

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Provozně ekonomická fakulta**

**Katedra systémového inženýrství**



**Bakalářská práce**

**Vícekriteriální rozhodování pro zákazníky**

**Michal Solil**

**©2021 ČZU v Praze**



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Michal Solil

Systémové inženýrství a informatika  
Informatika

Název práce

**Vícekriteriální rozhodování pro zákazníky**

Název anglicky

**Multiple criteria decision making for clients**

---

### Cíle práce

Hlavním cílem je s použitím metod vícekriteriálního rozhodování vybrat vhodný notebook pro modelového zákazníka na manažerské pozici. Dílčími cíli je zmapování současné nabídky notebooků na českém trhu, definice rozhodovacích kritérií a výběr a aplikace vhodné metody vícekriteriálního rozhodování.

### Metodika

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou definovány základní pojmy a popsán postup vícekriteriálního rozhodování. Podrobněji jsou popsány metody, které se využívají v praktické části práce. Dále se teoretická část věnuje popisu vlastností notebooků, které jsou důležité pro uživatele.

Praktická část BP je věnovaná výběru vhodného notebooku pro manažera. Výběr je proveden pomocí metod vícekriteriálního rozhodování. Nejprve se definují rozhodovací kritéria a jejich aspirační úrovně na základě konzultace s vybraným manažerem. Každému kritériu je přiřazena váha. Aplikací vybrané metody vícekriteriálního rozhodování na notebooky z nabídky dvou největších českých internetových prodejců, Alza.cz a.s. a CZC.cz s.r.o., se vybere několik kompromisních řešení. Na základě analýzy výsledků bude doporučen k nákupu jeden notebook.

## Doporučený rozsah práce

35-40 stran

## Klíčová slova

Vícekritériální rozhodování, rozhodovací kritéria, váhy kritérií, kompromisní varianta, doporučená varianta, aspirační úroveň.

---

## Doporučené zdroje informací

FOTR, J., ŠVECOVÁ, L. Manažerské rozhodování : postupy, metody a nástroje. Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.

JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum : kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.

---

## Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – PEF

## Vedoucí práce

doc. Ing. Ludmila Dömeová, CSc.

## Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

---

Elektronicky schváleno dne 18. 2. 2021

**doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 19. 2. 2021

**Ing. Martin Pelikán, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 14. 03. 2021

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vícekriteriální rozhodování pro zákazníky" 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 15.03.2021

---

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval doc. Ing. Ludmile Dömeové, CSc. za její vstřícný přístup, podporu a odborné vedení. Dále bych také rád poděkoval své přítelkyni za její nekonečnou trpělivost, kterou se mnou při zpracovávání této bakalářské práce měla.

# Vícekriteriální rozhodování pro zákazníky

## Abstrakt

V době současné koronavirové pandemie je téma výběru vhodného notebooku pro pracovní použití aktuálnější než kdy dříve. Narůstá počet pracovníků na homeoffice, kteří používají notebook jako svůj hlavní pracovní nástroj. Tito jednotlivci a také samotné firmy se musí rozhodnout, jaký notebook zakoupí. Hlavním cílem této práce je výběr notebooku pomocí vícekriteriálních rozhodovacích metod. V teoretické části jsou popsány vlastnosti VHV a jednotlivé varianty. V závěru této části jsou popsány základní části notebooku. V praktické části je představen zákazník a jeho kritéria. Je sestaven seznam variant. Je stanovena metoda odhadu vah kritérií a metoda výběru variant. Po výběru variant jsou výsledky pěti nejlepších variant zhodnoceny a k nákupu jsou doporučeny dvě z nich. Proběhne analýza jednotlivých výsledků. Následná diskuze je zaměřena na zhodnocení práce ze strany autora textu.

**Klíčová slova:** vícekriteriální analýza variant, vícekriteriální rozhodování, kritéria, varianty, metody, TOPSIS, Fullerův trojúhelník, notebook, výběr notebooku

# Multiple-criteria decision-making for clients

## Abstract

The topic of choosing the right laptop model for work is in the times of current covid pandemic more relevant than ever. The number of home office workers who use a laptop as their main device for work is growing. These individuals, as well as the companies themselves, must decide which laptop to buy. The main goal of this work is to choose a laptop using multiple-criteria decision-making. The theoretical part describes the properties of MCDM and individual alternatives. The basic parts of the notebook are described at the end of this section. The practical part introduces the customer and his criteria. A list of alternatives is compiled. The method of estimating the weights of the criteria and the method of selecting alternatives are determined. After selecting the alternatives, the results of the five best alternatives are evaluated and two of them are recommended for purchase. An analysis of the results will take place. Subsequent discussion is focused on the evaluation of the work by the author of the text.

**Keywords:** multiple-attribute decision analysis, multiple-criteria decision-making, criteria, alternatives, methods, TOPSIS, Fuller's triangle, laptop, choosing a laptop



# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>11</b>
<b>2 Cíl práce a metodika</b> .....	<b>12</b>
2.1 Cíl práce .....	12
2.2 Metodika .....	12
<b>3 Teoretická východiska</b> .....	<b>13</b>
3.1 Základní pojmy .....	13
3.2 Vícekriteriální hodnocení variant.....	16
3.3 Metody odhadu vah kritérií.....	17
3.3.1 Ordinální informace .....	18
3.3.2 Kardinální informace .....	19
3.4 Metody výběru variant .....	21
3.4.1 Žádná informace .....	21
3.4.2 Nominální informace .....	22
3.4.3 Ordinální informace .....	22
3.4.4 Kardinální informace .....	23
3.5 Popis notebooku .....	25
<b>4 Vlastní práce</b> .....	<b>28</b>
4.1 Kritéria výběru notebooku .....	28
4.2 Popis zákazníka .....	29
4.3 Aspirační úrovně .....	30
4.4 Představení e-shopů .....	31
4.5 Výběr notebooku .....	32
4.5.1 Metodika výběru notebooku .....	32
4.5.2 Stanovení vah kritérií.....	32
4.5.3 Výběr jednotlivých modelů .....	33
4.5.4 Aplikace metody .....	36
<b>5 Výsledky a diskuse</b> .....	<b>37</b>
5.1 Analýza výsledků .....	37
5.2 Diskuze.....	38
<b>6 Závěr</b> .....	<b>40</b>
<b>7 Seznam použitých zdrojů</b> .....	<b>41</b>
<b>8 Přílohy</b> .....	<b>45</b>

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Fullerův trojúhelník.....	18
Tabulka 2 – kritéria.....	30
Tabulka 3 – převod zabezpečení.....	31
Tabulka 4 – převod konektivity.....	31
Tabulka 5 – kritéria ve Fullerově trojúhelníku.....	32
Tabulka 6 – modely notebooků.....	34
Tabulka 7 – modely, pokračování.....	34
Tabulka 8 – body GPU.....	34
Tabulka 9 – body CPU.....	35
Tabulka 10 – kritériální matice.....	35
Tabulka 11 – ideální a bazální varianta.....	36
Tabulka 12 – TOPSIS.....	36
Tabulka 13 – průměrné hodnoty vybraných kritérií.....	37

## Seznam příloh

Příloha 1 – Normalizovaná kritériální matice.....	45
Příloha 2 – výsledek TOPSIS.....	45
Příloha 3 – průměrná hodnota jednotlivých kritérií.....	46
Příloha 4 – formátování hodnot.....	46

# 1 Úvod

První, kdo přišel s ideou malého přenosného zařízení na principu počítače, byl Alan Kay z laboratoří Xerox PARC. Tehdy se psal rok 1968. V roce 1972 přišel ten samý člověk s popisem zařízení „Dynabook“, které mělo sloužit dětem různého věku jako osobní počítač a vypadalo podobně jako dnešní tablet, ale nikdy nebylo uvedeno do výroby. Trvalo až do roku 1981, kdy byl přestaven další předchůdce dnešních notebooků, Epson HX-20. Od té doby se notebooky až neuvěřitelně změnily. V současnosti je trh s notebooky extrémně pestrý. Vybrat si zde mohou hráči počítačových her, studenti, pracovníci, technici, designéři či umělci, nebo manažeři. Právě ti mají dost často poněkud jiné požadavky, než např. počítačovní hráči. V situaci, kdy má zákazník svým způsobem protichůdné požadavky (co nejnižší cena a co nejvyšší výkon), se nabízí uplatnit některou metodu z vícekritériální analýzy variant a podle přání zákazníka nalézt kompromisní variantu. Sám jsem před časem dělal podobné rozhodnutí a pamatuji si, že jsem byl v první chvíli doslova zavalen nabídkami. Přestože jsem se snažil postupovat racionálně, mou volbu ovlivňovala také má obliba jistých značek. Tuto práci jsem zvolil proto, abych se pokusil zmapovat momentální situaci na trhu a ulehčit případným novým zákazníkům problémy, se kterými jsem se já sám potýkal. Kategorii zákazníka „Manažer“ jsem vybral proto, že v této kategorii se počítá s vyšší cenou a za tu by měl zákazník dostávat technické novinky, které se do současných pracovních notebooků v nižší cenové relaci dostanou až později. To by mělo prodloužit dobu použitelnosti mé bakalářské práce jakožto reference k trhu s notebooky určenými do práce.

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Hlavním cílem je s použitím metod vícekriteriálního rozhodování vybrat vhodný notebook pro modelového zákazníka na manažerské pozici. Dílčími cíli je zmapování současné nabídky notebooků na českém trhu, definice rozhodovacích kritérií a výběr a aplikace vhodné metody vícekriteriálního rozhodování.

### **2.2 Metodika**

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou definovány základní pojmy a popsán postup vícekriteriálního rozhodování. Podrobněji jsou popsány metody, které se využívají v praktické části práce. Dále se teoretická část věnuje popisu vlastností notebooků, které jsou důležité pro uživatele.

Praktická část BP je věnovaná výběru vhodného notebooku pro manažera. Výběr je proveden pomocí metod vícekriteriálního rozhodování. Nejprve se definují rozhodovací kritéria a jejich aspirační úrovně na základě preferencí modelového zákazníka. Každému kritériu je přiřazena váha. Aplikací vybrané metody vícekriteriálního rozhodování na notebooky z nabídky dvou největších českých internetových prodejců, Alza.cz a.s. a CZC.cz s.r.o., bude vybráno pět kompromisních řešení. Na základě analýzy výsledků bude doporučen k nákupu jeden notebook.

### 3 Teoretická východiska

V této části práce budou nejprve definovány základní pojmy vícekriteriálního rozhodování, s nimiž bude dále operováno. Poté budou popsány metody vícekriteriálního rozhodování, přičemž větší pozornost bude věnována těm, které budou využity v praktické části. Na závěr bude pojednáno o základních aspektech a funkcích notebooku. Matematické vzorce budou číslovány.

#### 3.1 Základní pojmy

„**Varianty** jsou konkrétní rozhodovací možnosti, musí být pečlivě vybrány, aby byly dosažitelné, logické a aby byly vhodným řešením. Varianty jsou pak hodnoceny podle jednotlivých kritérií.“ (Šubrt, 2015, s. 150).

Nechť jsou  $a_1, a_2, \dots, a_m$  jednotlivé varianty. Množina  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$  je množina variant.

