

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

**Výběr kamerového systému pro zařízení staveniště stavby
záchranné stanice**

Bakalářská práce

2024

Matěj Škarka

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Matěj Škarka**
Osobní číslo: **E21593**
Studijní program: **B0688A140004 Informatika a systémové inženýrství**
Specializace: **Informační a bezpečnostní systémy**
Téma práce: **Výběr kamerového systému pro zařízení staveniště stavby záchranné stanice**
Zadávací katedra: **Ústav systémového inženýrství a informatiky**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je výběr kamerového systému pro zařízení staveniště dle zadaných kritérií.

Osnova:

- Popis zařízení staveniště
- Popis kritérií pro výběr kamerového systému
- Popis dostupných alternativ
- Porovnání dostupných alternativ a výběr optimální varianty

Rozsah pracovní zprávy: **cca 35 str.**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BURDA, Karel. *Základy elektronických zabezpečovacích systémů*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2017. ISBN 978-80-7204-967-7.
- CCTV Technology Handbook* [online]. Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013 [cit. 2023-06-17]. Dostupné z: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/CCTV-Tech-HBK_0713-508.pdf
- ELHARROUSS, Omar, Noor ALMAADEED a Somaya AL-MAADEED. A review of video surveillance systems. *Journal of Visual Communication and Image Representation* [online]. 2021, **2021**(77) [cit. 2023-06-17]. ISSN 1047-3203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2021.103116>
- FIALA, Petr. *Modely a metody rozhodování*. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica, 2013. ISBN 978-80-245-1981-4.
- KYNCL, Jaromír. *Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií*. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky, 2014. ISBN 978-80-260-7115-0.
- RAMÍK, Jaroslav. *Analytický hierarchický proces (AHP)*. Karviná, 1999.
- TRIANAPHYLLOU, Evangelos. *Multi-criteria decision making methods: a comparative study*. Dordrecht: Kluwer Academic, c2000. Applied optimization, vol. 44. ISBN 0-7923-6607-7.
- TSAKANIKAS, Vassilios a Tasos DAGIUKLAS. Video surveillance systems-current status and future trends. *Computers & Electrical Engineering* [online]. 2018, **2018**(70), 736-753 [cit. 2023-06-17]. ISSN 0045-7906. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.11.011>
- Weighting Methods for Multi-Criteria Decision Making Technique. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* [online]. 2019, **2019**(23), 1449-1457 [cit. 2023-06-17]. ISSN 1119-8362. Dostupné z: [doi:10.4314/jasem.v23i8.7](https://doi.org/10.4314/jasem.v23i8.7)

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jitka Komárková, Ph.D.**
Ústav systémového inženýrství a informatiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2024**

L.S.

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

Ing. et Ing. Martin Lněnička, Ph.D. v.r.
garant studijního programu

V Pardubicích dne 1. září 2023

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji:

Práci s názvem Výběr kamerového systému pro zařízení staveniště stavby záchranné stanice jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze 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, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29.4.2024

Matěj Škarka v. r.

PODĚKOVÁNÍ:

Rád bych poděkoval prof. Ing. Jitce Komárkové, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, cenné rady a odborný dohled. Děkuji také Ing. Renátě Máchové, Ph.D. za pomoc při výpočtech u aplikovaných rozhodovacích metod.

ANOTACE

Tato bakalářská práce se věnuje výběru kamerového systému pro zařízení staveniště záchranné stanice. V práci je popsána problematika bezpečnosti objektu, kamerové systémy a rozhodovací metody. Dále je popsána charakteristika prostoru staveniště, aktiv a rizik, spolu s provedenou kvantitativní analýzou rizik. Na základě těchto charakteristik jsou následně definovány požadavky na kamerový systém a technická a obchodní kritéria pro výběr kamerového systému zahrnující požadavky zadavatele a další dodatečná kritéria. Tato kritéria slouží jako základ pro aplikaci rozhodovacích metod za účelem výběru optimální varianty kamerového systému.

KLÍČOVÁ SLOVA

kamerové systémy, rozhodovací metody, bezpečnost objektu, multikriteriální výběr

TITLE

Selection of a camera system for the construction site equipment of a rescue station

ANNOTATION

This bachelor's thesis focuses on selecting a camera system for the construction site of a rescue station. The thesis discusses the security issues of the facility, camera systems, and decision-making methods. It also describes the characteristics of the construction site area, activities and risks, along with a quantitative risk analysis. Based on these characteristics, requirements for the camera system are defined, as well as technical and business criteria for selecting the camera system, including the client's requirements and additional criteria. These criteria serve as the basis for applying decision-making methods to choose the optimal camera system option.

KEYWORDS

CCTV systems, decision-making methods, object security, multi-criteria selection

OBSAH

SEZNAM OBRÁZKŮ	9
SEZNAM TABULEK.....	9
SEZNAM ZKRATEK.....	10
ÚVOD	11
1 Problematika bezpečnosti objektu.....	12
1.1 Identifikace rizik, hrozeb a zranitelností	12
1.2 Kvantitativní analýza rizik.....	13
1.3 Druhy ochrany objektu.....	14
1.4 Typy prostředí	15
1.5 Stupně rizika narušení objektu.....	16
3 Kamerové systémy	17
3.1 Základní komponenty kamerových systémů	17
3.1.1 Kamery	18
3.1.2 Charakteristiky kamer	20
3.1.3 Technologie kamer.....	20
3.1.4 Napájení	21
3.1.5 Přenosové trasy.....	21
3.1.6 Záznamová zařízení	21
3.1.7 Zobrazovací zařízení	22
3.1.8 Příslušenství.....	22
3.2 Právní úpravy a technické normy.....	23
4 Rozhodování	24
4.1 Rozhodovací proces	24
4.2 Fullerova metoda (Fullerův trojúhelník)	25
4.3 Saatyho metoda.....	25
5 Výběr kamerového systému pro areál záchranné stanice	27
5.1 Charakteristika areálu, aktiv a hrozeb	27
5.2 Požadavky na monitorovací systém	29
5.3 Studie proveditelnosti.....	29
6 Kritéria pro kamerový systém.....	31
6.1 Požadavky zadavatele.....	31
6.2 Dodatečné požadavky.....	31

6.3	Souhrn kritérií	31
6.3.1	Omezující kritéria	31
6.3.2	Technická kritéria.....	32
6.3.3	Obchodní kritéria	32
6.4	Důležitost kritérií	32
6.4.1	Důležitost technických kritérií.....	32
6.4.2	Důležitost obchodních kritérií	33
7	Varianty a výběr optimální z nich.....	34
7.1	Porovnání variant na základě technických kritérií	34
7.2	Porovnání variant na základě obchodních kritérií.....	37
7.3	Porovnání ohodnocení variant	40
7.4	Výsledné porovnání variant na základě technických a obchodních kritérií a výběr varianty	42
	ZÁVĚR	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
	SEZNAM PŘÍLOH.....	48

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Postup zpracování práce	27
Obrázek 2: Umístění stavebních buněk v areálu.....	28
Obrázek 3: Ohodnocení technických kritérií (Fullerova metoda)	35
Obrázek 4: Ohodnocení variant – technická kritéria (Fullerova metoda)	35
Obrázek 5: Ohodnocení technických kritérií (Saatyho metoda).....	36
Obrázek 6: Ohodnocení variant – technická kritéria (Saatyho metoda).....	37
Obrázek 7: Ohodnocení obchodních kritérií (Fullerova metoda)	38
Obrázek 8: Ohodnocení variant – obchodní kritéria (Fullerova metoda).....	38
Obrázek 9: Ohodnocení obchodních kritérií (Saatyho metoda)	39
Obrázek 10: Ohodnocení variant – obchodní kritéria (Saatyho metoda)	39
Obrázek 11: Porovnání ohodnocení variant – technická kritéria	40
Obrázek 12: Porovnání ohodnocení variant – obchodní kritéria	41
Obrázek 13: Umístění kamer v areálu.....	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Indexy konzistence pro náhodně generovanou matici	26
Tabulka 2: Varianty a jejich hodnoty pro technická kritéria	34
Tabulka 3: Varianty a jejich hodnoty pro technická kritéria	34
Tabulka 4: Výsledné pořadí – technická kritéria	40
Tabulka 5: Výsledné pořadí – obchodní kritéria.....	41
Tabulka 6: Ohodnocení variant – technická kritéria	42
Tabulka 7: Ohodnocení variant – obchodní kritéria.....	42
Tabulka 8: Výsledné ohodnocení variant	43

SEZNAM ZKRATEK

AHP – Analytic Hierarchy Process

CCTV – Closed Circuit Television

CI – Consistency Index

CR – Consistency Ratio

CRT – Cathode Ray Tube

DVR – Digital Video Recorder

EPS – Elektronická Požární Signalizace

EZS – Elektronická Zabezpečovací Signalizace

FPS – Frames Per Second

HD – High Definition

HA – Hodnota Aktiv

HBO – Hodnota Bezpečnostního Opatření

IP – Internet Protocol

IR – Infrared (infračervené světlo)

LAN – Local Area Network

LCD – Liquid Crystal Display

LED – Light Emitting Diode

NBO – Náklady Bezpečnostního Opatření

OLED – Organic Light Emitting Diode

OZ – Očekávané Ztráty

POE – Power Over Ethernet

PTV – Public Television

PTZ – Pan, Tilt, Zoom

PZ – Podíl Ztráty

RI – Retention Index

ROV – Roční Očekávané Výskyty

ROZ – Roční Očekávaná Ztráta

VSS – Video Surveillance System

VCR – Video Cassete Recorder

ÚVOD

Pro každou organizaci v jakémkoliv odvětví představuje ochrana aktiv klíčový aspekt, protože zajišťuje bezpečnost důležitých zdrojů, majetku organizace a osob, které se pohybují v objektu organizace. Zajištění bezpečnosti aktiv je základním prvkem pro zachování stability a kontinuity provozu organizace. Důležitost ochrany aktiv organizací dokumentuje příklad majetkové trestné činnosti na území hlavního města Prahy za rok 2021, kdy bylo zaznamenáno celkové množství 23 596 případů majetkové kriminality (Český statistický úřad, 2022). Tento příklad podtrhuje naléhavost a důležitost ochrany aktiv pro organizace.

Výše uvedený údaj o celkovém množství majetkové trestné kriminality ukazuje, že ochrana aktiv je důležitou součástí fungování organizace, které je potřeba věnovat odpovídající pozornost, zejména při identifikaci rizik, hrozeb a zranitelností aktiv a následném výběru vhodného bezpečnostního mechanismu.

Cílem této bakalářské práce je výběr kamerového systému pro zařízení staveniště stavby záchrané stanice pro volně žijící živočichy. Záměrem této práce je představit komplexní přístup k výběru optimálního kamerového systému pro sledovaný areál.

V prvním kroku bude stručně nastíněna problematika bezpečnosti objektu, různé typy kamerových systémů a rozhodovací metody. V dalším kroku bude detailněji popsána charakteristika prostoru staveniště, jeho aktiv a hrozících rizik. Na základě těchto poznatků budou stanoveny požadavky na kamerový systém a kritéria pro výběr kamerového systému z technického a z obchodního hlediska.

V závěru budou aplikovány rozhodovací metody s cílem vybrat optimální variantu kamerového systému pro areál staveniště.

1 PROBLEMATIKA BEZPEČNOSTI OBJEKTU

Základním cílem zabezpečení objektů je nejen minimalizace rizika vzniku škody na majetku, ale také ochrana životů a zdraví osob, které se ve střežených objektech pohybují. Klíčovým prvkem pro zajištění ochrany objektů je kombinace technické a fyzické ochrany pomocí elektronických a mechanických prvků zabezpečovacích systémů. (Kyncl, 2014)

Bezpečnost čili dosažený stupeň bezpečnosti, lze považovat za mnohostrannou vlastnost prostředí. Lze ji chápat jako komplexní výsledek hodnocení různých bezpečnostních faktorů, konkrétně těch, které zajišťují sociálně akceptovatelnou úroveň bezpečnostních rizik. Riziko lze v tomto případě definovat jako možnost nežádoucího vývoje bezpečnostní situace. (Former, nedatováno)

Pojmem „objekt“ je ve spojitosti s ostrahou označována budova, pozemek a ochraňované osoby nebo věci. V jiném pojetí je možné vnímat tento pojem jako cíl bezpečnostního zájmu. Navrhovaná bezpečnostní opatření musí potencionálního narušitele odradit od realizace svých záměrů a případně mu zabránit v odcizení chráněného majetku či jeho částí. (Kyncl, 2014)

Objektová bezpečnost je určena výsledkem analýzy rizik spojených s daným objektem a opatřeními přijatými k minimalizaci rizik. Hodnocení a zabezpečení objektové bezpečnosti plně spadá do pravomoci vedoucích pracovišť a jejich nadřízených. (Former, nedatováno)

1.1 Identifikace rizik, hrozeb a zranitelností

Základním problémem při plánování a organizaci jakékoli ochrany je často nesprávná, nebo dokonce žádná analýza bezpečnostních potřeb. Při tvorbě této analýzy je důležité správně definovat oblasti ochrany, druhy hrozícího nebezpečí, identifikovat jejich potenciální zdroje a možné následky. Nezbytným krokem analýzy musí být tedy stanovení následujících hledisek (Kyncl, 2014):

- Co má být chráněno (budovy, pozemek, místnosti atd.)
- Před čím (vloupání, požár atd.)
- Jakým způsobem zajistit ochranu

Hrozba představuje to, co působí negativně na chráněné aktivum a po své aktivaci vyvolává mimořádné události. Hrozby po této aktivaci způsobují ztráty na chráněném aktivu. (Roudný, Soušek, 2014)

Riziko představuje kombinaci pravděpodobnosti a následku určité události. Je důležité chápat pojem rizika ve spojitosti s dvěma veličinami: pravděpodobností výskytu události a následkem příslušného jevu. (Šenovský a kol., 2020)

Analýza rizik obvykle identifikuje všechny možné hrozby z hlediska pravděpodobnosti, že se vyskytnou a dále z hlediska cílů, a sice jak je riziko specifikováno a jak ho kvantifikovat. Zahnuje také identifikaci aktiv a stanovení jejich hodnoty. To znamená vymezení rozsahu posuzovaného objektu a popis aktiv, která mu náleží, respektive určení hodnoty těchto aktiv a významu těchto aktiv pro daný

objekt. Dále se zabývá hodnocením možného dopadu ztráty, změny nebo poškození na existenci nebo chování posuzovaného subjektu. (Kyncl, 2014)

Existuje několik druhů analýzy rizik (Hub, 2013):

- Orientační analýza rizik
- Elementární analýza rizik
- Neformální analýza rizik
- Kombinovaná analýza rizik
- Detailní analýza rizik

Detailní analýza rizik se dále dělí na dvě části (Hub, 2013):

- Kvantitativní analýza rizik – číselné údaje pro následky i jejich pravděpodobnost.
- Kvalitativní analýza rizik – využití slov k popisu rozsahu možných následků a pravděpodobností, že se tyto následky přihodí.

1.2 Kvantitativní analýza rizik

Tato analýza rizik využívá číselné hodnoty pro následky i jejich pravděpodobnosti, které tato analýza stanoví pomocí údajů získaných z několika různých zdrojů. Kvalita analýzy je závislá na přesnosti a úplnosti číselných hodnot.

Základní postup kvantitativní analýzy rizik (Hub, 2013):

1. Seznam aktiv a stanovení hodnot jednotlivých aktiv (HA)

Aktivum představuje cokoliv v daném prostředí, co by mělo být chráněno. Hodnotou aktiva je hodnota v Kč přiřazena aktivu a je založena na jeho aktuální ceně a nepeněžních nákladech.

2. Přiřazení možných hrozeb každému aktivu. Výpočet podílu ztráty (PZ) a očekávané ztráty (OZ) pro každou hrozbu

Hrozba představuje možnost odhalení zranitelného místa k útoku na něj, s cílem poškodit aktiva. Zranitelným místem je absence bezpečnostních opatření, která by mohla být využita ke způsobení škod nebo ztrát útokem. Podíl ztráty (PZ) představuje poměrnou ztrátu, kterou společnost očekává, pokud je určité aktivum narušeno realizovaným rizikem. Očekávaná ztráta (OZ) představuje náklady spojené s jedním realizovaným rizikem vůči specifickému aktivu, počítá se dle viz rovnice (1).

$$OZ = HA \times PZ \quad (1)$$

3. Analýza hrozeb a stanovení ročních očekávaných výskytů (ROV) jednotlivých hrozeb

Roční očekávané výskyty (ROV) představuje roční očekávanou frekvenci výskytu hrozby nebo rizika za rok.

