

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Kamerová plošina

Camera platform

Student:

Jan Mejzlík

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Petr Novák

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra robototechniky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Mejzlík**
Studijní program: B2341 Strojřemeslnictví
Studijní obor: 2301R013 Robotika
Téma: **Kamerová plošina**
Camera Platform

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte polohovatelnou kamerovou hlavu pro dálkové pořizování snímků.
2. Navrhněte vhodný řídicí, akční a senzorický subsystém, vyberte vhodné typy fotoaparátů.
3. Navrhněte vhodný způsob komunikace mezi obsluhou a kamerovou hlavou.
4. Vyhotovejte technickou dokumentaci.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAJAKARI Ville *Practical MEMS: Design of microsystems, accelerometers, gyroscopes, RF MEMS, optical MEMS, and microfluidic systems*. 2009, ISBN-10: 0982299109, ISBN-13: 978-0982299104.

ZMLJKA, M. *Stabilizační plošina*. Bakalářská práce, Katedra robototechniky, VŠB-TU Ostrava 2010.

BOSÁK, D. *Návrh konstrukce kamerového jeřábu s elektrickým pohonem*. Bakalářská práce, Ústav konstruování, FSI, VUT Brno, 48s., 2010.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Petr Novák**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



prof. Dr. Ing. Petr Novák
vedoucí katedry

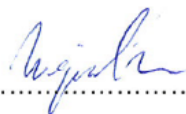


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:19.5.2014.....

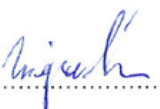
..........

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářskou práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářskou práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5.2014



podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Mejzlík

Adresa trvalého pobytu autora práce: Hlavní 4,
747 06 Nové Sedlice

ANOTACE BAKALÁŘKÉ PRÁCE

MEJZLÍK, J. *Kamerová plošina: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2014, 33s. Vedoucí práce: prof. Dr. Ing. Petr Novák*

Bakalářská práce je zaměřena na návrh polohovatelné kamerové plošiny pro dálkové pořizování snímků. V úvodní části jsou uvedeny současné kamerové plošiny, dále je zde rozpracováno několik variant kinematického zapojení a na základě hodnotové analýzy je vybrána optimální varianta, která je dále podrobně řešena. V další část se zabývá konstrukčním řešením kamerové plošiny, dimenzování vhodných pohonů a volbou senzorického a akčního subsystému včetně vhodné komunikace mezi operátorem a kamerovou plošinou. Dále byla zpracována výkresová dokumentace a vytvoření 3D modelu v programu PTC Creo.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MEJZLÍK, J. *Camera platform: Bachelor thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2014, 33 p. Thesis head: prof. Dr. Ing. Petr Novák*

This Bachelor thesis is focused on the design adjustable camera platform for remote shooting. In the introductory part are worked out the current camera platforms, there is also elaborated several variations of kinematic engagement and selected optimal solution based on the analysis, which is further addressed in detail. The next section deals with the structural design of camera platforms, sizing and selection of suitable actuators and sensory action subsystem including appropriate communication between the operator and camera platform. Was also prepared drawings and creating 3D model in PTC Creo.

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce prof. Dr. Ing. Petru Novákovi a Ing. Milanu Miholovi Ph.D. za rady, podněty a připomínky v průběhu zpracování této bakalářské práce.

Obsah

Seznam použitých označení, zkratk a termínů.....	8
Úvodní slovo.....	9
1 Rešerše současných kamerových plošin.....	10
1.1 Hlavní úlohy kamerové plošiny.....	10
1.2 Konstrukce.....	10
1.3 Současné kamerové plošiny.....	11
2 Požadavkový list.....	13
3 Návrh variant řešení.....	14
3.1 Varianta A.....	14
3.2 Varianta B.....	15
3.3 Varianta C.....	16
4 Hodnotová analýza	17
4.1 Výpočet koeficientu významnosti.....	19
4.2 Výpočet váženého indexu	21
5 Rozpracování vybrané varianty.....	23
5.1 Komponenty	23
5.1.1 Fotoaparát	23
5.1.2 Pohony – motory.....	24
5.1.3 Sloup	30
5.1.4 Rám	30
5.2 Blokové schéma	31
5.3 Senzorický subsystém.....	31
5.3.1 Kompas a GPS	31
5.3.2 Akcelerometry	31
6 Závěrečné hodnocení	33

7	Seznam použité literatury.....	35
8	Seznam příloh.....	36

Seznam použitých označení, zkratk a termínů

Termíny	Význam	
Dron	letadlo bez pilota	
Coptéra	bezpilotní vrtulníkový dron, s jedním nebo více rotory	
Aktuátor	elektrický lineární pohon (z rotačního na lineární)	

Název	Označení	Jednotka
m	hmotnost	[kg]
g	gravitační zrychlení	[ms ⁻²]
k	bezpečnostní koeficient	[-]
I	proud	[A]
x	vzdálenost těžiště od osy otáčení	[mm]

Zkratka	Význam
SX23 – 1020	označení krokového motoru
SX16 – 0402N	označení krokového motoru
CD30x	označení řídicí jednotky
RS232	sériová linka komunikační rozhraní mezi počítači
USB	univerzální sériová sběrnice
KM	krokový motor

Úvodní slovo

Rozvoj oboru robotiky ve strojírenském průmyslu zaznamenal v posledních pět dekádách značného rozšíření. Vedle zajištění průmyslových kapacit v oblasti výroby, se robotika též rozvinula v odvětví servisních robotů. Servisní roboty se primárně zaměřují na monitoring, technologické a netechnologické činnosti a pomocná činnost. Nejčastější využití servisních robotů je ve zdravotnictví, armádě nebo stavebnictví.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na servisní roboty s monitorovací činností. Cílem je předložit návrh konstrukce kamerové plošiny, která bude sloužit k dálkovému pořizování snímků a videozáznamu z vyvýšené polohy. Akční systém bude zastoupen fotoaparátem. Vhodné komunikační rozhraní zajistí jeho ovládání mezi akčním systémem a řídicím počítačem. Řízení kamerové plošiny bude zajištěno pomocí motorů a sensorový subsystém bude zajišťovat polohu a směr natočení kamerové plošiny

Ze tří navržených variant bude vybrána optimální, která bude dopracována do finální podoby 3D modelu, dimenzování pohonů, návrhem sensorů a vhodné komunikace mezi operátorem a kamerovou hlavou.

1 Rešerše současných kamerových plošin

1.1 Hlavní úlohy kamerové plošiny

Mezi hlavní úlohy kamerových plošin patří pořizování kamerového záznamu nebo snímků v rozsahu do 360° ve dvou nebo více osách. Časté využití kamerové plošiny je ve spojení s vícevrtulovým dronem (obr. 1.1), kdy kamera je umístěna na spodní části závěsu, který funguje jako gyroskop, a tak poloha kamery není závislá na poloze drona. Další využití lze najít u průzkumných letadel nebo vrtulníků, kdy



Obrázek 1.1 Vrtulový dron s kamerovou hlavou



Obrázek 1.2 Gyroskopicky stabilizovaná kamerová plošina

je kamerová hlava umístěna na spodní části trupu nebo pod křídlem (obr. 1.2), tyto kamerové hlavy mají obvykle více režimů zobrazení např. infračervené. Ty jsou určeny primárně ke hledání osob, průzkumu terénu nebo jeho skenování.

