

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně
Provozně ekonomická fakulta
Ústav statistiky a operačního výzkumu (ÚSO)

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Možnosti použití kritické cesty v hospodářské praxi

Vypracovala: Jaroslava Šedrlová

Vedoucí práce: Doc.Ing. Josef Holoubek, Csc.

2007, Brno

Děkuji vedoucímu své bakalářské práce Doc.Ing. Josefu Holoubkovi, CSc. za odbornou pomoc a podmětné připomínky.

Prohlašuji, že předkládaná diplomová práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracovala samostatně. Všechny zdroje, prameny a literaturu, které jsem při vypracování používala nebo z nich čerpala, v práci řádně cituji s uvedením úplného odkazu na příslušný zdroj.

V Brně, dne 1.5.2007

.....

Abstract

Šedrlová, J. Using of the critical path in economic. Diploma thesis. Brno 2007.

This diploma thesis deals with problem of critical path in project. The aim of the text is to provide time analysis of project with different methods, cooperation of results and discuss advantages and disadvantages of every specific method. There are used three types of method: Critical Path Method (CPM), Program Evaluation and Review Technique (PERT) a Metra Potential method (MPM).

Abstrakt

Šedrlová, J. Možnosti použití kritické cesty v hospodářské praxi. Diplomová práce. Brno 2007.

Diplomová práce se zabývá metodou kritické cesty v projektu. Cílem práce je provést časovou analýzu různými metodami, které kritickou cestu využívají, provést srovnání jednotlivých metod a zdůraznit výhody a nevýhody analyzovaných metod. V práci jsou použity tři metody: metoda kritické cesty (CPM), plánovací systém (PERT) a metoda měření potenciálu v síti (MPM).

OBSAH

1. ÚVOD	6
2. CÍL A METODIKA	7
3. TEORETICKÉ POZNATKY	9
3.1 OPERAČNÍ VÝZKUM	9
3.2 TEORIE GRAFŮ	12
3.3 ŘÍZENÍ PROJEKTŮ	15
3.4 SÍŤOVÁ ANALÝZA	16
3.4.1 SESTAVENÍ KARTOTÉKY	19
3.4.2 VYTVOŘENÍ SÍŤOVÉHO GRAFU	19
3.4.3 ČASOVÁ ANALÝZA SÍTĚ	27
4. CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO OBJEKTU	39
5. FORMULACE MODELU PROJEKTU	43
6. ŘEŠENÍ MODELU PROJEKTU	46
6.1 HRANOVĚ OHODNOCENÝ GRAF A METODA KRITICKÉ CESTY	46
6.2 UZLOVĚ OHODNOCENÝ GRAF A METODA KRITICKÉ CESTY	57
7. DISKUSE	58
8. ZÁVĚR PRÁCE	61
9. POUŽITÁ LITERATURA	63
10. REJSTŘÍK	65
11. PŘÍLOHY	66
A MS PROJECT – POPIS SOFTWARE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
B POSKYTNUTÁ DATA PŘED ÚPRAVOU	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
C CPM – VÝPOČET NA SÍTI	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
D CPM – VÝPOČET V TABULCE	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
E MPM – UZLOVĚ OHODNOCENÝ GRAF A KRITICKÁ CESTA	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.

1. ÚVOD

Snahou podnikatelských subjektů je dosažení co nejlepších výsledků v podnikatelské činnosti. K tomu je potřeba řada důležitých a zejména správných rozhodnutí, které by měla být vědecky podložena. Snažíme se omezit oblast intuitivního rozhodování a omezit tak co nejvíce ztráty. V některých případech se můžeme totiž setkat s takovou rozhodovací situací, kdy si již nevystačíme s jednoduchými postupy, které bychom založili pouze na intuici a zkušenostech. A proto se metoda kritické cesty a využití síťové analýzy stává jedním z důležitých nástrojů každého manažera, neboť může poskytnout objektivní a kvantitativní základ pro rozhodování.

Práce je zaměřena na síťovou analýzu, která je jednou z metod operačního výzkumu a využívá poznatků teorie grafů. Operační výzkum poskytuje metody a nástroje, které podporují rozhodování. Využívá řadu matematických disciplín jako například lineární algebru, matematickou analýzu, teorii her, teorii grafů a mnoho dalších.

Diplomová práce navazuje na bakalářskou práci „Použití metody kritické cesty v hospodářské praxi“, kterou jsem obhájila v roce 2005 a snaží se obsah bakalářské práce rozšířit a prohloubit.

Práce je členěna do jedenácti kapitol. Souhrn teoretických poznatků použitých pro zpracování diplomové práce je uveden ve třetí kapitole, která je dělena na podkapitoly operační výzkum, teorie grafů, řízení projektů a síťová analýza. Čtvrtá kapitola obsahuje charakteristiku firmy a problému, který je řešen. V páté a šesté kapitole je formulace problému a jeho řešení, v sedmé kapitole jsou prezentovány výsledky práce a v osmé kapitole je závěrečné shrnutí. Podklady pro diplomovou práci poskytla firma AŽD Praha, s.r.o. Dalšími informačními zdroji pro teoretickou část je současná literatura a internetové zdroje uvedené v seznamu literatury (kapitola devátá). Diplomová práce dále obsahuje rejstřík a pět příloh.

2. CÍL A METODIKA

Na využití metod operačního výzkumu je založeno projektové řízení, které napomáhá manažerům v rozhodování. Metoda kritické cesty je jedna z několika technik, které můžeme použít při řízení projektů. Umožňuje stanovit jaký minimální čas je potřeba k dokončení projektu a určit aktivity, které jsou kritické. Za kritické jsou považovány takové aktivity, jejichž prodloužení by mohlo zdržet celý projekt a které jsou z hlediska manažera důležité.

Diplomová práce si klade za cíl provést časovou analýzu projektu „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“ různými metodami síťové analýzy. Výsledky dle jednotlivých metod porovnat, vysvětlit rozdíly zvolených metod a rozebrat jejich výhody a nevýhody.

V rámci diplomové práce jsou uvažovány metody CPM, PERT a MPM. V práci je nalezena kritická cesta, rezervy dílčích činností a vypočtena pravděpodobnost ukončení projektu v daném termínu.

Použití zkoumaných metod a rozdíly těchto metod jsou demonstrovány na jednoduchém příkladu. Následně jsou všechny metody použity pro řešení skutečného projektu z praxe. Podklady pro provedení časové analýzy byly poskytnuty firmou AŽD Praha, s.r.o.

Pro zhotovení grafu i realizace nezbytných výpočtů je použit program Microsoft Office Project. Software MS Project slouží k plánování, sledování a řízení projektů. MS Project může sledovat nejen časové, ale i nákladové a zdrojové údaje.

Základní ovládání je řešeno obdobně jako u Microsoft Office. Používá se myš a standardní klávesnice. Všechny příkazy k provedení úkonů lze aktivovat použitím nabídek, které jsou umístěny na nabídkové liště v horní části okna aplikace. (Adamec, 1997, s. 31)

K dispozici jsou různá zobrazení, je možno využít šest základních zobrazení. Pro práci je využito nejvíce zobrazení Gantt diagram a PERT diagram, které umožní vkládat, sledovat a aktualizovat různé úkolové informace.

Ganttův diagram obsahuje tabulku úkolových informací a diagram, který graficky zobrazuje projektový rozvrh. Zobrazuje každý úkol jako pruh prezentující na časové stupnici jeho začátek, trvání a ukončení.

PERT diagram se hodí pro prezentace projektových modelů ve formátu síťového grafu.

MS Project je podrobněji rozebrán v příloze práce (Příloha A).

3. TEORETICKÉ POZNATKY

3.1 *Operační výzkum*

Operační výzkum je dle Jablonského (2002, s. 9) vědní disciplína, která je zaměřena na analýzu různých typů rozhodovacích problémů. Není jednoduché datovat vznik operačního výzkumu jako samostatné disciplíny. Počátky spadají do 30. a 40. let 20. století. Rozvoj této disciplíny nastává za 2. světové války a především v 50. letech. Důvody tohoto rozvoje jsou dány jak praktickou potřebou, tak rozvojem výpočetní techniky. Termín operační výzkum byl poprvé použit roku 1938 ve Velké Británii.

Operační výzkum se soustředí na to, jak se manažeři rozhodují a jak by se měli rozhodovat, jak sbírat a zpracovávat data a informace potřebné pro efektivní rozhodování a jak monitorovat rozhodnutí po jejich realizaci. Nachází aplikace všude tam, kde se jedná o analýzu a koordinaci operací v rámci nějakého systému.

Podle Rašovského a Šišlákové (1999, s. 8) systém je účelově zjednodušená představa o reálném objektu, problému. Je to definovaná množina prvků a množina vazeb mezi nimi, které společně určují vlastnosti celku. Prvek je na dané rozlišovací úrovni dále nedělitelná součást celku. Vazba umožňuje kontakt prvků. Vazby rozlišujeme hmotné, nehmotné a informační. Problém je velmi ovlivněn okolím. Okolí systému je účelově definovaná množina prvků, které nejsou prvky daného systému, ale které systém ovlivňují a jsou jím ovlivňovány. Model je zjednodušené znázornění zkoumaného objektu, které z určitého hlediska zachycuje podstatné vlastnosti zkoumaného objektu.

Při řešení rozhodovacího problému pomocí operačního výzkumu lze rozlišit několik na sebe navazujících fází. Jak můžeme najít například u Jablonského (2002, s. 11-13), tyto fáze jsou:

Rozpoznání problému a jeho definice

V této fázi je třeba posoudit jakými prostředky je problém řešitelný, případně vytvořit tým příslušných odborníků, který se bude na tvorbě modelu a následném řešení problému podílet.

Formulace ekonomického modelu

Reálný problém je zpravidla příliš složitý. Není většinou nutné ani možné uvažovat všechny aspekty daného problému. Proto sestavíme ekonomický model, který zjednoduší reálný problém. Ekonomický model by měl zejména obsahovat cíl analýzy (např. maximalizace zisku, minimalizace nákladů atd.), popis procesů, které v systému probíhají, popis činitelů, které ovlivňují procesy a popis vzájemných vztahů mezi procesy, činiteli a cílem analýzy.

Formulace matematického modelu a kvantifikace modelu

Ekonomický model je slovním a numerickým popisem problému (podobně jako zadání slovní úlohy v matematice). Aby bylo možné daný problém řešit musí být ekonomický model převeden na matematický model.

Modely máme například:

- statické (nezobrazující časové změny),
- dynamické (zobrazující časové změny),
- stochastické (obsahující náhodné veličiny),
- deterministické (neobsahující náhodné veličiny).

V této fázi také naplníme model konkrétními číselnými údaji. Tyto údaje musí být hodnověrné a objektivní. Řadu vstupních informací lze získat z podnikového informačního systému. Ne vždy však najdeme všechny údaje potřebné pro řešení modelu. Některé údaje musíme odhadovat pomocí statistických metod, nebo se spolehnout na odborné odhady. Získávání dat je třeba věnovat náležitou pozornost, protože špatná data znamenají špatné a nepoužitelné výsledky.

Vlastní řešení matematického modelu

Při řešení problému za pomoci modelu můžeme použít metody a postupy jednotlivých odvětví operačního výzkumu. Většinou jde o výběr vhodného programového prostředku. Na trhu softwarových produktů je mnoho programových souborů označovaných jako

systemy pro podporu rozhodování (DSS – Decision Support System), které zajišťují nalezení optimálního, exaktního řešení standardních skupin modelů. I dnes však existují modely rozhodovacích situacích, jejichž exaktní řešení by vyžadovalo roky až desítky let. Proto byly vyvinuty přibližné, heuristické metody, které sice neposkytují přesná řešení, ale řešení přijatelná.

Interpretace výsledků

Jedná se vlastně o „překlad“ výsledků řešení matematického modelu ze světa symbolického do světa reálných pojmů. K úspěšné interpretaci je nutná velmi dobrá znalost řešené problematiky.

Implementace

Úspěšná implementace by měla přispět ke zlepšení fungování daného objektu s ohledem na sledovaný a v modelu definovaný cíl.

Modely operačního výzkumu jsou velmi různorodé a zabývají se rozdílnými ekonomickými oblastmi. Postupem času se vytvořily relativně samostatné disciplíny operačního výzkumu.

Mezi nejvýznamnější patří dle Jablonského (2002, s. 13):

- matematické programování (lineární, nelineární),
- vícekriteriální rozhodování,
- teorie grafů,
- modely obnovy,
- teorie hromadné obsluhy (teorie front),
- teorie zásob,
- teorie her,
- simulace.

Není snadné rozeznat, kterou disciplínu použijeme na daný problém. Někdy problém může spadat i do více disciplín.

Vzhledem k cíli této diplomové práce jsou další části této kapitoly zaměřeny především na nezbytné poznatky z teorie grafů.

3.2 Teorie grafů

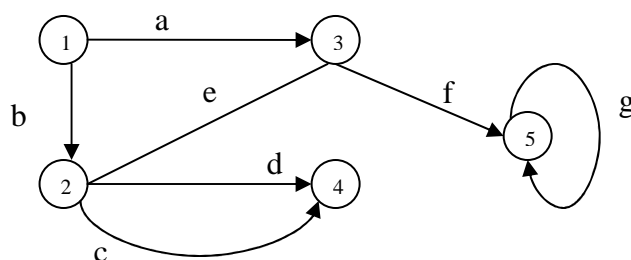
Teorie grafů je poměrně mladou disciplínou matematiky a je aplikovaná v mnoha oborech. Graf znázorňuje určité objekty (uzly) a vztahy mezi nimi (hrany). Graf může vyjadřovat například silniční síť, následnost pracovních operací nebo organizační jednotky a toky informací mezi nimi. (Černý, 1993, s. 27)

Podle Černého (1993, s. 31, 32) nazýváme grafem dvojici $G = (V, H)$, kde V je množina uzlů grafu G . Množinu všech dvojic (u, v) uzlů z V označujeme V^2 . Množina H je podmnožinou množiny V^2 , prvky této množiny jsou hrany grafu G .

Základní pojmy můžeme objasnit na obr. 1. Body $1, 2, 3, 4, 5$ znázorňují uzly a jejich spojnice (a, b, \dots, g) znázorňují hrany. Např. o hraně a lze prohlásit, že spojuje uzly 1 a 3 , tzn. že inciduje s uzly 1 a 3 . Hrana, která spojuje uzel sám se sebou, se nazývá smyčka (hrana g).

Hrana bez vyznačení směru se nazývá neorientovaná (hrana e), naopak s vyznačením se nazývá orientovaná (př. a). Hrany, které spojují stejné uzly, se nazývají rovnoběžné (d, c). Rovnoběžné hrany se nazývají násobné, pokud jsou všechny hrany neorientované, nebo všechny souhlasně orientované.

Hranu a nazveme výstupní z uzlu 1 a vstupní do uzlu 3 . Uzel 3 nazýváme následníkem uzlu 1 , naopak uzel 1 je předchůdcem uzlu 3 . Uzel 1 můžeme nazvat počáteční, neboť do něj nevstupuje žádná hrana, uzel 4 je uzlem koncovým, neboť z něj žádná hrana nevystupuje.



Obrázek 1: Graf

Typologie hran poskytuje vodítko pro klasifikaci grafů. Orientované grafy obsahují pouze orientované hrany, neorientované grafy obsahují pouze neorientované hrany. Grafy s násobnými hranami jsou multigrafy, bez násobných hran jsou grafy prosté. Prosté grafy bez smyček se nazývají jednoduché grafy.

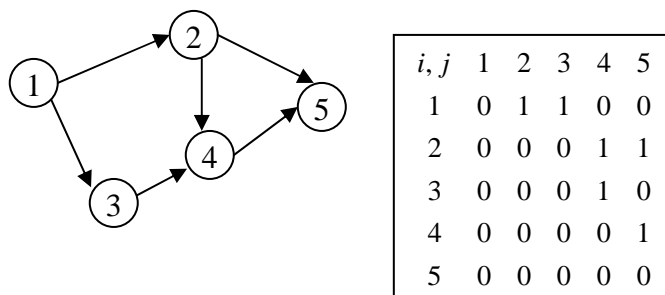
Rozlišujeme grafy konečné a nekonečné, podle toho, zda množiny hran a uzlů jsou konečné nebo nekonečné. Prázdný graf je takový graf, jehož množiny uzlů i hran jsou prázdné množiny.

