



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

Multikriteriální hodnocení
u oftalmologických přístrojů

Multi-Criteria Decision Analysis
of Ophthalmologic Devices

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Systémová integrace systémů ve zdravotnictví

Autor diplomové práce: Bc. Patrik Pluhovský

Vedoucí diplomové práce: Ing. Veronika Vašková

Kladno 2018

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2017/2018

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Bc. Patrik Pluhovský**
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví
Téma: **Multikriteriální hodnocení u oftalmologických přístrojů**
Téma anglicky: Multi-criteria decision analysis for ophthalmological devices

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem diplomové práce je porovnání oftalmologických přístrojů pomocí metod multikriteriálního rozhodování a hodnotového inženýrství. Na základě současného stavu problematiky popište výhody a nevýhody jednotlivých metod multikriteriálního rozhodování. Zaměřte se na porovnání výsledků multikriteriálního rozhodování vzhledem k použité metodě pro stanovení vah kritérií. V rámci hodnocení vah kritérií využijte názory vybrané skupiny odborníků. Závěrem proveďte porovnání přístrojů sloužících k oftalmologickým vyšetřením.

Seznam odborné literatury:

[1] Salvatore Greco, Mathias Ehrgott, Multiple Criteria Analysis, Springer, ročník Volume 1 and 2, číslo 2, 2005

Vedoucí: Ing. Veronika Vašková
Konzultant: Ing. Ivana Kubátová, Ph.D.

Zadání platné do: 20.09.2019

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 14.05.2018

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Multikriteriální hodnocení u oftalmologických přístrojů“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Kladně 18/05/2018

.....
Bc. Patrik Pluhovský

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval mé vedoucí diplomové práce, paní Ing. Veronice Vaškové za rady, připomínky, které pomohly vzniku této práce.

Dále bych rád poděkoval lékařům, biomedicínským technikům a inženýrům, sestrám a optometristům z Oftalmologické kliniky FNKV, Oční kliniky VFN a 1. LF UK a Oční kliniky FNO. Také děkuji zástupcům firem Heidelberg Engineering a Carl Zeiss Meditec, kteří byli nápomocni této práci zapůjčením přístrojů a konzultací technických parametrů dotčených přístrojů.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za podporu, především své přítelkyni M. T. za její ohleduplnost a lásku a své malé dceři A. P., která mi ukázala svět, jak jsem ho před ní neznal.

Název diplomové práce:

Multikriteriální hodnocení u oftalmologických přístrojů

Abstrakt:

Multikriteriální hodnocení (MCDA) je dlouho známý pojem, který nám pomáhá při rozhodování mezi dvěma a více variantami na základě dvou a více parametrů. Ve světě se jedná o často využívanou metodu a existují národní i nadnárodní společnosti, které se problematikou MCDA zabývají. Tato práce se zabývá použitím MCDA pro oftalmologické přístroje OCT (optická koherentní tomografie), které se pro své diagnostické použití a snadnost užívání staly standardním vybavením oftalmologických klinik. Protože tyto přístroje může obsluhovat i nelékařský zdravotnický personál (NLZP), který má jiný pohled na kvality přístroje než lékaři, je tato práce koncipována jako porovnání pohledů dvou skupin na stejné přístroje. První skupinou jsou lékaři, kteří provádí diagnostiku výsledků a druhou NLZP operátoři, kteří pro ně tato data získávají měřením pacientů.

Klíčová slova:

MCDA, Multikriteriální hodnocení, OCT, CDA, WSA, TOPSIS, Saaty, Fuller

Master's Thesis title:

Multi-Criteria Decision Analysis of Ophthalmologic Devices

Abstract:

Multi-criteria decision (MCDA) is a long known concept that helps in deciding between two or more variants based on two or more parameters. In the world, this is a commonly used method and there are national and multinational companies dealing with MCDA issues. This thesis deals with the use of MCDA for ophthalmological devices OCT (Optical Coherent Tomography), which became standard equipment of ophthalmological clinics for their diagnostic application and ease of use. Because these devices can be used by non-medical healthcare staff, which has a different view of the quality of the device than physicians, this thesis is designed as a comparison of views of two groups on the same devices. The first group is the physicians who perform the diagnosis and the second group are non-medical healthcare staff operators who receive the data for physicians by measuring patients.

Key words:

MCDA, Multi-criteria decision analysis, OCT, CDA, WSA, TOPSIS, Saaty , Fuller

Obsah

1.	Úvod.....	11
2.	Multikriteriální rozhodovací analýza.....	12
2.1.	VYUŽITÍ MCDA VE ZDRAVOTNICTVÍ V ČESKÉ REPUBLICCE.....	16
2.2.	INSTITUCE PRO MCDA.....	18
2.3.	PŘÍKLAD POUŽITÍ METOD MCDA	18
3.	Optická koherentní tomografie.....	20
3.1.	ANATOMICKÁ STAVBA OKA	20
3.2.	PRINCIP OPTICKÉ KOHERENTNÍ TOMOGRAFIE.....	22
3.3.	DRUHY SKENŮ SÍTNICE	24
3.3.1.	Makula	25
3.3.2.	Optický disk.....	26
3.3.3.	OCT-A	29
3.4.	PŘÍSTROJE OCT	30
4.	Cíl práce.....	33
5.	Metody	35
5.1.	Expertní skupina.....	35
5.2.	METODY HODNOTOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	36
5.2.1.	BODOVACÍ METODA – BM	37
5.2.2.	FULLEROVA METODA – FM.....	37
5.2.3.	SAATYHO METODA – SM	38
5.3.	POUŽITÉ METODY MCDA.....	39
5.3.1.	WSA.....	39
5.3.2.	TOPSIS	40
5.3.3.	CDA.....	41

6.	Výsledky	43
6.1.	EXPERTNÍ SKUPINA – LÉKAŘI	43
6.2.	EXPERTNÍ SKUPINA – NLZP	45
7.	Diskuze.....	48
8.	Závěr	56
9.	Reference	58
10.	Seznam obrázků.....	64
11.	Seznam tabulek.....	65

Seznam zkratek

ZKRATKA	VÝZNAM
AHP	Analytic Hierarchy Process
BM	bodovací metoda
ČR	Česká Republika
ČVUT	České vysoké učení technické
DM	decision maker
DME	diabetický makulární edém
EWG-MCDA	EURO working group multicriteria decision aiding
FAG	fluorescenční angiografie
FM	Fullerova metoda
FNKV	Fakultní nemocnice Královské Vinohrady
FNO	Fakultní nemocnice Ostrava
HTA	health technology assessment
iHETA	Institut pro zdravotní ekonomiku a technology assessment
IMD	idiopatická makulární díra
IPA	ideal points analyses
LF	Lékařská fakulta
MCDA	multiple criteria decision analysis
NIS	Negative ideal solution, negativní ideální řešení
NLZP	Nelékařský zdravotnický personál
NS	nervová soustava
OCT	optical coherence tomography / tomograph
OCT-A	OCT angiografie

ONH	optic nerve head
OOL	obvodní oční lékař
PIS	Positive ideal solution, pozitivní ideální řešení
PROMETHEE	preference ranking organization method for enrichment of evaluations
RNFL	retinal nerve fiber layer
SD-OCT	spectral domain OCT
SM	Saatyho matice
SW	software
TD-OCT	time domain OCT
TOPSIS	technique for order preference by similarity to ideal solution
UK	Univerzita Karlova
US	ultrazvuk
VFN	Všeobecná fakultní nemocnice
VPMD	věkem podmíněná makulární degenerace
WSA	weighted sum approach

1. Úvod

V historii platilo, že pokud člověk chtěl něco pořídit, ať již pro sebe, nebo pro svou společnost, byl limitován několika různými podmínkami. Nejdůležitější byla cena, ta jako hlavní, nebo jedna z hlavních podmínek, zůstává i nadále. Kromě ceny se v minulosti musel jak majitel firmy, tak ale i běžný člověk, obrátit pouze na lokální dodavatele a prodejce, protože jakákoli distribuce byla obvykle náročná jak časově, tak i finančně. Poslední podmínkou koupě pak už byla pouze potřeba a užitek plynoucí z jejího uspokojení.

V dnešní době se toho příliš nezměnilo. Stále je důležitá cena, dodavatel a uspokojení potřeby. Ovšem na rozdíl od minulosti je pod těmito třemi pojmy schovaná mnohem větší šíře možností než kdysi.

Cena výrobků sama o sobě zahrnuje cenu materiálu, marketingu, marži výrobce i prodejce, daně a další parametry udávající výši ceny. Většina součástí ceny jsou neměnné parametry, jiné jako například marže, se může měnit v závislosti na prodávajícím i kupujícím. Často je cena výrobku snížena o různé slevy a další položky. Podobně síť dodavatelů a prodejců se rozrostla. Vznikem internetu se naše možnost vyhledat správného prodejce zjednodušila, doprava se s rozmachem technologií urychlila.

Uspokojení potřeb se rozrostlo pravděpodobně nejvíce. Více technologií proniká do našeho života a zjednodušuje nám ho. Platí to také pro technologie a přístroje ve zdravotnictví, kde je velký pokrok za poslední desetiletí a to ve všech oborech. Užitek, který nám plyne z užívání konkrétního přístroje, se tedy roztříštil tím, jak se přístroje specializovaly a tím se také rozrostl jejich počet ve zdravotnictví.

Protože rozdíly mezi konkurenčními technologiemi jsou často nepatrné a parametrů, funkcí a dalších vlastností ZP je mnoho je potřeba nástroj, který rozhodování o pořízení zjednoduší a pomůže nám se tak rozhodnout pro tu správnou variantu, která se nejvíce blíží našemu očekávání. Tímto nástrojem může být Multikriteriální rozhodovací analýza (MCDA), díky které lze kvantifikovat jednotlivé parametry nabízených alternativ a tím zjistit tu, která naše potřeby uspokojí nejlépe.

Tato práce se zabývá popisem multikriteriální analýzy, jejího postavení ve světě i v České republice ve vztahu k oftalmologickým přístrojům OCT (optická koherentní tomografie). Tyto přístroje jsou pomocí MCDA analyzovány za použití metod WSA, CDA a TOPSIS. Pro potřeby práce byly vybrány dvě expertní skupiny. První skupinu tvoří nelékaři (operátoři) a druhou lékaři. Výsledky metod s ohledem na konkrétní expertní skupinu jsou v závěru práce diskutovány.

2. Multikriteriální rozhodovací analýza

V případě, že se nabízí dvě a více možnosti, ze kterých je možné si vybírat, mohou nastat dvě situace. Ideální je taková, kdy se nabízené věci liší pouze v jednom parametru, v jedné proměnné, např. v ceně, a ostatní jsou shodné. Pokud by to takhle fungovalo vždy, rozhodování by bylo otázkou jedné preference, tedy například kolik jsme ochotni za produkt zaplatit nebo jakou kvalitu produktu si přejeme. Ovšem čím komplexnější je produkt, o který se zajímáme, tím nepravděpodobnější tato varianta je.

Druhou a častější možností je ta, kdy se proměnných parametrů mezi možnostmi výběru nachází více. Může se jednat o nepřímou úměru mezi cenou a kvalitou, ale také například mezi kvalitou a kvantitou, případně cenou a existencí následných služeb (záruční opravy, dodávky spotřebního materiálu,...). V takovém případě je potřeba se rozhodnout pro jeden z parametrů na úkor jiného.

Takovéto rozhodování je pro lidi natolik přirozené, že se s ním setkáváme v každodenním životě a možná si to ani neuvědomujeme [1.]. Například v situaci, kdy si koupíme konkrétní značku sýra na základě osobní zkušenosti a chutě i přesto, že je jeho cena vyšší než u dalších srovnatelných produktů. Toto je ale spíše záležitost intuice, než vědecky podloženého postupu. V případě, že se nacházíme ve složitější situaci, oproti každodennímu nákupu, je potřeba tuto intuici vyjádřit tak, aby bylo možné ji kvantifikovat, a pro tento účel můžeme využít metod MCDA.

Multikriteriální rozhodovací analýza, neboli MCDA (Multiple Criteria Decision Analysis), je metoda využívající matematického modelování pro zhodnocení dvou a více alternativ na základě dvou a více kritérií. Základními složkami MCDA jsou tedy alespoň dvě alternativy, nejméně dvě kritéria a především Decision Maker (DM) [1.]. Pod pojmem Decision Maker se může skrývat osoba, tým, oddělení či společnost, která má rozhodovací pravomoc pro výběr jedné z alternativ právě na základě výsledků MCDA.

Na výběru správného DM záleží výsledek MCDA. Při nevhodném výběru DM se může totiž uplatnit vliv zájmových skupin, či neobornosti a zaujatosti, a to jak u jednotlivce, tak i u skupiny. Je potřeba tedy věnovat pozornost tomu, aby vybraný DM byl způsobilý po stránce nejen odbornosti, ale také oproštěný od vlivu zájmových skupin, případně tento vliv vyvážit například zastoupením zájmových skupin v DM aparátu rovnou měrou a tím vynulováním jejich vlivu. [2.]

Multikriteriální rozhodování používá několika různých metod k matematickému vyjádření váhy daného kritéria u konkrétní varianty. Výběrem vhodné metody můžeme tedy náš výběr nejlepší možné varianty zpřesnit. Je také ovšem možné, že varianta, která nám pro vybranou metodu vyjde jako nejlepší, tak

nemusí vyjít, pokud si vybereme metodu, která kritéria hodnotí jiným způsobem. Nejčastěji používané MCDA metody ukazuje [Tabulka 1.].

Dalším důležitým faktorem pro multikriteriální hodnocení je takzvaná expertní skupina. Expertní skupina je skupina odborníků, která v závislosti na své odbornosti může hodnotit konkrétní varianty a to včetně výběru kritérií, jež jsou pro dané rozhodování důležitá. Složení expertní skupiny by nemělo být homogenní, protože výsledek multikriteriálního hodnocení takové skupiny by vyjadřoval pouze jeden pohled na danou problematiku. Je tedy potřeba, aby expertní skupina byla složena z řady profesionálů různých odborností, tak aby se jejich odbornosti nejen doplňovaly, ale především byly důležité pro celý proces multikriteriálního hodnocení. Expertní skupina by tedy měla být takzvaně multioborová, aby bylo možné potvrdit správnost a přesnost výsledků multikriteriálního hodnocení. [1.]

Tato expertní skupina v první řadě musí určit, ve kterých kritériích budou zvolené varianty porovnávány. Může se jednat o cenu, kvalitu, umístění apod. [3.] Výběr kritérií záleží na konkrétním procesu rozhodování, kdy se jiná kritéria vybírají pro pořízení nového zdravotnického prostředku do nemocnice a jiná pro rozhodování umístění městského vodního rekreačního zařízení (jak lze vidět v popsaném příkladu v kapitole 2.3. Příklad použití metod MCDA).

Expertní skupina dále určuje váhu jednotlivých kritérií. Váha se určuje na základě konsensu jednotlivých členů expertní skupiny a také pomocí takzvaného hodnotového inženýrství, které slouží jako nástroj pro přesné určení vah kritérií na základě toho, jaký mají kritéria mezi sebou vztah, konkrétněji jak na tento vztah expertní skupina pohlíží. Mezi metody hodnotového inženýrství se řadí bodovací metoda (BM), Fullerova metoda (FM) a Saatyho matice (SM). [1.], [3.]

Bodovací metoda nahlíží na jednotlivá kritéria jako na samostatné činitele bez vztahu k ostatním kritériím. Fullerova metoda uvažuje také vzájemný vztah mezi jednotlivými kritérii tak, že kritéria mezi sebou párově porovná a určuje, které kritérium má ve zkoumaném páru větší váhu. Saatyho matice tento postup párového srovnávání jednotlivých kritérií posouvá o další krok dál, kdy nehodnotí pouze to, které kritérium je v páru to důležitější, ale také o kolik důležitější toto kritérium je. [3.] Tohoto se dosáhne pomocí škály, která je vidět v tabulce [Tabulka 4.] v kapitole 5. Metody.

[Tabulka 1.]: Stručný popis některých metod MCDA včetně zhodnocení pro použití v rámci DP. [1.], [3.], [4.], [5.]

