

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

Využití vícekriteriální analýzy při výběru produktu

Šimon Hrazdíra

© 2019 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Šimon Hrazdára

Informatika

Název práce

Využití vícekriteriální analýzy při výběru produktu

Název anglicky

The Use of Multi Attribute Analysis When Choosing the Product

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je výběr vhodného videokonferenčního zařízení pro společnost, která potřebuje vybrat zařízení pro komunikaci mezi sídlem společnosti a pěti pobočkami rozmístěnými po České republice a Německu. Budou zmapovány požadavky budoucích uživatelů, situace na trhu s příslušným zařízením a doporučen nákup vybraného zařízení. Na základě požadavků a preferencí uživatelů budou vybrána vhodná rozhodovací kritéria a metoda pro výběr kompromisní varianty.

Metodika

Na základě studia odborné literatury budou v teoretické části práce popsány modely pro podporu vícekriteriálního rozhodování, konkrétně vybrané metoda a základní pojmy vícekriteriální analýzy variant. Teoretická část se bude dále zabývat popisem videokonferenčního zařízení, principy jeho využití a přehledem současných produktů a jejich vybraných vlastností.

V praktické části budou zpracovány skutečné požadavky společnosti, na základě kterých, budou definována kritéria pro výběr zařízení. Na základě teoretických poznatků a požadavků bude zvolena vhodná metoda pro výběr kompromisní varianty. Podle zvolené metody budou provedeny výpočty a jejich následná interpretace.

Doporučený rozsah práce

35-40 stran

Klíčová slova

Vícekriteriální rozhodování, váhy, kritérium, videokonferenční zařízení

Doporučené zdroje informací

FIALA, P. Modely a metody rozhodování. Praha: Oeconomica, 2006

FOTR, J.; ŠVECOVÁ, L. Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress, 2011

ŠUBRT, J. a kol. Ekonomicko-matematické metody. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – PEF

Vedoucí práce

doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 10. 2018

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 20. 01. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití vícekriteriální analýzy při výběru produktu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 8.3.2019

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc. za odborné vedení a připomínky během psaní bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého bakalářského studia.

Využití vícekriteriální analýzy při výběru produktu

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá využitím vícekriteriálního rozhodování při výběru nových videokonferenčních zařízení pro komunikaci zaměstnanců mezi jednotlivými pobočkami.

V teoretické části je provedeno stručné představení teorie vícekriteriálního rozhodování. Předmětem teoretické části je také popis vybraných metod stanovení vah kritérií a vybraných metod výběru kompromisních variant.

Praktická část se zabývá stanovením vah kritérií s ohledem na požadovaný cíl analýzy. Dále pak výběrem kompromisní varianty pomocí metody AHP. V praktické části je také provedeno vyhodnocení výsledků analytického hierarchického procesu. V závěru je provedeno doporučení pro nákup konkrétního zařízení.

Klíčová slova: Vícekriteriální rozhodování, váhy, kritérium, metoda AHP, kompromisní řešení, videokonferenční zařízení, videokonference.

The Use of Multi Attribute Analysis When Choosing the Product

Abstract

This bachelor thesis deals with the use of multi criteria decision analysis when choosing new video conference device for the employee communication between particular branches.

The theoretical part is focused on the introduction of multi criteria decision making. The aim of this part is also to describe chosen methods of criterion weights formulation and chosen methods of compromise variants selection.

The practical part deals with the criterion weights formulation with regard to the requested objective of the analysis.

Furthermore, it analyses compromise variants selection with the use of AHP method. The evaluation of AHP results is also realized in the practical part. The recommendation of the concrete device purchase is accomplished at the conclusion of this thesis.

Keywords: Multiple criteria decision analysis, weights, criterion, AHP method, compromise solution, video conference device, video conference.

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Cíl práce a metodika	10
2.1 Cíl práce	10
2.2 Metodika	10
3 Teoretická východiska	11
3.1 Modely vícekritériálního rozhodování.....	11
3.1.1 Rozhodování a rozhodovací proces	11
3.1.2 Prvky rozhodovacího procesu.....	12
3.1.3 Model vícekritériální analýzy variant	13
3.1.4 Metody vícekritériálního hodnocení	16
3.1.5 Vybrané metody výběru kompromisních variant	20
3.2 Videokonference	23
3.2.1 Videokonferenční zařízení.....	24
3.2.2 Současná situace na trhu	25
4 Vlastní práce	26
4.1 Představení společnosti SUDOP Praha a.s.....	26
4.2 Popis současného stavu	26
4.3 Hodnocená zařízení	27
4.4 Volba metody výběru kompromisních variant.....	27
4.5 Konstrukce hierarchické struktury pro výběr zařízení	28
4.6 Popis zvolených kritérií.....	28
4.7 Řešení pomocí metody AHP	30
4.7.1 Stanovení vah kritérií.....	30
4.7.2 Určení vzájemných preferenčních vztahů variant	32
4.7.3 Výsledná matice.....	36
5 Závěr.....	37
6 Seznam použitých zdrojů	38
7 Seznam obrázků	39
8 Seznam tabulek	39

1 Úvod

Rozhodovací procesy, respektive rozhodování jsou přirozenou součástí běžného života. Některá rozhodnutí jsou banální, ale jiná mohou mít značný dopad, například na naši budoucnost, ať už se jedná o volbu povolání nebo v dřívějším věku o volbu střední, či vysoké školy. Člověk si tento fakt nemusí v danou chvíli uvědomovat a naprosto přirozeně uplatňuje jednodušší nebo složitější rozhodovací procesy. Každý se rozhoduje různě, někdo se dokáže rozhodnout okamžitě, jiní potřebují určitý čas, aby se mohli nad svojí volbou zamyslet a zvážit své rozhodnutí z různých úhlů pohledu. Pokud má být rozhodnutí co nejlepší, je nutné věnovat určitý čas přípravě podkladů pro rozhodovací proces.

S vícekriteriálním rozhodováním se setkáváme všichni téměř každý den. Některá rozhodnutí hodnotíme pomocí nejrůznějších kritérií, jiná děláme intuitivně, či na základě předchozích zkušeností. Zmiňovaným každodenním rozhodnutím může být například volba dopravního prostředku na cestě do školy nebo do práce. I v případě takto jednoduché volby nás napadne několik kritérií, pomocí kterých se můžeme rozhodnout (čas strávený na cestě, riziko kolony, cena atd.). Dále existují i problémy, u nichž si s jednoduchým zamyšlením a intuicí nevystačíme. V tu chvíli je vhodné využít některou z metod vícekriteriálního rozhodování. Správně použitá metoda může firmě ušetřit jak investované peníze, tak čas strávený výběrem.

Téma využití vícekriteriální analýzy při výběru produktu jsem si vybral proto, že se téměř každý den setkávám s potřebou provést rychlé rozhodnutí. Použití správné metody mi může v první řadě ušetřit čas při vytváření podkladů pro vedoucí a v řadě druhé, ušetřit firemní prostředky. V této práci budou metody vícekriteriální analýzy využity pro výběr videokonferenčního zařízení pro projekční firmu SUDOP Praha a.s., které by následně mělo být zakoupeno na jednotlivé pobočky firmy.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem této práce je výběr přenosného videokonferenčního zařízení pro společnost SUDOP Praha a.s. Zařízení společnost využije pro zefektivnění komunikace mezi sídlem společnosti a pobočkami v České republice a Německu. Tato zařízení budou dále využívána pro jednání s externími dodavateli. Budou zmapovány požadavky budoucích uživatelů, situace na trhu s videokonferenčními zařízeními a bude doporučen nákup vybraného zařízení. Na základě požadavků a preferencí uživatelů budou vybrána vhodná rozhodovací kritéria a metoda pro výběr kompromisní varianty.

2.2 Metodika

Na základě studia odborné literatury budou v teoretické části popsány modely pro podporu vícekritériálního rozhodování, konkrétně vybraná metoda a základní pojmy vícekritériální analýzy variant. Teoretická část se bude dále zabývat popisem videokonferenčního zařízení, principy jeho využití a přehledem současných produktů a jejich vybraných vlastností.

V praktické části budou zpracovány skutečné požadavky společnosti SUDOP Praha a.s., na základě kterých bude zvolena vhodná metoda pro výběr kompromisní varianty. Podle zvolené metody budou provedeny výpočty a jejich následná interpretace.

3 Teoretická východiska

3.1 Modely vícekriteriálního rozhodování

Modely vícekriteriálního rozhodování zobrazují rozhodovací problémy, ve kterých se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Zohledňování více kritérií při hodnocení přináší při řešení obtíže, konflikty, které vyplývají z různorodosti jednotlivých kritérií.

