

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Využití teorie grafů pro plánování projektů
Martin Kvapil

Bakalářská práce
2020

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Kvapil**
Osobní číslo: **I16320**
Studijní program: **B2646 Informační technologie**
Studijní obor: **Informační technologie**
Téma práce: **Využití teorie grafů pro plánování projektů**
Zadávající katedra: **Katedra informačních technologií**

Zásady pro vypracování

Jedním z odvětví teorie grafů je plánování projektů, určení doby trvání projektů a určení možností zdržení projektu v případě zdržení některé z projektových činností. Cílem teoretické části bude rešerše metod v teorii grafů pro projektové plánování. Cílem praktické části bude srovnání dostupných softwarů a návrh vlastní aplikace pro plánování projektů.



Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BALAKRISHNAN, V. Schaum's outline of theory and problems of graph theory New York: McGraw-Hill, c1997, viii, 293 p. ISBN 00-700-5489-4
TÖPFER, Pavel Algoritmy a programovací techniky 1. vyd. Praha: Prometheus, 1995, 299 s. ISBN 80-858-4983-6
MATOUŠEK, Jiří Kapitoly z diskretní matematiky Vyd. 1. Praha: Karolinum, 2002, 381 s. ISBN 80-246-0084-6

Vedoucí bakalářské práce: **RNDr. Josef Rak, Ph.D.**
Katedra matematiky a fyziky

Datum zadání bakalářské práce: **31. října 2018**
Termín odevzdání bakalářské práce: **12. května 2019**



Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Lukáš Čegan, Ph.D.
pověřený vedením katedry

V Pardubicích dne 14. prosince 2018

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 12. 8. 2020

Martin Kvapil

PODĚKOVÁNÍ

Velké poděkování patří vedoucímu mé bakalářské práce RNDr. Josefu Rakovi Ph.D. za profesionální a odborné vedení mé bakalářské práce. Dále děkuji své rodině za trpělivost a za projevenou podporu, kterou mi poskytla v těžkých chvílích.

ANOTACE

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku plánování projektů s využitím metod z teorie grafů. Za každým projektem stojí velké úsilí pro správu finančních, lidských a jiných zdrojů. Pro úspěšný projekt je kromě správy zdrojů důležité i kvalitní plánování. Správné rozdělení komplexního projektu na jednotlivé dílčí činnosti a celková časová analýza může projekt nejen zefektivnit, ale i rozhodnout zda je proveditelný. Hlavním cílem mé práce je popsat vybrané metody z teorie grafů, porovnat dostupný software pro plánování a vyvinout vlastní aplikaci, která je schopna metody aplikovat na libovolný projekt a pomoci tak projektovému manažerovi s efektivním plánováním. Úvodní část mé práce je věnována základním pojmům z teorie grafů, které jsou nezbytné pro pochopení struktury uchovávání projektu. Zvolenými metodami jsou metody síťové analýzy PERT (Program evaluation and review technique), MPM (Metra potential method) a CPM (Critical path method). Praktická část obsahuje srovnání dostupného softwaru pro plánování projektu a popis, ovládání a funkcionality aplikace.

KLÍČOVÁ SLOVA

teorie grafů, plánování projektu, pert, cpm, mpm

TITLE

Project management and scheduling with graph theory

ANNOTATION

The bachelor thesis is focused on the issue of project planning using methods from graph theory. Every project is a great effort to manage financial, human and other resources. In addition to resource management, quality planning is important for a successful project. The correct division of a complex project into individual sub-activities and and time analysis can not only streamline the project, but also decide whether it is feasible. The main goal of my work is to describe selected methods from graph theory, compare available software for planning and develop my own application that is able to apply the methods to any project and help the project manager with effective planning. The introductory part of my work is devoted to the basic concepts of graph theory, which are necessary for understanding the structure of project preservation. The selected methods are network analysis methods PERT, MPM and CPM. The practical part contains a comparison of available software for project planning and a description, control and functionality of my proposed application.

KEYWORDS

theory of graphs, project scheduling, pert, cpm, mpm

OBSAH

Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	10
Seznam zkratk	11
Úvod	12
1 Teorie Grafů	13
1.1 Přehled základních pojmů z teorie grafů	13
1.1.1 Graf	13
1.1.2 Stupeň vrcholu a dostupnost sousedů	15
1.1.3 Sled, tah a cesta.....	15
1.1.4 Ohodnocení hrany a vzdálenost vrcholů.....	15
1.1.5 Typy grafů.....	16
1.2 Reprezentace a uchovávání grafů	16
1.3 Grafové algoritmy	17
1.3.1 Prohledávání grafů do šířky	17
1.3.2 Hledání maximální dráhy v grafu	18
2 Metody CPM, PERT a MPM a jejich využití v plánování projektu	20
2.1 Metoda kritické cesty	20
2.1.1 Kritická cesta v projektu	21
2.1.2 Ukázkový projekt.....	22
2.1.3 Algoritmus kritické cesty	23
2.1.4 Kritická cesta	25
2.1.5 Zhodnocení metody	25
2.2 Metoda PERT	26
2.2.1 Očekávaná doba trvání činností a směrodatná odchylka	26
2.2.2 Algoritmus PERT	26
2.2.3 Výpočet rizik.....	27
2.2.4 Výsledek aplikace metody	27
2.2.5 Zhodnocení metody	28
2.3 Metoda měření potenciálů	28
2.3.1 Popis metody.....	28
2.3.2 Hledání kritické cesty	29
2.3.3 Zhodnocení metody	30
2.4 Porovnání metod	31
3 Software pro plánování projektu a návrh Desktopové aplikace	33
3.1 Srovnání dostupného softwaru pro plánování projektu	33
3.1.1 Microsoft Projekt	33
3.1.2 Open Workbench	33
3.1.3 ProjectLibre	34
3.1.4 Primavera P6.....	34
3.1.5 Zhodnocení plánovacích nástrojů	35
3.1.6 Požadavky na vlastní aplikaci.....	36
3.2 Vývoj aplikace a použité technologie	37
3.2.1 Technologie aplikace	37

3.3	Popis aplikace	38
Závěr	41
Použitá literatura	42
Přílohy	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Zobrazení orientované incidenční hrany [autor]	14
Obrázek 2 – Zobrazení neorientované incidenční hrany [autor]	14
Obrázek 3 – Ukázka orientovaného grafu [autor]	15
Obrázek 4 – Ukázka diagramu nesouvislého grafu [autor]	16
Obrázek 5 – Ukázka grafu z incidenční matice [autor]	17
Obrázek 6 – Ukázka zobrazení grafu matice souvislosti [autor]	17
Obrázek 7 – Graf pro ukázkou algoritmu hledání maximální dráhy [autor]	18
Obrázek 8 – První krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]	19
Obrázek 9 – Průběžný krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]	19
Obrázek 10 – Další průběžný krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]	19
Obrázek 11 – Zobrazení výsledku hledání maximální dráhy [autor]	19
Obrázek 12 – Ukázka hranově a uzlově definovaných síťových grafů [autor]	20
Obrázek 13 – Multigraf (na levé straně), ohodnocený graf s fiktivní hranou (na pravé straně) [autor]	21
Obrázek 14 – Acyklický, ohodnocený, orientovaný graf [autor]	21
Obrázek 15 – Vizualizace ukázkového projektu Síťovým diagramem [autor]	23
Obrázek 16 – Zobrazení kritické cesty v síťovém diagramu [autor]	25
Obrázek 17 – Ukázka grafu MPM [autor]	29
Obrázek 18 – Ukázka rozhraní softwaru pro plánování projektu ProjectLibre [18]	34
Obrázek 19 – Přehled projektových činností [autor]	39
Obrázek 20 – Zobrazení projektu v síťovém grafu [autor]	39
Obrázek 21 – Časová analýza projektu pomocí metody kritické cesty [autor]	40
Obrázek 22 - Vykreslení projektu Ganttovým diagramem [autor]	40

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Zobrazení smyšleného projektu v tabulce [autor]	22
Tabulka 2 - Zobrazení výsledků ukázkového projektu algoritmu kritické cesty [autor]	25
Tabulka 3 - Vypočtené hodnoty ukázkového projektu metodou PERT [autor]	27
Tabulka 4 - Srovnání algoritmů	32
Tabulka 5 - Porovnání dostupného softwaru pro projektové plánování	36

SEZNAM ZKRATEK

CPM	Critical path method
MPM	Metra potential metod
PERT	Program evaluation and review technique
ES	Early start
EF	Early finish
LS	Late start
LF	Late finish
SS	Start to start
FS	Finish to start
FF	Finish to finish
SF	Start to finish

ÚVOD

Za každým projektem stojí nápad, idea, myšlenka. Velké myšlenky stojí za lety na Měsíc či za výstavbou Velké čínské zdi. Myšlenka sama o sobě ale nestačí. Je nutno zvážit její proveditelnost.

Podrobnou analýzou, plánováním a rozbořem je možné zjistit předpokládanou dobu realizace, odhadovaný čas průběhu, požadovanou pracovní sílu, můžeme předem odhadnout finanční náklady.

Pro uskutečnění velkých i malých nápadů je vždy nutná spolupráce a efektivní koordinace. Je to právě proces koordinace, který dává projektům potřebný drive. Nutnost vzniku tohoto nového způsobu vedení, moderního projektového řízení si vyžádala potřeba stále lepšího využívání zdrojů, zvyšující se složitost projektů, integrace a kooperace různých profesí a odvětví. To vše za neustálého tlaku na zvyšování produktivity a efektivity.

Tak jak jako je integrace nosnou součástí projektového řízení, je důležité i precizní rozdělení činností na různé etapy a dílčí navazující práce.

Za průkopníka projektového managementu je považován Henry Gantt, který se problematikou zabýval již od počátku 19. století. O moderním projektovém řízení v dnešním slova smyslu však můžeme mluvit až od počátku šedesátých let dvacátého století.

V teoretické části mé bakalářské práce jsou popsány základní pojmy z teorie grafů nezbytné pro pochopení problematiky. Dále následuje popis zvolených metod s postupy jejich aplikace v projektovém managementu a jejich algoritmus. V závěru teoretické části je celkové porovnání metod. Praktická část popisuje srovnání existujících softwarů a vývoj vlastní desktopové aplikace. Cílem mé praktické práce je ukázka použití algoritmů z teorie grafů v aplikaci.

Pro plné pochopení této práce jsou předpokladem základní statistické a algebraické znalosti.

