

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta biomedicínského inženýrství

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Květen 2016

Bc. Eliška Királyová



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

Název diplomové práce:

**Modelové řešení výběru PET/CT v klinice
zobrazovacích metod fakultní nemocnice**

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika

Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví

Autor diplomové práce: Bc. Eliška Királyová

Vedoucí diplomové práce: Ing. Gleb Donin

Kladno 2016

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2015/2016

Zadání diplomové práce

Student: **Eliška Királyová**
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví
Téma: **Modelové řešení výběru PET/CT v klinice zobrazovacích metod fakultní nemocnice**
Téma anglicky: .

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je vytvořit doporučení při výběru PET/CT přístroje pro kliniku zobrazovacích metod fakultní nemocnice. Vyberte reprezentativní skupinu expertů. Stanovte vhodné parametry pro výběr PET/CT přístrojů a přiřďte jim váhy na základě doporučení expertů. Zhodnotíte současnou situaci na českém trhu zdravotnické techniky ve vybrané oblasti. Na základě využití metody AHP stanovíte pořadí alternativ. Ze získaných poznatků vytvoříte doporučení pro racionální výběr předmětného vybavení v zařízení vybraného druhu.

Seznam odborné literatury:

[1] Joseph Dyro, Clinical Engineering Handbook, ed. 1, Academic Press, 2004, ISBN 978-0122265709

Vedoucí: Ing. Gleb Donin
Konzultant: Ing. Jakub Vacek

Zadání platné do: 20.08.2017

.....
vedoucí katedry / pracoviště

.....
děkan

V Kladně dne 29.01.2016

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Modelové řešení výběru PET/CT v klinice zobrazovacích metod fakultní nemocnice“ vypracovala samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Kladně 19. 5. 2016

.....

Bc. Eliška Királyová

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych touto cestou poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Glebu Doninovi za odborné vedení, věcné připomínky a lidský přístup při tvorbě. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Jakubu Vackovi, konzultantovi této práce, za jeho cenné rady a poznámky, a také za čas, který mi věnoval na osobních konzultacích. Zvláštní poděkování věnuji své rodině a přátelům, za jejich pochopení a podporu, která mne provázela celým mým studiem.

Název diplomové práce:

Modelové řešení výběru PET/CT v klinice zobrazovacích metod fakultní nemocnice

Abstrakt:

Diplomová práce se zabývá řešením racionálního výběru zdravotnické techniky. Cílem práce je vypracovat modelové řešení výběru PET/CT přístroje do konkrétního druhu zdravotnického zařízení nukleární medicíny pomocí metody AHP. V rámci práce byla provedena analýza současného stavu pořízení zdravotnické techniky a vhodné využití metody AHP pro naplnění cílů diplomové práce. Z potenciálních odborníků byla stanovena expertní skupina s nejvyšší kompetentností, která se dále podílela na hodnocení a stanovení klíčových charakteristik při výběru přístroje PET/CT. Z analýzy literatury, porovnáním technických parametrů dostupných veřejných zakázek a preferencí odborníků z expertní skupiny byl vypracován postup výběru kritérií a sestaven seznam klíčových charakteristik. Byly stanoveny přípustné varianty přístroje, které byly následně zařazeny do hodnocení odborníky pomocí webové aplikace. Vícekriteriálním hodnocením variant byl vybrán nejvhodnější PET/CT přístroj. Postup a zpracování výběru zdravotnické techniky na příkladu výběru PET/CT přístroje může sloužit jako model při nákupu ostatních zdravotnických prostředků.

Klíčová slova:

PET/CT přístroj, AHP, výběr zdravotnického přístroje

Master's Thesis title:

Model Solution for Selection of PET/CT in the Department of Medical Imaging in University Hospital

Abstract:

The diploma thesis deals with a solution of rational selection of medical equipment. Aim of the work is to find a model solution of PET/CT device choice for a particular medical institution of nuclear medicine by means of AHP method. An analysis of present state of medical devices acquisition and suitable AHP method utilization were carried out for fulfilling the Diploma work goals. A group of experts with the highest competence, chosen from the potential professionals, participated in evaluation and setting the key features of PET/CT device choice. A plan of criteria selection was worked out and a list of key features assembled on the basis of literature analysis, comparing technical parameters of available public commissions and the expert group preferences. Acceptable device variations were given and placed under expert evaluation by means of web application afterwards. The optimal PET/CT device for every variation was chosen by multi – criteria selection. The procedure and treatment of this example PET/CT device selection can serve as a model for purchase of other medical devices.

Key words:

PET/CT device, AHP, selection of medical device

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	7
Úvod	8
1 Současný stav problematiky	9
1.1 Přehled současného stavu	9
1.1.1 Legislativa týkající se nákupu zdravotnické techniky v ČR	9
1.1.2 Výběr zdravotnických prostředků metodou AHP	11
1.1.3 Hybridní systém PET/CT	16
1.1.4 Shrnutí	21
1.2 Cíle práce	22
2 Metody a postup práce	23
2.1 Výběr expertní skupiny	23
2.1.1 Požadavky pro skladbu skupiny	23
2.1.2 Počet odborníků v týmu	24
2.1.3 Vhodná metoda výběru expertů	24
2.2 Průběh hodnocení	25
2.3 Postup stanovení souboru kritérií	28
2.4 Stanovení variant	30
2.5 Metoda AHP – analytický hierarchický proces	31
2.5.1 Fáze rozhodování pomocí metody AHP	31
2.5.2 Analýza citlivosti modelu	32
2.5.3 Shluková analýza	32
2.6 Postup získávání a zpracování dat	34
3 Výsledky	36
3.1 Výběr expertní skupiny	36
3.2 Postup stanovení souboru kritérií	36
3.3 Stanovení alternativ	40
3.4 Hodnocení PET/CT přístrojů	41
3.4.1 Hodnocení charakteristik a variant	41
3.4.2 Výpočet indexu konzistence	42
3.4.3 Zpracování shlukové analýzy	42
3.5 Zpracování dat	43
3.5.1 Stanovení vah kritériím	43

3.5.2	Dílčí hodnocení variant.....	50
3.5.3	Citlivostní analýza výsledků na změnu	55
3.5.4	Shluková analýza	57
4	Diskuze	59
5	Závěr	61
	Seznam použité literatury	63
	Seznam obrázků.....	67
	Seznam tabulek.....	68
	Seznam grafů	69
	Seznam příloh	70

Seznam symbolů a zkratek

AHP	Analytický hierarchický proces, Analytic Hierarchy Process
CAWI	Internetové dotazování, Computer Assisted Web Interviewing
CT	Výpočetní tomografie, Computed Tomography
EKG	Elektrokardiografie
EU	Evropská unie
IPVZ	Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví
keV	kiloelektronvolt
kV	kilovolt
LF UK	Lékařská fakulta Univerzity Karlovy
LSO	lutecium orthosilikát, lutetium oxyorthosilicate
MRI	Magnetická rezonance, magnetic resonance imaging
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj, Organization for Economic Cooperation and Development
PET	Pozitronová emisní tomografie, Positron Emission Tomography
PSF	Rozptylová funkce, point spread function
RTG	rentgenové záření
TOF	Metoda měření doby letu světla, Time of flight
WHA	Světové zdravotnické shromáždění, World Health Assembly
WHO	Světová zdravotnická organizace, World Health Organization

Úvod

Stále rostoucí náklady na zdravotnictví a omezené zdroje vedou k nutnosti posuzování účinnosti a vhodnosti vynaložených výdajů na zdravotnické prostředky a poskytovanou péči [1]. Na problematiku nevhodných investic do zdravotnických technologií se zaměřila i Světová zdravotnická organizace (World Health Organization, WHO). Tato organizace vydala usnesení s doporučením formulovat strategie a plány pro zavedení systémů pro posouzení, plánování, nákup a řízení zdravotnických prostředků [2]. Není možné stanovit jeden obecný model pro všechny zdravotnické prostředky, proto je tato práce zaměřena pouze na výběr PET/CT přístrojů.

Zobrazovací metoda PET/CT patří mezi nejmodernější způsoby zobrazení. Dostupné studie svědčí pro neobyčejný potenciál této modality, která jednoznačně snižuje náklady a zjednodušuje pro pacienty mnohdy náročný a zdlouhavý diagnosticko – terapeutický proces. V České republice jsou tyto přístroje v devíti PET centrech, které jsou nerovnoměrně rozmístěné. Pacienti proto musí na daná vyšetření dlouho čekat nebo dojíždět do vzdálených míst. Některé přístroje už jsou zastaralé a v brzké době bude potřeba jejich výměna a nákup dalších skenerů, což představuje vysoké investice pro zdravotnická zařízení.

Cílem diplomové práce je vypracovat modelové řešení výběru PET/CT přístroje do konkrétního druhu zdravotnického zařízení nukleární medicíny pomocí metody AHP.

Pro dosažení cíle práce bude vybrána expertní skupina, která se bude dále podílet na stanovení souboru klíčových charakteristik a hodnocení jednotlivých variant přístrojů. Poté bude vypracován postup pro výběr souboru kritérií u PET/CT, který je možné dále aplikovat i na ostatní zdravotnickou techniku. Proběhne zhodnocení situace nabídky PET/CT přístrojů na trhu, ze kterých bude vybrán redukovaný soubor variant vhodných pro kliniku zobrazovacích metod fakultní nemocnice. Na základě využití metody AHP bude stanoveno pořadí variant PET/CT přístrojů. Závěrem bude provedena citlivostní analýza výsledků na změnu a shluková analýza, která uspořádá jednotlivé přístroje do klastrů. Výsledkem práce bude popsán postup naplnění cíle diplomové práce a prezentovány výsledky provedené expertní analýzy.

1 Současný stav problematiky

Obsahem této kapitoly je přehled současného stavu řešení problematiky procesu pořizování zdravotnické techniky v porovnání se zahraničními zdroji. Pomocí počítačové analýzy byl zhodnocen způsob stanovení expertní skupiny a souboru kritérií a definovány využití možnosti a metody pro výběr nejvhodnější varianty přístroje. Na základě prostudování dostupné zahraniční i domácí literatury byla zanalyzována vhodnost využití metody AHP pro naplnění cílů diplomové práce.

1.1 Přehled současného stavu

V květnu 2007 bylo Světovým zdravotnickým shromážděním, které je jedním z výkonných orgánů WHO, vydáno usnesení WHA 60.29., které se týká nevhodných investic do zdravotnických prostředků. Ve druhém bodě dokumentu WHO žádá členské státy, aby formulovaly strategie a plány pro zavedení systémů pro posouzení, plánování, zadávání veřejných zakázek a řízení zdravotnických prostředků ve spolupráci s pracovníky zapojenými do hodnocení zdravotnických technologií a biomedicínským inženýrstvím [2].

V září 2010 proběhlo První WHO globální fórum o lékařských prostředcích. Účastníci ze 106 zemí se zaměřili na návrhy budoucích akcí pro dosažení globálního přístupu ke zdravotnickým prostředkům, a to prostřednictvím dokonalejších právních předpisů, posuzování a řídicích procesů [2].

V listopadu 2013 se celkem 572 účastníků ze 103 zemí sešli v Ženevě ve Švýcarsku na Druhém WHO globálním fóru o zdravotnických prostředcích. Jedním z klíčových cílů fóra bylo předložit výsledky provádění rezoluce Světového zdravotnického shromáždění v oblasti zdravotnických technologií (WHA60.29) a stav akcí vyplývajících z Prvního globálního fóra o zdravotnických prostředcích [3].

1.1.1 Legislativa týkající se nákupu zdravotnické techniky v ČR

Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách

Zdravotnická technika a její nákup je v současnosti velice aktuálním a medializovaným tématem. Výběr a nákup většiny zdravotnických prostředků probíhá formou veřejných zakázek a podléhá zákonu č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách, který by měl zamezit plýtvání finančních prostředků a korupčnímu chování.

Proces zadávání veřejné zakázky začíná vyhotovením zadávací dokumentace společně s technickými požadavky na předmět a kvalifikačními požadavky na dodavatele. V souladu s ustanovením § 6 Zákona je zadavatel povinen dodržovat zásady transparentnosti, rovného zacházení a zákazu diskriminace. V § 13 Zákona je definována předpokládaná hodnota veřejné zakázky, kterou je zadavatel povinen stanovit pro účely postupu v zadávacím řízení před jeho zahájením. Předpokládanou hodnotu stanoví zadavatel v souladu s pravidly stanovenými v tomto zákoně a na základě údajů a informací o zakázkách stejného či podobného předmětu plnění. Poté započne zadávací řízení a po uplynutí stanovené lhůty pro podání nabídek dojde k otevírání obálek. Otevírání obálek s nabídkami probíhá podle § 71 Zákona. Pro posouzení a hodnocení nabídek ustanoví

veřejný zadavatel dle § 74 Zákona hodnotící komisi. Tato komise musí mít alespoň 5 členů. Je-li to odůvodněno předmětem veřejné zakázky, musí mít hodnotící komise nejméně jednu třetinu členů s příslušnou odborností ve vztahu k předmětu veřejné zakázky. Konkrétní složení hodnotící komise není v Zákoně stanoveno. Posouzení a hodnocení nabídek hodnotící komisí probíhá podle stanovených hodnotících kritérií. V § 78 Zákona jsou uvedena základní hodnotící kritéria pro zadání veřejné zakázky – ekonomická výhodnost nabídky nebo nejnižší nabídková cena. Pokud je základním hodnotícím kritériem ekonomická výhodnost nabídky, musí zadavatel jednotlivým dílčím hodnotícím kritériím stanovit váhu, kterou vyjádří v procentech, nebo stanoví jiný matematický vztah mezi dílčími kritérii. Na základě výběru nejvhodnější nabídky dojde k uzavření smlouvy s vybraným uchazečem [4].

Komise pro posuzování rozmístění přístrojových zdravotnických prostředků a centralizace nákupů

Jako opatření ke zvýšení efektivity a transparentnosti pořizování nákladné zdravotnické techniky byla obnovena v dubnu 2014 Komise pro posuzování rozmístění přístrojových zdravotnických prostředků a centralizace nákupů. Tento útvar vznikl na základě Memoranda ministerstva zdravotnictví, Všeobecné zdravotní pojišťovny a Svazu zdravotních pojišťoven. Úkolem komise je posoudit účelnost a potřebnost pořízení zdravotnické techniky [5].

Protikorupční strategie Ministerstva zdravotnictví

Příkazem ministra zdravotnictví dne 25. 1. 2013 nabyla účinnosti Protikorupční strategie Ministerstva zdravotnictví pro přímo řízené organizace, která ruší dříve vydaný příkaz z roku 2012. Tato strategie stanoví upřesňující pravidla a postupy, která jsou v souladu se zněním zákona o veřejných zakázkách, k zajištění zásad transparentnosti, rovného zacházení, nediskriminace, efektivity, hospodárnosti a účelnosti při vynakládání veřejných prostředků a eliminaci možné korupce. V odstavci 5 je uvedeno: „*V případě, že je možno přesně a jednoznačně stanovit technické parametry předmětu plnění veřejné zakázky, smluvní podmínky (sankce, servis, dodací lhůty, atd.), bude primárně jediným hodnotícím kritériem cena. V opodstatněných a řádně odůvodněných případech je možné použít k hodnocení kritérium ekonomické výhodnosti nabídky. Zadavatel musí před zahájením veřejné zakázky písemně zdůvodnit zvolená dílčí hodnotící kritéria, tato povinnost platí i v případě, pokud by toto Zákon a jeho prováděcí předpisy nevyžadovaly. Při využití hodnocení na základě ekonomické výhodnosti, musí mít dílčí kritérium nabídková cena váhu min. 70%*“ [6].

1.1.2 Výběr zdravotnických prostředků metodou AHP

Při pořizování zdravotnické techniky v České republice zatím není příliš obvyklé využití teoreticky podložených metod a převládá subjektivní stanovení hodnotících kritérií a následný výběr vhodné varianty. Vzhledem ke složitosti procesu výběru je třeba brát v úvahu více parametrů, nikoli se zaměřit pouze na jedno kritérium (např. cenu).

Literární rešerše byla zaměřena na vyhledávání článků s využitím metody AHP u zdravotnických prostředků a dále na příbuzné oblasti ve zdravotnictví. Přehled vybraných článků je uveden v tabulce 1.

Sloane a kol. se ve své případové studii zabýval výběrem 3 variant ventilátorů pro novorozence do nezávislé americké nemocnice pomocí metody AHP. Skupinu expertů tvořili 2 členi profesí klinický inženýr a lékař s více než dvacetiletou praxí v oboru. Hierarchická úroveň kritérií měla dvě úrovně – první úroveň obsahovala 4 kritéria, druhá úroveň 19 kritérií. Seznam kritérií byl stanoven z databáze ECRI a z webových stránek společnosti Amethyst Research LLC (www.ventworld.com). Jedná se o internetový nejkompaktnější zdroj věnovaný mechanickým ventilátorům. Závěrem studie autoři uvádí, že metoda AHP poskytuje strukturovaný způsob organizace a dokumentování rozhodovacího procesu a bere v úvahu mnoho kompromisů, které existují mezi alternativními možnostmi [7].

Cílem článku Ivleva a kol. bylo vytvořit metodickou oporu a poskytnout teoretické zdůvodnění pro podporu rozhodování při výběru zdravotnických prostředků, konkrétně použití metod u MRI systémů. K identifikaci preferencí expertů byla využita metoda AHP a metoda Delphi. Pro účely stanovení nejvhodnější alternativy bylo vybráno 13 MRI přístrojů od 9 výrobců. Seznam 14 klíčových kritérií pro výběr přístroje byl definován na základě dostupné literatury. Pomocí online dotazníku bylo osloveno 60 odborníků na 34 zdravotnických zařízeních. Návratnost dotazníku byla 31,7 % (19 potencionálních odborníků různých pracovních pozic). Pro vyhodnocení každý dostal svůj váhový faktor. Závěrem článku bylo předloženo metodické podpory a teoretického zdůvodnění pro výběr zdravotnické techniky. Vyvinutý algoritmus byl testován při výběru MRI přístroje pro krajské nemocnice [8].

Případová studie Pecchia a kol. popisuje aplikaci AHP při pořízení CT skeneru ve veřejné nemocnici v Itálii. Pomocí metody AHP bylo navrženo a hodnoceno 12 kritérií seskupených do 4 homogenních kategorií. Expertní skupinu tvořilo 5 odborníků z různých klinických oborů. Výsledkem studie je závěr, že metoda AHP rozvíjí analytický a srozumitelný rámec pro rozhodování. Metoda je doporučena pro zapojení do rozhodování o nákupu nové zdravotnické techniky při stanovení nejdůležitějších kritérií [9].

Práce Montevechi a kol. prezentuje metodu AHP jako vhodný metodologický nástroj pro výběr ultrazvukového přístroje v soukromé nemocnici v Brazílii. Stanovení kritérií bylo provedeno z databáze ECRI (2004). Počáteční soubor kritérií byl velice obsáhlý (115 položek). Následně došlo k zúžení výběru na 35 kritérií, které vytvořily hierarchický strom. Skupina expertů byla složena ze dvou lékařů dané nemocnice, odborníka na koordinaci procesu hodnocení a analytika, který je odpovědný za oddělení nákupu. Pro výběr nejvhodnější varianty bylo vybíráno ze 4 variant přístroje [10].

Hummel a kol. aplikoval metodu AHP při porovnání 3 variant krevních pump na základě technických, zdravotních a sociálních požadavků. Skupina expertů měla 9 členů různých profesí. Bylo stanoveno 15 kritérií ve 4 kategoriích. Závěrem autoři uvádí, že použití metody přispělo ke změně perspektivy hodnotitelů, snížení neshod a zajistilo spolehlivé hodnocení variant [11].

Článek autorů Wanki a kol. prezentuje využití dvojí metody AHP pro budoucí výzkum elektronických aplikací v Koreji. Bylo stanoveno 19 kritérií rozdělených do 3 skupin (systém a zařízení, síť, komponenty). Do průzkumu bylo vybráno 13 hlavních technologií. Pomocí skupinového rozhovoru s odborníky byla stanovena skupina se 107 členy, kteří pracovali ve svých oborech více než 5 let [12].

Studie Bahadori a kol. byla zaměřena na ovlivnění chování spotřebitelů při pořizování lékařských technologií. Pomocí dotazníku bylo vybráno 31 manažerů Teheránských nemocnic. Pro analýzu chování spotřebitelů byly stanoveny 4 hlavní skupiny kritérií, které byly dále dělené na 14 klíčových kritérií. Výsledky této studie ukázaly, že mezi nejdůležitější determinanty efektivního nákupního chování je kvalita na prvním místě [13].

Kitamura ve svém článku použila metodu AHP za účelem podpory rozhodování pacientek v léčbě gynekologických nádorů. Bylo stanoveno 5 kritérií. Z 31 potenciálních účastníků bylo vybráno 17 pacientek, které podstoupily operaci a adjuvantní chemoterapii. Metoda AHP byla provedena dotazníkovým šetřením. Pomocí výsledků byl navržen model pro stanovení priorit při léčbě gynekologických nádorů jako efektivní nástroj pro budování lepší komunikace mezi pacientkou a zdravotnickým personálem [14].

Cílem studie Asli a kol. je určit nejvhodnější metodu pro tvorbu hierarchického rozhodovacího stromu v léčbě karcinomu rekta. Na základě expertních posudků a dostupné literatury bylo stanoveno 56 kombinací léčby. Expertní skupina složená z pěti odborníků z oddělení všeobecné chirurgie zjistila, že rozhodovací proces se skládá ze dvou postupných kroků. Prvním krokem je rozhodnutí o požadovaném typu léčby. Na základě tohoto kroku je učiněno rozhodnutí o dalším způsobu léčby. Pro určení priorit proměnných používaných v rozhodovacím procesu byla zvolena metoda AHP. Závěrem studie byla vytvořena podpora rozhodování k určení nejvhodnější metody léčby rektálního karcinomu metodou AHP [15].

O využití metody AHP ve zdravotnictví provedl Liberatore literární rešerši. V jeho studii je zahrnuto celkem 50 článků, které byly vydány mezi lety 1988 a 2006. Články roztřídil a zařadil do jedné ze sedmi kategorií: výběr projektů a přístrojů, léčba, plánování lidských zdrojů, transplantace orgánů, hodnocení zdravotní péče a politiky, diagnostika, sdílení rozhodování lékaře s pacientem. Nejčastěji je metoda AHP používána při výběru projektů a přístrojů (14 článků z 50) a dále v oblasti sdílení rozhodování lékaře s pacientem (9 článků). Závěrem autor považuje metodu AHP za slibný nástroj při výběru projektů a přístrojů ve zdravotnictví a pro podporu společného rozhodování mezi lékařem a pacientem a očekává, že metoda AHP bude i nadále důležitou součástí péče o zdraví a lékařského výzkumu [16].

Pomocí uvedených článků a studií byl zhodnocen způsob výběru expertů, tvorba souboru kritérií a ověření vhodnosti využití metody AHP ke stanovení vah jednotlivých kritérií. Expertní skupina byla vybrána z odborníků v dané nemocnici, použitím dotazníkového šetření nebo způsob výběru není v článku uveden. Stanovení souboru kritérií, pokud je v článku uvedeno, bylo provedeno rešerší dostupné odborné literatury a z databáze ECRI Institut. Podle analýzy jsou patrné mezery ve výběru expertů i stanovení kritérií i přesto, že tyto dvě činnosti jsou stěžejní pro správné vyhodnocení pomocí metody AHP. Pokud jsou experti vybráni jen z jednoho zdravotnického zařízení, kde je prováděna studie, může dojít ke zkreslení závěrů.

Tabulka 1: Přehled článků a studií

Oblast aplikace	Autor	Rok	Zaměření	Počet expertů	Výběr expertní skupiny	Počet kritérií	Výběr kritérií
<i>Výběr přístrojů</i>	SLOANE a kol. [7]	2002	Výběr plicních ventilátorů pro novorozence	2	Klinický inženýr a lékař z dané nemocnice	4 hlavní kategorie 19 kritérií	databáze ECRI, webové stránky
	IVLEV a kol. [8]	2015	Výběr MRI skeneru	19	Dotazníkové šetření	14	Databáze ECRI, Rešerše literatury
	PECCHIA a kol. [9]	2013	Výběr CT přístroje	5	Není uvedeno	4 kategorie 12 kritérií	Není uvedeno
	MONTEVECHI a kol. [10]	2010	Výběr ultrasonografického přístroje	2	odborník na koordinaci procesu hodnocení a analytik z dané nemocnice	35	Databáze ECRI
	HUMMEL a kol. [11]	2000	Výběr krevních pump	9	Není uvedeno	4 hlavní kategorie 15 kritérií	Není uvedeno
	WANKI a kol. [12]	2010	Výběr elektronických aplikací	107	Skupinový rozhovor	3 hlavní kategorie 19 kritérií	Není uvedeno

Oblast aplikace	Autor	Rok	Zaměření	Počet expertů	Výběr expertní skupiny	Počet kritérií	Výběr kritérií
<i>Hodnocení zdravotní péče a politiky</i>	BAHADORI a kol. [13]	2012	ovlivnění chování spotřebitelů při pořizování lékařských technologií	31	Dotazníkové šetření (pouze manažeři)	4 hlavní kategorie 14 kritérií	Není uvedeno
	KITAMURA, Y. [14]	2010	podpora rozhodování pacientek v léčbě gynekologických nádorů	17	Není uvedeno	5	Není uvedeno
<i>Léčba</i>	ASLI a kol. [15]	2012	Výběr léčby u karcinomu rekta	5	Lékaři chirurgové z dané nemocnice	56	Expertní posudky, řešerše literatury

1.1.3 Hybridní systém PET/CT

Hybridní systém PET/CT spojuje vyšetření počítačovou tomografií (CT) s pozitronovou emisní tomografií (PET). Jedná se o nejmodernější zobrazovací diagnostickou metodu. Záměrem sdružení metod byla fúze funkční, anatomické a strukturální informace. Výsledkem vyšetření je tedy funkční informace o metabolismu vyšetřované tkáně a zároveň morfologicko - anatomický obraz. Další výhodou je zvýšení komfortu pro pacienta, který místo dvou a více návštěv zdravotnického zařízení přichází pouze jednou. PET/CT má nezastupitelnou roli především v onkologické diagnostice primárních nádorů i vzdálených metastáz a vyhledávání zánětlivých ložisek [17, 18].

Vývoj prvního zařízení byl zahájen v roce 1995 v Univerzitní nemocnici University of Pittsburgh Medical Center v USA. V roce 1998 bylo vyšetřeno prvních 300 pacientů s nádorovým onemocněním. Konstrukce přístroje byla sestavena jako jedna integrovaná sestava obou systémů, které společně rotovaly 30 otáček za minutu. Vyšetření trvalo přibližně 45 minut. Klinické výsledky z první studie povzbudily rozvoj dokonalejších PET/CT skenerů. V dalším návrhu přístroje došlo k nahrazení rotujícího PET prstence detektorů pevnými kruhy. Materiál krystalu detektoru byl vyměněn za LSO krystal. Aktivní délka (110 cm) obou systémů zůstala zachována. Hlavní prodejci se zaměřili při zdokonalování přístrojů především na počet detektorů, rychlost otáčení CT, materiál scintilačního krystalu u PET subsystému a zkrácení doby vyšetření [19, 20].

