Virtuální realita [online]. 2011-10-02 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD\\_realita](http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_realita)
6. WIKIPEDIA. Global Positioning System navigation device [online]. 2011-05-20 [cit. 2011-09-16]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_navigation\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_navigation_device)
7. GOOGLE. Mapy Google se Street View [online]. 2010 [cit. 2012-02-16]. Dostupné z: <http://maps.google.cz/intl/cs/help/maps/streetview/>

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Radek Šilhavý, Ph.D.**

Ústav počítačových a komunikačních systémů

Datum zadání diplomové práce:

**24. února 2012**

Termín odevzdání diplomové práce:

**21. května 2012**

Ve Zlíně dne 24. února 2012



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

*děkan*



doc. Mgr. Roman Jašek, Ph.D.

*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Práce ukazuje možnost navigace v budově. Vychází z půdorysů jednotlivých pater budovy, jejích vstupů a rozložení kanceláří a učeben. Aplikace využívá .NET platformy od společnosti Microsoft společně s databázovým serverem Firebird. Systém umožňuje vyhledat nejrychlejší cestu z aktuální polohy dotazovacího místa, na němž uživatel může zadat svůj požadavek, do místa, které bude vyhledáváno. Může se jednat na příklad o kanceláře, posluchárny a další. Cesta je zobrazena na monitoru, případně itinerář se může včetně mapky vytisknout.

Klíčová slova:

navigace v budově, navigace v areálu, navigace 3D

## **ABSTRACT**

The topic of this diploma work is navigation in building or large areas. The navigation can be performed based on plans of each floor and entries to all offices, rooms, classrooms, etc. The application is implemented using .NET platform by Microsoft along with Firebird SQL server. The purpose of the application is to show the shortest path from starting point to the request point, which can be, for example, some room in a building. The path is shown on screen or a navigation itinerary, could be printed out. Both ways include maps with the path shown.

Keywords:

navigation inside building, navigation in the area, 3D navigation

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce, panu Ing. Radeku Šilhavému, Ph.D., za rady a korekce v průběhu práce. Jeho přínos zlepšil kvalitu celku a pomohl ke zdárnému dokončení.

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně dne 21.5.2012

.....

podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>9</b>
<b>1 NAVIGACE</b> .....	<b>10</b>
1.1 KATEGORIZACE NAVIGAČNÍCH SYSTÉMŮ .....	11
1.1.1 Kategorizace navigačních systémů podle způsobu užití .....	11
1.1.2 Kategorizace navigačních systémů podle dat .....	13
1.2 DOSTUPNÁ ŘEŠENÍ VE DVOU ROZMĚRECH .....	15
1.3 VYTVÁŘENÍ ITINERÁŘE .....	17
Záznam itineráře .....	23
1.4 TROJROZMĚRNÁ ŘEŠENÍ .....	23
<b>2 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ NAVIGACE V AREÁLECH</b> .....	<b>27</b>
2.1 POŽADAVKY NA NAVIGACI V BUDOVÁCH .....	27
2.2 REFERENČNÍ BUDOVA .....	28
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>31</b>
<b>3 IMPLEMENTACE SYSTÉMU A JEHO VLASTNOSTI</b> .....	<b>32</b>
3.1 NÁVRH PROGRAMU A DATABÁZE .....	32
3.2 PŘÍPRAVA PODKLADŮ PRO VYHLEDÁVÁNÍ.....	37
3.3 ROZŠÍŘENÍ DATABÁZE .....	38
3.4 VYBRANÝ ALGORITMUS A JEHO UKÁZKA .....	39
3.5 VÝPIS ITINERÁŘE A VYKRESLENÍ MAPY .....	40
3.6 UKÁZKY APLIKACE A 3D ZOBRAZENÍ .....	41
3.7 PROVOZNÍ A EKONOMICKÉ KALKULACE .....	47
<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ</b> .....	<b>50</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>51</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>53</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>55</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>56</b>

## ÚVOD

V současné době se staví nebo adaptují prostorově rozsáhlé areály s budovami, které mohou mít různou funkci. Jedná se zejména o veřejně přístupná místa, ve kterých se návštěvník někdy těžko orientuje. Ke zlepšení služeb se vytváří prostorové informační systémy založené na informačních tabulích. Tyto systémy jsou užitečnými pomocníky při orientaci. Přestože mají nesporné klady, existují také nevýhody s nimi spojené. Tou největší je nemožnost vyhledání určité místnosti nebo člověka v komplexu podle parametrů. Toto nevýhodu je možné eliminovat vytvořením elektronického prostorového informačního systému s možností řešit i navigaci uvnitř areálů.

Tato práce shrnuje vlastnosti současných orientačních systémů a detailně se zaměřuje právě na vytvoření elektronického prostorového informačního systému a na elektronickou navigaci v budovách a areálech včetně nástinu budoucích rozšíření jejich možnosti.

Cílem diplomové práce je vytvoření funkční navigace pro budovy a areály s možností integrace do informačního systému. V navigaci bude možnost vyhledávat osoby a místa podle zadaných parametrů. Výstupem bude zobrazení nejrychlejší trasy na monitoru počítače a v případě zájmu vytištění této trasy s jejím itinerářem na list papíru, podle kterého bude možná orientace až do cílového místa. Za volitelnou část lze pokládat možnost zobrazení 3D pohledu na celou trasu cesty.

Práce se v první kapitole zabývá shrnutím poznatků o aktuálních možnostech navigace v areálu a v mapách a to jak ve dvou i třech rozměrech. Následují kapitoly zabývající se návrhem nového systému navigace, vytvořením jeho podkladů a samotné implementace. Zhodnocení dosažených výsledků a pohled na reálné rozšíření celého systému je v závěrečné kapitole.

Motivace k práci je vytvoření funkčního systému, který zvládne dovézt návštěvníka areálu od jeho aktuální pozice do cíle jeho cesty.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 NAVIGACE

Tato kapitola obsahuje shrnutí poznatků o navigačních systémech a jejich vlastnostech. Zabývá se navigacemi používanými v geografických informačních systémech, navigačními systémy do automobilů a dalšími podobnými systémy.

Podle ([6]) je navigace souhrnný název pro postupy, jimiž lze kdekoliv na zeměkouli, moři či obecně v nějakém prostoru (ještě obecněji v nějaké situaci) stanovit svou polohu (nebo polohu jiného přemísťovaného objektu) a nalézt cestu, která je podle zvolených kritérií nejvhodnější (na příklad nejrychlejší, nejkratší atd.). Navigace může být prováděna na příklad:

- osobním dorozumíváním (osoba zná místa, průvodce)
- pomocí orientačního značení (dopravní značení, turistické značení, označování ulic, označování domů, vlastní značení atd.)
- srovnávací navigací – porovnávání terénu a mapy
- terestricky pomocí kompasu (magnetický nebo gyroskopický), logu, hloubkoměru, námořní mapy
- astronomicky pomocí polohy slunce, Měsíce a hvězd - pomocí sextantu, kompasu a hodin
- radionavigačními přístroji - pomocí radiomajáků (NDB, VOR), měřiče vzdálenosti DME a radiokompasu
- pozemním navigačním systémem - např. LORAN, OMEGA
- družicovým navigačním systémem - např. GPS, GLONASS, Galileo

K tomu, aby byla navigace možná, je zpravidla nutné mít k dispozici zpracovanou podkladovou situaci (plán, schéma, mapa, orientovaný graf apod.) a dále je nutné mít nástroje pro práci s tímto podkladem (znalosti z topografie, programové vybavení atp.). Protože další text není orientován na topografickou orientaci podle map, ale je orientován k řešení problémů navigace s využitím informačních technologií, je možné definovat pojem navigační systém jako systém, který je určen k vyhledávání cest v digitálních modelech prostorových komunikačních systémů, ve kterých jsou zabezpečeny odpovídající topologické relace. Navigační systém je potom zpravidla tvořen:

- prostorovými daty,
- programovým systémem pro editaci, správu a prezentaci dat,
- aplikačním programovým vybavením pro řešení navigačních úloh,
- technickým vybavením,
- uživateli.

## 1.1 Kategorizace navigačních systémů

Navigační systémy se v dnešní době využívají v mnoha odvětvích. Nejčastěji jsou používány pro navigaci pohybujících se objektů na zemském povrchu nebo ve vzduchu, kde pomáhají řídit leteckou a lodní dopravu, usnadňují jízdu autem nebo jiným dopravním prostředkem, umožňují řídit inteligentní roboty a využití mají také pro armádu.

Navigační systémy můžeme rozdělit podle různých kritérií, na příklad:

- podle způsobu užití
- podle dat

### 1.1.1 Kategorizace navigačních systémů podle způsobu užití

Podle způsobu užití je možné navigační systémy dělit na:

- aplikace pro navigaci v geografických informačních systémech
- webové aplikace
- systémy pro přenosná zařízení
- jednoúčelové systémy vytvořené na míru

V rámci programových systémů pro geoinformační technologie, na příklad ArcGIS ([12]), jsou využívány nástroje pro vyhledávání cest v topologicky korektní databázi liniových dat (nástroj Network Analyst). Cesty lze vyhledávat podle zadaných požadavků, jako na příklad nejkratší cesta, cesta s nejmenšími náklady, jako je čas, hustota provozu apod. V systému lze dále definovat nepřístupná místa, jako jsou málo únosné mosty, nízké podjezdy nebo úzké průjezdy. Nalezená trasa je popsána itinerářem. Uvedený systém však není určen pro navigaci přímo v prostoru, protože není propojen se zařízením poskytujícím okamžitou polohu. Systémy podobné jako ArcGIS nejsou primárně určené pro široké



Positioning System) dala základní navigační software zdarma. Rozdíl mezi jednotlivými zařízeními je v rychlosti výpočtu trasy, v kvalitě mapových podkladů včetně možnosti turistických a jiným map a také v ceně. Pro navigační systémy používané v automobilech se stalo standardem přijímat takzvaný RDS-TMC (Radio Data System – Traffic Message Channel) signál s dopravními informacemi a využít takto získané informace pro přepočítání trasy.



Obrázek 1-2 Ukázka přenosných navigačních zařízení ([6])

Zástupcem jednoúčelových navigačních zařízení je jednoduchý GPS přijímač, který pouze zobrazuje svoji polohu, azimut, nadmořskou výšku a někdy obsahuje zjednodušené mapové podklady. Mnohdy slouží pouze pro lepší orientaci v terénu. Příkladem takovýchto řešení je eTrex H od firmy Garmin ([5]).

### 1.1.2 Kategorizace navigačních systémů podle dat

Předpokladem řešení všech navigačních úloh jsou topologicky korektní vektorová data. Podle způsobu práce s těmito daty je možné navigační systémy dělit na:

- pracující s již vytvořenou topologií
- vytvářející si topologii v průběhu procesu

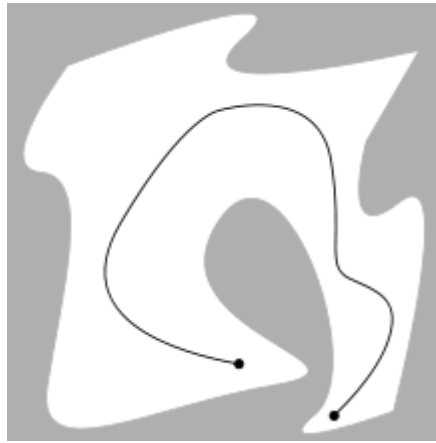
S již vytvořenou topologií pracují na příklad roboti, kteří automaticky uklízí, rozvážejí jídlo, pítí, případně plní další funkce jako pomocníci nejen v domácnosti. Datové modely, které jsou podkladem pro řešení navigačních úloh, a následnému řízení pohybu robotů, mají v sobě topologii již předem vytvořenou nahranou nebo si ji vytvářejí až v rámci řešené úlohy. V rámci pohybu robot má neustálý přehled o své aktuální poloze. Mnozí roboti mají velice dobře propracovanou navigační strategii. Kognitivní mapování umožnilo plánování a využití aktuálního vjemu k činnosti robota na základě akce a reakce. Pro každý vjem se uložila akce, která se po jeho výskytu provede. Na příklad po nárazu do zdi zastav a otoč se o 90°.

Interní reprezentace mapy může být metrická nebo topologická. Metrická soustava je pro člověka přirozenější a uvažujeme o ní jako o dvourozměrném prostoru, ve kterém jsou umístěny objekty v přesně daných pozicích. Topologická reprezentace obsahuje pouze místa a relace mezi nimi. Mapou je poté graf, ve kterém uzly reprezentují místa a hrany cesty.

K reprezentaci map slouží tři základní metody:

- volné mapy (free space maps)
- prostorové grafy
- Voronojovy diagramy
- všeobecné Voronojovy diagramy
- objektové mapy
- kombinované mapy
- mřížka bodů
- mřížka oblastí
- stromy

Příkladem navigace, která si vytváří topologii podle procesu je právě robot, který je schopen se naučit plochu, na které se má pohybovat a poté si vypočítá i jednotlivé trajektorie pohybu, viz obrázek (Obrázek 1-3).