Jablonský (2002, s. 170) definuje cestu v grafu mezi dvěma uzly u , v jako posloupnost navzájem na sebe navazujících hran, která začíná v uzlu u a končí v uzlu v . Jsou-li libovolné dva vrcholy u, v grafu G spojeny nějakou cestou, říkáme, že G je souvislý. Speciální typ cesty, která začíná a končí ve stejném uzlu, se označuje jako cyklus. Acyklickým grafem nazýváme graf, který neobsahuje žádný cyklus.

Grafy rozlišujeme:

- hranově ohodnocené, pokud jsou hranám přiřazeny určité hodnoty,
- uzlově ohodnocené, pokud uzlům grafu jsou přiřazeny určité hodnoty.

Ke každému grafu můžeme sestrojít čtvercovou matici A . Počet řádků a sloupců této matice je roven počtu uzlů. Jestliže v daném grafu existuje hrana (i, j) , do daného políčka matice A zapíšeme 1 , v opačném případě zapíšeme hodnotu 0 . Popsaná matice se nazývá incidenční matice.



Obrázek 2: Incidenční matice orientovaného grafu

Incidenční matice acyklického grafu, pro nějž platí $i < j$, má hodnoty 1 pouze nad hlavní diagonálou.

Typické problémy, kterými se teorie grafů zabývá, jsou například hledání nejkratší cesty, hledání nejdelší cesty a další které patří do skupiny, kterou označujeme „cestování na grafech“, (Černý, 1993, s. 35). Následující algoritmus slouží k nalezení nejdelší cesty.

Problém nejdelší cesty

Pro zvolený graf $G=(V,H,d)$ s délkovým ohodnocením hrany $d(h_{ij})$ máme najít nejdelší cestu z v_1 do uzlu v_n v grafu G .

Podmínkou pro nalezení cesty je, že příslušný orientovaný graf neobsahuje ani jeden cyklus. Pro řešení problému je použit algoritmus, který čerpá z Waltera (1989, s. 63, 64).

1. krok: Přiřadíme všem uzlům sítě hodnoty $v_i=0$.
2. krok: Budeme hledat takové hrany h_{ij} , pro které platí: $v_j-v_i < h_{ij}$. Nalezneme-li takovou hranu, změníme hodnotu proměnné v_j na $v_j=v_i+h_{ij}$. Podle bodu dva postupujeme tak dlouho, pokud není možné žádnou hodnotu v_j změnit (zvýšit), v opačném případě přistoupíme ke třetímu kroku.
3. krok: Najdeme posloupnost hran, pro které platí $v_j-v_i=h_{ij}$. Uvedená posloupnost představuje hledanou nejdelší cestu. Délka této cesty je v_n . Obsahuje-li graf cyklus, není druhý krok konečný.

3.3 Řízení projektů

Jedním z cílů manažera je rozlišit důležité činnosti od těch méně důležitých. Čím více je úkol manažera složitý, tím obtížnější je označit naléhavé činnosti. S řešením tohoto problému nám může pomoci vytvoření projektového plánu. Rychleji rozpoznáme činnosti, které jsou nejvíce naléhavé. A nebudeme se zbytečně zabývat činnostmi, které možná budou kritické až za několik dní nebo dokonce týdnů.

Nejstarší historie řízení projektů bývá spojována se stavbou egyptských pyramid a Velké čínské zdi. Hlavní období vzniku řady nových metod, nástrojů a technik je spojeno s vývojem techniky pro vojenské a kosmické projekty.

Projektem se v této souvislosti rozumí soubor časově vymezených činností, které jsou nutné k dosažení určitého cíle. Činnosti jsou mezi sebou navzájem propojeny technologicky a organizačně, (Dudorkin, 2002, s. 236) a jak zmiňuje Klusoň (1973, s. 12) každý projekt je jedinečný, dočasný, nejedná se tedy o periodicky se opakující činnost a musí být jasně stanovený cíl. Při realizaci projektu je třeba počítat s určitými náklady, omezenými zdroji a je třeba brát do úvahy nahodilé jevy a rizika, které mohou očekávané výsledky ovlivnit.

Projektové řízení podle Fialy (2004, s. 19) je způsob řízení pomocí projektů. Projektové řízení se snaží docílit co nejnižšího rozsahu, časové náročnosti, nákladů a co nejvyšší jakosti. Proto projektové řízení musí odpovědět na několik otázek. Jak dlouho bude trvat realizace projektu, jaké jsou časové a finanční rezervy, zda je dostatek zdrojů (lidé, nástroje, místo), jaké jsou náklady na jednotlivé zdroje.

Proces řízení projektů bychom mohli rozdělit do dvou rozsáhlých etap. V první dochází k plánování pomocí některé z metod projektového řízení a v druhé části se soustředíme na chod projektu. To znamená, že na základě získaných informací a výpočtů kontrolujeme, jak se daří plán sestavený v první etapě realizovat a případně provádíme nezbytné změny.

Nástroje projektového řízení se vyvíjely od jednoduchých pruhových diagramů a nástrojů pro síťovou analýzu, až po efektivní integrované nástroje řízení kooperací. V současné

době dochází při inovacích zejména k integraci původního projektového, ekologického, ekonomického a finančního řízení.

Mezi nástroje projektového řízení patří:

- síťová analýza,
- metoda logického rámce (Logica Frame Method),
- technika řízení podle cílů (Management by Objectives),
- Ganttův diagram,
- WBS (Work Breakdown Structures),
- exekutivní informační systémy (EIS),
- distribuované projektové řízení.

Projektové řízení může podniku přinést řadu výhod. Jako například zvýšení konkurenční schopnosti, stanovení časového a rozpočtového rámce projektu, jednoznačné určení zodpovědnosti za projekt, subprojekty a úlohy, řízení několika souběžných projektů, zkrácení doby projektu a další. (Zoňková, 1997, s. 10)

Ze zmíněných nástrojů je dále věnována pozornost především síťové analýze.

3.4 Síťová analýza

Účelem metod síťové analýzy je plánování a řízení velkého množství činností, které na sebe věcně, technologicky a časově navazují. Popsaný soubor činností můžeme označit jako projekt. Jedná se například o výstavbu investičních celků, opravu a rekonstrukci zařízení, řešení výzkumných a vývojových úkolů, roční běh polní výroby atd. Doby trvání dílčích činností jsou známy a nebo odhadnuty.

V metodách síťové analýzy se můžeme setkat s využitím řady vědních oborů. Není to pouze matematické programování, ale i teorie grafů, teorie pravděpodobnosti, statistika a také výpočetní technika.

Základem všech metod síťové analýzy je síťový graf. Jedná se o zobrazení projektu ve formě grafu vyjadřující technologické vazby mezi dílčími činnostmi. Matematicky je to konečný, souvislý, orientovaný, acyklický, hranově nebo uzlově ohodnocený graf. Obvykle požadujeme, aby měl jeden vstupní uzel, do něhož nevstupují žádné hrany (počátek projektu) a jeden výstupní uzel, ze kterého nevychází žádná hrana (konec projektu), ale není to nutné, (Rálek, 2005). Hrany (respektive uzly) jsou ohodnoceny dobou trvání činností a úkolem je nalézt nejdelší cestu z počátečního do koncového uzlu. Tuto cestu nazýváme kritickou. Každý projekt má minimálně jednu kritickou cestu.

Problém není pouze najít kritickou cestu, ale můžeme řešit problém vyrovnání kapacit. Jednotlivé činnosti mají požadavky na kapacity (například počty strojů, zaměstnanců atd.) Musíme stanovit začátky činností tak, aby nebyla překročena kapacita žádného stroje a pracovníci byli co nejrovnoměrněji vytíženi. Dalším úkolem síťové analýzy je určit s jakou pravděpodobností bude splněn celý projekt nebo jeho části. (Rálek, 2005)

Síťové grafy mohou být:

- hranově definované – uzel představuje okamžik zahájení nebo ukončení jedné, či více činností, hrany představují jednotlivé dílčí činnosti daného projektu,
- uzlově definované – uzel představuje činnost, hrana zde představuje vztah mezi činnostmi.

Síťové grafy je možno ohodnotit jedním ze tří způsobů:

- časově – čísla představují časové omezení,
- zdrojově – čísla představují potřebu zdrojů,
- nákladově – čísla představují náklady.

Dále budeme uvažovat pouze časové ohodnocení. A budeme se tedy zabývat časovou analýzou.

Síťový graf nám poskytuje několik výhod jako například jasný přehled o projektu, o jeho rozsahu, závislosti jednotlivých činností, které činnosti mohou probíhat současně, odstraňuje možnost opomenutí důležitých činností. Každý, kdo sestavuje síťový graf, musí

být podrobně seznámen s celou problematikou, tedy sestavování působí na zkvalitňování řízení. (Klusoň, 1973, s. 49)

Základ síťové analýzy je metoda kritické cesty (Critical Path Method, CPM), plánovací systém (Program Evaluation and Review Technique, PERT) a metoda měření potenciálu v síti (Metra Potential Method, MPM).

Metoda CPM vznikla v roce 1957 ve spolupráci amerických společností Du Pont a Sperry Rand a jejími autory jsou J.E. Kelley a M.R. Walker. Metoda byla poprvé úspěšně aplikována při řízení stavebních prací. Metoda PERT vznikla v roce 1958 v USA v souvislosti s řízením projektu vývoje raket POLARIS, využití této metody zkrátilo projekt o dva roky. Autory jsou D.G. Malcolm, J.H. Roseboom, C.E. Clark, W. Fazer. Obě metody se velmi rychle rozšířily po celém světě. Metoda MPM byla vyvinuta ve Francii roku 1958.

Hlavní rozdíl mezi metodami CPM a PERT je v chápání a stanovení doby trvání jednotlivých činností. U metody CPM jsou doby trvání jednoznačně určeny a u metody PERT vycházíme ze tří odhadů. Obě metody užívají hranově definované síťové grafy.

Metoda MPM vychází z uzlově definovaného síťového grafu a stejně jako u metody CPM je doba trvání určena jednoznačně (deterministicky).

Můžeme se setkat i s řadou dalších metod jako například GERT, CC atd.

Postup síťové analýzy podle Dudorkina (2002, s. 238) je možno rozdělit do následujících etap:

1. etapa: zjišťujeme cíle projektu, vnější závislosti, faktory ovlivňující realizaci projektu,
2. etapa: shromažďujeme informace o projektu a vytváříme tzv. kartotéku činností a současně sestavujeme výchozí síťový graf,
3. etapa: analýza projektu,
4. etapa: vlastní řízení a vyhodnocování průběhu realizace projektu na základě sestaveného a analyzovaného síťového grafu.

Předkládaná diplomová práce je zaměřena zejména na druhou a třetí etapu.

3.4.1 Sestavení kartotéky

Pro sestavení kartotéky musíme znát odpovědi na následující otázky:

- které činnosti bezprostředně každé činnosti předcházejí,
- které činnosti za danou činností bezprostředně následují,
- které činnosti probíhají současně,
- které činnosti na sobě závisují.

Pro ilustraci použijí jednoduchý příklad – „nový produkt“, který uvádí Baker (2005).

V následující tabulce vidíme informace, které potřebujeme pro sestavení síťového grafu.

Tabulka 1: Kartotéka činností

Pořadové Číslo	Činnost (i,j)	Činnost	Předchůdci	Následníci	Trvání činnosti (měsíce)
1	(0,1)	Navržení nového produktu	-	3, 4, 5	5
2	(0,2)	Výzkum trhu	-	8	1
3	(1,3)	Analýza produktu	1	6	2
4	(1,4)	Vytvoření vzorku	1	7	3
5	(1,5)	Letáky	1	8	2
6	(3,6)	Analýza nákladů	3	10	3
7	(4,6)	Test produktu	4	10	4
8	(2,5)	Prodejní školení	2, 5	9	2
9	(5,6)	Tvorba ceny	8	10	1
10	(6,7)	Zpráva o projektu	6,7,9	-	1

3.4.2 Vytvoření síťového grafu

Jak už bylo řečeno, síťové grafy mohou být hranově a uzlově definované. Metody síťové analýzy jsou tedy rozděleny na:

- metody, které využívají hranově definovaný graf (CPM, PERT),
- metody, které využívají uzlově definovaný graf (MPM).

a) Hranově ohodnocený graf

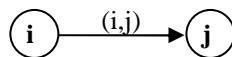
Jedná se o graf, kde hrany představují jednotlivé dílčí činnosti. Graf lze sestavit postupem vpřed, postupujeme od počátečního uzlu nebo postupem zpět, pokud začneme od koncového uzlu. Při postupu vpřed si nakreslíme první činnost a odpovídáme na otázku, které z dalších činností budou zahájeny na základě ukončení dané činnosti. Základním hlediskem je ukončení předcházejících činností.

Při postupu zpět se ptáme, které činnosti musíme splnit, abychom dosáhly stavu, ve kterém se nacházíme. Můžeme také využít postupu, který je kombinací obou naznačených. Určujeme jak předcházející, tak navazující činnosti.

Graf bychom měli během sestavování kontrolovat, prověřovat, zda počet činností v tabulce koresponduje s počtem hran v grafu, zda máme pouze jeden počáteční a jeden koncový uzel. Také kontrolujeme acykličnost, tedy musí být splněna podmínka $i < j$ pro všechny uzly v grafu.

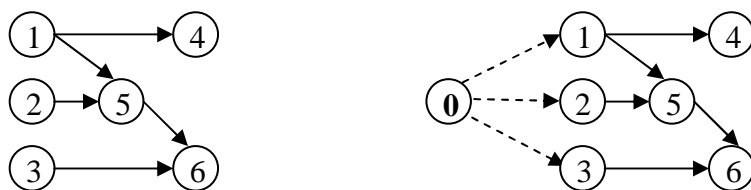
Při sestřování hranově ohodnoceného síťového grafu bychom měli dodržovat následující pravidla, kterými se zabývá mimo jiné Blecha (1989, s. 26-41) a Klusoň (1973, s. 8-15).

1. Každá činnost má vždy jen jeden uzel počáteční a jeden uzel koncový. Každá činnost je tedy jednoznačně určena. Počáteční uzel si označíme indexem i a koncový uzel indexem j .



Obrázek 3: Činnost (i,j)

2. Síťový graf má vždy jeden počáteční uzel a jeden koncový uzel. Pokud projekt má více výchozích nebo koncových uzlů, musíme graf upravit. Vybereme jediný počáteční uzel a ten spojíme s ostatními výchozími uzly fiktivními činnostmi. Abychom odlišili činnosti reálné a fiktivní, znázorňujeme fiktivní činnost přerušovanými hranami. Fiktivní činnosti nepotřebují ani prostředky ani čas a doba jejich trvání je nulová. Pokud projekt má více koncových uzlů, postupujeme obdobně. Určíme jeden koncový uzel, který s ostatními koncovými spojíme fiktivními činnostmi.

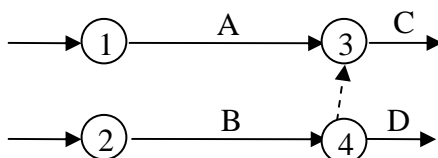


Obrázek 4: Přidání fiktivního počátečního uzlu

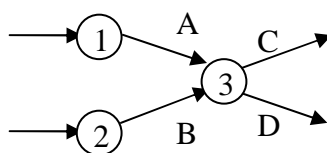
3. Žádná činnost nemůže být zahájena dříve, než jsou dokončeny všechny činnosti, které ji bezprostředně předcházejí.

4. Síťový graf musí popisovat závislost jednotlivých činností. Závislé činnosti jsou odděleny od nezávislých pomocí fiktivní činnosti.

Fiktivní činnost nám pomůže vyjádřit bezprostřední návaznost pomocí činnosti, která ve skutečnosti neexistuje a které neodpovídá ve skutečnosti žádná reálná práce nebo proces.