**Kritéria** jsou jednotlivé vlastnosti, podle nichž jsou varianty hodnoceny, porovnávány, nebo uspořádány. Kritérium lze popsat jako zobrazení  $f$  z množiny variant  $A$  do množiny  $S$ , která se nazývá **škála** (Ramík, 1999, s. 16).

$$f: A \rightarrow S \quad (1)$$

Ramík (1999, s. 18, 19) definuje indukované uspořádání: Mějme kritérium  $f$ , a necht'  $R$  je relace na  $S$ . Relace  $\subset$  na  $A$  indukovaná  $f$  je definována takto: Necht'  $a, b \in A$ , potom:

$$a \subset b \equiv f(a)Rf(b) \quad (2)$$

Dále také tvrdí, že jestliže je  $R$  (částečné) uspořádání na  $S$ , potom relace  $\subset$  indukovaná  $f$  je (částečné) kvaziuspořádání na  $A$ . Některé varianty zde mohou být ohodnoceny stejně, proto pro relaci  $\subset$  neplatí podmínka (slabé) antisymetrie. Pokud bude proveden rozklad relace  $\subset$  na relace preference a indiference, budou ty varianty z  $A$ , které jsou hodnocené rozdílně v relaci preference, a varianty se stejným hodnocením budou v relaci indiference.

Necht' jsou  $f_1, f_2, \dots, f_n$  jednotlivá kritéria. Množina  $C = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$  je množina kritérií.

Samotné škály se mohou podle Ramíka (1999, s. 19, 20) dělit do tří skupin

- **Nominální škála.** Škála tohoto typu nemá vlastnost uspořádání, jako příklad je možno uvést kritérium, které každé variantě přiřadí právě jedno číslo z množiny  $\mathbb{N}$ .

- **Ordinální škála.** Na tomto typu škály existuje relace, která má vlastnost uspořádání. Příkladem je škála, která přiřazuje nejlepší variantě číslo 1, druhé nejlepší variantě číslo 2 atd.
- **Kardinální škála.** Tento typ škály také obsahuje relaci uspořádání, ale na rozdíl od ordinální škály umožňuje kvantifikovat rozdíly mezi jednotlivými variantami, příkladem může být škála, která každé osobě přiřadí její věk, odečtením věku osoby mladší od osoby starší se rozumí věkový rozdíl, který je kvantifikovaný.

**Váha kritéria** (kardinální informace o kritériích) je hodnota z intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$ , která reprezentuje důležitost daného kritéria vůči kritériím ostatním (Šubrt, 2015, s. 152). Šubrt také tvrdí, že součet vah všech kritérií musí být roven jedné, s čímž souhlasí i Ramík (1999, s. 20,21). Naopak Jablonský (2007, s. 274) říká, že podmínka rovnosti jedné není nezbytná, některé metody ji podle něj však vyžadují. Tento rozpor je nejspíš stanoven tím, že jak Šubrt, tak i Ramík hovoří o normovaných vahách, kdežto Jablonský má na mysli nenormované váhy.

**Pořadí kritérií** (ordinální informace o kritériích) uspořádává jednotlivá kritéria od nejdůležitějšího po to nejméně důležité, na rozdíl od vah kritérií ale nepodává žádné informace o tom, o kolik je dané kritérium důležitější než jiné kritérium (Šubrt, 2015).

**Aspirační úrovně kritérií** (nominální informace o kritériích) jsou hodnoty jednotlivých kritérií, kterých musí každá varianta dosahovat. Pro maximalizační kritéria jde o minimální hodnoty, pro minimalizační jde o maximální hodnoty (Šubrt, 2015).

**Kritériální matice** je matice, která vzniká, jestliže jsou kritéria kvantifikována (Šubrt, 2015, s. 151) (Brožová, 2002, s. 113). Byla definována množina variant  $A$ , množina kritérií  $C$  a škála  $S$ . Pokud je  $S$  pro každé kritérium ordinální nebo kardinální škála, je možno kritéria kvantifikovat. Každá varianta  $a_i$  je popsána vektorem kritérií  $f_1, f_2, \dots, f_n$ . Tyto vektory lze uspořádat do kritériální matice  $Y$  (Jablonský, 2007, s. 271).

$$Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m12} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Sloupce v této matici  $Y = (y_{ij})$  odpovídají kritériím a řádky variantám. Prvek  $y_{ij}$  vyjadřuje hodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria. Pokud nejsou některá kritéria kvantitativní, je nutné je pomocí vhodných metod převést (Šubrt, 2015, s. 151).

Kritéria se nadále mohou dělit podle různých hledisek. Podle povahy daného kritéria se kritéria rozlišují na:

- **Maximalizační kritéria:** Při zvýšení hodnoty kritéria se zlepší hodnocení varianty
- **Minimalizační kritéria:** Při zvýšení hodnoty kritéria se zhorší hodnocení varianty

Při zavádění kritériální matice je lepší, když jsou všechna kritéria stejné povahy. Pokud nejsou, dají se všechna kritéria převést na maximalizační pomocí dvou nejpoužívanějších metod (Šubrt, 2015, s. 151):

- Vynásobení sloupce matice  $Y$  číslem  $-1$ , tedy transformace  $y'_{ij} = -y_{ij}$
- Nalezení nejhodnější kritériální hodnoty a následný výpočet o kolik je daná hodnota lepší, tedy transformace  $y'_{ij} = y_{ij} - \max(y_{ij})$

Podle kvantifikovatelnosti se kritéria rozlišují na:

- Kvantitativní kritéria: škála  $S$  těchto kritérií je ordinální, nebo kardinální. Tato kritéria se také nazývají objektivní (Šubrt, 2015, s. 151)
- Kvalitativní kritéria. Škála  $S$  těchto kritérií je nominální, jejich samotné hodnoty nelze jednoduše změřit. Může jít o kritéria, která jsou subjektivní. V takových případech se často používají bodovací stupnice (Šubrt, 2015, s. 151).

Nyní budou definovány jednotlivé varianty se specifickými vlastnosti. Nadále bude předpokládáno, že všechna kritéria jsou maximalizační.

Varianta  $a_i$  dominuje variantu  $a_j$  jestliže platí, že  $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{ik}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jk})$  a existuje aspoň jedno kritérium takové, že  $y_{il} > y_{jl}$ . Varianta  $a_i$  je **dominující varianta**, varianta  $a_j$  je **dominovaná varianta**. Pokud vztah neplatí, jde o **vzájemně nedominované varianty**. (Brožová, 2002, s. 114) (Šubrt, 2015, s. 152).

Jestliže v množině variant  $A$  neexistuje varianta, která by variantu dominovala, tedy pro kterou by platilo předcházející tvrzení, nazývá se daná varianta jako **nedominovaná**, někdy **efektivní**, či **paretovská** varianta. Množina všech nedominovaných variant je  $A_N, A_N \subseteq A$  (Šubrt, 2015, s. 152) (Brožová, 2002, s. 114) (Ramík, 1999, s. 23).

**Ideální varianta** označovaná písmenem  $H$  je hypotetická, nebo reálná varianta, která má nejlepší hodnoty každého kritéria. **Bazální varianta** označovaná písmenem  $D$  je hypotetická, nebo reálná varianta, která má u každého kritéria nejnižší hodnotu. Pokud je ideální varianta reálná, musí být jediná paretovská varianta. **Kompromisní varianta** je varianta, která je nedominovaná a která je doporučena jako řešení (Brožová, 2002, s. 114).

Pokud je nedominovaných variant více, doporučuje Jablonský rozhodovateli, aby vyjádřil své preference, například stanovením váhy kritérií (2007, s. 274).

**Vícekriteriální rozhodovací modely** jsou takové modely, kde se rozhodovatel rozhoduje podle více než jednoho rozhodovacího kritéria (Jablonský, 2007). Prakticky všechny reálné rozhodovací situace jsou charakterizovány tím, že obsahují více kritérií. V současnosti existují dva přístupy k vícekriteriálnímu rozhodování, které plynou z charakteru problémů. Jsou to:

- **Vícekriteriální programování (VP)**, u nějž je množina  $A$  nekonečná a určená soustavou omezujících podmínek. Za předpokladu linearity všech funkcí se hovoří o **vícekriteriálním lineárním programování (VLP)**
- **Vícekriteriální hodnocení variant (VHV)**, u nějž je množina  $A$  konečná, zadaná výčtem jednotlivých variant a ohodnocením podle jednotlivých kritérií z  $C$  (Šubrt, 2015, s. 150) (Jablonský, 2007, s. 271)

V této práci budou nadále řešeny pouze metody ze skupiny vícekriteriálního hodnocení variant.

### 3.2 Vícekriteriální hodnocení variant

Na začátek je třeba říci, že Šubrt (2015) i Brožová (2002) nazývají danou disciplínu jako vícekriteriální analýzu variant. Jak již bylo řečeno, u vícekriteriálního hodnocení variant existuje pouze konečný počet variant, z nichž si rozhodovatel může vybírat. Nyní je účelné definovat základní okruhy metod VHV. Jde o:

- **Výběr jedné varianty.** Při tomto typu úlohy je cílem řešení vybrat kompromisní variantu, která je dle zvolené metriky hodnocena jako nejlepší. Při použití různých metod jsou jako nejlepší obvykle zvoleny různé varianty, pojem nejlepší varianty je tak do značné míry pojmem relativním. Příkladem je výběr zhotovitele ve výběrovém řízení (Šubrt, 2015, s. 154) (Jablonský, 2007, s. 273).
- **Uspořádání variant.** Zde je úkolem zavést na množině  $A$  uspořádání, nebo kvaziuspořádání. Jde o obecnější zadání než výběr jedné varianty, výběr nejlepší varianty je jedním z výstupů daného okruhu. Pokud bude řešitel rekurzivně vybírat nejlepší variantu, kterou z množiny variant odebere, a všechny tyto varianty seřadí od první odebrané až po tu poslední, provede uspořádání variant. Jako příklad zde lze uvést seřazení účastníků přijímacího řízení od nejlepšího po nejhoršího (Šubrt, 2015, s. 154) (Jablonský, 2007, s. 273).



- **Klasifikace variant.** Při klasifikaci variant se množina  $A$  rozděluje do tříd. Při seřazení žáků z předchozí úlohy je možno stanovit, že nejlepších 50 % uchazečů bude přijato, zbytek nikoliv. Došlo tedy k rozdělení množiny na dvě disjunktní třídy. Alternativně je možné stanovit, že prvek množiny  $A$  bude náležet do dané třídy, jestliže má hodnotu daného kritéria větší, resp. menší, než stanovenou hodnotu (Šubrt, 2015, s. 154) (Jablonský, 2007, s. 273).

Alternativní způsob dělení úloh VHV je dle typu informace, kterou má řešitel ohledně preferencí mezi kritérii a variantami k dispozici:

- **Žádná informace.** Řešitel nemá k dispozici žádnou informaci o preferenci mezi variantami nebo kritérii. Tato situace je přípustná pouze pro preferenci kritérií, při žádné informaci o preferencích mezi variantami není možné rozhodnout, která varianta je lepší, nebo horší (Šubrt, 2015, s. 155)
- **Nominální informace.** Tato informace je také přípustná pouze pro kritéria. Je možné použít techniku stejné důležitosti, kdy je na kritéria nahlíženo jako by byla stejně důležitá (ordinální kritéria), nebo jim jsou přiřazeny stejné váhy (kardinální kritéria). Je také možné použít metodu aspiračních úrovní (Ramík, 1999, s. 25) (Šubrt, 2015, s. 155).
- **Ordinální informace.** Kritéria mohou být uspořádána podle toho, jak jsou důležitá, varianty zase podle svého hodnocení daným kritériem. Seřazení variant a kritérií nemusí být jednoznačné, protože mohou být jednotlivé varianty a kritéria hodnoceny stejně. (Ramík, 1999, s. 28) (Šubrt, 2015, s. 155).
- **Kardinální informace.** Tento typ informace umožňuje nejen uspořádat daná kritéria či varianty, ale řešitel je zároveň schopen kvantifikovat rozdíly mezi jednotlivými variantami nebo kritérii. U kritérií se jedná o váhy kritérií, u variant jde o číselné vyjádření hodnocení.

