

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Karin FAVENTO

**MOŽNOST OBJEKTIVNEJŠEGA OCENJEVANJA
KOREKTNOSTI IN IZDATNOSTI HODOV PRI
KONJU**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2016

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Karin FAVENTO

**MOŽNOST OBJEKTIVNEJŠEGA OCENJEVANJA KOREKTNOSTI
IN IZDATNOSTI HODOV PRI KONJU**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**POSSIBILITY OF OBJECTIVE SCORING FOR CORRECTNESS
AND GAIT EFFICIENCY FOR THE HORSE**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2016

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje Znanost o živalih. Delo je bilo opravljeno na Katedri za znanosti o rejah živali, Enoti za konjerejo.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za zootehniko je za mentorja magistrskega projekta imenovala doc. dr. Klemena Potočnika.

Recenzent: prof. dr. Peter Dovč

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Silvester ŽGUR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: doc. dr. Klemen POTOČNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: prof. dr. Peter DOVČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Karin Favento

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 636.1(043.2)=163.6
KG	konji/hodi/ocenjevanje
AV	FAVENTO, Karin, dipl.inž.kmet.zoot.(UN)
SA	POTOČNIK, Klemen (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Magistrski študijski program 2. stopnje Znanost o živalih
LI	2016
IN	MOŽNOST OBJEKTIVNEJŠEGA OCENJEVANJA KOREKTNOSTI IN IZDATNOSTI HODOV PRI KONJU
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
OP	IX, 42 str., 4 pregl., 18 sl., 36 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Spremljanje in ocenjevanje hodov pri konjih ima čedalje večji pomen. Ocene hodov se uporabljajo kot selekcijski kriterij v rejskih programih. Za potrebe selekcije se ocenjuje lastnosti izdatnosti in korektnosti hodov. Obe lastnosti sta gospodarsko pomembni še posebej pri športnih konjih. Pri ocenjevanju teh lastnosti pri konjih, se v praksi uporablja subjektivno ocenjevanje. Le to je za potrebe selekcije manj učinkovito, kot bi bilo objektivno ocenjevanje oz. merjenje teh lastnosti. V literaturi smo našli pripomoček za merjenje gibanja, ki ga uporabljajo tudi pri diagnosticiranju šepanja konj. Glede na tehnične karakteristike pripomočka, ki vsebuje IMU (Inertial Measurement Unit) tehnologijo in ima vgrajen giroskop ter pospeškometer, smo z nalogo želeli preveriti možnost uporabe te tehnologije za objektivnejše ocenjevanja hodov pri konjih. V naših poskusih smo z napravo s komercialno oznako x-IMU, ki vsebuje IMU tehnologijo zbirali podatke iz giroskopa in pospeškometra med gibanjem konja. Le te smo pretvorili v gibanje v tridimenzionalnem prostoru s pomočjo programske kode za MatLab, ki je dostopna na strani proizvajalca naprave x-IMU. Za segmentacijo gibanja na posamezne korake in analizo korektnosti ter izdatnosti posameznih korakov smo izdelali metodologijo v programskem paketu SAS. Kljub večkratnim ponovitvam in različnim poskusom nismo uspeli izdelati celotnega postopka, ki bi zagotavljal zanesljivo in ponovljivo ocenjevanje – merjenje korektnosti in izdatnosti hodov. Možen vzrok vidimo v napačni transformaciji meritev pospeškometra in giroskopa v tri dimenzionalni prostor ali v napaki na sami napravi x-IMU. Po rešitvi teh zadev se odpirajo številne možnosti za objektivno spremljanje gibanja konja, ki ga bo možno opisati z večjim številom linearnih lastnosti. Predvidevamo, da bodo, na ta način ocenjene lastnosti gibanja konj, dobra osnova za učinkovito selekcijsko delo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2

DC UDC 636.1(043.2)=163.6

CX horses/gaits/scoring

AU FAVENTO, Karin

AA POTOČNIK, Klemen (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science,
Master Study Programme in Animal Science

PY 2016

TI POSSIBILITY OF OBJECTIVE SCORING FOR CORRECTNESS AND GAIT
EFFICIENCY FOR THE HORSE

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)

NO IX, 42 p., 4 tab., 18 fig., 36 ref.

LA sl

Al sl/en

AB Monitoring and evaluation of horses gaits have become more important in the past decade. The scores from assessment are used like breeding objectives. For the needs of selection, correctness and gait efficiency are being scored. Especially for horses included in sport this two characteristics have also an economical importance. They are under subjectivism in appraisal and this brings unreliability in comparison with objective evaluation. In many published researches we have found out about a device used for detecting and for examining lameness in horses. The device include a IMU (Inertial Measurement Unit) technology, with a gyroscope and accelerometer. These technical characteristics made us choose this type of device to try to find out if it is possible to use it for examine the possibility of using this technology for a more objective assessment of gaits in horses. In our research we use a commercial branded IMU device named x-IMU. We used the obtained data from the gyroscope and accelerometer and converted them in a 3D system by using a script for MatLab present on the official website of the device manufacturer. In SAS we wrote a path that could show us each stride separately and that permit to analyse their correctness and gait efficiency. After multiple trials we could not be able to make the whole process work in a desire to perform a reliable and reproducible assesment. A possible cause could be an error in transforming the obtained measurements from gyroscope and accelerometer in a 3D system, or an error on the x-IMU device. According to the resolution of these issues is opening up many opportunities for objectively monitoring the movement of the horse, which will be described with a greater number of linear features. We assume that, in this way estimated and obtained data of movement, give us good basis for effective selection work.

KAZALO VSEBINE

	KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
	KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
	KAZALO VSEBINE	V
	KAZALO PREGLEDNIC	VI
	KAZALO SLIK	VII
	SEZNAM GESEL	VIII
	OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	IX
1	UVOD	1
2	PREGLED OBJAV	3
2.1	MERJENJE IN SPREMLJANJE GIBANJA KONJ SKOZI ZGODOVINO	3
2.2	SPREMLJANJE IN OCENJEVANJE GIBANJA KONJ	7
2.2.1	Pomen ocenjevanja	7
2.2.2	Potek ocenjevanja	8
2.2.3	Subjektivnost pri ocenjevanju	9
2.2.4	Lipicanski konj	11
2.2.4.1	Potek ocenjevanja na primeru rejskega programa za pasmo lipicanski konj	12
2.3	SPREMLJANJE GIBANJA KONJ S POMOČJO ELEKTRONSKIH NAPRAV	13
2.3.1	Kinematična analiza	13
2.3.2	Kinetična analiza	14
2.3.3	Opazovanje gibanja z IMU napravami	14
3	MATERIAL IN METODE	19
3.1	MATERIAL	19
3.1.1	Živali	19
3.1.2	Naprava x-IMU	19
3.1.3	Namestitev naprave x-IMU na konjski ščitnik	20
3.1.4	Poligon	23
3.2	METODE	23
3.2.1	Zajem podatkov	23
3.2.2	Nastavitve naprave	24
3.2.3	Obdelava podatkov	26
4	REZULTATI Z RAZPRAVO	31
4.1	OSNOVNA STATISTIKA ZA DOLŽINO KORAKA	31
4.2	OSNOVNA STATISTIKA ZA VIŠINO KORAKA	32
4.3	OSNOVNA STATISTIKA ZA OSCILACIJO KORAKA	32
4.4	ANALIZA KORAKOV	33
5	SKLEPI	36
6	POVZETEK	37
7	VIRI	39
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Meritve telesnih lastnosti konj	19
Preglednica 2:	Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po x osi (dolžina koraka)	32
Preglednica 3:	Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po z osi (višina koraka)	32
Preglednica 4:	Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po y osi (korektnost hoda)	33

KAZALO SLIK

Slika 1:	Slika gibanja konja po Muybridgu (Eadweard Muybridge, 2016a)	4
Slika 2:	Postavitev poligona pri poskusu Muybridga (Eadweard Muybridge, 2016b)	5
Slika 3:	Postavitev 24 kamer za zajem gibanja konja pri poskusu Muybridga (Eadweard Muybridge, 2016c)	5
Slika 4:	Poligon in potek ocenjevanja po Brem (Brem, 1998)	9
Slika 5:	Distribucija ocen štirih ocenjevalcev v linearnem ocenjevanju Belgijske toplokrvne pasme (Rustin in sod., 2009)	10
Slika 6:	Primer IMU naprave: x-IMU	15
Slika 7:	Izdelan triosni nosilec pritrjen na kopitu oz. nameščeno IMU napravo (Moorman, 2013)	16
Slika 8:	Namestitev giroskopa na prednjo desno nogo (McCracken in sod., 2012)	17
Slika 9:	Odprtokodna programska oprema x-IMU GUI 13.1	20
Slika 10:	Namestitev naprave x-IMU s samolepljivim povojem	21
Slika 11:	Namestitev naprave x-IMU na prednji ščitnik z uporabo zašitega žepka	22
Slika 12:	Namestitev naprave x-IMU na zadnji ščitnik z uporabo zašitega žepka	22
Slika 13:	Poligon (foto: Škerlj Š., 2016)	23
Slika 14:	Namestitev ščitnikov na konja	24
Slika 15:	Pretvornik »bin« datoteke v »csv« datoteke	26
Slika 16:	Nastale datoteke v »csv« obliki	27
Slika 17:	Oscilacija noge levo/desno (m) in višina koraka za 5 korakov	34
Slika 18:	Oscilacija noge levo/desno (m) in višina koraka za 3 korake	35

SEZNAM GESEL

Korektnost hodov	Lastnost, ki predstavlja oscilacijo gibanja nog v stran (v nalogi po y osi).
Izdatnost hodov	Lastnost, ki predstavlja kombinacijo dolžine (v nalogi po x osi) in višine (v nalogi po z osi) koraka glede na velikost konja. Pri nekaterih pasmah je še poseben poudarek na višini koraka (baročne pasme).
Korak	Je vrsta hoda v pravilnih štirih taktih z enakimi intervali med vsakim korakom.
Kas	Je hod v dveh taktih, med katerima je trenutek lebdenja. Konj stopa hkrati z dvema diagonalnima nogama, tj. istočasno z eno prednjo in eno zadnjo nogo (prednja leva in zadnja desna ter obratno).
Pas	Sinonim za pas je kljusanje. Gre za dvotakten hod, kjer konj stopa sočasno z nogama na isti strani telesa. Torej sočasno prednja leva in zadnja leva, ter prednja desna in zadnja desna.
Galop	Je hod v treh taktih, pri katerem si na primer v desnem galopu sledijo koraki posameznih nog v naslednjem vrstnem redu: leva zadnja, prednja leva in zadnja desna ob istem času, prednja desna; temu sledi trenutek lebdenja vseh štirih nog, preden se prične spet naslednji galopni skok.

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

GUI	Graphical User Interface
IMU	Inertial Measurement Unit
PRC	Pedagoško raziskovalni center
ZRLS	Združenje rejcev lipicanca Slovenije

1 UVOD

Človek je od nekdaj navdušen nad gibanjem živali v naravi. Posebno pozornost nameni spremljanju hodov pri konjih, ki so videti elegantni in mogočni. Že v letih pr. n. št. so Grki začeli s preučevanjem anatomije konja. V 18. in 19. stoletju so raziskave na temo gibanja konj cvetele tudi zaradi nastanka fotografije. Slike so bile objektivni rezultat subjektivnega ocenjevanja iz strani raziskovalca.