1 TEORIE GRAFŮ

Teorie grafů je jedním z oborů diskretní matematiky, což je studium matematických struktur, které jsou počítatelné nebo jinak dělitelné. Hlavním zájmem oboru je zkoumání vlastností grafů, jiný pohled na množiny, množinové uspořádání a vztahy mezi nimi. Grafy jsou vhodným nástrojem pro popis, analýzu i uchování dat, které mají mezi sebou nějaký vztah či souslednost. Graf lze též užít k modelování vztahů sociálních, biologických či informačních. Takový model popisuje objekty reálného světa a pomáhá nám optimalizovat jejich chování, trvání či pochopit jejich fungování. Příkladem jeho využití může být například modelování železniční sítě a následná optimalizace jízdních řádů. [1]

V informačních technologiích jsou grafy nepostradatelným elementem a jsou využívány k organizaci dat, k výpočtům, ke komunikaci či automatizaci procesů. K nejmodernějšímu využití patří grafové databáze, které kladou větší důraz na vztahy mezi daty, než na obsah samotných dat. To se ukázalo jako dobrý nástroj pro analýzu velkého množství dat. Příkladem takové databáze je například Neo4j. K dalším oborům, kde se teorie grafů využívá je matematika, fyzika, chemie dokonce i lingvistika. [1]

Mezi zakladatele teorie grafů považujeme matematika a fyzika Leonharda Eulera, který žil v 18. století a je známý především kvůli svému řešení úlohy: „Jak projít sedm mostů v Královci“. Řešením bylo převedení úlohy do podoby grafu. Formalizováním objektů reálného světa vytvořil model pro analýzu a řešení problému. [2]

1.1 Přehled základních pojmů z teorie grafů

1.1.1 Graf

Pojem graf je znám v několika různých odvětvích. V matematice je pojem graf rezervován pro grafické znázornění průběhu funkcí. Humanitní vědy využívají grafové diagramy pro zobrazení myšlenek či statistických údajů. V teorii grafů je však graf základní objekt zkoumání.

Objekt grafu se skládá ze dvou základních věcí:

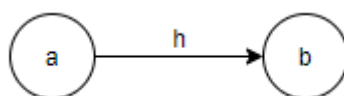
- Konečné množiny bodů (vrcholů),
- hran či spojů mezi určitými dvojicemi bodů. [3]

Konečnou množinou je libovolné uskupení prvků. Množina, která neobsahuje žádné prvky je nazývána prázdná množina. Hranou je spojení libovolných dvou prvků z množiny vrcholů.

Praktickým příkladem může být taneční sál, kde tanečníci reprezentují prvky množiny a taneční páry jsou hranami. Abstrakci či model takového sálu můžeme označit pojmem graf. [3]

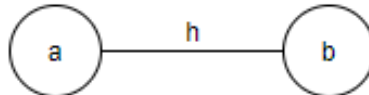
Neuspořádaná dvojice je spojení prvků a a b . Je to množina, která obsahuje pouze dva prvky a je zapisována jako (a, b) . Množinu neuspořádaných označujeme $V \otimes V$. [4]

Uspořádaná dvojice je incidencí prvků, kde záleží na pořadí a je zapisována jako $[a, b] = \{\{a\}, \{a, b\}\}$. Hrana v tomto případě vychází z vrcholu a a vchází do vrcholu b . Vizualně se vrcholy zobrazují jako kružnice, hrany se zobrazují jako šipky. Tento způsob reprezentace grafů nazýváme diagramem grafu. [4]



Obrázek 1 – Zobrazení orientované incidenční hrany [autor]

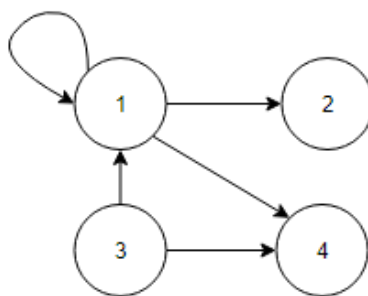
Základní rozdělení grafů je na orientované a neorientované. Neorientovaný graf je tvořen hranami, které jsou dvouprvkovými neuspořádanými množinami, pro které platí $h \in X : p(h) = (u, v) = (v, u)$. Jinak řečeno nezáleží v jakém pořadí hranu zapisujeme. [4]



Obrázek 2 – Zobrazení neorientované incidenční hrany [autor]

Formálně je graf algebraickou strukturou, která je definována množinou hran, množinou vrcholů a množinou zobrazení. Zapsáno jako uspořádaná trojice $G = \{V, X, p\}$. Pro V platí, že je to konečná a neprázdná množina vrcholů. Pro X platí, že je to neprázdná množina hran a pro p platí, že je to incidenční zobrazení. Pro neorientovaný graf $p: X \otimes X$. a pro orientovaný $p: X \times X$. Pokud existuje $h \in X : p(h) = (u, v)$, pak říkáme, že existuje hrana mezi vrcholy u a v . Jinými slovy hrana h inciduje s vrcholy u a v . [4]

Orientovaný graf je tvořen uspořádanými dvojicemi. Hrany mají daný svůj směr. Hranu (u, u) vedoucí z vrcholu u do stejného vrcholu u nazýváme smyčkou. [4]



Obrázek 3 – Ukázka orientovaného grafu [autor]

1.1.2 Stupeň vrcholu a dostupnost sousedů

Stupněm vrcholu je nazývána množina či počet s ním spojených (iniciujících) hran. Pokud existuje graf $G = \{V, X, p\}$, kde pro každý jeho vrchol existuje množina $V_G(a)$, která obsahuje všechny sousední vrcholy. U orientovaných grafů je označení $V_G^+(a)$, pro množinu následujících vrcholů a $V_G^-(a)$, pro množinu předchůdců. [5]

Dostupným sousem vrcholu je takový vrchol, který je s ním spojený hranou. Množinu vrcholů, které jsou v orientovaném grafu dostupné z vrcholu a označujeme jako $D_G^+(a)$. Vrcholy z nichž je dostupný vrchol a zapisujeme jako $D_G^-(a)$. [5]

1.1.3 Sled, tah a cesta

Sledem v teorii grafů rozumíme postupné řazení vrcholů a hran $v_0, h_0, v_1, h_2, \dots, v_n$. Pro vrcholy v sekvenci musí platit, že existují v množině dostupných vrcholů z předcházejícího vrcholu. Pro vrchol v_0 a v_n platí, že jsou krajními body sledu. Vrcholy i hrany se ve sledu mohou opakovat. Tahem rozumíme sled, ve kterém se neopakuje žádná hrana. A cestou je tah, ve kterém se neopakuje ani jeden vrchol. [5]

1.1.4 Ohodnocení hrany a vzdálenost vrcholů

Přiřazení, alfanumerické hodnoty k hraně či vrcholu symbolizuje zobrazení ohodnocení. Obvykle hodnota reprezentuje délku hrany nebo stupeň vrcholu. Matematicky je ohodnocení funkcí, která přiřazuje hodnotu.

Vzdálenost vrcholů je funkcí, která určuje minimální cestu mezi dvěma různými vrcholy. Vzdálenost bude dále označována podle následujícího vzorce:

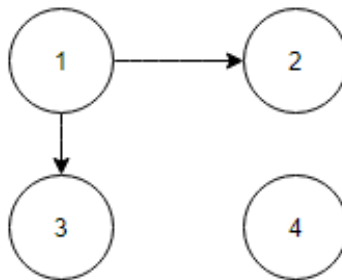
$$\text{vzdálenost}(a, b) = \min_{\text{cesta}(a,b)} \{\sum \text{ohodnocení}(h)\}. [5]$$

1.1.5 Typy grafů

Nejobecnějším a nejvíce zastoupeným typem grafů je multigraf. Multigraf je neorientovaným grafem a může v něm existovat více hran mezi dvěma vrcholy. Takové hrany jsou nazvány rovnoběžnými či násobnými. Jako ukázkový příklad multigrafu může sloužit mapa republiky, kde města či křižovatky symbolizují vrcholy a cesty mezi nimi představují hrany. Multigraf bez násobných hran a smyček je nazýván obyčejným grafem. [4]

Další rozdělení se týká především orientovaných grafů. Jedná se o problematiku dosažitelnosti. Pokud pro nějaký vrchol v grafu platí, že je dosažitelný sám od sebe, nebo existuje cesta, která vede zpět k výchozímu vrcholu, můžeme takový graf nazvat cyklickým. Graf, který žádné kruhové opakování neobsahuje je grafem acyklickým. [5]

Souvislý graf je takový, kde mezi každými jeho dvěma vrcholy existuje neorientovaná cesta. [5]

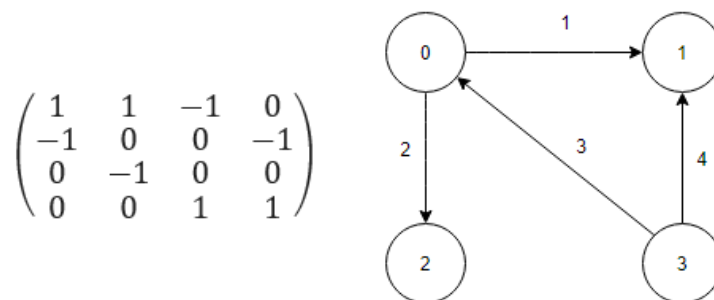


Obrázek 4 – Ukázka diagramu nesouvislého grafu [autor]

1.2 Reprezentace a uchování grafů

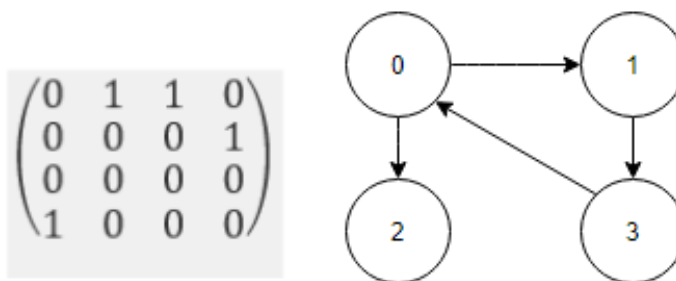
Způsob reprezentace grafů je různý a liší se hlavně použitím. Grafy můžeme zobrazovat vizuálně, pomocí tzv. diagramů. Tento zápis grafů je pro lidské pochopení nejlépe čitelný a přehledný. Pro algoritmické zpracování však diagram není příliš použitelný a proto bylo nezbytné nalézt jiný způsob popisu a uchování grafu.

Maticová reprezentace grafu je rozdělena na dvě základní skupiny. Reprezentaci pomocí matice incidence je založen na vztahu vrcholu a hrany. Vztah mezi hranou a jejím koncovým uzlem je nazván vztahem incidenčním. Pro její prvky s_{jk} platí, že píšeme 1, pokud existuje vystupující hrana z vrcholu v_j , píšeme -1, pokud existuje vstupující hrana do vrcholu v_k a zapisujeme 0, pokud není hrana z vrcholu v_j do v_k . [5]



Obrázek 5 – Ukázka grafu z incidenční matice [autor]

Druhá možnost reprezentace grafu pomocí matice je za pomoci souslednosti. Orientovaný graf je reprezentován čtvercovou maticí značenou S . Pro její prvky s_{jk} platí, že píšeme 1, pokud je hrana z vrcholu v_j do vrcholu v_k a zapisujeme 0, pokud není hrana z vrcholu v_j do v_k . [5]



Obrázek 6 – Ukázka zobrazení grafu matice souvislosti [autor]

Další možností uchovávání grafu je vytvoření seznamu vrcholů a jeho následovníků. Tento způsob je úsporný, k ukládání využívá převážně jednorozměrná pole. Umožňuje rychle přistupovat k následujícím vrcholům grafu. [5]

1.3 Grafové algoritmy

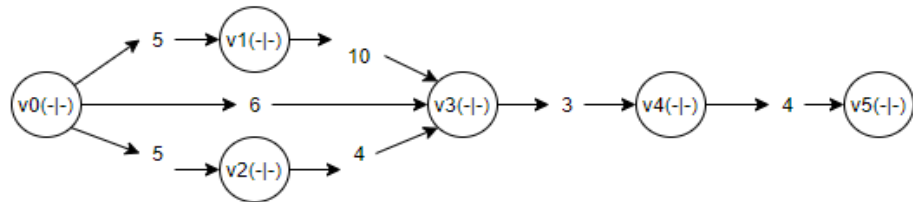
Reálný problém převedený do grafu není vždy zcela triviální a nemůžeme ho vyřešit pouze „pohledem“. V takovém případě je nutné využít grafových algoritmů, které poskytují jednoznačný postup řešení či ulehčují pohled na problematiku.