Pokud by všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by k nalezení řešení pouze jediné z nich. Cílem těchto modelů je nalezení kompromisní varianty podle všech kritérií, rozdělení variant na efektivní a neefektivní, nebo uspořádání všech řešení od nejlepšího po nejhorší.

Přístupy k vícekriteriálnímu rozhodování lze rozlišit podle charakteru množiny variant a přípustných řešení. Podle způsobu zadání se rozlišují dvě skupiny těchto modelů:

- modely jsou zadány pomocí konečného seznamu variant a jejich ohodnocení dle jednotlivých kritérií,
- modely, které mají množinu variant s nekonečně mnoho prvky vyjádřenou pomocí omezujících podmínek a ohodnocení jednotlivých variant je dáno jednotlivými kriteriálními funkcemi

(Šubrt, 2015)

3.1.1 Rozhodování a rozhodovací proces

Rozhodování je proces nenáhodného výběru alternativy. Výběr je prováděn řídicím pracovníkem, který usiluje o splnění stanoveného cíle organizace. Obecně je obsahem rozhodování hodnocení alternativ řešení podle určitých kritérií, jejich vzájemné porovnávání, výběr nejvýhodnější varianty a přijetí rozhodnutí. (Novák, 2014)

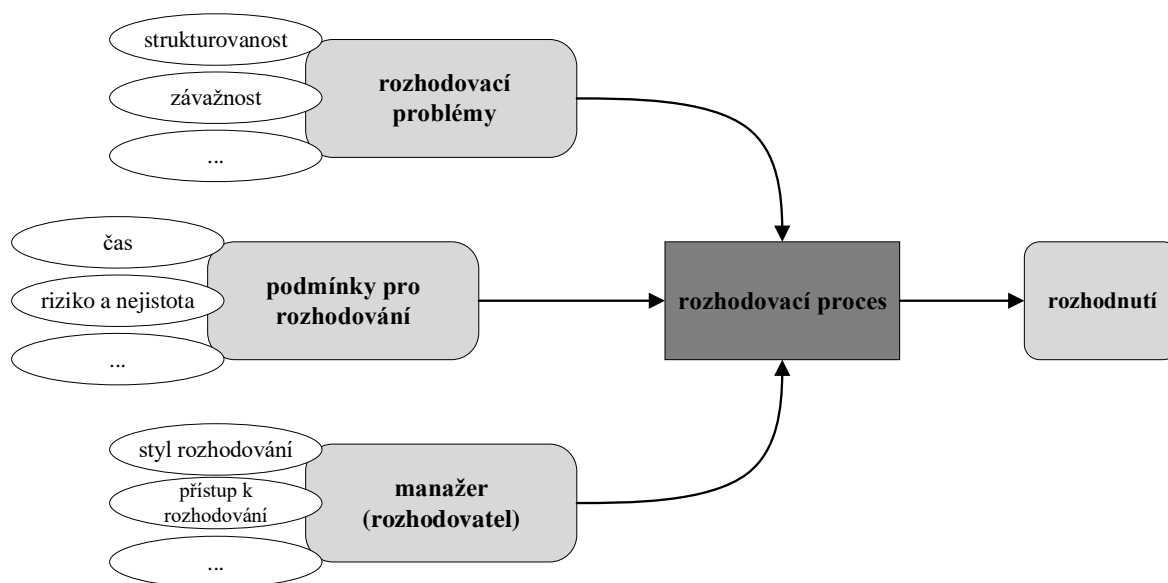
Rozhodovací proces lze chápat jako proces řešení rozhodovacích problémů, tj. problémů s více (alespoň dvěma) variantami řešení. (Fotr, Švecová, 2016)

Jak lze vidět na obrázku 1, rozhodování a rozhodovací proces jsou ovlivněny řadou faktorů, mezi něž patří například:

- charakter a závažnost rozhodovacích problémů
- podmínky pro rozhodování, především jejich čas, míra rizika a nejistoty
- manažer a jeho minulé zkušenosti, přístup k rozhodování a styl rozhodování

(Fotr, Švecová, 2016)

Obrázek 1 - Pohled na rozhodovací proces



Zdroj: Fotr, Švecová, 2016

3.1.2 Prvky rozhodovacího procesu

Mezi základní prvky rozhodovacích procesů patří:

- **cíl rozhodování** – cílem rozhodování rozumíme určitý stav firmy nebo jejího okolí, kterého se má řešením rozhodovacího problému dosáhnout.
- **kritéria hodnocení** – hlediska zvolená rozhodovatelem, která slouží k posouzení výhodnosti jednotlivých variant řešeného rozhodovacího problému. Podrobnější popis kritérií je předmětem další kapitoly.
- **subjekt a objekt rozhodování** – subjektem rozhodování označujeme osobu, která volí variantu určenou k realizaci. Na druhé straně objektem rozhodování rozumíme oblast organizační jednotky, v jejímž rámci se problém formuloval, stanovil se cíl jeho řešení a jehož se rozhodování týká.

- **varianty rozhodování a jejich důsledky** – představuje možný způsob jednání rozhodovatele, který má vést k řešení problému.
- **stavy světa** – chápeme jako budoucí vzájemně se vylučující situace, které mohou po realizaci varianty rozhodování nastat a které ovlivňují důsledky této varianty vzhledem k některým kritériím hodnocení.

(Fotr, Švecová, 2016)

3.1.3 Model vícekritériální analýzy variant

Teorie a model vícekritériální analýzy variant se zabývají problémy, jak vybrat jednu nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit ji k realizaci. Někdy je vhodné oddělit osobu zadavatele od osoby jejího řešitele. Výhodou bývá nezájatost analytika, který obvykle nebývá zainteresován na výsledku řešení. Nevýhodou může být fakt, že analytik nemusí být seznámen se všemi detaily úlohy, které se při zadávání nedaly modelově zachytit.

Výsledkem může být doporučení objektivně nejlepší varianty, ale prakticky by byla vhodnější varianta jiná. (Šubrt, 2015)

Varianty

Varianty jsou konkrétní rozhodovací možnosti. Musí být vhodně vybrány, aby byly dosažitelné, logické a musejí být vhodným řešením. Varianty jsou hodnoceny podle jednotlivých kritérií. (Šubrt, 2015)

Kritérium

Kritérium je hledisko hodnocení variant. Kritéria musí být nezávislá, měla by pokrývat všechna hlediska výběru a nesmí jich být příliš velký počet. Je-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, je možné údaje uspořádat do kritériální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ y_{m1} & y_{m2} & \cdots & y_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

Zdroj: Šubrt, 2015

V této matici sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Jestliže nejsou všechna kritéria kvantitativní, pak mluvíme o kritériální tabulce, která obsahuje jak číselná, tak slovní hodnocení variant. (Šubrt, 2015)

Kritéria hodnocení se obvykle stanovují na základě cílů řešení, a proto mezi nimi existuje těsný vztah. Cíle se obvykle vyjadřují jako:

- **maximalizace** – při rozhodování platí, že nejlepší varianty podle tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty (např. maximalizace zisku, tržby, mzdy),
- **minimalizace** – je opakem maximalizace. Nejlepší varianty podle tohoto kritéria nabývají nejnižších hodnot (např. minimalizace nákladů, cena pohonných hmot).

Při posuzování výhodnosti jednotlivých variant, pomocí uplatnění kritérií hodnocení, je nutné chápat určité odlišnosti kritérií. Lze rozlišovat kritéria, jejichž důsledky variant jsou vzhledem k těmto kritériím vyjádřeny:

- **číselně** (kvantitativní kritéria) – výhodou kvalitativních kritérií je zpravidla jejich jednoznačný význam pro rozhodovatele, snadná měřitelnost a jasná náplň. V ekonomickém rozhodování se obvykle jedná o kritéria ukazatelového typu, která mají přesně definované vztahy pro výpočet ukazatelů. Někdy kvantitativní kritéria též označována jako kritéria objektivní.
- **slovně** (kvalitativní kritéria) – hodnoty jednotlivých variant nelze objektivně změřit. Mají obvykle širokou náplň a agregovanější charakter. Příkladem může být barva výrobku nebo dopad na jméno firmy.
(Fotr, Švecová, 2016)

Preference

Pro řešení některých problémů je důležité, zda je nějaké řešení preferované před jiným. Preference kritéria může být vyjádřena:

- **aspirační úrovní kritérií** – stanovení aspirační úrovně nevyjadřuje preferenci přímo, ale dá se říci, že čím důležitější kritérium, tím přísněji stanovená aspirační úroveň. Obráceně, čím méně důležité kritérium, tím je aspirační úroveň stanovena méně přísně.