4. Odvození celkové potenciální ztráty spojené s danou hrozbou za pomoci roční očekávané ztráty (ROZ)

Roční očekávaná ztráta (ROZ) jsou očekávané roční náklady všech výskytů specifické hrozby na daném aktivu, počítá se dle viz rovnice (2).

$$ROZ = OZ \times ROV \quad (2)$$

5. Prozkoumání bezpečnostních opatření proti každé hrozbě a s tím spojený výpočet změny ROV a ROZ.

Bezpečnostní opatření představuje cokoliv, co slouží k odstranění zranitelných míst a chrání před jednou nebo více hrozbami. Implementací těchto bezpečnostních opatření se obvykle snižují nebo eliminují roční očekávané výskyty hrozby (ROV), což současně snižuje i roční očekávané ztráty (ROZ).

6. Analýza nákladů každého bezpečnostního opatření každého aktiva vůči každé hrozbě za jeden rok (NBO)

Při kalkulaci ročních nákladů bezpečnostního opatření (NBO) je nutné brát v úvahu dobu životnosti tohoto bezpečnostního opatření.

7. Analýza hodnoty každého bezpečnostního opatření (HBO) každého aktiva vůči každé hrozbě

Hodnota bezpečnostního opatření (HBO) může nabývat záporné i kladné hodnoty, počítá se dle rovnice (3).

$$HBO = (ROZ1 - ROZ2) - NBO \quad (3)$$

1.3 Druhy ochrany objektu

Provedení bezpečnostního průzkumu je základní předpoklad pro realizaci požadavků na ostrahu. Tento průzkum navazuje na výsledky předchozích zkušeností, analýzy rizik, místních vlivů, bezpečnostní situace a s ohledem na funkci objektu a charakter majetku. (Kyncl, 2014)

Ochranu objektů lze rozdělit do následujících forem:

- **Klasická ochrana** – tato ochrana je založena na zajištění objektu za pomoci mechanických zábran a zařízení, která zabraňují krádeži nebo poškození chráněných objektů, jejich částí nebo předmětů uvnitř objektů. V dnešní době bývají často integrována s dalšími druhy ochrany, aby se vzájemně doplňovala. (Čandík, 2004)
- **Režimová ochrana** – představuje organizačně administrativní opatření a postupy, vedoucí k zajištění správného fungování ochranných systémů a jejich sladění s provozem chráněného objektu. Tato forma ochrany je založena na zavedení a uplatňování účinných bezpečnostních směrnic, což znamená implementaci režimových opatření přímo v chráněném objektu. (Čandík, 2004)

- **Fyzická ochrana** – chrání před neoprávněným vstupem, krádeží, vandalismem, sabotáží, havárií a dalšími. Z pohledu ochrany objektů existuje několik forem fyzické ostrahy, zejména strážní služba, bezpečnostní dohled, ochranný doprovod a bezpečnostní výjezdy. Tato opatření jsou obvykle prováděna školenými zaměstnanci provozovatele objektu, příslušníky ozbrojených sil nebo zaměstnanci bezpečnostních služeb. (Kyncl, 2014)
- **Technická ochrana** – tato ochrana spočívá v automatickém monitorování objektu pomocí technických prostředků určených k zajištění bezpečnosti objektu. Tento typ ostrahy představuje detekční systém, který zabezpečuje předávání informace o událostech v chráněném prostoru. Hlavním cílem technické ochrany je zvýšení účinnosti jiných forem ochrany objektu. Tento typ ochrany využívá k zabezpečení objektu mechanické, elektronické, kombinované a speciální prvky bezpečnosti. (Čandík, 2004)
- **Mechanické prvky bezpečnosti** – představují soubor mechanických zařízení a komponentů, které znemožňují jejich snadné překonání. Instalace těchto prvků je nezbytná pro technickou bezpečnost, jelikož díky své odolnosti proti prolomení vytváří prodlevu v čase, což umožňuje organizovaný a kvalifikovaný zákrok. Tyto prvky zahrnují například kovové mříže všeho druhu, bezpečnostní tvrzená, kalená, lepená a neprůstřelná skla a skla s bezpečnostními fóliemi. (Kameník, Brabec, 2019)
- **Elektronické prvky bezpečnosti** – u těchto prvků bezpečnosti se ochrana osob a majetku provádí s využitím elektronických prvků, zejména se jedná o elektronickou zabezpečovací signalizaci (EVS), elektronickou požární signalizaci (EPS), uzavřené televizní okruhy (CCTV), přístupové a docházkové systémy (ACCESS), biometrické identifikační systémy, ochrana dat a informací, průmyslová havarijní signalizace, zdravotní a nouzová signalizace a elektronická ochrana zboží. (Čandík, 2004)
- **Kombinované prvky bezpečnosti** – kombinované prvky bezpečnosti kombinují mechanické zábranné systémy s elektronickou ochranou do jednoho funkčního bloku. Příkladem může být elektronické blokování dveří, závor atd. kombinované prvky bezpečnosti kombinují mechanické zábranné systémy s elektronickou ochranou do jednoho funkčního bloku. Příkladem může být elektronické blokování dveří, závor atd. (Čandík, 2004)
- **Speciální prvky bezpečnosti** – tyto bezpečnostní prvky využívají speciální prostředky k zabezpečení ochrany objektů (např. chemická ochrana předmětů atd.). (Čandík, 2004)

1.4 Typy prostředí

Použité prostředky ochrany objektů by měly odpovídat hodnotám, jež mají být chráněny. Z tohoto důvodu je nutné klasifikovat prostředí, ve kterém se prvky technické bezpečnosti nachází. Jednotlivá prostředí jsou rozlišována do čtyř tříd (Čandík, 2004):

- **Třída prostředí I – Uzavřené prostory, omezené na obytné/kancelářské prostředí**

Působí zde normální vlivy prostředí v uzavřených prostorech, ve kterých je udržována stálá teplota.

- **Třída prostředí II – Uzavřené prostory – Obecně**

Normální vlivy prostředí v uzavřených prostorech, kde není udržována stabilní teplota.

- **Třída prostředí III – Vnější prostory, ale kryté před deštěm a přímým sluncem, nebo vnitřní prostory s extrémními podmínkami**

Normální vlivy ve vnějším prostředí, kde nejsou bezpečnostních prvky plně vystaveny vlivům počasí.

- **Třída prostředí IV – Vnější prostory – Obecně**

Normální vlivy ve vnějším prostředí, kde jsou bezpečnostní prvky plně vystaveny vlivům počasí (Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014).

1.5 Stupně rizika narušení objektu

Složitost použitých prvků a technologií pro zabezpečení objektů je určena mírou očekávaného narušení objektu. V této souvislosti jsou rozlišovány čtyři stupně rizika (Čandík, 2004):

- **Stupeň 1: Nízké riziko** – Předpokládá se, že narušitelé mají nízkou znalost o technickém zabezpečení objektu a že disponují pouze omezeným sortimentem snadno dostupných nástrojů.
- **Stupeň 2: Nízké až střední riziko** – Předpokládá se, že narušitelé disponují určitými znalostmi o technickém zabezpečení objektu a že disponují základním sortimentem nástrojů a přenosných přístrojů.
- **Stupeň 3: Střední až vysoké riziko** – Předpokládá se, že narušitelé jsou obeznámeni s technickým zabezpečením objektu a že disponují úplným sortimentem nástrojů a přenosných elektronických přístrojů.
- **Stupeň 4: Vysoké riziko** – Předpokládá se, že narušitelé disponují zdroji pro zpracování plánu vniknutí do objektu a mají k dispozici kompletní sortiment zařízení včetně potřebných prostředků, které mohou nahradit rozhodující prvky technického zabezpečení objektu.

3 KAMEROVÉ SYSTÉMY

Kamerové systémy představují důležitý prvek v oblasti bezpečnostního průmyslu. Bez ohledu na to, zda byly označovány jako „Průmyslová TeleVize (PTV)“ nebo později jako CCTV systém (Closed Circuit Television), stále jsou tyto systémy založeny na konceptu tzv. „uzavřených televizních okruhů“. PTV a CCTV systémy byly využívány pro monitorování zájmových objektů. K těmto systémům nebylo možné přistupovat vzdáleně.

Kamerové systémy, které se také nazývají Dohledové videosystémy (Video Surveillance System = VSS), představují komplexní systém, který se skládá z kamerového vybavení, úložiště a dalších zařízení, která umožňují přenos obrazu a vzdálené ovládní. (Adámek a kol., 2022)

Současné systémy poskytují nejen vysokou kvalitu záznamu obrazu, ale také i efektivní a snadnou obsluhu. Schopnost poskytovat okamžitý přehled o aktuální situaci na vzdálených místech je klíčová pro rychlé a přesně zhodnocení bezpečnostní situace. (Kyncl, 2014)

3.1 Základní komponenty kamerových systémů

Základní úlohou kamerového systému není pouze monitorování prostředí, ale také přenos získaných dat do úložného místa a zařízení pro zobrazení těchto dat. Standardní kamerový systém se skládá z několika komponentů, které jsou popsány níže.

Kamerové systémy se postupem času vyvíjely s technickým pokrokem, začínající původně s analogovými konstrukcemi. V analogových systémech jsou používány analogové kamery pro monitorování prostředí. Data jsou přenášena v analogové podobě pomocí koaxiálního kabelu k úložišti, tedy do digitálního videorekordéru. Zde dochází k procesu digitalizace dat, což vedlo k výraznému nárůstu objemu ukládaných informací ve srovnání s původním systémem založeným na videokazetách. (Adámek a kol., 2022)

Technologie zpracování analogového signálu je základním modelem pro přenos, výměnu a záznam obrazu pomocí koaxiálního kabelu na krátké vzdálenosti a optického vlákna na dlouhé vzdálenosti. Obnova obrazu je jednou z výhod tohoto typu systému, zatímco jeho hlavní nevýhodou je omezená přenosová vzdálenost, složitá kabeláž a aplikace, která může být neflexibilní.

Digitální kamerové systémy jsou tvořeny IP kamerami, data jsou přenášena pomocí strukturované kabeláže. Kamery jsou připojeny k video serveru pomocí IP sítě, takže přenos je realizován pomocí počítačové sítě LAN i Internet. (Elharrouss a kol., 2021)

Mezi výhody tohoto typu systému lze zařadit možnost využití POE (Power Over Ethernet), tedy napájení kamer za pomoci datových kabelů (Adámek a kol., 2022). Na rozdíl od analogových kamerových systémů se digitální kamerový systém zaměřuje také na inovace v oblasti zpracování signálu.

Hlavní rozdíl mezi analogovým a digitálním systémem je v aspektech přenosu, řízení a ukládání signálu. (Elharrouss a kol., 2021)

3.1.1 Kamery

Kamery jsou nezbytnou součástí každého kamerového systému. Přizpůsobení správné kamery konkrétní aplikaci je stále těžší kvůli rychlému technologickému vývoji a většímu rozsahu aplikací.

Všechny kamery obsahují tři základní prvky (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013):

- Senzor – převádí světlo (fotony) na elektrické signály;
- Objektiv – shromažďuje světlo odražené od objektu a zaostřuje světlo na obrazový snímač;
- Obvody pro zpracování obrazu – organizuje, optimalizuje a přenáší video signály.

Existuje široká škála různých typů kamer, které je možné rozdělit podle následujících kritérií (Adámek a kol., 2022):

- Dle typu přenosu dat
- Dle typu konstrukčního provedení
- Dle typu senzoru
- Dle typu snímání
- Dle doby provozu
- Dle typu použití
- Dle typu objektivu

Dle typu přenosu dat:

Kamery dle typu přenosu dat jsou popsány v kapitole 3.1.

Dle typu konstrukčního provedení:

- **Otočné PTZ a PZ** – tyto kamery jsou dodávány v různých velikostech a tvarech pro vnitřní i venkovní použití. Zkratka **PZ** (**P**an – pohyb v horizontální ose; **T**ilt – pohyb po vertikální ose) (Adámek a kol., 2022) označuje kamery, které lze ovládat v horizontální a vertikální ose. Kamery **PTZ** (**P**an – pohyb v horizontální ose; **T**ilt – pohyb po vertikální ose; **Z**oom – změna ohniskové vzdálenosti) (Adámek a kol., 2022) lze otáčet a naklánět ve dvou osách a také měnit ohniskovou vzdálenost objektivu pro změnu zorného pole. PTZ kamery lze ovládat ručně nebo v režimu automatického skenování. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013)
- **Bullet** – jedná se o kamery válcovitého tvaru, které jsou vhodné pro venkovní použití. Tyto kamery jsou vybaveny IR přísvitkem, krytím IP66, IP67, IP68 a disponují nastavitelnou nebo pevnou sluneční clonou. Kvůli vzhledu i snadnému natáčení jsou tyto kamery umístovány na vnější stěny nebo stropy budov. (Adámek a kol., 2022)

- **Dome** – tyto kamery kupolovitého tvaru nachází uplatnění v interiérech, kde nepůsobí rušivě a také zabírají méně prostoru. Tento typ provedení kamer je často vybaven krytím IP66 nebo IP67 umožňující instalovat tyto kamery i do venkovního prostředí. Zde mohou ale vznikat problémy způsobené klimatickými podmínkami jako je déšť, prach a sníh, které mohou ulpívat na skle kamery, což způsobí snížení její viditelnosti. (Adámek a kol., 2022)
- **Turret** – tento typ provedení kombinuje charakteristiky Dome (kupolové) a Bullet (válcovité) kamery. Vznikl tedy na základě kompromisu mezi provedením Bullet a Dome. Výhodou oproti provedení Dome je jednodušší instalace a natáčení objektivu. Nevýhodou tohoto typu oproti provedení Bullet je menší přísvit a absence krytu proti slunečnímu svitu. (Adámek a kol., 2022)

Dle typu senzoru:

- **senzor CMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor)**
- **senzor CCD (Charge Coupled Device).**

Rozdíl mezi oběma typy senzorů je v odlišnosti technologických postupů výroby a metodách sběru informací z jednotlivých pixelů (Adámek a kol., 2022).

Dle typu snímání:

- **Kamery černobílé**
- **Kamery barevné**

Dle doby provozu:

- **Jednoduché kamery** – působí v denním světle, kdy je monitorovaný prostor osvětlen.
- **Kamery s nočním viděním** – fungují ve dne i v noci, zohledňují tedy podmínky osvětlení prostoru. (Elharrouss a kol., 2021)

Dle typu použití:

- **Kamery pro vnitřní použití**
- **Kamery pro vnější použití**

Každému typu odpovídá patřičný stupeň krytí, díky kterému je zajištěna ochrana zařízení v různých prostředích.

Dle typu objektivu:

Objektiv představuje první prvek v zobrazovacím řetězci. Objektiv zaostřuje světlo nebo infračervenou energii na obrazový snímač. Úlohou tohoto prvku je poskytovat nezkreslený, rovnoměrně zaostřený a přesný obraz obrazovému snímači. Objektivy jsou k dispozici ve třech základní typech (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013):

- **Fixní objektivy** – jsou konstruovány s jednou neměnnou ohniskovou vzdáleností. Tyto objektivy jsou užitečné v situacích, kdy kamery zůstává v pevné poloze.

- **Varifokální objektivy** – ohniskovou vzdálenost varifokálních čoček lze měnit v určitém rozsahu. Změnu je nutné provést ručně na kameře a musí být také upravena clona a zaostření.
- **Zoom objektivy** – jsou konstruovány tak, aby udržoval zaostření v celém rozsahu ohniskových vzdáleností. Tyto objektivy jsou často konstruovány s integrovanými motory, které umožňují změnu ohniskové vzdálenosti ze vzdáleného místa.

