

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra systémového inženýrství



Bakalářská práce

**Hodnocení procesoru pomocí metod vícekriteriální
analýzy variant**

Alexej Rascelujev

© 2022 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Alexej Rascelujev

Informatika

Název práce

Hodnocení procesoru pomocí metod vícekriteriální analýzy variant

Název anglicky

CPU Ranking by Using Multiple-Attribute Decision-Making Methods

Cíle práce

Cílem práce je nalezení a použití vhodných metod vícekriteriální analýzy variant pro posouzení kvality procesoru na základě kritérií a preferencí modelového hráče počítačových videoher.

Metodika

Cíle práce bude dosaženo následujícím způsobem:

1. Literární rešerše

Studium a rešerše vybraných teoretických aspektů metod vícekriteriální analýzy variant. Analýza metod stanovení vah kritérií a výběru kompromisní varianty, které budou použity v praktické části. Popis relevantních charakteristik současných procesorů.

2. Praktická aplikace

Popis profilu rozhodovatele (hráče počítačových videoher). Výběr a stanovení vah kritérií. Volba procesorů k porovnání. Aplikace vhodné metody pro zvolení kompromisní varianty.

3. Zhodnocení výsledků, diskuse a doporučení, závěr

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

Vícekriteriální analýza variant, procesor, CPU, kritéria, kompromisní varianta

Doporučené zdroje informací

GIL DE LAMADRID, J. (2018): Computer organization: basic processor structure. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, ISBN 978-1-4987-9951-5.

JABLONSKÝ, J. a kol. (2007): Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, ISBN 978-80-8694-644-3.

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

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Martina Houšková Beránková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra systémového inženýrství

Elektronicky schváleno dne 24. 11. 2021

doc. Ing. Tomáš Šubrt, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2021

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 11. 03. 2022

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Hodnocení procesoru pomocí metod vícekritériální analýzy variant" 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 15.03.2022

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval paní Ing. Martině Houškové Beránkové, Ph.D. za cenné rady, věnování svého času, a odborné vedení.

Hodnocení procesoru pomocí metod vícekriteriální analýzy variant

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je praktická aplikace metod vícekriteriální analýzy variant pro hodnocení a výběr procesoru podle preferencí modelového hráče počítačových her. Práce je rozdělena na část teoretickou a část praktickou.

V první (teoretické) části je vysvětlena problematika vícekriteriálního rozhodování a dále jsou popsány základní pojmy. Následně jsou představeny metody pro stanovení vah kritérií (bodovací metoda, Saatyho metoda) a metody pro volbu kompromisního řešení (metoda váženého součtu, metoda TOPSIS, metoda AHP). Nakonec jsou vymezeny důležité charakteristiky současných procesorů.

Ve druhé části (praktické) je sestaven seznam procesorů k porovnání. Následně jsou vysvětleny preference modelového hráče počítačových her. Na základě těchto preferencí jsou stanovena kritéria k výběru procesorů a je vytvořena kriteriální matice. V ní je posouzena dominance variant. Pomocí Saatyho metody jsou určeny váhy jednotlivých kritérií. Výběr kompromisní varianty je proveden pomocí metody váženého součtu, metody TOPSIS a metody AHP.

V závěru jsou shrnuty výsledky jednotlivých metod pro volbu kompromisního řešení a na základě těchto výsledků je doporučen nejvhodnější procesor na hraní počítačových her.

Klíčová slova: CPU, kompromisní varianta, kritéria, metoda AHP, metoda TOPSIS, počítačové hry, procesor, Saatyho metoda, varianty, Vícekriteriální analýza variant

CPU Ranking by Using Multiple-Attribute Decision-Making Methods

Abstract

The aim of the bachelor thesis is the practical application of multi-criteria variance analysis methods for evaluation and selection of a CPU according to the preferences of a model PC player. The thesis is divided into a theoretical and a practical part.

In the first (theoretical) part, the problem of multi-criteria decision making is explained, and the basic concepts are described. Then, methods for determining the weights of criteria (scoring method, Saaty's method) and methods for choosing a compromise solution (weighted sum method, TOPSIS method, AHP method) are presented. Finally, important characteristics of current processors are defined.

In the second part (practical) a list of processors for comparison is compiled. Subsequently, the preferences of a model computer game player are explained. Based on these preferences, criteria to select processors are established and a criterion matrix is created. In it, the dominance of the variants is assessed. Using Saaty's method, the weights of each criterion are determined. The selection of a compromise variant is made using the weighted sum method, the TOPSIS method and the AHP method.

Finally, the results of each method are summarized to select a compromise solution and based on these results, the most suitable processor for computer gaming is recommended.

Keywords: AHP method, alternative options, best solution, CPU, computer games, criterion, Multiple-criteria decision analysis, processor, Saaty's method, TOPSIS method

Obsah

1 Úvod.....	12
2 Cíl práce a metodika	13
2.1 Cíl práce	13
2.2 Metodika	13
3 Teoretická východiska	14
3.1 Vícekriteriální analýza variant	14
3.1.1 Model vícekriteriální analýzy variant a jeho základní prvky	14
3.1.2 Klasifikace úloh vícekriteriální analýzy variant	17
3.1.3 Grafické znázornění variant.....	20
3.2 Metody stanovení vah kritérií	22
3.2.1 Bodovací metoda	22
3.2.2 Saatyho metoda.....	23
3.3 Metody výběru kompromisních variant	25
3.3.1 Metoda váženého součtu.....	25
3.3.2 Metoda TOPSIS	26
3.3.3 Metoda AHP	27
3.4 Významné charakteristiky současných procesorů	29
4 Vlastní práce	31
4.1 Volba vhodné generace procesorů k porovnání.....	31
4.2 Popis profilu hráče počítačových her	32
4.3 Stanovení vhodných kritérií, jejich kvantifikace a určení charakteru.....	33
4.4 Vícekriteriální model	36
4.4.1 Matice variant (kriteriální matice)	36
4.4.2 Posouzení dominance variant a stanovení paretoevských variant.....	37
4.5 Stanovení vah kritérií	39
4.6 Stanovení kompromisní varianty (kompromisního řešení).....	40
4.6.1 Metoda váženého součtu.....	41
4.6.2 Metoda TOPSIS	42
4.6.3 Metoda AHP	44
5 Výsledky a diskuse	48
6 Závěr.....	50
7 Seznam použitých zdrojů	51

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Kriteriaální matice (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 5).....	16
Obrázek 2 – Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 10, vlastní zpracování)	19
Obrázek 3 – Metody kvantifikace preferencí mezi variantami (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 170, vlastní zpracování).....	20
Obrázek 4 – Saatyho matice (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 16)	23
Obrázek 5 – Hierarchická struktura pro úlohu VAV (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 189).....	28
Obrázek 6 – Zastoupení počtu hráčů v procentech (zdroj: [10])	32
Obrázek 7 – Hierarchická struktura (vlastní zpracování)	45

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Vlastnosti procesorů Ryzen 3000 (vlastní zpracování, zdroj: [8])	31
Tabulka 2 – Vlastnosti procesorů Intel 9000 (vlastní zpracování, zdroj:[8], [9])	32
Tabulka 3 – Vyhodnocení výkonu ve hrách pomocí aritmetického průměru FPS ze všech testovaných her (výkon v rozlišení: 1920 x 1080, vlastní zpracování, zdroj:[8])	34
Tabulka 4 – Kvantifikace a určení charakteru kritérií (vlastní zpracování)	36
Tabulka 5 – Převod ohodnocení na stejnou škálu a posouzení dominancí (vlastní zpracování)	37
Tabulka 6 – Saatyho matice pro stanovení vah kritérií (vlastní zpracování).....	39
Tabulka 7 – Kriteriaální tabulka s vypočtenými váhami (vlastní zpracování).....	40
Tabulka 8 – Určení ideální a bazální varianty u metody váženého součtu (vlastní zpracování)	41
Tabulka 9 – Normalizovaná kriteriaální matice u metody váženého součtu (vlastní zpracování).....	41
Tabulka 10 – Celkový užitek u metody váženého součtu (vlastní zpracování).....	42
Tabulka 11 – Normalizovaná matice R u metody TOPSIS (vlastní zpracování)	42
Tabulka 12 – Normalizovaná matice W u metody TOPSIS (vlastní zpracování)	43
Tabulka 13 – Určení ideální a bazální varianty ze standardizované matice W u metody TOPSIS (vlastní zpracování)	43
Tabulka 14 – Výpočet vzdálenosti variant od ideální a bazální varianty u metody TOPSIS (vlastní zpracování).....	44

Tabulka 15 – Výpočet relativní vzdálenosti variant od varianty bazální u metody TOPSIS (vlastní zpracování).....	44
Tabulka 16 – Saatyho matice pro kritérium výkon ve hrách u metody AHP (vlastní zpracování).....	45
Tabulka 17 – Saatyho matice pro kritérium cena u metody AHP (vlastní zpracování)	46
Tabulka 18 – Saatyho matice pro kritérium syntetický benchmark u metody AHP (vlastní zpracování).....	46
Tabulka 19 – Saatyho matice pro kritérium spotřeba u metody AHP (vlastní zpracování)	46
Tabulka 20 – Saatyho matice pro kritérium dostupnost chladiče u metody AHP (vlastní zpracování).....	47
Tabulka 21 – Syntéza preference u metody AHP (vlastní zpracování).....	47
Tabulka 22 – Konečné výsledky kompromisních metod (vlastní zpracování).....	48

Seznam grafů

Graf 1 – Vyobrazení nedominujících variant (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11, vlastní zpracování).....	21
Graf 2 – Vyobrazení dominance varanty A1 nad A2 (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11, vlastní zpracování)	21
Graf 3 – Posouzení dominancí (vlastní zpracování).....	38

Seznam rovnic

Rovnice 1 – Normalizace váhového vektoru u bodovací metody (Zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 174).....	22
Rovnice 2 – Index konzistence u Saatyho metody (zdroj: Šubrt a kol., 2011 s. 175)	24
Rovnice 3 – Geometrický průměr řádků u Saatyho matice (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 176)	24
Rovnice 4 – Výpočet vah normalizací hodnot b_i u Saatyho matice (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 176).....	25
Rovnice 5 – Výpočet užitku varianty X_i u metody váženého součtu (zdroj: Jablonský, 2002, s. 280).....	25
Rovnice 6 – Celkový užitek varianty X_i u metody váženého součtu (zdroj: Jablonský, 2002, s. 280).....	26

Rovnice 7 – Výpočet matice R u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 36)	26
Rovnice 8 – Výpočet matice W u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37)	26
Rovnice 9 – Vzdálenosti jednotlivých variant od ideální u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37).....	27
Rovnice 10 – Vzdálenosti jednotlivých variant od bazální u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37)	27
Rovnice 11 – Vypočtení ukazatele c_i u metody TOPSIS (zdroj: Jablonský, 2002, s. 281).....	27

1 Úvod

V našem světě snad neexistuje člověk, který by se za celý život nějakým způsobem nerozhodoval. Dnes se člověk rozhoduje pořád, ačkoliv si to často neuvědomuje. Může to pro nás být nepodstatné rozhodnutí – třeba volba oblečení na slavnostní večírek nebo volba jídla k obědu. U těch podstatnějších rozhodnutí, jako je například výběr školy nebo nákup domu, chce mít člověk jistotu, že vybral opravdu dobře. Člověk se tedy mnohdy trápí tím, jak učinit nejlepší rozhodnutí.

Někdy s rozhodnutím pomůže kamarád nebo někdo z příbuzných, občas se ale stane, že se právě na základě rady někoho jiného člověk rozhodne špatně – ať už je to kvůli nevhodnému pohledu na rozhodnutí nebo v horším případě kvůli záměrné manipulaci.

Lidé k tomuto někdy přistupují intuitivně, rozhodují se tedy na základě vnitřního přesvědčení. I kdyby v určité chvíli bylo dané rozhodnutí nejlepší možné, občas se člověk zpětně pozastaví a přemýšlí, zda nešlo udělat lepší rozhodnutí.

Pokud ale chceme učinit nejlepší možné rozhodnutí, je nutné využít sofistikovanějších metod. Příkladem sofistikovaných metod je například vícekriteriální rozhodování, kterým se bude tato bakalářská práce zabývat. Pomocí vícekriteriálního rozhodování se budeme v této práci snažit nalézt nejlepší procesor pro hraní her.

Výběr vhodného procesoru může pro běžného hráče počítačových her představovat velké potíže při běžném rozhodování, proto bude představen vícekriteriální model, který je postavený na běžných preferencích takových hráčů. Pomocí tohoto modelu bude možné určit nejlepší variantu a doporučit ji běžnému hráči počítačových her.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Cílem práce je nalezení a použití vhodných metod vícekriteriální analýzy variant pro posouzení kvality procesoru na základě kritérií a preferencí modelového hráče počítačových her.

2.2 Metodika

Cíle práce bude dosaženo následujícím způsobem:

1. Literární rešerše

Součástí tohoto kroku je studium a rešerše vybraných teoretických aspektů metod vícekriteriální analýzy variant, také analýza metod stanovení vah kritérií a výběru kompromisní varianty, které budou použity v praktické části, a dále popis relevantních charakteristik současných procesorů.

2. Praktická aplikace

V rámci praktické aplikace bude vypracován profil rozhodovatele (hráče počítačových her), dojde k výběru a stanovení vah kritérií a volbě procesorů k porovnání. Tyto procesory budou posouzeny na vznik dominance. Následně proběhne aplikace vhodných metod pro zvolení kompromisní varianty.

3. Zhodnocení výsledků, diskuse a doporučení, závěr

3 Teoretická východiska

V dané části bakalářské práce budou představeny všechny teoretické předpoklady pro sestavení vícekritériálního modelu. Nejdříve budou vysvětleny základní pojmy, které s daným tématem souvisejí, následně budou popsány metody jak pro sestavení vah, tak i pro hodnocení kritérií. Dále budou představeny použité metody pro hledání kompromisního řešení a závěrem vysvětleny důležité charakteristiky současných procesorů.