### 3.3 Metody odhadu vah kritérií

Tento krok bývá podle Šubrt (2015, s. 157) „výchozím krokem analýzy modelu vícekritériální analýzy variant.“ Brožová (2002, s. 116) říká, že při vytvoření matematického modelu je třeba danou informaci vyjádřit číselně, tedy ji kvantifikovat. V této části práce budou představeny některé metody, pomocí nichž toho může být dosaženo.

### 3.3.1 Ordinální informace

**Metoda pořadí** se používá, pokud daná kritéria hodnotí více expertů. Musí být známa ordinální informace, každý expert musí být schopen určit pořadí kritérií od nejlepšího po nejhorší. Nejlepší, tedy nejdůležitější, kritérium je označeno číslem  $n$ , kde  $n$  je počet prvků množiny kritérií  $C$ , druhému nejdůležitějšímu kritériu je přiřazeno číslo  $n - 1$  atd., nejméně důležitému kritériu je přiřazeno číslo 1. V případě, že jsou kritéria pro experta stejně důležitá, je těmto kritériím přiřazeno průměrné pořadové číslo. Váha kritéria je určena součtem všech pořadových čísel udělených danému kritériu, která jsou vydělena součtem všech pořadových čísel všech kritérií. Výstupem z této metody jsou normované váhy, jejich součet je tedy roven jedné. (Šubrt, 2015, s. 157) (Brožová, 2002, s. 116) (Jablonský, 2007, s. 275).

Nechť je  $v_j$  váha kritéria  $f_j$  a  $b_j$  nechť je hodnota, která byla udělena expertem, nebo v případě více expertů jejich součet. Poté platí:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (4)$$

**Metoda párového porovnávání** vyžaduje, aby byl uživatel u každé dvojice kritérií  $f_i, f_j$  z množiny  $C$  schopen určit, které z kritérií je pro něho významnější. Za předpokladu, že pokud platí, že  $f_i$  je důležitější než  $f_j$ , pak je  $f_j$  méně důležité než  $f_i$  se provede počet srovnání  $N$ , který je roven

$$N = \binom{n}{2} = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} \quad (5)$$

Kde  $n$  je počet kritérií (Brožová, 2002, s. 117).

V praxi se toho nejčastěji dosahuje pomocí **Fullerova trojúhelníku**. Zhotoví se tabulka a do jednotlivých polí se vepíše dvojice prvků. Expert poté v každé obsazené buňce zvýrazní to kritérium, které z dané dvojice preferuje více, viz tabulka.

	$f_2$	...	$f_n$
$f_1$	1 2	...	1 n
$f_2$		...	2 n
...			...
$f_n$			

Tabulka 1 – Fullerův trojúhelník zdroj: Vlastní zpracování.

Počet zakroužkování kritéria  $f_j$  je označen jako  $n_j$ . Váha kritéria  $f_j$  je určena následujícím vztahem:

$$v_j = \frac{n_j}{N} \quad (6)$$

Čím je kritérium  $f_j$  významnější, tím má také vyšší váhu (Brožová, 2002, s. 117) (Ramík, 1999, s. 32) (Grasseová, 2010, s. 86).

### 3.3.2 Kardinální informace

**Bodovací metoda** je metodou, která již na rozdíl od obou předchozích pracuje s kardinálními informacemi o preferencích mezi kritérii (Šubrt, 2015). Nejdříve je třeba definovat bodovou stupnici, což je interval, v mezích kterého se ohodnocení může pohybovat. Čím je dané kritérium pro experta důležitější, tím více mu přiřadí bodů. Počet přidělených bodů je nenormovaná váha kritéria, váhu lze normalizovat podle vzorce (4) (Grasseová, 2010, s. 84). Podle Brožové (2002, s. 117) je tuto metodu vhodné použít tehdy, pokud kritéria hodnotí více expertů. Zde je důležité, aby měli všichni experti stejnou bodovou stupnici a také co nejpodobnější pravidla, podle nichž metodu hodnotí. Výpočet je znovu stejný (4).

**Saatyho metoda** se využívá, pokud kritéria hodnotí pouze jeden expert. Při hodnocení více experty doporučuje Šubrt (2015, s. 160) použití metody AHP, o níž bude pojednáno dále. Poprvé byla popsána Thomasem Saatyem (1926 – 2017). Jde o jednu z metod párového porovnávání, která ale využívá kardinální informace, proto pro její počet srovnání platí vztah (5). Standardně se používá bodovací stupnice s devíti body a stupni 1, 3, 5, 7, 9 a mezistupni 2, 4, 6, 8 (Brožová, 2002, s. 118). Ústředním prvkem celé metody je matice párových porovnání  $S$ . Matice  $S = (s_{ij})$  obsahuje prvky  $s_{ij}$ , které nabývají hodnot dané stupnice, tedy  $s_{ij} \in \{1,2,3,4,5,6,7,8,9\}$ , zároveň platí, že  $s_{ij} = \frac{1}{s_{ji}}$ , což znamená, že pokud je kritérium  $f_i$   $s_{ij}$ -krát významnější než kritérium  $f_j$ , pak je kritérium  $f_j$   $\frac{1}{s_{ij}}$ -krát významnější než kritérium  $f_i$ . Matice  $S$  se nazývá reciproká matice (Ramík, 1999, s. 35). Pokud expert formuluje preference mezi kritérii slovně, je převod na číselné hodnoty podle Jablonského (2007, s. 276, 277) následující. Mějme kritéria  $f_i, f_j$ , potom:

- Kritéria  $f_i$  a  $f_j$  jsou stejně důležitá, potom  $s_{ij} = s_{ji} = 1$
- Kritérium  $f_i$  je slabě důležitější než kritérium  $f_j$ , potom  $s_{ij} = 3, s_{ji} = \frac{1}{3}$
- Kritérium  $f_i$  je silně důležitější než kritérium  $f_j$ , potom  $s_{ij} = 5, s_{ji} = \frac{1}{5}$

- Kritérium  $f_i$  je velmi silně důležitější než kritérium  $f_j$ , potom  $s_{ij} = 7, s_{ji} = \frac{1}{7}$
- Kritérium  $f_i$  je absolutně důležitější než kritérium  $f_j$ , potom  $s_{ij} = 9, s_{ji} = \frac{1}{9}$ .

Pokud by dané hodnoty pro vyjádření nedostačovaly, použijí se i mezihodnoty škály, tedy čísla 2, 4, 6, 8. Expert porovná každá dvě kritéria a své preference zaneše do matice  $S$ , z níž se poté sestaví váhy kritérií

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \dots & s_{1n} \\ \frac{1}{s_{12}} & 1 & \dots & s_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{s_{1n}} & \frac{1}{s_{2n}} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Matice je čtvercová, na své diagonále má samé jedničky, protože kritérium porovnané samo se sebou musí být stejně důležité a matice je řádu  $n \times n$  (Šubrt, 2015, s. 161). Pro další postup je nyní zapotřebí definovat vlastní číslo matice.

Nechť  $A$  je čtvercová matice řádu  $n \times n$ . Číslo  $\lambda$  je vlastní číslo matice  $A$ , pokud existuje nenulový aritmetický vektor  $x$  takový, že

$$A \cdot x = \lambda \cdot x \quad (8)$$

Vlastní číslo  $\lambda$ , které Šubrt (2015, s. 161) označuje jako  $l$ , je tedy řešením charakteristické rovnice

$$\det(A - \lambda \cdot E) = 0. \quad (9)$$

Písmenem  $E$  je zde označena jednotková matice řádu  $n \times n$  (Bečvář, 2010).

Pro samotný výpočet vah kritérií Saatyho metodou je nutné stanovit míru konzistence Saatyho matice (Brožová, 2002). Saatyho matice je plně konzistentní, pokud pro každou trojici kritérií  $f_h, f_i, f_j$  platí, že  $s_{hj} = s_{hi} \times s_{ij}$  (Šubrt, 2015, s. 161). Pokud je matice plně konzistentní, je odvození vah kritérií otázkou vyřešení soustavy rovnic. Při řešení praktického problému je ale nesmírně obtížné zadat preference tak, aby byla výsledná matice konzistentní, proto se v praxi zavádí index konzistence  $I_S$ , jímž se míra konzistence měří, který je definován jako

$$I_S = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (10)$$

Kde  $n$  je počet kritérií a  $\lambda_{max}$  je největší vlastní číslo. Saatyho matice je považována za konzistentní, pokud je  $I_S < 0,1$  (Jablonský, 2007, s. 278). Přestože vlastním číslem podle vzorce (9) může obecně být i komplexní číslo, zde se počítá pouze s čísly z množiny  $\mathbb{R}$ , protože na množině komplexních čísel není definována relace „menší než“. Pro samotný

postup stanovení vah se používá několik metod. V Saatyho matici jsou váhy  $v_i$  jednotlivé složky vlastního vektoru matice  $S$ , který přísluší číslu  $\lambda_{max}$ . Jeho výpočet je ovšem komplikovaný a značně netriviální, proto se v praxi využívá jeho odhad, kterým je geometrický průměr jednotlivých řádků matice  $b_i$

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (11)$$

a jejich následná normalizace pomocí vzorce

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (12)$$

který dává normalizované váhy kritérií (Brožová, 2002, s. 118) (Jablonský, 2007, s. 277, 278). Pokud je Saatyho matice nekonzistentní, což je u rozsáhlých úloh poměrně častý případ, doporučuje Šubrt (2015, s. 161) překvantifikovat Saatyho matici tak, aby byla v rámci tolerance konzistentní. Podle něho se to může stát zvláště tehdy, když po sobě expert své odhady nekontroluje. Ze všech metod kritérií je tato metoda tou nejsostifikovanější. (Brožová, 2002)

### 3.4 Metody výběru variant

Samotný výběr variant je jádrem celého úsilí, jež řešitel problému věnuje. Podle Grasseové, Mašleje a Brechty (2010, s. 95) je cílem „na základě celkového hodnocení variant stanovit preferenční uspořádání variant, které slouží k výběru implementační varianty“, k čemuž je ale třeba dodat, že cílem může být i vyloučení nepřijatelných variant (Fotr, 2016). Samotných metod existuje velké množství a v tomto textu budou děleny podle informace, kterou vyžadují. Pokud převažují kvalitativní kritéria, je doporučeno využití některé z metod párového porovnávání (Fotr, 2016, s. 179), pokud je kvantitativních kritérií větší množství, kvalitativní kritéria se kvantifikují.

#### 3.4.1 Žádná informace

**Bodovací metoda** a **metoda pořadí**, které byly vyloženy už v části textu, jež se věnoval metodám odhadu vah, se podle Brožové (2002, s. 119) dají upravit i pro výběr variant následujícím postupem. Každá varianta je podle každého kritéria ohodnocena číslem  $b_{ij}$ . Při metodě pořadí se varianty ohodnotí čísly  $1, \dots, k$ , kde  $k$  je nejlepší hodnocení. Při bodovací metodě je třeba použít pro všechny varianty stejnou bodovou stupnici. Celkové ohodnocení varianty se vypočítá podle vzorce

$$b_i = \sum_{j=1}^k b_{ij} \quad (13)$$

Varianty se uspořádají sestupně podle hodnot  $b_i$  a kompromisní varianta je vybrána podle vzorce

$$a_I: b_I = \max(b_i) \quad (14)$$

Pokud je nejlepší varianta hodnocena číslem 1, varianty se uspořádají vzestupně. Pokud jsou zadány váhy kritérií, je možno postup rozšířit o výpočet vážených součtů (Šubrt, 2015, s. 165).

