



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ
Katedra biomedicínské techniky

**Řízení správy přístrojového vybavení
nemocnic**

System nákupu nových a inovativních technologií

Hospital Facility Management
a system for purchasing new and innovative
technologies

Diplomová práce

Studijní program: Biomedicínská a klinická technika
Studijní obor: Systémová integrace procesů ve zdravotnictví
Autor diplomové práce: Bc. Dušan Hošic
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vojtěch Kamenský

Kladno 2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Hošic** Jméno: **Dušan** Osobní číslo: **474960**
Fakulta: **Fakulta biomedicínského inženýrství**
Garantující katedra: **Katedra biomedicínské techniky**
Studijní program: **Biomedicínská a klinická technika**
Studijní obor: **Systémová integrace procesů ve zdravotnictví**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Řízení správy přístrojového vybavení nemocnic - systém nákupu nových a inovativních technologií.

Název diplomové práce anglicky:

Hospital Facility Management - a system for purchasing new and innovative technologies.

Pokyny pro vypracování:

Cílem diplomové práce je vytvoření metodologického postupu pro hodnocení, prioritizaci zdravotnických prostředků při rozhodování o jejich nákupu. V rámci DP proveďte analýzu současných postupů používaných v ČR a ve světě při prioritizaci, hodnocení a rozhodování o nákupu zdravotnických prostředků. Na základě této analýzy a spolupráce s relevantními odborníky z praxe navrhnete danou metodologie (kritéria, postup) a na konkrétních zdravotnických přístrojích ji otestujte. Dále v práci vytvořte návrh pro možné budoucí programové rozhraní vhodné pro tento metodologický postup.

Seznam doporučené literatury:

[1] Baker, M., Taylor, I., Making hospitals work, Lean Enterprise Academy, 2011, ISBN 978-0-9551473-2-6

Jméno a příjmení vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Vojtěch Kamenský

Jméno a příjmení konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **18.02.2019**

Platnost zadání diplomové práce: **20.09.2020**

prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc.
podpis vedoucí(ho) katedry

prof. MUDr. Ivan Dylevský, DrSc.
podpis děkana(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem „Řízení správy přístrojového vybavení nemocnic“ vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k diplomové práci.

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

V Kladně 16. 5. 2019

.....

Bc. Dušan Hošic

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval touto cestou vedoucímu diplomové práce Ing. Vojtěchu Kamenskému za odborné vedení, jeho čas a cenné poznámky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Barboře Klíčové a všem zúčastněným za odbornou pomoc a přínos pro zpracování této diplomové práce.

ABSTRAKT

Řízení správy přístrojového vybavení nemocnic: Systém nákupu nových a inovativních technologií

V současné době je stále větší důraz kladen na správnou a fakty podloženou alokaci zdrojů v českém systému zdravotnictví. Hlavním cílem diplomové práce je vytvoření metodologického postupu pro hodnocení a prioritizaci zdravotnických prostředků při rozhodování o jejich nákupu. Mezi dílčí cíle patří analýza současného stavu v oblasti hodnocení zdravotnických prostředků při rozhodování o jejich obměně v ČR a ve světě, návrh programového rozhraní pro navrhovanou metodu a její otestování na konkrétních zdravotnických prostředcích. Pro splnění cílů jsou vybrány vhodné postupy a metody, které jsou aplikovány v praktické části diplomové práce. Analýza současných metod, využívaných pro hodnocení zdravotnické techniky, provedena pomocí literární rešerše je základním kamenem pro vypracování návrhu metodologického postupu. Na základě této analýzy, pomocí dotazníkového šetření a odborné diskuse s experty z jednotlivých oborů jsou vybrána vhodná kritéria pro hodnocení zdravotnických prostředků. Metodami multikriteriálního rozhodování (Fullerova, bodovací metoda) jsou stanoveny váhy hodnotících oblastí a kritérií. Pro vytvoření a otestování navrhovaného metodologického postupu je využit tabulkový procesor Microsoft Excel. Testování jsou podrobeny celkem 3 diagnostické rentgenové přístroje ve zdravotnickém zařízení ambulantního typu. Dosažené výsledky odpovídají skutečné potřebě výměny testovaných zdravotnických prostředků. V závěru diplomové práce je navrhovaný metodologický postup podroben diskusi v oblasti jeho využití, omezení, implementace do zdravotnického zařízení a dosažených výsledků. Je navržen postup, jakým způsobem by mohl být využíván v nemocničním zařízení v ČR.

Klíčová slova

Zdravotnická technika, zdravotnický prostředek, systém obměny zdravotnické techniky, metody multikriteriálního rozhodování, hodnocení zdravotnických technologií

ABSTRACT

Hospital Facility Management: A system for purchasing new and innovative technologies

Currently, more and more emphasis is placed on correct and evidence-based resource allocation in health care system. The main aim of this thesis is to create a methodological procedure for evaluation and prioritization of medical devices in the decision on their purchase. Partial aims include analysis of the current state of medical equipment replacement systems in the Czech Republic and in the world, designing a program interface for the proposed method and testing it on specific medical devices. To achieve the objectives, the appropriate procedures and methods are applied in the practical part of the thesis. Analysis of current methods used for evaluation of medical devices using literature search is the basis for the development of methodological procedure. On the basis of this analysis, using a questionnaire survey and discussion with experts from individual fields of health care system, suitable criteria for the evaluation of medical devices are chosen. Multicriterial decision making methods (Fuller, scoring method) are used to determine the weights of evaluation areas and criteria. The proposed methodological procedure is created and tested in Microsoft Excel. A total of 3 diagnostic X-rays in a medical outpatient facility were tested and the results correspond to the actual need for replacement of tested medical devices. At the end of the thesis, the proposed methodological procedure is subject of discussion on its use, limitation, implementation to the healthcare facility and the results achieved. There is suggested a way how it could be used in hospital in the Czech Republic.

Keywords

Medical equipment, medical device, medical equipment replacement system, multicriterial decision making methods, health technology assessment

Obsah

Seznam symbolů a zkratk.....	9
Úvod	10
1 Přehled současného stavu.....	11
1.1 Hodnocení zdravotnických technologií.....	11
1.2 Metody využívané při obměně zdravotnických technologií	12
1.2.1 A medical equipment replacement model	15
1.2.2 Development of an automated medical equipment replacement planning systém in hospitals	17
1.2.3 A medical equipment replacement score system.....	19
1.2.4 A fuzzy approach for medical equipment replacement planning	21
1.2.5 Medical equipment replacement: planning, factors, methods and outcomes.....	23
Základní úroveň.....	23
Komplexní úroveň – použití počítačových databází a analýz.....	24
Pokročilá úroveň – analýza obměny vyšší úrovně zdravotnické techniky.....	24
1.2.6 Prioritizing equipment for replacement.....	25
1.2.7 The effect of useful life and vendor performance on replacement decision of medical equipment.....	27
1.2.8 Prioritize medical equipment replacement using analytical hierarchy process	30
1.2.9 Development of methodology of evaluation for medical equipment replacement for developing countries	32
1.3 Nákup zdravotnických technologií.....	34
1.4 Shrnutí	36
2 Metody	38
2.1 Literární rešerše	38
2.2 Metody multikriteriálního rozhodování	38
2.2.1 Fullerova metoda párového srovnávání.....	38
2.2.2 Bodovací metoda	39
3 Výsledky.....	40
3.1 Navrhovaný metodologický postup	40

3.1.1	Výběr vhodných kritérií	42
3.1.2	Technická kritéria	43
3.1.3	Provozně-uživatelská kritéria	45
3.1.4	Ekonomická kritéria	47
3.1.5	Stanovení vah	49
3.1.6	Výpočet indexu priority výměny a hodnotící příručka.....	50
3.1.7	Testování metodologického postupu.....	51
3.2	Návrh programového rozhraní	52
3.2.1	Excelová aplikace – zpracování a postup.....	52
4	Diskuse.....	55
5	Závěr	60
	Seznam použité literatury	61
	Seznam obrázků.....	65
	Seznam tabulek	66
	Příloha A: použité studie.....	67
	Příloha B: exportované kompletní výsledky hodnocení.....	68
	Příloha C: návod k použití	69
	Příloha D: použitá makra s vysvětlivky.....	70

Seznam symbolů a zkratk

Zkratka	Význam
AHP	Analytický hierarchický proces
ERPS	Equipment Replacement Planning System
FIS	Fuzzy interference system
FMEA	Failure mode and effect analysis
FTA	Fault tree analysis
GDM	Group decision making
HTA	Health technology assessment
HTM	Healthcare technology management
ID	Identification
IEC	International Electrotechnical Commission
INAHTA	International Network of Agencies for Health Technology Assessment
ME	Microsoft Excel
MERS	Medical equipment replacement score
NWT	Northwest Territories
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PDF	Portable document format
PHP	Hypertext Preprocessor
PRI	Priority replacement index
RI	Replacement index
RRN	Relative replacement number
RPI	Replacement priority index
RPV	Replacement priority value
WPI	Weighted priority index
ZP	Zdravotnický prostředek
ZT	Zdravotnická technika

Úvod

V současné době je zdravotnická technika (dále jen ZT) nedílnou součástí procesu poskytování zdravotní péče v systému českého zdravotnictví. Stále větší důraz je kladen na správnou, a fakty podloženou alokaci zdrojů, která by eliminovala zbytečné či nesprávné investice v oblasti nákupu zdravotnických prostředků. Jednou ze základních struktur při procesu poskytování zdravotní péče pomocí zdravotnické techniky je systém healthcare technology management (HTM). Cílem tohoto systému je optimalizovat využití technologií a ZT s co možná největším přínosem pro samotnou péči. Součástí tohoto systému je hodnocení zdravotnické techniky na základě vybraných kritérií sloužící pro její správu a hodnocení provedených nákupů [1, 2, 3].

Problematickou oblastí je obměna, nákup nové techniky a nových technologií do zdravotnických zařízení. V České republice stále ještě neexistuje standardizovaný postup pro řešení takovýchto problémů. Je žádoucí, aby pro kvalitativně vhodné řízení přístrojového vybavení zdravotnických zařízení existovala komplexní metodika, na základě které, by se zařízení mohly objektivně rozhodovat o obměně ZT či nákupu nových technologií. Tato metodika by měla zahrnovat veškeré oblasti, na které má využívání zdravotnických prostředků přímý dopad. Kritéria kvalitativní i kvantitativní, dle kterých se zdravotnické zařízení může rozhodnout o ponechání či výměně konkrétního zdravotnického prostředku. Podstatou je tedy existence vhodné metodiky, která spojí technická, finanční, bezpečnostní, uživatelská i ostatní kritéria a vytvoří ucelenou metodiku [1, 3].

Cílem diplomové práce je tvorba metodologického postupu pro hodnocení a prioritizaci zdravotnických prostředků při rozhodování o jejich nákupu do zdravotnických zařízení. V rámci diplomové práce bude provedena analýza současných postupů využívaných pro určení a prioritizaci zdravotnických technologií se zaměřením na nové a inovativní technologie v ČR a zahraničí. Na základě této analýzy a spolupráce s relevantními odborníky z praxe, tvorba metodologického postupu a jeho otestování na konkrétním zdravotnickém prostředku. Dalším cílem této práce je tvorba návrhu pro možné budoucí programové rozhraní vhodné pro tento metodologický postup.

1 Přehled současného stavu

Tato kapitola je zaměřena na analýzu současných postupů používaných při hodnocení zdravotnické techniky v ČR a ve světě. Jsou zde popsány jednotlivé postupy metod hodnocení a jejich dosažené výsledky. Pro porovnání metod jsou vždy uvedena použitá kritéria, analytické nástroje a výsledky zkoumané metody. Přehled studií zařazených do analýzy současného stavu, které se zabývají hodnocením zdravotnické techniky z pohledu jejich výměny je uveden v příloze A.

1.1 Hodnocení zdravotnických technologií

Hodnocení zdravotnických technologií neboli HTA slouží k syntéze informací pro rozhodovací procesy ve zdravotnictví. HTA obsahuje množství metod, které skrze hodnocení zdravotnických technologií k těmto rozhodovacím procesům slouží. HTA jako metoda vznikla pro ekonomické hodnocení efektivity léčiv, nyní se vyvíjí i v oblasti hodnocení zdravotnických technologií. Metoda HTA je v nemocničních zařízeních využívána pro strategické hodnocení a plánování správy přístrojového vybavení. Proces zpracování HTA studií je rozdělen do dvou skupin – rozhodování a hodnocení. Při hodnocení zdravotnické techniky na základě zadaných kritérií může být velmi silným nástrojem pro kvalitativní řízení správy zdravotnické techniky [1, 4, 5, 6, 7].

Benefity a proč je použití nástroje mini HTA – tool (nebo také hospital-based HTA) důležité, popisuje ve své studii Govender [6]. Tento nástroj nabízí poměrně cenný a komplexní kontrolní seznam pro management v nemocničních zařízeních, který slouží k rozhodování o pořízení nových technologií, léků či zdravotnických prostředků. Tato metoda byla již v roce 2006 využívána většinou Dánských nemocnic a byla důležitým nástrojem pro rozhodování o nákupu zdravotnických technologiích. Nástroj je již zařazen do mezinárodní sítě agentur pro posuzování zdravotnických technologií (INAHTA). Studie poukazuje na hodnotu nástroje mini HTA – tool, retrospektivně na přijatých rozhodnutích v nemocnicích v Jižní Africe, kde chybí podobné nástroje. Nástroj by mohl hrát důležitou roli ve zvýšení efektivity poskytování zdravotní péče v zemích, kde se podobné nástroje nevyužívají [4, 6].

Metody HTA jsou již rozšířeny a ukotveny ve velkém množství zemí skupiny OECD. V ČR zatím nedošlo k jejich implementaci do řízení zdravotnických technologií. Během poslední dekády byly nemocniční zařízení v ČR vybaveny velkým množstvím zdravotnických prostředků. Metody HTA se nabízí jako možnost, jakým způsobem optimalizovat rozhodovací proces při obměně a nákupu zdravotnických technologií [5].

Využití HTA v oblasti zdravotnické techniky [7]:

- výběr vhodného přístroje pro dané pracoviště.
- plánování a hodnocení přístrojového vybavení.
- hodnocení finanční náročnosti přístroje v provozu.
- optimalizace rozmístění přístrojové techniky v ČR.

1.2 Metody využívané při obměně zdravotnických technologií

Různé metody jsou ve světě využívány pro hodnocení zdravotnických technologií a následné rozhodování o jejich nákupu/obměně.

Stěžejní prací na toto téma, ze kterých mnoho studií vychází, je studie z roku 1992 od Larry Fenningkoh [8]. Metoda, kterou navrhl, je založena na matematickém modelu, který obsahuje celkem 10 atributů odkazujících na 4 základní oblasti (servis a podpora, funkce přístroje, nákladové benefity, klinická účinnost a preference). Model byl testován na 146 přístrojích rozdělených do 5 kategorií v nemocnici St. Luke's Medical Center, Milwaukee, Wisconsin (USA) [8].

V roce 2005 vznikla studie [9], která využívá systém pojmenovaný jako Equipment Replacement Planning System (ERPS). Data o zdravotnických přístrojích jsou importována z databáze oddělení zdravotnické techniky do automatického systému ERPS, který vytvoří na základě dat hodnocení relative replacement number (RRN). Výsledná data byla porovnána s tradiční manuální metodou hodnocení, která byla doposud v organizaci využívána. Systém je navržen tak, aby ho bylo možné upravit dle požadavků uživatele. ZT byla hodnocena na základě 14 kritérií, avšak pro výsledný výpočet priority výměny bylo systémem použito celkem 6 kritérií [9].

V témže roce vznikla studie [10], která problematiku priority výměny ZT řeší programovou aplikací integrovanou do informačního systému zdravotnických zařízení testovanou a vyvíjenou v Severozápadních teritoriích (NWT) v Kanadě. Systém, který je rozdělen do 3 základních komponentů, je nazýván jako MERS (medical equipment replacement score) a měl by fungovat jako automatický systém hodnocení ZT [10].

Ze studie z roku 1992 [8] částečně vychází studie [11] autora Giovanni Mummol z roku 2007. Autor navrhuje použití Fuzzy modelu. Model zahrnuje celkem 7 kvalitativních i kvantitativních parametrů pro objektivní hodnocení zdravotnické techniky. Výsledkem hodnocení je PRI (priority replacement index). Bylo analyzováno celkem 100 zdravotnických přístrojů rozdělených do 3 skupin v nemocnici Casa Sollievo della Sofferenza of S. Giovanni Rotondo (Itálie) [11].

Ve studii [12] autor zdůrazňuje důležitost strategického plánování obměny ZT celého nemocničního zařízení. Strategický plán by měl obsahovat klinické i ne-klinické faktory při určování směru poskytování zdravotní péče v daném zařízení. Tato studie pracuje

s velkým množstvím kritérií, kterým jsou přiřazené priority na základě důležitosti. Autor upozorňuje na nutnost existence kvalitní databáze ZT v daném zdravotnickém zařízení. Databáze by měla obsahovat veškerá interní data, ale také informace externí (informace od prodejce, tržní informace atd.). Za použití těchto kritérií navrhuje celkem 3 metody hodnocení, plánování a reportu obměny zdravotnické techniky (základní, komplexní a pokročilou) [12].

V rozsáhlé studii [13] byla provedena analýza 1883 zdravotnických přístrojů v nemocnici Hamilton Health Sciences, Ontario (Kanada). Analýza zahrnuje celkem 8 kritérií, které mají různé váhy na základě důležitosti při rozhodování a plánování obměny zdravotnické techniky. V této studii je výsledným hodnocením zdravotnické techniky parametr WPI (weighted priority index) [13].

Studie Efendigil [14] z roku 2011 analyzuje již vzniklé studie a spojuje poznatky z několika uvedených studií [8, 12, 13] a [15]. Navrhovaný postup zahrnuje proces AHP a analýzu Grey relation. Studie zdůrazňuje důležitost správného výběru rozhodovacích kritérií. Při hodnocení zdravotnické techniky by měla být vždy zahrnuta kritéria kvalitativní i kvantitativní [14].

Studie [16] je zaměřena na kritéria, na základě kterých, je prováděna obměna ZT v rozvojových zemích, kde je nedostatek vědeckého, realistického a komplexního hodnocení. Studie využívá analytickou metodu Fault tree analysis (FTA), která využívá kritéria, které přímo či nepřímo ovlivňují rozhodování o řízení přístrojového vybavení nemocnic. Studie byla prováděna po dobu 3 let ve 3 nemocničních zařízeních na jednotce intenzivní péče neonatologie a bylo analyzováno celkem 50 přístrojů 12 různých kategorií. Tato studie vychází z původní studie [15] z roku 2010, která byla na základě nových poznatků a zkušeností přepracována [16].

Studie [17] z roku 2015 využívá model (AHP–GDM), založený na analytické hierarchii. Model obsahuje celkem 11 kvalitativních i kvantitativních faktorů ovlivňujících výsledné rozhodnutí. Jedná se o metodu multikriteriálního hodnocení, která má schopnost jednoduše hodnotit jak kvantitativní, tak kvalitativní data. Výsledné skóre každého zdravotnického přístroje je pojmenováno jako replacement priority index (RPI). Bylo analyzováno celkem 30 zdravotnických přístrojů na jednotce intenzivní péče [17].