3.1 Vícekritériální analýza variant

U jiných optimalizačních modelů, kde se často posuzuje rozhodování o variantách jen podle jednoho optimalizačního kritéria, se člověk dost obvykle setkává s výběrem varianty nebo skupiny variant podle více kritérií. Tato kritéria mohou být protichůdná, tudíž volba varianty podle jednoho kritéria může vypadat zcela odlišně než volba varianty u kritéria jiného. Pro volbu vhodných variant při rozhodování s více kritérii jsou určeny modely vícekritériálního rozhodování (Jablonský, 2002, s. 272). Dané modely je možné rozdělit podle několika hledisek. Podle způsobu zadání se rozlišují na dvě skupiny (Šubrt a kol., 2011, s. 162):

- modely vícekritériální analýzy variant – zadané jsou konečné počty variant a jejich hodnocení podle všech kritérií,
- modely vícekritériální optimalizace – obsahují množinu variant s nekonečně mnoho prvky, které jsou vyjádřeny pomocí omezujících podmínek. Hodnocení daných variant je určeno kritériálními funkcemi.

Daná práce bude zaměřena na modely vícekritériální analýzy variant.

3.1.1 Model vícekritériální analýzy variant a jeho základní prvky

Dle Šubrt a kol. (2011, s. 162) je dána konečná množina variant m , která je určena množinou n kritérií. Cílem analýzy je nalezení nejlepší varianty, jež je dle všech kritérií hodnocena nejlépe, případně vyloučit nevhodné varianty či je seřadit. Varianta, která byla hodnocena nejlépe, se nazývá variantou kompromisní či „optimální“.

Dle Brožové, Houšky a Šubrt (2014, s. 4) samotný pojem rozhodnutí se u teorie vícekritériální analýzy variant vysvětluje jako výběr jedné nebo několika variant

z množiny dostupných variant pro nalezení vhodného řešení. Pro úplnost je ve vícekritériálním rozhodování důležité si vysvětlit roli rozhodovatele a řešitele (analytika) úlohy.

Rozhodovatel by měl při vícekritériálním rozhodování postupovat objektivně. Občas se osoba rozhodovatele odlišuje od osoby řešitele úlohy. Výhodou takového rozhodnutí je, že řešitel není zainteresován do výsledku řešení, tudíž je jeho přístup maximálně objektivní. Tento přístup však může ovlivnit výsledek rozhodování i negativním způsobem. Pokud analytik není dostatečně obeznámen se všemi detaily od zadavatele úlohy, může dojít k volbě špatného řešení, které sice je objektivní, ale pro zadavatele není praktické. V situaci, kdy je analytik a zadavatel úlohy stejná osoba, může kvůli jeho subjektivnímu přesvědčení dojít také ke zkreslení výsledku (Šubrt a kol., 2011, s. 162).

Varianty – Šubrt a kol. (2011, s. 163) popisují varianty jako „*konkrétní rozhodovací možnosti, předmět vlastního rozhodování, jsou realizovatelné a nejsou logickým nesmyslem*“. Je podstatné, aby varianty nebyly redundantní pro uvažování podle zvolených kritérií. Odstranění nadbytečných variant je možné například pomocí posouzení dominance variant. Určení dominance bude vysvětleno v následujících kapitolách. Hodnocení variant je určeno podle jednotlivých kritérií (Šubrt a kol., 2011, s. 163).

Kritérium – „*Kritérium je hledisko hodnocení variant.*“ (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 5) Kritéria **podle kvantifikovatelnosti** mohou být jak kvalitativního, tak i kvantitativního charakteru. **Kvantitativní kritéria** jsou hodnocena číslem a vyjadřují objektivně měřitelné údaje, zatímco **kvalitativní** jsou často vyjádřeny slovy, jde tedy o subjektivní hodnocení odhadnuté uživatelem. Pro výpočty preference kritérií je potřeba převést kvalitativní kritéria na kvantitativní. Pro daný účel existuje značné množství metod (Šubrt a kol., 2011, s. 163, 164).

Kritériální matice – „*Máme-li hodnocení variant podle kritérií kvantifikováno, můžeme údaje uspořádat do kritériální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria.*“ (Šubrt, Brožová, Dömeová, Kučera, 2007, s. 82)

$$Y = \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix}$$

Obrázek 1 – Kriteriaální matice (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 5)

V dané matici se řádky rovnají počtu variant a sloupce počtu kritérií. Pokud matice obsahuje i kvalitativní kritéria, již nejde o kriteriaální matici, ale o kriteriaální tabulku (Šubrt a kol., 2011, s. 163).

Jak je zmíněno Brožovou, Houškou a Šubrtem (2014, s. 5), kritéria v kriteriaální matici lze **podle povahy** rozlišit na:

1. **kritéria maximalizační** – nejlepší varianty u tohoto kritéria mají nejvyšší hodnoty,
2. **kritéria minimalizační** – nejlepší varianty u daného kritéria mají nejnižší hodnoty.

Minimalizační kritérium je tedy invertní oproti maximalizačnímu.

Preference kritéria – „*Preference kritéria vyjadřuje důležitost daného kritéria v porovnání s kritérii ostatními.*“ (Šubrt a kol., 2011, s. 164) Vyjádření preference je možné mnoha způsoby, pro účely dané práce budou uvedeny jen ty nejpodstatnější.

1. **Aspirační úrovně** – úroveň hraničních hodnot, která určuje, zda je varianta považována za akceptovatelnou, či nikoliv. Je podstatné si uvědomit, že aspirační úroveň neudává důležitost kritéria před jiným, udává pouze to, čeho má být dosaženo. U minimalizačního kritéria aspirační úroveň udává nejvyšší přípustnou hodnotu kritéria a u maximalizačního nejnižší přípustnou hodnotu (Šubrt a kol., 2011, s. 165). Aspirační úrovně kritérií se dají stanovit z nominální informace.
2. **Váhy kritérií** – „*Váha kritéria je hodnota z intervalu <0;1>, která vyjadřuje relativní důležitost kritéria v porovnání s kritérii ostatními. Součet vah všech kritérií je roven jedné.*“ (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 6) Pro práci s váhami kritérií je nutno využít kardinální informace. Daný způsob již ukazuje, které kritérium je důležitější než jiné.

Při hodnocení vztahu mezi několika variantami je možné dojít k následujícím situacím (Jablonský, 2002, s. 274).

1. **Dominance variant** – pokud jsou všechny kritériální hodnoty X_i lepší nebo stejné oproti kritériálním hodnotám X_j , X_i **dominuje** variantě X_j . Pokud je tomu obráceně, tak X_i je **dominována** variantou X_j . X_i a X_j jsou navzájem **nedominované**, jestliže neplatí ani jedna ze dvou předchozích vět (Jablonský, 2002, s. 272).
2. **Paretovska varianta** – varianta, která není dominována žádnou jinou variantou. Taková varianta bývá také považována za efektivní. Pro vyhledání nejlepších variant je nutné vyloučit všechny neefektivní varianty. Odstranění všech dominovaných variant je možné docílit pomocí grafického znázornění, jež bude popsáno v kapitole 3.1.3 (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 7).
3. **Ideální a bazální varianta** – ideální varianta je varianta, která má ve všech kritériích nejlepší možnou hodnotu. Bazální varianta je přesný opak varianty ideální, její ohodnocení je tudíž ve všech kritériích nejhorší. Obě varianty se většinou v reálné situaci neobjevují, jelikož při výskytu ideální varianty by byla jedinou nedominovanou variantou, takže by byla nejlepší možná (Šubrt a kol., 2011, s. 166).
4. **Kompromisní varianta** – bývá často doporučována jako řešení úlohy vícekritériální analýzy variant. „*Kompromisní varianta musí být tedy vždy variantou nedominovanou.*“ (Jablonský, 2002, s. 274) Pro vyhledání této varianty je nutná znalost metod pro její určení. Metod, které určují kompromisní variantu, je velké množství. Existují jak velmi primitivní, tak i velmi komplexní metody. Je také nutno uvést, že každá metoda si definuje kompromisní variantu jinak. Podle některých metod je možné nalézt jedinou možnou kompromisní variantu, někdy však může být vhodnější nalézt více efektivních variant a označit je za kompromisní (Šubrt a kol., 2011, s. 166, 167).

3.1.2 Klasifikace úloh vícekritériální analýzy variant

Existují dvě základní hlediska, podle kterých je možno rozdělit typy úloh vícekritériální analýzy variant (Šubrt a kol., 2011, s. 167):

- **podle cíle, který daná úloha řeší,**
- **podle informace, s jakou daná úloha pracuje.**

Podle cíle řešení jsou úlohy VAV děleny na tři základní okruhy.

1. **Úlohy, které jsou cílené na výběr jedné kompromisní varianty** – význam této úlohy je nalezení nejlepší možné varianty podle daných kritérií. Jak je zmiňováno Brožovou, Houškou a Šubrtem (2014, s. 8), pojem nejlepší varianta je relativní, jelikož k jeho dosažení je používáno různých metod vyhodnocení nejlepší varianty. Metody jako TOPSIS, bazické varianty, varianty váženého součtu a další mohou posloužit k nalezení kompromisní varianty, ale výsledky daných metod se od sebe mohou lišit. Je tedy na rozhodovateli, kterou metodu si zvolí, je však podstatné, aby nevolil metody, jež rozdělují varianty do indiferenčních tříd. Takové metody jsou považovány za nevhodné.
2. **Úlohy, které jsou cílené na uspořádání množiny variant** – podstatou dané úlohy je seřazení variant od nejlepší po nejhorší. Tato skupina úloh je velmi podobná předešlému okruhu úloh. Ohodnocení variant je možné udělat pomocí předchozích metod tak, že bude nalezena nejlepší varianta a postupně bude odebrána z rozhodnutí, dokud nejsou ohodnoceny varianty všechny. Vhodná úloha daného typu je třeba určení pořadí závodníků.
3. **Úlohy, které jsou cílené na rozdělení množiny variant na vhodné a nevhodné** – u tohoto typu úloh nejde o nalezení jenom jedné a nejvhodnější varianty, ale o nalezení skupiny variant, které splňují stanovené požadavky na kritéria. Rozhodovatel si tedy musí stanovit vhodné aspirační hodnoty pro daná kritéria a vybrat varianty, které splňují či nespĺňují dané aspirační hodnoty. Takové varianty je možné označit za efektivní či neefektivní. Problém může nastat u určení prahových hodnot, které nemusí být zcela jednoznačné. Příkladem takových typů úloh je například určení několika vhodných zaměstnanců pro danou pracovní pozici.

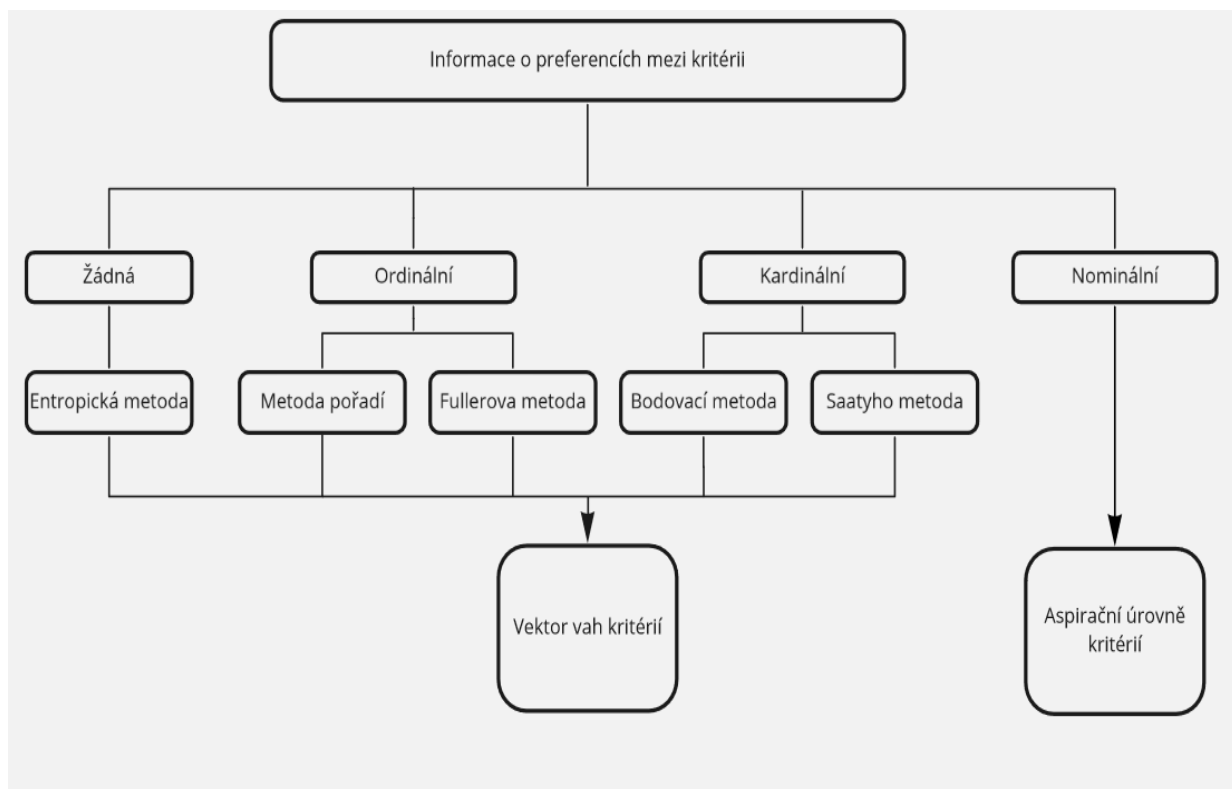
Úlohy podle typu informace o preferencích mezi kritérii a variantami jsou rozděleny na čtyři druhy (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 8).

1. **Žádná informace** – informace o preferencích neexistuje. Danou situaci není možné řešit, pokud neexistuje preference mezi variantami, protože není možné určit, která varianta je horší a která lepší.
2. **Nominální informace** – daná informace je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní (tzn. vyjádření podle určitých hodnot), kde je daná varianta považována za

akceptovatelnou. Při nesplnění těchto hodnot je varianta považovaná za neakceptovatelnou.

3. **Ordinální informace** – informace, která vyjadřuje pořadí podle důležitosti kritérií nebo variant.
4. **Kardinální informace** – tento typ informace může být vyjádřen kvantitativně i kvalitativně, ukazuje, o kolik je daná varianta lepší než druhá. Toto hodnocení se v praxi používá nejvíce, protože podstatné množství metod využívá ke své práci právě kardinální informaci.