NÁZEV METODY (ZKRATKA)	POPIS METODY	VÝHODY	NEVÝHODY	ZHODNOCENÍ
WEIGHTED SUM APPROACH (WSA)	Metoda založena na váženém hodnocení kritérií, kdy nejdůležitější má největší váhu a součet vah je roven 1,0.	Jednoduchost.	Neuvažuje alternativy mezi sebou.	Pro svou jednoduchost a přitom přesnost se jedná o vhodnou metodu pro tuto práci.
IDEAL POINTS ANALYSES (IPA)	Odpovídá metodě WSA, ovšem nejvyšší váhu má nejméně vhodné kritérium.	Jednoduchost.	Neuvažuje alternativy mezi sebou.	Jedná se metodu, která ve své podstatě odpovídá WPM. V rámci práce nebude tedy uvažována.
TECHNIQUE FOR ORDER PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION (TOPSIS)	Metoda minimalizace odchylky od ideální varianty (kritéria dosahují nejlepších dostupných hodnot).	Velmi dobrý výsledek v jednom kritériu může vyvážit slabý výsledek v jiném.	Složitější výpočet.	Vzhledem k uvažování alternativ mezi sebou a menší časové náročnosti je uvažována v rámci práce.
CONCORDANCE DISCORDANCE ANALYSIS (CDA)	Metoda CDA měří stupeň, kterým alternativy výběru a váhy faktorů potvrzují nebo vyvracejí vzájemný vyřazovací poměr mezi alternativami.	Rozdíly ve váhách faktorů a hodnocení kritérií jsou pomocí shody a neshody analyzovány odděleně.	V rámci zdravotnictví využívána pomálu. Malé množství publikací s touto metodou	Výpočet indexů shody a neshody není časově náročný a udává důležitý parametr v rámci analýzy. Tato metoda je použita v této práci,

ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)	Metoda vhodná v případě víceúrovňového hodnocení s průběžnými váhami na každé úrovni.	Zohledňuje více úrovní rozhodování.	Složitě přepočítávání v případě přidání jednoho kritéria v dané vrstvě.	V práci se neuvažuje více úrovní rozhodování, proto není metoda uvažována.
PREFERENCE RANKING ORGANIZATION METHOD FOR ENRICHMENT OF EVALUATIONS (PROMETHEE)	Metoda pro velmi složité rozhodování, kdy je obtížné kvantifikovat a porovnávat jednotlivé alternativy, případně je spolupráce v rámci DM složitá nebo nemožná	Použití i za problémové spolupráce v rámci DM skupiny	Nevhodná v oblasti hodnocení zdravotnických technologií	Vzhledem k znalosti variant přístrojů předem, není potřeba uvažovat v rámci práce.
NÁZEV METODY (ZKRATKA)	POPIS METODY	VÝHODY	NEVÝHODY	ZHODNOCENÍ

2.1. Využití MCDA ve zdravotnictví v České Republice

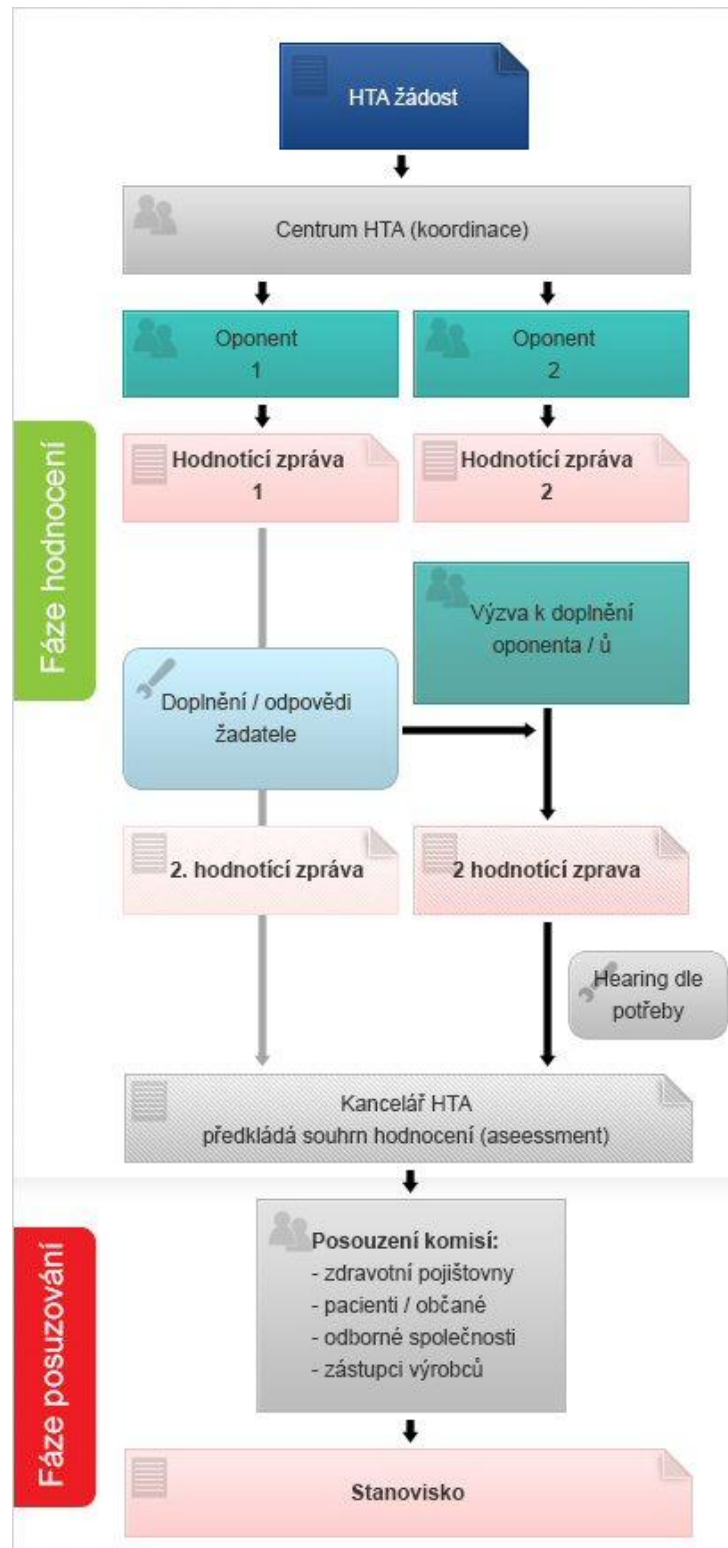
V České republice neexistuje žádná organizace, která by se věnovala pouze multikriteriálním rozhodovacím analýzám. Neznamená to ovšem, že by se MCDA v ČR nevyužívalo, je na něj ovšem nahlíženo pouze jako na další nástroj pro stát a podnikatele k rozhodovacímu či hodnotícímu procesu. MCDA metody jsou široce používány v různých sektorech a v nedávné době došlo ke zvýšení žádostí o MCDA ve zdravotní péči. [6.]

V oblasti zdravotnictví existují v České Republice skupiny, které se zabývají HTA (Health Technology Assessment; Hodnocení zdravotnických technologií). Těchto skupin je několik, ale stále v České Republice není žádná, která by byla oficiální českou společností pro HTA.

Jedná se totiž o multidisciplinární a poměrně náročný proces posuzování zdravotních, sociálních, etických a ekonomických dopadů při používání zdravotnických technologií [7.]. Na MCDA je nahlíženo jako na jeden z nástrojů metodiky HTA. Ta v sobě kromě výše uvedeného zahrnuje také systematické rešerše, při kterých jsou vyhledávány studie, které souvisí s řešeným problémem, a meta analýzy, které vyhledané studie hodnotí mezi sebou a posilují výsledek za účelem podat ucelené informace z nich vyplývající.

Metodika HTA je podle zákona uplatňována pouze při zavádění nového léčiva na trh, kdy je celý postup dobře zdokumentován a existují konkrétní guidelines [Obrázek 1.]. V ostatních případech ji zákon nevyžaduje. Proto se v České Republice HTA analýzy objevují zřídka, byť jejich počet v posledních letech výrazně roste.

Mezi významné skupiny zabývající se HTA v České Republice patří Institut pro zdravotní ekonomiku a technology assessment o.p.s. (iHETA), který staví na základě švýcarsko-české spolupráce a jehož cílem je vybudování odborné kapacity pro Health Technology Assessment v České republice po vzoru Švýcarska [8.]. Další významnou skupinou je CzechHTA, která se zabývá výzkumem a výukou na poli HTA, ekonomiky a managementu ve zdravotnictví. Tato skupina sídlí na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT a má tak přímý přístup k odborníkům z oblasti zdravotnických prostředků, především přístrojové techniky z řad zaměstnanců fakulty.



[Obrázek 1.]: Proces HTA v ČR, uplatňovaný při uvedení nového léčiva na trh. [9.]

2.2. Instituce pro MCDA

Metody využívané v multikriteriálních analýzách jsou v zahraničí poměrně oblíbené. Existuje několik společností, které se touto problematikou zabývají. Jednou z těchto institucí je například International Society on Multi-criteria Decision Making, která vznikla v 70. letech minulého století [4.]. Tato instituce si zadala za úkol vyvíjet, testovat, hodnotit a používat metodologii MCDA pro řešení problémů na poli multikriteriálního hodnocení a podporovat vývoj těchto metod [10.].

Mezi další instituce, které se zabývají multikriteriálním rozhodováním, patří EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding (EWG-MCDA), která se specializuje na používání a vývoj metod na poli MCDA na evropské úrovni [11.]. INFORMS Section on Multiple Criteria Decision Making patří mezi mladší instituce (založena 2010) jejichž vývoj má kořeny ve výše zmíněné International Society on MCDA. Ta si dává za úkol podporovat multikriteriální rozhodování jako takové, ale také vývoj a aplikaci metod a nástrojů operačního výzkumu na poli MCDA [5.].

Kromě institucí je pro získání informací o MCDA možné také sledovat odborné publikace, kde se pravidelně vyskytují články, které se multikriteriálním rozhodováním a metodami MCDA zabývají. Mezi ty nejvýznamnější jistě patří Journal of Multi-Criteria Decision Analysis (ISSN: 1099-1360), který vychází pravidelně třikrát ročně od roku 1992, od roku 1997 pak šestkrát ročně. Již od prvního čísla si tento žurnál dává za cíl být zásobárnou dokumentů zahrnující aspekty MCDA. Také poskytuje mezinárodní fórum pro prezentaci a diskusi o těchto aspektech. Obsahuje články matematické, teoretické, ale také případové studie, aplikace a vyhodnocení technik a metod používaných v praxi [12.]. Další publikací, ve které se často vyskytují články týkající se MCDA, je Value in Health (ISSN: 1098-3015), která vychází od roku 1998 a zaměřuje se na zdravotnictví z pohledu technologického, ekonomického a farmaceutického. Zabývá se také hodnocením riziku a výsledku ve zdravotnictví.

2.3. Příklad použití metod MCDA

Příklad použití WSA – metody váženého součtu – z praxe ukazuje na svých webových stránkách The Natural Resources Leadership Institute [13.]. Je zde popsán postup použití metod MCDA při rozhodování o umístění městského vodního rekreačního zařízení o rozloze 40 000 čtverečních stop ve městě o 120 000 obyvatelích. Jako DM jsou zde vybráni členové poradního sboru pro parky a rekreaci (Parks and Recreation Advisory Board) a rozhoduje se mezi čtyřmi alternativami umístění – H, C, B, NC (zkratky názvů ulic a parků v daném městě).

V dalším kroku tohoto příkladu se určí kritéria pro MCDA. Konkrétně vzdálenost ke konkurenci, vzdálenost ke komunitním centrům, vzdálenost ke středním

školám, narušení vegetace, topografické překážky, dopady na povodí a dopady na dopravu.

Tato kritéria se poté zváží v závislosti na důležitosti pro zúčastněné strany, tak aby nejdůležitější kritérium mělo největší váhu. Jednotlivé alternativy se poté zhodnotí v konkrétních kritériích na škále od 1 = bezvýznamné do 5 = vynikající. Zhodnocení se v následujícím kroku vynásobí podle určené váhy kritéria a takto zvážené hodnocení všech kritérií se pro danou alternativu sečte. Jako nejlepší varianta je zvolena ta, která dosáhla nejlepšího, tzn. nejvyššího, skóre.

[Tabulka 2.]: Výsledná tabulka MCDA z použitého příkladu [13.].

Subinterest	Weight	Rating				Score			
		H	C	B	NC	H	C	B	NC
Other year-round aquatic centers	10	4	5	3	4	40	50	30	40
Community centers	3	5	3	5	3	15	9	15	9
High schools	9	4	5	5	3	36	45	45	27
Disruption to mature trees & veg	20	4	5	4	1	80	100	80	20
Topographic challenges	45	4	5	4	2	180	225	180	90
Impact to watershed	60	3	4	3	1	180	240	180	60
Traffic impacts	30	5	5	4	3	150	150	120	90
TOTAL						681	819	650	336

Jak ukazuje [Tabulka 2.] je nejvhodnější varianta C. Vzhledem k tomu, že multikriteriální hodnocení je pouhým rozhodovacím nástrojem, nikoli nařízením, následuje poté diskuze nad výsledky. Závěrem této diskuze je výběr varianty, která se v reálném situaci použije. V nejlepším případě se vybraná varianta bude shodovat s tou, která získala nejlepší hodnocení z MCDA, ale to je již manažerské rozhodování, do kterého mohou zasáhnout také politické vlivy, které mohou zapříčinit odklonění se od výsledku MCDA

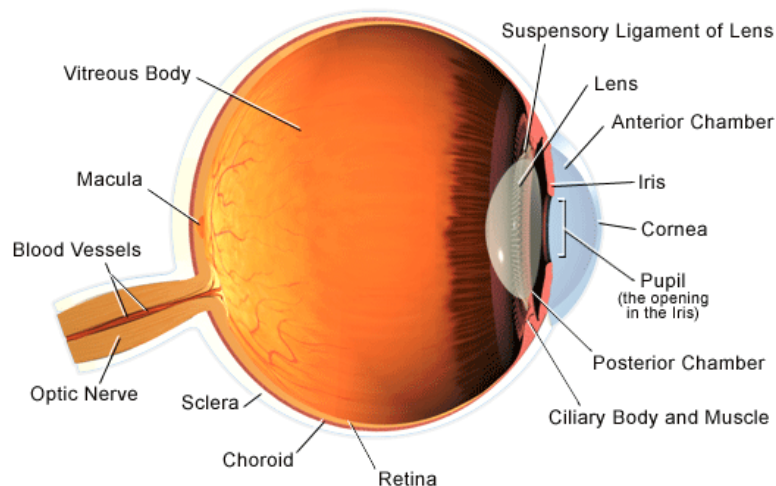
V rámci této práce bude využito metod MCDA u oftalmologických přístrojů. Konkrétně se jedná o diagnostický zdravotnický oftalmologický přístroj OCT (optical coherence tomography) v několika variantách. Uvažované přístroje se od sebe liší rokem výroby (tedy technickou stránkou přístroje), výrobcem a také typy vyšetření, které je na nich možno provést.

3. Optická koherentní tomografie

Optická koherentní tomografie je neinvazivní zobrazovací metoda, která odborníkům umožňuje získat kvantitativní zhodnocení tloušťky sítnice v místě makuly [14.]. Pro řádné pochopení principu měření této metody je potřeba nejprve znát anatomické uzpůsobení oka.

3.1. Anatomická stavba oka

Makula neboli fovea či žlutá skvrna, je místo na sítnici, na které se pomocí akomodace čočky (lens) fokusují paprsky procházející průhlednou rohovkou (cornea) a dále zornicí (pupila) do prostoru oka. Touto fokusací se makula stává místem nejostřejšího vidění a je tomu uzpůsobena i anatomická stavba oka [Obrázek 2.].

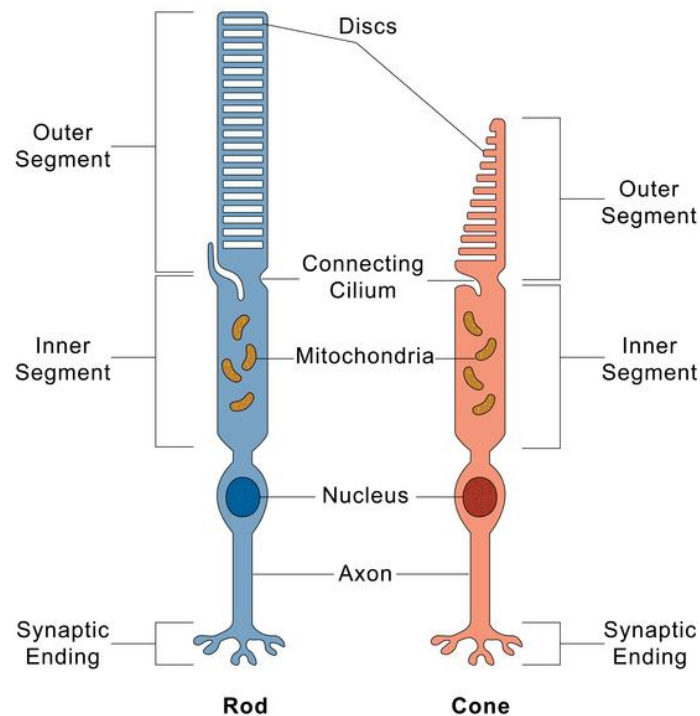


[Obrázek 2.] Anatomická stavba oka se zvýrazněnou makulou [15.].

Buňky převádějící světelné paprsky na nervový signál zpracovatelný mozkem, tzv. tyčinky vnímající intenzitu světla a čípky pro vnímání barev, jsou v oblasti makuly hojně zastoupeny. Sítnice obsahuje asi 120 milionů tyčinek, které na membránových discích vnějšího segmentu obsahují rodopsin – protein citlivý na světlo. Dopadem fotonu dochází k jeho rozpadu a tím ke vzniku receptorového potenciálu, který je dále přenášen do nervové soustavy. Čípků se na sítnici nachází asi 6 milionů, tedy mnohem méně než tyčinek, a dělí se do tří skupinskupin. Tyto skupiny nelze odlišit stavbou buňky, ale pouze přítomností různých jodopsinů – proteinů citlivých na konkrétní vlnovou délku a tím i na konkrétní barvu. Funkčně se tedy čípky dělí na ty, které jsou citlivé na modrou (425 nm), zelenou (530 nm) a červenou (560 nm) barvu. [16.]

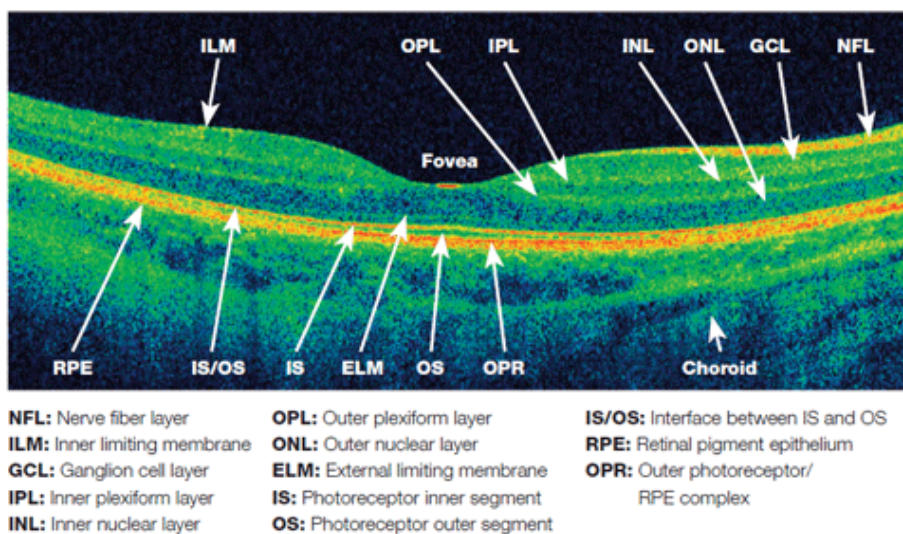
Signál z těchto buněk je pomocí zrakového nervu transportován do mozku, kde ho nadále zpracovává centrum vidění. Zrakový nerv vystupuje z oka v místě papily zrakového nervu (optic disc). V tomto místě dochází také k prostupu cév do a z oka

zajišťujících vyživování buněk sítnice. Protože se v tomto místě nenachází žádné světločivné buňky, je tato oblast nazývána také slepá skvrna – nedochází zde ke zpracování světelných paprsků na nervový signál. [17.]