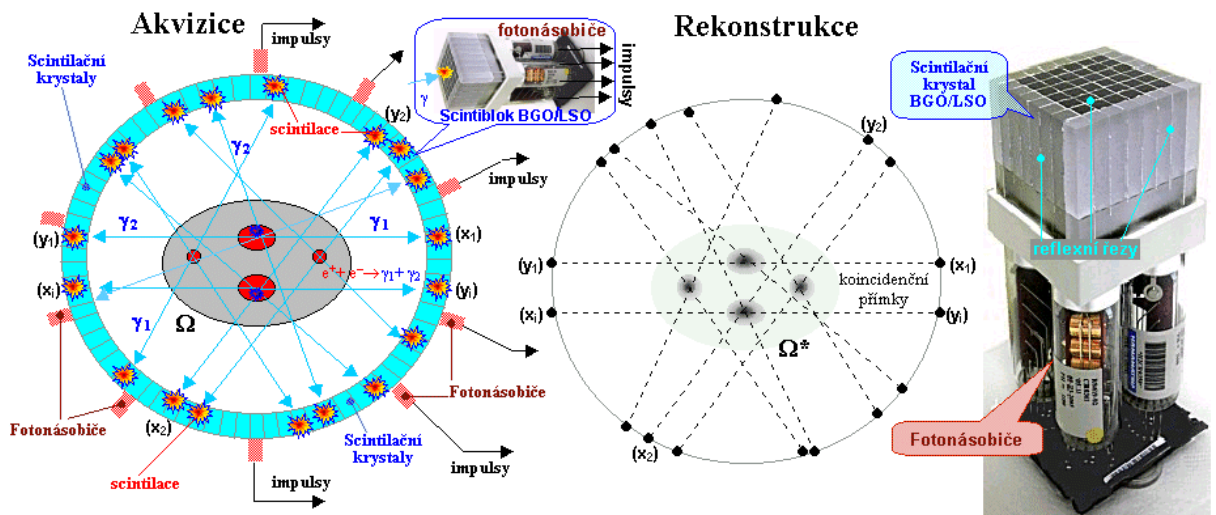
1.1.3.1 Základní princip pozitronové emisní tomografie

Pozitronová emisní tomografie je metoda scintigrafického zobrazení distribuce pozitronových radiofarmak obsahujících radionuklid s β^+ přeměnou. Pozitron (antičástice elektronu), který je emitován radionuklidem, v blízkosti místa emise anihiluje s elektronem. Následně vzniká dvojice fotonů anihilačního záření gama, které z místa anihilace odlétají v protilehlých směrech s energií 511 keV. Vzniklé fotony se pohybují po přímkových drahách rychlostí světla a koincidenční detekcí jsou registrované detektorem [21, 22].

Komponenty a parametry přístroje PET/CT

PET subsystém

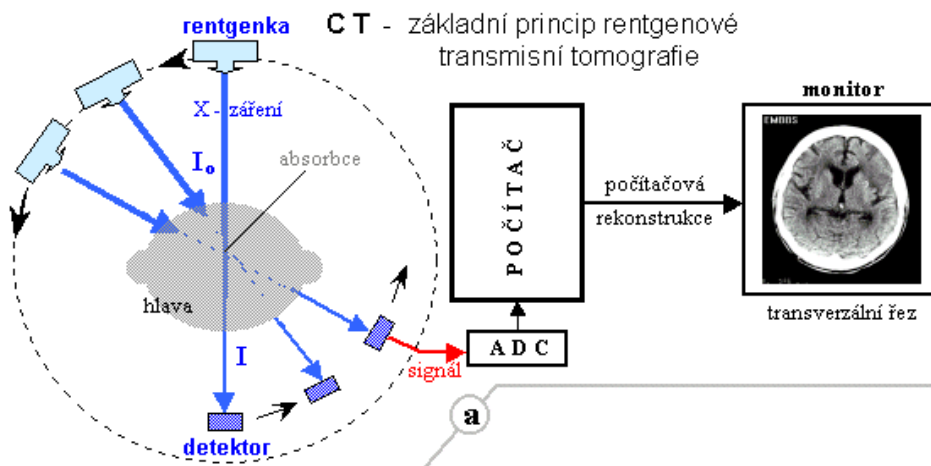
Detektor scintilační kamery PET má prstencové uspořádání segmentů velkého počtu malých scintilačních krystalů v optickém kontaktu s fotonásobiči. Materiály scintilačních krystalů mají vyšší denzitu pro dosažení vysoké detekční účinnosti a nižší tloušťku, aby se dosáhlo vysokého prostorového rozlišení. Pro snímání a elektronickou registraci světelných záblesků z detektorů jsou využívány fotonásobiče nebo polovodičové detektory. Jednotlivé detektory jsou rozmístěny po obvodu celé gantry [21, 22, 23].



Obrázek 1: PET subsystém [23]

CT subsystém

Zdrojem X – záření je rentgenka, z elektronického hlediska se jedná o diodu zapojenou v obvodu s vysokým napětím. Žhavená katoda emituje elektrony, které jsou přitahovány k anodě. Po dopadu jsou elektrony prudce zabrzděny a část jejich kinetické energie se přemění na tvrdé elektromagnetické X – záření. Na detektory dopadají fotony X – záření, které procházejí vyšetřovanou tkání a jsou přeměněny na elektrické signály pro další zpracování. Technická konstrukce přístrojů se neustále vylepšuje použitím většího počtu detektorů, které zajišťují snímání několika transversálních řezů současně, a dále zvyšováním rychlosti otáček rotoru gantry [22].



Obrázek 2: CT subsystém [22]

1.1.3.2 Rozložení PET, PET/CT přístrojů v ČR

Již v roce 2002 se problematikou rozmístění vybraných přístrojů v České republice zabývala autorka Truellová ve své atestační práci na IPVZ (Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví). Jedním z přístrojů byla i pozitronová emisní tomografie. Autorka uvádí doporučení 1 přístroje na 1 milion obyvatel. V době psaní práce bylo zřízeno pouze jedno PET centrum v Nemocnici na Homolce, tedy v ČR byla pouze 1 PET kamera na 10 milionu obyvatel. V porovnání se zahraničím bylo v roce 2000 ve státech EU

6 – 10 PET kamer na 10 milionu obyvatel. Závěrem je doporučení pro optimální rozmístění PET kamer do fakultních a regionálních nemocnic tak, aby 1 přístroj zahrnoval spádovou oblast okolo 1 milionu obyvatel [24].

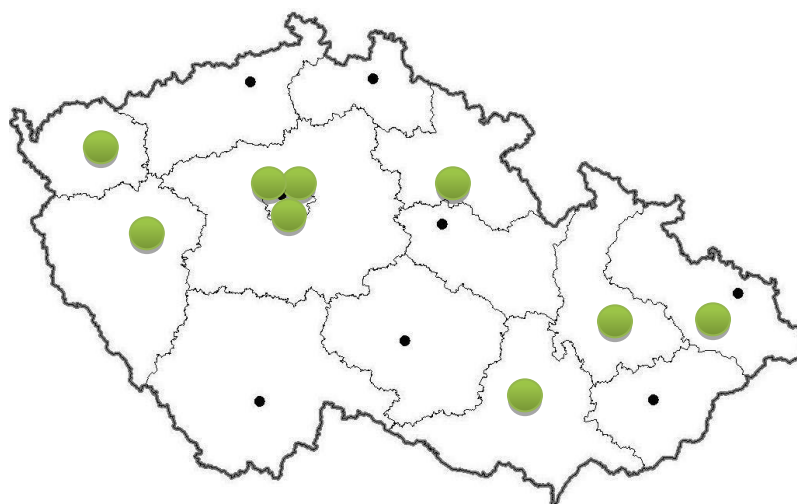
Na otázku, kolik přístrojů je potřeba pro pokrytí České republiky hledala odpověď i studentka 3. LF UK ve své diplomové práci z roku 2007. Cílem této práce bylo na základě přístupných údajů odhadnout minimální potřebnou kapacitu PET a PET/CT skenerů ve vyšetřovacím programu onkologických pacientů v České republice. Pro výpočet autorka použila dvě hypotetické metody. Výsledkem byl minimální odhad počtu skenerů pro vstupní staging onkologických pacientů vybraných diagnóz, který byl stanoven na 6 až 11 v závislosti na pracovní vyčíslenosti strojů. Vezme-li se v úvahu i restaging těchto onemocnění u 90 % z nich, pak počet vzrůstá na 10 až 20 přístrojů. V době psaní této práce bylo na území ČR jen 5 PET kamer na 10 milionu obyvatel [25].

Od pořízení prvního PET přístroje v roce 1999 a poté nákupu 2 hybridních skenerů PET/CT v roce 2003 se v průběhu let instalovaly tyto modality i do dalších nemocnic. V roce 2005 se počet přístrojů zvýšil na 5. Poté proběhl další nákup až v roce 2009 a 2010. PET/CT skener se instaloval v roce 2012 i do Protonového centra v Praze a v dalším roce i do nemocnice v Novém Jičíně. V roce 2015 se PET centrem stala i Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem. V současné době se tedy na území České republiky nachází 9 PET center a 11 skenerů [26].

Tabulka 2: Realizace nákupů PET a PET/CT přístrojů v ČR [26]

ZDRAVOTNICKÉ ZAŘÍZENÍ	ROK NÁKUPU	OBNOVA PŘÍSTROJE
Nemocnice na Homolce, Praha	1999 (1. PET přístroj v ČR)	2008 (obnova za PET/CT)
	2003 (PET/CT)	
Masarykův onkologický ústav, Brno	2003	
	2007	
Fakultní nemocnice Olomouc	2005	
Fakultní nemocnice Plzeň	2005	2014
Fakultní nemocnice Hradec Králové	2009	
Všeobecná fakultní nemocnice v Praze	2010	
Proton Therapy Center Czech s.r.o., Praha	2012	
Nemocnice Nový Jičín, a.s.	2013	
Masarykova nemocnice v Ústí nad Labem, o.z.	2015	

Některé přístroje už jsou zastaralé a v brzké době bude potřeba jejich výměna a nákup dalších skenerů. Pro lepší dostupnost je důležité nejen zvyšování počtu přístrojů, ale i jejich umístění [26].



Obrázek 3: Rozmístění PET center [26]

V současnosti je dostupnost PET/CT vyšetření nerovnoměrná. Z mapky (obrázek 3) jsou patrná slabá místa v rozmístění těchto přístrojů. Obyvatelé některých regionů musí na vyšetření čekat i několik měsíců nebo dojíždět do vzdáleného zdravotnického zařízení.

Porovnání se zahraničím

V roce 2012 bylo na území ČR celkem 8 PET přístrojů, tedy 0,76 přístroje na 1 milion obyvatel. Při porovnání se zeměmi OECD (Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj, Organisation for Economic Co-operation and Development) byl průměr 1,60 přístrojů na 1 milion obyvatel. V roce 2013 došlo k nárůstu přístrojů v ČR na 10, tedy 0,95 přístroje na 1 milion obyvatel. Vzrostl i průměr přístrojů v zemích OECD na 1,78 přístrojů na 1 milion obyvatel. Konkrétní čísla jednotlivých zemí jsou znázorněny v tabulce 3 [27].

Tabulka 3: Statistika PET skenerů [27]

	POČTY					NA MILION OBYVATEL				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Austrálie	31	32	42	47	56	1,41	1,43	1,85	2,03	2,38
Rakousko	16	17	17	18	..	1,91	2,03	2,02	2,12	..
Kanada	40	45	42	..	..	1,17	1,3	1,2	..	..
Chile	..	5	7	8	10	..	0,29	0,4	0,46	0,56
Česká republika	7	8	8	10	..	0,67	0,76	0,76	0,95	..
Německo	..	28	..	34	..	..	5,03	..	6,06	..
Estonsko	1	2	2	2	..	0,75	1,51	1,51	1,52	..
Finsko	8	10	12	12	..	1,49	1,86	2,22	2,21	..
Francie	59	72	89	94	108	0,91	1,11	1,36	1,43	1,64
Řecko	4	..	..	5	..	0,36	..	..	0,46	..
Maďarsko	4	4	4	4	..	0,4	0,4	0,4	0,4	..
Island	0	0	0	..	..	0	0	0	..	..
Irsko	7	7	8	8	8	1,54	1,53	1,74	1,74	1,74
Izrael	6	6	6	9	9	0,79	0,77	0,76	1,12	1,1
Itálie	127	141	162	..	..	2,14	2,37	2,72	..	..
Japonsko	..	466	..	..	..	..	3,65	..	..	..
Korea	155	165	191	207	207	3,14	3,31	3,82	4,12	4,11
Lucembursko	1	1	1	1	1	1,97	1,93	1,88	1,84	1,8
Mexiko	..	..	7	7	..	..	..	0,06	0,06	..
Nizozemsko	40	52	52	54	..	2,41	3,12	3,1	3,21	..
Nový Zéland	5	5	5	5	6	1,15	1,14	1,13	1,12	1,37
Polsko	16	16	17	..	..	0,42	0,42	0,45	..	..
Portugalsko	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Slovenská republika	3	5	5	6	..	0,56	0,93	0,92	1,11	..
Slovinsko	2	2	2	2	2	0,98	0,97	0,97	0,97	0,97
Španělsko	59	63	67	72	..	1,27	1,35	1,43	1,54	..
Švýcarsko	25	26	26	28	..	3,19	3,29	3,25	3,46	..
Turecko	40	47	71	85	..	0,55	0,63	0,94	1,12	..
Spojené Království	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
Spojené Státy	..	1450	1570	..	1635	..	4,65	5	..	5,13

1.1.3.3 Současný výběr PET/CT přístroje v ČR

Vzhledem k vysoké ceně PET/CT přístrojů jsou tyto nákladné přístroje financovány převážně z veřejných zdrojů nebo přiznáním dotací a zařazeny do nadlimitních veřejných zakázek. Pro seznámení se se současným výběrem PET/CT přístroje byla vyhledána zadávací dokumentace u realizovaných veřejných zakázek. Podle §146 zákona 137/2006 Sb. O veřejných zakázkách je stanovena povinnost k uveřejnění všech údajů o zadávacím řízení ve Věstníku veřejných zakázek zadavatelem. V § 149 je uvedeno, že zadavatel je povinen uchovávat dokumentaci o veřejné zakázce elektronicky po dobu 10 let od uzavření smlouvy, její změny nebo od zrušení zadávacího řízení [4]. Ve Věstníku veřejných zakázek se nachází 9 dokončených nadlimitních zakázek a 2 nedokončené. Byly nalezeny profily všech zadavatelů jednotlivých zakázek a zadávací dokumentace. Z 9 dokončených zakázek se podařilo nalézt zadávací dokumentaci u 4 zakázek. Následně proběhlo prostudování technické specifikace. Tento dokument byl u všech nalezených rozdělen na obecnou charakteristiku přístroje a dále na jednotlivé subsystémy hybridního přístroje. Součástí jsou i požadavky na doplňková zařízení, vyhodnocovací stanice a servis přístroje. Jednotlivé dokumenty budou porovnány a přispějí k vytvoření seznamu kritérií pro výběr PET/CT [28, 29, 30, 31, 32].

1.1.4 Shrnutí

V rámci této počáteční analýzy současného stavu byla prostudována legislativa související s nákupem a výběrem přístrojové techniky, proběhlo ověření vhodnosti využití metody AHP při výběru zdravotnického prostředku a v poslední kapitole byla vyhledána technická kritéria PET/CT přístroje.

1.2 Cíle práce

Cílem práce je vypracovat modelové řešení výběru PET/CT přístroje do konkrétního druhu zdravotnického zařízení nukleární medicíny pomocí metody AHP.

Dílčími cíli jsou:

- Výběr expertní skupiny
- Stanovení postupu pro výběr souboru kritérií u PET/CT aplikovatelného i na ostatní zdravotnickou techniku
- Zhodnocení situace nabídky PET/CT na trhu
- Výběr nejvhodnější varianty přístroje pomocí metody AHP

2 Metody a postup práce

V této kapitole jsou popsány vhodné metody a jejich teoretické základy, které budou použity v praktické části a přispějí k dosažení vytyčených cílů diplomové práce.

2.1 Výběr expertní skupiny

Pro správné stanovení panelu expertů je nezbytné vyřešit několik problémů:

- Určit požadavky pro skladbu skupiny
- Stanovit vhodnou metodu výběru
- Zvolit počet odborníků v týmu
- Dokončit seznam expertní skupiny

2.1.1 Požadavky pro skladbu skupiny

Požadované schopnosti experta

Schopnost je určitou kvalitativně - kvantitativní vlastností osobnosti, která podmiňuje úspěšné vykonávání činností člověka. Jádrem schopností jsou vrozené vlohy, které je potřeba dále rozvíjet vzděláním a zkušenostmi [33].

V roce 2003 zveřejnil časopis Competency and Emotional Intelligence výsledky průzkumu, kde autor vybral ze souboru 553 druhů schopností ve 49 soustavách dovedností celkem 10 klíčových schopností experta:

1. Komunikace – písemné i ústní, jasné a přesvědčivé sdělení
2. Orientace na výsledky – plnění náročných úkolů, hledání způsobů zvyšování výkonu a zdokonalování
3. Řešení problémů – analýza situací, vytváření návrhů efektivního řešení problémů
4. Schopnost nabývat odborné vědomosti – získání odbornosti k vykonání funkce
5. Rozhodování – provedení správných rozhodnutí na základě analýzy problémů
6. Práce s informacemi – efektivní přijetí, zpracování a vytváření informací
7. Kreativita – tvorba nových teorií, postupů a metod
8. Iniciativa - schopnost převzít zodpovědnost za navržené postupy
9. Emoční interpersonální dovednosti – vytváření a udržování dobrých vztahů v kolektivu
10. Schopnost systémového řešení problémů [33].

Požadované vlastnosti experta

Jedná se o expertní a charakterové vlastnosti, které přímo souvisejí s výkonem funkce experta:

1. Odbornost – při schopnosti učit se a zapamatované interpretovat, je získána tato vlastnost kontinuálním vzděláváním
2. Expertnost – vlastnost, která má mnoho kritérií a umožňuje vypracování úspěšné expertízy

3. Profesionalita – dává možnost vykonávat zadanou činnost odborně, efektivně a odpovědně
4. Nezávislost – zajišťuje samostatné rozhodování [33].

2.1.2 Počet odborníků v týmu

Z potenciálních odborníků bude stanovena multioborová expertní skupina složená z 6 členů (minimálně ze dvou zástupců každé sekce) k dosažení shody a objektivních výsledků.

2.1.3 Vhodná metoda výběru expertů

Jiří Reichel [34] ve své knize uvádí, že je možné postupovat celkem třemi způsoby výběru expertní skupiny. Prvním je tzv. citační analýza, při které se v odborných publikacích hledají nejčastěji citovaná jména, která je pak možné považovat za experty v dané oblasti. Druhým způsobem je účelový výběr vlastním úsudkem, kdy jsou vyhledáváni experti podle vlastního uvážení a po konzultaci s dalšími odborníky. Posledním postupem je výběr nabalováním, při kterém jsou osloveni experti s nejvyšší frekvencí opakování na seznamu uvedených tipů.

Pro tuto práci byla zvolena metoda účelovým výběrem. V závislosti na výběru přístroje PET/CT byla vytvořena skupina potenciálních členů expertní skupiny. Jako potenciální odborníci byli zvoleni vedoucí pracovníci klinik zobrazovacích metod a oddělení nukleární medicíny (vedoucí lékaři, vedoucí radiologičtí asistenti), radiační fyzici a biomedicínské inženýry na všech pracovištích v ČR, kde v současné době mají zkušenosti s provozem PET/CT přístroje.

Sběr dat pro výběr expertů bude realizován pomocí dotazníkového šetření. Elektronické dotazování, tzv. CAWI (Computer Assisted Web Interview) patří mezi nejmladší způsoby dotazování. Respondent vyplní dotazník na webových stránkách online nebo odkazem zasláným elektronickou poštou. Výhodou oproti písemnému dotazování je mnohonásobně rychlejší rozesílání a zpracování odpovědí, kdy jsou všechna data uložena v elektronické podobě, a snižuje se riziko administrativních chyb. Nevýhodou (stejně jako u písemné formy) je nízká návratnost odpovědí, která by mohla ovlivnit reprezentativnost vzorku. Správnou přípravou dotazníku a výběrem vhodné struktury a formy jednotlivých otázek je možné nízké návratnosti předejít [35].

Míra kompetentnosti a odborná způsobilost potenciálních expertů byla stanovena bodovým ohodnocením jednotlivých odpovědí podle níže uvedené tabulky (tabulka 4).

Tabulka 4: Stanovení odborné způsobilosti expertů

	Lékařská sekce	Technická sekce	Sekce radiologických asistentů	Body
Pracovní pozice	Lékař	Radiační fyzik	Radiologický asistent	
		Biomedicínský inženýr		
Vzdělání	Vědecko - pedagogický titul (prof., doc.)	Magisterské	Magisterské	1
	Akademicko - vědecký titul (Dsc., Csc., Ph.D.)	Bakalářské	Bakalářské	0,8
	Akademický titul (MUDr.)	Vyšší odborné	Vyšší odborné	0,6
		Střední	Střední	0,4
Praxe v oboru nukleární medicíny	16 a více let			1
	11 – 15			0,8
	6 – 10			0,6
	0 – 5			0,4
Praxe s přístrojem PET/CT	16 a více let			1
	11 – 15			0,8
	6 – 10			0,6
	0 – 5			0,4
Zkušenosti s výběrem a nákupem PET/CT	Podílel/a jsem se více než 2krát			1
	Podílel/a jsem se 2krát			0,8
	Podílel/a jsem se 1krát			0,6
	Nepodílel/a jsem se na výběru			0,4

2.2 Průběh hodnocení

Pro kvalitní hodnocení shody názorů expertů je nutné vybrat vhodnou metodu získávání informací. Mezi nejznámější prognostické metody patří brainstorming, panel expertů, metoda Advocatus Dei et Advocatus Diaboli a metoda Delphi.

Brainstorming

Jedná se o verbální interaktivní metodu, která je zameřená na získávání co nejvíce nápadů ve skupině. Brainstorming vychází z poznatků, že je nutné zrušit mezi lidmi sociální a psychické bariéry. Tyto bariéry jsou blokadou pro vývoj nových a originálních nápadů. Metoda je dále založená na synergickém efektu, který spočívá v tom, že týmovou spoluprací je získáno více nápadů než od stejného počtu izolovaných jednotlivců. Výhodou

je rychlost a operativnost brainstormingové diskuze. Nevýhodou je nutnost osobního setkání určitého počtu expertů, jejichž chování, různé formy kritiky a následný vznik nepříjemné atmosféry může tvorbu a zpracování námětů velice ovlivnit [33, 36].

Panel expertů

Panel expertů je téměř univerzální způsob pro vznik budoucí prognózy. Jedná se o sloučení vstupních dat a vytvoření konečné zprávy pro vizi nebo doporučení dalšího vývoje. Výběr účastníků by měl být různorodý a každý účastník by měl nabídnout různý pohled na věc podle své kvalifikace a zkušeností. Panel je tvořen až 20 odborníky, kteří diskutují nad danou oblastí 3 až 18 měsíců. Setkávají se pravidelně na schůzích na předem určenou dobu a posuzují nové poznatky. Výsledky jsou oznámeny prostřednictvím písemné zprávy. Jedná se tedy o užitečnou výměnu názorů a posudků a vytváření sítí mezi odbornými oblastmi i celými vědeckými obory [37].

Metoda Advocatus Dei et Advocatus Diaboli

Průběh této metody probíhá diskuzí, kde je vysloven námět řešení daného problému a následně se tvoří soubory souhlasných a nesouhlasných tvrzení. Celý tým je rozdělen na několik skupin:

Vedoucí diskuze – udržuje průběh pod kontrolou

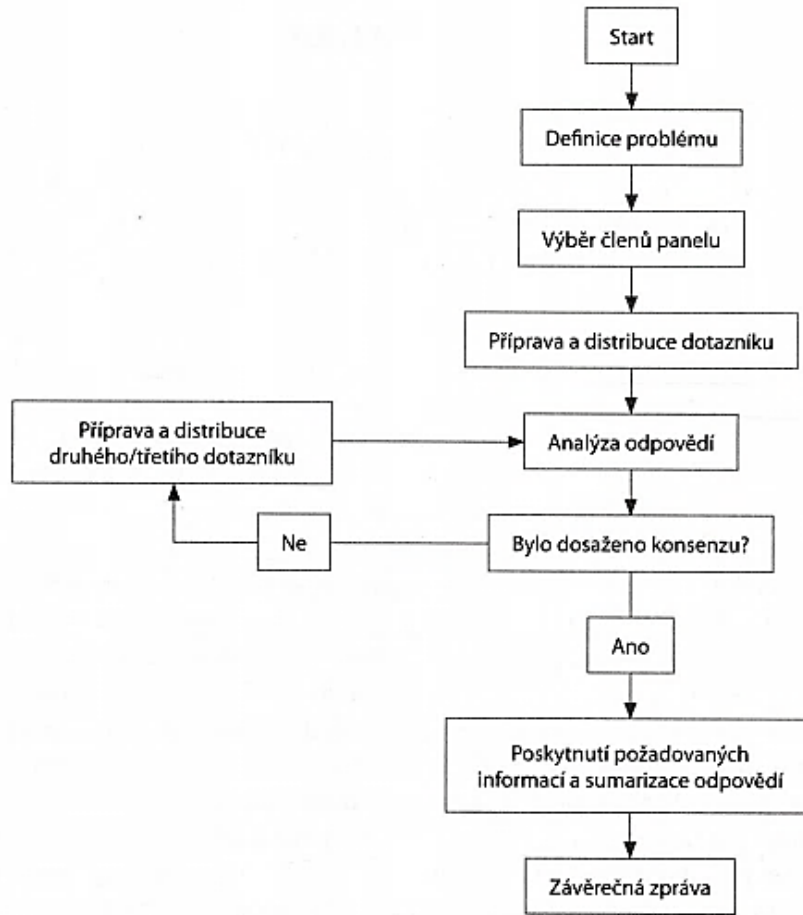
Mluvčí Boha – podporuje a rozvíjí námět řešení, vytváří souhlasné názory

Mluvčí Dávla – odhaluje slabiny námětu, vytváří nesouhlasné názory

Svědomí týmu – snaží se přimět oba mluvčí ke společnému stanovisku, dbá na dodržování pravidel [33].

Metoda Delphi

Tato metoda je založena na vícekolovém dotazování pro stanovení odhadu budoucího vývoje pomocí skupiny expertů. Odborníci mezi sebou komunikují anonymně pomocí počítačových technologií, tím je odstraněna psychologická bariéra z bezprostřední reakce při přímém kontaktu. Názory expertů jsou postupně upřesňovány v několika kolech dotazování (max. 4 kola) pomocí zpětné vazby. Každý odborník je seznámen s postoji ostatních odborníků ze skupiny a musí své názory přizpůsobit nebo vyvrátit postoje ostatních pomocí vlastní argumentace. Výsledky jsou následně statisticky zpracovány. Nevýhodou této metody je organizační a časová náročnost daná několika koly dotazování [36, 37].



Obrázek 4: Obecný model procesu Delphi [37]

Za účelem dosažení shody mezi experty bude v této práci využita metoda Delphi. Oproti ostatním uvedeným metodám není potřeba osobního setkání všech expertů a hodnocení probíhá v několika na sebe navazujících kolech pomocí dotazníku. Výsledkem bude objektivní prozkoumání dané problematiky a dosažení konsenzu [37].

Kendallův koeficient konkordance (W)

Hodnocení experty může být různorodé a názory expertů se mohou u některých kritérií rozcházet.

Pro využití hodnocení je potřeba, aby postoje jednotlivých členů skupiny dosahovaly určité míry shody. Těsnost vztahu jednotlivých názorů bude posouzena na základě výpočtu Kendallova koeficientu konkordance, který lze vypočítat podle vzorce:

$$W = \frac{\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}}{\frac{1}{12} k^2 \cdot (n^3 - n)} \quad (2.1)$$

Kde W značí Kendallův koeficient konkordance, X součet hodnocení, n počet posuzovaných kritérií, k je počet expertů.

Kendallův koeficient shody může nabývat hodnot $0 \leq W \leq 1$. V případě absolutní shody všech expertů se koeficient rovná 1. Hodnota $W = 0$ znamená úplnou neshodu expertů [38].