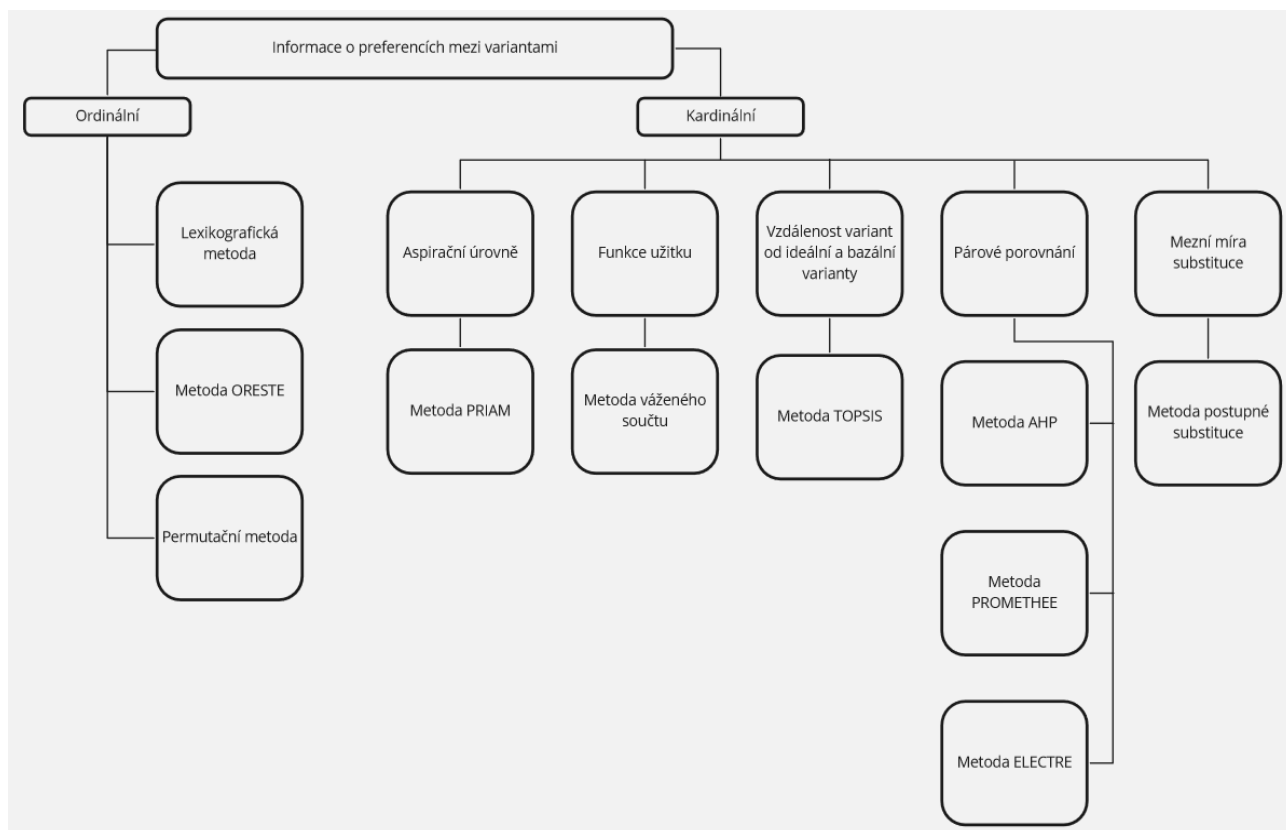
Pro přehled o metodách kvantifikace jednotlivých typů informací o preferencích kritérií Brožová, Houška, Šubrt (2014, s. 10) uvádějí následující schéma:



Obrázek 2 – Metody kvantifikace preferencí mezi kritérii a jejich výstupy (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 10, vlastní zpracování)

Předchozí schéma neposkytuje úplný přehled všech metod kvantifikace preferencí mezi kritérii, jelikož se počet daných metod neustále zvětšuje. V této práci budou prozkoumány pouze některé metody pro stanovení vah kritérií.

Šubrt a kol. (2011, s. 170) také popisují nepoužívanější metody pro stanovení preferencí mezi variantami v následujícím schématu:



Obrázek 3 – Metody kvantifikace preferencí mezi variantami (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 170, vlastní zpracování)

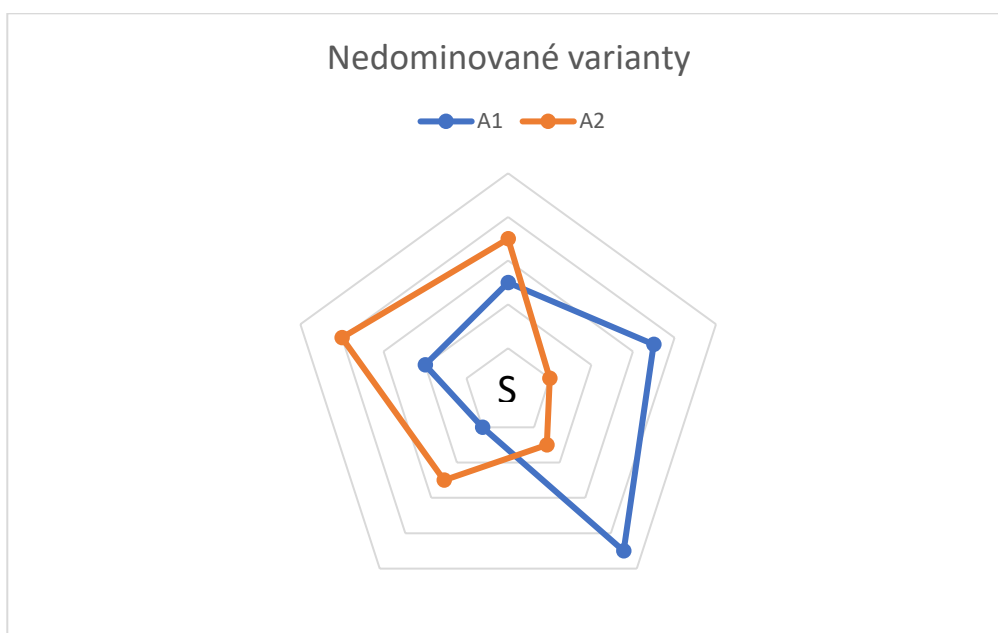
Některé algoritmy pro stanovení preferencí mezi variantami budou rozebrány v následujících částech bakalářské práce.

3.1.3 Grafické znázornění variant

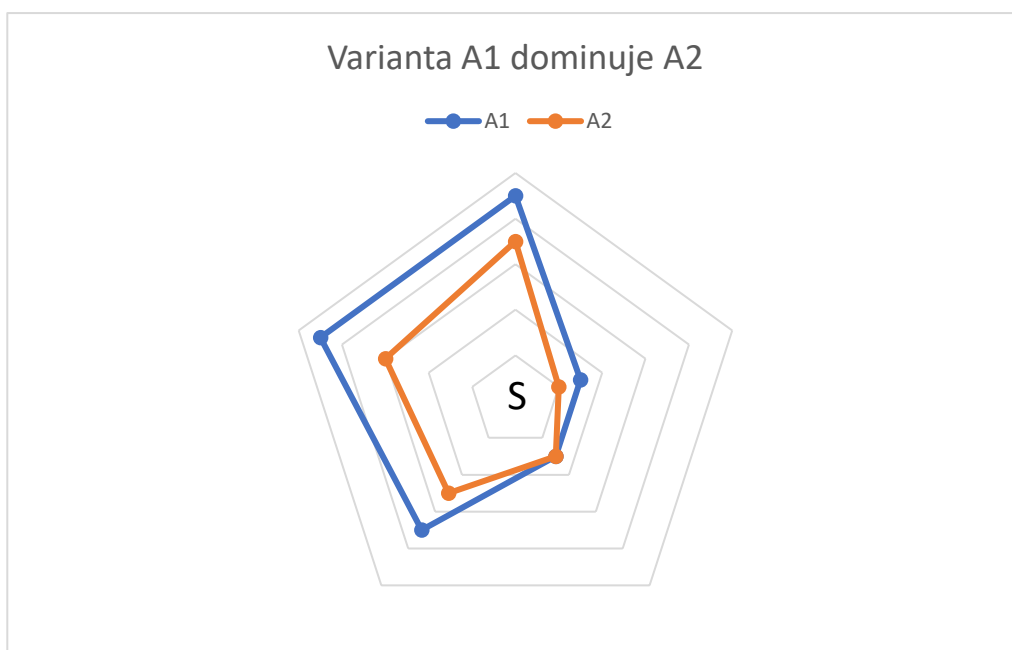
Pro zlepšení přehlednosti modelu vícekritériální analýzy variant je někdy vhodné si ilustrovat údaje do grafického modelu. Tento model bývá často zkonstruován v hvězdicové soustavě pomocí paprskového grafu, „ve kterém poloosy začínají v počátku a svírají mezi sebou úhel $2\frac{\pi}{n}$, kde n je počet kritérií. Na osách je potom vyznačen koncový bod jako průsečík os a vhodné kružnice se středem v počátku“ (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11).

Na každé poloose je zkonstruovaná stupnice s počátkem S , kde S je hodnota bazální varianty, v koncovém bodě je ohodnocena ideální variantou. Varianty se zobrazují jako k-tice bodů, které jsou spojeny úsečkami, vyobrazen je tedy polygon (Brožová, Houška, Šubrt,

2014, s. 11). Pro takové znázornění je nutné všechna kritéria kvantifikovat a převést na stejnou povahu. Daný graf bývá využit pro zobrazení dominance variant.



Graf 1 – Vyobrazení nedominujících variant (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11, vlastní zpracování)



Graf 2 – Vyobrazení dominance varianty A1 nad A2 (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11, vlastní zpracování)

Z prvního grafu vyplývá, že varianty A1 a A2 jsou nedominované, pokud se jejich polygonální zobrazení prolínají. Z druhého grafu vyplývá, že varianta A1 dominuje variantě A2, pokud polygon A1 obsahuje celý polygon A2 (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 11).

3.2 Metody stanovení vah kritérií

Upřednostnění jednoho kritéria před druhým může být pro rozhodovatele velmi problematické. K tomuto účelu existuje množství nástrojů, jež mají za cíl ulehčit přiřazení vah ke kritériím. Tyto nástroje jsou například metody pro stanovení vah kritérií (Jablonský, 2002, s. 274).

Metody pro stanovení vah kritérií bývají výchozím krokem v modelech vícekritériální analýzy variant (Šubrt a kol., 2011, s. 171). Slouží ke konstrukci odhadu vah na základě subjektivní informace od rozhodovatele (Jablonský, 2002, s. 274). Pro danou konstrukci je vyžadovaný vhodný typ informací o kritériích na vstupu příslušné metody. Dané metody se podle typu informací rozlišují na:

1. metody na určení vah kritérií bez informace o preferencích kritérií,
2. metody na určení vah kritérií z ordinální informace o preferencích kritérií,
3. metody na určení vah kritérií z kardinální informace o preferencích kritérií.

V následujících podkapitolách budou rozebrány pouze metody, které pracují s kardinální informací, protože na rozdíl od ordinální nevyjadřuje pouze, zda je nějaká varianta (kritérium) lepší nebo horší než jiná, ale také to, o jak moc je lepší nebo horší.

3.2.1 Bodovací metoda

Určení preference kritérií bodovací metodou je realizováno pomocí určitého počtu bodů v bodové stupnici. Rozsah bodové stupnice je možno určit samostatně. Nejčastěji se používá stupnice od 0 do 10, kde hodnocení 0 označuje, že kritérium je absolutně bezvýznamné, a hodnocení 10, že je kritérium nejdůležitější. Je však možné určit preferenci kritéria i pomocí desetinného čísla či ohodnotit více různých kritérií stejným počtem bodů (Šubrt, Brožová, Dömeová, Kučera, 2007, s. 83).

Výpočet vah z bodového hodnocení se provádí pomocí normalizace váhového vektoru podle vztahu:

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

Rovnice 1 – Normalizace váhového vektoru u bodovací metody (Zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 174)

Jak je zmiňováno Brožovou, Houškou a Šubrtem (2014, s. 16), zvolení rozsahu stupnice natvrdo nemusí být vždy nejvhodnější pro stanovení preference mezi kritérii. Je vhodné tak učinit pouze tehdy, když je představa o důležitosti kritérií zřejmá. Pokud je pro rozhodovatele velmi obtížné určit důležitost kritéria přímou metodou (např. metodou bodovací), je na místo toho možné vyjádřit preference mezi kritérii pomocí metod párových porovnání (např. Saatyho metodou) (Jablonský, 2002, s. 275).

3.2.2 Saatyho metoda

Saatyho metoda je jedna z propracovanějších metod pro stanovení vah jednotlivých kritérií. Jedná se o metodu, kde se využívá kvantitativní párové porovnání mezi kritérii. Avšak hlavní síla této metody spočívá v možnosti vyjádření preference pomocí kvalitativních charakteristik, pokud rozhodovateli nevyhovuje práce s charakteristikami kvantitativními. Pro vyjádření a převod kvalitativních charakteristik na kvantitativní je použita následující devítibodová stupnice, kde je možné využít i stupně sudé (2, 4, 6, 8) (Šubrt a kol., 2011, s. 174):

- 1 – rovnocenná kritéria i a j ,
- 3 – slabě preferované kritérium i před j ,
- 5 – silně preferované kritérium i před j ,
- 7 – velmi silně preferované kritérium i před j ,
- 9 – absolutně preferované kritérium i před j .

Dané kvantitativní vyjádření je využíváno pro porovnání všech dvojic kritérií v tzv. Saatyho matici, kde $S = (s_{ij})$:

$$S = \begin{pmatrix} 1 & s_{12} & \cdots & s_{1n} \\ 1/s_{12} & 1 & \cdots & s_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1/s_{1k} & 1/s_{12} & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Obrázek 4 – Saatyho matice (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 16)

Matice je čtvercového typu, to znamená, že se počet řádků rovná počtu sloupců. V řádcích jsou kritéria i a ve sloupcích jsou totožná kritéria j . Na diagonále matice jsou jedničky (porovnání stejného kritéria mezi sebou je rovnocenné). Nad diagonálou jsou

hodnoty preference i -tého kritéria před j -tým. Pod diagonálou jsou hodnoty převrácené hodnotám nad diagonálou, tedy vyjádření preference j -tého kritéria před i -tým (Šubrt a kol., 2011, s. 175).