V roce 2018 se tomuto tématu věnovala studie [18], která se zaměřila na tvorbu metodologie pro hodnocení ZT v rozvojových zemích, kde, jak již bylo zmíněno, je nedostatek kvalitních dat a vhodných nástrojů managementu. Na rozdíl od studie [16] z roku 2012 využívá jiný model pro výpočet hodnotícího kritéria a vychází z jiných poznatků. Bylo testováno celkem 42 zdravotnických prostředků a výsledným kritériem je replacement index (RI), který vypovídá o prioritě výměny konkrétního zdravotnického prostředku [18].

Na toto téma byla zaměřena diplomová práce autorky Jandové [19], která byla obhájena v roce 2015. Diplomová práce s názvem „*Kritéria pro vyřazování zdravotnické*

techniky“ se zaměřuje na stanovení kritérií, která jsou zásadní při rozhodování o vyřazení zdravotnické techniky. Výsledkem této práce byl návrh kritérií vhodných pro obnovu zdravotnické techniky ve zdravotnických zařízeních v České republice. Pro využití konkrétními zařízeními je tato práce dle mého názoru příliš v obecné rovině a zaměřuje se z větší míry pouze na kritéria technická, což se jeví pro současné potřeby jako nedostatečné. Dále se zde vyskytují nedostatky v metodologii postupu hodnocení. Jedná se o zajímavou práci, která může sloužit jako inspirace [19].

1.2.1 A medical equipment replacement model

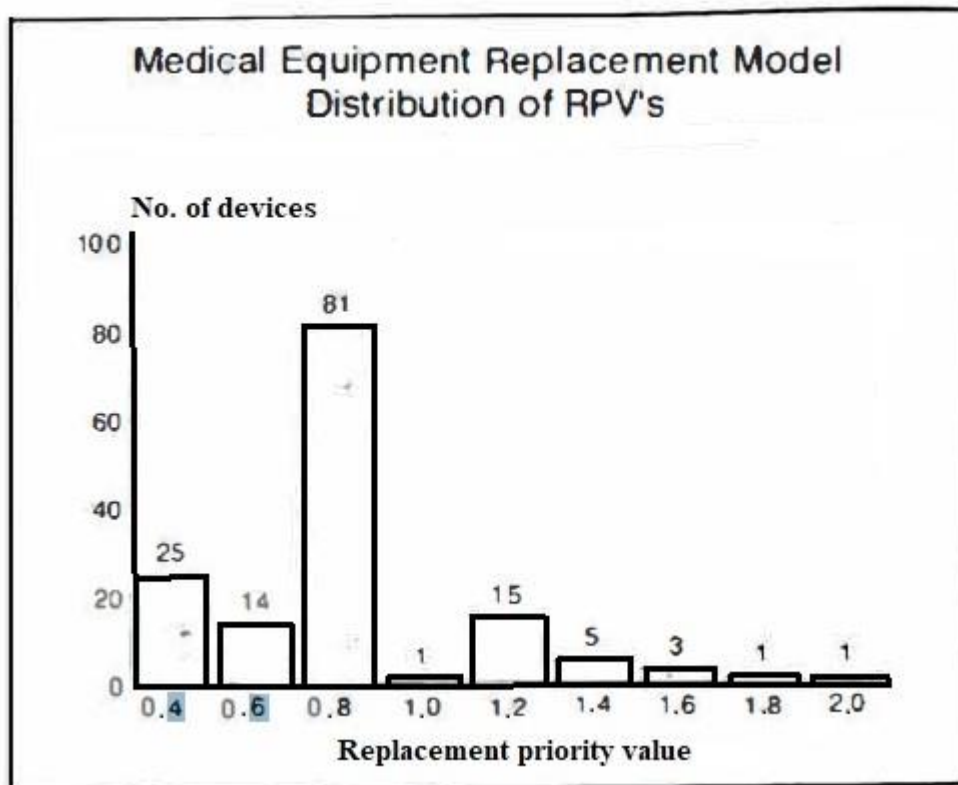
Tento model je založen na procentuálním rozdělení atributů dle jejich podílu na výsledném hodnocení. Skóre kritérií může nabývat hodnot 0, 1 (ne, ano) nebo hodnot v rozmezí 0–4 v závislosti na typu hodnocení. Je zde použito 10 kritérií ze 4 oblastí (tabulka 1.1). Skóre jednotlivých kritérií jsou použita pro výpočet hodnoty **RPV** (replacement priority value) [8].

Tabulka 1.1: Kritéria metody Fenningkoh [8]

Atribut	Kritérium	Hodnocení	Skóre
Servis a podpora (40 %)	Stáří přístroje	<, ≥ přístroj starší 7 let	0, 1
	Náklady na údržbu	<, ≥ kumulované náklady za 3 roky přesahují 15 % z pořizovací ceny	0, 1
	Prostoje	<, ≥ součet neplánovaných prostojů přesahující průměr + směrodatná odchylka pro danou kategorii přístroje	0, 1
	Konec podpory výrobce	ne, ano	0, 1
Funkce přístroje (20 %)		přístroje pro podporu života	4
		terapeutické přístroje	3
		diagnostické přístroje	2
		analytické/podpůrné přístroje	1
Nákladové benefity (20 %)	Zvýšení příjmů	ne, ano	1, 0
	Snížení nákladů	ne, ano	1, 0
Klinická účinnost a preference (20 %)	Vylepšení zdravotní péče	ne, ano	1, 0
	Preference uživatele	žádné, malé, silné	2, 1, 0
	Zlepšení standardizace	ne, ano	1, 0

Použitá kritéria jsou vhodně vybrána pro obecné použití v různých zdravotnických zařízeních. Výsledná hodnota RPV je v rozmezí 0,2–3,6. Celkem bylo testováno 146 (3,5 % z celkového množství v daném zařízení) přístrojů 5 kategorií. Mezi testované přístroje patří například defibrilátor či dětský inkubátor. Pro přístroje s hodnotou RPV > 1,8 je výměna urgentní [8].

$$\begin{aligned}
 \text{RPV} = & 0,4 \cdot (\text{stáří} + \text{náklady na údržbu} + \text{prostoje} \\
 & + \text{konec podpory výrobce}) \\
 & + 0,2 \cdot (\text{funkce přístroje}) \\
 & + 0,2 \cdot (\text{nákladové benefity}) \\
 & + 0,2 \cdot (\text{vylepšení zdravotní péče} \\
 & + \text{preference} + \text{standardizace})
 \end{aligned}
 \tag{1.1}$$



Obrázek 1.1: Graf výsledků metody dle Fenningkoh [8]

Na obrázku 1.1 jsou do grafu vyneseny výsledky hodnocení priority výměny zdravotnické techniky pomocí metody dle Fenningkoh. Největší počet přístrojů se nachází v oblasti $RPV \in 0,4-0,8$. Pro tyto konkrétní přístroje není nutné provádět další testy či kontroly. Urgentní nutnost výměny zdravotnické techniky se vyskytuje pouze ve 2 případech [8].

1.2.2 Development of an automated medical equipment replacement planning system in hospitals

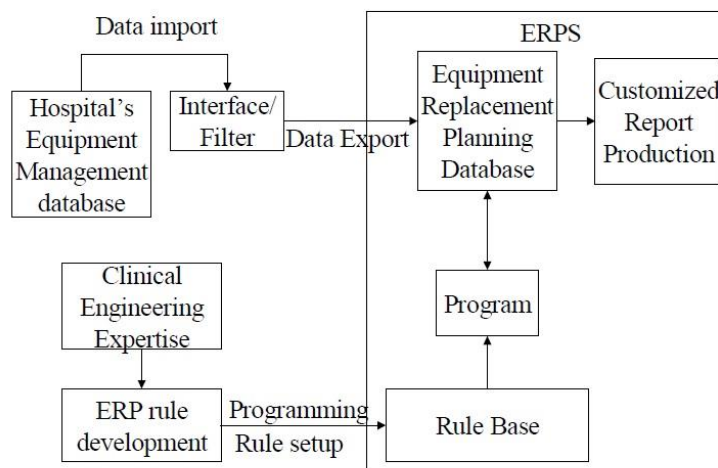
V této studii jsou data o přístrojích importována do modelu ERPS z databáze (UMassMemorial Center's Clinical Engineering equipment management database). Cílem systému ERPS je vytvořit automaticky systém (obrázek 1.2). Jsou nastavena pravidla a kritéria (tabulka 1.2) pro výpočet indexu priority výměny každého zdravotnického prostředku, který se jmenuje **RRN** (relative replacement number) [9].

Tabulka 1.2: Atributy a kritéria modelu ERPS [9]

Atribut	#	Kritérium	Hodnocení
Technický	1	Ukončení podpory	(přístroj bez podpory RRN = 100)
	2	Stáří přístroje vůči odhadované délce života přístroje	
	3	Poruchovost	celkový počet oprav/stáří přístroje
	4	Klinická zastaralost	
	5	Použitelnost	
	6	Technický stav přístroje	
Bezpečnostní	7	Riziko	na základě kategorie (přístroje pro podporu života, terapeutické, diagnostické, analytické a ostatní)
	8	Incidenty související s technologií	
	9	Chyby při použití přístroje	
	10	Připomínky a upozornění	
Finanční	11	Náklady na provoz v porovnání s pořizovacími náklady	
	12	Finanční dopad prostojů	
	13	Dostupnost záložního přístroje	
	14	Standardizace	

Každý atribut a faktor je kvantifikován jako „surová hodnota“, pomocí normalizačního faktoru jsou surové hodnoty normalizovány na škále 0–100 (vyjma #6, 13, 14). Systém ERPS je naprogramován tak, aby váhy jednotlivých kritérií bylo možné nastavit dle preferencí uživatele v daném nemocničním zařízení [9].

$$RRN = \sum \frac{(\text{normalizovaná hodnota} \cdot \text{váha} (\%))}{\text{počet kritérií} \cdot 100} \quad (1.2)$$



Obrázek 1.2: Proces obměny ZT pomocí systému ERPS [9]

Model ERPS je naprogramován pro kritéria #1, 2, 3, 7, 11, 14. Výsledné hodnocení je porovnáno s tradiční manuální metodou hodnocení ZP (metodou, která byla v daném zařízení doposud využívána). Bylo zjištěno, že systém ERPS zaznamenal několik nepodporovaných přístrojů, které byly na pokraji splnění požadovaných standardů a nebyly zahrnuty v tradiční metodě. Na obrázku 1.3 je ukázka hodnocení zdravotnického prostředku pomocí systému ERPS. Přístroje s nízkým rizikem a strategicky nevýznamné přístroje byly také na rozdíl od tradiční metody zařazeny do hodnocení. Klíčovým bodem je dle autora vyřazení subjektivních faktorů z hodnocení. Využitím modelu ERPS může být vytvořen komplexní plán pro obměnu zdravotnické techniky. Dle autora by výsledky mohly být hodnotnější po naprogramování a vložení ostatních kritérií do systému ERPS [9].

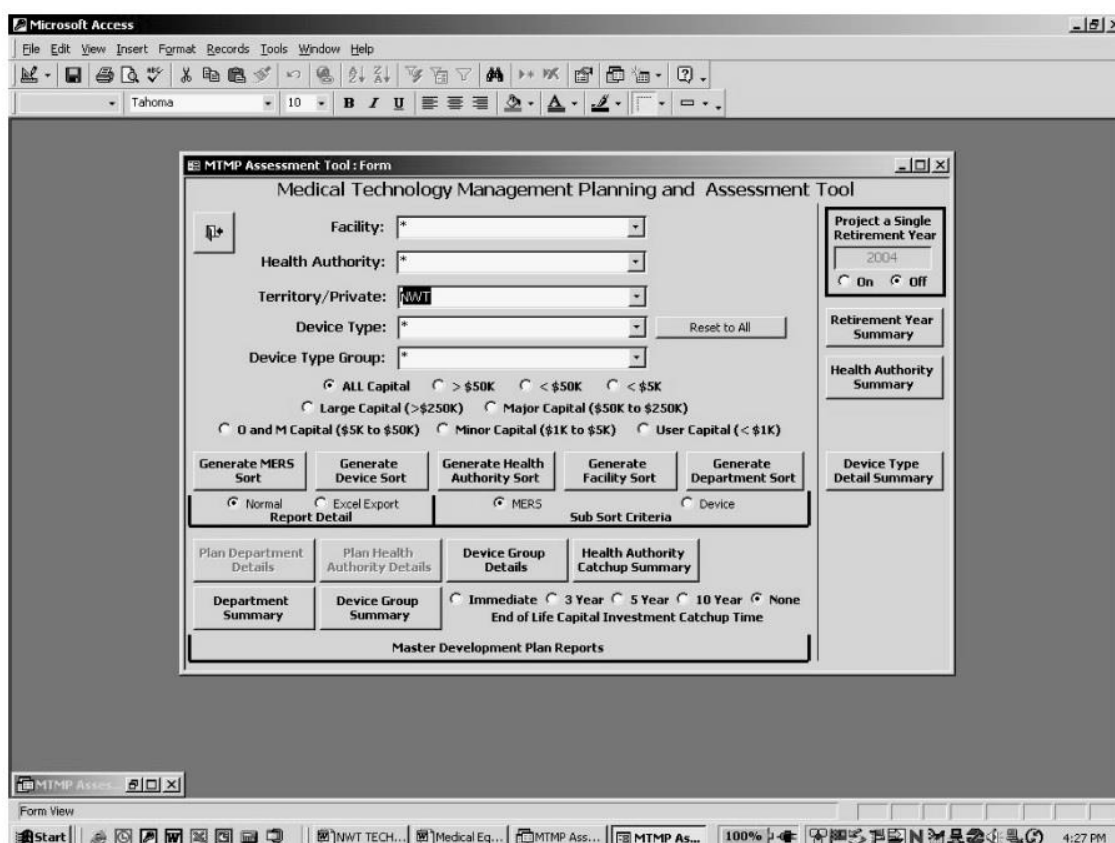
Rule #	Raw value (x)	Normalization equation	Normalized value	Weight %	RRN
1	1 (No support)	$(x * 100)$	100	90	90
2	1.5	$(x - 1) * 100$	50	80	40
3	2.2	$(x - 1) * 50$	60	50	30
4	0 (Not obsolete)	$(x * 100)$	0	55	0
			Device RRN=	Mean =	40

Obrázek 1.3: Ukázka hodnocení kritérií pomocí ERPS modelu [9]

1.2.3 A medical equipment replacement score system

Základem systému MERS (medical equipment replacement score), který popisuje autor, je jeho jednoduchost a jeho snadné programové napojení na informační systém zdravotnického zařízení (obrázek 1.4). Systém je schopen poskytnout hodnocení kvalitativních faktorů priority výměny zdravotnických prostředků v reálném čase. Systém MERS byl vyvíjen a testován v oblasti Severozápadních teritorií v Kanadě, ve kterých se nachází přes 20 zdravotnických zařízení s přibližně 3000 hodnocenými zdravotnickými prostředky. Systém MERS je rozdělen do 3 základních částí – technická, bezpečnost přístroje a funkce z pohledu dopadu využívání přístroje na zdravotnické zařízení a obsahuje celkem 7 kritérií (tabulka 1.3). Výsledné skóre může nabývat hodnot v rozmezí 1,5–50 [10].

$$\text{MERS} = \text{technická část} + \text{bezpečnost zařízení} + \text{funkce} \quad (1.3)$$



Obrázek 1.4: Nástroj pro plánování správy zdravotnických technologií se systémem MERS v pozadí [10]

Tabulka 1.3: Kritéria hodnotícího systém MERS [10]

Část	Kritérium	Hodnocení	Skóre
Technická (Kondice + Životnost) · Podpora	Kondice	Velmi dobrá	1
		Dobrá	2
		Přijatelná	3
		Špatná	4
		Nebezpečná	5
	Životnost	Stáří přístroje < 4/5 očekávané životnosti	0
		Stáří přístroje > 6/5 očekávané životnosti	5
	Podpora	Ok	1
		Počínající ukončení podpory	1,3
		Méně než 2 roky podpory	1,7
Bez podpory		2	
Bezpečnost přístroje Fyzické riziko · TRI	Fyzické riziko	Bez rizika	1
		Možnost zpoždění diagnózy či terapie	2
		Možnost nepřesné diagnózy či nevhodné terapie	3
		Možnost zranění pacienta/operátéra	4
		Možnost smrti pacienta/operátéra	5
	Technologické riziko	$TRI = 1 + 0,5 \cdot$ (dokumentovaný vnitřní incident/výstraha) + $1,0 \cdot$ (zdokumentovaný externí nevládní incident/výstraha) + $1,5 \cdot$ (dokumentovaná vnější vládní událost/varování)	
Funkce Úkol · Záloha	Statut přístroje /technologie	Nelékařský/bez dopadu na zdravotní péči	1
		Malý dopad na zdravotní péči	2
		Oběcný dopad na zdravotní péči bez větších rizik	3
		Mandatorní technologie s případným velkým rizikem na zdravotní péči	4
		Prioritní technologie s velkým rizikem na celý chod zařízení a zdravotní péči	5
	Záloha	$1 + 0,5 \cdot$ (bez záložního zařízení) +	
		$0,5 \cdot$ (žádná územní/regionální záloha)	

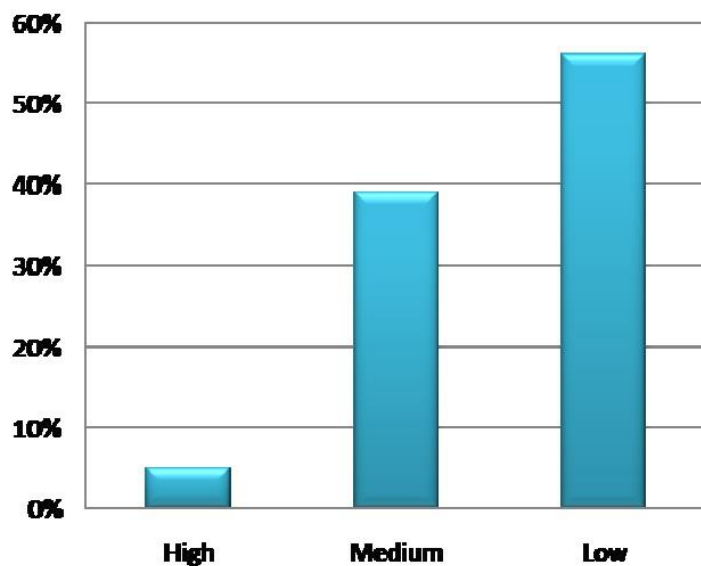
1.2.4 A fuzzy approach for medical equipment replacement planning

V této studii je vytvořen Fuzzy model, který obsahuje celkem 7 vstupních parametrů a výsledkem je jeden výstupní parametr (tabulka 1.4). Skóre je sečteno pro každý zdravotnický prostředek a je vytvořena výsledná hodnota **PRI** (priority replacement index). Každý přístroj má skóre na škále 1–30. Pro přístroje se skórem 1–10 je priorita výměny nízká. V rozmezí 10–20 je priorita výměny střední a přístroje začnou být více monitorovány. Pokud má přístroj skóre vyšší než 20, je nutné jej ihned doporučit k výměně [11].