1.3.1 Prohledávání grafů do šířky

Prohledávání grafů do šířky je jedním ze základních grafových algoritmů. Pracuje na základě komponentní souvislosti. Postupným značkováním navštívených vrcholů a jejich následníků prochází grafem. To je možné využít pro hledání různých závislostí mezi vrcholy či nalezení jejich počtu a uspořádání. Před jeho aplikací na orientovaný graf je nutné znát výchozí vrchol. V informačních technologiích je tento algoritmus často využíván. [5]

1.3.2 Hledání maximální dráhy v grafu

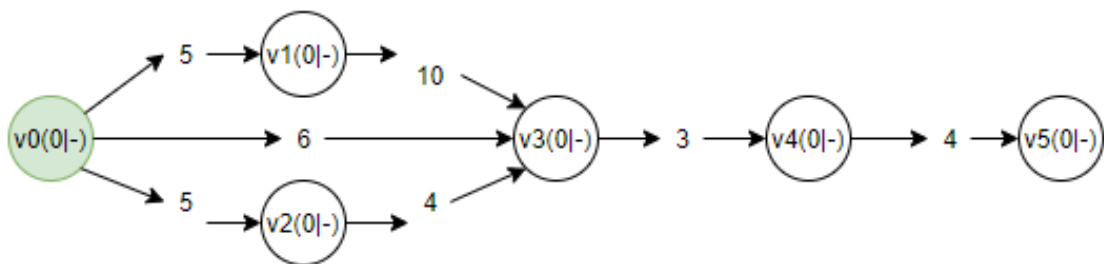
Použití algoritmu pro hledání maximální cesty v grafu je omezeno pouze na graf, který splňuje následující podmínky, že graf je hranově ohodnocený, acyklický a také neorientovaně souvislý. Dále je důležité, aby platilo, že v něm existují alespoň dva vrcholy a , b . Pro které platí, že vrchol a má neprázdnou množinu hran z něj „vystupující“, tento vrchol nám bude reprezentovat výchozí bod algoritmu. A pro vrchol b musí platit, že existuje neprázdná množina hran, které do něj „vstupují“, tento vrchol bude reprezentovat cílový bod algoritmu. [6]



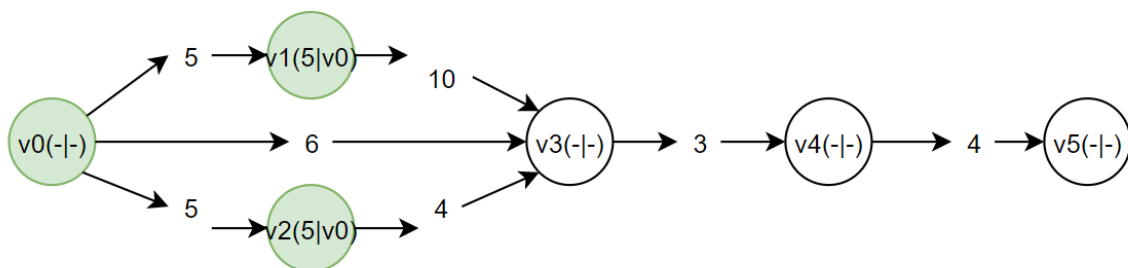
Obrázek 7 – Graf pro ukázkou algoritmu hledání maximální dráhy [autor]

Algoritmus hledání maximální dráhy:

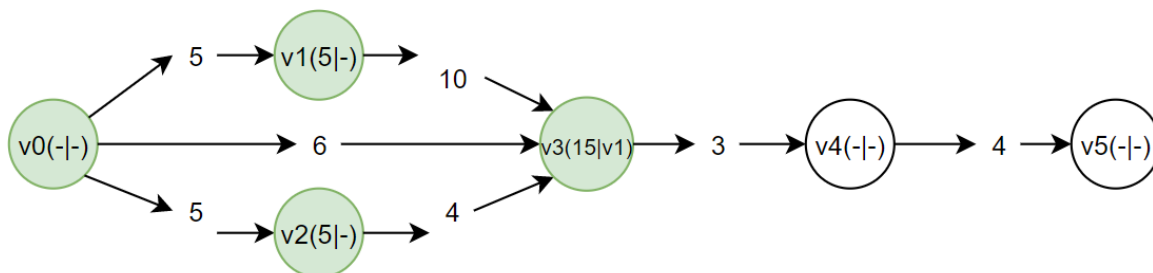
- (1) Každému vrcholu přiřadíme definitivní ohodnocení $d(v_0) = d(v_n) = 0$,
- (2) Do pomocné množiny definitivně ohodnocených vrcholů D přidáme výchozí vrchol v_0 .
- (3) Zvolíme vrchol z rozdílu množin všech vrcholů a pomocné množiny $v_i \in V \setminus D$, pro který platí, že je prvkem množin sjednocení následovníků definitivně ohodnocených vrcholů $v_i \in \bigcup_{v_j \in D} V^+(v_j)$. Pro tento vrchol musí také platit, že nepatří do množiny následovníků vrcholů zatím nezařazených do množiny definitivně ohodnocených $v_i \notin \bigcup_{v_j \in V \setminus D} V^+(v_j)$.
- (4) Vrchol v_i zařadíme do množiny definitivně ohodnocených vrcholů.
- (5) Pro vrcholy z $v_j \in V^+(v_i)$, když $d(v_j) < d(v_i) + h_{ij}$ pak $d(v_j) = d(v_i) + h_{ij}$.
- (6) Když existuje další vrchol rozdílu množin všech vrcholů a pomocné množiny D přejdi ke kroku (3).
- (7) Výslednou maximální dráhou je $d(v_n)$ z v_0 do v_n . [6]



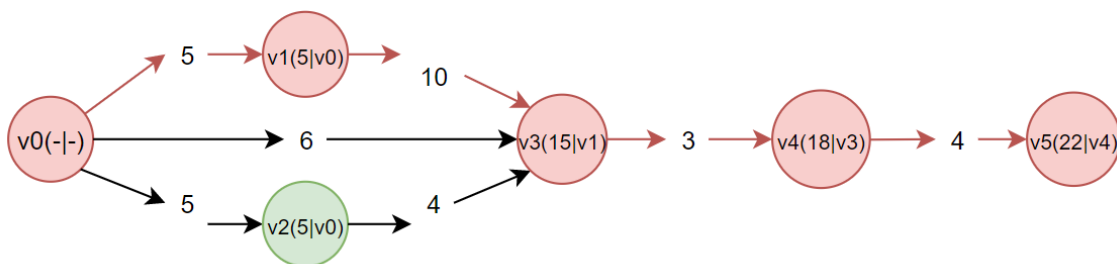
Obrázek 8 – První krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]



Obrázek 9 – Průběžný krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]



Obrázek 10 – Další průběžný krok v algoritmu hledání maximální dráhy [autor]

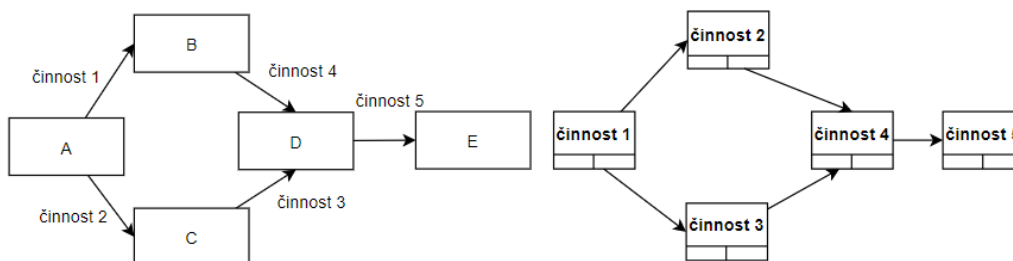


Obrázek 11 – Zobrazení výsledku hledání maximální dráhy [autor]

2 METODY CPM, PERT A MPM A JEJICH VYUŽITÍ V PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU

Vybrané metody patří do skupiny síťové analýzy a řadí se mezi techniky, které jsou využívány pro analýzu celého projektu či vzájemně propojených a souvisejících činností. Uplatnění těchto metod můžeme najít v několika různých odvětvích jako je například doprava, logistika, zdravotnictví či stavebnictví. Hlavním cílem těchto metod je identifikace a optimalizace kritické cesty. [7]

Síťová analýza poskytuje možnosti různých postupů a odhadů k řešení a analýze základních vlastností sítě. Základem síťové analýzy je síťový graf, což je ohodnocený a orientovaný graf, který může být dvojího typu. Uzlově definovaný síťový graf, kde zkoumaný objekt zastávají vrcholy grafu a hranově definovaný, kde objekty představují hrany. [5]



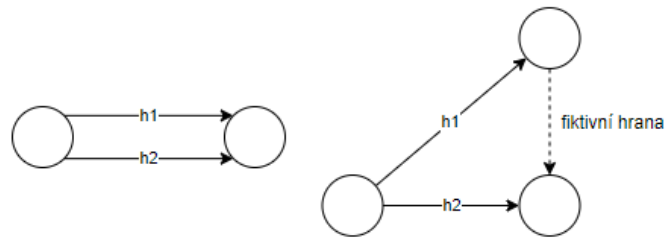
Obrázek 12 – Ukázka hranově a uzlově definovaných síťových grafů [autor]

2.1 Metoda kritické cesty

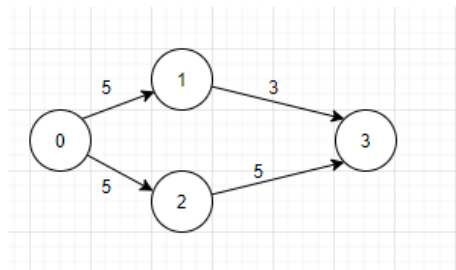
Metoda kritické cesty dnes spíše známá pod zkratkou CPM. O její vývoj se zasloužily vývojové týmy Remington Rand Univac a Integrated Engineering Control Group v roce 1956. Společně pracovali na projektu plánování výstavby ve společnosti DuPont. Cílem bylo vytvoření nástroje pro plánování a optimalizaci rozsáhlých stavebních projektů. Aplikováním metody došlo k velkému zvýšení produkce. K zveřejnění metody došlo až v roce 1959. Její použití se ale osvědčilo i v mnoha jiných odvětvích. V projektech vývoje nejrůznějších informačních systémů, v logistice, zdravotnictví i v sociálních vědách. Metoda je aplikovatelná téměř na každý projekt, ale v praxi se využívá převážně u rozsáhlejších a náročných projektů. Výsledkem této metody je nalezení kritické cesty v grafu, nebo také nejdelší cesty. [8][9]

Z pohledu teorie grafů lze metodu kritické cesty použít nad acyklickým, ohodnoceným, orientovaným a souvislým grafem. Pro graf musí platit, že každá hrana je ohodnocená kladným nebo nulovým číslem a že všechny vrcholy v grafu jsou dosažitelné v cestě. Hrany s nulovým

hodnocením nazýváme fiktivní a můžeme s nimi vyjádřit propojení uzlů, aby nedošlo ke vzniku multigrafu (stejné uzly spojené více hranami).