Po domestikaciji je konj skozi zgodovino spremenil vlogo iz delovnega, vojaškega »pomočnika« do danes športnika in ljubljénčka. Ne smemo podcenjevati ekonomskega vidika okoli zdravljenja in dobrega počutja konj. Šepanje je najpogostejša in najdražja zdravstvena težava (USDA, 2001).

V zadnjem desetletju se raziskave na temo zgodnje ugotovitve šepanja konj pojavijo v velikem številu. Za odkrivanje tovrstne motnje, so najpogostejše v uporabi IMU (Inertial Measurement Unit) naprave, ki imajo vgrajene senzorje kot so: giroskop, pospeškometer in magnetometer. Po obdelavi tako zajetih podatkov pridobimo natančne koordinate pozicije konja v prostoru.

Ocenjevanje lastnosti zunanosti, zajema pri konjih tudi oceno hodov. Te ocene so osnova za razvrščanje plemenskih živali v kakovostne razrede v večini rejских programov za pasme toplokrvnih konj (Koenen in sod., 2004). Med ocenjene lastnosti hodov spadata izdatnost in korektnost. Sta gospodarsko pomembni lastnosti, njuna opredelitev temelji na subjektivnem opisovanju.

Subjektivno ocenjevanje ni ponovljivo in zanesljivo sredstvo (Keegan in sod., 2010), ker se nanaša na pridobljene izkušnje in izobraževanja ocenjevalcev v času svojega dela. Lahko pride do napak pri dodelitvi ocene na primer že zaradi velike razdalje ocenjevalca do konja. Z objektivnim spremljanjem hodov, s pomočjo tehnologije x-IMU, je možno oceniti celotno variacijsko širino izraženosti posamezne lastnosti. Taki podatki dajejo možnosti za učinkovitejšo selekcijo.

Namen magistrskega dela je bilo izdelati metodologijo, katera omogoča objektivno ocenjevanje hodov konj z uporabo brezžične, kompaktne in za konja ne moteče naprave x-IMU. Postavitev metodologije se je nanašala na določanje izdatnosti in korektnosti v koraku in kasu na primeru lipicanskih konj.

2 PREGLED OBJAV

2.1 MERJENJE IN SPREMLJANJE GIBANJA KONJ SKOZI ZGODOVINO

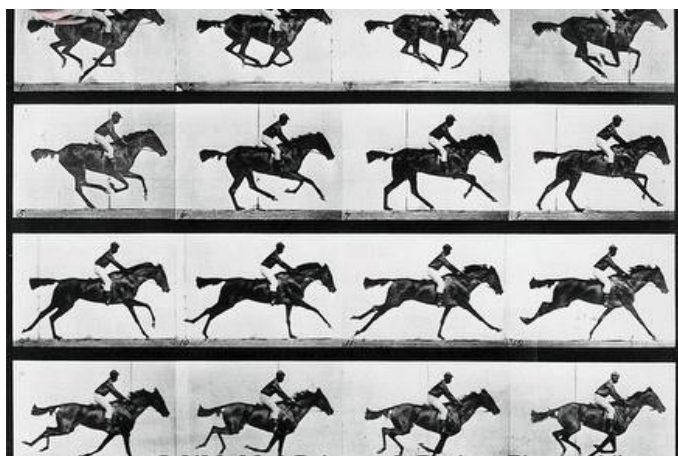
Vloga konja skozi stoletja se je zelo spremenila. Jahanje in domestikacija konja sega v leto 4000 pr. n. št. Konj s svojo močjo je služil kot pomoč pri lovu, transportu ljudi in tovara. Veliko slik jahalnih konj je bilo najdenih pri srednje-vzhodnih civilizacijah, ampak prvi priročnik jahanja z razlago konformacije konja je bil za vojaške namene napisan izpod rok Ksenofonta (445-354 pr.n.št.). Kasneje je Aristotel (384-322 pr.n.št.) natančno opisal anatomijo konja. Z nastajanjem jahalnih šol v 16. in 17. stoletju v Italiji, Španiji, na Portugalskem, Franciji in Avstriji se je zanimanje za spoznanje delovanja gibanja konja povečalo (Barrey, 1999).

Začetki znanstvenih študij in poskusov na temo gibanja in spremljanja hodov konj segajo v 17. in 18. stoletje. Prva veterinarska fakulteta je bila ustanovljena leta 1761 v Lionu po zaslugi Claude Bougelat. Bougelat je prvi poskusil znanstveni pristop v spoznavanju gibanja konj. Leta 1779 je izšlo prvo poglobljeno delo na temo gibanja konj. Avtorja sta bila Mr Goiffon in njegov namestnik Vincent. Kljub pomanjkljivosti pri določanju gibanja v kasu in galopu je delo zelo poglobljeno in natančno. V knjigi sta predstavila diagram hodov, kateri je v rabi še danes in meri čas in razdaljo, ki ga konj prehodi. V 19. stoletju je bila vloga konja še zmeraj pomembna v vojaške namene, za transport in v kmetijstvu ter gozdarstvu. Tako so začeli znanstveniki, še posebej v Evropi, zmeraj bolj raziskovati gibanje konja. Conrad von Hochstätter iz Švice je od leta 1821 do leta 1824 izdal knjigo (Theoretisch-praktisches Handbuch der äussern Pferdekenntniß, und der Wartung und Pflege der Pferde), katera vključuje prvo študijo o anatomske mehanizmu gibanja po svojih opazovanjih. V Franciji so znanstveniki nadaljevali delo na osnovi diagrama Goiffona in Vincenta (Back in Clayton, 2013).

Prava revolucija v poznavanju in raziskovanju gibanja konj je bila leta 1877. Do tistega leta rezultati in trditve so bile redko kdaj podprte s poskusi in so bile samo teoretične narave. Večina raziskav je temeljilo na opazovanju samo s človeškim očesom, kar je

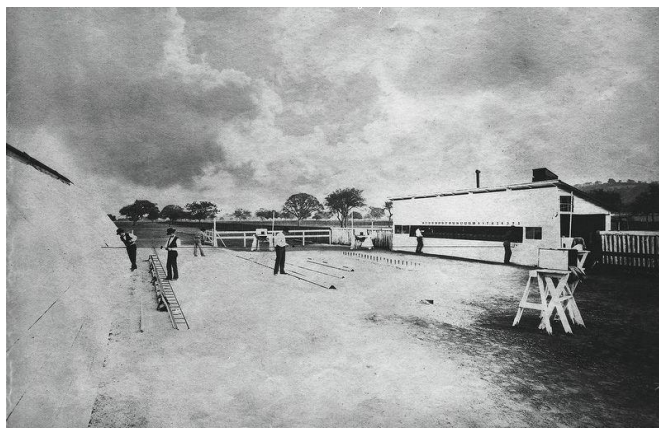
omejujoče še posebej pri merjenju hitrejših hodov. Velika zasluga za odločilen prelom v razumevanju konjskega gibanja gre fotografu Eadweard Muybridge in fiziologu Etienne Jules Marey (Back in Clayton, 2013).

Muybridge je leta 1881 začel s pisanjem svoje knjige z naslovom »The Horse in Motion«. V knjigi je predstavil tudi slike v katerih je razviden vsak korak zajet v zaporedju s konjevim gibanjem (Slika 1) (Back in Clayton, 2013).

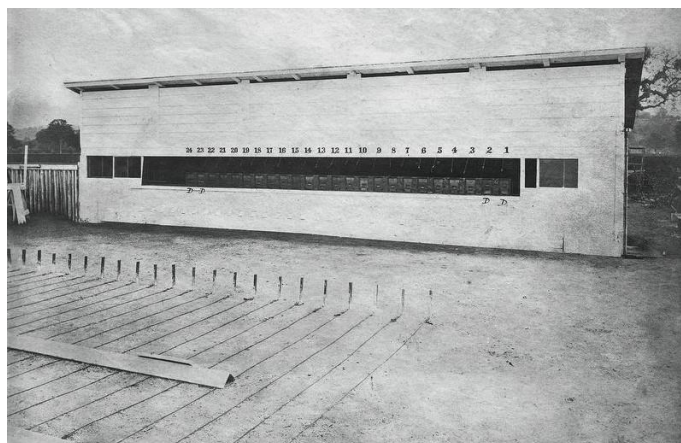


Slika 1: Slika gibanja konja po Muybridgu (Eadweard Muybridge, 2016a)

Slike je pridobil s postavitvijo poligona (Slika 2) na katerem je na eni stranici postavil v vrsti 24, za tisti čas zelo naprednih kamer (Slika 3) in ujel vse podrobnosti na sliko (Back in Clayton, 2013).



Slika 2: Postavitev poligona pri poskusu Muybridga (Eadweard Muybridge, 2016b)



Slika 3: Postavitev 24 kamer za zajem gibanja konja pri poskusu Muybridga (Eadweard Muybridge, 2016c)

Marey je uporabil tri različne naprave, katere je namestil: na podkev in nad bicljem, za pridobivanje podatkov s katerimi bi ločil, kdaj je noga konja na tleh in kdaj je v zraku. Tretjo napravo je povezal od vihra do medenice za zapisovanje podatkov navpičnega gibanja hodov. Razlika z dosedanjimi raziskavami je bila v tem, da je Marey lahko dokazal s podatki kar so ostali pred njim samo sklepali z opazovanjem (Back in Clayton, 2013). Razvil je natančno zaporedje konjevih korakov in ugotovil, da zadnje noge dajejo moč, medtem, ko prednje zagotavljajo podporo (Leach in Dagg 1983, cit. po Back in Clayton, 2013). Kljub svojim ugotovitvam je Marey vseeno priznal, da je študija Goiffona in Vincenta še zmeraj napredna in aktualna v primerjavi z njegovimi rezultati (Back in Clayton, 2013).

Po francoskih začetkih raziskav, so v 20. stoletju prevzeli primat nemški veterinarji. Uporabili so tehnologijo katera je bila v rasti še posebej na začetku 20. stoletja, fotografijo in posnetke na filmu. Tako so lahko »upočasnili« naravno gibanje konja kar je pokazalo značilnosti vsakega hoda. Primer je leta 1917, ko je profesor Keller zgradil mizo, kjer je bila na sredini kamera in konj s svojim gibanjem jo je potiskal v krogu. Posnetke je predvajal z manjšo frekvenco kot jih je snemal in tako dobil upočasnjeno gibanje. Edina pomanjkljivost je bila ta, da konj ni hodil v ravni črti (Back in Clayton, 2013).

Začeli so tudi s študijami med povezavo s konformacijo konj in zmogljivostjo. Kljub vsem študijam je Bethcke (1930, cit. po Back in Clayton, 2013) izjavil, da je možno izmeriti podatke o anatomskih razlikah med pasmami, ampak, da se ne da izmeriti uspešnost, ki je podvržena treningu, karakterju, genetski liniji in vzdržljivosti internih organov (Back in Clayton, 2013).

Kasnejše raziskave so vključevale tudi povezavo med dolžino konjskih okončin in dolžino koraka (Horst Franke, 1935, cit. po Back in Clayton, 2013), vplive sklepov (Moskovits, 1930; Kadletz 1937, cit. po Back in Clayton, 2013), preko električnih naprav meritve delovanja kopita (Kroon, 1922, 1929; van der Plank, 1929, cit. po Back in Clayton, 2013) in povezavo med mišicami vratu in prednjimi nogami (Carnus, 1935, cit. po Back in Clayton, 2013).