Tabulka 1.4: Parametry a kritéria Fuzzy modelu [11]

Parametr	Kritérium	Skóre
Údržba	Poměr nákladů na údržbu za poslední 3 roky a pořizovací ceny	cena nákladů/pořizovací cena
Střední doba prostoje	Poměr střední doby prostoje s průměrnými prostoji podobných přístrojů	doba prostoje/průměrná doba prostoje podobných přístrojů
Stáří	Poměr stáří přístroje a očekávané životnosti	stáří/očekávaná životnost
Využití	Více než 6 hodin denně	3
	0–6 hodin denně	2
	Neurčeno k dennímu použití	1
Podpora života	Přístroje pro podporu života	4
	Terapeutické přístroje	3
	Diagnostické přístroje	2
	Ostatní přístroje	1
Nadbytečnost	Poměr skutečného počtu přístrojů a stanoveného lékařským personálem	současná úroveň nadbytečnosti/požadovaná úroveň nadbytečnosti
Stárnutí technologie	Existence novějšího přístroje (ne, ano)	0, 1

Celkem bylo analyzováno 100 přístrojů rozdělených do 3 skupin. Z nich 5 % bylo v kritickém stavu, 39 % se střední prioritou výměny a 56 % s nízkou prioritou výměny (obrázek 1.5). Vybraný model byl vytvořen za účelem vyvinutí systému schopného předpovědět prioritu výměny (PRI). Pomocí Fuzzy Inference System (FIS) byla vytvořena umělá neuronová síť určena k nalezení nejdůležitějších funkcí [11].



Obrázek 1.5: Výsledná data hodnocení pomocí modelu Fuzzy [11]

1.2.5 Medical equipment replacement: planning, factors, methods and outcomes

Tato metoda využívá rozsáhlé množství kvantitativních a kvalitativních faktorů při hodnocení a následném rozhodování. Faktory jsou zpracovány do přehledné databáze a hodnocené parametry jsou v následující tabulce 1.5. Na základě těchto faktorů autor navrhuje 3 komplexní úrovně správy přístrojového vybavení [12].

Tabulka 1.5: Kritéria metody prioritizace faktorů [12]

Oddíl	Kritérium	Priorita
Životní reference přístroje	Odhadovaná užitečná životnost	střední
Údržba	Datum ukončení podpory prodejce	vysoká
	Dostupnost náhradních dílů	vysoká
	Cena údržby	střední až vyšší
	Spolehlivost přístroje	střední až vyšší
	Stav přístroje	střední až vyšší
Prostoje	Doba, po kterou je přístroj mimo provoz z důvodu poruchy	střední až vyšší
Funkce přístroje a Criticality (Kritičnost)	Funkčnost přístroje	střední
	Criticality (Kritičnost)	vyšší
Bezpečnost	Nežádoucí účinky	střední až absolutní
	Bezpečnostní funkce	vysoká
Klinické použití	Přijatelnost zařízení z pohledu kliniků	střední až vyšší
	Použití	střední až vyšší
Standardizace	Standardizace nemocničního zařízení	střední až vyšší
Standardy zdravotní péče	Standardy zdravotní péče	střední až vyšší
Standardy zdravotnických prostředků	Standardy přístroje	střední až vyšší
Regulační požadavky	Regulační požadavky	absolutní
Technologický stav	Úroveň technologie přístroje	střední až vyšší
Podpora prodejce	Podpora prodejce	střední až vyšší
Využití	Četnost využití zařízení	střední až vyšší
Rozhraní	Kompatibilita přístroje s nemocniční informační sítí	střední až vyšší
Záložní přístroj a náhradní díly	Dostupnost záložního zařízení a náhradních dílů	střední až vyšší
Ostatní	Ostatní faktory	

Základní úroveň

Metoda na této úrovni by měla být využita v zařízeních, kde chybí systém či schází dostatek relevantních dat. Tento systém využívá jednoduché tabulky a data, která jsou dobře dostupná, jako například stáří přístroje, jeho funkční zařazení, sériové číslo a

modelové číslo. Dalším důležitým faktorem jsou náklady spojené s nahrazením přístroje. Tato metoda neobsahuje veškeré faktory, které byly zmíněny výše, avšak s dobrým systémem managementu může dle autora představovat fungující metodu jako základ pro následné rozšíření a zdokonalení [12].

Komplexní úroveň – použití počítačových databází a analýz

Proces vytvoření plánu pro obměnu ZT v nemocničním zařízení musí být dle autora založen na kvalitní databázi a dostatečném obsahu dat. Základním krokem je úplná inventarizace veškerých přístrojů. Každý přístroj bude mít v databázi přiřazené veškeré dostupné informace o něm a na základě těchto dat bude o přístroji rozhodováno (obrázek 1.6). Primárně je to založeno na stáří a spolehlivosti zařízení. Vzhledem k možnosti omezeného rozpočtu jsou následně manuálně vyhodnoceny jednotlivé přístroje. Na základě hodnocení je dále určen předpokládaný rok obměny zařízení. Pokud je přístroj součástí komplexnějšího systému, který obsahuje více jednotlivých zdravotnických prostředků s různými roky výměny, je vhodné zvolit datum pro společnou obměnu [12].

<i>Location</i>	<i>Type</i>	<i>Manf.</i>	<i>Model</i>	<i>Ser #</i>	<i>Flag</i>	<i>Age</i>	<i>Life Expectancy</i>	<i>Projected Retire Date</i>	<i>Replace Cost</i>	<i>Cumulative Costs</i>
ICU	Pulse oximeter	Red Light	6600	A3B3		12	7	2001	\$2000	\$97,500
ICU	Pulse oximeter	Red Light	6600	A3B4		12	7	2001	\$2000	\$99,500
Respiratory	Ventilator	Breath	101	7777		12	10	2004	\$26000	\$125,500
Nursing	Infusion pump	Imack	Infusa	299296		11	10	2005	\$2500	\$128,000

Obrázek 1.6: Vzorek jednoduché databáze komplexní úrovně [12]

Pokročilá úroveň – analýza obměny vyšší úrovně zdravotnické techniky

Pro drahé, technologicky složité přístroje, by měli být dostupné dodatečné analýzy. Vzhledem k vysokým nákladům těchto systémů je žádoucí, aby tato třída zdravotnické techniky byla analyzována podrobněji, pečlivěji a obsahovala širší škálu informací [12].

Autor knihy zmiňuje softwarový nástroj Preliminary Equipment Replacement Plan, Malcolm Ridgway, který analyzuje 7 klíčových faktorů. Program zahrnuje faktory jako stáří a technický stav, využití, klinickou přijatelnost, technologickou úroveň, dostupnost náhradních dílů, předpokládanou spolehlivost a předpokládané náklady na údržbu. Jednotlivé faktory mají rozdílné váhy na základě důležitosti a dále jsou hodnoceny číselně 1–10. Součtem jednotlivých hodnocení je výsledné skóre. Čím vyšší výsledná hodnota je, tím vyšší je priorita pro výměnu. Tento program pracuje také s náklady a spolehlivostí přístroje [12].

1.2.6 Prioritizing equipment for replacement

V této studii je vytvořen komplexní seznam přístrojové techniky (The Periop Master Equipment List), jako nástroj pro jednoduché určení priority výměny. Na základě 8 kritérií (tabulka 1.6) a jejich vah je každý přístroj hodnocen a následně spočítán jeho vážený index priority výměny, na základě kterého, je určena priorita výměny daného přístroje. Seznam obsahuje informace celkem o 1883 přístrojích [13].

Tabulka 1.6: Kritéria Hamilton studie [13]

Kritérium	Váha	Hodnoty	Skóre	Kritérium	Váha	Hodnoty	Skóre
Cena (\$)	0,054	> 100 000	5	Náhradní díly (% nákladů na náhradní díly z původní pořizovací ceny)	0,054	> 4	5
		> 50 000	4			> 3	4
		> 25 000	3			> 2	3
		> 10 000	2			> 1	2
		> 0	1			> 0	1
Kondice	0,189	Velmi špatná	5	Riziko (rozmezí 0–89)	0,207	0	0
		Špatná	4			> 80	5
		Slušný	3			> 60	4
		Dobrý	2			> 40	3
		Velmi dobrý	1			> 20	2
Podpora	0,161	Bez podpory	5	Využití (frekvence použití)	0,154	> 0	1
		Končící podpora	4			0	0
		Končící prodej/výroba	3			Velmi časté	5
		Podporováno	2			Časté	4
		Plně podporováno	1			Průměrné	3
Stáří (roky)	0,136	>= 20	6			Občasné	2
		>= 15	5			Méně občasné	1
		>= 10	4				
		>= 5	3				
		>= 3	2				
		>= 0	1				
Práce (roční průměr hodin údržby/oprav)	0,046	> 4	5				
		> 3	4				
		> 2	3				
		> 1	2				
		> 0	1				
		0	0				

$$WPI = WP + WC + WS + WA + WL + WPT + WR + WU \quad (1.4)$$

WPI = Vážený index priority výměny

WP = Cena · váha

WC = Kondice · váha

WS = Podpora · váha

WA = Stáří · váha

WL = Práce · váha

WPT = Náhradní díly · váha

WR = Riziko · váha

WU = Využití · váha

Výsledky jsou zpracovány do přehledné databáze. Na obrázku 1.7 je zobrazeno hodnocení vybraných kritérií. V analyzované skupině přístrojů bylo zjištěno: 6 % přístrojů je ve špatném technickém stavu, 30 % je bez podpory prodejce/výrobce nebo na konci jeho období, 3 % je starších 20 let, 8 % je v opravě déle než 4 hodiny ročně a 13 % je v nejvyšší kategorii rizika [13].



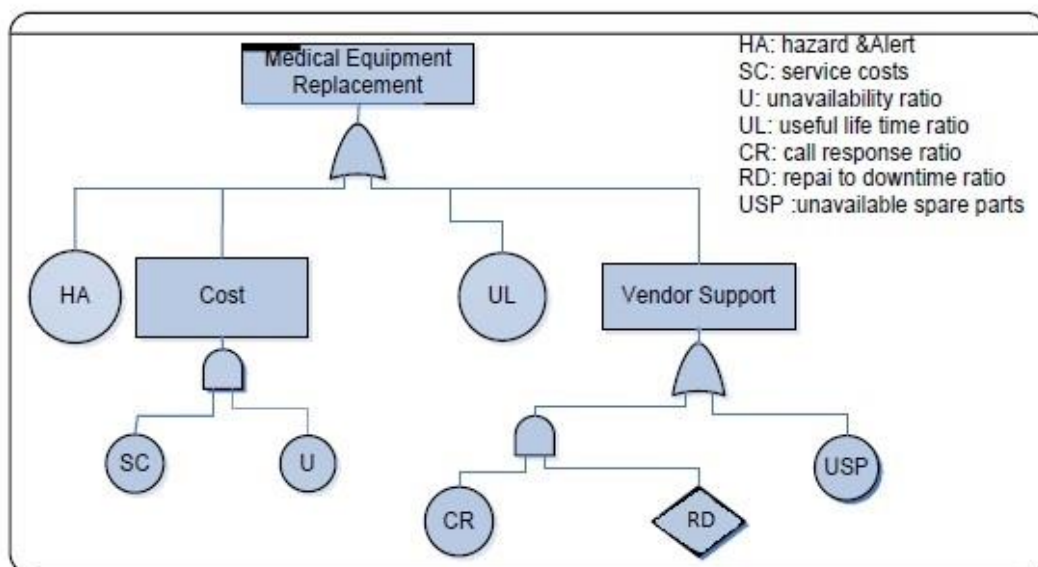
Obrázek 1.7: Vybraný vzorek výsledků studie Hamilton [13]

1.2.7 The effect of useful life and vendor performance on replacement decision of medical equipment

Ve studii [16] je použita analytická metoda Fault tree analysis (FTA). FTA je efektivní analytická metoda, která se používá pro vyhodnocení pravděpodobnosti selhání, respektive spolehlivosti systému. Je založená na rozboru vrcholové události (negativní) a nalezení příčin a jejich kombinací, které k události vedou (obrázek 1.8). Výčet kritérií, které mohou vést k negativní události je v tabulce 1.7. Cílem je využití nalezených informací a optimalizace systému, která by vedla ke snížení pravděpodobnosti výskytu poruch [15, 16].

Tabulka 1.7: Kritéria modelu Fault tree analysis [16]

Atribut	Kritérium	Hodnocení	Skóre
Nebezpečí a výstrahy (HA)		ano, ne	1, 0
Životnost přístroje (UL)		stáří přístroje/očekávaná životnost	
Provozní náklady	Provozní náklady (SC)	celkové náklady/pořizovací náklady	
	Nedostupnost přístroje (U)	prстоje/časový interval měření	
Podpora prodejce	Dostupnost náhradních dílů (SP)	ano, ne	0, 1
	Čas oprav (RD)	průměrná doba oprav/prстоje	
	Call response (CR)	průměrná odezva/prстоje	



Obrázek 1.8: Diagram modelu Fault tree analysis [16]

K výměně přístroje dojde, pokud poruchy (HA) mají negativní dopad na používání přístroje, přístroj překročil dobu své životnosti (UL), nákladnost přístroje překročí určené meze (SC, U) a při nedostatečné podpoře od prodejce (CR, SP, RD). Pokud je součet všech těchto faktorů vyšší než 1, je nutné, aby došlo k výměně konkrétního přístroje [16].

Byla provedena analýza celkem 50 přístrojů (12 různých typů) ve 3 nemocničních zařízeních (obrázek 1.9, 1.10). Na základě této analýzy, může být životní cyklus ZP rozdělen do 4 skupin. ZP ve skupině I. musí být vyměněny ($R > 1$), ve skupině II. by mělo dojít k jejich otestování ($R \in 0,75-1$). Skupina III. by měla být pod dohledem a mělo by dojít k otestování následující rok ($R \in 0,5-0,75$), ZP ve IV. skupině by měly být ponechány bez dalších akcí s tím spojených ($R < 0,5$). Na základě analýzy by mělo být v analyzované skupině vyměněno 32,5 % zdravotnických prostředků, 25 % by mělo být otestováno, 32,5 % pod zvýšeným dohledem a 10 % ponecháno [16].

$$R = HA + UL + [SC \cdot U] + [(CR \cdot RD) + w(USP)] \quad (1.5)$$

w = váha kritéria SP na základě kategorie přístroje (analýzátor krevních plynů = 1, ventilátor = 0,8 a ostatní = 0,5)

Equipment name	UL	SC	U	USP	CR	RD	R
BGA (Roche)	0.25	0.72	0.03	0	0.4	0.5	0.47
Incubator (Caleo)	0.5	0.38	0.48	0	0.63	0.24	0.83
Bilirubin meter (dragger, cutaneous)	1.13	0.46	0.27	1	0.16	0.16	1.7
Infusion Pump(Atom)	0.5	0.54	0.1	0	0.1	0.35	0.6
Ventilator, Bennett, 840	0.3	0.1	0.003	0	0	0	0.3
Monitor, drager	0.5	0.29	0.16	0	0.35	0.4	0.68

Obrázek 1.9: Vzorek vybraných přístrojů metody FTA [16]

Tato studie navazuje na původní studii [15] z roku 2010. Došlo ke změnám v oblasti výpočtů dostupnosti náhradních dílů a v diagramu samotného modelu FTA. Původní studie hodnotila 30 přístrojů 8 kategorií na jednotce intenzivní péče neonatologie

Equipment name	UL	SC	U	SP	CR	RD	R
BGA (Roche)	0.25	0.72	00.03	1	0.4	0.5	0.47
Incubator (Caleo)	0.5	0.29	0.28	1	0.66	0.2	0.7
Ventilator (Bear Cub 750 VS)	0.9	0.29	0.39	0	0.01	0.9	1.8
CPAP (Arabella)	0.4	0.16	0.21	1	0.75	0.004	0.4

Obrázek 1.10: Vzorek vybraných přístrojů metody FTA [15]

v Univerzitní nemocnici. Na základě této analýzy mělo být vyměněno 15 % zdravotnických prostředků, 33 % mělo být otestováno, 33 % pod zvýšeným dohledem a 19 % ponecháno. Studie dále popisuje i jiné metody, přístupy hodnocení ZT a hodnotí je na základě vhodnosti použití. Jeden z přístupů je existence seznamu zdravotnických prostředků s jejich základními ekonomickými informacemi pro výpočet nákladů na náhradu přístroje. Tento přístup je velmi omezený vzhledem k malému počtu dat a rozpočtovému omezení. Další možnou metodou je systém MERS (medical equipment replacement number), jedná se o automatický, softwarem řízený systém založený na technickém stavu a bezpečnosti zdravotnického přístroje. Systému MERS se konkrétněji věnuje studie [10] z roku 2005. Dále existuje systém RRN (relative replacement number) podobný systému MERS, avšak obsahuje více informací o přístroji – a to konkrétně věcné, bezpečnostní, technické a finanční kritéria a nastavuje pravidla, která by pomohla k výslednému rozhodování [9, 10, 16].

Autor dále zmiňuje možnost použití matematického modelu, jako kvantitativního přístupu. Poskytuje lepší analýzu s plnohodnotnějšími výsledky, avšak tyto matematické modely zahrnuje vzhledem k jejich komplikovanosti a absenci některých důležitých dat (bezpečnost, podpora výrobce či prodejce) [16].

1.2.8 Prioritize medical equipment replacement using analytical hierarchy process

Tato metoda byla již v minulosti použita pro hodnocení zdravotnické techniky a byl prokázán její přínos. Model využívá relativní i absolutní měření k určení skóre a vah všech kritérií. V této studii je použito celkem 7 kritérií (tabulka 1.8), kritéria jsou na sobě navzájem nezávislá. Přístroje se skóre nižším než 0,5 mají nižší prioritu výměny. Přístroje se skóre vyšším než 0,5 by měli být vyměněny v závislosti na dostupném rozpočtu. AHP-GDM metoda díky svému systematickému přístupu umožňuje manažerům nemocničních zařízení komplexní porozumění procesů, které jsou při obměně zdravotnické techniky využity. Na obrázku 1.11 je zobrazena ukázka hodnocení ZT pomocí zkoumané metody. Výsledné skóre přístroje je pojmenováno jako **RPI** (replacement priority index) [17].