1.2 Konstrukce

V robotice je snahou, aby konstrukce ramen byly v příznivém poměru tuhosti a hmotnosti, což je výhodné pro následné dimenzování pohonů ramen a celkové energetické náročnosti. Tato skutečnost je o to více problematická u létajících servisních robotů, kde je nutná integrace baterie do konstrukce čímž dojde ke zvýšení hmotnosti. Totéž platí i u kamerové plošiny umístěné na teleskopické tyči, kde je nevýhodné, aby na konci kamerové hlavy byl významný hmotný element, a proto je snaha o odlehčenou

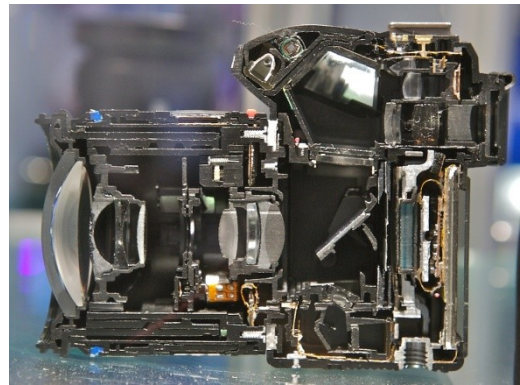
konstrukci kterou dosáhneme použitím lehkých hliníkových slitin nebo plastových dílů s vyztuženou konstrukcí.



Obrázek 1.3 Kamerová hlava

Pohony na kamerových plošinách se dnes používají téměř výhradně servomotory a krokové motory, protože se jedná o servisní roboty, kde by bylo použití jiných pohonů např. pneumatických nebo hydraulických technicky a ekonomicky nevýhodné.

Při návrhu konstrukce je třeba vzít v úvahu primární použití výsledného produktu. Při použití jako statické vyvýšené místo pro pořizování panoramatických fotek nebo podobného využití je třeba počítat s umístěním fotoaparátu tak, aby svislá osa otáčení kamerové plošiny procházela bodem zobrazení obrazu ve fotoaparátu.



Obrázek 1.4 Řez digitální zrcadlovým fotoaparátem

1.3 Současné kamerové plošiny

Carbon XL10

Od americké firmy CarbonXL z Arizony, systém primárně pro filmářské využití. Toto zařízení je určeno pro hůře přístupné místa, ale také pro letecké a automobilové cestování. Carbon XL10 je vyroben z ultra lehkého a ultra silného karbonového vlákna. Navíc je celek navržen tak, aby byla nutnost energie co nejmenší, takže Carbon XL10 pracuje na systému protizávaží (2,5kg fotoaparátu stačí na 6 metrovém ramenu 20kg protizávaží) a jedné 7 - 24V baterie, která napájí i kameru. Zero gravity kamera head je nastavení, kdy je kamera vycentrována tak, aby bylo možné ovládní jednou rukou a

kamerová hlava zůstávala ve své poloze i bez držení člověkem a přitom není nutné měnit polohu protizávaží v průběhu pohybu kamerové hlavy.

Výkyvný závěs Z15 G

Od Hongkongské firmy DJ Innovation, která se zabývá konstrukcí bezpilotních dronů a copter. Tento výkyvný závěs lze polohovat ve třech osách a je řízen dálkově operátorem a může pracovat ve třech režimech: v uzamčeném modu (kamera je v uzamčené poloze), v neuzamčeném modu (kamera reaguje na povely operátora) a v Mid point modu (kamera je udržována v horizontální poloze bez ohledu na ostatní pohyby závěsu nebo nosiče). Závěs je plně stabilizovaný a jeho tři osy otáčení se mohou otáčet v plném rozsahu 360°. Hmotnost celého systému bez fotoaparátu je 1300g a provozní napájení je 24V.



Obrázek 1.4 DJI Zenmuse Z15-G

2 Požadavkový list

Tabulka 1 Požadavkový list

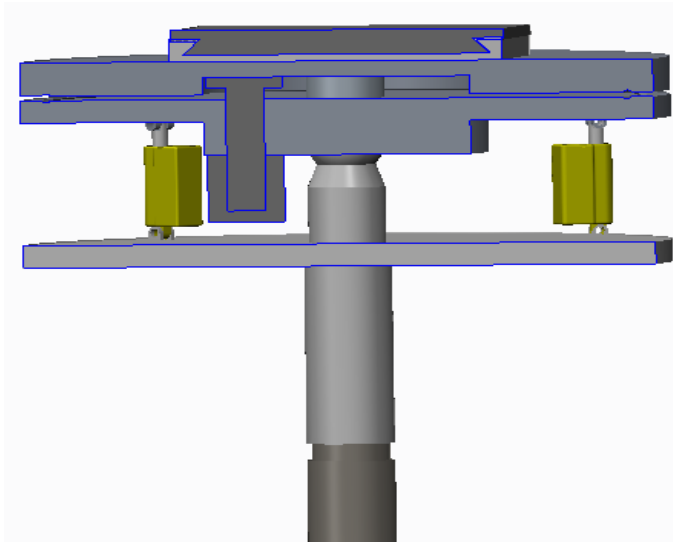
Požadavek	Popis
Mobilní teleskopický sloup	<ul style="list-style-type: none">• Kontrolování prostoru z max. výšky 5m.• Doporučený ruční pohon zdvihu
Otočná plošina	<ul style="list-style-type: none">• Přesnost pootočení 2°• Dvouosý akcelerometr pro kontrolu náklonu plošiny• GPS pro měření výšky a polohy stožáru• Kompas pro měření natočení plošiny• Krokový motor pro pohon plošiny• Minimalizace hmotnosti příslušenství• Rozložení hmotnosti tak, aby bylo těžiště co nejbližší ose otáčení
Fotoaparát	<ul style="list-style-type: none">• Dálkově ovládatelný fotoaparát s živým náhledem přes USB nebo HDMI• Software pro ovládání fotoaparátu přes PC• Hmotnost do 2,5 kg

3 Návrh variant řešení

U kamerové nebo stabilizační plošiny lze využít buď sériové (otevřené), nebo paralelní (uzavřené) zapojení mechanismu. Obě mají své výhody a nevýhody, např. jednodušší je řízení u sériového zapojení, naopak paralelní zapojení má své výhody v tuhosti konstrukce a přesnosti (lepší tlumení vibrací a kmitání)

3.1 Varianta A

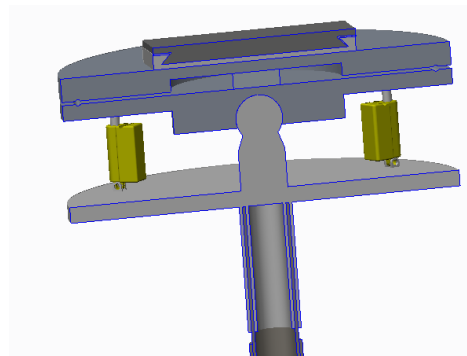
První varianta využívá paralelního zapojení mechanismu, kdy na teleskopické tyči jsou umístěné tři plošiny, dvě dolní jsou na pevně spojeny k teleskopické tyči a horní