Takoj po drugi svetovni vojni do začetka 1970 leta je bilo zmeraj manj raziskav, ker se je vloga konja spremenila. Ob začetku 20. stoletja se je uporaba konj za vojaške in kmetijske namene drastično zmanjšala v prid strojev (Back in Clayton, 2013). Začelo se je večje zanimanje za konjeniške športe in s tem opredelitev konja kot športnika (Offringa, 1981, cit. po Back in Clayton, 2013). Zanimanje za jahalne športe in konjske dirke pa je vzbudilo številne raziskave na temo biomehanike konj. Ekonomski dejavniki so spodbudili razvoj rejskih programov za bolj učinkovito selekcijo konj za rejo in šport (Barrey, 1999).

2.2 SPREMLJANJE IN OCENJEVANJE GIBANJA KONJ

Velik interes za spremljanje gibanja konj in tehnologija v razvoju sta pripomogli k vedno večjemu številu raziskav na tem področju. Največje zanimanje je pri ocenjevanju žrebet, kobil in žrebcev ob vključitvi med plemenske živali ter pri diagnosticiranju šepanja konj.

2.2.1 Pomen ocenjevanja

Pri selekciji igrajo veliko vlogo telesne lastnosti in hodi. Opisovane in merjene telesne lastnosti so osnova za razvrščanje konj v kakovostne razrede v skladu z rejskimi cilji.

Molina in sod. (1999) so pridobili podatke 1273 Andaluzijskih konj rojenih od leta 1991 do 1997 z namenom oceniti genetske parametre (dednostne deleže in genetske korelacije) za telesne lastnosti. Upoštevali so pridobljene ocene na lestvici od 1 do 10 za telesne lastnosti, gibanje in temperament. Visoki dednostni deleži za merjene lastnosti (višina vihra, dolžina telesa,...) so pokazali, da bi bila selekcija na te lastnosti učinkovita. Pridobljeni rezultati so zelo pomembni za določitev selekcijskih ciljev, ker z ocenjenimi genetskimi korelacijami posredno izvajamo selekcijo drugih soodvisnih lastnosti, ki niso vključene v selekcijski program.

Rustin in sod. (2009) so v njihovi raziskavi pridobili ocene 1215 kobil Belgijske toplokrvne pasme, starih od 3 do 4 leta (rojenih od leta 2003 do 2007). Ocenjene so bile po sistemu linearnega opisovanja. Z modelom živali so ocenili dednostni delež za dolžino koraka v kasu z 0,47, za elastičnost 0,33 in za impulzivnost 0,36. Podatki o genetski korelaciji so za naš namen zanimivi, ker opisujejo kako telesne lastnosti vplivajo na: dolžino koraka, elastičnost in impulzivnostjo v koraku in kasu. Hoda sta bila od srednje do visoko korelirana z višino vihra in obsegom. Lastnosti kasa so bile pozitivno korelirane z omišičenostjo in dolžino vratu, zmerno korelirane z dolžino pleč in skočnim sklepom. Dolžina koraka v kasu je bila zmerno korelirana z dolžino hrbta. Iz opisanega lahko zaključimo, da so kratek vrat z nizko stopnjo omišičenosti, slabo izraženimi skočnimi sklepi s kratkim hrbtom ter pleči povezani z nizko impulzivnostjo, kratkim korakom in slabo elastičnostjo v kasu.

Rejski programi so uspešni, ko je genetski napredek neprekinjen in v skladu s selekcijsko shemo, ki opredeljuje rejske cilje, smeri prireje in natančne definicije lastnosti. V praksi se rejci pri izbiri žrebca za njihove plemenske kobile odločajo zlasti na podlagi posameznih ocen telesnih lastnosti in športnih rezultatov. V rejskih programih toplokrvnih konj sodeluje vedno večje število akterjev, ki so vključeni v različne športne panoge, kar je pripeljalo, da je delež ljudi iz področja reje vedno manjši. Zato se pomembnost pridobivanja točnih in zanesljivih podatkov povečuje (Duensing in sod., 2014).

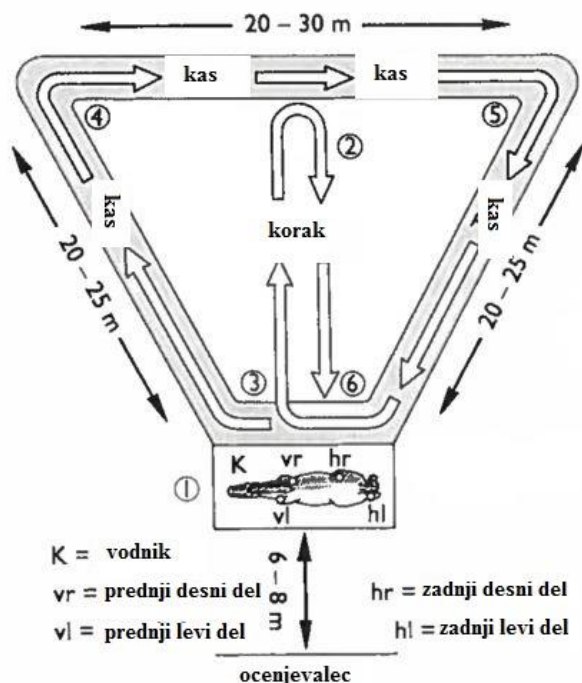
Pri večini rejskih programov za toplokrvne pasme konj se uspešnost izvajanja rejskih programov kaže v rezultatih na najvišjih športnih tekmovanjih (Koenen in sod., 2004). Težava pri takem spremljanju napredka rejskih ciljev je v tem, da se informacije o športni uspešnosti konja pokažejo pozno in tako želja po hitrejšem napredku ni uresničljiva (Duensing in sod., 2014). Zato selekcija jahalnih konj temelji na lastnostih, ki se lahko pridobijo v zgodnjih letih konj in imajo visoke dednostne deleže (Viklund in sod., 2010, cit. po Duensing in sod., 2014).

2.2.2 Potek ocenjevanja

Po Brem (1998) ocenjevanje koraka in kasa poteka kot je prikazano na sliki 4. Vodnik konja vodi na svoji desni po poligonu, ki tvori trikotnik, mere stranic so 20 – 30 m in 20 – 25 m. Komisija oz. opazovalec je postavljena od 6 do 8 m od izhodišča poligona za prikaz konja. Predstavitev poteka po točkah (Slika 4):

1. na točki za izhodišče se ocenjujejo telesne lastnosti. Komisija gleda konja, ki stoji na miru v levi bok,
2. vodnik odpelje konja v koraku pravokotno od komisije, ocenjuje se korektnost zadnjih nog v koraku, na koncu poligona vodnik obrne konja in v koraku gre proti komisij, ocenjuje se korektnost koraka prednjih nog,
3. v nadaljevanju vodnik obrne konja v desno in ga vodi v kasu od komisije, ocenjuje se korektnost kasa zadnjih nog,
4. na stranici trikotnika pred komisijo, vodnik vodi konja v izdatnem kasu, komisija gleda konja v desni bok in ocenjuje izdatnost kasa,

5. po zavoju označenem s '5' na sliki 4, vodnik konja vodi v zmernem kasu proti komisiji, ki ocenjuje korektnost kasa prednjih nog.

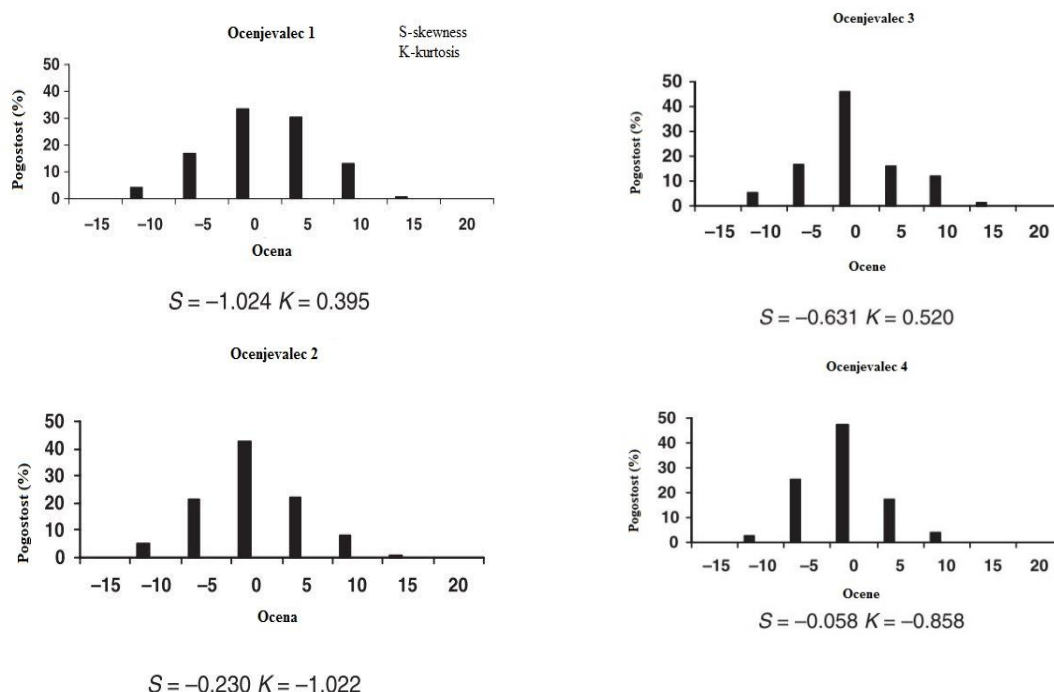


Slika 4: Poligon in potek ocenjevanja po Brem (Brem, 1998: 122)

2.2.3 Subjektivnost pri ocenjevanju

Eden od največjih problemov, ki se pojavi pri ocenjevanju je subjektivnost ocenjevalca (Pogačar in Štepec, 1987 cit. po Potočnik, 2005). Za zmanjšanje subjektivnosti s strani ocenjevalcev so potrebne izkušnje, udeležba na izobraževanjih, poznavanje bioloških značilnosti in razumevanje pomena posameznih lastnosti (Pogačar in Štepec, 1993; Pogačar in sod., 1995; Pogačar in Potočnik, 1997 cit. po Potočnik, 2005).

V raziskavi Rustina in sod. (2009) so bili štirje ocenjevalci (Slika 5). Ocenjevalec 1 je na lestvici dodelil večino pozitivnih ocen, ocenjevalec 4 pa večino negativnih. Ocenjevalec 3 je večino kobil ocenil z 0. Ocenjevalec 2 je imel konstantno distribucijo na lestvici. Možna razlaga je, da je bilo v času raziskave linearno ocenjevanje komaj uveljavljeno za Belgijsko toplokrvno pasmo in pomanjkanje izobraževanja ocenjevalcev je lahko pripeljalo do različnega razumevanja lestvice.



Slika 5: Distribucija ocen štirih ocenjevalcev v linearnem ocenjevanju Belgijske toplokrvne pasme (Rustin in sod., 2009)

Poskus objektivizacije ocenjevanja se izvaja tudi z uveljavljanjem linearnega opisovanja v rejskih programih toplokrvnih pasem konj. V primerjavi s »tradicionalnim« ocenjevanjem pri linearnem ne pridobimo samo ocene, na primer vratu (dolga, visoko nasajena, elegantno usločena in dobro omišičena) ampak ocena je sestavljena iz opisa oz. meritev vsake posamezne lastnosti (kot med vratom in plečnico, dolžina vratu od vihra do osnove uhljev,...) znotraj populacije v vsej variacijski širini med biološkima skrajnostima. Tudi pri gibanju je več razpoložljivih podatkov (dolžina koraka, delovanje prednjih okončin v povezavi z delovanjem kolena, prožnost,...). Slabosti zaradi katerih linearno ocenjevanje ni sprejeto v praksi (leta 2013 ga je izvajalo le deset rejskih organizacij) so stroški izobraževanja že uveljavljenih ocenjevalcev ali zaposlovanje novega osebja in poraba časa pri samem ocenjevanju na terenu (Stock, 2013).

