



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Zadání laboratorního cvičení: Rozhodovací procesy a jejich praktické aplikace – klasifikace, vícekritériální rozhodování, optimalizační modely

Operační výzkum

V rámci laboratorního cvičení z předmětu *Operační výzkum* bude student vytvářet multikritériální analýzu klinických dat za účelem určení efektivity intervencí. Cílem cvičení je seznámit studenty s možnostmi použití multikritériálního rozhodování, tak aby na základě výsledků analýzy mohlo být provedeno strategické rozhodnutí.

Laboratorní cvičení bude probíhat v laboratoři 433 Laboratoř klinického inženýrství a managementu zdravotnické techniky. Tato laboratoř byla pro potřeby nového akreditovaného programu involvována v projektu Modernizace laboratoří pro biomedicínské inženýrství (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_017/0002244) a předmět byl inovován v rámci projektu Biomedicínské inženýrství pro znalostní ekonomiku (CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/0002242). Při práci budou využity softwarové modality jako je přístup do databáze ECRI.

Obsah

Operační výzkum	3
Rozhodování.....	3
Principy v operačním výzkumu.....	3
Fáze operačního výzkumu.....	3
Přednosti simulace.....	5
Multikritériální rozhodování	5
Metody hodnotového inženýrství	5
Metoda pořadí.....	6
Bodovací metoda.....	6
Fullerova metoda.....	6
Saatyho matice	7
Metody multikritériálního rozhodování	8
Metoda shody a neshody	8
Metoda AHP.....	9
Úkoly v rámci multikritériálního rozhodování.....	10
Úkol 1 Dopočítejte pomocí Saatyho metody váhy jednotlivých kritérií	10
Úkol 2 Pomocí metody AHP spočítejte pořadí intervencí	11
Úkol 3 Pomocí metody shody neshody spočítejte pořadí intervencí.....	11



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



Seznam přístrojů, softwaru.....	11
Pokyny k zpracování zadaných úkolů.....	11
Databáze ECRI.....	11
Poděkování.....	11
Reference.....	11



Operační výzkum

Vědní disciplína nebo soubor relativně samostatných disciplín, které jsou zaměřeny na analýzu různých typů rozhodovacích problémů. Vědecký přístup hledání řešení, který usiluje o to, jak navrhovat a řídit systémy obvykle za podmínek vyžadujících lokalizaci omezených zdrojů. Cílem je zajistit co možná nejlepší fungování celého systému.

Rozhodování

Charakteristickým rysem rozhodovacího problému je to, že pro jeho řešení se obvykle nabízí několik přípustných řešení (alternativ, variant) a je třeba se správně rozhodnout pro jednu z nich. Modelování umožňuje generovat alternativy. Operační analýza – metoda systémové vědy, využívá zejména matematického modelování. Cílem je obvykle nalezení optimální varianty rozhodnutí podle vybraných kritérií.

Principy v operačním výzkumu

- Týmová práce specialistů různých oborů a zaměření
 - umožňuje využívat mnohem širší paletu výzkumných metod
- Systémový přístup
- Pohled na řešený problém, jako na složitý systém, který nelze rozdělit na prvky a ty zkoumat izolovaně.
 - Mezi jednotlivými prvky systému jsou vyhledávány a zkoumány jejich vazby.
- Princip modelování
 - Základním nástrojem OV je matematické modelování
 - Analýza systému neprobíhá přímo na něm, ale pouze na jeho modelu, který je jeho zjednodušeným obrazem.

Fáze operačního výzkumu

1. fáze
 - identifikace problému v rámci reálného systému a jeho definice
2. fáze



- vytvoření ekonomického modelu - zjednodušený popis reálného systému
- Mezifáze – sběr dat
- Údaje pro kvantifikaci modelu
- Ekonomický model by měl obsahovat:
 - o cíl analýzy - jednoznačné určení cílového stavu modelovaného systému
 - o popis procesů probíhajících v systému
 - o popis činitelů ovlivňujících provádění procesů
 - o popis vzájemného vztahu mezi procesy, činiteli a cílem analýzy

3. fáze

- matematický model – formalizovaný zápis ekonomického modelu
- matematickým aparátem vyjádřeny všechny prvky ekonomického modelu
- řešitelný standardními postupy
- vyjádřen ve formě lineární nebo nelineární funkce o n neznámých
- procesům odpovídají proměnné
- jejich intenzitám hodnoty proměnných
- činitelé - zobrazeny formou lineárních či nelineárních rovnic nebo nerovnic
- kvantifikaci modelu - naplnění modelu konkrétními číselnými údaji