Pro kontrolu vhodných hodnot preferencí je nutné prověřit konzistenci dané matice. „*Matice je plně konzistentní, pokud pro libovolnou trojici indexů i, j, q platí $s_{iq} = s_{ij} * s_{jq}$.*“ (Jablonský, 2002, s. 277) Ovšem pro matice, kde je kritérii $k > 3$, je skoro nemožné pro rozhodovatele zadat preference tak, aby matice S byla plně konzistentní (Jablonský, 2002, s. 277).

Saaty pro tento případ navrhnul jiné řešení a definoval index konzistence I_s , který se rovná:

$$I_s = \frac{l_{max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Rovnice 2 – Index konzistence u Saatyho metody (zdroj: Šubrt a kol., 2011 s. 175)

V rovnici n udává počet kritérií a l_{max} je největší vlastní číslo Saatyho matice. Největší vlastní číslo Saatyho je zjištěno, jestliže determinant matice $(S - l_{max} * E)$, kde E je matice jednotková, se rovná nebo limitně se co nejvíc blíží nule. Za konzistentní matici je považovaná matice, u které hodnota indexu konzistence nabývá $I_s < 0,1$ (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 17).

Pro výpočet vah ze Saatyho matice, Saaty navrhnul několik způsobů, pomocí kterých lze odhadnout váhy kritérií. Početně jednodušší způsob, jež bývá použit pro dobrý odhad vah v_j , je geometrický průměr řádku Saatyho matice. Je tedy nutné nejdříve vypočítat hodnoty b_i pomocí geometrického průměru řádků Saatyho matice.

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n s_{ij}} \quad (5)$$

Rovnice 3 – Geometrický průměr řádků u Saatyho matice (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 176)

Váhy jsou zjištěny pomocí normalizace hodnot b_i podobným způsobem jako u bodovací metody.

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^n b_i} \quad (6)$$

Rovnice 4 – Výpočet vah normalizací hodnot b_i u Saatyho matice (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 176)

Výhoda Saatyho metody oproti metodě bodovací spočívá v možnosti vyjádření preference nejen numericky, ale i slovně. Také pomocí párového porovnání je pro rozhodovatele jednodušší určit preference jednoho kritéria před jiným. U komplexnějších modelů s velkým počtem kritérií bývá pro analytika obtížné určit přesné preference pro metodu bodovací. U těchto modelů je lepší sestavit váhy právě pomocí Saatyho metody.

3.3 Metody výběru kompromisních variant

V předešlých kapitolách již byly popsány nejdůležitější prvky vícekritériální analýzy variant. Následně bylo rozhodnuto o využití kardinální informace pro zjištění vah kritérií. Z metod pro stanovení vah kritérií byly popsány metody bodovací a Saatyho. Ze získaných vah o preferenci mezi jednotlivými kritérii je už možné sestavit samotnou metodu pro zjištění kompromisního řešení. Metod, které využívají zjištěných vah, je velké množství. Popsané budou pouze ty metody, které jsou využité v praktické části práce. Všechny tyto metody pracují s kardinální informací

3.3.1 Metoda váženého součtu

Metoda je založena na sestavení lineární funkce užitku na stupnici od 0 do 1 (včetně). Nejhorší varianta, tzv. bazální varianta, bude mít podle zvoleného kritéria hodnotu 0. Nejlepší varianta, tzv. ideální varianta, bude mít podle zvoleného kritéria hodnotu 1. Ostatní varianty ve zvoleném kritériu se pohybují v intervalu (0 a 1). Pro daný účel je nutno prvky kritériální matice y_{ij} nahradit hodnotami y'_{ij} , které budou představovat užitek varianty X_i podle kritéria Y_j . Hodnoty y'_{ij} je možné získat následujícím způsobem (Jablonský, 2002, s. 280):

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j}, \quad i=1, 2, \dots, n, \quad j=1, 2, \dots, k. \quad (7)$$

Rovnice 5 – Výpočet užitku varianty X_i u metody váženého součtu (zdroj: Jablonský, 2002, s. 280)

H_j je nejlepší možná hodnota (u maximalizačního kritéria nejvyšší, u minimalizačního nejnižší) a D_j je nejhorší (u maximalizačního kritéria nejnižší, u minimalizačního nejvyšší) hodnota kritéria Y_j (Jablonský, 2002, s. 280). Celkový užitek varianty X_i je potom vypočítán následujícím vzorcem:

$$u(X_i) = \sum_{j=1}^k v_j y'_{ij} \quad (8)$$

Rovnice 6 – Celkový užitek varianty X_i u metody váženého součtu (zdroj: Jablonský, 2002, s. 280)

Nejlepší varianta v celkovém užtku nabývá hodnoty, která se nejvíce přibližuje k jedničce. Tyto varianty je možné uspořádat podle klesající hodnoty užtku (Šubrt, Brožová, Dömeová, Kučera, 2007, s. 84).

3.3.2 Metoda TOPSIS

U dané metody je výběr kompromisní varianty založen na vzdálenosti mezi ideální a bazální variantou. Ideální varianta, podobně jako u metody váženého součtu, je popsána vektorem nejlepších kritériálních hodnot, zatímco bazální pak nejhorším vektorem kritériálních hodnot. Tudíž kompromisní varianta musí být co nejbližší ideální variantě a co nejdále od varianty bazální (Jablonský, 2002, s. 281). Sestrojení této metody bude popsáno v následujících krocích.

1. Konstrukce normalizované matice $R = (r_{ij})$ pomocí původních hodnot kritériální matice y_{ij} se počítá následujícím způsobem:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^p y_{ij}^2}} \quad (9)$$

Rovnice 7 – Výpočet matice R u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 36)

2. Ze spočítaných hodnot r_{ij} a zjištěných vah v_j z předchozích metod stanovení vah kritérií je vypočítána matice $W = (w_{ij})$ podle vzorce:

$$w_{ij} = v_j r_{ij} \quad (10)$$

Rovnice 8 – Výpočet matice W u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37)

3. Dále jsou určeny hodnoty ideální varianty h s hodnotami (h_1, \dots, h_m) a bazální varianty d s hodnotami (d_1, \dots, d_m) z hodnot matice W .
4. Výpočet vzdálenosti jednotlivých variant od ideální a bazální je provedeno dvěma výpočty:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - h_j)^2} \quad (11)$$

Rovnice 9 – Vzdálenosti jednotlivých variant od ideální u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37)

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (w_{ij} - d_j)^2} \quad (12)$$

Rovnice 10 – Vzdálenosti jednotlivých variant od bazální u metody TOPSIS (zdroj: Brožová, Houška, Šubrt 2014, s. 37)

5. Vypočítá se ukazatel c_i , který definuje relativní vzdálenost variant od bazální varianty:

$$c_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (13)$$

Rovnice 11 – Vypočtení ukazatele c_i u metody TOPSIS (zdroj: Jablonský, 2002, s. 281)

6. Varianty jsou následně seřazeny od největší hodnoty c_i po nejmenší. Varianta, která má největší hodnotu c_i , je považována za kompromisní.

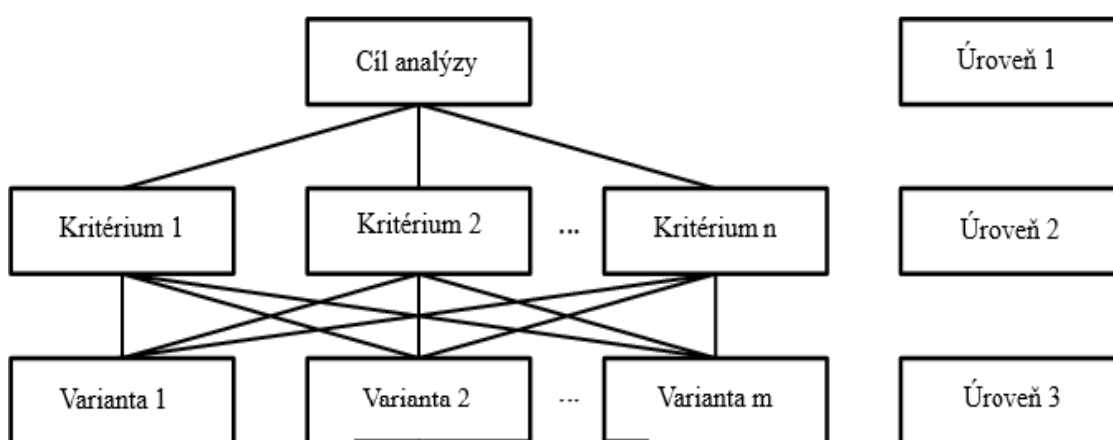
3.3.3 Metoda AHP

Metoda AHP neboli Analytický hierarchický proces byla vysvětlena profesorem Saatyem již v 80. letech 20. století. Jedná se o metodu rozkladu nestrukturované informace na jednodušší komponenty. Tento rozklad je umožněn vytvořením hierarchického systému daného problému, který představuje zobecnění vícekriteriálního rozhodovacího modelu (Šubrt a kol., 2011, s. 188).

Hierarchická struktura je lineární struktura obsahující několik úrovní, úroveň pak vždy obsahuje několik prvků. Každá z těchto úrovní představuje jakési vyjádření rozhodovacího problému. Obecnější prvky rozhodovacího problému jsou umístěny do vyšší úrovně. Čím je však úroveň rozhodovacího problému nižší, tím je problém konkrétnější. Na každé z těchto úrovní je aplikována Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání. S použitím subjektivního hodnocení párového porovnání je vyjádřena preference k jednotlivým komponentám, a to díky kvantitativní charakteristice. Syntézou všech hodnocení se stanoví komponenta s největší prioritou, která pro rozhodovatele poskytuje řešení rozhodovacího problému (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 32).

Nejvyšší úroveň hierarchie představuje vždy jeden prvek, a to cíl analýzy. Tomuto prvku je přiřazena hodnota jedna, která je potom rozdělena mezi prvky nižší úrovně. Dané rozdělení pokračuje, dokud není zjištěné hodnocení prvků na nejnižší úrovni. Typická úloha VAV se rozkládá na následující úrovně (Brožová, Houška, Šubrt, 2014, s. 32):

- úroveň 1 – cíl analýzy, např. zjištění kompromisní varianty,
- úroveň 2 – kritéria pro zjištění cíle,
- úroveň 3 – všechny varianty.



Obrázek 5 – Hierarchická struktura pro úlohu VAV (zdroj: Šubrt a kol., 2011, s. 189)

U některých úloh, jak uvádí Šubrt a kol. (2011, s. 189), bývá ještě úroveň subkritérií (mezi variantami a kritérii) nebo je možné přidat úroveň analytika (mezi cílem a kritérii), pokud je jich více a je potřeba vyjádřit důležitost jejich názoru. Pro účely dané práce se bude používat pouze tříúrovňová hierarchie.

Postup nalezení kompromisního řešení při tříúrovňové hierarchii bude následovný. Na druhé úrovni hierarchie bude použita Saatyho matice párových porovnání rozměru $n \times n$ (n je počet kritérií), z ní budou odvozeny váhy všech kritérií. Na třetí úrovni vznikne n Saatyho matic o rozměrech $m \times m$ (m je počet variant), pomocí těchto matic jsou zjištěny preference variant. Posledním krokem je syntéza získaných preferencí, kde jsou pro každou variantu ze všech kritérií sečteny součiny všech navazujících preferencí v hierarchické úrovni. Tímto krokem je zjištěno hodnocení varianty z hlediska všech kritérií (Šubrt a kol., 2011, s. 189, 190).

3.4 Významné charakteristiky současných procesorů

Jelikož je práce primárně zaměřena na vícekritériální model, bude zde krátce vysvětlen princip práce dnešních procesorů a zároveň budou popsány vlastnosti, které nejvíce ovlivňují jejich výkon.

Princip dnešních procesorů spočívá ve zpracování dat pomocí binárních operací. Úkolem procesoru je tedy přepínání stavů mezi logickou nulou a jedničkou. K tomuto úkolu slouží jeho základní stavební součástky: tranzistory. **Tranzistory**, kterých jsou v dnešních procesorech miliardy, jsou zapojeny jako spínače. V obrovském počtu tranzistorů je možné zpracovat i nejsložitější instrukce během chvíle [5].

Instrukce jsou jednotlivé operace, které procesor zpracovává sekvenčně. Zpracování těchto instrukcí se provádí v tzv. instrukčních cyklech [5].

Instrukční cyklus je možné si představit jako změnu stavu z nuly na jedničku a naopak. **Frekvence procesoru** je množství těchto cyklů za vteřinu. Jednotkou **hertz** (Hz) je označena frekvence neboli takt procesorů. U dnešních procesorů jsou často k nalezení takty v gigahertzích (Ghz), tedy v miliardách hertzu. Frekvence ovlivňuje výkon procesoru, čím větší je frekvence, tím větší je výkon, avšak ten není hlavním faktorem při výběru nejlepšího procesoru. Celkový výkon CPU kromě frekvence mohou ovlivňovat faktory jako architektura, počet jader aj. Důležité charakteristiky, které ovlivňují výkon procesorů, budou dále podrobněji popsány [5].

Jádro procesoru je samostatnou výpočetní jednotkou v procesoru. Dnešní procesory disponují několika takovými jádry. Tato jádra jsou výpočetně nezávislá, dokážou tedy zpracovávat několik různých instrukcí najednou v tzv. režimu multitaskingu. Většina aplikací a her dnes dokáže využít velký počet jader u procesoru. Čím větší je počet jader, tím větší počet instrukcí dokáže procesor zpracovat [5].

Vlákno procesoru je technologie, která pomocí jednoho fyzického jádra procesoru dokáže zpracovat další instrukci paralelně. Tedy jedno fyzické jádro dokáže zpracovat dvě instrukce během jednoho taktu za pomoci dvou vláken. Tato vlákna nepředstavují

plnohodnotné fyzické jádro, proto se jim přezdívá jádra logická či virtuální. Každopádně počet logických jader navyšuje výkon procesoru v aplikacích [5].