[Obrázek 3.] Schématické zobrazení stavby fotoreceptorů oka [18.].

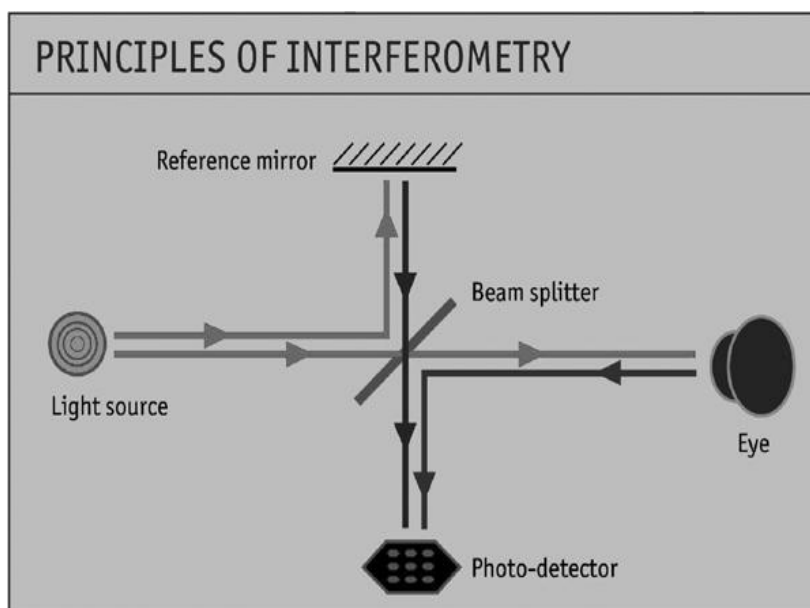
V makule také dochází ke ztenčení vrstev sítnice oddělující světločivné buňky od vnitřního prostoru oka [Obrázek 4.]. Světelné paprsky jsou tak méně deformované vstupem vnějších vrstev sítnice a výsledný obraz je přesnější. Makulární oblast je poslední částí sítnice, která se vyvíjí a její vývoj není prvních několik let po narození dokončen [19.].



[Obrázek 4.]: OCT sken zdravé makuly s popisem jednotlivých vrstev sítnice [20].

3.2. Princip optické koherentní tomografie

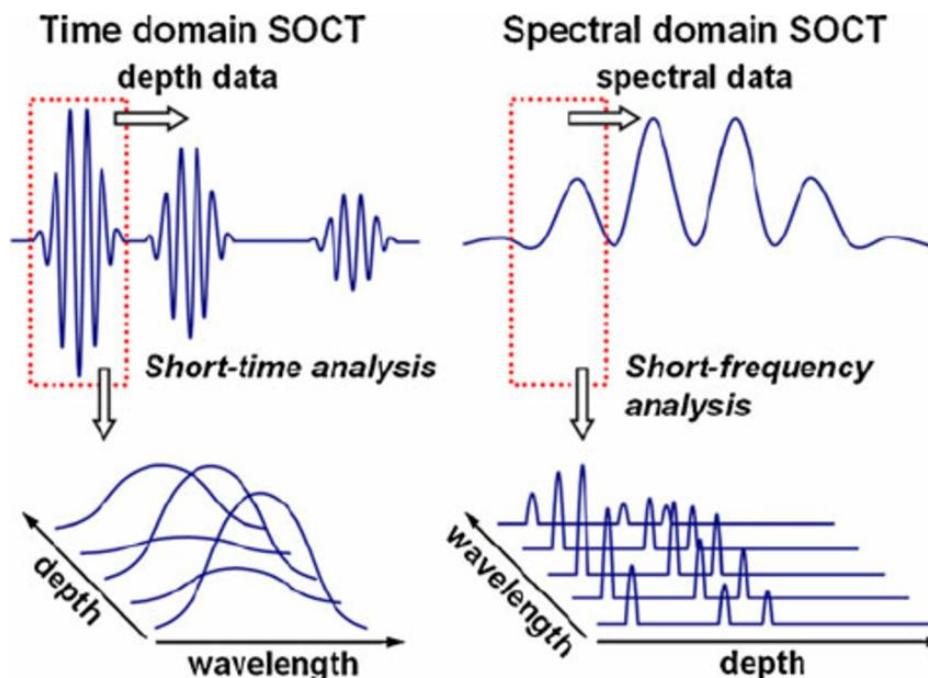
Princip jakým přístroj OCT skenuje sítnici je znám pod názvem nízkokoherentní interferometrie. V podstatě se jedná o metodu podobnou ultrazvukovému (US) skenu, ovšem za použití světelných paprsků namísto mechanických (ultra)zvukových vln. Díky tomu má OCT v porovnání s US skenem větší rozlišení, ale za cenu menší hloubky průniku. Paprsek je promítnut skrz zornici na sítnici, kde se jednak utlumí a jednak odrazí zpět. Doba, za kterou dojde k návratu paprsku, je díky rychlosti šíření světla (cca $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$) na rozdíl od US (ve vodě cca $1,5 \times 10^3 \text{ ms}^{-1}$) v praxi neměřitelná.



[Obrázek 5.]: Schématické znázornění principu interferometru.[20.]

Měření se tedy provádí pomocí interferometru. Interferometr měří rozdíly v uražené optické dráze kontrolního paprsku (odraz od referenčního zrcadla) a paprsku odraženého od jednotlivých vrstev sítnice [21.]. Interferenci těchto dvou paprsků dojde k vzniku interferenčních maxim a minim, podle toho jak se liší uražená optická dráha obou paprsků [Obrázek 5.]. V provedeném skenu se takto postupuje postupně jednotlivými vrstvami sítnice až do hloubky 1 – 5 mm v závislosti na použitém přístroji. [22.]

Existují dva způsoby skenování tkáně pomocí OCT – časová (TD-OCT) a spektrální (SD-OCT) doména. Princip TD-OCT spočívá v posunu referenčního zrcadla a tím dochází ke změně uražené vzdálenosti kontrolního paprsku. Dochází tak k postupnému naskenování vrstev sítnice v různé hloubce. Tento způsob OCT je oproti SD-OCT starší a časově náročnější – cca 400 skenů za vteřinu s axiálním rozlišením 8 – 10 μm (dochází k fyzickému pohybu referenčního zrcadla). [23.] U SD-OCT dochází ke skenu za pomoci frekvenčně kódovaného paprsku. Zpracování tohoto paprsku se provádí ve frekvenční doméně za pomoci Fourierovy transformace, proto se o tomto způsobu OCT mluví také jako o „Fourier domain OCT“. [24.] [Obrázek 6.]. Protože tak dochází ke skenu všech vrstev v daném místě najednou (A-skeny) a to bez potřeby fyzického pohybu referenčního zrcadla je tato metoda mnohem rychlejší a přesnější – až 100 000 A-skenů za vteřinu s axiálním rozlišením



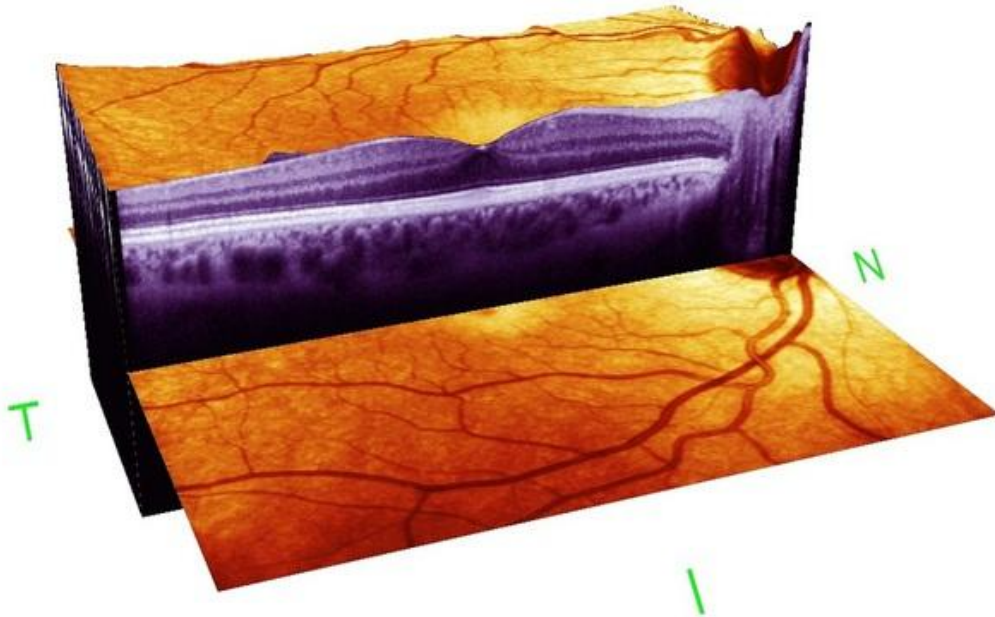
5 – 7 μm . [25.]

[Obrázek 6.]: Porovnání principu TD-OCT a SD-OCT.[23.11]

Takovýchto skenů může být provedeno v okolí makuly hned několik. Podle množství provedených skenů a jejich vzájemné vzdálenosti, můžeme tímto způsobem

získat od 1 až po 512 tomografických řezů sítnice, které jsou následně softwarově zpracovány do virtuálního 3D modelu sítnice v okolí makuly [Obrázek 7].

K dostatečně kvalitnímu zhodnocení může tedy dojít pouze v případě, kdy není cesta optického paprsku blokována nedostatečnou transparentností. Ta se snižuje například v případě rohovkového edému, zakalením čočky (katarakta), krvácením do sklivce a podobně. [26.] Vyšetření OCT poskytuje užitečné klinické informace pro včasnou



diagnózu makulárních chorob. [14.]

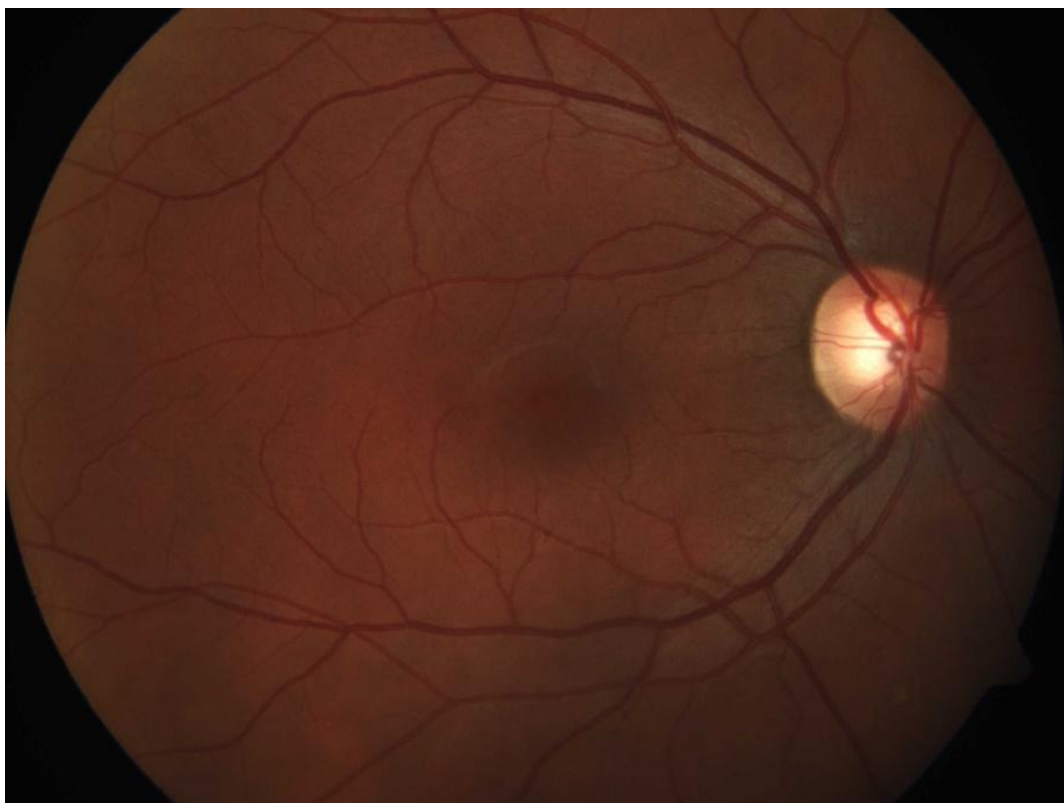
[Obrázek 7.]: Vyšetření OCT – makula a její okolí zobrazené v 3D modelu na přístroji OCT Spectralis (HEIDELBERG ENGINEERING).

3.3. Druhy skenů sítnice

Každý z uvažovaných přístrojů nabízí možnost různých skenů, které se užívají na různá místa oka a na různé diagnózy, případně jejich potvrzení či vyvrácení. Ze všech skenů se nejčastěji používají skeny makuly a optického disku a v poslední době se více začíná prosazovat také nejmodernější typ OCT a to OCT angiografie.

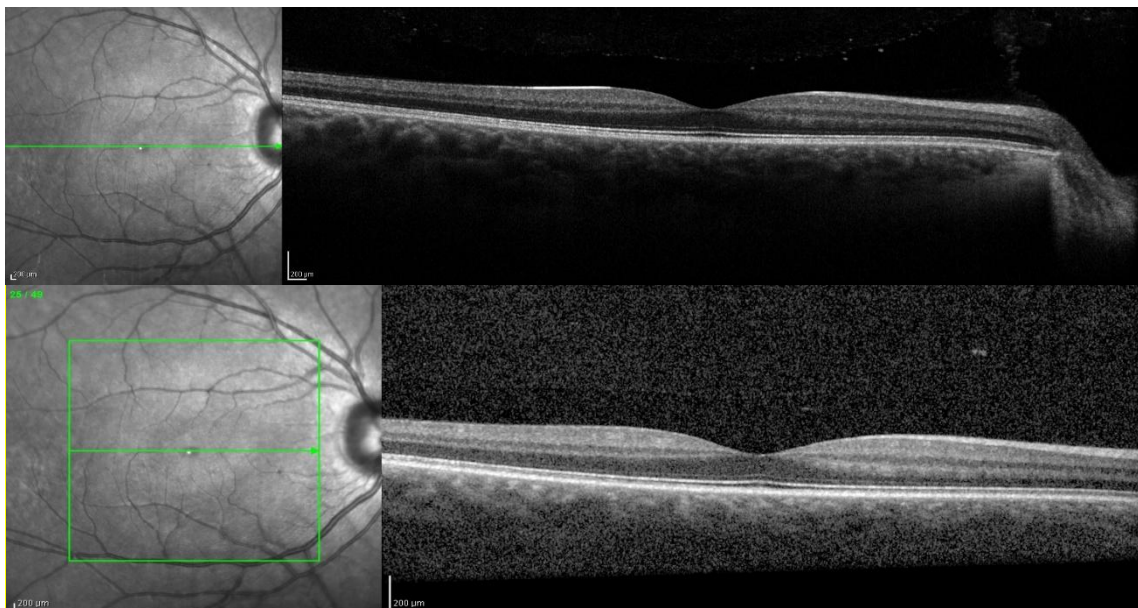
3.3.1. Makula

Jedná se o jeden ze základních skenů, ke kterým se přístroj OCT využívá. Centrem tohoto vyšetření je místo nejostřejšího vidění, tedy makula [Obrázek 8.], skrz kterou provedeme sken tak, aby vedl jejím středem. V případě, že využíváme možnosti vícero řezů, snažíme se sjednotit střed makuly se středem výsledného skenu [Obrázek 9.]. Tomuto skenu se také říká „makulární kostka“, protože výsledkem je série tomografických snímků sítnice, které jsou dále zpracovány softwarem přístroje do 3D zobrazení připomínajícího kostku. [Obrázek 7.]

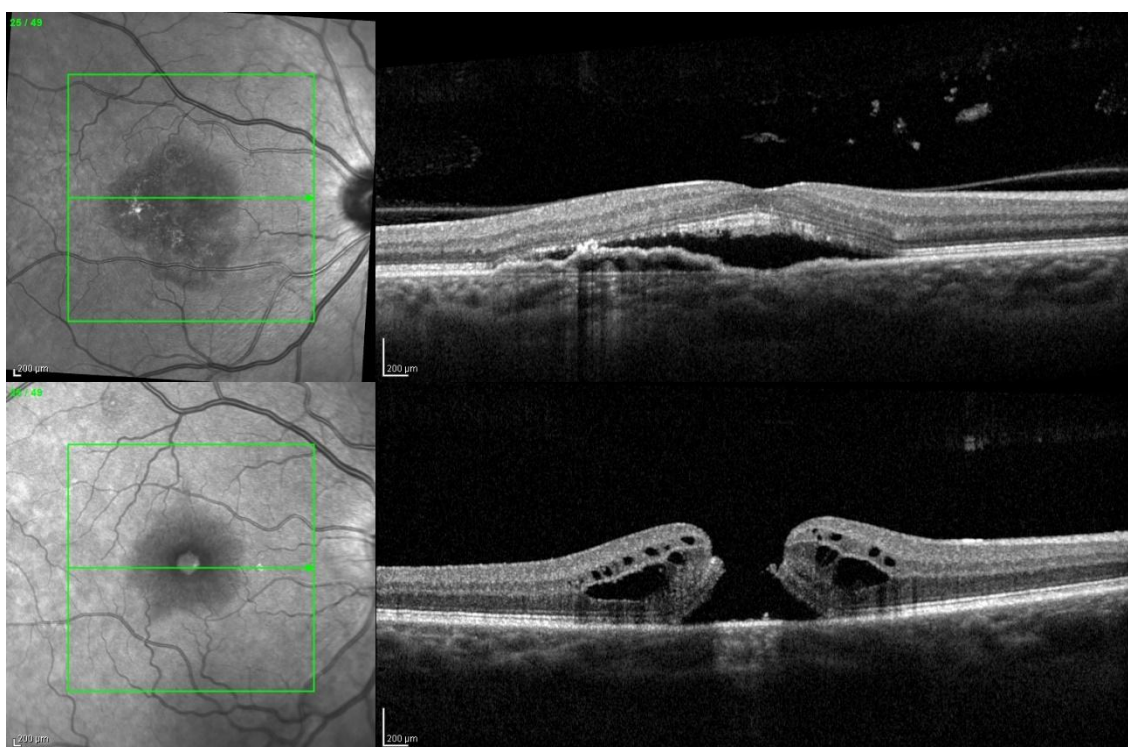


[Obrázek 8.]: Fotka makuly zdravého oka (foto autor).