3.1.2 Charakteristiky kamer

Rozlišení

Termín rozlišení se používá k vyjádření úrovně podrobností zachycené pomocí senzoru nebo kamery (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013). K dispozici je vertikální a horizontální rozlišení a měří se pomocí testovacího grafu. Vertikální rozlišení je maximální počet vodorovných čar, které je kamery schopna rozlišit. Horizontální rozlišení je maximální počet svislých čar, které je kamery schopna rozlišit. (Damjanovski, 2013)

Úhel záběru

Úhel záběru představuje úhlovou míru zorného pole objektivu na úhlopříčce, která bývá vyjádřena ve stupních nebo radiánech (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013). Umístění kamery by mělo být založeno na dosažení optimálního záběru, nesmí být kompromisem pro usnadnění montáže kamery (Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2014).

Snímková frekvence

Požadovaný snímkový kmitočet má být stanoven pro každý individuální záběr kamery. Při výběru této frekvence je potřeba zohlednit několik faktorů. Mezi tyto faktory patří například: riziko v požadovaném poli záběru kamery, účel kamery, předpokládaná aktivita, zorné pole kamery. (Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2014)

3.1.3 Technologie kamer

Infračervený přísvit umožňuje kamerám zachytit a zobrazit scénu i v úplné tmě, neboť vysílá infračervené záření, které není viditelné lidským okem. Nejčastěji se používá část elektromagnetického záření o vlnových délkách od 850 nm do 940 nm, přičemž zdrojem infračerveného záření jsou infračervené diody. Jedinou nevýhodou infračerveného přísvitu je změna barev, výsledný obraz kamera prezentuje v černobílém režimu. Infračervený přísvit může být integrován přímo do kamery nebo instalován jako externí zařízení. Vestavěné přísvity nemají zpravidla tak velký dosah, externí přísvity mohou ozářit scénu až do vzdálenosti 300 m. (Adámek a kol., 2022)

Detekce pohybu může být zabudována do softwaru DVR nebo přímo do kamery. Software pro detekci pohybu analyzuje obraz snímek po snímku a když je detekována změna snímku od předešlého snímku, může kamerový systém upozornit operátora nebo spustit nahrávání DVR. Citlivost detekce

pohybu lze upravit tak, aby se snížila falešná spouštění. Sofistikovanější systémy umožňují uživateli definovat oblasti, kde lze pohyb ignorovat, jako je pohyb stropního ventilátoru nebo větev stromu pohybuující se ve větru. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013)

3.1.4 Napájení

Kamerové systémy lze napájet využitím samostatných napájecích kabelů, dnes se do popředí dostává technologie PoE (Power over Ethernet). Samostatné kamery bývají nejčastěji napájeny napětím v rozsahu od 12 V do 48 V. Napájecí zdroje mohou být umístěny v kovovém krytu s pojistnými moduly. K dispozici jsou také zdroje, které mohou být umístěny do elektroinstalačních krabic či do rozvaděčových skříní. Technologie PoE umožňuje po jediném ethernetovém kabelu přenášet data i napájení. Tento způsob napájení získává na oblíbenosti díky své flexibilitě, kdy lze zařízení instalovat kamkoliv, v blízkosti se nemusí nacházet elektrická síť. (Adámek a kol., 2022)

3.1.5 Přenosové trasy

Přenosové trasy jsou důležitou součástí kamerových systémů. Přenos silného video signálu s nízkým šumem je zásadní pro vytvoření vysoce kvalitního obrazu na monitoru. Dnes je k dispozici mnoho typů technologií přenosu videa. Vzdálenost mezi kamerou, monitorem a úložným systémem je jedním z nejdůležitějších kritérií při rozhodování, který způsob přenosu použít.

Kabelový přenos může poskytovat kvalitní obraz s menším počtem případů rušení, jelikož jsou kabely stíněné. Dnes se běžně používají optické kabely, koaxiální kabely a kroucená dvojlinka. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013) Důležitou součástí přenosových tras jsou také vodiče, které slouží pro napájení kamer a jejich ovládání, tedy pro natáčení a zaostřování.

Bezdrátový přenos videa může být výhodný díky snadné instalaci, absenci požadavků na kabeláž a zajištěné mobilitě. Bezdrátové systémy mají určité nevýhody, jako je potřeba vyhrazené frekvence pro přenos signálu a možnost rušení signálu.

V případě digitálních kamerových systémů zastávají důležitou roli i síťové prvky. Nejčastěji se jedná o switche a routery. Na rozdíl od switche, který spojuje zařízení v místní síti, router spojuje dvě sítě a přenáší data mezi nimi. (Adámek a kol., 2022)

3.1.6 Záznamová zařízení

K ukládání obrazu se u analogových kamerových systémů nejprve využíval videokazetový záznamník VCR (Video Cassete Recorder), který disponoval omezenou kapacitou záznamu. S rozvojem digitalizace se začaly využívat digitální videorekordéry DVR (Digital Video Recorder), u kterých se zvyšovala kapacita úložného prostoru. Začaly se také využívat hybridní rekordéry, které umožňují ukládat záznam z analogové kamery, tak i z digitální kamery.

DVR uchovává záznam na pevném disku. Výhodou DVR je funkce multiplexoru, která umožňuje zaznamenávat obraz ze čtyř až osmi kamer najednou. Rekordér dále disponuje možností detekce pohybu. Většina DVR disponuje síťovou kartou, která umožňuje rekordéru připojení k lokální počítačové síti a následně k internetu. (Adámek a kol., 2022)

Mnoho komponent musí být integrováno a nakonfigurováno podle dalších nastavení zařízení. Například metoda, ve které je systém kamery zachycující snímky ovlivní množství dat, které DVR potřebuje zaznamenat a uchovat. Mezi dvě důležitá nastavení patří velikost snímku/obrázku a počet snímků za sekundu. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013)

3.1.7 Zobrazovací zařízení

Funkcí zobrazovacích zařízení je zobrazit video obraz z kamer pro prohlížení. Dnes je na trhu nabízena celá řada možností, jako jsou displeje LCD a LED, různé velikosti a další funkce.

Analogový monitor CRT je starší zobrazovací technologie kamerových systémů. Vzhledem k tomu, že jsou tyto monitory objemné, již se nepoužívají v ručních zobrazovacích zařízeních a zřídka se používají v jiných konfiguracích přenosných zařízení.

LCD monitory jsou k dispozici v mnoha tvarech, velikostech a rozlišeních. Poskytují ostřejší a jasnější obraz než CRT monitory, jelikož zpracovávají signál ve vyšším rozlišení. LCD monitory jsou mnohem tenčí než CRT monitory, netrpí magnetickým rušením a poskytují flexibilnější možnosti zobrazení.

LED/OLED monitory používají OLED, které vyzařují světlo přímo bez nutnosti podsvícení. To znamená, že každou diodu lze zapínat a vypínat v závislosti na tom, co je třeba zobrazit na obrazovce monitoru. Implementace OLED má za následek lepší kontrast a také nižší spotřebu energie ve srovnání s LCD monitory.

Rozlišení displeje monitoru je vyjádřeno počtem pixelů, které lze zobrazit. Aby byla zajištěna nejvyšší kvalita obrazu, měl by být monitor schopen zobrazit alespoň tolik pixelů, kolik jsou kamery schopny zobrazit. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013)

Dnes je běžným standardem rozlišení Full HD (1920×1080 pixelů) či 4K (3840×2160 pixelů), která poskytují dostatečné rozlišení při nejobvyklejších velikostech úhlopříček.

Pro rozdělení plochy monitoru na více částí pro zobrazení několika kamerových záznamů současně lze využít děliče obrazů, které umí rozdělit zobrazovací plochu podle počtu vstupů. (Adámek a kol., 2022)

3.1.8 Příslušenství

Kamery jsou v kamerových systémech jsou připevňovány pomocí držáků a často jsou umístěny do krytů. Tyto kryty plní jak funkci estetickou, tak i funkci ochrannou (instalace kamer ve vnějším

prostředí). Ochranné kryty navržené pro venkovní prostředí jsou často vybaveny vyhříváním, ventilátorem a sluneční clonou. (Adámek a kol., 2022)

Kryty kamer nabízejí řadu funkcí určených k prodloužení životnosti a zjištění provozní efektivity kamer. K ochraně před přímým slunečním zářením lze použít sluneční clony, které snižují tepelné zatížení součástí kamery. Teplotní rozdíly mezi vnitřkem a vnějškem krytu kamery mohou způsobit zamlžování, problémy s vlhkostí a námrazu. Z tohoto důvodu bývají kryty kamer vybaveny ohřívači a ventilátory, které řeší tyto problémy. (Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic, 2013)

Kamerové držáky musí mít dostatečnou nosnost, přičemž jejich dalším úkolem je minimalizace otřesů a vibrací. Tuto minimalizaci lze zajistit pomocí robustní konstrukce. Většina držáků poskytuje také možnost skrytí kabeláže. Je nezbytné, aby držáky umožňovaly směrové nastavení kamery během instalace. Při návrhu a výrobě držáků je kladen důraz i na estetické požadavky, aby splňovaly vizuální normy. (Adámek a kol., 2022)

3.2 Právní úpravy a technické normy

V této kapitole jsou popsány právní úpravy a technické normy, které se vztahují k problematice kamerových systémů.

Zákon č. 110/2019 Sb. Zákon o zpracování osobních údajů

S účinností od 25. 8. 2018 vešlo v platnost Obecné nařízení o ochraně osobních údajů (GDPR – General Data Protection Regulation). Předchozí zákon č. 101/2000 Sb. Zákon o ochraně osobních údajů byl 24. 4. 2019 zrušen a nahrazen Zákonem č. 110/2019 Sb. Zákon o zpracování osobních údajů. Dle současné platné legislativy není vyžadováno registrovat kamerový systém u Úřadu pro ochranu osobních údajů (ÚOOÚ). Provozovatel kamerového systému má povinnost vést záznamy o činnostech zpracování. (Adámek a kol., 2022)

Norma ČSN EN 62676-4

Důležitým dokumentem pro stanovení provozních požadavků a tvorbu zadávacích podmínek je norma ČSN EN 62676-4. Celý název této normy je Dohledové videosystémy pro použití v bezpečnostních aplikacích – Část 4: Pokyny pro aplikace. Jedná se o českou verzi evropské normy EN 62676-4:2015, která s účinností od 13. 4. 2018 nahradila normu ČSN EN 50132-7 ed. 2 (33 4592) z dubna 2013.

Účelem této části je poskytnutí návodu pro zajištění funkčních a výkonnostních požadavků pro dohledové videosystémy. (Úřad pro technickou normalizace, metrologii a státní zkušebnictví, 2014)

4 ROZHODOVÁNÍ

Rozhodování představuje proces volby mezi několika variantami řešení daného problému. Člověk jako rozhodovatel musí řešit celou řadu problémů tím, že se snaží vybrat tu variantu, která nejlépe odpovídá jeho potřebám a preferencím. Měl by se tedy rozhodovat racionálně a vždy maximalizovat svůj užitek ze zvolené varianty. (Fiala, 2013)

4.1 Rozhodovací proces

Rozhodovací procesy obvykle představují procesy řešení problémů, kde existuje více než jedna možnost řešení.

V rozhodovacích procesech představuje informace o stavu světa a následcích různých variant klíčové kritérium. Tato informace může být buď úplná (deterministická), což znamená, že jsou stavy světa a hodnoty kritérií pro jednotlivé varianty jednoznačné, nebo neúplná – náhodná (stochastická). (Ramík, 1999)

Rozhodování při jistotě znamená, že výběr varianty přinese s jistotou určitý důsledek. Pokud není známá pravděpodobnost výskytu jednotlivých stavů světa, jde o rozhodování při neurčitosti. V případě, kdy není známá informace o pravděpodobnostním rozložení výskytu jednotlivých stavů světa, jde o rozhodování při riziku. (Fiala, 2013)

Mezi jednotlivé prvky vícekritériálního rozhodovacího procesu patří (Ramík, 1999):

- Cíl rozhodování
- Subjekt a objekt rozhodování
- Kritéria (vlastnosti, charakteristiky, atributy, hlediska)
- Varianty (možnosti, prvky)
- Stavy světa (scénáře rozhodování)

Cíl rozhodování je určitý budoucí stav systému (okolí rozhodovatele), který vyplývá z nutnosti uspokojit potřeby a plnit jisté funkce. Cíle se má dosáhnout tím, že se provede realizace jedné z variant rozhodování.

Jako subjekt rozhodování lze označit jednotlivce nebo skupinu, která rozhoduje. Objekt představuje oblast nebo systém, v němž je formulován rozhodovací problém, cíl, kritéria a varianty rozhodování.

Kritérium je určité hodnotící hledisko, která bereme v úvahu při rozhodování. Základem pro stanovení souboru kritérií je množina dílčích cílů při řešení rozhodovacího problému. Některé z těchto cílů nejsou převedeny na kritéria, ale slouží jako omezující podmínky, které pomáhají zúžit soubor možných rozhodovacích variant.

Variantami mohou být nejrůznější prvky, které je smysluplné vzájemně porovnávat nebo které jsou vhodné pro výběr v daném rozhodovacím procesu.

Stavy světa jsou považovány za vzájemně se vylučující stavy okolí rozhodovacího systému, které jsou mimo kontrolu rozhodovacího subjektu. (Ramík, 1999)

Existuje několik metod a technik, které mohou být využity při procesu rozhodování. V následující části budou popsány dvě z těchto metod, konkrétně Fullerova a Saatyho metoda.

4.2 Fullerova metoda (Fullerův trojúhelník)

Kritéria jsou pevně očíslována pořadovými čísly 1, 2, ..., m. Rozhodovateli je předloženo trojúhelníkové schéma, jehož dvojřádky tvoří dvojice pořadových čísel uspořádaných tak, že se každá dvojice kritérií vyskytuje právě jednou. Rozhodovatel má za úkol označit kritérium v každé dvojici, které považuje za důležitější. Počet zakroužkování i-tého kritéria je označen jako n_i . Váha i-tého kritéria se vypočítá následujícího vzorce (4). (Fiala, 2013)

$$v_i = \frac{n_i}{N} \quad \text{kde} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

Mezi výhody této metody lze zařadit jednoduchost vyžadované informace od rozhodovatele a také to, že tato metoda nepožaduje nutně tranzitivnost preferencí rozhodovatele. Po úpravách je možné zohlednit situace, kdy některá kritéria jsou stejně důležitá nebo jsou nesrovnatelná. Pokud chceme zabránit nulovým vahám, zvyšuje se v případě potřeby každý počet zakroužkovaných čísel o jedničku a musí se hodnota jmenovatele ve vzorci upravit odpovídajícím způsobem. Způsob vyloučení nulových vah a nevyžadování tranzitivnosti však může způsobit zkreslení odhadu vah. (Fiala, 2013)

4.3 Saatyho metoda

Tato metoda patří mezi nejčastěji používané metody a je používána v postupu AHP. Jedná se o metodu kvantitativního párového srovnání kritérií. Při vytváření párových srovnání $S = (s_{ij})$, $i, j = 1, 2, 3, \dots, m$, je často využívána stupnice 1, 2, 3..., 9 a reciproké hodnoty. Jednotlivé prvky matice s_{ij} jsou interpretovány jako odhady podílů vah i-tého a j-tého kritéria, počítá se dle viz rovnice (5).

$$s_{ij} \cong \frac{v_i}{v_j}, \quad \text{kde} \quad i, j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Pro prvky matice S platí (6), (7):

$$s_{ij} = 1 \quad \text{kde} \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (6)$$

$$s_{ji} = 1/s_{ij} \quad \text{kde} \quad i, j = 1, 2, \dots, m. \quad (7)$$

Rozsah této stupnice je zvolen kvůli okolnosti, že všechny prvky by měly být stejného řádu, zároveň existuje i odpovídající verbální stupnice:

1 – rovnocenná kritéria i a j,

- 3 – slabě preferované kritérium i před j,
- 5 – silně preferované kritérium i před j,
- 7 – velmi silně preferované kritérium i před j,
- 9 – absolutně preferované kritérium i před j,

Hodnoty 2, 4, 6, 8 vyjadřují mezistupně. (Fiala, 2013) Saatyho metoda konstrukce vah uvažovaných kritérií spočívá ve výpočtu vlastního vektoru, který odpovídá největšímu vlastnímu číslu matice párových porovnání S . Řešením soustavy m rovnic o m neznámých $x = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ vyjádřené ve vektorovém tvaru (Ramík, 1999):

$$(S - \lambda_{max}I)x = 0, \quad (8)$$

Kde λ_{max} je maximální vlastní číslo matice S a I je jednotková matice, získáme vlastní vektor a z něho poté stanovíme hledané váhy tímto způsobem (Ramík, 1999):

$$v_i = \frac{x_i}{\|x\|}, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (9)$$

Symbol $\|x\|$ označuje velikost vektoru x , tj. (Ramík, 1999):

$$\|x\| = \left(\sum_{i=1}^m x_i^2\right)^{1/2}. \quad (10)$$

Vzhledem k tomu, že číselné hodnoty jsou odvozeny ze subjektivních preferencí jednotlivců, nelze se vyhnout některým nesrovnalostem v konečné matici. Za tímto účelem AHP počítá poměr konzistence (CR) porovnávací index konzistence (CI) dané matice s indexem konzistence matice náhodného typu (RI).