Equipment Name	Vendor Support	Alternative support Availability	Efficiency Coefficient	Failure Rate	Maintenance Cost	Device Age	Technology Age	Function	Backup Equipment Availability	Usage Rate	Clinical Acceptability	Total Score	RPI
Monitor	0.225	0.024	0.023	0.055	0.281	0.115	0.029	0.052	0.008	0.014	0.023	0.85	0.83
Ultrasound	0.225	0.024	0.023	0.01	0.281	0.115	0.029	0.011	0.024	0.014	0.007	0.76	0.74
syring pump	0.052	0.024	0.045	0.055	0.281	0.082	0.029	0.018	0.008	0.005	0.007	0.61	0.57
Ventilator	0.225	0.007	0.023	0.025	0.025	0.082	0.029	0.052	0.024	0.014	0.007	0.51	0.46
Infution pump	0.052	0.075	0.008	0.025	0.074	0.082	0.029	0.018	0.024	0.005	0.007	0.4	0.34
syring pump	0.052	0.007	0.023	0.055	0.074	0.082	0.029	0.018	0.008	0.005	0.007	0.36	0.30
Ventilator	0.052	0.007	0.008	0.01	0.025	0.082	0.029	0.052	0.008	0.014	0.002	0.29	0.22
Ultrasound	0.052	0.075	0.008	0.025	0.025	0.022	0.013	0.011	0.024	0.014	0.002	0.27	0.20
Monitor	0.052	0.024	0.008	0.01	0.025	0.022	0.029	0.011	0.024	0.014	0.002	0.22	0.14
Ultrasound	0.02	0.075	0.008	0.01	0.025	0.022	0.013	0.011	0.024	0.014	0.002	0.22	0.15

Obrázek 1.11: Vzorek databáze výsledků metody AHP - GDM [17]

$$TS_i = \sum_{j=1}^m w_j S_{ij} \quad (1.6)$$

TS_i = celkové skóre přístroje

i = celkový počet přístrojů

j = číslo kritéria

w_j = váha kritéria

S_{ij} = hodnota skóre kritéria

Tabulka 1.8: Atributy a kritéria metody AHP – GDM [17]

Atribut	Váha	Kritérium	Váha	Hodnocení	Skóre
Dostupnost podpory (SA)	0,3	Podpora prodejce (VS)	0,75	VS < 2 roky	1
				2 < VS < 5	0,2291
				VS > 5	0,0884
		Alternativní podpora (ASS)	0,25	Nedostupnost náhradních dílů	1
				Složitá dostupnost náhradních dílů	0,3233
				Dostupnost náhradních dílů	0,0918
Výkon	0,28	Poruchovost (FR)	0,66	FR > 2	1
				1,5 < FR < 2	0,4521
				1,5 < FR < 1	0,174
				0 < FR < 1	0,063
		Koeficient účinnosti (EC)	0,34	EC < 50 %	1
				50 % < EC < 70 %	0,4244
				70 % < EC < 90 %	0,2182
				EC > 90 %	0,0716
Náklady na údržbu (MC)	0,16			MC > 20 %	1
				10 % < MC < 25 %	0,2643
				MC < 10 %	0,0884
Stáří	0,14	Stáří přístroje (DA)	0,8	Již zastaralý	1
				Téměř zastaralý	0,7088
				Průměrný	0,1923
				Téměř nový	0,1061
				Nový	0,0736
		Stáří technologie (TA)	0,2	TA > 10 let	1
				5 < TA < 10	0,4487
				3 < TA < 5	0,2152
		TA < 2	0,0906		
Funkčnost přístroje (EF)	0,05			Přístroje pro podporu života	1
				Terapeutické přístroje	0,3524
				Diagnostické přístroje	0,2151
				Analytické/podpůrné přístroje	0,1452
				Ostatní	0,0492
Dopad na provoz	0,04	Dostupnost záložního přístroje (BE)	0,65	BE < 1	1
				1 < BE < 4	0,326
				BE > 4	0,1055
		Míra využití (UR)	0,35	UR > 8h (denně)	1
				6h < UR < 8h	0,3364
				U < 6h	0,1018
Klinické použití	0,02			Neakceptovatelné	1
				Adekvátní	0,2837
				Ok	0,0799

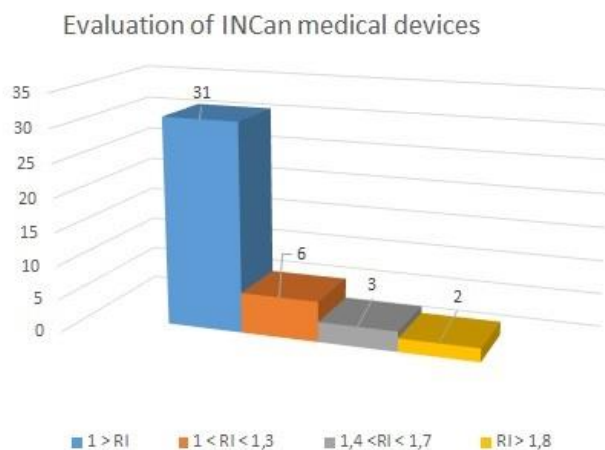
1.2.9 Development of methodology of evaluation for medical equipment replacement for developing countries

V této studii se autor zaměřil na tvorbu metodologie pro hodnocení zdravotnických prostředků z pohledu jejich výměny v rozvojových zemích, kde je nedostatek objektivních a kvalitních dat pro následné rozhodování. Tyto země prošly velkým rozvojem v oblasti zdravotnické techniky v posledních letech a chybí jim dostatečné zkušenosti a kvalitní data pro hodnocení zdravotnické techniky. Vzhledem k těmto nedostatkům nelze použít některé již publikované metody, které se již v zemích s rozvinutým systémem managementu používají. Tato metoda je založena na 8 parametrech ze 3 kategorií (technické, ekonomické a klinické; tabulka 1.9). Parametry jsou zvoleny takovým způsobem, aby každé oddělení zdravotnické techniky ve zdravotnickém zařízení bylo schopné tyto parametry získat. Hlavním zdrojem informací této studie, jako i v mnoha předchozích případech, je práce [8] z roku 1992 od Fennigkoh. Výsledkem je výpočet **RI** (replacement index), který vypovídá o prioritě obměny daného zdravotnického prostředku [18].

$$\begin{aligned} \text{RI} = & 0,4 \cdot [\text{Stáří} + \text{Náklady na údržbu} + \text{Prostoje}] + 0,4 \\ & \cdot [\text{Konec podpory} + \text{Dostupnost ND, SM}] \\ & + 0,2 \cdot [\text{Klinická účinnost} \\ & + \text{Uživatelské preference} + \text{Frekvence užití}] \end{aligned} \quad (1.7)$$

Výsledné hodnoty jsou dle priority rozděleny do 4 kategorií. Pro přístroje s $\text{RI} < 1$ je třeba je znovu vyhodnotit za 2 roky. Přístroje v rozmezí $0,2 < \text{RI} < 1,3$ znovu vyhodnotit již za rok. Ty, které se nachází v rozmezí $1,4 < \text{RI} < 1,7$ vyměnit následující rok a okamžitá výměna je vhodná pro přístroje s $\text{RI} > 1,8$ [18].

Metoda byla testována v Instituto Nacional de Cancerología (INCan, Mexiko). Výsledky ukazují, že většina přístrojů spadá do přijatelné kategorie, ve které budou zdravotnické prostředky testovány za 2 roky a pouze 2 přístroje se nachází v kritickém stavu a měli by být vyměněny okamžitě (obrázek 1.12) [18].



Obrázek 1.12: Graf výsledků metody pro hodnocení ZP v rozvojových zemích [18]

Tabulka 1.9: Parametry hodnocení ZP v rozvojových zemích [18]

Skupina	Kritérium	Hodnocení	Skóre
Technicko-ekonomická (TE)	Stáří	Stáří > průměrná životnost přístroje udávaná výrobcem	1
		Stáří < průměrná životnost přístroje udávaná výrobcem	0
	Náklady na údržbu (včetně nákladů na náhradní díly)	Průměrné náklady na údržbu za poslední 3 roky > 15 % z pořizovací ceny	1
		Průměrné náklady na údržbu za poslední 3 roky < 15 % z pořizovací ceny	0
	Prostoje	Prostoje > 10 % provozní použití	1
		Prostoje < 10 % provozní použití	0
	Prostoje = (počet hodin, kdy přístroj není k dispozici pro klinické užití/ počet hodin, požadovaných pro klinické užití) * 100		
Maximální priority (MP)	Konec podpory	Bez podpory	2
		Podpora pro 1 rok nebo méně	1
		Podpora pro 2–3 roky	0,5
		Podpora pro více jak 3 roky	0
	Dostupnost náhradních dílů a spotřebního materiálu	Nedostupné	1
		Dostupné	0
Klinická (C)	Klinická účinnost (z pohledu formy, času a kvality)	Žádná	1,5
		Střední	1
		Vysoká	0
	Uživatelské preference	Malé	1
		Střední	0,5
		Vysoké	0
	Frekvence užití	Vysoká	1
		Střední	0,5
		Nízká	0

1.3 Nákup zdravotnických technologií

Na základě hodnocení zdravotnické techniky a výsledných reportů dochází k obměně zdravotnické techniky a nákupu nových technologií v nemocničních zařízeních. V článku [20] je vyobrazen jeden z přístupů, který se používá pro sledování a hodnocení nákupu zdravotnických přístrojů v České republice. Vytvořený systém umožňuje efektivní hodnocení a sledování nákupu ZT a poskytuje objektivní informace. Systém je vytvořen na základě multikriteriálního rozhodování s parametry specifikovanými uživatelem. Mezi kritéria patří smluvní podmínky nákupu, cena ZP a technické parametry [20].

Jak uvádí Donin [2015] „*Hlavním cílem sledování nákupu zdravotnických prostředků je poskytnout nástroje pro podporu rozhodování v rámci plánování nákupů pro zdravotnická zařízení a jejich následné hodnocení*“. Hlavními cíli systému je monitoring vynaložených financí, nástroje pro hodnocení efektivity nákupu a důležité informace o nákupu. Byl vytvořen datový model pro sběr dat o nákupech ZT, který pracuje se 3 základními body: vlastní nákup, kupní smlouva a zakoupený zdravotnický prostředek [20].

Dle ministerstva zdravotnictví jsou veškerá zdravotnická zařízení povinna zveřejňovat zadávací dokumentaci a výsledky proběhlých veřejných zakázek. Tyto data jsou považována za hlavní zdroj a jsou ověřena skrze Věstník veřejných zakázek. Pomocí zavedeného modelu pro sběr dat byla data získána. Celkem se podařilo získat informace o více než 180 zakázkách. Tyto data byla zpracována do obsáhlé databáze. K porovnání a hodnocení nákupů byla použita metoda multikriteriálního hodnocení. Tato metoda porovnává na základě zvolených parametrů nákupy jednotlivých skupin zdravotnických prostředků. Výsledkem je tzv. hodnocení „value for money“, volně přeloženo jako hodnota za peníze. Cílem systému je poskytnutí dat obsažených v databázi pro různé uživatele. Data slouží k porovnání cen podobných přístrojů, plánování a vhodnějšímu výběru veřejných zakázek. Vliv náhradních dílů, spotřebního zboží a softwaru byl zahrnut. Systém vede k podpoře centralizovaného nákupu zdravotnické techniky v ČR [20].

Článek skupiny Black country partnership se věnuje standardizovanému postupu při nákupu zdravotnické techniky pod záštitou skupiny NHS Foundation trust ve Velké Británii. Autor klade důraz na dodržování správného postupu při nákupu zdravotnické techniky. To zahrnuje vyplnění veškeré dostupné dokumentace. Studie zmiňuje tato kritéria, která jsou nutná brát v potaz při nákupu zdravotnické techniky [21]:

- údržba.
- školení (uživatelské, technické).
- rutinní postup čištění, dezinfekce, sterilizace.
- podpora od výrobce.
- možnost zapojení přístroje ve významných projektech.
- komunikace se zdravotnickou sítí a databází.
- náklady na spotřební materiál a životnost přístroje.
- likvidace přístroje.

1.4 Shrnutí

Většina popsaných metod využívá kritéria kvalitativní i kvantitativní pro dosažení nejpřesnějších výsledků. Nejčastěji užívaná kritéria lze rozdělit do 4 kategorií. Kategorie technická, kde se vyskytuje stáří přístroje, jeho technický stav, podpora prodejce/výrobce, dostupnost náhradních dílů, údržba či prostoje. Kategorie ekonomická, kde se nejčastěji objevuje cena přístroje, náklady na údržbu, náklady na náhradní díly či náklady na provoz. Následuje kategorie bezpečnostní, která zahrnuje kritéria bezpečnosti přístroje, výskyt poruch, četnost nežádoucích příhod či klinické použití. Poslední kategorie by se dala označit jako ostatní, kde se nachází zastaralost technologie, kritérium standardizace, dostupnost záložního přístroje či legislativní požadavky na přístroj. Na obrázku 1.13 lze vidět, jakým způsobem jsou nejčastěji rozloženy hodnotící oblasti v procesu hodnocení zdravotnické techniky ve zpracovaných studiích.

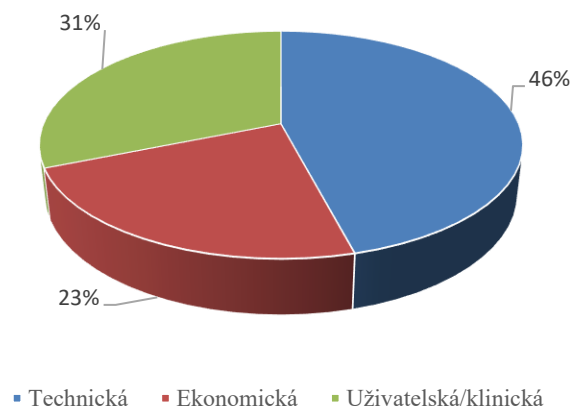
Pro následný výpočet priority výměny daného přístroje jsou využívány různé metody výpočtu. Nejčastěji bývá využívána vážená suma hodnot jednotlivých kritérií, které bývají vypočteny mnohdy složitějšími postupy. Suma je porovnána s tabulkou a přístroj je na jejím základě zařazen do skupiny priority výměny. Nejčastěji se dělí do 3 skupin, skupina, kde je nutnost okamžité výměny daného přístroje, skupina, kde je možné ponechání přístroje a skupina, ve které jsou přístroje pod zvýšeným dohledem a dochází k častější kontrole. Výběr kritérií je klíčovým faktorem v následném hodnocení zdravotnického prostředku. Jako zásadní se jeví, jakým způsobem je v daném zařízení vedena databáze zdravotnické techniky, a jaká data jsou reálně sbírána.

Proces hodnocení zdravotnické techniky a plánování její obměny nemusí být dle autorů složitým procesem. Z dostupných zdrojů je zjevné, že pro správné hodnocení zdravotnické techniky a hodnocení nákupu nových technologií komplexním způsobem, je klíčovým faktorem dostatek a kvalita informací o přístroji a také správnost analýzy, ze kterých hodnocení vychází. Je žádoucí, aby v nemocničních zařízeních existoval systém, který by tato data spravoval a skrze který, by bylo možné, tyto hodnocení provádět. Základními faktory tohoto systému by měla být uniformita, dostupnost, efektivita a jednoduchost. Pro jednoduchost a přehlednost systému by přístrojová technika měla být rozdělena do skupin na základě požadovaných kritérií (př. nákladovost a technická úroveň). U přístrojů v „nejvyšší“ skupině by bylo vedeno největší množství údajů a byly by prováděny nejkompexnější analýzy, na druhém konci by stály přístroje, u kterých by bylo dostačující znát některé základní údaje [22].

Osoba či oddělení, která bude vytvářet výsledné reporty, by měla plánovat a hodnotit přístroje nejen na základě analytických metod, ale i komplexně v souladu s celkovým statutem organizace. Tyto reporty by měli být pravidelné a v konkrétním nemocničním zařízení by měli mít standardizovaný postup. Výsledná data budou mít přínos nejen pro samotné zařízení, ale také pro výrobce či prodejce zdravotnické techniky a nemalý přínos i pro klinické použití. Správný výběr vhodného systému hodnocení a plánování

zdravotnické techniky by měl být zcela individuální vzhledem k velkým odlišnostem v nemocničních zařízeních v ČR. Setkáváme se s velkými rozdíly ve vedení databáze o přístrojové technice, v přístupu jednotlivých zařízení k novým nákupům a k odlišným standardům kvality. Z pohledu centralizace zdravotnictví by velký přínos mělo, pokud by nemocnice využívající nějaký ze systému hodnocení zdravotnické techniky zveřejňovali jejich výsledky z pohledu efektivity, snížení nákladů či zkvalitnění samotné péče.

Průměrné zastoupení hodnotících oblastí v rozhodovacím procesu



Obrázek 1.13: Graf průměrného zastoupení hodnotících oblastí v rozhodovacím procesu

2 Metody

V této kapitole jsou popsány metody a jejich postupy, které jsou v této diplomové práci použity.

2.1 Literární rešerše

Literární rešerše je forma rešerše, která se zabývá jednou či více otázkami, které mohou být zodpovězeny pomocí analýzy prokázaných skutečností – evidencí. Obsahuje argumentaci, která je postavena na logických pravidlech a detailním porozumění současného stavu problematiky. Cílem je tedy tvorba kritického přehledu informací o současném stavu problematiky. Pomocí této metody byl zpracován současný stav problematiky, ve kterém byly hledány odpovědi na otázky: Jaké kritéria jsou vhodná pro hodnocení zdravotnických prostředků z pohledu jejich priority výměny? Jaké metody výpočtu se používají v současné době pro vyhodnocení jednotlivých kritérií [23]?

2.2 Metody multikriteriálního rozhodování

Metody multikriteriálního rozhodování přináší poměrně jednoduchý nástroj pro posuzování variant s větším množstvím kritérií. Výsledkem bývá objektivně kvalitnější a informovanější rozhodnutí o komplexním problému. Základem těchto metod je matematické modelování a zasazení daného problému do modelu. Předpokladem pro využití metod multikriteriálního hodnocení je větší počet kvantifikovatelných kritérií, která mají dopad na výsledné hodnocení a rozhodování. V navrhované metodě je použita Fullerova metoda párového srovnávání pro určení vah jednotlivých hodnotících kritérií a také metoda bodovací pro stanovení vah hodnotících oblastí. Využití metod multikriteriálního rozhodování u většího počtu kritérií vede k lepšímu hodnocení strukturovaných a složitých problémů [24].

2.2.1 Fullerova metoda párového srovnávání

Pomocí dotazníkového šetření a diskuze s experty v jednotlivých oborech jsou stanoveny váhy jednotlivých kritérií využitím Fullerovy metody párového porovnání. Hlavní výhodou Fullerovy metody párového porovnání je její jednoduchost, srozumitelnost a kvalitní výstup. Hodnotitel u každé dvojice vyznačí to kritérium, které je pro něj z dvojice důležitější. Pro každé kritérium je sečteno kolikrát bylo preferováno a je vyděleno celkovým počtem porovnání. Tímto krokem získáme váhu pro konkrétní kritérium. Pokud nastane situace, že nějaké kritérium nebylo preferováno ani v jednom případě, ale jeho zařazení do rozhodovacího procesu je důležité, lze to řešit zvýšením četnosti preference pro každé kritérium o 1. Pro lepší přehlednost se sestavuje Fullerův

trojúhelník (tabulka 2.1), který je tvořen dvojřádky, v nichž se každá dvojice kritérií vyskytne pouze a právě jednou [24, 25].

$$V_i = \frac{m_i}{\sum_{j=1}^k m_j} \quad (2.1)$$

v_i = normovaná váha kritéria

k = počet kritérií

m_i = četnost preferencí pro dané kritérium

m_j = celkový počet porovnání

Tabulka 2.1: Fullerův trojúhelník [24]

1	1	1	...	1
2	3	4	...	k
	2	2	...	2
	3	4	...	k
	
		k
			k-2	k-2
			k-1	k
				k-1
				k

2.2.2 Bodovací metoda

Jedná se o další metodu multikriteriálního rozhodování k určení vah. Tato metoda je využita pro definování vah hodnotících oblastí (technické, provozně-uživatelské, ekonomické). Hodnotitelem v tomto případě jsou experti v daných oborech, kteří skrze dotazník a odbornou diskusi stanovují důležitost hodnotících oblastí při obměně ZT. V této metodě hodnotitel přiřadí jednotlivým variantám počet bodů dle preferencí (čím silnější preference, tím více bodů). Poté je sečten počet udělených bodů a pro jednotlivé hodnocené oblasti určena váha pomocí podílu bodů s celkovým počtem bodů [24, 25].