Architektura procesoru – dalším podstatným faktorem výkonu procesoru je jeho výrobní proces. Vždy, když výrobce obohatí svoji nabídku o nové CPU čipy, jedná se o novou generaci procesoru. Každá z těchto generací má svoje označení. Když jsou srovnávány dva procesory jiné generace, je nutné si uvědomit, že výkon těchto procesorů se může od sebe značně lišit, i kdyby všechny ostatní vlastnosti, jako je např. počet jader nebo takt procesoru, byly totožné [5].

L3 cache procesoru – v češtině vyrovnávací paměť L3. Jejím hlavním úkolem je vyrovnání rychlosti mezi jednotlivými hardwarovými komponenty (mezi rychlou a pomalou komponentou). L3 cache je největší paměť procesoru a zároveň nejpomalejší, je sdílena mezi všechna jádra procesoru. V samotném jádru procesoru jsou implementované paměti L2 a L1, které jsou rychlejší, ale jejich velikost je menší. Je pravidlem, že čím větší paměť L3 procesor obsahuje, tím je jeho výkon lepší [5].

Výrobní technologie – posledním důležitým východiskem pro výkon je výrobní technologie, která v současnosti záleží na rozměrech tranzistorů při výrobě čipu. Tento rozměr je dnes uveden v **nanometrech**. Zmenšení tranzistorů umožňuje zvětšit jejich celkový počet na ploše procesorového čipu. Větší počet tranzistorů znamená menší spotřebu a zvýšení taktu procesoru [5].

4 Vlastní práce

4.1 Volba vhodné generace procesorů k porovnání

Dnes je na trhu procesorů konkurence mezi dvěma největšími výrobci, a to **AMD** a **Intel**. Firma AMD nabízí aktuálně 4. generaci svých procesorů pod názvem Ryzen 5000 na architektuře Zen 3. Zatímco Intel nabízí 12. generaci procesorů pod názvem Alder Lake. V době vypracovávání této bakalářské práce nebyla k dispozici nová generace procesoru od Intelu, procesory od AMD tedy měly jasně navrch, co se výkonu ve hrách týče [6]. Tudíž se bude porovnávat starší generace, a to jak od AMD, tak i Intelu. Půjde o srovnání výkonu mezi procesory 3. generace AMD a 9. generace Intelu.

AMD procesory pod názvem Ryzen 3000 jsou třetí revizí architektury pod názvem Zen. Jedná se o architekturu Zen 2, která je produkována 7nm procesem TSMC. Oproti staré architektuře Zen+ došlo ke zmenšení tranzistoru z 12 nm na 7 nm, což slibuje značné zvýšení výkonu. V roce 2019 společnost AMD představila 6 procesorů pod danou architekturou, charakteristiky těchto procesorů jsou uvedeny v následující tabulce: [7]

Název procesoru	Jádra/vlákna	Takty boost / základní (GHz)	Cache L3 + L2 (MB)	Box chladič	Výrobní proces
AMD Ryzen 9 3950X	16/32	4,7/3,5	64 + 8	Ano – Wraith prism RGB	7 nm
AMD Ryzen 9 3900X	12/24	4,6/3,8	64 + 6	Ano – Wraith prism RGB	7 nm
AMD Ryzen 7 3800X	8/16	4,5/3,9	32 + 4	Ano – Wraith prism RGB	7 nm
AMD Ryzen 7 3700X	8/16	4,4/3,6	32 + 4	Ano – Wraith prism RGB	7 nm
AMD Ryzen 5 3600X	6/12	4,4/3,8	32 + 3	Ano – Wraith Spire	7 nm
AMD Ryzen 5 3600	6/12	4,2/3,6	32 + 3	Ano – Wraith Stealth	7 nm

Tabulka 1 – Vlastnosti procesorů Ryzen 3000 (vlastní zpracování, zdroj: [8])

Procesory Intel 9. generace pod názvem architektury Coffe Lake-S jsou nástupcem 8. generace Kaby Lake. Hlavní rozdíl oproti předchozí generaci spočívá v navýšení počtu

jader u procesorů. To nastalo kvůli tlačící konkurenci firmy AMD, která měla počet jader navýšený už při nástupu procesoru Ryzen. Z této generace budou představeny pouze 3 procesory, které byly nejbližším konkurentem v době vydání Ryzenu 3000. Tyto procesory byly poprvé uvedeny na trh v roce 2018 [9].

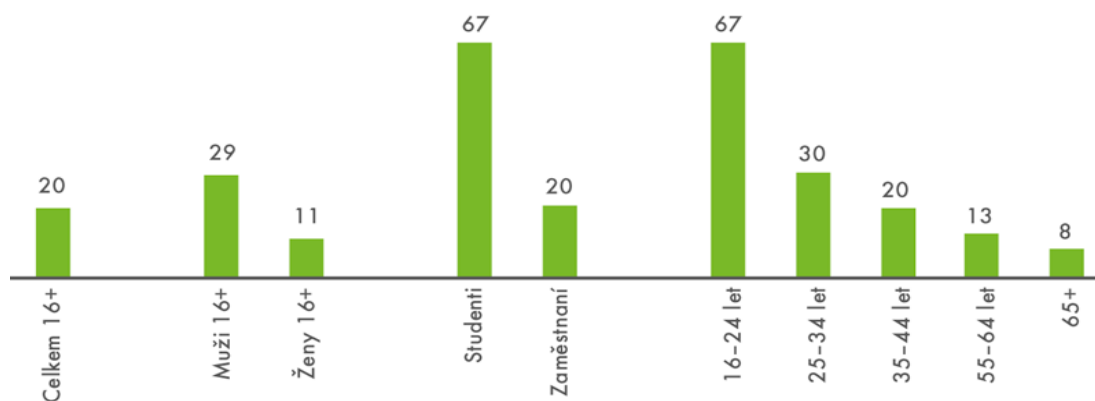
Název procesoru	Jádra/vlákna	Takty boost / základní (GHz)	Cache L3 (MB)	Box chladič	Výrobní proces
Intel i5-9600K	6/6	4,6/3,7	9	Ne	14 nm
Intel i7-9700K	8/8	4,9/3,6	12	Ne	14 nm
Intel i9-9900K	8/16	5,0/3,6	16	Ne	14 nm

Tabulka 2 – Vlastnosti procesorů Intel 9000 (vlastní zpracování, zdroj: [8], [9])

Výkony uvedených procesorů AMD i Intel budou porovnány pomocí metod vícekritériální analýzy variant.

4.2 Popis profilu hráče počítačových her

Aby mohl být nalezen nejvhodnější procesor na hraní her, musí být nejdříve zkonkretizováno, co takoví hráči potřebují. Jelikož nepůjde o konkrétní osobu, bude snaha namířena na obecný požadavek tak, aby vyhovoval co nejpočetnější skupině potenciálních hráčů. Tato skupina lidí bude specifikována v této kapitole.



Obrázek 6 – Zastoupení počtu hráčů v procentech (zdroj: [10])

Z autorových zkušeností, kdy lidem poskytoval sestavení počítačové sestavy, bylo patrné, že většina klientů patří do věkové kategorie mladistvých. Také z údajů Českého statistického úřadu plyne, že 67 % mladých lidí ve věku 16–24 let hraje nebo stahuje hry. U starších věkových kategorií se pak tato činnost čím dále více omezuje. Je také vhodné

poznámenat, že 67 % lidí ze všech věkových kategorií jsou studenti a pouhých 20 % je zaměstnaných. Tyto informace byly podstatné z důvodu tvorby vhodných preferencí a kritérií [10].

4.3 Stanovení vhodných kritérií, jejich kvantifikace a určení charakteru

Jelikož autor patří do nejpočetnější skupiny, jež hraje počítačové hry, preference a kritéria budou stanoveny na základě autorových zkušeností. Volba a význam vhodných kritérií a preferencí budou odůvodněny tak, aby vyhovovaly cílové skupině.

Cena – byla určena za nejpodstatnější kritérium pro daný výběr. Jelikož cílová skupina zahrnuje převážně studenty, finanční stránka má silný vliv na volbu **CPU**. Dané kritérium bude o něco málo významnější než výkon. Ceny byly převzaty z recenze na **Alza.cz** ze dne 14. 11. 2019. Protože cena procesoru **Ryzen 9 3950X** nebyla v dané recenzi k dispozici, byla tato cena stanovena za pomoci grafu vývoje ceny na portálu **Heureka.cz**. Od začátku prodeje daného procesoru (12. 1. 2019) byla jeho průměrná cena 22 823 Kč. Tato cena byla převzata a následně vložena do kritériální matice. Dané kritérium je minimalizačního charakteru [8], [11].

Výkon ve hrách – je druhý nejpodstatnější parametr pro hledání vhodného procesoru na hry. Při běžném použití výkon procesoru znamená rychlost neboli jeho taktovací frekvenci, která se uvádí v **hertzech**. Čím více instrukcí dokáže během jednoho taktu zpracovat, tím je procesor rychlejší. Porovnání procesorů pomocí taktovací frekvence není přípustné, protože by všechny procesory musely mít naprosto identickou architekturu a jediné, v čem by se mohly lišit, je taktovací frekvence. Dnes lze na trhu i pod stejnou architekturou nalézt procesory, které se liší v počtu jader, vláken, ale také i ve velikosti **L3 cache** atd. Měření výkonu pomocí taktovací frekvence jednotlivých procesorů (i se stejnou architekturou) tedy nepřipadá v úvahu [5], [12].

Pro měření výkonu byl zvolen průměrný počet **FPS** neboli snímků za sekundu ve hrách. Snímky za sekundu udávají, kolik snímků na monitoru dokáže hra vykreslit za vteřinu. Velký počet obrázků za sekundu zlepšuje plynulost obrazu během hraní. Jestliže hra vykresluje málo snímků za vteřinu, obraz je trhaný a zasekaný, což je nežádoucí. Vyobrazení snímku zpracovává grafická karta (**GPU**), ale na počet FPS v počítačových hrách mají vliv

skoro všechny komponenty v počítači. Je důležité, aby procesory byly testované na totožné počítačové sestavě, protože jinak by došlo ke zkreslení výsledků jinými hardwarovými komponenty. Podstatné také bylo, aby testovací sestava nebyla limitována výkonem grafické karty. Kdyby bylo GPU během testů vytížené na 100 %, docházelo by k tzv. **bottlenecku** ze strany grafické karty, tím pádem by byl výkon procesoru omezený výkonem grafické karty [13], [14].

Každá hra je optimalizovaná pro jednotlivé procesory jinak, tudíž počet **FPS** je v každé testované hře různý. Za to primárně může implementace herního kódu na využití prostředků dané počítačové sestavy. Pro porovnání počtu FPS v různých hrách bylo rozhodnuto zprůměrovat počet průměrných snímků ve všech hrách aritmeticky pro každý procesor zvlášť. Výkon ve hrách bude maximalizačním kritériem [15].

Hodnoty snímku z jednotlivých her byly převzaty z grafů recenze Alza.cz, jež prováděla testování her ve třech rozlišeních. Pro výpočet snímku byly zvoleny hodnoty v rozlišení 1920 x 1080. Bylo tak rozhodnuto ze dvou důvodů. Prvním důvodem bylo, že dané rozlišení je dnes nejběžněji používané na hraní počítačových her. Dalším a podstatnějším důvodem byla snaha eliminovat jakýkoliv vliv grafické karty na výkon procesoru, tedy vyhnout se tzv. bottlenecku ze strany GPU [8], [13], [14], [20].

	PUBG	AoS:E	AC:O	CS:GO	SotTR	Aritmetický průměr
Ryzen 5 3600	133,5	94,2	74,4	473,7	95,5	174,26
Ryzen 5 3600X	132,9	94,9	78,6	485,5	95,3	177,44
Ryzen 7 3700X	107,7	101,2	82,5	471,7	97,6	172,14
Ryzen 7 3800X	107,9	100,5	83,3	471,5	96,7	171,98
Ryzen 9 3900X	111,5	102,5	87,1	490,30	101,6	178,6
Ryzen 9 3950X	173,2	104,5	90,9	498,40	105,9	194,58
Intel i5-9600K	159,2	88,4	64,1	422,7	101,5	167,18
Intel i7-9700K	171	101,7	81	487,9	114,9	191,3
Intel i9-9900K	185,8	105,9	78,7	538,1	115,9	204,88

Tabulka 3 – Vyhodnocení výkonu ve hrách pomocí aritmetického průměru FPS ze všech testovaných her (výkon v rozlišení: 1920 x 1080, vlastní zpracování, zdroj:[8])

Syntetický benchmark – je třetí kritérium z hlediska důležitosti. Hry často nedokážou vytížit **CPU** na 100 %, tím využít všechnen potenciální výkon daného procesoru.

Syntetické benchmarky ale ano. Tyto benchmarky jsou určeny pro vyjádření výkonu procesorů v ideální situaci. Každý takový benchmark obsahuje svůj vlastní bodovací systém. Skóre v těchto benchmarkích slouží k porovnání výkonu mezi procesory. Čím je větší skóre procesoru, tím rychleji procesor dokáže zpracovávat instrukce různých aplikací. Syntetický test je podstatný z hlediska vyobrazení veškerého dostupného výkonu procesoru. Syntetických testů na procesor je v dnešní době velké množství, pro srovnání výkonu byly zvoleny výsledky ze **Cinebench R20 – MultiThread**, kde na rozdíl od **Cinebench R20 – SingleThread** zatěžuje všechna vlákna a jádra procesoru na 100 %. Skóre v těchto benchmarkích je maximalizačního charakteru [16].

Spotřeba – je už méně podstatné kritérium, ale stále vykazuje vliv na rozhodnutí. Obvykle se udává v **TDP** u všech procesorů. **Intel** a **AMD** si definují TDP rozdílně, proto je nelze srovnávat dle této předdefinované hodnoty. K porovnání spotřeby byl použit test v **AIDA 64**, který testuje systémovou stabilitu. Tento test zobrazuje spotřebu ve **wattech** při velké zátěži na počítačový systém. Spotřeba má vliv na množství odebíraného elektrického proudu a také na vhodné velikosti výkonu napájecího zdroje počítače (**PSU**). Velikost výkonu počítačového zdroje ovlivňuje pracovní schopnost všech počítačových komponent. Pokud procesor potřebuje ke své činnosti velké množství wattů, bude potom potřeba zdroje s velkým výkonem. Velká spotřeba procesorem zároveň implikuje velké množství tepla, které je potřeba od procesoru odvádět. Tudíž by bylo nutné uvažovat o koupi lepšího zdroje a lepšího chladiče. Menší spotřeba procesoru dovoluje vyvarovat se plýtvání peněžních zdrojů. Spotřeba je tedy minimalizačním kritériem [17], [18].