V AHP je konzistentnost definována jako CR, kde (Mu, Pereyra-Rojas, 2017):

$$CR = CI/RI \quad (11)$$

Poměr konzistence (CR) 0,10 nebo méně je přijatelný pro pokračování analýza AHP. Pokud je poměr konzistence větší než 0,10, je nutné revidovat preference, aby se zajistila příčina nekonzistence a napravila se.

Hodnoty pro index konzistence matice náhodného typu (RI) jsou uvedeny v Tabulka 1: Indexy konzistence pro náhodně generovanou matici. (Mu, Pereyra-Rojas, 2017)

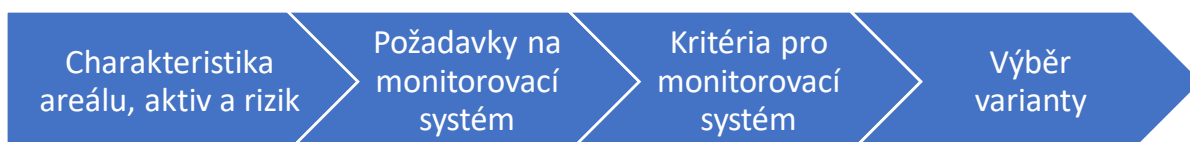
Tabulka 1: Indexy konzistence pro náhodně generovanou matici

n	3	4	5	6
RI	0.58	0.9	1.12	1.24

Zdroj: Mu, Pereyra-Rojas

5 VÝBĚR KAMEROVÉHO SYSTÉMU PRO AREÁL ZÁCHRANNÉ STANICE

V následujících kapitolách je detailně popsán návrh systému a postup výběru kamerového systému, který se skládá z několika kroků. V prvním kroku je popsána charakteristika areálu, aktiv a rizik, včetně provedení kvantitativní analýzy rizik. Poté jsou stanoveny požadavky na monitorovací systém a kritéria pro hodnocení variant. V posledním kroku je proveden výběr optimální varianty. Tento postup ilustruje Obrázek 1.



Obrázek 1: Postup zpracování práce

Zdroj: vlastní zpracování

5.1 Charakteristika areálu, aktiv a hrozeb

Popis areálu

Zájemový objekt se nachází v odlehle části města Praha, respektive na okraji obytné části. Tento objekt je zabezpečen technickou ochranou, kterou představuje brána a oplocení areálu. Přístup do areálu je zajištěn z místní komunikace uzamykatelnou branou, kterou se vjíždí na vnitřní komunikaci areálu, která prochází středem zájemového objektu. Po obou stranách vnitřní komunikace jsou rozmístěny stavební buňky, které slouží jako kanceláře, sklady materiálu a sociální zařízení. Popis tohoto areálu vychází z mé místní znalosti.

V Obrázek 2 je žlutou barvou zakresleno umístění stavebních buněk a bílou barvou ohraničení areálu. Stavební buňky jsou rozdělené do tří hlavních skupin. Buňky označené čísly 1 až 8 představují kancelářské prostory, buňky označené čísly 9 až 13 slouží jako skladové prostory a buňka označená číslem 14 je vyhrazena jako sociální zařízení pro pracovníky.

Záznamové zařízení kamerového systému bude umístěno v kancelářské buňce číslo 3. Tato kancelářská buňka je současně vybavena EZS (elektronická zabezpečovací signalizace).



Obrázek 2: Umístění stavebních buněk v areálu

Zdroj: Mapy.cz

Popis aktiv

Movité majetek zájmového objektu tvoří:

- Kancelářské buňky a jejich vybavení
- Buňky sociálního zařízení a jejich příslušenství
- Skladové kontejnery a jejich příslušenství

Celková cena aktiv v zájmovém areálu je 2 840 000 Kč. Tato částka zahrnuje hodnotu stavebních buněk a vybavení, které se v nich nachází.

Popis rizik

Za hlavní rizika byla vybrána rizika odcizením a poškozením aktiv. Odcizení a poškození aktiv na staveništi může mít závažné následky, které mohou zasahovat do plynulého průběhu stavebních prací.

V případě odcizení materiálů, nástrojů nebo technického vybavení dojde k značné finanční škodě. V případě poškození aktiv, zejména způsobeného vandalismem, může poškozené vybavení vyžadovat opravy nebo dokonce náhradu, což znamená nárůst finančních nákladů.

Analýza rizik

Analýza rizik byla provedena v souladu s kapitolou 1.2, která detailně popisuje tento proces. V analýze rizik byla pro zadaná aktiva, hrozby rizikem zcizením a poškozením a pro roční očekávaný výskyt rizik stanovena hodnota bezpečnostního mechanismu zajištění areálu.

Za účelem získání relevantních dat byla využita statistika majetkové kriminality zveřejněná Českým statistickým úřadem, která se zaměřuje na události v Praze za rok 2021. Celkový počet majetkové trestné činnosti byl 23 596 případů (Český statistický úřad, 2022). Roční očekávaný výskyt vybraných rizik byl stanoven tak, že počet případů majetkové trestné činnosti v Praze za rok 2021 byl vydělen počtem staveb na území Prahy, což činí 106 154 staveb (Český statistický úřad, 2021). Roční očekávaný výskyt stanovený tímto způsobem je 0,22.

Kvantitativní analýza rizik je uvedena v Příloha 1. Hodnota bezpečnostního mechanismu byla vyčíslena na 92 475, 61 Kč za jeden rok. Uvažovaná doba instalace bezpečnostního mechanismu je 2 roky, tudíž hodnota bezpečnostního mechanismu pro tento případ je 184 951, 23 Kč.

5.2 Požadavky na monitorovací systém

Kromě zabezpečení zařízení staveniště a ochrany aktiv před potenciálními hrozbami, jako jsou riziko poškození a odcizení, má monitorovací systém také sloužit pro sledování vstupní brány do areálu. Je nezbytné, aby monitorovací systém odpovídal specifickým požadavkům zadavatele a charakteru prostředí staveniště.

Zadavatel stanovil specifické požadavky na monitorovací systém, které zahrnují minimální počet kamer, funkci nočního vidění a další parametry. Detailní popis těchto požadavků bude prezentován v následujících kapitolách.

5.3 Studie proveditelnosti

Studie proveditelnosti se provádí s cílem zjistit, zda je praktičnost navrhovaného projektu nebo systému proveditelná nebo ne. Samotnou studii lze rozdělit do následujících 5 typů (Castle, 2019):

Právní proveditelnost

Všechny osoby, které se pohybují po staveništi, budou informovány o přítomnosti kamerového systému. Dále bude umístěno oznámení u vstupní brány, které bude informovat, že je prostor monitorován kamerovým systémem. Právní úpravy pro kamerové systémy jsou popsány v kapitole 2.3.

Ekonomická proveditelnost

Hlavním cílem je minimalizace nákladů na systém, aby byla zachována jeho efektivnost v ochraně majetku. Pro dosažení tohoto cíle byla provedena kvantitativní analýza rizik, viz Příloha 1, na základě které byla určena hodnota kamerového systému, tedy cena, za kterou se vyplatí investovat do jeho instalace a provozu.

Technická proveditelnost

Pro dosažení technické proveditelnosti bude montáž a zprovoznění kamerového systému provedeno dodavateli. Dodavatel kamerového systému bude odpovědný za správnou instalaci, propojení, nastavení parametrů a ověření správného fungování celého systému. Zároveň jsou dodavatelem stanoveny záruční lhůty a zajištění použití pouze standardizovaných zařízení.

Operační proveditelnost

V případě operační proveditelnosti je třeba zdůraznit, že náklady spojené s provozem systému budou zahrnovat údržbu a servis. Údržba a servis budou prováděny dodavatelem systému na základě uzavřené servisní smlouvy.

Časová proveditelnost

Z hlediska časové proveditelnosti je klíčové, aby byl kamerový systém instalován synchronizovaně s přítomností aktiv v chráněném areálu, aby se zamezilo riziku krádeží a dalších bezpečnostních incidentů. Proto je nezbytné, aby byly všechny fáze instalace kamerového systému plánovány a prováděny ve stanoveném termínu. To zahrnuje přípravu infrastruktury, nákup a instalaci kamer, propojení a testování funkčnosti celého systému.

6 KRITÉRIA PRO KAMEROVÝ SYSTÉM

Pro výběr kamerového systému byla stanovena povinná kritéria, která musí systém splňovat, aby efektivně sloužil potřebě zabezpečení areálu staveniště. Při stanovení těchto kritérií jsem vycházel z požadavků zadavatele, normy ČSN EN 62676-4 a z místní znalosti místa. Kritéria pro výběr kamerového systému a jejich důležitost byla stanovena ve spolupráci s odpovědnou osobou z řad dodavatele. Kritéria jsou rozdělena na kritéria technická a kritéria obchodní.

6.1 Požadavky zadavatele

Zadavatel stanovil následující požadavky na monitorovací systém. Mezi požadavky patří minimálně tři kamery, aby bylo možné pokrýt relevantní oblast areálu. Dále je vyžadována funkce nočního vidění, což umožňuje monitorování i za snížené viditelnosti. Dalším požadavkem je schopnost ukládat záznam na záznamové zařízení za účelem poskytnout klíčové informace pro identifikaci případných pachatelů.

Zadavatel nespécifikoval přesnou cenovou částku při formulaci požadavků na monitorovací systém. Místo toho zdůraznil potřebu najít řešení, které bude nejen nejefektivnější, ale zároveň ekonomicky nejvýhodnější variantou.

6.2 Dodatečné požadavky

Další požadavky na kamerový systém byly stanoveny s využitím normy ČSN EN 62676-4 a místní znalosti.

Mezi dodatečné požadavky byl na základě umístění kamer a místní znalosti místa zařazen minimální dosvit IR kamery na 30 metrů. Na základě umístění kamer byl jako další důležitý požadavek určen zorný úhel kamer. Pro zajištění komplexního pokrytí staveniště byl stanoven požadavek na minimálně 100 stupňů. Dle výskytu trestní činnosti v uvažované lokalitě v kapitole 5.1 byla stanovena úroveň rizika na střední hodnotu. Pro tuto úroveň rizika byla stanovena minimální snímková frekvence kamery s využitím normy ČSN EN 62676-4 na 2 FPS.

6.3 Souhrn kritérií

Pro poptávku a vyhodnocení nabídek monitorovacího systému byla vybrána následující technická a obchodní kritéria, která zohledňují požadavky zadavatele.

6.3.1 Omezující kritéria

Mezi omezující technická kritéria, která jsou klíčová pro předvýběr variant monitorovacího systému, patří:

- Minimální počet 3 kamery – pro pokrytí chráněné oblasti areálu

- Funkce nočního vidění s dosvitem minimálně 30 metrů – pro monitorování za snížené viditelnosti
- Ukládání záznamu na záznamové zařízení – pro zpětné prohlížení záznamů
- Zorný úhel kamery minimálně 100° - pro zajištění co největšího pokrytí oblasti a pro vzájemné pokrytí kamer
- Snímková frekvence minimálně 2 FPS – stanoveno dle normy ČSN EN 62676-4

6.3.2 Technická kritéria

Mezi technická kritéria, která byla zvolena pro porovnání nabídek monitorovacího systému, patří:

- Rozlišení – maximalizační kritérium
- Noční vidění – maximalizační kritérium
- Zorný úhel kamery – maximalizační kritérium
- Snímková frekvence kamery – maximalizační kritérium
- Délka ukládání záznamu – maximalizační kritérium

Tato kritéria představují základní požadavky na monitorovací systém. Všechny monitorovací systémy by tedy měly splňovat tato kritéria, aby mohly být zahrnuty do rozhodování.

6.3.3 Obchodní kritéria

Obchodní kritéria, která byla zvolena pro porovnání jednotlivých nabídek monitorovacího systému, jsou následující:

- Cena – minimalizační kritérium
- Záruka – maximalizační kritérium
- Termín realizace – minimalizační kritérium
- Záloha – minimalizační kritérium
- Penále z prodlení – maximalizační kritérium
- Reference – maximalizační kritérium

6.4 Důležitost kritérií

Při výběru budou technická a obchodní kritéria porovnávána v pořadí, které je uvedeno v následujících podkapitolách, a to podle jejich důležitosti, které bylo konzultováno se zadavatelem.

6.4.1 Důležitost technických kritérií

Pořadí technických kritérií pro vyhodnocení nabídek podle důležitosti je následující:

K1 – Rozlišení – maximalizační kritérium

K2 – Zorný úhel kamery – maximalizační kritérium

K3 – Noční vidění – maximalizační kritérium

K4 – Snímková frekvence kamery – maximalizační kritérium

K5 – Délka ukládání záznamu – maximalizační kritérium

6.4.2 Důležitost obchodních kritérií

Pořadí obchodních kritérií pro vyhodnocení nabídek podle důležitosti je následující:

K6 – Cena – minimalizační kritérium

K7 – Záruka – maximalizační kritérium

K8 – Záloha – minimalizační kritérium

K9 – Termín realizace – minimalizační kritérium

K10 – Penále z prodlení – maximalizační kritérium

K11 – Reference – maximalizační kritérium

7 VARIANTY A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ Z NICH

Za účelem získání nabídek na dodání a instalaci kamerového systému bylo osloveno celkem 10 dodavatelů. Z těchto dodavatelů však pouze 7 dodavatelů zaslalo své nabídky. Při analýze těchto nabídek bylo zjištěno, že 2 z nich nesplňovaly stanovená omezující kritéria, která byla klíčová pro účast ve výběru dodavatele.

Zbývajících 5 nabídek, které splňovaly všechna omezující kritéria, byly zahrnuty do dalšího procesu výběru optimální varianty kamerového systému.

Varianty a jejich hodnoty pro technická kritéria

Níže uvedená Tabulka 2 uvádí jednotlivé varianty a jejich příslušné hodnoty pro každé technické kritérium.

Tabulka 2: Varianty a jejich hodnoty pro technická kritéria

	Rozlišení (Mpix)	Zorný úhel (stupně)	Noční vidění (m)	Snímková frekvence (fps)	Délka ukládání záznamu (dny)
Varianta1	4	100	60	20	27,78
Varianta2	4	180	30	24	166,68
Varianta3	4	100	40	20	166,68
Varianta4	4	100	40	25	111,12
Varianta5	5	104	30	20	20,83

Zdroj: vlastní zpracování

Varianty a jejich hodnoty pro obchodní kritéria

Níže uvedená Tabulka 3 obsahuje jednotlivé varianty a jejich hodnoty pro každé obchodní kritérium.

Tabulka 3: Varianty a jejich hodnoty pro technická kritéria

	Cena (Kč)	Záruka (měsíce)	Záloha (% z celko	Termín realizace	Penále z prodlení (za den, z celkové částky)	Reference
Varianta1	57 869,00 Kč	36 měsíců	žádná	3 týdny	0,50%	12
Varianta2	65 787,00 Kč	24 měsíců	50%	4 týdny	0,05%	8
Varianta3	63 450,00 Kč	24 měsíců	žádná	4 týdny	0%	5
Varianta4	48 463,00 Kč	24 měsíců	50%	3 týdny	0%	2
Varianta5	53 857,00 Kč	36 měsíců	žádná	3 týdny	0%	2

Zdroj: vlastní zpracování

Pro výběr optimální varianty kamerového systému bude využito vícekritériálních rozhodovacích metod Fullera a Saatyho. Obě tyto metody budou aplikovány jak na kritéria technického charakteru, tak i na obchodní kritéria.