2.2.4 Lipicanski konj

Lipicanski konj je ena najstarejših pasem v Evropi (Vejnovič, 2008). Ime pasme izvira iz kraja Lipica, kjer je leta 1580 Karel II ustanovil kobilarno za vzrejo bojnih konjev. Kmalu so se pokazale sposobnosti konj v učenju klasičnih dresurnih elementov in so se odločili vzrejati dvornega konja za dunajsko Špansko jahalno šolo. Na Krasu so bili že prisotni kraški konji, kateri so veljali za vzdržljive in sposobne tako vleke kočij kot ježe. Pri nastanku lipicanskega konja so poleg kraških kobil sodelovali še italijanski, španski in drugi konji (Kernel in sod., 2011). Leta 1735 je na odprtju dvorne jahalnice na Dunaju že nastopilo več kot 50 lipiških žrebcev (Vejnovič, 2008). V obdobju od l. 1740 do l. 1790 se je tako oblikovala pasma kot jo poznamo danes. Poznamo šest klasičnih linij, katere izvirajo iz šestih izbranih žrebcev z značilnimi telesnimi lastnostmi: Pluto (1765), Conversano (1767), Maestoso (1773), Favory (1779), Napolitano (1790), preimenovan Neapolitano in kasnejša arabska linija s Siglavy (1810) (Kernel in sod., 2011).

Konec 19. in v začetku 20. stoletja so se v kobilarnah na Madžarskem, Romuniji in na Hrvaškem izoblikovali dve novi liniji žrebcev, kateri nista zastopani v Kobilarni Lipica, in sicer Tulipan in Incitato. Lipicanska pasma je razširjena po Sloveniji in 18 državah Evrope, Avstralije, Amerike in Afrike. Kot primer velikosti populacije v Sloveniji navajamo število živali prisotnih v Kobilarni Lipica v letu 2010, in sicer skupno 389 konj. Od tega plemenski žrebci in kobile, žrebeta rojena v letu 2010, mladi konji do 4. leta in ostali konji (Mesarič in Rus, 2011).

Lipicanski konj je eleganten, srednje velik toplokrven konj. Velikost žrebcev je v višini vihra od 155 do 158 cm. Najpogostejša barva je siva, manj je vrancev in rjavcev. Žrebeta se skotijo temne barve (črna in rjava) in v starosti šestih do desetih let osivijo (Krumpak, 1994).

Glava je srednje velika z zmerno konveksnim profilom. Vrat je dobro omišičen, srednje dolg in visoko nasajen. Telo je dolgo in široko. Viher je zmerno izražen. Križ je raven in rep visoko nasajen. Prsi so široke in globoke, saj dosegajo 47% višine vihra (Krumpak, 1994). Noge so korektne ampak suhe gradnje. Sklepi so dobro razviti. Pasemska značilnost

so srednje velika in pravilno oblikovana kopita, pri čemer je skozi selekcijo pripomogel trdi kraški teren (Mesarič in Rus, 2011).

Lipicanski konj je s svojimi pravilnimi, izrazitimi hodi in pripravljenostjo za učenje sposoben osvojiti in izvajati vaje visoke šole jahanja in klasičnih dresurnih nalog. Je dolgoživi, inteligenten konj s priljudnim karakterjem (Werner, 1993).

2.2.4.1 Potek ocenjevanje na primeru rejskega programa za pasmo lipicanski konj

V Sloveniji se za večino pasem uporablja enak ocenjevalni model, kateri zagotavlja vrednotenje lastnosti opredeljene z rejskim ciljem (Vejnovič, 2008).

V primeru lipicanskega konja je sprejeti rejski program katerega izvajajo Kobilarna Lipica in Združenje rejcev Lipicanca Slovenije (ZRLS). Rejski cilj je imeti živali, ki so skladne, elegantne, plemenite, s pravilnimi in izdatnimi hodi za izvajanje klasičnih dresurnih vaj, udejstvovanja pod sedlom in v vpregi. Seleksijski program se izvaja za zagotavljanje rejskega napredka. Eden izmed ukrepov je ocena lastnosti zunanosti, ki vrednoti pasemski tip in pasemske značilnosti. Namen ocenjevanja je razvrščanje konj glede na njihove zunanje lastnosti in delovno sposobnostjo v kakovostne razrede. Razvrstitev živali v kakovostne razrede temelji na oceni iz zrejnega pregleda (se ne upošteva ocene iz razstav in ostalih rejskih prireditev). Za učinkovito in zanesljivo razvrščanje v kakovostne razrede je potrebno ocenjevanje živali v standardnih pogojih, torej ob enaki starosti in v enakih okoljskih pogojih (po možnosti več živali naenkrat). Pri odraslih konjih se ocenjuje:

- morfologija konja (pasemski tip in spolni dimorfizem, glava, vrat, prednji, srednji in zadnji del trupa, prednje in zadnje noge),
- pravilnost hodov in
- izdatnost in lahkotnost v gibanju.

Pri žrebetih se ocenjuje:

- morfologija (pasemski tip, glava in vrat, trup, noge) in
- pravilnost in izdatnost hodov (Rus, 2011).

Pri ocenjevanju pravilnosti gibanja, izdatnosti in prožnosti gibanja so podane zaželene in nezaželene značilnosti hodov. Končna ocena izrazi skupno oceno, ki je vsota posameznih

ocen. Posamezne dodeljene ocene so postavljene na lestvici od 0 do 10 (0- neocenjeno, 10- odlično). Komisija mora ocene utemeljiti z opisom in komentarjem na zapisniku. Ocenjevanje za odrasle živali poteka pred sprejemom v rodovniško knjigo (žrebce v petem letu starosti, žrebice v četrtem). Ocenjevanje žrebet se izvede v letu rojstva (pred odstavitvijo v oktobru). Komisija na predlog strokovne vodje je določena s strani strokovnega sveta Kobilarne Lipica za ocenjevanje konj vpisanih v I glavni del rodovniške knjige. Komisija imenovana v soglasju s strokovnim svetom ZRLS izvaja ocenjevanje konj vpisanih v II glavni del rodovniške knjige (Rus, 2011).

2.3 SPREMLJANJE GIBANJA KONJ S POMOČJO ELEKTRONSKIH NAPRAV

Kvalitativni podatki podani iz strani ocenjevalca so ocene, ki temeljijo na prejšnjih opazovanjih in izkušnjah ocenjevalca, torej so subjektivne narave. S pomočjo elektronskih naprav imamo na razpolago kvantitativne in objektivne meritve. Tako pridobljeni podatki vsebujejo in razložijo potek gibanja in sile, ki pri tem vplivajo. Dve fizikalni analizi to razložita, in sicer kinematična in kinetična analiza.

Poznane analize spremljanja hodov so zelo uporabne v klinične namene, tako pri človeku kot pri živalih. Pridobljene podatke se lahko uporabi pri rehabilitaciji in športni medicini (Sabatini in sod., 2005).

2.3.1 Kinematična analiza

Kinematična analiza preučuje spremembe položaja telesa in okončin v prostoru v določenem času (Barrey, 1999).

Upošteva spreminjanje kotov pri gibanju, hitrost, pospeške, trajanje in dolžino koraka. Najpogosteje se uporabljajo sistemi, ki vključujejo optično zajemanje gibanja. Za tako spremljanje gibanja potrebujemo kamero in markerje, kateri so pritrjeni na konja. Lahko so to aktivni markerji, na primer v obliki LED luči, ki sprožijo signal ali pasivni, narejeni iz odsevnih materialov. Podatke shranjene na računalniku lahko prikažemo s pomočjo grafov

ali z animiranimi figurami, kar pripomore k intuitivnemu razumevanju (Back in Clayton, 2013). S statistično analizo lahko podatke prikazane v grafih primerjamo med sabo (Deluzio in Astephen, 2007).

2.3.2 Kinetična analiza

Kinetična analiza preučuje interne sile, ki vplivajo na mišice in tako na končni gib in na sile prisotne v okolju. Sila, ki jo kopito sproži, ko se dotakne tal je primer take analize (Back in Clayton, 2013).

Lahko se pri tem uporabi jeklena plošča, katera meri sile, ko pride do dotikanja s kopitom. Senzorji postavljeni na kotih plošče neprekinjeno merijo napetost in pošiljajo analogne podatke računalniku. Z uporabo matematičnih enačb se podatki pretvorijo v digitalne, ki se lahko bere v tridimenzionalnem okolju (x, y, z). Obdelava s tako napravo je zamudna in zajem podatkov je omejen na dolžino plošče. Druga možnost je lahko naprava, nameščena v notranjosti kopita. Prednost je, da se lahko uporabi na različnih površinah in tudi na daljših progah. Slabost pa, da lahko zaradi teže vpliva na korak konja (Hobbs in sod., 2010).

2.3.3 Opazovanje gibanja z IMU napravami

Med sodobne kinematične analize sodijo tudi naprave IMU s katero je možno spremljati gibanje in izvajati zajem podatkov uporabnih za kasnejšo obdelavo. IMU naprava (Slika 6) je senzor v katerem so vgrajeni: giroskop, pospeškometer, magnetometer in termometer.



Slika 6: Primer IMU naprave: x-IMU

IMU naprave so brezžične, njihova dimenzija in teža niso moteče za konja (Marshall in sod., 2012). So priročne in se lahko uporabljajo izven kontroliranega okolja kot je laboratoriji. Uporaba tovrstnih naprav omogoča branje zajetih podatkov na objektivni način. Tako pridobljeni podatki dopolnjujejo subjektivno mnenje, bodisi pri ocenjevanju ali pri določanju šepanja konj (Moorman, 2013).

Uveljavljanje konja kot športnika je pripomoglo k večjemu zanimanju za njegovo zdravje, dobro počutje in telesno kondicijo v iskanju najboljših rezultatov in zmag na tekmovanjih. Zaznavanje šepanja je pomembno tako iz zdravstvenega kot iz ekonomskega vidika, zgodnja ugotovitev je ključnega pomena za pravočasno in učinkovito zdravljenje (Marshall in sod., 2012).

Po raziskavah iz strani USDA (2001) je šepanje pri konjih najbolj pogosta in iz ekonomskega vidika najbolj potratna zdravstvena težava. Dyson in sod. (2008) so po enoletnem zbiranju podatkov zaključili, da je šepanje odgovorno za od 80% do 82% manj izkoriščenih dni za trening pri 2 in 3 letnih Angleško polnokrvnih konj v Združenem kraljestvu Velike Britanije in Severne Irske.