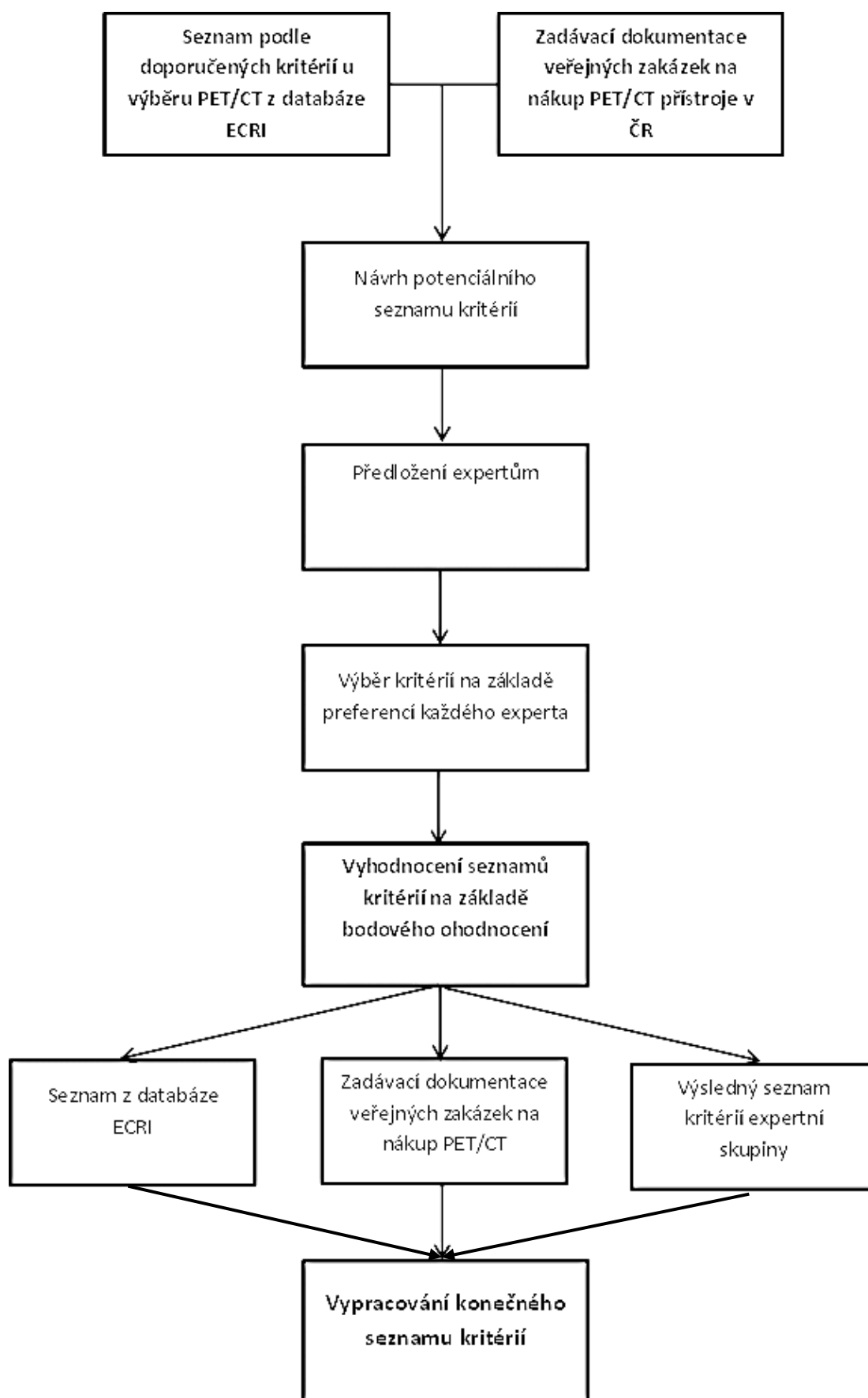
2.3 Postup stanovení souboru kritérií

Pomocí analýzy článků a studií v současném stavu byl zhodnocen způsob stanovení souboru kritérií, který je stěžejním bodem při využití metody AHP. Pokud je v člancích uvedeno, soubor kritérií byl získán rešerší odborné literatury a převzetím seznamu z databáze ECRI. V žádném z uvedených nebyli do stanovení souboru zapojeni vybraní odborníci z expertní skupiny.

V této práci bude využito vzájemného porovnání variant souborů a vypracování výsledného seznamu kritérií na základě četností. Výběr bude probíhat v několika krocích.

V prvním souboru bude stanoven seznam podle doporučených kritérií u výběru PET/CT z databáze ECRI a analýzou literatury. Druhý soubor bude zpracován ze zadávacích dokumentací veřejných zakázek na nákup PET/CT přístroje v ČR.

Tyto dva seznamy se analyzují a na základě četností bude vypracován návrh potenciálního seznamu, který bude předložen expertní skupině. Experti na základě svých preferencí vypracují jednotlivé soubory, které budou následně vyhodnoceny, a podle četností jednotlivých kritérií dojde ke stanovení výsledného souboru klíčových kritérií.



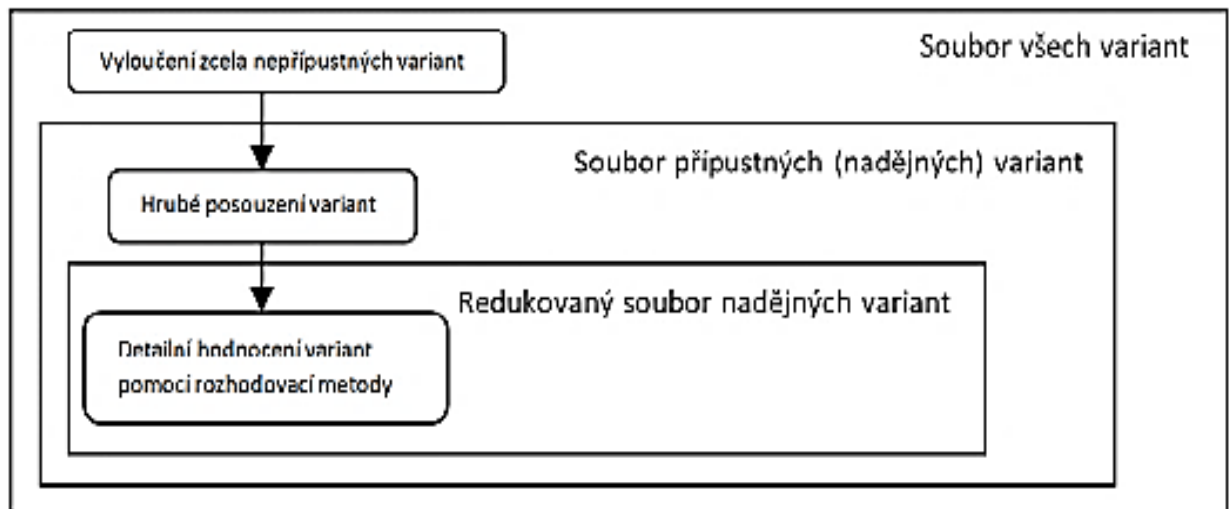
Obrázek 5: Postup stanovení souboru kritérií

2.4 Stanovení variant

Při výběru nejvhodnější alternativy je nutné mít k dispozici různé možnosti řešení daného problému. Pokud jsou varianty neznámé, je možné při tvorbě využít jednu ze systematických nebo intuitivních metod podporujících modelování známých i nových variant [39].

Pro stanovení přípustných alternativ vedoucích k naplnění cílů diplomové práce jsou jednotlivé alternativy známe, nebude tedy využita žádná z metod pro jejich tvorbu. Jako varianty budou zvoleny jednotlivé typy PET/CT přístroje.

Ze souboru všech variant budou vyloučeny nepřípustné varianty, tedy ty přístroje, které nejsou dostupné na českém trhu. Tím vznikne soubor přípustných variant. Dále dojde ke hrubému posouzení jednotlivých alternativ z hlediska základních technických parametrů nezbytných při výběru přístroje do zdravotnického zařízení typu fakultní nemocnice. Výsledkem bude redukovaný soubor nadějných variant pro hodnocení metodou AHP [40].

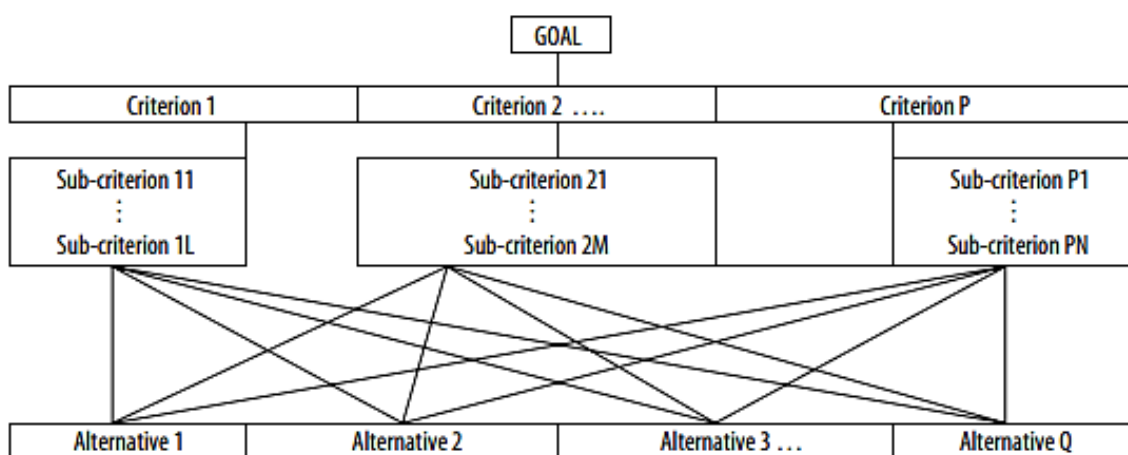


Obrázek 6: Proces hodnocení variant [40]

2.5 Metoda AHP – analytický hierarchický proces

V roce 1980 byla metoda AHP (Analytic Hierarchy Process) navržena prof. Thomasem L. Saatym z Univerzity v Pittsburghu [40].

Tuto metodu řadíme mezi metody párového porovnání. Na rozdíl od ostatních metod se nezabývá pouze určováním preferencí mezi kritérii, ale také určuje intenzitu těchto preferencí. Jedná se o systematický přístup vícekritériálního rozhodování ve složitých rozhodovacích situacích, který napomáhá ke zjednodušení a zrychlení celého procesu. Pomocí této metody dochází k rozkladu složité nestrukturované situace na jednodušší komponenty, které mohou být snadněji pochopeny a subjektivně hodnoceny a vytváří tak hierarchický systém problému. V jednotlivých hierarchických úrovních je použita Saatyho metoda kvantitativního párového porovnání, která přispěje ke stanovení vah jednotlivých prvků. Syntézou subjektivních hodnocení párového porovnání je stanovena varianta s nejvyšší prioritou [41, 42].



Obrázek 7: Hierarchická struktura párového porovnání [41]

2.5.1 Fáze rozhodování pomocí metody AHP

Autoři Šubrt a kol. [41] a Ramík a kol. [44] ve svých publikacích uvádí tyto fáze rozhodování pomocí metody AHP:

Definování a analýza rozhodovacího problému

V tomto kroku dochází k provedení definice problému a stanovení cíle, sestavení souboru porovnatelných kritérií a výběru alternativ.

Strukturování hierarchického modelu

Zde probíhá tvorba hierarchické struktury, kde první úroveň tvoří vždy pouze jeden prvek - cíl, na meziúrovních jsou členěna kritéria a poslední úroveň obsahuje varianty.

Dílčí vyhodnocení

V této části dochází k párovému porovnání v jednotlivých úrovních hierarchie kritérií a všech alternativ. Pomocí Saatyho metody jsou stanoveny váhy všech prvků hierarchie. Například u tříúrovňové hierarchie obsahující jeden cíl, n kritérií a m variant, bude na druhé úrovni hierarchie matice rozměru $m \times n$ a na třetí úrovni bude dosaženo n matic o rozměru $m \times m$.

Pro porovnání významnosti jednotlivých kritérií je nutné definovat stupnici, kterou definoval T. L. Saaty. Jedná se o devítibodovou škálu, která určuje významnost intenzit jednotlivých vzájemně porovnávaných prvků [41, 43, 44].

hodnotící stupeň	porovnání prvků A a B A je ... než B	vysvětlení
1	stejně významný <i>equal importance</i>	oba prvky přispívají stejnou měrou cíli
3	mírně významnější <i>moderate importance</i>	zkušenosti a úsudek mírně preferují první prvek před druhým
5	silně významnější <i>strong importance</i>	silná preference prvního prvku před druhým
7	velmi silně významnější <i>very strong importance</i>	velmi silná preference prvního prvku před druhým
9	extrémně významnější <i>extreme importance</i>	skutečnosti upřednostňující první prvek před druhým mají nejvyšší stupeň průkaznosti

Obrázek 8: Saatyho stupnice [42]

Syntéza dílčích hodnocení a výběr nejlepší varianty

V této fázi bude vytvořeno celkové hodnocení pomocí stanovených vah. Před samotným výpočtem je nutné provést kontrolu konzistence matice.

Index konzistence C. I. se vypočítá podle vzorce:

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - k}{k - 1} \quad (2.2)$$

Kde k je počet kritérií a λ_{\max} je největší vlastní číslo matice.

Pro plně konzistentní matice platí, že $\lambda_{\max} = k$. Pro matice, která není plně konzistentní, platí $\lambda_{\max} > k$. Dle Saatyho je považována matice dostatečně konzistentní je-li $CI < 0,1$ [44].

Metoda AHP našla využití v podnikání, státní správě, sociálních studiích, zdravotnictví, výzkumu a vývoji, obraně a jiných doménách zahrnujících rozhodování, ve kterých je zapotřebí výběr stanovených priorit a prognóz [41].

2.5.2 Analýza citlivosti modelu

Na závěr může být provedena kontrola změny preferenčního pořadí jednotlivých variant přidáním nebo odebráním položky z hierarchie na poslední úrovni [42] nebo změnou vah jednotlivých kritérií.

2.5.3 Shluková analýza

Shluková analýza (Cluster analysis, CLU) patří mezi vícerozměrné statistické metody, které se zabývají podobností objektů a klasifikací množin objektů do shluků. Využívá se zejména tam, kde objekty projevují přirozenou tendenci seskupovat se. Cíle analýzy shluků

jsou popis systematiky pro průzkumné cíle a taxonomii, zjednodušení dat a identifikace vztahů struktury mezi objekty. Podle způsobu shlukování se postupy dělí na hierarchické a nehierarchické shlukování [46].

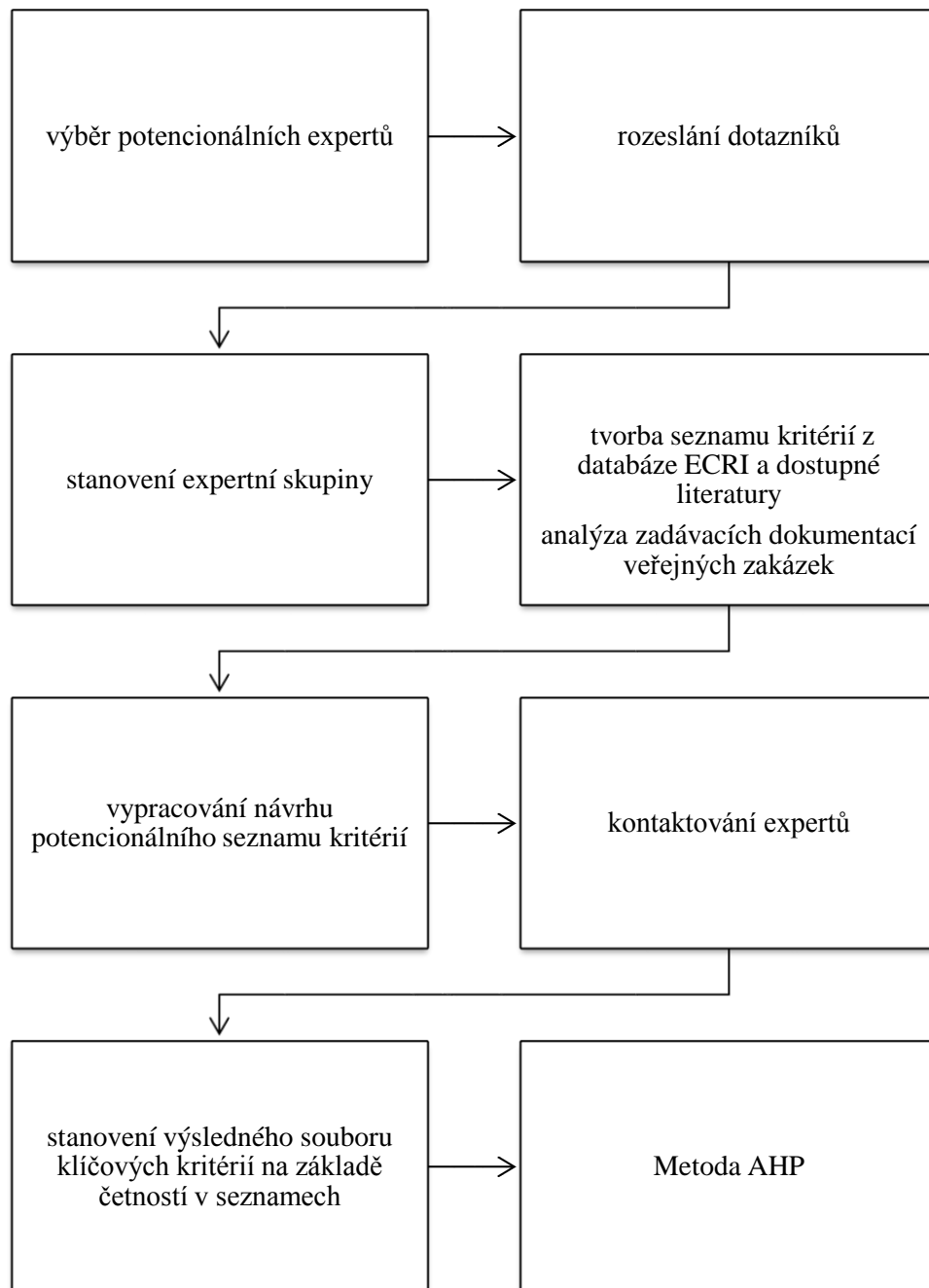
Metoda hierarchického shlukování spojuje objekty a shluky do větších shluků, jejichž počet nemusí být předem znám a určuje se dodatečně. Dělí se dále na aglomerativní metody a divizní shlukování. V případě aglomerativního shlukování každý objekt představuje samostatný shluk. Dále se dva objekty s minimální vzdáleností spojí do prvního shluku a vypočítá se úplně nová matice vzdálenosti. Celý proces se opakuje do té doby, dokud všechny objekty netvoří jeden shluk. Grafickým znázorněním je dendrogram, tedy stromový diagram, ze kterého jsou zřejmé jednotlivé kroky vytváření shluků. Mezi aglomerativní metody patří například metoda nejbližšího souseda, nejvzdálenějšího souseda, metoda průměrné vzdálenosti či Wardova metoda. Tyto metody se od sebe odlišují přístupem k definici podobnosti. Postup divizního shlukování je obrácený. Všechny objekty jsou spojené do jednoho shluku, jehož postupným dělením se získá systém shluků. Divizní hierarchický postup je v praxi méně používán [46].

Pokud je počet klastrů předem znám, jedná se o postup nehierarchického shlukování. Používají se metody k - průměrů, k - medoidů, k - modů a k - histogramů, anebo se vypočte míra příslušnosti jednotlivých objektů ke shlukům použitím fuzzy analýzy. Pomocí těchto metod se hledá optimální rozklad za pomoci přerazování objektů ze shluku do shluku [46].

Jelikož bude shluková analýza aplikována na malý výchozí soubor s předem neznámým počtem klastrů, bude v práci použita hierarchická shluková analýza.

2.6 Postup získávání a zpracování dat

Na základě analýzy rozmístění a počtu PET center byl stanoven seznam potencionálních odborníků, kterým byl následně odeslán dotazník. Pomocí zpětné vazby a vyhodnocení bude stanovena expertní skupina, která se dále bude podílet na vyhodnocení celé práce. Současně byl vytvořen seznam kritérií z databáze ECRI a dostupné literatury a druhý soubor, který byl vypracován ze zadávacích dokumentací veřejných zakázek na nákup PET/CT přístroje v ČR. Tyto dva seznamy se analyzují a na základě četností bude navržen potencionální seznam, který bude předložen expertní skupině. Experti na základě svých preferencí vypracují jednotlivé soubory, které budou následně vyhodnoceny, a podle četností jednotlivých kritérií dojde ke stanovení výsledného souboru klíčových kritérií. Posledním krokem bude použití metody AHP, pomocí které experti stanoví váhy jednotlivých prvků. Syntézou subjektivních hodnocení párového porovnání bude vybrána varianta s nejvyšší prioritou.



Obrázek 9: Postup získávání a zpracování dat

3 Výsledky

3.1 Výběr expertní skupiny

Sběr dat pro výběr expertní skupiny byl realizován online dotazníkem s názvem „Stanovení kompetencí expertů pro výběr přístroje PET/CT“, který byl vytvořen pomocí Formuláře Google. Byl rozdělen na tři sekce (lékařská, technická, sekce radiologických asistentů) podle pracovní pozice. Skládal se ze dvou částí. V první části respondenti uvedli své identifikační údaje a vybrali pracovní pozici. Dle výběru byli odkázáni na druhou část, která obsahovala uzavřené otázky o vzdělání, délce praxe na nukleární medicíně, délce praxe s přístrojem PET/CT, zkušenostech s výběrem přístroje a bodovou škálu subjektivního hodnocení míry kompetentnosti odborníka.

Celkem bylo osloveno 37 expertů z 8 pracovišť. Odpověď byla získána od 19 odborníků (návratnost 51 %). Každá sekce byla vyhodnocena odděleně. Po vyhodnocení bylo vybráno 6 expertů s nejvyšší kompetentností, u kterých byla vypočítána nejvyšší váha podle získaných bodů (tabulka 4). Expertní skupina je složena ze dvou lékařů (zástupce přednosta kliniky, primář oddělení), dvou radiačních fyziků a dále ze dvou vedoucích radiologických asistentů. Váhy vybraných expertů jsou uvedeny v tabulce 5.

Tabulka 5: Váhy vybraných expertů

Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
3,2	4	2,2	3,2	2,2	3,6

3.2 Postup stanovení souboru kritérií

Z dostupné literatury byl vypracován seznam doporučených kritérií při výběru PET/CT přístroje (příloha 1). Seznam obsahuje 43 parametrů, které charakterizují jednotlivé komponenty přístroje.

Druhý seznam (příloha 2) je složen z kritérií, které jsou uvedené ve veřejných zakázkách při výběru přístroje v České republice. Z 9 dokončených zakázek se podařilo nalézt zadávací dokumentaci u 4 veřejných zakázek. Jednotlivé technické specifikace byly následně porovnány a na základě četností jednotlivých parametrů byl vypracován jeden soubor 52 kritérií.

Následně došlo k porovnání těchto dvou souborů. Z kritérií, které se nacházely v obou seznamech, byl vypracován potencionální seznam klíčových kritérií, který byl předložen expertní skupině. Dotazování bylo zpracováno pomocí Formuláře Google, kde každý expert hodnotil důležitost jednotlivých parametrů pomocí třibodové stupnice (velmi významné – 3, méně významné – 2, nevýznamné – 1).

Po vyhodnocení dotazování byla vypracována tabulka (tabulka 6) porovnávající přímo doporučená kritéria z databáze ECRI Institut, četnosti kritérií ve veřejných zakázkách a preference expertů, kde byly přiřazeny body každému kritériu podle tabulky 7.

Tabulka 6: Porovnání seznamů kritérií

	ECRI	veřejné zakázky	hodnocení expertů	body			celkem
Charakteristika gantry				ECRI	VZ	EX	
průměr otvorů gantry		4	15	0	12	9	21
nosnost stolu		4	15	0	12	9	21
rozsah simultánního skenování PET/CT		4	18	0	12	12	24
deflexe vyšetřovacího stolu		4	16	0	12	10	22
paleta pro plánování radioterapie povinnou součástí dodávky		4	15	0	12	9	21
Přístrojové vybavení pro dechovou synchronizaci PET/CT vyšetření		2	12	0	6	6	12
Charakteristika PET							
základní materiál krystalů detektorů		4	15	0	12	9	21
axiální Field of View (FOV) - fyzikální FOV		4	17	0	12	11	23
překryv axiálního FOV v sousedních akvizičních pozicích (Bed Overlap)		4	15	0	12	9	21
akvizice dynamická - list mode		4	15	0	12	9	21
akvizice v jednotlivých pozicích (bed) - step-and-go		4	15	0	12	9	21
senzitivita - NEMA performance specification v cps/kBq	ano	4	18	12	12	12	36
time of flight rekonstrukce		4	17	0	12	11	23
4D gating		4	14	0	12	8	20
velikost jednotlivého prvku krystalů v transaxiálním a axiálním směru		3	17	0	9	11	20
počet krystalových elementů		3	16	0	9	10	19
transversální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm		3	17	0	9	11	20
axiální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm		3	15	0	9	9	18
koincidenční okno	ano	3	16	12	9	10	31
časové rozlišení TOF		3	18	0	9	12	21
Metoda rekonstrukce pro dosažení vysokého rozlišení (PSF rekonstrukce)		3	16	0	9	10	19
nejvyšší dosažitelná matrice		2	15	0	6	9	15
count rate NECR	ano	2	14	12	6	8	26
PET/CT zobrazení srdce se synchronizovanou akvizicí s EKG		2	14	0	6	8	14
Rekonstrukce korigovaných obrazů PET srdce pomocí CT obrazů s EKG		2	15	0	6	9	15
Možnost současného použití PSF a TOF rekonstrukce		2	16	0	6	10	16

	ECRI	veřejné zakázky	hodnocení expertů	body			celkem
počet prstenců detektorových elementů		1	16	0	3	10	13
počet řad detektorových bloků /rings		1	15	0	3	9	12
minimální separace PET obrazů		1	14	0	3	8	11
objemové rozlišení		1	12	0	3	6	9
energetické okno	ano	1	15	12	3	9	24
Tloušťka PET řezu		1	16	0	3	10	13
Pomůcky pro kalibrace a kontrolu kvality		1	12	0	3	6	9
Podíl rozptýlených koincidencí pro 3D dle NEMÁ	ano	1	14	12	3	8	23
Charakteristika CT							
počet řad CT	ano	4	17	12	12	11	35
nejkratší čas rotace gantry		4	13	0	12	7	19
výkon generátoru vysokého napětí		4	18	0	12	12	24
dávková modulace - interaktivní způsob v reálném čase, efektivita snížení nejméně o 2/3		4	18	0	12	12	24
aktivní prvky snížení dávky		4	18	0	12	12	24
iterativní rekonstrukce dat		4	16	0	12	10	22
průměr rekonstruovaného field of view		3	16	0	9	10	19
skenovací režimy		3	16	0	9	10	19
skenovací režim méně než 80 kV		3	16	0	9	10	19
nejušší rekonstruovaná šíře obrazu		3	14	0	9	8	17
rychlost chlazení RTG zářiče		2	11	0	6	5	11
možnost hodnocení Ca skóre		2	16	0	6	10	16
Transaxiální rozměr rekonstruovaného FOV CT pro potřebu korekce atenuace		2	14	0	6	8	14
dosažitelná doba CT spirální akvizice		1	12	0	3	6	9
akvizice dat pro CT srdce včetně rekonstrukce v optimálním časovém okně a možnost použití techniky step-and-shoot		1	12	0	3	6	9
pomůcky pro kalibrace a kontrolu kvality		1	12	0	3	6	9
Maximální dosažitelná rekonstrukční matrice pro CT		1	14	0	3	8	11
Maximální proud na rentgence		1	12	0	3	6	9

Tabulka 7: Bodové hodnocení

Experti		Zakázky		ECRI Institut	
body od expertů	Body	četnost	body		body
18	12	4	12	Ano	12
17	11	3	9	Ne	0
16	10	2	6		
15	9	1	3		
14	8				
13	7				
12	6				
11	5				
10	4				
9	3				
8	2				
7	1				
6	0				

Na základě celkového počtu bodů byly vybráno 10 kritérií s nejvyšším počtem bodů, které uvádí tabulka 8.

Tabulka 8: Seznam klíčových kritérií

č.	Definice klíčového kritéria
1	senzitivita - NEMA performance specification v cps/kBq
2	počet řad CT
3	koincidenční okno
4	výkon generátoru vysokého napětí
5	axiální Field of View (FOV) - fyzikální FOV
6	Podíl rozptýlených koincidencí pro 3D dle NEMÁ
7	základní materiál krystalů detektorů
8	velikost jednotlivého prvku krystalů
9	transversální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm od centrální osy podle NEMA 2007
10	počet prstenců detektoru

Tabulka 9 uvádí klíčová kritéria a jejich hodnoty u každé varianty přístroje. Grafické znázornění je v příloze 4.