### 3.4.2 Nominální informace

**Konjunktivní a disjunktivní metoda** požaduje, aby byla známa alespoň základní informace o aspiračních úrovních, které musí daná varianta  $a_i$  dosáhnout v kritériu  $f_i$ , aby mohla být považována za efektivní (Ramík, 1999, s. 26). V případě konjunktivní metody jsou připuštěny všechny varianty, které splňují

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq \alpha_j\} \quad (15)$$

pro všechny aspirační úrovně, kde  $\alpha_j$  je aspirační úroveň kritéria  $f_j$ . Pro disjunktivní metodu jsou to všechny varianty, které splňují

$$M = \{a_i | y_{ij} \geq \alpha_j\} \quad (16)$$

pro aspoň jednu aspirační úroveň (Brožová, 2002, s. 120). Pokud je variant splňujících podmínku (15) příliš mnoho, je třeba aspirační úroveň nastavit přísněji, je-li množina vybraných variant prázdná, je třeba aspirační úroveň nastavit mírněji (Ramík, 1999).

### 3.4.3 Ordinální informace

**Lexikografická metoda** pracuje na principu výběru pomocí nejdůležitějšího kritéria. To má na výběr varianty nejvyšší vliv. Pokud je více variant, které jsou podle daného kritéria hodnoceny stejně, je přistoupeno ke druhému nejdůležitějšímu kritériu, pokud znovu existuje více variant, je přistoupeno ke třetímu nejdůležitějšímu kritériu a tak dále. Pokud je vybrána jediná varianta, nebo jsou vyčerpány všechny možnosti, algoritmus se zastaví (Šubrt, 2015). Jako kompromisní varianty jsou označeny ty, které byly vybrány v posledním kroku algoritmu. Nedostatkem lexikografické metody je to, že při ordinálních informacích mohou být kritéria hodnocena stejně. Při různém seřazení stejně hodnocených kritérií může tato metoda poskytovat různé kompromisní varianty (Ramík, 1999).

#### 3.4.4 Kardinální informace

Nejprve je třeba definovat **funkci užitku**. Podle Ramíka (1999, s. 42) je obecně funkce užitku pro  $i$ -té kritérium  $f_i: A \rightarrow S_i$  neklesající funkce  $u_i: S_i \rightarrow \langle 0; \infty \rangle$ , kde  $S_i \subseteq \mathbb{R}$ . Ve vícekritériálním rozhodování se hovoří o  $i$ -té dílčí funkci užitku. Pokud má varianta  $a$  podle  $i$ -tého kritéria ohodnocení  $h = f_i(a)$ , pak toto ohodnocení přináší užitek  $u_i(h) = u_i(f_i(a))$  a tento užitek s rostoucím ohodnocením neklesá. Podle Ramíka (1999, tamtéž) je nadále speciálním případem funkce užitku funkce

$$u_i : \langle D_i; H_i \rangle \rightarrow \langle 0; 1 \rangle \quad (17)$$

kde  $D_i$  je nejméně preferovaná hodnota z  $S_i$  taková, že platí  $u_i(D_i) = 0$  a  $H_i$  je nejvíce preferovaná hodnota, platí  $u_i(H_i) = 1$ .

**Metoda váženého součtu** vychází z předpokladu, že dílčí funkce utility mají u kvantitativních kritérií lineární tvar. Po rozlišení kritérií na maximalizační a minimalizační je nejhorší hodnotě každého kritéria přiřazena hodnota 0 a nejlepší hodnotě přiřazena hodnota 1, viz (17). Ohodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria  $h_{ij}$  je vypočteno ze vzorce

$$h_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (18)$$

Nyní je možno přikročit k sestavení kritériální matice  $R = (h_{ij})$ . Tato matice je maticí hodnot užitkové funkce, její hodnoty jsou z intervalu  $\langle 0; 1 \rangle$  (Grasseová, 2010, s. 103) (Šubrt, 2015, s. 171). Poté je pro jednotlivé varianty vypočtena agregovaná funkce užitku  $u(a_i)$ , a to následovně:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j h_{ij} \quad (19)$$

Varianty jsou seřazeny sestupně podle hodnot  $u(a_i)$ , varianta s nejvyšší hodnotou funkce užitku je považována za kompromisní variantu (Šubrt, 2015, s. 171, 172).

**Metoda AHP** (Analytic Hierarchy Process – Analytický Hierarchický Proces) navržená Thomasem Saatym se dle Ramíka (1999, s. 68) snaží poskytnout takový proces, který „umožňuje připravit účinná rozhodnutí ve složitých situacích, zjednodušit a zrychlit přirozený proces rozhodování. AHP je metodou rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší komponenty - tzv. hierarchický systém.“ Šubrt (2015) tento systém nazývá jako hierarchickou strukturu. Formálně matematická definice hierarchie není cílem této práce, proto nechť je hierarchický systém, či hierarchická struktura definována jako struktura, která

obsahuje několik úrovní (v prostředí VHV nejčastěji 3), přičemž platí, že každá úroveň obsahuje několik prvků (Šubrt, 2015). Nadále platí, že úrovně jsou uspořádány od těch nejjobecnějších k těm nejkonkrétnějším a mezi prvky určitých úrovní jsou vazby (Jablonský, 2007). Tyto tři úrovně jsou podle Jablonského (2007, s. 282, 283) následující:

- Cíl vyhodnocování. Může jím být například výběr varianty, rozdělení variant do tříd, nebo uspořádání množiny.
- Kritéria vyhodnocování, pomocí nichž se hodnotí varianty.
- Varianty, které mají vztah ke kritériím v druhé úrovni.

Pokud se na hodnocení podílí více expertů, mezi úrovní cílů a kritérií se vyskytuje ještě úroveň expertů (Šubrt, 2015). Jedním ze způsobů vyjádření vazeb mezi prvky je obvykle jejich vyjádření numerickou hodnotou. Tedy, mezi cílem rozhodování a kritérii existují kvantifikované vazby, které vyjadřují váhy kritérií, a mezi kritérii a variantami jsou vazby, jež vyjadřují, jak dobře jsou varianty podle daného kritéria hodnoceny (Jablonský, 2007). Váhy v jednotlivých úrovních je možno stanovit pomocí Saatyho metody (Ramík, 1999). Takto získané váhy variant se označují jako lokální preference a znamenají poměr rozdělení váhy jednotlivých kritérií (Šubrt, 2015). Váhy kritérií necht' jsou označeny jako  $v_j$  a lokální preference variant, tedy ohodnocení  $i$ -té varianty podle  $j$ -tého kritéria, necht' je označena jako  $h_{ij}$ . Protože výchozí hodnota dělená mezi kritéria byla 1, musí platit

$$\sum_{j=1}^n v_j = \sum_{i=1}^m h_{ij} = 1 \quad (20)$$

a jejich celkový užitek může být vypočítán jako agregovaná funkce užitku podobně jako ve vzorci (19), tedy

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n h_{ij}. \quad (21)$$

Pro součet hodnot všech variant musí také logicky platit, že bude roven jedné (Jablonský, 2007, s. 283). Podle vzorce (5) lze odvodit, že při třech úrovních,  $n$  kritériích a  $m$  variantách bude počet porovnání  $p$  roven

$$\begin{aligned} p &= \binom{n}{2} + n \cdot \binom{m}{2} \\ p &= \frac{n \cdot (n - 1) + m \cdot n \cdot (m - 1)}{2} \\ p &= \frac{n \cdot (n - 1 + m \cdot (m - 1))}{2}. \end{aligned} \quad (22)$$



**Metoda TOPSIS** (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) je metoda, která je založena na seřazení vah z hlediska jejich vzdálenosti od ideální varianty  $H$  a bazální varianty  $D$ . Je zapotřebí vybrat variantu, která má co nejmenší vzdálenost od  $H$  a zároveň co největší vzdálenost od  $D$  (Jablonský, 2007). Veškerá kritéria budou předpokládána maximalizační, pokud jsou minimalizační, lze je převést na maximalizační pomocí postupů naznačených v kapitole 3.1. Samotný postup je podle Šubrt (2015, s. 177, 178) následující:

Konstrukce kritériální matice  $R = (r_{ij})$  podle vzorce

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}} \quad (23)$$

Sloupce matice  $R$  jsou vektory jednotkové délky. Nyní je možné přikročit k výpočtu normalizované kritériální matice  $W = (w_{ij})$  podle vztahu

$$w_{ij} = v_j r_{ij}. \quad (24)$$

Musí být určena ideální varianta  $H$  s ohodnocením dle kritérií  $(h_1, h_2, \dots, h_n)$  a bazální varianta  $D$  s ohodnocením dle kritérií  $(d_1, d_2, \dots, d_n)$  vzhledem k hodnotám matice  $W$ . Dále je možné vypočítat vzdálenost jednotlivých variant od ideální varianty

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (25)$$

a od bazální varianty

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2}. \quad (26)$$

Nyní je možné přikročit k výpočtu relativních ukazatelů vzdáleností jednotlivých variant od bazální varianty podle vzorce

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-}. \quad (27)$$

Hodnoty  $c_i \in \langle 0; 1 \rangle$ ,  $c_i = 0$  má bazální varianta  $D$  a hodnotu  $c_i = 1$  má ideální varianta  $H$  (Šubrt, 2015). Varianty lze uspořádat sestupně podle hodnoty  $c_i$ ,  $n$  prvních variant je poté řešením, číslo  $n$  je voleno podle požadavků zadavatele (Jablonský, 2007).

### 3.5 Popis notebooku

Na samotný závěr teoretické části je vhodné podat popis historie a jednotlivých komponent objektu, který je vybírán v praktické části práce. Podle Christenssona (Christensson, Per,;

2006) jsou notebooky, v angličtině uváděné jako laptopy, „přenosné počítače, které mohou být využity v různých prostředích. Mají display, klávesnici a touchpad, který se používá místo myši. Protože jsou notebooky zamýšleny jako cestovní nástroje, mají i baterie, které jim umožňují fungovat bez přímé dodávky elektrického proudu.“

Jak již bylo řečeno v úvodu, první předchůdce notebooku byl Dynabook Alana Kaye, který přednesl jeho koncept v roce 1972 (Kay C., 1972). Toto zařízení mělo sloužit dětem k výuce formou hry (1972, s. 2). Zajímavý je i jeho pohled na technické specifikace dynabooku: „velikost by neměla být větší než velikost notebooku (tím je nejspíš myšlen zápisník, na nákrese má dynabook rozměry 30,5 cm na délku, 22,9 cm na šířku a 1,9 cm na výšku... Uživatel by měl mít možnost použít Dynabook v práci jako terminál, nebo pro připojení k digitální knihovně ve škole... Display by měl být buď plochý plazmový, nebo by měl být uživatel schopen se připojit k CRT monitoru. (Kay C., 1972, s. 6)“ Notebooky se dále vyvíjely až do současnosti, kde jsou v některých aspektech (CPU) stejně a v jiných (GPU) podobně výkonné, jako současné počítače. Notebook se skládá z těchto prvků:

- **CPU** (Central Processing Unit), neboli procesor, je integrovaný obvod. Každý program na počítači mu ukládá instrukce, což jsou sekvence čísel s definovaným významem. To, kolik operací je schopen procesor za sekundu vykonat, určuje jeho výkon. Pokud je program napsaný nějakým vyšším programovacím jazykem, pak tento jazyk také obsahuje kompilátor, který dané příkazy přeloží assembleru, jež je dále přeloží do binárního kódu procesoru. Každý procesor v notebooku obsahuje cache, která se dělí do úrovní. Cache je mezipaměť mezi jednotlivými komponenty, které mají různou rychlost. (Patterson, 2014)
- **RAM** (Random Acces Memory) je paměť, v níž jsou uchovávány běžící programy a jejich data. Paměť RAM je typu DRAM (Dynamic RAM). Slovo dynamic znamená, že přístupová doba do libovolné části paměti je zhruba stejně dlouhá. Obvyklá velikost paměti RAM v dnešní době je mezi 8 a 32 GB (Patterson, 2014, s. 19).
- **Pevný disk** notebooku je místo, kde jsou dlouhodobě uchovávána data. Dělí se na dva typy – **HDD** (Hard Disk Drive) a **SSD** (Solid-State Drive). Informace jsou na HDD magneticky uloženy na plotně, která se otáčí. HDD dále obsahuje hlavu, která čte a zapisuje data. SSD neobsahuje žádné pohybující se části, je proto rychlejší. Jeho nevýhody jsou vyšší cena a nižší životnost (Patterson, 2014). Jejich obvyklá kapacita v notebooku je mezi 512 GB a 1024 GB.