Dostupnost chladiče v balení – poslední kritérium, které bylo bráno v potaz, je, zda má procesor v balení chladič. Dražší modely procesorů obvykle nedisponují chladičem. Dostupnost chladiče v balení je menší výhodou, jelikož chladič již není potřeba dokupovat samostatně. Takovýto chladič obvykle stačí na uchazení procesoru za běžných podmínek, rozhodně ale není ideální na udržení nízkých teplot přetaktovaného procesoru při vysoké zátěži. Tato práce se nebude zabývat taktováním procesorů, proto ve vícekritériálním modelu byly použité testovací hodnoty v běžném taktu. U většiny pokročilých uživatelů bývá základní chladič většinou vyměňován. Pro běžného hráče je však základní chladič v balení často dostačující a navyšuje hodnotu procesoru.

Jelikož informace o dostupnosti chladiče je kvalitativního charakteru (dostupný/nedostupný), bylo nutné danou informaci převést na kvantitativní. Převod tohoto kritéria byl uskutečněn pomocí ideální a bazální hodnoty. Hodnota „1“ bude přiřazena chladiči, který je dostupný v balení, a hodnota „0“ chladiči, jež není dostupný. Tím pádem dané kritérium bude maximalizačního charakteru [19].

4.4 Vícekriteriální model

Model VAV bude navržen tak, aby vyhovoval porovnání procesorů Intel i AMD mezi sebou. Data k daným procesorům byla převzata z recenze na Alza.cz, kde byly dané procesory porovnávány a testovány zátěžovými i jinými zkouškami [8].

4.4.1 Matice variant (kriteriální matice)

Pro sestavení kriteriální matice již byla stanovena kvantitativní kritéria a jejich charakter. Další hodnoty se získaly z už zmiňované recenze na Alza.cz [8].

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	174,26	6 399	3530	150	1
Ryzen 5 3600X	177,44	6 599	3611	157	1
Ryzen 7 3700X	172,14	6 990	4726	165	1
Ryzen 7 3800X	171,98	8 290	4857	195	1
Ryzen 9 3900X	178,6	10 990	6919	217	1
Ryzen 9 3950X	194,58	22 823	9242	230	0
Intel i5-9600K	167,18	9 399	2582	113	0
Intel i7-9700K	191,3	10 990	3426	200	0
Intel i9-9900K	204,88	13 990	4454	226	0
Charakter kritéria	max	min	max	min	max

Tabulka 4 – Kvantifikace a určení charakteru kritérií (vlastní zpracování)

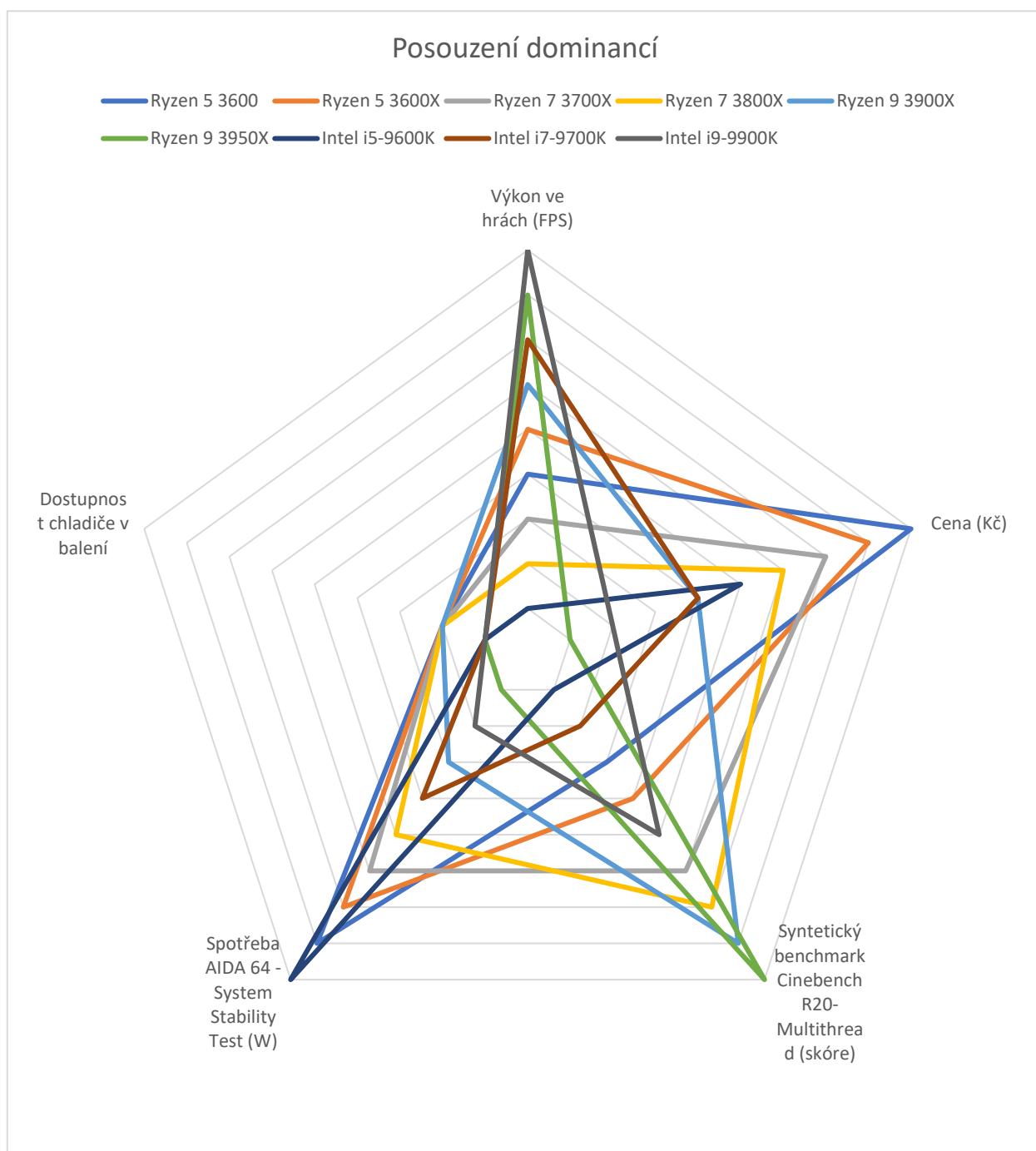
4.4.2 Posouzení dominance variant a stanovení paretoevských variant

Pro zjištění, zda některá z variant nedominuje jinou, bylo potřeba převést minimalizační kritéria na maximalizační a zároveň ohodnotit všechna kritéria body podle pořadí, kde hodnocení „9“ je nejlepší varianta dle kritéria a hodnocení „1“ je nejhorší varianta dle kritéria. Pokud budou dvě varianty hodnoceny stejně, přidělíme jim stejný počet bodů. Hodnoty u kritéria „dostupnost chladiče v balení“ byly pouze navýšeny o jedničku, aby kritérium při porovnání z grafu nevypadlo. Je důležité, aby všechna kritéria pro zjištění dominance byla převedená na stejnou škálu, jelikož to zlepšuje orientaci v paprskovém grafu. Převod a ohodnocení charakteru kritérií jsou znázorněny v následující tabulce.

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	4	9	3	8	2
Ryzen 5 3600X	5	8	4	7	2
Ryzen 7 3700X	3	7	6	6	2
Ryzen 7 3800X	2	6	7	5	2
Ryzen 9 3900X	6	4	8	3	2
Ryzen 9 3950X	8	1	9	1	1
Intel i5-9600K	1	5	1	9	1
Intel i7-9700K	7	4	2	4	1
Intel i9-9900K	9	2	5	2	1
Charakter kritéria	max	max	max	max	max

Tabulka 5 – Převod ohodnocení na stejnou škálu a posouzení dominancí (vlastní zpracování)

Další krokem byl převod tabulky do paprskového grafu pro lepší posouzení dominancí. Konstrukce daného grafu byla popsána již v teoretické části, viz kapitola 3.1.3.



Graf 3 – Posouzení dominancí (vlastní zpracování)

Po důkladném prozkoumání grafu můžeme zjistit, že žádný polygon nepřekrývá jiný, tudíž žádná z variant nedominuje jinou. Je pozoruhodné, že i přes velký počet procesorů od AMD a Intel se procesory navzájem nedominují ve zvolených kritériích. Velký počet variant

zvětšuje komplexitu daného rozhodování. Avšak kvůli tomu, že všechny varianty z předchozího grafu jsou paretoovské, musí být všechny varianty zapojeny do hledání kompromisního řešení.

4.5 Stanovení vah kritérií

V teoretické části (kapitola 3.2) již byly představeny některé metody pro sestavení vah kritérií. Tyto metody pracují jen s kardinální informací o kritériích. Tento typ informace umožňuje rozhodovateli vyjádřit, jak silně preferuje (či nepreferuje) nějaké kritérium před jiným, tudíž poskytuje velké množství dat pro rozhodovatele (na rozdíl od jiných typů informace o kritériích).

Pro sestavení vah kritérií bylo rozhodnuto o použití Saatyho metody. Saatyho metoda na rozdíl od metody bodovací umožňuje větší diferenciaci vah. Také se jedná o metodu párového porovnání, což umožňuje rozhodovateli lépe vyjádřit své preference. Do porovnání bylo zapojeno všech pět kritérií (cena, výkon ve hrách, syntetický benchmark, spotřeba, dostupnost chladiče). Princip sestavení této matice již byl popsán v kapitole 3.2.2.

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark	Spotřeba	Dostupnost chladiče v balení	Geom. průměr	váha (preference)
Výkon ve hrách (FPS)	1	1/2	4	6	8	2,4915	0,32
Cena (Kč)	2	1	5	7	9	3,6297	0,46
Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	1/4	1/5	1	4	5	1,0000	0,13
Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	1/6	1/7	1/4	1	3	0,4471	0,06
Dostupnost chladiče v balení	1/8	1/9	1/5	1/3	1	0,2474	0,03
Součet						7,8155	1

Tabulka 6 – Saatyho matice pro stanovení vah kritérií (vlastní zpracování)

Hodnocení bylo provedeno dle subjektivního názoru rozhodovatele. Byly využity i sudé stupně z devítibodové stupnice pro ohodnocení preference. Výpočet vah Saatyho matice byl uskutečněn s pomocí geometrického průměru řádku matice – rovnice (5). Normalizace hodnot z geometrického průměru je vyjádřena ve sloupci s názvem „váha

(preference)“. Index konzistence se dle rovnice (3) u dané Saatyho matice rovná $I_s = 0,708$, tudíž je matice dostatečně konzistentní.

Ze Saatyho matice je poznat, že kritéria „cena“ a „výkon ve hrách“ budou mít největší vliv na výběr kompromisního řešení. Avšak právě ostatní kritéria umožňují určit významné rozdíly při výběru vhodného procesoru.

4.6 Stanovení kompromisní varianty (kompromisního řešení)

Výběr kompromisní varianty bude proveden třemi již popsanými metodami. Každá z těchto metod představuje různý pohled na volbu kompromisní varianty. Metoda váženého součtu je založená na sestavení lineární funkce užitku. Metoda TOPSIS využívá vzdálenosti mezi ideální a bazální variantou pro nalezení nejlepší varianty. Metoda AHP využívá syntézy subjektivních preferencí rozhodovatelů mezi variantami. Každá s těchto metod může poskytnout rozhodovateli lepší porozumění pro nalezení kompromisního řešení.

Pro lepší přehlednost je nutné uvést kritériální matici s vypočtenými váhami, ze které budou vycházet výpočty kompromisní varianty.

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20-Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 - System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	174,26	6 399	3530	150	1
Ryzen 5 3600X	177,44	6 599	3611	157	1
Ryzen 7 3700X	172,14	6 990	4726	165	1
Ryzen 7 3800X	171,98	8 290	4857	195	1
Ryzen 9 3900X	178,6	10 990	6919	217	1
Ryzen 9 3950X	194,58	22 823	9242	230	0
Intel i5-9600K	167,18	9 399	2582	113	0
Intel i7-9700K	191,3	10 990	3426	200	0
Intel i9-9900K	204,88	13 990	4454	226	0
Charakter kritéria	max	min	max	min	max
váhy	0,32	0,46	0,13	0,06	0,03

Tabulka 7 – Kritériální tabulka s vypočtenými váhami (vlastní zpracování)

4.6.1 Metoda váženého součtu

Jedná se o první z metod pro nalezení kompromisní varianty (principy této metody jsou popsány v kapitole 3.3.1). Jak již bylo řečeno, metoda pracuje s lineární funkcí užítku, nejlepší možné variantě tedy bude přiřazená funkční hodnota 1 a té nejhorší 0. Pro určení nejlepší a nejhorší varianty je nutné nejdříve určit ideální variantu (H) a bazální variantu (D).

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
ideální varianta – H	204,88	6 399	9242	113	1
bazální varianta – D	167,18	22 823	2582	230	0

Tabulka 8 – Určení ideální a bazální varianty u metody váženého součtu (vlastní zpracování)

Následně je potřeba vypočítat normalizovanou kriteriální matici pomocí rovnice (7). Jako poslední je nutné spočítat celkový užitek pomocí rovnice (8) neboli součet součinů hodnot a vah v daném řádku. Výsledek je možné seřadit od nejvyšší do nejnižší hodnoty a určit pořadí.

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	0,187798408	1	0,142342342	0,683760684	1
Ryzen 5 3600X	0,272148541	0,987822698	0,154504505	0,623931624	1
Ryzen 7 3700X	0,131564987	0,964016074	0,321921922	0,555555556	1
Ryzen 7 3800X	0,127320955	0,884863614	0,341591592	0,299145299	1
Ryzen 9 3900X	0,302917772	0,720470044	0,651201201	0,111111111	1
Ryzen 9 3950X	0,726790451	0	1	0	0
Intel i5-9600K	0	0,817340477	0	1	0
Intel i7-9700K	0,639787798	0,720470044	0,126726727	0,256410256	0
Intel i9-9900K	1	0,537810521	0,281081081	0,034188034	0

Tabulka 9 – Normalizovaná kriteriální matice u metody váženého součtu (vlastní zpracování)

Varianta	Agregovaný užitek	Pořadí
Ryzen 5 3600X	0,6326	1.
Ryzen 5 3600	0,6133	2.
Intel i9-9900K	0,6065	3.
Ryzen 7 3700X	0,5943	4.
Intel i7-9700K	0,5694	5.
Ryzen 9 3900X	0,5525	6.
Ryzen 7 3800X	0,5440	7.
Intel i5-9600K	0,4368	8.
Ryzen 9 3950X	0,3596	9.