Obrázek 13 – Multigraf (na levé straně), ohodnocený graf s fiktivní hranou (na pravé straně) [autor]



Obrázek 14 – Acyklický, ohodnocený, orientovaný graf [autor]

2.1.1 Kritická cesta v projektu

Použití metody kritické cesty v plánování projektu vyžaduje několik fází:

- Určení počáteční a koncového bodu projektu. Obvykle jsou takovými body virtuální činnosti.
- Rozdělení projektu na sled logicky oddělených dílčích činností a přidání časového odhadu trvání každé z dílčích aktivit.
- Stanovení správného sledu činností. Které činnosti by měly být provedeny před provedením aktuální činnosti. Které úkony by měly být provedeny po aktuální činnosti.
- Sestrojení síťového diagramu.
- Ohodnocení každé z činností. Diagram může být hranově nebo vrcholově ohodnocený. To znamená, že pokud je hranově ohodnocený jednotlivé činnosti projektu reprezentují hrany. Ohodnocení hran je pak délkou trvání případně její cenou.
- Aplikace algoritmu kritické cesty. [5]

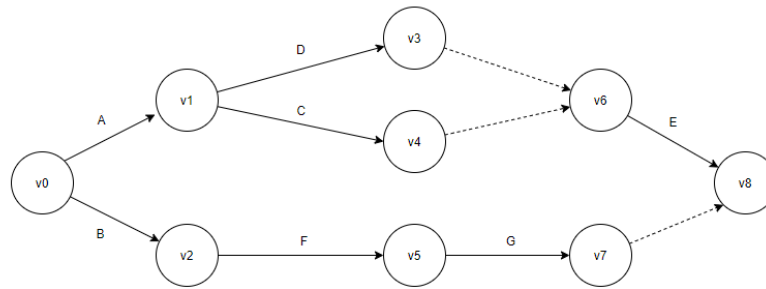
2.1.2 Ukázkový projekt

V následující tabulce je uchován projekt založení nástrojářské dílny. Jednotlivé řádky reprezentují dílčí činnosti projektu. U každé činnosti je evidován čas, respektive délka trvání a informace o činnosti předcházející. Logickými body v projektu je činnost se zkratkou „Počátek“ reprezentující výchozí bod projektu. Logickým koncem projektu je činnost se zkratkou „Konec“, což je řádek reprezentující dokončení projektu.

Zkratka činnosti	Popis činnosti	Předcházející činnosti	Trvání (den)
Počátek	Zřízení nástrojářské dílny		0
A	Nalezení a analýza finančních prostředků	Počátek	14
B	Vyřízení potřebných povolení	Počátek	40
C	Výběr a nákup nemovitosti	A	30
D	Nákup vybavení pro dílnu	A	12
E	Stěhování a zařizení	D,C	5
F	Navázání spolupráce se sběrným dvorem	B	2
G	Zařízení reklamy	F	5
Konec	Dosažení založení nástrojářské dílny	G, E	0

Tabulka 1 - Zobrazení smyšleného projektu v tabulce [autor]

Pro sestavení síťového diagramu projektu musí platit, že existuje právě jeden počáteční uzel v_i a právě jeden koncový v_n . Sestrojením síťového diagramu je zobrazení projektu mnohem lépe čitelné a vztahy mezi jednotlivými úkoly projektu jsou jasnější. Každá z činností je v něm zobrazena jako ohodnocená hrana, které náleží právě dva vrcholy. Pro správné propojení vrcholů musíme využít fiktivních hran, které symbolizujeme přerušovanou čarou. Tyto hrany nevyjadřují činnost, pouze fiktivní propojení a není s nimi při výpočtech nijak uvažováno, nemají časovou náročnost ani cenu. Pro vrcholy v grafu platí, že reprezentují začátky a konce jednotlivých činností s právě dvěma výjimkami. Počáteční vrchol značí pouze zahájení projektu a koncový značí jeho ukončení.



Obrázek 15 – Vizualizace ukázkového projektu Síťovým diagramem [autor]

2.1.3 Algoritmus kritické cesty

Algoritmus se skládá ze dvou průchodů grafem. Prvním průchodem je hledání maximální dráhy od počátečního vrcholu a druhým průchodem je využití stejného algoritmu, ale dojde při něm k otočení orientovaných hran na druhou stranu. Směr druhého průchodu je tedy od koncového vrcholu k počátečnímu. Výsledkem průchodů je vypočtení časových ohodnocení k jednotlivým činnostem. [5]

Tyto ohodnocení označujeme jako:

- Časový odhad trvání dané dílčí činnosti $ohodnocení(v_i, v_j)$, dále pouze jako t .
- Nejdřívější možný čas počátku dané dílčí činnosti, dále označeno jako t_{es} .
- Nejdřívější možný čas konce dané dílčí činnosti, dále označeno jako t_{ef} .
- Nejpozdnější možný čas počátku dané dílčí činnosti, dále označeno jako t_{ls} .
- Nejpozdnější možný čas konce dané dílčí činnosti, dále označeno jako t_{lf} .
- Čas o který se může projektová činnost opozdit, aby nedošlo ke zpoždění celého projektu, označeno $t_{rezerva}$. [5][10]

První fáze algoritmu je průchod grafem od počátečního uzlu k poslednímu. V tomto kroku určíme nejdřívější čas počátku a konce projektu:

- (1) Každé činnosti přidělíme odhad jejího trvání t .
- (2) Hodnoty trvání a časových ukazatelů nejdřívějšího začátku a konce jsou u počáteční činnosti rovny $t = 0$, $t_{es} = 0$, $t_{ef} = 0$.
- (3) Pro každou činnost, kde již známe t_{es} , vypočteme nejdřívější čas začátku dle hodnoty jeho předchozích činností. V případě, že má předchozích činností více vybereme tu maximální. Použijeme tedy vzorec: $t_{es} = \max(v_{i_{tes}} + ohodnocení(v_i))$.

(4) Pro každou činnost vypočteme nejdřívější možný čas dokončení dle vzorce: $t_{ef} = t_{es} + t$.

V posledním uzlu projektu je v tomto okamžiku výsledná hodnota $t_{es} = t_{ef}$ a její hodnota nám určuje nejdřívější čas dokončení projektu. [10][5][6]

Druhá fáze algoritmu je průchod grafem od posledního uzlu k prvnímu. V tomto kroku určujeme nejpozdější čas počátku a konce projektu:

(5) Pro poslední činnost platí, že $t_{ef} = t_{ls} = t_{lf}$. Každému předcházejícímu uzlu nastavíme hodnotu $t_{lf} = \infty$.

(6) Poslední činnost si vložíme do prázdné množiny D' .

(7) Z rozdílu množiny všech činností V a množiny D' vybereme činnosti, pro které platí: $v_j \in \cup_{v_i \in D'} \Gamma^-(v_i)$ a $v_j \notin \cup_{v_i \in V \setminus D'} \Gamma^-(v_i)$.

(8) Činnosti v_j přidáme do množiny D' a pomocí vzorce vypočteme: $t_{lf} = \min_{v_i \in D' \cap \Gamma^+(v_j)} (v_{i t_{ls}})$. Nejpozdějším časem začátku činnosti je tedy nejmenší pozdní začátek jeho následujících činností. Dále pro činnost v_j vypočteme její nejpozdější začátek podle vzorce: $t_{ls} = t_{lf} - t$

(9) Pokud $V \setminus D' \neq \emptyset$, přejdi ke kroku (7).

(10) Posledním krokem algoritmu je výpočet časové rezervy každé činnosti dle vzorce:

$$t_{rezerva} = t_{ls} - t_{es}. [5][10][6]$$

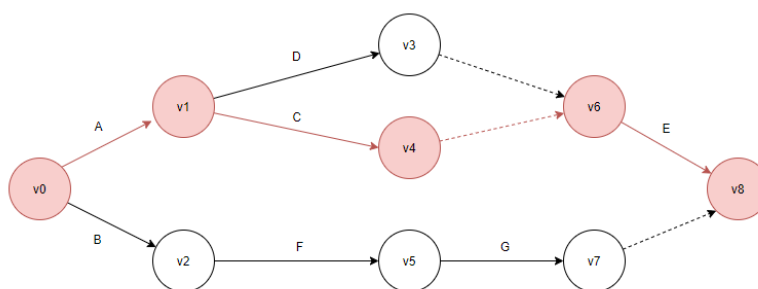
Časová rezerva $t_{rezerva}$ nám reprezentuje čas ve kterém činnost může být zpožděná bez zdržení celého projektu. Kritickou cestou v projektu je sled činností s nulovou časovou rezervou. Celkové trvání projektu je tedy výsledkem součtu trvání kritických činností. To znamená, že pokud je jakákoliv činnost na kritické cestě zpožděna, je celý projekt zpožděn. Kritická cesta je zároveň nejdelší cestou diagramu. Platí, že v projektu může být více cest kritických. [5][10]

Výstupem algoritmu v ukázkovém projektu je následující tabulka:

Činnost	t	t_{es}	t_{ef}	t_{ls}	t_{lf}	$t_{rezerva}$
Počátek	0	0	0	0	0	0
A	14	0	14	0	14	0
B	40	0	40	2	42	2

C	30	14	44	14	44	0
D	12	14	26	32	44	18
E	5	44	49	44	49	0
F	2	40	42	42	44	2
G	5	49	47	44	49	2
Konec	0	49	49	49	49	0

Tabulka 2 - Zobrazení výsledků ukázkového projektu algoritmu kritické cesty [autor]



Obrázek 16 – Zobrazení kritické cesty v síťovém diagramu [autor]

2.1.4 Kritická cesta

Kritická cesta je nejdelší ohodnocenou cestou v grafu. Má počátek v první aktivitě projektu a končí v poslední aktivitě projektu, tedy úspěšným dokončením projektu. Kritická cesta v projektu je tedy posloupnost činností. Výsledek součtu trvání činností na kritické cestě určuje nejbližší možný čas dokončení projektu. Činnosti, které jsou součástí kritické cesty nazýváme kritickými činnostmi a jejich časová rezerva je rovna nule. Jakékoliv zpoždění na nich způsobí celkové opoždění projektu. Činnosti, které nejsou označeny jako kritické mají v $t_{rezerva}$ vypočten maximální čas o který se můžou zdržet, aby to nijak neovlivnilo projekt. [5][10]

2.1.5 Zhodnocení metody

Tato metoda patří k důležitým nástrojům časové analýzy. Pomáhá zjistit, činnosti projektu, které můžou probíhat paralelně, určuje kritické činnosti projektu, ukazuje závislosti mezi projektovými činnostmi a to přehledně v síťovém diagramu. Výsledky metody založené na standardních a pevných odhadech trvání aktivity poskytují dostatečnou přesnost, která je využívána převážně v průmyslu k časové optimalizaci. Nevýhody metody jsou, že určení kritické cesty není vždy jednoznačné. V projektu může existovat více kritických cest a určení nejhodnější je komplikované. Metoda nenabízí žádné rozšíření v podobě přidělení prostředků a personálu k činnostem. [11]

2.2 Metoda PERT

Metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique) je spíše než samostatnou metodou vylepšení metody kritické cesty. Projektovým managerům však může být velice nápomocna při odhadu rizika a pravděpodobnosti, zda je projekt možné realizovat ve stanoveném čase. Historie metody sahá, stejně jako u metody kritické cesty, do padesátých let 20. století. Byla vyvinuta americkým námořnictvem za účelem zpracování dodavatelů pro projekt nukleárních ponorek Polaris. Kvůli sovětské hrozbě bylo potřeba co nejvíce urychlit vývoj a koordinovat asi 9000 subdodavatelů. Za pomoci metody PERT se podařilo projekt dokončit v předstihu a ušetřit mnoho prostředků. Metoda se stala standardem pro vládní projekty. Své uplatnění však našla v téměř každém odvětví průmyslu. [8]

Hlavním rozdílem od CPM je získávání časového odhadu trvání dílčí činnosti projektu za pomoci tříčíselného odhadu. U metody PERT je využíváno stochastického přístupu, tedy jednoznačné odhady nahrazujeme pravděpodobnostními.