Obrázek 3.1 Řez kamerovou plošinou přes KM

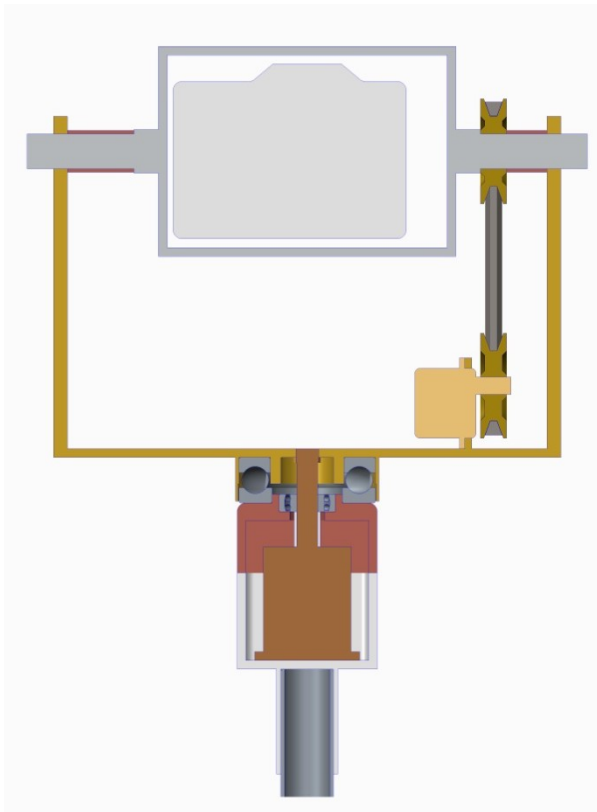
plošina je přes axiální ložisko rotačně upevněna k prostřední plošině. Náklon plošiny zajišťují tři lineární akutátory umístěné mezi spodní a střední plošinou v rozmezí 120° a kloubové spojení mezi plošinami. Rotace kamerové plošiny je provedena pomocí krokového motoru umístěného na spodní části středové plošiny a hřídel motoru je vyvedena přes

otvor svisle vzhůru. Na hřídel je nasazeno ozubené kolo, které zabírá do vnitřního ozubení v horní plošině.



Obrázek 2.2 Řez kamerovou plošinou přes kloubové spojení

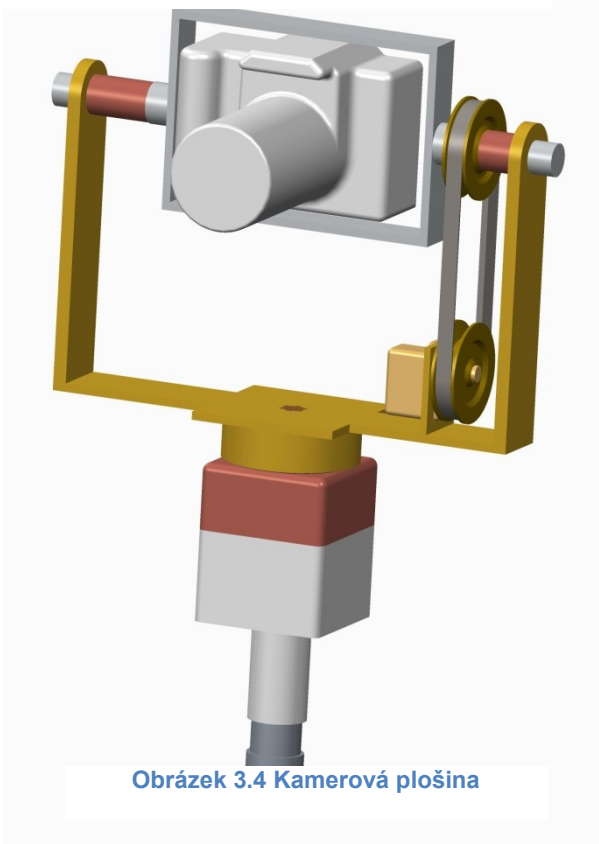
3.2 Varianta B



Obrázek 3.3 Řez kamerovou plošinou

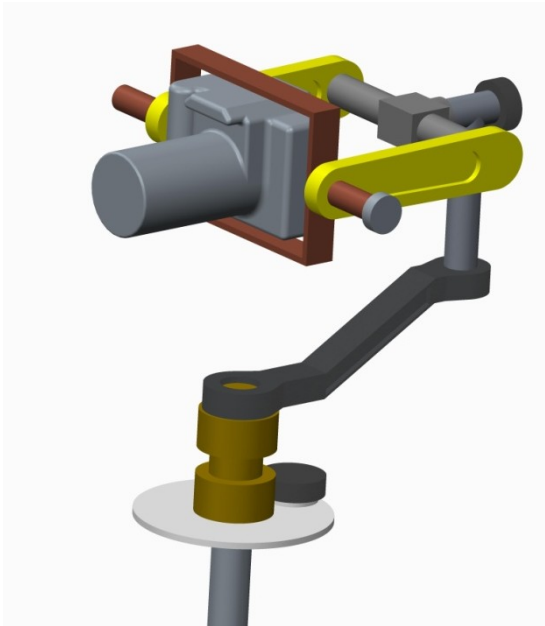
Druhá varianta vychází ze sériového kinematického zapojení, kdy na konec teleskopické tyče je připojen rám, kde je v ose otáčení umístěn krokový motor zajišťující otáčení kamerové plošiny kolem vertikální osy. Hřídel KM je napojen na spodní rám přes drážkování, které zajišťuje přesnou polohu při otáčení s minimální vůlí. Stabilita při otáčení a naklápění kamerové plošiny je zajištěna dvojicí radiálního a axiálního ložiska. Horní rám je otočně uložen ve spodním rámu a jeho otáčení kolem horizontální osy je umožněno pomocí servomotoru uloženého na spodním rámu a spojeného pomocí řemenového převodu. Oproti první variantě se jedná pouze o

dvouosou kamerovou plošinu, neboť přidáním dalšího stupně volnosti by se celý systém více zkomplikoval a vzrostla by cena a navíc tříosá kamerová plošina nemusí být žádoucí.



Obrázek 3.4 Kamerová plošina

3.3 Varianta C



Třetí varianta využívá také sériové kinematické zapojení, kde na konci teleskopické tyče je připevněna plošina, na které je umístěné příslušenství a krokový motor, ležící mimo osu otáčení. Na dvou rámech je umístěn v ose otáčení servomotor, zajišťující otáčení ve vodorovných osách. Nevýhodou je zde větší vyložení ramen a tím vznikající excentricita těžiště a tím větší nároky na pohony a jejich brzdění. Tato varianta umožňuje stabilizaci ve třech osách, tím ale úměrně vzroste cena a nároky na řízení, zároveň je celý systém navržen tak aby

fotoaparát mohl rotovat v rozmezí do 270° kolem vodorovných os a 360° kolem vertikální osy.

4 Hodnotová analýza

Obě varianty nyní budou porovnány pomocí hodnotové analýzy, to zajistí objektivní zhodnocení kamerové plošiny. Na základě zvolených hodnotících kritérií bude vybrána optimální varianta, která nejlépe odpovídá zadaným požadavkům.

Tabulka 4.1 Hodnoty kritérií

Hodnoty kritérií	
vysoká	6
dobrá	5
průměrná	4
nízká	3
nevyhovující	2
nepříznivý stav	1

Tabulka 4.2 Významnost kritérií

Významnost kritérií	
nejvyšší	2
nejnižší	1

Výběr hodnotících kritérií

Tabulka 4.3 Výběr hodnotících kritérií

označení kritéria	kritérium	charakteristika kritéria
k1	hmotnost	celková hmotnost
k2	umístění motorů	velikost potřebného Mk
k3	způsob řízení	varianta otáčení a naklápění
k4	rozložení hmoty	excentricita těžiště
k5	cena	cena komponent a montáže

Hodnocení kritérií

Tabulka 4.4 Hodnocení kritérií

Kritérium	Varianta A	Varianta B	Varianta C
K1	5,5 kg	5 kg	5,8 kg
	4	5	4
K2	mimo osu otáčení	v ose otáčení	kombinace
	3	4	3
K3	paralelní řízení	sériové řízení	sériové řízení

	4	5	5
K4	Malá excentricita	Malá excentricita	Střední excentricita
	4	4	3
K5	25 000,-	21 000,-	30 000,-
	3	4	3

Stanovení významnosti kritérií

K porovnání jednotlivých kritérií dojde posouzení třemi experty, kteří budou vždy porovnávat dvě kriteria vůči sobě. Vítězné kritérium bude barevně odlišeno.