Tabulka 9: Hodnoty klíčových kritérií

	PET/CT 6	PET/CT 5	PET/CT 4	PET/CT 3	PET/CT 2	PET/CT 1
Senzitivita	22,00	7,50	7,40	8,10	5,80	6,60
Počet řad CT	16	16	64	64	64	16
Koincidenční okno	9,50	4,90	3,8	4	4,1	4,1
Výkon generátoru vysokého napětí	53,2	53,2	80	80	80	55
Axiální Field of View	260	157	180	164	164	164
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA	0,38	0,37	0,31	0,31	0,34	0,34
Základní materiál krystalu detektoru	BGLS	LBS	LYSO	LYSO	LSO	LSO
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	6.3 x 6.3 x 30	4.2 x 6.3 x 25	4 x 4 x 22	4 x 4 x 19	4 x 4 x 20	4 x 4 x 20
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	5,1	5,6	4,7	4,1	4,7	5,6
Počet prstenců detektoru	40	24	44	23	39	40

3.3 Stanovení alternativ

V tabulce z webových stránek ECRI Institute bylo pro celosvětový trh nalezeno 16 PET/CT přístrojů od 4 výrobců. Dále probíhal sběr dat konzultací s radiačním fyzikem fakultní nemocnice a emailovou komunikací s dodavatelem v ČR, na základě které byl do souboru všech variant zařazen ještě jeden přístroj. Proběhlo hrubé hodnocení, kde z celkem 17 přístrojů bylo vyřazeno 7 variant, které nejsou dostupné na českém trhu. Dále došlo k redukci těch přístrojů, u kterých se jednalo o stejný model pouze s rozdílným počtem řad CT. Pro hodnocení bylo tedy zařazeno 6 variant od 3 výrobců. Pro zachování objektivity budou jednotlivé přístroje uváděny pouze pod označením PET/CT 1 – 6. Cílový seznam modelů i jejich označení pro hodnocení je uveden v tabulce 10.

Tabulka 10: Seznam variant PET/CT a jejich označení

Přístroj PET/CT	Označení
GE Discovery IQ	PET/CT 1
GE Discovery 710	PET/CT 2
Philips Ingenuity TF	PET/CT 3
Philips Vereos	PET/CT 4
Siemens Biograph mCT	PET/CT 5
Siemens Biograph Horizon	PET/CT 6

3.4 Hodnocení PET/CT přístrojů


3.4.1 Hodnocení charakteristik a variant


Pro hodnocení charakteristik a variant přístrojů byla využita fakultní webová aplikace. Každému expertovi byl zaslán návod, odkaz na tuto aplikaci a přihlašovací údaje pro hodnocení. Webová aplikace je rozdělena na dvě části. V první části mezi sebou experti porovnávají jednotlivé charakteristiky. Váhu určuje poměr velikostí barevných pruhů. Pro lepší názornost je tento poměr znázorněn i pomocí koláčového grafu. Pokud zůstane poměr stejný, je zřejmé, že jsou obě charakteristiky přístroje stejně důležité. Ukázka webové aplikace a hodnocení charakteristik jsou znázorněny na obrázku 10.


Characteristics assessment - 1st step (of 45)

Goal **Hodnocení PET/CT přístrojů**

Determine the preference

Základní materiál krystalu detektoru 

Axiální Field of View (mm) 



Obrázek 10: Ukázka webové aplikace a hodnocení charakteristik


Druhá část je zaměřená na porovnání konkrétních parametrů nebo vlastností jednotlivých přístrojů. Určování vah přístrojů probíhá stejným způsobem jako v předchozí části. S tím rozdílem, že pokaždé se porovnávají dva přístroje podle hodnoty každé z charakteristik. Pod každým přístrojem jsou uvedeny jeho parametry, podle kterých se přístroj hodnotí. Důležitost rozdílu parametrů jednotlivých přístrojů je opět znázorněna poměrem velikostí barevných pruhů a koláčovým grafem. Na obrázku 11 je znázorněno porovnání hodnot transversálního rozlišení ve vzdálenosti 10 mm u přístrojů PET/CT 1 a PET/CT 3.


Alternatives assessment - 1st step (of 88)


Goal **Hodnocení PET/CT přístrojů**

Characteristic **Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm**

Determine the preference

PET/CT 3
4.7 

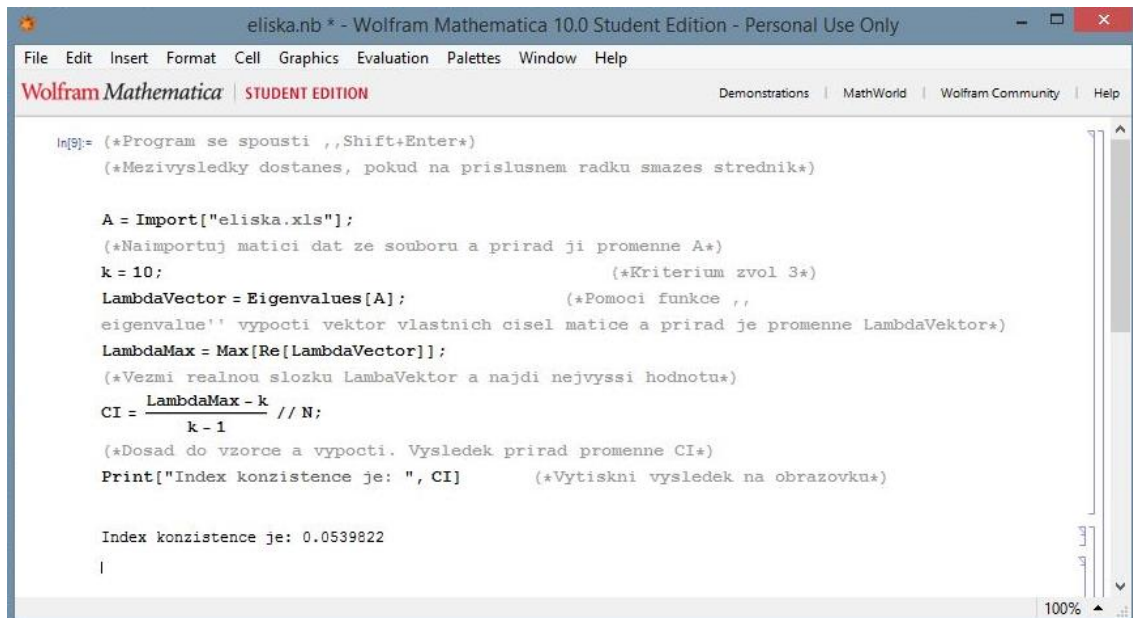
PET/CT 1
4.9 



Obrázek 11: Ukázka porovnání hodnot parametru jednotlivých PET/CT přístrojů

3.4.2 Výpočet indexu konzistence

Pro ověření konzistence všech matic byl využit program Mathematica, který využívá programovací jazyk Wolfram. Do jádra byl zadán postup výpočtu pomocí vzorce 2.2 a odkaz na soubor Excel, ve kterém se nacházela kontrolovaná matice. Ověřením prošly všechny matice, které byly získané hodnocením charakteristik i variant přístrojů. Grafické uživatelské rozhraní je zobrazeno na následujícím obrázku 12.



```
In[9]:= (*Program se spouští ,,Shift+Enter*)
(*Mezivýsledky dostanete, pokud na příslušném řádku smažete středník*)

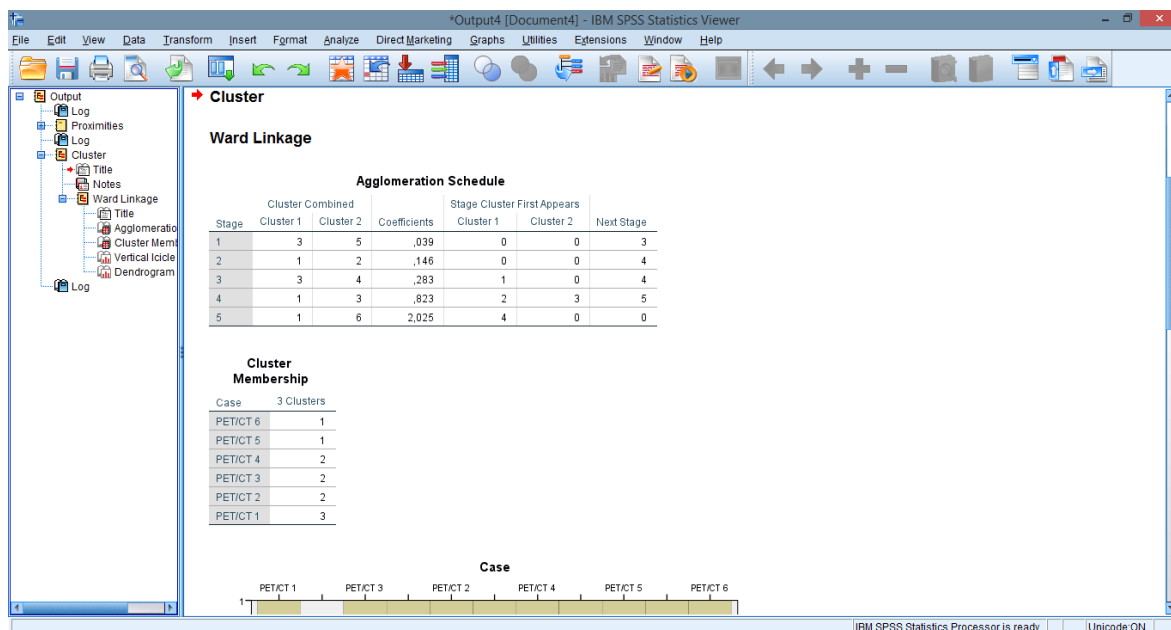
A = Import["eliska.xls"];
(*Naimportujte matici dat ze souboru a přiřadte jí proměnnou A*)
k = 10; (*Kritérium zvol 3*)
LambdaVector = Eigenvalues[A]; (*Pomocí funkce ,,
eigenvalue'' vypočítáte vlastní čísla matice a přiřadíte je proměnné LambdaVektor*)
LambdaMax = Max[Re[LambdaVector]];
(*Vezměte reálnou složku LambdaVektor a najděte nejvyšší hodnotu*)
CI = (LambdaMax - k) // N;
(*Dosadte do vzorce a vypočítejte. Výsledek přiřadte proměnné CI*)
Print["Index konzistence je: ", CI] (*Vytiskněte výsledek na obrazovku*)

Index konzistence je: 0.0539822
|
```

Obrázek 12: Grafické uživatelské rozhraní programu Mathematica

3.4.3 Zpracování shlukové analýzy

Shluková analýza byla provedena pomocí softwarového balíčku SPSS Statistics od firmy IBM. Tento statistický software představuje sadu nástrojů pro analýzu dat a prediktivní analýzu a obsahuje nejdůležitější analytické funkce [47]. Struktura výstupového okna programu je znázorněna na obrázku 13.



Obrázek 13: Grafické uživatelské rozhraní programu SPSS Statistics

3.5 Zpracování dat

3.5.1 Stanovení vah kritériím

Data byla zpracována Saatyho metodou pomocí bodové stupnice, která musela být pro přesné vyhodnocení webové aplikace upravena na rozmezí 1 až 99.

Výsledkem hodnocení z webové aplikace bylo zpracování dat ve trojúhelníkové matici. Výstup hodnocení charakteristik od Experta 1 je uveden v tabulce 11.

Tabulka 11: Výstup hodnocení charakteristik z webové aplikace od Experta 1 v 1. kole

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýl. koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita
Transverz. rozlišení	-	63	59	43	61	59	68	58	71	30
Počet prstenců detektoru	-	-	34	30	33	31	64	36	55	28
Velikost prvku krystalu	-	-	-	58	57	76	70	68	69	37
Materiál krystalu	-	-	-	-	66	55	72	68	81	32
Podíl rozptýlených koincidencí	-	-	-	-	-	37	78	34	54	34
Axiální Field of View	-	-	-	-	-	-	66	60	65	34
Výkon generátoru	-	-	-	-	-	-	-	20	37	27
Koincidenční okno	-	-	-	-	-	-	-	-	65	35
Počet řad CT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32
Senzitivita	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Jednotlivá čísla znázorňují míru preference charakteristiky uvedené v řádku oproti charakteristice ve sloupci pomocí stobodové stupnice. Matice byly dále upraveny a vyhodnocovány v programu Microsoft Excel. První úpravou byl výpočet poměru preferencí podle vzorce:

$$x = \frac{h}{(100-h)} \quad (3.1)$$

Kde x je poměr preferencí a h vyjadřuje číselné hodnocení na stobodové stupnici.

Získané hodnoty jsou dosazeny do matice, prázdná pole byla doplněna nulami (tabulka 12).

Tabulka 12: Postup vytváření Saatyho matice

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita
Transverz. rozlišení	0	1,703	1,439	0,754	1,564	1,439	2,125	1,381	2,448	0,429
Počet prstenců detektoru	0	0	0,515	0,429	0,493	0,449	1,778	0,563	1,222	0,389
Velikost prvku krystalu	0	0	0	1,381	1,326	3,167	2,333	2,125	2,226	0,587
Materiál krystalu	0	0	0	0	1,941	1,222	2,571	2,125	4,263	0,471
Podíl rozptýlených koincencí	0	0	0	0	0	0,587	3,545	0,515	1,174	0,515
Axiální Field of View	0	0	0	0	0	0	1,941	1,500	1,857	0,515
Výkon generátoru	0	0	0	0	0	0	0	0,250	0,587	0,370
Koincidenční okno	0	0	0	0	0	0	0	0	1,857	0,538
Počet řad CT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,471
Senzitivita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

V dalším kroku se získaná matice transponuje. Poté se v transponované matici všechny hodnoty pod diagonálou nahradí jejich převrácenými hodnotami a přičtou k matici původní (tabulka 13).

Tabulka 13: Doplnění Saatyho matice převrácenými hodnotami

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita
Transverz. rozlišení	0	1,703	1,439	0,754	1,564	1,439	2,125	1,381	2,448	0,429

Počet prstenců detektoru	0,587	0	0,515	0,429	0,493	0,449	1,778	0,563	1,222	0,389
Velikost prvku krystalu	0,695	1,941	0	1,381	1,326	3,167	2,333	2,125	2,226	0,587
Materiál krystalu	1,326	2,333	0,724	0	1,941	1,222	2,571	2,125	4,263	0,471
Podíl rozptýlených koincidencí	0,639	2,030	0,754	0,515	0	0,587	3,545	0,515	1,174	0,515
Axiální Field of View	0,695	2,226	0,316	0,818	1,703	0	1,941	1,500	1,857	0,515
Výkon generátoru	0,471	0,563	0,429	0,389	0,282	0,515	0	0,250	0,587	0,370
Koincidenční okno	0,724	1,778	0,471	0,471	1,941	0,667	4,000	0	1,857	0,538
Počet řad CT	0,408	0,818	0,449	0,235	0,852	0,538	1,703	0,538	0	0,471
Senzitivita	2,333	2,571	1,703	2,125	1,941	1,941	2,704	1,857	2,125	0

K vytvořené matici se následně připočte jednotková matice (tabulka 14).

Tabulka 14: Výsledná Saatyho matice hodnocení charakteristik od Experta 1 v 1. kole

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita
Transverz. rozlišení	1	1,703	1,439	0,754	1,564	1,439	2,125	1,381	2,448	0,429
Počet prstenců detektoru	0,587	1	0,515	0,429	0,493	0,449	1,778	0,563	1,222	0,389
Velikost prvku krystalu	0,695	1,941	1	1,381	1,326	3,167	2,333	2,125	2,226	0,587
Materiál krystalu	1,326	2,333	0,724	1	1,941	1,222	2,571	2,125	4,263	0,471
Podíl rozptýlených koincidencí	0,639	2,030	0,754	0,515	1	0,587	3,545	0,515	1,174	0,515
Axiální Field of View	0,695	2,226	0,316	0,818	1,703	1	1,941	1,500	1,857	0,515
Výkon generátoru	0,471	0,563	0,429	0,389	0,282	0,515	1	0,250	0,587	0,370
Koincidenční okno	0,724	1,778	0,471	0,471	1,941	0,667	4,000	1	1,857	0,538
Počet řad CT	0,408	0,818	0,449	0,235	0,852	0,538	1,703	0,538	1	0,471
Senzitivita	2,333	2,571	1,703	2,125	1,941	1,941	2,704	1,857	2,125	1

Získaná matice je dále využita pro výpočet vah jednotlivých kritérií (tabulka 15) Váhy kritérií se vypočítají jako geometrické průměry hodnot v řádcích podle vzorce:

$$G(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n} = \left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}} \quad (3.2)$$

Kde G označuje geometrický průměr řádku, x_i jednotlivé hodnoty v řádku a n počet hodnot v řádku.

Tabulka 15: Výpočet vah jednotlivých kritérií od Experta 1 v 1. kole

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	1,703	1,439	0,754	1,564	1,439	2,125	1,381	2,448	0,429	1,281
Počet prstenců detektoru	0,587	1	0,515	0,429	0,493	0,449	1,778	0,563	1,222	0,389	0,001
Velikost prvku krystalu	0,695	1,941	1	1,381	1,326	3,167	2,333	2,125	2,226	0,587	5,068
Materiál krystalu	1,326	2,333	0,724	1	1,941	1,222	2,571	2,125	4,263	0,471	5,825
Podíl rozptýlených koincidencí	0,639	2,030	0,754	0,515	1	0,587	3,545	0,515	1,174	0,515	0,033
Axiální Field of View	0,695	2,226	0,316	0,818	1,703	1	1,941	1,500	1,857	0,515	0,190
Výkon generátoru	0,471	0,563	0,429	0,389	0,282	0,515	1	0,250	0,587	0,370	0,000
Koincidenční okno	0,724	1,778	0,471	0,471	1,941	0,667	4,000	1	1,857	0,538	0,148
Počet řad CT	0,408	0,818	0,449	0,235	0,852	0,538	1,703	0,538	1	0,471	0,001
Senzitivita	2,333	2,571	1,703	2,125	1,941	1,941	2,704	1,857	2,125	1	87,286

Poté byly váhy kritérií znormovány na 1 podle vzorce:

$$b_i = \frac{f_i}{\sum_{i=1}^m f_i}, \text{ pro } i = 1, 2, \dots, m, \quad (3.3)$$

kde b_i je normovaný průměr i -té varianty a f_i je geometrický průměr i -tého řádku.

Při vynásobení těchto vah 100 byly získány váhy kritérií vyjádřené v procentech (tabulka 16).

Tabulka 16: Normované váhy kritérií a váhy kritérií vyjádřené v procentech

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	1,281	0,013	1,283
Počet prstenců detektoru	0,001	0,000	0,001
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	5,068	0,051	5,077
Základní materiál krystalu detektoru	5,825	0,058	5,835
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,033	0,000	0,033
Axiální Field of View (mm)	0,190	0,002	0,190
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,000
Koincidenční okno (ns)	0,148	0,001	0,148

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Počet řad CT	0,001	0,000	0,001
Senzitivita (cps/kBq)	87,286	0,874	87,432
Σ	100	1	100

Z výsledků normovaných vah kritérií Experta 1 (tabulka 16) je patrné, že jako nejdůležitější charakteristiku při výběru PET/CT přístroje považuje vybraný odborník kritérium „Senzitivita“ s hodnotou 0,847.

Stejným postupem bylo získáno hodnocení zbylých expertů. Normované váhy kritérií všech expertů uvádí tabulka 17.

Tabulka 17: Normované váhy kritérií expertů v 1. kole

Charakteristiky	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
Transverz. rozlišení	0,013	0,072	0,022	0,013	0,260	0,001
Počet prstenců detektoru	0,000	0,149	0,174	0,169	0,010	0,003
Velikost jednotlivého prvku krystalu	0,051	0,208	0,002	0,000	0,022	0,625
Základní materiál krystalu detektoru	0,058	0,011	0,000	0,063	0,053	0,127
Podíl rozptýlených koincidencí	0,000	0,018	0,024	0,001	0,033	0,004
Axiální Field of View (mm)	0,002	0,112	0,031	0,319	0,002	0,001
Výkon generátoru vysokého napětí	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000
Koincidenční okno (ns)	0,001	0,066	0,012	0,000	0,046	0,014
Počet řad CT	0,000	0,002	0,000	0,000	0,327	0,000
Senzitivita (cps/kBq)	0,874	0,362	0,736	0,435	0,243	0,225

Hodnocení celé expertní skupiny bylo získáno podle vzorce pro vážený průměr:

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\sum_{z=1}^z s_{ij} q_z}{\sum_{z=1}^z q_z}, \text{ pro } i, j = 1, 2, \dots, n \text{ a } z = 1, 2, \dots, y, \quad (3.4)$$

kde \bar{x}_{ij} je vážený průměr i -tého kritéria k j -tému kritériu, s_{ij} preference i -tého kritéria k j -tému kritériu, n počet kritérií, q_z značí váhu z -tého experta a z počet expertů.

Toto hodnocení je znázorněno v tabulce 18.

Tabulka 18: Výsledné hodnocení expertní skupiny po 1. kole

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita
Transverz. rozlišení	0	44	58	49	55	49	67	53	56	44
Počet prstenců detektoru	0	0	43	47	49	46	67	51	63	39
Velikost prvku krystalu	0	0	0	56	49	52	66	53	61	41
Materiál krystalu	0	0	0	0	51	52	64	52	57	38
Podíl rozp. koincencí	0	0	0	0	0	48	65	44	59	35
Axiální Field of View	0	0	0	0	0	0	64	52	60	44
Výkon generátoru	0	0	0	0	0	0	0	34	38	31
Koincidenční okno	0	0	0	0	0	0	0	0	63	38
Počet řad CT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
Senzitivita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pro výpočet shody mezi členy expertní skupiny byl podle vzorce 2.1 vypočítán Kendallův koeficient konkordance W s výsledkem $W = 0.4036$. Byla požadována hodnota W nad 0,6, které v 1. kole hodnocení charakteristik nebylo dosaženo. Proto bylo nutné provést i 2. kolo. Index konzistence každé matice byl vypočítán podle vzorce 2.2. U všech matic se pohybovala výsledná hodnota indexu $CI < 0,1$.

Ve 2. kole byla každému expertovi odeslána tabulka s výslednými hodnotami celé skupiny a s jeho vlastními výsledky u každého kritéria. V případě, že hodnocení daného experta bylo v toleranci -10 % až +10 % s hodnotami v tabulce 18, považovalo se hodnocení za shodné s celou skupinou a v poslané tabulce nebylo uvedeno. Ukázka části tabulky Experta 1 je znázorněna v tabulce 19.

Tabulka 19: Ukázka části tabulky hodnocení ve 2. kole Experta 1

CHARAKTERISTIKY		HODNOCENÍ SKUPINY	VAŠE HODNOCENÍ	NOVÉ HODNOCENÍ
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	Počet prstenců detektoru	44/56	63/37	45/55
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	Základní materiál krystalu detektoru	49/51	43/57	50/50
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	Axiální Field of View (mm)	49/51	59/41	50/50
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	Počet řad CT	56/44	71/29	55/45
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	Senzitivita (cps/kBq)	44/56	30/70	45/55
Počet prstenců detektoru	Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	43/57	34/66	40/60

CHARAKTERISTIKY		HODNOCENÍ SKUPINY	VAŠE HODNOCENÍ	NOVÉ HODNOCENÍ
Počet prstenců detektoru	Základní materiál krystalu detektoru	47/53	30/70	45/55
Počet prstenců detektoru	Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	49/51	33/67	45/55

Pokud expert upravil své hodnocení podle hodnocení celé skupiny, přepsal jej do sloupce s názvem „Nové hodnocení“. V případě že expert nesouhlasil se změnou svého hodnocení, napsal argumentaci, proč na svém hodnocení trvá.

Postup vyhodnocení 2. kola probíhal totožně jako v 1. kole. U každého experta bylo nutné dopočítat poměr preferencí podle vzorce 3.1, poté vzniklou matici transponovat a podle vzorce 3.2 dopočítat váhy jednotlivých kritérií. Po normování na 1 podle vzorce 3.3 byly výsledné hodnoty zaznamenány do tabulky 20.

Tabulka 20: Výsledné hodnocení expertní skupiny ve 2. kole

	expert 1	expert 2	expert 3	expert 4	expert 5	expert 6	Vážený průměr
Senzitivita	0,908	0,695	0,759	0,715	0,774	0,858	0,785
Axiální Field of View	0,021	0,048	0,049	0,123	0,015	0,018	0,047
Transversální rozlišení	0,025	0,069	0,026	0,044	0,079	0,018	0,043
Velikost jednotlivého prvku krystalu	0,021	0,078	0,002	0,002	0,045	0,049	0,036
Základní materiál krystalu detektoru	0,015	0,023	0,067	0,053	0,025	0,015	0,031
Počet prstenců detektoru	0,002	0,029	0,076	0,055	0,022	0,011	0,030
Koincidenční okno	0,006	0,034	0,011	0,003	0,024	0,024	0,018
Podíl rozp. koincidencí	0,001	0,022	0,010	0,004	0,013	0,007	0,010
Počet řad CT	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000	0,001
Výkon generátoru vysokého napětí	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Váhy expertů	3,2	4	2,2	3,2	2,2	3,6	

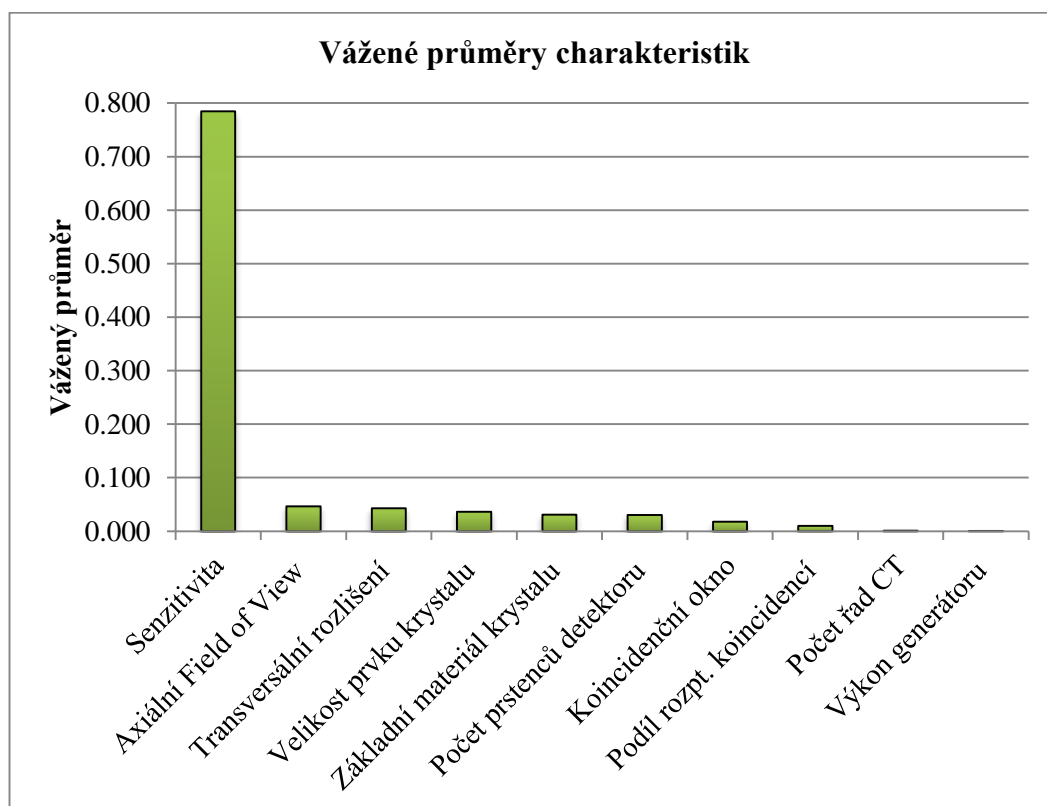
Výsledné hodnocení celé expertní skupiny bylo vypočítáno váženým průměrem podle vzorce 3.4. Tabulka 20 uvádí jednotlivé charakteristiky, vážené průměry a pořadí vah těchto charakteristik. Po 2. kole bylo možné hodnocení charakteristik uzavřít z důvodu dostačující hodnoty Kendallova koeficientu konkordance $W = 0,7169$ a zajištění konzistence všech matic s výsledkem indexu konzistence $CI < 0,1$.