- **pořadí kritérií** – vyjadřuje posloupnost kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Neurčuje však, kolikrát je dané kritérium důležitější než druhé.
 - **váhy kritérií** – hodnoty v intervalu $\langle 0;1 \rangle$, které vyjadřují relativní důležitost jednotlivých kritérií v porovnání s ostatními kritérii. Součet vah je roven jedné.
 - způsob kompenzace kriteriálních hodnot – je **vyjádřen mírou substituce mezi kriteriálními hodnotami**, pokud je možno vyrovnávat špatné ohodnocení jedné varianty podle některých kritérií lepšími hodnotami podle ostatních kritérií.
 - preference nemusí být známy vůbec.
- (Šubrt, 2015)

Dominance

- **dominující varianta** – je taková varianta, která je hodnocena podle všech kritérií lépe než varianta dominovaná,
 - **nedominovaná varianta** – nazývá se také efektivní nebo paretoovská. Každá z paretoovských variant může dosáhnout lepšího ohodnocení podle nějakého kritéria jen za cenu zhoršení jiného kritéria,
 - **ideální varianta** – se nazývá taková varianta, která dosahuje ve všech kritériích nejlepší možné hodnoty. Taková varianta obvykle neexistuje, je pouze hypotetická,
 - **bazální varianta** – je opakem ideální varianty. Znamená to, že tato varianta dosahuje ve všech kritériích nejhorší možné hodnoty. Ani tato varianta se ve skutečnosti neobjevuje, je rovněž hypotetická,
 - **kompromisní varianta** – je nedominovaná varianta doporučena jako řešení zadaného problému. Konkrétní volba kompromisní varianty je závislá na použitém postupu řešení.
- (Šubrt, 2015)

3.1.4 Metody vícekritériálního hodnocení

Výhodou metod vícekritériálního hodnocení variant je:

- umožňují posuzování variant vzhledem k většímu počtu kritérií
- nutí rozhodovatele, aby vyjádřil své vnímání důležitosti jednotlivých kritérií
- proces hodnocení činí transparentní a opakovatelný. (Fotr, 2016)

Metody stanovení vah kritérií

Váhy kritérií (též koeficienty významnosti) jsou číselným vyjádřením jejich významnosti. V této podkapitole jsou uvedeny vybrané metody stanovení vah.

Bodovací metoda

Postup stanovení vah pomocí této metody spočívá v přiřazení určitého počtu bodů ze zvolené stupnice každému kritériu, a to na základě důležitosti každého kritéria. Stupnici je vhodné zvolit na základě difference významnosti nejvíce a nejméně významného kritéria. Při bodování je vhodné udělit nejvýznamnějšímu kritériu nejvyšší možný počet bodů a nejméně významnému kritériu přiřadit nejnižší možnou hodnotu. (Fotr, 2016)

Výpočet vah se z bodového hodnocení provádí stejným způsobem jako u metody pořadí. Hodnoty váhového vektoru se normalizují podle vztahu: (Šubrt, 2015)

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{i=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Metoda pořadí

Tato metoda se obvykle používá v případech, kdy důležitost hodnotí více expertů. Každý seřadí kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazeno číslo n (n je počet kritérií), druhému nejdůležitějšímu $n-1$, a tak dále. Poslední, nejméně důležité kritérium dostane ohodnocení 1. Pokud jsou dvě kritéria stejně důležitá, přiřazuje se jim průměrné pořadové číslo). Váha každého kritéria se vypočítá jako celkový součet pořadových čísel, které experti přidělili všem kritériím, vydělený součtem pořadových čísel. Tím je zaručeno, že suma vah všech kritérií je rovna jedné. (Šubrt, 2015)

Metoda Fullerova trojúhelníků

Tato metoda se řadí mezi metody párového porovnání. V nejjednodušší metodě Fullerova trojúhelníku se pro každé kritérium zjišťuje počet jeho preferencí vzhledem ke všem ostatním kritériím souboru. U každé dvojice rozhodovatel rozhoduje, zda preferuje kritérium uvedené v řádku před kritériem uvedeným ve sloupci. Pro každé kritérium lze následně stanovit počet jeho preferencí. Na základě počtu preferencí jednotlivých kritérií se normované váhy vypočítají podle vzorce:

$$v_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^n f_i} \quad (3)$$

f_i ...počet preferencí i-tého kritéria

n ...počet kritérií.

Nevýhodou stanovení vah kritérií u této metody je, že pokud počet preferencí jakéhokoliv kritéria je nulový, pak bude nulová i jeho váha, i když se nejedná o zcela nedůležité kritérium. Z toho důvodu se někdy při stanovení vah používá jiný vztah, který spočívá ve zvýšení počtu preferencí u každého kritéria o jednu. Viz. vzorec:

$$v_i = \frac{f_i + 1}{n + \sum_{i=1}^n f_i} \quad (4)$$

f_i ...počet preferencí i-tého kritéria

n ...počet kritérií.

(Fotr, Švecová, 2016)

Saatyho metoda stanovení vah kritérií

Saatyho metoda je metoda kvantitativního párového porovnání kritérií. (Fiala, 2013) Metodu lze rozdělit do dvou kroků. Prvním krokem je zjištění preferenčních vztahů pro dvojice kritérií. Kritéria jsou, stejně jako u metody párového porovnání, uspořádána v tabulce, kde jsou v řádcích a sloupcích zapsána kritéria ve stejném pořadí. Hodnotitel

porovnává každou dvojici kritérií a velikost preferencí i-tého vůči j-tému kritériu zaznamená do Saatyho matice $S = (s_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 1/s_{1n} & 1/s_{2n} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Prvky s_{ij} jsou odhadem podílů (hledaných neznámých vah kritérií v_i a v_j , takže platí $s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}$. Saaty doporučuje pro vyjádření velikostí preferencí využít devítibodovou stupnici. Jak lze vidět v Saatyho matici S , prvky na diagonále jsou vždy rovny jedné (každé kritérium je samo sobě rovné). V tabulce 1 jsou uvedeny deskriptory pro jednotlivá bodová ohodnocení. Určení velikosti preference je výhodou oproti metodě Fullerova trojúhelníku. (Fotr, Švecová, 2016)

Tabulka 1 - Tabulka doporučených deskriptorů

Počet bodů	Deskriptor
1	kritéria jsou rovnocenná
3	první kritérium slabě preferováno před druhým
5	první kritérium silně preferováno před druhým
7	první kritérium velmi silně preferováno před druhým
9	první kritérium absolutně preferováno před druhým

Zdroj: Mikušová, Čopíková 2015

Prvky Saatyho matice nebývají vždy dokonale konzistentní, neplatí vztah $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$ pro všechna $h, i, j = 1, 2, \dots, n$. Míru konzistence můžeme měřit například pomocí indexu konzistence, který Saaty definoval jako

$$CI = \frac{l_{\max} - n}{n - 1} \quad (6)$$

l_{\max} ... největší vlastní číslo Saatyho matice
 n ... počet kritérií

Čím je hodnota CI nižší, tím můžeme považovat párové porovnání za konzistentnější, a tím i důvěryhodnější. Pro plně konzistentní matici musí platit vztah $CI = 0$. Tuto matici je v reálných podmínkách téměř nemožné získat. Případy, kdy je matice nekonzistentní se objevují obzvláště u rozsáhlých úloh.

Z důvodu, že není možné zobecnit, při jakých hodnotách CI je matice dostatečně konzistentní, doporučuje Saaty použití tzv. poměru konzistence (z angl. Consistency Ratio). Pro výpočet je nutné znát hodnotu náhodného indexu RI (z angl. Random Index). Hodnoty náhodného indexu se v literatuře liší. Pro výpočet v praktické části této práce budou využity tyto hodnoty (Saaty, 2012).

Tabulka 2 - Hodnoty náhodného indexu RI

n	1	2	3	4	5	6	7
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32

Zdroj: Teknomo, 2006

Hodnota poměru konzistence se vypočítá jako poměr indexu konzistence a náhodného indexu.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7)$$

CI ... index konzistence

RI ... hodnota náhodného indexu

Pokud je hodnota poměru konzistence $CR \leq 10\%$, lze označit matici za přijatelně konzistentní. Nekonzistenci může způsobit chyba při odhadování poměrů vah, pokud expert neprováděl kontrolu svých odhadů. V tom případě je nutné Saatyho matici překvantifikovat tak, aby splňovala požadavek konzistence. (Teknomo, 2006)

Saaty navrhnul několik jednoduchých způsobů, které umožňují odhadnou váhy v_j . Nejčastěji používaným postupem je výpočet vah jako normalizovaného geometrického průměru řádků Saatyho matice (tzv. metoda logaritmičkových nejmenších čtverců).

