

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2024

Bc. Michaela Hrubá

UNIVERZITA KARLOVA
Fakulta tělesné výchovy a sportu

Požadavky na výkon v trojskoku žen

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Vladimír Hojka, Ph.D.

Vypracovala:

Bc. Michaela Hrubá

Praha, červen 2024

Prohlašuji, že jsem závěrečnou diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, dne 4.7.2024

podpis diplomanta

.....

Poděkování:

Ráda bych touto cestou vyjádřila poděkování svému vedoucímu práce, panu Mgr. Hojkovi, Ph.D. za jeho trpělivost a cenné rady během celé doby, co jsem pracovala na této diplomové práci. Bez jeho vedení by tato práce nemohla dosáhnout své současné podoby.

Abstrakt

Název: Požadavky výkonu v trojskoku

Cíle: Cílem diplomové práce je určení klíčových biomechanických parametrů trojskoku pro výkony světové úrovně. Dílčím cílem je predikce výkonnosti u předních českých atletek a zařazení predikované úrovně výkonnosti.

Metodika: V diplomové práci byla využita sekundární analýza dat. Shromáždění dat proběhlo z veřejně dostupných biomechanických analýz z vrcholných, mezinárodních atletických soutěží k dispozici na webových stránkách Světové atletiky (n=28). Kinematické parametry byly analyzovány pomocí statistických metod, a to korelační, shlukové a regresní analýzy.

Výsledky: Výzkum ukázal, že neexistuje silný prediktor výkonnosti v trojskoku. Pomocí 13 kinematických parametrů dokážeme vysvětlit přibližně 47 % rozptylu. Nejsilnějším prediktorem se ukazuje rychlost v druhém kroku před odrazem.

Klíčová slova: atletika; skoky; trojskok; sportovní výkon; hodnocení; indikátory výkonu; biomechanické parametry; predikce výkonu

Abstract

Title: Triple jump performance requirements

Aims: The aim of the thesis is to determine the key biomechanical parameters in triple jump for world-class performance. The sub-objective is to predict the performance of leading female athletes from Czechia and the inclusion of predicted performance level.

Methodology: Data collection was retrieved from publicly available biomechanical analyses from top, international athletic competitions available on the World Athletics website (n=28). Kinematic parameters were analysed using statistical methods, namely correlation, cluster and regression analysis.

Results: Research showed that there is no strong predictor of performance in the triple jump. Using 13 kinematic parameters, we can explain approximately 47 % of the variance. The strongest predictor appears to be velocity in the second step before the takeoff.

Key words: athletics; jumps; triple jump; performance; assessment; biomechanical parameters; performance indicator; performance prediction

OBSAH

1	ÚVOD	9
2	TEORETICKÁ VÝCHODISKA.....	10
2.1	Charakteristika skokanských disciplín.....	10
2.2	Základní charakteristika trojskok	10
2.3	Vývoj vrcholové výkonnosti v trojskoku žen	11
2.4	Biomechanické parametry.....	12
2.5	Rozběh	13
2.5.1	Náběhová rychlost	14
2.5.2	Horizontální rychlost.....	14
2.5.3	L3, L2, L1.....	14
2.6	Odraz.....	15
2.6.1	Vertikální rychlosti	15
2.6.2	Úhel odrazu	17
2.7	Jednotlivé části skoku	17
2.8	Průměrné biomechanické parametry	19
2.9	Výkonnostní požadavky na národní a mezinárodní úrovni	20
3	CÍLE.....	23
4	METODIKA	24
4.1	Design práce	24
4.2	Popis výběru analyzovaných soutěží a atletek	24
4.3	Popis a definice jednotlivých parametrů.....	25
4.4	Statistické zpracování dat.....	25
5	VÝSLEDKY	28
5.1	Korelační analýza	28
5.2	Shluková analýza.....	30

5.3	Regresní analýza.....	31
6	<i>DISKUSE</i>	34
7	<i>ZÁVĚR</i>	39
8	<i>CITACE</i>	40
	<i>SEZNAM OBRÁZKŮ</i>	43
	<i>SEZNAM TABULEK</i>	44
	<i>SEZNAM PŘÍLOH</i>	45
	<i>PŘÍLOHY</i>	46

1 ÚVOD

V posledních letech se mění tréninkové přístupy vědců i trenérů. Zaměřují se primárně na identifikaci klíčových faktorů, které ovlivňují výkon sportovců v každé atletické disciplíně. Zatímco dříve se trenéři spoléhali převážně na empirické nebo historické zkušenosti a intuici, dnes je stále více kladen důraz na trénink založený na vědecky podložených datech. Tento posun umožňuje přesnější a efektivnější metody tréninku, které mohou výrazně zlepšit výkonnost sportovců.

Jako aktivní atletka, jejíž hlavní disciplínou je skok vysoký, jsem pronikla i do trojskoku jako doplňkové disciplíny. Mým cílem bylo zjistit, jakých výkonů bych mohla dosáhnout v trojskoku a zároveň prohloubit své znalosti v oblasti biomechaniky. Rovněž se naučit využívat tyto nabyté znalosti a aplikovat je v praxi za účelem zlepšení výkonu. Vzhledem k tomu, že jednou z variant mé kariéry je pozice trenérky, považovala jsem za důležité rozšířit své znalosti i v jiné disciplíně. Tento přístup by mohl umožnit rozšířit tréninkovou skupinu z výškařek i na trojskokanky a poskytovat jim co nejkvalitnější trénink na základě vědecky podložených metod.

Cílem práce bylo přiblížit našim českým trenérům biomechanickou stránku trojskoku, důležitost nabývat znalostí a posouvat trénink směrem, kterým se ubírá většina světových atletických velmocí.

2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

2.1 Charakteristika skokanských disciplín

Atletické skoky jsou v rámci sportovního odvětví velmi specifickou formou odvěké snahy člověka testovat hranice svých schopností. Úkoly typu skočit co nejdál či nevyš odpovídají mládí a hravosti, soutěživosti a pohybu. Skoky jsou oblíbené také díky skutečnosti stejných podmínek pro všechny a objektivního měření výkonu. Výjimečně talentovaní jedinci s mimořádnými předpoklady pro tuto aktivitu, pak pokračují ve sportovní kariéře a snaží se být nejlepší a slavní. Skokanské atletické disciplíny jsou velmi specializovanou sportovní činností (Velebil a kol., 2002).

Skokanské disciplíny jsou atletické disciplíny zahrnující skok, skok do dálky, skok vysoký a skok o tyči. Úkolem sportujícího je překonat z rozběhu odrazem co největší vzdálenost. U horizontálních skoků se vzdálenost skoku měří od přesně stanovené hranice, ve skocích vertikálních jde o vzdálenost od povrchu odrazště po úroveň laťky. Ve skoku do dálky a do výšky skokan překonává vzdálenost a výšku jedním odrazem. V trojskoku využívá tři odrazů a při skoku o tyči využívá jeden odraz za použití speciální tyče. Z fyziologického hlediska jsou horizontální i vertikální skoky charakteristické vysokou intenzitou zatížení po krátkou dobu a anaerobním energetickým krytím. Výsledný výkon je závislý na rychlosti rozběhu, úhlu vzletu při odrazu a na technice skoku (způsobu letu). Z hlediska biomechanického jde u skoků o maximální rychlost vzletu těžiště skokana. U skoku do dálky a trojskoku jde konkrétně o dynamickou stabilitu skokana za letu a optimální rotační impuls. Ve skoku o tyči a do výšky jde o co největší výšku těžiště skokana při odrazu a činnost skokana při přechodu laťky a doskoku. (Jirka, Popper a kol., 1990).