Tabulka 21: Výsledné pořadí charakteristik

	Vážený průměr	Pořadí
Senzitivita (cps/kBq)	0,785	1.
Axiální Field of View (mm)	0,047	2.
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,043	3.
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,036	4.
Základní materiál krystalu detektoru	0,031	5.

	Vážený průměr	Pořadí
Počet prstenců detektoru	0,030	6.
Koincidenční okno (ns)	0,018	7.
Podíl rozptýlených koincincí dle NEMA (%)	0,010	8.
Počet řad CT	0,001	9.
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	10.

Nejvyšší váhu při výběru PET/CT přístroje má charakteristika „Senzitivita“ s váženým průměrem 0,785. Nejmenší roli při výběru hraje podle hodnocení expertní skupiny charakteristika „Výkon generátoru vysokého napětí“ s váženým průměrem 0,00006.



Graf 1: Vážené průměry charakteristik

Z grafu 1 je patrná velmi vysoká hodnota váhy kritéria „Senzitivita“ oproti zbývajícím kritériím, proto bude na závěr provedena analýza citlivosti na změnu závěrečného pořadí variant při změně váhy tohoto kritéria.

3.5.2 Dílčí hodnocení variant

Dalším krokem sběru dat bylo hodnocení variant pomocí webové aplikace. Výstupem hodnocení byly opět trojúhelníkové matice každé charakteristiky. Níže je vygenerována tabulka 22 Experta 1 pro charakteristiku „Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm“.

Tabulka 22: Hodnocení alternativ podle charakteristiky Experta 1 v 1. kole

Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm						
Alternativy	PET/CT 6	PET/CT 5	PET/CT 4	PET/CT 3	PET/CT 2	PET/CT 1
PET/CT 6	-	51	48	51	52	31
PET/CT 5	-	-	48	48	49	33
PET/CT 4	-	-	-	53	53	41
PET/CT 3	-	-	-	-	50	25
PET/CT 2	-	-	-	-	-	27
PET/CT 1	-	-	-	-	-	-

Další úpravy byly shodné s postupem stanovení vah charakteristik. Bylo tedy nutné získané matice dopočítat dle vzorce 3.1, dále matice transponovat a pod diagonálou nahradit jejich převrácenými hodnotami a přičíst k matici původní (tabulka 23).

Tabulka 23: Výsledná Saatyho matice hodnocení variant podle charakteristiky od Experta 1

Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm						
Alternativy	PET/CT 6	PET/CT 5	PET/CT 4	PET/CT 3	PET/CT 2	PET/CT 1
PET/CT 6	1	0,887	1,500	1,273	1,326	1,326
PET/CT 5	0,961	1	1,500	1,439	1,439	1,439
PET/CT 4	1,083	1,083	1	0,818	0,754	0,754
PET/CT 3	0,961	1,083	0,887	1	0,852	0,852
PET/CT 2	0,923	1,041	0,887	1,000	1	1,000
PET/CT 1	2,226	2,030	1,439	3,000	2,704	1

Získaná matice je dále využita pro výpočet vah jednotlivých variant podle každé charakteristiky (tabulka 24). Tyto váhy se vypočítají jako geometrické průměry hodnot v řádcích podle vzorce 3.2.

Tabulka 24: Výpočet vah variant podle charakteristiky od Experta 1 v 1. kole

Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm							Váha variant
Alternativy	PET/CT 6	PET/CT 5	PET/CT 4	PET/CT 3	PET/CT 2	PET/CT 1	
PET/CT 6	1	0,887	1,500	1,273	1,326	1,326	0,496
PET/CT 5	0,961	1	1,500	1,439	1,439	1,439	0,716
PET/CT 4	1,083	1,083	1	0,818	0,754	0,754	0,091
PET/CT 3	0,961	1,083	0,887	1	0,852	0,852	0,112
PET/CT 2	0,923	1,041	0,887	1,000	1	1,000	0,142
PET/CT 1	2,226	2,030	1,439	3,000	2,704	1	8,791

Poté byly váhy variant u každé charakteristiky znormovány podle vzorce 3.3 na 1 tak, že hodnota geometrického průměru každé varianty byla vydělena hodnotou získanou

součtem všech variant. Při vynásobení těchto vah 100, byly získány váhy jednotlivých variant přístrojů vyjádřené v procentech (tabulka 25).

Tabulka 25: Normované váhy variant a váhy variant vyjádřené v procentech

Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm			
Alternativy	Váha varianty	Normovaná váha varianty	Váha varianty v %
PET/CT 6	0,496	0,358	35,815
PET/CT 5	0,840	0,607	60,685
PET/CT 4	0,003	0,002	0,234
PET/CT 3	0,010	0,007	0,701
PET/CT 2	0,018	0,013	1,282
PET/CT 1	0,018	0,013	1,282
Σ	1,384336	1	100

Na závěr je nutné spojit přiřazené váhy kritérií a výsledky z dílčího hodnocení variant. Konečná matice bude obsahovat normované váhy každé varianty b_i podle každého kritéria. Výsledná hodnota každé varianty se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$a_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot b_{ij}, \text{ pro } j = 1, 2, \dots, n, \quad (3.5)$$

kde a_i je vážený součet i -té varianty, w_{ij} normovaná hodnota i -tého kritéria a b_{ij} normovaný průměr i -té varianty.

V příložené tabulce 26 je hodnocení Experta 1, který podle váženého součtu ohodnotil jako nejlepší variantu přístroj PET/CT 1.

Tabulka 26: Výsledná tabulka hodnocení variant od Experta 1

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet hodnocení	Pořadí
PET/CT 6	0,358	0,301	0,322	0,083	0,422	0,096	0,187	0,318	0,515	0,001	0,023	3.
PET/CT 5	0,607	0,435	0,484	0,125	0,372	0,144	0,626	0,477	0,301	0,001	0,036	2.
PET/CT 4	0,002	0,009	0,050	0,310	0,046	0,015	0,065	0,050	0,064	0,000	0,007	5.
PET/CT 3	0,007	0,242	0,100	0,483	0,071	0,043	0,102	0,116	0,099	0,000	0,012	4.
PET/CT 2	0,013	0,012	0,032	0,000	0,031	0,018	0,010	0,039	0,010	0,000	0,002	6.
PET/CT 1	0,013	0,000	0,012	0,000	0,058	0,684	0,010	0,001	0,010	0,997	0,921	1.

váhy kritérií	0,025	0,002	0,021	0,015	0,001	0,021	0,000	0,006	0,000	0,908		
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--

Stejným postupem byla dopočítána hodnocení od ostatních expertů. Výsledné hodnocení celé expertní skupiny, které udává tabulka 27, bylo vypočítáno podle vzorce 3.4 pro vážený průměr.

Tabulka 27: Výsledné hodnocení variant

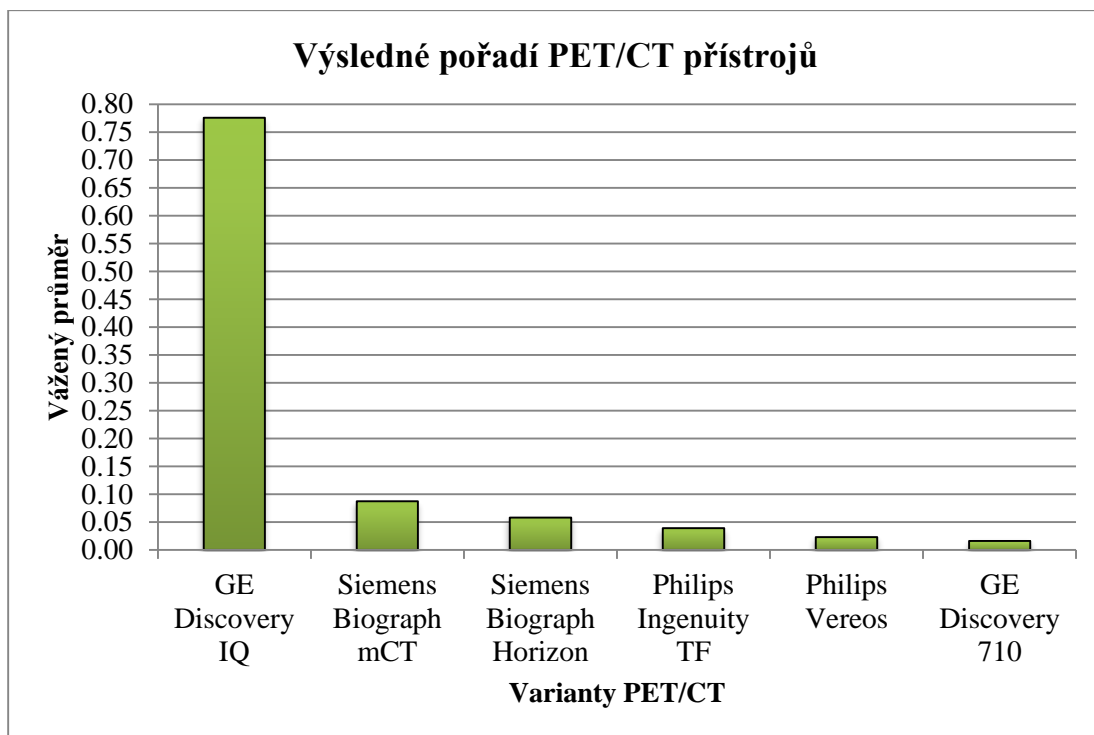
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr
PET/CT 6	0,023	0,118	0,066	0,038	0,104	0,010	0,058
PET/CT 5	0,036	0,177	0,099	0,056	0,152	0,015	0,087
PET/CT 4	0,007	0,027	0,031	0,040	0,017	0,018	0,023
PET/CT 3	0,012	0,036	0,057	0,028	0,028	0,072	0,039
PET/CT 2	0,002	0,041	0,013	0,004	0,027	0,008	0,016
PET/CT 1	0,921	0,602	0,734	0,834	0,672	0,877	0,776
váhy expertů	3,2	4	2,2	3,2	2,2	3,6	

Pro výpočet shody mezi členy expertní skupiny byl podle vzorce 2.1 vypočítán Kendallův koeficient konkordance W . Jelikož byla dodržena podmínka $W > 0,6$; hodnocení variant bylo po 1. kole ukončeno.

Výsledné pořadí přístrojů PET/CT od nejvhodnějšího po nejméně vhodný je uvedeno v tabulce 28 a graficky znázorněno (Graf 2).

Tabulka 28: Výsledné pořadí PET/CT přístrojů podle technických parametrů

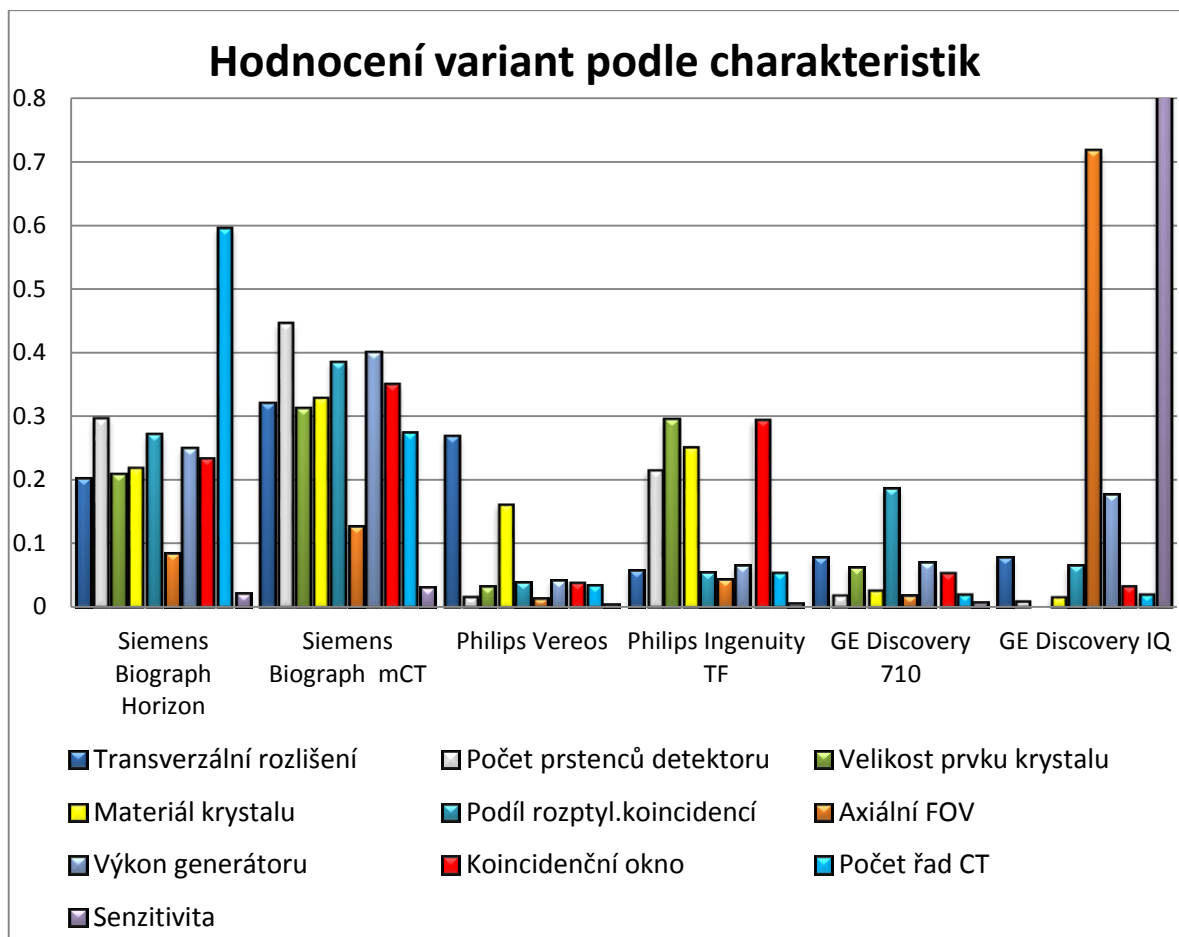
Pořadí	Označení	Typ přístroj	Vážený průměr
1.	PET/CT 1	GE Discovery IQ	0,776
2.	PET/CT 5	Siemens Biograph mCT	0,087
3.	PET/CT 6	Siemens Biograph Horizon	0,058
4.	PET/CT 3	Philips Ingenuity TF	0,039
5.	PET/CT 4	Philips Vereos	0,023
6.	PET/CT 2	GE Discovery 710	0,016



Graf 2: Výsledné pořadí PET/CT přístrojů

Z výsledků vyplývá, že nejlépe hodnocenou variantou přístroje PET/CT se stal přístroj GE Discovery IQ s váženým průměrem 0,776. Naopak nejméně vhodným je přístroj od stejné značky (GE Discovery 710) s váženým průměrem 0,016.

Na přiloženém grafu (Graf 3) jsou znázorněné jednotlivé varianty přístroje podle vážených průměrů každé charakteristiky. Je patrné, že nejlépe hodnocený přístroj (GE Discovery IQ) byl nejvíce vyhovující u kritéria „Senzitivita“ a „Axiální Field of View“, ale v ostatních charakteristikách nedosahoval vysokých hodnot vážených průměrů.



Graf 3: Hodnocení variant podle charakteristik

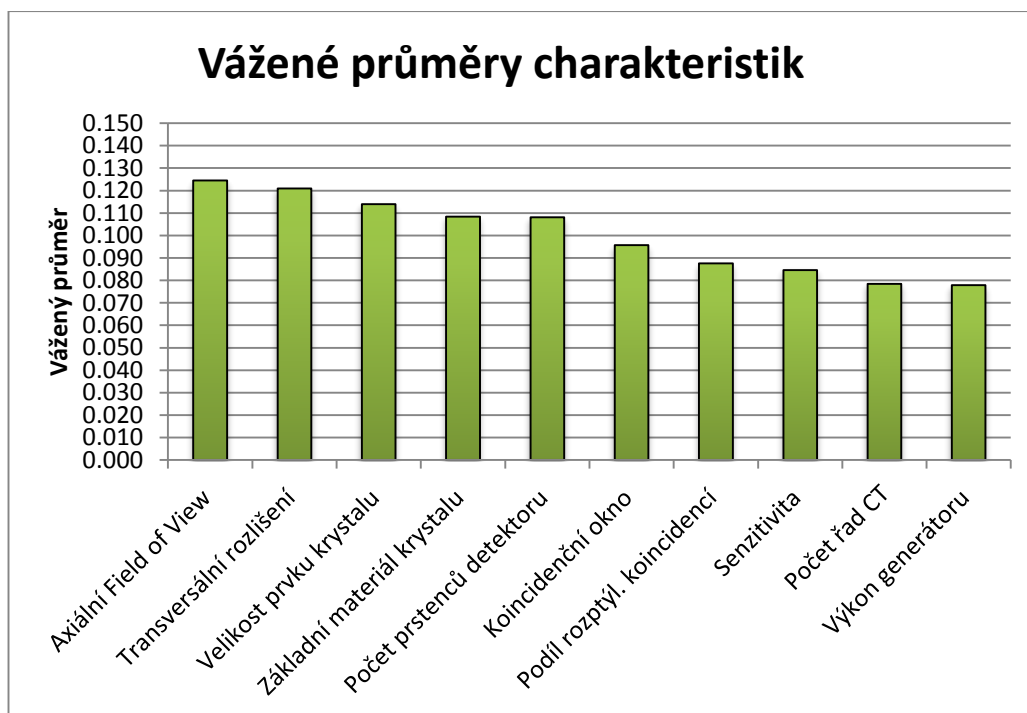
3.5.3 Citlivostní analýza výsledků na změnu

Citlivostní analýza byla provedena v programu Microsoft Excel postupným snižováním normované váhy kritéria „Senzitivita“ až do okamžiku, kdy došlo ke změně pořadí variant přístrojů. Snižování normovaného průměru této charakteristiky u každého experta probíhalo postupně o hodnotu 0,1, která byla rovnoměrně rozdělena mezi zbývající charakteristiky. Snižování hodnoty by změnilo pořadí charakteristik i variant až v případě změny hodnoty váženého průměru expertní skupiny této charakteristiky na 0,085, tedy snížení hodnoty o 89%. Pořadí charakteristik po uvedeném snížení je v tabulce 29 a znázorněno pomocí grafu 4.

Tabulka 29: Citlivostní analýza - pořadí charakteristik

	Vážený průměr	Pořadí
Axiální Field of View	0,1244387	1.
Transverzální rozlišení	0,1208802	2.
Velikost prvku krystalu	0,1139341	3.
Základní materiál krystalu	0,1083895	4.
Počet prstenců detektoru	0,1080876	5.
Koincidenční okno	0,0957014	6.

	Vážený průměr	Pořadí
Podíl rozptýl. koincencí	0,087638	7.
Senzitivita	0,0846329	8.
Počet řad CT	0,0784549	9.
Výkon generátoru	0,0778428	10.

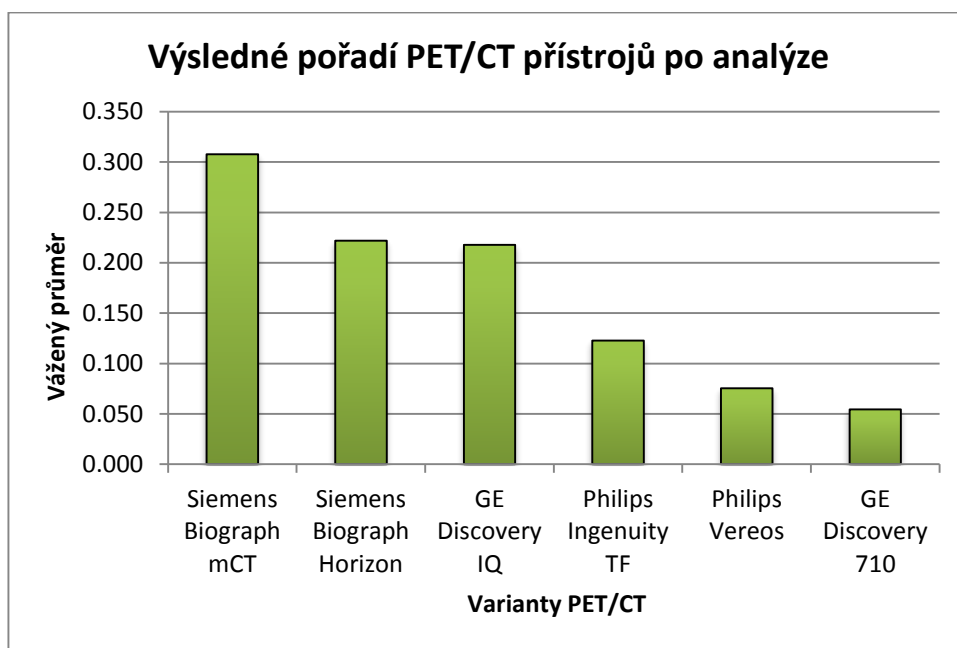


Graf 4: Citlivostní analýza - pořadí charakteristik

Po změně hodnoty normované váhy u kritéria „Senzitivita“ došlo k úpravě vážených průměrů a tedy i pořadí variant. Výsledné pořadí přístrojů je uvedeno v tabulce 30 a graficky znázorněno pomocí grafu 5.

Tabulka 30: Citlivostní analýza - pořadí variant

	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,236	0,264	0,223	0,212	0,307	0,119	0,222	2.
PET/CT 5	0,363	0,390	0,330	0,309	0,397	0,097	0,308	1.
PET/CT 4	0,035	0,057	0,077	0,129	0,037	0,107	0,075	5.
PET/CT 3	0,063	0,086	0,145	0,108	0,077	0,245	0,123	4.
PET/CT 2	0,017	0,082	0,046	0,017	0,058	0,093	0,054	6.
PET/CT 1	0,286	0,122	0,179	0,224	0,124	0,338	0,218	3.
váhy expertů	3,2	4	2,2	3,2	2,2	3,6		



Graf 5: Citlivostní analýza - pořadí variant

3.5.4 Shluková analýza

Vzhledem k výsledkům expertní i citlivostní analýzy byla provedena shluková analýza pomocí programu SPSS Statistics. Z důvodu malého výchozího souboru byl použit hierarchický postup a aglomerativní metoda, která postupně spojuje jednotlivé objekty s minimální vzdáleností. K měření vzdálenosti byla v programu zvolena euklidovská metrika a vybrána Wardova metoda shlukování. Výstupem je tabulka 31 a rozdělení variant do skupin (klastů).

Tabulka 31: Výsledek shlukové analýzy

Stage	Cluster Combined		Coefficients	Stage Cluster First Appears		Next Stage
	Cluster 1	Cluster 2		Cluster 1	Cluster 2	
1	3	5	,039	0	0	3
2	1	2	,146	0	0	4
3	3	4	,283	1	0	4
4	1	3	,823	2	3	5
5	1	6	2,025	4	0	0

Pomocí analýzy shluků byl počáteční soubor variant rozdělen do 3 klastrů (tabulka 32). První klast obsahuje dva PET/CT přístroje, druhý klast tři varianty a v posledním klastu se nachází pouze jeden přístroj. Výstupem shlukové analýzy je i dendrogram, který je v příloze 7. Znárodnuje postupné shlukování jednotlivých kompletů do klastrů.

Tabulka 32: Rozdělení klastrů

Cluster Membership	
Case	3 Clusters
PET/CT 6	1
PET/CT 5	1
PET/CT 4	2
PET/CT 3	2
PET/CT 2	2
PET/CT 1	3

V tabulce 33 jsou zařazeny jednotlivé PET/CT přístroje do příslušných klastrů podle podobnosti hodnot technických parametrů. Přístroje v prvním klastru jsou velice vhodné pro výběr vzhledem k hodnotám technických parametrů a výslednému pořadí. Přístroje nacházející se v druhém klastru jsou méně vhodné a v posledním klastru se nachází nejlépe hodnocený přístroj, který se od ostatních odlišuje především materiálem krystalu, který zajišťuje vyšší senzitivitu oproti ostatním variantám.

Tabulka 33: Zařazení PET/CT přístrojů do klastrů

Pořadí	Označení	Typ přístroj	Klastr
3.	PET/CT 6	Siemens Biograph mCT	1
2.	PET/CT 5	Siemens Biograph Horizon	1
5.	PET/CT 4	Philips Vereos	2
4.	PET/CT 3	Philips Ingenuity TF	2
6.	PET/CT 2	GE Discovery 710	2
1.	PET/CT 1	GE Discovery IQ	3

4 Diskuze

Cílem práce bylo vypracovat modelové řešení výběru PET/CT přístroje do konkrétního zdravotnického zařízení nukleární medicíny pomocí metody AHP.

Úvodem práce byla provedena analýza současného stavu, kde byla prostudována legislativa související s nákupem a výběrem přístrojové techniky a současný výběr PET/CT přístroje v ČR. Poté byla vypracována literární rešerše zaměřena na vyhledávání článků s využitím metody AHP u zdravotnických prostředků. Pomocí uvedených článků a studií byl zhodnocen způsob výběru expertů, tvorba souboru kritérií a došlo k ověření vhodnosti využití této metody při výběru zdravotnického prostředku.

Z analýzy jsou zřejmé nedostatky při určení velikosti a kompetentnosti expertní skupiny. Expertní skupina byla vybrána z odborníků v dané nemocnici, použitím dotazníkového šetření nebo způsob výběru není v článku uveden. V této práci byla expertní skupina vybrána pomocí dotazníkového šetření, kde byli zvoleni odborníci s nejvyšší vahou (kompetentností), která byla vypočítána na základě odpovědí. Podporou při tvorbě otázek byla metodika v podobných diplomových pracích [48] [49] a prostudování komplexního přístupu založeného na objektivním a subjektivním sebehodnocení experta [50]. Stanovené otázky byly zaměřené na vzdělání podle pracovní pozice, ale především na praxi v daném oboru a zkušenosti s obsluhou, výběrem a nákupem PET/CT přístroje.

Dále byl zhodnocen způsob stanovení souboru kritérií, který je jedním ze stěžejních bodů pro hodnocení pomocí metody AHP. Pokud je v člancích uvedeno, soubor kritérií byl získán rešerší odborné literatury a převzetím seznamu z databáze ECRI Institute. V žádném z uvedených nebyli do stanovení souboru zapojeni vybraní odborníci z expertní skupiny. Soubor klíčových kritérií byl vypracován v několika krocích. Prvním krokem bylo porovnání seznamu technických parametrů z databáze ECRI Institute se seznamem kritérií z technické specifikace zadávacích dokumentací veřejných zakázek na nákup PET/CT přístroje v ČR. Z kritérií, které se nacházely v obou seznamech, byl vypracován potencionální seznam, který byl předložen expertní skupině. Po vyhodnocení dotazování byla vypracována tabulka, porovnávající doporučená kritéria z databáze ECRI Institute, četnosti kritérií ve veřejných zakázkách a preference expertů, kde byly přiřazeny body každému kritériu. Na základě celkového počtu bodů bylo vybráno deset kritérií s nejvyšším bodovým ohodnocením.

Posledním krokem pro hodnocení přístrojů metodou AHP byl výběr variant. Ty byly vybrány z databáze ECRI Institute a konzultací s dodavatelem v ČR. Po vyřazení nevhodných přístrojů byl výběr zúžen na 6 variant od 3 výrobců. Pro zachování objektivity při hodnocení experty byly jednotlivé přístroje uváděné pouze pod označením.

K dosažení konsenzu mezi experty byla použita metoda Delphi, která je založena na vícekolovém dotazování. Těsnost vztahu jednotlivých názorů byla posouzena na základě výpočtu Kendallova koeficientu konkordance, který po prvním kole nedosahoval stanovené hodnoty, proto bylo nutné pokračovat druhým kolem, ve kterém odborníci přizpůsobovali své hodnocení celé expertní skupině. Dva experti si v hodnocení některých charakteristik stáli za svým názorem, proto museli svůj postoj vysvětlit pomocí vlastní

argumentace. Toto rozdílné stanovisko se do dostatečné hodnoty Kendallova koeficientu konkordance příliš nepromítlo, proto bylo možné po druhém kole hodnocení ukončit.