- **GPU** (Graphic Processing Unit) je specializovaný procesor, který se zaměřuje na grafiku, tedy vykresluje změny obrazovky, zatížený je např. při hraní počítačových her nebo sledování filmů. V současných notebookech se uplatňují buď integrované, nebo dedikované GPU (Patterson, 2014). Dedikovaná GPU má vyšší výkon a spotřebu a je v notebooku fyzicky samostatná, integrovaná je součástí procesoru a je úsporná, obvykle však méně výkonnější. V současnosti jsou GPU na notebookech stále méně výkonnější než jejich desktopové verze (PassMark Software - Video Card (GPU) Benchmark Charts - Video Card Model List, 2021).
- **Monitor** je zobrazovací zařízení notebooku. Nejčastější typ monitoru je LCD (Liquid Crystal Display). Monitor se skládá z pixelů, což jsou nejmenší body displeje s dedikovaným osvětlením. Při standardním poměru stran 16:9 je počet pixelů obvykle 1920x1080. Tento počet se nazývá rozlišení displeje. Čím více pixelů monitor má, tím je obraz detailnější (Patterson, 2014).
- **Sběrnice** jsou skupiny vodičů, které zajišťují komunikaci mezi komponentami počítače, nebo mezi počítačem a připojenými zařízeními. Příkladem mohou být USB nebo HDMI.

V současné době je v notebooku standardem vícejádrový procesor, tedy procesor, který obsahuje více fyzických jednotek CPU. Při použití notebooku jako pracovního nástroje, který si zaměstnanec může brát domů, má jistě smysl řešit jeho zabezpečení. Toho je dosaženo následujícími prvky:

- **Biometrický sken.** Tento typ zabezpečení porovná biometrické údaje osoby, která se snaží získat přístup do systému s údaji, které má uložené, a v případě shody přístup povolí. Nejužívanější metody jsou otisk prstu nebo sken tváře. Je důležité zmínit, že notebook vybavený skenem tváře by měl být vybaven 3D kamerou, aby byl schopen rozlišit originální podobu od fotky, a kamerou schopnou natáčet v IR spektru, aby byl schopen uživatele ověřit i v přítomnosti
- **TPM.** TPM (Trusted Platform Module) je označení speciálního kryptoprocesoru, v němž jsou uloženy klíče, a který provádí kryptografické funkce. Umožňuje zašifrování disku, který se odemkne pouze pokud je správně zadáno heslo nebo ověřena autentizace uživatele.

## 4 Vlastní práce

V teoretické části byly představeny jednotlivé metody vícekritériálního rozhodování. V praktické části budou nejprve definována kritéria výběru notebooku, poté bude představen modelový zákazník, který následně kritéria ohodnotí. Proběhne výběr metody, která bude pro daný problém nejvhodnější, a její aplikace. Nejlepších N variant bude prezentováno zákazníkovi, který se k nim vyjádří a následně z nich vybere jednu, kterou by si zakoupil.

### 4.1 Kritéria výběru notebooku

V následujících podsekcích jsou definována jednotlivá kritéria, podle nichž bude modelový zákazník vybírat

#### **Cena – K1**

Cena je zde uváděna v Kč a zahrnuje v sobě DPH. Stanovuje se z položky „Cena“ u příslušného notebooku.

#### **Výkon procesoru – K2**

Výkon procesoru je závislý na jeho konstrukci, výrobci, taktu, počtu jader a velikosti cache. Jako souhrnný ukazatel výkonu jednotlivých modelů CPU je zvolen výstup z programu PerformanceTest 10 společnosti PassMark Software (PassMark CPU Benchmarks - New Laptop CPUs Performance, 2021). Procesory jsou řazeny podle skóre, kterého dosáhly v benchmarkovacím programu.

#### **Velikost operační paměti – K3**

Velikost operační paměti RAM je uváděna v GB. Vyšší velikost RAM umožňuje uživateli mít spuštěných více aplikací, než velikost nižší, plynulejší běh počítače a rychlejší řešení výpočetně složitých problémů.

#### **Hmotnost notebooku – K4**

Hmotnost notebooku je uváděna v kg. Nižší hmotnost je pro uživatele v případě častějšího přenášení, které je u pracovního notebooku předpokládáno, velmi výhodná.

#### **Výdrž baterie – K5**

Výdrž baterie udává dobu, po které dojde k úplnému vybití notebooku, a je měřena v hodinách (h). Při jejím zjišťování je vycházeno z informací jednotlivých prodejců elektroniky. Pokud produkt nemá uvedenou výdrž baterie a přesto prošel filtrem internetového obchodu, lze předpokládat, že kritéria splňuje. Je mu proto přiřazena hodnota aspirační úrovně.

### **Výkon grafické karty – K6**

Jako souhrnný ukazatel výkonu je opět zvolen výstup z benchmarkovacího programu společnosti PassMark Software (PassMark Software - Video Card (GPU) Benchmark Charts - Video Card Model List, 2021) a karty jsou taktéž řazeny podle skóre. Není zde rozlišováno, zda jde o kartu dedikovanou, nebo integrovanou.

### **Velikost a typ uložení – K7**

Velikost uložení je uváděna v GB. Díky vyšší velikosti uložení je uživatel schopen mít nainstalovaných více aplikací a mít uložených více souborů. Existují dva typy uložení – SSD a HDD. Starší HDD je levnější a pomalejší, zatímco SSD je rychlejší a dražší. SSD umožňuje například rychlejší start systému. Pokud bude uložení typu HDD, hodnota kritéria bude 0.

### **Konektivita – K8**

Konektivita v sobě zahrnuje možnost připojení externích zařízení pomocí sběrnic. Umožňuje připojení externího monitoru (Thunderbolt, HDMI), externích disků a periférií (USB 3.0) a připojení k internetu (Ethernet).

### **Zabezpečení – K9**

Manažer na řídicí pozici má přístup k choulostivým a interním firemním dokumentům, jejichž vyzrazení by mohlo ohrozit současnou firemní pozici na trhu. Zabezpečení zahrnuje zabránění přístupu nepovolaným osobám k datům v počítači pomocí čtečky otisků prstů, 3D skeneru obličeje a funkce TPM, či její obdoby.

## **4.2 Popis zákazníka**

Zákazník je projektovým manažerem v nadnárodní IT korporaci. Notebook, který mu dosud sloužil jako pracovní, se porouchal a jeho soukromý je již morálně zastaralý. Ve firmě je praktikována politika BYOD (Bring Your Own Device), takže se rozhodl, že si sám koupí nový notebook, který bude sloužit jako osobní i pracovní. Důležitá je pro něj zejména váha, která by se neměla pohybovat přes 2,2 kg, protože bude notebook často přenášet z domova do práce a v práci na různé porady. Chce, aby jeho notebook měl uložení SSD o velikosti alespoň 500 GB. Díky tomu, že na notebooku budou jak soukromé, tak strategické pracovní materiály, požaduje nějakou formu zabezpečení. Výkon grafické karty jej příliš neomezuje, ale chce alespoň výkon na úrovni 8. generace integrovaných grafik intel, zato výkon

procesoru pro něho důležitý je, požaduje minimálně výkon 8. generace procesoru Intel core i7. Z důvodu častých porad a prezentací potřebuje nějakou formu připojení k monitoru, buď Thunderbolt nebo HDMI. Pracovní dobu má osmihodinovou, chce mít také rezervu pro nenadálé případy, proto potřebuje alespoň desetihodinovou výdrž baterie. Velikost RAM požaduje aspoň 8 GB. Cenový limit má do 70 000,- s DPH.

### 4.3 Aspirační úrovně

Všechna kritéria kromě konektivity a zabezpečení jsou kvantitativní. Pro převod obou kritérií na kvantitativní kritéria bude použita metoda pořadí.

Nejhorší možné variantě, notebooku bez zabezpečení, bude přiřazena hodnota 0, notebooku se čtečkou otisků prstů hodnota 1 a notebooku s 3D skenem obličeje hodnota 2.

Všechny varianty notebooků bez HDMI a thunderboltu budou označeny hodnotou 0. Takové, které budou mít jen usb a thunderbolt, nebo usb a HDMI, budou označeny hodnotou jedna a takové, které budou mít thunderbolt a HDMI, budou označeny hodnotou dva.

V následující tabulce jsou označena všechna kvantitativní kritéria, pokud ho mají, je uveden alias, pod kterým budou v tabulkách dále vystupovat, je uvedena jejich povaha a jednotky, v kterých budou měřeny.

Název	Alias	Povaha	Jednotky	Aspirační úrovně
Cena	-	Minimalizační	Kč (-,-)	70 000,-
Výkon procesoru	CPU	Maximalizační	Bod (b)	2964 b
Velikost operační paměti	RAM	Maximalizační	Gigabajt (GB)	8 GB
Hmotnost notebooku	váha	Minimalizační	Kilogram (kg)	2,2 kg
Výdrž baterie	výdrž	Maximalizační	Hodina (h)	10 h
Výkon grafické karty	GPU	Maximalizační	Bod (b)	765 b
Velikost uložení	disk	Maximalizační	Gigabajt (GB)	500 GB

Tabulka 2 – kritéria zdroj: Vlastní zpracování.

V následujících dvou tabulkách je uveden převod kvalitativních kritérií na kritéria kvantitativní.

Název	Povaha	Skutečnost	Hodnota	Aspirační úroveň
Zabezpečení	maximalizační	Bez zabezpečení	0	1
		Otisk prstu	1	
		Sken tváře	2	

*Tabulka 3 – převod zabezpečení zdroj: Vlastní zpracování*

Název	Povaha	Skutečnost	Hodnota	Aspirační úroveň
Konektivita	maximalizační	Nemá HDMI a Thunderbolt	0	1
		Má usb a thunderbolt nebo usb a HDMI	1	
		Má thunderbolt a HDMI	2	

*Tabulka 4 – převod konektivity zdroj: Vlastní zpracování*

#### 4.4 Představení e-shopů

Vzhledem k momentální pandemické situaci (leden 2021) musí být nákup notebooku realizován prostřednictvím e-shopu. Budou tedy vybrány dva největší e-shopy s elektronikou, a to sice Alza.cz a.s. a CZC.cz s.r.o. (Top online consumer electronics stores in Czech Republic by revenue ecommerceDB.com.).