Obrázek 5: Využití fiktivní hrany

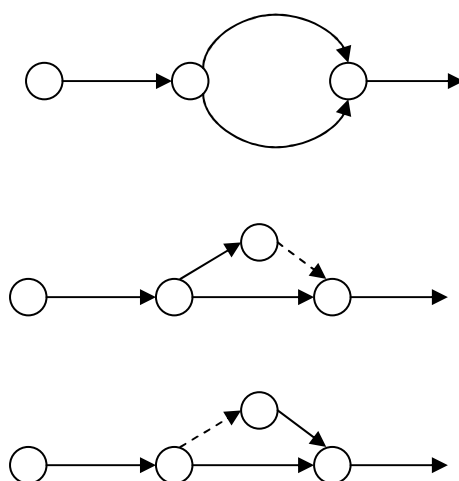


Obrázek 6: Chybné znázornění

Na obr. 5 činnost D závisí na ukončení B, nezávisí na ukončení A. Činnost C závisí jak na A, tak na B, což je vyjádřeno pomocí fiktivní činnosti. Nesprávné znázornění předchozího

grafu je na obr. 6. Graf na obr. 6 by byl správný, pokud by obě činnosti C i D závisely na ukončení činnosti A i B.

5. Souběžné činnosti oddělujeme v síťovém grafu činnostmi fiktivními. Snažíme se tedy vyhnout situacím, kdy by existovaly násobné hrany. Paralelní činnost můžeme odstranit tak, že vypustíme jednu činnost, která má nižší ohodnocení (kratší dobu trvání). Tento způsob je nejjednodušší, ale už bychom nepracovali s úplnou sítí odpovídající skutečnosti, což by se mohlo projevit později. Lepší postup je, pokud síť upravíme přidáním fiktivního uzlu a fiktivní hrany.



Obrázek 7: Využití fiktivní hrany pro odstranění násobných hran

Z předchozích údajů tedy vyplývá, že fiktivní činnosti použijeme:

- k oddělení závislých a nezávislých činností,
- k oddělení činností souběžných,
- k vytvoření jednoho počátečního a jednoho koncového uzlu grafu.

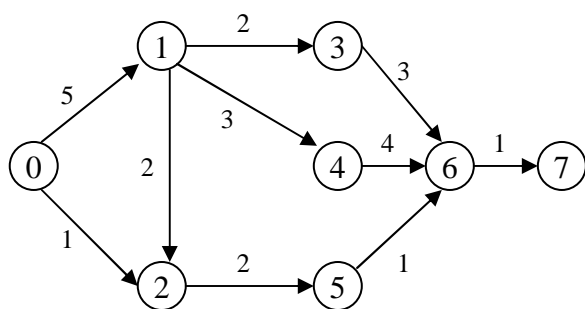
Fiktivní činnosti jsou pomocné nástroje grafického znázornění projektu, nejsou nikdy spojeny se spotřebou zdrojů (času, práce, materiálu, financí). Fiktivní činnosti bychom neměli používat v nadměrném množství, protože tím bychom snížili přehlednost grafu.

6. Můžeme se setkat i se situací, kde některou z následných činností je možno zahájit ještě před úplným dokončením činnosti předcházející. Pak tuto činnost můžeme rozložit na dílčí činnosti. Výchozí činnost nazýváme složenou, agregovanou. Pokud máme projekt příliš rozsáhlý a složitý můžeme si celý projekt rozložit na řadu dílčích projektů.

7. Délka úsečky, kterou znázorňujeme činnosti neodpovídá skutečné době trvání. Je tak dlouhá, jaká je potřeba grafického znázornění.

8. Síťový graf nesmí obsahovat cyklus. Pokud by graf měl cyklus, putovali bychom po grafu donekonečna. Existence cyklu v síťovém grafu znamená buď technologické a organizační vazby projektu nebo omyl při sestavování síťového grafu. Například pokud nesprávně označíme počáteční a koncový uzel činnosti tímž indexem nebo se indexy uzlů uvedou v opačném pořadí a tím se změní orientace. Musíme si tedy dát pozor, aby číselný index uzlu na konci každé činnosti (j) byl vždy vyšší než číselný index uzlu, z něhož činnost vychází (i). Měli bychom provést kontrolu pomocí incidenční matice. Při umocňování matice acyklického grafu dojde k vynulování všech prvků po počtu kroků, které se rovnají maximálnímu počtu hran libovolné cesty v grafu zvýšeném o jedničku. Obsahuje-li graf cyklus, matice se nevynuluje, naopak se bude zaplňovat.

Podle zmíněných pravidel byl také sestaven hranově ohodnocený síťový graf pro příklad „nový produkt“, který je na obr. 8.



Obrázek 8: Hranově ohodnocený síťový graf

b) Uzlově ohodnocený graf

Uzlově ohodnocený graf je takový, kde uzel představuje činnost. Uzlově ohodnocený graf má řadu výhod. Například nemusíme používat fiktivní hrany a můžeme využít více typů vazeb mezi činnostmi. Při sestavování grafu můžeme opět použít postupu vpřed či zpět.

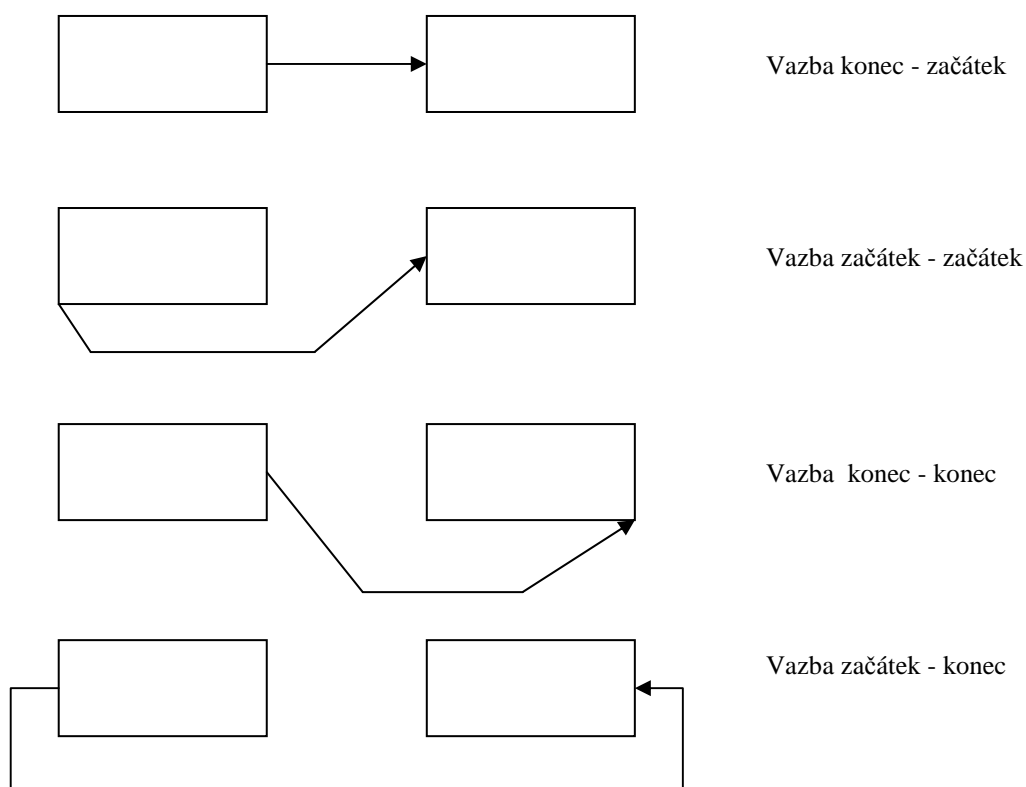
Na obr. 9 je činnost znázorněna pomocí uzlu. Uzel je definován názvem dílčí činnosti a dobou jejího trvání.

Název činnosti
Trvání činnosti

Obrázek 9: Popis uzlu pro uzlově ohodnocený graf

Typy vazeb jsou:

- konec, začátek: začátek následující činnosti je závislý na konci předcházející činnosti (KZ),
- začátek, začátek: začátek následující činnosti je závislý na začátku předcházející činnosti (ZZ),
- konec, konec: konec následující činnosti je závislý na konci předcházející činnosti (KK),
- začátek, konec: konec následující činnosti je závislý na začátku předcházející činnosti (ZK).



Obrázek 10: Druhy vazeb

Další odlišností uzlově ohodnoceného grafu je možnost práce s intervalovým zadáním parametrů vazeb. Každá hrana (ij) , která spojuje předcházející činnost i s následující činností j , může být ohodnocena dvěma čísly, tzv. potenciály. Potenciál může být:

- kladný (a_{ij}), udává minimální počet časových jednotek, o které jsou od sebe vzdáleny sousední činnosti i,j ,
- záporný (b_{ij}), udává maximální počet časových jednotek, o které jsou od sebe vzdáleny sousední činnosti i,j .

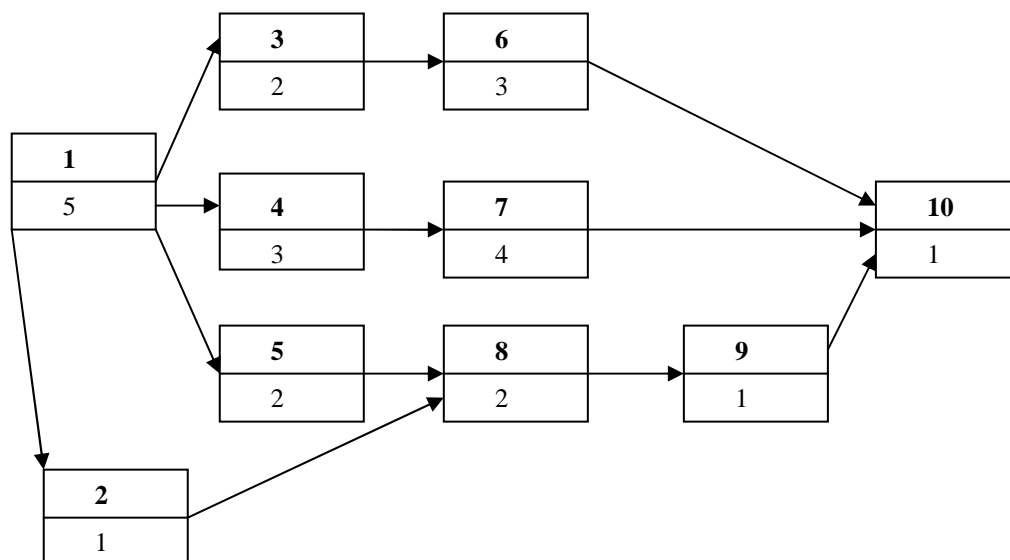
Ne všechny vazby musí být ohodnoceny oběma potenciály, v praxi je většina z nich ohodnocena pouze kladným potenciálem.



Obrázek 11: Ohodnocení vazeb kladným a záporným potenciálem

Při sestavování uzlově ohodnoceného grafu nám také nesmí vzniknout cyklus. Podmínka bude zajištěna, pokud součty kladných a záporných potenciálů mezi dvojicemi činností budou menší nebo rovny nule (tedy součet bude nekladný).

Na následujícím obrázku je uzlově ohodnocený síťový graf pro příklad „nový produkt“. Byla využita zejména vazba KZ a pro spojení dvou počátečních uzlů vazba ZZ.



Obrázek 12: Uzlově ohodnocený síťový graf

3.4.3 Časová analýza sítě

Účelem časové analýzy sítě je určit významné časové termíny projektu a zejména nejkratší možný termín jeho dokončení, tzv. délku kritické cesty. Východiskem pro časovou analýzu je určení časových nároků na jednotlivé činnosti. Podle způsobu odhadu trvání činností je možné metody rozdělit na dvě skupiny:

- metody, které vyžadují pevný odhad, deterministické ohodnocení (CPM, MPM),
- metody, které požadují trvání činností za náhodné proměnné, stochastické ohodnocení (PERT).

a) Metoda CPM

U metody CPM tedy máme pevný odhad y_{ij} . Označme podle Waltera (1989, s. 163-165):

- $t_i^{(0)}$ nejdříve možný začátek činnosti vycházející z uzlu i ,
- $t_i^{(0)} + y_{ij}$ nejdříve možný konec činnosti (i,j) ,
- t_j^1 nejpozději přípustný konec činnosti a
- $t_j^1 - y_{ij}$ nejpozději přípustný začátek činnosti.

Kde $i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, kde n je počet uzlů sítě, $i=1$ je počáteční uzel sítě a $i=n$ je koncový uzel sítě.

Výpočet kritické cesty má dvě fáze:

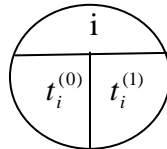
- První fáze probíhá od počátečního uzlu sítě ke koncovému uzlu. Počítáme nejdříve možné začátky činnosti podle vzorce $t_j^{(0)} = \max(t_i^{(0)} + y_{ij})$.
- V druhé fázi postupujeme od koncového uzlu sítě k počátečnímu uzlu a počítáme nejpozději přípustné termíny ukončení činnosti dle vzorce $t_i^{(1)} = \min(t_j^{(1)} - y_{ij})$.

Předpokládáme, že $t_1^{(0)} = 0$. A po ukončení první výpočetní fáze předpokládejme $t_n^{(1)} = t_n^{(0)}$. To znamená, že souhlasíme s dobou trvání akce v termínu, který vyšel v první fázi. Může se také stát, že dobu trvání máme zadanou (T). Pak položíme $t_n^{(1)} = T$.

Vlastní výpočet můžeme uskutečnit pomocí sítě, tabulky, incidenční matice nebo v lineárním diagramu (jedná se o upravený Ganttův diagram). V následující části je podrobně vysvětlen výpočet na síti a v tabulce.

Výpočet na síti

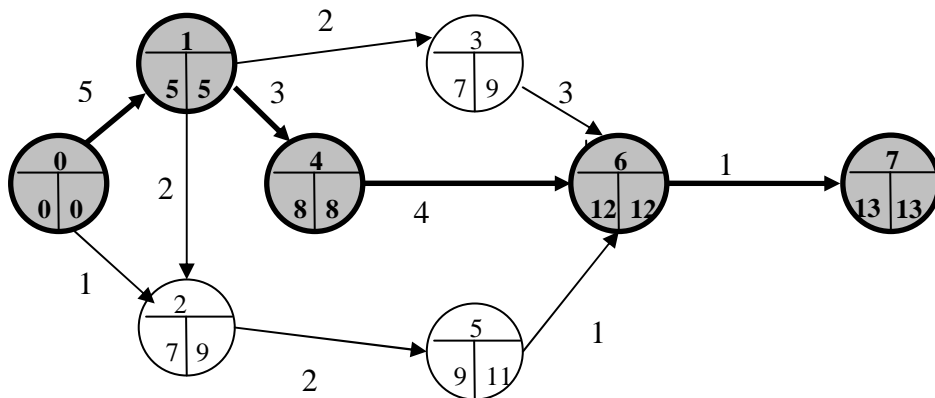
Při výpočtu na síti využijeme uzly, které rozdělíme na tři části tak, abychom do nich mohli vepisovat údaje o nejdříve možném začátku, nejpozději přípustném konci a index uzlu.



Obrázek 13: Uzel i

Pro výpočet daných veličin použijeme zmíněné vzorce. Kritickou cestu vyhledáme podle tzv. celkové rezervy činnosti, RC_{ij} . Je to maximální časový interval, který je pro danou činnost k dispozici a zjistíme ho z následujícího vzorce $RC_{ij} = t_j^{(1)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$ nebo $RC_{ij} = t_j^{(1)} - (t_i^{(0)} + y_{ij})$. (Walter, 1989, s. 166,167)

Na obr. 14 je síťový graf pro sledovaný příklad. Tučně je zvýrazněna kritická cesta. Jsou to činnosti, které mají nulovou celkovou rezervu.