Pro hodnocení charakteristik a variant přístrojů byla využita fakultní aplikace, která byla rozdělena na dvě části. V první části odborníci párovým porovnáváním hodnotili jednotlivé charakteristiky. Výsledkem je konečné pořadí charakteristik a jejich váhy. Odborníci zvolili za nejdůležitější kritérium „*Senzitivita*“ s váženým průměrem 0,785. Tato hodnota je vzhledem k ostatním velice vysoká a výrazně ovlivnila výsledné pořadí variant přístrojů. Druhá část byla zaměřena na porovnání konkrétních parametrů nebo vlastností jednotlivých přístrojů. Spojením obou částí vzniklo konečné pořadí PET/CT přístrojů.

Jelikož bylo ovlivněno především hodnotou jednoho kritéria, byla provedena citlivostní analýza výsledků na změnu. Ta probíhala postupným snižováním této hodnoty až do změny pořadí variant. Pořadí charakteristik i variant by se změnilo až v případě změny hodnoty váženého průměru expertní skupiny této charakteristiky na 0,085; tedy snížení hodnoty o 89%. Po tomto snížení se nejlépe hodnocená varianta přístroje propadla až na třetí místo.

Vzhledem k výsledkům expertní i citlivostní analýzy byla na závěr práce provedena shluková analýza, která klasifikuje množiny objektů do shluků podle podobnosti. Pomocí analýzy shluků byl počáteční soubor variant rozdělen do 3 klastrů. V prvním klastru se nachází dva skenery, které jsou velice vhodné pro výběr vzhledem k hodnotám technických parametrů a metodou AHP se zařadily na druhé a třetí místo. Druhý klaster obsahuje tři přístroje, které jsou méně vhodné, a v posledním klastru se nachází nejlépe hodnocený přístroj, který se od ostatních odlišuje především materiálem krystalu, který zajišťuje vyšší senzitivitu oproti ostatním variantám a z důvodu nejvyšší váhy charakteristiky „*Senzitivita*“ bylo výsledné pořadí přístrojů ovlivněno především tímto kritériem.

Výzkum byl zaměřen na výběr technických parametrů, proto by rozšířením nebo navázáním na práci mohlo být zapojení ekonomického vlivu do hodnocení jednotlivých variant například přidáním pořizovací ceny jako klíčové charakteristiky. V tomto případě by bylo nezbytné zahrnout do expertní skupiny i odborníky z jiných oborů. Pro komplexní pojetí je nutné neopomenout i další náklady a vlivy jako je servis přístroje, stavební úpravy, personální zajištění apod.

5 Závěr

Práce se zabývala modelovým řešením výběru PET/CT přístroje do konkrétního zdravotnického zařízení nukleární medicíny pomocí metody AHP. Pro dosažení cíle byly stanoveny dílčí úkoly: 1) Výběr expertní skupiny; 2) Stanovení postupu pro výběr souboru kritérií u PET/CT aplikovatelného i na ostatní zdravotnickou techniku; 3) Zhodnocení situace nabídky PET/CT na trhu; 4) Výběr nejvhodnější varianty přístroje pomocí metody AHP.

Byla provedena analýza současného stavu prostudováním legislativy související s nákupem a výběrem přístrojové techniky a současný průběh výběru PET/CT přístroje v ČR. Poté byla vypracována literární rešerše zaměřena na vyhledávání článků s využitím metody AHP u zdravotnických prostředků. Pomocí uvedených článků a studií byl zhodnocen způsob výběru expertů, tvorba souboru kritérií a ověření vhodnosti využití této metody při výběru zdravotnického prostředku.

Za účelem provedení expertní analýzy byla stanovena šestičlenná skupina složená ze dvou lékařů (zástupce přednosta kliniky, primář oddělení), dvou radiačních fyziků a dále ze dvou vedoucích radiologických asistentů. Do skupiny byli vybráni experti s nejvyšší kompetentností, která byla posouzena na základě odpovědí z dotazníkového šetření. Celkem bylo osloveno 37 expertů z 8 pracovišť. Odpověď byla získána od 19 odborníků (návratnost 51 %). Pomocí vytvořeného postupu výběru klíčových kritérií bylo vybráno 10 charakteristik s nejvyšším bodovým ohodnocením, které byly zvoleny porovnáním doporučených kritérií z databáze ECRI Institute, kritérií ve veřejných zakázkách a preferencí expertů. Z databáze ECRI Institute a komunikací s dodavatelem v ČR byla zhodnocena situace nabídky PET/CT přístrojů na trhu, kde pro celosvětový trh bylo nalezeno 17 skenerů od 4 výrobců. Po zúžení výběru byl nejvhodnější skener vybírán z 6 přístrojů od 3 výrobců.

Expertní analýza byla provedena metodou AHP, kde pro dosažení shody expertní skupiny byla vybrána metoda Delphi, která proběhla ve dvou kolech. Data, která byla získána ze softwaru, byla vyhodnocena a zpracována. Za nejdůležitější charakteristiku byla vybrána „Senzitivita“ s hodnotou váženého průměru 0,785. Zbývající charakteristiky byly hodnoceny následovně: 2) *Axiální Field of View* (0,047); 3) *Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm* (0,043); 4) *Velikost jednotlivého prvku krystalu* (0,036); 5) *Základní materiál krystalu detektoru* (0,031); 6) *Počet prstenců detektoru* (0,030); 7) *Koincidenční okno* (0,018); 8) *Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA* (0,010); 9) *Počet řad CT* (0,001); 10) *Výkon generátoru vysokého napětí* (0,000).

Na základě spojení přiřazených vah kritérií a výsledků z dílčího hodnocení variant bylo podle hodnot vážených průměrů stanoveno následovné pořadí přístrojů od nejvhodnějšího po nejméně vhodný: 1) GE Discovery IQ (0,776); 2) SIEMENS Biograph mCT (0,087); 3) SIEMENS Biograph Horizon (0,058); 4) PHILIPS Ingenuity TF (0,039); 5) PHILIPS Vereos (0,023); 6) GE Discovery 710 (0,016).

Vzhledem k vysoké hodnotě váženého průměru u kritéria „Senzitivita“, které velice ovlivnilo pořadí variant, byla na závěr práce provedena citlivostní analýza a analýza

shluků. Výsledkem citlivostní analýzy je změna pořadí charakteristik i variant až v případě změny hodnoty váženého průměru expertní skupiny této charakteristiky na 0,085; tedy snížení hodnoty o 89%. Po tomto snížení se nejlépe hodnocená varianta přístroje propadla až na třetí místo.

Po provedení shlukové analýzy bylo zjištěno, že je možné za vhodné varianty považovat i přístroje, které se metodou AHP zařadily na druhé a třetí místo. Nejvhodnější přístroj byl zařazen do samostatného klastru především z důvodu jiného materiálu krystalu, kterým je ovlivněna i senzitivita, jež dosahovala oproti ostatním přístrojům vysoké hodnoty.

Problematika výběru a nákupu zdravotnických prostředků je rozsáhlá a výběr by měl být ovlivněn mnoha faktory. Výsledky této práce mohou sloužit jako podklad pro správný rozhodovací proces při výběru zdravotnického prostředku. Popsaný model výběru PET/CT přístroje je doporučením a lze ho dle potřeb zdravotnických zařízení modifikovat.

Seznam použité literatury

1. ROSINA J., ROGALEWICZ V., IVLEV I., JUŘIČKOVÁ I., DONIN G., JANTOSOVÁ N., VACEK J., OTAWOVÁ R., KNEPPO P. *Health technology assessment for medical devices*. Lékař a technika / Clinician and Technology 2014, 44(3):23-36, ISSN 0301-5491 [online] [cit. 2015-10-26] Dostupné z: <http://ctj.fbmi.cvut.cz/previous-issues.jsf>
2. *First WHO Global Forum on Medical Devices: context, outcomes and future actions*. World Health Organization. 2011. [Online]. [cit. 2015-12-28] Dostupné z: http://www.who.int/medical_devices/gfmd_report_final.pdf.
3. *Second WHO Global Forum on Medical Devices: Priority Medical Devices for Universal Health Coverage*. World Health Organization. [Online] 2014. [cit. 2015-12-28] http://www.who.int/medical_devices/global_forum/2ndgfmd_report.pdf?ua=1
4. Zákon č. 137/2006 Sb., o veřejných zakázkách, ve znění pozdějších předpisů.
5. Přístrojová komise. [online] HaSIM. [cit. 2015-10-26] Dostupné z: <http://www.hasim.cz/content/pristrojova-komise>
6. Příkaz ministra č. 3/2013, Protikorupční strategie Ministerstva zdravotnictví České republiky pro přímo řízené organizace ze dne 25. 1. 2013 [online] Ministerstvo zdravotnictví České republiky. [cit. 2015-10-26] Dostupné z: http://www.mzcr.cz/dokumenty/protikorupcnistrategie-ministerstva-zdravotnictvi-ceske-republiky_4627_846_1.html
7. SLOANE E.B., LIBERATORE, M.J., NYDICK, R.L., LUO, W., CHUNG, Q.B. *Clinical engineering technology assessment decision support: a case study using the analytic hierarchy process (AHP)*. Engineering in Medicine and Biology, 2002. 24th Annual Conference and the Annual Fall Meeting of the Biomedical Engineering Society EMBS/BMES Conference, 2002. Proceedings of the Second Joint, vol.3, no., pp.1950-1951 vol.3, 23-26 Oct. 2002 [online]. [cit. 2015-10-29]. Dostupné z: <http://80.ieeexplore.ieee.org/dialog.cvut.cz/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1053110>
8. IVLEV, Ilya, VACEK, Jakub, KNEPPO, Peter. *Multi-criteria decision analysis for supporting the selection of medical devices under uncertainty*. [online]. 2015 [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221715004877>
9. PECCHIA, Leandro, MARTIN, Jennifer L, RAGOZZINO, Angela, VANZANELLA, Carmela, SCOGNAMIGLIO, Arturo, MIRARCHI, Luciano and MORGAN, Stephen P. *User needs elicitation via analytic hierarchy proces (AHP). A case study on a Computed Tomography (CT) scanner*. [online]. 2013 [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23289426>
10. MONTEVECHI, J. A. B., GUIMARÃES, I. F., DE OLIVEIRA, M., FRIEND, J.: *Decision-making with multiple criteria in the selection of ultrasonic scanning system in a private hospital in Brazil*. Int. J. AHP, 2(1):14–29. [online]. 2010 [cit. 2015-10-28]. Dostupné z: <http://www.ijahp.org/index.php/IJAHP/article/view/70>
11. HUMMEL, J M M, VAN ROSSUM, W, VERKERKE, G J and RAKHORST, G. *Medical technology assessment: The use of the Analytic Hierarchy Process as a tool*

- for multidisciplinary evaluation of medical devices*. International Journal of Artificial Organs. Vol. 23, no. 11, p. 782–787. [online]. 2000 [cit. 2015-10-29]. Dostupné z: <http://www.rug.nl/research/portal/files/3102726/c7.pdf>
12. WANKI, Kim, SUNG, Kwon Han, KYONG, Joo Oh, TAE, Yoon Kim, HYUNCHUL, Ahn, CHIWOO, Song. *The dual analytic hierarchy process to prioritize emerging technologies*. Technological Forecasting and Social Change. Volume 77, Issue 4, May, Pages 566–577 [online]. 2010 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog.cvut.cz/science/article/pii/S0040162509002145?np=y>
 13. BAHADORI, Mohammadkarim, SADEGHIFAR, Jamil, RAVANGARD, Ramin, SALIMI, Mohammad, MEHRABIAN, Fardin. *Priority of Determinants Influencing the Behavior of Purchasing the Capital Medical Equipments using AHP Model*. World Journal of Medical Sciences 7 (3): 131-136, 2012. ISSN 1817-3055. [online]. [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: [http://idosi.org/wjms/7\(3\)12/1.pdf](http://idosi.org/wjms/7(3)12/1.pdf)
 14. KITAMURA, Y. *Decision-making process of patients with gynecological cancer regarding their cancer treatment choices using the analytic hierarchy process*. Japan Journal of Nursing Science, 7: 148–157. [online]. 2010 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1742-7924.2010.00147.x/full>
 15. ASLI, S. et al. *Sequential decision tree using the analytic hierarchy process for decision support in rectal cancer*. [online]. 2012 [cit. 2015-10-29]. Dostupné z: <http://80.www.sciencedirect.com/dialog.cvut.cz/science/article/pii/S0933365712000632>
 16. LIBERATORE, M. J., NYDICK, R. L. *The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review*. [Online] 2008. [cit. 2015-12-28] Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221707004729>
 17. VOTRUBOVÁ, J., BĚLOHLÁVEK, O., JARUŠKOVÁ, M. *Indikace k hybridnímu zobrazování PET/CT*. Postgraduální medicína [online]. 2006 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://zdravi.e15.cz/clanek/postgradualni-medicina/indikace-k-hybridnimu-zobrazovani-pet-ct-170740>
 18. VOTRUBOVÁ, J., BĚLOHLÁVEK, O. *PET/CT v klinické praxi*. Interní medicína [online]. 2005 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://www.internimedicina.cz/pdfs/int/2005/06/07.pdf>
 19. BEYER, Thomas, TOWNSEND, David W. *Putting 'clear' into nuclear medicine: a decade of PET/CT development*. European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. August 2006, Volume 33, Issue 8, pp 857-861. [online]. 2006 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <http://80.link.springer.com/dialog.cvut.cz/article/10.1007/s00259-006-0137-z/fulltext.html#copyrightInformation>
 20. TOWNSEND, DW., CARNE, JP., YAP, JT., HALL, NC.. *PET/CT today and tomorrow*. J Nucl Med. 2004 Jan;45 Suppl 1:4S-14S. [online]. 2004 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14736831?dopt=Abstract>
 21. *Principy PET*. Klinika nukleární medicíny [online]. Olomouc: Univerzita Palackého [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika->

- nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/pozitronova-emisni-tomografie/principy-pet/
22. ULLMANN, V. Aplikace ionizujícího záření. AstroNuklFyzika. [online]. [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.sweb.cz/strana2.htm>
 23. ULLMANN, V. Radioisotopová scintigrafie. AstroNuklFyzika. [online]. [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://astronuklfyzika.cz/Scintigrafie.htm>
 24. TRUELLOVÁ, Iva. *Přístroje vybrané zdravotnické techniky v České republice* [online]. IPVZ, 2002 [cit. 2015-12-29]. Dostupné z: <http://apra.ipvz.cz/default.asp>
 25. ŠOBÁŇOVÁ, Kateřina. *Odhad minimální potřebné kapacity PET a PET/CT pro onkologické pacienty v ČR* [online]. Praha, 2007 [cit. 2016-01-02]. Dostupné z: <http://www.csnm.cz/files/aboutDomain/odhad%20kapacity%20PET.pdf>
 26. Česká společnost nukleární medicíny. ČSNM ČLS JEP. [online]. © 2010-2014 [cit. 2016-01-03]. Dostupné z: <http://www.csnm.cz/>
 27. Health Care Resources. OECD. [online]. 2015 [cit. 2016-01-04]. Dostupné z: http://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=HEALTH_REAC
 28. *Věstník veřejných zakázek* [online]. Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2012 [cit. 2016-01-23]. Dostupné z: <https://www.vestnikverejnychzakazek.cz/>
 29. FN Plzeň – Hybridní skener PET/CT. Tender systems s.r.o.. [online]. © 2013 – 2016 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <https://www.tenderarena.cz/profil/zakazka/detail.jsf?id=12995>
 30. FN Ostrava – PET/CT s příslušenstvím. Tender systems s.r.o.. [online]. © 2013 – 2016 [cit. 2015-10-30]. Dostupné z: <https://www.tenderarena.cz/profil/zakazka/detail.jsf?id=30398>
 31. *Veřejné zakázky Nemocnice České Budějovice, a.s.* [online]. 2006 – 2016 © Nemocnice České Budějovice, a.s [cit. 2016-01-23]. Dostupné z: https://ezak.nemcb.cz/contract_display_124.html
 32. *Komplexní onkologické centrum Krajské zdravotní, a. s. – pořízení lineárního urychlovače a PET/CT* [online]. 2006 – 2016 © Krajská zdravotní, a.s. [cit. 2016-01-23]. Dostupné z: https://zakazky.kzcr.eu/document_download_3874.html
 33. JANÍČEK, Přemysl, MAREK, Jiří. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. Praha: Grada, 2013
 34. REICHEL, Jiří. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009, 184 s. Sociologie (Grada). ISBN 978-80-247-3006-6
 35. KREISLOVÁ, Gabriela. *Dotazníkové šetření* [online]. Plzeň, 2008 [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <https://nit.felk.cvut.cz/~dark/Petr/Ivana/Dotazkiny%20-%20metody/BP%20-%20Dotaznikove%20setreni.pdf>. ZČU
 36. ŠTĚDRŮŇ, Bohumír. *Prognostické metody a jejich aplikace*. Vyd. 1. Praha: C.H. Beck, 2012, 197 s. Beckova edice ekonomie. ISBN 978-80-7179-174-4
 37. POTŮČEK, Martin (ed.). *Manuál prognostických metod*. Praha: Sociologické nakladatelství, 2006, 193 s. Studijní texty (Sociologické nakladatelství). ISBN 80-86429-55-5.
 38. CHRÁSKA, Miroslav. *Metody pedagogického výzkumu: základy kvantitativního výzkumu*. Vydání 1. Praha: Grada Publishing, 2007, 265 s. ISBN 978-80-247-1369-4

39. MARTINOVIČOVÁ, Dana, Miloš KONEČNÝ a Jan VAVŘINA. *Úvod do podnikové ekonomiky*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 208 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5316-4.
40. FOTR, Jiří, ŠVECOVÁ, Lenka. *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje*. 2., přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2010, 474 s. ISBN 978-80-86929-59-0
41. ŠUBRT, T. *Ekonomicko-matematické metody*. 1st ed. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2011. ISBN 978-80-7380-345-2.
42. BHUSHAN, Navneet, KANWAL, Rai. *Strategic Decision Making*. Springer-Verlag London. 2004. ISBN 978-1-85233-756-8. ONLINE Dostupné z: <http://www.springer.com/gp/book/9781852337568#reviews>
43. JANDOVÁ, Věra. *AHP - její silné a slabé stránky*. Olomouc, 2012. diplomová práce (Mgr.). UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI. Přírodovědecká fakulta
44. RAMÍK, J.: *Analytický hierarchický proces (AHP) a jeho využití v malém a středním podnikání*, Slezská univerzita, Karviná, 2000
45. JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 323 s. ISBN 978-80-86946-44-3.
46. MELOUN, Milan, MILITKÝ, Jiří. *Statistická analýza experimentálních dat*. Vyd. 2., upr. a rozš. Praha: Academia, 2004. ISBN 80200-1254-0.
47. IBM Corporation. [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www-01.ibm.com/software/cz/analytics/spss/products/statistics/>
48. LANDOVÁ, Marie. *Vyhodnocení současné situace a modelové řešení výběru skiaskopicko-skiagrafičkových kompletů ve zdravotnických zařízeních ČR*. ČVUT FBMI, Kladno, 2014. Diplomová práce.
49. VACEK, Jakub. *Perspektivní model výběru zdravotnických prostředků (MRI)*. ČVUT FBMI, Kladno, 2012. Diplomová práce.
50. KNEPPO, Peter. *Hodnocení zdravotnických přístrojů: vybrané kapitoly pro praxi*. 2., upr. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, katedra biomedicínské techniky, 2014. ISBN 978-80-01-05541-0.

Seznam obrázků

Obrázek 1: PET subsystém [23]	17
Obrázek 2: CT subsystém [22]	17
Obrázek 3: Rozmístění PET center [26]	19
Obrázek 4: Obecný model procesu Delphi [37] Dostupné z:	27
Obrázek 5: Postup stanovení souboru kritérií.....	29
Obrázek 6: Proces hodnocení variant [40].....	30
Obrázek 7: Hierarchická struktura párového porovnání prioritou [41]	31
Obrázek 8: Saatyho stupnice [42]	32
Obrázek 9: Postup získávání a zpracování dat.....	35
Obrázek 10: Ukázka webové aplikace a hodnocení charakteristik.....	41
Obrázek 11: Ukázka porovnání hodnot parametru jednotlivých PET/CT přístrojů	41
Obrázek 12: Grafické uživatelské rozhraní programu Mathematica	42
Obrázek 13: Grafické uživatelské rozhraní programu SPSS Statistics.....	43

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled článků a studií.....	14
Tabulka 2: Realizace nákupů PET a PET/CT přístrojů v ČR [26]	18
Tabulka 3: Statistika PET skenerů [27]	20
Tabulka 4: Stanovení odborné způsobilosti expertů.....	25
Tabulka 5: Váhy vybraných expertů.....	36
Tabulka 6: Porovnání seznamů kritérií	37
Tabulka 7: Bodové hodnocení	39
Tabulka 8: Seznam klíčových kritérií	39
Tabulka 9: Hodnoty klíčových kritérií.....	40
Tabulka 10: Seznam variant PET/CT a jejich označení	40
Tabulka 11: Výstup hodnocení charakteristik z webové aplikace od Experta 1 v 1. kole ..	43
Tabulka 12: Postup vytváření Saatyho matice.....	44
Tabulka 13: Doplnění Saatyho matice převrácenými hodnotami.....	44
Tabulka 14: Výsledná Saatyho matice hodnocení charakteristik od Experta 1 v 1. kole	45
Tabulka 15: Výpočet vah jednotlivých kritérií od Experta 1 v 1. kole.....	46
Tabulka 16: Normované váhy kritérií a váhy kritérií vyjádřené v procentech	46
Tabulka 17: Normované váhy kritérií expertů v 1. kole.....	47
Tabulka 18: Výsledné hodnocení expertní skupiny po 1. kole.....	48
Tabulka 19: Ukázka části tabulky hodnocení ve 2. kole Experta 1	48
Tabulka 20: Výsledné hodnocení expertní skupiny ve 2. kole	49
Tabulka 21: Výsledné pořadí charakteristik	49
Tabulka 22: Hodnocení alternativ podle charakteristiky Experta 1 v 1. kole.....	51
Tabulka 23: Výsledná Saatyho matice hodnocení variant podle charakteristiky od Experta 1	51
Tabulka 24: Výpočet vah variant podle charakteristiky od Experta 1 v 1. kole.....	51
Tabulka 25: Normované váhy variant a váhy variant vyjádřené v procentech	52
Tabulka 26: Výsledná tabulka hodnocení variant od Experta 1	52
Tabulka 27: Výsledné hodnocení variant	53
Tabulka 28: Výsledné pořadí PET/CT přístrojů podle technických parametrů.....	53
Tabulka 29: Citlivostní analýza - pořadí charakteristik.....	55
Tabulka 30: Citlivostní analýza - pořadí variant	56
Tabulka 31: Výsledek shlukové analýzy	57
Tabulka 32: Rozdělení klastrů	58
Tabulka 33: Zařazení PET/CT přístrojů do klastrů	58

Seznam grafů

Graf 1: Vážené průměry charakteristik.....	50
Graf 2: Výsledné pořadí PET/CT přístrojů.....	54
Graf 3: Hodnocení variant podle charakteristik.....	55
Graf 4: Citlivostní analýza - pořadí charakteristik.....	56
Graf 5: Citlivostní analýza - pořadí variant	57

Seznam příloh

Příloha 1: Seznam doporučených kritérií z databáze ECRI.....	71
Příloha 2: Kritéria a jejich četnosti ve veřejných zakázkách	73
Příloha 3: Hodnocení kritérií experty	75
Příloha 4: Grafické znázornění hodnot charakteristik	78
Příloha 5: Hierarchická struktura metody AHP	82
Příloha 6: Hodnocení expertů v jednotlivých kolech.....	83
Příloha 7: Dendrogram.....	101

Příloha 1: Seznam doporučených kritérií z databáze ECRI

	<u>Detektor</u>	
1		počet prstenců detektoru
2		průměr prstence
3		materiál krystalu
4		velikost krystalu
5		Axial FOV, mm
	<u>výkon detektoru</u>	
6		citlivost systému
7		Peak noise equivalent count rate
8		podíl rozptylu
9		Maximum count rate, cps @ 50% mrtvého času
10		rozlišení (mm)
11		Energy resolution, %
12		režim Time of flight
	<u>specifikace CT</u>	
13		počet řad CT
14		celková šíře detektoru (mm)
15		možnosti šíře rekonstruované vrstvy (mm)
16		čas rotace, sec, 360°
17		velikost Field of view
18	rekonstrukce CT obrazu	
	<u>výkon CT</u>	
19		rozlišení ve vysokém kontrastu
20		rozlišení v nízkém kontrastu, mm at % at ≤ 4 rads
	<u>Rentgenka</u>	
		Anoda
21		tepelná kapacita, MHU
22		rychlost odvodu tepla, MHU/min
23		chlazení rentgenky
24		velikost ohniska (mm)
25		maximální mA
26		maximální scanovací čas
27		maximální mA pro malé ohnisko

28		možnosti modulace dávky
29		možnosti modulace dávky – Cardio
	<u>Generátor</u>	
30		kW výkon
31		kVp rozsah
32		mA range
	<u>vyšetřovací stůl</u>	
33		vertikální pojezd, cm
34		horizontální pojezd, cm
35		maximální váha pacienta, kg (lb)
	<u>GANTRY</u>	
36		H x W x D, cm (in)
37		váha, kg (lb)
38		průměr, cm
39		nastavení pozice pacienta
	<u>rekonstrukce obrazu</u>	
40		Image non-uniformity
41		Coincidence window, nsec
42		rekonstrukční čas, sec
43	DICOM 3.0 shoda	

Příloha 2: Kritéria a jejich četnosti ve veřejných zakázkách

TECHNICKÉ PARAMETRY	ČETNOST
Charakteristika gantry	
průměr otvorů gantry	4
nosnost stolu	4
rozsah simultánního skenování PET/CT	4
deflexe vyšetřovacího stolu	4
paleta pro plánování radioterapie povinnou součástí dodávky	4
Přístrojové vybavení pro dechovou synchronizaci PET/CT vyšetření	2
Charakteristika PET	
základní materiál krystalů detektorů	4
axiální Field of View (FOV) - fyzikální FOV	4
překryv axiálního FOV v sousedních akvizičních pozicích (Bed Overlap)	4
akvizice dynamická - list mode	4
akvizice v jednotlivých pozicích (bed) - step-and-go	4
senzitivita - NEMA performance specification v cps/kBq	4
time of flight rekonstrukce	4
4D gating	4
velikost jednotlivého prvku krystalů v transaxiálním a axiálním směru	3
počet krystalových elementů	3
transversální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm od centrální osy podle NEMA 2007	3
axiální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm od centrální osy podle NEMA 2007	3
koincidenční okno	3
časové rozlišení TOF	3
Metoda rekonstrukce pro dosažení vysokého rozlišení (PSF rekonstrukce)	3
nejvyšší dosažitelná matrice	2
count rate NECR	2
PET/CT zobrazení srdce se synchronizovanou akvizicí s EKG a s možností provedení plnohodnotné CT angiografie srdce	2
Rekonstrukce korigovaných obrazů PET srdce pomocí CT obrazů rekonstruovaných synchronně s EKG	2
Možnost současného použití PSF a TOF rekonstrukce	2
počet prstenců detektorových elementů	1
počet řad detektorových bloků /rings	1
minimální separace PET obrazů, rozumí se minimální vzdálenost jednotlivých odlišených obrazů od středů jednotlivých řezů bez axiálního pohybu	1
objemové rozlišení	1
energetické okno	1
Tloušťka PET řezu	1
Pomůcky pro kalibrace a kontrolu kvality	1