2.2.1 Očekávaná doba trvání činností a směrodatná odchylka

Výpočet doby trvání činnosti závisí na intervalu (t_o, t_p) , kde t_o reprezentuje optimistický odhad trvání činnosti a t_p je pesimistickým odhadem, tedy nejzazší dobou trvání činnosti. Oba odhady jsou založeny na předpokladu, že nenastane událost, která by je negativně prodloužila. Dále, uvnitř tohoto intervalu existuje hodnota m , která je nejpravděpodobnějším odhadem trvání. V praxi se k získání časových odhadů používá modus statistických hodnot. Z těchto hodnot je následně možné s využitím vzorce vypočítat očekávanou dobu trvání t_e . Tyto předpoklady odpovídají beta rozdělení.

$$t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}. [12]$$

Směrodatná odchylka činnosti, nám udává, jak moc jsou časové odhady rozptýleny v okolí očekávané doby trvání a jak jsou si podobné. Vzorec k výpočtu směrodatné odchylky:

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}. [12]$$

2.2.2 Algoritmus PERT

Algoritmus PERT je obdobný jako u metody kritické cesty. Liší se hlavně výpočtem časových odhadů pro dílčí činnosti:

- (1) U všech činností definujeme časové odhady t_o , t_p , t_m . Pro časové odhady musí platit, že následné činnosti nemohou začít dokud neskončí jí předchozí činnost.

(2) U všech činností určíme očekávanou dobu trvání t_e dle vzorce: $t_e = \frac{t_o + 4t_m + t_p}{6}$ a směrodatnou odchylku σ dle vzorce $\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$.

(3) K získání kritické cesty projektu použijeme dále algoritmus CMP, kde namísto deterministicky získané délky trvání činnosti uijeme vypočtený očekávaný čas trvání t_e .

2.2.3 Výpočet rizik

Kvůli stochastické povaze metody PERT je možné u projektu určit úroveň spolehlivosti či získat pravděpodobnost dokončení projektu k určitému datu. PERT předpokládá, že trvání projektu popisuje normální rozdělení a je symetrická na obou stranách střední hodnoty. V případě, že průměr trvání projektu je 48 dnů a směrodatná odchylka jsou 4 dny, pak je 50% šance, že bude projekt dokončen za 48 dní. Posouzení rizika tedy spočívá v tom, že pokud existuje datum ukončení projektu, metoda PERT posoudí s jakou pravděpodobností je projekt realizovatelný. [12]

2.2.4 Výsledek aplikace metody

Tabulka zobrazuje časové odhady pro metodu PERT v ukázkovém projektu. Každý řádek reprezentuje jednu z činností projektu. Posledním sloupcem tabulky je vypočtená směrodatná odchylka.

Činnosti	Předcházející činnosti	Trvání (den)					Směrodatná odchylka
		t_o	t_m	t_p	t_e	$t_{rezerva}$	
A	start	10	14	20	14,3	0	1,6
B	start	35	40	45	40	2	1,6
C	A	25	30	35	30	0	0,6
D	A	10	12	14	12	18	1,6
E	D, C	4	5	6	5	0	0,3
F	B	1	2	3	2	2	0,3
G	F	4	5	6	5,2	2	0,3

Tabulka 3 - Vypočtené hodnoty ukázkového projektu metodou PERT [autor]

Celkový čas trvání celého projektu je součtem t_e činností kritické cesty. V případě ukázkového projektu jsou to činnosti Počátek, A, C, E, Konec. Trvání projektu je tedy 49,3.

2.2.5 Zhodnocení metody

Metoda PERT je podobná metodě CPM. Hlavním rozdílem je, že PERT metoda je stochastická, tedy založena na pravděpodobnostních odhadech trvání činností a CPM je deterministickou metodou, kde časové odhady jsou pevně dány. PERT tedy kromě hledání kritické cesty poskytuje možnost výpočtu rizik projektových činností a celkovou pravděpodobnost dokončení projektu v plánovaném čase.

2.3 Metoda měření potenciálů

Další nástrojem pro plánování činností projektu je metoda MPM (Metoda měření potenciálů) a byla vynalezena v roce 1958 francouzským vědcem Bernardem Royem. Byla využívána při stavbě prvních francouzských jaderných elektráren. V šedesátých letech byla tato metoda použita v projektu Concorde, takže stála u vzniku prvního nadzvukového dopravního letounu. Metoda vznikla ve stejné době jako metoda PERT a některými je popisována jako mezikrok ke Ganttovým diagramům. Předpokladem pro metodu je deterministické ohodnocení činností. Jako u předchozích je metoda primárně určena k nalezení a optimalizaci kritické cesty projektu. Hlavním rozdílem od předchozích však je, že je uzlově definovaná. [13]

2.3.1 Popis metody

Pro zobrazení grafu metody MPM je nutné zavést symboliku:

- Trvání činnosti značíme jako t .
- Označení nejdřívějšího možného začátku je t_{es} a konce t_{ef} .
- Označení nejpozdějšího možného začátku činnosti je t_{ls} a konce je t_{lf} .
- Nejdřívější čas trvání uzlu označujeme jako je t_{et} a nejpozdější je t_{lt} . [21]

Na rozdíl od metod CPM a PERT má tu výhodu, že při grafickém zobrazení nemusí využívat fiktivních úkolů a vazeb. U metody rozlišujeme čtyři typy vazeb:

- Začátek činnosti navazuje na začátek nadcházející činnosti, který označujeme jako SS .
- Začátek činnosti navazuje na konec nadcházející činnosti, který označujeme jako SF .
- Konec činnosti navazuje na začátek nadcházející činnosti, který označujeme jako FS .
- Konec činnosti navazuje na konec nadcházející činnosti, který označujeme jako FF .

[13][20]

U vazeb určujeme minimální a maximální potenciál mezi činnostmi. Minimální (kladný) potenciál nese označení SS_{ij}^{min} , SF_{ij}^{min} , FS_{ij}^{min} , FF_{ij}^{min} a specifikuje nejdřívější čas, kdy mohou následující činnosti j začít (skončit). Maximální (záporný) potenciál nese označení SS_{ij}^{max} , SF_{ij}^{max} , FS_{ij}^{max} , FF_{ij}^{max} a specifikuje nejpozdější čas, kdy by měly začít (skončit) nadcházející činnosti. Pro obecný vrchol U , platí:

- $U_{ij}^{min} > 0$ – nejdřívější čas, kdy může následující činnost začít,
- $U_{ij}^{min} = 0$ – činnosti můžou začít současně,
- $U_{ij}^{min} < 0$ – nejdřívější čas, kdy může následující událost začít před předchozí,
- $U_{ij}^{max} > 0$ – nejpozdější čas začátku následující činnosti,
- $U_{ij}^{max} = 0$ – činnosti můžou začít současně,
- $U_{ij}^{max} < 0$ – nejpozdější čas začátku následující činnosti před předchozí. [13][20]



Obrázek 17 – Ukázka grafu MPM [autor]

2.3.2 Hledání kritické cesty

Algoritmus hledání kritické cesty metodou MPM se skládá obdobně jako u předchozích metod ze dvou průchodů grafem. Významným rozdílem od předchozích algoritmu ale je, že činnosti projektu jsou zde reprezentovány uzly. Pro procházení uzlů orientovaného grafu se nejlépe hodí využití algoritmu prohledávání grafu do šířky.

První fáze výpočtu:

- (1) U prvního vrcholu grafu si určíme $t_{es} = 0, t_{ef} = t$ a vložíme ho do pomocného seznamu *FRONTA*.
- (2) Pokud je *FRONTA* prázdná, ukončíme první fázi algoritmu.
- (3) Ze začátku seznamu *FRONTA* odebereme vrchol v a označíme jej v . Dále u vrcholu určíme $t_{ef_j} = \max(t_{ef_h} + U_{hj}^{min} + t, t_{ef_i} + U_{ij}^{min})$ a $t_{es_j} = t_{ef_j} - t$, kde $i, h \in D_j^-$. Činnost označená h je předcházející činností spojená pomocí

vazby *FS*, nebo *SS*. Činnost označená *i* je předcházející činností s vazbou *FF* či *SF*. Zároveň musí platit, že $t_{es_j} - t_{ef_i} \leq U_{ij}^{max}$, nebo $t_{es_j} - t_{ef_h} \leq U_{hj}^{max}$.

- (4) Všechny hrany, které nemají určené časové charakteristiky t_{es}, t_{ef} a jsou dostupné z vrcholu *v*, vložíme do pomocného seznamu *FRONTA*. Pokračujeme ke kroku (2). [21][5]

Druhá fáze výpočtu:

- (1) U posledního vrcholu grafu si určíme $t_{lf} = t_{ef}, t_{ls} = t_{lf} - t$ a vložíme ho do pomocného seznamu *FRONTA*.
- (2) Pokud je *FRONTA* prázdná, ukončíme druhou fázi algoritmu.
- (3) Ze začátku seznamu *FRONTA* odebereme vrchol. U vrcholu určíme časové charakteristiky $t_{ls_j} = \min(t_{ls_k} - U_{jk}^{min}, t_{ls_l} - U_{jl}^{min} - t_j)$ a $t_{es_j} = t_{ef_j} - t$, kde $k, l \in D_j^+$. Činnost označená *k* je předcházející činností spojená pomocí vazby *FS*, nebo *SS*. Činnost označená *l* je předcházející činností s vazbou *FF* či *SF*. Stále musí platit, že $t_{ls_k} - t_{lf_j} \leq U_{jk}^{max}$, nebo $t_{ls_j} - t_{lf_h} \leq U_{hj}^{max}$.
- (4) Všechny hrany, které nemají určené časové charakteristiky t_{ls}, t_{lf} a jsou dostupné z vrcholu *v*, vložíme do pomocného seznamu *FRONTA*. Pokračujeme ke kroku (2). [21][5]

Algoritmus ohodnotí všechny vrcholy grafu časovými charakteristikami. Výpočet kritické rezervy u každé z činností odpovídá vzorci $t_{rezerva} = t_{lf} - t_{es} - t$. Kritickou činností je stejně jako u předchozích metod činnost s $t_{rezerva} = 0$. Kritickou cestou je sled kritických činností. [21][5]

2.3.3 Zhodnocení metody

V porovnání s předchozími metodami je metoda MPM uzlově orientována. Časové charakteristiky jsou určené deterministicky. Oproti předchozím metodám, kde následující činnosti mohou začít pouze po dokončení předchozí, nabízí další možnosti. Metoda umožňuje modelovat paralelní činnosti. Následující, paralelní, dokonce i takové, které se předbíhají. Podstatným nedostatkem je, že optimalizace kritické cesty nutně nemění celkový čas projektu. [13]

2.4 Porovnání metod

Zkoumané metody pro plánování projektu PERT, CPM a MPM patří k základním a nejdůležitějším metodám síťové analýzy. Účelem těchto metod je primárně nalezení vhodného uspořádání činností a dodržení časových termínů. To vše v souvislosti s minimalizací nákladů spojených s realizací projektu.