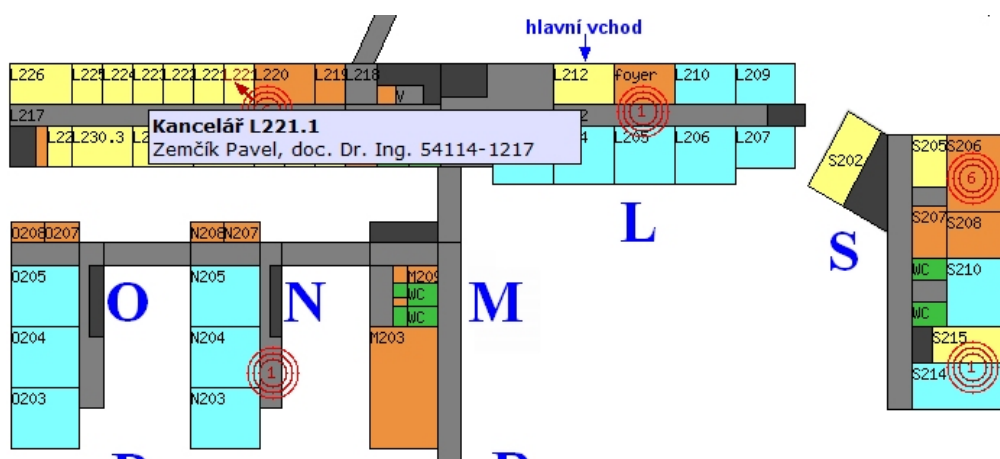


Obrázek 1-3 Ukázka plochy a výpočtu trajektorie pohybu robota ([6])

## 1.2 Dostupná řešení ve dvou rozměrech

Dvourozměrných systémů orientačního značení je mnoho. Nejvíce rozšířeny jsou orientační cedule uvnitř budov, na kterých jsou informace o umístění firem či osob v budově nebo areálu.

Některé společnosti nebo školy umísťují na svých webových stránkách plánky dislokace svých prostor, k nimž někdy připojují parametrické vyhledávací funkce. Pro ukázkou slouží systém vytvořen na Fakultě informačních technologií v Brně. Po nalezení požadované informace je možné si plánek vytisknout nebo zapamatovat. Příklad takového plánu nalézáje uveden na následujícím obrázku (Obrázek 1-4).



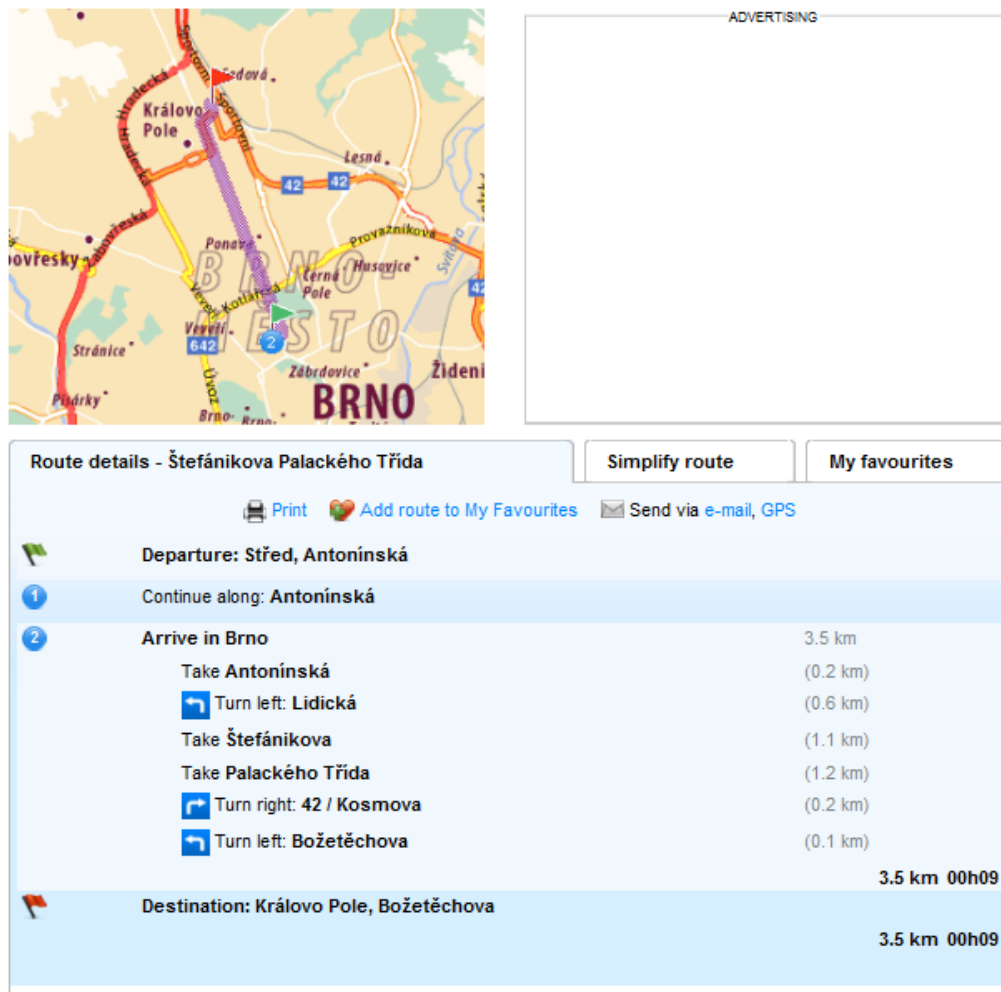
Obrázek 1-4 Zobrazení hledané osoby na internetu

Přestože plánec zobrazuje důležité informace, jako jsou písmena budov, hlavní vchod, číslo a umístění kanceláře, stále v něm scházejí podrobnější informace pro nalezení cesty. Dle čísla kanceláře, L221, je možné se domnívat, že osoba sedí v budově L v kanceláři s číslem 221. Z čísla kanceláře je možné usoudit, že se bude nejspíše jednat o druhé patro. Nikde ale není na plánu vyznačena cesta, kudy se tam dá dostat. Takováto informace by mohla být velice užitečná a zkrátila by mnohým příchozím hledání cesty areálem.

Dalším zástupcem dvourozměrné navigace jsou vyhledávače tras v mapách, které jsou dostupné jak v online, tak offline verzi. Příklady online verzí je celosvětový vyhledávač Google maps ([7]) nebo ViaMichelin ([14]). Vyhledávač v Google Maps umožňuje uživateli vyhledávat trasy po celém světě. Ve větších městech dokáže zobrazit restaurace, zastávky městské hromadné dopravy, nemocnice a další body zájmu. Při vyhledávání trasy je možné volit z několika režimů vyhledávání:

- autem
- veřejnou dopravou
- pěšky
- nebo na kole

Vyhledaná trasa je pro uživatele popsána itinerářem. Díky tomu je systém vyhledávání použitelný pro více skupin lidí. Na obrázku (Obrázek 1-5) je ukázka itineráře zpracovaného na serveru Via Michelin. Itinerář obsahuje náhled na mapu s vyznačenou trasou, zvýrazněný počáteční a cílový bod a také textový popis vyhledané trasy doplněný popisky a obrázky akcí jako zatočte vlevo, vpravo. Celý itinerář je možné vytisknout a použít při samotné reálné cestě.



Obrázek 1-5 Zobrazení itineráře ([14])

Ve dvou rozměrech lze nalézt i další řešení, ale jedná se většinou o obměnu již zde zmíněných, proto je zde neuvádím.

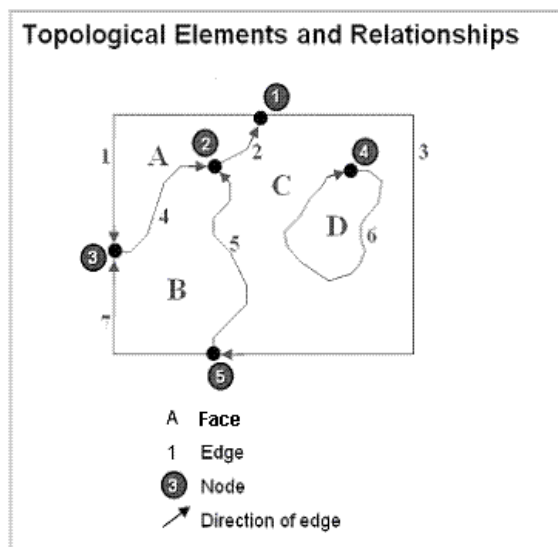
### 1.3 Vytváření itineráře

Předpokladem vytvoření navigačního itineráře je existence datového modelu tvořeného především liniovými prvky, který je topologicky korektní.

#### Topologické relace

Datový model s topologickými vztahy vychází z teorie grafů. Model popisuje danou skutečnost, přičemž topologickými relacemi modeluje souvislosti (návaznost objektů, jejich sousednost, překrytí apod.). Tím potom umožňuje prostorové analýzy, například

i řešení navigačních úloh. Jako vedlejší efekt topologických vztahů je i to, že tyto vztahy umožňují i kontrolu ukládaných dat. Z hlediska prostorových dat jsou v topologii geometrickými elementy body, čáry a polygony, jak je zřejmé z následujícího obrázku (Obrázek 1-6).



Obrázek 1-6 Topologické elementy a jejich vztahy ([12])

V rámci vytváření prostorových databází geografických informačních systémů jsou postupně odvozovány čtyři topologické úrovně:

- úroveň 0 – takzvané „špagety“ (Spaghetti),
- úroveň 1 - *zřetěžené uzly* (Chain Node),
- úroveň 2 - *rovinný graf* (Planar Graph),
- úroveň 3 - *plná topologie* (Full Topology).

Různé topologické úrovně vektorových dat umožňují zvolit takové vyjádření topologických vztahů, které odpovídá složitosti, úplnosti a konzistenci prostorových dat.

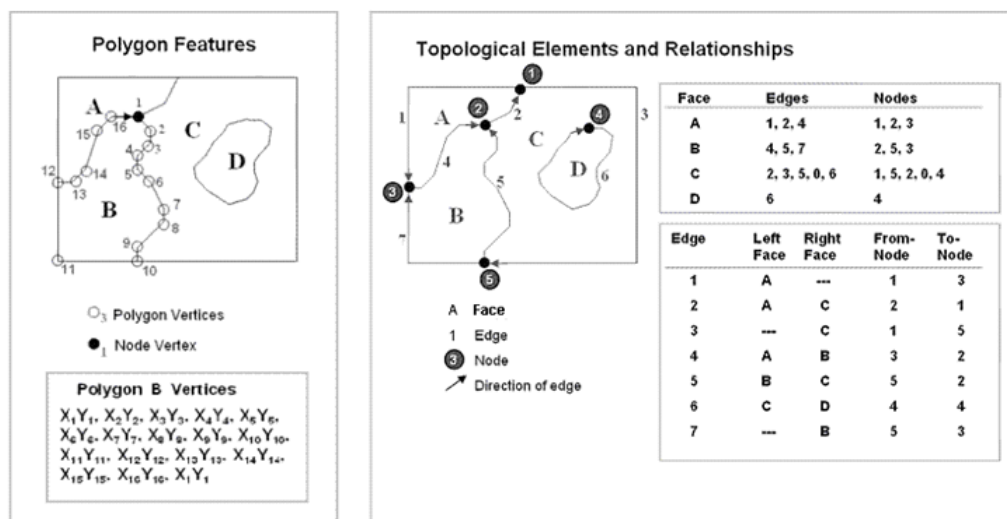
Topologická úroveň 0 nepopisuje žádné topologické vztahy mezi primitivními entitami, které jsou zpravidla výsledkem prvotní digitalizace podkladové prostorové situace (zde například plánu areálu).

V topologické úrovni 1 je zahrnut topologický vztah mezi uzly a hranami, kdy každá hrana musí začínat i končit uzlem. Hrany se přitom mohou navzájem protínat v libovolném místě. Tato úroveň je užitečná pro popis a analýzu souvislosti.

V topologické úrovni 2 se smějí hrany protínat pouze v uzlech. To umožňuje odvodit a pracovat se vztahem sousednosti, přestože není přímo obsažen v této struktuře dat.

U topologické úrovně 3 je navíc zařazena topologická entita „stěna“. V této úrovni je možno popsat topologické relace stěna - stěna i stěna - uzel. Přímou jsou tak zahrnuty vztahy sousednosti a topologické vlastnosti "levo- (pravo-) stranná stěna" a "uzel obsažený ve stěně".

Topologické vztahy jsou ukládány do prostorových databází systémem, který ilustruje následující obrázek opět převzatý z ([12]):



Obrázek 1-7 Záznam topologických relací v prostorové databázi ([12])

V prostorových databázích jsou kromě topologických relací ukládány i vlastnosti hran, jimiž mohou být jak jejich délka, tak i jiné parametry, například průměrná rychlost, nejvyšší dovolené zatížení, maximální úroveň hluku atd. Uvedené parametry jsou potom využívány v síťových analýzách.