4. fáze

- řešení modelu
- Řešení je realizováno s využitím různých programových prostředků na výpočetní technice

5. fáze

- interpretace výsledků
- interpretace na základě znalosti vstupních údajů modelu a charakteru a vlastností reálného systému

6. fáze



- verifikace
- ověření, zda byl ekonomický a následně matematický model sestaven správně a odpovídá reálnému systému

7. fáze

- implementace výsledků

Přednosti simulace

Hlavní výhodou simulace - proces „učení se“, který nastává u jednotlivých účastníků simulačního projektu. Obecně platí, že čím složitější systém, tím více vyniknou přednosti simulace. Umožňuje manažerům předvídat chování systému při změně vnějších a vnitřních podmínek porovnat mezi sebou navrhované alternativy aniž bychom reálně zasáhli do procesu.

Multikriteriální rozhodování

Tato kapitola seznamuje s možnostmi řešení efektu pomocí metod multikriteriálního rozhodování.

Teorie multikriteriálního (vícekriteriálního) rozhodování je založena na matematickém modelování. Multikriteriální analýza (MCA) se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekriteriálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii.

Během multikriteriálního rozhodování je potřeba brát v potaz odlišnou důležitost pro jednotlivá kritéria. V případě, že je důležitost kritéria vyšší, tak je větší i jeho váha oproti dalším kritériím. Tyto váhy jednotlivých kritérií lze stanovit pomocí celé řady různých metod, které patří do metod hodnotového inženýrství.

Metody hodnotového inženýrství

Pro určení vah kritérií se využívá například bodovací metoda, metoda pořadí, Fullerův trojúhelník či Saatyho matice.



Metoda pořadí

Metoda pořadí patří mezi jednodušší metody hodnotového inženýrství, která u jednotlivých kritérií stanoví váhu na základě pořadí dle důležitosti. Kritériím jsou přiřazeny čísla (body) $k, \dots, 1$, kdy platí:

- nejdůležitější kritérium k (počet kritérií),
- druhé nejdůležitější $k-1$,
- nejméně důležité 1 .

Obecně je i -tému kritériu přiřazeno číslo b_i a váha i -tého kritéria se pak vypočte dle vzorce:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}; \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Součet čísel b_i ve jmenovateli je součtem prvních k přirozených čísel.

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2}$$

Bodovací metoda

Bodovací metoda předpokládá, že je uživatel schopen kvantitativně ohodnotit důležitost kritérií. Pro zvolenou bodovací stupnici musí uživatel ohodnotit i -té kritérium hodnotou b_i ležící v dané stupnici (např. $b_i \in \langle 0, 100 \rangle$). Oproti metodě pořadí umožňuje diferencovanější vyjádření subjektivních preferencí. Výpočet vah kritérií se však vypočítá stejně jako u metody pořadí.

Fullerova metoda

Fullerova metoda je metodou párového srovnání kritérií, kdy dochází k postupnému srovnávání každých dvou kritérií mezi sebou, což udává také počet srovnání.

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k(k-1)}{2}$$



Srovnání se může provádět pomocí tzv. Fullerova trojúhelníku. Jednotlivá kritéria se očíslovají 1, 2, ..., k a sestaví se Fullerův trojúhelník tak, že každá dvojice se objeví jen jednou. U každé dvojice se zakroužkuje vždy preferované kritérium z dané dvojice. Počet zakroužkování i -tého kritéria označíme n_i . Váha i -tého kritéria se pak vypočte dle následujícího vzorce:

$$v_i = \frac{n_i}{N}; \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Saatyho matice

Saatyho matice je založena na vyhodnocení relativních významů, které při porovnávání v párech vyjádří, kolikrát je první prvek v páru významnější než prvek druhý. Do příslušných polí matice jsou zaznamenána rozhodnutí vyjadřující celými čísly v_i , kolikrát je i -tý ukazatel významnější než j -tý. Druhý v hodnoceném páru je pak hodnocen zlomkem $1/v_i$.