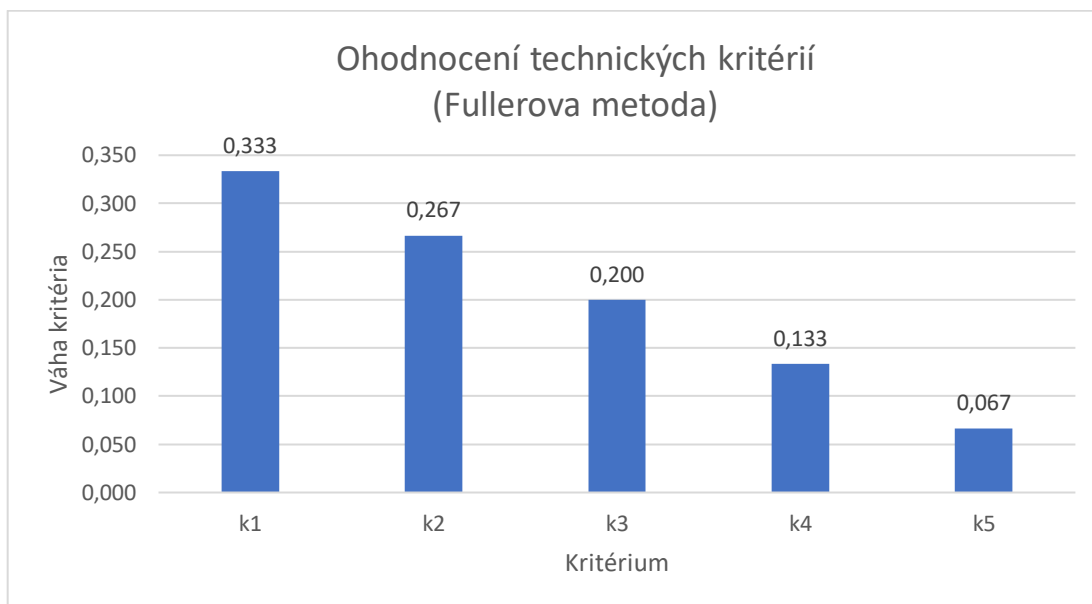
Výpočty byly provedeny v nástroji Microsoft Excel. Pro ověření konzistence tabulky u Saatyho metody byl využit software Matlab.

7.1 Porovnání variant na základě technických kritérií

Tato kapitola popisuje aplikaci Fullerovy a Saatyho metody pro technická kritéria při výběru kamerového systému.

Fullerova metoda (Fullerův trojúhelník)

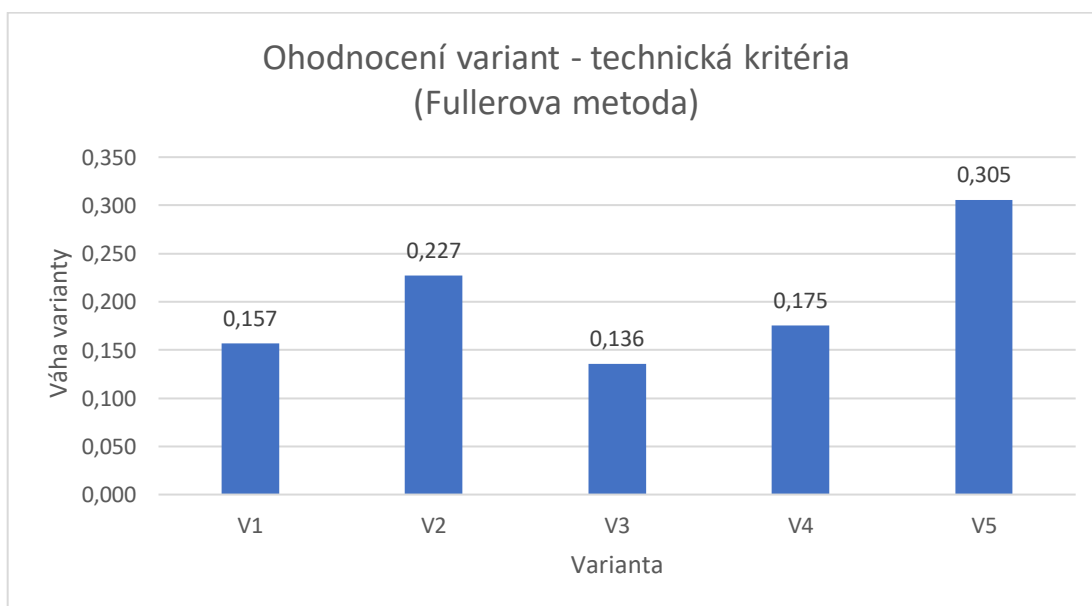
Pro aplikaci Fullerovy metody bylo nejdříve nutné vypočítat váhy jednotlivých kritérií za použití vzorce (4). Kritéria byla uspořádána podle jejich významu při celkovém hodnocení. Váhy kritérií jsou uvedeny v Obrázek 3.



Obrázek 3: Ohodnocení technických kritérií (Fullerova metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

V dalším kroku byly vypočítány váhy variant pro jednotlivá kritéria na základě jejich hodnot pro dané kritérium viz vzorec (4). Pro výpočet konečného ohodnocení bylo zapotřebí vynásobit váhu kritéria (Obrázek 3: Ohodnocení technických kritérií (Fullerova metoda)) s váhou variant pro jednotlivá kritéria. Konečného ohodnocení bylo dosaženo součtem hodnot všech kritérií pro jednotlivé varianty. Konečné ohodnocení variant je patrné z Obrázek 4.

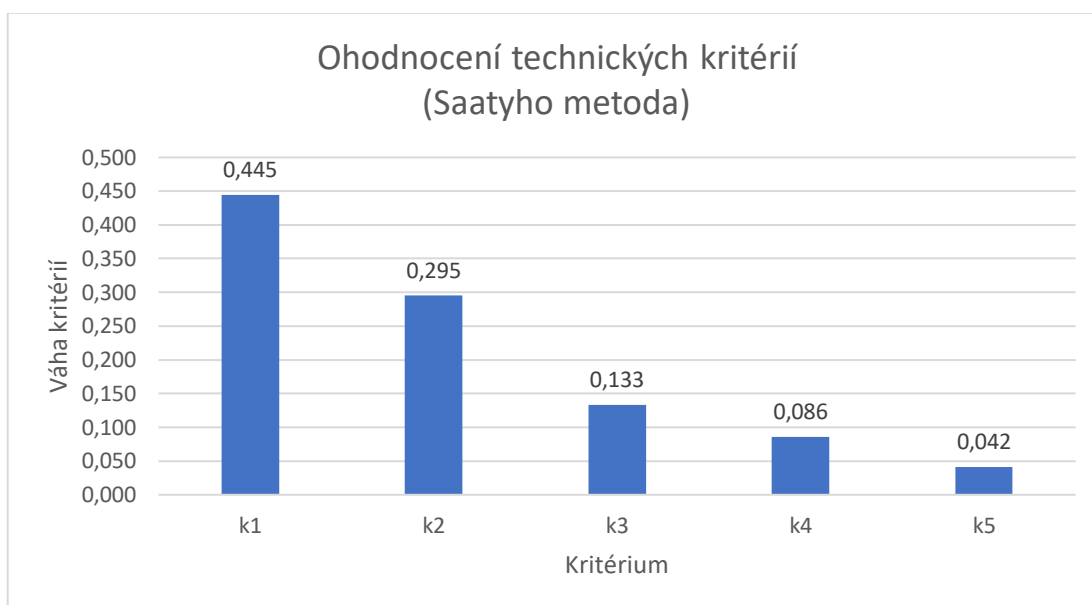


Obrázek 4: Ohodnocení variant – technická kritéria (Fullerova metoda)

Z Obrázek 4 je patrné, že nejlepší ohodnocení mezi variantami dosáhla varianta V5, následuje varianta V2, V4, V1 a poslední varianta V3. Varianta V5 disponuje nejvyšším rozlišením ze všech porovnávaných variant. Váha tohoto kritéria v rámci celkového hodnocení byla tak vysoká, že rozhodla o převaze této varianty nad ostatními. Veškeré výpočty jsou uvedeny viz Příloha 2.

Saatyho metoda

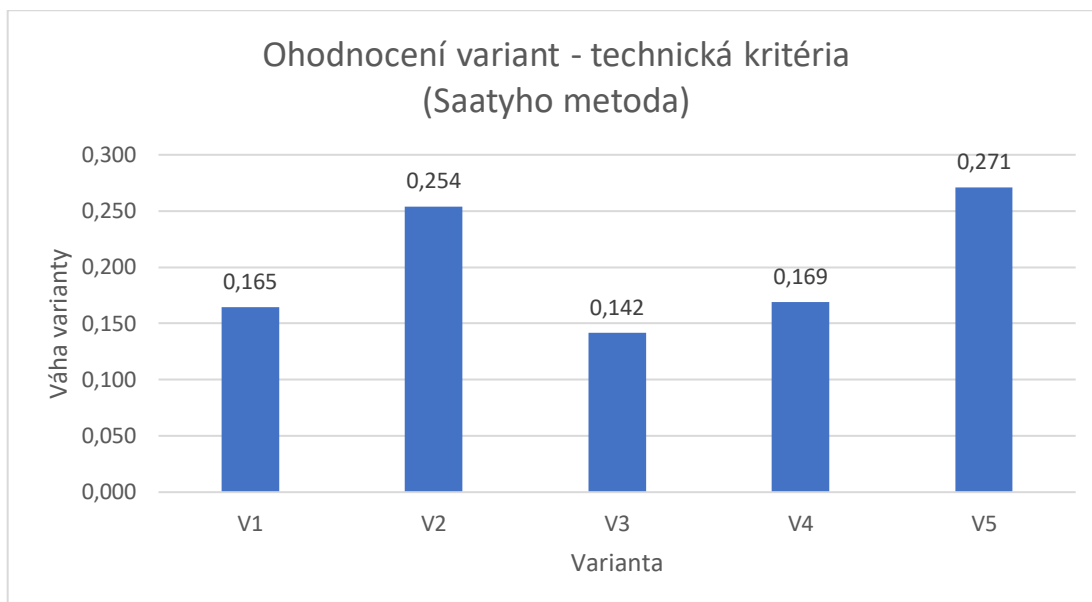
Tato metoda disponuje na rozdíl od Fullerovy metody možností lépe ohodnotit významnost jednotlivých kritérií s využitím stupnice a přidělením hodnot na škále 1 až 9. Každému kritériu byla přidělena hodnota z této škály dle jejich významu. Hodnoty vah pro jednotlivá kritéria byly získány odhadem podílů vah kritérií, viz rovnice (5). Váhy jednotlivých kritérií lze vidět v Obrázek 5.



Obrázek 5: Ohodnocení technických kritérií (Saatyho metoda)

V dalším kroku bylo provedeno ohodnocení variant pro jednotlivá kritéria. Každé variantě byla v rámci jednoho kritéria přidělena hodnota ze stupnice 1 až 9 dle jejich hodnoty pro dané kritérium. Ohodnocení variant pro jednotlivá kritéria bylo získáno odhadem podílů vah variant pro dané kritérium viz vzorec (5).

Při použití Saatyho metody je důležitým krokem využití parametru konzistence (CR), který slouží k zajištění správnosti vytvoření matice. K tomuto účelu byl využit software Matlab s funkcí eigen. Pro výpočet parametru konzistence (CR) byl využit vzorec (10). Hodnota CR žádné z vytvořených matic nepřekročila hodnotu 0,1, což znamená, že jsou všechny matice konzistentní.



Obrázek 6: Ohodnocení variant – technická kritéria (Saatyho metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

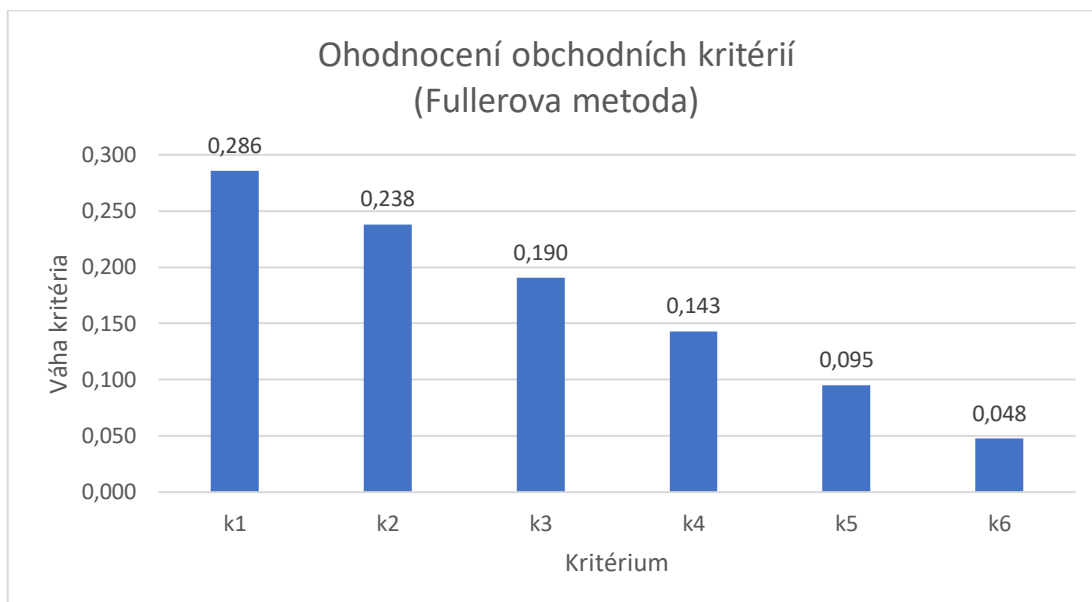
Výsledek Saatyho metody pro technická kritéria je uveden v Obrázek 6. Nejlépe byla ohodnocena varianta V5, následuje varianta V2, V4, V1 a nakonec varianta V3. Veškeré výpočty pro Saatyho metodu jsou uvedeny viz Příloha 3.

7.2 Porovnání variant na základě obchodních kritérií

V této kapitole je popsána aplikace Fullerovy a Saatyho metody pro obchodní kritéria při výběru kamerového systému.

Fullerova metoda (Fullerův trojúhelník)

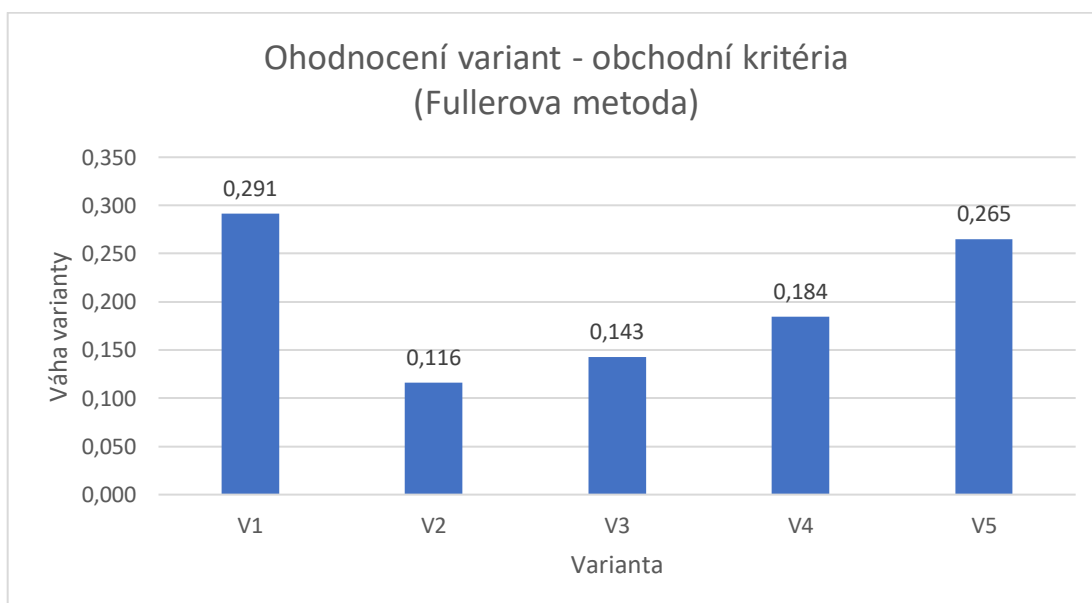
Při aplikaci Fullerovy metody pro porovnání obchodní kritérií jednotlivých variant byl použit stejný postup jako při porovnání technických kritérií, viz kapitola 7.1 Váhy jednotlivých kritérií lze vidět v Obrázek 7.