Z pohledu teorie grafů je projekt modelem, kde projektové činnosti zastupují hrany nebo vrcholy. Metody můžeme rozdělit na skupinu hranově orientovaných, kam se řadí PERT a CPM a uzlově definované, kam řadíme metodu MPM.

Porovnání výsledků

Nalezení kritické cesty projektu pouze metodou CPM je v mnoha ohledech nedostačující. Deterministicky určené časové odhady mohou být pro některou z činností zkreslené a jejich dodržení je pak velmi nepravděpodobné. V extrémních situacích by mohlo dojít ke změně kritické cesty a celkového doby trvání projektu. Proto je důležité využít pro zpřesnění odhadů i jiných metod. Požadované zpřesnění poskytuje metoda PERT, která svým stochastickým přístupem poskytuje statistický nástroj k výpočtu náhodnosti a rizika trvání každé z činností. V okamžiku zjištění rizika u dílčích činností pak můžeme odhadnout pravděpodobnost dodržení celkového termínu. Metody PERT využijeme, když činnosti nedokážeme jednoznačně odhadnout. Použití obou metod můžeme najít v různých odvětvích při řízení výroby, organizaci, výzkumu i údržbě.

Metoda měření potenciálů je podobnou k CPM, ale kvůli svým složitým výpočtům je méně využívána k manuálnímu zpracování. Výhody, jako nepoužívání fiktivních hran a možnost využití jiných vazeb mezi projektovými činnostmi a zobrazení činností v uzlech však nacházejí svůj potenciál při automatizaci softwarem. Metoda však má jednu velkou nevýhodu a to, že může komplikovat či znemožnit optimalizaci kritické cesty.

Porovnání algoritmů

Všechny algoritmy zvolených metod jsou založeny na dvojím průchodu grafu. Algoritmus CPM a PERT vychází z algoritmu hledání maximální dráhy a oba vyžadují hranově ohodnocený graf. Hlavním rozdílem u CPM a PERT je získávání časových odhadů. U metody PERT je využíváno výpočtu trvání pomocí trojího odhadu a metoda CPM jej získává z jediného.

Algoritmus MPM je aplikovatelný na vrcholově ohodnocený graf a vychází z algoritmu prohledávání grafu do šířky. Vrcholy zastupují projektové činnosti a hrany zobrazují časové

odstupy mezi nimi. MPM proti ostatním metodám umožňuje definovat kromě vztahu FS další tři vztahy mezi činnostmi. Těmi jsou SS, SF a FF.

Charakteristika	CPM	PERT	MPM
Nalezení kritické cesty	X	X	X
Určení možného zpoždění činností	X	X	X
Využívá fiktivních hran	X	X	
Hranově definovaný	X	X	
Uzlově definovaný			X
Deterministické časové odhady činností	X		X
Stochastické časové odhady činností		X	
Výpočet nejistot v projektu		X	
Použitelné v průběhu projektu	X	X	X
Používá vztah mezi činnostmi FS	X	X	X
Používá vztah mezi činnostmi SS, SF a FF			X
Možné selhání optimalizace kritické cesty			X

Tabulka 4 - Srovnání algoritmů

Porovnáním metod není možné jednoznačně určit nejuniverzálnější metodu, neboť projekty se mohou lišit svými potřebami. V praxi je využíváno převážně časových analýz metodou PERT a CPM. K přehlednějšímu zobrazení činností je využíváno zobrazování činností na uzlech grafu. Existuje celá řada dalších metod, které jsou využitelné v projektovém plánování. Příkladem mohou být metody kritického řetězce (Critical Chain) či analýzy dosažených hodnot (Earned Value Analysis).

3 SOFTWARE PRO PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU A NÁVRH DESKTOPOVÉ APLIKACE

S plánováním a organizací se setkáváme každý den. Plánujeme, abychom si ušetřili čas na něco jiného. Software pro plánování projektu vznikl kvůli potřebě zvládnout komplexnější problémy, sdílení plánu v přehledné formě a jejich časové optimalizaci. Praktická část mé bakalářské práce se skládá z porovnání existujících softwarů pro plánování projektu a návrhem vlastní aplikace, která poskytne jednoduše ovladatelnou alternativu k existujícím aplikacím. Aplikace je navržena jako desktopový nástroj a je implementována v programovacím jazyce C# s využitím vývojového prostředí Visual Studio.

3.1 Srovnání dostupného softwaru pro plánování projektu

Dobrý software pro plánování projektu umí spravovat, organizovat, optimalizovat a zobrazovat časové závislosti projektových činností. Základy pro plánovací software byly položeny již na přelomu 19. a 20. století, kdy polský ekonom Karol Adamiecki zobrazil projektové činnosti v plovoucím grafu.

3.1.1 Microsoft Projekt

Microsoft Projekt je dnes pravděpodobně neznámější nástroj pro správu a analýzu projektu. Patří mezi produkty společnosti Microsoft a řadíme ho k nástrojům Microsoft Office. Nástroj se poprvé objevil v operačním systému DOS už v roce 1984. Program pomáhá projektovému manažerovi při rozdělování zdrojů, sledování pokroku činností či správě rozpočtu. Program je nabízen ve webovém i desktopovém řešení. Microsoft Projekt využívá k určení trvání projektu a výpočtu zdržení analýzy pomocí metody kritické cesty a PERT. Umožňuje správu a zobrazení projektových činností v časové ose. Správa zdrojů nabízí vlastní kalendář dostupnosti, takže zdroj můžeme přiřadit k jiné činnosti až v okamžiku, kdy je znovu dostupný. V nejnovější verzi Microsoft nabízí rozšíření o webový přístup, který je rozdělen do několika uživatelských úrovní. Uživatel může sledovat analýzu pracovního vytížení zdrojů i aktuální postup projektu. Program umožňuje export některých analýz jako je například PERT či EVA. Program je určen ke komerčnímu využití a je tedy zpoplatněný. [16]

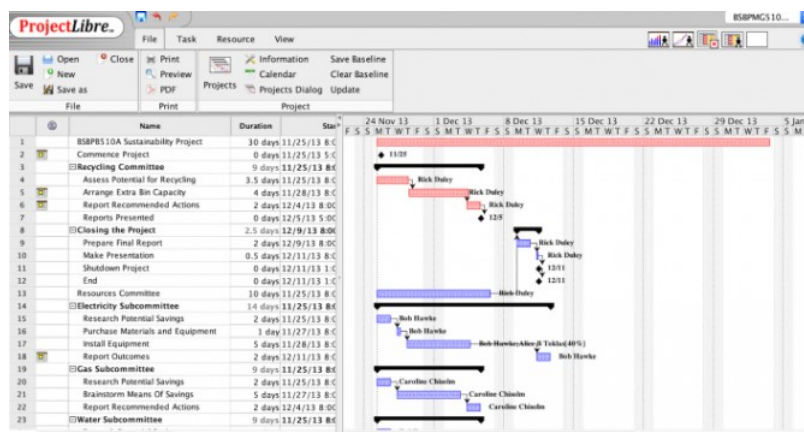
3.1.2 Open Workbench

Open Workbench je volně dostupný software pro projektový management zaměřený na plánování. Jedná se o desktopovou aplikaci, která je plnohodnotnou alternativou k Microsoft Projekt. Na rozdíl od MS Projekt se více zaměřuje na vynaložené úsilí, než na typické trvání

činnosti. Software byl vytvořen v roce 1984 společností Applied Business Technology, původně pod názvem Projekt Workbench. V roce 2000 tento produkt zakoupila společnost Niku a vytvořila volně dostupnou verzi Open Workbench. Niku v roce 2005 zakoupila společnost CA Technologies, která produkt nabízela do roku 2011. Aktuálně je software dostupný na SourceForge a je podporovaný staršími verzemi Microsoft Windows. Software poskytuje spolehlivý nástroj pro definici činností, zdrojů a vztahů mezi nimi. Dále obsahuje kalendář pro plánování dostupnosti zdrojů. Nástroj také obsahuje možnost importu projektu z jiných komerčních nástrojů. Pro časovou analýzu je využíván algoritmus metody kritické cesty. U jednotlivých činností je podporováno zaznamenávání úsilí potřebného k jeho dokončení. Open Workbench je snadno použitelný a dostupný desktopový nástroj, který je vhodný pro větší a středně velké projekty. [17]

3.1.3 ProjectLibre

ProjectLibre je další volně dostupný desktopový software od stejnojmenné společnosti. Implementován je v programovacím jazyce Java a je tedy multiplatformním. Nástroj, který má téměř 4 miliónů uživatelů, je dalším alternativní nástrojem k MS Projekt. Nově je oznámen vývoj ProjectLibre Cloud, což by měla být webová verze stejného programu, která umožní práci na projektu více uživatelům společně s funkcemi správ portfolií. Aplikace je dostupná od roku 2012. Software nabízí širokou škálu zobrazení projektu například pomocí Ganttových diagramů, v kalendáři či Síťovým diagramem. Program využívá algoritmy CPM i PERT pro hledání kritické cesty. [18]



Obrázek 18 – Ukázka rozhraní softwaru pro plánování projektu ProjectLibre [18]

3.1.4 Primavera P6

Softwarový nástroj Primavera P6 je určen ke správě podnikových portfolií a projektů a je produktem společnosti Oracle. Software je možné použít na projekty až do velikosti 100 000

činností. Je používán v mnoha různých odvětvích jako je zdravotnictví, bankovníctví, IT či stavebnictví. Je vhodným nástrojem pro jakoukoliv společnost či jednotlivce, který provozuje nějaký projekt či program. K hlavním výhodám programu patří víceuživatelský přístup k projektu v reálném čase. Možnost rozdělení projektu na menší části, aniž by bylo nutné procházet celý projekt. Program umožňuje správu dokumentů, smluv a dalšího účetnictví. Software existuje jako desktopový nástroj či jako webová aplikace, je tedy možné ho užívat na různých zařízeních. K „nevýhodám“ programu patří, že většina uživatelů nevyužívá všech jeho funkcionalit. Primavera P6 je velmi uceleným nástrojem, na který by měli být uživatelé vyškoleni, aby mohli jeho potenciál plně využívat. [19]

3.1.5 Zhodnocení plánovacích nástrojů

Software pro správu projektů se začal vyvíjet už ke konci 70. let. Mezi základní a běžné funkce plánovacích nástrojů dnes patří správa úkolů, zdrojů a výdajů, nesmí chybět ani přehledné zobrazení projektu pomocí Ganttova diagramu či průběžného sledování časů.