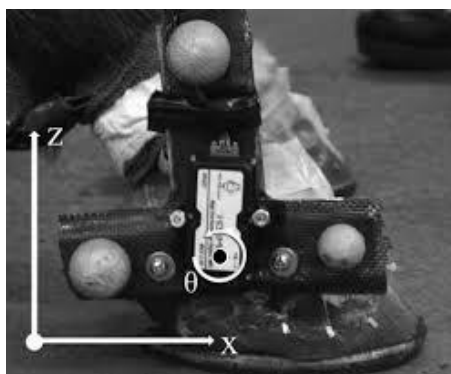
Pri 20% izbranih dresurnih konj za analizo na nizozemskem (opazovanih je bilo 520 konj vključenih v tekmovanja v različnih disciplinah) se je njihova tekmovalna kariera ustavila za določeno časovno obdobje zaradi težav povezanih s šepanjem (Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan in sod., 2010).

Rutinsko določanje šepanja poteka po ustaljenem načinu: najprej preko palpacije okončin in opazovanje konja na mestu, kasneje v gibanju (po ravni črti ali v krogu, v roki ali pod sedlom) na trdi podlagi v koraku in kasu (Ross in Dyson, 2011).

Zgodnje odkrivanje motenj in težav pri hodih lahko zmanjša stroške zdravljenja in čas okrevanja. Razvijanje metod z napravami katere so cenovno ugodne, ne vplivajo na konjevo gibanje in so enostavne za uporabo, je osnova za izvajanje objektivnega prepoznavanja konjevih motenj pri gibanju (Moorman, 2013).

Znanstvena dela proučujejo delovanje IMU naprav, njihovo namestitev na konja in njihovo natančnost pri zajemanju podatkov.

Moorman (2013) je v okviru doktorske disertacije raziskala primernost IMU naprave pritrjene na kopito za odkrivanje šepanja z dolgoročnim ciljem uporabe na konjih v njihovem vsakdanjem okolju. V enem od treh izvedenih poskusov je bila uporabljena IMU naprava (5,1 x 3,8 x 1,6 cm s težo 58,6 g) pritrjena na za ta namen izdelanem nosilcu na desnem prednjem kopitu (Slika 7). Nosilec je bil trdno nameščen na kopito s pomočjo akrilnega lepila. Izvedeli so poskus v laboratoriju za analizo gibanja na šestih konjih v kasu. Zaključek dela je obetaven saj je bilo dokazano, da IMU pritrjen na kopito meri kinetične sile in zazna spremembe v gibanju, tudi, ko šepanje ni očitno ali je težko opazno iz strani veterinarja.



Slika 7: Izdelan triosni nosilec pritrjen na kopito z nameščeno IMU napravo (Moorman, 2013)

Običajno je diagnoza za šepanje tekmovalnih in rekreativnih konj izvedena iz strani veterinarja, ampak ocena ni zmeraj zanesljiva (Keegan in sod., 2010).

Glede na doseženo objektivizacijo pri diagnozi šepanja z uporabo naprave IMU so primerjali učinkovitost zaznavanja izkušenih veterinarjev z obdelanimi podatki pridobljenimi z uporabo naprave. V študijo so vključili petnajst konj in trinajst veterinarjev (trije veterinarji hkrati so ocenjevali enega konja) specializiranih v odkrivanju šepanja s povprečno sedemnajst let izkušenj. S pomočjo posebnih podkev v katere se navije vijak so sprožili začasno šepanje na eni od konjevih nog (odstranitev vijaka je izničila šepanje). Namestili so na vsakega konja: pospeškometer, na konjsko glavo (temenica) in na sklep med ledvenim vretencem in križnico in giroskop, pritrdili so ga na ščitnik, ki prekriva biceljnico (Slika 8) (McCracken in sod., 2012).



Slika 8: Namestitev giroskopa na prednjo desno nogo (McCracken in sod., 2012)

Poskus je bil izveden 60 krat. Končni rezultati so pokazali, da je IMU zaznala šepanje ene noge pred veterinarji v 35 od 60 primerov (58,3%), veterinarji so zaznali šepanje pred napravo v 5 primerih (8,3%) in istočasno v 20 primerih (33,3%). Pri navijanju vijaka v podkev je napravi zadostovalo 5 in pol zavojev, medtem ko veterinarji so prepoznali šepanje, ko je bilo 6 in pol zavojev. Nadaljnje raziskave so potrebne za ugotovitev ali bi bila naprava IMU tudi tako učinkovita pri zaznavanju »naravnega« šepanja (McCracken in sod., 2012).

Uporaba IMU naprav ni pokazala obetavne rezultate samo pri ugotavljanju šepanja (Marshall in sod., 2012; Moorman, 2013; Low in sod., 2015), ampak tudi na primeru objektivnega vrednotenja neskladnega gibanja (ataxia) (Olsen in sod., 2012) in pri določanju ali kasač obdrži kas ali naredi nekaj korakov v galopu ali hodu na predvideni dolžini steze (Qui in Björsell, 2015).

3 MATERIAL IN METODE

Za izvedbo poskusa smo uporabili napravo x-IMU (x-io Technologies Limited) na dveh kastratih lipicanske pasme. V tem poglavju opisujemo izbrane materiale, metode in razlago za njihovo izbiro.

3.1 MATERIAL

3.1.1 Živali

Poskus smo izvedeli na dveh kastratih lipicanske pasme, Favory Sava in Neapolitano Torysa I. Konja sta bila rojena v letu 2005. Telesne lastnosti so prikazane v preglednici 1. Vse lastnosti smo izmerili iz leve strani konja na trdi in ravni podlagi. Dolžino telesa smo izmerili od začetka ramenskega sklepa do sedne kosti. Obseg piščali smo izmerili na prednji levi nogi, ko jo je konj obremenil. Konja sta vključena v delo na Pedagoško raziskovalnem centru za konjerejo Krumperk (PRC), ki deluje pod okriljem Biotehniške fakultete, Oddelka za zootehniko. Konja sta bila zdrava in brez znakov šepanja.

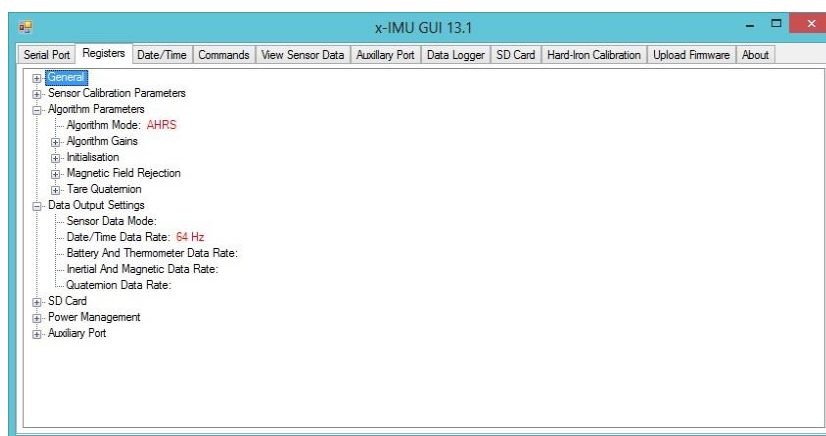
Preglednica 1: Meritve telesnih lastnosti konj

Telesne lastnosti	Ime konja	
	Favory Sava	Neapolitano Torysa I
Višina vihra (cm)	162	157
Dolžina telesa (cm)	163	155
Obseg prsi (cm)	187	178
Obseg piščali (cm)	22	21,5

3.1.2 Naprava x-IMU

V raziskavi je bila uporabljena naprava x-IMU. Po opisu proizvajalca je zasnovana za najbolj podrobno merjenje gibanja. Meri gibanje v treh dimenzijah s pomočjo triosnega giroskopa, triosnega pospeškometra, triosnega magnetometra, termometra in voltmetra.

Napravo nadzorujemo z uporabo odprtokodne programske opreme x-IMU GUI (Graphical User Interface) (Slika 9) nameščene na računalnik, katera nam omogoča spreminjanje nastavitev naprave x-IMU, vpogled zajetih podatkov v realnem času in izvoz podatkov v formatih primernih za obdelavo v Microsoft Excel ali MatLab (x-IMU User manual 5.2, 2015).



Slika 9: Odprtokodna programska oprema x-IMU GUI 13.1

Merjene vrednosti se samodejno shranjujejo na računalnik preko povezave z USB kablskim priključkom ali Bluetooth brezžične povezave in na SD micro kartico, katera je fizično prisotna v napravi (x-IMU User manual 5.2, 2015).

Odvisno od potrebe raziskave je podana možnost izbire frekvence katero se bodo merjene vrednosti zapisale na pomnilniški medij, in sicer 1 Hz, 2 Hz, 4 Hz, 8 Hz, 16 Hz, 32 Hz, 64 Hz, 128 Hz, 256 Hz, 512 Hz.

3.1.3 Namestitev naprave x-IMU na konjski ščitnik

Uporabili smo dva neoprenska konjska ščitnika. Izbrani model ščitnika obdrži pozicijo na konjevi nogi, se ne obrača in ne drsi navzdol. Notranja podloga zagotavlja zaščito kosti, vezi in kit. So dobro zračni in onemogočajo, da bi se noge pregrele.

Za potrebe poskusa smo se odločili za namestitev naprave na sredino in zunanjo stran prednje in zadnje piščalnice konjeve noge. Opisan položaj (sredina piščalnice) smo izbrali

za uporabo tovrstne naprave za rutinsko ocenjevanje gibanja in merjenja hodov. Zunanjo stran noge smo izbrali za lažje rokovanje z napravo in preprečitev možnih poškodb naprave s strani konjeve desne noge.

Velkro trak (ježek) prisoten na ščitnikih namenjenih za levi nogi konja je oviral namestitve naprave na zunanjo stran le teh, zato smo za desno nogo namenjeni ščitnik uporabili na levi nogi in tako pridobili gladko površino na katero smo lahko pritrdili napravo. Izvedena zamenjava ščitnikov ni vplivala na njihovo funkcijo v času trajanja poskusa (približno 3 minute).

Kot prvo možnost namestitve naprave x-IMU na ščitnik smo uporabili samolepljivi povoj za konje (Slika 10).



Slika 10: Namestitve naprave x-IMU s samolepljivim povojem

Prednosti povoja sta bili lahka dobavljivost in takojšnja uporaba brez vlaganja dela in novih materialov za izvedbo.

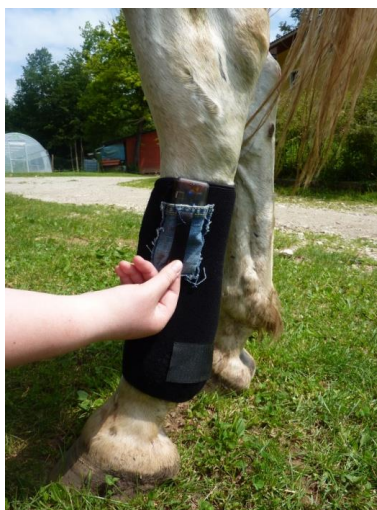
Slabosti, katere presegajo prednosti take namestitve so se takoj pokazale, in sicer:

- naprave ni bilo možno nadzorovati. Niso bile vidne signalne lučke in bil mogoč dostop do gumbov za vklop in ponastavitev,
- pri premeščanju naprave na drugega konja ni bilo mogoče zagotoviti enake pozicije.

Odločili smo se za izdelavo žepka kateri bi slabosti povoja izničil. Za nemoteno delovanje naprave x-IMU na konju smo zašili žepek tako, da je bil ob nastavitvi na nogo le ta na sredini piščalnice. Mere žepka so 60 x 80 x 22 mm, kar se prilega dimenzijam naprave. Za zagotovitev stabilnosti naprave v žepku smo prišli na zgornji strani žepka tudi velkro trak kateri ga zapre. Material uporabljen za izdelovanje je bil jeans, saj je dovolj trpežen za ohranjanje naprave zmeraj v isti poziciji in je istočasno fleksibilen za vstavljanje naprave (Slika 11 in Slika 12).