Obrázek 7: Ohodnocení obchodních kritérií (Fullerova metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

Konečné ohodnocení variant je uvedeno v Obrázek 8.



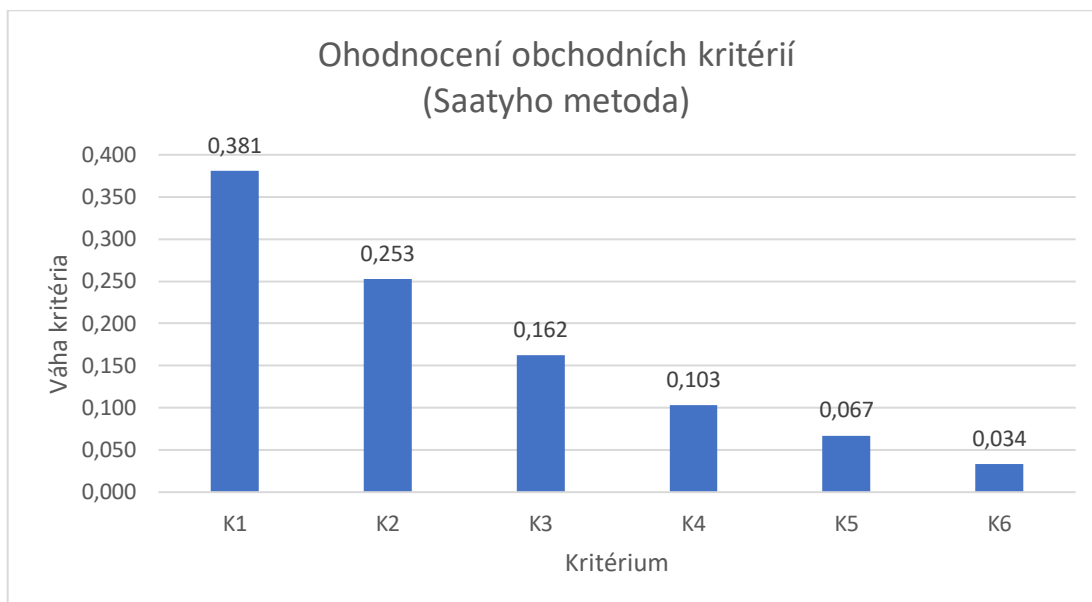
Obrázek 8: Ohodnocení variant – obchodní kritéria (Fullerova metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

Z Obrázek 8 je patrné, že nejlépe hodnocenou variantou je varianta číslo 1, kterou následují varianty V5, V4, V3 a poslední varianta V2. Výpočty pro Saatyho metodu jsou uvedeny viz Příloha 4.

Saatyho metoda

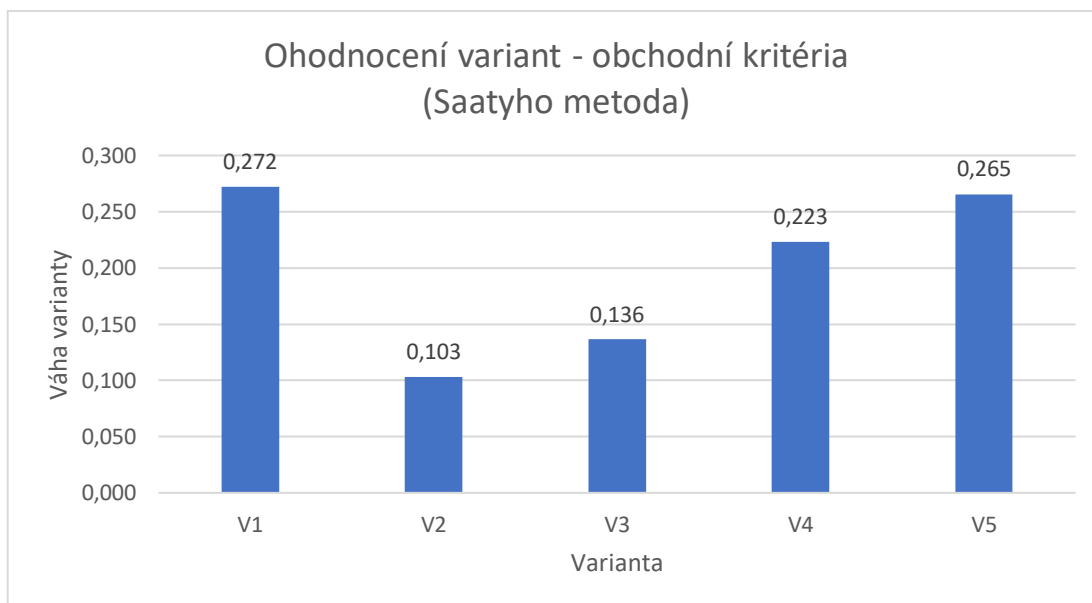
Při aplikaci Saatyho metody pro porovnání obchodní kritérií jednotlivých variant byl použit stejný postup jako při porovnání technických kritérií, viz kapitola 7.1. Váhy jednotlivých kritérií lze vidět v Obrázek 9.



Obrázek 9: Ohodnocení obchodních kritérií (Saatyho metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

V rámci Saatyho metody pro obchodní kritéria bylo zapotřebí využít parametru konzistence (CR). U žádné ze sestavených matic parametr konzistence nepřesáhnul hodnotu 0,1, matice jsou tedy konzistentní. Konečné ohodnocení variant je uvedeno v Obrázek 10.



Obrázek 10: Ohodnocení variant – obchodní kritéria (Saatyho metoda)

Zdroj: vlastní zpracování

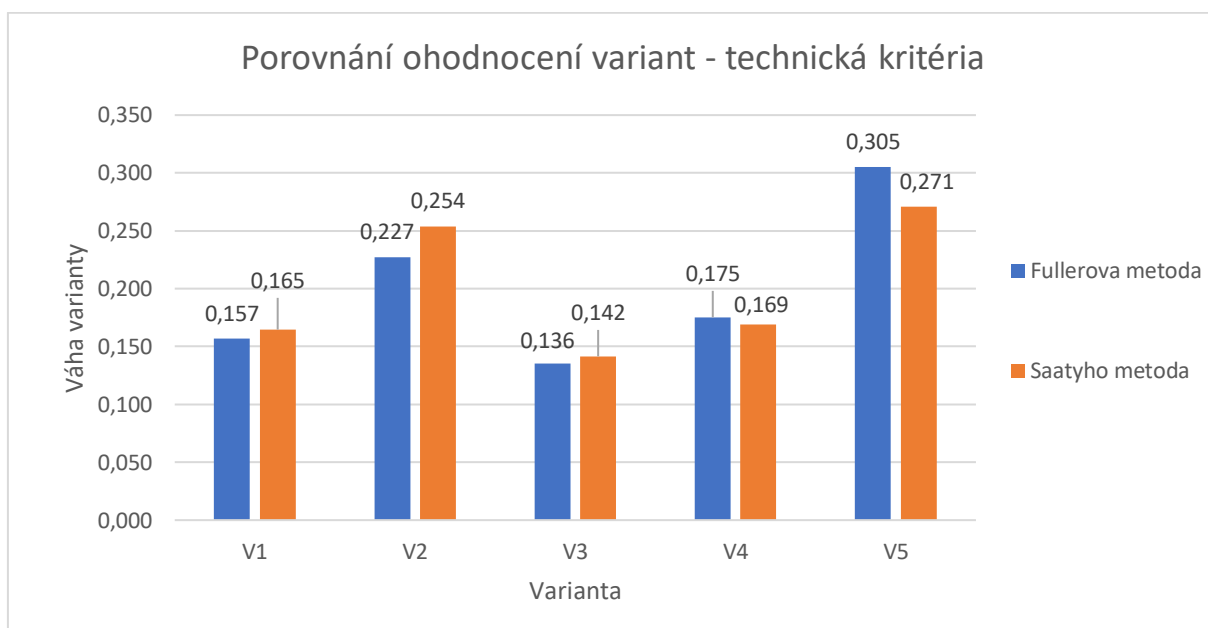
Z Obrázek 10 je patrné, že nejlépe byla ohodnocena varianta V1, za ní následují varianty V5, V4, V3, a nakonec varianta V2. Výpočty pro Saatyho metodu jsou uvedeny viz Příloha 5.

7.3 Porovnání ohodnocení variant

Tato kapitola je věnována porovnání výsledků hodnocení variant za využití Fullerovy a Saatyho metody.

Technická kritéria

V níže uvedeném Obrázek 11 je uvedeno porovnání ohodnocení variant Fullerovou a Saatyho metodou pro technická kritéria.



Obrázek 11: Porovnání ohodnocení variant – technická kritéria

Zdroj: vlastní zpracování

U všech variant vychází ohodnocení Fullerovou a Saatyho metodou ve shodném pořadí. Výsledné pořadí variant je uvedeno v Tabulka 4.

Tabulka 4: Výsledné pořadí – technická kritéria

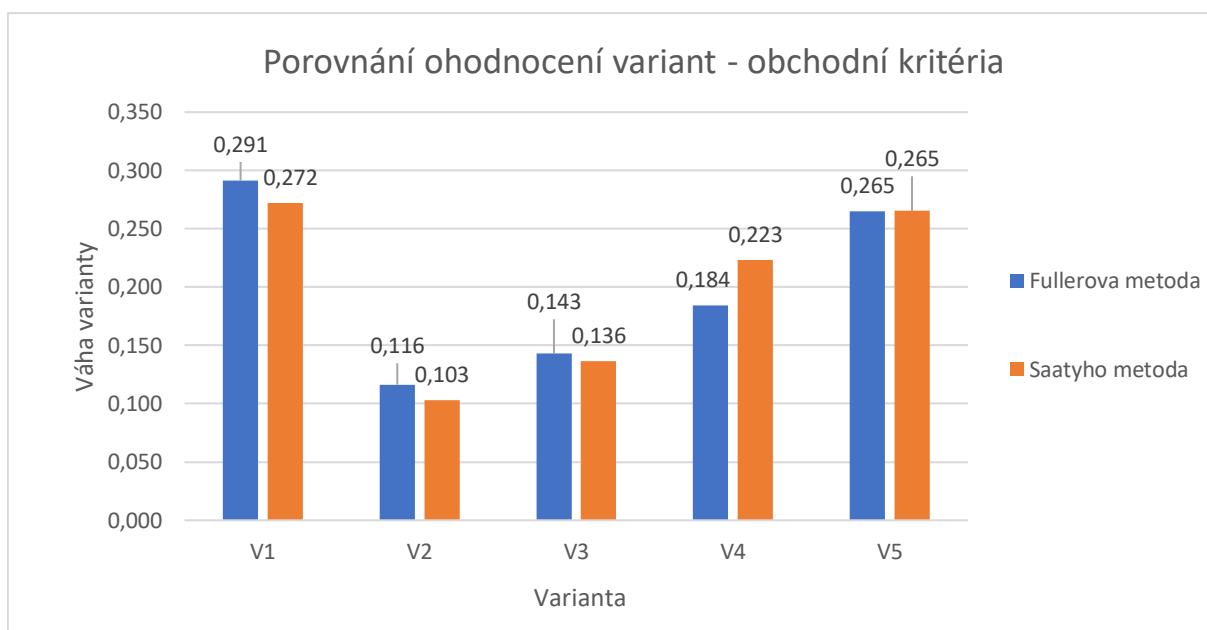
Výsledné pořadí	Fullerova metoda	Saatyho metoda
1.	V5	V5
2.	V2	V2
3.	V4	V4
4.	V1	V1
5.	V3	V3

Zdroj: vlastní zpracování

Z Tabulka 4 vychází jako nejlépe ohodnocená varianta číslo 5. Důvodem bylo vysoké rozlišení kamerového systému této varianty, které mělo u obou metod nejvyšší váhu.

Obchodní kritéria

V Obrázek 12 je uvedeno porovnání ohodnocení variant Fullerovou a Saatyho metodou pro obchodní kritéria.



Obrázek 12: Porovnání ohodnocení variant – obchodní kritéria

Zdroj: vlastní zpracování

I v případě porovnání obchodních kritérií vychází výsledné pořadí variant shodně pro Fullerovu a Saatyho metodu. Výsledné pořadí variant je uvedeno v Tabulka 5.

Tabulka 5: Výsledné pořadí – obchodní kritéria

Výsledné pořadí	Fullerova metoda	Saatyho metoda
1.	V1	V1
2.	V5	V5
3.	V4	V4
4.	V3	V3
5.	V2	V2

Zdroj: vlastní zpracování

Z porovnání obchodních kritérií pro jednotlivé varianty Fullerovou a Saatyho metodou je nejlépe hodnocena varianta V1. K tomuto umístění varianty V1 přispěla kombinace následující hodnoty kritérií: průměrná cena, nejdelší záruka, není požadována záloha, nejkratší termín realizace, penále z prodlení a nejlepší reference.

7.4 Výsledné porovnání variant na základě technických a obchodních kritérií a výběr varianty

Při výběru nejvýhodnější varianty bylo využito porovnání technických a obchodních kritérií. Pro výběr byla využita metoda pořadí. Na základě pořadí variant pro technická a obchodní kritéria byla jednotlivým variantám přiřazena čísla (body). Nejlépe hodnocené variantě dle Fullerovy a Saatyho metody je přiřazeno číslo k (počet variant), druhé v pořadí k-1 a nejhůře hodnocené variantě 1.

Pro jednotlivé varianty byl sečten počet bodů, které získaly jednotlivé varianty v porovnání technických a obchodních kritérií. Nejvýhodnější varianta je ta, která v tomto porovnání získala nejvyšší počet bodů. Maximální počet bodů je 10 a nejnižší počet bodů jsou 2. Ohodnocení variant a výsledné pořadí jsou uvedeny níže v tabulkách.

Tabulka 6: Ohodnocení variant – technická kritéria

Ohodnocení variant – technická kritéria		
Výsledné pořadí	Varianta	Počet bodů
1.	V5	5
2.	V2	4
3.	V4	3
4.	V1	2
5.	V3	1

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 7: Ohodnocení variant – obchodní kritéria

Ohodnocení variant – obchodní kritéria		
Výsledné pořadí	Varianta	Počet bodů
1.	V1	5
2.	V5	4
3.	V4	3
4.	V3	2
5.	V2	1

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka 8: Výsledné ohodnocení variant

Výsledné ohodnocení variant		
Výsledné pořadí	Varianta	Počet bodů
1.	V5	9
2.	V1	7
3.	V4	6
4.	V2	5
5.	V3	3

Zdroj: vlastní zpracování

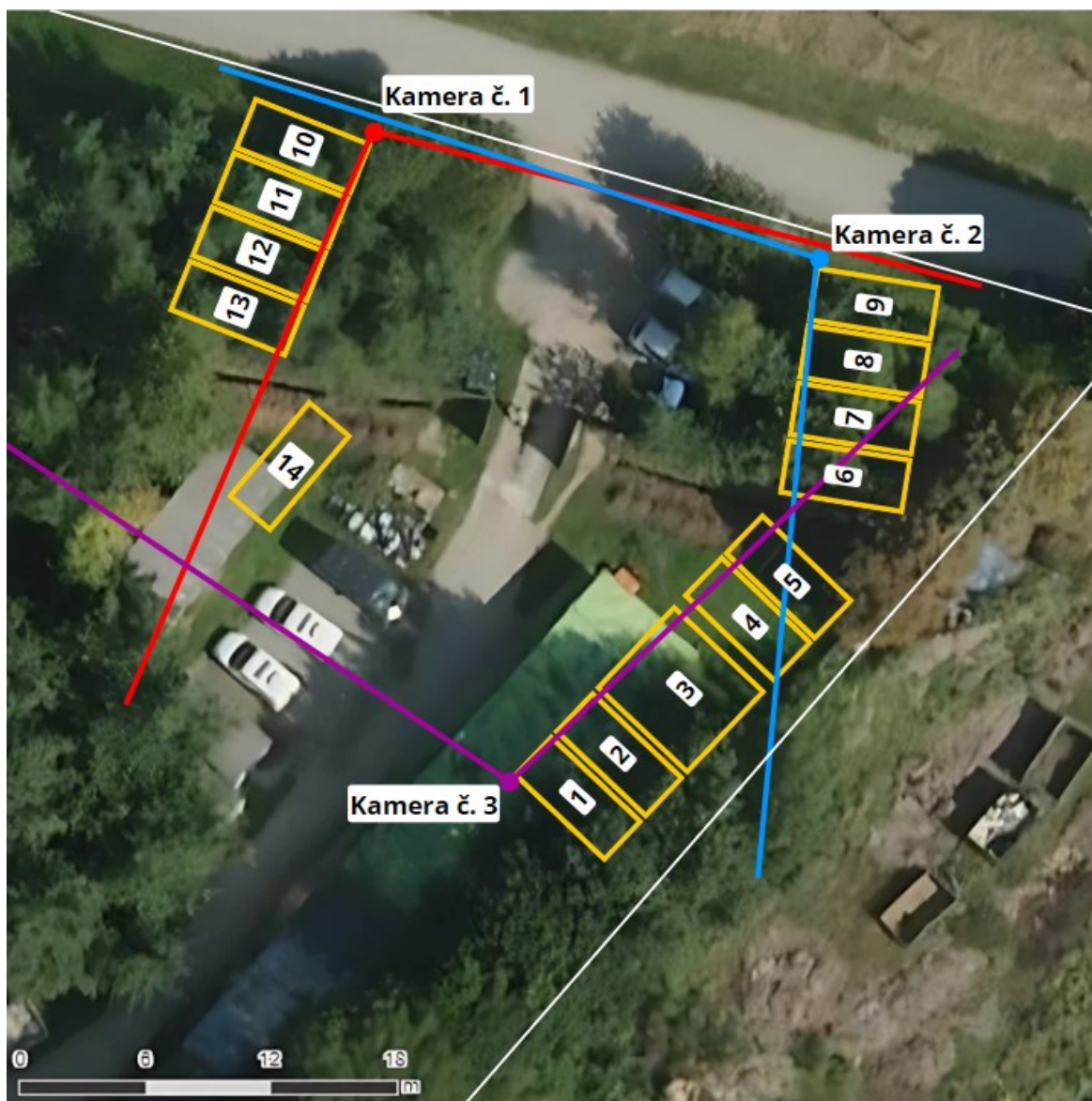
Z Tabulka 8 vychází nejlépe ohodnocena varianta číslo 5, která v porovnání získala nejvyšší počet bodů.