1. Expert – Jan Mejzlík

Tabulka 4.5 Porovnání prvního experta

Porovnávané páry kritérií				počet voleb v
k1	k1	k1	k1	2
k2	k3	k4	k5	
	k2	k2	k2	1,5
	k3	k4	k5	
		k3	k3	3
		k4	k5	
			k4	2,5
			k5	1

2. Expert – Martin Ryšavý

Tabulka 4.6 Porovnání druhého experta

Porovnávané páry kritérií				počet voleb v
k1	k1	k1	k1	3
k2	k3	k4	k5	
	k2	k2	k2	1,5
	k3	k4	k5	
		k3	k3	1,5
		k4	k5	
			k4	2
			k5	1,5

3. Expert – Jakub Melčák

Tabulka 4.7 Porovnání druhého experta

Porovnávané páry kritérií				počet voleb v
k1	k1	k1	k1	3
k2	k3	k4	k5	
	k2	k2	k2	1
	k3	k4	k5	
		k3	k3	2,5
		k4	k5	
			k4	0,5
			k5	2,5

4.1 Výpočet koeficientu významnosti

Pro výpočet koeficientu významnosti se nejdříve vypočítá průměrná hodnota počtu voleb dle hodnocení expertů. K tomu je použit níže uvedený výpočet.

$$v_1 = \frac{v_{11} + v_{21} + v_{31}}{n}$$

$$v_1 = \frac{2 + 3 + 3}{3}$$

$$v_1 = 2,66$$

[1]

Následující hodnoty se vypočítají obdobně.

Vysvětlení:

v_{11} ...počet voleb 1. experta u K1

v_{21} ...počet voleb 2. experta u K1

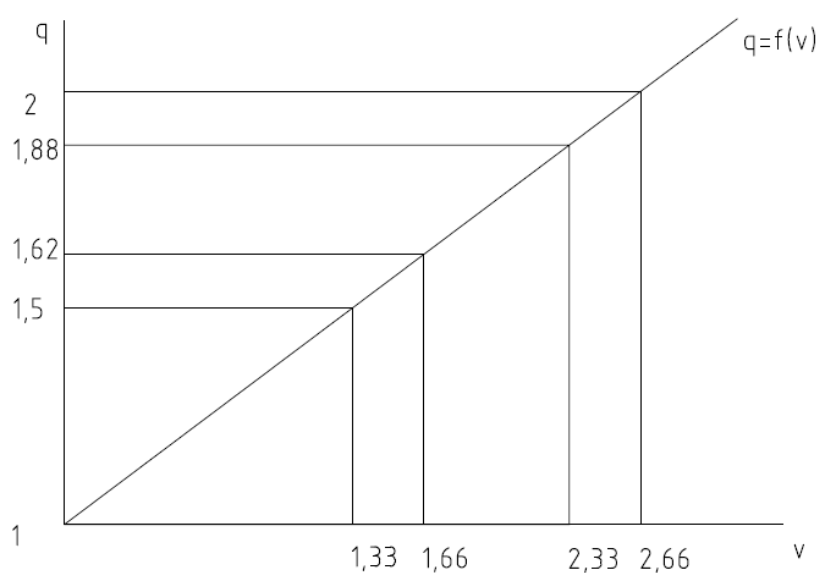
v_{31} ...počet voleb 3. experta u K1

n ...počet expertů

Tabulka 4.8 Počet voleb

Kritérium	Počet voleb v
K1	2,66
K2	1,33
K3	2,33
K4	1,66
K5	1,66

Nyní se jednotlivé koeficienty významnosti určí pomocí grafu.



Obrázek 4.1 Graf pro určení koeficientu významnosti

Tabulka 4.9 Koeficient významnosti

Kritérium	Koeficient významnosti q
K1	2
K2	1,5
K3	1,88
K4	1,62
K5	1,62

4.2 Výpočet váženého indexu

$$I'_{ij} = I_{ij} * q_i$$

$$I'_{ij} = 4 * 2$$

$$I'_{ij} = 8 \quad [2]$$

Vysvětlení:

q_i - váha významnosti parametru i

I_{ij} index změny parametru i , varianty j

Tabulka 4.10 Vážený index kritéria pro variantu A

Varianta A				
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q_i	Index změny I_{ij}	Vážený index kritéria I'_{ij}
K1	4	2	4	8
K2	3	1,5	3	4,5
K3	4	1,88	4	7,52
K4	4	1,62	4	6,48
K5	3	1,62	3	4,86
Součet vážených indexů kritéria				31,36

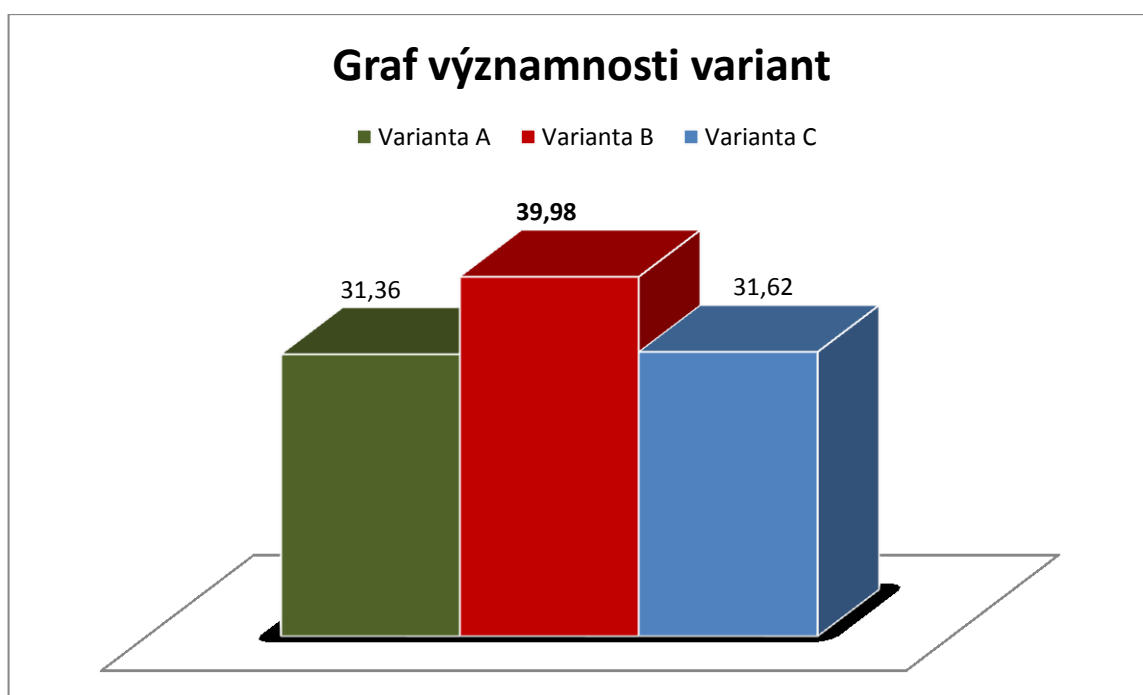
Tabulka 4.11 Vážený index kritéria pro variantu B

Varianta B				
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q_i	Index změny I_{ij}	Vážený index kritéria I'_{ij}
K1	5	2	5	10
K2	4	1,5	4	6
K3	5	1,88	5	9,4
K4	4	1,62	4	6,48
K5	5	1,62	5	8,1
Součet vážených indexů kritéria				39,98

Tabulka 4.12 Vážený index kritéria pro variantu C

Varianta C				
Kritérium	Hodnota	Váha významnosti kritéria q_i	Index změny I_{ij}	Vážený index kritéria I_{ij}'
K1	4	2	4	8
K2	3	1,5	3	4,5
K3	5	1,88	5	9,4
K4	3	1,62	3	4,86
K5	3	1,62	3	4,86
Součet vážených indexů kritéria				31,62

Tabulka 4.13 Graf významnosti variant



Určení vítězné varianty:

Tabulka 4.14 Vítězná varianta

Varianta	Celkový součet vážených indexů	Pořadí
A	31,36	3.
B	39,98	1.
C	31,62	2.