Po sestavení matice jsou vypočteny součty všech n prvků s_i , každého k -tého sloupce matice.

$$\sum_{j=1}^n s_{j;k}$$

Těmito součty jsou poděleny jednotlivé prvky každého sloupce – vypočteny prvky t nové matice T .

$$t_{j;k} = \frac{s_{j;k}}{\sum_{j=1}^n s_{j;k}}$$

V matici T jsou následně vypočteny součty všech n prvků t , každého j -tého řádku.

$$\sum_{k=1}^n t_{j;k}$$

Dále jsou sečteny řádkové součty v matici T .



$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n t_{j;k}$$

Na závěr jsou vypočteny kvantifikované hodnoty relativních ukazatelů w_j normalizací řádkových součtů.

$$w_j = \frac{\sum_{k=1}^n t_{j;k}}{\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n t_{j;k}}$$

Metody multikriteriálního rozhodování

Metoda shody a neshody

Metoda shody a neshody (CDA) je založena na porovnání alternativ výběru po dvojicích. Měří stupeň, kterým alternativy výběru a váhy kritérií potvrzují nebo vyvracejí vzájemný vztah mezi alternativami. Rozdíly ve váhách faktorů a hodnocení kritérií jsou analyzovány odděleně a v průběhu metody je zjišťován index shody a index neshody.

Index shody alternativy a_1 s alternativou a_2 je definován jako podíl součtu vah těch kritérií, pro která je hodnocení a_1 větší nebo rovno hodnocení a_2 , a součtu vah všech kritérií. Pro index shody tedy platí:

$$C_{a_1 a_2} = \frac{\sum W_j (e_{a_1 j} \geq e_{a_2 j})}{\sum W_j}$$

Celkový index shody alternativy a_1 získáme jako součet všech indexů shody alternativy a_1 vzhledem ke všem ostatním:

$$C_{a_1} = \sum_{j=1}^J C_{a_1 j}$$

Index neshody alternativy a_1 s alternativou a_2 je definován jako podíl, kde číselník je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení, pro která je hodnocení a_1 menší než hodnocení a_2 , a jmenovatel je roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení všech



alternativ pro kritérium vykazující maximální hodnotu výše definovaného čitatele. Index neshody tedy můžeme zapsat:

$$D_{a_1 a_2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\max(W_j \cdot e_{a_2 j} - W_j \cdot e_{a_1 j})(e_{a_1 j} < e_{a_2 j})}{\max(W_m \cdot e_{im}) - \min(W_m \cdot e_{im})}$$

Celkový index neshody alternativy a_1 získáme jako součet všech indexů neshody alternativy a_1 vzhledem ke všem ostatním:

$$D_{a_1} = \sum_{j=1}^J D_{a_1 j}$$

Posledním krokem je pak seřazení jednotlivých alternativ podle maximálního (resp. minimálního) indexu shody a minimálního (resp. maximálního) indexu neshody. Výsledné hodnocení dané alternativy získáme následovně:

$$CDA_i = I - C_i + D_i$$

Metoda AHP

Metoda AHP (Analytic Hierarchy Process, analytický hierarchický proces) je v současnosti jednou z nejznámějších a nejpoužívanějších metod vícekritériálního rozhodování, kdy sledované varianty jsou hodnoceny zvlášť v každém kritériu. Jedná se o párové porovnávání, které vymyslel T. L. Saaty.

Je to strukturovaná technika pro organizaci a analýzu složitých otázek a je založena na rozložení problému, kterého se týká našeho rozhodování, do hierarchie a dílčích problémů. Dle váhy kritérií je možné určit konečný efekt variant. Hodnocení je prováděno ve třech krocích. Prvním krokem je zkonstruování hierarchické struktury obsahující cíl hodnocení na první úrovni, poté je provedeno párové srovnávání jednotlivých variant v každém kritériu a následně sumarizace a výpočet výsledného efektu dle vah jednotlivých kritérií a relativního hodnocení jednotlivých kritérií.

Preference jednotlivých variant jsou ohodnoceny škálou lichých čísel od 1 do 9, které jsou vyjádřením stupnice intenzity významu varianty. Pro vytvoření Saatyho matice



musíme přiřadit absolutní důležitost jednotlivým variantám, podle preferenci rozhodovatele nebo kolektivu rozhodovatelů, a použít uvedenou devítibodovou stupnici. Pro citlivější vyjádření intenzity významu je možné použít mezistupně (sudá čísla 2, 4, 6, 8). Přiřazení důležitosti může být prováděno metodou brainstormingového setkání.