Obrázek 14: Znáornění kritické cesty

Výpočet v tabulce

V prvním sloupci tabulky máme pořadové číslo činnosti, ve druhém sloupci číselné označení činnosti, ve třetím sloupci doba trvání činnosti. V první výpočetní fázi vyplňujeme čtvrtý a pátý sloupec, ve druhé fázi vyplňujeme sloupec šestý a sedmý. Nakonec se počítají celkové rezervy v osmém sloupci tabulky. Postup podle Waltera (1989, s. 169, 170) je následující:

1. Do všech řádků čtvrtého sloupce, v nichž jsou činnosti, které vychází z počátečního uzlu sítě, napíšeme nulu.
2. Pátý sloupec získáme součtem hodnot třetího a čtvrtého sloupce, postupně tak, jak získáváme hodnoty ve čtvrtém sloupci.
3. Najdeme maximální hodnotu v pátém sloupci u činností, které odpovídají činnostem pro stejný koncový uzel (ten, který právě počítáme) a nalezené maximum zapíšeme do čtvrtého sloupce těch řádků, které mají tento uzel jako počáteční uzel činnosti.

4. Druhý a třetí krok opakujeme tak dlouho, až známe všechny hodnoty ve čtvrtém a pátém sloupci, zde končí první fáze.
5. Nalezneme maximální hodnotu v pátém sloupci, toto číslo udává nejdříve možný termín ukončení celé akce $t_n^{(0)}$.
6. Do sedmého sloupce a řádku činnosti, která končí v koncovém uzlu zapíšeme $t_n^{(0)}$, které zde je $t_n^{(1)}$.
7. Hodnoty šestého sloupce dostaneme pro veličiny, pro které již známe sedmý sloupec. Od hodnoty v sedmém sloupci odečteme dobu trvání činnosti, kterou najdeme ve třetím sloupci.
8. V šestém sloupci najdeme minimální hodnotu v těch řádcích, které patří činnostem pro stejný počáteční uzel, který právě počítáme. Nalezené minimum zapíšeme do sedmého sloupce těch řádků, které mají jako koncový uzel týž, pro který jsme hledali minimum.
9. Krok sedmý a osmý opakujeme, dokud nezaplníme šestý a sedmý sloupec. Zde končí druhá výpočetní fáze.
10. Pokud odečteme od sedmého sloupce hodnotu čtvrtého a třetího sloupce, získáme celkovou rezervu. Víme, že součet hodnot třetího a čtvrtého sloupce můžeme najít v pátém sloupci. Stačí tedy od sedmého sloupce odečíst sloupec pátý. Tyto hodnoty zapíšeme do osmého sloupce.

V tabulce č. 2 jsou výsledky pro řešený příklad. Tučně je zvýrazněna kritická cesta.

Tabulka 2: Výpočet kritické cesty

Pořadové Číslo	Činnost (i,j)	Trvání činnosti y_{ij}	$t_i^{(0)}$	$t_i^{(0)} + y_{ij}$	$t_j^{(1)} - y_{ij}$	$t_j^{(1)}$	RC
1	2	3	4	5	6	7	8
1	(0,1)	5	0	5	0	5	0
2	(0,2)	1	0	1	8	9	8
3	(1,3)	2	5	7	7	9	2
4	(1,4)	3	5	8	5	8	0
5	(1,2)	2	5	7	7	9	2
6	(3,6)	3	7	10	9	12	2
7	(4,6)	4	8	12	8	12	0
8	(2,5)	2	7	9	9	11	2
9	(5,6)	1	9	10	11	12	2
10	(6,7)	1	12	13	12	13	0

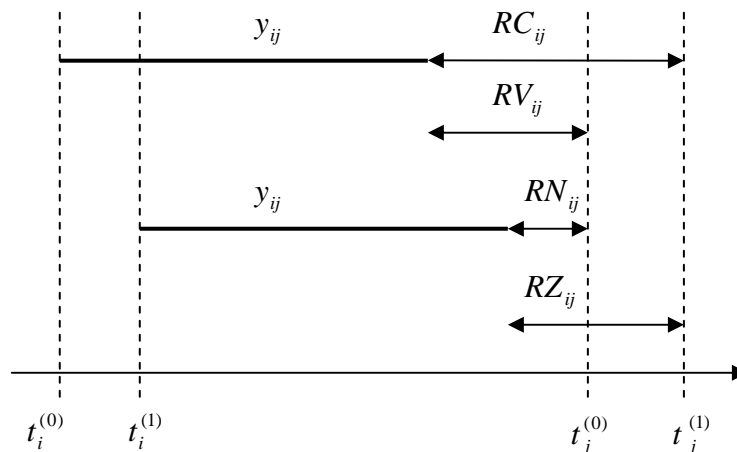
K důležitým charakteristikám projektu patří časové rezervy jednotlivých činností. U každé činnosti můžeme rozeznávat několik druhů časových rezerv. Jednou z nejdůležitějších časových rezerv je celková časová rezerva RC_{ij} činnosti (i,j) určuje, o kolik lze odložit nejdříve možný termín jejího zahájení nebo o kolik lze prodloužit její trvání, aniž by byl ohrožen celý projekt. Nevýhodou je, že vypočítaná velikost celkové časové rezervy může být použita pouze izolovaně. Proto se počítají další rezervy, například volná, nezávislá a závislá.

Volná časová rezerva RV_{ij} udává „počet časových jednotek, o který lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání oproti termínu nejdříve možného začátku, aby se nezměnily termíny nejdříve možných začátků všech bezprostředně navazujících činností“ (Fiala, 2004, s. 93), $RV_{ij} = t_j^{(0)} - t_i^{(0)} - y_{ij}$.

Závislá časová rezerva RZ_{ij} udává „počet časových jednotek, o který lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání oproti termínu nejpozději přípustného konce všech bezprostředně předcházející činnosti, aby se nezměnily termíny nejpozději přípustných začátků všech bezprostředně navazujících činností“ (Fiala, 2004, s. 93), $RZ_{ij} = t_j^{(1)} - t_i^{(1)} - y_{ij}$.

Nezávislá časová rezerva RN_{ij} udává „počet časových jednotek, o který lze nejvýše posunout začátek činnosti nebo prodloužit dobu trvání, aby se nezměnily termíny nejpozději přípustných konců činností bezprostředně předcházejících a termíny nejdříve možných začátků činností bezprostředně následujících“ (Fiala, 2004, s. 93),
 $RN_{ij} = t_j^{(0)} - t_i^{(1)} - y_{ij}$.

Na obrázku č. 15 jsou vztahy mezi vyjmenovanými rezervami.



Obrázek 15: Vztahy mezi rezervami

Nezávislá časová rezerva činnosti může nabývat i záporných hodnot oproti ostatním rezervám, které vychází vždy nezáporně. Místo záporné hodnoty u nezávislé časové rezervy píšeme 0.

Každá změna v trvání činnosti na kritické cestě znamená změnu doby trvání celého projektu. Kromě informací o kritických činnostech máme také informace o ostatních činnostech. Jejich důležitost můžeme poznat podle velikosti časových rezerv. Čím nižší rezerva, tím vyšší pozornost bychom měli věnovat této činnosti. Vyčerpáním časové rezervy se daná činnost a činnost na ní navazující stávají kritickými.

S celkovými časovými rezervami se pracuje především při sestavování a při úpravách grafu. Na počátku akce pracujeme s volnými rezervami. Činnosti provádíme v nejdříve

možných termínech a rezervy u koncového uzlu činnosti se přenechávají činnostem následujícím. Pokud se popsaný postup nedodrží, pracujeme místo s volnými rezervami s rezervami závislými. Nezávislá rezerva nám slouží ke zjištění časové možnosti dané činnosti, aniž se cokoliv změní v termínech všech ostatních činností. (Walter, 1998, s. 177)

V následující tabulce jsou rezervy pro analyzovaný příklad.

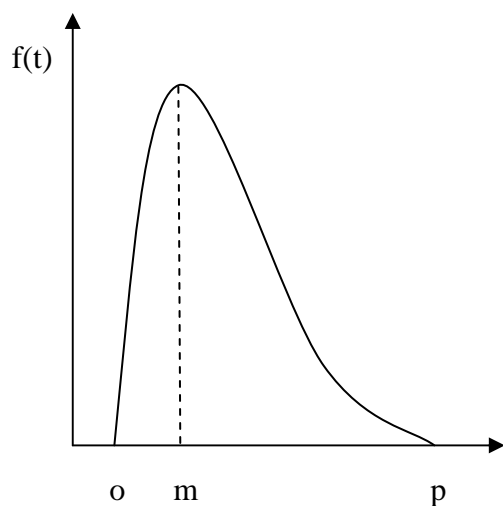
Tabulka 3: Časové rezervy

Pořadové Číslo	Činnost (i,j)	RC	RV	RZ	RN
1	(0,1)	0	0	5	0
2	(0,2)	8	6	8	6
3	(1,3)	2	0	2	0
4	(1,4)	0	0	0	0
5	(1,2)	2	0	2	0
6	(3,6)	2	2	0	0
7	(4,6)	0	0	0	0
8	(2,5)	2	0	0	-2=>0
9	(5,6)	2	2	0	0
10	(6,7)	0	0	0	0

b) Metoda PERT

U metody CPM (respektivě MPM) se předpokládá, že pro každou činnost známe doby trvání, které například stanovíme podle norem nebo dle zkušeností s danou činností.

V praxi se ale často setkáme se situací, kde nelze předem ohodnotit dobu trvání dílčích činností. V takových případech využíváme metodu PERT. Doba činnosti u této metody je náhodná veličina, kterou nejlépe můžeme popsat tzv. beta rozdělením.



Obrázek 16: Beta rozdělení

Pro dobu trvání každé dílčí činnosti vycházíme ze tří odhadů:

- optimistický, nejkratší možný termín trvání činnosti za extrémně příznivých okolností (o),
- pesimistický, nejdelší možná doba trvání za mimořádně nepříznivých podmínek (p),
- normální, odpovídá nejpravděpodobnějšímu trvání činnosti, modus (m).

Tyto veličiny získáme subjektivním odhadem. Z nich musíme určit pro každou činnost střední dobu trvání činnosti a rozptyl. Pro rozptyl platí $\sigma^2 = \frac{(p - o)^2}{36}$ a pro střední

hodnotu platí $\bar{y} = \frac{o + 4m + p}{6}$. Metoda PERT pracuje s náhodnými veličinami a tedy mluvíme o stochastické metodě.

Výpočet metody PERT probíhá ve třech krocích (Gros, 2003, s. 89):

1. Odhadneme hodnoty o, p, m pro jednotlivé činnosti projektu a vypočteme jejich střední hodnoty a rozptyly podle poskytnutých vztahů.
2. Kritickou cestu vypočítáme pomocí střední hodnoty a metody CPM. Vedle časových ukazatelů vypočteme i jejich rozptyly. Při výpočtu rozptylů předpokládáme, že trvání činností jsou nezávislé veličiny.
3. Znalost rozptylů umožňuje zabývat se otázkou jaká je pravděpodobnost, že nekritické činnosti se stanou kritickými nebo jaká je pravděpodobnost dodržení zvoleného termínu ukončení akce atd. V tomto kroku musíme odhadnout typ rozdělení pravděpodobností termínů. Obvykle pro síť s počtem uzlů větším než 10 a za již zmíněného předpokladu, že termíny jsou navzájem nezávislé veličiny, je vysloven předpoklad, že termíny mají normální rozdělení, jehož distribuční funkce je tabelována ve statistických tabulkách.

Podle Dudorkina (2002, s. 250) pravděpodobnost splnění plánovaného termínu určíme

ze vztahu: $P(T_n \leq y_{plan}) = F_N\left(\frac{y_{plan} - \bar{y}_n}{\sigma(n)}\right)$, kde F_N značí distribuční funkci

normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$, \bar{y}_n je součet středních hodnot dob trvání na kritické cestě a y_{plan} je zadaný plánovaný termín.

Postup analýzy stochastické sítě je opět ilustrován na příkladu „nový produkt“. V tabulce č. 4 jsou odhadnuty pro jednotlivé činnosti jejich optimistická, nejpravděpodobnější a pesimistická trvání. Dále jsou zpočteny střední hodnoty a rozptyly. Vypočtené střední hodnoty jsou pro názornost stejné jako hodnoty použité v metodě CPM. Tedy kritická cesta je shodná a vede přes uzly 0, 1, 4, 6, 7. Střední hodnota trvání projektu je 13 měsíců. Rozptyl trvání projektu $\sigma^2(n) = 1,91$, jedná se o součet rozptylů činností na kritické cestě.

Tabulka 4: Vstupy pro metodu PERT

Pořadové Číslo	Činnost (i,j)	o	m	p	\bar{y}	σ^2
1	(0,1)	3	4,5	9	5	1,00
2	(0,2)	0,5	1	1,5	1	0,03
3	(1,3)	1	2	3	2	0,11
4	(1,4)	2	2,5	6	3	0,44
5	(1,2)	1	2	3	2	0,11
6	(3,6)	1	3	5	3	0,44
7	(4,6)	2	4	6	4	0,44
8	(2,5)	1	2	3	2	0,11
9	(5,6)	0,5	1	1,5	1	0,03
10	(6,7)	0,5	1	1,5	1	0,03

Pravděpodobnost splnění plánovaného termínu např. 15 měsíců je rovna podle uváděného

vzorce $F_N\left(\frac{15-13}{1,38}\right) = F_N(1,45) = 0,926$, tedy 92,6 %.

c) Metoda MPM

Postup výpočtu časových údajů je analogický výpočtu hranově definovaných sítí, jen se komplikuje při používání časových odstupů a více typů vazeb v jednom grafu.

Při výpočtu na síti zapisujeme uzel dle schématu (Gros, 2003, s. 82):



Obrázek 17: Uzel (MPM)

Výpočet kritické cesty na síti opět probíhá ve dvou fázích. V první fázi vypočítáme nejdříve možné začátky a konce. Předpokládáme, že hodnoty pro uzel i jsou již známy.

Postup výpočtu pro různé typy vazeb:

$$\text{KK: } KM_j = KM_i + \text{potenciál}$$

$$\text{ZZ: } KM_j = ZM_i + \text{potenciál} + y_j$$

$$\text{KZ: } KM_j = KM_i + \text{potenciál} + y_j$$

$$\text{ZK: } KM_j = ZM_i + \text{potenciál} .$$

Pokud je uzel spojen z předcházejícími činnostmi všemi typy vazeb, vybereme hodnotu maximální.

Vypočtená hodnota KM_n posledního uzlu sítě je opět hledanou délkou kritické cesty a její hodnotu dosadíme za KP_n . Hodnota se stává východiskem pro výpočty v druhé fázi.

V druhé fázi počítáme přípustné konce a začátky konkrétně směrem od konečného uzlu k uzlu počátečnímu. Předpokládejme, že hodnoty uzlu i známe. Postup je následující:

$$\text{KK: } ZP_j = KP_i - \text{potenciál} - y_j$$

$$\text{ZZ: } ZP_j = ZM_i - \text{potenciál}$$

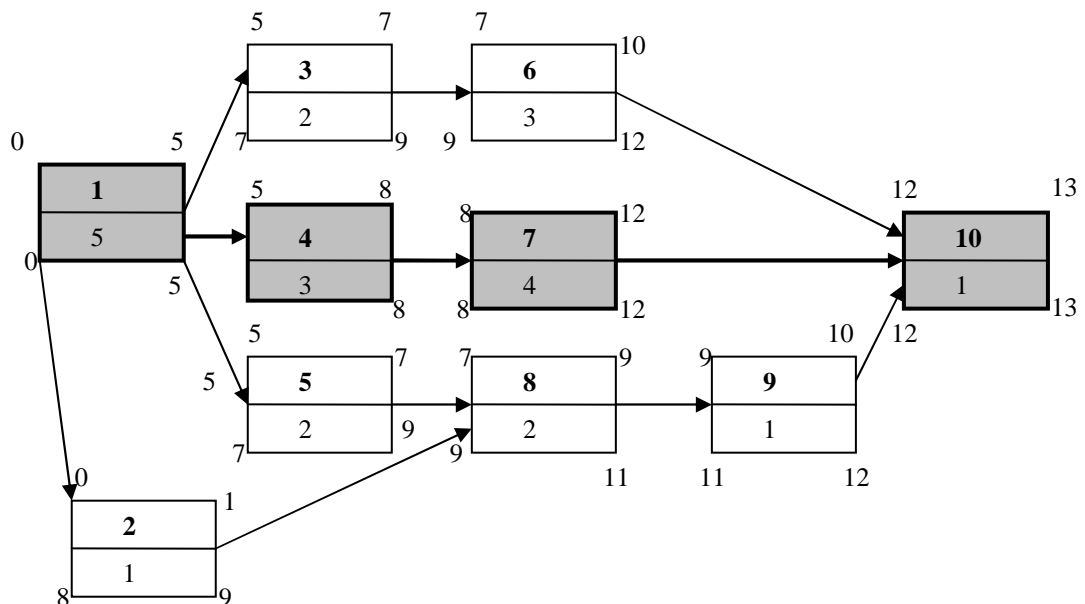
$$\text{KZ: } ZP_j = ZP_i - \text{potenciál} - y_j$$

$$\text{ZK: } ZP_j = KP_i - \text{potenciál} .$$

Pokud je uzel spojen s předcházejícími činnostmi všemi typy vazeb, vybereme hodnotu, která je minimální.