Alza.cz je největší český e-shop s elektronikou, provozuje i síť kamenných poboček. Jejím jediným akcionářem je firma L.S. INVESTMENTS LIMITED, která má sídlo na Kypru a jejíž akcionáři nejsou známi. Jednatel společnosti Alza.cz je Aleš Zavoral, který ji pod jménem Alzasoft.cz v roce 2003 založil (Veřejný rejstřík a Sběrka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: Alza.cz a.s.).

CZC.cz je druhý největší český e-shop s elektronikou, který taktéž provozuje pobočky. Pod jménem Czech Computer s.r.o byla tato společnost v roce 1998 zapsána do obchodního rejstříku. Založili ji manželé Matějkovi a v roce 2015 ji prodali společnosti E-commerce holding, a.s., která je dceřinou společností společnosti Mall group a.s. (Veřejný rejstřík a

Sbírka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: Mall Group a.s.) (Veřejný rejstřík a Sbírka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: CZC.cz s.r.o.).

## 4.5 Výběr notebooku

Manažer definoval svá kritéria a určil jejich aspirační úrovně. Nyní bude vybrána metoda pro stanovení váhy kritérií, budou vybrány samotné notebooky a metoda pro určení kompromisní varianty. Po stanovení vah a výběru kompromisní varianty bude vybráno pět nejlepších variant, které budou dále rozebrány.

### 4.5.1 Metodika výběru notebooku

Notebook bude vybrán z nabídky Alza.cz a CZC.cz. Budou vybrány pouze takové notebooky, které budou mít typ uložště SSD a jeho velikost aspoň 500GB, nějakou formu zabezpečení, budou mít 16 GB RAM a víc, jejich procesor bude core i7 8. řady nebo jeho ekvivalent a vyšší, výdrž baterie bude přes 10 hodin, váha pod 2,2 kilogramu, grafická karta výkonový ekvivalent integrovaných grafik intel 8. generace a bude mít HDMI nebo Thunderbolt. Všechny tyto hodnoty odpovídají aspiračním hodnotám kritérií. Pokud bude na obou e-shopech jiná cena, bude vzata cena nižší, pokud stejná, bude to uvedeno v tabulce. Pokud se budou údaje o váze či výdrži baterie u e-shopů lišit, bude brána v potaz horší hodnota daného výrobku.

### 4.5.2 Stanovení vah kritérií

Manažer je schopen u každé dvojice kritérií určit, které z nich je důležitější. Z toho důvodu bude použita metoda Fullerova trojúhelníku.

	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	$n_j$	$v_j$
K1	1 2	1 3	1 4	1 5	1 6	1 7	1 8	1 9	5	0,139
K2		2 3	2 4	2 5	2 6	2 7	2 8	2 9	6	0,167
K3			3 4	3 5	3 6	3 7	3 8	3 9	3	0,083
K4				4 5	4 6	4 7	4 8	4 9	4	0,111
K5					5 6	5 7	5 8	5 9	3	0,083
K6						6 7	6 8	6 9	1	0,028
K7							7 8	7 9	6	0,167
K8								8 9	5	0,139
K9									3	0,083

Tabulka 5 – kritéria ve Fullerově trojúhelníku zdroj: Vlastní zpracování



#### 4.5.3 Výběr jednotlivých modelů

Z nabídky prodejců CZC.cz a Alza.cz bylo vybráno 17 notebooků, klíč výběru byl víceméně náhodný, hodnoty jsou aktuální k datu 10. února 2021. Výběr proběhl s využitím filtru, který obě webové stránky uživateli nabízejí, hodnoty zde byly stejné jako aspirační hodnoty jednotlivých kritérií. V následujících dvou tabulkách jsou jednotlivé modely specifikovány, v té první je každému modelu přiřazeno číslo, pod nímž bude v práci nadále vystupovat.

číslo	název	Cena	CPU	GPU	RAM
1	Lenovo ThinkPad T15 Gen 1 Black	33390	Intel Core i5 10210U	Intel UHD Graphics 620	8
2	Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 8 LTE	57990	Intel Core i7-10510U	Intel UHD Graphics 620	16
3	Lenovo ThinkPad X13 Gen 1 Black	43990	Intel Core i7-10510U	Intel UHD Graphics 620	16
4	HP EliteBook 830 G7	23990	Intel Core i7-10710U	Intel UHD Graphics 620	16
5	HP EliteBook 840 G7	29990	Intel Core i7-10710U	Intel UHD Graphics 620	16
6	Fujitsu Lifebook U7510, černá	36790	Intel Core i7-10510U	Intel UHD Graphics 620	16
7	Lenovo Yoga Slim 7 14ARE05	24989	AMD Ryzen 7 4700U	AMD Radeon Graphics	16
8	HP EliteBook 840 G6	37990	Intel Core i7-8565U	Intel UHD Graphics 620	16
9	Acer TravelMate P614 (TMP614-51T-G2-769N)	36990	Intel Core i7-10510U	Intel UHD Graphics 620	16
10	HP EliteBook x360 1030 G4	44990	Intel Core i5-8265U	Intel UHD Graphics 620	16
11	Acer Swift 7 (SF714-52T-74AT)	46990	Intel Core i7-8500Y	Intel UHD Graphics 615	16
12	Dell XPS 13 (7390)	49990	Intel Core i7-1065G7	Intel Iris Plus Graphics	16
13	HP ZBook Firefly 15 G7	42490	Intel Core i7-10510U	NVIDIA Quadro P520	16
14	Dell Latitude 14 (5411)	36990	Intel Core i7-10850H	NVIDIA GeForce MX250	16
15	Dell Vostro 14	31590	Intel Core i7-1165G7	NVIDIA GeForce MX330	16

16	Asus Zenbook 14 UX425EA-BM074R	30990	Intel Core i7-1165G7	Intel Iris Xe Graphics	16
17	Lenovo ThinkPad X1 Nano Gen 1	69990	Intel Core i7-1160G7	Intel Iris Xe Graphics	16

*Tabulka 6 – modely notebooků zdroj: Vlastní zpracování*

Číslo	Disk	Váha	Výdrž	Konektivita	Zabezpečení	eshop
1	512	1,86	15	2	1	czc
2	512	1,09	19,5	2	1	alza
3	512	1,03	15,9	1	1	alza
4	512	1,24	23	2	2	alza
5	512	1,34	23	2	2	czc
6	512	1,71	10	2	2	czc
7	512	1,33	17,5	2	2	alza
8	512	1,48	10	2	2	czc
9	1024	1,2	16	2	1	czc
10	512	1,25	10	2	2	czc
11	512	0,9	11,5	1	1	czc
12	512	1,32	10	1	1	czc
13	512	1,7	10	2	2	czc
14	512	1,54	12	2	1	alza
15	512	1,41	10	1	1	czc
16	512	1,2	21	2	2	czc
17	1024	0,98	13,6	1	2	alza

*Tabulka 7 – modely, pokračování zdroj: Vlastní zpracování*

Modely procesorů a grafických karet byly zadány do benchmarkovacího programu společnosti Passmark Software Pty Ltd. (PassMark Software - Video Card (GPU) Benchmark Charts - Video Card Model List, 2021) (PassMark CPU Benchmarks - New Laptop CPUs Performance, 2021). V následujících tabulkách je uveden počet bodů, které jednotlivé modely získaly.

Grafická karta	Počet bodů
Intel Iris Xe Graphics	2868
NVIDIA GeForce MX330	2673
NVIDIA GeForce MX250	2567
NVIDIA Quadro P520	2190
AMD Radeon Graphics	2035
Intel Iris Plus Graphics G7	1869
Intel UHD Graphics 620	1050
Intel UHD Graphics 615	765

*Tabulka 8 – body GPU zdroj: Vlastní zpracování*

Processor	Počet bodů
AMD Ryzen 7 4700U	13 803
Intel Core i7-10850H	12655
Intel Core i7-1160G7	10997
Intel Core i7-1165G7	10459
Intel Core i7-10710U	10019
Intel Core i7-1065G7	8 892
Intel Core i7-10510U	7014
Intel Core i5-10210U	6526
Intel Core i7-8565U	6405
Intel Core i5-8265U	6156
Intel Core i7-8500Y	2964

Tabulka 9 – body CPU zdroj: Vlastní zpracování

Sedmnáct vybraných notebooků mělo celkem osm různých grafických karet a jedenáct různých procesorů. Z osmi grafických karet jich bylo pět integrovaných, dodávaných výrobcem procesorů, a tři dedikované, všechny od výrobce NVIDIA. Deset z jedenácti modelů procesorů bylo vyrobeno společností Intel a pouze jeden společností AMD. Procesory společnosti Intel jsou zastoupeny od osmé až po jedenáctou generaci a vyskytují se v řadách i5 a i7, jediné CPU od AMD je Ryzen 7 architektury Zen 2. Finální tabulka je uvedena na další straně, zde byla jména modelů procesorů a grafických karet již nahrazena odpovídajícími počty bodů, produkty zde již vystupují pouze podle čísla.

Číslo	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
1	33390	6526	8	1,86	15	1050	512	1	2
2	57990	7014	16	1,09	19,5	1050	512	1	2
3	43990	7014	16	1,03	15,9	1050	512	1	1
4	23990	10019	16	1,24	23	1050	512	2	2
5	29990	10019	16	1,34	23	1050	512	2	2
6	36790	7014	16	1,71	10	1050	512	2	2
7	24989	13 803	16	1,33	17,5	2035	512	2	2
8	37990	6405	16	1,48	10	1050	512	2	2
9	36990	7014	16	1,2	16	1050	1024	1	2
10	44990	6156	16	1,25	10	1050	512	2	2
11	46990	2964	16	0,9	11,5	765	512	1	1
12	49990	8 892	16	1,32	10	1869	512	1	1
13	42490	7014	16	1,7	10	2190	512	2	2
14	36990	12655	16	1,54	12	2567	512	1	2
15	31590	10459	16	1,41	10	2673	512	1	1
16	30990	10459	16	1,2	21	2868	512	2	2
17	69990	10997	16	0,98	13,6	2868	1024	2	1
<b>váha</b>	<b>0,139</b>	<b>0,167</b>	<b>0,083</b>	<b>0,111</b>	<b>0,083</b>	<b>0,028</b>	<b>0,167</b>	<b>0,139</b>	<b>0,083</b>
<b>povaha</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>	<b>max</b>

Tabulka 10 – kritériální matice zdroj: Vlastní zpracování

#### 4.5.4 Aplikace metody

Z celkového počtu devíti kritérií jich je 7 maximalizačních, všechna jsou, nebo byla převedena na kvantitativní. Pokud by byla vybrána metoda AHP, došlo by ke ztrátě kardinální informace o kritériích. V úvahu z výše popsaných metod připadá metoda TOPSIS a metoda vážených součtů. K porovnání jednotlivých variant byla vybrána metoda TOPSIS. Výhodou je, že je implementována v doplňku MCAKOSA. Byla určena bazální a ideální varianta, jejichž hodnoty jsou v následující tabulce.

Varianta	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
Ideální (H)	23990	13803	16	0,9	23	2868	1024	2	2
Bazální (D)	69990	2964	8	1,86	10	765	512	1	1

*Tabulka 11 – ideální a bazální varianta zdroj: Vlastní zpracování*

Pro samotný výpočet byl využit MS Excel 2003 s nainstalovaným doplňkem MCKOSA, tento doplněk se autorovi v novější verzi Office 365 nepodařilo zprovoznit, vstupní data byla naformátována dle požadavků vydavatelů doplňku (Příloha 4) a výsledky byly sestaveny do tabulky (Příloha 2, Příloha 1).