2.2 Základní charakteristika trojskok

Trojskok je náročná technická disciplína rychlostně silového charakteru. Rozhodujícími vlastnostmi pro dosažení vysoké výkonnosti jsou běžecká rychlost, odrazová síla a koordinace pohybu paží a dolních končetin. Vzhledem k nárokům, které tato disciplína klade na svalový a kloubní aparát, vyžaduje speciální trojskokanská příprava dobrou úroveň předcházející všestranné přípravy od útlého věku. Nejdůležitějšími prvky celého skoku jsou po vystupňovaném rozběhu správně a aktivně

nasazované odrazy spojené s plynulými švihovými pohyby a vyrovnaností letové fáze. Závěrečná fáze trojskoku končí aktivním předkopem a dopadem do pískoviště. (Ráž a kol., 1984)

2.3 Vývoj vrcholové výkonnosti v trojskoku žen

Měkota a Cuberek, (2007) v jejich knize zjistili, že od konce 19. století můžeme sledovat vzestup úrovně sportovní výkonnosti na podkladě dobře zdokumentovaných výsledků olympijských a dalších soutěží konaných v pravidelných intervalech.

Brüggermann (1999) popsal v biomechanickém reportu z MS v Aténách úroveň vrcholových výkonů v trojskoku do roku 1997. Navzdory skutečnosti, že IAAF dlouho nezařazovala trojskok žen kvůli riziku zranění kotníků, protože extrémní síly při odrazu byly považovány za příliš vysoké, jsou známy mnohé ženské výkony v trojskoku z dřívějších dob. Prvním známým výkonem je 8,85 m skočených C.Hand (USA) v roce 1909. V 80. letech 20. století stále více zemí zařazovalo trojskok do svých národních soutěží. IAAF vede světovou rekordní listinu od 1.1.1990. V roce 1990 skočila L. Huirong (CHN) 14,54 m. Poprvé byl trojskok zařazen do programu mistrovství světa v roce 1993 ve Stuttgartu. A. Biryková (RUS) byla první ženou, která skočila více než 15,00 m s výkonem 15,09 m. I. Kravets (UKR) vylepšila rekord na 15,50 m na mistrovství světa v Göteborgu v roce 1995.

I. Kravets byla shledána vinnou z dopingových přestupků v roce 1993, po svém rekordu z roku 1991 a před stanovením svého dlouhodobého rekordu z roku 1995. Byla však v roce 2000 pozitivně testována za užívání steroidů a měla zákaz činnosti na několik let, což vedlo mnohé k pochybnostem o legitimitě jejího výkonu. (Medicosport, 2017). Od dob Kravets bylo několik světových trojskokanek, avšak žádné z nich se nepodařilo posunout hranici rekordu. Je na místě zmínit naši českou nejlepší trojskokanku Šárku Kašpárkovou, která svým výkonem 15,20 m z roku 1996 předvedla v tu dobu druhý nejlepší výkon v trojskoku vůbec a stanovila i český rekord.

Trojskokanskou hvězdou aktuální doby je Y. Rojas (COL), která v roce 2021 překonala venkovní světový rekord výkonem 15,67 m. O rok později se jí podařilo její v tu dobu nejlepší světový výkon posunout o dalších 7 cm, tentokrát však posunula světový halový rekord na hodnotu 15,74 m. Rojas drží taktéž rekord Olympijských her

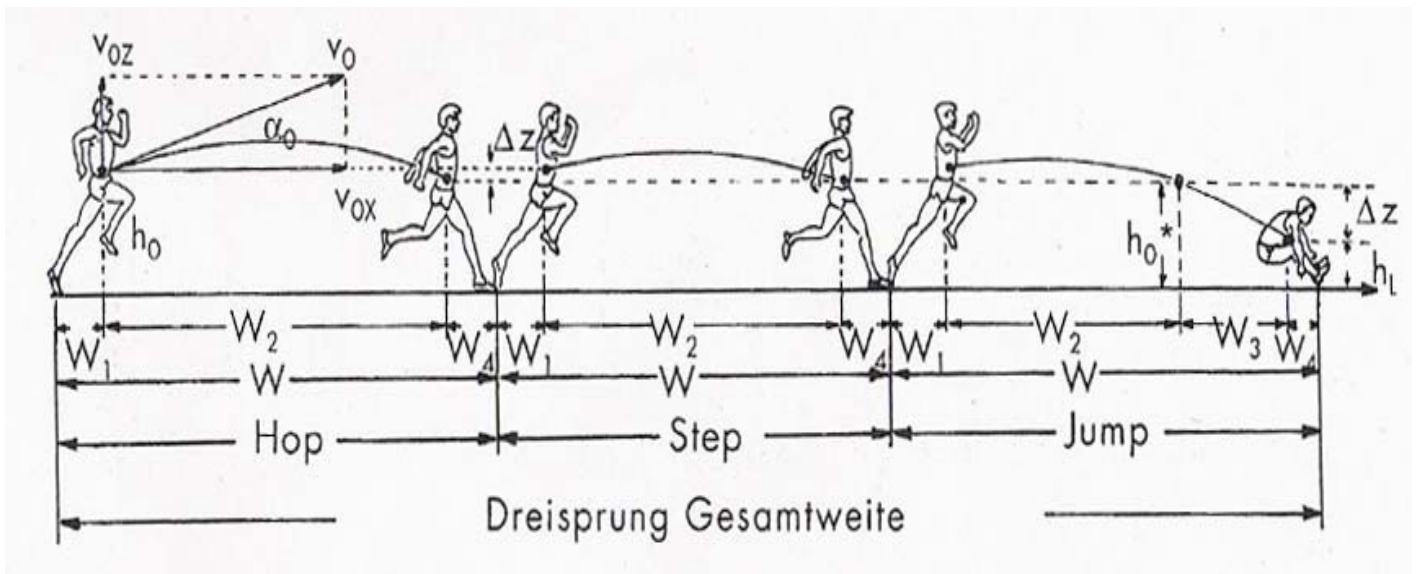
výkonem 15,67 m. V minulosti se nikomu v trojskoku nepodařilo držet všechny tři možné rekordy.

2.4 Biomechanické parametry

Biomechanika je velmi přínosná napříč všemi obory. Díky ní můžeme analyzovat konkrétní pohyby člověka, proč k nim dochází nebo jaké jsou příčiny. Porozumění problému biomechaniky je zcela zásadní pro výuku techniky jakéhokoli sportu. Trenéři, kteří ve velké míře využívají poznatků z biomechanických analýz a staví trénink na zjištěných faktech, budou vždy o krok vpřed.

V trojskoku se můžeme zabývat velkým množstvím biomechanických parametrů. Obr. 1 níže popisuje veškeré parametry od odrazu z prkna po doskok do písku.

Obr. 1 Dílčí parametry trojskoku (Nixdorf, 1986)



- **W** – délky jednotlivých skoků
- **W1** – odrazová vzdálenost
- **W2** – délky letu poskoku a kroku
- **W2 + W3** – délka letu skoku
- **W4** – vzdálenost dokroku po poskoku a kroku a doskoková vzdálenost
- **W3 + W4** – délka fáze doskoku
- • těžiště
- v_0 – rychlost vzletu těžiště skokana