Výpočet hodnoty b_i , jako geometrický průměr řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (8)$$

n ... počet kritérií

s_{ij} ... velikost preference i -tého kritéria vzhledem k j -tému kritériu.

Následně váhy se pak vypočtou normalizací hodnot b_i

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (9)$$

Saatyho metoda je dále základem rozhodovací metody analytického hierarchického procesu (AHP), kde se používá pro určení preferencí jak mezi kritérii, tak mezi jednotlivými variantami. Metoda AHP bude charakterizována v následující podkapitole. (Šubrt, 2015)

3.1.5 Vybrané metody výběru kompromisních variant

Bodovací metoda a metoda pořadí

Tyto metody je možné použít v případě, kdy je model zadán pouze pomocí preferencí variant a nejsou známy preference kritérií.

V metodě pořadí ohodnotí uživatel varianty čísly od 1 do n (kde n je počet variant). Pokud mají dvě varianty stejné ohodnocení, použijí se průměrná pořadová čísla.

V bodovací metodě je nutné pro ohodnocení informací zvolit vhodnou stupnici, např. od 1 do 10 tak, aby nejlepší ohodnocení nabývalo hodnoty 10.

Celkové ohodnocení variant se vypočítá jako součet dílčích hodnot. Postup je možné rozšířit o váhy kritérií, výsledná ohodnocení se pak počítají jako vážené součty. (Šubrt, 2015)

Metoda AHP – Analytický hierarchický proces

Metoda AHP byla navržena profesorem T. L. Saatyem v 70. letech 19. století. (Rohland, 2017) Byla navržena tak, aby pomáhala zjednodušit a zrychlit proces rozhodování. Základem metody je rozklad složité nestrukturované situace na jednodušší části. Tím vytváří tzv. hierarchický systém problému. (Šubrt, 2015)

Zvláštnost metody AHP spočívá ve způsobu stanovení vah kritérií a dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím. Určování vah probíhá pomocí Saatyho metody, jež je vysvětlena v kapitole výše. Stanovení dílčích ohodnocení variant vzhledem k jednotlivým kritériím je v AHP stejné jako u Saatyho metody stanovení vah kritérií. Jediným rozdílem je, že srovnávanými objekty nejsou kritéria, ale varianty rozhodování. (Fotr, 2016)

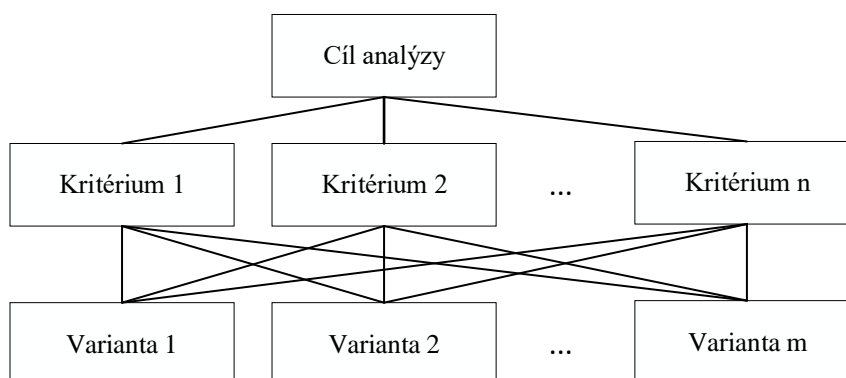
Metodu AHP lze využít pro hodnocení variant vzhledem k souboru kritérií smíšené povahy, tj. kvantitativní i kvalitativní kritéria. Jediným omezením je, aby byl uživatel schopný určit směr a intenzitu preference mezi všemi porovnávanými páry porovnávaných komponent. (Šubrt, 2015)

Konstrukce hierarchické struktury problému

Uspořádání jednotlivých úrovní odpovídá uspořádání od obecného ke konkrétnímu. Nejvyšší úroveň obsahuje vždy pouze jeden prvek, který definuje cíl vyhodnocování analýzy. Tomuto prvku lze přiřadit hodnotu jedna, která je následně dělena mezi prvky na druhé úrovni rozhodovacího procesu. Analogicky se dělí hodnota každého prvku i na nižších úrovních hierarchie, dokud není dosaženo ohodnocení prvků nejnižšího stupně – variant. Úloha je obvykle rozdělena do tří úrovní:

- úroveň 1 – cíl vyhodnocování,
- úroveň 2 – kritéria vyhodnocování,
- úroveň 3 – posuzované varianty

Obrázek 2 - Hierarchická struktura



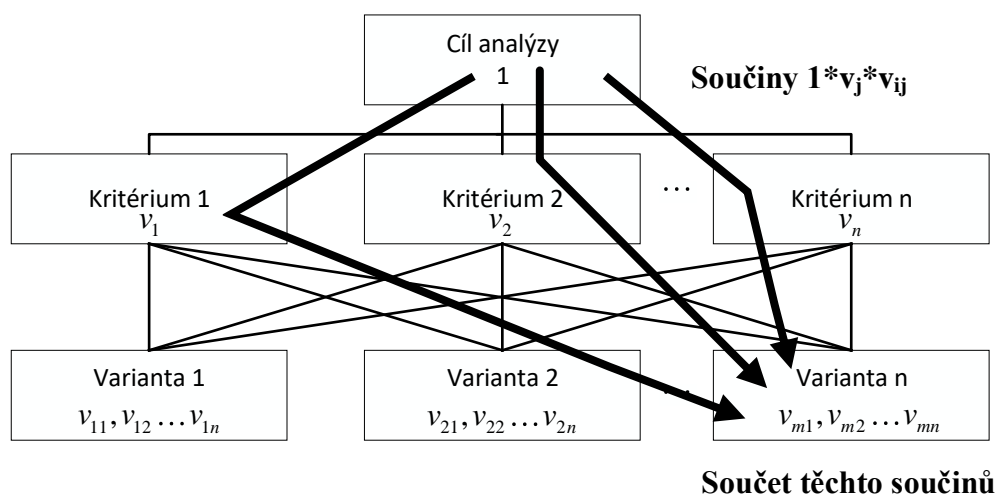
Zdroj: Fotr, Švecová, 2016

V případě potřeby je možné strukturu rozšířit o další úroveň subkritérií. To lze obvykle využít v případě, kdy se na hodnocení podílí více hodnotitelů (expertů). Hodnocení na této úrovni může označovat důležitost názoru expertů, případně míru fundovanosti.

Dalším krokem AHP je párové porovnání prvků v jednotlivých úrovních. V této fázi je nutné stanovit lokální váhy jednotlivých kritérií, subkritérií a dalších prvků v jednotlivých úrovních pomocí Saatyho metody párového porovnávání. Pokud se jedná o tříúrovňovou hierarchii, získáme n matic rozměru $m \times m$, ve kterých provedeme párové porovnání varianty podle jednotlivých kritérií.

Lokální preference prvků vyjadřují preference vzhledem k prvku na vyšší úrovni. Ukazují, jak si varianty rozdělují váhu daného kritéria. (Šubrt, 2015)

Obrázek 3 - Syntéza preferenčních hodnot



Zdroj: Šubrt a kol., 2015

Výpočet syntetické váhy varianty w_i z hlediska všech kritérií lze vypočítat podle podle vztahu:

$$w_i = \sum_{j=1}^n v_j v_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (10)$$

v_j ... váha kritérií,

v_{ij} ... váha varianty hodnocené podle kritéria,

n ... počet kritérií,

m ... počet variant.

Pomocí interaktivního postupu lze upřesňovat odhady a zvýšit jejich konzistenci. Uživatelé jsou předloženy společně prvky s_{ij} a vypočtené podíly v_i, v_j k porovnání a úpravě prvků s_{ij} , na jejichž základě se vypočtou nové odhady vah. (Fiala, 2013).