U uzlově definovaných rezerv jsou vypočítávány většinou jen celkové časové rezervy činností. Lze použít vztahu $RC_i = ZP_i - ZM_i = KP_i - KM_i$.

Podle uvedených pravidel je získaný výsledek časové analýzy příkladu „nový produkt“ metodou MPM, kritické činnosti jsou 1, 4, 7, 10, neboť časové rezervy jsou nulové ($RC=0$).



Obrázek 18: Metoda MPM

4. CHARAKTERISTIKA ZKOUMANÉHO OBJEKTU

AŽD Praha, s.r.o. je nejvýznamnějším, ryze českým dodavatelem dopravní, zabezpečovací, telekomunikační, automatizační a informační techniky. Díky své dlouholeté tradici a historii, která se datuje již od roku 1954, si firma získala vedoucí postavení mezi ostatními dodavateli této techniky na českém trhu.

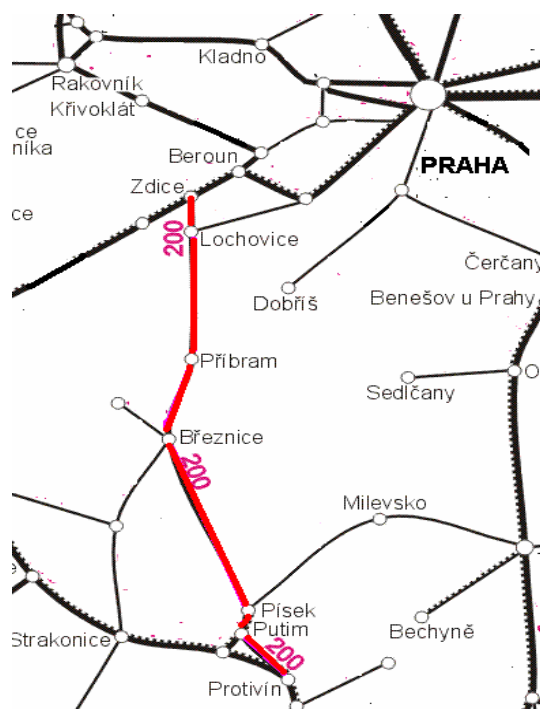
Významnou aktivitou firmy je obchodní činnost v zahraničí. Ve východní Evropě a hlavně v Asii společnost navázala úspěšné obchodní kontakty a obzvláště Indie, Kazachstán a země bývalé Jugoslávie patří mezi oblasti, kde AŽD Praha rozvíjí své obchodní aktivity.

Počátky firmy jsou úzce spjaty s poválečnou modernizací a rekonstrukcí železniční dopravy v České republice. Dnešní AŽD Praha, s.r.o. odvozuje svou tradici od tří zakládajících firem – ČSD – *Stavba a montáž sdělovacích a zabezpečovacích zařízení*, ČSD – *Výroba sdělovacích a zabezpečovacích zařízení*, ČSD – *Ústřední zásobovací sklad*, které vznikly roku 1954. Rok 1954 proto bývá označován jako datum vzniku společnosti. Zakládající firmy byly později spojeny v jeden společný podnik *Výroba a výstavba sdělovacích a zabezpečovacích zařízení*, roku 1958. Název *Automatizace železniční dopravy* (AŽD) byl poprvé použit roku 1961. Roku 1993 vznikla soukromá firma AŽD Praha, s.r.o.

V současné době má AŽD okolo 1700 zaměstnanců. Kromě pražské budovy, kde se nachází ředitelství společnosti a Výrobní závod Praha, má firma montážní a výrobní závody v Brně, Olomouci a Kolíně.

Informace o společnosti AŽD jsou čerpány z webových stránek společnosti.

V diplomové práci bude analyzován projekt „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“, který poskytla firma AŽD s.r.o. Objednateli díla jsou Správa železniční dopravní cesty, státní organizace (SŽDC s.o.) a České dráhy, a.s. (ČD a.s.). Na obr. 19 je mapa trati Zdice – Protivín.



Obrázek 19: Trať č. 200, Zdice – Protivín

Díky racionalizaci tratě dojde k významné modernizaci zabezpečovacího zařízení, což pozitivně ovlivní dálkové přestavování výhybek, činnost závor nebo světelných zabezpečovacích zařízení na přejezdech, ale také funkci návěstidel. Cílem celé racionalizace je uspořít především finanční náklady na řízení železničního provozu.

Součástí projektu je:

- Staniční zabezpečovací zařízení: trať bude rozdělena na dvě oblasti, z nichž každá bude ovládána jedním staničním zabezpečovacím zařízením (v železniční stanici Příbram a Březnice). V základním provozním stavu bude i zabezpečovací zařízení v Příbrami ovládáno ze stanoviště Březnice pomocí dálkového ovládání DOZ 1.
- Traťové zabezpečovací zařízení (např. v úseku Jince – Bratkovice, Čimelice – Vráž u Písku).
- Přejezdové zabezpečovací zařízení.
- Úprava sdělovacího zařízení.

- Stavební práce: zřízení nových staničních zabezpečovacích zařízení vyvolá potřebu určení nových prostor pro umístění technologie tohoto zařízení. Kromě těchto stavebních prací je nutné provést i drobné stavební úpravy v dopravních kancelářích. Sdělovací zařízení bude umístěno v dopravních kancelářích, případně v samostatných sdělovacích místnostech.
- Elektrický ohřev: výhybky ve stávajícím stavu nejsou opatřeny elektrickým ohřevem výměn, v dopravních kolejích bude elektrický ohřev nově instalován a bude dálkově ovládán.
- Osvětlení: ve stanici bude navržena úprava ovládání stávajícího venkovního osvětlení za účelem zajištění provozu osvětlení v prostorách pro cestující bez nutnosti místní obsluhy.

Při realizaci projektu je použito staniční zabezpečovací zařízení ESA 11 a GTN. ESA 11 je zařízení, které slouží k zabezpečení a řízení provozu ve stanicích s kolejovým rozvětvením i bez něj. Elektronické stavědlo ESA 11 bylo vyvinuto firmou AŽD Praha, s.r.o. Zkratka ESA je odvozena od názvu Elektronické Stavědlo AŽD.

GTN je graficko-technologická nadstavba zabezpečovacího zařízení. Díky GTN můžeme zjistit aktuální dopravní situaci a možné konfliktní situace, které mohou nastat.

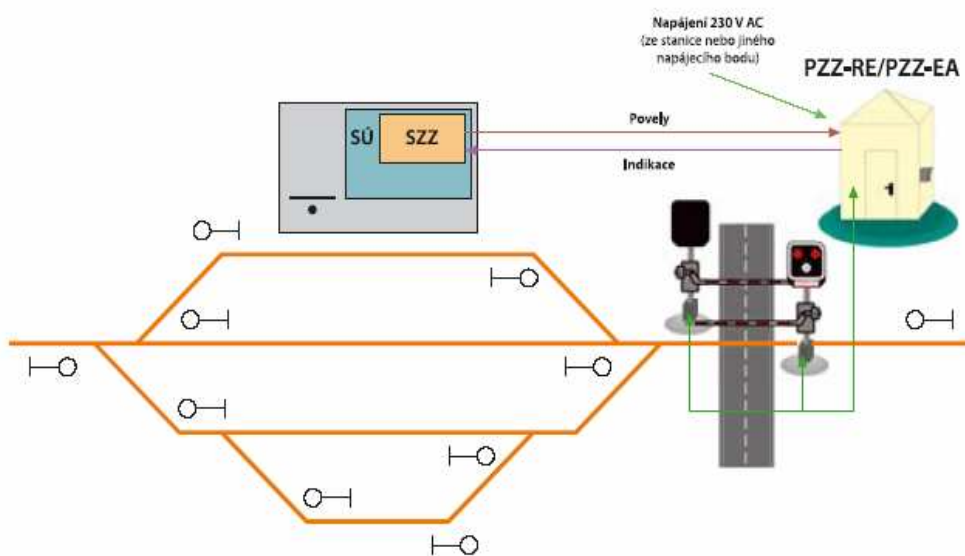


Obrázek 20: Ovládací pracoviště



Obrázek 21: Počítačová část

Pro přejezdové zabezpečení bude použito zařízení PZZ-RE, princip je na následujícím obrázku.



Obrázek 22: Příklad staniční PZZ-RE mezi vjezdovými návěstidly

Během zpracování diplomové práce byl již projekt „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“ zahájen a to 1.9.2006.

5. FORMULACE MODELU PROJEKTU

Další část práce je věnována časové analýze projektu „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“. Vstupní data jsou poskytnuty firmou AŽD Praha, s.r.o. Pro účely diplomové práce je projekt zjednodušen a upraven. Původní verze projektu je k nahlédnutí v příloze (Příloha B). Zjednodušený projekt má 72 činností. Prvním krokem analýzy je sestavení kartotéky. Z kartotéky činností lze vyčíst trvání jednotlivých činností, předchůdce, následníky každé činnosti a typ vazby mezi činnostmi. Typ vazby je vepsán pouze v případě, že se nejedná o nejznámější vazbu konec-začátek bez potenciálu. Trvání činnosti je uvedeno ve dnech.

Tabulka 5: Kartotéka činností

Č.	Název činnosti	Doba trvání	Předchůdci	Následníci	Typ vazby +potenciál
1	Zahájení stavby	0		2,4,6	4KZ+20, 6KZ+20
2	Projekční práce	80	1	3,5	3KZ-60
3	Příprava výroby a výroba zařízení	80	2	10	2KZ-60
4	Přejezd v km 82,756; přípojka nn	60	1	5	1KZ+20
5	Jince-Bratkovice, traťové zabezpečovací zařízení	20	2,4	9	
6	Přejezd v km 77,037; stavební úpravy přejezdu	10	1	7	1KZ+20
7	Přejezd v km 77,037; přípojka nn	60	6	8	
8	Bratkovice-Příbram, traťové zabezpečovací zařízení (1. část)	20	7	9,36	
9	Demontáž zařízení hlásek Čenkov a Trhové Dušníky	5	5,8	12	
10	Žst. Březnice, zřízení a vybavení pracoviště dispečera	20	3,13,14	11	
11	Zdice (mimo) - Písek (mimo), řídicí dispečerský systém	290	10	65	
12	Žst. Březnice, stav. úpravy ve VB pro doplnění technologické zařízení	30	9	13,14,15	
13	Žst. Březnice vč.Odb.Přední Pořící, staniční zabezpečovací zařízení	30	12	10	
14	Žst. Březnice, místní kabelizace	30	12	10	
15	Žst. Příbram, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	12	16,17,19	
16	Žst. Příbram; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů	180	15	18	
17	Přejezd v km 73,150; stavební úpravy přejezdu	20	15	20	
18	Žst. Příbram, staniční zabezpečovací zařízení	30	16	29,36	
19	Žst. Tochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	15	20,25	
20	Žst. Tochovice; el.ohřev výměn, úpravy osvětl. a rozvodů	60	17,19	21,22	

21	Žst. Tochovice, staniční zabezpečovací zařízení	30	20	23,24	
22	Žst. Tochovice, místní kabelizace	30	20	23,24	
23	Žst. Tochovice, rozhlas	5	21,22,28	33,34	
24	Žst. Tochovice, zařízení pro detekci požáru (ZPDP)	5	21,22,28	33,34	
25	Žst. Milín, stavební úpravy ve VB a pro technolog.zařízení	30	19	26,27,32	
26	Žst. Milín, staniční zabezpečovací zařízení	30	25	29	
27	Žst. Milín, místní kabelizace	30	25	28	
28	Žst. Milín, sdělovací zařízení	10	27	23,24	
29	Příbram – Milín, traťové zabezpečovací zařízení	20	18,26,35	30,31	
30	Příbram - Tochovice, demontáž zbytných částí zz.	40	29,41	42	
31	Příbram (včetně) - Tochovice (včetně), demontáže sdělovacího zařízení	20	29,41	42	
32	Žst. Bratkovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	25	33,34,37	
33	Žst. Bratkovice, staniční zabezpečovací zařízení	30	23,24,32	36	
34	Žst. Bratkovice, místní kabelizace	30	23,24,32	35	
35	Žst. Bratkovice, sdělovací zařízení	10	34	29	
36	Bratkovice - Příbram, traťové zabezpečovací zařízení (2. část)	20	8,18,33,45	46	
37	Žst. Jince, stav. úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	32	38,39,40	
38	Žst. Jince; el. ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů	120	37	42	
39	Žst. Jince, staniční zabezpečovací zařízení	30	37	47	
40	Žst. Jince, místní kabelizace	30	37	41	
41	Žst. Jince, sdělovací zařízení	10	40	30,31	
42	Žst. Lochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	30,31,38	43,44,49	
43	Žst. Lochovice, staniční zabezpečovací zařízení	30	42	48	
44	Žst. Lochovice, místní kabelizace	30	42	45	
45	Žst. Lochovice, sdělovací zařízení	10	44	36	
46	Přejezd v km 87,149; stavební úpravy přejezdu	10	36	47	
47	Lochovice - Jince, traťové zabezpečovací zařízení	20	39,46,48	54	
48	Zdice - Lochovice, traťové zabezpečovací zařízení	20	43	47	
49	Žst. Mirovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	42	50,51	
50	Žst. Mirovice, staniční zabezpečovací zařízení	30	49	52	
51	Žst. Mirovice, místní kabelizace	30	49	52	
52	Žst. Mirovice, sdělovací zařízení	10	50,51	53	
53	Žst. Čimelice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	52	54,55,56,58	
54	Žst. Čimelice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	60	47,53	62	
55	Žst. Čimelice, staniční zabezpečovací zařízení	30	53	60	

Č.	Název činnosti	Doba trvání	Předchůdci	Následníci	Typ vazby +potenciál
56	Žst. Čimelice, místní kabelizace	30	53	57,60,	
57	Žst. Čimelice, sdělovací zařízení	10	56	62	
58	Žst. Vráž u Písku, stavební úpravy VB a pro technologické zařízení	30	53	59	
59	Žst. Vráž u Písku, staniční zabezpečovací zařízení	30	58	61	
60	Přejezd v km 37,007; stavební úpravy přejezdu	20	55,56	61,62	
61	Čimelice – Vráž u Písku, traťové zabezpečovací zařízení	20	59,60,	63,64	
62	Žst. Čížová, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	30	54,57,60	63,64,69,66	66ZZ
63	Žst. Čížová, staniční zabezpečovací zařízení	30	61,62	70	
64	Žst. Čížová, místní kabelizace	30	61,62	65	
65	Žst. Čížová, sdělovací zařízení	10	11,64	67	
66	Přejezd v km 24,460; rekonstrukce přípojky nn	90	62	67	62ZZ
67	Vráž u Písku - Čížová, traťové zabezpečovací zařízení	20	65,66,71	68	
68	Žst. Písek, navázání do DOZZ	5	67,70	72	
69	Čížová - Písek, traťové zabezpečovací zařízení	20	62	70,71	
70	Tochovice (mimo)-Písek (mimo), demontáž zbytných částí zz.	30	63,69	68	
71	Tochovice (mimo)-Písek (mimo), demontáž sděl.z.	20	69	67	
72	Ukončení stavby	0	68		

Při řešení projektu uvažujeme sedmi denní týden, neuvažujeme žádné volno, svátky. Žádná činnost není omezena. To znamená, že nepožadujeme, aby nějaká činnost startovala nebo končila v určitém termínu. V práci nerozlišujeme mezi činnostmi, které mohou probíhat dvacet čtyři hodin denně, a které mohou probíhat pouze osm hodin, v pracovní dny.