Prvním rozhodovacím faktorem pro výběr vhodného plánovacího softwaru je určitě jeho cena. Placené nástroje poskytují často velice komplexní a spolehlivé řešení správy projektů. Komerční software je dnes převážně poskytován jako předplacený a hostovaný webový produkt nebo ve verzi dlouhodobě poskytnuté licence. Hodnota předplacení je často určována velikostí společnosti nebo velikostí projektu. Hostovaný produkt je umístěn u poskytovatele softwaru, což může být výhodou v poskytované podpoře, víceuživatelskému přístupu a nákladech na údržbu, ale i nevýhodou kvůli sdílení kritických informací. Dlouhodobě poskytnutá licence zahrnuje udržování vlastních serverů a nutností opakovaných aktualizací. Je vhodná spíše pro větší podniky s komplexnějšími potřebami. Samotným zakoupením licence však náklady nemusí skončit. Přizpůsobení softwaru na míru, migrace dat, školení zaměstnanců, to všechno mohou být další spojené náklady. Příkladem komerčního plánovacího softwaru je výše zmíněný MS Projekt. Výhodou volně dostupných nástrojů je efektivní nákladové řešení, ale je u nich nezbytné udržovat základní povědomí o změnách a aktualizacích. Další výhodou, hlavně u softwaru poskytovaného s volně dostupným zdrojovým kódem je, že uživatel má možnost upravit nástroj pro své potřeby.

Druhým faktorem je uživatelský přístup k projektovému softwaru a možnosti zobrazení projektové analýzy ve webovém, mobilním či desktopovém rozhraní. Jednouživatelský program předpokládá, že pouze jeden člověk bude moci upravovat plán projektu. Víceuživatelský přístup podporuje připojení více uživatelů ke stejnému projektu, jejich

vzájemnou komunikaci a různou úroveň přístupu. Tento přístup vyžaduje přístup k síti a server pro uchování projektu.

Dalším faktorem je vizualizace projektu. Kvůli velkému množství projektových dat je nutné zobrazit je ve srozumitelné podobě. Software může zobrazovat data v diagramech či využít zobrazení pouze částí projektu.

Posledním neméně důležitým faktorem je typ podporované časové analýzy. Trendem dnešní doby je minimalizace využití zdrojů a časová efektivita, avšak většina nástrojů stále využívá pouze časové analýzy pomocí metody kritické cesty, případně jejího stochastického rozšíření metodou PERT. Aplikace Primavera P6 využívá několika různých časových analýz a poskytuje tak uživateli možnost volby. Příkladem další techniky časové analýzy projektu může být využití simulační techniky Monte Carlo. Postup techniky je založen na opakovaném průchodu grafu s náhodným výběrem trvání činností z příslušného rozdělení. Po ukončení simulace se vyhodnotí trvání činností z průběžně získávaných výsledků.

Softwaru pro časové plánování se dnes využívá nejen v projektech, ale i k organizaci vlastního soukromí, proto se moderní aplikace zaměřují na pohodlné zadávání a čtení komplexních informací. Nové aplikace pro projektový management se dnes převážně přesouvají z desktopového rozhraní na webové, hlavně z důvodů pohodlnějšího přístupu k projektu a možnosti sdílení.

Podporované funkce	MS Projekt	Primavera P6	Open Workbench	ProjectLibre
Ganttův diagram	X	X	X	X
Síťový diagram	X	X	X	X
CPM (analýza)	X	X	X	X
PERT (analýza)	X	X	X	X
MPM (analýza)	-	X	-	-
Monte Carlo	-	X	-	-
Cena (zdarma)	-	-	X	X
Správa zdrojů	X	X	X	X
Víceuživatelský	X	X		X
Filtrování obsahu	X	X	X	X
Podpora více projektů	X	X	X	X
Grafické modelování	X	X	-	X
Sledování pokroku	X	X	-	X
Webové rozhraní	X	X	-	X
Desktopové rozhraní	X	X	X	X

Tabulka 5 - Porovnání dostupného softwaru pro projektové plánování

3.1.6 Požadavky na vlastní aplikaci

- Vkládání úkolů do projektu manuálně i s využitím souboru.
- Validace vstupních dat, a ověření možnosti provedení časové analýzy.

- Přehledné zobrazení výstupu časové analýzy projektu (Sít'ový a Ganttův diagram).
- Tabulkový export všech činností projektu s jejich časovými charakteristikami.
- Možnost exportu projektu pro zpětné nahrávání.

K vytvoření aplikace mě motivovala absence jednoduchého a přehledného produktu pro plánování projektu, který je volně dostupný a snadno ovladatelný. Dalším důvodem byla potřeba lepšího využívání mého profesního i osobního času. Tvorba aplikace mi umožnila získat více zkušeností s grafovými algoritmy, které mají v moderním světě stále více využití.

3.2 Vývoj aplikace a použité technologie

Desktopová aplikace je nástrojem pro plánování projektu. Využívá k tomu metod CPM a PERT. Aplikace umožňuje import činností ve formátu CSV či zadávat uživatelsky přímo v aplikaci. Aplikace poskytuje zobrazení projektu pomocí Ganttova a sít'ového diagramu. V libovolném projektu identifikuje kritické činnosti a poskytuje informace o časových rezervách.

3.2.1 Technologie aplikace

Visual Studio je IDE vytvořené společností Microsoft a představené v roce 1997. Je určeno pro vývoj konzolových, webových i grafických aplikací. Vývojové prostředí je dostupné pro většinu známých operačních systémů a primárně nepodporuje žádný z programovacích jazyků. Jazyky jsou přidávány jako rozšíření a pluginy. Nejčastěji je využívám pro vývoj aplikací v programovacích jazycích C# a C++. V současné době je software vydáván ve třech základních verzích Komunita, Professional a Enterprise. První z jmenovaných je zdarma poskytovanou pro studenty a jednotlivce.

WPF (Windows Presentation Foundation) je volně dostupný grafický subsystém. Byl vytvořený společností Microsoft v rámci .NET Framework 3.0 a byl primárně určený k tvorbě uživatelských rozhraní pro aplikace.

Programovací jazyk C# se řadí k vyšším programovacím jazykům, je objektivě orientovaný a byl vyvinut společností Microsoft mezi roky 2000 a 2002. Jazyk vychází z C++ a byl odpovědí Microsoftu na konkurenční Javu. Použití našel při tvorbě desktopových, webových, herních, formulářových i mobilních aplikací. V dnešní době se těší velké oblibě [15].

3.3 Popis aplikace

Desktopová aplikace slouží k plánování projektových činností u libovolného projektu. Aplikace využívá metod teorie grafů k odhadu celkového trvání projektu a zobrazuje činnosti u kterých je možné zdržení. Nabízí možnost alokace prostředků a grafické znázornění projektu pomocí Síťového a Ganttova diagramu. Aplikace umožňuje import a export projektu ve formátu CSV. Výstup algoritmů je možné zobrazit přímo v aplikaci či exportovat do CSV souboru.

Aplikaci je možné využít před samotným začátkem projektu a zjistit, zda je projekt reálné uskutečnit. V průběhu projektu můžeme upravovat časové charakteristiky a znovu provádět časové analýzy a porovnávat změny oproti počátečnímu plán. Jednotlivé verze průběhu je možné uchovávat v oddělených souborech a z nich si je zpětně zobrazovat.

Grafické rozhraní a ovládání aplikace

Aplikace je složena z několika oddělených karet. Výchozí kartou po spuštění aplikace je přehled projektu, kde má uživatel možnost otevření projektu ze souboru. Karta umožňuje export stávajícího a vytvoření nového. Přehled poskytuje základní aktuální informace o projektu, počet aktivních úkolů, přehled využívaných zdrojů a odhady trvání projektu.

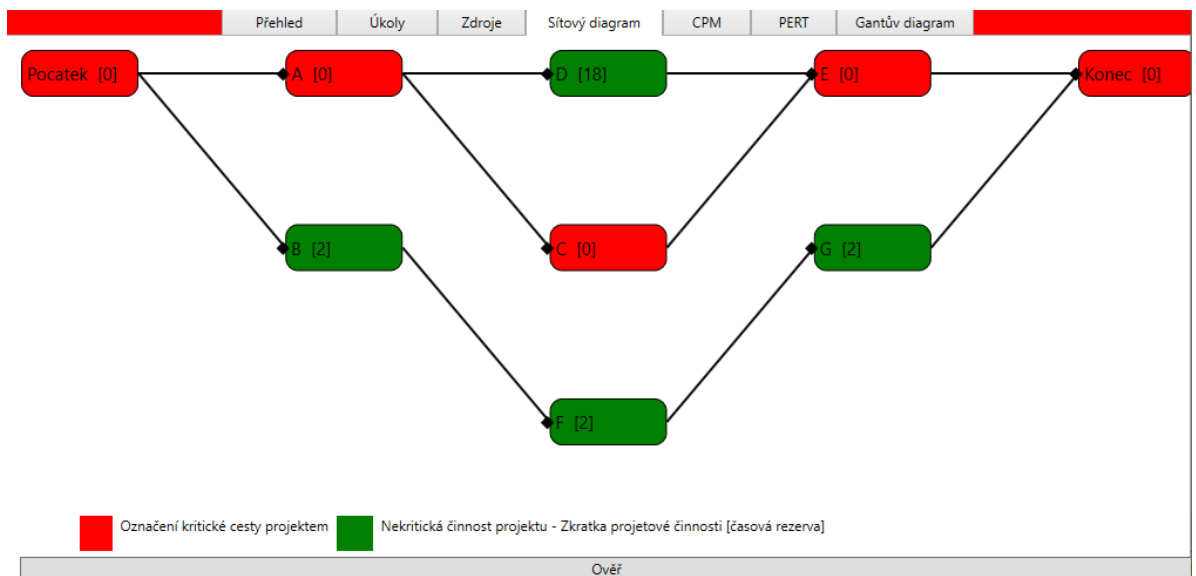
Další kartou je přehled úkolů. Na této kartě jsou vypsány jednotlivé úkoly projektu včetně dvou virtuálních a to počátku a dokončení. U každého úkolu aplikace zobrazuje časové odhady trvání. Optimistický, pravděpodobný a pesimistický. Na této kartě může uživatel přidat další úkol či ho editovat, případně smazat. K vybraným úkolům je zde možné alokovat zdroje, které jsou pro činnost potřebné. Ve spodní části karty je tlačítko ověřit, pomocí kterého si uživatel může ověřit, zda úpravou činností nenarušil strukturu projektu. Odpovědí mu je semafor, který ho informuje o základních chybách, jako je neexistující spojení činností, projekt obsahující cyklus a tím znemožnění provedení analýzy.