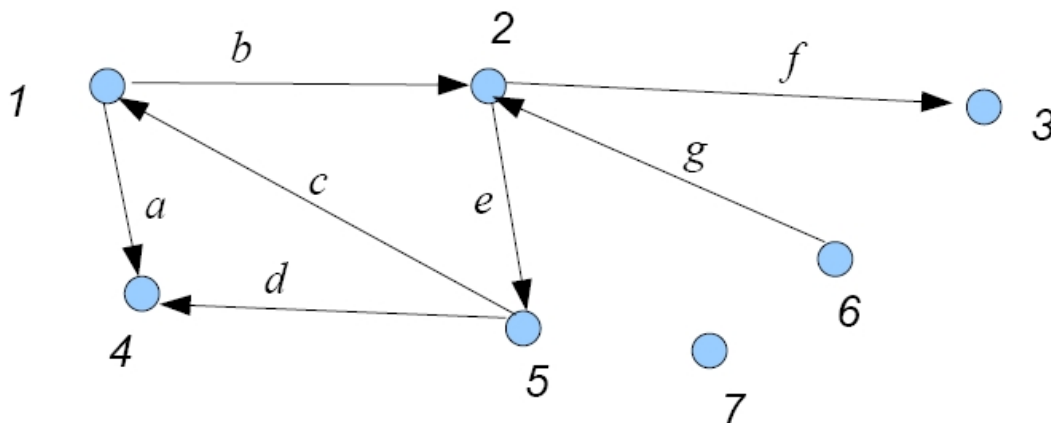
### Síťová analýza

Síťová analýza v rámci prostorových databází je určena především k hledání optimální cesty podle zadaných vstupních podmínek (např. nejkratší, nejrychlejší, nejlevnější atd.).

Lze ji však použít i pro podobné úlohy, jako je například hledání nejbližší servisní stanice (například nejbližší stanice záchranné služby při lokalizaci dopravní nehody) nebo pro hledání plochy obslužnosti (například vyhledání všech míst dostupných z jedné stanice hasičů ve vzdálenosti do 50 km). Matematickým základem síťové analýzy je použití vhodného algoritmu hledání cesty grafem.

Pro vyhledání cesty grafem existuje několik různých algoritmů ([9]). Všechny vycházejí z ohodnocených hran grafu. Obecně hodnotou ohodnocené hrany může být jakákoliv vhodná veličina, například její délka, čas na její překonání, průměrná rychlost atd. Dále se pracuje s pojmy orientovaný graf a cesta.

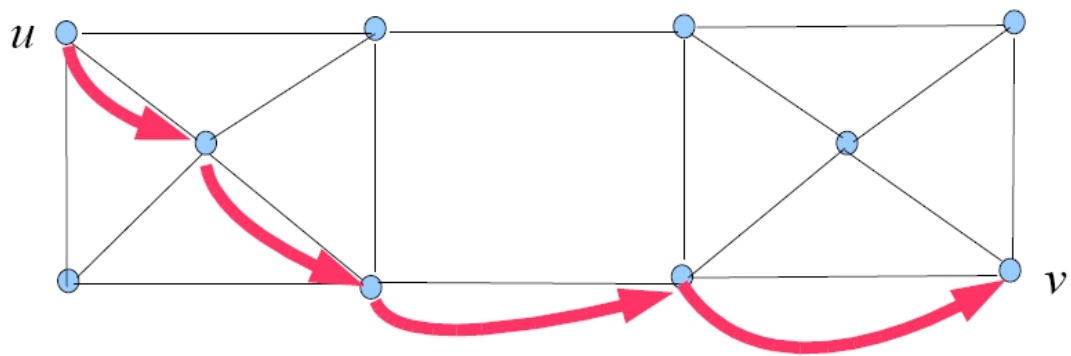
**Orientovaný graf** je dvojice  $G = (U, H)$ , kde  $U$  je konečná množina vrcholů nebo uzlů a  $H = \{(u, v) : u, v \in U \wedge u \neq v\}$  je konečná množina orientovaných hran.



Obrázek 1-8 Orientovaný graf

Cesta orientovaným grafem je posloupnost uzlů a hran, ve které se každá vybraná hrana a uzel vyskytuje právě jednou. Pro minimální cestu platí, že součet hodnot všech ohodnocených hran, které jsou v cestě, je minimální. Pro řešení minimální cesty se používá několik algoritmů, z nichž častými jsou:

- Dijkstrův algoritmus
- Floyd-Warshallův algoritmus
- Primův algoritmus



Obrázek 1-9 Cesta grafem

### Dijkstrův algoritmus

Dijkstrův algoritmus nalezne nejkratší cestu v orientovaném grafu  $G$  s nezáporně ohodnocenými hranami. Množina  $V$  je množinou všech vrchů grafu  $G$  a množina  $E$  obsahuje všechny hrany grafu  $G$ .

Algoritmus si pamatuje pro každý vrchol  $v$  z  $V$  délku nejkratší cesty. Tuto délku označme jako  $d[v]$  s počáteční hodnotou v nekonečno, protože neznáme délku cesty. Počáteční vrchol má hodnotu  $d[s]=0$ . Dále pracujeme se dvěma množinami,  $M1$  ve kterých jsou již navštívené uzly a  $M2$  s uzly nenavštívenými. Algoritmus pracuje v cyklu tak dlouho, dokud nejsou všechny vrcholy navštíveny. V každém cyklu se přidá vrchol do navštívených a to takový, který má nejmenší  $d[v]$  ze všech vrcholů  $v$  z množiny  $M2$ .

Po skončení algoritmu mají všechny vrcholy uloženy nejkratší cesty od počátečního vrcholu  $s$  v proměnné  $d[v]$ .

#### Pseudokód

```

pro každý vrchol  $v$  z  $V$ 
   $d[v] = \text{nekonečno}$ 
   $p[v] = \text{nedefinováno}$ 
 $d[s] = 0$ 
 $M2 = V$ 
dokud  $M2$  není prázdné
   $u = \min(V)$ 
  pro každého souseda  $v$  uzlu  $u$ 
     $pom = d[u] + \text{délka}(u,v)$ 

```

```

pokud pom < d[v]
    d[v] = pom
    p[v] = u

```

### Floyd-Warshallův algoritmus

Floyd-Warshallův algoritmus nalezne nejkratší cestu v orientovaném grafu s ohodnocenými hranami. Výpočet nejkratší cesty mezi všemi dvojicemi vrcholů proběhne v jednom průchodu.

Algoritmus porovnává všechny možné cesty grafu mezi všemi dvojicemi vrcholů. Postupně vylepšuje tento odhad do té doby, než je zřejmé, že odhad je optimální.

Mějme graf  $G$  s vrcholy  $V$  očíslovanými od 1 do  $N$  a funkci  $Cesta(a,b,c)$ , která vrací nejkratší cestu z  $a$  do  $b$  a prochází vrcholy 1 až  $k$ . S využitím této funkce zjistíme nejkratší cesty mezi všemi dvojicemi  $a$  a  $b$  s použitím mezivrcholů 1 až  $k+1$ .

Nejkratší cestou může být cesta množinou vrcholů  $(1..k)$  nebo cesta jdoucí z  $a$  do  $k+1$  a z  $k+1$  do  $b$ , která je kratší, než ta stávající. Cesta procházejícím vrcholem  $k+1$  se vypočítá jako součet cesty z vrcholu  $a$  do  $k+1$  a cesty z vrcholu  $k+1$  do  $b$ .

Algoritmus vypočte  $Cesta(a,b,0)$ , pro všechny dvojice  $a$  a  $b$ , potom pro všechny dvojice spočte  $Cesta(a,b,1)$  a tak dále, až dosáhne  $k = N$ .

### Pseudokód

```

vytvoříme dvojrozměrné pole cesta[][]
funkce CenaHrany(a,b) vrací cenu hrany z a do b
samotná procedura prochází všechny vrcholy od 1 do N
    pro každé (a,b) z (1..N)
        cesta[a][b] = min(cesta[a][b], cesta[a][k+1]+cesta[k+1][b])

```

### Primův algoritmus

Primův, neboli také Jarníkův algoritmus hledá minimální kostru ohodnoceného grafu. Najde takovou podmnožinu hran grafu, která tvoří strom obsahující všechny vrcholy původního grafu a jejichž součet je minimální.

Mějme ohodnocený graf  $G=(V,E)$ . Vybere se počáteční vrchol  $v$ . Dokud nejsou vybrány všechny vrcholy grafu, vybírá se hrana  $(u,v)$  z  $E$  s minimální cenou tak, že  $u$  již je vybrán a  $v$  nikoliv. Po výběru všech vrcholů dostaneme minimální kostru grafu.

**Pseudokód**

```
vytvoř seznam S
pro každý vrchol u
    vzdálenost[u] přiřaď nekonečno
    předek [u] přiřaď null
    ulož seznam (S,u)
vzdálenost [s] přiřaď nula
dokud není seznam S prázdný
    do u ulož minimální z S
    pro každý vrchol v sousedící s u
        pokud seznam S obsahuje v a vzdálenost[v] > váha[u,v]
            vzdálenost [v] přiřaď váha[u,v]
            předek [v] přiřaď u
```

**Záznam itineráře**

Výsledkem všech algoritmů je výčet hran a uzlů, které vytváří požadovanou cestu. Vypočtená cesta se všemi zjištěnými je zaznamenána v databázi. Uživatelským výstupem z uvedené databáze je itinerář, tedy podrobný popis celé trasy tak, jak je například popsána na obrázku (viz. Obrázek 1-5).

**1.4 Trojrozměrná řešení**

Velmi zajímavým řešením orientace po areálu je jeho trojrozměrná reprezentace. Jak je vidět na obrázku (Obrázek 1-10), z ptačí perspektivy vyniknou přesné polohy budov a tím je orientace v areálu snazší. Tato možnost prezentace areálu pro návštěvníka byla zvolena společností BIC Plzeň ([3]). Pokud však budou systém používat lidé, kteří nemají prostorovou představivost, mohou mít s vlastní orientací potíže. Problém je také zobrazení průchodu budovou. Na závěr se dá říci, že toto zobrazení je velmi vhodné pro orientaci venku, ale uvnitř budov se více uplatní jiný styl navigace. Tento systém zde nachází své místo, protože zastupuje jednoduché zobrazení areálu ve třech rozměrech.



Obrázek 1-10 3D plán areálu ([1])

Za jiný přístup se dá považovat zobrazení, které používá na příklad magistrát hlavního města Prahy ([1]). Na svých internetových stránkách vystavil kompletní průchod budovou, ve které sídlí. Návštěvník má možnost projít budovu ještě před samotnou fyzickou návštěvou.



Obrázek 1-11 Pohled na kancelář na magistrátu hlavního města Prahy ([1])

Toto řešení se velmi blíží virtuální realitě (VR). Technologie virtuální reality umožňuje uživateli ovlivňovat simulované prostředí a vytváří iluzi skutečného nebo fiktivního světa. Vzhledem k technické náročnosti tvorby věrně vypadající virtuální realitě je její použití omezené. Zatím se využívá spojení specializovaných brýlí a rukavic. Brýle jsou schopny do každého oka zobrazit obraz scény z jiného úhlu a tím v mozku uživatele vytvářet prostorový stereoskopický vjem jako věrohodný 3D obraz ([15]). To, co má být v pozadí scény, vnímáme skutečně vzadu. Rukavice slouží k simulování hmatového vnímání na prstech ruky.



Obrázek 1-12 Pohled na místnost zpracovanou ve VR

Inovativním řešením je rozšíření klasických map o prostorové vizualizace ulic, takzvaný *Street View* společnosti Google Inc. ([8]), které je dostupné jako webová mapová služba. Služba uživatelům poskytuje panoramatické zobrazení ulic horizontálně v rozsahu 360° a vertikálně 290°. Obrázky se získávají pomocí speciálních kamer a fotoaparátů a přiřazuje se ke každému z nich konkrétní GPS pozice bodu, ze kterého je daná skupina obrázků snímána. Pořízené snímky se seskupí, aby vytvořili 360° panorama. Poté se postupně načítají podle polohy virtuálního člověka na mapě.



Technici společnosti Google sestavují fotoaparáty na střeše původní dodávky Street View



První generace dodávky Street View



Auto Street View projíždí krajinou



Technik Dan Ratner jede na Triku přímo před komplexem společnosti Google

Obrázek 1-13 Získávání snímků pro Google Street View ([8])



Obrázek 1-14 Pohled na ulici pomocí Google Street View ([8])

## 2 MOŽNOSTI ŘEŠENÍ NAVIGACE V AREÁLECH

Současné navigační systémy v budovách a rozsáhlých areálech jsou založeny zejména na statických systémech využívajících dvojrozměrné nebo, méně často, i trojrozměrná zobrazení ve formě plánek, informačních tabulí, šipek apod. Obdobně jsou řešeny systémy publikované na webových stránkách organizací, které v rozsáhlých areálech sídlí. V následujícím textu jsou prezentována typická současná řešení jak pro dvojrozměrné, tak i pro trojrozměrné prostorové informace.