Metoda TOPSIS		
Pořadí	Vzdálenost	číslo
1	0,650419718	7
2	0,597725379	4
3	0,595206942	16
4	0,579792515	5
5	0,579466629	17
6	0,561242555	9
7	0,540450702	14
8	0,496054819	15
9	0,438115253	6
10	0,427965262	8
11	0,420572484	13
12	0,405597474	10
13	0,386370339	12
14	0,384260338	3
15	0,382296021	1
16	0,356891585	2
17	0,291469148	11

*Tabulka 12 – TOPSIS zdroj: Vlastní zpracování*

## 5 Výsledky a diskuse

Nejdříve budou v tabulce uvedeny průměrné hodnoty některých kritérií, srovnání tak bude přehlednější. Dále budou podrobněji rozebrány hodnoty prvních pěti výsledků a jejich rozdíly budou dále diskutovány. U rozdílu ceny jsou brány v potaz výrobky, které byly v době provádění výběru (začátek února 2021) v nabídce obou e-shopů. Podrobnější tabulka je uvedena v přílohách, viz Příloha 3. Hodnoty jsou zaokrouhleny na dvě desetinná místa.

Kritérium	cena	váha	výdrž	Rozdíl ceny
<b>Průměrná hodnota</b>	40007,59	1,33	14,59	5722,22

*Tabulka 13 – průměrné hodnoty vybraných kritérií zdroj: Vlastní zpracování*

### 5.1 Analýza výsledků

Na prvním místě se umístil notebook Lenovo Yoga Slim 7 14ARE05 s pořadovým číslem 7, na druhém laptop HP EliteBook 830 G7 s číslem 4, na třetím Asus Zenbook 14 UX425EA-BM074R s číslem 16, na čtvrtém HP EliteBook 840 G7 s číslem 5 a na pátém notebook Lenovo ThinkPad X1 Nano Gen 1 s číslem 17.

Vítězný notebook Lenovo stojí 24 989,-, což je druhá nejnižší cena, má ze všech testovaných notebooků nejvyšší výkon CPU, a tak jako většina má 16 GB RAM. Váží 1,33 kg, což je průměrná hodnota a na jedno nabití vydrží 17,5 hodiny, a to je nadprůměrné. Jeho grafická karta je pátá v pořadí a má 512 GB úložného prostoru, což je standard. Má oba konektory, tedy jak HDMI, tak i Thunderbolt. Notebook umožňuje uživateli autentizaci pomocí skenu obličeje.

Druhý se umístil notebook HP EliteBook 830 G7 s celkově nejnižší cenou 23 990,-. Má také nejvyšší výdrž, 23 hodin, a nadprůměrnou váhu 1,24 kg. 16 GB RAM a 512 GB SSD je standardem. Výkon CPU je pátý nejvyšší, výkon GPU druhý nejnižší. Notebook umožňuje připojení pomocí Thunderboltu a HDMI, uživateli nabízí i sken obličeje.

Třetí místo obsadil Asus Zenbook 14 s cenou 30 990,-, což je hodnota stále nadprůměrná. Váha 1,2 kg a výdrž baterie 21 hodin taktéž. Tento model obsahuje čtvrtý nejlepší procesor, má 512 GB uložení a 16 GB operační paměti. Nabítení vydrží 21 hodin. Má konektory Thunderbolt a HDMI a umožňuje přihlášení přes sken obličeje. Jeho grafická karta je ze všech testovaných notebooků nejlepší.

Čtvrtý model, HP EliteBook 840 G7 má stejné specifikace jako notebook na druhém místě, jedinými rozdíly jsou váha 1,34 kg, tedy o 100 gramů více než druhý notebook, a cena 29 990,-, o 6 000,- více než druhý notebook. Tento rozdíl bude rozebrán v diskuzi.

Pátý notebook Lenovo ThinkPad X1 Nano Gen 1 měl nejvyšší cenu 69 990,-, což bylo jen těsně pod aspirační úroveň kritéria. Nejlepší skóre GPU, nejvyšší kapacita SSD a druhá nejmenší váha mu tento handicap nejspíš dovolily překonat. Třetí nejlepší hodnota u testu CPU je vyvážena podprůměrnou výdrží 13,6 h. Notebook umožňuje přihlášení pomocí rozpoznání tváře, ale má jen konektor Thunderbolt.

Varianta HP EliteBook 830 G7 zcela jistě dominuje variantu HP EliteBook 840 G7, má lepší cenu a váhu, zbytek specifikací je stejný. Jako kompromisní varianta vhodná k nákupu je doporučena varianta Lenovo Yoga Slim 7. Druhá nejlepší varianta, HP EliteBook 830 G7, je doporučenou alternativou. V případě, že by se modelový zákazník rozhodl, že je ochoten utratit za notebook více peněz, a to i na horní hranici svých požadavků, může si vybrat z notebooků Asus Zenbook 14, nebo Lenovo ThinkPad X1 Nano Gen 1. Tyto notebooky mu zaručují, že investované prostředky se odrazí i ve zvýšené kvalitě.

## 5.2 Diskuze

Hned ze začátku je třeba adresovat jeden problém. Jak si čtenář jistě povšiml, notebooky HP EliteBook 840 G7 a 830 G7 jsou stejné ve všem kromě váhy a ceny. Důvodem je to, že jako kritérium nebyla zvolena velikost úhlopříčky displaye, která je u notebooku 830 13.3" a u notebooku 840 14". Pokud se zvětší display, je logický nárůst ceny i váhy. Ovšem při absenci podobného kritéria dochází k situaci, kdy je ten samý model notebooku s větším displayem dominován notebookem s menším displayem. Větší display umožňuje lepší sledování filmů nebo hraní her, ovšem pro zákazníka kategorie manažer takovou výhodu nepředstavuje. Jistě by se dalo namítnout, že větší obrazovka dává větší pracovní prostor, který zvyšuje produktivitu. To je sice pravda, ovšem ani sebelepší 14" notebook se nemůže rovnat dedikovanému pracovnímu ultrawide monitoru s úhlopříčkou 29" nebo 34" a poměrem stran 21:9. Pokud bude manažer pracovat na projektu, který to vyžaduje, má možnost svůj notebook připojit k externímu monitoru požadované velikosti. Z toho důvodu nebylo kritérium velikosti monitoru bráno v potaz.

Notebooky byly vybírány podle náhodného klíče ze všech produktů, které splňovaly aspirační úroveň. Jejich průměrná cena byla asi 40 000,- a obě varianty doporučené k nákupu mají cenu nižší. Zajímavým faktem je rozdíl ceny u jednotlivých e-shopů. Produktů, které

byly v dané době v nabídce obou e-shopů a měly jinou cenu, bylo 9, viz přílohy. Nejnižší rozdíl ceny byl 100,- u notebooku Fujitsu Lifebook U7510, ten nejvyšší, celých 15 000,-, u notebooku HP ZBook Firefly 15 G7. Průměrný cenový rozdíl činil zhruba 5722,-. Počet notebooků vybraných od firmy CZC byl 11, od firmy Alza 6. Z těchto jedenácti jich konkurenční e-shop neměl v nabídce sedm, v případě Alzy šlo o jeden produkt. Tedy 4 notebooky byly levnější u CZC a 5 notebooků bylo levnějších u Alzy. Z těchto výsledků se dá usuzovat, že cenově je nabídka obou e-shopů poměrně vyrovnaná a z tohoto hlediska nelze doporučit jeden e-shop jako primární místo pro nákup notebooků. Z pohledu dostupnosti je na tom lépe CZC.

Jedním z problémů při zpracovávání práce bylo i neustále aktualizování popisu výrobků ze strany obou společností. Například notebook, který se umístil pátý, měl na začátku února uvedenou váhu 0,98 kg, ovšem v březnu byl popisek změněn na váhu 0,907 kg u Alzy a na 0,939 kg u CZC.

Na prvních pěti příčkách se umístily dva notebooky značky Lenovo, dva notebooky značky HP a jeden notebook značky Asus. Bylo by možné tvrdit, že notebooky firmy Lenovo a HP jsou dle zvolené metodiky považovány za kvalitní. Při sedmnácti variantách však nelze sestavit přehled trhu s notebooky, reprezentativní vzorek je příliš malý. Kupříkladu notebook firmy Asus byl ve výběru pouze jeden, kdežto každá z firem Lenovo a HP měla v testu 5 zástupců. Celkový podíl jednotlivých značek na trhu s notebooky nebo počet jimi nabízených modelů v jednotlivých kategoriích autor bohužel nezná, mohlo by však jít o zajímavé téma pro jinou bakalářskou práci. Jako jedna z možností, jak se dobrat spolehlivých dat o trhu s notebooky, se nabízí navýšení počtu testovaných notebooků. Pokud by byl takovýto sběr prováděn ručně, bylo by to nesmírně náročné. Řešením by mohlo být použití automatizovaného prohlíдача, tzv. scrapera, který by na webu vyhledával místo řešitele. Autor se sám pokoušel podobného robota zprovoznit, narazil ovšem na problém ochrany stránek před podobnými praktikami.

## 6 Závěr

Bakalářská práce se zabývá výběrem notebooku pomocí metod vícekriteriální analýzy variant. V teoretické části je literární rešerše, výklad základních prvků vícekriteriální analýzy variant a popis některých metod. V praktické části jsem postupoval podle poznatků z teoretické části, určil jsem váhy kritérií, vybral metodu rozhodování a provedl výběr kompromisní varianty. Vybral jsem notebook Lenovo Yoga Slim, jako alternativu pak HP EliteBook 830 G7. Co se týče zmapování nabídky notebooků, kategorie manažerských a pracovních notebooků je v současné době velmi rozsáhlá. Do značné míry tomu přispívá i fakt, že v důsledku práce na homeoffice se prodeje takovýchto zařízení zvýšily. Cena 24 989,- u nejlepší varianty by pro současné zákazníky z řad manažerů neměla být problém. Věřím, že by se má práce mohla stát návodem pro širší skupinu zákazníků. Pokud budou mít jiné priority, mohou jednoduše změnit váhy jednotlivých kritérií.



## 7 Seznam použitých zdrojů

### Tištěné zdroje

BEČVÁŘ, Jindřich, 2010. Lineární algebra. Vyd. 4. Praha: Matfyzpress. ISBN 978-807-3781-354.

BROŽOVÁ, Helena a Milan HOUŠKA, 2002. Základní metody operační analýzy. 1. vyd. Praha: Credit. ISBN 80-213-0951-2.

FOTR, Jiří a Lenka ŠVECOVÁ, 2016. Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje. Třetí, přepracované vydání. Praha: Ekopress. ISBN ISBN978-80-87865-33-0.

GRASSEOVÁ, Monika, Miroslav MAŠLEJ a Bohumil BRECHTA, 2010. Manažerské rozhodování: teoretická východiska a praktické příklady. Brno: Univerzita obrany. ISBN 978-80-7231-730-1.

JABLONSKÝ, Josef, 2007. Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. 3. vyd. Praha: Professional Publishing. ISBN ISBN978-80-86946-44-3.

PATTERSON, David A. a John L. HENNESSY, 2014. Computer organization and design: the hardware/software interface. 5th ed. Amsterdam: Morgan Kaufmann. Morgan Kaufmann series in computer architecture and design. ISBN 978-0-12-407726-3.