Výběr optimální varianty a umístění kamer v areálu

Na základě výše uvedeného porovnání jsem vyhodnotil jako nejlepší variantu V5, protože nabízí nejvyšší ohodnocení pro technické parametry při druhé nejnižší pořizovací ceně a nejkratším termínu realizace, který byl u hodnocených variant. Varianta V5 má sice nejhůře hodnocené reference, což ale vyvažuje tím, že nabízí nejdelší dobu záruky, tedy 36 měsíců.

V Obrázek 13 je zobrazeno rozmístění stavebních buněk a umístění jednotlivých kamer v areálu. Kamery budou umístěny na sloupech, které se již nachází v areálu. Umístění kamer bylo zvoleno tak, aby bylo zajištěno pokrytí vstupu do areálu, včetně vstupních prostor do stavebních buněk, což zahrnuje celou plochu před vstupními prostory do těchto stavebních buněk. Zároveň je důležité poznamenat, že kamery pokrývají pouze prostor v chráněném areálu, hranice areálu jsou v Obrázek 13 vyznačeny čarou bílé barvy.

Současně byly kamery umístěny tak, aby se navzájem kryly, přičemž zobrazení čar modré, červené a fialové barvy v Obrázek 13 odpovídá úhlu záběru každé z kamer. Délka těchto čar pak vyjadřuje dosah nočního vidění pro vybranou variantu kamerového systému. Je nutné poznamenat, že tyto kamery nebudou schopny pokrýt oblast za překážkami, které v tomto případě představují stavební buňky. Současně bude umístěno upozornění o střežení objektu kamerovým systémem na vstupní bráně do areálu.



Obrázek 13: Umístění kamer v areálu

Zdroj: *Mapy.cz*

ZÁVĚR

Ochrana hodnot je důležitá pro organizace v každém odvětví, jelikož zajišťuje bezpečnost majetku a důležitých prostředků a osob pohybujících se ve střeženém objektu. V tomto kontextu je důležité zmínit, že v roce 2021 byl v Praze zaznamenán celkový počet 23 596 skutků týkajících se majetkové kriminality (Český statistický úřad, 2022).

Cílem této práce byl výběr technické ochrany zařízení staveniště stavby záchranné stanice pro volně žijící živočichy, konkrétně kamerového systému.

Nejprve byla stručně popsána problematika bezpečnosti objektu, monitorovací systémy, jejich základní komponenty a technologie. Dále se práce zaměřila na teorii rozhodování s důrazem na Fullerovu a Saatyho metodu, které byly následně aplikovány při výběru optimálního kamerového systému.

V práci je dále charakterizován zájmový areál a aktiva, která je třeba chránit. Za tímto účelem jsem provedl kvantitativní analýzu rizik a studii proveditelnosti. Poté jsem stanovil požadavky na monitorovací systém, které vycházely z požadavků zadavatele, normy ČSN EN 62676-4 a znalosti střeženého areálu. Na základě těchto požadavků byla stanovena omezující kritéria pro výběr monitorovacího systému a kritéria pro samotný výběr z technického i obchodního hlediska.

Pro kritéria technického charakteru bylo zvoleno 5 kritérií a to rozlišení, zorný úhel, noční vidění a snímková frekvence. Pro kritéria obchodního charakteru bylo stanoveno následujících 6 kritérií: cena, záruka, záloha, termín realizace, penále z prodlení a reference. Za pomoci Fullerovy a Saatyho metody jsem provedl hodnocení pěti nabídek a vybral optimální kamerový systém pro dané staveniště.

Výsledná zvolená varianta nabízí nejvyšší ohodnocení pro technické parametry při druhé nejnižší pořizovací ceně a nejkratším termínu realizace. Tato varianta má sice nižší hodnocení reference, ale nabízí nejdelší dobu záruky, a to 36 měsíců.

Přínosem této práce je stručný ucelený přehled o bezpečnosti objektu, monitorovacích systémech, teorii rozhodování a aplikace tohoto přehledu výběru kamerového systému pro zájmový areál. Přínosem je také poskytnutí ukázkového příkladu aplikace metodologie pro výběr kamerového systému, což může sloužit jako inspirace a podpora pro další podobné projekty v oblasti bezpečnosti a ochrany majetku. Součástí práce je také sada kritérií, která může být využita při výběru kamerového systému pro zabezpečení podobných typů objektů.

Doporučením pro potenciální vylepšení je využití analýzy viditelnosti pro optimalizaci umístění kamer. Tato analýza by umožnila vylepšit umístění kamer pro lepší pokrytí sledované oblasti. Avšak momentálně chybí aktuální data (digitální model povrchu), která by zohledňovala současné rozmístění stavebních buněk a prostoru areálu. Využití těchto dat by vedlo k dalšímu zlepšení umístění kamer a zvýšení efektivity pokrytí sledovaného prostoru.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ADÁMEK, Milan, Karla BARČOVÁ, Petr BITALA, Václav MACH a Jiří ŠEVČÍK, 2022. Dohledové videosystémy v bezpečnostních technologiích. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-263-4.
- [2] CCTV Technology Handbook [online], 2013. Space and Naval Warfare Systems Center Atlantic [cit. 2023-11-23]. Dostupné z: https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/CCTV-Tech-HBK_0713-508.pdf
- [3] CASTLE, Kathy, 2019. Feasibility Study in Project Management – projectcubicle [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: https://www.projectcubicle.com/feasibility-study-in-project-management/#1_Legal_Feasibility
- [4] ČANDÍK, Marek, 2004. Objektová bezpečnost II. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 80-731-8217-3.
- [5] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2022. Kriminalita v ČR a EU [online]. [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: https://www.czso.cz/documents/10180/202415465/0800092204.xlsx/f6c96e1e-6e6d-4c46-b936-09c5da96ce05?redirect=https%3A%2F%2Fwww.czso.cz%2Fcsu%2Fczso%2Fobchod_pohostinstvi_ubytovani%3Fp_p_id%3D3%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dmaximized%26p_p_mode%3Dview%26_3_advancedSearch%3Dfalse%26_3_groupId%3D0%26_3_keywords%3Dspot%25C5%2599eba%26_3_delta%3D50%26_3_resetCur%3Dfalse%26_3_cur%3D3174%26_3_struts_action%3D%252Fsearch%252Fsearch%26_3_format%3D%26_3_andOperator%3Dtrue
- [6] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD, 2021. Vše o území VDB [online]. [cit. 2024-04-14]. Dostupné z: <https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/cs/index.jsf?page=profil-uzemi#profil34080=page%3Dpozice-profilu%26rqup%3DA%26rouska%3Dtrue%26katalog%3D34080%26pvo%3DPU-SLDB21-7%26z%3DT%26f%3DTABULKA%26clsp%3D34080&w=DAMJANOVSKI, Vlado, 2013. CCTV: from light to pixels. Third edition. Elsevier. ISBN 978-0-12-404557-6.>
- [7] ELHARROUSS, Omar, Noor ALMAADEED a Somaya AL-MAADEED. A review of video surveillance systems. Journal of Visual Communication and Image Representation [online]. 2021, 2021(77) [cit. 2023-06-17]. ISSN 1047-3203. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2021.103116>
- [8] FIALA, Petr, 2013. Modely a metody rozhodování. 3., přeprac. vyd. V Praze: Oeconomica. ISBN 978-80-245-1981-4.

- [9] FORMER, Fredegar. Abas report. Online. Dostupné z: <http://abasreport.cz/casopisy/07/aktualne-i-v-sbs>. [cit. 2023-10-19].
- [10] Mapy.cz [online]. [cit. 2024-04-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- [11] HUB, Miloslav, 2013. Bezpečnost a ochrana informací v prostředí internetu. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-701-8.
- [12] KAMENÍK, Jiří, 2019. Komerční bezpečnost. 2. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 978-80-7598-303-9.
- [13] KYNCL, Jaromír, 2014. Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky. ISBN 978-80-260-7115-0.
- [14] MU, Enrique a Milagros PEREYRA-ROJAS, [2017]. Practical decision making: an introduction to the analytic hierarchy process (AHP) using super decisions V2 [online]. Springer [cit. 2024-04-09]. SpringerBriefs in operations research. ISBN 978-3-319-33861-3. Dostupné z: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-33861-3>
- [15] RAMÍK, Jaroslav, 1999. Vícekriteriální rozhodování – analytický hierarchický proces (AHP). Karviná: Slezská univerzita. ISBN 80-724-8047-2.
- [16] ROUDNÝ, Radim a Radovan SOUŠEK, 2014. Management bezpečnosti. Pardubice: Univerzita Pardubice. ISBN 978-80-7395-864-0.
- [17] ŘÍHA, Milan, Ladislav SIEGER a Pavel PIKOLA, 2014. Identifikace rizik, hrozeb a zranitelností. In: KYNCL, Jaromír. Bezpečnost objektu ve světle moderních technologií. Praha: Komora podniků komerční bezpečnosti České republiky, s. 23-24. ISBN 978-80-260-7115-0.
- [18] ŠENOVSKÝ, Pavel, Michail ŠENOVSKÝ a Milan ORAVEC, 2020. Teorie krizového managementu. 2. rozšířené vydání. V Ostravě: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. Spektrum (Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství). ISBN 978-80-7385-231-3.
- [19] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2014. Dohledové videosystémy pro použití v bezpečnostních aplikacích – Část 1-1: Systémové požadavky – Obecně. Praha.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Kvantitativní analýza rizik

Příloha 2 – Výpočty pro technická kritéria (Fullerova metoda)

Příloha 3 – Výpočty pro technická kritéria (Saatyho metoda)

Příloha 4 – Výpočty pro obchodní kritéria (Fullerova metoda)

Příloha 5 – Výpočty pro obchodní kritéria (Saatyho metoda)

Priloha 1 – Kvantitativní analýza rizik

Aktivum	Hrozba	Bezpečnostní mechanismus	Druh bezpečnostního mechanismu	Cena aktiva	Podíl ztráty	Očekávaná ztráta	Roční očekávané výskyty	Roční očekávané ztráty	Roční náklady na bezpečnostní mechanismus	Roční očekávané výskyty s bezpečnostním mechanismem	Roční očekávané ztráty s bezpečnostním mechanismem	Hodnota bezpečnostního mechanismu
Buňka č. 1 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 2 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 3 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 4 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 5 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 6 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 7 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 8 - kancelář	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	150 000,00 Kč	0,45	67 500,00 Kč	0,222280837	15 003,96 Kč	3 928,57 Kč	0,1	6 750,00 Kč	11 075,39 Kč
Buňka č. 9 - sklad	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	76 000,00 Kč	0,28	21 280,00 Kč	0,222280837	4 730,14 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 128,00 Kč	801,56 Kč
Buňka č. 10 - sklad	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	76 000,00 Kč	0,28	21 280,00 Kč	0,222280837	4 730,14 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 128,00 Kč	801,56 Kč
Buňka č. 11 - sklad	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	76 000,00 Kč	0,28	21 280,00 Kč	0,222280837	4 730,14 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 128,00 Kč	801,56 Kč
Buňka č. 12 - sklad	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	76 000,00 Kč	0,28	21 280,00 Kč	0,222280837	4 730,14 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 128,00 Kč	801,56 Kč
Buňka č. 13 - sklad	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	76 000,00 Kč	0,28	21 280,00 Kč	0,222280837	4 730,14 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 128,00 Kč	801,56 Kč
Buňka č. 14 - sociální zařízení	Zcizení zlodějem	Kamerový systém	Technický	30 000,00 Kč	0,15	4 500,00 Kč	0,222280837	1 000,26 Kč	3 928,57 Kč	0,1	450,00 Kč	2 928,31 Kč
Výsledné hodnoty pro riziko zcizení:				1 610 000,00 Kč	0,367857143	650 900,00 Kč	0,222280837	144 682,60 Kč	55 000,00 Kč	0,1	65 090,00 Kč	89 682,60 Kč

Aktivum	Hrozba	Bezpečnostní mechanismus	Druh bezpečnostního mechanismu	Cena aktiva	Podíl ztráty	Očekávaná ztráta	Roční očekávané výskyty	Roční očekávané ztráty	Roční náklady na bezpečnostní mechanismus	Roční očekávané výskyty s bezpečnostním mechanismem	Roční očekávané ztráty s bezpečnostním mechanismem	Hodnota bezpečnostního mechanismu
Buňka č. 1 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 2 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 3 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 4 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 5 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 6 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 7 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 8 - kancelář	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 9 - sklad	Poškození	Kamerový systém	Technický	90 000,00 Kč	0,25	22 500,00 Kč	0,222280837	5 001,32 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 250,00 Kč	1 072,75 Kč
Buňka č. 10 - sklad	Poškození	Kamerový systém	Technický	70 000,00 Kč	0,2	14 000,00 Kč	0,222280837	3 111,93 Kč	3 928,57 Kč	0,1	1 400,00 Kč	816,64 Kč
Buňka č. 11 - sklad	Poškození	Kamerový systém	Technický	70 000,00 Kč	0,15	10 500,00 Kč	0,222280837	2 333,95 Kč	3 928,57 Kč	0,1	1 050,00 Kč	1 594,62 Kč
Buňka č. 12 - sklad	Poškození	Kamerový systém	Technický	70 000,00 Kč	0,15	10 500,00 Kč	0,222280837	2 333,95 Kč	3 928,57 Kč	0,1	1 050,00 Kč	1 594,62 Kč
Buňka č. 13 - sklad	Poškození	Kamerový systém	Technický	70 000,00 Kč	0,15	10 500,00 Kč	0,222280837	2 333,95 Kč	3 928,57 Kč	0,1	1 050,00 Kč	1 594,62 Kč
Buňka č. 14 - sociální zařízení	Poškození	Kamerový systém	Technický	160 000,00 Kč	0,15	24 000,00 Kč	0,222280837	5 334,74 Kč	3 928,57 Kč	0,1	2 400,00 Kč	1 406,17 Kč
Výsledné hodnoty pro riziko poškození:				1 230 000,00 Kč	0,210714286	260 000,00 Kč	0,222280837	57 793,02 Kč	55 000,00 Kč	0,1	26 000,00 Kč	2 793,02 Kč