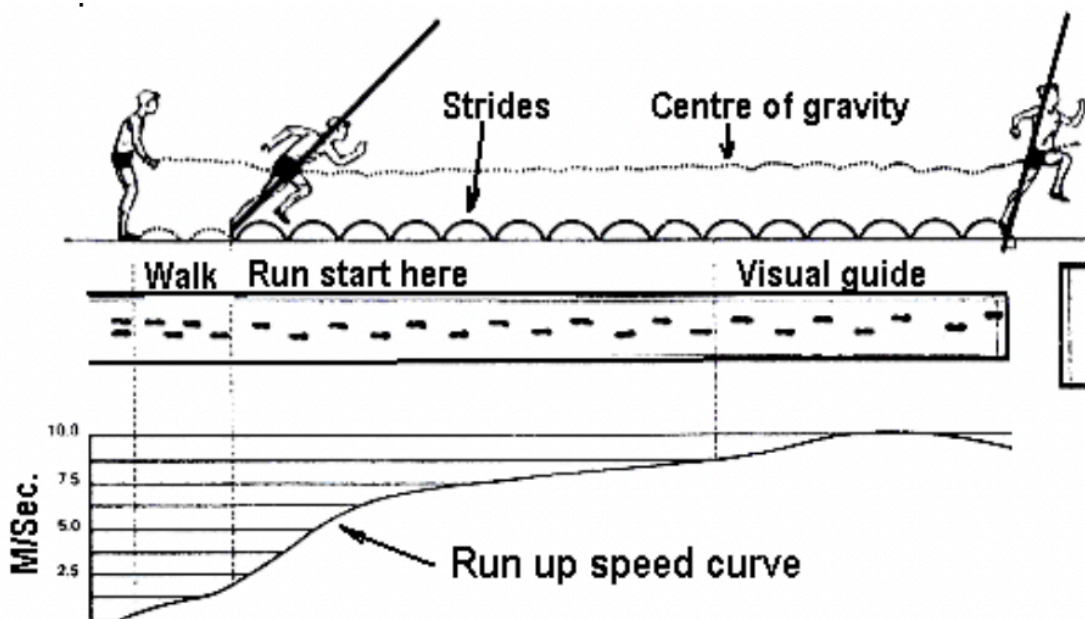
- α_0 – úhel vzletu těžiště skokana
- v_{ox} – horizontální složka rychlosti v okamžiku dokončení odrazu
- v_{oz} – vertikální složka rychlosti v okamžiku dokončení odrazu
- h_o – výška těžiště v okamžiku dokončení odrazu
- h_o^* – výška těžiště na začátku fáze doskoku
- h_t – výška těžiště na konci fáze doskoku
- Δz – rozdíl mezi výškou těžiště na začátku a na konci fáze doskoku

Pro naši potřebu byly vybrány a zvýrazněny parametry, které se shodovaly v dostupných biomechanických analýzách z mezinárodních akcí. Další zmíněné parametry budou souviset s rozběhem.

2.5 Rozběh

Rozběh je v trojskoku naprosto zásadním prvkem, který výrazně ovlivňuje celkový výkon skokana. Efektivní rozběh a technika běhu umožňuje skokanovi dosáhnout vysoké horizontální rychlosti, kterou následně přemění na vertikální rychlost během odrazu. Elitní skokani dosahují nejvyšších rychlostí těsně před odrazem, což ukazuje i podtrhuje význam udržení konzistentního zrychlení po celou dobu rozběhu (Rapotan a kol., 2022).

Obr. 2 Křivka náběhové rychlosti trojskoku (Stander)



Elitní sportovci musí mít dobře natrénovaný rozběh, který vyvažuje rychlost a správné ne-li dokonalé technické provedení, což je klíčové pro úspěšný trojskok.

Podle Vinduškové a Koukala (2021) se počet kroků při rozběhu v trojskoku pohybuje v rozmezí 14-20. Skokan může zahájit rozběh buď z místa nebo s náběhem na rozběhovou značku.

Rozběh ženy je obvykle o 3-4 m kratší než mužský kvůli nedostatku svalové síly. Pro dosažení maximální horizontální rychlosti je dobré naučit atleta určitý rytmus rozběhu. Rytmus by měl být poskládan tak, aby atlet dosáhnul maximální horizontální rychlosti ve správný čas a na správném místě při rozběhu (Stander).

2.5.1 Náběhová rychlost

Náběhová rychlost představuje klíčový prvek výkonu trojskokana, neboť tvoří rychlost získanou během rozběhu před samotným skokem. V kontextu trojskoku je náběhová rychlost zásadní, protože poskytuje primární sílu pro ovládnutí celkového pohybu, přičemž se zaměřuje na horizontální složku rychlosti (Sivila, 2023).

2.5.2 Horizontální rychlost

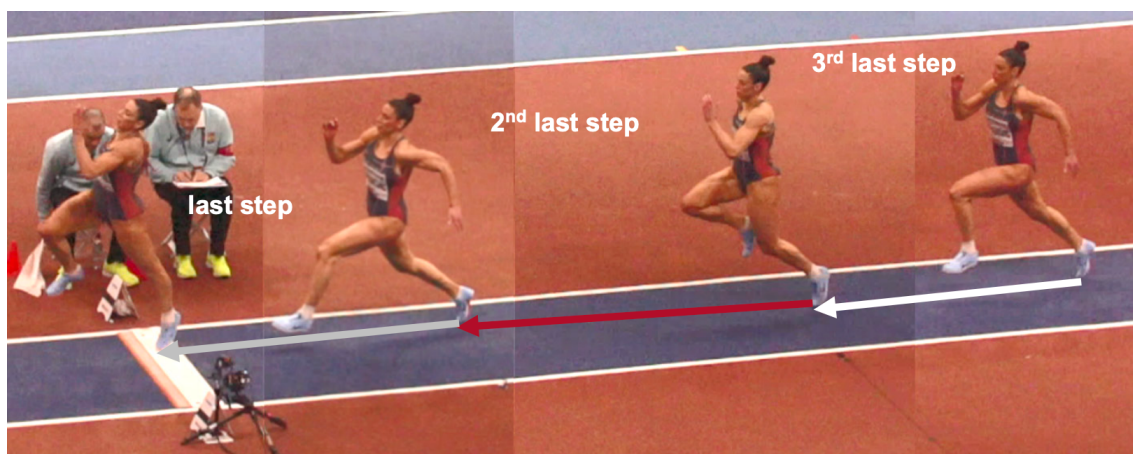
Horizontální rychlost je získávána během rozběhu a ztrácena především kvůli kontaktu se zemí během každé ze tří odrazových fází. Ztrátu rychlosti lze minimalizovat správnou technikou odrazu v každé fázi. Výzvou pro trojskokana je tedy udržet hnací sílu během opakování odrazu a dopadu v jednotlivých fázích trojskoku (Eissa, A., 2014).

Studie světových trojskokanek ukázaly, že horizontální rychlost během rozběhové fáze je mezi 9,31–9,36 m/s. Horizontální rychlost ve třech odrazových fázích, skoku, kroku a doskoku, je mezi 8,4 – 8,86, 7,58 – 8,22 a 6,46 – 7,34 m/s. Ztráta horizontální rychlosti během tří odrazových fází, skoku, kroku a doskoku, je mezi 0,69 – 0,95, 0,38 – 0,52 a 0,85 – 1,05 m/s (Yu, a kol, 1996).

2.5.3 L3, L2, L1

Délka třetího, předposledního a posledního přibližovacího kroku měřená od špičky chodidla v každém kroku k další špičce chodidla před odrazem z prkna, jak lze vidět na obr. 3. Přesně v těchto částech rozběhu L2 a L1 by měl závodník dosahovat nejvyšší rychlosti.

Obr. 3 *Poslední tři kroky fáze rozběhu (Tucker a kol., 2019)*



Trojškokan se připravuje na odraz tzv. ponořením boků, a pak zdvihnutím boků do fáze odrazu. Boky by neměly klesat uměle. Ve skutečnosti by se měl atlet během této fáze soustředit na vysoké boky a snažit se dostat těžiště co nejvýše. Ponoření obvykle způsobuje změnu délky kroku. Předposlední krok je delší než normální běžecký krok. Poslední krok je až o 25 cm kratší než běžecký. Snížení boků a úprava kroku se děje v reakci na posturální úpravy atleta při přípravě na odraz. Pohyb paží musí zůstat konstantní a ve stejném rytmu až do odrazu. Změna pohybu paží před odrazem může vést k dramatickému poklesu rychlosti odrazu (Stander).