$$b_i = \sum_{j=1}^n b_{ij} \quad (2.2)$$

b_i = váha kritéria

b_{ij} = počet přiřazených bodů

j = počet kritérií

i = počet variant

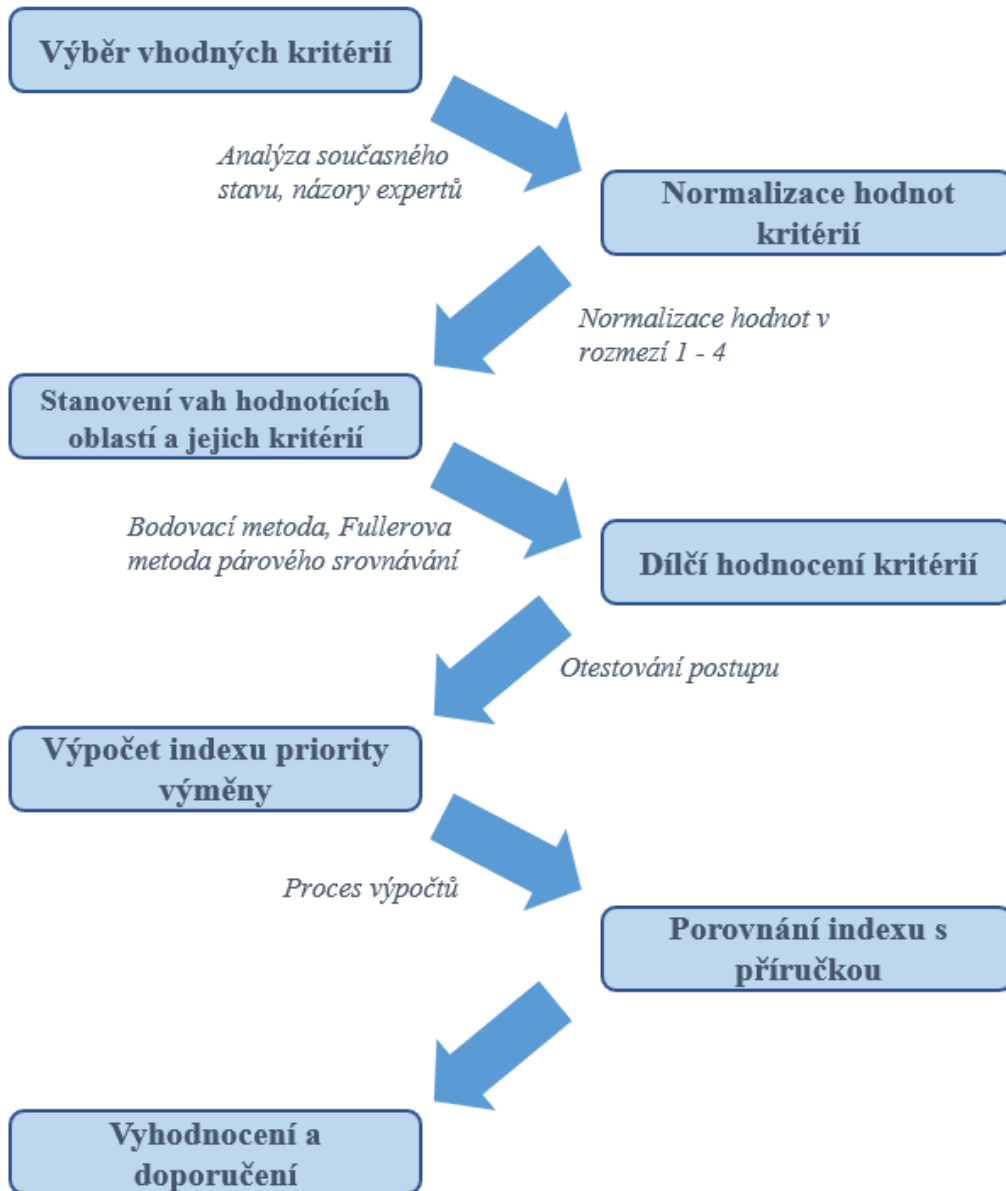
3 Výsledky

V této kapitole je popsána tvorba a testování návrhu metodologického postupu. Proces tvorby obsahuje výběr vhodných hodnotících oblastí a jejich kritérií, stanovení jejich vah, metod výpočtů a způsob vyhodnocení.

3.1 Navrhovaný metodologický postup

Navrhovaná metoda využívá metod multikriteriální hodnocení. V tomto případě jsou varianty výsledné skupiny, do kterých je zdravotnický prostředek na základě hodnocení zařazen a dále hodnocen. Navrhovaná metoda pokrývá veškeré oblasti, na které má využívání zdravotnické techniky ve zdravotnickém zařízení přímý dopad. Jedná se o kritéria technická, provozně-uživatelská a ekonomická. Na základě odborné diskuze s experty v daných oblastech jsou pomocí metod multikriteriálního rozhodování určeny váhy pro jednotlivá kritéria a oblasti potřebné pro výpočet výsledné hodnoty, která se v navrhovaném metodologickém postupu nazývá *index priority výměny (PI)* [24].

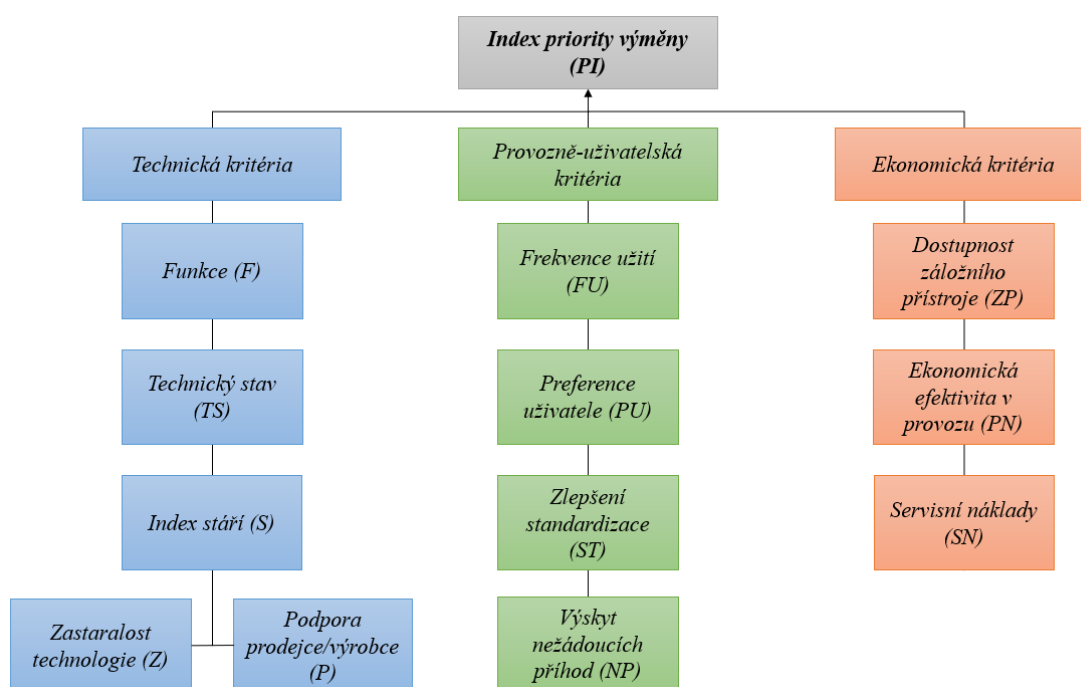
Index priority výměny je hodnota vypočtená ze získaných dat o konkrétním zdravotnickém prostředku. Vypovídá o míře naléhavosti daný zdravotnický prostředek vyměnit. Vypočtená hodnota indexu je porovnána s příručkou na základě, které je zdravotnický prostředek zařazen do konkrétní kategorie dle naléhavosti výměny. Hodnota indexu se dle principu výpočtu nachází v rozmezí 1–4. Zdravotnické prostředky v kategorii **D** je vhodné doporučit k jejich okamžité výměně, v kategorii **C** začít plánovat jejich výměnu na následující období. Pro prostředky v kategorii **B** vytvořit plán častějších kontrol a v poslední řadě prostředky kategorie **A**, u kterých není nutné žádné další intervence. V této části kapitoly jsou popsána jednotlivá kritéria, váhy, důvod jejich zařazení do výpočtů a hodnoty, kterých mohou nabývat. Dále je zde popsán mechanismus výpočtu indexu priority výměny a jeho příručka, dle které budou hodnoceny jednotlivé zdravotnické prostředky. Výběr vhodných kritérií byl proveden na základě získaných informací ze současného stavu problematiky a názorů expertů z jednotlivých oborů. Na diagramu (obrázek 3.1) je znázorněn postup, který byl zvolen při tvorbě metodiky.



Obrázek 3.1: Diagram tvorby navrhovaného metodologického postupu

3.1.1 Výběr vhodných kritérií

Zvolená kritéria by měla pokrývat veškeré oblasti, na které má využívání přístrojové techniky ve zdravotnickém zařízení přímý dopad. Pro hodnocení zdravotnických prostředků z pohledu jejich výměny je důležité zvolit vhodná kritéria z oblasti techniky, provozně-uživatelského použití a ekonomiky. Jak již bylo zmíněno v práci, kritéria jsou zvolena na základě dostupných dat z analýzy současného stavu problematiky (především ze zahraničních studií) a skrze dotazníkové šetření a zkušeností odborníků pracujících v jednotlivých segmentech zdravotnických zařízení, načež zvolená kritéria byla vhodně vybrána pro potřeby použití v ČR. Důležitým krokem je logické propojení kvalitativních a kvantitativních dat. Na obrázku 3.2 je vytvořen přehled hodnotících oblastí a jejich kritérií.



Obrázek 3.2: Kritéria hodnotících oblastí

3.1.2 Technická kritéria

Z podstaty zdravotnického prostředku jako technického zařízení je jednou z nejdůležitějších oblastí pro hodnocení oblast technické způsobilosti. Jedná se o kritéria, která popisují celkový *technický stav (TS)*, dostupnost *podpory prodejce/výrobce (P)*, *funkci (F)*, *zastaralost technologie (Z)* a *index stáří (S)*. Výběr a váhy jednotlivých kritérií jsou určeny na základě dotazníkového šetření s biomedicínskými inženýry a techniky pracujícími na oddělení zdravotnické techniky ve zdravotnických zařízeních. Technická kritéria a hodnoty, kterých mohou nabývat jsou uvedeny v následující tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: Technická kritéria

Kritérium	Stav	Hodnota	Váha
<i>Technický stav (TS)</i>	Výborný	1	0,25
	Dobrý	2	
	Dostačující	3	
	Špatný	4	
<i>Podpora prodejce/výrobce (P)</i>	Úplná	1	0,28
	Téměř úplná	2	
	Končící/neúplná	3	
	Žádná	4	
<i>Funkce (F)</i>	Ostatní	1	0,19
	Diagnostická	2	
	Terapeutická	3	
	Podpora života	4	
<i>Zastaralost technologie (Z)</i>	Nejnovější	1	0,12
	Současná	2	
	Téměř zastaralá	3	
	Zastaralá	4	
<i>Index Stáří (S)</i>	$S < 0,4$	1	0,16
	$0,4 < S < 0,75$	2	
	$0,75 < S < 1,1$	3	
	$S > 1,1$	4	

Technický stav (TS) vypovídá o celkovém technickém stavu zdravotnického prostředku. Je vyhodnocen biomedicínským inženýrem či technikem na základě informací o četnosti oprav, počtu odstávek, vzniklých prostojech a celkové technické kondici zdravotnického prostředku.

Podpora prodejce/výrobce (P) popisuje, zdali existuje technická/servisní podpora ze strany prodejce či výrobce pro daný zdravotnický prostředek. Podporou se v tomto případě myslí dostupnost náhradních dílů, softwaru a servisní podpory. Hodnoty, kterých může toto kritérium nabývat jsou závislé na míře podpory, kterou je výrobce či prodejce schopen poskytnout.

Funkce (F), z hlediska jeho zařazení na základě podstaty rizika daného zdravotnického prostředku. Zamýšlený účel použití prostředku je určen výrobcem, avšak zařazení do kategorie funkce je na posouzení zdravotnickým zařízením. Toto kritérium s sebou nese informaci o riziku spojeném s případným špatným stavem prostředku. ZP rozdělujeme na základě podstaty do 4 základních skupin, a to prostředky určené pro diagnostiku, terapii, prostředky pro podporu života a ostatní.

Zastaralost technologie (Z) vyjadřuje případnou existenci novější technologie, která by funkčně částečně či plně nahrazovala daný zdravotnický prostředek. Hodnoty, kterých může nabývat vyjadřují, zdali se jedná o nejnovější dostupnou technologii na trhu, nebo se jedná o technologii, která se nejčastěji pro daný účel využívá či je naopak již nějakou měrou zastaralá.

Index stáří (S) je vypočten jako podíl stáří a očekávané životnosti zdravotnického prostředku. Stářím se v tomto případě myslí počet let od uvedení ZP do provozu. Vypovídá o skutečnosti, v jaké části životního cyklu se daný prostředek nachází a jakou má perspektivu pro budoucí využití. Očekávanou životnost zdravotnického prostředku určuje výrobce a je uvedena v technické dokumentaci ZP.

$$S = \frac{T}{O\check{Z}} \quad (3.1)$$

S = index stáří

T = stáří zdravotnického prostředku (v letech)

$O\check{Z}$ = očekávaná životnost zdravotnického prostředku (v letech)

Index priority výměny technických kritérií

Index priority výměny technických kritérií (TPI) je vypočten jako vážený součet hodnot stavu technických kritérií. Jedná se o dílčí výpočet, který vypovídá o celkové technické způsobilosti zdravotnického prostředku a slouží pro konečný výpočet indexu priority výměny.

$$TPI = \sum_{i=1}^k v_i S_i \quad (3.2)$$

TPI = index priority výměny technických kritérií

k = počet kritérií

v_i = váha kritéria

S_i = hodnota stavu kritéria

3.1.3 Provozně-uživatelská kritéria

Provozně-uživatelská kritéria popisují fungování zdravotnického prostředku při poskytování zdravotní péče v běžném provozu z pohledu uživatele. Zahrnují *preferenci uživatele (PU)*, *výskyt nežádoucích příhod (NP)*, zlepšení *standardizace (ST)* poskytované zdravotní péče a *frekvence užití (FU)*. Kritéria a váhy jednotlivých kritérií jsou určeny na základě dotazníkového šetření se zdravotnickým personálem, který užívá zdravotnické prostředky pro vykonávání samotné zdravotní péče. Mezi ně se řadí lékaři, radiologičtí asistenti a další nelékařský personál. Provozně-uživatelská kritéria a hodnoty, kterých mohou nabývat jsou uvedeny v následující tabulce 3.2 [26].

Tabulka 3.2: Provozně-uživatelská kritéria

Kritérium	Stav	Hodnota	Váha
<i>Preference uživatele (PU)</i>	Silné	1	0,23
	Střední	2	
	Malé	3	
	Žádné	4	
<i>Výskyt nežádoucích příhod (NP)</i>	Žádný	1	0,29
	Ojedinelý	2	
	Občasný	3	
	Častý	4	
<i>Zlepšení standardizace (ST)</i>	Ano	1	0,29
	Téměř ano	2	
	Spíše ne	3	
	Ne	4	
<i>Frekvence užití (FU)</i>	Ojedinelá	1	0,19
	Občasná	2	
	Normální	3	
	Častá	4	

Preference uživatele (PU) popisuje, jakým způsobem se uživateli s daným zdravotnickým prostředkem pracuje a jakou mírou jej preferuje více než jiný prostředek se stejným účelem použití.

Výskyt nežádoucích příhod (NP) popisuje, zdali se při interakci zdravotnického prostředku s pacientem při poskytování zdravotní péče vyskytují nežádoucí příhody. Nežádoucí příhodou se dle zákona č. 268/2014 Sb. rozumí [26]:

- a) „jakékoliv selhání nebo zhoršení vlastností, popřípadě účinnosti zdravotnického prostředku nebo nepřesnost ve značení zdravotnického prostředku, nebo v návodu k použití, které vedly nebo by mohly vést ke smrti uživatele nebo jiné fyzické osoby anebo k vážnému zhoršení jejich zdravotního stavu,

- b) *technický nebo zdravotní důvod, který souvisí s vlastnostmi nebo účinností zdravotnického prostředku a vede výrobce z důvodů uvedených v písmenu a) k systematickému stahování zdravotnického prostředku stejného typu z trhu*".

Veškeré tyto nežádoucí příhody spadají do systému vigilance. Systém vigilance je definován jako systém ohlašování a hodnocení nežádoucích příhod a bezpečnostních nápravných opatření týkajících se zdravotnických prostředků a jeho dodržování je pro zdravotnické zařízení povinné [26].

Zlepšení standardizace (ST) vyjadřuje, jestli zdravotnický prostředek kladně přispívá k systému standardizace poskytované zdravotní péče v zdravotnickém zařízení. Standardizace je systém pro zajištění jednotnosti a přesnosti poskytované zdravotní péče.

Frekvence užití (FU) vypovídá o frekvenci užití daného zdravotnického prostředku při poskytování zdravotní péče v běžném provozu.

Index priority výměny provozně-uživatelských kritérií

Index priority výměny provozně-uživatelských kritérií (UPI) je vypočten jako vážený součet hodnot stavu provozně-uživatelských kritérií. Dílčí výpočet, který vypovídá o vlastnostech zdravotnického prostředku v běžném provozu a dopadu na něj. Slouží pro konečný výpočet indexu priority výměny.

$$UPI = \sum_{i=1}^k v_i S_i \quad (3.3)$$

UPI = index priority výměny provozně-uživatelských kritérií

k = počet kritérií

v_i = váha kritéria

S_i = hodnota stavu kritéria

3.1.4 Ekonomická kritéria

Používání široké škály zdravotnických prostředků při poskytování zdravotní péče je dnes již samozřejmostí, a tak je důležité se zaměřit i na kritéria, která vyjadřující ekonomický dopad používání zdravotnické techniky ve zdravotnickém zařízení. Mezi ně se řadí *Ekonomická efektivita v provozu (PN)*, *servisní náklady (SN)* a *dostupnost záložního přístroje (ZP)*. Kritéria a váhy jednotlivých kritérií jsou určeny na základě dotazníkového šetření se zástupci ekonomického oddělení zdravotnických zařízení. Ekonomická kritéria a hodnoty, kterých mohou nabývat jsou uvedeny v následující tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: Ekonomická kritéria

Kritérium		Stav	Hodnota	Váha
<i>Ekonomická efektivita v provozu (PN)</i>		Efektivní	1	0,39
		Méně efektivní	2	
		Spíše neefektivní	3	
		Neefektivní	4	
<i>Servisní náklady (SN)</i>	Hraniční hodnota servisních nákladů (roční) HSN	$SSN < HSN$	1	0,33
		$HSN < SSN < 1,5 \times HSN$	2	
	Skutečné servisní náklady (roční) SSN	$1,5 \times HSN < SSN < 2 \times HSN$	3	
		$SSN > 2 \times HSN$	4	
<i>Dostupnost záložního přístroje (ZP)</i>		Ano	1	0,28
		Ne	4	

Ekonomická efektivita v provozu (PN) určuje, jestli je zdravotnický prostředek při využívání v běžném provozu ekonomicky efektivní. Ekonomická efektivnost je založena na stavu optimalizace výše nákladů na energie, spotřební materiál a obsluhu (odbornost pracovníka, počet pracovníků atd.).

Servisní náklady (SN) popisují sumu nákladů spojených se servisem zdravotnického prostředku. Zdravotnické zařízení si určí hraniční hodnotu servisních nákladů, která je přijatelná a na základě porovnání násobku skutečných servisních nákladů s hraničními je určena hodnota kritéria. Do kritéria servisních nákladů spadá cena obměny „unavujícího“ se materiálu, cena periodické bezpečnostně technické kontroly, revizí a validací a také cenová náročnost běžné údržby a oprav.

Dostupnost záložního přístroje (ZP) vyjadřuje, zdali se ve zdravotnickém zařízení nachází záložní přístroj, který je schopen v případě odstávky daného prostředku jej plně nahradit. V případě, že takový přístroj neexistuje, vznikají tak prostoje a tím i ušlý zisk z důvodu nemožnosti provádět zdravotnické výkony.