Slika 11: Namestitev naprave x-IMU na prednji ščitnik z uporabo zašitega žepka



Slika 12: Namestitev naprave x-IMU na zadnji ščitnik z uporabo zašitega žepka

Pri uporabi ščitnikov z napravo je bilo gibanje konj simetrično in nismo zaznali, da bi naprava konja motila ali ovirala pri gibanju.

3.1.4 Poligon

Meritve smo izvedeli na PRC Krumperk. V maneži smo postavili poligon kateri je meril 20 x 2 m (Slika 13). Poligon je bil sestavljen iz na tleh zaporedno postavljenih ovir. Odločili smo se za dolžino dvajsetih metrov, ker smo tako imeli štartno in ciljno točko iz katere smo pri obdelavi lahko izolirali podatke za vsaj deset korakov konja. Širina dveh metrov je omogočila gibanje konju in njegovemu vodniku brez prevelikih odstopanj v levo ali desno po zamišljeni ravni premici.



Slika 13: Poligon (foto: Škerlj Š., 2016)

3.2 METODE

3.2.1 Zajem podatkov

Podatke smo zajemali v koraku in kasu, v dveh ponovitvah za vsak hod na mehki podlagi na opisanem poligonu. Naprava x-IMU je bila skozi cel poskus vključena, zapisali smo čas (merjen s pomočjo stoparice), ko je konj prestopil štartno in ciljno točko za kasnejšo obdelavo.

Uporabili smo dve napravi x-IMU: ena na prednji in druga na zadnji nogi (Slika 14). Napravi sta bili nameščeni na prednjem in zadnjem ščitniku s pomočjo zašitih žepkov na teh. Uporabili smo dva ščitnika. Orientacija je bila vedno enaka za obe napravi, in sicer x os vertikalno in y os vodoravno naprej v smeri gibanja konja.



Slika 14: Namestitev ščitnikov na konja

V poskusu smo izbrali zajemanje podatkov preko SD micro kartice. Shranjevanje na SD micro kartico se je pokazalo za bolj zanesljivo v primerjavi s shranjevanjem podatkov preko Bluetooth povezave, ker v ne kontroliranem in odprtem prostoru ni bila zagotovljena neprekinjena Bluetooth povezava.

3.2.2 Nastavitve naprave

Prednosti zaradi katerih smo se odločili za uporabo naprave x-IMU so fizične in tehnološke lastnosti. Kompaktnost, saj je naprava majhna in praktična za uporabo (s plastičnim ohišjem in baterijo namreč meri 57 x 38 x 21 mm) in teža (49g), katere niso moteče in omogočajo priročno namestitev na konja. Tehnološke lastnosti naprave pa so velika izbira parametrov za zajem. Dodatne lastnosti so samopolnilna baterija (preko USB vrat), ura in koledar.

Parametri na razpolago za zajem podatkov v napravi so: giroskop, pospeškometer, magnetometer, voltmeter in termometer. Za potrebe poskusa smo se odločili uporabljati parametra giroskopa in pospeškometra, kateri določita koordinate in hitrost gibanja:

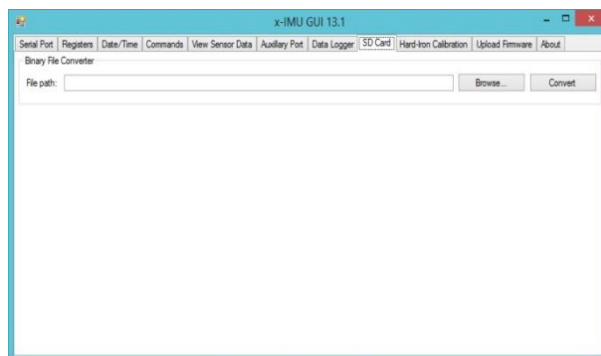
- giroskop, omogoča merjenje kotne hitrosti okoli x, y in z osi naprave. Giroskop potrebuje pravilno umeritev za korektno delovanje algoritmov. Algoritmi uporabljajo meritve kotne hitrosti za izločitev napak v oceni usmerjenosti, katere so jih povzročile linearni pospeški in magnetna izkrivljanja (x-IMU User manual 5.2, 2015).
- Pospeškometer, algoritmi katere uporablja naprava x-IMU se poslužujejo pospeška za merjenje smeri težnosti in tako zagotovi reference za vrtenje okoli vodoravne osi. Potrebuje pravilno umeritev. Razpon je od ± 2 g do ± 8 g (x-IMU User manual 5.2, 2015).
- Magnetometer, običajno se uporablja za merjenje jakosti magnetnega polja v določeni točki v prostoru. Potrebuje pravilno umeritev in razpon od $\pm 1,3$ G do $\pm 8,1$ G (x-IMU User manual 5.2, 2015).

Naprava x-IMU je pri nakupu že tovarniško nastavljena in pripravljena za zbiranje podatkov. Na spletu je dostopna odprtokodna programska oprema x-IMU GUI s katero se lahko nastavitve spreminjajo glede na potrebo raziskave. V našem primeru smo spremenili frekvenco zavzemanja podatkov in algoritem v uporabi.

Odločili smo se za frekvenco 64 Hz zajemanja podatkov s predpostavko, da konj naredi en korak na sekundo in smo tako pridobili 64 podatkov, kar je zadostovalo za analizo podatkov.

3.2.3 Obdelava podatkov

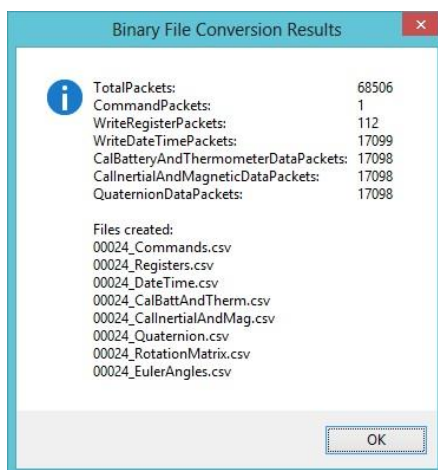
Po končanem vodenju konja preko poligona smo napravo ugasnili in odstranili micro SD kartico. SD micro kartico smo vstavili v računalnik in preko odprtokodne programske opreme x-IMU GUI 13.1 pretvorili ».bin« datoteke v ».csv« datoteke (Slika 15).



Slika 15: Pretvornik ».bin« datoteke v ».csv« datoteke

Za vsako merjenje hoda (korak, kas) smo pridobili osem datotek, katere vsebujejo niz podatkov posameznih senzorjev (Slika 16). Na primer:

1. »Commands.csv«,
2. »Registers.csv«,
3. »CalBattAndTherm.csv«,
4. »CalInertialAndMag.csv«,
5. »DateTime.csv«,
6. »EulerAngles.csv«,
7. »Quaternion.csv«,
8. »RotationMatrix.csv«.



Slika 16: Pretvorjene datoteke v ».csv« obliki

Datoteka »CalBattAndTherm« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov ,

Batteryvoltage (V) – voltmeter in

Thermometer (degrees C) – termometer.

Datoteka »CalInertialAndMag« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov,

Gyroscope X (deg/s) – giroskop,

Gyroscope Y (deg/s),

Gyroscope Z (deg/s),

Accelerometer X (g) – pospeškometer,

Accelerometer Y (g),

Accelerometer Z (g),

Magnetometer X (G) – magnetometer ,

Magnetometer Y (G),

Magnetometer Z (G).

Datoteka »DateTime« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov,

Year – leto,

Month – mesec,

Day – dan ,

Hours – ure,

Minutes – minute,

Seconds – sekunde.

Datoteka »EulerAngles« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov,

Roll | Phi | X (degrees),

Pitch | Theta | Y (degrees),

Yaw | Psi | Z (degrees).

Z nastalimi podatki se telesu lahko določi smer po nizu treh vrtenj, ki jih opisujejo Eulerjevi koti.

Datoteka »Quaternion« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov,

Element 1,

Element 2,

Element 3,

Element 4.

V nastali datoteki so prisotni kvaternioni, s pomočjo katerih lahko pridobimo matematični zapis za zastopanje usmeritve in rotacije predmetov v treh dimenzijah. V primerjavi z Eulerjevimi koti jih je lažje sestaviti in ne pride do tako imenovanega »gimbal lock«, ko se dve rotacijski osi poravnajo v isti smeri. V primerjavi z rotacijsko matriko so bolj številčno stabilni.

Datoteka »RotationMatrix« vsebuje podatke pod nazivi:

Packetnumber – zaporedna številka zajetih podatkov,

Element 11,

Element 12,

Element 13,

Element 21,

Element 22,

Element 23,

Element 31,

Element 32,

Element 33.

Rotacijska matrika je v linearni algebri matrika, ki opisuje rotacijo v Evklidskem prostoru.

Vrtenja okoli koordinatnih osi v trirazsežnem desno orientiranem prostoru dajejo skupaj tri matrike. Prva označena z: Element 11, 12, 13, druga: Element 21, 22, 23 in tretja: Element 31, 32, 33.

Nastale datoteke smo uvozili v program MatLab (MATLAB R2016a, 2016) in preko prosto dostopne skripte na spletu (Gait Tracking With x-IMU, 2016) transformirali podatke giroskopa in pospeškometra v tridimenzionalni prostor. Te podatke smo v drugi fazi obdelali s programskim paketom SAS (SAS 9.4., 2013).

Za lažjo interpretacijo podatkov smo uporabili MatLab, iz podatkov pospeška in kota smo preko odprtokodne spletne skripte (katero smo prilagodili na naše podatke) pridobili nove koordinate gibanja v tridimenzionalnem prostoru za nadaljno analizo. Preko MatLab-a smo določili intervale glede na začetni in končni čas meritve, ki sovпада s štartno in ciljno točko postavljenega poligona. Po obdelavi v MatLab-u smo izvozili 16 datotek v ».csv« formatu.

Nastale datoteke smo uvozili v SAS 9.4. (2013) in z analizo gibanja poiskali posamezni korak katerega smo analizirali. Zanimala nas je dolžina in višina koraka ter bočna oscilacija noge. Zato smo postavili začetek posameznega koraka v izhodišče koordinatnega

sistema, konec koraka pa na ustrezno mesto na x osi. Tako predstavljen korak smo lahko interpretirali, saj so premiki po posameznih oseh že predstavljajo meritve posameznih lastnosti:

- dolžini koraka, je premik posameznega koraka po x osi in pri ocenjevanju predstavlja izdatnost hoda,
- višini koraka, je premik po z osi in pri ocenjevanju dopolnjuje izdatnost hoda,
- oscilaciji levo/desno, so oscilacije od x-osi po y osi in pri ocenjevanju predstavljajo korektnost hodov.

4 REZULTATI Z RAZPRAVO

Za lažje razumevanje analiziranih podatkov smo v nadaljevanju besedo korak uporabili kot premik konjeve noge (od trenutka, ko se noga dvigne od tal do trenutka, ko je spet na tleh) in ne kot vrsta hoda.

Za osnovno statistiko in analizo korakov smo zabeležene podatke med poskusom izolirali na pet in na tri zaporedne korake, ki so si sledili v enakomernem ritmu, da bi si lahko predstavljali njihov potek.