V dalším kroku sestavíme hranově ohodnocený a uzlově ohodnocený síťový graf, provedeme časovou analýzu sítě pomocí metod CPM, PERT, MPM.

6. ŘEŠENÍ MODELU PROJEKTU

6.1 Hranově ohodnocený graf a metoda kritické cesty

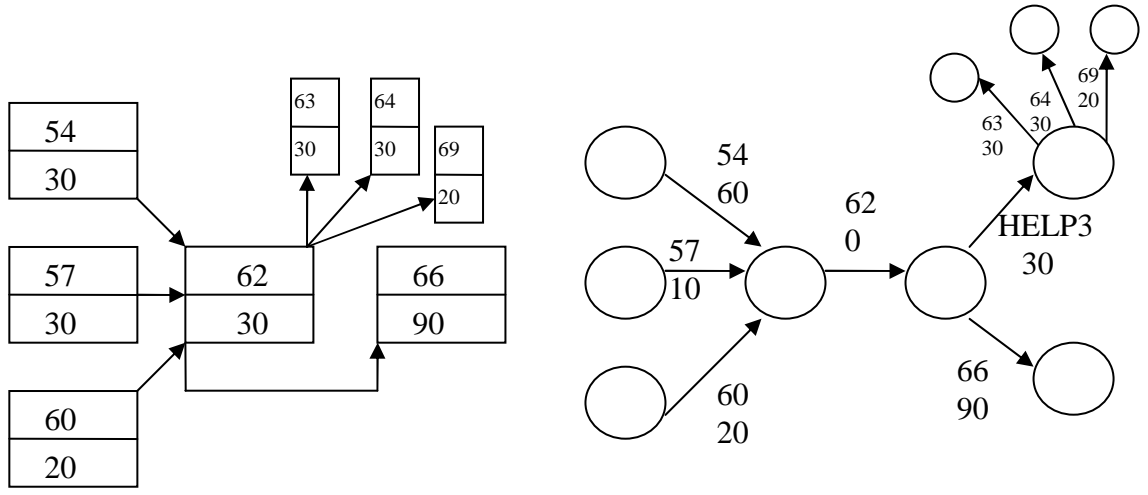
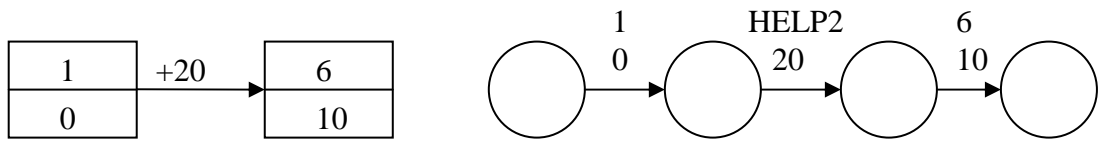
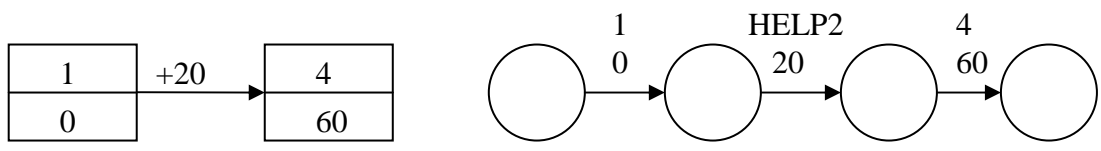
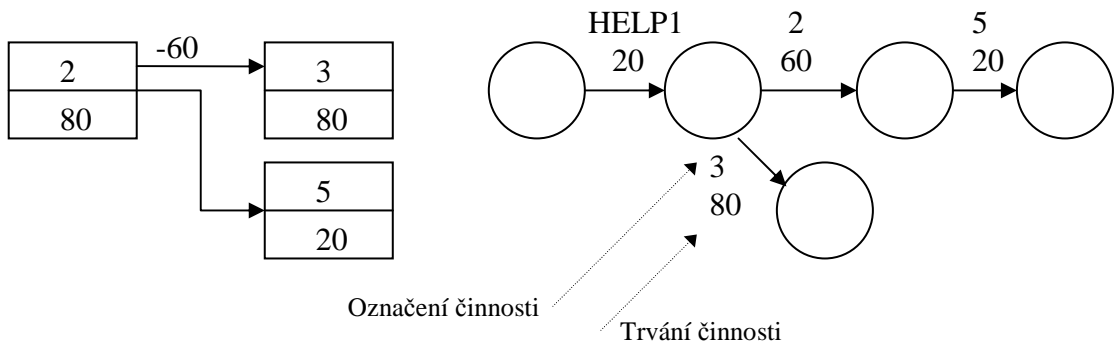
Při tvorbě hranově ohodnoceného grafu nebyl použit žádný speciální software. Abychom mohly sestavit hranově ohodnocený graf, je nutné odstranit vazby jiného typu než je konec-začátek bez potenciálu. První možností, ale ne příliš přesnou, je úplné opomenutí jiných typů vazeb a pouhé přepsání na typ konec-začátek. Druhou možností je převést jiné typy vazeb než je konec-začátek bez potenciálu na požadovaný typ vazeb (KZ bez potenciálu). Druhá možnost neovlivní výsledek další analýzy. Dále budeme pracovat pouze s druhou variantou, pro srovnání je poskytnut i výsledek varianty první.

Jiné typy vazeb se objevují u činností: 3(2KZ-60), 4(1KZ+20), 6(1KZ+20) a 66(62ZZ). Hranu typu KZ-60 odstraníme rozkladem činnosti na činnosti dílčí, využijeme pomocnou hranu HELP1 (pravidlo 6, kapitola 3.4.2). Záporný potenciál znamená, že činnost následující (činnost 3) může být zahájena před ukončením činnosti předcházející (činnosti 2). Činnost 2 proto rozdělíme na činnosti dvě (trvání dílčích činností poté bude 20 a potřebných 60, dohromady 80 dní – trvání původní činnosti).

Hrany KZ+20 přeměníme pomocí přidané pomocné hrany HELP2. Místo kladného potenciálu vložíme činnost, která bude mít délku trvání shodnou s daným potenciálem (20 dní). Pomocná hrana, činnost HELP2 spotřebovává čas, ale ne žádné jiné zdroje (práci, materiál, finance).

Hranu ZZ přeměníme přidáním pomocné hrany HELP3. Jedná se opět o rozložení činnosti (činnosti 62), neboť následující činnost (činnost 66) může začít ihned po zahájení činnosti 62.

Provedené změny jsou znázorněny na obr. 23.



Obrázek 23: Převody vazeb

V tabulce jsou vypsány změny, které nastanou v kartotéce činností.

Tabulka 6: Změny v kartotéce činností

Č.	Název činnosti	Doba trvání	Předchůdci	Následníci
1	Zahájení stavby	0		73,74
2	Projekční práce	60	73	5
3	Příprava výroby a výroba zařízení	80	73	10
4	Přejezd v km 82,756; přípojka nn	60	74	5
6	Přejezd v km 77,037; stavební úpravy přejezdu	10	74	7
62	Žst. Čížová, stav. úpravy ve VB a pro tech.zařízení	0	54,57,60	66,75
63	Žst. Čížová, staniční zabezpečovací zařízení	30	61,75	70
64	Žst. Čížová, místní kabelizace	30	61,75	65
69	Čížová - Písek, traťové zabezpečovací zařízení	20	75	70,71
73	HELP1	20	1	2,3
74	HELP2	0	1	4,6
75	HELP3	30	62	63,64,69

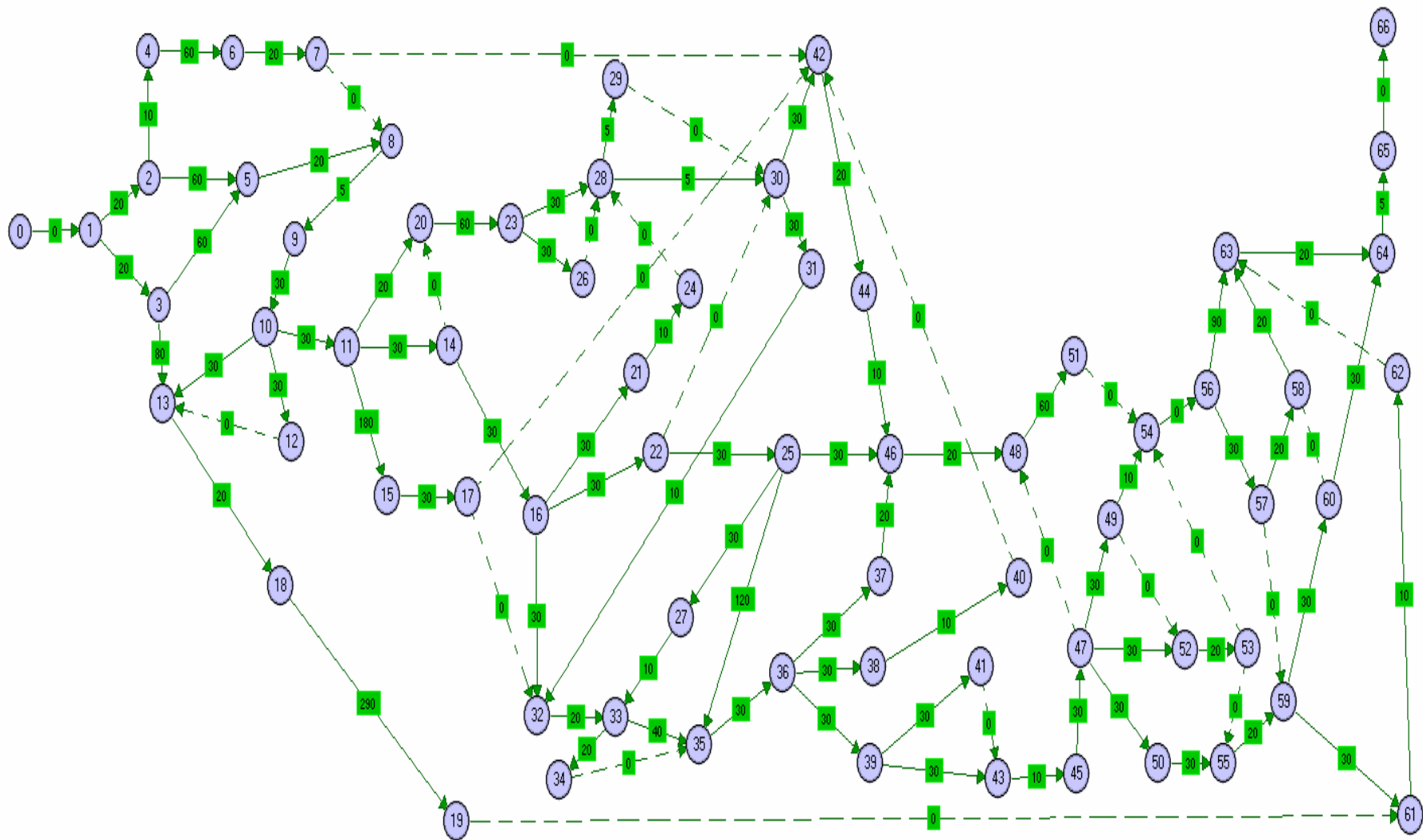
Při sestrojení hranově ohodnoceného grafu je použita metoda vpřed a pravidla vyjmenována v části 3.4.2. Fiktivní hrany jsou použity ke znázornění závislých činností. Ke správnému očíslování uzlů poslouží metoda přeškrťování hran. Pro každý uzel zjistíme jeho řád, tedy maximální počet hran, který daný uzel spojí s počátečním uzlem. Začneme s číslováním uzlu prvního řádu, druhého řádu atd. V případě, že více uzlů má tentýž řád, je číslování libovolné.

V následující tabulce je každé činnosti přiřazené označení hrany (i,j) a na obrázku 24 je sestaven hranově ohodnocený graf.

Tabulka 7: Označení hran

Č.	Název činnosti	Hrana
1	Zahájení stavby	(0,1)
2	Projekční práce	(3,5)
3	Příprava výroby a výroba zařízení	(3,13)
4	Přejezd v km 82,756; přípojka nn	(2,5)
5	Jince-Bratkovice, traťové zabezpečovacího zařízení	(5,8)
6	Přejezd v km 77,037; stavební úpravy přejezdu	(2,4)
7	Přejezd v km 77,037; přípojka nn	(4,6)
8	Bratkovice-Příbram, traťové zabezpečovacího zařízení (1. část)	(6,7)
9	Demontáž zařízení hlásek Čenkov a Trhové Dušníky	(8,9)
10	Žst. Březnice, DOZZ - zřízení a vybavení pracoviště dispečera	(13,18)
11	Zdice (mimo) - Písek (mimo), řídicí dispečerský systém	(18,19)
12	Žst. Březnice, stav. úpravy ve VB pro doplnění technologického zařízení	(9,10)
13	Žst. Březnice vč.Odb.Přední Pořící, staniční zabezpečovací zařízení	(10,13)
14	Žst. Březnice, místní kabelizace	(10,12)
15	Žst. Příbram, stavební úpravy ve VB a pro technolog.zařízení	(10,11)
16	Žst. Příbram; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(11,15)
17	Přejezd v km 73,150; stavební úpravy přejezdu	(11,20)
18	Žst. Příbram, staniční zabezpečovací zařízení	(15,17)
19	Žst. Tochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(11,14)
20	Žst. Tochovice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(20,23)
21	Žst. Tochovice, staniční zabezpečovací zařízení	(23,28)
22	Žst. Tochovice, místní kabelizace	(23,26)
23	Žst. Tochovice, rozhlas	(28,30)
24	Žst. Tochovice, zařízení pro detekci požáru (ZPDP)	(28,29)
25	Žst. Milín, stavební úpravy ve VB a pro technolog.zařízení	(14,16)
26	Žst. Milín, staniční zabezpečovací zařízení	(16,32)
27	Žst. Milín, místní kabelizace	(16,21)
28	Žst. Milín, sdělovací zařízení	(21,24)
29	Příbram - Milín, traťové zabezpečovacího zařízení	(32,33)
30	Příbram - Tochovice, demontáž zbytných částí zz.	(33,35)
31	Příbram (včetně) - Tochovice (včetně), demontáže sděl.zař.	(33,34)
32	Žst. Bratkovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(16,22)
33	Žst. Bratkovice, staniční zabezpečovacího zařízení	(30,42)
34	Žst. Bratkovice, místní kabelizace	(30,31)
35	Žst. Bratkovice, sdělovacího zařízení	(31,32)
36	Bratkovice - Příbram, traťové zabezpečovacího zařízení (2. část)	(42,44)
37	Žst. Jince, stavební úpravy ve VB a pro technologického zařízení	(22,25)
38	Žst. Jince; el. ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(25,35)
39	Žst. Jince, staniční zabezpečovacího zařízení	(25,46)
40	Žst. Jince, místní kabelizace	(25,27)
41	Žst. Jince, sdělovacího zařízení	(27,33)
42	Žst. Lochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologického zařízení	(35,36)
43	Žst. Lochovice, staniční zabezpečovacího zařízení	(36,37)
44	Žst. Lochovice, místní kabelizace	(36,38)
45	Žst. Lochovice, sdělovacího zařízení	(38,40)