3.2 Videokonference

Ačkoliv byla videokonference poprvé představena již na Světové výstavě v New Yorku roku 1964, zájem o využití videokonferencí jako užitečné učební pomůcky lze sledovat až od poloviny 90.let, kdy byl na trh uveden Skype a Adobe Connect. (Aslam, 2017)

Z dnešního pohledu lze videokonferenci vnímat jako multimediální komunikaci mezi dvěma či více účastníky. Nejjednodušší formou videokonference je videohovor např. přes Skype nebo Whatsapp. Ve firemním prostředí se může jednat o videokonferenci z profesionálně vybavené zasedací místnosti s protistranou využívající kompatibilní technologii. (AV Media, 2019)

V současné době lze uspořádat videokonferenci pomocí volně dostupných nástrojů (např. Skype, Jami) bez nutnosti budovat drahou infrastrukturu. Pro základní videohovor nebo videokonferenci postačí webkamera, mikrofon a reproduktory, případně je možné využít sluchátka s mikrofonem. V případě, že je nutné, aby se videokonference účastnilo více osob na jedné či druhé straně, je vhodné využít specializované zařízení, které zajistí kvalitnější zvuk, obraz a umožní sdílení multimediálního obsahu. Tato zařízení slouží pro co nejlépejší přenos obrazu a zvuku a jejich cílem je tak kvalitní přenos, jako když uživatel sedí přímo ve stejné místnosti.

Základní rozdělení videokonferenčních zařízení lze provést dle velikosti systému na:

- **personální systémy** – 1 až 2 účastníci na jedné straně. V tomto případě se většinou využívají videotelefony. Případně se dá využít vestavěné zařízení například v notebooku. Systémy jsou vybaveny jednoduchou kamerou se zobrazením na monitoru PC,
- **kompaktní systémy** – do 5 účastníků na jedné straně. Systém má obvykle integrovanou jednotku s kamerou a mikrofonem. Obraz je promítán na běžnou TV. Systém bývá škálovatelný (s možností připojení dalších mikrofonů nebo kamery). Na tento typ bude zaměřena pozornost v praktické části práce,

- **skupinové systémy** – od 10 účastníků výše na jedné straně. Systém je tvořen základní jednotkou, která zpracovává obraz, zvuk i data. Tento systém je již komplikovanější a využívá jednotku pro řízení dat. Do systému je možné zapojit větší množství kamer, mikrofonů či televizí.

(Telconnect.cz, 2019)

3.2.1 Videokonferenční zařízení

Videokonferenční zařízení je hardware, který slouží ke vzdálené komunikaci pomocí specializovaného softwaru. Zařízení obvykle obsahuje videokameru, reproduktory a větší množství mikrofonů s redukcí šumu z okolí pro co nejkvalitnější přenos zvuku mezi účastníky.

Tato zařízení mohou mít různou podobu. Může se jednat o kompaktní all-in-one zařízení, které obsahuje všechny výše vyjmenované součásti. Příkladem takového zařízení může být Logitech ConferenceCam Connect na obrázku 4. Případně se může jednat o samostatné komponenty videokonferenčního zařízení, které jsou určeny pro pevnou montáž například do zasedací místnosti.

Obrázek 4 - Logitech ConferenceCam Connect



Zdroj: Logitech.com

Základními parametry, kterými se lze řídit při nákupu jsou cena, velikost zorného pole, počet mikrofonů, dosah mikrofonů a rozlišení videokamery. Dále je vhodné zařízení vybrat dle očekávaného způsobu využití, jak již bylo zmíněno výše.

Tato práce se věnuje především přenosným videokonferenčním zařízením, která se využívají při komunikaci v menších skupinách (do cca 8 osob) a jsou vhodná pro využití s programy Skype for Business nebo Microsoft Teams. Tato zařízení jsou velice jednoduchá na obsluhu a není nutná asistence technických pracovníků společnosti.

3.2.2 Současná situace na trhu

V současné době je kategorie přenosných videokonferenčních zařízení reprezentována především společnostmi Logitech a Aver. Švýcarská firma Logitech se zaměřuje na výrobu a počítačového příslušenství (Logitech, 2019). Na druhé straně společnost Aver se specializuje převážně na výrobu audiovizuální techniky pro vzdělávací účely a vybavení konferenčních místností pro firmy (Aver, 2019). V této práci je dvojice předních výrobců doplněna společností Owl Labs, která se specializuje pouze na výrobu inovativní 360° videokameru, která umožňuje automatické zaostřování na právě mluvící osobu (Owl Labs, 2019)

4 Vlastní práce

4.1 Představení společnosti SUDOP Praha a.s.

SUDOP Praha a.s. je projektová, konzultační a inženýrská společnost, specializující se na komplexní řešení problematiky dopravní infrastruktury, zejména železničních staveb, silničních a dálničních staveb, systémů městské hromadné dopravy. Navrhuje nejen celkové technické řešení staveb včetně mostních, tunelových a inženýrských objektů, sdělovacích a zabezpečovacích systémů, elektrizace a napájení, ale řeší i otázky řízení a organizace dopravy, dopravní a vozební technologie, opravárenské základny, logistiky, tarifní politiky, ekonomie dopravy a financování, vlivu staveb na životní prostředí.

(SUDOP Praha a.s., 2019)

4.2 Popis současného stavu

Společnost SUDOP Praha a.s. sídlí v Praze, Olšanské ulici. Další pobočky společnosti se nacházejí v Plzni, Hradci Králové a Ústí nad Labem. Zaměstnanci často potřebují komunikovat s kolegy z ostatních poboček, případně se zaměstnanci firem spolupracujících na společných zakázkách. Postupem času vznikl požadavek na minimalizaci neproduktivního času zaměstnanců a byly vybudovány zasedací místnosti vybavené audiovizuální technikou, včetně videokonferenčních zařízení od společnosti Polycom. Tyto místnosti jsou využívány i pro běžné porady, takže ne vždy je možné jejich operativní využití. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto, že společnost pořídí přenosná zařízení pro pořádání videokonferencí, která si bude možné zapůjčit v oddělení technologického rozvoje. Tato zařízení by měla být kompatibilní s platformou Microsoft Skype for Business a Microsoft Teams. Základním požadavkem na tato zařízení je jejich uživatelská přívětivost, proto byly do této analýzy vybrány pouze zařízení připojitelné přes USB port. V současnosti je využíváno jedno přenosné zařízení Logitech ConferenceCam Connect, se kterým jsou velmi dobré zkušenosti. Tato analýza by měla ukázat, zda se na trhu nenachází jiné zařízení, které by bylo vhodné podle zadaných kritérií.

Zařízení vybrané na základě metody AHP bude doporučeno vedení společnosti k zakoupení, hodnotící kritéria byla konzultována v rámci oddělení technologického rozvoje, které zajišťuje nákup a podporu těchto zařízení.

4.3 Hodnocená zařízení

V rámci průzkumu trhu, který předcházel zpracování pomocí metod vícekritériální analýzy byla vybrána zařízení uvedená v tabulce 3. Výběr vznikl ve spolupráci s vedoucím oddělení technologického rozvoje společnosti SUDOP Praha, na základě zkušeností s již používanými videokonferenčními zařízeními.

Specifikace vybraných variant je znázorněna v tabulce 3. Specifikace byla zjišťována z oficiálních produktových listů jednotlivých zařízení. Doporučené ceny byly přepočítávány na základě aktuálního kurzu ČNB.

Tabulka 3 - Parametry vybraných zařízení

	Meeting Owl	Logitech Conference Cam Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+
Zorné pole	360°	90°	120°	78°	110°	82°
Způsob zaostřování	Automatické na mluvěho	Dálkové ovládání	3 předvolby + dálkové ovládání	Dálkové ovládání	předvolba + dálkové ovládání	Dálkové ovládání
Počet mikrofonů	8	2	3	2	2	3
Dosah mikrofonu	3,7 m	1,8 m	2,4 m	1,8 m	4,6 m	9 m
Rozlišení kamery	720 p	1080 p	4 K	1080 p	1080 p	1080 p
Umístění	Střed stolu	Pod TV	Pod TV	Pod TV	Pod TV	Pod TV + mikrofon střed stolu
Cena	20 560 Kč	12 500 Kč	23 130 Kč	6 425 Kč	12 500 Kč	25 700 Kč