4.1 OSNOVNA STATISTIKA ZA DOLŽINO KORAKA

Uporabili smo podatke prve ponovitve v kasu za konja N. Torysa I.

Za meritve dolžine koraka smo uporabili maksimalno vrednost. Povprečna dolžina koraka v kasu je 5,24 m na x osi za posamezen korak (Preglednica 2). Podatki o dolžini niso realni, saj predvidevamo, da je dolžina koraka v povprečju 1,5 m. Za izboljšanje in pridobitev konkretnih vrednosti so potrebne nadaljnje raziskave.

Izbira frekvence za zajem podatkov je bila 64 Hz, kar pomeni, da je senzor zabeležil 64 podatkov v eni sekundi. Povprečno smo za posamezen korak pridobili 47,4 meritve, kar pomeni, da je korak v povprečju trajal 0,74 s (Preglednica 2). Predlagamo nastavitve frekvence zajema podatkov na 256 Hz, kar bo omogočilo bolj natančne meritve v raziskavi.

Preglednica 2: Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po x osi (dolžina koraka)

Korak	N	MAX	s
Prvi	43	3,04	0,67
Drugi	49	4,92	0,76
Tretji	51	5,98	0,79
Četrti	48	5,89	0,75
Peti	47	6,37	0,73
Povprečje skupaj	47,6	5,24	0,74

N: število meritev

MAX: maksimalna sprememba po x osi – dolžina koraka (m)

s: trajanje koraka (s)

4.2 OSNOVNA STATISTIKA ZA VIŠINO KORAKA

Višino koraka nam predstavlja sprememba po z osi. Z osnovno statistiko smo pridobili, da je višina povprečnega koraka v kasu 48 cm (Preglednica 3). Maksimalne vrednosti nam razložijo kdaj je bila naprava x-IMU najvišje. V začetni fazi koraka, ko gre telo naprej se piščalnica nagne naprej, ko je kopito še na tleh. Pri tem si razlagamo, da se je naprava premaknila navzdol. To prikazujejo minimalne vrednosti. Tudi te vrednosti so večje od pričakovanih. Glede na opazovanje gibanja konj je višina prav tako kot dolžina koraka precenjena za približno 3x.

Preglednica 3: Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po z osi (višina koraka)

Korak	Povprečje	SD	Min	MAX	ABS odklon
Prvi	0,31	0,19	0,00	0,56	0,56
Drugi	0,23	0,17	-0,02	0,45	0,47
Tretji	0,17	0,17	-0,07	0,40	0,47
Četrti	0,16	0,16	-0,08	0,38	0,46
Peti	0,16	0,14	-0,06	0,36	0,42
Povprečje skupaj	0,21	0,16	-0,05	0,43	0,48

Min: minimalna vrednost na z osi (m)

MAX: maksimalna vrednost na z osi (m)

ABS odklon: absolutni odklon (m)

4.3 OSNOVNA STATISTIKA ZA OSCILACIJO KORAKA

Povprečen korak od petih je osciliral za 17 cm. Največja vrednost v povprečju je bila na y osi 2,6 cm in najmanjša 14,4 cm (Preglednica 4).

Predstavljamo si, da se konj premika po x osi, vrednosti ekstremov Min so negativne kar interpretiramo z oscilacijo v desno, MAX vrednosti so pozitivne in jih interpretiramo kot oscilacija v levo. Absolutni odklon nam poda podatke o skupni oscilaciji desne in leve noge ne glede na x os.

Preglednica 4: Osnovna statistika gibanja x-IMU naprave po y osi (korektnost hoda)

Korak	Povprečje	SD	Min	MAX	ABS odklon
Prvi	-0,085	0,041	-0,146	0,000	0,146
Drugi	-0,104	0,067	-0,195	0,005	0,200
Tretji	-0,064	0,052	-0,132	0,037	0,169
Četrty	-0,021	0,037	-0,057	0,064	0,121
Peti	-0,095	0,069	-0,189	0,025	0,214
Povprečje skupaj	-0,074	0,053	-0,144	0,026	0,170

Min: minimalna vrednost na y osi (m)

MAX: maksimalna vrednost na y osi (m)

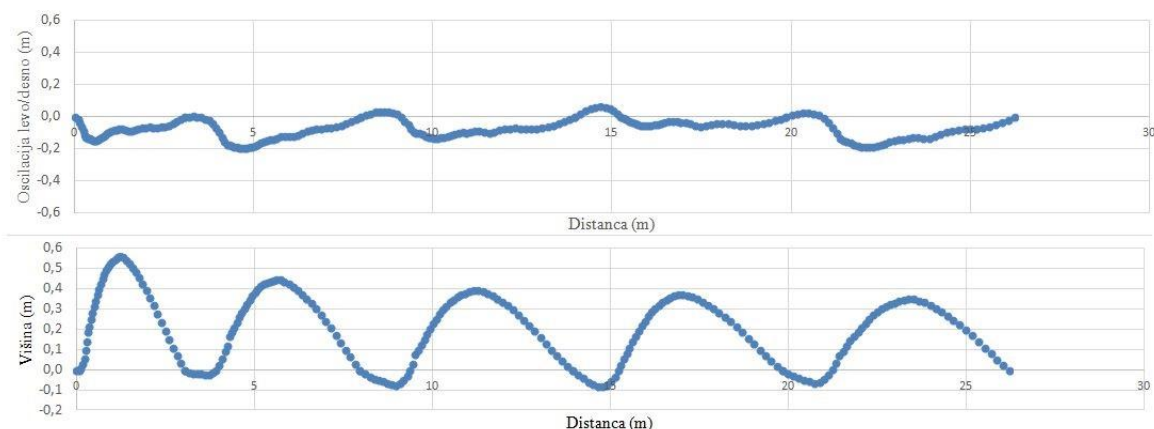
ABS odklon: absolutni odklon (m)

4.4 ANALIZA KORAKOV

Obdelane podatke smo v Microsoft Excel prikazali z grafi (Slika 17 in Slika 18). Vsi analizirani koraki imajo zakonitost, ki jo lahko razložimo s tem, da se med gibanjem konja, ko je kopito prednje noge še na tleh, piščalnica pomika naprej in nekoliko navzdol, nato se hitro dviga do najvišje točke in sledi spuščanje do faze, ko kopito ponovno doseže tla (spodnja grafa na sliki 17 in sliki 18).

Izolirali smo pet korakov v kasu. Iz slike 17 vizualni pregled gibanja x-IMU naprave, pritjene na sredino piščali kaže, da prvi in zadnji korak od petih odstopata. Prvi korak je krajši in nekoliko višji od ostalih, zadnji pa nekoliko daljši in nižji.

Podatki o oscilaciji pri objektivizaciji ocenjevanja hodov nam poda oceno za korektnost hodov. Pri vizualni analizi oscilacije noge lahko zaključimo, da imajo vsi koraki podoben vzorec gibanja. Glede na dejstvo, da gre za gibanje prednje leve noge v smeri naprej po x osi, je s slike 17 možno razbrati, da konjeva noga oscilira bolj v desno, torej navznoter. Tik pred udarcem konja ob tla pa je opaziti tudi oscilacijo v levo, ki je precej manj izrazita od tiste v desno.

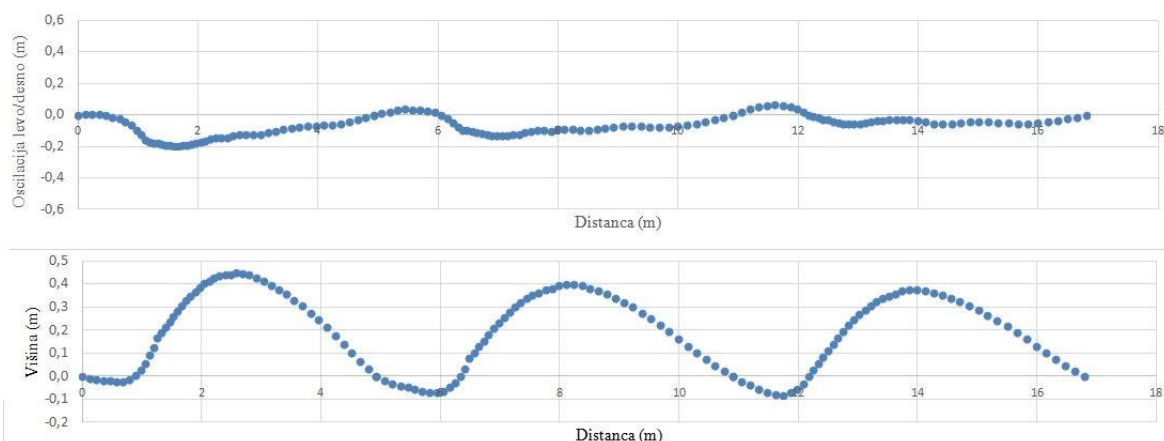


Slika 17: Oscilacija noge levo/desno (m) in višina koraka za 5 korakov

S sliko 18 smo izolirali tri zaporedne korake in jih postavili na x os z manjšo skalo, da bi preverili če bi nam bilo iz vizualnega vidika v pomoč pri odločitvi ekstremov korakov pri obdelavi.

Na zgornjem grafu na sliki 18 je razvidno, da pri tretjem koraku noga manj oscilira od x osi kot pri ostalih dveh korakih. Ko oscilacijo noge tretjega koraka primerjamo s spodnjim grafom na sliki 18 tega ni mogoče pojasniti, saj so oblike vertikalnih premikov korakov zelo podobne.

Slika 18 kaže, da je gibanje naprave x-IMU naprej po x osi in v višino po z osi primerljiva. Dolžina koraka kakor tudi višina se bistveno med koraki ne razlikujeta, so pa koraki bistveno daljši od pričakovanega. Prav tako tudi višina koraka presega pričakovane vrednosti.



Slika 18: Oscilacija noge levo/desno (m) in višina koraka za 3 korake

Predstavljeni rezultati nakazujejo možnost za objektivno ocenjevanje gibanja konja, vendar uporabljena metodologija za manipulacijo podatkov, ki jih beleži naprava x-IMU še ni izdelana do te mere, da bi jo lahko uporabili za ta namen. Glede na številne poskuse merjenja gibanja konja, transformacije podatkov v tridimenzionalni prostor ter obdelave podatkov, bi bilo smiselno celotno metodologijo izvesti v enem programskem jeziku. Druga možna rešitev se kaže v sodelovanju s ponudnikom opreme, ki ponuja posamezne primere implementacije te tehnologije v prakso. Eden od primerov, ki jih navaja bi bil popolnoma primeren za transformacijo izmerjenih podatkov v tridimenzionalni prostor, a bi bilo nujno sodelovanje avtorja, ker v naši raziskavi z uporabo prosto dostopne skripte na spletu, nismo pridobili ponovljivih rezultatov.

5 SKLEPI

- Raziskali smo metodologijo IMU, katera omogoča objektivno spremljanje in ocenjevanje gibanja.
- Spremljanje in ocenjevanje gibanja sta še posebej pomembni pri diagnosticiranju šepanja in pri ocenjevanju konj vključenih v rejskih programih.
- Uporaba tehnologije IMU za ocenjevanje izdatnosti in korektnosti hodov konj, se kljub neponovljivim rezultatom naše raziskave zdi smiselna.
- Glede na izkušnje pridobljene v tej študiji, predlagamo izdelavo celotne obdelave podatkov v enem programskem jeziku.
- Potrebne so nadaljnje raziskave, ki bodo zastavljeno metodologijo izpopolnile, da bo lahko uporabna za rutinsko ocenjevanje hodov konj.