Při porovnání součtu indexů jednotlivých variant vychází jako vítězná varianta B, která využívá dvě osy otáčení a je v sériovém kinematickém zapojení.

5 Rozpracování vybrané varianty

5.1 Komponenty

5.1.1 Fotoaparát

Pro výběr akční jednotky pro kamerovou plošinu byly rozhodujícími parametry možnost dálkové komunikace mezi akční jednotkou a obsluhou jak při počátečním nastavení, tak i během monitoringu. Pro takové použití tedy není možné používat fotoaparáty nižších řad, ale plně digitální fotoaparáty s možností živého náhledu přes PC. Takové fotoaparáty nabízí např. firmy Canon, Olympus a Nikon. Pro potřeby bakalářské práce byl vybrán fotoaparát firmy Canon EOS 650D, pro svou uživatelskou jednoduchost a cenovou dostupnost. Aby byl fotoaparát schopen živého náhledu přes PC je třeba ještě zakoupit software EOS Utility, který tuto možnost zprostředkuje.



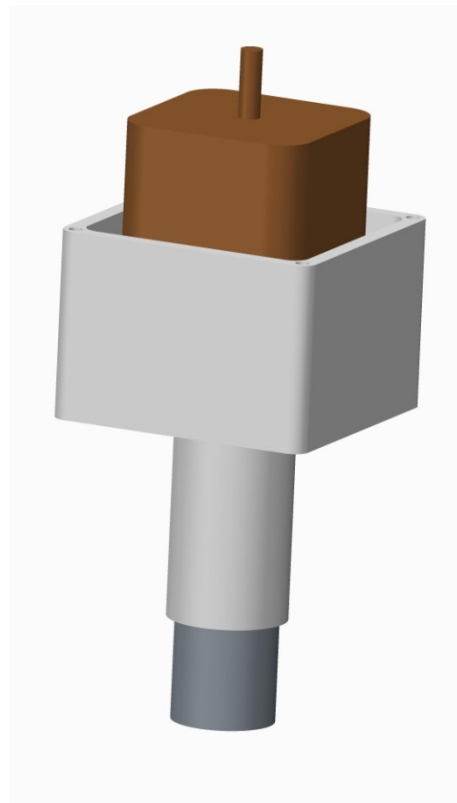
Obrázek 5.1.1 Canon EOS 650D

Tabulka 5.1.1 Parametry EOS 650D

Rozměry a materiál		Vstupy a výstupy	
Materiál těla	Kov, plast	USB	Ano
Hmotnost	575 g	HDMI výstup	Ano
Šířka	133.1 mm	Dálkové ovládání	Ano
Výška	99.8 mm	Externí blesk	Ano
Hloubka	78.8 mm		

5.1.2 Pohony – motory

Pro pohony kamerové hlavy byly navrženo použití krokových motorů s možností mikrokrokování, pro jejich přesné polohování a snadné řízení. Pro výpočet nutného krouticího momentu je třeba znát polohu těžiště vůči ose otáčení. Pro zjištění této veličiny byl použit program Creo, ve kterém je kamerová plošina modelována. <http://microcon.cz/>



Obrázek 5.1.2 KM1

Výpočet KM1 pro vertikální otáčení:

$$m = 2,5kg$$

$$x = 8mm$$

$$g = 9,81 m/s^2$$

$$M_1 = m * g * x$$

$$M_1 = 2,5 * 9,81 * 8$$

$$M_1 = 408Nmm \quad [3]$$

Toto je pouze předběžný výpočet nutného krouticího momentu, pro výpočet celkového krouticího momentu je třeba započítat do vzorce i bezpečnost a tření v kloubech.

$$k = 4$$

$$M_1 = M'_1 * k$$

$$M_1 = 408 * 4$$

$$M_1 = 1632 \text{ Nmm} \quad [4]$$

Pro tyto hodnoty vyhovuje krokový motor řady SX23 – 1020 s hodnotami pro statický moment 2Nm, jmenovitým proudem 1,05A a hmotností 1,1kg

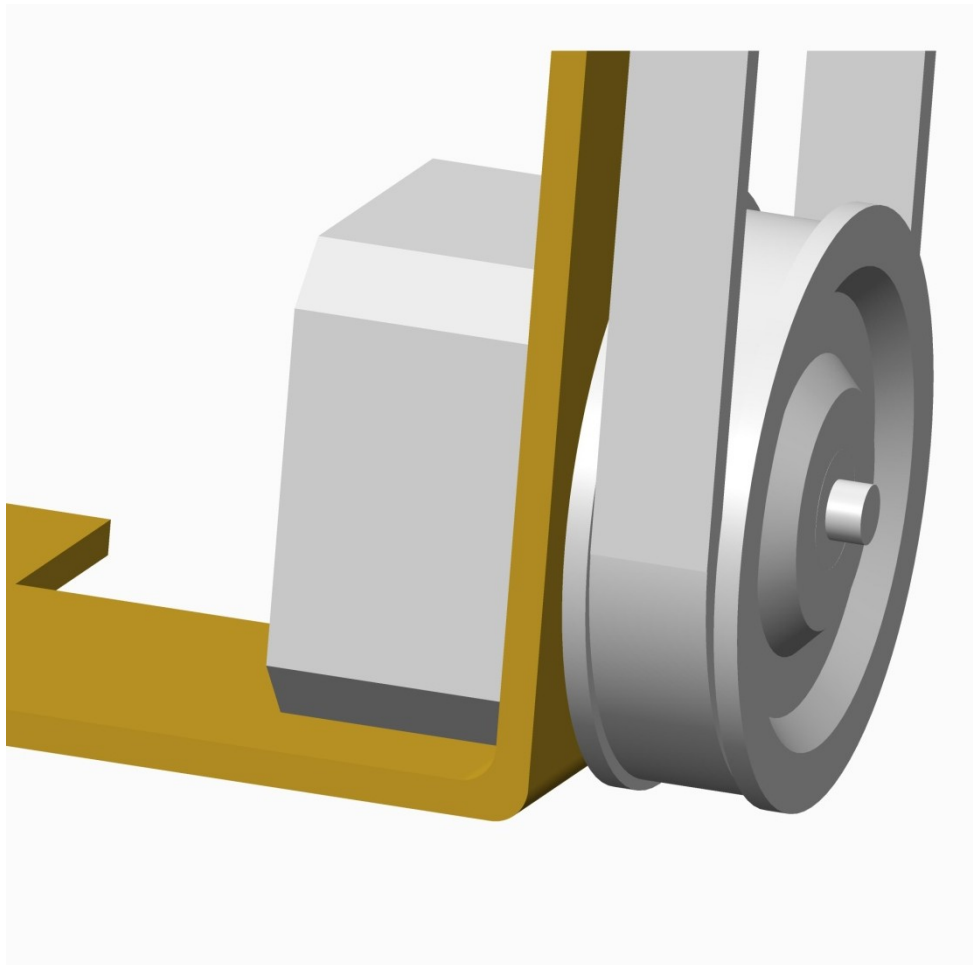
Řada SX - příruba NEMA23						
Typ	Statický moment (Nm)	Jmenovitý proud (A)	Indukčnost (mH)	Odpor (Ω)	Moment setrvačnosti rotoru (kgm ² x10 ⁻³)	Hmotnost (kg)
SX23-1012 / SX23-1012D	1,2	1 / 2	20 / 5	7,2 / 1,8	0,03	0,7
SX23-1414	1,4	1,4 / 2,8	11,2 / 2,8	3,4 / 0,85	0,03	0,69
SX23-1020	2	1,05 / 2,1	40 / 10	8,4 / 2,1	0,048	1,1
SX23-3020PG	2	3 / -	3,8 / -	0,82 / -	0,048	1,15
SX23-1021	2,1	1,05 / 2,1	25,6 / 6,4	5,2 / 1,3	0,053	1,17
SX23-2727 / SX23-2727D	2,7	2,7 / 5,4	6,4 / 1,6	1,5 / 0,375	0,053	1,18
SX23-1428	2,8	1,42 / 2,84	25,6 / 6,4	5,6 / 1,4	0,053	1,18
Řada SX - příruba NEMA24 (60 x 60 mm, upevňovací rozměry NEMA23)						
SX24-3341	4,1	3,3 / 6,6	5,8 / 1,45	1,28 / 0,32	0,12	1,63