Zdroj: vlastní zpracování

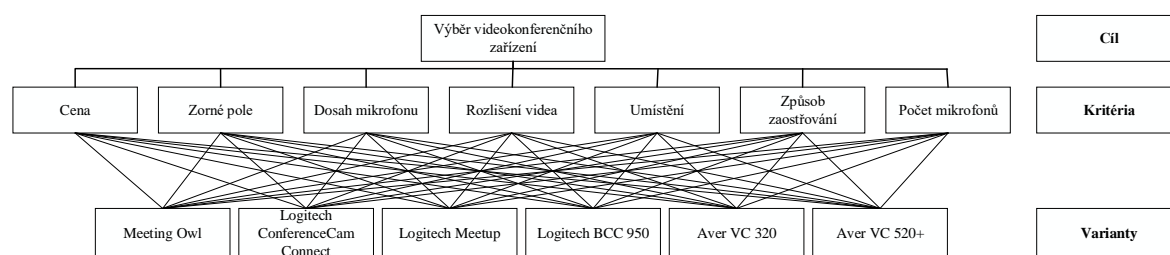
4.4 Volba metody výběru kompromisních variant

Při výběru kompromisní varianty byly zvažovány dvě metody, bodovací metoda a metoda AHP (Analytický hierarchický proces). Vzhledem k povaze daného problému byla zvolena druhá jmenovaná metoda. Při vyhodnocování pomocí Saatyho metody dochází ke ztrátě kardinální informace. Tento nedostatek lze opomenout, v tomto případě je skutečně nutné určovat pouze míru preference hodnotitele pro dané kritérium nebo variantu. Jak již bylo zmíněno v literární rešerši, metodu AHP lze využít pro jakýkoliv typ informace o preferenčních vztazích mezi komponentami modelu. Podmínkou pro její použití je schopnost uživatele určit směr a intenzitu preference mezi všemi porovnávanými dvojicemi.

4.5 Konstrukce hierarchické struktury pro výběr zařízení

Na nejvyšší úrovni hierarchické struktury se nachází cíl této analýzy. Tím je výběr kompromisní varianty na základě vybraných kritérií z variant, které byly vybrány v rámci průzkumu trhu, který předcházela sestavení této hierarchické struktury. Hierarchická struktura této analýzy je zobrazena na obrázku 5.

Obrázek 5 - Hierarchická struktura



Zdroj: vlastní zpracování

4.6 Popis zvolených kritérií

Cena

Součástí každého výběrového řízení je i cena. V této práci je pro jednotlivé varianty využita doporučená cena výrobci jednotlivých zařízení v Kč. Ceny vybraných zařízení se pohybují od 6.425 Kč do 23 130 Kč. Kritérium je kvantitativní a minimalizační.

Zorné pole

Kritérium zorné pole udává, v jakém úhlu dokáže kamera vybraného zařízení snímat účastníky videokonference. Je žádoucí, aby bylo zorné pole co nejširší a účastníci se mohli chovat a gestikulovat co nejpřirozeněji. Hodnoty jsou udávány ve stupních a jejich rozpětí je mezi zvolenými variantami od 78° do 360°. Nejvyšší hodnota kritéria je silně preferována před nejnižší hodnotou. Kritérium je kvantitativní a maximalizační.

Dosah mikrofonu

Dosah mikrofonu zásadní měrou ovlivňuje kvalitu hovoru. Čím je dosah mikrofonu větší, tím je přenesený zvuk přirozenější a účastníci nejsou nuceni mluvit přímo do mikrofonu. Dosahy mikrofonů se pohybují v rozmezí 1,8 až 9 metrů. Vzhledem k velkému rozmezí je nejvyšší hodnota 9 metrů absolutně preferována před hodnotou 1,8 metru. Jedná se o kritérium kvantitativní a maximalizační.

Rozlišení kamery

Rozlišení kamery ovlivňuje kvalitu videozáznamu ve videokonferenci. Pokud je kamera schopná snímat v dostatečně vysokém rozlišení je možné ji využít i ke snímání například poznámek na tabuli. V současné době se vyrábí videokamery, které umožňují snímání ve 4K rozlišení. Běžnou hodnotou je rozlišení 1080p. V tabulce lze vidět převod běžně používaného symbolického označení a pixely. Kritérium je kvantitativní a maximalizační.

Tabulka 4 - Hodnoty kritéria "rozlišení kamery"

4K	2308 x 4096
2K	1152 x 2048
1080p	1080 x 1920
720p	720 x 1280

Zdroj: vlastní zpracování

Umístění

Kritérium umístění hodnotí doporučený způsob umístění videokonferenčního řešení. Obvyklým umístěním je střed stolu, položení poblíž TV nebo v případě vícedílných zařízení kombinace těchto způsobů. Převod kvalitativního kritéria na kvantitativní je proveden pomocí obodování slovních ohodnocení. Přidělené body lze vidět v tabulce.

Tabulka 5 - Převod kvalitativního kritéria "umístění" na kvantitativní

Střed stolu	5
Pod TV + Střed stolu	3
Pod TV	1

Zdroj: vlastní zpracování

Způsob zaostřování

Kvalitativní kritérium hodnotící způsob zaostřování kamery. Ve výběru jsou zařízení, která nabízejí automatické zaostřování na hovořící osobu. Tento způsob je pohodlný pro protistranu, protože je vždy zajištěno, že vidí i všechna gesta přednášející osoby. Nejrozšířenějším způsobem je manuální zaostřování pomocí dálkového ovladače. V rámci této analýzy je preferováno automatické zaostřování na mluvčího. Transformace z kvalitativního na kvantitativní kritéria je provedena pomocí tabulky a bodového ohodnocení jednotlivých variant.

Tabulka 6 - Převod kvalitativního kritéria "způsob zaostřování" na kvantitativní

Automatické	5
3 předvolby + dálkové ovládání	3
1 předvolba + dálkové ovládání	2
Dálkové ovládání	1

Zdroj: vlastní zpracování

Počet mikrofonů

Kvantitativní kritérium hodnotící udávaný počet mikrofonů. Toto kritérium bylo zařazeno, protože lze očekávat vyšší kvalitu zvuku s jejich vzrůstajícím počtem. Kritérium je maximalizační. Zařízení v této analýze disponují od 2 do 8 mikrofonů, kde nejvyšší hodnota je silně preferována před nejnižší.

4.7 Řešení pomocí metody AHP

4.7.1 Stanovení vah kritérií

Váhy jednotlivých kritérií byly stanoveny pomocí Saatyho metody. Postupně byly porovnávány jednotlivé dvojice kritérií a rozhodováno, které kritérium je z pohledu dosažení cíle analýzy důležitější. Váhy v_i byly vypočítány pomocí vzorce pro normalizaci hodnoty geometrického průměru (vzorec 9).

Tabulka 7 - Saatyho matice pro stanovení vah kritérií

	Cena	Zorné pole	Dosah mikrofону	Rozlišení kamery	Umístění	Způsob zaostřování	Počet mikrofонů	G. Průměr	v_i
Cena	1	2	3	3	5	5	7	3,160521	0,3412
Zorné pole	1/2	1	1	2	4	4	5	1,870122	0,20189
Dosah mikrofону	1/3	1	1	2	4	4	5	1,764876	0,19053
Rozlišení kamery	1/3	1/2	1/2	1	3	3	3	1,122824	0,12122
Umístění	1/5	1/4	1/4	1/3	1	1	2	0,504631	0,05448
Způsob zaostřování	1/5	1/4	1/4	1/3	1	1	2	0,504631	0,05448
Počet mikrofонů	1/7	1/5	1/5	1/3	1/2	1/2	1	0,335272	0,0362

Zdroj: vlastní zpracování

Po vyplnění preferencí v Saatyho matici, byla ověřena konzistence matice pomocí výpočtu poměru konzistence CR podle vzorce 7 z teoretické části.

$$l_{\max} = 7,14448 \quad CI = \frac{7,14448 - 7}{6} \quad CR = \frac{0,02408}{1,32} = 0,01824$$

Na základě výpočtu poměru konzistence lze říci, že je matice dostatečně konzistentní, protože hodnota $CR < 0,1$.

Z vypočtených vah v tabulce 7 je patrné, že jako nejdůležitější kritérium byla stanovena cena. Nejméně důležité kritérium je počet mikrofонů.

4.7.2 Určení vzájemných preferenčních vztahů variant

Tabulka 8 - Saatyho matice – cena

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	1/2	2	1/4	1/2	2	0,793700526	0,105241
Logitech CC Connect	2	1	3	1/3	1	3	1,348006155	0,17874
Logitech Meetup	1/2	1/3	1	1/5	1/3	1	0,472381537	0,062636
Logitech BCC 950	4	3	5	1	3	5	3,107232506	0,412006
Aver VC 320	2	1	3	1/3	1	3	1,348006155	0,17874
Aver VC 520+	1/2	1/3	1	1/5	1/3	1	0,472381537	0,062636

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,06951 \quad CI = \frac{6,06951 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,013902}{1,24} = 0,01121129$$

Při hodnocení ceny bylo nejvíce preferováno zařízení Logitech BCC 950, jehož pořizovací cena je 6425 Kč. Tato varianta, na základě hodnocení, má váhu 0,4120006.