Index priority výměny ekonomických kritérií

Index priority výměny ekonomických kritérií (EPI) je vypočten jako vážený součet hodnot stavu ekonomických kritérií. Dílčí výpočet, který vypovídá o celkovém ekonomickém dopadu užívání daného zdravotnického prostředku a slouží pro konečný výpočet indexu priority výměny.

$$EPI = \sum_{i=1}^k v_i S_i \quad (3.4)$$

EPI = index priority výměny ekonomických kritérií

k = počet kritérií

v_i = váha kritéria

S_i = hodnota stavu kritéria

3.1.5 Stanovení vah

Váhy kritérií jsou stanoveny pomocí Fullerovy metody párového porovnání na základě hodnocení expertů z daných oblastí (tabulka 3.4). Stejným způsobem jsou stanoveny váhy hodnotících oblastí bodovací metodou (tabulka 3.5).

Tabulka 3.4: Váhy kritérií

Provozně-uživatelská kritéria						Průměrná váha
Kritérium	H1 ¹	H2	H3	H4	H5	
<i>Preference uživatele (PU)</i>	0,10	0,30	0,30	0,30	0,17	0,23
<i>Výskyt nežádoucích příhod (NP)</i>	0,40	0,40	0,10	0,20	0,33	0,29
<i>Zlepšení standardizace (ST)</i>	0,30	0,20	0,40	0,40	0,17	0,29
<i>Frekvence užití (FU)</i>	0,20	0,10	0,20	0,10	0,33	0,19
Technická kritéria						Průměrná váha
Kritérium	H1	H2	H3	H4	H5	
<i>Technický stav (TS)</i>	0,33	0,27	0,27	0,20	0,20	0,25
<i>Index stáří (S)</i>	0,07	0,27	0,20	0,13	0,13	0,16
<i>Funkce (F)</i>	0,27	0,07	0,07	0,33	0,20	0,19
<i>Podpora prodejce/výrobce (P)</i>	0,20	0,27	0,33	0,27	0,33	0,28
<i>Zastaralost technologie (Z)</i>	0,13	0,13	0,13	0,07	0,13	0,12
Ekonomická kritéria						Průměrná váha
Kritérium	H1	H2	H3			
<i>Ekonomická efektivita v provozu (PN)</i>	0,50	0,33	0,33			0,39
<i>Servisní náklady (SN)</i>	0,33	0,17	0,50			0,33
<i>Dostupnost záložního přístroje (ZP)</i>	0,17	0,50	0,17			0,28

Tabulka 3.5: Váhy hodnotících oblastí

Hodnotící oblast	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	Průměrná váha
Technická	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,40
Provozně uživatelská	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,5	0,2	0,29
Ekonomická	0,3	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,5	0,31

¹ H = hodnotitel

3.1.6 Výpočet indexu priority výměny a hodnotící příručka

Index priority výměny je vypočtená hodnota nabývající hodnot v rozmezí 1–4. Tato hodnota vypovídá o celkovém stavu zdravotnického prostředku z pohledu jeho priority výměny. *PI* je vypočten jako vážená suma hodnot indexu priority výměny pro hodnocené oblasti kritérií.

$$PI = v_{tpi}TPI + v_{upi}UPI + v_{epi}EPI \quad (3.5)$$

PI = index priority výměny

TPI = index priority výměny technických kritérií

v_{tpi} = váha indexu priority výměny technických kritérií

UPI = index priority výměny provozně-uživatelských kritérií

v_{upi} = váha indexu priority výměny provozně-uživatelských kritérií

EPI = index priority výměny ekonomických kritérií

v_{epi} = váha indexu priority výměny ekonomických kritérií

Výsledné skóre *PI* je porovnáno s příručkou a zdravotnický prostředek je na jejím základě zařazen do odpovídající skupiny (tabulka 3.6). Kategorie jsou pomocí rozmezí hodnot pevně stanoveny, avšak nachází-li se zdravotnický prostředek na hraně dvou kategorií, je vhodné jej subjektivně přezkoumat a na základě zkušeností případně přehodnotit.

Tabulka 3.6: Příručka pro hodnocení naléhavosti výměny ZP

Příručka pro hodnocení naléhavosti výměny ZP		
Hodnota <i>PI</i>	Kategorie	Popis
$PI < 1,75$	A	Ok (nízká priority výměny)
$1,75 < PI < 2,5$	B	Plán kontrol, revizí (nižší priorita výměny)
$2,5 < PI < 3,25$	C	Plán výměny zdravotnického prostředku v příštím období (vyšší priorita výměny)
$PI > 3,25$	D	Okamžitá výměna zdravotnického prostředku (nejvyšší priorita výměny)

Pro zdravotnické prostředky spadající do kategorie **A** není třeba žádné další intervence s nimi spojenými. Priorita výměny je nízká.

Zdravotnické prostředky v kategorii **B** je potřeba sledovat – vytvořit plán častějších kontrol, revizí, hodnocení a zajistit aktuálnost hodnocených údajů. Priorita výměny je nižší.

Pro zdravotnické prostředky, které se nacházejí v kategorii **C** je zapotřebí začít plánovat jejich obměnu na příští období, protože se již vzdalují nastaveným standardům pro zdravotnické prostředky v daném zdravotnickém zařízení. Priorita výměny je vyšší.

Do kategorie **D** spadají zdravotnické prostředky, které je nutné doporučit k okamžité výměně nebo je z jiných důvodů okamžitě vyřadit z provozu. Priorita výměny je nejvyšší.

3.1.7 Testování metodologického postupu

Metodologický postup je testován ve zdravotnickém zařízení ambulantního typu zaměřeného na radiodiagnostiku. Jsou testovány celkem 3 zdravotnické prostředky. Jedná se o rentgenové přístroje – konkrétně RTG GE Discovery; RTG DRGEM; Opera 500C, U rameno Polistat – M. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v následující tabulce 3.7.

Tabulka 3.7: Výsledky hodnocení ZP navrhovaným metodologickým postupem

Název	ID #	TPI	UPI	EPI	PI	Kategorie	Výsledek a doporučení
GE	1	2,49	1,77	1,9	2,1	B	Plán kontrol, revizí (nižší priorita výměny)
DRGEM	2	1,8	2,02	1	1,58	A	Ok (nízká priority výměny)
Opera 500C	3	1,84	1,45	1,9	1,76	B	Plán kontrol, revizí (nižší priorita výměny)

Rentgenový přístroj #1 má nejvyšší hodnotu indexu priority výměny z důvodu špatného technického stavu, zastaralosti technologie, časté frekvence užití a nedostupnosti záložního přístroje. Přístroj #2 je nejlépe hodnocený, jelikož se jedná o ekonomicky nejefektivnější přístroj v dobrém technickém stavu. U tohoto přístroje je však vyšší hodnota provozně-uživatelských kritérií z důvodu nižších preferencí uživatele, časté frekvence užití a neplnohodnotné podpory standardizace. Přístroj #3 se nachází na hranici dvou hodnotících kategorií. Jedná se o přístroj v dobrém technickém stavu, avšak se zastaralejší technologií a nedostupností záložního zařízení. Vzhledem k nízkému stáří všech hodnocených přístrojů (3–4 roky) a jejich dobré ekonomické efektivitě není ani jeden z přístrojů doporučen k výměně, či plánování obměny.

3.2 Návrh programového rozhraní

Tato část kapitoly se věnuje praktické tvorbě metodologického postupu. Je zde popsán způsob importu dat, jejich zpracování, vyhodnocení a uložení.

3.2.1 Excelová aplikace – zpracování a postup

Nejjednodušším způsobem implementace navrhovaného postupu, je jeho jednoduché zpracování pomocí tabulkového procesoru. Pro potřeby diplomové práce je vývoj a testování provedeno v programu Microsoft Excel. Mezi výhody programu ME patří jeho obecné rozšíření, všeobecná znalost použití, jednoduchost a v neposlední řadě také příjemné uživatelské rozhraní. Na následujících obrázcích je zobrazeno, jakým způsobem jsou data do excelové aplikace zadávána, zpracována a vyhodnocena. Veškerá makra použitá v excelové aplikaci jsou uvedena v příloze D [27, 28].

V prvním kroku uživatel vyplní název a identifikační číslo (popřípadě inventární číslo) zdravotnického prostředku do kolonky „Název, ID ZP“ (obrázek 3.3).

Název, ID ZP	Opera 500C, U rameno Polistat - M
--------------	-----------------------------------

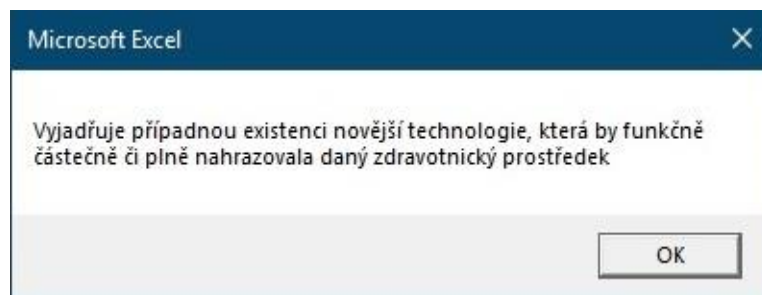
Obrázek 3.3: Název, ID ZP

Dalším postupem je manuální import a zadání shromážděných dat do zadávacích polí. Uživatel vybírá z nabídnutého seznamu možností, či zadává konkrétní hodnoty pro výpočet. Na obrázku 3.4 jsou vybrána dvě kritéria. U kritéria *zastaralost technologie (Z)* uživatel vybírá ze seznamu 4 možnosti a jeho hodnota je na základě tohoto výběru přiřazena pro výpočet. Naopak u kritéria *index stáří (S)* uživatel zadává počet let v provozu zdravotnického prostředku a očekávanou životnost udávanou výrobcem. Na základě podílu těchto dvou hodnot je vypočten index stáří a dle tabulky je mu přiřazena jeho hodnota. Oblast zadávání dat je vždy zvýrazněna žlutým pozadím.

<i>Zastaralost technologie (Z)</i>	?	[Seznam možností: Nejnovější, Současná, Téměř zastaralá, Zastaralá]	
<i>Index stáří (S)</i>	?	Roky v provozu	4
		Očekávaná životnost	12

Obrázek 3.4: Vybraná kritéria

V případě, že si uživatel není jistý, co hodnocené kritérium znamená a dle čeho je hodnoceno, je zde tlačítko info. Tlačítko info, značené otazníkem, nacházející se v pravém horním rohu každého kritéria uživateli po kliknutí vypíše bližší informace o daném kritériu (obrázek 3.5).



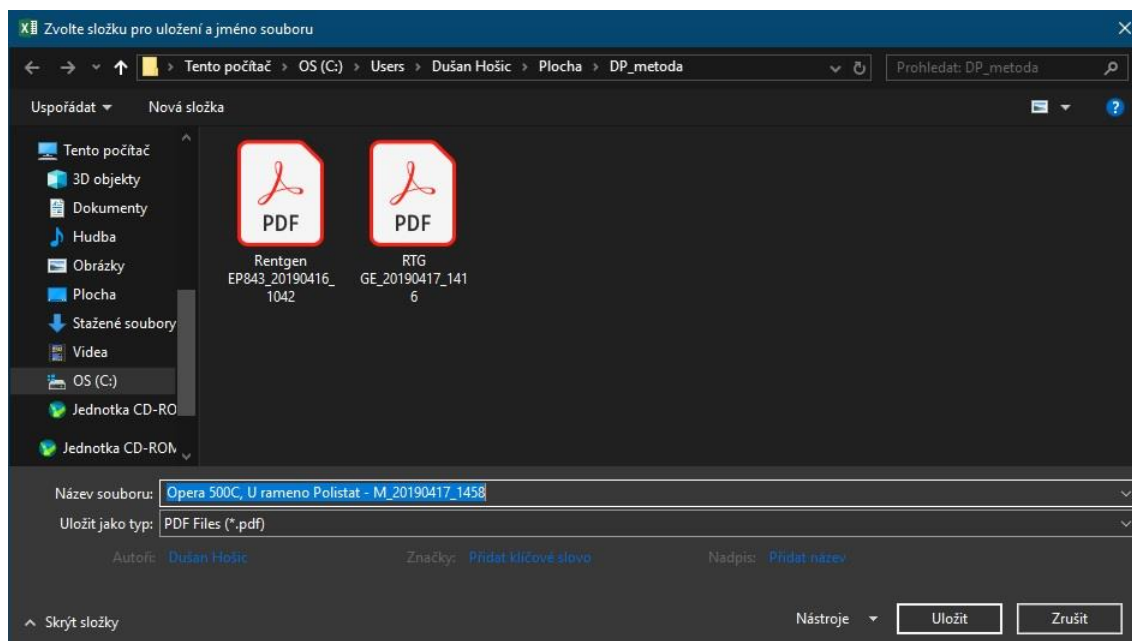
Obrázek 3.5: Bližší informace o kritériu zastaralost technologie

Po zadání veškerých dat do aplikace jsou data zpracována a vyhodnocena pomocí tlačítka „VYHODNOTIT“. Aplikace porovná výslednou hodnotu s tabulkovým rozmezím a přiřadí hodnocenému prostředku příslušící kategorii a doporučení. Současně s tímto hodnocením vypíše uživateli samotné doporučení pomocí hlášky. Vyhodnocená data jsou uživateli prezentována formou tabulky (obrázek 3.6), ve které se nachází název a ID zdravotnického prostředku, vypočtená hodnota *indexu priority výměny (PI)* a jeho jednotlivých částí. Dále kategorie, do které zdravotnický prostředek spadá na základě výsledků a doporučení, jakým způsobem by s ním mělo být nakládáno. Posledním údajem je datum, kdy bylo toto hodnocení provedeno. Na obrázku 3.6 lze vidět, že výsledky hodnocení jsou i barevně odlišeny pro přehlednost a výstižnost.

Index priority výměny		Index priority výměny	
Název, ID ZP	Opera 500C, U rameno Polistat - M	Název, ID ZP	Opera 500C, U rameno Polistat - M
PI	3,66	PI	2,06
TPI	3,14	TPI	1,31
UPI	4,00	UPI	3,50
EPI	4,00	EPI	1,90
Vyhodnocení		Vyhodnocení	
Hodnotící kategorie	D	Hodnotící kategorie	B
Doporučení	<i>Okamžitá výměna zdravotnického prostředku (nejvyšší priorita výměny)</i>	Doporučení	<i>Plán kontrol, revizí (nižší priorita výměny)</i>
Datum hodnocení	11.05.2019	Datum hodnocení	11.05.2019

Obrázek 3.6: Tabulka s vyhodnocenými údaji

Po vyhodnocení uživatel může výsledky vyexportovat pomocí tlačítka „EXPORT VÝSLEDKŮ“. Uživatel při ukládání vybere umístění, kam chce soubor uložit a po potvrzení se soubor uloží ve formátu pdf s názvem, který je složen z názvu a ID ZP a data vyhodnocení (obrázek 3.7). Po uložení souboru dojde k jeho automatickému otevření pro možnost ověření správnosti uživatelem. Tlačítko „EXPORT KOMPLETNÍCH VÝSLEDKŮ“ funguje stejným způsobem jako předešlé tlačítko, avšak do souboru pdf vyexportuje kompletní výsledky hodnocení se všemi hodnocenými údaji. Kompletní vyexportované výsledky jsou zobrazeny v příloze B.



Obrázek 3.7: Export výsledků

Součástí uživatelského rozhraní je i tlačítko „UPRAVIT VÁHY“, které při kliknutí odhalí buňky, které obsahují váhy hodnotících oblastí a kritérií. Při kliknutí zároveň aplikace uživatele upozorní, že suma vah jednotlivých hodnotících oblastí musí být rovna 1. V tento moment si uživatel může upravit váhy dle svých požadavků. Následně uživatel pomocí tlačítka „DOKONČIT ÚPRAVY“ váhy opět skryje (Obrázek 3.8).

VYHODNOTIT	
UPRAVIT VÁHY	
EXPORT VÝSLEDKŮ	
EXPORT KOMPLETNÍCH VÝSLEDKŮ	

Index priority výměny	
Název, ID ZP	Opera 500C, U rameno Polistat - M
PI	2,89
TPI	2,53
UPI	4,00
EPI	2,50
Vyhodnocení	
Hodnotící kategorie	C
Doporučení	<i>Plán výměny zdravotnického prostředku v příštím období (vyšší priorita výměny)</i>
Datum hodnocení	11.05.2019

Obrázek 3.8: Uživatelské rozhraní excelové aplikace

Součástí excelové aplikace je i list s názvem „Návod k použití“. V něm se nachází návod, jakým způsobem postupovat při hodnocení zdravotnických prostředků a také se v něm nachází seznam zkratk a vysvětlivky k jednotlivým tlačítkům. Návod k použití je vyobrazen v příloze C.

4 Diskuse

Jak již bylo v úvodu diplomové práce zmíněno, tak v současné době je stále větší snaha o správnou a fakty podloženou alokaci finančních zdrojů ve zdravotnictví. Jinak tomu není ani u správy zdravotnické techniky ve zdravotnických zařízeních. Dále je také kladen velký důraz na rozhodování na základě faktů a objektivním řešení procesních problémů. Touto problematikou se zabývá systém managementu kvality, který mají zdravotnická zařízení v ČR již zavedený, ale není aktivně zaměřen na správu zdravotnické techniky. Vyřazování zdravotnické techniky, její následný nákup a jeho plánování, by mělo probíhat objektivně při použití kvalitních podkladů. Takový podklad může být vytvořen pomocí tohoto navrhovaného metodologického postupu, jež by z větší míry objektivizoval problém, který je nyní řešen spíše subjektivně. Osoba či oddělení, odpovědné za rozhodnutí o vyřazení/nákupu zdravotnického prostředku, se může rozhodnout na základě faktických dat [4, 22, 29].

Navrhovaný metodologický postup je nástroj pro podporu v oblasti rozhodování v procesech správy zdravotnické techniky ve zdravotnickém zařízení. Je důležité odpovědět si na otázku: Jaký praktický přínos může navrhovaný postup mít při využití v běžné praxi a jaký je jeho potenciál pro budoucí využití? Jak již bylo řečeno, jedná se o nástroj pro podporu rozhodování v oblasti managementu zdravotnické techniky. Výsledky hodnocení zdravotnické techniky lze využít jako podklad při tvorbě rozhodnutí o ponechání či výměně hodnoceného zdravotnického prostředku. Toto je primární účel navrhovaného postupu, ale při širším pohledu na věc lze dopad využití postupu spatřit ve více oblastech [30].