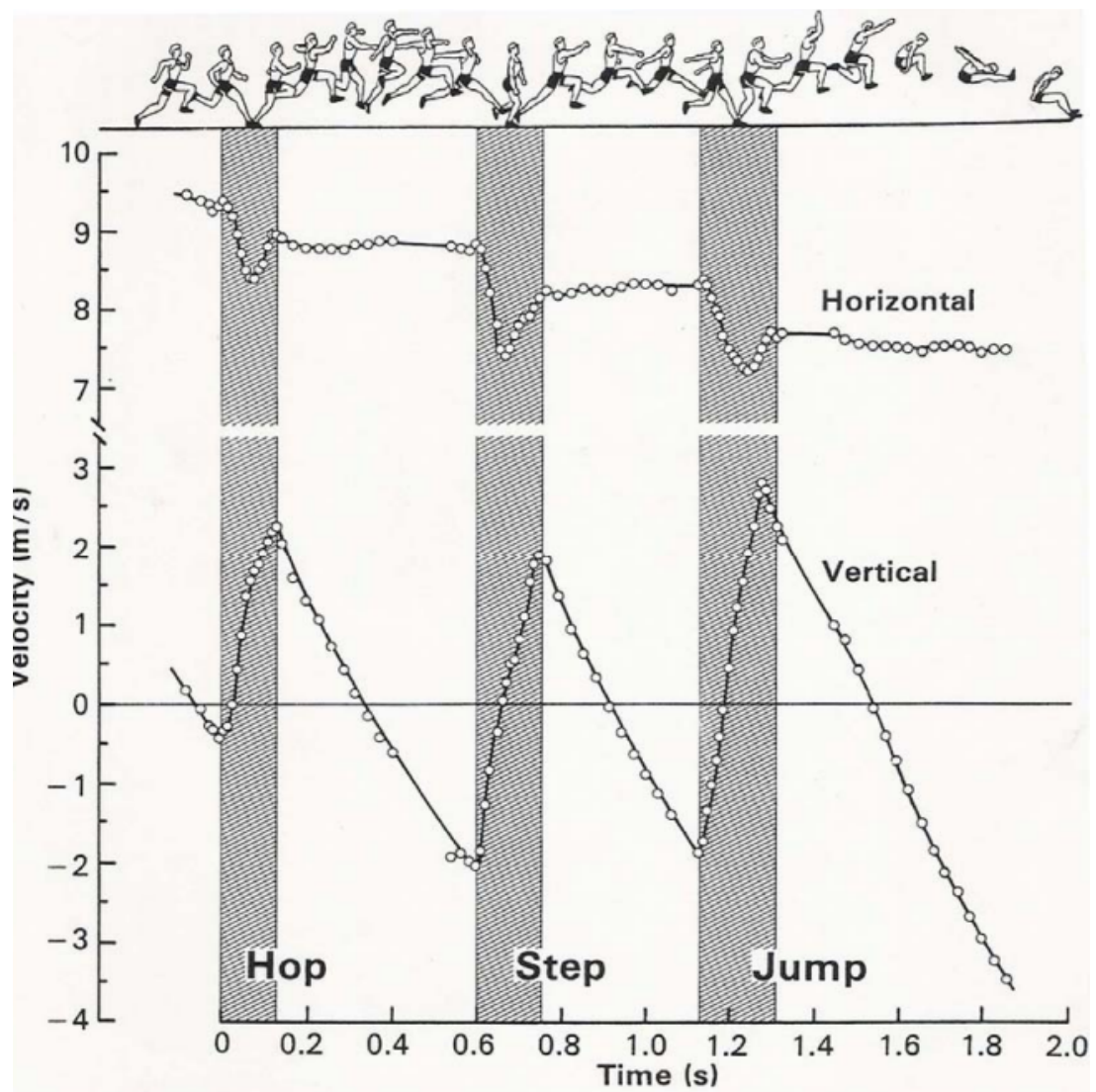
2.6 Odraz

Odraz je dle Antoniniho (2015) jeden z nejdůležitějších momentů celého skoku, při kterém se horizontální rychlost mění na vertikální rychlost. U trojšokku je situace ještě obtížnější, protože následují další dva odrazy. Cílem efektivního odrazu by měl být kompromis mezi minimální ztrátou horizontální rychlosti a dobrým nárůstem vertikální rychlosti pod správnými úhly.

2.6.1 Vertikální rychlosti

Vertikální rychlost ve třech odrazových fázích se dle Ai a kol. (2011) pohybuje v rozmezí 2,09 - 2,49 m/s u poskoku, 1,24 – 1,76 m/s u kroku a 2,41 – 2,76 m/s u skoku. Vyšší vertikální rychlosti mají velkou spojitost s vyššími hodnotami odrazových úhlů při odrazu ve všech částech trojšokku (Antonini, 2015).

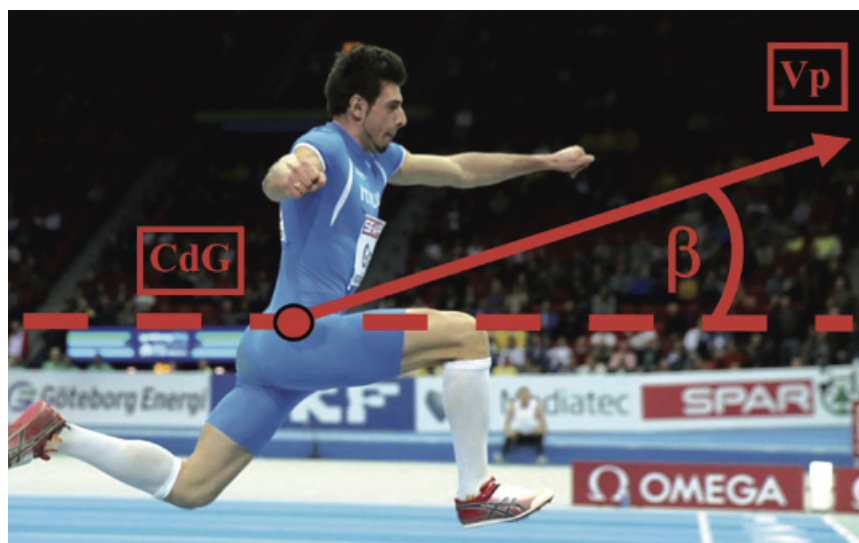
Obr. 4 Průběh horizontální a vertikální rychlosti (Fukashiro a kol., 1981)



Jak nám ukazuje obr. 4, horizontální rychlost klesá v první polovině každé oporové fáze a zvyšuje se v druhé polovině této fáze. Jak psal Sivila (2023) ve své bakalářské práci, absolutní hodnota horizontální rychlosti se postupně snižuje s každým úspěšným odrazem. Z obrázku vyplývá, že vertikální rychlost během odrazu rychle narůstá, zatímco při dopadu klesá pomaleji. Nejvyšší hodnoty vertikální rychlosti jsou dosahovány ve skokové fázi.

2.6.2 Úhel odrazu

Obr. 5 Úhel odrazu a trajektorie odrazu (Fukashiro a kol., 1981)



Úhel odrazu (β) je určen průsečíkem mezi vodorovnou linií procházející těžištěm (CdG) a trajektorií letu těžiště (Vp) viz obr. 5. Čím vyšší je jeho hodnota, tím vyšší je vertikální směr skoku a tím pádem ztráta horizontální rychlosti

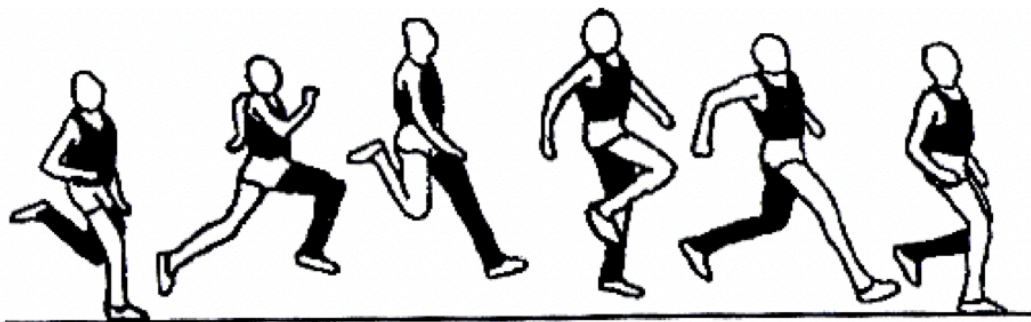
Při poskoku má úhel odrazu v průměru hodnoty mezi 12° - 19° , při kroku mezi 10° - 16° a při skoku mezi 16° - 27° . Úhly odrazu jsou podstatně nižší při poskoku a kroku: po prvních dvou fázích je totiž klíčové udržet horizontální rychlost a nemít příliš velkou vertikální složku, zároveň je třeba udržet vzpřímenou polohu trupu. I z tohoto důvodu je přechod mezi poskokem a krokem jedním z klíčových faktorů úspěchu skoku. Hodnoty úhlů při skoku jsou nejvyšší a lze je porovnat s hodnotami odrazu při skoku dalekém. Trojskokanky mají obvykle širší úhly odrazu než muži, což jim činí větší potíže při udržení horizontální rychlosti (Antonini, 2015).