Tabulka 9 - Saatyho matice – zorné pole

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	6	3	7	4	7	3,901708	0,450387
Logitech CC Connect	1/6	1	1/4	2	1/3	2	0,6177147	0,071305
Logitech Meetup	1/3	4	1	5	2	5	2,0136537	0,232443
Logitech BCC 950	1/7	1/2	1/5	1	1/4	1	0,3909672	0,045131
Aver VC 320	1/4	3	1/2	4	1	4	1,3480062	0,155605
Aver VC 520+	1/7	1/2	1/5	1	1/4	1	0,3909672	0,045131

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,1579 \quad CI = \frac{6,1579 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,03158}{1,24} = 0,025468$$

Z tabulky 9 je patrné ohodnocení jednotlivých variant z pohledu kritéria zorného pole. Mezi hodnocenými produkty získal nejvyšší ohodnocení produkt Meeting Owl. Toto videokonferenční zařízení jako jediné v této kategorii disponuje 360° kamerou. Výhodou této kamery je minimální nutnost seřizování kamery během videokonference a tím i plné soustředění všech přítomných na obsah videokonference, nikoliv na technické záležitosti. 360° kamera je velmi silně preferována před nejhorší variantou, Logitech BCC 950. Toto zařízení je vybaveno kamerou se záběrem pouze 78°.

Tabulka 10 - Saatyho matice – dosah mikrofonů

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	3	2	3	1/2	1/5	1,1029236	0,128329
Logitech CC Connect	1/3	1	1/2	1	1/4	1/7	0,4257112	0,049533
Logitech Meetup	1/2	2	1	2	1/3	1/6	0,6933613	0,080675
Logitech BCC 950	1/3	1	1/2	1	1/4	1/7	0,4257112	0,049533
Aver VC 320	2	4	3	4	1	1/4	1,6983813	0,197612
Aver VC 520+	5	7	6	7	4	1	4,2484406	0,494319

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,1403 \quad CI = \frac{6,1403 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,02806}{1,24} = 0,02269$$

Kritérium dosah mikrofonů zásadně ovlivňuje maximální počet lidí, pro které je videokonferenci možné uspořádat. Z tabulky 10 lze vidět, že pro hodnotitele je nejlepší variantou Aver VC 520+, který má dosah mikrofonů 9 metrů. Naopak nejhoršího ohodnocení dosáhly dvě zařízení od společnosti Logitech, konkrétně ConferenceCam Connect a BCC 950. Obě zařízení mají dosah mikrofonů pouze 1,8m. Nejlepší kritérium je tedy silně preferováno před kritérii nejhoršími.

Tabulka 11 - Saatyho matice – rozlišení kamery

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	0,3676412	0,05187
Logitech CC Connect	3	1	1/3	1	1	1	1	0,14109
Logitech Meetup	5	3	1	3	3	3	2,7200434	0,38377
Logitech BCC 950	3	1	1/3	1	1	1	1	0,14109
Aver VC 320	3	1	1/3	1	1	1	1	0,14109
Aver VC 520+	3	1	1/3	1	1	1	1	0,14109

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,039 \quad CI = \frac{6,039 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,0078}{1,24} = 0,00629$$

Na základě hodnocení z tabulky 11 je patrné, že varianty nabývají pouze tři různých hodnot. Nejlépe hodnocenou variantou je Logitech Meetup. Toto videokonferenční zařízení umí jako jediné snímat obraz ve 4K rozlišení (odpovídající hodnota v pixelech se nachází v kapitole 4.6). Na druhé straně je nejhůře hodnoceno zařízení Meeting Owl, které snímá

obraz pouze v rozlišení 720p. Všechna ostatní videokonferenční zařízení snímají obraz v rozlišení 1080p. Nejlepší varianta Logitech Meetup je silně preferována před variantou Meeting Owl.

Tabulka 12 - Saatyho matice – umístění

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	5	5	5	5	3	3,511561	0,450737
Logitech CC Connect	1/5	1	1	1	1	1/3	0,6367732	0,081735
Logitech Meetup	1/5	1	1	1	1	1/3	0,6367732	0,081735
Logitech BCC 950	1/5	1	1	1	1	1/3	0,6367732	0,081735
Aver VC 320	1/5	1	1	1	1	1/3	0,6367732	0,081735
Aver VC 520+	1/3	3	3	3	3	1	1,7320508	0,222323

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,039 \quad CI = \frac{6,039 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,0078}{1,24} = 0,00629$$

Každý produkt má výrobcem určené místo pro optimální kvalitu přenosu zvuku a obrazu. Toto umístění je závislé na zorném poli kamery a na doporučeném počtu osob výrobcem. Nejčastěji doporučovaným umístěním je umístění pod TV, která přenáší obraz z videokonference. Nevýhodou tohoto umístění je různá vzdálenost účastníků od mikrofonu. S tím je spojena potřeba regulace hlasitosti reproduktoru i mikrofonu. Preferovaným umístěním je umístění na střed stolu. Při tomto umístění sedí všichni účastníci přibližně stejně daleko od mikrofonu, tudíž je všechny účastníky slyšet přibližně stejně hlasitě. Umístění na střed stolu je silně preferované před umístěním pod TV.

Tabulka 13 - Saatyho matice – způsob zaostřování

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	5	3	5	4	5	3,3833626	0,439162
Logitech CC Connect	1/5	1	1/3	1	1/2	1	0,5673004	0,073636
Logitech Meetup	1/3	3	1	3	2	3	1,6188704	0,21013
Logitech BCC 950	1/5	1	1/3	1	1/2	1	0,5673004	0,073636
Aver VC 320	1/4	2	1/2	2	1	2	1	0,1298
Aver VC 520+	1/5	1	1/3	1	1/2	1	0,5673004	0,073636

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,05924 \quad CI = \frac{6,05924 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,011848}{1,24} = 0,00955$$

V tabulce 13 je zobrazena Saatyho matice pro kritérium způsob zaostřování. Z matice je patrné, že se vyskytují 4 možnosti zaostřování. Vzhledem k požadavku na zařízení, aby bylo co nejjednodušší na ovládání je preferováno automatické zaostřování. Tento způsob zaostřování nabízí pouze zařízení Meeting Owl. Zařízení Logitech Meetup a Aver VC 320 mají předvolby zaostřování, a navíc možnost manuální zaostřování pomocí dálkové ovládání. Nejméně preferovanou variantou je zaostřování pouze pomocí dálkového ovládání. Automatické zaostřování na právě mluvící osobu je silně preferováno před zaostřováním pomocí dálkového ovladače.

Tabulka 14 - Saatyho matice – počet mikrofonů

	Meeting Owl	Logitech CC Connect	Logitech Meetup	Logitech BCC 950	Aver VC 320	Aver VC 520+	G. Průměr	v_{ij}
Meeting Owl	1	6	5	6	6	5	4,1885685	0,499785
Logitech CC Connect	1/6	1	1/3	1	1	1/3	0,5143606	0,061374
Logitech Meetup	1/5	3	1	3	3	1	1,3245417	0,158046
Logitech BCC 950	1/6	1	1/3	1	1	1/3	0,5143606	0,061374
Aver VC 320	1/6	1	1/3	1	1	1/3	0,5143606	0,061374
Aver VC 520+	1/5	3	1	3	3	1	1,3245417	0,158046

Zdroj: vlastní zpracování

$$l_{\max} = 6,14309 \quad CI = \frac{6,14309 - 6}{5} \quad CR = \frac{0,028618}{1,24} = 0,02308$$

V tabulce 14 je znázorněno ohodnocení jednotlivých variant. Z tabulky je patrné, že nejvíce preferovanou variantou je Meeting Owl. Na tomto zařízení se nachází celkem osm mikrofonů. Nejméně preferovanými variantami jsou Logitech Conference Cam Connect, Logitech BCC 950 a Aver VC 320, neboť všechna zařízení mají pouze dva mikrofony. Preference mezi nejlepším ohodnocením a nejhorším byla ohodnocena číslem mezistupněm 6 na doporučené Saatyho stupnici (viz. tabulka 1).