Č.	Název činnosti	Hrana		
46	Přejezd v km 87,149; stavební úpravy přejezdu	(44,46)		
47	Lochovice - Jince, traťové zabezpečovací zařízení	(46,48)		
48	Zdice - Lochovice, traťové zabezpečovací zařízení	(37,46)		
49	Žst. Mirovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(36,39)		
50	Žst. Mirovice, staniční zabezpečovací zařízení	(39,41)		
51	Žst. Mirovice, místní kabelizace	(39,43)		
52	Žst. Mirovice, sdělovací zařízení	(43,45)		
53	Žst. Čimelice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(45,47)		
54	Žst. Čimelice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(48,51)		
55	Žst. Čimelice, staniční zabezpečovací zařízení	(47,52)		
56	Žst. Čimelice, místní kabelizace	(47,49)		
57	Žst. Čimelice, sdělovací zařízení	(49,54)		
58	Žst. Vráž u Písku, stavební úpravy VB a pro technologické zařízení	(47,50)		
59	Žst. Vráž u Písku, staniční zabezpečovací zařízení	(50,55)		
60	Přejezd v km 37,007; stavební úpravy přejezdu	(52,53)		
61	Čimelice - Vráž u Písku, traťové zabezpečovací zařízení	(55,59)		
62	Žst. Čížová, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(54,56)		
63	Žst. Čížová, staniční zabezpečovací zařízení	(59,60)		
64	Žst. Čížová, místní kabelizace	(59,61)		
65	Žst. Čížová, sdělovací zařízení	(61,62)		
66	Přejezd v km 24,460; rekonstrukce přípojky nn	(56,63)		
67	Vráž u Písku - Čížová, traťové zabezpečovací zařízení	(63,64)		
68	Žst. Písek, navázání do DOZZ	(64,65)		
69	Čížová - Písek, traťové zabezpečovací zařízení	(57,58)		
70	Tochovice (mimo)-Písek (mimo), demontáž zbytných částí zz.	(60,64)		
71	Tochovice (mimo)-Písek (mimo), demontáž sděl.z.	(58,63)		
72	Ukončení stavby	(65,66)		
73	HELP1	(1,3)		
74	HELP2	(1,2)		
75	HELP3	(56,57)		
Fiktivní hrany				
	(7,8)	(7,42)	(12,13)	(14,20)
	(17,32)	(17,42)	(19,61)	(22,30)
	(24,28)	(26,28)	(29,30)	(34,35)
	(40,42)	(41,43)	(47,48)	(49,52)
	(51,54)	(53,54)	(53,55)	(57,59)
	(58,60)	(62,63)		



Obrázek 24: Hranově ohodnocená síť

Výpočet u metody CPM je proveden na síti a v tabulce (Příloha C, D – kritická cesta je tučně). Při výpočtech nebyla použita výpočetní technika, byly použity algoritmy předkládané v části 3.4. Kritická cesta je tvořena následujícími činnostmi:

Tabulka 8: Kritická cesta

Č.	Název činnosti	Hrana
1	Zahájení stavby	(0,1)
6	Přejezd v km 77,037; stavební úpravy přejezdu	(2,4)
7	Přejezd v km 77,037; přípojka nn	(4,6)
8	Bratkovice-Příbram, traťové zabezpečovacího zařízení (1. část)	(6,7)
9	Demontáž zařízení hlásek Čenkov a Trhové Dušníky	(8,9)
12	Žst. Březnice, stav. úpravy ve VB pro doplnění technologického zařízení	(9,10)
15	Žst. Příbram, stavební úpravy ve VB a pro technolog. zařízení	(10,11)
16	Žst. Příbram; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(11,15)
18	Žst. Příbram, staniční zabezpečovací zařízení	(15,17)
29	Příbram - Milín, traťové zabezpečovací zařízení	(32,33)
30	Příbram - Tochovice, demontáž zbytných částí zz.	(33,35)
42	Žst. Lochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(35,36)
49	Žst. Mirovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(36,39)
50	Žst. Mirovice, staniční zabezpečovací zařízení	(39,41)
51	Žst. Mirovice, místní kabelizace	(39,43)
52	Žst. Mirovice, sdělovací zařízení	(43,45)
53	Žst. Čimelice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(45,47)
54	Žst. Čimelice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn	(48,51)
62	Žst. Čížová, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení	(54,56)
66	Přejezd v km 24,460; rekonstrukce přípojky nn	(56,63)
67	Vraž u Písku - Čížová, traťové zabezpečovací zařízení	(63,64)
68	Žst. Písek, navázání do DOZZ	(64,65)
72	Ukončení stavby	(65,66)
74	HELP2	(1,2)
Fiktivní hrany		
(7,8)	(17,32)	(41,43)
		(47,48)
		(51,54)

Kritických činností je celkem 24 (pokud nepočítáme fiktivní činnosti), je to tedy 32 % ze všech činností. Délka kritické cesty je 750 dní (je to také nejdélší cesta od počátečního do koncového uzlu sítě). Znamená to, že nejkratší termín ukončení projektu je 750 dní. Pokud prodloužíme dobu trvání některé z kritických činností, tak se nám prodlouží i celkový čas projektu.

Pro projekt „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“ jsou v tabulce č. 9 také propočítány všechny dříve definované časové rezervy, tedy celková časová rezerva (RC), volná časová rezerva (RV), závislá časová rezerva (RZ) a nezávislá časová rezerva (RN).

Tabulka 9: Rezervy činností

Číslo	(i,j)	RC	RV	RZ	RN
1	(0,1)	0	0	0	0
2	(3,5)	10	0	0	0
3	(3,13)	305	75	295	65
4	(2,5)	10	0	10	0
5	(5,8)	10	10	0	0
6	(2,4)	0	0	0	0
7	(4,6)	0	0	0	0
8	(6,7)	0	0	0	0
9	(8,9)	0	0	0	0
10	(13,18)	230	0	0	0
11	(18,19)	230	0	0	0
12	(9,10)	0	0	0	0
13	(10,13)	230	0	230	0
14	(10,12)	230	0	230	0
15	(10,11)	0	0	0	0
16	(11,15)	0	0	0	0
17	(11,20)	55	10	55	10
18	(15,17)	0	0	0	0
19	(11,14)	30	0	30	0
20	(20,23)	45	0	0	0
21	(23,28)	45	0	0	0
22	(23,26)	45	0	0	0
23	(28,30)	45	0	0	0
24	(28,29)	45	0	0	0
25	(14,16)	30	0	0	0
26	(16,32)	120	120	90	90
27	(16,21)	65	0	35	0
28	(21,24)	65	0	0	0
29	(32,33)	0	0	0	0
30	(33,35)	0	0	0	0
31	(33,34)	20	0	20	0
32	(16,22)	30	0	0	0
33	(30,42)	195	185	150	140
34	(30,31)	45	0	0	0
35	(31,32)	45	45	0	0
36	(42,44)	10	0	0	0
37	(22,25)	30	0	0	0
38	(25,35)	30	30	0	0
39	(25,46)	230	220	200	190
40	(25,27)	70	0	40	0
41	(27,33)	70	70	0	0
42	(35,36)	0	0	0	0
43	(36,37)	30	0	30	0
44	(36,38)	10	0	10	0
45	(38,40)	10	0	0	0
46	(44,46)	10	0	0	0
47	(46,48)	10	10	0	0
48	(37,46)	30	20	0	0
49	(36,39)	0	0	0	0

50	(39,41)	0	0	0	0
51	(39,43)	0	0	0	0
52	(43,45)	0	0	0	0
53	(45,47)	0	0	0	0
54	(48,51)	0	0	0	0
55	(47,52)	10	0	10	0
56	(47,49)	10	0	10	0
57	(49,54)	20	20	10	10
58	(47,50)	30	0	30	0
59	(50,55)	30	0	0	0
60	(52,53)	10	0	0	0
61	(55,59)	30	10	0	0
62	(54,56)	0	0	0	0
63	(59,60)	20	0	10	0
64	(59,61)	20	0	0	0
65	(61,62)	20	0	0	0
66	(56,63)	0	0	0	0
67	(63,64)	0	0	0	0
68	(64,65)	0	0	0	0
69	(57,58)	20	0	0	0
70	(60,64)	20	20	0	0
71	(58,63)	20	20	0	0
72	(65,66)	0	0	0	0
73	(1,3)	10	0	10	0
74	(1,2)	0	0	0	0
75	(56,57)	20	0	20	0
	(7,8)	0	0	0	0
	(7,42)	415	405	415	405
	(12,13)	230	0	0	0
	(14,20)	45	0	15	0
	(17,32)	0	0	0	0
	(17,42)	140	130	140	130
	(19,61)	230	210	0	0
	(22,30)	80	35	50	5
	(24,28)	65	20	0	0
	(26,28)	45	0	0	0
	(29,30)	45	0	0	0
	(34,35)	20	20	0	0
	(40,42)	10	0	0	0
	(41,43)	0	0	0	0
	(47,48)	0	0	0	0
	(49,52)	10	0	0	0
	(51,54)	0	0	0	0
	(53,54)	10	10	0	0
	(53,55)	40	10	30	0
	(57,59)	20	0	0	0
	(62,63)	20	20	0	20

Při řízení projektu bychom se měli zaměřit na kritické činnosti (ty jejichž celková rezerva je nulová). Kladná celková rezerva nám ukazuje, jak se dílčí činnost může opozdit, aniž by byl ohrožen termín dokončení projektu včas. Takže například činnost (13,18) má dostatečnou celkovou rezervu 230 dní naproti tomu činnost (42,44) má celkovou rezervu pouze 10 dní. I ty činnosti, jejichž celková rezerva není dostatečná by se měli stát objektem zájmu při řízení projektu. Kritérium pro dostatečnou rezervu si stanoví vedoucí projektu dle priority činnosti, např. 10 % trvání dané činnosti.

Pokud bychom nepřeváděli hrany typu KZ-60, KZ+20, ZZ, ale pouze bychom tyto hrany přepisovali na typ KZ, kritická cesta by se lišila. Kritických činností je 22, pokud nezapočítáme fiktivní hrany, tedy přibližně 30 % (menší počet je zapříčiněn vynecháním pomocných hran HELP1, HELP2, HELP3). Délka kritické cesty se prodloužila na 770 dní.

Kritická cesta by byla (bez uvádění fiktivních hran):

Tabulka 10: Kritická cesta – jednodušší varianta

Č.	Název činnosti
1	Zahájení stavby
2	Projekční práce
5	Jince-Bratkovice, traťové zabezpečovacího zařízení
9	Demontáž zařízení hlásek Čenkov a Trhové Dušníky
12	Žst. Březnice, stav. úpravy ve VB pro doplnění technologického zařízení
15	Žst. Příbram, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
16	Žst. Příbram; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn
18	Žst. Příbram, staniční zabezpečovací zařízení
29	Příbram – Milín, traťové zabezpečovací zařízení
30	Příbram - Tochovice, demontáž zbytných částí zz.
42	Žst. Lochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
49	Žst. Mirovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
50	Žst. Mirovice, staniční zabezpečovací zařízení
51	Žst. Mirovice, místní kabelizace
52	Žst. Mirovice, sdělovací zařízení
53	Žst. Čimelice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
54	Žst. Čimelice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn
62	Žst. Čížová, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
66	Přejezd v km 24,460; rekonstrukce přípojky nn
67	Vráž u Písku – Čížová, traťové zabezpečovací zařízení
68	Žst. Písek, navázání do DOZZ
72	Ukončení stavby

Z 22 kritických činností se jich 20 shoduje s kritickou cestou určenou pomocí metody CPM a převedenými hranami (tab. 8).

U metody PERT nevíme přesnou dobu trvání činnosti a pro stanovení doby trvání vycházíme ze tří odhadů. Při výpočtech postupujeme stejně jako u metody CPM, vycházíme ze stejného síťového grafu, kde se nám mění trvání činnosti na střední dobu trvání činnosti. Kromě časových ukazatelů vypočítáme také rozptyly. Hodnoty rozptylu nám umožní zjistit pravděpodobnost splnění plánovaného termínu.

V tabulce 11 jsou pro každou činnost odhadnuty optimistická, nejpravděpodobnější a pesimistická trvání. A dále jsou spočítány střední hodnoty a rozptyly pro každou činnost. Odhady byly provedeny na základě zkušeností pracovníků AŽD Praha, s.r.o.

Tabulka 11: Vstupy pro metodu PERT

Č.	o	m	P	\bar{y}	σ^2
1	0	0	0	0,0	0,00
2	55	60	67	60,3	4,00
3	79	80	90	81,5	3,36
4	56	60	67	60,5	3,36
5	15	20	22	19,5	1,36
6	8	10	13	10,2	0,69
7	55	60	67	60,3	4,00
8	15	20	22	19,5	1,36
9	3	5	9	5,3	1,00
10	18	20	24	20,3	1,00
11	280	290	295	289,	6,25
12	27	30	33	30,0	1,00
13	28	30	34	30,3	1,00
14	28	30	34	30,3	1,00
15	28	30	34	30,3	1,00
16	170	180	185	179,	6,25
17	19	20	25	20,7	1,00
18	28	30	34	30,3	1,00
19	28	30	34	30,3	1,00
20	57	60	65	60,3	1,78
21	28	30	34	30,3	1,00
22	28	30	34	30,3	1,00
23	4	5	7	5,2	0,25
24	3	5	6	4,8	0,25

25	27	30	33	30,0	1,00
26	28	30	34	30,3	1,00
27	28	30	34	30,3	1,00
28	9	10	11	10,0	0,11
29	15	20	22	19,5	1,36
30	39	40	43	40,3	0,44
31	19	20	25	20,7	1,00
32	27	30	33	30,0	1,00
33	28	30	34	30,3	1,00
34	28	30	34	30,3	1,00
35	9	10	11	10,0	0,11
36	15	20	22	19,5	1,36
37	27	30	33	30,0	1,00
38	118	120	125	120,	1,36
39	28	30	34	30,3	1,00
40	28	30	34	30,3	1,00
41	9	10	11	10,0	0,11
42	27	30	33	30,0	1,00
43	28	30	34	30,3	1,00
44	28	30	34	30,3	1,00
45	9	10	11	10,0	0,11
46	8	10	13	10,2	0,69
47	15	20	22	19,5	1,36
48	15	20	22	19,5	1,36

Č.	o	m	P	\bar{y}	σ^2
49	27	30	33	30,0	1,00
50	28	30	34	30,3	1,00
51	28	30	34	30,3	1,00
52	9	10	11	10,0	0,11
53	27	30	33	30,0	1,00
54	57	60	65	60,3	1,78
55	28	30	34	30,3	1,00
56	28	30	34	30,3	1,00
57	9	10	11	10,0	0,11
58	27	30	33	30,0	1,00
59	28	30	34	30,3	1,00
60	19	20	25	20,7	1,00
61	15	20	22	19,5	1,36

62	0	0	0	0,0	0,00
63	28	30	34	30,3	1,00
64	28	30	34	30,3	1,00
65	9	10	11	10,0	0,11
66	80	90	95	89,2	6,25
67	15	20	22	19,5	1,36
68	4	5	7	5,2	0,25
69	15	20	22	19,5	1,36
70	29	30	33	30,3	0,44
71	17	20	23	20,0	1,00
72	0	0	0	0,0	0,00
73	20	20	20	20,0	0,00
74	20	20	20	20,0	0,00
75	27	30	33	30,0	1,00

Kritická cesta stanovená metodou PERT obsahuje shodné kritické činnosti jako u metody CPM (viz tab. 8). Mění se délka kritické cesty, ale ne příliš. Střední doba trvání kritické cesty je 749,4 dní. Součet rozptylů na kritické cestě je 36,3.

Můžeme zjistit s jakou pravděpodobností bude splněn plánovaný termín. Uvažujme plánovaný termín ukončení za 730, 750, 780 dní.

Pravděpodobnost vypočítáme dle vzorce $F_N\left(\frac{y_{plan} - \bar{y}_n}{\sigma(n)}\right)$, kde \bar{y}_n je 749,4 a $\sigma(n)$ je

6,02. Výsledky jsou v následující tabulce.