2.7 Jednotlivé části skoku

Dle Brüggermann (1999) v trojskoku závisí celková vzdálenost skoku na rozdělení úsilí skokana do tří fází: poskok, kroku a skok, viz obr. 6,7 a 8. Obecně je délka poskoku, kroku a skoku měřená od špičky chodidla v každém kroku k další špičce chodidla.

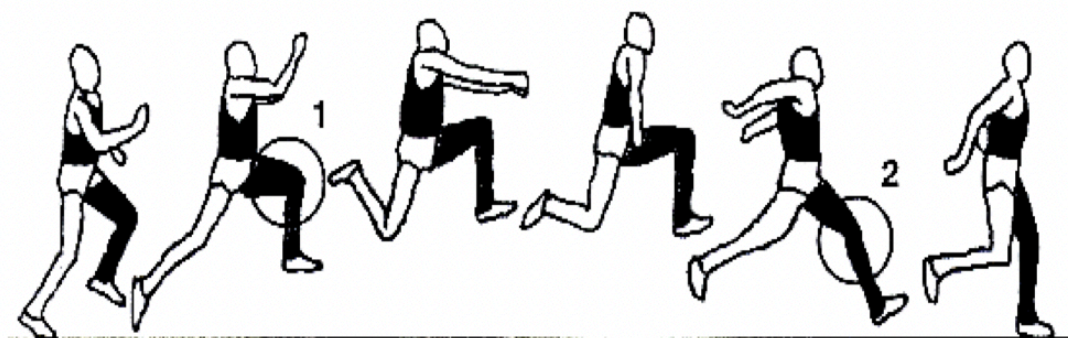
Poskok / Hop distance neboli poskok je vzdálenost od špičky odrazové nohy při odrazu z prkna ke špičce téže nohy při odrazu pro krok.

Obr. 6 Kinogram fáze poskoku (Stander, R.)



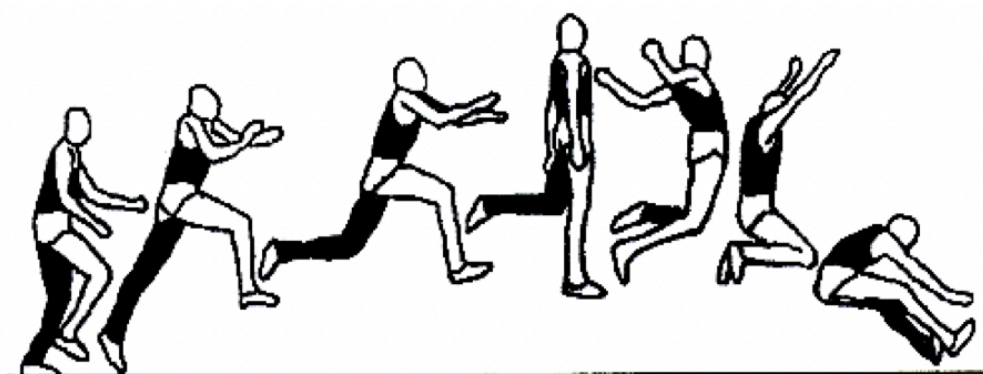
Krok/Step distance, v českém překladu krok, je horizontální vzdálenost od špičky odrazové nohy při odrazu z kroku ke špičce druhé nohy při odrazu do skoku.

Obr. 7 Kinogram fáze kroku (Stander, R.)



Skok/ Jump distance je horizontální vzdálenost od špičky druhé odrazové nohy při odrazu k nejbližší stopě vytvořené patami či jinou částí těla v písku při dotyku se zemí.

Obr. 8 Kinogram fáze skoku (Stander, R.)



V rozborech jednotlivých skoků a analýzách ze světových akcí se délka jednotlivých částí skoku převádí i na procenta. Díky tomuto převodu můžeme rozdělit skokany a skokanky dle jejich techniky do následujících kategorií.

Hop-dominant (dominuje poskok) - V této technice je kladen důraz na poskokovou fázi, která by měla být minimálně o 2 % delší než druhá nejdelší fáze. Tím se zdůrazňuje význam poskokového pohybu a jeho vlivu na celkový výkon.

Jump-dominant (dominuje skok) - Tato strategie klade důraz na skokovou fázi, která by měla být minimálně o 2 % delší než druhá nejdelší fáze. V tomto přístupu je důležitá síla a technika skokového pohybu.

Balanced (vyrovnaný) - Vyrovnaný přístup se snaží udržet rovnováhu mezi délkou jednotlivých fází. Nejdelší fáze by měla být maximálně o 2 % delší než druhá nejdelší fáze, a skoky by měly být téměř vyrovnané. Tato strategie zdůrazňuje harmonii mezi poskokem, krokem a skokem. (Cissik, 2013)

2.8 Průměrné biomechanické parametry

Autor Killing (2008) v několika odborných knihách uvádí následující data v tab. 1, jako střední hodnoty konkrétních biomechanických parametrů vždy k určitému výkonu v trojskoku.

Tab. 1 Průměrné parametry pro konkrétní výkonnostní skupiny (Killing, 2008, s. 521)

Výkon	Část skoku	Náběhová rychlost (m/s)	Doba kontaktu během oporové fáze (sek)	Délka kroku (m)	DK převedeno na %	Horizontální rychlost (m/s)	Vertikální rychlost (m/s)
12.80 m	Hop	8,5	0,12	4,62	36	7,9	2,8
	Step		0,14	3,62	28	7,3	1,44
	Jump		0,16	4,52	36	6,2	2,08
13.50 m	Hop	8,8	0,12	4,91	36	8,2	2,21
	Step		0,14	3,83	29	7,5	1,50
	Jump		0,16	4,76	35	6,4	2,13
14.30 m	Hop	9,1	0,11	5,15	36	8,9	2,39
	Step		0,15	4,15	29	8,1	1,52
	Jump		0,15	5,00	36	6,8	2,39
14.90 m	Hop	9,4	0,11	5,37	36	9,5	2,18
	Step		0,14	5,53	28	8,5	1,42
	Jump		0,16	5,36	36	7,1	2,28

2.9 Výkonnostní požadavky na národní a mezinárodní úrovni

Každá sportovní činnost je vždy specifická, a proto se stanovená výkonnost vztahuje pouze na konkrétní sportovní disciplínu. Úroveň sportovní výkonnosti jednotlivce se během kalendářního roku mění i záměrně. Vrcholnou formu, a tedy i výkonnost, sportovec nemůže udržet trvale. (Měkota & Cuberek, 2007).

Populační sportovní skupiny, o které se zajímáme jsou např. účastníci krajských, celostátních, evropských nebo olympijských soutěží. Exaktněji je postižitelná úroveň výkonnosti u měřitelných sportovních disciplín, např. atletických aj. Při nejrůznějších komparacích vertikálních (porovnává se současná výkonnost s výkonností zaznamenanou v minulosti) i horizontálních (porovnává se výkonnost zjištěná v různých regionech, státech či kontinentech) se často pracuje s aritmetickými průměry či mediány vybraných menších skupin osob, např. 10 nebo jen 6 nejlepších. (Měkota & Cuberek, 2007).

V tab. 2 najdeme porovnání nejlepších výkonů jak vertikálního, tak horizontálního pohledu. Výsledek průměru deseti nejlepších skokanek v Česku je 13,84 metru.