### 2.1 Požadavky na navigaci v budovách

Vzhledem ke stále většímu využívání počítačů a informačních technologií v každodenním životě jsem se rozhodl zaměřit téma diplomové práce na vytvoření navigace po jednoduchých i složitých areálech s možností vyhledávání cesty dle zadaných parametrů. Navržený systém je funkční jak samostatně, tak i ve spojení se současným systémem orientace a tím umožňuje všem návštěvníkům areálu se dostat bez problému a co nejrychleji na místa jejich jednání, do učeben a dalších potřebných míst, které areál může nabízet.

Současné technické i programové prostředky umožňují vytvářet interaktivní navigační systémy, které jsou použitelné jak v jednotlivých budovách, tak v rozsáhlých areálech. Tato práce se zabývá návrhem a realizací jednoho takového systému. Návrh vycházel z následujících podmínek:

- systém umožní vyhledat osobu a její pracoviště na kontaktním místě areálu
- systém vyhledá nejkratší cestu z kontaktního místa, ze kterého byl zadán dotaz, na pracoviště hledané osoby
- systém přehledně vypíše navrženou trasu včetně použití schodů, výtahu, lávek a dalších přechodů mezi patry či budovami
- navržená cesta bude vizualizovaná ve 2D zobrazení s volbou možnosti vizualizace i ve 3D zobrazení
- systém umožní navrženou trasu vytisknout

Při vlastním řešení systému byl použit následující postup:

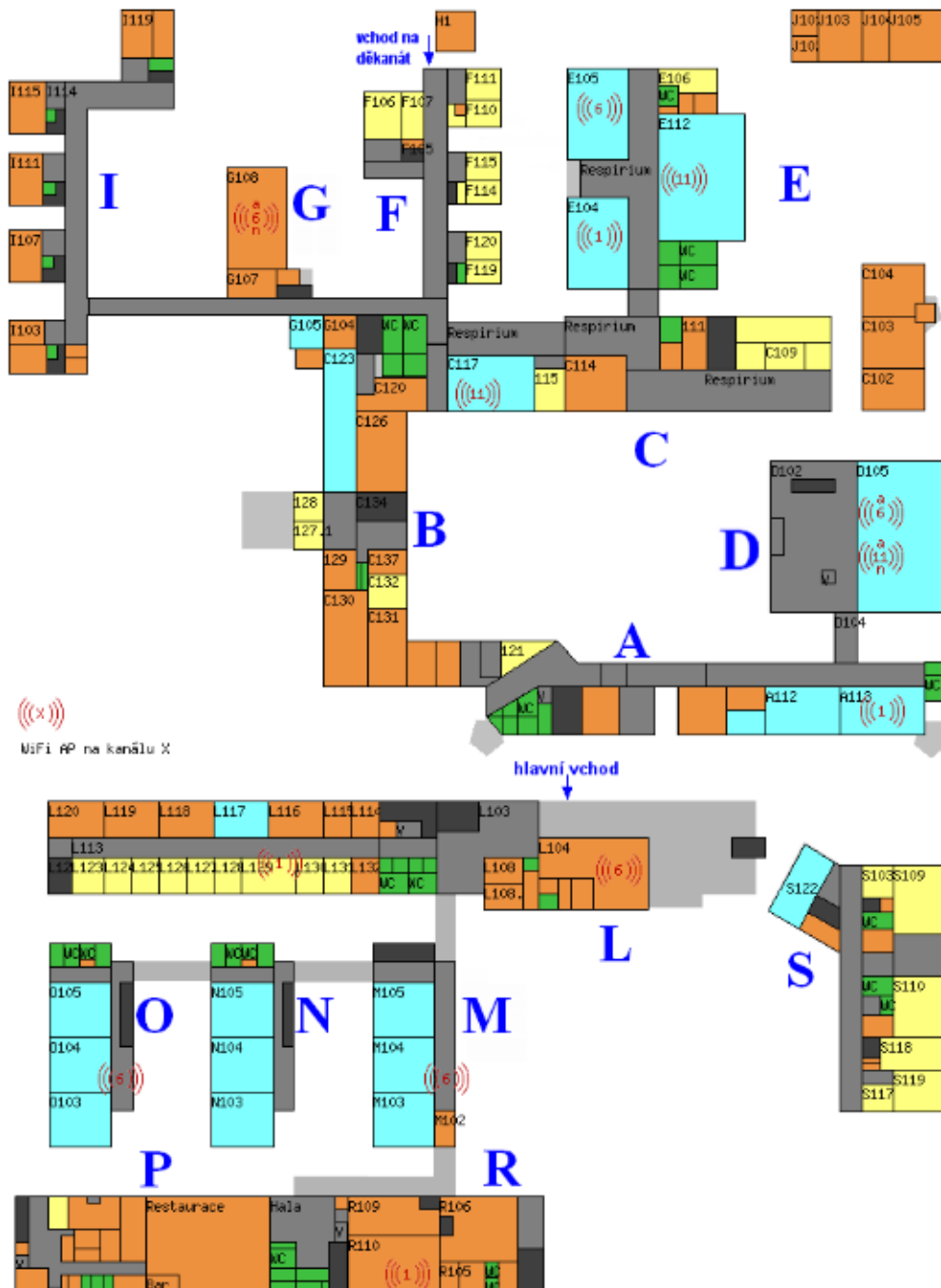
- výběr vhodného algoritmu pro hledání cesty
- ověření vybraného algoritmu na modelové budově
- programové řešení systému a jeho propojení s databází informačního systému školy
- verifikace řešení v praxi
- ekonomické kalkulace pro zavedení systému

Z poznatků získaných ve druhé kapitole vychází, že pro reprezentaci kanceláří a učeben v areálech je vhodné použít kombinovanou mapu, ve které budou místnosti a průchozí body prezentovány uzly a jednotlivé cesty mezi nimi ohodnocenými hranami. Z takto vytvořeného grafu se poté sestaví matice, ve které budou uloženy všechny relace a v níž se bude vyhledávat nejkratší možná cesta z počátečního do koncového bodu. Při zakreslování cesty do mapy se zároveň bude vypisovat itinerář s jednotlivými poznámkami a šipkami. Itinerář může mít strukturu podobnou výstupu z webového vyhledávače tras Via Michelin či podobných. V případě přesného zaměření jednotlivých průchozích bodů a místností a získání délek v měrných jednotkách je možné vypisovat také přesnou vzdálenost od počátku do konce.

## 2.2 Referenční budova

V návaznosti na znalost lidí a přístupu k materiálům a také vazeb na Fakultu informačních technologií vysokého učení technického v Brně byl vybrán pro testování právě tento areál. Vzhledem k jeho rozsahu je vhodné vybrat jednu budovu jako referenční a ukázat na ní funkčnost celého algoritmu a samotné navigace. Jako referenční budova pro ověření funkčnosti řešení systému byla vybrána budova L. Jedná se o jednoduchou budovu kvádrového tvaru, o čtyřech podlažích, na kterých se nacházejí jak kancelářské prostory, tak laboratoře. Pro pohyb mezi jednotlivými podlažími se používá výtah nebo schodiště. Budova má půdorys ve tvaru obdélníka a vstupuje se do ní jedním hlavním vchodem a zároveň jediným přístupným pro veřejnost. Tento vchod, respektive vrátnice umístěná za ním, bude v systému označen jako výchozí bod a veškerá navigace bude plánována právě z něj. Systém zároveň umí změnit počáteční bod do jakékoliv kanceláře a cestu plánovat z takto zadaného bodu. Zpracován je kompletní areál Fakulty informačních

technologií v Brně, který se nachází na adrese Božetěchova 1 a 2. Mapa celého areálu je na následujícím obrázku (Obrázek 2-1).



Obrázek 2-1 Náhled na areál FIT

Předpokládané řešení celého systému navigace v budovách Fakulty informačních technologií v Brně je zvládnutí vyhledání nejkratší cesty mezi všemi obývanými místnostmi, vykreslení přehledné mapy včetně nalezené cesty a výpis itineráře.

Vhodnými prostředky pro tvorbu systému jsou programy, které jsou k dispozici zdarma, případně poskytované výrobcem jako autorizovaný software s multilicencí pro všechny studenty fakulty. U těchto prostředků se nemusí řešit nedodržení autorských zákonů.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 IMPLEMENTACE SYSTÉMU A JEHO VLASTNOSTI

Předcházející kapitola se zabývala kompletním návrhem programu. Popis jednotlivých kroků pro realizaci systému se nachází v této části.

Po získání vstupních parametrů od uživatele systému je postup následující:

- z databáze se vyčtou informace o poloze místnosti v rámci areálu (v případě člověka se najde poloha jeho kanceláře)
- z vytvořené tabulky mapování se postupně získává nejkratší cesta od počátečního bodu systému po vyhledávanou místnost a zároveň se ukládají souřadnice průchozích bodů
- po nalezení nejkratší cesty se zobrazí půdorysy s vykreslenou cestou a vypíše se itinerář trasy

Správnost nejrychlejší cesty je ovlivněna zpracováním databázové tabulky mapování.

#### 3.1 Návrh programu a databáze

Při návrhu navigačního systému v budově byly využity následující nástroje:

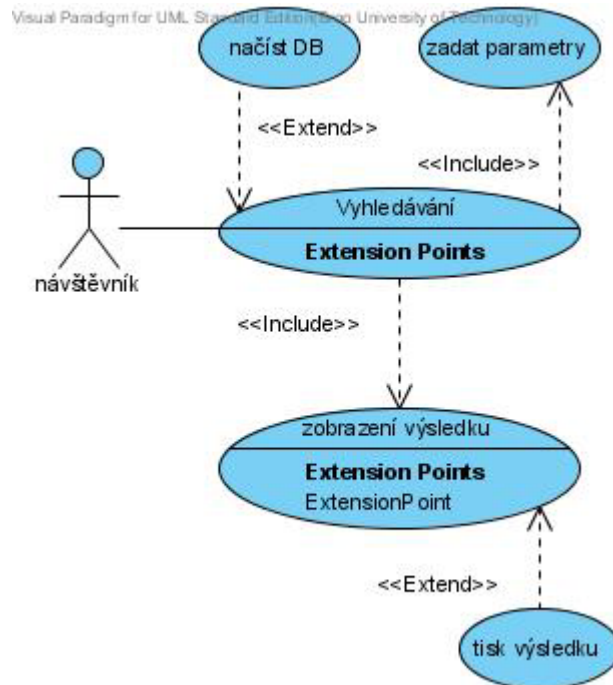
- Microsoft Visual Studio 2008
- Visual Paradigm Suite
- SQL server Firebird

Nástroje jsou k dispozici studentům Fakulty aplikované informatiky univerzity Tomáše Bati ve Zlíně zdarma. Díky těmto nástrojům je možné vytvořit kvalitní a přehledné podklady pro další vývoj aplikace, především její kódování. Základním prvkem celého návrhu jsou především diagramy jednání a tříd. Dále také dynamický model, návrhy databáze a grafického uživatelského rozhraní.

##### **Diagram jednání**

Diagram jednání zobrazuje vztah mezi uživatelem a systémem a také typy jednání uvnitř systému. Poskytuje prvotní pohled na strukturu systému. Uživatel, návštěvník fakulty, zadá do vyhledávače požadavek. Tento požadavek slouží jako parametr vyhledávání v databázi.

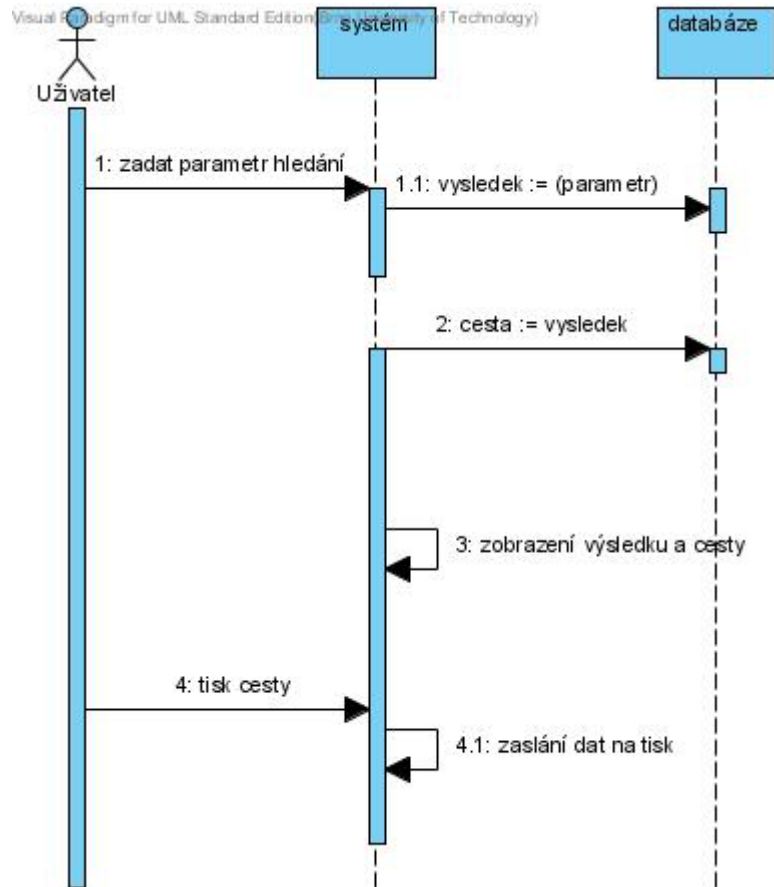
Se zobrazením výsledku hledání je zároveň vytvořena cesta zanesená do mapy areálu. Uživatel si cestu zapamatuje, nebo vytiskne.