4.7.3 Výsledná matice

Tabulka 15 - Výsledná matice AHP

	Cena	Zorné pole	Dosah mikrofonu	Rozlišení videa	Umístění	Způsob zaostřování	Počet mikrofonů	Syntéza preferencí	Pořadí
v_i	0,341203	0,201894	0,190532	0,121218	0,054479	0,054479	0,036195		
Meeting Owl	0,105241	0,450387	0,128329	0,05187	0,450737	0,439162	0,499785	0,2241479	1.
Logitech CC Connect	0,17874	0,071305	0,049533	0,14109	0,081735	0,073636	0,061374	0,11260883	6.
Logitech Meetup	0,062636	0,232443	0,080675	0,38377	0,081735	0,21013	0,158046	0,15181243	5.
Logitech BCC 950	0,412006	0,045131	0,049533	0,14109	0,081735	0,073636	0,061374	0,18691552	2.
Aver VC 320	0,17874	0,155605	0,197612	0,14109	0,081735	0,1298	0,061374	0,16090204	4.
Aver VC 520+	0,062636	0,045131	0,494319	0,14109	0,222323	0,073636	0,158046	0,16361353	3.

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výsledné matice je zřejmé, že kompromisní variantou je videokonferenční zařízení Meeting Owl. Na druhém místě je Logitech BCC 950. Tato varianta dosáhla vysokého ohodnocení především z důvodu výrazně nižší pořizovací ceny. Na třetím místě je zařízení Aver VC 520+. Nejnižšího ohodnocení dosáhlo zařízení Logitech ConferenceCam Connect, které je v současné době ve firmě SUDOP Praha využíváno. Toto zařízení získalo poloviční ohodnocení, proti vítězné variantě.

Ve výsledné matici lze nalézt přehled výsledné váhy jednotlivých variant v rámci kritérií. Při pohledu na první řádek matice je zřejmé, že kompromisní varianta Meeting Owl dosáhla na nejvyšší ohodnocení v kritériích zorné pole, umístění, způsob zaostřování a počet mikrofonů. Naopak nejhorší ohodnocení získalo zařízení Logitech ConferenceCam Connect, které bylo ohodnoceno nízkým ohodnocením především v kritériích zorné pole, dosah mikrofonu, způsob zaostřování a počet mikrofonů.

5 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo nalezení vhodného videokonferenčního zařízení pro potřeby zaměstnanců společnosti SUDOP Praha, pomocí vhodné metody vícekritériální analýzy. V první řadě byl proveden výběr vhodných zařízení a stanovení kritérií. Váhy jednotlivých kritérií a variant byly určovány pomocí Saatyho metody, kdy byly porovnávány preference mezi jednotlivými kritérii a variantami. Pro získání kompromisní varianty byla využita metoda Analytického hierarchického procesu (AHP).

V teoretické části byla definována teorie vícekritériálního hodnocení, využitá v této bakalářské práci. Především pak Saatyho metoda a metoda Analytického hierarchického procesu, jehož je Saatyho metoda základem.

V praktické části je znázorněn postup výpočtu pomocí zmiňovaných metod a jednotlivé matice jsou interpretovány tak, aby byly vysvětleny preference mezi jednotlivými variantami. Výhodou metody AHP je možnost po vyhodnocení zpětně zjišťovat, kde jednotlivé varianty získaly jaké ohodnocení. Na základě této kontroly je možné upravit například hodnocení vah jednotlivých kritérií a model jednoduše přepočítat.

Na základě výsledků analýzy bude vedoucímu oddělení technické podpory společnosti SUDOP Praha doporučena k zakoupení kompromisní varianta, Meeting Owl. Zařízení získalo u čtyř kritérií nejvyšší ohodnocení a pouze jednou ohodnocení nejnižší. Tím lze zařízení považovat za vhodné pro požadované využití. Vzhledem k tomu, že se jedná o první zařízení od této společnosti bude zakoupen jeden kus a bude otestován v testovacím režimu. Poté bude rozhodnuto, zda se těchto zařízení nakoupí více nebo bude otestováno jiné.

6 Seznam použitých zdrojů

Odborná literatura

- ASLAM, Wali, 2017. *Videoconferencing and higher education teaching in Politics and International Relations classrooms*. Politics [online]. [cit. 2019-01-27]. DOI: 10.1177/0263395716633708. ISSN: 02633957.
Dostupné z WWW: <<https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/politics/journal202481>>
- FIALA, Petr. 2013. *Modely a metody rozhodování. 3.přepřacované vydání*. Praha: Nakladatelství Oeconomica. ISBN 978-80-245-1981-4.
- FOTR, Jiří, ŠVECOVÁ Lenka a kol. 2016. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. 3. přepřacované vydání*. Praha: Nakladatelství Ekopress. ISBN 978-80-87865-33-0.
- MIKUŠOVÁ, Marie, ČOPÍKOVÁ, Andrea. 2015. *Vytvoření modelu kompetencí krizového manažera malého podniku za použití Saatyho metody*. Scientific Papers of the University of Pardubice Series D, Faculty of Economics [online]. Pardubice. ISSN 1211-555X. Dostupné z WWW:<<http://hdl.handle.net/10195/64668>>.
- NOVÁK, Jaromír, PRUKNER, Vítězslav. 2014. *Základy managementu* [online]. Olomouc: Code Creator [cit. 2019-01-28]. ISBN 978-80-244-4182-5.
Dostupné z: <<https://publi.cz/books/189/Cover.html>>
- ROHLAND, Lindsay, 2017. *Analytic hierarchy process (AHP)*. Salem Press Encyclopedia [online]. [cit. 2019-01-27].
- SAATY, T. L., VARGAS, L. G. *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. 2nd ed.* New York: Springer, 2012. 346 s. ISBN 978-14-899-9009-9.
- ŠUBRT, Tomáš a kol. 2015. *Ekonomicko-matematické metody. 2. upr. vyd.* Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o. 331 s. ISBN 978-80-7380-563-0
- TEKNOMO, Kardi, 2006. *Analytic Hierarchy Process (AHP) Tutorial*. [online]. [cit. 2019-02-27]. Dostupné z WWW: <<https://people.revoledu.com/kardi/tutorial/AHP/>>.
- VEBER, Jaromír a kol. 2003. *Management: Základy-prosperita-globalizace. 1. vyd., dotisk*. Praha: Management Press.696 s. ISBN 80-7261-029-5.

Internetové odkazy

AV Media.cz *Videokonference* [online]. 2019. Praha [cit. 2019-02-04]. Dostupné z WWW:< <https://www.avmedia.cz/produkty/videokonference>>

Aver. *Aver Global – About us* [online]. 2019. [cit. 2019-02-20] Dostupné z WWW: <<http://www.aver.com/page/about-us>>

Logitech. *Příběh společnosti Logitech* [online]. 2019.[cit. 2019-02-27] Dostupné z WWW:<<https://www.logitech.com/cs-cz/about/logitech-story>>

SUDOP Praha a.s. Projektová, inženýrská a konzultační činnost. *O společnosti* [online]. 2019. [cit. 2019-02-15]. Dostupné z WWW: <<http://www.sudop.cz/o-nas/o-spolecnosti>>

Telconnect.cz: ...s námi máte spojení. *Videokonferenční systémy*. [online].2019. Brno [cit. 2019-02-05]. Dostupné z WWW: <<http://www.telconnect.cz/videokonferencni-systemy>>

7 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Pohled na rozhodovací proces	12
Obrázek 2 - Hierarchická struktura.....	21
Obrázek 3 - Syntéza preferenčních hodnot.....	22
Obrázek 4 - Logitech ConferenceCam Connect	24
Obrázek 5 - Hierarchická struktura.....	28

8 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tabulka doporučených deskriptorů	18
Tabulka 2 - Hodnoty náhodného indexu RI.....	19
Tabulka 3 - Parametry vybraných zařízení	27
Tabulka 4 - Hodnoty kritéria "rozlišení kamery"	29
Tabulka 5 - Převod kvalitativního kritéria "umístění" na kvantitativní	29
Tabulka 6 - Převod kvalitativního kritéria "způsob zaostřování" na kvantitativní.....	30
Tabulka 7 - Saatyho matice pro stanovení vah kritérií	31
Tabulka 8 - Saatyho matice – cena	32
Tabulka 9 - Saatyho matice – zorné pole.....	32
Tabulka 10 - Saatyho matice – dosah mikrofonů	33
Tabulka 11 - Saatyho matice – rozlišení kamery.....	33
Tabulka 12 - Saatyho matice – umístění.....	34
Tabulka 13 - Saatyho matice – způsob zaostřování.....	34
Tabulka 14 - Saatyho matice – počet mikrofonů	35
Tabulka 15 - Výsledná matice AHP	36