Tab. 2 Nejlepší výkony v trojskoku na území ČR

Pořadí ve světě	Výkon (m)	Vítr (m/s)	Jméno	Rok
10	15,2	0.0	Šárka KAŠPÁRKOVÁ	1997
207	14,19	+0.3	Eva DOLEŽALOVÁ	1999
212	14,18	-	Martina DARMOVZALOVÁ	2009
389	13,93	+0.8	Lucie MÁJKOVÁ	2016
645	13,84	+1.4	Linda SUCHÁ	2024
902	13,47	+1.3	Emma MAŠTALÍŘOVÁ	2022
998	13,41	+0.3	Helena VINAŘOVÁ	1999
998	13,41	+1.9	Kateřina HRABALOVÁ	2004
1046	13,38	0.0	Alena NEZDARILOVÁ	1997
1046	13,38	-0.2	Michaela HRUBÁ	2023

(Zdroj: <https://worldathletics.org/records/all-time-toplists/jumps/triple-jump/all/women/senior?regionType=countries®ion=cze&windReading=regular&page=1&bestResultsOnly=true&firstDay=1899-12-31&lastDay=2024-05-31&maxResultsByCountry=all&eventId=10229529&ageCategory=senior>)

Pro následující komparace bylo užito 10 nejlepších výsledků z mezinárodních akcí, aby byly zjištěny požadavky na konkrétní umístění na jednotlivých mezinárodních akcích k nahlédnutí tab. 3. Z národní úrovně se tedy přesuneme na výkonnostní úroveň Evropy. Vstupní data byla zajištěna z výsledků pěti posledních konaných Mistrovství Evropy (Helsinky 2012, Zurych 2024, Amsterdam 2016, Berlin 2018 a Mnichov 2022).

Tab. 3 Průměry výkonů dle umístění na posledních pěti konaných ME

Umístění na ME	Průměry výkonů (m)
1.místo	14,78
2.místo	14,56
3.místo	14,44
4. místo	14,32
5.místo	14,30
6.místo	14,18
7.místo	14,08
8. místo	13,99
9.místo	13,87
10.místo	13,83

(Zdroj: <https://www.european-athletics.com/competitions/results>)

Stejný princip výpočtu byl aplikován pro zjištění výkonnostních požadavků pro světovou úroveň (Peking 2015, Londýn 2017, Dauhá 2019, Oregon 2022, Budapešť

2023), viz tab. 5. Nesmíme vynechat ani Olympijské hry jako vrchol čtyřletého přípravného cyklu, byla využita data s posledních třech OH (Londýn 2012, Rio 2016, Tokio 2021).

Tab. 4 Průměry výkonů dle umístění na posledních pěti konaných MS a tři OH

Umístění	Průměry výkonů (m)
1.místo	15,22
2.místo	14,92
3.místo	14,80
4. místo	14,69
5.místo	14,59
6.místo	14,54
7.místo	14,41
8. místo	14,29
9.místo	14,17
10.místo	14,06

(Zdroj: MS: <https://worldathletics.org/competition/calendar-results?competitionGroupId=6>,
OH: <https://worldathletics.org/competition/calendar-results?competitionGroupId=5>)

3 CÍLE

Cíle práce:

Cílem diplomové práce je určení klíčových biomechanických parametrů pro predikci výkonu v ženském trojskoku na světové úrovni.

Dílčím cílem je predikce výkonnosti u Michaely Hrubé a českých nejlepších trojskokanek plus zařazení predikovaných výkonností.

Výzkumné otázky:

Otázka č. 1: Primárně pomocí kterých parametrů dokážeme uspokojivě vysvětlit výkon v trojskoku žen na vrcholové/světové úrovni?

Otázka č. 2: Jaká je na základě dostupných parametrů predikce výkonnosti vybraných českých atletek?

Otázka č. 3: Na jakou výkonnostní úroveň se řadí predikovaná výkonnost atletek?

4 METODIKA

4.1 Design práce

V diplomové práci jsme provedli sekundární analýzu dat, které jsme získali z veřejně dostupných biomechanických analýz vrcholných atletických soutěží uvedený na stránkách <https://worldathletics.org/about-iaaf/documents/research-centre>.

Z těchto analýz jsme vybrali kinematické parametry, které byly analyzovány při více soutěžících. Následně jsme pomocí statistických metod hledali klíčové parametry, které nejvíce ovlivňují výkon v trojskoku.

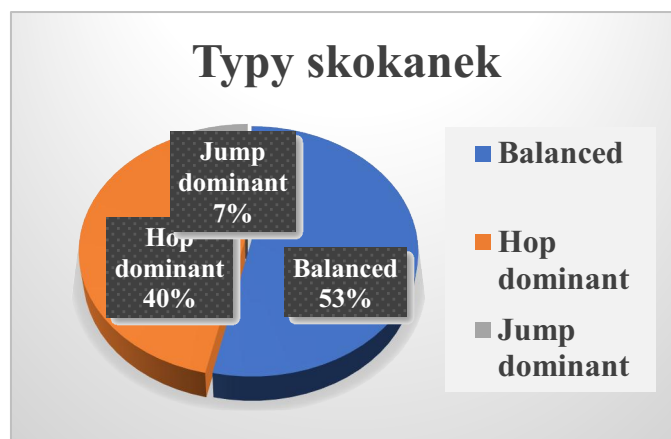
4.2 Popis výběru analyzovaných soutěží a atletek

Podmínka pro výběr analyzovaných soutěží byla následující: muselo se jednat o odbornou analýzu zpracovanou ze závodů mezinárodní vrcholové úrovně. Celkem bylo analyzovaných 28 pokusů. Jedinou českou atletkou, která se objevila v analýze vrcholných soutěží je Šárka Kašpárková, která se díky své výkonnosti dostala do finále MS v roce 1997 v Atlantě.

Data analýz z CIG, HMČR a MČR 2023 nebylo možno použít jako zásobník dat pro analýzu vrcholových atletek, jelikož žádná naše česká atletka v roce 2023 nedosáhla výkonnosti mezinárodní úrovně, tedy nebyla účastnicí ME nebo MS. Data však byla využita pro predikci výkonnosti aktuálně nejlepších českých trojskokanek.

Pokud se podíváme, jak vypadá rozložení světové špičky na obr. 9, je jasně viditelné, že více než polovina atletek spadá do kategorie balanced dle jejich techniky.

Obr. 9 Graf typy skokanek



4.3 Popis a definice jednotlivých parametrů

Ze všech dostupných analýz byly vybrány následující parametry, které byly využity ke statistickému zpracování viz tab. 5.

Tab. 5 Definice vstupních parametrů pro statistické zpracování

vykon	Naměřený výkon
VH_2	Horizontální rychlost při odrazu 2 kroky před odrazem
VH_hop	Horizontální rychlost při odrazu u poskoku
VH_step	Horizontální rychlost při odrazu u kroku
VH_jump	Horizontální rychlost při odrazu u skoku
VV_hop	Vertikální rychlost při odrazu u poskoku
VV_step	Vertikální rychlost při odrazu u kroku
VV_jump	Vertikální rychlost při odrazu u skoku
part_hop	Procentuální rozložení poskoku
part_step	Procentuální rozložení kroku
part_jump	Procentuální rozložení skoku
angle_hop	Úhel vzletu poskoku
angle_step	Úhel vzletu kroku
angle_jump	Úhel vzletu skoku

Na základě vstupních dat z přílohy 1 bylo provedeno několik analýz. Díky tomu byly zjištěny výsledky absolutních průměrů a směrodatná odchylka u každého konkrétního parametru.