Tabulka 12: Pravděpodobnost ukončení v plánovaných termínech

Plánovaný termín	$F_N\left(\frac{y_{plan} - \bar{y}_n}{\sigma(n)}\right)$	Pravděpodobnost ukončení v %
730	$F_N\left(\frac{730 - 749,4}{6,02}\right)$	0,064
750	$F_N\left(\frac{750 - 749,4}{6,02}\right)$	53,97
780	$F_N\left(\frac{780 - 749,4}{6,02}\right)$	99,9

6.2 Uzlově ohodnocený graf a metoda kritické cesty

Pro sestavení uzlově ohodnoceného grafu a výpočet kritické cesty pomocí metody MPM byl využit program MS Project. Více o programu MS Project je v příloze (Příloha A).

V případě metody MPM, která využívá uzlově ohodnocený graf, nejsou nutné převody vazeb typu ZZ, KZ-60, KZ+20 ani nejsou potřeba fiktivní hrany jako tomu bylo při sestavování hranově ohodnoceného grafu.

Uzlově ohodnocený graf pro projekt „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“ a kritická cesta tohoto projektu zjištěná pomocí metody MPM je pro rozsáhlost k nahlédnutí v příloze (Příloha E, tučně je zvýrazněna kritická cesta). Kritická cesta propočítaná metodou MPM je shodná s kritickou cestou vypočítanou pomocí CPM, délka této cesty je opět 750 dní.

Tabulka 13: Kritická cesta, metoda MPM

Č.	Název činnosti
1	Zahájení stavby
6	Přejezd v km 77,037; stavební úpravy přejezdu
7	Přejezd v km 77,037; přípojka nn
8	Bratkovice-Příbram, traťové zabezpečovací zařízení (1. část)
9	Demontáž zařízení hlásek Čenkov a Trhové Dušníky
12	Žst. Březnice, stav. úpravy ve VB pro doplnění technologického zařízení
15	Žst. Příbram, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
16	Žst. Příbram; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn
18	Žst. Příbram, staniční zabezpečovací zařízení
29	Příbram - Milín, traťové zabezpečovací zařízení
30	Příbram - Tochovice, demontáž zbytných částí zz.
42	Žst. Lochovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
49	Žst. Mirovice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
50	Žst. Mirovice, staniční zabezpečovací zařízení
51	Žst. Mirovice, místní kabelizace
52	Žst. Mirovice, sdělovací zařízení
53	Žst. Čimelice, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
54	Žst. Čimelice; el.ohřev výměn, úpravy osvětlení a rozvodů nn
62	Žst. Čížová, stavební úpravy ve VB a pro technologické zařízení
66	Přejezd v km 24,460; rekonstrukce přípojky nn
67	Vrás u Písku - Čížová, traťové zabezpečovací zařízení
68	Žst. Písek, navázání do DOZZ
72	Ukončení stavby

7. DISKUSE

V diplomové práci je provedena časová analýza pomocí metod CPM, PERT a MPM, tedy pomocí metod síťové analýzy.

Metody síťové analýzy mohou využívat jak hranově definované, tak uzlově definované síťové grafy. Oba způsoby zobrazení projektu přinášejí určité výhody a nevýhody. Pro vysvětlení problematiky jsou vhodnější hranově definované síťové grafy, neboť jsou vizuálně přehlednější. Tyto grafy jsou i úspornější. Pro sestavení hranově ohodnoceného grafu je v našem případě třeba pouze 66 uzlů, ale pro uzlově ohodnocený graf je zapotřebí 72 uzlů. Výhodou uzlově definovaného síťového grafu je jeho snadnější sestavení a možnost jednodušších změn grafu bez pracných úprav. Graf je pružnější a účinnější. Při sestavení uzlově ohodnoceného grafu nemusíme využívat fiktivní hrany a uzly. Můžeme využít více typů vazeb mezi činnostmi. Také nabídka softwaru, který řeší problematiku časové analýzy pomocí uzlově ohodnoceného grafu, je rozsáhlejší a dostupnější. Z těchto důvodů je v praxi více využíváný uzlově ohodnocený typ grafu.

Pokud využijeme metodu MPM a CPM, musíme dojít ke stejným výsledkům. I když metoda CPM je řešena pomocí hranově ohodnoceného grafu a nemůže využívat jiného typu vazby než konec-začátek ani kladného (respektive záporného) potenciálu, lze provést převod, který zaručí stejné výsledky. Některé z možných převodů jsou potřeba i při řešení projektu a jsou demonstrovány na obr. 23.

Kritická cesta dle metod CPM a MPM je 750 dní a obsahuje celkem 24, respektive 23 činností. Kritická cesta, kterou jsme zjistili pomocí metody CPM má o jednu činnost více, ale to je z důvodu využití pomocných činností HELP. Fiktivní činnosti neuvažujeme.

Ohodnocení grafu může být také u různých metod síťové analýzy různé. Deterministické a stochastické, podle toho zda trvání činnosti můžeme určit nebo ji považujeme za náhodnou veličinu.

Metoda PERT se od metody CPM a MPM liší právě ohodnocením. V praxi se často setkáme s problémem, že předem nelze ohodnotit dobu trvání dílčích činností. Doba činnosti je náhodná veličina popsána tzv. beta rozdělením.

Kritická cesta při použití metody PERT nemusí být stejná jako u předchozích metod, ale řešený projekt má kritické činnosti shodné. Kritická cesta se liší pouze nepatrně dobou trvání, střední doba trvání kritické cesty je 749,4 dní.

Při využití metody PERT bychom se ale neměli zaměřit pouze na výpočet střední doby trvání projektu. Hlavním cílem této metody není redukce tří časových odhadů na jeden. Důležitějším využitím této metody je zjistit určité pravděpodobnosti závěry, které u předchozích metod chybí. Při použití metody PERT je zjištěno s jakou pravděpodobností bude projekt splněn v určitých termínech (tab. 12). Tedy je velká pravděpodobnost dokončení projektu za 780 dní. Pravděpodobnost dokončení projektu za 750 dní (jak je spočítáno metodou CPM a MPM) je přibližně 53 %.

Protože časový odhad tří činností je velmi pracný a i další propočty jsou časově náročné, je doporučeno tuto metodu použít u projektů, kde jsou časové plány zpracovány pomocí počítače (specializovaného softwaru).

Vedoucí projektu by se měl zaměřit na kritické činnosti. Jsou to ty činnosti, jejichž celková rezerva je nulová. Kritické činnosti jsou tak důležité, neboť prodloužení kritické činnosti o jeden den znamená prodloužení celého projektu. Pokud potřebujeme zkrátit dobu trvání projektu, musíme se taktéž zaměřit na kritické činnosti. Mě-li bychom zkontrolovat, zda kritické úkoly nelze zkrátit, případně zda můžeme změnit některé závislosti. Při redukci doby trvání kritické činnosti ale musíme stále sledovat všechny ostatní činnosti. Mohlo by se stát, že se kritická činnost objeví i v jiném místě.

Manažer projektu by měl taktéž sledovat rezervy nekritických činností. Může například dosáhnout zkrácení délky trvání kritické cesty tím, že přesune pracovníky nebo jiné zdroje z nekritické činnosti na kritickou. Tím se sice prodlouží trvání nekritické činnosti, ale to neovlivní trvání projektu, neboť využijeme časovou rezervu.

Kromě rezerv, které byly při časové analýze propočteny, by měl vedoucí projektu zakomponovat rezervy „umělé“. Rezerva nám sníží riziko a umožní kvalitněji řešit nepředvídatelné situace. Umělou rezervu můžeme vložit za každý úkol nebo přidat tzv. neplánované činnosti (Rosenau, 2007, s. 160) na konec projektu.

Během tvorby diplomové práce byl projekt „Racionalizace v trati Zdice – Protivín“ zahájen (1.9.2006), předpokládaná doba ukončení projektu je 31.3.2009. Firma AŽD Praha, s.r.o. by dospěla ke stejným výsledkům za předpokadu použití sedmidenního kalendáře bez svátků, bez volných dnů a nerozlišování činností na ty, které vyžadují

pracovníky (osmi hodinová pracovní doba) a ty, které požadují pouze plynutí času (24 hodin).

8. ZÁVĚR PRÁCE

Diplomová práce vyzdvihuje význam síťové analýzy a zejména časové analýzy v praxi, při řízení projektů. Práce je zaměřena na tři nejdůležitější metody síťové analýzy metodu CPM, PERT a MPM. Díky těmto metodám můžeme najít kritické činnosti, rezervy jednotlivých činností a projekt lépe vést.

Při výpočtu kritické cesty byla uvažována pouze jediná veličina, čas. Prováděna byla tedy již zmíněná časová analýza. V reálných situacích nás ovšem zajímají i další hlediska. Z ekonomického pohledu je nejvýznamnější nákladové hledisko. Provádí se nákladová analýza a dále analýza zdrojů.

V praxi se můžeme setkat s řadou úskalí, které nám metoda CPM, respektive metody PERT a MPM mohou způsobit.

Jednou z nevýhod těchto metod je jejich použití při řízení svou podstatou unikátních projektů. U těchto projektů je pak velmi obtížné určit doby trvání jednotlivých činností, protože v daných případech se nelze opírat o zkušenosti manažerů. Odhady dob trvání činností na základě podobnosti s jinými projekty nebývají často správné a vypočtená kritická cesta se tak může značně lišit od skutečnosti. V praxi se ukázalo, že řešením není ani stochastická metoda PERT. Možným řešením se zdá být fuzzy přístup, díky němuž dokážeme popsat výroky reálného světa, jako např. „činnost bude trvat *asi* 20 dní“. Pro samotný výpočet kritické cesty bývají používány klasické algoritmy a postupy běžné u metod kritické cesty s deterministickými délkami trvání činností, avšak operace s nimi jsou nahrazeny operacemi s fuzzy čísly. Metody, které využívají fuzzy přístup jsou například Fuzzy PERT a Generalized Fuzzy CPM (GFCPM).

Dalším problémem může být, že pomocí probíraných metod se můžeme dostat k výsledkům, které znamenají překročení stanoveného termínu dokončení nebo stanoveného rozpočtu. Z toho důvodu se objevuje další metoda: metoda kritického řetězu (CC). CPM pracuje s určitými technickými aspekty řízení projektu, zatímco CC se při přípravě síťového grafu projektu i při řízení projektu zaměřuje spíše na chování lidí. Pracovníci se většinou snaží nadhodnocovat potřebné doby a přesto nejsou tyto termíny dodrženy. Tato skutečnost je vysvětlována tzv. studentským syndromem (Goldratt, 1999, s. 103), tj. vlastností nechat vše na poslední chvíli. Také není snaha dokončovat činnosti dříve, protože panuje obava, že napříště by byly odhady dob zkráceny.

A v neposlední řadě náklady na využití metod se mohou zdát příliš vysoké. Obvyklé náklady na využití CPM, PERT, MPM se pohybují okolo 2 % celkových nákladů na projekt, zřídka kdy překročí 5 % (Chace, Aquilano, 1992, s. 567).

Na závěr se můžeme ptát, proč rozumět metodám využívaných v síťové analýze, když na trhu existuje řada softwarů, které vyřeší problém za nás. Je zřejmé, že efektivní počítačové nástroje nemohou nahradit individuální lidský cit a rozum. A čím lépe rozumíme daným metodám, tím lépe můžeme software využít.

Ani samy metody síťové analýzy nemohou nahradit vlastní rozhodnutí. To zůstává v rukou odpovědných pracovníků a na nich záleží, jak této metody použijí. Síťová analýza a metody kritické cesty pouze poskytují vědecké podklady pro tato rozhodnutí.

9. POUŽITÁ LITERATURA

ADAMEC, František. *MS Project : řízení projektů*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing s.r.o., 1997. 248 s. ISBN 80-7169-374X.

BLECHA, Vladislav. *Síťová analýza ve stavebnictví*. 4. vyd. Praha : Dům techniky ČSVTS, 1989. 84 s. ISBN 80-02-99088-9.

ČERNÝ, Jan. *Operační výzkum pro managery I.: Učební pomůcka pro studenty oboru Regionální management*. 1. vyd. České Budějovice : Jihočeská univerzita, 1993. 76 s. ISBN 80-7040-088-9.

DUDORKIN, Jiří. *Operační výzkum*. 4. vyd. Praha : České vysoké učení technické, 2002. 296 s. ISBN 80-01-02469-5

FIALA, Petr. *Projektové řízení : modely, metody, analýzy*. 1. vyd. Praha : Professional Publishing, 2004. 276 s. ISBN 80-86419-24-X.

GOLDRATT, Eliyahu M. *Kritický řetězec*. Jiráček Jan. 1. vyd. Praha : InterQuality, 1999. 199 s. ISBN 8090277004.

GROS, Ivan. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing a.s., 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8.

CHACE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J. *Production & Operations Management : A Life Cycle Approach*. 6th edition. Boston : Irwin, 1992. 1062 s. ISBN 0-256-10039-X.

JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: Kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2002. 323 s. ISBN 80-86419-23-1.

KLUSOŇ, Václav. *Kritická cesta a PERT v řídicí praxi*. 2. dopl. vyd. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1973. 250 s.

RAŠOVSKÝ, Miroslav, ŠIŠLÁKOVÁ, Hana. *Ekonomicko-matematické metody*. 1. vyd. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1999. 195 s. ISBN 80-7157-412-0.

ROSENAU, Milton. *Řízení projektů*. 2. vyd. Praha : Computer Press a.s., 2007. 344 s. ISBN 978-80-251-1506-0.

WALTER, Jaromír - VEJMOLA, Stanislav - FIALA, Petr. *Aplikace metod síťové analýzy v řízení a plánování*. 1. vyd. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1989. 288 s. ISBN 80-03-00101-3

ZONKOVÁ, Zdeňka. *Projektové řízení*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-Technická univerzita, 1997. 128 s. ISBN 80-7078-423-7.

Internetové zdroje:

AŽD Praha, s.r.o. *AŽD s.r.o.* [online]. © 2004 , 1.3.2007 [cit. 2007-03-11]. Dostupný z www: <<http://www.azd.cz/>>.

BAKER, Samuel L. *Critical Path Method* [online]. © 2004, [cit. 2007-11-03]. Dostupný z www: <<http://hadm.sph.sc.edu/COURSES/J716/CPM/CPM.html> >.

RÁLEK, Petr. *E-learning* [online]. 21.4.2005 [cit. 2007-03-11]. Dostupný z www: <http://elearning.vslib.cz/cgiin/elearning/elearning.fcgi?ID_tema=77&stranka=publ_tema >.

10. REJSTŘÍK

A

Agregovaná činnost	23
AŽD Praha s.r.o.	39

B

Beta rozdělení	34
----------------------	----

C

Cesta v grafu	13
Cyklus	13

Č

Časová analýza	27
Časová rezerva – celková	31
Časová rezerva – nezávislá	32
Časová rezerva – volná	31
Časová rezerva – závislá	31

D

Disciplíny operačního výzkumu	11
-------------------------------------	----

F

Fáze řešení	9
Fiktivní činnost	22

G

Graf	12
------------	----

H

Historie řízení projektů	15
Hranově ohodnocený graf	13, 20

I

Incidenční matice	13
-------------------------	----

K

Kartotéka	19
Kritická cesta	17

M

Metoda CPM	27
Metoda MPM	37
Metoda PERT	34
Microsoft Office Project	7
Model	9

N

Nástroje projektového řízení	16
Nejdelší cesta v grafu	14
Neorientované grafy	13

O

Operační výzkum	9
Orientované grafy	13

P

Postup zpět	20
Potenciál	25
Projekt	15
Projektové řízení	15

S

Síťová analýza	16
Síťový graf	17
System	9

T

Teorie grafů	12
Typy závislostí	24

U

Uzlově ohodnocený graf	13, 24
------------------------------	--------

V

Výpočet na síti	28
Výpočet v tabulce	29

11. PŘÍLOHY

- A MS Project – popis softwaru
- B Poskytnutá data před úpravou
- C CPM – výpočet na síti
- D CPM – výpočet v tabulce
- E MPM – uzlový graf a kritická cesta