6 POVZETEK

Ocenjevanje in spremljanje gibanja hodov sta v vsakodnevni uporabi pri rejcih in lastnikih konj. Ocenjevanje ima selekcijski pomen, saj so ocene konj osnova za razvrščanje konj v kakovostne razrede skladno z rejskimi cilji. Ocene teh lastnosti se uporabljajo tudi za določitev šepanja, saj je lahko v pomoč lastnikom konj pri zgodnjem zaznavanju težave kar pripomore k optimizaciji časa in stroškov za zdravljenje.

Uporaba naprav, kot je IMU je smiselna, ker so njene fizične in tehnične lastnosti optimalne za konja in uporabnika. Konja v našem poskusu nista pokazala znakov, da bi jih naprava na kakršen koli način motila. Naprava je enostavna za upravljanje in jo uporabnik lahko uporabi tudi izven kontroliranega okolja kot je laboratoriji. Vse našete lastnosti pripeljejo k možnosti rutinskega ocenjevanja.

Hipoteza magistrskega dela je bila, da obstaja možnost za objektivnejše ocenjevanje korektnosti in izdatnosti hodov z uporabo naprave x-IMU.

Raziskava je bila osredotočena na postavitvi metodologije, pri kateri smo spoznali prednosti in slabosti naprave in uporabljenih programov. Za nadaljne raziskave bi bilo smiselno izvedeti obdelavo podatkov v enem programskem jeziku napisanem za ta namen.

Poskus smo izvedeli na dveh kastratih lipicanske pasme na PRC Krumperk. Po ugotovitvi najboljšega načina postavitve naprave za merjenje, smo konja vodili po v naprej določenem poligonu v koraku in kasu. Uporabili smo podatke za samo enega od dveh konjev. Po obdelavi podatkov so rezultati pokazali, da je konj v kasu naredil povprečno 5,24 m dolg in 48 cm visok korak. Oscilacija levo in desno po x os je bila povprečno 17 cm. Vse vrednosti so večje od pričakovanih. Glede na opazovanje gibanja konj je višina, dolžina in oscilacija koraka precenjena za približno 3x.

Kljub večkratnim ponovitvam in različnim poskusom nismo uspeli izdelati celotnega postopka, ki bi zagotavljal zanesljivo in ponovljivo ocenjevanje – merjenje korektnosti in

izdatnosti hodov. Možen vzrok vidimo v napačni transformaciji meritev pospeškometra in giroskopa v tridimenzionalni prostor ali v napaki na sami napravi x-IMU. Našteti možni vzroki s katerimi smo se soočili so računalniške in programske narave, kar ne izniči potenciala naprave, ki ima vgrajeno tehnologijo IMU, pri uporabi le te za objektivno ocenjevanje hodov pri konjih. Po rešitvi naštetih težav se odpirajo številne možnosti za objektivno spremljanje gibanja konja, ki ga bo možno opisati z večjim številom linearnih lastnosti. Predvidevamo, da bodo, na ta način ocenjene lastnosti gibanja konj, dobra osnova za učinkovito selekcijsko delo.

7 VIRI

- Back W., Clayton H. 2013. Equine locomotion. 2nd ed. Edinburgh, Saunders Elsevier: 528 str.
- Barrey E. 1999. Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. The Veterinary Journal, 157: 7-22
- Brem G. 1998. Exterieurbeurteilung landwirtschaftlicher Nutztiere. Stuttgart (Hohenheim), Ulmer: 317 str.
- Deluzio K. J., Astephen J. L. 2007. Biomechanical features of gait wave form data associated with knee osteoarthritis an application of principal component analysis. Gait&Posture, 25: 86-93
- Duensing J., Stock K. F., Krieter J. 2014. Implementation and prospects of linear profiling in the Warmblood Horse. Journal of Veterinary Science, 34: 360-368
- Dyson P. K., Jackson B. F., Pfeiffer D. U., Price J. S. 2008. Days lost from training by two- and three-year-old Thoroughbred horses: A survey of seven UK training yards. Equine Veterinary Journal, 40: 650-657
- Eadweard Muybridge. 2016a. Wild Film History
<http://www.wildfilmhistory.org/person/180/photo/499/Eadweard+Muybridges+operations+room+at+his+experimental+track+used+during+the+making+of+The+Horse+in+Motion.html> (30. avg. 2016)
- Eadweard Muybridge. 2016b. Wild Film History
<http://www.wildfilmhistory.org/person/180/photo/500/Eadweard+Muybridges+experimental+track+used+during+the+production+of+The+Horse+in+Motion.html> (30. avg. 2016)

Eadweard Muybridge. 2016c. Wild Film History

<http://www.wildfilmhistory.org/person/180/photo/498/Eadweard+Muybridges+time-lapse+photographs+of+a+man+riding+a+galloping+horse.html> (30. avg. 2016)

Gait Tracking With x-IMU. 2016. x-io Technologies.

<https://github.com/xioTechnologies/Gait-Tracking-With-x-IMU/blob/master/Gait%20Tracking%20With%20x-IMU/Script.m> (20. jul. 2016)

Hobbs S. J., Levine D., Richards J., Clayton H., Tate J., Walker R. 2010. Motion analysis and its use in equine practice and research. *Wiener Tierärztliche Monatsschrift*, 97: 55-64

Keegan K. G., Dent E. V., Wilson D. A., Janicek J., Kramer J., LaCarrubba A., Walsh D. M., Cassells M. W., Esther T. M., Schiltz P., Wilhite C. L., Clark J. M., Pollitt C. C., Shaw R., Norris T. 2010. Repeatability of subjective evaluation of lameness in horses. *Equine Veterinary Journal*, 42: 92-97

Kernel D., Kolenc N., Marušič I., Tome S. 2011. *Lipikum-muzej lipicanca*. Lipica, Kobilarna Lipica: 86 str.

Koenen E. P. C., Aldridge L. I., Philipsson J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livestock Production Science*, 88: 77-84

Krumpak S. 1994. *Pasme konj*. Ljubljana, Kmečki glas: 116 str.

Low J.-H., Mak V. W.-L., Forbes B., Sepulveda F., Yeow C.-H. 2015. Development of a wearable gait detection system for race horses. V: 33rd International conference on biomechanics in sports, Poitiers, France, 29. junij – 3. julij 2015. Colloud F., Domalain M., Monnet T. (ur.). Konstanz, University of Konstanz: 660-663

Marshall J. F., Lund D. G., Voute L. C. 2012. Use of a wireless, inertial sensor-based system to objectively evaluate flexion tests in the horse. *Equine Veterinary Journal*, 44: 8-11

MATLAB R2016a. 2013. Natick, MA, ZDA, The Math Works Inc.

McCracken M. J., Kramer J., Keegan K. G., Lopes M., Wilson D. A., Reed S. K., LaCarrubba A., Rasch M. 2012. Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, 44: 652-656

Mesarič M., Rus J. 2011. Konjereja v Sloveniji. Bled, Bambus oprema: 127 str.

Moorman V. J. 2013. Use of the inertial measurement unit to assess normal and abnormal equine hoof kinematics. Dissertation. Fort Collins, Colorado State University, Department of Clinical Sciences: 181 str.

Molina A., Valera M., Dos Santos R., Rodero A. 1999. Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livestock Production Science*, 60: 295-303

Olsen E., Haubro Andersen P., Pfau T. 2012. Accuracy and precision of equine gait event detection during walking with limb and trunk mounted inertial sensors. *Sensors*, 12: 8145-8156

Potočnik K. 2005. Genetski parametri za telesne lastnosti pri mlečnih pasmah govedi v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 234 str.

Qui X., Björsell N. 2015. Measurement of horses gaits using geo-sensors. V: IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Pisa, Italy, 11. – 14. maj 2015. Piscataway, USA, IEEE: 330-333

Ross M. W., Dyson S. J. 2011. Diagnosis and management of lameness in the horse. 2nd ed. Philadelphia, Saunders: 1424 str.

Rus J. 2011. Rejski program za pasmo lipicanski konj. Lipica, Kobilarna Lipica: 56 str.
<http://www.lipica.org/si/stable/files/default/priloge/2013/rejski-program-za-pasmo-lipicanski-konj-2011-01-06.pdf> (20. maj. 2015)

- Rustin M., Janssens S., Buys N., Gengler N. 2009. Multi-trait animal model estimation of genetic parameters for linear type and gait traits in the Belgian warmblood horse. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 126: 378-386
- Sabatini A. M., Martelloni C., Scapellato S., Cavallo F. 2005. Assessment of walking features from foot inertial sensing. *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*, 52, 3: 486-494
- SAS 9.4. 2013. SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, ZDA, SAS Institute Inc.
- Sloet Van Oldruitenborgh-Oosterbaan M. M., Genzel W., Van Weeren P. R. 2010. A pilot study on factors influencing the career of Dutch sport horses. *Equine Veterinary Journal*, 42: 28-32
- Stock K. F. 2013. Linear profiling in the Warmblood horse-review&preview. V: WBFSh general assembly & seminar, Warsaw, Poland, 7. oktober 2013
http://www.wbfsh.org/files/KFSTOCK_LinProfiling_WBFSh20131007Main.pdf (2. avg. 2016)
- USDA (United States Department of Agriculture). 2001. National Economic Cost of Equine Lameness, Colic and Equine Protozoal Myeloencephalitis (EPM) in the United States. Fort Collins, Centers of Epidemiology and Animal Health
https://www.aphis.usda.gov/animal_health/nahms/equine/downloads/equine98/Equine98_is_EconCost.pdf (10. avg. 2016)
- Vejnovič J. 2008. Naši konji. Ljubljana, Kmečki glas: 203 str.
- Werner H. 1993. Konji. Ljubljana, DZS: 176 str.
- x-IMU User manual 5.2. 2013. x-io Technologies: 62 str.
<http://x-io.co.uk/downloads/x-IMU-User-Manual-v5.2.pdf> (26. jul. 2015)

ZAHVALA

Moja študentska leta so bila raznolika in odeta z novim znanjem. Z besedami, ki sledijo bi se rada zahvalila tistim, ki so mi bili v pomoč in so mi stali ob strani v obdobju pisanja magistrskega dela.

Najprej zahvala mentorju, doc. dr. Klemen Potočnik za pomoč in podporo v situacijah na videz brez izhoda med izvajanjem poskusa in med pisanjem. Za tehnično in programsko pomoč se zahvaljujem mag. Juriju Krsniku.

Največja zahvala gre mojim staršem. Omogočila sta moj študij. Z nasveti, pripombami, pohvalami sta mi zmeraj stala ob strani. Hvala. Delam na tem, da vaju nikoli ne bi razočarala.

V veselih in žalostnih trenutkih so bili moji prijatelji zmeraj pripravljeni si vzeti čas za me poslušati in mi pomagati, hvala Debora, Lara, Gaia. Hvala Jani, Alenki, Nini za prijateljstvo, ki iz študijskih klopi se je preselilo tudi v vsakdanje življenje.

Nazadnje, ampak ne zato manj pomembna zahvala gre mojemu partnerju. Rok, hvala za pomoč pri izvedbi poskusa in tvoje potrpljenje v tem obdobju. Hvala, ker si počakal in ker me dopolnjuješ brez, da bi me probal spremeniti.

Imam srečo, da imam okoli sebe družino in omenjene osebe, ki jim lahko zaupam. Si želim, da bi še naprej hodili skupaj.