Tímto získáme přehled nejen o tvaru příčného průřezu sítnice do hloubky několika milimetrů v závislosti na použitém přístroji, ale také o stavu jednotlivých vrstev sítnice vzhledem k omezení rozlišení konkrétního použitého přístroje. Lze tak odhalit poškození těchto vrstev patologickým stavem. Dalším důležitým údajem z tohoto typu skenu je změřená tloušťka sítnice v mikrometrech. Tento údaj je důležitý pro škálu patologií, které ovlivňují vidění pacienta. [27.] Patologie, které lze tímto způsobem zjistit jsou například VPMD (věkem podmíněná makulární degenerace), DME (diabetický makulární edém), IMD (idiopatická makulární díra) a další [Obrázek 10.].



[Obrázek 9.]: Sken makuly zdravého oka – samostatný sken a makulární kostka (OCT Spectralis, autor).



[Obrázek 10.]: Sken makuly s patologií – DME a IMD (OCT Spectralis, autor).

3.3.2. Optický disk

Další důležitou oblastí sítnice, kterou lze pomocí OCT vyšetřit a diagnostikovat, je oblast optického disku neboli papily zrakového nervu [Obrázek 11.]. Protože se v tomto místě nachází výstup nervových vláken ze sítnice, může v tomto místě nastat při patologii problém s přenosem nervového vzruchu ze sítnice dále do nervové

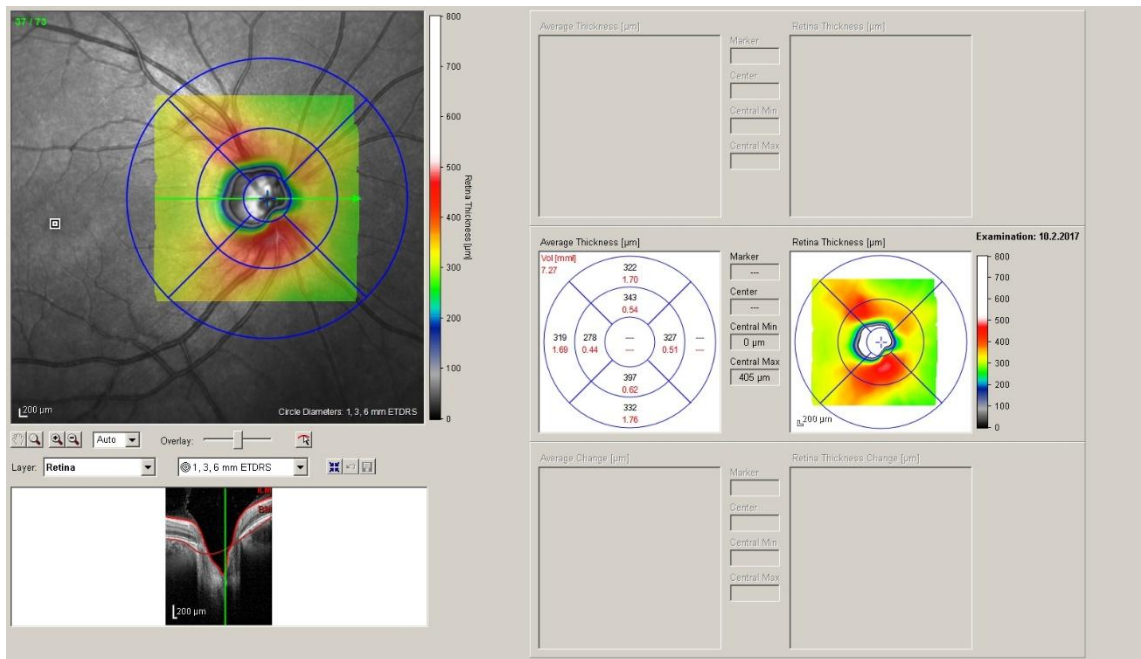
soustavy (NS). Stejně jako v případě skenu makuly je potřeba nastavit měření tak, aby střed získaného skenu byl stejný jako střed optického disku.



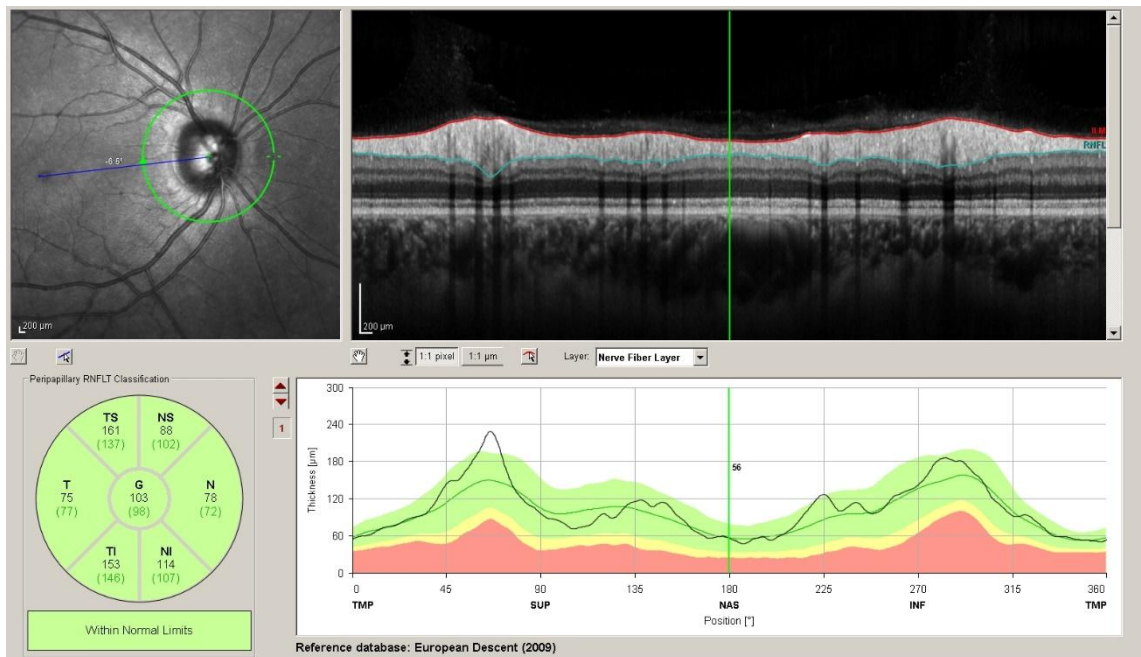
[Obrázek 11.]: Fotka optického disku zdravého oka (foto autor).

V případě papily se nejčastěji provádějí dva skeny – ONH (optic head nerve) a RNFL (Retinal nerve fiber layer). Sken ONH je svým způsobem podobný skenu makulární kostky s tím rozdílem, že se jedná o mnohem hustší sken jak do množství jednotlivých tomografických řezů, tak do jejich axiálního rozlišení. Je totiž potřeba posoudit stav oblasti papily zrakového nervu, kde může i změna v řádech jednotek mikrometrů působit pacientovi potíže. [28.]

Druhý typický sken této oblasti se nazývá RNFL sken. Jedná se o cirkulární sken sítnice o průměru 3,4 mm. Tento sken se hodnotí „rozbalený“ v lineární podobě, konkrétně jeho tvar a tloušťka sítnice v místě skenu. Hodnotí se jak celek, tak i jednotlivé segmenty, které vzniknou rozdělením po 45° na celkových 8 částí. [29.]



[Obrázek 12.]: Sken optického disku zdravého oka – ONH (OCT Spectralis, autor).

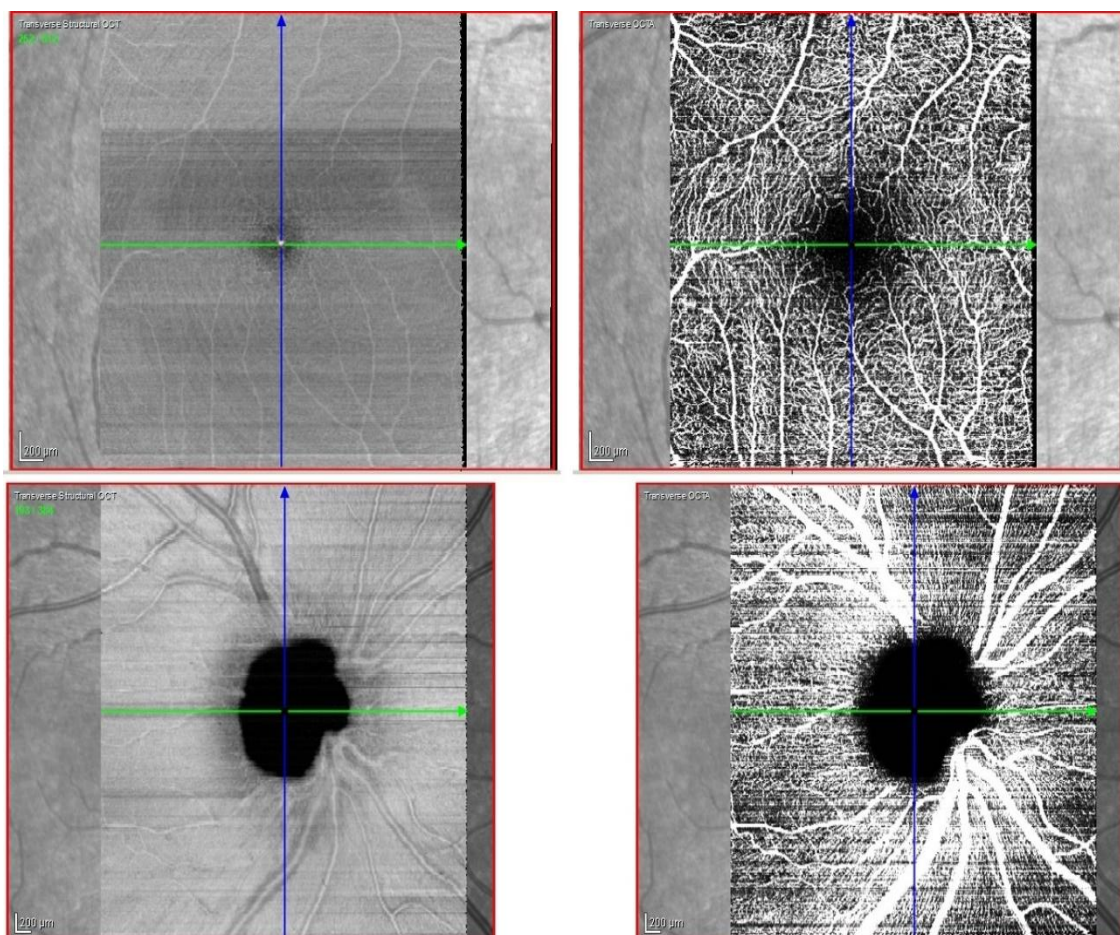


[Obrázek 13.]: Sken optického disku zdravého oka – RNFL (OCT Spectralis, autor).

Nejčastější patologií v oblasti optického disku je glaukom (zelený zákal), který se vyznačuje úbytkem nervových vláken. Aby tento úbytek v čase byl patrný, je potřeba u OCT optického disku analýza následných vyšetření (follow-up), díky kterému lze zjistit změnu naměřených parametrů přesně v témže místě měření. Pro tyto účely je mimořádně důležité možnosti automatického zasazení následujícího skenu na stejné místo jako při předcházejících měření. [28.], [27.]

3.3.3. OCT-A

OCT angiografie (OCT-A) je nejnovější typ OCT skenů [Obrázek 14.], jenž se začal objevovat v průběhu posledních let (výsledky první klinické studie s touto metodou byly publikovány v roce 2014), kdy technika a softwarové vybavení dosáhlo potřebné úrovně a od té doby se stále častěji prosazuje jako diagnostický nástroj pro oftalmologii v oblasti sítnice. [30.]



[Obrázek 14.]: OCT-A – makula a papila zdravého oka, složený snímek (OCT Spectralis, autor).

Princip vyšetření je ve své podstatě jednoduchý. Přístroj OCT provede v jednom místě ne jeden, ale rovnou sérii skenů. Tyto skeny jsou poté mezi sebou porovnány a jsou zjišťovány změny, kterými se projevují pohybové rozdíly mezi jednotlivými snímky. Vzhledem k měření tkáni, která je sama o sobě statická, můžeme tvrdit, že zaznamenané pohyby mohou mít dvě příčiny. První příčinou je, že se jedná o pohybové artefakty, které ale za pomoci techniky přístroje, můžeme odstranit (například za pomoci metody eye-tracking, kdy jsou pohyby oka vyrovnávány již během měření). Druhou příčinou, jež se nabízí, je pohyb některé z komponent sítnice – konkrétně se jedná o proudění krve, které vyvolává změnu v reflektivitě cév během měření. V případě měření OCT-A předpokládáme, že pohybové rozdíly jsou způsobeny

pohybem krve v cévách, proto je možno touto metodou zobrazit cévní síť v měřeném výseku sítnice. [30.], [31.]

Z výše popsaného vyplývá několik zásadních věcí. Jedná se o vyšetření podobné fluorescenční angiografie (FAG), ovšem tíženého výsledku je možno dosáhnout i bez invazní aplikace kontrastní látky (flourescein), což je beze sporu výhodou jak pro pacienty, tak pro lékaře. [31.], [32.]

Dále je zřejmé, že toto vyšetření s sebou bere velké nároky na výpočetní výkon přístroje. Pokud je potřeba každý ze skenů provést několikrát a poté ještě porovnávat, je také potřeba značného hardwarového a softwarového zázemí, tak aby potřebné výpočty proběhly v rozumném čase. Z tohoto důvodu je velikost skenovaných oblastí sítnice stále ještě velmi omezena v porovnání s FAG.

3.4. Přístroje OCT

Pro výše popsaná vyšetření se používá přístroj s názvem optický koherentní tomograf (OCT). Protože se forma TD-OCT v praxi již de facto nepoužívá (pouze ve velmi malém procentu zastaralých, ačkoli zachovalých přístrojů), všechny dále uvažované přístroje disponují technologií SD-OCT. Technologie OCT-A je v tomto smyslu opakem TD-OCT – jedná se o nejnovější způsob vyšetření OCT, které se používá v přístrojích jako nástavba ke standardnímu SD-OCT. Z tohoto důvodu je OCT-A v uvažovaných přístrojích zastoupeno dvěma zástupci vybavenými jak SD-OCT, tak OCT-A, konkrétněji se jedná o přístroje OCT Spectralis® od firmy [Obrázek 17.] a Cirrus™ 5000 [Obrázek 16.] od firmy Carl Zeiss Meditec. Dalšími přístroji OCT uvažovanými v této práci jsou přístroje, které disponují pouze technologií SD-OCT. Konkrétně se jedná o přístroje Cirrus™ 4000 od firmy Carl Zeiss Meditec [Obrázek 15.] a přístroj iVue 100 od firmy Optovue, Inc. [Obrázek 18.]. Přístroje se mezi sebou odlišují v technických parametrech, dále pak v roce výroby a v ceně, za kterou byly pořízeny či je lze pořídit.



[Obrázek 15.]: OCT Cirrus™ 4000 firmy Carl Zeiss Meditec (foto autor).



[Obrázek 16.]: OCT Cirrus™ 5000 firmy Carl Zeiss Meditec (foto Carl Zeiss Meditec).



[Obrázek 17.]: OCT Spectralis od firmy Heidelberg Engineering (foto autor).



[Obrázek 18.]: OCT iVue 100 od firmy Optovue. (foto autor).

4. Cíl práce

Cílem diplomové práce je porovnání oftalmologických přístrojů pomocí metod multikriteriálního rozhodování a hodnotového inženýrství. Na základě současného stavu problematiky byly popsány výhody a nevýhody jednotlivých metod multikriteriálního rozhodování. Práce se dále zaměří na porovnání výsledků multikriteriálního rozhodování vzhledem k použité metodě pro stanovení vah kritérií. V rámci hodnocení vah kritérií budou využity názory vybrané skupiny odborníků. Závěrem bude provedeno porovnání přístrojů sloužících k oftalmologickým vyšetřením.

Tato práce si klade za cíl porovnat oftalmologické diagnostické přístroje, konkrétně přístroje optické koherentní tomografie (OCT), pomocí metod multikriteriální rozhodovací analýzy (MCDA). Pro účely této práce byly vybrány OCT přístroje, které jsou blíže popsány v kapitole 3.4. Přístroje OCT. Přístroje byly vybrány tak, aby bylo možné porovnat přímé konkurenty, které současný trh nabízí (Cirrus™ 5000 a Spectralis), přístroje jedné produktové řady (Cirrus™ 5000 a Cirrus™ 4000) a k tomu přístroj, který je podle názorů odborníků vhodný spíše pro rychlé zjištění stavu, než pro dlouhodobé sledování vývoje stavu pacienta (iVue 100).

Vzhledem ke zkušenostem z praxe a na základě rozhovorů s profesionály lze předpokládat, že přístroj iVue 100 bude hodnocen jako nejméně vhodný a to ve všech případech použitých pro hodnocení přístrojů v rámci této práce. Jedná se o malý a jednoduchý přístroj vhodný do ordinace obvodních očních lékařů, který se nehodí pro využití v nemocniční praxi, kdy je potřeba sledovat pacienta a vývoj jeho stavu velmi pečlivě a to včetně široké škály nástrojů pro analýzu dat. Stejně tak lze předpokládat třetí pořadí pro přístroj Cirrus™ 4000, který je pro použití v nemocniční praxi vhodný, protože již dokáže porovnávat jednotlivá měření pacienta v čase a zobrazit změny, ke kterým došlo, avšak jedná se o starší přístroj, jehož produktová řada je v této práci zastoupená i nejnovější generací, tj. přístrojem Cirrus™ 5000.