Obrázek 3-1 Diagram jednání

### Dynamický model

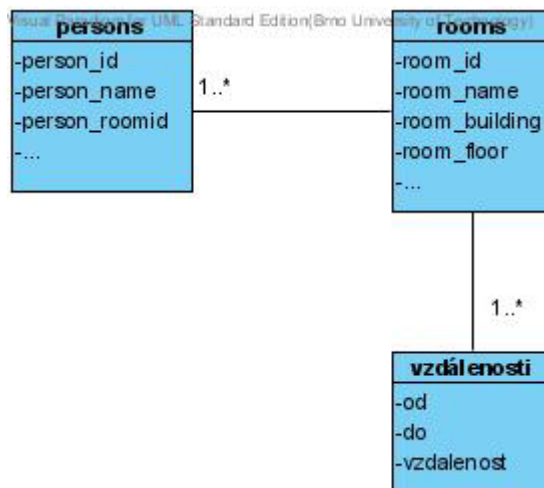
Sekvenční diagramy se většinou vytvářejí přímo z diagramů případů užití. K jednomu případu užití může existovat několik sekvenčních diagramů. Sekvenční diagramy vyjadřují dynamickou stránku systému. Modelují interakci objektu v rámci komunikace účastníka se systémem. Jsou vhodné pro nalezení objektů a zobrazení komunikace mezi nimi. Sekvenční diagram zobrazuje v horizontální rovině objekty, ve vertikální rovině tok času. Mezi objekty jsou volány metody a zasílány zprávy.



Obrázek 3-2 Dynamický model

### Diagram tříd

Diagram tříd reprezentuje statickou strukturu systému, klasifikuje elementy, mezi kterými jsou různé vztahy.



Obrázek 3-3 Diagram tříd

### Návrh grafického uživatelského rozhraní

Použité grafické uživatelské rozhraní je navrženo pro snadnou obsluhu návštěvníkem. Vzhledem k plánovanému využití počítače s dotykovou obrazovkou, jakožto zobrazovacího zařízení, uživatelské rozhraní obsahuje virtuální klávesnici. Pohyb myši je zajištěn přímo ovladačem obrazovky.

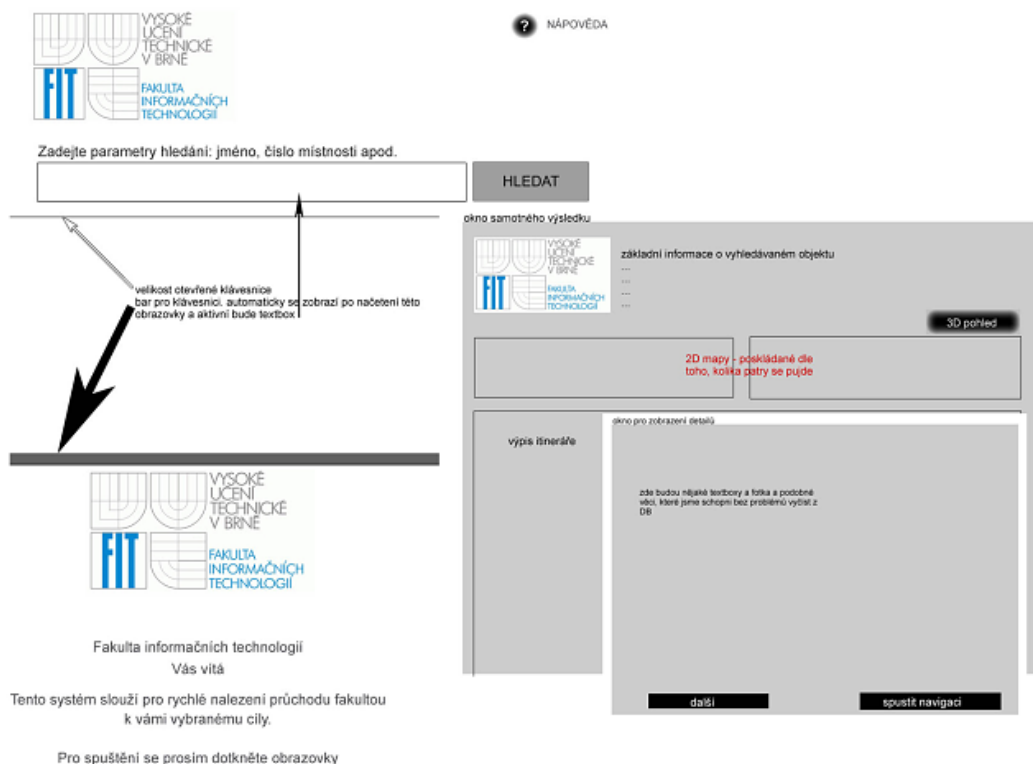
Uživatelské rozhraní umožní vyhledávání podle:

- jména nebo příjmení hledané osoby
- čísla místnosti (kanceláře, učebny, laboratoře...)

Výsledek se zobrazí jako seznam všech odpovídajících výsledků a uživatel vybírá odpovídající osobu nebo místnost.

Takto vybraná data jsou zobrazena včetně plánu areálů a umístěním v jeho rámci. Zároveň se vygeneruje nejkratší cesta k danému místu nebo člověku. V rámci lepší orientace si návštěvník může itinerář cesty vytisknout a dle něj se po areálu pohybovat. Další možností je zobrazit trojrozměrný náhled na cestu po areálu. V případě této volby se zobrazí okno s trojrozměrným modelem areálu a v něm bude výraznou barvou zobrazena cesta.

Na následujícím obrázku je vidět počáteční návrh grafického uživatelského rozhraní (Obrázek 3-4).



Obrázek 3-4 Návrh grafického uživatelského rozhraní

## Návrh databáze

Vyhledávací a navigační systém využívá interní databáze Fakulty informačních technologií Vysokého učení technického v Brně. Z informačního systému se využívají dvě tabulky – persons a rooms. Tabulka persons obsahuje informace o jednotlivých osobách pracujících nebo studujících na fakultě, tabulka rooms, obsahuje přehled místností a jejich vlastnosti. Obě tabulky jsou propojeny a každá osoba, kromě studentů, má k dispozici nějakou místnost. Podrobný popis tabulek je uveden v příloze 1. Tento informační systém je nutné doplnit o novou tabulku, která obsahuje informace o vzdálenosti mezi jednotlivými kancelářemi a budovami v areálu. Tabulku vzdáleností je možné vytvořit pouze jednou pro celý areál. V případě, že dojde k dostavbě nebo rozšíření areálu, je nutné tuto tabulku zpracovat znovu. Tento zásah je jednoduchý a časově není náročný.

Využití databázového systému je vhodné především pro jeho možnost rychle provádět případné změny. Pokud se nějaká osoba přestěhuje z jedné kanceláře do druhé a tato

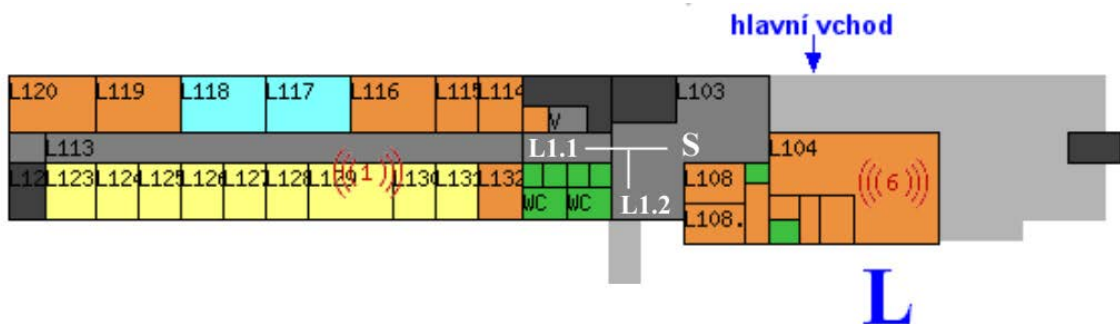
změna se zanese do databáze, navigace již nebude požívat jako cíl minulé umístění, ale novou kancelář.

### 3.2 Příprava podkladů pro vyhledávání

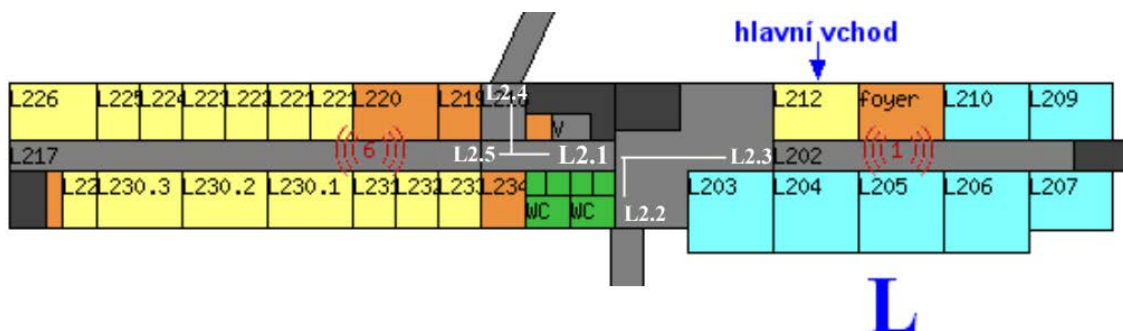
Prvním krokem je určení si základních orientačních bodů na plánu objektu. Tyto body musí být vhodně zvoleny. Zohledňuje se návaznost na předchozí orientační body a zároveň přístupy k dalším vytvářeným bodům.

Výběr vhodných bodů je ukázán na zvolené referenční budově L areálu fakulty informačních technologií VUT v Brně. Výhoda této budovy je hlavní vchod s vrátnicí. Toto místo je v systému navigace použito jako startovací bod, od něhož jsou vytvářeny všechny cesty.

Dále jsou označeny všechny body zájmu. Ty jsou definovány přechody mezi patry, jak výtah, tak schody, vstupní dveře k chodbě do kanceláří a podobné. Na obrázcích (Obrázek 3-5, Obrázek 3-6) je vidět rozložení těchto bodů v prvním a druhém patře budovy L. Jednotlivé body zájmu a trasy k nim jsou zakresleny bílou barvou. Od těchto bodů již lze přistupovat do kanceláří nebo do dalších pater či budov.



Obrázek 3-5 Ukázka označení prvního patra pro zápis do databáze



Obrázek 3-6 Ukázka označení dalšího patra pro zápis do databáze

### 3.3 Rozšíření databáze

V předchozí kapitole je ukázka bodů zájmu a jejich grafická reprezentace. Pro potřeby systému je nutné všechny tyto informace zpracovat a vytvořit databázi všech bodů a místností.

K tomu byla vytvořena nová databázová tabulka se zaznamenanými topologickými vztahy mezi incidenčními body (předchůdce, následník) a jejich vzájemnými vazbami). Na příklad pro bod *L1.1* je předchůdcem výchozí pozice *S* a pro místnost *L117* je to bod *L1.1*. Pomocí zaznamenaných topologických relací je potom možné vyhledávat optimální cesty k požadovanému místu. Náhled této tabulky je na další straně (Tabulka 3-1).

V části *ohodnocení* je uložena vzdálenost relace mezi předchůdcem a daným bodem. Z těchto hodnot se vypočítává celkové ohodnocení nalezených cesty a vyhledává se ta s nejmenším ohodnocením.

Sloupec pojmenován *poznámka* slouží pro upřesnění při výpisu textové části itineráře. Pomáhá rozlišit na příklad schody od výtahu nebo poukazuje na použití lávky pro přechod mezi budovami.

Z obrázku (Obrázek 3-5) lze vyčíst, že k místnostem s čísly *L114* až *L132* se lze dostat pouze přes bod *L1.1*, budou v databázové tabulce zapsány jako následníci tohoto bodu. Kvůli správnému určení vzdálenosti od vrátnice k jednotlivým místnostem je vytvořen v tabulce sloupec *ohodnocení*, do které se zapisuje vzdálenost od předchůdce. Příklad ohodnocení je pro místnost *L117* hodnota 4 od předchůdce *L1.1*. Vzdálenosti jednotlivých bodů zájmu, které nejsou místnostmi a slouží jako přechody, jsou ohodnoceny velikostí 1. Vhodné je také vědět na které straně se místnost nachází. Tuto informaci poskytuje sloupec *orientace* (pozn. orientace je vždy vztažena k orientované úsečce ve směru od předchůdce k následníku).

Tabulka 3-1 Ukázka zápisu v databázové tabulce *mapování*

BOD	PŘEDCHŮDCE	ORIENTACE	OHODNOCENÍ	POZNÁMKA
<b>L1.1</b>	S	rovně	1	
<b>L117</b>	L1.1	vpravo	4	
...	...	...	...	
<b>L2.4</b>	L2.1	vpravo	1	lávka

### 3.4 Vybraný algoritmus a jeho ukázka

Pro vyhledávání nejkratší cesty byl ze všech možností vybrán Floyd-Warshallův algoritmus. Jeho výhodou je rychlost implementace a možnost kvalitního zpracování matic pro výpočet nejkratší cesty. Jeho nevýhodou je rychlost zpracování dat v porovnání s dalšími algoritmy. Vzhledem k použití dostatečně výkonných hardwarových komponent pro běh systému není tento fakt rozhodující.