Využitím postupu lze optimalizovat soubor zdravotnické techniky, tím se vyhnout například nežádoucím příhodám v souvislosti s použitím zdravotnické techniky při poskytování zdravotní péče. Menší výskyt nežádoucích příhod by znamenal pro zdravotnické zařízení nejen zkvalitnění poskytované zdravotní péče, ale také snížení nákladů za následnou péči, personální zajištění a byrokratického zatížení při hlášení nežádoucích příhod do systému vigilance. Neopomenutelný je i možný dopad využití postupu na rozpočet zdravotnického zařízení, ve kterém napomůže k optimalizaci včasných a vhodných nákupů nových zdravotnických prostředků, ale také k úsporám v případech drahého servisu či provozu samotného prostředku. V současné době je průměrná doba trvání veřejných zakázek v oblasti nákupu zdravotnických prostředků až 1 rok, což je v případě akutní potřeby nějakého přístroje příliš dlouhá doba. Je tedy žádoucí, aby existoval kvalitní investiční plán oddělení zdravotnické techniky a veřejné zakázky byly plánovány s dostatečným předstihem. Investiční plán by bylo možné sestavovat jako dlouhodobý koncept na základě hodnocení ZT navrhovaným metodologickým postupem. Včasný nákup zdravotnické techniky může eliminovat zbytečné prostoje vzniklé z důvodů odstávky zdravotnického prostředku a tím pádem vést k finanční úspoře. Všechny zmíněné body slouží k lepší alokaci finančních zdrojů pro

celé zdravotnické zařízení. Zajímavá data by mohlo přinést zpracování ekonomické analýzy před a po zavedení hodnotícího postupu. Dalším důležitým aspektem, který by mohla metoda kladně ovlivnit, je rostoucí snaha o standardizaci podobných procesů na úrovni zdravotnických zařízení. Za úvahu stojí i diskuse o využitelnosti metodologického postupu pro výrobce/distributory zdravotnické techniky. Výsledná data z hodnocení zdravotnických zařízení by mohla výrobcům nastínit problémové oblasti jejich produktů, a tím vést k inovaci samotné přístrojové techniky. Vzhledem k tomu, že stáří přístroje není v dnešní době již hlavním ukazatelem úrovně zdravotnické techniky, může navrhovaný postup také sloužit jako nástroj pro porovnání komplexního stavu zdravotnické techniky mezi jednotlivými zdravotnickými zařízeními. Příkladem v praxi může být porovnání úrovně zdravotnických prostředků na oddělení radiodiagnostiky mezi dvěma či více fakultními nemocnicemi. Výpočet průměrné hodnoty indexu priority výměny pro rentgenové přístroje by velmi jednoduše sloužil pro zmiňované porovnání [7, 26, 31].

Nejzásadnějším krokem při tvorbě metodologického postupu je vhodný výběr kritérií a metod výpočtů. Kritéria jsou vybrána na základě analýzy současného stavu a názorů zainteresovaných odborníků v jednotlivých oblastech. Hodnotící postup byl navržen pro primární využití na území ČR, proto se některé zpracované zahraniční studie [10, 12, 15] ve výběru kritérií velmi liší. Druhým důvodem odlišností jsou rozdíly v požadavcích na hodnotící postup. Váhy kritérií jsou pro každou studii i pro navrhovaný postup unikátní, protože jsou stanoveny na základě individuálních názorů odborníků, kteří byli zařazeni do studií. Co se týče metody výpočtu, jedná se o vážené součty jednotlivých kritérií s tím, že i samotné hodnotící oblasti jsou váženě sečteny.

Každé zdravotnické zařízení je svým způsobem samostatná jednotka, která má zavedené jiné postupy a metody v oblasti sběru a zpracování dat. Na základě zřizovatele se také mohou lišit požadavky na správu a hodnocení zdravotnických prostředků. Proto je důležité, aby navrhovaný postup byl škálovatelný, tím se rozumí, aby si každé zdravotnické zařízení mohlo nastavit, jaká kritéria budou v samotném procesu hodnocena a jaké budou mít váhy². Příkladem může být fakultní nemocnice, která se prezentuje jako moderní nemocniční zařízení a považuje za podstatné, aby zdravotnické prostředky, které využívá, nebyly starší určitému počtu let. Oproti tomu jiná zařízení (například oblastní nemocnice) tolik nehledí na samotné stáří přístroje, ale klade důraz na jiné hodnoty. Proto logicky budou mít jinak nastavené váhy u kritéria index stáří, či některá kritéria budou nahrazena nebo úplně vyřazena. Obdobným případem může být ovlivněn výběr ekonomických kritérií, protože soukromá zdravotnická zařízení si většinou vedou nákladové položky spojené s konkrétním zdravotnickým prostředkem jinými způsoby než zdravotnické zařízení, kde je zřizovatelem například kraj. Proto je na místě otázka,

² V případě velkých rozdílností ve výběru kritérií by však bylo zamezeno vzájemnému porovnání výsledků mezi jednotlivými ZZ.

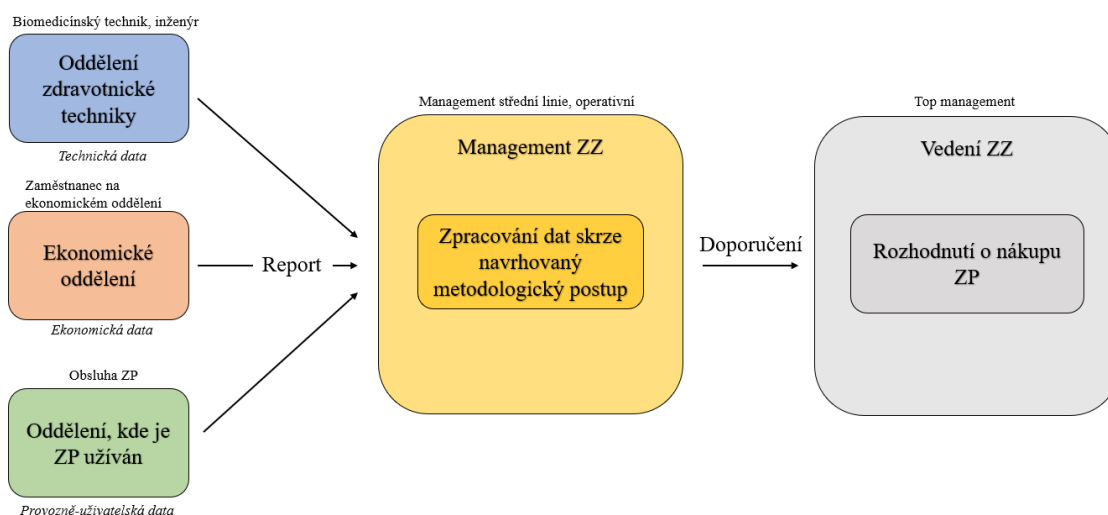
zdali do postupu zařadit kritéria nákladů, kde budou přesně stanovené hodnoty v korunách či tuto oblast více zobecnit kritériem ekonomické efektivity, které bude vyjádřeno kvalitativně. Vhodný výběr kritérií by tedy měl být proveden na základě dostupných dat. Váhy kritérií je také vhodné určit individuálně po diskuzi s odborníky na jednotlivých odděleních zdravotnického zařízení.

Nejedná se ale pouze o škálovatelnost kritérií a jejich vah, ale také výsledného hodnocení. Rozmezí výsledného hodnocení, dle kterého je vytvořeno doporučení, je také na zvážení samotným zařízením. Úpravou tohoto rozmezí si může zdravotnické zařízení zpřísnit, nebo naopak zmírnit požadavky samotného procesu. Proto je vhodné, po zavedení hodnotícího procesu jej otestovat a optimalizovat na základě dosažených výsledků. Špatně nastavené hodnocení by totiž mohlo ve zdravotnickém zařízení indikovat například 80 % zdravotnických prostředků k okamžité výměně, což by mohlo vést k upuštění od využívání navrhovaného postupu. Optimalizace a přizpůsobení prostředí a potřebám v konkrétní organizaci je tedy jedním z klíčových kroků pro kvalitní možnost použití navrhovaného postupu.

Navrhovaný metodologický postup je testován na 3 diagnostických rentgenových přístrojích ve zdravotnickém zařízení ambulantního typu zaměřeného na radiodiagnostiku. Výsledky jsou uvedeny na obrázku 3.7 na straně 51. Jeden přístroj se nachází v kategorii A, tudíž se jedná o přístroj s nízkou prioritou výměny bez doporučujících akcí a dva přístroje se nachází v kategorii B, kam řadíme přístroje s nižší prioritou výměny, doporučeným plánem kontrol a opětovného otestování ve zvoleném časovém intervalu. Dosažené hodnoty odpovídají očekávanému stavu, jelikož se jedná o relativně nové, ekonomicky efektivní přístroje v dobrém technickém stavu. Výsledků je dosaženo pomocí původního nastavení vah hodnotících oblastí. Dle názorů expertů z daného zdravotnického zařízení, výsledky metody korespondují se skutečnou prioritou výměny. Pro výzkumné účely je testování provedeno opětovně s nastavením vah rovnoměrně mezi hodnotící oblasti. Výsledky se ve vypočtené hodnotě indexu priority výměny samozřejmě liší, ale kategorie, do kterých hodnocené přístroje spadají zůstaly stejné. Toto nastavení vah však není logicky správné. V tomto nastavení mají stejnou váhu kritéria technická a provozně-uživatelská, kde se více projevuje subjektivní názor hodnotitele (př. preference uživatele). Jak již bylo uvedeno, navrhovaný postup je nástroj pro objektivní rozhodování, a proto jednotlivé váhy hodnotících oblastí musí mít optimalizované nastavení.

Nabízí se mnoho možností, jakým způsobem mohou být získávána data pro samotný postup, každý ze způsobů s sebou nese své výhody, avšak i jistá rizika. Jednou z možností, která by s sebou nenesla větší personální zatížení, je přidělení odpovědnosti za sběr a zpracování dat z jednotlivých oddělení spojených s konkrétním zdravotnickým prostředkem biomedicínskému technikovi či inženýrovi zaměstnaném na oddělení zdravotnické techniky ve zdravotnickém zařízení. Tato osoba by měla za úkol sběr a zpracování dat z jednotlivých oddělení a na základě výsledků hodnocení by vytvářela

report pro management zdravotnického zařízení, které rozhoduje o nákupu nových zdravotnických prostředků. Odpovědnost za sběr dat a správné zpracování a vyhodnocení by tedy náležela jedné osobě. Jako další možnost se nabízí vytváření reportů z jednotlivých oddělení o konkrétním zdravotnickém prostředku. Odpovědnost za jejich plnění a správnost by měl vedoucí daného oddělení. Výsledné reporty by zpracoval biomedicínský technik či inženýr nebo jiná osoba pověřená k této činnosti. Možným způsobem je přidělit tuto činnost managementu zdravotnického zařízení. Manažer, který by tuto činnost měl na starost, by si vyžádal (popřípadě by byly automaticky generovány) reporty o daném zdravotnickém prostředku a následně by data skrze navrhovaný postup zpracoval a vytvořil výsledný protokol pro vedení zdravotnického zařízení. Možný návrh procesu obměny ZT v nemocničním zařízení je vyobrazen na obrázku 4.1. S rozvojem informačních technologií by v budoucnu takovéto postupy mohli být nahrazeny automatickým systémem. Data by byla zadávána na každém oddělení do modulu informačního systému, který by je následně byl schopen sám vyhodnotit. Vzhledem k současným finančním a personálním možnostem a množství administrativní práce personálu zdravotnického zařízení se jedná spíše o vizi do budoucna.



Obrázek 4.1: Návrh procesu obměny ZT ve zdravotnickém zařízení

Důležitou vlastností metodologického postupu by měla být jeho jednoduchá schopnost implementace do běžného provozu zdravotnického zařízení. Prvním krokem pro správné využití navrhovaného postupu je zaběhlý systém sběru dat o zdravotnickém prostředku z jednotlivých oblastí (oddělení) s kterými souvisí. Data o konkrétním zdravotnickém prostředku budou pocházet z oddělení zdravotnické techniky, které má na starost jeho technickou stránku věci, z ekonomického úseku (popřípadě z daného oddělení, kde je ZP využíván), který zpracovává ekonomická data o ZP a z konkrétního oddělení, ve kterém je zdravotnický prostředek používán, kde budou zpracována data provozně-uživatelská. Pokud se tedy bude jednat například o diagnostický rentgen, data o přístroji budou získávána z radiodiagnostického oddělení. Navrhovaný metodologický

postup je možné implementovat do provozu zdravotnického zařízení různými způsoby. Cílem je jeho jednoduché, časově a finančně nenáročné použití s dostatečným informačním přínosem pro zdravotnické zařízení. Proto byla zvolena metoda zpracování pomocí tabulkového procesoru v programu Microsoft Excel. Jednou z alternativních možností je implementace postupu jako modulu informačního systému pro správu zdravotnické techniky zdravotnického zařízení nebo rozšíření již stávajících modulů o navrhovaný postup. Tato možnost by však vyžadovala velké úsilí v komunikaci s výrobcem informačního systému a také by pravděpodobně nesla vysokou ekonomickou zátěž. Import dat by byl zajištěn pomocí manuálního zadání, avšak existovalo by zde napojení na databázi zdravotnických prostředků a na výsledky hodnocení z minulých let. Další možností je implementace metodologického postupu jako webové aplikace vytvořené pomocí skriptovacích programovacích jazyků (např. PHP). Data, která by byla manuálně či skrze reporty získána z jednotlivých oddělení, by byla importována a zpracována ve webové aplikaci. Výhodou webové aplikace je její schopnost fungování na kterékoliv platformě, nehledě na operační systém. Je tedy možné ji použít na osobním počítači, ale při správné optimalizaci i na tabletu či mobilním telefonu. Další nespornou výhodou je přístup ze kteréhokoliv zařízení v případě, že uživatel má přístupové údaje. K aplikaci by se tedy mohl připojit manažer na oddělení managementu ZZ, zaměstnanec na ekonomickém oddělení a biomedicínský inženýr z oddělení zdravotnické techniky. Díky této výhodě je zajištěna přenositelnost samotné aplikace a její jednoduché využití. Nevýhodou tohoto návrhu může být finanční náročnost samotné tvorby aplikace, ale také její technické podpory při jejím běžném provozu [5, 27, 32].

Expertí, kteří se zapojili na tvorbě této diplomové práce skrze dotazníkové šetření a odborné rozhovory se shodují, že navrhovaný metodologický postup je správný krok v procesu standardizace a zjednodušení operativního řízení zdravotnického zařízení. Zmiňují však, že podobné metody musí být časově a personálně efektivní, aby je bylo možné přenést do reálné praxe. Jejich faktický přínos musí převažovat nad vynaloženými finančními a personálními zdroji. Pro hodnotnější posouzení doporučují rozsáhlé testování navrhované metody v průběhu několika let na širším spektru zdravotnické techniky.

5 Závěr

Cílem diplomové práce byla analýza současného stavu v problematice obměny zdravotnické techniky ve zdravotnických zařízeních a návrh metodologického postupu pro řešení tohoto problému. V práci byla zpracována literární rešerše, která se zabývá současnými přístupy hodnocení zdravotnické techniky z pohledu priority obměny ve světě a v ČR. Na základě analýzy současného stavu a názorů odborníků byl navrhnout pomocí tabulkového procesoru Microsoft Excel metodologický postup pro správu zdravotnické techniky a jeho programové rozhraní pro užití v praxi. Navrhovaný postup byl otestován na 3 diagnostických rentgenových zařízeních a dosažené výsledky byly experty vyhodnoceny jako odpovídající skutečné potřebě výměny.

Seznam použité literatury

- [1] IVLEV, Ilya, Petr KNEPPO a Miroslav BARTÁK. Multicriteria decision analysis: a multifaceted approach to medical equipment management. *Technol. Econ. Dev. Econ* [online]. 2014 [cit. 2019-02-017].
- [2] WHO, . World Health Assembly resolution WHA60.29 [online]. b.r. [cit. 2019-04-27].
Dostupné z:
https://www.who.int/medical_devices/management_use/3_4.pdf
- [3] KNEPPO, Peter. Value engineering: vybrané kapitoly pro praxi. 2., upr. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, Fakulta biomedicínského inženýrství, 2013. ISBN 978-80-01-05430-7.
- [4] BAKER, Marc, Ian TAYLOR a Alan MITCHELL. Making Hospitals Work: How to improve patient care while saving *everyone's time and hospitals' resources* [online]. Lean Enterprise Academy Limited, 2009 [cit. 2019-04-27]. ISBN 978-0955147326.
- [5] ROGALEWICZ, Vladimír. Health technology assessment (HTA): zdroj podporných informací pro strategické rozhodování. *Ekonomie ve zdravotnictví a hodnocení zdravotnických technologií*. b.r., 2015(1), 12-18.
- [6] GOVENDER, Moreshnee, Debjani MUELLER a Debashis BASU. Purchasing of medical equipment in public hospitals: The mini-HTA tool. *S Afr Med J*. 2011, 101(11), 807-808. PMID: 22272960.
- [7] ROGALEWICZ, Vladimír. Klinicko-ekonomické hodnocení zdravotnických prostředků [online]. Kladno, b.r. [cit. 2018-12-19]. Dostupné z:
https://www.researchgate.net/publication/330397484_Clinical_and_economic_assessment_of_medical_devices
- [8] FENNIGKOH, LARRY. A Medical Equipment Replacement Model. *Journal of Clinical Engineering*. 1992, 17(1), 43-47. DOI: 10.1097/00004669-199201000-00019. ISSN 0363-8855.
- [9] RAJASEKARAN, D. Development of an automated medical equipment replacement planning system in hospitals. *Proceedings of the IEEE 31st Annual Northeast Bioengineering Conference*, 2005. IEEE, 2005, , 53-55. DOI: 10.1109/NEBC.2005.1431922. ISBN 0-7803-9105-5. Dostupné také z:
<http://ieeexplore.ieee.org/document/1431922/>

- [10] TAYLOR, Kevin a Stephen JACKSON. A Medical Equipment Replacement Score System. *Journal of Clinical Engineering*. 2005, 30(1), 37-41. DOI: 10.1097/00004669-200501000-00046. ISSN 0363-8855.
- [11] MUMMULO, Giovanni, Bevilacqua VITOANTONIO a Ranieri LUIGI. A FUZZY APPROACH FOR MEDICAL EQUIPMENT REPLACEMENT PLANNING. 2007.
- [12] EDITED BY LESLIE R. ATLES., . A practicum for biomedical engineering and technology management issues. 1. Dubuque, Iowa: *Kendall Hunt Pub Co*, 2008. ISBN 07-575-4890-3.
- [13] CAPUANO, Mike. Prioritizing Equipment for Replacement. 2010, 44(2), 100-109. DOI: 10.2345/0899-8205-44.2.100. ISSN 0899-8205. Dostupné také z: <http://www.aami-bit.org/doi/abs/10.2345/0899-8205-44.2.100>
- [14] EFENDIGIL, Tugba. AN INTEGRATED RANKING PROCEDURE FOR REPLACEMENT DECISIONS OF CRITICAL MEDICAL EQUIPMENTS. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process. Istanbul, 2011, 3(1)*. ISSN 1936-6744.
- [15] OUDA, B, A MOHAMED a N SALEH. A simple quantitative model for replacement of medical equipment proposed to developing *countries*. *2010 5th Cairo International Biomedical Engineering Conference*. IEEE, 2010, , 188-191. DOI: 10.1109/CIBEC.2010.5716050. ISBN 978-1-4244-7168-3. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5716050/>
- [16] OUDA, Bassem, Neven SALEH a Ahmed MOHAMED. The effect of useful life and vendor performance on replacement decision of *medical equipment*. *2012 Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC)*. IEEE, 2012, , 114-117. DOI: 10.1109/CIBEC.2012.6473324. ISBN 978-1-4673-2801-2. Dostupné také z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6473324/>
- [17] FAISAL, Mohammed a Amr SHARAWI. Prioritize Medical Equipment Replacement Using Analytical Hierarchy Process. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*. 2015, 10(3), 55-63. ISSN 2320-3331.
- [18] ALVARADO, Mario a Sandra ROCHA. Development of Methodology of Evaluation for Medical Equipment Replacement for Developing Countries. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018*. Singapore: Springer Singapore, 2019, , 383-386. IFMBE Proceedings. DOI: 10.1007/978-981-10-9023-3_69. ISBN 978-981-10-9022-6. Dostupné také z: http://link.springer.com/10.1007/978-981-10-9023-3_69