Pořadí přístrojů Cirrus™ 5000 a OCT Spectralis® již tak zřejmé není. Jedná se o moderní přístroje, které si v dnešní nemocniční praxi přímo konkurují, jak technickými parametry, tak i SW výbavou, která umožňuje širokou škálu analytických použití. V jednotlivých uvažovaných parametrech se oba přístroje odlišují jenom minimálně, proto jejich konečné pořadí není zřejmé a je tedy nutno využít metod MCDA.

Metody, kterých multikriteriální rozhodování využívá, byly na základě provedené rešerše současného stavu problematiky, která je popsána v kapitole 2. Multikriteriální rozhodovací analýza, krátce popsány v tabulce [Tabulka 1.].

Vzhledem k současnému stavu problematiky multikriteriálního rozhodování a využívání metod MCDA v praxi byly vybrány tři metody, jejichž použití je vhodné v rámci této práce, která porovnává předem známé varianty zdravotnických prostředků v jedné úrovni rozhodování. Z těchto důvodů není vhodné uvažovat metody AHP a PROMETHE. Pro práci jsou tedy uvažovány metody Metoda váženého součtu (WSA), Analýza shody a neshody (CDA) a metoda TOPSIS, která uvažuje ideální variantu a z uvažovaných variant vybírá tu, která je té ideální nejbližší. Metoda IPA, která je stejně jako předchozí metody krátce popsána v tabulce [Tabulka 1.], není uvažována pro použití metody WSA, která metodě IPA v praktickém důsledku odpovídá.

Na základě rešerše byly také vybrány běžně užívané metody hodnotového inženýrství, které se liší v tom, jak pohlíží na vztah, jenž mezi sebou jednotlivá kritéria mají. Bodovací metoda (BM) žádný takový vztah neuvažuje, Fullerova metoda (FM) uvažuje, které kritérium je v porovnání pro expertní skupinu důležitější a metoda Saatyho matice (SM) uvažuje i číselné vyjádření toho, o kolik je v párovém porovnání jedno kritérium důležitější pro expertní skupinu oproti druhému porovnávanému.

Expertní skupiny vybrané pro tuto práci jsou dvě. První expertní skupinou je skupina Lékaři, kteří z naměřených dat diagnostikují pacienta, ale sami se zisku těchto dat nezúčastňují. Druhá vybraná expertní skupina se skládá z NLZP operátorů, kteří právě tato data měřením pacientů získávají.

Tento výběr expertních skupin se opírá o stále znatelnější trend na větších soukromých klinikách, kdy se odděluje zisk a diagnostika dat s cílem zefektivnit provoz kliniky, snížit pracovní zátěž lékařům a zkvalitnit získaná data tím, že se na jejich zisk specializují konkrétní pracovníci. Tento vývoj je znatelný jak na soukromých klinikách, tak na těch, které jsou součástí velkých státních nemocnic.

Názor obou expertních skupin na uvažované přístroje OCT vyjádřený pomocí metod MCDA s přihlédnutím k různým metodám hodnotového inženýrství bude závěrem práce porovnán a výsledky budou diskutovány.

5. Metody

Metody použité v rámci této práce lze rozdělit na tři skupiny podle toho, v jaké fázi práce se dané metody používají.

V první fázi je potřeba určit expertní skupinu, která bude vybírat kritéria, jejich váhu a hodnotit v nich uvažované varianty přístrojů. V druhé fázi, na základě konsensu skupiny, dojde k vytvoření vah jednotlivých kritérií za použití metod hodnotového inženýrství. V rámci této práce bude použita Bodovací metoda (BM), Fullerova metoda (FM) a Saatyho matice (SM). Uvažované přístroje poté budou v kritériích obodovány ve třetí fázi a následně se vypočítá nejvhodnější varianty přístroje pomocí metod multikriteriálního hodnocení z bodů jednotlivých přístrojů v konkrétních kritériích s přihlédnutím na váhu každého kritéria.

Na základě tohoto postupu budou získány od expertní skupiny vždy tři sety vah podle použitých metod hodnotového inženýrství a tři sety výsledků multikriteriálního hodnocení podle použitých metod MCDA. V rámci této práce bude použita Metoda váženého součtu (WSA), Analýza shody a neshody (CDA) a metoda TOPSIS, která uvažuje ideální variantu a z uvažovaných variant vybírá tu, která je té ideální nejbližší. Jejich kombinací tedy bude pro expertní skupinu získáno celkem devět výsledků pořadí variant přístrojů včetně výběru té nejlepší z uvažovaných variant.

5.1. Expertní skupina

V rámci této práce je uvažován různý pohled na vybrané přístroje, podle toho, co od přístroje očekává uživatel v různých rolích. Proto jsou vybrány dvě expertní skupiny, které vyberou, zváží a oznámkují všechny uvažované přístroje. Následně tato data budou použita pro MCDA. Výsledky od obou skupin budou posléze porovnány a diskutovány. Členové obou expertních skupin se zapojují do procesu vyšetření pacienta s cílem získat jeho diagnózu, každá ze skupin ovšem v jiné fázi tohoto procesu. Zatímco první uvažovaná skupina z naměřených dat určuje diagnózu pacienta, členové té druhé se soustředí na měření pacienta a získání těchto dat.

První uvažovaná expertní skupina se skládá z lékařů specialistů v oboru oftalmologie, kteří budou přístroje hodnotit z pohledu cílového uživatele. Tedy toho, kdo má k dispozici výsledky z měření ačkoli sám tato měření neprovádí. Členové skupiny byli vybráni z řad Oftalmologické kliniky FNKV a z Oční kliniky VFN a 1. LF UK.

Druhá expertní skupina jsou NLZP operátoři přístrojů. Jedná se o zdravotnický personál bez lékařského vzdělání, který provádí měření pacientů na přístrojích tak, aby výsledky z nich byly co nejpřesnější pro lékaře, jenž na základě těchto výsledků provádí a hodnotí diagnostiku. Členové skupiny byli vybráni z řad sester a biomedicínských techniků a inženýrů z Oftalmologické kliniky FNKV, Oční kliniky VFN a 1. LF UK a Oční kliniky FNO.

5.2. Metody hodnotového inženýrství

K určení nejlepší varianty bylo potřeba sepsat kritéria. Protože však kritérií může být mnoho a ne všechny jsou pro nás stejně důležité (například pořizovací cena a velikost displeje u OCT – obojí může být důležité, ale větší displej nemusí pro někoho být tak důležitý jako třeba pořizovací cena přístroje), je třeba určit váhu těchto kritérií tak, aby součet všech kritériálních vah byl roven jedné.

Metod k určení kritériálních vah v_i pro každou i -tou variantu existuje mnoho. Mezi nejčastěji používané patří Bodovací metoda, Fullerova metoda a Saatyho metoda. Po určení kritérií DM je potřeba tato kritéria ohodnotit. K tomu se používá Univerzální tabulka hodnot splnění významu funkce. Pomocí této tabulky jsou každému kritériu přiřazeny body. Ty se dají určit slovním zhodnocením plnění funkce, případně významu kritéria, jak ukazuje [Tabulka 3.].

[Tabulka 3.] Univerzální tabulka hodnot splnění významu funkce.

BODY	PLNĚNÍ FUNKCE	VÝZNAM KRITÉRIA
1	Vůbec neplní.	Zcela bezvýznamné.
2	Mimořádně špatně plní.	Mimořádně málo významné.
3	Špatně plní.	Málo významné.
4	Velmi slabě plní.	Podprůměrně významné.
5	Sotva přijatelně plní.	Sotva průměrně významné.
6	Přijatelně funkční.	Průměrně významné.
7	Dobré plnění.	Nepatrně nadprůměrně významné.
8	Velmi dobré plnění.	Nadprůměrně významné.
9	Velmi kvalitní plnění.	Velmi významné.
10	Vynikající plnění.	Nejvýznamnější.

5.2.1. Bodovací metoda – BM

Jedná se o jednu z nejjednodušších metod kurčení kritériálních vah v_j^b . Kdy každému z kritérií je určeno bodové ohodnocení w_j^b podle [Tabulka 3.].

Poté je toto hodnocení normalizováno pomocí vztahu:

$$v_j^b = \frac{w_j^b}{\sum_{i=1}^n w_i^b}, \quad (5.01)$$

kde $j = 1, \dots, n$ je kritérium, n je celkový počet kritérií, kterými varianty hodnotíme a v_j^b je normovaná kritériální váha pro kterou platí:

$$\sum_{j=1}^n v_j^b = 1. \quad (5.02)$$

5.2.2. Fullerova metoda – FM

Na rozdíl od bodovací metody popsané výše, jež hodnotí kritéria samostatně, porovnává Fullerova metoda kritéria párově, proto se jí také říká metoda párového srovnávání. Určuje, které kritérium z každého páru je ve srovnání důležitější.

Kritéria jsou nejprve DM seřazena do seznamu podle důležitosti od nejdůležitějšího. Následně jsou tato pořadí porovnávána s ostatními kritérii tak, že se zapíše vždy to kritérium, které je v daném páru důležitější, tzn. postaveno výše v seznamu. Množství těchto párů F se vypočítá z kombinatorického vztahu pro výpočet kombinací bez opakování:

$$F = \binom{m_c}{2}, \quad (5.03)$$

kde m_c je celkový počet kritérií. Nenormovanou váhu jednotlivých kritérií l_j^f potom získáme ze vztahu:

$$l_j^f = \frac{m_j + 1}{m_c}, \quad (5.04)$$

kde m_j je četnost, kolikrát bylo j -té kritérium vybráno v páru jako důležitější.

Pro nejméně důležité kritérium platí, že v párovém zhodnocení vždy dopadne hůře a tedy m_j se pro něj bude rovnat 0, a jeho váha l_j^f bude také nulová. Z toho důvodu přičteme ke každé četnosti m_j 1. Získáme tím nenormované váhy, pro které platí:

$$\sum_i^n l_j^f > 1. \quad (5.05)$$

Abychom tedy získali normované váhy kritéria v_j^f je potřeba použít vztah:

$$v_j^f = \frac{l_j^f}{\sum_i^n l_i^f}. \quad (5.06)$$

5.2.3. Saatyho metoda – SM

Obdobně jako v předchozím případě je Saatyho metoda založena na párovém porovnávání. Rozdíl je v tom, že zaznamenává nejen to, které kritérium z páru je důležitější, ale také kolikrát, což je důležité pro zachycení jemných rozdílů mezi jednotlivými kritérii.

Pro stanovení vzájemné důležitosti se využívá bodová stupnice 1, 3, 5, 7, 9, respektive její převrácené hodnoty a pro snadnější určení těchto bodů lze použít slovní hodnocení, jak ukazuje tabulka [Tabulka 4.]. Výsledné body z párového porovnání se poté zapisují do Saatyho matice [Tabulka 5.] tak, aby platilo:

$$s_{ab} = \frac{1}{s_{ba}}, \quad (5.07)$$

kde $a, b = 1, \dots, n$ jsou jednotlivá kritéria.

[Tabulka 4.] Stanovení vzájemné důležitosti kritérií v páru.

BODY SLOVNÍ HODNOCENÍ

1	Obě kritéria mají stejný význam.
3	První kritérium má mírně větší význam než druhé.
5	První kritérium má dosti větší význam než druhé.
7	První kritérium má prokazatelně větší význam než druhé.
9	První kritérium má absolutně větší význam než druhé.

Nenormovanou váhu jednotlivých kritérií l_j^s získáme jako geometrický průměr jednotlivých řádků Saatyho matice pomocí vztahu:

$$l_j^s = \sqrt[n]{\prod_{a=1}^n s_{aj}}. \quad (5.08)$$

Tyto váhy je následně potřeba normalizovat, protože pro nenormalizované váhy l_j^s platí:

$$\sum_i l_j^s > 1. \quad (5.09)$$

Normalizované váhy v_j^s pak získáme pomocí vztahu:

$$v_j^s = \frac{l_j^s}{\sum_i^n l_i^s}. \quad (5.10)$$

[Tabulka 5.] Saatyho matice v obecném tvaru.

	1	2	...	n
1	1	s_{12}	...	s_{1n}
2	$\frac{1}{s_{21}}$	1	...	s_{2n}
\vdots	\vdots	\vdots	1	\vdots
n	$\frac{1}{s_{n1}}$	$\frac{1}{s_{n2}}$...	1

5.3. Použité metody MCDA

Způsobů, jak se dopracovat výsledků MCDA, je několik. Závisí na použité metodě výpočtu výsledného efektu analýzy. Před podrobnějším rozebráním těchto metod je potřeba si nadefinovat kritériální matici $A = (a_{ij})$, kde $i = 1, \dots, m$ je varianta a m je celkový počet variant, které v rámci analýzy porovnáváme. Pro tuto práci byly vybrány metody WSA, TOPSIS a CDA.

5.3.1. WSA

Jedná se o nejjednodušší z metod MCDA. Jak název WSA (model váženého součtu) napovídá, jedná se o snadný výpočet pomocí váhy kritéria. Výsledný efekt analýzy se vypočte na základě výpočtu normalizované kritériální matice $R^w = (r_{ij}^w)$, kde se r_{ij}^w určí na základě vztahu:

$$r_{ij}^w = \frac{a_{ij} - D_j^w}{H_j^w - D_j^w}, \quad (5.11)$$

kde D_j^w je bazální hodnota, která je rovna minimální hodnotě daného kritéria:

$$D_j^w = \min_{i=1, \dots, m} (a_{ij}), \quad (5.12)$$

kde m je počet variant. Obdobně H_j^w je ideální hodnota, která je naopak maximem daného kritéria:

$$H_j^w = \max_{i=1, \dots, m} (a_{ij}). \quad (5.13)$$

Výsledný efekt c_i^w konkrétní varianty se potom vypočte jako součet zvážených hodnot r_{ij} :

$$c_i^w = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij}^w, \quad (5.14)$$

kde v_j je váha j -tého kritéria.

5.3.2. TOPSIS

Metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) vytvořena v roce 1981 [33.] a následně rozvinuta 1987[34.], uvažuje ideální řešení. Tyto rozlišuje dvě – pozitivní (PIS) a negativní někdy také bazální (NIS) [35.]. PIS je takové řešení, kdy jsou všechna kritéria splněna nejlépe a NIS naopak takové, které kritéria splňuje nejhůře nebo vůbec. Úkolem TOPSIS je potom najít takovou variantu, jež se svými kritérii nejvíce blíží PIS a je tak nejvíce vzdálená od NIS.

Podobně jako v případě WSA je nejprve potřeba výše definovanou kritériální matici $A = (a_{ij})$ přepočíst na normalizovanou kritériální matici $R^t = (r_{ij}^t)$ pomocí vztahu:

$$r_{ij}^t = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}}, \quad (5.15)$$

kde $j = 1, \dots, m, i = 1, \dots, n$.

Takto vytvořenou normalizovanou matici je potřeba zvážit váhou kritéria v_j pro každý r_{ij}^t :

$$w_{ij}^t = r_{ij}^t v_j, \quad (5.16)$$

tím získáme váženou kritériální matici $W^t = (w_{ij}^t)$.

V dalším kroku se provede výpočet pozitivně ideální (PIS) H_j^t a negativně ideální, tj. bazální (NIS) hodnoty D_j^t . Vztah pro výpočet je obdobný jako v případě WSA:

$$H_j^t = \max_{i=1, \dots, m} (w_{ij}^t), \quad (5.17)$$

$$D_j^t = \min_{i=1, \dots, m} (w_{ij}^t). \quad (5.18)$$

Následně se určí vzdálenost variant D_i^- od bazálních hodnot NIS a vzdálenost H_i^+ od ideálních hodnot PIS, podle vztahů:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij}^t - D_j^t)^2}, \quad (5.19)$$

$$H_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_{ij}^t - H_j^t)^2}. \quad (5.20)$$

Získané hodnoty D_i^- a H_i^+ použijeme pro výpočet výsledného efektu c_i^t podle vztahu:

$$c_i^t = \frac{D_i^-}{H_i^+ + D_i^-}. \quad (5.21)$$

5.3.3. CDA

Metoda CDA (Concordance Discordance Analysis – analýza shody a neshody) měří stupeň, kterým alternativy výběru a váhy faktoru potvrzují nebo vyvracejí vzájemný vyřazovací poměr mezi alternativami. K tomu slouží index shody a index neshody.

Pro postup v rámci metody CDA se využívá vážená normalizovaná matice $W^c = (w_{ij}^c)$, kde w_{ij}^c je získáno ze vztahu:

$$w_{ij}^c = r_{ij}^c v_i, \quad (5.22)$$

přičemž r_{ij}^c se získá určením ideální hodnoty H_j^c a bazální D_j^c podle vztahů:

$$H_j^c = \max_{i=1, \dots, m} (w_{ij}^c), \quad (5.23)$$

$$D_j^c = \min_{i=1, \dots, m} (w_{ij}^c), \quad (5.24)$$

$$r_{ij}^c = \frac{a_{ij} - D_j^c}{H_j^c - D_j^c}, \quad (5.25)$$

kde a_{ij} je člen kritériální matice $A = (a_{ij})$. Matice $W^c = (w_{ij}^c)$ se následně využije pro výpočet indexů shody a neshody.

Index shody mezi dvěma variantami p_{xy} je definován jako součet vah kritérií, které mají hodnocení v první variantě vyšší než v druhé, v poměru k celkovému součtu vah kritérií a to pomocí vztahu:

$$p_{xy} = \frac{\sum_{j \in F_{xy}} v_j}{\sum_{j=1}^n v_j}, \quad (5.26)$$

kde $F_{xy} = \{j | a_{xj} \geq a_{yj}\}$ a $x, y = 1, \dots, m$. Celkový index shody dané varianty P_i je potom definován jako:

$$P_i = \sum_{x=1}^m p_{xy} \quad (5.17)$$

Index neshody je definován jako podíl maxima rozdílu vážených hodnocení, která mají hodnocení v první variantě vyšší než v druhé, v poměru k rozdílu maxima a minima vše těchto vážených hodnocení. Tento vztah lze vyjádřit jako:

$$q_{xy} = \frac{\max_{j \in G_{xy}} (v_i a_{xj} - v_i a_{yj})}{\max_{i,j=1,\dots,m} (d_{ij}) - \min_{i,j=1,\dots,m} (d_{ij})}, \quad (5.28)$$

kde $G_{xy} = \{j | a_{xj} < a_{yj}\}$ a $d_{ij} = v_j a_j$. Celkový index shody dané varianty Q_i je potom definován jako:

$$Q_i = \sum_{x=1}^m q_{xy} \quad (5.29)$$

Výsledný efekt c_i^c se vypočítá podle vztahu:

$$c_i^c = m + P_i - Q_i. \quad (5.30)$$

6. Výsledky

Jak bylo řečeno v předchozí kapitole, uvažované přístroje byly porovnávány na základě kritérií a jejich vah párem expertních skupin. Obě skupiny nejprve stanovily kritéria, která podle expertů ve skupině jsou třeba uvažovat při výběru nejvhodnější varianty přístroje. Kritéria stanovila každá skupina na základě konsensu členů skupiny tak, aby tato vyjadřovala ty vlastnosti přístroje, které jsou z pohledu dané skupiny považovány jako důležité do praxe

Poté byla kritéria diskutována a na základě této diskuze se určilo pořadí kritérií podle důležitosti při výběru přístroje. Jednotlivé přístroje byly v dalším kroku obodovány v daných kritériích podle stupnice v tabulce [Tabulka 3.].