Z jednotlivých vztahů uložených v databázi se vytvoří matice relací. Dopočítává se vždy relace, které nejsou implicitně uloženy v databázi.

Tabulka 3-2 Ukázka matice relací pro výpočet nejkratší cesty

	S	L1.1	L117	L118
S	-	1	4	5
L1.1	1	-	3	4
L117	4	3	-	1
L118	5	4	1	-

Z takto vytvořené matice se vyhledává nejkratší cesta Floyd-Warshallovým algoritmem. Postupným průchodem matice se získávají všechny možné cesty od počátečního bodu ke koncovému. Každá cesta je ohodnocena. V případě, že nově nalezená cesta má lepší, nižší, ohodnocení, než původní, je vybrána jako nejkratší.

Příklad vychází z tabulky (Tabulka 3-2). Vyhledáváme nejkratší cestu z bodu S do bodu L117. Jedna z možností je následující průchod (S – L1.1 – L117) s celkovým ohodnocením 4. Druhá z možností je průchod (S – L1.1 – L118 – L117) s celkovým ohodnocením 6. Druhá možnost má ohodnocení o 2 větší než první, proto se vybere právě první možnost pro vykreslení. Itinerář se vytvoří postupným výpisem hodnoty buňky orientace a poznámka z databázové tabulky mapování.

#### Ukázka algoritmu:

```
for (int k = 0; k < points.Count; k++) {
    int? ik = matrix[i, k];
    int? ij = matrix[i, j];
    int? jk = matrix[j, k];
```

```

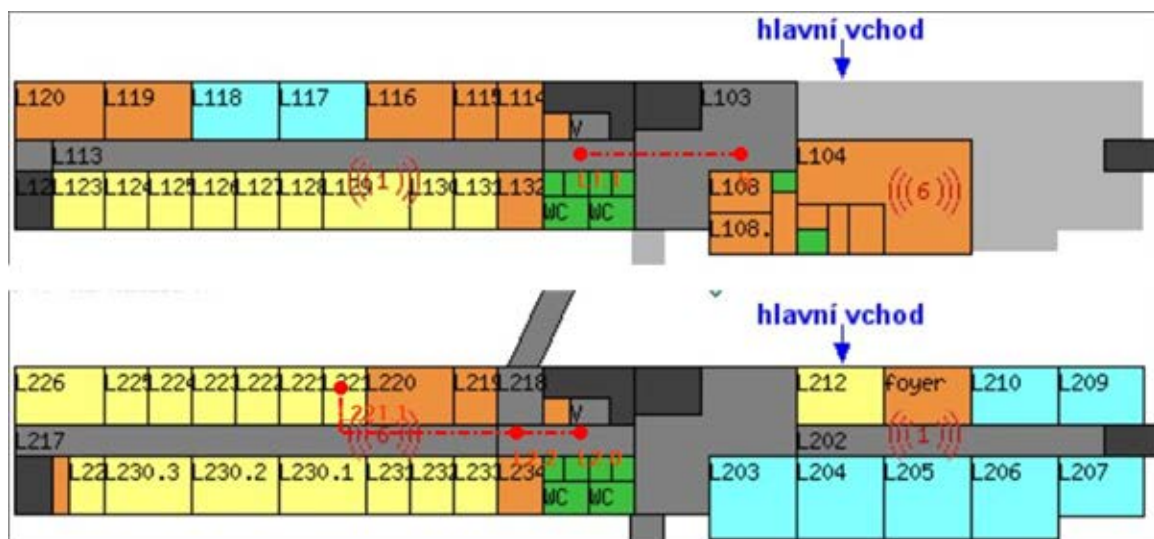
if (ik > (ij + jk) || (ik == null && ij != null && jk != null)) {
    matrixp[i, k] = ij + jk;
    matrixp2[i, k] = matrix2[i, j];
} else {
    matrixp[i, k] = matrix[i, k];
    matrixp2[i, k] = matrix2[i, k];
} } }
matrix = matrixp;
matrix2 = matrixp2;
}

```

Pro každý bod v databázi existuje jeho předchůdce a je zadána délka cesty mezi nimi. Při hledání se poté postupuje od koncového bodu k počátku a hledá se postupně cesta s nejkvalitnějším ohodnocením, tím nejmenším. Ta je ve výsledku zobrazena pod dvojrozměrné nákresy.

Příklad: Hledáme cestu do kanceláře pana docenta Zemčíka.

Dle databáze se pan docent nachází v kanceláři s označením L221.1 ve druhém poschodí budovy L. Předchůdci v tabulce *mapování* pro jeho kancelář jsou body L2.2, L2.0, L1.1 a počátek systému S. Ten jako jediný nemá předchůdce. Po celé cestě není kam jinam zabočit, takže se jedná o nejkratší cestu o velikosti šesti kroků a je vykreslena do plánek. Výsledek je vidět obrázku (Obrázek 3-7).



Obrázek 3-7 Nákres cesty do mapy podlaží

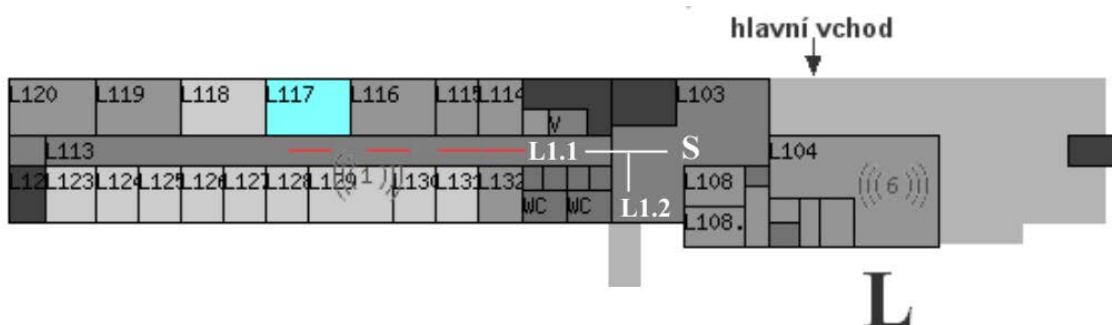
### 3.5 Výpis itineráře a vykreslení mapy

Všeobecně se v navigacích uplatňuje nejen grafické znázornění nalezené cesty, ale také textový výpis všech bodů, kde se mění směr. Takzvaný itinerář.

Vytvoření itineráře je jednoduché, protože každý záznam v tabulce obsahuje orientaci. Pokud bude orientace mít hodnotu *vpravo* nebo *vlevo*, v itineráři se objeví text, *pokračujte vlevo/vpravo*. Jestliže existuje poznámka, bude také vypsána coby pomocník ke zpřehlednění orientace. Na příklad pro průchod bodem L2.4 bude záznam v itineráři vypadat následovně:

*pokračujte vpravo na lávku*

Zakreslení cesty do mapy se provede podobným způsobem jako výpis itineráře. Každá místnost obsahuje v sobě údaj o budově a patře, ve kterém se nachází. Z této informace systém zjistí adekvátní půdorys a do něj se postupně zakreslí nalezená trasa cesty. Kompletní cestu od vrátnice (bodu S) k místnosti L117 demonstruje následující obrázek (Obrázek 3-8).



Obrázek 3-8 Vyznačení cesty v mapce

Další možností, kterou program poskytuje, je zobrazení 3D náhledu na celou cestu v rámci budov. Cesta se zobrazí jako barevná čára ve drátovém modelu budovy. Díky tomu má návštěvník určitou představu, jak se budovou pohybovat.

### 3.6 Ukázky aplikace a 3D zobrazení

Grafické uživatelské rozhraní aplikace je přizpůsobeno použití s počítačem s dotykovým displejem bez použití klávesnice a myši. Všechny ovládací prvky, včetně virtuální klávesnice jsou intuitivní pro použití. Uživatel je na úvodní stránce přivítán a je mu vysvětleno, k čemu systém slouží. Na následujících obrazovkách aplikace již vybírá hledanou osobu či místnost. Po nalezení požadované informace má možnost nalézt nejkratší cestu areálem a tuto cestu si zobrazit, případně vytisknout v podobě textového

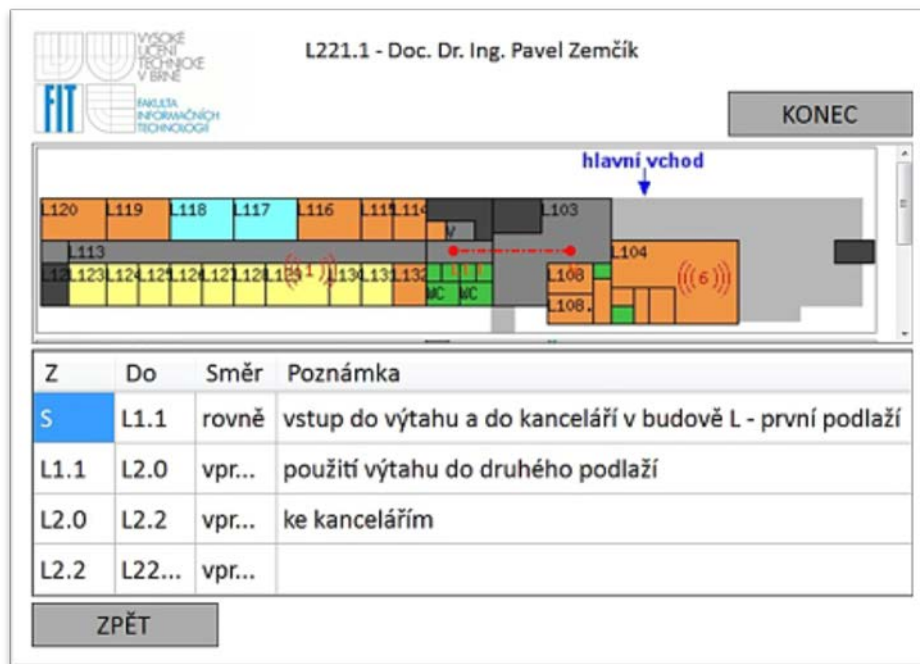
itineráře doplněného informační grafikou. Pro návrat na úvodní stránku slouží tlačítko *konec*.

Jako ukázka zobrazení hledané osoby a navigace k ní slouží následující dva obrázky (Obrázek 3-9 a Obrázek 3-10).



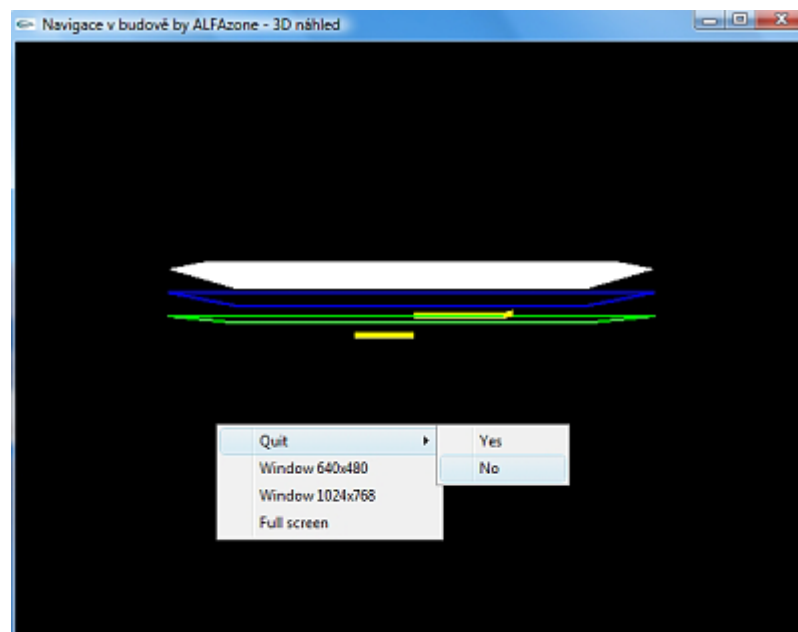
<b>KONEC</b>	
Celé jméno:	Doc. Dr. Ing. Pavel Zemčík
Místnost:	L221.1 - Kancelář
Telefon:	54114-1217
Email:	zemcik@fit.vutbr.cz
<b>ZPĚT</b>	
<b>SPUSTIT NAVIGACI</b>	

Obrázek 3-9 Zobrazení detailu o hledané osobě nebo místnosti



Obrázek 3-10 Zobrazení výsledku navigace ve dvou rozměrech a výpis itineráře

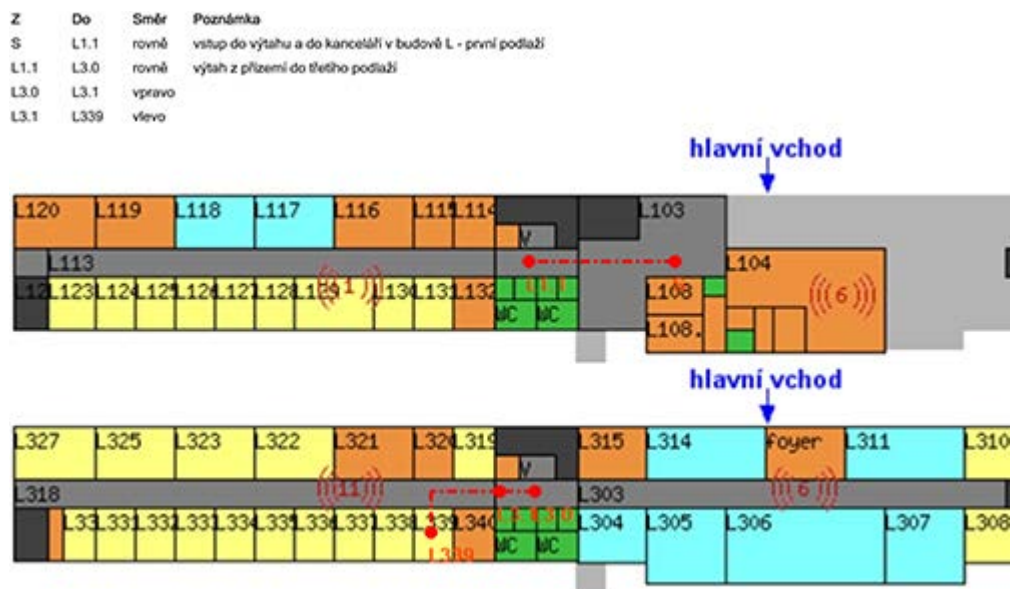
Trojrozměrná ukázka cesty je vidět na obrázku (Obrázek 3-11). Jedná se o prozatímní řešení, které se bude optimalizovat pro ovládání pomocí doteku. Žlutou barvou je vyznačena nejkratší cesta budovou L.