Tab. 6 Průměry parametrů a směrodatná odchylka sloučených analýz

Parametr	Absolutní průměr	Směrodatná odchylka
vykon	14,49	0,31
VH_2	8,97	0,28
VH_hop	8,29	0,31
VH_step	7,58	0,39
VH_jump	6,42	0,44
VV_hop	2,38	0,34
VV_step	1,80	0,27
VV_jump	2,46	0,31
part_hop	36,39	1,25
part_step	28,72	2,13
part_jump	35,19	1,80
angle_hop	16,23	2,37
angle_step	13,28	2,52
angle_jump	21,34	21,34

4.4 Statistické zpracování dat

Statistické zpracování dat jsme provedli v programu IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. (IBM Corp. Released 2016. Armonk, NY, USA).

Pro posouzení těsnosti vztahu dvou proměnných jsme použili Pearsonův korelační koeficient R, přičemž jeho velikost dle Evanse (1996) označujeme jako velmi slabou do 0,2 (-0,2); v rozmezí 0,2 až 0,4 (-0,2 až -0,4) slabou; pro hodnoty 0,4 až 0,7 (-0,4 až -0,7) střední. Při dalším zvýšení korelačního koeficientu na hodnotu 0,7 až 0,9 (-0,7 až 0,9) je pak vztah silný. Nad hodnotu 0,9 (-0,9) mluvíme o velmi silném vztahu. Hladinu statistické významnosti pro jednotlivé korelace jsme nastavili na 0,05.

S korelačním koeficientem souvisí i koeficient determinace R² (R square). Jedná se o druhou mocninu korelačního koeficientu. Koeficient determinace vypovídá o interpretovatelnosti modelu na daná data. Např. R² = 0,95 vypovídá o faktu, 95 % hodnot proměnné Y může být vysvětleno korelací proměnnou X (Pohanka, 2010).

Dalším nástrojem, který byl využit pro analýzu, dat byla shluková analýza. Cílem bylo zařadit jednotlivé kinematické parametry do skupin (shluků) tak, aby dva

kinematické parametry ze stejného shluku si byly více podobné než dva kinematické parametry z různých shluků. Pro znázornění výsledků shlukové analýzy jsme použili dendrogram. Dendrogram je druh diagramu používaný ke znázornění jednotlivých kroků shlukové analýzy. Při výpočtu metodou dendrogram vyjadřuje každý prvek samostatně na vertikální ose X. Horizontální osa Y vyjadřuje vzdálenost mezi jednotlivými shluky. Čím větší je hodnota na ose Y, tím větší je rozdíl mezi proměnnými nebo shluky. (Anderberg, 1976)

Pro predikci trojskokanského výkonu z kinematických parametrů byla použita mnohonásobná lineární regrese metodou backward (metoda zpětná), kdy byly do modelu vloženy nejdříve všechny nezávislé proměnné a algoritmus výpočtu pak postupně eliminoval v jednotlivých krocích proměnné, které jsou nejméně statisticky signifikantními prediktory. Na základě uvedeného postupu můžeme identifikovat efektivní regresní model s přijatelným počtem prediktorů a vysokou mírou vysvětlitelnosti celkového rozptylu (Adj. R square) současně s nízkou střední chybou odhadu (Std. Error of the estimate). Změny v metrice modelu v jednotlivých krocích popisuje statistika změn, kde jsme sledovali tři parametry: změna v koeficientu determinace modelu (R square change), změna funkce F (F change) a její statistická významnost (Sig. F change).

Pro výpočet odhadu výkonnosti našich atletek jsme použili následující regresní rovnici (na základě výsledků regresních modelů):

$$\mathbf{Výkon [m] = 7,389 + VH_2*0,47 + part_step*0,04 + part_jump*0,05}$$

Vstupní data do regresní rovnice jsme získali z přílohy číslo 2. Koeficienty regresní rovnice jsou uvedeny v příloze číslo 3 této práce.

5 VÝSLEDKY

5.1 Korelační analýza

Výsledky korelační analýzy jsou uvedeny v tab. 7. Pracovali jsme primárně s daty korelačního koeficientu s hodnotou R vyšší než 0,4. Data rozdělujeme na středně silné (0,4 až 0,7), silné (0,7 až 0,9) a velmi silné (0,9 a více) hodnoty. Data označena jednou hvězdičkou označují statisticky signifikantní korelace menší 0,05 a dvěma hvězdičkami signifikantní korelace menší 0,01.

Analýza zjistila, že jediný parametr, který má statisticky signifikantní korelaci se vstupní hodnotou výkon, která je pro výsledek v trojskoku zásadní, je pouze parametr VH_2 , tedy výše náběhové rychlosti při posledních krocích před odrazem. Těsnost těchto dvou parametrů je 0,457 tedy středně silný.

Další zjištěné parametry významné dle Pearsonova koeficientu nevyovídají o spojení s parametrem výkon. Pouze nám říkají, že spolu souvisí ve velké míře jednotlivé úhly odrazu a vertikální výšky skoků. Poslední dva zmíněné parametry jsou v každé části skoku různě silně propojené, pro výkon jsou však nevyovídající.

Tab. 7 Korelační matice

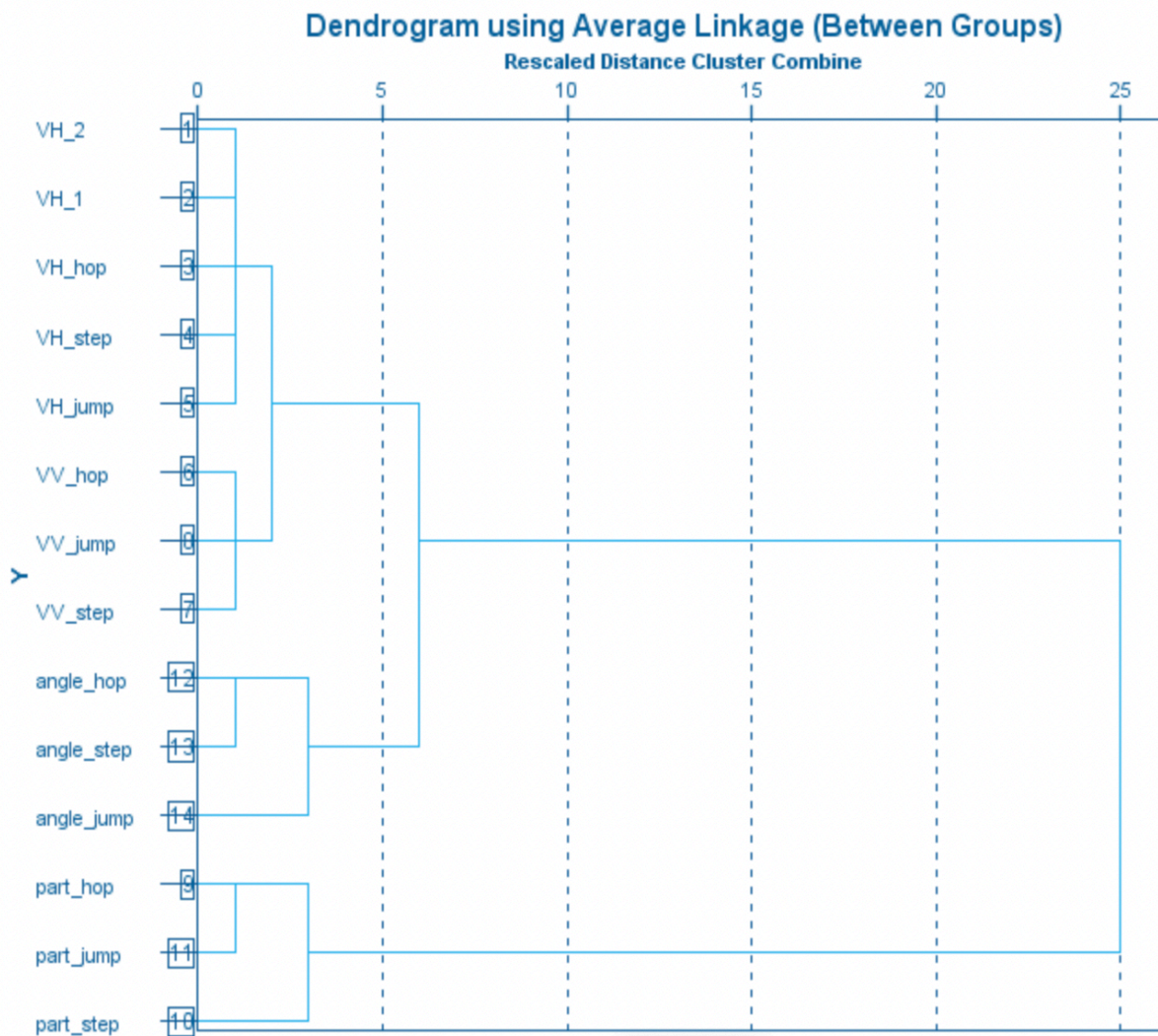
	vykon	VH_2	VH_hop	VH_step	VH_jump	VV_hop	VV_step	VV_jump	part_hop	part_step	part_jump	angle_hop	angle_step	angle_jump	
Pearson Correlation	vykon	1,000	,457	,376	,275	,243	-,182	-,257	,058	-,182	,159	,246	-,251	-,225	-,075
	VH_2	,457	1,000	,526	,293	,257	-,270	-,390	-,111	,121	-,021	,132	-,330	-,458	-,234
	VH_hop	,376	,526*	1,000	,242	,267	-,036	,033	-,035	-,027	,110	,022	-,154	-,006	-,113
	VH_step	,275	,293	,242	1,000	,772	,130	-,138	,209	-,280	-,278	,699	,002	-,543	-,182
	VH_jump	,243	,257	,267	,772**	1,000	,014	-,022	,108	-,576	-,194	,797	-,065	-,373	-,275
	VV_hop	-,182	-,270	-,036	,130	,014	1,000	,350	,611	,380	-,056	,002	,955	,443	,536
	VV_step	-,257	-,390	,033	-,138	-,022	,350	1,000	,092	-,114	,190	-,157	,419	,729	,137
	VV_jump	,058	-,111	-,035	,209	,108	,611**	,092	1,000	-,042	,005	,426	,605	,167	,898
	part_hop	-,182	,121	-,027	-,280	-,576*	,380	-,114	-,042	1,000	-,088	-,524	,357	,063	,108
	part_step	,159	-,021	,110	-,278	-,194	-,056	,190	,005	-,088	1,000	-,360	-,073	,340	,082
	part_jump	,246	,132	,022	,699**	,797**	,002	-,157	,426**	-,524*	-,360	1,000	-,067	-,475	,103
	angle_hop	-,251	-,330	-,154	,002	-,065	,955**	,419	,605	,357	-,073	-,067	1,000	,527	,562
	angle_step	-,225	-,458	-,006	-,543*	-,373	,443	-,729**	,167	,063	,340	-,475*	,527*	1,000	,362
	angle_jump	-,075	-,234	-,113	-,182	-,275	,536*	,137	,898**	,108	,082	,103	,562**	,362*	1,000