TECHNICKÉ PARAMETRY	ČETNOST
Podíl rozptýlených koincidencí pro 3D dle NEMÁ	1
Charakteristika CT	
počet akvizičních datových stop na jednu otáčku o 360 st	4
nejkratší čas rotace gantry	4
výkon generátoru vysokého napětí	4
dávková modulace - interaktivní způsob v reálném čase, efektivita snížení nejméně o 2/3	4
aktivní prvky snížení dávky	4
iterativní rekonstrukce dat	4
průměr rekonstruovaného field of view	3
skenovací režimy	3
skenovací režim méně než 80 kV	3
nejušší rekonstruovaná šíře obrazu	3
rychlost chlazení RTG zářiče	2
možnost hodnocení Ca skóre	2
Transaxiální rozměr rekonstruovaného FOV CT pro potřebu korekce atenuace	2
dosažitelná doba CT spirální akvizice	1
akvizice dat pro CT srdce včetně rekonstrukce v optimálním časovém okně a možnost použití techniky step-and-shoot	1
pomůcky pro kalibrace a kontrolu kvality	1
Maximální dosažitelná rekonstrukční matrice pro CT	1
Maximální proud na rentgence	1

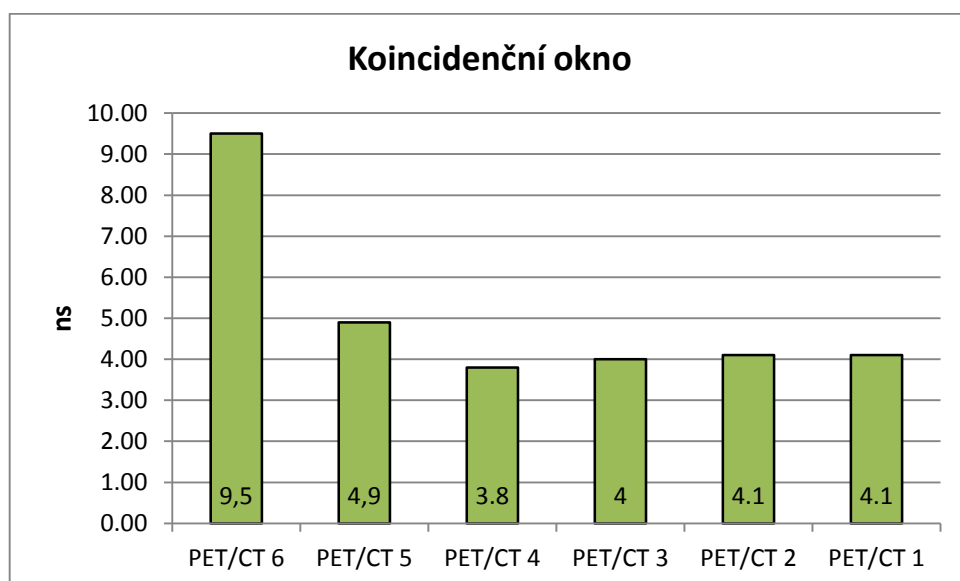
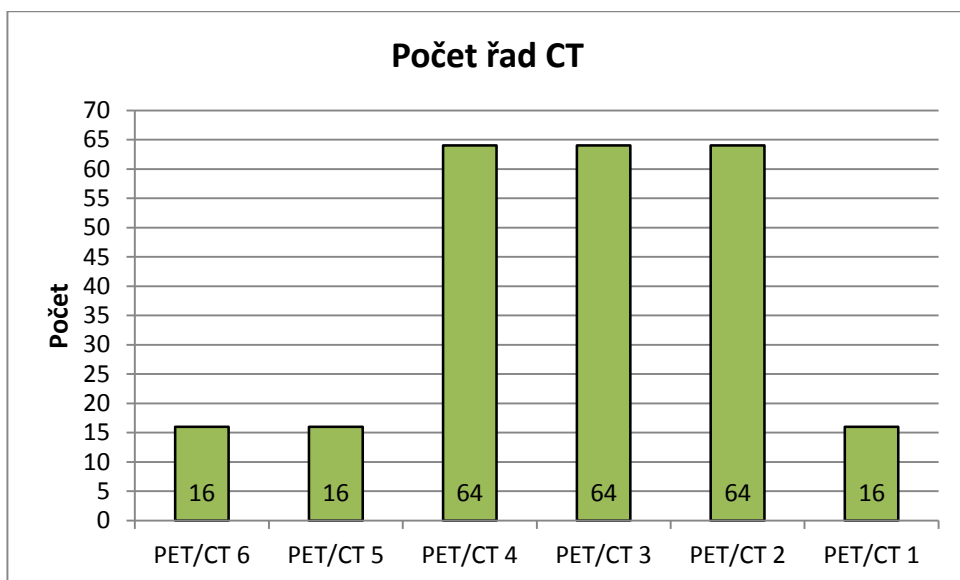
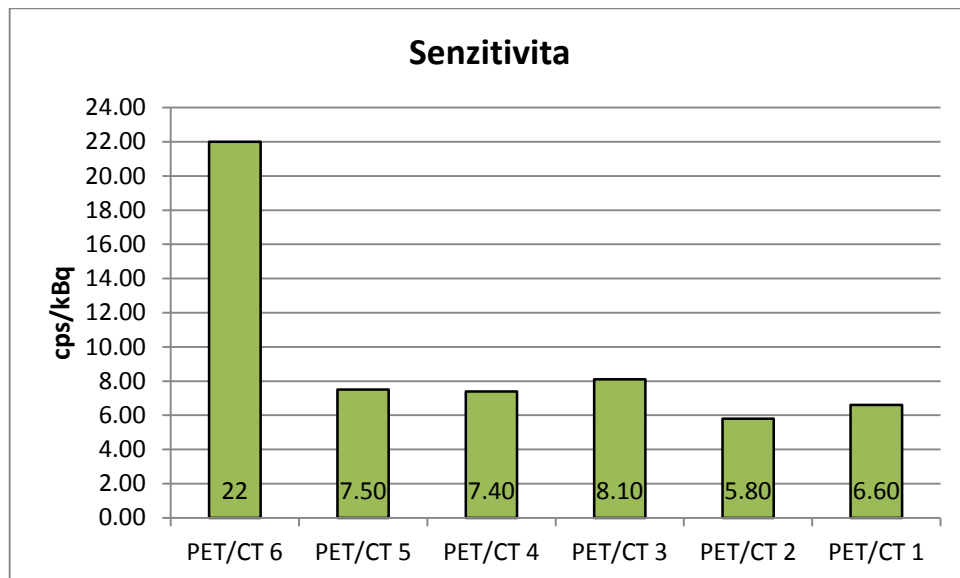
Příloha 3: Hodnocení kritérií experty

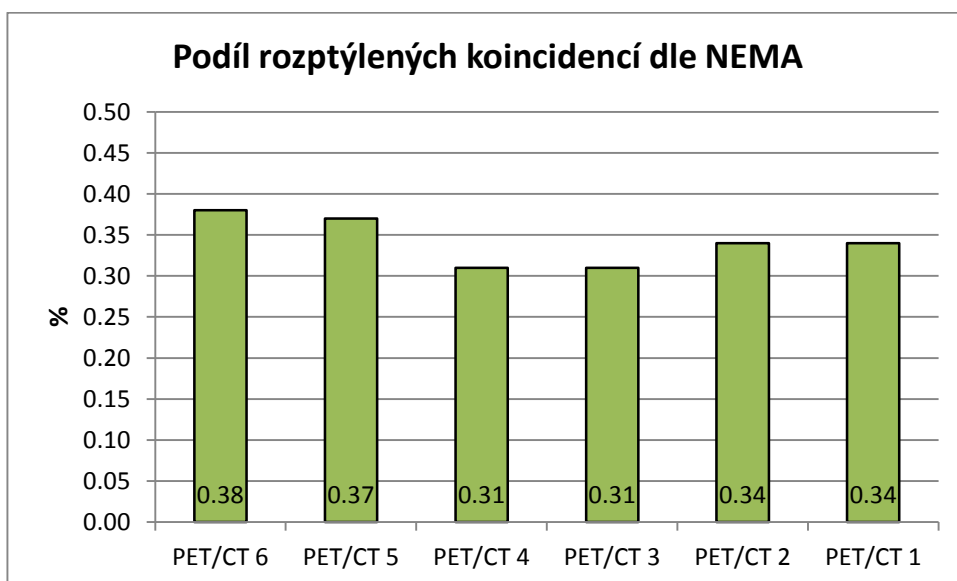
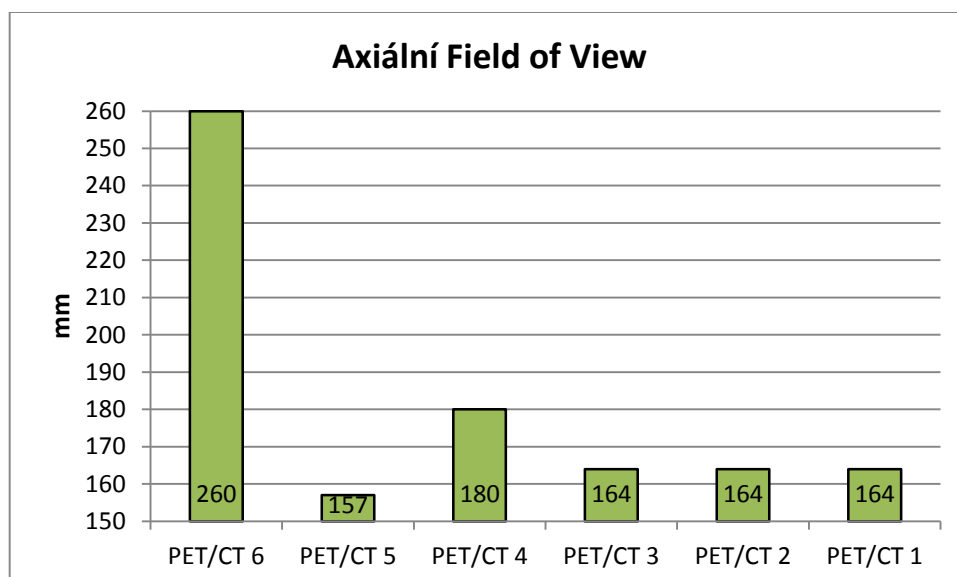
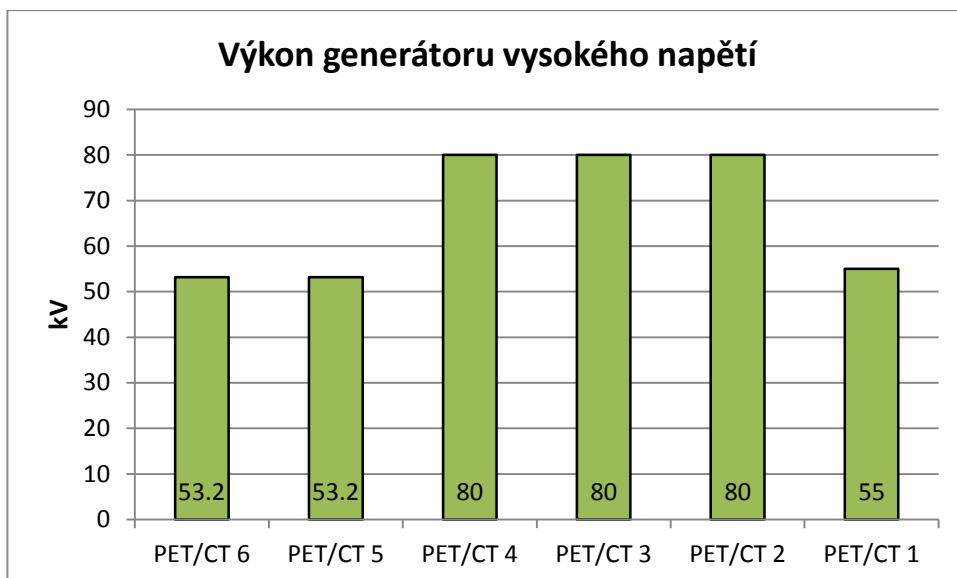
Charakteristika	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
Průměr otvorů gantry	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Nosnost stolu	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Rozsah simultánního skenování	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Deflexe stolu	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Paleta pro plánování radioterapie	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	nevýznamné (1)	méně významné (2)
Přístrojové vybavení pro dechovou synchronizaci	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	nevýznamné (1)	nevýznamné (1)	méně významné (2)
Základní materiál krystalů detektorů	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Axiální Field of View (FOV)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Překryv axiálního FOV v sousedních akvizičních pozicích	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Akvizice dynamická - list mode	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Akvizice v jednotlivých pozicích - step-and-go	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Senzitivita - NEMA performance specification	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Time of flight rekonstrukce	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
4D gating	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)
Velikost jednotlivého prvku krystalů v	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)

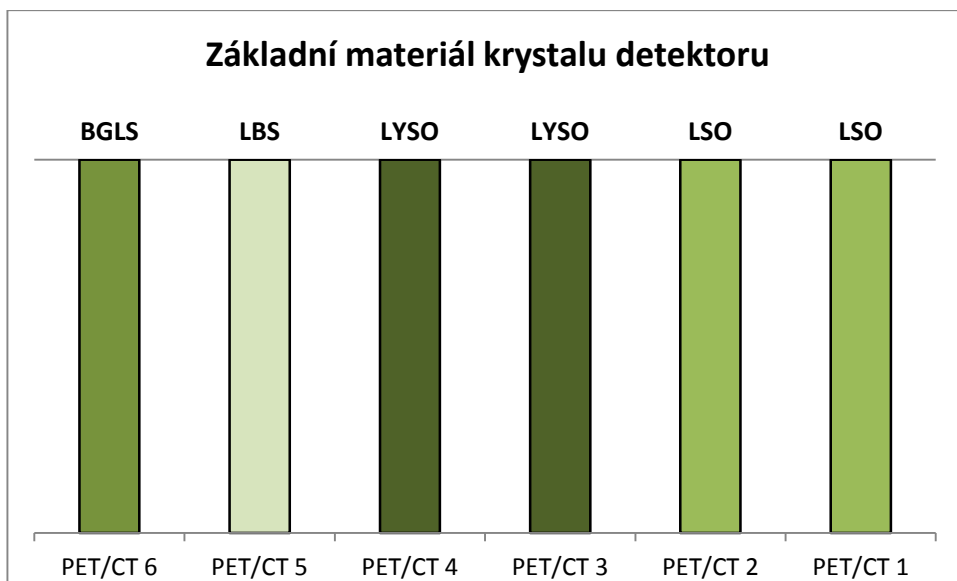
Charakteristika	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
transaxiálním a axiálním směru	(3)	(3)	(3)	(2)	(3)	(3)
Počet krystalových elementů	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Axiální rozlišení pro 3D akvizici ve vzdálenosti 10 mm od centrální osy	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Koincidenční okno	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Časové rozlišení TOF	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Metoda rekonstrukce pro dosažení vysokého rozlišení (PSF rekonstrukce)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Nejvyšší dosažitelná matrice	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Count rate NECR	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
PET/CT zobrazení srdce se synchronizovanou akvizicí s EKG	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Rekonstrukce korigovaných obrazů PET srdce	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Možnost současného použití PSF a TOF	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Počet akvizičních datových stop na jednu otáčku o 360 st	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Nejkratší čas rotace gantry	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Výkon generátoru vysokého napětí	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	nevýznamné (1)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Dávková modulace - interaktivní způsob v	velmi významné	velmi významné	velmi významné	velmi významné	velmi významné	velmi významné

Charakteristika	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6
reálném čase	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)	(3)
Aktivní prvky snížení dávky	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Iterativní rekonstrukce dat	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Průměr rekonstruovaného field of view	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Skenovací režimy	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)
Skenovací režim méně než 80 kv	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Nejužší rekonstruovaná šíře obrazu	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Rychlost chlazení RTG zářiče	velmi významné (3)	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	velmi významné (3)
Možnost hodnocení Ca skóre	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	méně významné (2)	nevýznamné (1)	méně významné (2)
Transaxiální rozměr rekonstruovaného FOV CT pro potřebu korekce atenuace	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)	velmi významné (3)	méně významné (2)	velmi významné (3)

Příloha 4: Grafické znázornění hodnot charakteristik

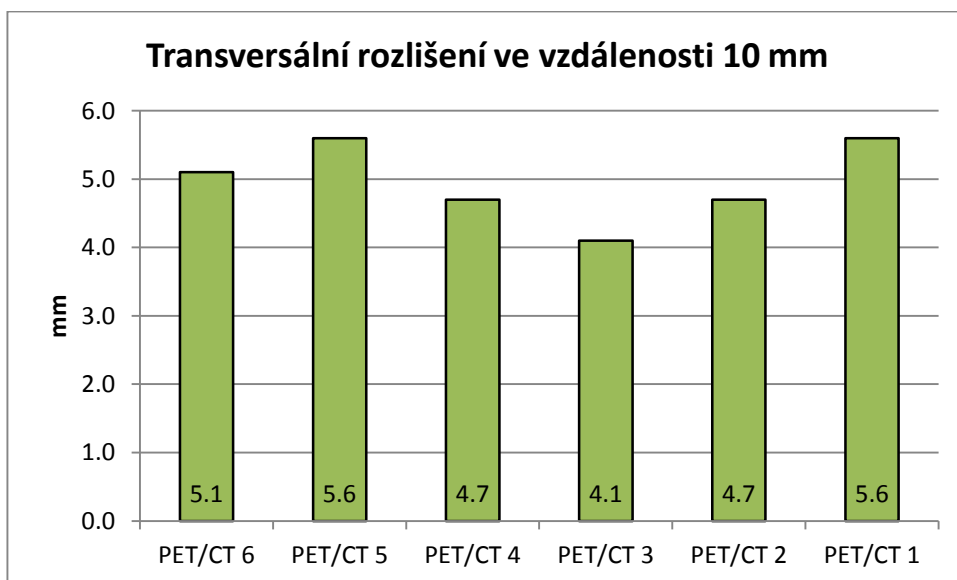


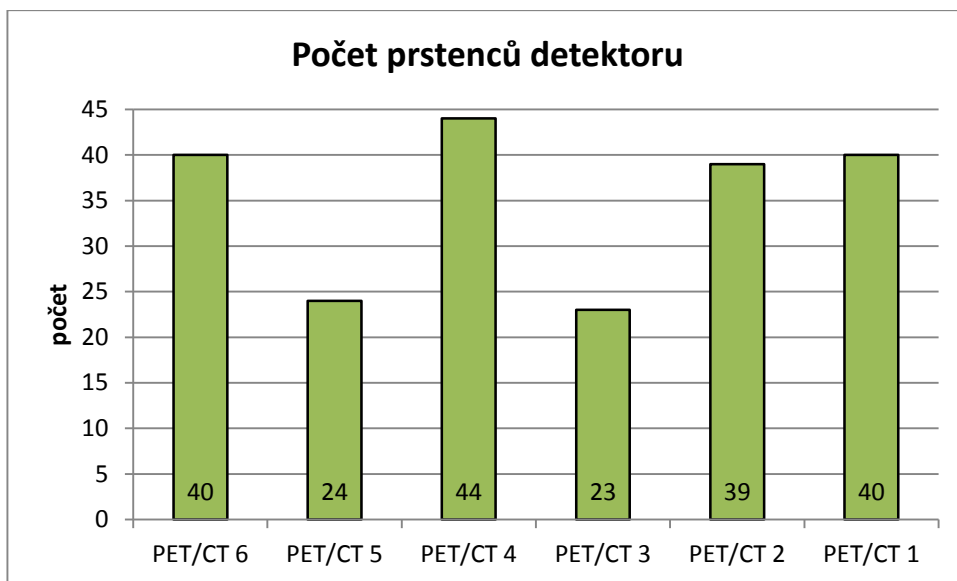




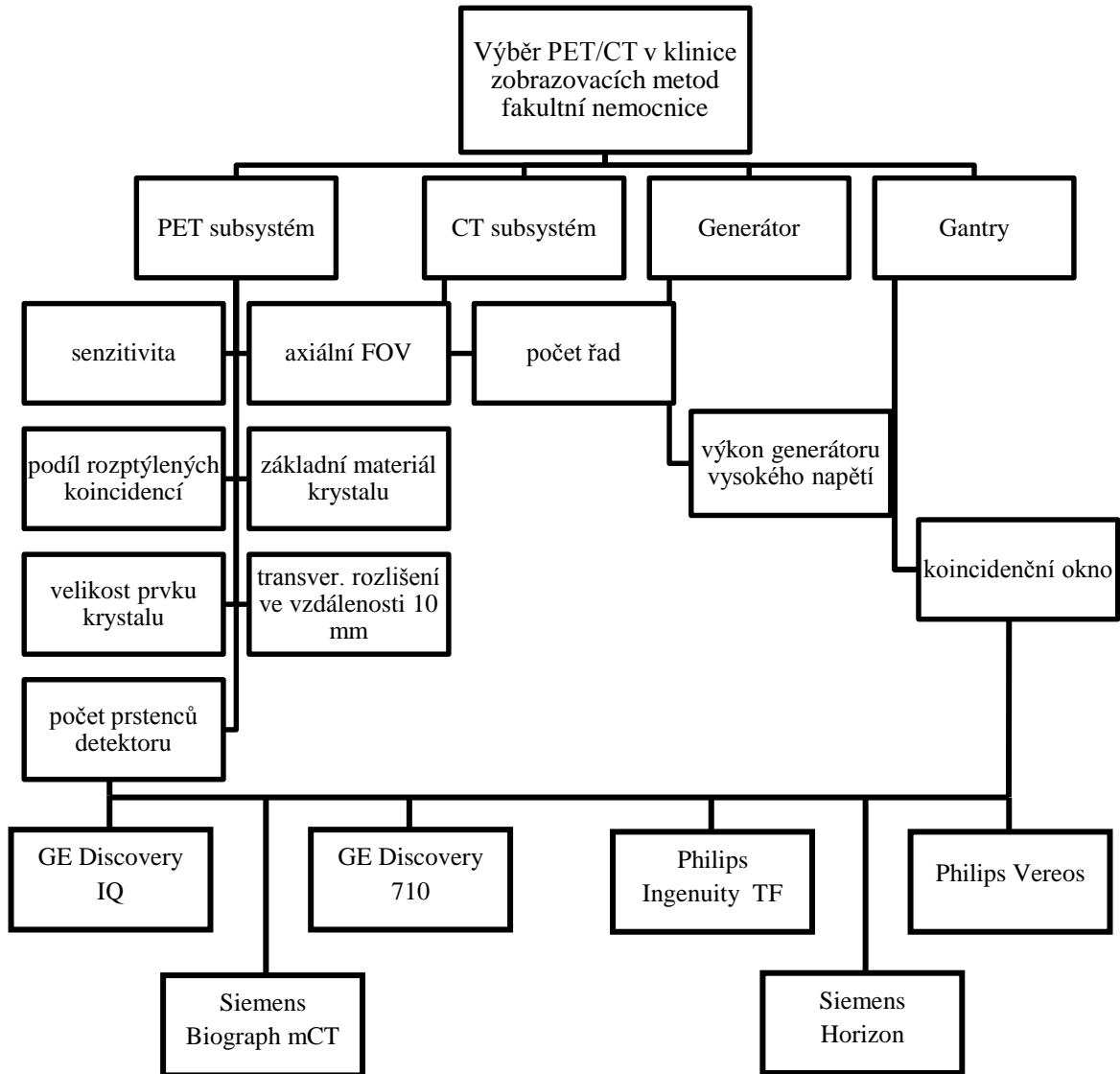
Velikost jednotlivého prvku krystalu

PET/CT 6	PET/CT 5	PET/CT 4	PET/CT 3	PET/CT 2	PET/CT 1
6,3 x 6,3 x 30	4,2 x 6,3 x 25	4 x 4 x 22	4 x 4 x 19	4 x 4 x 20	4 x 4 x 20





Příloha 5: Hierarchická struktura metody AHP



Příloha 6: Hodnocení expertů v jednotlivých kolech

EXPERT 1 1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	1,703	1,439	0,754	1,564	1,439	2,125	1,381	2,448	0,429	1,281
Počet prstenců detektoru	0,587	1	0,515	0,429	0,493	0,449	1,778	0,563	1,222	0,389	0,001
Velikost prvku krystalu	0,695	1,941	1	1,381	1,326	3,167	2,333	2,125	2,226	0,587	5,068
Materiál krystalu	1,326	2,333	0,724	1	1,941	1,222	2,571	2,125	4,263	0,471	5,825
Podíl rozp. koincidencí	0,639	2,030	0,754	0,515	1	0,587	3,545	0,515	1,174	0,515	0,033
Axiální Field of View	0,695	2,226	0,316	0,818	1,703	1	1,941	1,500	1,857	0,515	0,190
Výkon generátoru	0,471	0,563	0,429	0,389	0,282	0,515	1	0,250	0,587	0,370	0,000
Koincidenční okno	0,724	1,778	0,471	0,471	1,941	0,667	4,000	1	1,857	0,538	0,148
Počet řad CT	0,408	0,818	0,449	0,235	0,852	0,538	1,703	0,538	1	0,471	0,001
Senzitivita	2,333	2,571	1,703	2,125	1,941	1,941	2,704	1,857	2,125	1	87,286

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	1,281	0,013	1,283
Počet prstenců detektoru	0,001	0,000	0,001
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	5,068	0,051	5,077
Základní materiál krystalu detektoru	5,825	0,058	5,835
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,033	0,000	0,033
Axiální Field of View (mm)	0,190	0,002	0,190
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,000
Koincidenční okno (ns)	0,148	0,001	0,148
Počet řad CT	0,001	0,000	0,001
Senzitivita (cps/kBq)	87,286	0,874	87,432
Σ	100	1	100

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,818	1,439	1,000	1,564	1,000	2,125	1,381	1,222	0,818	0,540
Počet prstenců detektoru	1,222	1	0,667	0,818	0,818	0,818	1,778	1,000	1,222	0,538	0,052
Velikost prvku krystalu	0,695	1,500	1	1,381	1,000	1,222	2,333	1,222	1,500	0,587	0,442
Materiál krystalu	1,000	1,222	0,724	1	1,222	1,128	2,571	1,222	1,500	0,538	0,310
Podíl rozp. koincidencí	0,639	1,222	1,000	0,818	1	0,587	1,857	0,667	1,174	0,515	0,028
Axiální Field of View	1,000	1,222	0,818	0,887	1,703	1	1,941	1,222	1,857	0,667	0,444
Výkon generátoru	0,471	0,563	0,429	0,389	0,538	0,515	1	0,471	0,587	0,429	0,000
Koincidenční okno	0,724	1,000	0,818	0,818	1,500	0,818	2,125	1	1,857	0,538	0,126
Počet řad CT	0,818	0,818	0,667	0,667	0,852	0,538	1,703	0,538	1	0,471	0,006
Senzitivita	1,222	1,857	1,703	1,857	1,941	1,500	2,333	1,857	2,125	1	19,245

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,540	0,025	2,550
Počet prstenců detektoru	0,052	0,002	0,246
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,442	0,021	2,086
Základní materiál krystalu detektoru	0,310	0,015	1,461
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,028	0,001	0,133
Axiální Field of View (mm)	0,444	0,021	2,093
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,001
Koincidenční okno (ns)	0,126	0,006	0,597
Počet řad CT	0,006	0,000	0,028
Senzitivita (cps/kBq)	19,245	0,908	90,807
Σ	21,193	1,000	100,000

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet kritérií	Pořadí
PET/CT 6	0,358	0,301	0,322	0,083	0,422	0,096	0,187	0,318	0,515	0,001	0,023	3.
PET/CT 5	0,607	0,435	0,484	0,125	0,372	0,144	0,626	0,477	0,301	0,001	0,036	2.
PET/CT 4	0,002	0,009	0,050	0,310	0,046	0,015	0,065	0,050	0,064	0,000	0,007	5.
PET/CT 3	0,007	0,242	0,100	0,483	0,071	0,043	0,102	0,116	0,099	0,000	0,012	4.
PET/CT 2	0,013	0,012	0,032	0,000	0,031	0,018	0,010	0,039	0,010	0,000	0,002	6.
PET/CT 1	0,013	0,000	0,012	0,000	0,058	0,684	0,010	0,001	0,010	0,997	0,921	1.
váha kritérií	0,025	0,002	0,021	0,015	0,001	0,021	0,000	0,006	0,000	0,908		