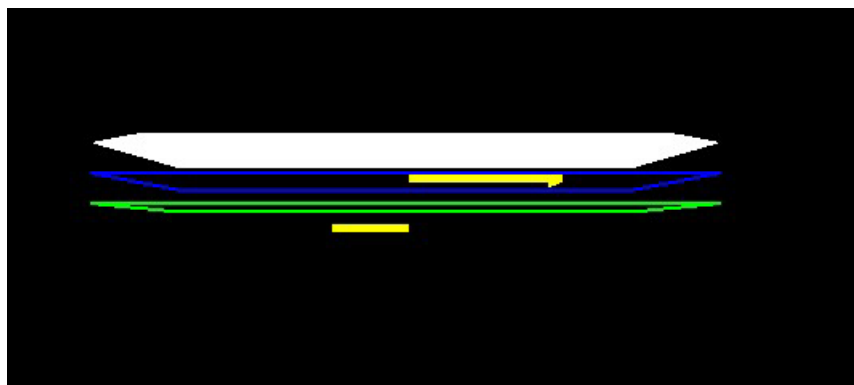
Obrázek 3-11 Volby ve 3D náhledu

V současném stavu je pohyb v modelu a jeho ukončení optimalizováno pro tlačítka myši, případně pro písmena na klávesnici.

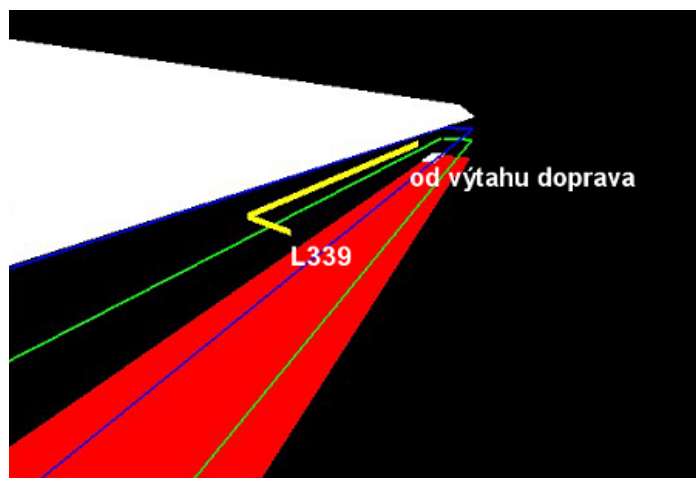
Osobou pro další příklad demonstrace aplikace je pan inženýr Miloš Eysselt, který má kancelář ve třetím podlaží budovy L. Následují obrázky (Obrázek 3-12, Obrázek 3-13, Obrázek 3-14), které znázorňují správnou funkčnost systému. V okně pro zobrazení 3D náhledu cesty je možnost s celou budovou otáčet kolem svislé osy a díky tomu zjistit detailnější náhled na cestu. Žlutou barvou je vyznačena pěší tras, červenou přízemí budovy, bílou vstup do budovy a střecha a každé patro má vlastní barvu. Pro patra je zobrazen pouze jejich půdorys.



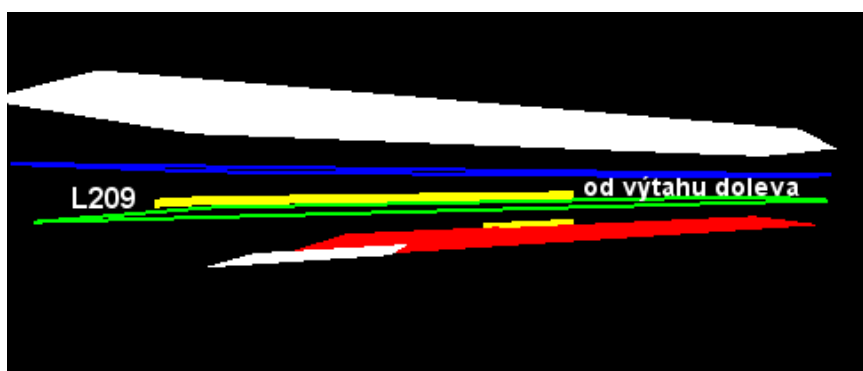
Obrázek 3-12 Zobrazení itineráře a cesty v mapách pro Ing. Eysselta



Obrázek 3-13 Pohled na kompletní cestu budou



Obrázek 3-14 Pohled na detail ve třetím patře



Obrázek 3-15 Zobrazení cesty do laboratoře ve druhém patře

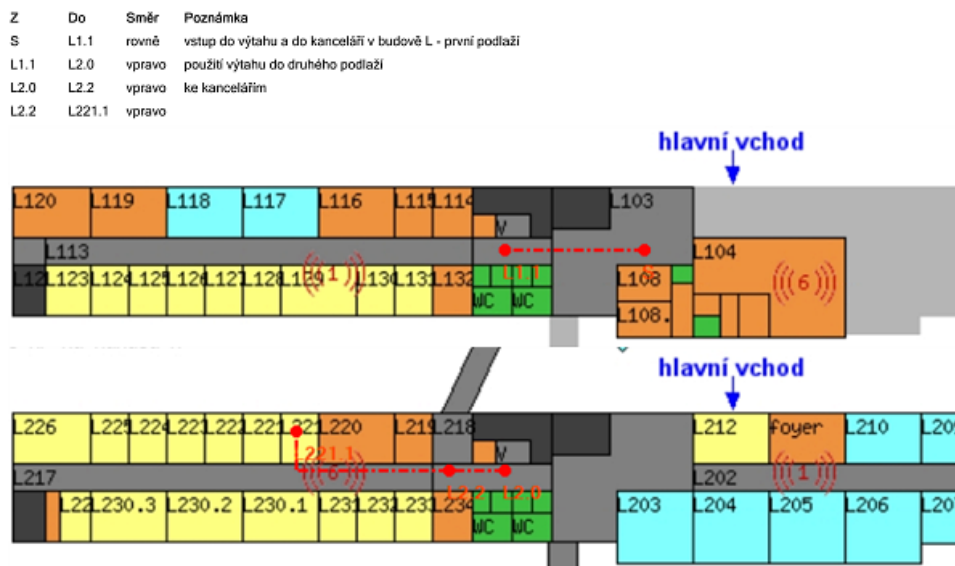
### Ukázka složitější trajektorie

Funkčnost navigace v celém areálu a její validitu lze ukázat na výsledku hledání cesty z vrátnice na studijní oddělení. Cesta obsahuje přesuny výtahem, použití schodů a průchod celým komplexem fakulty. Obrázky s plánem cesty jsou v příloze 3, této práce.

Na obrázku (Obrázek 3-16) je vidět existence druhé cesty pro průchod od lávky ke schodům vedoucím do patra se studijním oddělením. Trajektorie zakreslená programem je označena červeně, druhá možnost je dokreslena ručně a je vyznačena modře. Jedná se ale o cestu delší a také komplikovanější, proto nebyla vybrána jako vhodná pro zobrazení.



### Ukázka tiskového výstupu programu



Obrázek 3-18 Ukázka tiskového výstupu programu

### 3.7 Provozní a ekonomické kalkulace

Funkční systém pro celý areál FIT vyžaduje:

- zpracování databázové tabulky vzdáleností
- vybudování 1 komunikačního bodu

Ke zpracování tabulky vzdáleností pro všechny obývané kanceláře v areálu bylo nutné vynaložit odhadem 40 hodin. Celá FIT má 15 objektů s 850 místnostmi.

Náklady na vybudování jednoho kontaktního místa jsou přibližně 25.000 Kč bez DPH v cenách poloviny roku 2012. Zahrnuje stolní počítač s dotykovým displejem, myš a barevnou tiskárnu.

Jedním z problémů systému při jeho běhu by mohl být výpadek databázového serveru. Tato komplikace má řešení v umístění lokální kopie databáze. Komunikace mezi spuštěnou navigací a databází umístěnou na lokálním disku počítače je rychlejší a pro uživatele proto příjemnější.

Pro zamezení nechtěného ukončení aplikace ze strany návštěvníka areálu je vytvořeno heslo pro ukončení aplikace. Celý systém se ukončí kliknutím do levého horního rohu a zadáním hesla pro ukončení běhu aplikace. Při kliknutí do pravého horního rohu se zobrazí informace o tvůrci celého systému.

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout vhodný algoritmus pro navigaci v budově a implementovat ho na vybraném objektu vysokoškolského areálu.

Tento cíl byl splněn a systém navigace slouží pro nalezení cest k všem lidem pracujícím v univerzitním areálu. Pro každého člověka pracujícího na univerzitě existuje záznam v databázi a je možné vyhledat k němu cestu z jakéhokoliv místa pokrytého navigací. Tato cesta se vyhledává Floyd-Warshallovým algoritmem a je zobrazena na displeji, případně vytištěna na tiskárně.

Použitý vyhledávací algoritmus byl otestován na pracovištích, mezi kterými existuje v databázi více cest, ale jen jedna je nejkratší. Testy potvrdily funkčnost algoritmu. Předpokladem pro jeho funkčnost, rychlost výpočtů a korektnost výsledků jsou správně navržené průchozí uzly. Vykreslení cesty do dvourozměrných map je velmi přesné a usnadní pohyb po areálu. Itinerář je pouze pro návštěvníky, kteří preferují textovou podobu. Celý navigační systém bude ověřen v praxi v poloprovozním režimu. Na základě výsledků poloprovozu je možné systém upravit a případně jej rozšířit i do jiných částí fakulty či školy.

Další vývoj navrženého systému je možný zejména jeho adaptací pro 3D modely. Zde se dá použít zcela nový systém propojený s reálným prostředím. Toho se dá dosáhnout vyfotografováním kompletně celého interiéru i exteriéru a použít tato data jako texturu pro 3D model. Druhou možností je použití trojrozměrného skeneru a kompletně areál digitalizovat. Dalším rozšířením by mohlo být propojení systému s vnitřní telefonní ústřednou a doprogramování možnosti vytáčení čísel tak, aby bylo možné přímo volat na jednotlivá čísla v rámci areálu školy. Systém by mohl být díky této funkci zajímavější a také používanější.

Dalším možným rozšířením je napojení na zobrazovací zařízení, které bude lokalizováno triangulací mezi jednotlivými přístupovými body bezdrátové sítě. Tato lokalizace se zobrazí na přenosném zařízení, jako na příklad tablety a mobilní telefony.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The goal of the diploma theses was to suggest appropriate algorithm for navigation in building and apply it for the chosen object in an university campus.

The suggested system serves as a tool for a route finding to all people employed in the university campus. There is a record for each member of faculty staff in the personal database in which is saved his position (e.g. the room number.). The system described in the theses allows finding the way to the certain person from any places covered by navigation. The Floyd-Warshall algorithm was applied for the path evaluation which is displayed on the screen and eventually printed on added printer.

Used algorithm was tested on rooms among them various paths can be found. The shortest path was evaluated and suggested to user. The assumptions of a speed of calculation and correctness of results were setting of correct positions of interconnecting nodes. The evaluated path is possible to draw in 2D scheme or to print it as a text itinerary.

The tests confirmed the algorithm functionality. After testing the pilot test was provided to verify the system in the practice. On the base of pilot test results corrects can be made and eventually applied to other buildings or parts of university.