RAMÍK, Jaroslav, 1999. Vícekriteriální rozhodování - analytický hierarchický proces (AHP). 1. vyd. Karviná: Slezská univerzita. ISBN 80-724-8047-2.

ŠUBRT, Tomáš, 2015. Ekonomicko-matematické metody. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk. ISBN 978-80-7380-563-0.

### Internetové zdroje

PassMark Software - Video Card (GPU) Benchmark Charts - Video Card Model List, 2021. PassMark Software - PC Benchmark and Test Software [online]. Surry Hills: PassMark Software [cit. 2021.02.26]. Dostupné z: [https://www.videocardbenchmark.net/gpu\\_list.php](https://www.videocardbenchmark.net/gpu_list.php)

PassMark CPU Benchmarks - New Laptop CPUs Performance, c2021. PassMark Software - PC Benchmark and Test Software [online]. Surry Hills: PassMark Software [cit. 2021.02.26]. Dostupné z: <https://www.cpubenchmark.net/laptop.html>

KAY C., Alan, 1972. A Personal Computer for Children of All Ages. In: *ACM Proceedings of the ACM National Conference, Boston* [online]. B.m.: ACM. [cit. 2021.03.11] Dostupné z: <http://www.mprove.de/diplom/gui/Kay72a.pdf>

Veřejný rejstřík a Sběrka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: CZC.cz s.r.o.. [online]. Copyright © 2012 [cit. 25.01.2021]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=499941&typ=UPLNY>

Veřejný rejstřík a Sběrka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: Mall Group a.s.. [online]. Copyright © 2012 [cit. 25.01.2021]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=1063776&typ=PLATNY>

Veřejný rejstřík a Sběrka listin - Ministerstvo spravedlnosti České republiky: Alza.cz a.s.. [online]. Copyright © 2012 [cit. 25.01.2021]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=701502&typ=UPLNY>

Top online consumer electronics stores in Czech Republic by revenue ecommerceDB.com. [online]. [cit. 2021.02.26] Dostupné z: <https://ecommercedb.com/en/ranking/cz/consumer-electronics>

CHRISTENSSON, PER;, 2006. Laptop Definition [online]. Sharpened Productions [cit. 2021.03.12]. Dostupné z: <https://techterms.com/definition/laptop>

Lenovo ThinkPad T15 Gen 1 Black [online]. [cit. 2021.02.03] Dostupné z: <https://www.czc.cz/lenovo-thinkpad-t15-gen-1-cerna/291578/produkt>

Lenovo ThinkPad X1 Carbon Gen 8 LTE [online]. [cit. 2021.02.03] Dostupné z: <https://www.alza.cz/lenovo-thinkpad-x1-carbon-6?dq=6162868>

Lenovo ThinkPad X13 Gen 1 Black [online]. [cit. 2021.02.03] Dostupné z: <https://www.alza.cz/lenovo-thinkpad-x1-carbon-6?dq=5884945>

HP EliteBook 830 G7 [online]. [cit. 2021.02.05] Dostupné z: <https://www.alza.cz/hp-elitebook-830-g5?dq=6134079>

HP EliteBook 840 G7 [online]. [cit. 2021.02.05] Dostupné z: [https://www.czc.cz/hp-elitebook-840-g7-stribrna\\_2/297741/produkt](https://www.czc.cz/hp-elitebook-840-g7-stribrna_2/297741/produkt)

Fujitsu Lifebook U7510 [online]. [cit. 2021.02.05] Dostupné z: [https://www.czc.cz/fujitsu-lifebook-u7510-cerna\\_2/305889/produkt](https://www.czc.cz/fujitsu-lifebook-u7510-cerna_2/305889/produkt)

Lenovo Yoga Slim 7 14ARE05 [online]. [cit. 2021.02.05] Dostupné z: <https://www.alza.cz/lenovo-yoga-slim-7-14?dq=6107669>

HP EliteBook 840 G6 [online]. [cit. 2021.02.05] Dostupné z: [https://www.czc.cz/hp-elitebook-840-g6-stribrna\\_2/267820/produkt](https://www.czc.cz/hp-elitebook-840-g6-stribrna_2/267820/produkt)

Acer TravelMate P614 (TMP614-51T-G2-769N) [online]. [cit. 2021.02.07] Dostupné z: <https://www.czc.cz/acer-travelmate-p614-tmp614-51t-g2-769n-cerna/286183/produkt>

HP EliteBook x360 1030 G4 [online]. [cit. 2021.02.07] Dostupné z: [https://www.czc.cz/hp-elitebook-x360-1030-g4-stribrna\\_3/281456/produkt](https://www.czc.cz/hp-elitebook-x360-1030-g4-stribrna_3/281456/produkt)

Acer Swift 7 (SF714-52T-74AT) [online]. [cit. 2021.02.07] Dostupné z: <https://www.czc.cz/acer-swift-7-sf714-52t-74at-cerna/266756/produkt>

Dell XPS 13 (7390) [online]. [cit. 2021.02.08] Dostupné z: [https://www.czc.cz/dell-xps-13-7390-stribrna-cerna\\_8/272090/produkt](https://www.czc.cz/dell-xps-13-7390-stribrna-cerna_8/272090/produkt)

HP ZBook Firefly 15 G7 [online]. [cit. 2021.02.08] Dostupné z: <https://www.czc.cz/hp-zbook-firefly-15-g7-seda/299077/produkt>

Dell Latitude 14 (5411) [online]. [cit. 2021.02.08] Dostupné z: <https://www.alza.cz/dell-latitude-5490?dq=5863466>

Dell Vostro 14 [online]. [cit. 2021.02.10] Dostupné z: [https://www.czc.cz/dell-vostro-14-5402-seda\\_2/310142/produkt](https://www.czc.cz/dell-vostro-14-5402-seda_2/310142/produkt)

Asus Zenbook 14 UX425EA-BM074R [online]. [cit. 2021.02.10] Dostupné z: [https://www.czc.cz/asus-zenbook-ux425ea-seda\\_2/303133/produkt](https://www.czc.cz/asus-zenbook-ux425ea-seda_2/303133/produkt)

Lenovo ThinkPad X1 Nano Gen 1 [online]. [cit. 2021.02.10] Dostupné z: <https://www.alza.cz/lenovo-thinkpad-x1-carbon-6?dq=6296991>

## 8 Přílohy

**Analýza pro model Výběr notebooku**

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
1	0,02705	0,0297	0,010295	0,037004	0,019733	0,004034	0,034822	0,020955	0,022802
2	0,046979	0,031921	0,02059	0,021685	0,025653	0,004034	0,034822	0,020955	0,022802
3	0,035638	0,031921	0,02059	0,020491	0,020917	0,004034	0,034822	0,020955	0,011401
4	0,019435	0,045597	0,02059	0,024669	0,030258	0,004034	0,034822	0,04191	0,022802
5	0,024296	0,045597	0,02059	0,026659	0,030258	0,004034	0,034822	0,04191	0,022802
6	0,029805	0,031921	0,02059	0,03402	0,013156	0,004034	0,034822	0,04191	0,022802
7	0,020244	0,062819	0,02059	0,02646	0,023022	0,007818	0,034822	0,04191	0,022802
8	0,030777	0,02915	0,02059	0,029444	0,013156	0,004034	0,034822	0,04191	0,022802
9	0,029967	0,031921	0,02059	0,023873	0,021049	0,004034	0,069644	0,020955	0,022802
10	0,036448	0,028016	0,02059	0,024868	0,013156	0,004034	0,034822	0,04191	0,022802
11	0,038068	0,013489	0,02059	0,017905	0,015129	0,002939	0,034822	0,020955	0,011401
12	0,040498	0,040468	0,02059	0,026261	0,013156	0,00718	0,034822	0,020955	0,011401
13	0,034422	0,031921	0,02059	0,033821	0,013156	0,008413	0,034822	0,04191	0,022802
14	0,029967	0,057594	0,02059	0,030637	0,015787	0,009861	0,034822	0,020955	0,022802
15	0,025592	0,0476	0,02059	0,028051	0,013156	0,010269	0,034822	0,020955	0,011401
16	0,025106	0,0476	0,02059	0,023873	0,027627	0,011018	0,034822	0,04191	0,022802
17	0,056701	0,050048	0,02059	0,019497	0,017892	0,011018	0,069644	0,04191	0,011401
Ideální vari	23990	13 803	16	0,9	23	2868	1024	2	2
Bazální va	69990	2964	8	1,86	10	765	512	1	1

Příloha 1 – Normalizovaná kritériální matice zdroj: Vlastní zpracování

Pořadí variant		
	Výběr notebooku Metoda TOPSIS	
	Vzdálenos	Pořadí
1	0,382296	15
2	0,356892	16
3	0,38426	14
4	0,597725	2
5	0,579793	4
6	0,438115	9
7	0,65042	1
8	0,427965	10
9	0,561243	6
10	0,405597	12
11	0,291469	17
12	0,38637	13
13	0,420572	11
14	0,540451	7
15	0,496055	8
16	0,595207	3
17	0,579467	5

Příloha 2 – výsledek TOPSIS zdroj: Vlastní zpracování

číslo	váha	výdrž	cena	rozdíl ceny
1	1,86	15	33390	2600
2	1,09	19,5	57990	4000
3	1,03	15,9	43990	10600
4	1,24	23	23990	6000
5	1,34	23	29990	8500
6	1,71	10	36790	100
7	1,33	17,5	24989	
8	1,48	10	37990	
9	1,2	16	36990	
10	1,25	10	44990	
11	0,9	11,5	46990	
12	1,32	10	49990	
13	1,7	10	42490	15000
14	1,54	12	36990	2700
15	1,41	10	31590	
16	1,2	21	30990	2000
17	0,98	13,6	69990	
<b>průměr</b>	<b>1,328235</b>	<b>14,58824</b>	<b>40007,58824</b>	<b>5722,222222</b>

*Příloha 3 – průměrná hodnota jednotlivých kritérií zdroj: Vlastní zpracování*

Číslo	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
1	33390	6526	8	1,86	15	1050	512	1	2
2	57990	7014	16	1,09	19,5	1050	512	1	2
3	43990	7014	16	1,03	15,9	1050	512	1	1
4	23990	10019	16	1,24	23	1050	512	2	2
5	29990	10019	16	1,34	23	1050	512	2	2
6	36790	7014	16	1,71	10	1050	512	2	2
7	24989	13 803	16	1,33	17,5	2035	512	2	2
8	37990	6405	16	1,48	10	1050	512	2	2
9	36990	7014	16	1,2	16	1050	1024	1	2
10	44990	6156	16	1,25	10	1050	512	2	2
11	46990	2964	16	0,9	11,5	765	512	1	1
12	49990	8 892	16	1,32	10	1869	512	1	1
13	42490	7014	16	1,7	10	2190	512	2	2
14	36990	12655	16	1,54	12	2567	512	1	2
15	31590	10459	16	1,41	10	2673	512	1	1
16	30990	10459	16	1,2	21	2868	512	2	2
17	69990	10997	16	0,98	13,6	2868	1024	2	1
<b>kritérium</b>	<b>K1</b>	<b>K2</b>	<b>K3</b>	<b>K4</b>	<b>K5</b>	<b>K6</b>	<b>K7</b>	<b>K8</b>	<b>K9</b>
<b>váha</b>	0,139	0,167	0,083	0,111	0,083	0,028	0,167	0,139	0,083
<b>povaha</b>	min	max	max	min	max	max	max	max	max

*Příloha 4 – formátování hodnot zdroj: Vlastní zpracování*