V závislosti na použitých metodách hodnotového inženýrství, konkrétně bodovací metoda (BM), Fullerova metoda (FM) a Saatyho matice (SM), se určily tři sady vah jednotlivých kritérií. V rámci každé z těchto sad vah byly použity metody multikriteriálního hodnocení uvažované v kapitole 5.2. Použité metody MCDA, konkrétně metody váženého součtu (WSA), metoda nejmenší vzdálenosti od ideální varianty (TOPSIS) a metoda analýzy shody a neshody (CDA).

Tímto postupem, tedy použitím tří metod bodového inženýrství a následně na každou z nich použitím tří metod MCDA, bylo u každé skupiny získáno devět výsledků. Každý z těchto výsledků reprezentuje nejvhodnější variantu přístroje v závislosti na vybraných kritériích a použitém způsobu zisku vah a použitých MCDA.

6.1. Expertní skupina – lékaři

První expertní skupina se skládá z lékařů specialistů v oftalmologii, kteří výsledky z přístrojů dostávají již hotové a na jejich základě určují pacientovi diagnózu – jak již bylo uvedeno v teoretické části práce. Tato skutečnost se odrazila ve výběru hodnocených kritérií a pořadí jejich důležitosti, jak ukazuje tabulka [Tabulka 6.], ve stejné tabulce jsou také vypsány body, které expertní skupina přisoudila jednotlivým přístrojům v daném kritériu. Použitím metod hodnotového inženýrství byly následně určeny tři sady vah jednotlivých kritérií, které ukazuje [Tabulka 7.].

Určené váhy byly použity pro výpočet nejlepší varianty pomoci zamýšlených metod MCDA. Výsledky jednotlivých přístrojů v konkrétní metodě MCDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství ukazují tabulky [Tabulka 8.] (WSA), [Tabulka 9.] (CDA) a [Tabulka 10.] (TOPSIS).

[Tabulka 6.] Hodnocená kritéria, jejich bodované pořadí a hodnocení variant přístrojů v těchto kritériích pro expertní skupinu Lékaři.

VARIANTA PŘÍSTROJE	KVALITA SNÍMKU	MINIMALIZACE NEVYŠETŘITELNÝCH PACIENTŮ	CELKOVÁ DOBA VYŠETŘENÍ	POROVNÁNÍ S PŘEDCHOZÍMI VÝSLEDKY	MOŽNOST PROHLÍŽECÍ STANICE	UŽIVATELSKÁ PŘÍVĚTVOST PROHLÍŽENÍ VÝSLEDKŮ	PREZENTACE VÝSLEDKŮ OCT MAKUL	PREZENTACE VÝSLEDKŮ OCT PAPIL	MOŽNOSTI EXPORTU	MOŽNOSTI ANALÝZY A DALŠÍ PRÁCE S VÝSLEDKY	OCT-A	UŽIVATELSKÁ PŘÍVĚTVOST VYŠETŘENÍ
CIRRUS 4000	8	8	8	6	1	8	6	10	8	7	1	8
CIRRUS 5000	9	9	10	8	10	9	9	10	9	9	7	8
SPECTRALIS	10	8	8	10	10	9	7	7	10	10	9	10
IVUE 100	5	7	6	5	1	8	3	6	7	3	1	8
POŘADÍ KRITÉRIA	9	10	12	1	5	4	2	8	6	3	7	11

[Tabulka 7.] Výsledky hodnotového inženýrství pro expertní skupinu Lékaři.

METODA HODNOTOVÉ INŽENÝRSTVÍ	KVALITA SNÍMKU	MINIMALIZACE NEVYŠETŘITELNÝCH PACIENTŮ	CELKOVÁ DOBA VYŠETŘENÍ	POROVNÁNÍ S PŘEDCHOZÍMI VÝSLEDKY	MOŽNOST PROHLÍŽECÍ STANICE	UŽIVATELSKÁ PŘÍVĚTVOST PROHLÍŽENÍ VÝSLEDKŮ	PREZENTACE VÝSLEDKŮ OCT MAKUL	PREZENTACE VÝSLEDKŮ OCT PAPIL	MOŽNOSTI EXPORTU	MOŽNOSTI ANALÝZY A DALŠÍ PRÁCE S VÝSLEDKY	OCT-A	UŽIVATELSKÁ PŘÍVĚTVOST VYŠETŘENÍ
BODOVACÍ METODA (BM)	0.077	0.077	0.067	0.096	0.087	0.087	0.096	0.077	0.087	0.087	0.087	0.077
FULLEROVA METODA (FM)	0.051	0.038	0.013	0.154	0.103	0.115	0.141	0.064	0.090	0.128	0.077	0.026
SAATYHO MATICE (SM)	0.036	0.036	0.016	0.213	0.092	0.092	0.094	0.041	0.114	0.114	0.114	0.041

[Tabulka 8.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě WSA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři.

WSA - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	0.269	0.299	0.254
CIRRUS 5000	0.806	0.835	0.785
SPECTRALIS	0.898	0.901	0.934
IVUE 100	0.120	0.044	0.044
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>0.898</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.901</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.934</i> <i>Spectralis</i>

[Tabulka 9.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě CDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři.

CDA - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	5.907	5.973	5.864
CIRRUS 5000	7.479	7.472	7.368
SPECTRALIS	7.565	7.728	7.770
IVUE 100	5.631	5.423	5.481
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>7.565</i> <i>Spectralis</i>	<i>7.728</i> <i>Spectralis</i>	<i>7.770</i> <i>Spectralis</i>

[Tabulka 10.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě TOPSIS s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři.

TOPSIS - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	0.308	0.330	0.258
CIRRUS 5000	0.761	0.812	0.755
SPECTRALIS	0.826	0.836	0.894
IVUE 100	0.147	0.041	0.040
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>0.826</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.836</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.894</i> <i>Spectralis</i>

6.2. Expertní skupina – NLZP

Druhá expertní skupina se skládá z NLZP operátorů (biomedicínští technici a inženýři, zdravotní sestry a optometristé), kteří na přístrojích měří pacienty a získávají tak data pro lékaře. Tato skutečnost se odrazila ve výběru hodnocených kritérií a pořadí jejich důležitosti, jak ukazuje tabulka [Tabulka 11.], ve stejné tabulce jsou také vypsány body, které expertní skupina přisoudila jednotlivým přístrojům v konkrétním kritériu. Použitím metod hodnotového inženýrství byly následně určeny tři sady vah jednotlivých kritérií, které ukazuje [Tabulka 12.].

[Tabulka 11.] Hodnocená kritéria, jejich bodované pořadí a hodnocení variant přístrojů v těchto kritériích pro expertní skupinu NLZP.

VARIANTA PŘÍSTROJE	OVLADATELNOST	PROHLÍŽECÍ STANICE	EYE-TRACKING	AXIÁLNÍ ROZLIŠENÍ	HLOUBKA SKENU	POHODLÍ PACIENTA	MĚŘENÍ FOLLOW UP VISIT	CITLIVOST MĚŘENÍ	MOŽNOSTI EXPORTU	PŘEHLEDNOST ROZHRANÍ	ERGONOMIČNOST PRO OPERÁTORA	OCT-A	NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ DAT
<i>CIRRUS 4000</i>	7	2	1	6	6	5	6	6	7	8	7	1	5
<i>CIRRUS 5000</i>	8	7	8	6	8	8	8	9	7	9	8	8	8
<i>SPECTRALIS</i>	10	9	9	8	8	10	10	7	9	10	9	7	6
<i>IVUE 100</i>	9	1	1	4	4	9	3	4	4	4	6	0	0
POŘADÍ KRITÉRIA	3	12	1	9	10	6	2	5	4	8	7	13	11

[Tabulka 12.] Výsledky hodnotového inženýrství pro expertní skupinu NLZP.

METODA HODNOTOVÉ INŽENÝRSTVÍ	OVLADATELNOST	PROHLÍŽECÍ STANICE	EYE-TRACKING	AXIÁLNÍ ROZLIŠENÍ	HLOUBKA SKENU	POHODLÍ PACIENTA	MĚŘENÍ FOLLOW UP VISIT	CITLIVOST MĚŘENÍ	MOŽNOSTI EXPORTU	PŘEHLEDNOST ROZHRANÍ	ERGONOMIČNOST PRO OPERÁTORA	OCT-A	NÁSLEDNÉ ZPRACOVÁNÍ DAT
BODOVACÍ METODA (BM)	0.088	0.049	0.098	0.078	0.069	0.078	0.098	0.078	0.088	0.078	0.078	0.049	0.069
FULLEROVA METODA (FM)	0.121	0.022	0.143	0.055	0.044	0.088	0.132	0.099	0.110	0.066	0.077	0.011	0.033
SAATYHO MATICE (SM)	0.151	0.011	0.195	0.028	0.020	0.057	0.196	0.097	0.143	0.033	0.047	0.009	0.013

Určené váhy byly použity pro výpočet nejlepší varianty pomoci zamýšlených metod MCDA. Výsledky jednotlivých sledovaných přístrojů v konkrétní metodě MCDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství ukazují tabulky [Tabulka 13.] (WSA), [Tabulka 14.] (CDA) a [Tabulka 15.](TOPSIS).

[Tabulka 13.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě WSA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.

WSA - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	0.333	0.306	0.281
CIRRUS 5000	0.744	0.715	0.701
SPECTRALIS	0.945	0.951	0.957
IVUE 100	0.122	0.151	0.146
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>0.945</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.951</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.957</i> <i>Spectralis</i>

[Tabulka 14.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě CDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.

CDA - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	5.997	6.109	5.976
CIRRUS 5000	7.085	6.964	6.973
SPECTRALIS	7.788	7.865	7.900
IVUE 100	5.426	5.592	5.629
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>7.788</i> <i>Spectralis</i>	<i>7.865</i> <i>Spectralis</i>	<i>7.900</i> <i>Spectralis</i>

[Tabulka 15.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě TOPSIS s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.

TOPSIS - PŘEHLED	BM	FM	SM
CIRRUS 4000	0.349	0.292	0.270
CIRRUS 5000	0.782	0.767	0.769
SPECTRALIS	0.872	0.895	0.922
IVUE 100	0.149	0.160	0.114
NEJLEPŠÍ VARIANTA	<i>0.872</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.895</i> <i>Spectralis</i>	<i>0.922</i> <i>Spectralis</i>

7. Diskuze

Cílem této práce, jak je napsáno v kapitole 4. Cíl práce, je porovnání výsledků metod MCDA vzhledem k použité metodě hodnotového inženýrství a to s ohledem na expertní skupiny – v tomto případě dvě, konkrétně Lékaři a NLZP operátoři. Lze tedy říct, že práce porovnává pohled dvou expertních skupin na zcela totožnou sestavu přístrojů.

Práce porovnává výsledky metod MCDA v závislosti nejen na použité metodě hodnotového inženýrství, ale především na konsensu členů různých expertních skupin. První skupinou je skupina Lékaři, jejímiž členy jsou lékaři specialisté v oftalmologii s letitou praxí v oboru, kteří na základě zkušeností z praxe dokáží vybrat kritéria taková, aby odpovídala všeobecné potřebě v oblasti výběru přístrojů OCT. Protože uvažované přístroje slouží k měření pacientů a získu diagnosticky přínosných dat pro lékaře a vzhledem k tomu, že takováto měření může, a v praxi i provádí, ne lékař ale kvalifikovaný zdravotnický personál, který se jednotně označuje jako nelékařský zdravotnický personál (NLZP), je druhá uvažovaná skupina, kterou jsou NLZP operátoři, složená právě z tohoto personálu. Členové skupiny NLZP operátorů jsou tedy biomedicínské technici a inženýři, optometristé a zdravotní sestry, kteří mají v náplni práce měřit pacienty na přístrojích OCT.

Tyto dvě skupiny se odlišují tím, že jsou pro každou z nich důležité jiné parametry přístroje, přestože se členové obou expertních skupin zapojují do procesu diagnózy pacienta pomocí OCT přístrojů, činí tak v jiné fázi tohoto procesu. Skupina Lékaři se ohledně přístrojů OCT zajímá především o možnosti zpracování, analýzy a diagnostiky patientských dat, zatímco skupina NLZP operátorů se zajímá především o sběr dat, technická data přístroje apod. Zajisté dochází k prolínání obou skupin a to explicitně směrem od skupiny Lékařů do skupiny NLZP operátorů, kdy si lékař je schopen a ochoten provést měření pacienta sám. V praxi to na očních klinikách v nemocnicích, kde se vyskytuje větší počet pacientů, nebývá častým jevem, a proto by se skupina těchto Lékařů-operátorů skládala z několika málo jedinců. Z tohoto důvodu byli tito lékaři uvažováni pouze ve skupině Lékaři a možnost expertní skupiny Lékaři-operátoři tato práce neuvažuje.

Výběr dvou skupin s takto různými zájmy se projevil již při výběru kritérií, ve kterých se zvolené přístroje měly hodnotit. Některá z kritérií se objevují u obou skupin (např. Možnost prohlížecích stanic), ale zřetelně se liší vahou tohoto kritéria. Další kritéria si v rámci výběru skupin mohou v praxi i částečně odporovat (např. kritérium Pohodlí pacienta u skupiny NLZP a Celková doba vyšetření u skupiny Lékaři). Většina kritérií, které skupiny pro své hodnocení vybraly, se ovšem od druhé skupiny liší. Důvodem je to, že obě skupiny mají na problematiku přístrojů OCT jiný

pohled, kdy skupina NLZP operátorů přihlíží na proces zisku dat a skupina Lékaři zase na možnosti diagnostiky z dat již dříve naměřených.

Zajímavé je sledovat, jaká kritéria volila konkrétní skupina jako z jejich pohledu důležité pro výběr nejlepší varianty a to i s odhlédnutím od váhy těchto kritérií. Skupina Lékaři výběr mířila na diagnostiku, analýzu neboť je důležitá pro určení správné diagnózy pro pacienta. Proto se u této skupiny vyskytují kritéria jako Kvalita snímku, Porovnání s předchozími výsledky, Uživatelská přívětivost prostředí a Prezentace výsledků různých typů skenů. Druhá hodnotící skupina, tedy NLZP operátoři, se soustředila především na kritéria uvažující sběr dat, tedy na proces měření pacienta. Z tohoto důvodu jsou u druhé uvažované skupiny kritéria jako Pohodlí pacienta, Axiální rozlišení, Eye-tracking a Ergonomičnost pro operátora.

Odlišný pohled obou expertních skupin se mimo jiné projevil nejen ve výběru hodnotících kritérií, ale také v tom jak důležitá byla jednotlivá kritéria vnímána. Pořadí důležitosti, které si pro svá kritéria obě skupiny vybraly, odrážejí konsensus jednotlivých členů dané expertní skupiny na důležitost konkrétního kritéria. Následně byly, s ohledem na toto pořadí ve spolupráci s jednotlivými členy skupiny a za pomoci jednotlivých metod hodnotového inženýrství, získány váhy uvažovaných kritérií.

Vzhledem k tomu, že bylo použito několik metod hodnotového inženýrství (BM, FM, SM), které se lišily převážně v tom, zda a jak porovnávat jednotlivá kritéria mezi sebou, jak popisují kapitoly 5.1.1. Bodovací metoda – BM, 5.1.2. Fullerova metoda – FM a 5.1.3. Saatyho metoda – SM, lze porovnat rozdíly, které vznikly v rámci jednoho kritéria v závislosti na použité metodě hodnotového inženýrství. Nejvýrazněji je tento rozdíl patrný u kritérií, které se vyskytují na obou koncích pořadí důležitosti určeného na základě konsensu jednotlivých členů dané expertní skupiny.

U skupiny Lékaři se jedná o kritérium Celková doba vyšetření, které bylo určeno jako nejméně důležité, tedy to s nejmenší váhou. Tato váha se v závislosti na použité metodě hodnotového inženýrství pohybuje od 6,7 % u BM, přes 1,6% u SM, po 1,3 % u FM. Naopak u kritéria Porovnání s předchozími výsledky, které bylo členy této expertní skupiny vyhodnoceno jako nejdůležitější, tedy s největší váhou, variuje hodnota váhy od 9,6 % u BM, přes 15,4 % u SM, po 21,3 % u FM. U druhé uvažované expertní skupině, tedy skupině NLZP operátorů, se toto projevuje u kritéria s nejmenší váhou Možnost OCT-A s hodnotami od 4,9 % u BM, přes 1,1 % u FM, po 0,9% u SM a u kritéria s nejvyšší uvažovanou váhou Eye-tracking, kde se hodnota váhy pohybuje od 9,8 % u BM, přes 14,3 % u FM, po 19,5 % u SM. Je zřejmé, že toto kolísání váhy v rámci jednoho kritéria napříč použitými metodami hodnotového inženýrství je dáno povahou konkrétní použité metody.

Na výše zmíněných hodnotách lze vidět tendence zvýrazňování rozdílu mezi kritériem s maximální a tím s minimální váhou. Tento rozdíl se zvyšuje s tím,

jak komplikovanější vztah se mezi jednotlivými kritérii uvažuje, zda žádný (BM) nebo zda i číselně vyjádřený rozdíl důležitosti mezi kritérii (SM, tabulka [Tabulka 4.]).