- [19] JANDOVÁ, Veronika. Kritéria pro vyřazování zdravotnické techniky. Kladno, 2015. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze.
- [20] DONIN, Gleb, Silvie JEŘÁBKOVÁ a Peter KNEPPO. Přístupy ke sledování nákupů zdravotnických přístrojů. Lékař a technika [online]. 2015, 45(1), 27-31 [cit. 2019-05-06]. Dostupné z: <https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/CTJ/article/view/4232/4084>
- [21] BLACK COUNTRY PARTNERSHIP NHS FOUNDATION TRUST, . Purchase- Procurement and Standardisation of Medical Devices. Standard Operating Procedure. 2015, 1(1).
- [22] Needs assessment for medical devices [online]. World Health Organization, b.r., , 29 [cit. 2019-05-06]. DOI: 978-9241501385.
- [23] FINK, Arlene. Conducting research literature reviews: from the internet to paper [online]. Fourth edition. Thousand Oaks, California: SAGE, 2014 [cit. 2018-11-29]. ISBN 978-145-2259-499.
- [24] BROŽOVÁ, Helena, Milan HOUŠKA a Tomáš ŠUBRT. Modely pro vícekriteriální rozhodování. Praha: Credit, 2003. ISBN 978-80-213-1019-3.
- [25] FIALA, Petr, Miroslav MAŇAS a Josef JABLONSKÝ. Vícekriteriální rozhodování. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola ekonomická, 1994. ISBN 80-7079-748-7.
- [26] Zákon č. 268/2014 Sb.: Zákon o zdravotnických prostředcích a o změně zákona č. 634/2004 Sb., o správních poplatcích, ve znění pozdějších předpisů. 2014, částka 110. Dostupné také z: <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=27532>
- [27] LAURENČÍK, Marek a Michal BUREŠ. : záznam, úprava a programování maker [online]. Praha: Grada, 2018 [cit. 2019-04-27]. Průvodce (Grada). ISBN 978-80-271-0895-4.
- [28] SHEPHERD, Richard. Excel VBA macro programming [online]. London: McGraw-Hill, 2004 [cit. 2019-04-27]. ISBN 978-0072231441.
- [29] WAGNER, C, L GULÁCSI, E TAKACS a M OUTINEN. The implementation of quality management systems in hospitals: a *comparison between three countries*. *BMC Health Services Research* [online]. 2016, 6(1) [cit. 2019-04-27]. DOI: 10.1186/1472-6963-6-50. ISSN 1472-6963. Dostupné z: <http://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6963-6-50>

- [30] BERNER, Eta a Samuel SHEPS. Clinical decision support systems: theory and practice [online]. 2nd ed. New York, NY: *Springer*, 2007 [cit. 2019-04-27]. ISBN 03-873-3914-0.
- [31] SANDHAM, John. EBME Medical Device Evaluation [online]. b.r. [cit. 2019-03-03]. Dostupné z: <https://www.ebme.co.uk/articles/management/ebme-medical-device-evaluation>
- [32] STÁTNÍ ÚSTAV PRO KONTROLU LÉČIV, . ZP-19 verze 3: Kontrola zdravotnických prostředků u poskytovatelů zdravotních služeb [online]. b.r. [cit. 2019-04-20]. Dostupné z: http://www.sukl.cz/file/76932_1_1

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Graf výsledků metody dle Fenningkoh [8].....	16
Obrázek 1.2: Proces obměny ZT pomocí systému ERPS [9].....	18
Obrázek 1.3: Ukázka hodnocení kritérií pomocí ERPS modelu [9].....	18
Obrázek 1.4: Nástroj pro plánování správy zdravotnických technologií se systémem MERS v pozadí [10].....	19
Obrázek 1.5: Výsledná data hodnocení pomocí modelu Fuzzy [11].....	22
Obrázek 1.6: Vzorek jednoduché databáze komplexní úrovně [12].....	24
Obrázek 1.7: Vybraný vzorek výsledků studie Hamilton [13].....	26
Obrázek 1.8: Diagram modelu Fault tree analysis [16].....	27
Obrázek 1.9: Vzorek vybraných přístrojů metody FTA [16].....	28
Obrázek 1.10: Vzorek vybraných přístrojů metody FTA [15].....	28
Obrázek 1.11: Vzorek databáze výsledků metody AHP – GDM [17].....	30
Obrázek 1.12: Graf výsledků metody pro hodnocení ZP v rozvojových zemích [18]....	32
Obrázek 1.13: Graf průměrného zastoupení hodnotících oblastí v rozhodovacím procesu.....	37
Obrázek 3.1: Diagram tvorby navrhovaného metodologického postupu.....	41
Obrázek 3.2: Kritéria hodnotících oblastí.....	42
Obrázek 3.3: Název, ID ZP.....	52
Obrázek 3.4: Vybraná kritéria.....	52
Obrázek 3.5: Bližší informace o kritériu zastaralost technologie.....	53
Obrázek 3.6: Tabulka s vyhodnocenými údaji.....	53
Obrázek 3.7: Export výsledků.....	54
Obrázek 3.8: Uživatelské rozhraní excelové aplikace.....	54
Obrázek 4.1: Návrh procesu obměny ZT ve zdravotnickém zařízení	58

Seznam tabulek

Tabulka 1.1: Kritéria metody Fenningkoh [8].....	15
Tabulka 1.2: Atributy a kritéria modelu ERPS [9].....	17
Tabulka 1.3: Kritéria hodnotícího systém MERS [10].....	20
Tabulka 1.4: Parametry a kritéria Fuzzy modelu [11].....	21
Tabulka 1.5: Kritéria metody prioritizace faktorů [12].....	23
Tabulka 1.6: Kritéria Hamilton studie [13].....	25
Tabulka 1.7: Kritéria modelu Fault tree analysis [16].....	27
Tabulka 1.8: Atributy a kritéria metody AHP – GDM [17].....	31
Tabulka 1.9: Parametry hodnocení ZP v rozvojových zemích [18].....	33
Tabulka 2.1: Fullerův trojúhelník [24].....	39
Tabulka 3.1: Technická kritéria.....	43
Tabulka 3.2: Provozně-uživatelská kritéria.....	45
Tabulka 3.3: Ekonomická kritéria.....	47
Tabulka 3.4: Váhy kritérií.....	49
Tabulka 3.5: Váhy hodnotících oblastí.....	49
Tabulka 3.6: Příručka pro hodnocení naléhavosti výměny ZP.....	50
Tabulka 3.7: Výsledky hodnocení ZP navrhovaným metodologickým postupem.....	51

Příloha A: použité studie

Tabulka A.1: Použité studie v analýze současného stavu

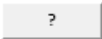


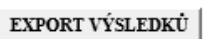

Název	Autor	Rok	Zdroj
A Medical Equipment Replacement Model	Larry Fenningkoh	1992	Pubmed
Development of an automated medical equipment replacement planning system in hospitals	Dheepak Rajasekaran	2005	Web of science
A Medical Equipment Replacement Score System	Taylor Kevin	2005	Google scholar
A Fuzzy Approach for Medical Equipment Replacement Planning	Giovanni Mummolo, Vitoantonio Bevilacqua, Luigi Ranieri, Padoano Siena G	2007	Web of science
Medical Equipment Replacement: Planning, Factors, Methods and Outcomes	Les Atles	2008	Web of science
Prioritizing Equipment for Replacement	Capuano Mike	2010	Web of science
A Simple Quantitative Model for Replacement of Medical Equipment Proposed to Developing Countries	Bassem K. Ouda, Neven S.K. Saleh, Ahmed S.A. Mohamed	2010	Web of science
An integrated ranking procedure for replacement decisions of critical medical equipments	Tugba Efendigil	2011	ISAHP
The Effect of Useful Life and Vendor Performance on Replacement Decision of Medical Equipment	Bassem K. Ouda, Neven S.K. Saleh, Ahmed S.A. Mohamed	2012	Web of science
Prioritize Medical Equipment Replacement Using Analytical Hierarchy Process	Mohammed Faisal, Amr Sharawi	2015	Web of science
Kritéria pro vyřazování zdravotnické techniky	Jandová Veronika	2015	Theses
Development of Methodology of Evaluation for Medical Equipment Replacement for Developing Countries	Mario Andrés Alvarado, Rocha Sandra Luz	2018	Springer Link

Příloha B: exportované kompletní výsledky hodnocení

Výpis kompletních výsledků		
Název, ID ZP	Opera 500C, U rameno Polistat - M	
Kritérium	Stav	Hodnota
Technická kritéria		
Technický stav (TS)	Dobrý	2,00
Podpora prodejce/výrobce (P)	Úplná	1,00
Funkce (F)	Diagnostický	2,00
Zastaralost technologie (Z)	Téměř zastaralá	3,00
Index stáří (S)	Současný	2,00
Provozně-uživatelská kritéria		
Preference uživatele (PU)	Silné	1,00
Výskyt nežádoucích příhod (NP)	Žádný	1,00
Zlepšení standardizace (ST)	Ano	1,00
Frekvence užití (FU)	Častá	4,00
Ekonomická kritéria		
Ekonomická efektivita v provozu (PN)	Efektivní	1,00
Servisní náklady (SN)	V pořádku	1,00
Dostupnost záložního přístroje (ZP)	Ne	4,00
Vyhodnocení		
TPI	1,84	
UPI	1,45	
EPI	1,90	
PI	1,76	
Hodnotící kategorie	B	
Doporučení	Plán kontrol, revizí (nižší priorita výměny)	
Datum hodnocení	11.05.2019	

Obrázek B.1: Exportované kompletní výsledky hodnocení

Příloha C: návod k použití

Návod k použití	
Postup	
1.	Vyplnit název a ID zdravotnického prostředku
2.	V případě potřeby upravit váhy (hodnoticích oblasti a kritérii) pomocí tlačítka UPRAVIT VÁHY
3.	Vyplnit technická kritéria (žlutá pole)
4.	Vyplnit provozně-uživatelská kritéria (žlutá pole)
5.	Vyplnit ekonomická kritéria (žlutá pole)
6.	Vyhodnotit proces pomocí tlačítka VYHODNOTIT
7.	Výsledky vyexportovat pomocí tlačítka EXPORT VÝSLEDKŮ, EXPORT KOMPLETNÍCH VÝSLEDKŮ
Vysvětlivky	
	Tlačítko ? (info), které uživatelé při kliknutí vypíše informace o daném kritériu pro jeho lepší pochopení.
	Tlačítko VYHODNOTIT vypočte index priority výměny pro hodnocení ZP a uživatelé vypíše doporučení a hodnotí kategorii ZP
	Tlačítko UPRAVIT VÁHY odkryje váhy kritérií a hodnoticích oblastí, které si uživatel může v případě potřeby upravit. (Tlačítko DOKONČIT ÚPRAVY váhy skryje)
	Tlačítko EXPORT VÝSLEDKŮ vyexportuje část excelu s výsledky ve formátu PDF do místa určení uživatelem (název je složen z názvu a ID ZP a data hodnocení)
	Tlačítko EXPORT KOMPLETNÍCH VÝSLEDKŮ vyexportuje kompletní hodnocení včetně všech hodnocených kritérií ve formátu PDF do místa určení uživatelem (název je složen z názvu a ID ZP a data hodnocení)
Zkratky	
TPI	Index priority výměny technických kritérií
UPI	Index priority výměny provozně-uživatelských kritérií
EPI	Index priority výměny ekonomických kritérií
PI	Index priority výměny
ID	Identifikační číslo (případně inventární číslo)
<i>V případě otázek, kontaktujte: dhosic@gmail.com</i>	

Obrázek C.1: Návod k použití excelové aplikace

Příloha D: použitá makra s vysvětlivky

```
Workbook
Private Sub Workbook_Open()

    'Při otevření souboru se nastaví přepočítání na manuální a skryjí se E:F a změní se název tlačítka
    ThisWorkbook.Sheets("AL").Range("E:F").EntireColumn.Hidden = True
    ThisWorkbook.Sheets("AL").Buttons("Butt1").Text = "UPRAVIT VÁHY"
    Application.Calculation = xlManual

End Sub
```

Obrázek D.1: Použitá makra č.1

```
(General) export_to_pdf

Sub export_to_pdf()

    Dim wbA As Workbook: Set wbA = ThisWorkbook
    Dim wsA As Worksheet: Set wsA = wbA.Sheets("AL")

    Dim strTime As String: strTime = Format(Now(), "yyyymmdd\_hhmm")
    Dim strName As String: strName = Range("E5")
    Dim strPath As String: strPath = wbA.Path
    Dim strFile As String
    Dim strPathFile As String
    Dim myFile As Variant

    'V případě erroru makro vypíše hlášku a ukončí se.
    On Error GoTo errHandler

    'Pokud není soubor uložen, vyplní se defaultní cesta, jinak cesta, kde je soubor uložen
    If strPath = "" Then
        strPath = Application.DefaultFilePath
    End If

    strPath = strPath & "\"

    'Přidá se aktuální datum a čas a přípona pdf
    strFile = strName & "_" & strTime & ".pdf"
    strPathFile = strPath & strFile

    'získá se cesta pro uložení včetně případně změněného názvu souboru
    myFile = Application.GetSaveAsFilename( _
        (InitialFileName:=strPathFile, _
        FileFilter:="PDF Files (*.pdf), *.pdf", _
        Title:="Zvolte složku pro uložení a jméno souboru")

    'Samotné uložení souboru
    If myFile <> False Then
        Range("G72:H87").ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:= _
        myFile, Quality:= _
        xlQualityStandard, IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, _
        OpenAfterPublish:=True
    Else
        Exit Sub
    End If

Exit Sub

errHandler:
    MsgBox "Nešlo uložit pdf soubor." & vbNewLine _
    & "Kontaktujte prosím autora makra", vbCritical
    Exit Sub

End Sub
```

Obrázek D.2: Použitá makra č.2

```

(General) export_all_to_pdf
Sub export_all_to_pdf()

    Dim wbA As Workbook: Set wbA = ThisWorkbook
    Dim wsA As Worksheet: Set wsA = wbA.Sheets("Výpis výsledků")

    Dim strTime As String: strTime = Format(Now(), "yyyymmdd\_hhmm")
    Dim strName As String: strName = Worksheets("AL").Range("E5") & "_kompletni_výsledky"
    Dim strPath As String: strPath = wbA.Path
    Dim strFile As String
    Dim strPathFile As String
    Dim myFile As Variant

    'V případě erroru makro vypíše hlášku a ukončí se.
    On Error GoTo errHandler

    'Přepočítá worksheet
    ThisWorkbook.Sheets("Výpis výsledků").UsedRange.Calculate

    'Pokud není soubor uložen, vyplní se defaultní cesta, jinak cesta, kde je soubor uložen
    If strPath = "" Then
        strPath = Application.DefaultFilePath
    End If

    strPath = strPath & "\"

    'Přidá se aktuální datum a čas a přípona pdf
    strFile = strName & "_" & strTime & ".pdf"
    strPathFile = strPath & strFile

    'získá se cesta pro uložení včetně případně změněného názvu souboru
    myFile = Application.GetSaveAsFilename _
        (InitialFileName:=strPathFile, _
        FileFilter:="PDF Files (*.pdf), *.pdf", _
        Title:="Zvolte složku pro uložení a jméno souboru")

    '
    Worksheets("Výpis výsledků").Visible = True

    'Samotné uložení souboru
    If myFile <> False Then
        Worksheets("Výpis výsledků").Range("B1:D26").ExportAsFixedFormat Type:=xlTypePDF, Filename:= _
            myFile, Quality:= _
            xlQualityStandard, IncludeDocProperties:=True, IgnorePrintAreas:=False, _
            OpenAfterPublish:=True
    Else
        Exit Sub
    End If

    '
    Worksheets("Výpis výsledků").Visible = False

Exit Sub

```

Obrázek D.3: Použitá makra č.3

```

Sub hide_unhide()

    'Tlačítko které odkryje E:F a zase je skryje, včetně editace popisku na ovládacím tlačítku
    If ThisWorkbook.Sheets("AL").Range("E:E").EntireColumn.Hidden = True Then

        ThisWorkbook.Sheets("AL").Buttons("Butt1").Text = "DOKONČIT ÚPRAVY"
        MsgBox "Upozornění:suma vah jednotlivých hodnotících oblastí musí být rovna 1"
        ThisWorkbook.Sheets("AL").Range("E:E").EntireColumn.Hidden = False
        Rows("30:30").EntireRow.Hidden = False
        Rows("52:52").EntireRow.Hidden = False
        Rows("71:71").EntireRow.Hidden = False
    Else

        ThisWorkbook.Sheets("AL").Range("E:E").EntireColumn.Hidden = True
        ThisWorkbook.Sheets("AL").Buttons("Butt1").Text = "UPRAVIT VÁHY"
        Rows("30:30").EntireRow.Hidden = True
        Rows("52:52").EntireRow.Hidden = True
        Rows("71:71").EntireRow.Hidden = True

    End If

End Sub

```

Obrázek D.4: Použitá makra č.4

```
(General) infoE
Sub recalcul()
    'Přepočítá workbook now
    ThisWorkbook.Sheets("AL").UsedRange.Calculate
    MsgBox "Výsledek vyhodnocení: " & "(" & ThisWorkbook.Sheets("AL").Cells(83, "H") & ")" & ThisWorkbook.Sheets("AL").Cells(84, "H"), vbInformation
End Sub
'Info tlačítka
Sub infoA()
    MsgBox "Vypovídá o celkovém technickém stavu. Ten je dán počtem oprav, četností odstávek, dobou prostojů z důvodu poruch atd."
End Sub
Sub infoB()
    MsgBox "Podpora prodejce/výrobce vypovídá o dostupnosti technické podpory (servis, náhradní díly, software)"
End Sub
Sub infoC()
    MsgBox "Riziko dle podstaty funkce ZP (do jaké kategorie funkčně spadá - diagnostický, terapeutický, ZP pro podporu života či ostatní)"
End Sub
Sub infoD()
    MsgBox "Vyjadřuje případnou existenci novější technologie, která by funkčně částečně či plně nahrazovala daný zdravotnický prostředek"
End Sub
Sub infoE()
    MsgBox "Vypovídá o skutečnosti, v jaké části životního cyklu se daný prostředek nachází a jakou má perspektivu pro budoucí využití. Očekávanou životnost zdravotnického prostředku určuje výrobce a je uvedena v t"
End Sub
Sub infoF()
    MsgBox "Popisuje, jakým způsobem se uživateli s daným zdravotnickým prostředkem pracuje a jakou mírou jej preferuje více než jiný prostředek se stejným účelem použití."
End Sub
Sub infoG()
    MsgBox "Popisuje, zdali se při interakci zdravotnického prostředku s pacientem při poskytování zdravotní péče vyskytují nežádoucí příhody. "
End Sub
Sub infoH()
    MsgBox "Vyjadřuje, jestli zdravotnický prostředek kladně přispívá k systému standardizace v procesech poskytování zdravotní péče."
End Sub
Sub infoCH()
    MsgBox "Vypovídá o frekvenci užití daného zdravotnického prostředku při poskytování zdravotní péče v běžném provozu."
End Sub
Sub infoI()
    MsgBox "Určuje, jestli je zdravotnický prostředek při využívání v běžném provozu ekonomicky efektivní. Ekonomická efektivnost je založena na stavu optimalizace výše nákladů na energie, spotřební materiál a obsl"
End Sub
Sub infoJ()
    MsgBox "Popisuje sumu nákladů spojených se servisem zdravotnického prostředku. Do kritéria servisních nákladů spadá cena obměny „unavujícího“ se materiálu, cena periodické bezpečnostně technické kontroly, reviz"
End Sub
Sub infoK()
    MsgBox "Vyjadřuje, zdali se ve zdravotnickém zařízení nachází záložní přístroj, který je schopen v případě výpadku daného prostředku jej plně nahradit"
End Sub
```

Obrázek D.5: Použitá makra č.5