Next generation of the suggested system can be developed to get closer to real environment. 3D visualization would be added in which the taken photographs of real building and inside corridors can be used as textures on 3D objects. Similarly the 3D scanner could be used for digital pictures (textures) of internal and external walls acquisition. Next possibility could be a connection with the internal telephone switchboard. By using of added programme segment that enable to dial telephone number digitally it could be possible to call number of found people directly in the area of university campus. With such as function the system could be more interesting and usefull. The last possibility of the functionality extension is to connect it with small personal devices as smart phones, iPad and similar which can be localised using triangulation among WiFi hot spots located in the university campus. The calculated path can be transferred directly in the given device and user could be navigate similar to the GPS navigation.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] 3D Magistrát. 3D Magistrát [online]. 2007 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.3dmagistrat.cz/cz/vstupte.php>
- [2] AMapy.cz: Mapy České republiky, Evropy a světa [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.amapy.cz>
- [3] ANT STUDIO. BIC Plzeň: Podnikatelské a inovační centrum Plzeň [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.bic.cz/index.php>
- [4] CleanMate 365: robotický vysavač - robot - úklid plovoucích podlah [online]. 2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.cleanmate-365.cz>
- [5] PICODAS PRAHA SPOL. S R.O. Garmin | Nemapové GPS [online]. 2009 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://shop.garmin.cz/outdoor/nemapove-gps/>
- [6] GPS navigation device: Wikipedia, the free encyclopedia. Wikipedia, the free encyclopedia [online]. 2011, 2012-04-23 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/GPS\\_navigation\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/GPS_navigation_device)
- [7] Mapy Google [online]. 2008 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://maps.google.com/>
- [8] Mapy Google se Street View. Mapy Google se Street View [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://maps.google.cz/intl/cs/help/maps/streetview/>
- [9] ŠLAPAL, Josef. Matematické struktury v informatice. Brno, 2006.
- [10] KRESLÍKOVÁ, Jitka. Metodika projektového řízení vývoje softwarových aplikací. Automa: časopis pro automatizační techniku. Praha: FCC Public, 2005, č. 7, s. 10-12. ISSN 1210-9592.
- [11] Nabídka databází bodů zájmu. PLANstudio [online]. 2010 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z: <http://www.planstudio.cz/nabidka-databazi-bodu-zajmu-poi.html>
- [12] MITCHELL, Andy. The ESRI guide to GIS analysis. Redlands :ESRI,: ESRI, 2005, vi, 238 s. ISBN 15-894-8116-X.
- [13] TomTom GO 750. TomTom GO 750 [online]. 2011 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z:

<http://www.tomtom.com/products/experience.php?ID=1082&Lid=10&mp;Category=0>

[14] ViaMichelin [online]. 2008 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z:

<http://www.viamichelin.com/>

[15] Virtuální realita: Wikipedie. Wikipedie [online]. 2010, 14.4.2012 [cit. 2012-05-20]. Dostupné z:

[http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD\\_realita](http://cs.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_realita)

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1-1 Základní mapa České republiky ([2]) .....	12
Obrázek 1-2 Ukázka přenosných navigačních zařízení ([6]).....	13
Obrázek 1-3 Ukázka plochy a výpočtu trajektorie pohybu robota ([6]).....	15
Obrázek 1-4 Zobrazení hledané osoby na internetu .....	15
Obrázek 1-5 Zobrazení itineráře ([14]).....	17
Obrázek 1-6 Topologické elementy a jejich vztahy ([12]) .....	18
Obrázek 1-7 Záznam topologických relací v prostorové databázi ([12]) .....	19
Obrázek 1-8 Orientovaný graf .....	20
Obrázek 1-9 Cesta grafem .....	21
Obrázek 1-10 3D plán areálu ([1]).....	24
Obrázek 1-11 Pohled na kancelář na magistrátu hlavního města Prahy ([1]) .....	24
Obrázek 1-12 Pohled na místnost zpracovanou ve VR .....	25
Obrázek 1-13 Získávání snímků pro Google Street View ([8]).....	26
Obrázek 1-14 Pohled na ulici pomocí Google Street View ([8]) .....	26
Obrázek 2-1 Náhled na areál FIT .....	29
Obrázek 3-1 Diagram jednání.....	33
Obrázek 3-2 Dynamický model.....	34
Obrázek 3-3 Diagram tříd .....	34
Obrázek 3-4 Návrh grafického uživatelského rozhraní .....	36
Obrázek 3-5 Ukázka označení prvního patra pro zápis do databáze .....	37
Obrázek 3-6 Ukázka označení dalšího patra pro zápis do databáze .....	37
Obrázek 3-7 Nákres cesty do mapy podlaží .....	40
Obrázek 3-8 Vyznačení cesty v mapce.....	41
Obrázek 3-9 Zobrazení detailu o hledané osobě nebo místnosti .....	42
Obrázek 3-10 Zobrazení výsledku navigace ve dvou rozměrech a výpis itineráře .....	43
Obrázek 3-11 Volby ve 3D náhledu .....	43
Obrázek 3-12 Zobrazení itineráře a cesty v mapách pro Ing. Eyssetla.....	44
Obrázek 3-13 Pohled na kompletní cestu budou .....	44
Obrázek 3-14 Pohled na detail ve třetím patře .....	45
Obrázek 3-15 Zobrazení cesty do laboratoře ve druhém patře.....	45
Obrázek 3-16 Zobrazení existence druhé cesty .....	46
Obrázek 3-17 Ukázka existence cesty .....	46

Obrázek 3-18 Ukázka tiskového výstupu programu..... 47

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 3-1 Ukázka zápisu v databázové tabulce <i>mapování</i> .....	38
Tabulka 3-2 Ukázka matice relací pro výpočet nejkratší cesty .....	39

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Struktura databáze

Příloha P II: Návod na použití

Příloha P III: Ukázka složitější cesty

## PŘÍLOHA P I: STRUKTURA DATABÁZE

Databáze obsahuje hlavně dvě tabulky, tabulku persons a rooms. Mezi nimi je vytvořena vazba person\_roomid -> room\_id.

### Tabulka persons

```
`person_id` int(11) NOT NULL auto_increment,  
`uperson_id` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_name` varchar(128) NOT NULL default '',  
`person_type` enum('zam','stud','ext','priv') NOT NULL default 'zam',  
`person_status` enum('active','history','deleted') NOT NULL default 'active',  
`person_stud_id` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_rods` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`person_country` varchar(4) NOT NULL default 'CZ',  
`person_country_qual` tinyint(4) NOT NULL default '9',  
`person_dtime` datetime NOT NULL default '0000-00-00 00:00:00',  
`person_qualification` char(2) NOT NULL default '',  
`name_suffix` varchar(16) NOT NULL default '',  
`name_prefix` varchar(16) NOT NULL default '',  
`jobtitle_id` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_funcid` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_start` date NOT NULL default '0000-00-00',  
`person_end` date NOT NULL default '0000-00-00',  
`person_orgunit` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_load` float NOT NULL default '100',  
`person_work_uid` varchar(16) NOT NULL default '',  
`person_brid` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_sapid` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_roomid` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_roomid_new` int(11) NOT NULL default '0',  
`xperson_car_spz` varchar(32) NOT NULL default '',  
`person_car_poj` varchar(32) NOT NULL default '',  
`person_car_cp` varchar(32) NOT NULL default '',  
`person_url` varchar(128) NOT NULL default '',  
`person_email` varchar(128) NOT NULL default '',  
`person_mailbox` varchar(128) NOT NULL default '',  
`person_phone` varchar(32) NOT NULL default '',  
`person_photo` int(11) NOT NULL default '0',  
`person_garant` varchar(16) NOT NULL default '',  
`person_admin` varchar(16) NOT NULL default '',  
`person_brts` datetime NOT NULL default '0000-00-00 00:00:00',  
`person_source` varchar(16) NOT NULL default '',  
`person_ctime` datetime NOT NULL default '0000-00-00 00:00:00',  
`update_time` timestamp(14) NOT NULL,  
`update_login` varchar(16) NOT NULL default '',  
PRIMARY KEY (`person_id`),  
KEY `uperson_id` (`uperson_id`),  
KEY `person_orgunit` (`person_orgunit`),
```

KEY `person\_roomid` (`person\_roomid`),  
KEY `person\_name` (`person\_name`),  
KEY `person\_stud\_id` (`person\_stud\_id`),  
KEY `person\_roomid\_new` (`person\_roomid\_new`)

## Tabulka rooms

`room\_id` int(11) NOT NULL auto\_increment,  
`room\_status` enum('active','history','deleted') NOT NULL default 'active',  
`room\_abbrev` varchar(16) NOT NULL default "",  
`room\_label` varchar(20) NOT NULL default "",  
`room\_disp` varchar(8) NOT NULL default "",  
`room\_name` varchar(80) NOT NULL default "",  
`room\_name\_e` varchar(80) NOT NULL default "",  
`room\_phone` varchar(64) NOT NULL default "",  
`room\_orgunit` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_classroom` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_sched\_info` varchar(255) NOT NULL default "",  
`room\_type` enum('un','lect','exc','lab','pc','off','conf','store') NOT NULL default 'un',  
`room\_capacity` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_power` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_cat5` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_projector` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_ohproj` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_board` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_demopc` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_camera` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_building` varchar(8) NOT NULL default "",  
`room\_floor` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_brid` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_plan\_number` varchar(15) NOT NULL default "",  
`room\_block\_number` tinyint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_block` varchar(4) NOT NULL default "",  
`room\_door\_numbers` varchar(16) NOT NULL default "",  
`room\_purpose\_class` char(2) NOT NULL default '00',  
`room\_purpose` char(3) NOT NULL default '000',  
`room\_purpose\_id` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_area` float NOT NULL default '0',  
`room\_height` smallint(4) NOT NULL default '0',  
`room\_renter` varchar(16) NOT NULL default "",  
`room\_surface` enum('un','lino','dlazba','koberec','teraso','drevo','beton','marmoleum')  
NOT NULL default 'un',  
`room\_cleaner` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_comment` varchar(40) NOT NULL default "",  
`room\_mapshape` enum('POLY','RECT') NOT NULL default 'RECT',  
`room\_mapcoords` varchar(160) NOT NULL default "",  
`room\_wifi\_used` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_wifi\_wpa` int(11) NOT NULL default '0',  
`room\_source` varchar(16) NOT NULL default "",

```
`room_ctime` datetime NOT NULL default '0000-00-00 00:00:00',  
`update_time` timestamp(14) NOT NULL,  
`update_login` varchar(16) NOT NULL default "",  
PRIMARY KEY (`room_id`),  
KEY `room_abbrev` (`room_abbrev`),  
KEY `room_building` (`room_building`)
```

### **Tabulka mapovani**

```
`id` int(255) NOT NULL auto_increment,  
`bod` varchar(10) NOT NULL,  
`predchudce` varchar(10) NOT NULL,  
`orientace` varchar(16) NOT NULL,  
`ohodnoceni` int(5) NOT NULL,  
`obr` varchar(10) NOT NULL,  
`poznamka` varchar(100) NOT NULL,  
PRIMARY KEY (`id`)
```

## **PŘÍLOHA P II: NÁVOD NA POUŽITÍ**

### **Případ první – nalezení cesty od vrátnice k cílovému bodu**

1. Po příchodu na vrátnici se dotknutím obrazovky budete vyzváni k zadání klíčového slova jakožto parametru hledání. Může jím být člověk, číslo místnosti, případně také popis místnosti, jako na příklad sekretariát děkana, knihovna, studijní oddělení.
2. Stiskem tlačítka Hledat se zobrazí nalezené výsledky.
3. Zvolíte jeden z výsledků a zobrazí se jeho detailnější popis s možností spuštění navigace, návratem o jeden krok zpět, nastavením místnosti coby výchozího bodu nebo přesun na výchozí obrazovku.  
  
Případ změny výchozího bodu bude jako druhý.
4. Po spuštění navigace se obrazí nejprve okno s mapou areálu se zakreslenou cestou. Pod pláňky je textový popis cesty.

Stiskem tlačítka Tisk je možné vytisknout celý itinerář nebo jen jeho dílčí části (mapy, text). Stiskem tlačítka Konec se přesunete na výchozí obrazovku navigace.

### **Případ druhý – nalezení cesty mezi místnostmi uvnitř areálu**

1. Postup je podobný, až na jednu malou změnu. Nejprve je nutné zadat výchozí bod systému. Ten se zadává postupným splnění kroků 1 – 3 předchozího návodu.
2. Stisknete tlačítko Nastavit jako výchozí bod systému. Poté se automaticky přesunete na obrazovku se zadáváním parametrů pro hledání. Od tohoto momentu máte vámi zvolený bod nastaven jako výchozí a všechny cesty se budou také dle toho vykreslovat.
3. Pro návrat k předdefinovanému výchozímu bodu, vrátnice, stačí stisknout tlačítko Nastavit výchozí bod na základní, případně se vrátit na úvodní obrazovku.

Pokud zapomenete provést návrat na výchozí bod, nic se neděje. Po určité době se systém navrátí na výchozí obrazovku a tím pádem také na výchozí bod.