Jak bylo řečeno v kapitole 3.4. Přístroje OCT, už před samotnou praktickou částí, bylo částečně zřejmé pořadí přístrojů. Konkrétněji se jednalo o konečné pořadí přístrojů iVue 100 firmy Optovue, Inc. a přístroje OCT Cirrus™ 4000 firmy Carl Zeiss Meditec.

U prvního jmenovaného se tato hypotéza, která je popsána v kapitole 4. Cíl práce, tedy že bude v konečném pořadí přístroj iVue 100 hodnocen jako nejméně vhodná varianta z uvažovaných přístrojů, opírala o zkušenosti z praxe, kdy je přístroj, a k němu dodávané SW vybavení, situováno především pro potřeby rychlé kontroly vývoje stavu sítnice pacienta v čase, tedy pro potřeby spíše obvodního očního lékaře (OOL). Proto bylo možné výsledek jeho porovnávání s ostatními přístroji předem předpokládat. Ostatní přístroje jsou využívány na specializovaných očních klinikách, například v nemocnicích, kde nestačí sledovat pouze vývoj v čase, ale je potřeba naměřené výsledky také správně a důkladně analyzovat. Proto jsou tyto přístroje vybaveny důmyslnějšími nástroji pro analýzu než právě přístroj iVue 100. Kromě tohoto se jedná o starší přístroj, který svými technickými parametry a možnostmi jeho ovládání jen těžko konkuruje přístrojům i o několik generacím mladším, které jsou v této práci uvažovány.

Výše popsané důvody, které vedly k vytvoření hypotézy o umístění přístroje iVue 100 na poslední příčce. Toto se potvrdilo při použití všech metod hodnotové inženýrství použitých na všechny uvažované metody MCDA, jak u expertní skupiny složené z NLZP operátorů, tak u expertní skupiny Lékaři.

Druhou hypotézou, vyřčenou v kapitole 4. Cíl práce, bylo konečné pořadí přístroje Cirrus™ 4000. Konkrétněji to, že se v závislosti na výběru přístrojů v rámci této práce umístí na třetím místě, tedy jako třetí nejlepší varianta a to ve všech použitých přístupech k výpočtu výsledných hodnot MCDA. Tato hypotéza byla vyřčena na základě toho, že se jedná o přístroj staršího roku výroby, který byl ve své produktové řadě již nahrazen modernějším přístrojem Cirrus™ 5000, který je v této práci také uvažován. Proto se dalo předem předpokládat, že přístroj vyšší generace se umístí v hodnocení lépe. A protože další uvažovaný přístroj Spectralis of firmy Heidelberg Engineering je přímým konkurentem přístroje Cirrus™ 5000, bylo předpokládáné třetí pořadí přístroje Cirrus™ 4000 zřejmé.

Stejně jako první se i tato hypotéza potvrdila při použití všech metod hodnotového inženýrství použitých na všechny uvažované metody MCDA, jak u expertní skupiny složené z NLZP operátorů, tak u expertní skupiny Lékaři.

Za zmínku stojí to, že u metody CDA u NLZP expertní skupiny je rozdíl mezi přístroji Cirrus™ 4000 a Cirrus™ 5000 u metod hodnotového inženýrství BM a SM

stejný a u metody FM dokonce nižší než mezi přístroji Cirrus™ 5000 a Spectralis. Toto je možné vysvětlit tím, že se jedná pro operátora o velmi podobný přístroj (jak ukazují obrázky [Obrázek 15.] a [Obrázek 16.] na straně 31), což je samozřejmě pochopitelné u stejné produktové řady, kdy se nejvíce tyto přístroje liší možnostmi Eye-tracking, prohlížecími stanicemi a možnostmi OCT-A. Rozdíl mezi dvěma generacemi se více projevil v metodách WSA a TOPSIS, u kterých je rozdíl mezi přístroji Cirrus™ 4000 a Cirrus™ 5000 znatelnější.

Vzhledem k současné praxi bylo možné vytvořit hypotézy, zmíněné výše o celkovém umístění přístrojů iVue 100 a Cirrus™ 4000 na posledním, respektive předposledním pořadí v konečném hodnocení přístrojů na základě multikriteriálního hodnocení expertními skupinami. Zbylé dva přístroje, tedy Cirrus™ 5000 a Spectralis, představují v praxi nejmodernější přístup k diagnostickému vyšetření OCT a jsou v současné praxi přímými konkurenty. Pořadí těchto přístrojů proto nebylo možné předem hypotézovat a bylo tedy otázkou, který z těchto moderních přístrojů se umístí jako nejlepší varianta po zhodnocení obou expertních skupinami a použití metod hodnotového inženýrství a metod multikriteriálního hodnocení.

Oba přístroje mají srovnatelné technické parametry. U přístroje Spectralis, oproti jeho konkurentovi, vyzdvihuje expertní skupina Lékaři kritéria Kvalita snímků, Porovnání s předchozími výsledky, Možnosti exportu, Analýza výsledků a Uživatelská přívětivost vyšetření. Naopak přístroj OCT Cirrus™ 5000 dopadl lépe v kritériích Minimalizace nevyšetřitelných pacientů, Celková doba vyšetření a Prezentace výsledků OCT makul i papil. Expertní skupina NLZP operátorů hodnotila lépe případně stejně přístroj Spectralis ve většině uvažovaných kritérií. Přístroj Cirrus™ 5000 byl hodnocen operátory lépe pouze ve třech kritériích. Konkrétně se jednalo o kritéria Citlivost měření, OCT-A a Následné zpracování dat.

Z výše popsaného se ještě před použitím některé z metod hodnotového inženýrství a multikriteriálního hodnocení dalo předpokládat, že u skupiny NLZP operátorů se na prvním místě jako nejlepší varianta umístí přístroj Spectralis. U skupiny Lékaři konečné pořadí nijak zřejmé v této fázi nebylo, ale i přesto bylo možné usuzovat o těsném umístění nejmodernějších z uvažovaných přístrojů.

Předpoklad se potvrdil u expertní skupiny NLZP operátorů v tom, že ve všech 9 získaných výsledcích, tj. výsledcích všech uvažovaných metod multikriteriálního hodnocení pro použití jednotlivých metod hodnotového inženýrství. Ve všech těchto výsledcích, jak ukazují tabulky [Tabulka 13.], [Tabulka 14.] a [Tabulka 15.] na straně 46, je znatelný poměrně výrazný rozdíl mezi přístroji Spectralis a Cirrus™ 5000. Z těchto tabulek je také patrné, že ve všech uvažovaných metodách hodnotového inženýrství a multikriteriálního hodnocení, určila expertní skupina NLZP operátorů jako nejvhodnější variantu přístroj Spectralis.

Výše vyřčený předpoklad týkající se přístrojů Spectralis a Cirrus™ 5000 u skupiny Lékaři, která hodnotila oba moderní přístroje způsobem, který ukazoval na těsnost výsledků multikriteriálního hodnocení u těchto přístrojů, se potvrdil. Jak ukazují tabulky [Tabulka 8.], [Tabulka 9.] a [Tabulka 10.] na straně 44, tak jsou opravdu výsledky přístrojů umístěných na prvních dvou pořadí číselně sobě velmi blízké. Ovšem i přes zřetelněji užší rozpětí výsledných hodnot se jako vhodnější varianta pro expertní skupinu Lékaři, stejně jako u předchozí expertní skupiny NLZP operátorů, ukázal být přístroj Spectralis.

Pokud tedy porovnáme výsledky obou uvažovaných expertních skupin, tedy skupiny Lékaři a NLZP operátoři, zjistíme, že došlo ke shodě ve všech použitých metodách multikriteriálního hodnocení a to i s přihlédnutím na různé použité metody hodnotového inženýrství. K této shodě nedošlo pouze u vybrané nejlepší varianty, ale také u pořadí zbylých variant.

Umístění přístrojů iVue 100 a Cirrus™ 4000 na posledním, respektive předposledním místě, bylo možné předpokládat na základě poznatků z praxe a konečné výsledky multikriteriálního hodnocení u těchto variant tak potvrdily hypotézy vyslovené v úvodní části této práce.

Výsledné umístění obou modernějších přístrojů se u obou expertních skupin také nijak nelišilo v závislosti na použité metodě multikriteriálního hodnocení v součinnosti s metodami hodnotového inženýrství.

Je důležité ovšem poukázat na to, že, i když v případě expertní skupiny Lékaři se jako nejlepší varianta ve všech sledovaných metodách umístil Spectralis, jsou si jeho výsledky bližší s přístrojem Cirrus™ 5000 než u expertní skupiny NLZP, u které je rozdíl mezi těmito přístroji markantnější. Toto lze vysvětlit tím, že expertní skupina Lékaři uvažovala nad tím, jaká a jak kvalitní data z přístroje od NLZP operátorů získala a jak dlouho na tato data musela čekat. Protože se jedná u těchto přístrojů v praxi o přímou konkurenci, co se týče parametrů důležitých pro lékaře, je zřejmé, že konečné pořadí těchto konkrétních variant si bude ze své podstaty bližší než u druhé skupiny.

Druhá skupina se ve svém hodnocení opírala především o proces zisku dat a měření pacienta. V tomto hledisku se přístroje liší ve větší míře než v případě parametrů, které sledovala první expertní skupina, tedy skupina Lékaři. Znatelně rozdílný způsob měření je zřetelný u těchto přístrojů již na první pohled, jak lze vidět na obrázcích [Obrázek 15.] a [Obrázek 16.] na straně 31. Proto se u expertní skupiny NLZP operátorů hodnocení nejmodernějších z přístrojů uvažovaných v rámci této práce mezi sebou liší více než u předchozí skupiny.

Jako nejlepší varianta byl vybrán přístroj Spectralis od firmy Heidelberg Engineering a to oběma skupinami ve všech použitých metodách určení nejvhodnější varianty. Vzhledem k tomu, že tento přístroj se umístil na prvním místě

ve všech uvažovaných multikriteriálních analýzách i s přihlédnutím na všechny použité metody hodnotového inženýrství, tedy ve všech osmnácti výsledcích MCDA v této práci, lze tvrdit, že má přístroj Spectralis náskok před ostatními obdobnými přístroji, které jsou v práci uvažované.

Výsledky hodnocení ovšem mohly být ovlivněny dvěma směry. První tkví v tom, že obě expertní skupiny, jak Lékaři tak NLZP operátoři, hodnotily kritéria během hodnotového inženýrství velmi homogenně, tedy váhy těchto kritérií jsou uniformní. Díky této skutečnosti mohlo dojít ke zkreslení výsledků. Pokud by hodnocení v procesu použití metod hodnotového inženýrství bylo zřetelněji rozlišené a jednotlivá kritéria by tak mezi sebou měla větší rozpětí svých vah, je možné, že by získané výsledky multikriteriálního hodnocení mohly alespoň v jedné z použitých metod vyjít jinak, tedy například přívětivěji pro přístroj Cirrus™ 5000 a přístroj Spectralis by tak nebyl upřednostněn ve všech uvažovaných případech.

Druhý směr, kterým mohly být výsledky multikriteriálního hodnocení v této práci ovlivněny, je výběr expertních skupin. Podstata MCDA tkví nejen v možnostech matematického nástroje pro rozhodování nejlepší z nabízených na základě předem určených kritérií, které byly zvážené tak, aby jejich váha odpovídala důležitosti konkrétního kritéria při daném rozhodování, ale také ve výběru expertní skupiny, která by měla být multioborová, jak je popsáno v kapitole 2. Multikriteriální rozhodovací analýza v úvodu práce. Ani jednu z uvažovaných skupin, tedy Lékaři a NLZP operátoři, nelze považovat za multioborovou.

Ve skupině Lékaři jsou zastoupeny oftalmologové s různým zaměřením. Jedná se o lékaře se zaměřením na problémy sítnice v oblasti makuly, na problém zrakového nervu a glaukomu a další. Vzhledem k tomu, že se ale jedná bez výjimky o oftalmology, nedá se tedy tato expertní skupina považovat za multioborovou.

Stejně tak skupinu NLZP operátorů není možné uvažovat za čistě mezioborovou. Vzhledem k tomu, že členové této skupiny mají různá vzdělání, různé postavení a různé zařazení v rámci klinické praxe, lze tuto skupinu více považovat za multioborovou, obzvláště při uvážení druhé expertní skupiny složené pouze z jedné profese. Nicméně všichni členové skupiny NLZP operátorů provádí na vybraných přístrojích stejné činnosti a jejich pohled na problematiku více variant přístrojů OCT je velmi podobný. Ani v tomto případě nelze tedy skupinu považovat za multioborovou.

Takový výběr skupin, kdy ani jedna není multioborová a je složena v podstatě pouze z jedné profese, se mohl také projevit na homogenitě výsledků multikriteriálního hodnocení. Skupiny tak ovšem byly zvoleny proto, aby se prozkoumal rozdílný pohled na stejný výběr přístrojů a to právě z pohledu operátora přístroje a lékaře diagnostikujícího pacienta podle dat naměřených konkrétním přístrojem. Díky takto zvoleným skupinám se lze přesvědčit o rozdílném uvažování při výběru přístroje

s ohledem na to, co od přístroje považuje za důležité a na kolik ona konkrétní varianta přístroje splňuje, vzhledem k tomu, kdo může o této věci rozhodovat. Z výsledků multikriteriálního hodnocení v této práci je patrné, že v případě uvažovaných variant získal s drtivou převahou nejlepší hodnocení přístroj Spectralis od firmy Heidelberg Engineering, jenž se umístil jako nejlepší z nabízených variant ve všech osmnácti výsledcích multikriteriálního hodnocení v rámci této práce.

Výsledky této práce překvapily především svojí homogenitou, kdy ve všech uvažovaných metodách MCDA vyšel stejný přístroj jako nejlepší z uvažovaných variant. Už tato skutečnost ukazuje, jakým směrem by se mohl výzkum této problematiky vydat dál.

Jednou z cest je rozšíření obou expertních skupin o další odborníky z oboru, tak aby se do expertní skupiny Lékaři zapojili specialisté i z dalších center, především mimopražských. Členové expertní skupiny NLZP operátorů jsou již v rámci této práce více diferenciováni oproti první uvažované skupině, jak z pohledu vzdělání a profese, tak i demograficky, nicméně i u této skupiny lze uvažovat o jejím rozšíření.

Další možností, jak rozšířit výsledky této práce, je zahrnutí většího počtu hodnocených přístrojů a to nejen v rámci produktových řad jednoho výrobce, ale také rozšíření uvažovaných výrobců, jejichž přístroje jsou v současné době na trhu k dispozici. Tito výrobci, respektive přístroje těchto výrobců, by mohli výsledky MCDA ovlivnit a to včetně výsledné varianty, která bude vzhledem k výsledkům MCDA vybrána jako nejlepší z uvažovaných.

Poslední možností rozšíření práce je připojení dalších expertních skupin, jejichž výsledky by bylo možné mezi sebou porovnávat. Členové expertních skupin uvažované v rámci této práce jsou NLZP operátoři, kteří získávají patientská data, a lékaři, kteří z těchto dat určují pacientovu diagnózu. Novou expertní skupinou, kterou lze v dalším rozšíření práce uvažovat, jsou výrobci a distributoři vybraných přístrojů, jejichž názor na nejen své ale i konkurenční přístroje by mohl být zajímavý i sám o sobě. V porovnání s názory zbývajících, v této práci již uvažovaných, expertních skupin by mohl ukázat na parametry přístrojů, které jsou důležité pro všechny expertní skupiny a tím pomoci dalšímu směřování vývoje v oblasti těchto diagnostických přístrojů.

Výsledky této práce uvažují názor expertních skupin vyjadřující konsensus členů těchto skupin. Na těchto názorech bylo pomocí metod hodnotového inženýrství a metod multikriteriálního hodnocení, zjištěno která z uvažovaných variant přístrojů OCT je členy obou skupin uvažovaných v této práci jako nejlepší. Tento výsledek je ovšem pouhým prvním krokem pro další postup, protože multikriteriální hodnocení je nástrojem, který pomáhá při rozhodování o výběru nejlepší z navrhovaných variant. Výsledek MCDA tak může být návodem jakou z variant vybrat, ale není dané, že varianta hodnocená jako nejlepší bude také v konečném důsledku také pořízena.

Rozhodnutí o pořízení konkrétní varianty závisí na tzv. Decision Makeru (DM), kterým může být jedinec (obchodní ředitel, oblastní manažer apod.), ale i skupina (představenstvo podniku, dozorčí rada apod.), podle toho v jakém konkrétním případě se MCDA používá.

DM musí kromě výsledku MCDA brát v potaz i další stránky výběru nejvhodnější varianty, které v této práci nejsou uvažovány. Jedná se především o ekonomickou stránku věci, kdy v rámci této práce není nijak zohledněna cena přístrojů a jejich doplňků (SW, prohlížečící stanice, spotřební materiál apod.). Finanční analýza je zřejmě nejdůležitějším z parametrů při konečném výběru z pohledu praxe. Často se řeší nedostačující a omezený rozpočet pro pořízení nového vybavení a proto se může stát to, že pracoviště pořídí přístroj, který se sice neumístil jako nejlepší varianta z nabízených, ale je to nejlepší varianta, kterou si může dané pracoviště s ohledem na rozpočet pořídít.

Kromě toho je potřeba přihlédnout k dalším podstatným věcem, které konečný výběr přístroje mohou ovlivnit. Může se jednat například o to, zda a jaké zdravotnické přístroje od stejného výrobce se již na pracovišti nachází, kdy může dojít v rámci těchto přístrojů k možnému sdílení dat a tak ke zpřehlednění práce s těmito přístroji a patientskými daty, které jsou na nich uloženy. Další z těchto pohledů, které mohou ovlivnit konečný výběr, jsou například i osobní předsudky DM pro výběr přístroje, případně i manažersky politické ovlivnění konečného výběru, které se i přes snahu o jeho odstranění z praxe může projevit.

Z výše popsaných důvodů je zřejmé, že výsledky MCDA obecně stejně jako výsledky této práce nelze brát jako konečné rozhodnutí, ale je s nimi potřeba nadále pracovat.