EXPERT 2

1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1,000	0,818	1,000	1,273	1,174	1,000	1,564	1,000	1,564	0,786	0,235
Počet prstenců detektoru	1,222	1,000	0,961	1,703	1,000	0,887	1,500	1,439	1,564	0,818	0,490
Velikost prvku krystalu	1,000	1,041	1,000	1,703	1,381	1,000	1,857	1,174	1,564	0,818	0,683
Materiál krystalu	0,786	0,587	0,587	1,000	1,632	0,786	1,778	0,724	1,439	0,563	0,036
Podíl rozp. koincidencí	0,852	1,000	0,724	0,613	1,000	1,000	1,632	1,000	1,564	0,613	0,059
Axiální Field of View	1,000	1,128	1,000	1,273	1,000	1,000	1,857	1,000	1,381	1,000	0,368
Výkon generátoru	0,639	0,667	0,538	0,563	0,613	0,538	1,000	0,587	0,613	0,667	0,001

Koincidenční okno	1,000	0,695	0,852	1,381	1,000	1,000	1,703	1,000	1,564	1,000	0,218
Počet řad CT	0,639	0,639	0,639	0,695	0,639	0,724	1,632	0,639	1,000	0,695	0,006
Senzitivita	1,273	1,222	1,222	1,778	1,632	1,000	1,500	1,000	1,439	1,000	1,190

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,235	0,072	7,150
Počet prstenců detektoru	0,490	0,149	14,905
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,683	0,208	20,778
Základní materiál krystalu detektoru	0,036	0,011	1,102
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,059	0,018	1,800
Axiální Field of View (mm)	0,368	0,112	11,201
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,001	0,000	0,031
Koincidenční okno (ns)	0,218	0,066	6,625
Počet řad CT	0,006	0,002	0,185
Senzitivita (cps/kBq)	1,190	0,362	36,224
Σ	3,286	1,000	100,000

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,818	1,273	1,083	1,222	1,000	1,941	1,000	1,564	0,786	0,329
Počet prstenců detektoru	1,222	1	0,818	0,961	1,000	0,887	1,500	1,041	1,564	0,667	0,139
Velikost prvku krystalu	0,786	1,222	1	1,381	1,000	1,000	1,857	1,174	1,564	0,818	0,370
Materiál krystalu	0,923	1,041	0,724	1	1,000	1,041	1,778	1,041	1,439	0,563	0,108
Podíl rozp. koincencí	0,818	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,632	0,818	1,564	0,613	0,105
Axiální Field of View	1,000	1,128	1,000	0,961	1,000	1	1,857	1,000	1,381	0,818	0,227

Výkon generátoru	0,515	0,667	0,538	0,563	0,613	0,538	1	0,587	0,613	0,667	0,001
Koincidenční okno	1,000	0,961	0,852	0,961	1,222	1,000	1,703	1	1,564	0,639	0,164
Počet řad CT	0,639	0,639	0,639	0,695	0,639	0,724	1,632	0,639	1	0,587	0,005
Senzitivita	1,273	1,500	1,222	1,778	1,632	1,222	1,500	1,564	1,703	1	3,305

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,329	0,069	6,921
Počet prstenců detektoru	0,139	0,029	2,919
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,370	0,078	7,786
Základní materiál krystalu detektoru	0,108	0,023	2,282
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,105	0,022	2,203
Axiální Field of View (mm)	0,227	0,048	4,784
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,001	0,000	0,017
Koincidenční okno (ns)	0,164	0,034	3,444
Počet řad CT	0,005	0,001	0,108
Senzitivita (cps/kBq)	3,305	0,695	69,536
Σ	4,752	1,000	100,000

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet kritérií	Pořadí
PET/CT 6	0,215	0,313	0,231	0,280	0,294	0,202	0,280	0,290	0,324	0,061	0,118	3.
PET/CT 5	0,323	0,470	0,348	0,420	0,442	0,304	0,420	0,436	0,415	0,092	0,177	2.
PET/CT 4	0,170	0,012	0,036	0,044	0,043	0,032	0,044	0,045	0,045	0,010	0,027	6.
PET/CT 3	0,082	0,191	0,056	0,068	0,059	0,102	0,068	0,071	0,070	0,015	0,036	5.
PET/CT 2	0,105	0,014	0,116	0,094	0,075	0,058	0,094	0,083	0,073	0,021	0,041	4.
PET/CT 1	0,105	0,000	0,212	0,094	0,088	0,302	0,094	0,074	0,073	0,802	0,602	1.

váha kritérií	0,069	0,029	0,078	0,023	0,022	0,048	0,000	0,034	0,001	0,695		
---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--	--

EXPERT 3

1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,220	4,263	2,125	1,000	0,351	2,571	1,000	19,000	1,000	3,414
Počet prstenců detektoru	4,556	1	0,087	2,846	2,333	1,632	6,143	0,299	49,000	0,695	26,818
Velikost prvku krystalu	0,235	11,500	1	3,348	0,266	0,408	1,778	1,000	3,000	0,587	0,307
Materiál krystalu	0,471	0,351	0,299	1	0,111	0,449	0,538	0,163	0,111	0,220	0,000
Podíl rozp. koincidencí	1,000	0,429	3,762	9,000	1	1,000	1,857	1,000	2,333	0,587	3,693
Axiální Field of View	2,846	0,613	2,448	2,226	1,000	1	2,448	1,000	2,030	1,000	4,725
Výkon generátoru	0,389	0,163	0,563	1,857	0,538	0,408	1	0,299	0,235	0,351	0,000
Koincidenční okno	1,000	3,348	1,000	6,143	1,000	1,000	3,348	1	2,448	0,111	1,873
Počet řad CT	0,053	0,020	0,333	9,000	0,429	0,493	4,263	0,408	1	0,429	0,000
Senzitivita	1,000	1,439	1,703	4,556	1,703	1,000	2,846	9,000	2,333	1	113,596

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	3,414	0,022	2,211
Počet prstenců detektoru	26,818	0,174	17,366
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,307	0,002	0,199
Základní materiál krystalu detektoru	0,000	0,000	0,000
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	3,693	0,024	2,391
Axiální Field of View (mm)	4,725	0,031	3,060
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,000
Koincidenční okno (ns)	1,873	0,012	1,213

Počet řad CT	0,000	0,000	0,000
Senzitivita (cps/kBq)	113,596	0,736	73,560
Σ	154,426	1	100

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,667	2,030	0,818	1,000	0,667	2,571	1,000	2,333	0,818	0,362
Počet prstenců detektoru	1,500	1	0,667	0,818	1,500	1,000	3,000	1,381	3,000	0,695	1,060
Velikost prvku krystalu	0,493	1,500	1	0,667	0,667	0,667	1,778	1,000	1,500	0,587	0,034
Materiál krystalu	1,222	1,222	1,500	1	1,222	1,222	1,857	1,222	1,500	0,818	0,932
Podíl rozp. koincidencí	1,000	0,667	1,500	0,818	1	1,000	1,857	0,818	1,857	0,587	0,136
Axiální Field of View	1,500	1,000	1,500	0,818	1,000	1	2,448	1,000	1,857	0,818	0,685
Výkon generátoru	0,389	0,333	0,563	0,538	0,538	0,408	1	0,299	0,429	0,351	0,000
Koincidenční okno	1,000	0,724	1,000	0,818	1,222	1,000	3,348	1	1,857	0,333	0,150
Počet řad CT	0,429	0,333	0,667	0,667	0,538	0,538	2,333	0,538	1	0,613	0,001
Senzitivita	1,222	1,439	1,703	1,222	1,703	1,222	2,846	3,000	1,632	1	10,612

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,362	0,026	2,594
Počet prstenců detektoru	1,060	0,076	7,586
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,034	0,002	0,245
Základní materiál krystalu detektoru	0,932	0,067	6,673
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,136	0,010	0,970
Axiální Field of View (mm)	0,685	0,049	4,901
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,000

Koincidenční okno (ns)	0,150	0,011	1,074
Počet řad CT	0,001	0,000	0,010
Senzitivita (cps/kBq)	10,612	0,759	75,945
Σ	13,973	1,000	100,000

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet kritérií	Pořadí
PET/CT 6	0,247	0,322	0,132	0,057	0,328	0,152	0,282	0,314	0,389	0,023	0,066	3.
PET/CT 5	0,493	0,484	0,198	0,085	0,419	0,228	0,497	0,471	0,374	0,030	0,099	2.
PET/CT 4	0,020	0,024	0,021	0,335	0,051	0,024	0,052	0,049	0,061	0,005	0,031	5.
PET/CT 3	0,036	0,139	0,043	0,522	0,065	0,086	0,081	0,119	0,095	0,006	0,057	4.
PET/CT 2	0,102	0,022	0,175	0,000	0,063	0,010	0,044	0,044	0,040	0,009	0,013	6.
PET/CT 1	0,102	0,010	0,432	0,000	0,074	0,500	0,044	0,004	0,040	0,927	0,734	1.
váha kritérií	0,026	0,076	0,002	0,067	0,010	0,049	0,000	0,011	0,000	0,759		

EXPERT 4

1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,299	3,762	1,000	2,125	1,000	4,882	2,030	0,299	1,000	0,707
Počet prstenců detektoru	3,348	1	2,030	0,639	2,030	0,515	3,348	2,030	4,556	0,667	9,383
Velikost prvku krystalu	0,266	0,493	1	0,299	0,493	0,515	2,030	0,493	1,000	0,493	0,000
Materiál krystalu	1,000	1,564	3,348	1	0,613	1,000	3,762	2,125	2,030	0,667	3,473
Podíl rozp. koincencí	0,471	0,493	2,030	1,632	1	0,493	2,030	1,000	2,030	0,449	0,070

Axiální Field of View	1,000	1,941	1,941	1,000	2,030	1	4,000	2,030	2,846	1,000	17,684
Výkon generátoru	0,205	0,299	0,493	0,266	0,493	0,250	1	0,515	0,538	0,190	0,000
Koincidenční okno	0,493	0,493	2,030	0,471	1,000	0,493	1,941	1	2,030	0,471	0,021
Počet řad CT	3,348	0,220	1,000	0,493	0,493	0,351	1,857	0,493	1	0,471	0,003
Senzitivita	1,000	1,500	2,030	1,500	2,226	1,000	5,250	2,125	2,125	1	24,105

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,707	0,013	1,275
Počet prstenců detektoru	9,383	0,169	16,922
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,000	0,000	0,001
Základní materiál krystalu detektoru	3,473	0,063	6,263
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,070	0,001	0,126
Axiální Field of View (mm)	17,684	0,319	31,894
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,000
Koincidenční okno (ns)	0,021	0,000	0,038
Počet řad CT	0,003	0,000	0,005
Senzitivita (cps/kBq)	24,105	0,435	43,475
Σ	55,445	1	100

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,667	1,857	1,000	1,500	1,000	2,333	1,500	1,500	0,667	0,650
Počet prstenců detektoru	1,500	1	1,500	0,818	1,000	0,818	2,333	1,500	2,333	0,667	0,820
Velikost prvku krystalu	0,538	0,667	1	0,667	1,000	0,667	2,030	1,000	1,222	0,667	0,026
Materiál krystalu	1,000	1,222	1,500	1	1,222	1,000	2,333	1,500	1,500	0,667	0,784

Podíl rozp. koincencí	0,667	1,000	1,000	0,818	1	0,818	2,030	0,818	1,500	0,538	0,060
Axiální Field of View	1,000	1,222	1,500	1,000	1,222	1	2,333	1,500	2,846	0,818	1,826
Výkon generátoru	0,429	0,429	0,493	0,429	0,493	0,429	1	0,515	0,538	0,429	0,000
Koincidenční okno	0,667	0,667	1,000	0,667	1,222	0,667	1,941	1	2,030	0,538	0,051
Počet řad CT	0,667	0,429	0,818	0,667	0,667	0,351	1,857	0,493	1	0,471	0,002
Senzitivita	1,500	1,500	1,500	1,500	1,857	1,222	2,333	1,857	2,125	1	10,581

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,650	0,044	4,392
Počet prstenců detektoru	0,820	0,055	5,540
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,026	0,002	0,178
Základní materiál krystalu detektoru	0,784	0,053	5,299
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,060	0,004	0,405
Axiální Field of View (mm)	1,826	0,123	12,339
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,001
Koincidenční okno (ns)	0,051	0,003	0,346
Počet řad CT	0,002	0,000	0,011
Senzitivita (cps/kBq)	10,581	0,715	71,490
Σ	14,801	1,000	100,000

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet kritérií	Pořadí
PET/CT 6	0,014	0,250	0,307	0,341	0,336	0,005	0,196	0,312	0,503	0,002	0,038	4.
PET/CT 5	0,017	0,375	0,462	0,512	0,447	0,007	0,625	0,469	0,372	0,003	0,056	2.
PET/CT 4	0,824	0,005	0,048	0,053	0,045	0,001	0,065	0,062	0,044	0,001	0,040	3.
PET/CT 3	0,039	0,364	0,175	0,083	0,075	0,004	0,102	0,118	0,069	0,001	0,028	5.

PET/CT 2	0,053	0,006	0,006	0,008	0,053	0,001	0,006	0,035	0,006	0,001	0,004	6.
PET/CT 1	0,053	0,000	0,003	0,004	0,045	0,983	0,006	0,003	0,006	0,993	0,834	1.
váha kritérií	0,044	0,055	0,002	0,053	0,004	0,123	0,000	0,003	0,000	0,715		

EXPERT 5

1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	1,500	1,174	0,887	1,439	1,174	1,222	1,439	1,273	1,273	0,752
Počet prstenců detektoru	0,667	1	1,000	0,887	0,613	1,000	1,273	1,083	0,695	0,852	0,030
Velikost prvku krystalu	0,852	1,000	1	1,273	0,754	1,439	1,381	0,818	0,754	0,639	0,064
Materiál krystalu	1,128	1,128	0,786	1	1,174	2,571	1,326	1,000	0,493	0,786	0,155
Podíl rozp. koincidencí	0,695	1,632	1,326	0,852	1	1,632	1,273	1,000	0,613	0,587	0,096
Axiální Field of View	0,852	1,000	0,695	0,389	0,613	1	1,273	0,786	0,754	0,667	0,007
Výkon generátoru	0,818	0,786	0,724	0,754	0,786	0,786	1	0,724	0,724	0,667	0,008
Koincidenční okno	0,695	0,923	1,222	1,000	1,000	1,273	1,381	1	0,818	1,174	0,132
Počet řad CT	0,786	1,439	1,326	2,030	1,632	1,326	1,381	1,222	1	0,852	0,946
Senzitivita	0,786	1,174	1,564	1,273	1,703	1,500	1,500	0,852	1,174	1	0,703

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,752	0,260	25,983
Počet prstenců detektoru	0,030	0,010	1,022
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,064	0,022	2,218
Základní materiál krystalu detektoru	0,155	0,053	5,349
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,096	0,033	3,309
Axiální Field of View (mm)	0,007	0,002	0,245

Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,008	0,003	0,262
Koincidenční okno (ns)	0,132	0,046	4,576
Počet řad CT	0,946	0,327	32,716
Senzitivita (cps/kBq)	0,703	0,243	24,320
Σ	2,892	1	100,000

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,887	1,174	0,887	1,439	1,174	1,857	1,439	1,273	0,852	0,452
Počet prstenců detektoru	1,128	1	0,754	0,887	0,852	1,000	1,778	1,083	1,439	0,724	0,129
Velikost prvku krystalu	0,852	1,326	1	1,273	0,923	1,174	1,941	1,000	1,326	0,639	0,256
Materiál krystalu	1,128	1,128	0,786	1	1,174	1,222	1,326	1,000	1,128	0,667	0,143
Podíl rozp. koincidencí	0,695	1,174	1,083	0,852	1	1,000	1,632	0,818	1,273	0,587	0,075
Axiální Field of View	0,852	1,000	0,852	0,818	1,000	1	1,778	1,000	1,222	0,667	0,086
Výkon generátoru	0,538	0,563	0,515	0,754	0,613	0,563	1	0,563	0,724	0,493	0,001
Koincidenční okno	0,695	0,923	1,000	1,000	1,222	1,000	1,778	1	1,439	0,695	0,139
Počet řad CT	0,786	0,695	0,754	0,887	0,786	0,818	1,381	0,695	1	0,639	0,014
Senzitivita	1,174	1,381	1,564	1,500	1,703	1,500	2,030	1,439	1,564	1	4,439

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,452	0,079	7,879
Počet prstenců detektoru	0,129	0,022	2,249
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,256	0,045	4,468
Základní materiál krystalu detektoru	0,143	0,025	2,491
Podíl rozptýlených koincidencí dle NEMA (%)	0,075	0,013	1,310

Axiální Field of View (mm)	0,086	0,015	1,500
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,001	0,000	0,014
Koincidenční okno (ns)	0,139	0,024	2,430
Počet řad CT	0,014	0,003	0,251
Senzitivita (cps/kBq)	4,439	0,774	77,408
Σ	5,735	1,000	100,000

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Vážený součet kritérií	Pořadí
PET/CT 6	0,273	0,312	0,326	0,305	0,304	0,210	0,283	0,309	0,720	0,048	0,104	3.
PET/CT 5	0,410	0,469	0,490	0,458	0,456	0,316	0,461	0,465	0,238	0,069	0,152	2.
PET/CT 4	0,050	0,008	0,051	0,041	0,042	0,033	0,048	0,048	0,016	0,009	0,017	6.
PET/CT 3	0,075	0,204	0,079	0,063	0,061	0,073	0,075	0,075	0,025	0,011	0,028	4.
PET/CT 2	0,096	0,006	0,043	0,102	0,077	0,065	0,066	0,072	0,001	0,014	0,027	5.
PET/CT 1	0,096	0,000	0,011	0,031	0,061	0,303	0,066	0,030	0,001	0,850	0,672	1.
váha kritérií	0,079	0,022	0,045	0,025	0,013	0,015	0,000	0,024	0,003	0,774		

EXPERT 6

1. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincidencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	1,000	0,587	0,587	0,667	1,000	1,564	0,639	0,786	0,613	0,011
Počet prstenců detektoru	1,000	1	0,667	0,587	0,667	1,439	1,703	1,326	1,000	0,587	0,050
Velikost prvku krystalu	1,703	1,500	1	1,632	2,030	1,500	2,226	1,703	2,125	1,000	10,221

Materiál krystalu	1,703	1,703	0,613	1	1,500	1,500	1,703	1,500	2,030	1,000	2,073
Podíl rozp. koincencí	1,500	1,500	0,493	0,667	1	1,439	1,564	0,538	1,500	0,515	0,069
Axiální Field of View	1,000	0,695	0,667	0,667	0,695	1	1,000	0,695	1,000	0,695	0,010
Výkon generátoru	0,639	0,587	0,449	0,587	0,639	1,000	1	0,754	1,000	0,563	0,003
Koincidenční okno	1,564	0,754	0,587	0,667	1,857	1,439	1,326	1	2,030	0,695	0,231
Počet řad CT	1,273	1,000	0,471	0,493	0,667	1,000	1,000	0,493	1	0,538	0,005
Senzitivita	1,632	1,703	1,000	1,000	1,941	1,439	1,778	1,439	1,857	1	3,687

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,011	0,001	0,068
Počet prstenců detektoru	0,050	0,003	0,304
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	10,221	0,625	62,473
Základní materiál krystalu detektoru	2,073	0,127	12,672
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,069	0,004	0,423
Axiální Field of View (mm)	0,010	0,001	0,063
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,003	0,000	0,016
Koincidenční okno (ns)	0,231	0,014	1,411
Počet řad CT	0,005	0,000	0,032
Senzitivita (cps/kBq)	3,687	0,225	22,537
Σ	16,360	1	100

2. kolo

	Transverz. rozlišení	Počet prstenců detektoru	Velikost prvku krystalu	Materiál krystalu	Podíl rozptýlených koincencí	Axiální Field of View	Výkon generátoru	Koincidenční okno	Počet řad CT	Senzitivita	Váha kritéria
Transverz. rozlišení	1	0,724	1,326	1,000	1,174	1,000	1,564	1,083	1,222	0,818	0,191
Počet prstenců detektoru	1,381	1	0,667	0,923	0,961	0,887	1,703	1,000	1,632	0,587	0,118

Velikost prvku krystalu	0,754	1,500	1	1,222	1,000	1,128	2,226	1,083	2,125	0,667	0,533
Materiál krystalu	1,000	1,083	0,818	1	1,083	1,083	1,703	1,128	1,381	0,587	0,162
Podíl rozp. koincencí	0,852	1,041	1,000	0,923	1	0,961	1,564	0,818	1,500	0,515	0,078
Axiální Field of View	1,000	1,128	0,887	0,923	1,041	1	1,857	1,041	1,500	0,695	0,194
Výkon generátoru	0,639	0,587	0,449	0,587	0,639	0,538	1	0,493	0,587	0,429	0,000
Koincidenční okno	0,923	1,000	0,923	0,887	1,222	0,961	2,030	1	2,030	0,695	0,254
Počet řad CT	0,818	0,613	0,471	0,724	0,667	0,667	1,703	0,493	1	0,538	0,003
Senzitivita	1,222	1,703	1,500	1,703	1,941	1,439	2,333	1,439	1,857	1	9,259

Charakteristiky	Váha kritéria	Normovaná váha kritéria	Váha kritéria v %
Transversální rozlišení ve vzdálenosti 10 mm	0,191	0,018	1,769
Počet prstenců detektoru	0,118	0,011	1,095
Velikost jednotlivého prvku krystalu (mm)	0,533	0,049	4,937
Základní materiál krystalu detektoru	0,162	0,015	1,501
Podíl rozptýlených koincencí dle NEMA (%)	0,078	0,007	0,721
Axiální Field of View (mm)	0,194	0,018	1,794
Výkon generátoru vysokého napětí (kW)	0,000	0,000	0,004
Koincidenční okno (ns)	0,254	0,024	2,355
Počet řad CT	0,003	0,000	0,032
Senzitivita (cps/kBq)	9,259	0,858	85,793
Σ	10,792	1,000	100,000

Transverzální rozlišení	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,358	0,215	0,247	0,014	0,273	0,001	0,201	3.
PET/CT 5	0,607	0,323	0,493	0,017	0,410	0,000	0,321	1.
PET/CT 4	0,002	0,170	0,020	0,824	0,050	0,983	0,268	2.
PET/CT 3	0,007	0,082	0,036	0,039	0,075	0,016	0,056	6.
PET/CT 2	0,013	0,105	0,102	0,053	0,096	0,000	0,077	4.
PET/CT 1	0,013	0,105	0,102	0,053	0,096	0,000	0,077	4.
váha kritérií	0,025	0,069	0,026	0,044	0,079	0,018		
Počet prstenců detektoru								
Počet prstenců detektoru	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,301	0,313	0,322	0,250	0,312	0,280	0,296	2.
PET/CT 5	0,435	0,470	0,484	0,375	0,469	0,420	0,445	1.
PET/CT 4	0,009	0,012	0,024	0,005	0,008	0,044	0,016	5.
PET/CT 3	0,242	0,191	0,139	0,364	0,204	0,068	0,215	3.
PET/CT 2	0,012	0,014	0,022	0,006	0,006	0,094	0,018	4.
PET/CT 1	0,000	0,000	0,010	0,000	0,000	0,094	0,009	6.
váha kritérií	0,002	0,029	0,076	0,055	0,022	0,011		
Velikost prvku krystalu								
Velikost prvku krystalu	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,322	0,231	0,132	0,307	0,326	0,014	0,207	3.
PET/CT 5	0,484	0,348	0,198	0,462	0,490	0,022	0,312	1.
PET/CT 4	0,050	0,036	0,021	0,048	0,051	0,000	0,032	6.
PET/CT 3	0,100	0,056	0,043	0,175	0,079	0,964	0,295	2.
PET/CT 2	0,032	0,116	0,175	0,006	0,043	0,000	0,061	5.
PET/CT 1	0,012	0,212	0,432	0,003	0,011	0,000	0,093	4.
váha kritérií	0,021	0,078	0,002	0,002	0,045	0,049		
Materiál krystalu								
Materiál krystalu	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,083	0,280	0,057	0,341	0,305	0,400	0,218	3.
PET/CT 5	0,125	0,420	0,085	0,512	0,458	0,600	0,328	1.

PET/CT 4	0,310	0,044	0,335	0,053	0,041	0,000	0,161	4.
PET/CT 3	0,483	0,068	0,522	0,083	0,063	0,000	0,251	2.
PET/CT 2	0,000	0,094	0,000	0,008	0,102	0,000	0,026	5.
PET/CT 1	0,000	0,094	0,000	0,004	0,031	0,000	0,016	6.
váha kritérií	0,015	0,023	0,067	0,053	0,025	0,015		
Podíl rozptýl. koincidencí	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,422	0,294	0,328	0,336	0,304	0,000	0,271	2.
PET/CT 5	0,372	0,442	0,419	0,447	0,456	0,001	0,385	1.
PET/CT 4	0,046	0,043	0,051	0,045	0,042	0,000	0,039	6.
PET/CT 3	0,071	0,059	0,065	0,075	0,061	0,001	0,054	5.
PET/CT 2	0,031	0,075	0,063	0,053	0,077	0,999	0,187	3.
PET/CT 1	0,058	0,088	0,074	0,045	0,061	0,000	0,064	4.
váha kritérií	0,001	0,022	0,010	0,004	0,013	0,007		
Axiální Field of View	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,096	0,202	0,152	0,005	0,210	0,005	0,084	3.
PET/CT 5	0,144	0,304	0,228	0,007	0,316	0,007	0,126	2.
PET/CT 4	0,015	0,032	0,024	0,001	0,033	0,001	0,013	6.
PET/CT 3	0,043	0,102	0,086	0,004	0,073	0,004	0,043	4.
PET/CT 2	0,018	0,058	0,010	0,001	0,065	0,001	0,017	5.
PET/CT 1	0,684	0,302	0,500	0,983	0,303	0,983	0,718	1.
váha kritérií	0,021	0,048	0,049	0,123	0,015	0,018		
Výkon generátoru	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,187	0,280	0,282	0,196	0,283	0,000	0,248	2.
PET/CT 5	0,626	0,420	0,497	0,625	0,461	0,000	0,399	1.
PET/CT 4	0,065	0,044	0,052	0,065	0,048	0,000	0,042	6.
PET/CT 3	0,102	0,068	0,081	0,102	0,075	0,001	0,065	5.
PET/CT 2	0,010	0,094	0,044	0,006	0,066	0,000	0,070	4.

PET/CT 1	0,010	0,094	0,044	0,006	0,066	0,999	0,176	3.
váha kritérií	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Koincidenční okno	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,318	0,290	0,314	0,312	0,309	0,000	0,233	3.
PET/CT 5	0,477	0,436	0,471	0,469	0,465	0,000	0,350	1.
PET/CT 4	0,050	0,045	0,049	0,062	0,048	0,006	0,038	5.
PET/CT 3	0,116	0,071	0,119	0,118	0,075	0,994	0,293	2.
PET/CT 2	0,039	0,083	0,044	0,035	0,072	0,000	0,053	4.
PET/CT 1	0,001	0,074	0,004	0,003	0,030	0,000	0,032	6.
váha kritérií	0,006	0,034	0,011	0,003	0,024	0,024		
Počet řad CT	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,515	0,324	0,389	0,503	0,720	0,706	0,596	1.
PET/CT 5	0,301	0,415	0,374	0,372	0,238	0,011	0,275	2.
PET/CT 4	0,064	0,045	0,061	0,044	0,016	0,111	0,035	4.
PET/CT 3	0,099	0,070	0,095	0,069	0,025	0,172	0,054	3.
PET/CT 2	0,010	0,073	0,040	0,006	0,001	0,000	0,020	5.
PET/CT 1	0,010	0,073	0,040	0,006	0,001	0,000	0,020	5.
váha kritérií	0,000	0,001	0,000	0,000	0,003	0,000		
Senzitivita	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Vážený průměr	Pořadí
PET/CT 6	0,001	0,061	0,023	0,002	0,048	0,000	0,021	3.
PET/CT 5	0,001	0,092	0,030	0,003	0,069	0,000	0,030	2.
PET/CT 4	0,000	0,010	0,005	0,001	0,009	0,000	0,004	6.
PET/CT 3	0,000	0,015	0,006	0,001	0,011	0,000	0,005	5.
PET/CT 2	0,000	0,021	0,009	0,001	0,014	0,000	0,007	4.
PET/CT 1	0,997	0,802	0,927	0,993	0,850	1,000	0,933	1.
váha kritérií	0,908	0,695	0,759	0,715	0,774	0,858		

Příloha 7: Dendrogram