Tabulka 10 – Celkový užitek u metody váženého součtu (vlastní zpracování)

Nejlepším procesorem podle metody váženého součtu je Ryzen 5 3600X od firmy AMD. Pokud uživatel trvá na procesoru od Intel, je možné mu doporučit Intel i9-9900K, jehož cena je sice vysoká, ale poskytuje silný výkon.

4.6.2 Metoda TOPSIS

Metoda TOPSIS se zakládá na minimalizaci vzdálenosti mezi ideální a bazální variantou. Kroky k sestrojení této metody jsou popsány v kapitole 3.3.2. Nejdříve je nutné sestrojít normalizovanou matici R z výchozích hodnot podle rovnice (9).

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	0,31957	0,18109	0,22647	0,26674	0,44721
Ryzen 5 3600X	0,32541	0,18675	0,23167	0,27919	0,44721
Ryzen 7 3700X	0,31569	0,19782	0,30320	0,29341	0,44721
Ryzen 7 3800X	0,31539	0,23461	0,31161	0,34676	0,44721
Ryzen 9 3900X	0,32753	0,31102	0,44389	0,38588	0,44721
Ryzen 9 3950X	0,35684	0,64590	0,59293	0,40900	0,00000
Intel i5-9600K	0,30659	0,26599	0,16565	0,20094	0,00000
Intel i7-9700K	0,35082	0,31102	0,21980	0,35565	0,00000
Intel i9-9900K	0,37573	0,39592	0,28575	0,40189	0,00000

Tabulka 11 – Normalizovaná matice R u metody TOPSIS (vlastní zpracování)

Dalším krokem je sestrojení matice W z hodnot matice R podle rovnice (10)

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
Ryzen 5 3600	0,10187	0,08410	0,02898	0,01526	0,01415
Ryzen 5 3600X	0,10373	0,08673	0,02964	0,01597	0,01415
Ryzen 7 3700X	0,10064	0,09187	0,03879	0,01678	0,01415
Ryzen 7 3800X	0,10054	0,10896	0,03987	0,01984	0,01415
Ryzen 9 3900X	0,10441	0,14444	0,05680	0,02207	0,01415
Ryzen 9 3950X	0,11375	0,29997	0,07587	0,02340	0,00000
Intel i5-9600K	0,09774	0,12353	0,02120	0,01149	0,00000
Intel i7-9700K	0,11184	0,14444	0,02812	0,02034	0,00000
Intel i9-9900K	0,11978	0,18387	0,03656	0,02299	0,00000

Tabulka 12 – Normalizovaná matice W u metody TOPSIS (vlastní zpracování)

Až teprve z této kritériální matice jsou určené ideální hodnoty h a bazální hodnoty d . Ideální varianta nabývá nejlepší hodnoty v příslušném kritériu ze všech variant, zatímco bazální nabývá nejhorších hodnot v příslušném kritériu ze všech variant.

	Výkon ve hrách (FPS)	Cena (Kč)	Syntetický benchmark Cinebench R20- Multithread (skóre)	Spotřeba AIDA 64 – System Stability Test (W)	Dostupnost chladiče v balení
ideální varianta – h	0,1198	0,0841	0,0759	0,0115	0,0142
bazální varianta – d	0,0977	0,3000	0,0212	0,0234	0,0000

Tabulka 13 – Určení ideální a bazální varianty ze standardizované matice W u metody TOPSIS (vlastní zpracování)

Posledními kroky je určení vzdálenosti variant od ideální d_i^+ a bazální d_i^- podle rovnic (11) a (12). Za pomoci ukazatele c_i určíme relativní vzdálenost variant od bazální varianty dle rovnice (13). Následně jsou varianty seřazeny od největší hodnoty c_i po nejmenší.

	d_i^+	d_i^-
Ryzen 5 3600	0,0503	0,2167
Ryzen 5 3600X	0,0492	0,2141
Ryzen 7 3700X	0,0428	0,2094
Ryzen 7 3800X	0,0485	0,1925
Ryzen 9 3900X	0,0660	0,1603
Ryzen 9 3950X	0,2167	0,0570
Intel i5-9600K	0,0723	0,1768
Intel i7-9700K	0,0791	0,1563
Intel i9-9900K	0,1088	0,1192

Tabulka 14 – Výpočet vzdálenosti variant od ideální a bazální varianty u metody TOPSIS (vlastní zpracování)

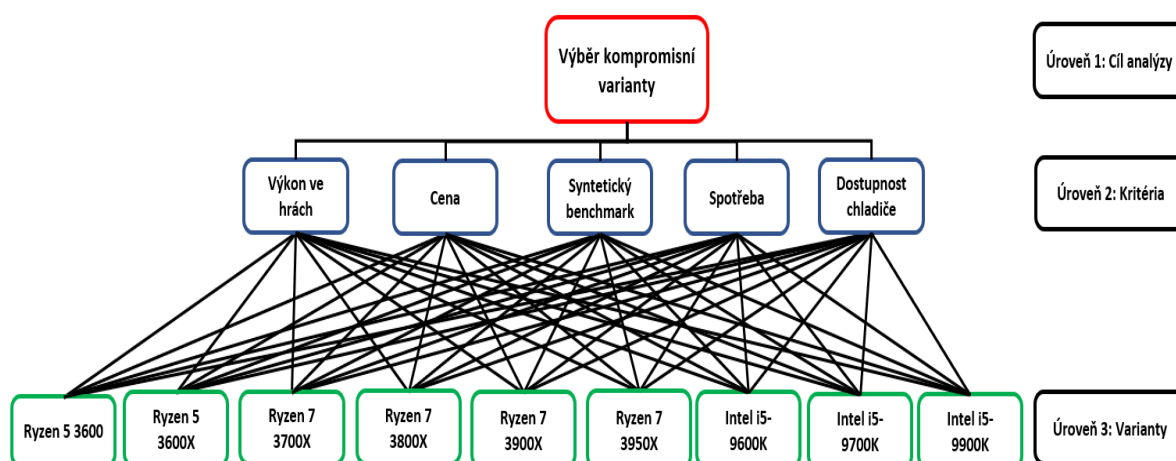
Varianta	c_i	Pořadí
Ryzen 7 3700X	0,83043	1.
Ryzen 5 3600X	0,81312	2.
Ryzen 5 3600	0,81149	3.
Ryzen 7 3800X	0,79873	4.
Intel i5-9600K	0,70975	5.
Ryzen 9 3900X	0,70846	6.
Intel i7-9700K	0,66395	7.
Intel i9-9900K	0,52279	8.
Ryzen 9 3950X	0,20814	9.

Tabulka 15 – Výpočet relativní vzdálenosti variant od varianty bazální u metody TOPSIS (vlastní zpracování)

Pořadí variant se značně odlišuje od metody váženého součtu. Na prvním místě skončil procesor od firmy AMD Ryzen 7 3700X, zatímco u metody váženého součtu je to Ryzen 5 3600X, který se při dané metodě umístil na druhé příčce. Největší rozdíl v umístění mezi těmito metodami je u procesoru Intel i9-9900K. Jelikož je daná metoda založená na vzdálenosti mezi ideální a bazální variantou, Intel i9-9900K je kromě kritéria „výkon ve hrách“ s ohledem na ostatní kritéria velmi blízko hodnotám bazální varianty. Tím pádem je až na osmém místě, zatímco u metody váženého součtu je na místě třetím.

4.6.3 Metoda AHP

Pro sestavení úlohy AHP je nejdříve nutné grafické vyobrazení, a to pomocí hierarchické struktury. Postup pro sestavení této hierarchie byl popsán v kapitole 3.3.3.



Obrázek 7 – Hierarchická struktura (vlastní zpracování)

Váhy kritérií již byly určeny. Nyní je nutné provést párové porovnání jednotlivých variant u konkrétních kritérií. Párové porovnání pro každé kritérium bude provedeno metodou Saatyho. Subjektivní hodnocení rozhodovatele bude určeno pomocí již zmíněné devítibodové stupnice i s použitím sudých stupňů. Pro každou variantu bude spočítán geometrický průměr. Následně budou hodnoty geometrického průměru znormalizované ve sloupci dílčí váhy. Tyto hodnoty budou vynásobeny hodnotou v levém horním rohu, která vyjadřuje váhu daného kritéria, tudíž se už bude jednat o vážené dílčí váhy. U každé z těchto matic byla dodržena podmínka konzistence, kde $I_s < 0,15$.

0,319	Ryzen	Ryzen	Ryzen	Ryzen	Ryzen	Ryzen	Intel	Intel	Intel	geom. p.	dílčí váhy	vážené dílčí váhy
	5 3600	5 3600X	7 3700X	7 3800X	9 3900X	9 3950X	i5-9600K	i7-9700K	i9-9900K			
Ryzen 5 3600	1	1/2	2	2	1/2	1/7	4	1/7	1/9	0,593	0,038	0,012
Ryzen 5 3600X	2	1	3	3	1	1/6	5	1/6	1/8	0,879	0,056	0,018
Ryzen 7 3700X	1/2	1/3	1	1	1/3	1/8	3	1/7	1/9	0,410	0,026	0,008
Ryzen 7 3800X	1/2	1/3	1	1	1/3	1/8	3	1/7	1/9	0,410	0,026	0,008
Ryzen 9 3900X	2	1	3	3	1	1/6	5	1/6	1/8	0,879	0,056	0,018
Ryzen 9 3950X	7	6	8	8	6	1	9	2	1/4	3,468	0,223	0,071
Intel i5-9600K	1/4	1/5	1/3	1/3	1/5	1/9	1	1/9	1/9	0,226	0,015	0,005
Intel i7-9700K	7	6	7	7	6	1/2	9	1	1/5	2,815	0,181	0,058
Intel i9-9900K	9	8	9	9	8	4	9	5	1	5,880	0,378	0,120
										15,560	1,000	0,319

Tabulka 16 – Saatyho matice pro kritérium výkon ve hrách u metody AHP (vlastní zpracování)

0,464	Ryzen						Intel	Intel	Intel	geom. p.	dílní váhy	vážené dílní váhy
	5 3600	5 3600X	7 3700X	7 3800X	9 3900X	9 3950X	i5-9600K	i7-9700K	i9-9900K			
Ryzen 5 3600	1	1	2	4	7	9	6	7	8	3,810	0,264	0,123
Ryzen 5 3600X	1	1	2	4	7	9	6	7	8	3,810	0,264	0,123
Ryzen 7 3700X	1/2	1/2	1	3	7	8	5	6	7	2,744	0,190	0,088
Ryzen 7 3800X	1/4	1/4	1/3	1	5	7	4	5	6	1,644	0,114	0,053
Ryzen 9 3900X	1/7	1/7	1/7	1/5	1	5	1/3	1	4	0,540	0,037	0,017
Ryzen 9 3950X	1/9	1/9	1/8	1/7	1/5	1	1/9	1/9	1/9	0,158	0,011	0,005
Intel i5-9600K	1/6	1/6	1/5	1/4	3	6	1	3	5	0,897	0,062	0,029
Intel i7-9700K	1/7	1/7	1/6	1/5	1	5	1/3	1	3	0,532	0,037	0,017
Intel i9-9900K	1/8	1/8	1/7	1/6	1/4	4	1/5	1/3	1	0,308	0,021	0,010
Součet										14,442	1,000	0,464

Tabulka 17 – Saatyho matice pro kritérium cena u metody AHP (vlastní zpracování)

0,137	Ryzen						Intel	Intel	Intel	geom. p.	dílní váhy	vážené dílní váhy
	5 3600	5 3600X	7 3700X	7 3800X	9 3900X	9 3950X	i5-9600K	i7-9700K	i9-9900K			
Ryzen 5 3600	1	1	1/3	1/3	1/7	1/9	3	1	1/3	0,494	0,032	0,004
Ryzen 5 3600X	1	1	1/3	1/3	1/7	1/9	3	1	1/3	0,494	0,032	0,004
Ryzen 7 3700X	3	3	1	1	1/5	1/9	5	3	1	1,130	0,074	0,010
Ryzen 7 3800X	3	3	1	1	1/5	1/9	5	3	1	1,130	0,074	0,010
Ryzen 9 3900X	7	7	5	5	1	1/5	9	7	5	3,492	0,229	0,031
Ryzen 9 3950X	9	9	9	9	5	1	9	9	9	6,605	0,434	0,059
Intel i5-9600K	1/3	1/3	1/5	1/5	1/9	1/9	1	1/3	1/5	0,249	0,016	0,002
Intel i7-9700K	1	1	1/3	1/3	1/7	1/9	3	1	1/3	0,494	0,032	0,004
Intel i9-9900K	3	3	1	1	1/5	1/9	5	3	1	1,130	0,074	0,010
										15,218	1,000	0,137

Tabulka 18 – Saatyho matice pro kritérium syntetický benchmark u metody AHP (vlastní zpracování)

0,060	Ryzen						Intel	Intel	Intel	geom. p.	dílní váhy	vážené dílní váhy
	5 3600	5 3600X	7 3700X	7 3800X	9 3900X	9 3950X	i5-9600K	i7-9700K	i9-9900K			
Ryzen 5 3600	1	3	5	7	8	9	1/5	8	8	3,581	0,226	0,014
Ryzen 5 3600X	1/3	1	3	5	7	9	1/5	7	8	2,478	0,156	0,009
Ryzen 7 3700X	1/5	1/3	1	3	6	8	1/7	6	7	1,569	0,099	0,006
Ryzen 7 3800X	1/7	1/5	1/3	1	3	5	1/9	2	5	0,815	0,051	0,003
Ryzen 9 3900X	1/8	1/7	1/6	1/3	1	3	1/9	1	3	0,464	0,029	0,002
Ryzen 9 3950X	1/9	1/9	1/8	1/5	1/3	1	1/9	1/4	1	0,242	0,015	0,001
Intel i5-9600K	5	5	7	9	9	9	1	8	9	5,939	0,375	0,022
Intel i7-9700K	1/8	1/7	1/6	1/2	1	4	1/8	1	3	0,507	0,032	0,002
Intel i9-9900K	1/8	1/8	1/7	1/5	1/3	1	1/9	1/3	1	0,260	0,016	0,001
										15,855	1,000	0,060