8. Závěr

Cílem této práce bylo porovnání diagnostických oftalmologických přístrojů optické koherentní tomografie, známých pod zkratkou OCT a to za použití metod hodnotového inženýrství a multikriteriálního rozhodování pohledem dvou vybraných expertních skupin s následným porovnáním výsledků od obou skupin.

Expertní skupiny byly vybrány tak, aby zastupovaly odlišný pohled na uvažované přístroje s přihlédnutím na rozšiřující se trend, kdy se na oftalmologických klinikách soukromých, i těch ve státním zdravotnickém zařízení, oddělují činnosti získávání diagnostických dat pacienta a samotný proces diagnózy pacienta na základě těchto dat.

První uvažovaná expertní skupina tak reprezentovala Lékaře, kteří diagnostikují pacienta z naměřených dat, ale sami tato data nezískávají přímým měřením pacienta. Tato skupina se skládala z lékařů specialistů v oftalmologii z Oftalmologické kliniky FNKV a z Oční kliniky VFN a 1. LF UK.

Druhá expertní skupina, o jejíž názor se výsledky této práce opírají, se skládá z NLZP operátorů. Tedy těch, kteří získávají diagnostická data přímým měřením pacienta a sami přitom nemají lékařské vzdělání. Členové této expertní skupiny byli vybráni z řad sester a biomedicínských techniků a inženýrů z Oftalmologické kliniky FNKV, Oční kliniky VFN a 1. LF UK a Oční kliniky FNO.

Na základě konsensu členů obou skupin byla vybrána kritéria, ve kterých se jednotlivé uvažované varianty přístrojů porovnávaly. Těmto variantám byly přiděleny váhy, které byly získány pomocí metod hodnotového inženýrství na základě vyjádření expertních skupin o důležitosti konkrétního kritéria. Pro výpočet vah kritérií byla použita Bodovací metoda (BM), Fullerova metoda (FM) a Saatyho matice (SM).

Kritériální váhy, které byly těmito metodami získány, následně posloužily jako základ pro výpočty metod multikriteriálního rozhodování (MCDA). Metody MCDA byly v práci použity na každou metodu hodnotového inženýrství tři. Konkrétně se jednalo o metody Metoda váženého součtu (WSA), Analýza shody a neshody (CDA) a metoda TOPSIS, která uvažuje ideální variantu a z uvažovaných variant vybírá tu, která je té ideální nejbližší.

Z výše popsaného postupu je zřejmé, že pro každou z expertních skupin bylo získáno devět variant hodnocených přístrojů, které byly v dané metodě MCDA za použití dané metody hodnotového inženýrství hodnoceny jako nejlepší varianta ze všech uvažovaných. Celkově se jednalo tedy o osmnáct výsledků multikriteriálního hodnocení.

Překvapivým výsledkem této práce je fakt, že ve všech osmnácti konečných výsledcích MCDA se jako nejlepší uvažovaná varianta umístil přístroj OCT Spectralis od firmy Heidelberg Engineering, který se tak ve všech případech umístil lépe než jeho přímý konkurent na současném trhu Cirrus™ 5000 firmy Carl Zeiss Meditec. Zbývající uvažované přístroje, tedy Cirrus™ 4000 firmy Carl Zeiss Meditec a iVue 100 firmy Optovue, Inc., byly ve všech případech hodnoceny jako třetí, respektive čtvrtá nejlepší varianta, čímž se potvrdily hypotézy o těchto přístrojích vyřčené v kapitole 4. Cíl práce.

Získané výsledky MCDA byly následně diskutovány se záměrem objasnit důvody, které mohly mít vliv na to, že byl ve všech výsledcích přístroj Spectralis uvažován jako nejlepší z nabízených variant. Na tomto se kromě dalších mohlo významně podílet nejen složení expertních skupin, které nebyly multioborové, ale také vysoká homogenita hodnocení přístrojů v jednotlivých kritériích.

Závěry této práce mohou posloužit pro další výzkum této problematiky, který by se měl vyvíjet rozšiřováním expertních skupin tak, aby jejich složení pokrývalo i další demografické oblasti. Dalším možným rozšířením této práce by mohlo být vytvoření portfolia uvažovaných variant přístrojů o další výrobky a výrobce nebo vytvoření další expertní skupiny, kterou by tvořily výrobci a dodavatelé přístrojů, jejichž pohled na problematiku výběru nejlepší varianty OCT přístroje by se mohl ukázat jako velmi zajímavý pro další výzkum.

9. Reference

- [1.] JOSÉ FIGUEIRA, Salvatore GRECO a Matthias EHRGOTT. *Multiple criteria decision analysis state of the art surveys*. New York: Springer, 2005. ISBN 9780387230818.
- [2.] BOOTHROYD, Peter a Xuân Nam PHẠM. *Socioeconomic renovation in Viet Nam: the origin, evolution, and impact of doi moi*. Singapore: Institute of Southeast Asian Studies, 2000. Dostupné z: [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1099-1360\(199609\)5:3%3C167::AID-MCDA126%3E3.0.CO;2-K/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1099-1360(199609)5:3%3C167::AID-MCDA126%3E3.0.CO;2-K/full)
- [3.] THOKALA, Praveen, Alejandra DUENAS, Gerd HOLMSTRÖM, Direk PATIKULSILA, Voraporn CHAIKITMONGKOL a Wim GOETTSCHE. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Technology Assessment: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Value in Health*. 2012, **15**(8), 1172-1181. DOI: 10.1016/j.jval.2012.06.015. ISSN 10983015. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1098301512016555>
- [4.] Short MCDM History. *International Society on MCDM* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.mcdmsociety.org/content/short-mcdm-history-0>
- [5.] About the Section on Multiple Criteria Decision Making. *INFORMS Section on Multiple Criteria Decision Making* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://connect.informs.org/multiple-criteria-decision-making/about-us/about-mcdm>
- [6.] THOKALA, Praveen, Nancy DEVLIN, Kevin MARSH, et al. Multiple Criteria Decision Analysis for Health Care Decision Making—An Introduction: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Value in Health*. 2016, **19**(1), 1-13. DOI: 10.1016/j.jval.2015.12.003. ISSN 10983015. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1098301515051359>

- [7.] MAKADY, Amr, Renske ten HAM, Anthonius DE BOER, Hans HILLEGE, Olaf KLUNGEL a Wim GOETTSCHE. Policies for Use of Real-World Data in Health Technology Assessment (HTA): A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Value in Health*. 2017, **20**(4), 520-532. DOI: 10.1016/j.jval.2016.12.003. ISSN 10983015. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1098301516341912>
- [8.] O projektu. *IHETA a Fond partnerství Programu švýcarsko-české spolupráce* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://hta.iheta.org/o-projektu>
- [9.] HTA proces v ČR. *IHETA a Fond partnerství Programu švýcarsko-české spolupráce* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://hta.iheta.org/hta-proces-v-cr>
- [10.] Mission of the Society. *International Society on MCDM* [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.mcdmsociety.org/content/mission-society>
- [11.] EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding. *EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcdai/index.php/about-us>
- [12.] FRENCH, Simon, Renske ten HAM, Anthonius DE BOER, Hans HILLEGE, Olaf KLUNGEL a Wim GOETTSCHE. Editorial: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 1992, **1**(1), 1-2. DOI: 10.1002/mcda.4020010102. ISSN 10579214. Dostupné také z: <http://doi.wiley.com/10.1002/mcda.4020010102>
- [13.] Multi-Criteria Decision Analysis. *Natural Resources Leadership Institute* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://projects.ncsu.edu/nrli/decision-making/MCDA.php>

- [14.] CHOOVUTHAYAKORN, Janejit, Taksorn LAOWONG, Nawat WATANACHAI, Direk PATIKULSILA, Voraporn CHAIKITMONGKOL a Wim GOETTSCHE. Spectral-domain optical coherence tomography of macula in myopia: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *International Ophthalmology*. 2016, **36**(3), 319-325. DOI: 10.1007/s10792-015-0119-x. ISSN 0165-5701. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s10792-015-0119-x>
- [15.] NAVRÁTIL, Leoš a Jozef ROSINA. *Medicínská biofyzika*. Praha: Grada, 2005. ISBN isbn80-247-1152-4.
- [16.] KARDONG, Kenneth V. *Vertebrates: comparative anatomy, function, evolution*. 3rd ed. Boston: McGraw-Hill, 2002. ISBN 978-0072909562.
- [17.] THOMAS, D, G DUGUID, Gerd HOLMSTRÖM, Direk PATIKULSILA, Voraporn CHAIKITMONGKOL a Wim GOETTSCHE. Optical coherence tomography—a review of the principles and contemporary uses in retinal investigation: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Eye*. 2004, **18**(6), 561-570. DOI: 10.1038/sj.eye.6700729. ISSN 0950-222x. Dostupné také z: <http://www.nature.com/articles/6700729>
- [18.] Cone-rod dystrophy. *Genetics Home Reference* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://ghr.nlm.nih.gov/condition/cone-rod-dystrophy>
- [19.] ÅKERBLOM, Hanna, Sten ANDREASSON, Gerd HOLMSTRÖM, Direk PATIKULSILA, Voraporn CHAIKITMONGKOL a Wim GOETTSCHE. Macular function in preterm children at school age: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Documenta Ophthalmologica*. 2016, **133**(3), 151-157. DOI: 10.1007/s10633-016-9564-8. ISSN 0012-4486. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s10633-016-9564-8>
- [20.] Optical Coherence Tomography. *Health Partners Optical* [online]. [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <https://www.healthpartners.com.au/optical/products/eye-examinations/optical-coherence-tomography>

- [21.] HUANG, D, E. SWANSON, C. LIN, et al. Optical coherence tomography: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Science*. 1991, **254**(5035), 1178-1181. DOI: 10.1126/science.1957169. ISSN 0036-8075. Dostupné také z: <http://www.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/science.1957169>
- [22.] SCHUMAN, Joel S., Sten ANDREASSON, Gerd HOLMSTRÖM, Direk PATIKULSILA, Voraporn CHAIKITMONGKOL a Wim GOETTSCHE. Quantification of Nerve Fiber Layer Thickness in Normal and Glaucomatous Eyes Using Optical Coherence Tomography: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Archives of Ophthalmology*. 1995, **113**(5), 586-. DOI: 10.1001/archophth.1995.01100050054031. ISSN 0003-9950. Dostupné také z: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/archophth.1995.01100050054031>
- [23.] LEITGEB, R., C. HITZENBERGER, Adolf FERCHER, et al. Performance of fourier domain vs time domain optical coherence tomography: History, Current Status, and Laboratory Work. *Optics Express*. 2003, **11**(8), 889-. DOI: 10.1364/OE.11.000889. ISSN 1094-4087. Dostupné také z: <https://www.osapublishing.org/oe/abstract.cfm?uri=oe-11-8-889>
- [24.] GABRIELE, Michelle L., Gadi WOLLSTEIN, Hiroshi ISHIKAWA, et al. Optical Coherence Tomography: History, Current Status, and Laboratory Work. *Science*. 2011, **52**(5), 2425-. DOI: 10.1167/iovs.10-6312. ISSN 1552-5783. Dostupné také z: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?doi=10.1167/iovs.10-6312>
- [25.] WALTHER, Julia, Maria GAERTNER, Peter CIMALLA, et al. Optical coherence tomography in biomedical research: Report 1 of the ISPOR MCDA Emerging Good Practices Task Force. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2011, **400**(9), 2721-2743. DOI: 10.1007/s00216-011-5052-x. ISSN 1618-2642. Dostupné také z: <http://link.springer.com/10.1007/s00216-011-5052-x>
- [26.] KOLÁŘ, Petr. *Věkem podmíněná makulární degenerace*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2605-2.
- [27.] AREF, Ahmad A., Donald L. BUDENZ, Adolf FERCHER, et al. Spectral

Domain Optical Coherence Tomography in the Diagnosis and Management of Glaucoma: History, Current Status, and Laboratory Work. *Ophthalmic Surgery, Lasers, and Imaging*. 2010, **41**(6), S15-S27. DOI: 10.3928/15428877-20101031-01. ISSN 1542-8877. Dostupné také z: <http://www.slackinc.com/doi/resolver.asp?doi=10.3928/15428877-20101031-01>

[28.] SCHUMAN, Joel S. Spectral Domain Optical Coherence Tomography for Glaucoma (An AOS Thesis). *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 2008, **106**, 426-458. ISSN 0065-9533.

[29.] LUMBROSO, Bruno, David HUANG, Andre ROMANO, Marco RISPOLI a Gabriel COSCAS. *Clinical OCT Angiography Atlas*. Jp Medical, 2015. ISBN 9350902966.

[30.] FINGLER, Jeff, Carol READHEAD, Daniel M. SCHWARTZ, et al. Phase-Contrast OCT Imaging of Transverse Flows in the Mouse Retina and Choroid: an overview of the technology and an assessment of applications for clinical research. *British Journal of Ophthalmology*. 2008, **49**(11), 5055-. DOI: 10.1167/iovs.07-1627. ISSN 1552-5783. Dostupné také z: <http://iovs.arvojournals.org/article.aspx?doi=10.1167/iovs.07-1627>

[31.] KOUSTENIS, Andrew, Alon HARRIS, Josh GROSS, et al. Spectral Domain Optical Coherence Tomography in the Diagnosis and Management of Glaucoma: History, Current Status, and Laboratory Work. *British Journal of Ophthalmology*. 2016, **101**(1), S15-S27. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2016-309389. ISSN 0007-1161. Dostupné také z: <http://www.slackinc.com/doi/resolver.asp?doi=10.3928/15428877-20101031-01>

[32.] SPAIDE, Richard F., James M. KLANCNIK, Michael J. COONEY, et al. Retinal Vascular Layers Imaged by Fluorescein Angiography and Optical

Coherence Tomography Angiography: an overview of the technology and an assessment of applications for clinical research. *JAMA Ophthalmology*. 2015, **133**(1), 45-. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2014.3616. ISSN 2168-6165. Dostupné také z: <http://archophth.jamanetwork.com/article.aspx?doi=10.1001/jamaophthalmol.2014.3616>

- [33.] HWANG, Ching-Lai a Kwangsun YOON. *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1981. ISBN 9783642483189.
- [34.] YOON, Kwangsun, Renske ten HAM, Anthonius DE BOER, Hans HILLEGE, Olaf KLUNGEL a Wim GOETTSCHE. A Reconciliation Among Discrete Compromise Solutions: A Comparative Study of Six HTA Agencies. *Journal of the Operational Research Society*. 1987, **38**(3), 277-286. DOI: 10.1057/jors.1987.44. ISSN 0160-5682. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1098301516341912>
- [35.] ASSARI, Ali, T. M. MAHESHAND a Erfan ASSARI. Role of public participation in sustainability of historical city: usage of TOPSIS method. *Indian Journal of Science and Technology*. 2012, **5**(04), 2289-2294. ISSN 0974-5645.

10. Seznam obrázků

[Obrázek 1.]: Proces HTA v ČR, uplatňovaný při uvedení nového léčiva na trh. [9.]	17
[Obrázek 2.] Anatomická stavba oka se zvýrazněnou makulou [15.]	20
[Obrázek 3.] Schématické zobrazení stavby fotoreceptorů oka [18.]	21
[Obrázek 4.]: OCT sken zdravé makuly s popisem jednotlivých vrstev sítnice [20.]	22
[Obrázek 5.]: Schématické znázornění principu interferometru.[20.].....	22
[Obrázek 6.]: Porovnání principu TD-OCT a SD-OCT.[23.11].....	23
[Obrázek 7.]: Vyšetření OCT – makula a její okolí zobrazené v 3D modelu na přístroji OCT Spectralis (HEIDELBERG ENGINEERING).....	24
[Obrázek 8.]: Fotka makuly zdravého oka (foto autor).....	25
[Obrázek 9.]: Sken makuly zdravého oka – samostatný sken a makulární kostka (OCT Spectralis, autor).....	26
[Obrázek 10.]: Sken makuly s patologií – DME a IMD (OCT Spectralis, autor).	26
[Obrázek 11.]: Fotka optického disku zdravého oka (foto autor).....	27
[Obrázek 12.]: Sken optického disku zdravého oka – ONH (OCT Spectralis, autor).	28
[Obrázek 13.]: Sken optického disku zdravého oka – RNFL (OCT Spectralis, autor).....	28
[Obrázek 14.]: OCT-A – makula a papila zdravého oka, složený snímek (OCT Spectralis, autor).....	29
[Obrázek 15.]: OCT Cirrus™ 4000 firmy Carl Zeiss Meditec (foto autor).....	31
[Obrázek 16.]: OCT Cirrus™ 5000 firmy Carl Zeiss Meditec (foto Carl Zeiss Meditec)....	31
[Obrázek 17.]: OCT Spectralis od firmy Heidelberg Engineering (foto autor).....	32

11. Seznam tabulek

[Tabulka 1.]: Stručný popis některých metod MCDA včetně zhodnocení pro použití v rámci DP. [1.], [3.], [4.], [5.].....	14
[Tabulka 2.]: Výsledná tabulka MCDA z použitého příkladu [13.].....	19
[Tabulka 3.] Univerzální tabulka hodnot splnění významu funkce.....	36
[Tabulka 4.] Stanovení vzájemné důležitosti kritérií v páru.....	38
[Tabulka 5.] Saatyho matice v obecném tvaru.....	39
[Tabulka 6.] Hodnocená kritéria, jejich bodované pořadí a hodnocení variant přístrojů v těchto kritériích pro expertní skupinu Lékaři.....	44
[Tabulka 7.] Výsledky hodnotového inženýrství pro expertní skupinu Lékaři.....	44
[Tabulka 8.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě WSA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři....	45
[Tabulka 9.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě CDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři....	45
[Tabulka 10.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě TOPSIS s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – Lékaři....	45
[Tabulka 11.] Hodnocená kritéria, jejich bodované pořadí a hodnocení variant přístrojů v těchto kritériích pro expertní skupinu NLZP.....	46
[Tabulka 12.] Výsledky hodnotového inženýrství pro expertní skupinu NLZP.....	46
[Tabulka 13.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě WSA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.....	47
[Tabulka 14.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě CDA s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.....	47
[Tabulka 15.] Výsledky jednotlivých přístrojů v metodě TOPSIS s přihlédnutím na použitou metodu hodnotového inženýrství pro expertní skupinu – NLZP.....	47