Název	Popis	O-Trvání	Trvání	P-Trvání	Předchůdci	Zdroje
Pocátek	Počátek projektu	0	0	0		
A	Činnost 1	10	14	20	Pocátek,	
B	Činnost 2	35	40	45	Pocátek, Alex,	
D	Činnost 4	10	12	14	A,	
C	Činnost 3	25	30	35	A, Alex,	
F	Činnost 6	1	2	3	B, Andrej Hrc,	
E	Činnost 5	4	5	6	C, D,	
G	Činnost 7	4	5	6	F, Richard Po,	
Konec	Dokončení projektu	0	0	0	E, G,	

Je možná analýza projektu Ověřit Status: ● Alex Přidej zdroj

Obrázek 19 – Přehled projektových činností [autor]

Další kartou je přehled a vytvoření zdrojů projektu, zde je možné přidávat a mazat zdroje pro projekt. Na další kartě je zobrazení Síťového diagramu, činnosti projektu jsou tu zobrazeny jako vrcholy grafu, navzdory použití analýzy CPM. Karta obsahuje tlačítko pro obnovení diagramu při jeho úpravě.



Obrázek 20 – Zobrazení projektu v síťovém grafu [autor]

Dalšími kartami jsou zobrazení analýzy projektu pomocí metody kritické cesty a analýza pomocí metody PERT. Zobrazují tabulkově spočtené charakteristiky trvání činností, jejich nejdřívejší začátek a konec, nejpозdější začátek a konec. Vypisuje kritické činnosti a činnosti

ZÁVĚR

Využití teorie grafů pro plánování projektů je praktickou ukázkou využití matematiky v reálném životě. Pomocí jednoduchých principů lze řešit složité, rozsáhlé či zdánlivě neřešitelné problémy. Kvalitní projektové plánování posunuje hranice lidských možností.

Po úvodním seznámení se s základními pojmy z teorie grafů, bylo možné popsat zvolené metody CPM, MPM a PERT. Všechny vybrané metody patří k základním nástrojům síťové analýzy a v plánování projektů je jich hojně využíváno. Je vhodné je využít před samotným začátkem projektu i v jeho průběhu. Jejich hlavní společný účel je monitorování časových charakteristik jednotlivých činností projektu, identifikace kritické cesty, určení časových rezerv a celkový odhad délky trvání projektu. Pro každou zvolenou metodu je výše uveden příklad algoritmu jejího průběhu. Zmíněné metody patří k bohatě využívaným a to nejen v softwaru pro projektové plánování. Porovnáním metod není možné jednoznačně určit nejuniverzálnější metodu, neboť projekty se mohou lišit svými požadavky.

Softwaru pro projektové plánování existuje velké množství. Vzniká a vyvíjí se, kvůli stále rostoucím nárokům na zdroje a čas. Avšak i moderní aplikace pro projektové řízení stále využívají tradičních metod z teorie grafů. Přínosem mé desktopové aplikace je možnost jednoduše aplikovat matematické metody na libovolný projekt. Časovou analýzou využívající metod CPM a PERT může aplikace odhadnout délku trvání projektu, identifikovat činnosti u kterých je možné zdržení a to vše přehledně zobrazit v Ganttově diagramu.

Práce na bakalářské práci mi pomohla získat více zkušeností v programování i návrhu struktur. Věřím, že hlubší vhled do projektového plánování mi bude k užitku i v mých budoucích projektech či pracovních příležitostech.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Discrete Mathematics. *Brilliant* [online]. Andy Hayes, [2020] [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://brilliant.org/wiki/discrete-mathematics/>
- [2] Graphs Fundamentals. *Interactive Mathematics Miscellany and Puzzles* [online]. Moscow: Alexander Bogomolny, c1996-2018 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: https://www.cut-the-knot.org/do_you_know/graphs.shtml
- [3] MATOUŠEK, Jiří. *Kapitoly z diskrétní matematiky. 2.*, opr. Vyd., Praha: Karolinum, 2002. ISBN 80-246-0084-6.
- [4] RAK, Josef. *Základní pojmy*. Univerzita Pardubice, c2011-2020. Dostupné také z: <https://fei-learn.upceucebny.cz/mod/resource/view.php?id=8752>
- [5] DEMEL, Jiří. *Grafy a jejich aplikace*. Praha: Academia, 2002. ISBN isbn80-200-0990-6.
- [6] RAK, Josef. *Metoda kritické cesty (CPM)*. Univerzita Pardubice, c2011-2020. Dostupné také z: <https://fei-learn.upceucebny.cz/mod/resource/view.php?id=8752>
- [7] Metody síťové analýzy. *ManagementMania.com* [online]. Wilmington, c2011-2020 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metody-sitove-analyzy>
- [8] *Project management through the 1950s*. Project Manager – Australia's online resource for project management professionals [online]. Alan Stretton, c2010-2019, 10. 02. 2011 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://projectmanager.com.au/project-management-through-the-1950s/2/>
- [9] *Project Planning and Control with PERT & CPM*. 4th edition. New Delhi: Laxmi Publication, 2017. ISBN 10: 8131806987.
- [10] USMANI, Fahad. *Critical Path Method (CPM) in Project Management*. PM Study Circle [online]. Fahad Usmani, c2020, 20. 01. 2020 [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://pmstudycircle.com/2014/01/critical-path-method-cpm-in-project-management/>
- [11] *Advantages and Disadvantages of Critical Path Method (CPM)*. GeeksforGeeks: A computer science portal for geeks [online]. Noida: Himanshu Sharma [cit. 2020-07-24]. Dostupné z: <https://www.geeksforgeeks.org/advantages-and-disadvantages-of-critical-path-method-cpm/>
- [12] SINGH, Harwinder. *The Magical PERT Formula*. Deep fried brain [online]. Harwinder Singh, c2020, 4. 9. 2018 [cit. 2020-07-26]. Dostupné z: <https://www.deepfriedbrainproject.com/2010/07/pert-formula.html>
- [13] *Modeling and Simulation of Logistics Flows 1: Theory and Fundamentals*. Hoboken: Wiley, 2017. ISBN 978-1-119-36852-6.
- [14] *Oficiální domovská stránka Microsoft* [online]. Redmond: Microsoft, 2020 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://visualstudio.microsoft.com/cs/>

- [15] *When Was C# Created? A Brief History*. In: *C# Station* [online]. Middletown: Janice Friedman, 2000, 18. 03. 2020 [cit. 2020-07-15]. Dostupné z: <https://csharp-station.com/when-was-c-sharp-created-a-brief-history/>
- [16] MILLER, Kirstin. What is Microsoft Project? A Quick History. [online]. *Workzone*, [20--?] [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.workzone.com/blog/microsoft-project-history/>
- [17] Understanding Open Workbench Project Management Software. *Free Management Articles* [online]. Free Management Articles, c2005-2020 [cit. 2020-07-29]. Dostupné z: <https://www.management-hub.com/introduction-to-open-workbench.html>
- [18] Product overview. *ProjectLibre* [online]. ProjectLibre, c2019 [cit. 2020-07-30]. Dostupné z: <https://www.projectlibre.com/products>
- [19] What is Primavera P6? *Ten Six* [online]. Ten Six, c2020 [cit. 2020-07-30]. Dostupné z: <https://tensix.com/2019/06/what-is-primavera-p6/>
- [20] DEMEULEMEESTER, Erik. *Project scheduling: a research handbook*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2002. ISBN 0306481421.
- [21] *Metóda MPM*. Bratislava, c2005-2016. Dostupné také z: http://www.fhi.sk/files/katedry/kove/predmety/Sietova_analyza/MPM.pdf

PŘÍLOHY

Příloha A – Ukázka Aplikace a zdrojového kódu.....	45
--	----

PŘÍLOHA A – UKÁZKA APLIKACE A ZDROJOVÉHO KÓDU

Ukázka souboru CSV s exportovanými výsledky časové analýzy projektu a ukázka zdrojového kódu. Ukázka pomocné metody pro identifikaci kritických činností projektu.

Projekt: Importovany projekt																	
PERT output: Pocatek=>B=>D=>E=>F=>Konec=>																	
Stredni dc Rozptyl																	
32 2,886751																	
Nazev cini	Popis cini	Zdroje	Optimistic	Pravdepo	Pesimistic	Nejcasnej	Nejcasnej	Nejpozde	Nejpozde	Predchaze	Nadhaze	Ocekavan	Diskretni	Variance	Smerodat	Rezerva	casova
Pocatek	Pocatek projektu		0	0	0	0	0	0	0	0	A, B,	0	0	0	0	0	0
A			4	6	14	0	7	2	9	Pocatek,	D, C,	7	8	2,777778	1,666667	2	
B			4	9	14	0	9	0	9	Pocatek,	D,	9	9	2,777778	1,666667	0	
D			4	8	12	9	17	9	17	A, B,	E,	8	8	1,777778	1,333333	0	
C			6	13	14	7	19	14	26	A,	F,	12	11	1,777778	1,333333	7	
E			2	10	12	17	26	17	26	D,	G, F,	9	8	2,777778	1,666667	0	
F			5	5	11	26	32	26	32	C, E,	Konec,	6	7	1	1	0	
G			2	5	8	26	31	27	32	E,	Konec,	5	5	1	1	1	
Konec	Dokonceni projektu		0	0	0	32	32	32	32	F, G,		0	0	0	0	0	0
CPM output: Pocatek=>B=>D=>E=>F=>Konec=>																	
Nazev cini	Popis cini	Nejcasnej	Nejcasnej	Nejpozde	Casova	rezerva	cinnosti										
Pocatek	Pocatek p	0	0	0	0	0											
A		0	6	3	9	3											
B		0	9	0	9	0											
D		9	17	9	17	0											
C		6	19	14	27	8											
E		17	27	17	27	0											
F		27	32	27	32	0											
G		27	32	27	32	0											
Konec	Dokonceni	32	32	32	32	0											

```

internal List<Ukol> VypocetKritickeCesty(Ukol zacatek, Graf graf)
{
    List<Ukol> navstivene = new List<Ukol>();
    List<Ukol> kritickaCesta = new List<Ukol>();
    Queue<Ukol> fronta = new Queue<Ukol>();

    fronta.Enqueue(zacatek);

    while (fronta.Count > 0)
    {
        Ukol temp = fronta.Dequeue();
        if (navstivene.Contains(temp))
        {
            continue;
        }
        navstivene.Add(temp);

        foreach (var soused in graf.hrana[temp])
        {
            if (!navstivene.Contains(soused))
            {
                fronta.Enqueue(soused);
            }
        }
        // výpočet rezervy činnosti
        if (temp.VypocitejRezervy())
        {
            if (kritickaCesta.Count == 0)
            {
                temp.Kriticka = true;
                kritickaCesta.Add(temp);
            }
            else
            {
                //ověření souslednosti v kritické cestě
                foreach (var item in kritickaCesta.ElementAt(kritickaCesta.Count - 1).NadchazejiciUkoly)
                {
                    if (item.Equals(temp))
                    {
                        temp.Kriticka = true;
                        kritickaCesta.Add(temp);
                    }
                    else
                    {
                        navstivene.Remove(temp);
                        fronta.Enqueue(temp);
                    }
                }
            }
        }
    }
    return kritickaCesta.ToList();
}

```