Úkoly v rámci multikriteriálního rozhodování

Cílem cvičení je vytvořit doporučení za účelem stanovit nejefektivnější léčbu na příkladu klinických výstupů léčby postižení povrchní stehenní tepny. Pro dosažení cíle byly stanoveny úkoly:

- Zhodnotit vybrané klinické výstupy pomocí aplikace metod vícekriteriálního rozhodování.
- Zadání základní tabulky pro porovnání intervencí pomocí multikriteriálního rozhodování:

Intervence	Primární průchodnost	Technický úspěch	Roční přežití pacienta	Záchrana končetiny v prvním roce
PTA	49,9 %	85,5 %	95,9 %	93,6 %
PTA/S	66,9 %	95,9 %	90,8 %	95,8 %
Bypass	84,5 %	99,4 %	91,9 %	88,9 %

Úkol 1 Dopočítejte pomocí Saatyho metody váhy jednotlivých kritérií

Intervence	PTA	PTA/S	Bypass
Primární průchodnost			
PTA	-	46	50
PTA/S	-	-	54
Bypass	-	-	-
Technický úspěch			
PTA	-	42	43
PTA/S	-	-	50
Bypass	-	-	-
Roční přežití pacienta			
PTA	-	52	50
PTA/S	-	-	45
Bypass	-	-	-
Záchrana končetiny v roce od operace			
PTA	-	54	50
PTA/S	-	-	47
Bypass	-	-	-

Získané váhy poté použijte při výpočtech pomocí metod AHP a metodu shody a neshody.



Úkol 2 Pomocí metody AHP spočítejte pořadí intervencí

Intervence	Primární průchodnost	Technický úspěch	Roční přežití pacienta	Záchrana končetiny v prvním roce	Pořadí
PTA	49,9 %	85,5 %	95,9 %	93,6 %	
PTA/S	66,9 %	95,9 %	90,8 %	95,8 %	
Bypass	84,5 %	99,4 %	91,9 %	88,9 %	

Úkol 3 Pomocí metody shody neshody spočítejte pořadí intervencí

Intervence	Primární průchodnost	Technický úspěch	Roční přežití pacienta	Záchrana končetiny v prvním roce	Pořadí
PTA	49,9 %	85,5 %	95,9 %	93,6 %	
PTA/S	66,9 %	95,9 %	90,8 %	95,8 %	
Bypass	84,5 %	99,4 %	91,9 %	88,9 %	

Seznam přístrojů, softwaru

Povinné:

- 1.1.2.3.1.2 HW LabKIMZ: PC stanice+monitory

Pokyny k zpracování zadaných úkolů

Pro zpracování dat v rámci laboratorního cvičení je možno využít statistické programy jako je MATLAB®, R Studio, Stata, SPSS a další. Pro vyhledávání informací týkající se dat bezpečnosti a rovnocenných prostředků využijte přístup do databáze ECRI.

Řešení zadaných úkolů odevzdejte v podobě závěrečné zprávy (protokolu), zpracované podle přiložené šablony. Tento návod bude přílohou zprávy.

Databáze ECRI

ECRI organizace je nezávislá nezisková organizace, která se zabývá lékařskými prostředky a poskytuje

Poděkování

Laboratorní cvičení bylo vytvořeno v rámci projektu Biomedicínské inženýrství pro znalostní ekonomiku (CZ.02.2.69/0.0/0.0/16_018/000224), a bude probíhat v laboratoři 433 Laboratoř klinického inženýrství a managementu zdravotnické techniky, která byla inovována v rámci projektu Modernizace laboratoří pro biomedicínské inženýrství (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_017/000224).

Reference

1. ROSINA, J., V. ROGALEWICZ, I. IVLEV, I. JUŘIČKOVÁ, G. DONIN, J. VACEK, R. OTAWOVÁ a P. KNEPPO. HTA for Medical Devices: Multiple-Criteria Decision Making as an Outcome



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

- Evaluation Tool. In: David A. JAFFRAY, ed. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Toronto, Canada* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2015 [vid. 2023-10-31], IFMBE Proceedings, s. 1367–1370. ISBN 978-3-319-19386-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-19387-8_333
2. OLIVEIRA, Mónica D., Inês MATALOTO a Panos KANAVOS. Multi-criteria decision analysis for health technology assessment: addressing methodological challenges to improve the state of the art. *The European Journal of Health Economics* [online]. 2019, **20**(6), 891–918. ISSN 1618-7598, 1618-7601. Dostupné z: doi:10.1007/s10198-019-01052-3