Obrázek 5.1.3 KM SX23 - 1020



Obrázek 5.1.4 KM Sx 23 - 1020

Obdobně je vypočten nutný krouticí moment na druhém krokovém motoru.



Obrázek 5.1.5 KM2

Výpočet KM2 pro horizontální otáčení:

$$m = 1,85kg$$

$$x = 3mm$$

$$g = 9,81 m/s^2$$

$$M_1' = m * g * x$$

$$M_1' = 1,85 * 9,81 * 3$$

$$M_1' = 54Nmm \quad [5]$$

Toto je pouze předběžný výpočet nutného krouticího momentu, pro výpočet celkového krouticího momentu je třeba započítat do vzorce i bezpečnost a tření v kloubech.

$$k = 4$$

$$M_1 = M_1' * k$$

$$M_1 = 54 * 4$$

$$M_1 = 216Nmm \quad [6]$$

Pro tyto hodnoty vyhovuje krokový motor řady SX16 – 0402N s hodnotami pro statický moment 0,24Nm, jmenovitým proudem 0,4A a hmotností 0,19kg

Řada SX - příruba NEMA17									
Typ	Statický moment (Nm)	Jmenovitý proud (A)	Indukčnost (mH)		Odpor (Ω)		Zbytkový moment (Nm)	Moment setrvačnosti rotoru (gcm ²)	Hmotnost (kg)
			sériové / paralelní zapojení	sériové / paralelní zapojení	sériové / paralelní zapojení	sériové / paralelní zapojení			
SX16-0301 / SX16-0301D	0,11	0,35 / -	30 / -	26 / -	0,005	11	0,12		
SX16-0402N	0,24	0,4 / -	38 / -	30 / -	0,012	20	0,19		
SX16-0502	0,25	0,6 / -	14 / -	14,4 / -	0,018	24	0,22		
SX16-0503 / SX16-0503D	0,3	0,5 / 1	40 / 10	24 / 6	0,018	24	0,24		

Obrázek 5.1.6 SX16 - 0402N

U vertikálního KM je napojení na rám řešeno pomocí svěrné spojky s otvorem Oldham řady XT32, která má maximální přenášený krouticí moment 2,8Nm a otvor ve spojce přesně sedí na hřídel KM. Otvor ve spojce je pomocí šroubu svěrně upevněn na



Obrázek 5.1.7 Pružná spojka Oldham

U horizontálního KM je síla přenášena přímo přes hřídel motoru na řemenici a přes ozubený řemenový převod přenesena na horní rám, na kterém je umístěna akční jednotka. Tím je zajištěno, že se hmotnost motoru nepřenáší na vyšší pozice kamerové plošiny a lehký ozubený řemen zajišťuje stálý převod bez prokluzu, takže nedojde k rozladění úhlového nastavení ramene.

konec hřídele motoru a pak dále pokračuje na čepový spoj na rámu.

<http://microcon.cz/>

U horizontálního KM je síla přenášena přímo přes hřídel motoru na řemenici a přes ozubený řemenový převod přenesena na horní

Typ	ϕ D	L	L1	Uchycovací šrouby	ϕ B - průměr vrtání
	mm	mm	mm		mm
XT20	20	33	14,1	M2,5	4; 5; 6; 6,35; 8
XT25	25	39	16,5	M3	5; 6; 6,35; 8; 10
XT32	32	45	20	M4	6,35; 8; 9; 10; 11; 12; 12,7; 14; 15
XT40	40	50	23	M5	8; 10; 11; 12; 12,7; 14; 15; 16
XY50	50	58	26,5	M6	12; 12,7; 14; 15; 16; 19; 20

Obrázek 5.1.8 tabulka rozměry spojek Oldham

Typ	Nominální moment	Max. vyosení		Torzni tuhost	Max. rychlosti
	Nm	Úhlové (°)	Radiální (mm)	Nm/rad	ot/min
XT20	0,7	2,5	$\pm 0,2$	50	5000
XT25	1,4	2,5	$\pm 0,2$	110	4500
XT32	2,8	2,5	$\pm 0,2$	250	4000
XT40	5,4	2,5	$\pm 0,2$	470	3500
XY50	10	2,5	$\pm 0,2$	700	3000

Obrázek 5.1.9 tabulka technické parametry Oldham

Oba KM jsou napojeny na programovatelnou řídicí jednotku typu CD30x , která je přes sériovou linku RS232 a redukci napojena přes USB konektor do počítače. Pomocí řídicího softwaru např. Inmotion PC Utilities nebo Krokáč jsou ovládány oba motory.

<http://microcon.cz/>

Parametry výkonové části			
	CD20M	CD30M	CD40M
Napájecí napětí	12 - 35 VDC	12 - 48 VDC	12 - 48 VDC
Amplituda proudu	0,4 - 2 A	0,4 - 3,3 A	0,4 - 4 A
Nastavení proudu	v osmi stupních	v šestnácti stupních	v šestnácti stupních
Doporučený počet mikrokroků na celokrok	4, 8, 16	4, 8, 16	4, 8, 16
Automatické snížení proudu po zastavení motoru	ANO	ANO	ANO
Možnost programového vypnutí koncového stupně	ANO	ANO	ANO
Kapacita na jednotce	4 000 μ F	5 000 μ F	5 000 μ F
Statické momenty vhodných krokových motorů	0,1 - 2,8 Nm	0,5 - 8,5 Nm	2,7 - 9,5 Nm
Rozměry, standardní malý euro-formát	160 x 100 x 30 mm	160 x 100 x 30 mm	160 x 100 x 45 mm
Doporučený napájecí zdroj	PS 20/30	PS 35	PS 35
Parametry řídicí části (podrobnější informace - viz str. 6, 7)			
Sériové rozhraní RS232	není galvanicky oddělená sériová linka	galvanicky oddělená sériová linka	galvanicky oddělená sériová linka
Počet jednotek připojitelných na jedno sériové rozhraní	až 16	až 16	až 16
Počet uživatelských vstupů / výstupů	5 / 4	5 / 4	5 / 4

Obrázek 4.1.10 Parametry výkonové části jednotky CD20M

Požadavky na napájení:

Pro potřeby napájení Kamerové plošiny postačí 12V napájecí zdroj. Byl vybrán zdroj firmy CTM, CT12 – 12Ls napětím do 12VDC a proudovou kapacitou 12Ah. Proudový odběr obou motorů je 1,4A takže je zvolený napájecí zdroj vyhovující.