Tabulka 19 – Saatyho matice pro kritérium spotřeba u metody AHP (vlastní zpracování)

0,033										geom. p.	dílní váhy	vážené dílní váhy
	Ryzen 5 3600	Ryzen 5 3600X	Ryzen 7 3700X	Ryzen 7 3800X	Ryzen 9 3900X	Ryzen 9 3950X	Intel i5- 9600K	Intel i7- 9700K	Intel i9- 9900K			
Ryzen 5 3600	1	1	1	1	1	9	9	9	9	2,655	0,184	0,006
Ryzen 5 3600X	1	1	1	1	1	9	9	9	9	2,655	0,184	0,006
Ryzen 7 3700X	1	1	1	1	1	9	9	9	9	2,655	0,184	0,006
Ryzen 7 3800X	1	1	1	1	1	9	9	9	9	2,655	0,184	0,006
Ryzen 9 3900X	1	1	1	1	1	9	9	9	9	2,655	0,184	0,006
Ryzen 9 3950X	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1	0,295	0,020	0,001
Intel i5-9600K	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1	0,295	0,020	0,001
Intel i7-9700K	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1	0,295	0,020	0,001
Intel i9-9900K	1/9	1/9	1/9	1/9	1/9	1	1	1	1	0,295	0,020	0,001
										14,456	1,000	0,033

Tabulka 20 – Saatyho matice pro kritérium dostupnost chladiče u metody AHP (vlastní zpracování)

Syntéza všech preferencí kritérií je provedená pomocí součtu všech vážených dílních preferencí u každé varianty, varianta s největší hodnotou je považována za kompromisní. Syntéza preferencí a pořadí variant je vyobrazeno v následující tabulce:

Varianta	Syntéza preferencí	Pořadí
Ryzen 5 3600X	0,160	1.
Ryzen 5 3600	0,159	2.
Intel i9-9900K	0,142	3.
Ryzen 9 3950X	0,137	4.
Ryzen 7 3700X	0,119	5.
Intel i7-9700K	0,082	6.
Ryzen 7 3800X	0,081	7.
Ryzen 9 3900X	0,074	8.
Intel i5-9600K	0,059	9.

Tabulka 21 – Syntéza preference u metody AHP (vlastní zpracování)

Výsledky poslední metody se dost podobají výsledkům metody váženého součtu. Kompromisní variantou je opět Ryzen 5 3600X, jež je jen o něco více preferován než Ryzen 5 3600. Překvapením byl procesor Ryzen 3950X, který i přes obrovský rozdíl v ceně skončil na 4. místě. Je tomu tak díky nesmírně dobrému výkonu, a to jak ve hrách, tak i v syntetickém benchmarku, kde mu byl přidělen nejvyšší počet bodů. Na posledním místě skončil procesor od Intel i5-9600K, který toho kromě velmi dobré spotřeby, což je slabě preferované kritérium, dle jiných kritérií uživateli nabízí velmi málo.

5 Výsledky a diskuse

Na základě výsledků jednotlivých metod pro stanovení kompromisní varianty nebylo jednoduché určit vítěze. Jen u dvou metod byla nalezena stejná kompromisní varianta. Je tedy nutné výsledky zhodnotit a porovnat mezi sebou. Pro přehlednost jsou výsledky všech metod zobrazené v následující tabulce:

Varianty	Vážený součet	Pořadí	TOPSIS	Pořadí	AHP	Pořadí
Ryzen 5 3600	0,6133	2.	0,8120	3.	0,159	2.
Ryzen 5 3600X	0,6327	1.	0,8136	2.	0,160	1.
Ryzen 7 3700X	0,5943	4.	0,8309	1.	0,119	5.
Ryzen 7 3800X	0,5443	7.	0,7994	4.	0,081	7.
Ryzen 9 3900X	0,5531	6.	0,7097	6.	0,074	8.
Ryzen 9 3950X	0,3596	9.	0,2076	9.	0,137	4.
Intel i5-9600K	0,4372	8.	0,7107	5.	0,059	9.
Intel i7-9700K	0,5700	5.	0,6653	7.	0,082	6.
Intel i9-9900K	0,6075	3.	0,5248	8.	0,142	3.

Tabulka 22 – Konečné výsledky kompromisních metod (vlastní zpracování)

Zelenou barvou jsou znázorněny tři nejlepší varianty u jednotlivých metod podle pořadí. U metody AHP a váženého součtu byl jako kompromisní varianta vyhodnocen procesor **Ryzen 5 3600X**. U metody TOPSIS je to procesor **Ryzen 7 3700X**. V každé ze tří metod se procesory **Ryzen 5 3600** a **Ryzen 5 3600X** umístily na nejlepších pozicích. Možným důvodem dobrého umístění těchto dvou procesorů je jejich nízká cena ve srovnání s ostatními procesory, dále také jejich skóre v benchmarku není špatné – na rozdíl od přímého konkurenta **Intel i5-9600K**. Ačkoliv tyto procesory disponují 6 jádry, hlavní rozdíl dělá to, že procesor od firmy Intel disponuje pouze 6 vlákny, zatímco procesory od firmy AMD mají vláken 12. Dostupnost chladiče je jeden z dalších důvodů, proč jsou procesory Ryzen 5 3600 a Ryzen 5 3600X výborně ohodnoceny. Oba tyto procesory je možné doporučit modelovému hráči počítačových her. Pokud by cenový rozdíl mezi Ryzen 5 3600 a Ryzen 5 3600X byl daleko větší, doporučen by byl pouze procesor Ryzen 5 3600, protože podle ostatních kritérií je rozdíl mezi těmito procesory velmi malý.

Dalším zajímavým procesorem je **Intel i9-9900K**. Jedná se o druhý nejdražší procesor z výběru, ale i když je velmi drahý, skončil v metodě váženého součtu a AHP na třetím místě. Důvodem je jeho velmi slušný výkon ve hrách, kde dokázal porazit i nejdražší

procesor od AMD **Ryzen 9 3950X**. Je pozoruhodné, že procesor Ryzen 9 3950X s 16 jádry a 32 vlákny se nedokázal v počítačových hrách ani přiblížit výkonu procesoru Intel i9-9900K s 8 jádry a 16 vlákny, ačkoliv rozdíl výkonu v benchmarku mezi Ryzen 9 3950X a Intel i9-9900K je víc než dvojnásobný. Z toho je možné usoudit, že architektura procesoru od firmy Intel umí lépe zužítkovat své zdroje pro dosažení skvělého výkonu ve hrách. Jestliže kritériu cena přiřadíme menší váhu než výkonu, je možné na hraní her doporučit procesor Intel i9-9900K.

Metoda AHP měla podobné výsledky jako metoda váženého součtu, avšak konstrukce této metody je velmi náročná. Jak uvádí Jablonský (s. 284, 2002), rozhodovatel musí zadat $\binom{k}{2} + k \binom{n}{2}$ párových porovnání. V daném případě pro počet variant $n = 9$ a počet kritérií $k = 5$ je to $10 + 5(36) = 190$ párových porovnání. Zároveň se musí hlídat konzistence matice, což je u matic s velkým počtem variant velmi problematické.

Metoda TOPSIS poskytla zcela odlišné řešení než metody ostatní. Kompromisním řešením byl zvolen procesor **Ryzen 7 3700X**. Za pozornost stojí vzdálenost kompromisní varianty od varianty ideální, která je ze všech ostatních variant nejmenší. Možným důvodem dobré vzdálenosti od varianty ideální je jeho velmi příznivé skóre v benchmarku. U procesorů Ryzen 5 3600X a Ryzen 5 3600, které se umístily na druhém a třetím místě, je skóre v benchmarku podstatně horší. Avšak je nutné si uvědomit, že skóre v benchmarku není silně preferovaným kritériem, proto se metoda TOPSIS nejeví jako nejvhodnější metoda na hodnocení procesoru.

Nejvhodnější metodou pro stanovení nejlepšího procesoru na hraní her se ukázala být metoda váženého součtu. Na rozdíl od metody AHP a TOPSIS není tak náročná na zpracování, zároveň poskytuje snadno interpretované výsledky.

6 Závěr

Cílem dané bakalářské práce byla praktická aplikace metod vícekriteriální analýzy variant pro hodnocení a výběr procesoru podle preferencí modelového hráče počítačových her.

Teoretická část této práce byla zaměřena na obecné pojmy modelu vícekriteriálního rozhodování. Podrobněji byly popsány metody, které byly použity pro zjištění vah kritérií: bodovací metoda, Saatyho metoda. K dosažení cíle byly představeny metody pro stanovení kompromisního řešení: metoda váženého součtu, metoda TOPSIS a metoda AHP. Na konci teoretické části jsou vysvětleny důležité charakteristiky současných procesorů.

V úvodu praktické části je sestaven seznam procesorů k porovnání. Jedná se o šest procesorů 3. generace firmy AMD a tři procesory firmy Intel 9. generace. Následně byly vysvětleny preference modelového hráče počítačových her. Na základě těchto preferencí bylo stanoveno pět kritérií k výběru procesorů a vytvořena kriteriální matice. V ní byla posouzena dominance variant grafickým znázorněním. Pro nalezení vah kritérií se využila pouze Saatyho metoda, jež byla pro danou situaci nejvhodnější. Výběr kompromisní varianty je proveden pomocí metody váženého součtu, metody TOPSIS a metody AHP.

V poslední části byly shrnuty výsledky vícekriteriálního rozhodování. Nejlepším procesorem metody AHP a metody váženého součtu byl Ryzen 5 3600X, zatímco nejlepším procesorem metody TOPSIS byl Ryzen 7 3700X. Pro modelového hráče počítačových her byly doporučeny dva procesory Ryzen 5 3600X a Ryzen 5 3600, které byly u všech metod kompromisním řešením na vysokých pozicích. Zároveň byla metoda váženého součtu určena jako nejvhodnější na volbu kompromisního řešení.

7 Seznam použitých zdrojů

Tištěné zdroje:

[1] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. *Modely pro vícekritériální rozhodování*. 1. vyd., 2. dotisk. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2014. ISBN 978-80-213-1019-3.

[2] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, Vyd. 1, 2002. ISBN 80-864-1942-8.

[3] ŠUBRT, Tomáš. *Ekonomicko-matematické metody*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.

[4] ŠUBRT, Tomáš, Ludmila DÖMEOVÁ, Petr KUČERA a Helena BROŽOVÁ. *Ekonomicko matematické metody II: aplikace a cvičení*. Vyd. 2.,4. dotisk. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2007. ISBN 978-80-213-0721-6.

Elektronické zdroje:

[5] Co je procesor?. *Alza.cz* [online]. 2019, 5. června [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/co-je-procesor>

[6] MIKLE, Michal. Procesory Intel vs. AMD v PC hrách (TESTY A VÝSLEDKY). *Alza.cz* [online]. 30. ledna 2022 [cit. 2022-02-05]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/intel-vs-amd-cpu-na-hrani-testy-a-vysledky>

[7] SVÁK, Jiří. Bezkonkurenční poměr cena/výkon, ve hrách těsně pod Intelem. *Games.tiscali.cz* [online]. 2019 [cit. 2021-09-13]. Dostupné z: <https://games.tiscali.cz/hardware/procesory-amd-ryzen-3000-v-testech-bezkonkurencni-pomer-cena-vykon-ve-hrach-tesne-pod-intelem-330527>

- [8] MIKLE, Michal. AMD Ryzen 3000 (RECENZE): Testujeme Ryzen 3000. *Alza.cz* [online]. 2019, 14. listopadu [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/amd-ryzen-3000-recenze-a-testy>
- [9] VÍTEK, Jan a Petr POPELKA. Přehled desktopových procesorů. *Svět hardware* [online]. 2022, 19.1 [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/prehled-desktopovych-procesoru/22566-23>
- [10] DEDERA, Milan. Videohry hrajeme do 24 let. *Statistika a my* [online]. 2017, 12.12 [cit. 2021-09-22]. Dostupné z: <https://www.statistikaamy.cz/2017/12/12/videohry-hrajeme-do-24-let/>
- [11] *Heureka* [online]. 2019 [cit. 2021-12-01]. Dostupné z: <https://procesory.heureka.cz/amd-ryzen-9-3950x-100-100000051wof/#prehled/>
- [12] Frekvence procesoru. *Alza.cz* [online]. [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/slovník/frekvence-procesoru-art12642.htm>
- [13] FPS. *TechLib* [online]. [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://techlib.eu/definition/fps.html>
- [14] GAPO, Branko. What Is GPU Bottleneck?. *GPU Mag* [online]. 2021, October 22 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.gpumag.com/gpu-bottleneck/>
- [15] XALAVIER, Nelson Jr. Why porting games to PC is hard. In: *PC Gamer* [online]. 2017, October 05 [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://www.pcgamer.com/why-porting-games-to-pc-is-hard/>
- [16] Benchmarks Quickly Explained: Cinebench. *YugaTech* [online]. 2019, December 25 [cit. 2022-02-22]. Dostupné z: <https://www.yugatech.com/guides/benchmarks-quickly-explained-cinebench/>
- [17] Co je TDP procesoru?. *Alza.cz* [online]. [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/slovník/co-je-tdp-procesoru-art12729.htm>

[18] Víte, jaký zvolit počítačový zdroj?. *LevnaPC.cz* [online]. 2020, 04.09. [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.levnapc.cz/pc-zdroje-pocitacove-navod-pripojeni.html>

[19] STEWART, Samuel. Stock vs Aftermarket CPU Cooler – Is Your Stock Cooler Good Enough?. *GamingScan* [online]. 2022, January 10 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.gamingscan.com/stock-vs-aftermarket-cpu-cooler/>

[20] MILLS, Matt. Resolution in Gaming Monitors, Which Are the Most Used?. *ITIGIC* [online]. 2021, January 20 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://itigic.com/resolution-in-gaming-monitors-which-are-most-used/>