Celkové výsledné hodnoty																		
Aktivum	Hrozba	Bezpečnostní mechanismus	Druh bezpečnostního mechanismu	Celková cena aktiv:	Podíl ztráty	Celková očekávaná ztráta	Roční očekávané výskyty	Celkové roční očekávané ztráty:	Roční náklady na bezpečnostní mechanismus	Roční očekávané výskyty s bezpečnostním mechanismem	Celkové roční očekávané ztráty s bezpečnostním mechanismem	Celková hodnota bezpečnostního mechanismu						
Výsledné hodnoty	Zřízení a poškození	Kamerový systém	Technický	2 840 000,00 Kč	0,320739437	910 900,00 Kč	0,222280837	202 475,61 Kč	55 000,00 Kč	0,1	91 090,00 Kč	92 475,61 Kč						

Příloha 2 - Výpočty pro technická kritéria (Fullerova metoda)

Kritéria	Body	Pořadí
K1 (rozišení)	5	1
K2 (zorný úhel)	4	2
K3 (noční vidění)	3	3
K4 (snímková frekvence)	2	4
K5 (ukládání)	1	5
1 - nejméně důležité, 5 - nejvíce důležité		

	k1	k2	k3	k4	k5	fi	fi*	vi
k1			1	1	1	4	5	0,333
k2				1	1	3	4	0,267
k3					1	2	3	0,200
k4						1	2	0,133
k5						0	1	0,067
Suma							15	1

Rozlišení								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		0,5	0,5	0,5	0	0	1	0,111111111
V2			0,5	0,5	0	0	1	0,111111111
V3				0,5	0	0	1	0,111111111
V4					0	0	1	0,111111111
V5						4	5	0,555555556
Suma							9	1

Zorný úhel								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		0	0,5	0,5	0	0	1	0,083333333
V2			1	1	1	4	5	0,416666667
V3				0,5	0	0	1	0,083333333
V4					0	0	1	0,083333333
V5						3	4	0,333333333
Suma							12	1

Noční vidění								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		1	1	1	1	4	5	0,384615385
V2			0	0	0,5	0	1	0,076923077
V3				0,5	1	2	3	0,230769231
V4					1	2	3	0,230769231
V5						0	1	0,076923077
Suma							13	1

Snímková frekvence								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		0	0,5	0	0,5	0	1	0,083333333
V2			1	0	1	3	4	0,333333333
V3				0	0,5	0	1	0,083333333
V4					1	4	5	0,416666667
V5						0	1	0,083333333
Suma							12	1

Délka ukládání záznamu									
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi	
V1		0	0	0	1		1	2	0,142857143
V2			0,5	1	1		3	4	0,285714286
V3				1	1		3	4	0,285714286
V4					1		2	3	0,214285714
V5							0	1	0,071428571
Suma								14	1

	K1	K2	K3	K4	K5
V1	0,037037	0,022222	0,076923	0,011111	0,009524
V2	0,037037	0,111111	0,015385	0,044444	0,019048
V3	0,037037	0,022222	0,046154	0,011111	0,019048
V4	0,037037	0,022222	0,046154	0,055556	0,014286
V5	0,185185	0,088889	0,015385	0,011111	0,004762

Příloha 3 – Výpočty pro technická kritéria (Saatyho metoda)

Váha	Kritérium
9	
8	
7	K1
6	K2
5	
4	K3
3	K4
2	
1	K5

RI (tabulka 5x5)	1,12
λ	5,1395
n	5
$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,034875
$CR = CI/RI$	0,031138
$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

	k1	k2	k3	k4	k5	Geometrický průměr	v_i
k1	1	2	4	5	7	3,086253577	0,445
k2	0,5	1	3	4	6	2,047672511	0,295
k3	0,25	0,333333	1	2	4	0,922107911	0,133
k4	0,2	0,25	0,5	1	3	0,595678949	0,086
k5	0,142857	0,166667	0,25	0,333333	1	0,28808052	0,042
Suma						6,939793469	1

Váha	Varianta	Varianty	Rozlišení	RI (tabulka 5x5)	1,12
9	V5	V1	4	λ	5
7	V1	V2	4	n	5
7	V2	V3	4	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0
7	V3	V4	4	$CR = CI/RI$	0
7	V4	V5	5	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Rozlišení								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	v_i	
V1	1	1	1	1	1/3	0,802741562	0,142857143	
V2	1	1	1	1	1/3	0,802741562	0,142857143	
V3	1	1	1	1	1/3	0,802741562	0,142857143	
V4	1	1	1	1	1/3	0,802741562	0,142857143	
V5	3	3	3	3	1	2,408224685	0,428571429	
Suma						5,619190932	1	

Váha	Varianta	Varianty	Zorný úhel	RI (tabulka 5x5)	1,12
7	V2	V1	100	λ	5,0198
5	V5	V2	180	n	5
4	V1	V3	100	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,00495
4	V3	V4	100	$CR = CI/RI$	0,004419643
4	V4	V5	104	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Zorný úhel							
K2	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	1/4	1	1	1/2	0,659753955	0,108907514
V2	4	1	4	4	3	2,861938162	0,472428498
V3	1	1/4	1	1	1/2	0,659753955	0,108907514
V4	1	1/4	1	1	1/2	0,659753955	0,108907514
V5	2	1/3	2	2	1	1,216728684	0,20084896
Suma						6,057928712	1

Váha	Varianta	Varianty	Noční vidění	RI (tabulka 5x5)	1,12
6	V1	V1	60	λ	5,0264
4	V3	V2	30	n	5
4	V4	V3	40	CI = $(\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,0066
3	V2	V4	40	CR = CI/RI	0,005892857
3	V5	V5	30	CR < 0,1 => OK	OK

Noční vidění							
K3	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	4	3	3	4	2,701920077	0,452653736
V2	1/4	1	1/2	1/2	1	0,574349177	0,096220944
V3	1/3	2	1	1	2	1,059223841	0,177452188
V4	1/3	2	1	1	2	1,059223841	0,177452188
V5	1/4	1	1/2	1/2	1	0,574349177	0,096220944
Suma						5,969066114	1

Váha	Varianta	Varianty	Snímková frekvence	RI (tabulka 5x5)	1,12
9	V4	V1	20	λ	5,0586
7	V2	V2	24	n	5
4	V1	V3	20	CI = $(\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,01465
4	V3	V4	25	CR = CI/RI	0,013080357
4	V5	V5	20	CR < 0,1 => OK	OK

Snímková frekvence							
K4	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	1/4	Oblast grafu	1/6	1	0,529611921	0,074769752
V2	4	1	4	1/3	4	1,844215823	0,260363398
V3	1	1/4	1	1/6	1	0,529611921	0,074769752
V4	6	3	6	1	6	3,650186051	0,515327346
V5	1	1/4	1	1/6	1	0,529611921	0,074769752
Suma						7,083237636	1

Váha	Varianta	Varianty	Délka ukládání záznamu	RI (tabulka 5x5)	1,12
7	V2	V1	27,78	λ	5,1774
7	V3	V2	166,68	n	5
4	V4	V3	166,68	CI = $(\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,04435
2	V1	V4	111,12	CR = CI/RI	0,039598214
1	V5	V5	20,83	CR < 0,1 => OK	OK

Délka ukládání záznamu							
K5	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	1/6	1/6	1/4	2	0,4251415	0,058229724
V2	6	1	1	4	7	2,786518023	0,381656875
V3	6	1	1	4	7	2,786518023	0,381656875
V4	4	1/4	1/4	1	4	1	0,136965515
V5	1/2	1/7	1/7	1/4	1	0,30293035	0,041491011
Suma						7,301107896	1

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
V1	0,063531	0,032135	0,060145	0,00641788	0,002417	0,164646
V2	0,063531	0,139396	0,012785	0,02234836	0,015843	0,253904
V3	0,063531	0,032135	0,023579	0,00641788	0,015843	0,141505
V4	0,063531	0,032135	0,023579	0,04423325	0,005686	0,169163
V5	0,190594	0,059263	0,012785	0,00641788	0,001722	0,270782

Příloha 4 – Výpočty pro obchodní kritéria (Fullerova metoda)

Kritéria	Body	Pořadí
K1 (Cena)	6	1
K2 (Záruka)	5	2
K3 (Záloha)	4	3
K4 (Termín realizace)	3	4
K5 (Penále z prodlení)	2	5
K6 (Reference)	1	6
1 - nejméně důležité, 6 - nejvíce důležité		

	k1	k2	k3	k4	k5	k6	fi	fi*	vi
k1		1	1	1	1	1	5	6	0,286
k2			1	1	1	1	4	5	0,238
k3				1	1	1	3	4	0,190
k4					1	1	2	3	0,143
k5						1	1	2	0,095
k6							0	1	0,048
Suma								21	1

Cena								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		1	1	0	0	2	3	0,200000000
V2			0	0	0	0	1	0,066666667
V3				0	0	1	2	0,133333333
V4					1	4	5	0,333333333
V5						3	4	0,266666667
Suma							15	1,000000000

Záruka								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		1	1	1	0,5	3	4	0,363636364
V2			0,5	0,5	0	0	1	0,090909091
V3				0,5	0	0	1	0,090909091
V4					0	0	1	0,090909091
V5						3	4	0,363636364
Suma							11	1

Záloha								
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi
V1		1	0,5	1	0,5	2	3	0,272727273
V2			0	0,5	0	0	1	0,090909091
V3				1	0,5	2	3	0,272727273
V4					0	0	1	0,090909091
V5						2	3	0,272727273
Suma							11	1

Termín realizace									
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi	
V1		1	1	0,5	0,5		2	3	0,272727273
V2			0,5	0	0		0	1	0,090909091
V3				0	0		0	1	0,090909091
V4					0,5		2	3	0,272727273
V5							2	3	0,272727273
Suma								11	1

Penále z prodlení									
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi	
V1		1	1	1	1		4	5	0,416666667
V2			1	1	1		3	4	0,333333333
V3				0,5	0,5		0	1	0,083333333
V4					0,5		0	1	0,083333333
V5							0	1	0,083333333
Suma								12	1

Reference									
K1	V1	V2	V3	V4	V5	fi	fi + 1	vi	
V1		1	1	1	1		4	5	0,357142857
V2			1	1	1		3	4	0,285714286
V3				1	1		2	3	0,214285714
V4					0,5		0	1	0,071428571
V5							0	1	0,071428571
Suma								14	1

	K1	K2	K3	K4	K5	K3
V1	0,057143	0,086580	0,051948	0,038961	0,039683	0,015873
V2	0,019048	0,021645	0,017316	0,012987	0,031746	0,012698
V3	0,038095	0,021645	0,051948	0,012987	0,007937	0,009524
V4	0,095238	0,021645	0,017316	0,038961	0,007937	0,003175
V5	0,076190	0,086580	0,051948	0,038961	0,007937	0,006349

Příloha 5 – Výpočty pro obchodní kritéria (Saatyho metoda)

Váha	Kritérium
9	
8	K1
7	K2
6	K3
5	K4
4	K5
3	
2	K6
1	

RI (tabulka 6x6)	1,24
λ	6,1626
n	6
$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,03252
$CR = CI/RI$	0,026226
$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Geometrický průměr	váhy v_i
K1	1	2	3	4	5	7	3,071707662	0,381
K2	1/2	1	2	3	4	6	2,039648903	0,253
K3	1/3	1/2	1	2	3	5	1,307660486	0,162
K4	1/4	1/3	1/2	1	2	4	0,832683178	0,103
K5	1/5	1/4	1/3	1/2	1	3	0,540741874	0,067
K6	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	0,271081519	0,034
Suma							8,06352362	1

Váha	Varianta
7	V4
6	V5
5	V1
4	V3
3	V2

Varianty	Cena
V1	57 869,00 Kč
V2	65 787,00 Kč
V3	63 450,00 Kč
V4	48 463,00 Kč
V5	53 857,00 Kč

RI (tabulka 5x5)	1,12
λ	5,0681
n	5
$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,017025
$CR = CI/RI$	0,015200893
$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Cena							
K1	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	v_i
V1	1	3	2	1/3	1/2	1	0,160227158
V2	1/3	1	1/2	1/5	1/4	0,38385195	0,061503507
V3	1/2	2	1	1/4	1/3	0,608364342	0,09747649
V4	3	5	4	1	2	2,605171085	0,41741916
V5	2	4	3	1/2	1	1,64375183	0,263373685
Suma						6,241139206	1

Váha	Varianta
6	V1
6	V5
4	V2
4	V3
4	V4

Varianty	Záruka
V1	36 měsíců
V2	24 měsíců
V3	24 měsíců
V4	24 měsíců
V5	36 měsíců

RI (tabulka 5x5)	1,12
λ	5
n	5
$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0
$CR = CI/RI$	0
$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Záruka							
K2	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	v_i
V1	1	3	3	3	1	1,933182045	0,333333333
V2	1/3	1	1	1	1/3	0,644394015	0,111111111
V3	1/3	1	1	1	1/3	0,644394015	0,111111111
V4	1/3	1	1	1	1/3	0,644394015	0,111111111
V5	1	3	3	3	1	1,933182045	0,333333333
Suma						5,799546135	1

Váha	Varianta	Varianty	Záloha	RI (tabulka 5x5)	1,12
9	V1	V1	žádná	λ	5
9	V3	V2	50%	n	5
9	V5	V3	žádná	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0
1	V2	V4	50%	$CR = CI/RI$	0
1	V4	V5	žádná	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Záloha							
K3	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	9	1	9	1	2,408224685	0,310344828
V2	1/9	1	1/9	1	1/9	0,267580521	0,034482759
V3	1	9	1	9	1	2,408224685	0,310344828
V4	1/9	1	1/9	1	1/9	0,267580521	0,034482759
V5	1	9	1	9	1	2,408224685	0,310344828
Suma						7,759835097	1

Váha	Varianta	Varianty	Termín realizace	RI (tabulka 5x5)	1,12
5	V1	V1	3 týdny	λ	5
5	V4	V2	4 týdny	n	5
5	V5	V3	4 týdny	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0
4	V2	V4	3 týdny	$CR = CI/RI$	0
4	V3	V5	3 týdny	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Termín realizace							
K4	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	2	2	1	1	1,319507911	0,25
V2	1/2	1	1	1/2	1/2	0,659753955	0,125
V3	1/2	1	1	1/2	1/2	0,659753955	0,125
V4	1	2	2	1	1	1,319507911	0,25
V5	1	2	2	1	1	1,319507911	0,25
Suma						5,278031643	1

Váha	Varianta	Varianty	Penále z prodlení	RI (tabulka 5x5)	1,12
9	V1	V1	0,50%	λ	5,0402
8	V2	V2	0,05%	n	5
1	V3	V3	0,00%	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,01005
1	V4	V4	0,00%	$CR = CI/RI$	0,008973214
1	V5	V5	0,00%	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Penále z prodlení							
K5	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	2	9	9	9	4,292907243	0,499188909
V2	1/2	1	8	8	8	3,031433133	0,352501862
V3	1/9	1/8	1	1	1	0,4251415	0,04943641
V4	1/9	1/8	1	1	1	0,4251415	0,04943641
V5	1/9	1/8	1	1	1	0,4251415	0,04943641
Suma						8,599764877	1

Váha	Varianta	Varianty	Reference	RI (tabulka 5x5)	1,12
9	V1	V1	12	λ	5,2045
7	V2	V2	8	n	5
5	V3	V3	5	$CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$	0,051125
1	V4	V4	2	$CR = CI/RI$	0,045647321
1	V5	V5	2	$CR < 0,1 \Rightarrow OK$	OK

Reference							
K6	V1	V2	V3	V4	V5	Geometrický průměr	vi
V1	1	3	5	9	9	4,139188984	0,513699375
V2	1/3	1	3	7	7	2,177906424	0,270291879
V3	1/5	1/3	1	5	5	1,107566343	0,137455946
V4	1/9	1/7	1/5	1	1	0,316473893	0,0392764
V5	1/9	1/7	1/5	1	1	0,316473893	0,0392764
Suma						8,057609538	1

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
V1	0,061037	0,084316	0,050329	0,025816	0,033476	0,017270
V2	0,023429	0,028105	0,005592	0,012908	0,023639	0,009087
V3	0,037133	0,028105	0,050329	0,012908	0,003315	0,004621
V4	0,159011	0,028105	0,005592	0,025816	0,003315	0,001320
V5	0,100329	0,084316	0,050329	0,025816	0,003315	0,001320