<http://www.fulgurbattman.cz/>



Obrázek 5.1.11 Napájecí zdroj CT12 – 12Ls

Tabulka 5.1.2 Technické parametry napájecího zdroje

Výška	101,0 mm
Délka	151,0 mm
Šířka	98,0 mm
Hmotnost (netto)	3,900 kg
Napětí	12 V
Kapacita v Ah	12,0 Ah
Životnost	5 let

5.1.3 Sloup



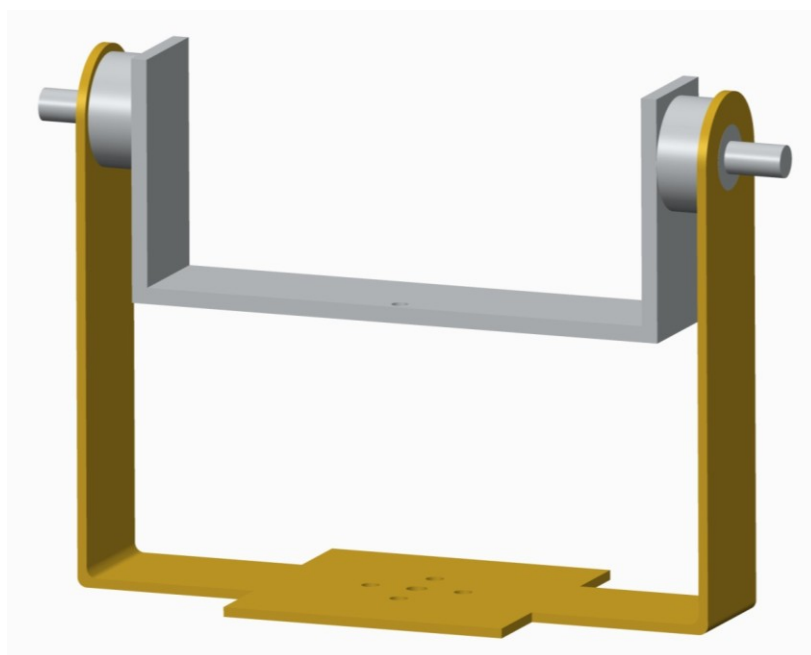
Byl vybrán teleskopický sloup firmy DD Amtek, který má jednoduchou konstrukci, je lehký a skladovatelný. Jeho rozložení a zajištění probíhá ruční svépomocí pomocí šroubového sevření. Pro potřeby bakalářské práce je nutné maximální vysunutí sloupu 5 metrů. Proto tedy můžeme používat menší počet segmentů nebo nevysunovat segmenty do maximální polohy a zlepšit tak stabilitu sloupu. www.ddamtek.cz

Tabulka 5.1.3 Technické parametry sloupu

materiál	hliník
max. výška	10mm
transportní výška	1,35 m
váha	9 kg
síla stěny	2 mm
Počet segmentů	9

Obrázek 5.1.12
Teleskopický sloup

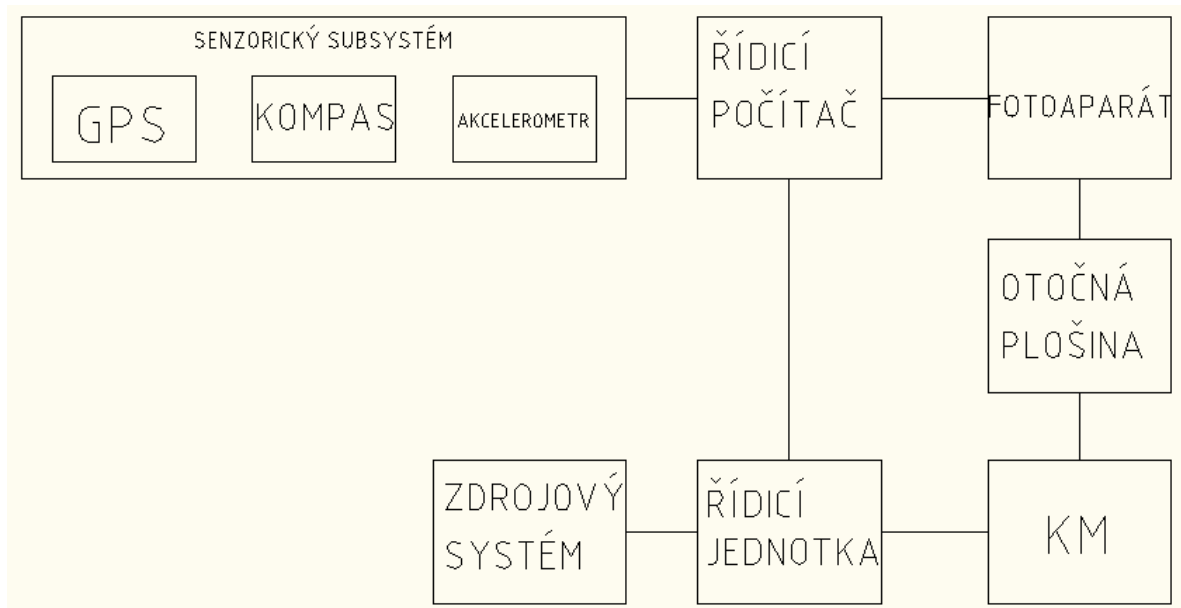
5.1.4 Rám



Hlavní rám je vytvořen z ohýbaného hliníkového plechu o tloušťce 3 mm, který bude vypálen z hliníkové tabule. Při zatížení hmotnosti fotoaparátu je případný ohybový moment zanedbatelný, takže není potřeba výpočtová kontrola.

Obrázek 5.1.13 Rám kamerové plošiny

5.2 Blokové schéma



Obrázek 5.2.1 Blokové schéma zapojení Kamerové plošiny

5.3 Senzorický subsystém

5.3.1 Kompas a GPS

Při každém používání Kamerové plošiny budou uložena data jak o poloze Kamerové plošiny, tak i o natočení objektivu. Toto měření bude prováděno na kompasu a GPS, které budou napojeny na řídicí počítač, takže data o poloze a natočení budou připojena k získanému monitorovacímu záznamu.

5.3.2 Akcelerometry

Pro měření náklonu jednotlivých ramen Kamerové plošiny je potřeba dvou akcelerometrů. Tyto akcelerometry jsou připevněny na rámy plošiny a napojeny na řídicí počítač, kde jsou data vyhodnocena a podle nich nastavena požadovaná natočení. Budou použity akcelerometry firmy Veriner, Low g akcelerometer, který je určen pro malé zrychlení a má vyšší citlivost.



Obrázek 5.3.1 Akceleromet

Tabulka 5.3.1 Rozsah a citlivost

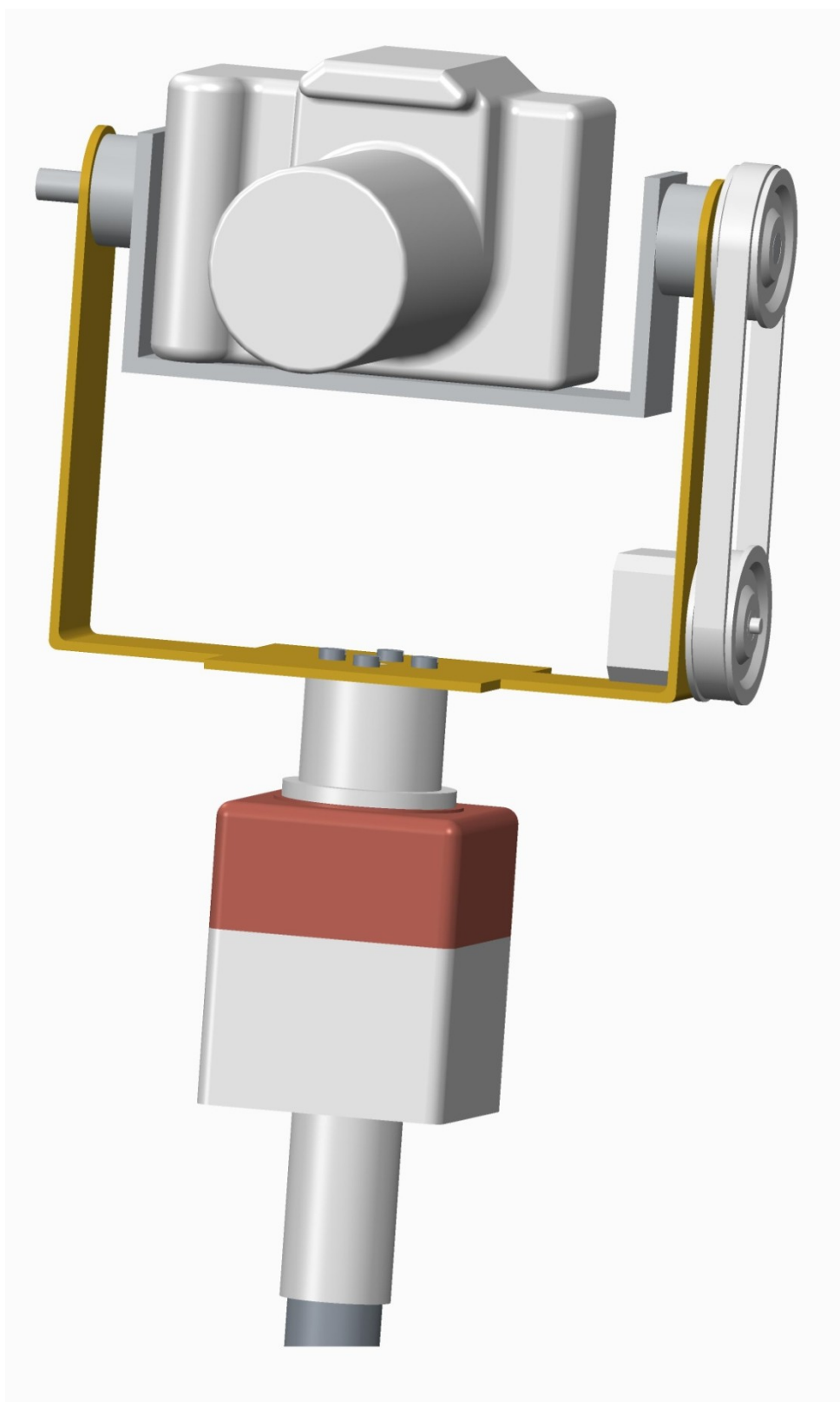
Rozsah a citlivost	
Rozsah	$\pm 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Citlivost	$0,028 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Přesnost	$\pm 0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

6 Závěrečné hodnocení

Úkolem této bakalářské práce bylo vypracování možného prototypu polohovatelné Kamerové plošiny na dálkové pořízování snímků, s vhodnou řídící, akční, senzorickou jednotkou a vybrat vhodný fotoaparát. Také byla zpracována vhodná komunikace mezi kamerovou plošinou a obsluhou. Byly navrženy tři varianty a z nich vybrána optimální, která je dále rozpracována. Problémy se vyskytly při návrhu a dimenzování pohonů, kde bylo nežádoucí zvyšování hmoty mimo těžiště a otáčení jednotlivých os. Vzhledem k samotné konstrukci byl proto zvolen kompromis mezi pohony a celkovým rozložením hmotnosti. Na kamerové plošině jsou použity krokové motory, které nejsou omezeny úhlem natočením, a tím nemůže dojít k náhodnému poškození jak pohonům, tak i celé konstrukce. Jediné omezení se týká pouze vedením kabeláže k sensorům a pohonům, ale jejich vhodné umístění tento problém eliminuje. Výsledné rozměry kamerové plošiny jsou (240 x 279 x 105)mm.

Výhodou této kamerové plošiny je jeho celková kompaktnost a jednoduchá využitelnost v jakémkoliv terénu a prostředí. Komunikace mezi zařízením a obsluhou je zajištěna přes řídící počítač, kterým se ovládají krokové motory pomocí programu Inmotion PC Utilities a jsou do něj předávány informace ze sensorového subsystému. Veškeré informace o poloze monitorování a směru monitorovaného místa je pomocí programu nahrávány do informačních popisků pořízeného záznamu. Vybraný fotoaparát Canon EOS 650D je pro potřeby této bakalářské práce zcela vyhovující jak po stránce finanční, tak i z hlediska kvality pořízeného záznamu. Nevýhodou je náročnější proces ustavení kamerové plošiny do její základní polohy (vysouvání teleskopického sloupu) a mírné omezení vůči bočnímu naklonění, neboť celý systém je uzpůsoben pouze do 10° náklonu sloupu.

Pro budoucí použitelnost a lepší obsluhovatelost by bylo možné upravit a vylepšit designe a změnit jak pohony samotné, tak jejich umístění, čímž by došlo k celkovému snížení hmotnosti, snížení energetických nároků na pohony a zlepšení ovladatelnosti. Výsledná varianta je určena především pro méně náročné zákazníky, kteří nevyžadují třetí stupeň otáčení



Obrázek 6.1 Kamerová plošina

7 Seznam použité literatury

- [1] DODDLE. [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://news.doddlme.com/equipment/aerial-camera-platforms-becoming-more-mainstream-as-they-get-affordable/>
- [2] Fstopper. [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://fstoppers.com/teton-gravity-research-shows-off-most-advanced-4k-gyro-stabilized-camera-platform>
- [3] Newis cision. [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://news.cision.com/carbonxl/i/the-zero-gravity-head-design-in-the-engineered-carbon-xl-camera-crane,c135461>
- [4] KAAJAKARI Ville [i]Practical MEMS: Design of microsystems, accelerometers, gyroscopes, RF MEMS, optical MEMS, and microfluidic systems.[i] 2009, ISBN-10: 0982299109, ISBN-13: 978-0982299104.
- [5] ZMIJKA, M. [i]Stabilizační plošina.[i] Bakalářská práce, Katedra robototechniky, VŠB-TU Ostrava 2010.
- [6] BOSÁK, D. [i]Návrh konstrukce kamerového jeřábu s elektrickým pohonem.[i] Bakalářská práce, Ústav konstruování, FSI, VUT Brno, 48s., 2010.
- [7] CARBONXL. [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.carbon-xl.com/>
- [8] Globe Flight. [online]. [cit. 2014-05-13]. Dostupné z: <http://www.globe-flight.de/DJI-Zenmuse-Z15-g-Cameragimbal-remotehead-3-axispanasonic-gh1-gh2>
- [9] MICROCON. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://microcon.cz/>
- [10] VERINER. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.vernier.cz/produkty/podrobne-informace/kod/LGA-BTA>
- [11] DD AMTEK. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: <http://www.ddamtek.cz/index.php?>

8 Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

[1] Sestavný výkres Kamerové plošiny

Přílohy v elektronické podobě:

[2] 3D model Kamerové plošiny