Hvězdičky značí statisticky významné korelace * $p < 0,05$ a ** $p < 0,01$.

5.2 Shluková analýza

Výsledky shlukové analýzy vidíme na obr. 10, kde najdeme čtyři významné shluky.

Obr. 10 Dendrogram a výsledky shlukové analýzy



Shluky číslo 1 a 2 společně vytváří rychlostní parametry skoku (horizontálně rychlostní (1) a vertikálně rychlostní (2), oba shluky se nachází na ose X na čísle cca 1. Shluk 1 obsahuje parametry VH_2, VH_1, VH_hop, VH_step, VH_jump. Se shlukem číslo 2 souvisejí následující parametry VV_hop, VV_jump, VV_step. Tyto dvě proměnné jsou spojeny při nízkých vzdálenostech na ose X, což nám ukazuje, že si jsou navzájem blízké. Jedná se primárně o měření rychlostí, tedy výkony horizontální a vertikální rychlosti.

Shluk číslo 3 jsou úhly vzletu těžiště v jednotlivých skocích. Vidíme je na ose X na pomyslné linii čísla 3 a obsahuje `angle_hop`, `angle_step`, `angle_jump`. Tyto proměnné jsou také spojeny při nízkých vzdálenostech. To znamená, že úhly odrazů při trojskoku jsou si navzájem podobné.

Shluk číslo tři 4, obsahující `part_hop`, `part_jump`, `part_step` se nachází na ose X na stejném místě jako shluk 3. Tyto proměnné `part_hop`, `part_step`, `part_jump` jsou odlišné od ostatních a zahrnují procentuální délku skoku v jednotlivých částech trojskoku.

5.3 Regresní analýza

Následující tab. 8 obsahuje výsledky s různými regresními modely, které byly vyzkoušeny s různými kombinacemi prediktorů. Pojdme se podívat na jednotlivé modely a jejich výsledky.

Z tabulky vychází najevo, že model 11 byl identifikován jako nejlepší model pro nejpřesnější odhad výkonu. Tento model dosahuje hodnoty Adjusted R Square 0,222, což znamená, že poskytuje nejlepší vysvětlení variability závislé proměnné mezi všemi zkoumanými modely. Hodnota Sig. F Change pro tento model je 0,429, což naznačuje, že změna ve vysvětlující síle není statisticky významná na úrovni 0,05. Přesto je Model 11 nejlepším modelem na základě Adjusted R Square. Prediktory zahrnuté v tomto modelu jsou `part_jump`, `VH_2` a `part_jump`. Žádná jiná ze změn R Square není statisticky významná, což znamená, že přidání nových prediktorů do modelů nepřináší významné zlepšení ve vysvětlování variability závislé proměnné.

Tab. 8 Výsledky regresního modelu – zpětná metoda

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,683 ^a	,467	-,029	,31551	,467	,942	13	14	,540
2	,683 ^b	,467	,040	,30482	,000	,000	1	14	,997
3	,683 ^c	,466	,100	,29516	,000	,002	1	15	,964
4	,674 ^d	,454	,132	,28974	-,013	,382	1	16	,545
5	,667 ^e	,445	,168	,28374	-,008	,262	1	17	,615
6	,634 ^f	,402	,151	,28664	-,043	1,390	1	18	,254
7	,609 ^g	,370	,150	,28676	-,032	1,017	1	19	,326
8	,603 ^h	,363	,182	,28142	-,007	,224	1	20	,641
9	,586 ⁱ	,343	,194	,27925	-,020	,663	1	21	,425
10	,572 ^j	,327	,210	,27640	-,016	,533	1	22	,473
11	,555 ^k	,309	,222	,27436	-,019	,647	1	23	,429
12	,494 ^l	,244	,184	,28100	-,064	2,224	1	24	,149
13	,457 ^m	,209	,179	,28188	-,035	1,164	1	25	,291

a. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VV_step, VH_step, VH_2, angle_hop, part_jump, angle_step, VH_jump, VV_hop, VV_jump

b. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VV_step, VH_step, VH_2, angle_hop, part_jump, angle_step, VH_jump, VV_jump

c. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VV_step, VH_step, VH_2, angle_hop, part_jump, angle_step, VH_jump

d. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VV_step, VH_2, angle_hop, part_jump, angle_step, VH_jump

e. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VV_step, VH_2, angle_hop, part_jump, VH_jump

f. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VH_2, angle_hop, part_jump, VH_jump

g. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, part_hop, VH_hop, VH_2, part_jump, VH_jump

h. Predictors: (Constant), angle_jump, part_step, VH_hop, VH_2, part_jump, VH_jump

i. Predictors: (Constant), part_step, VH_hop, VH_2, part_jump, VH_jump

j. Predictors: (Constant), part_step, VH_hop, VH_2, part_jump

k. Predictors: (Constant), part_step, VH_2, part_jump

l. Predictors: (Constant), VH_2, part_jump

m. Predictors: (Constant), VH_2

Predikce

Na základě nejlepšího regresního modelu číslo 11 byla získána potřebná vstupní data českých atletek viz tab. 9.

Tab. 9 *Vstupní data českých atletek*

Jméno	Part_step (%)	VH_2 (m/s)	Part_jump (%)
Linda Suchá	27,9	8,62	35,9
Michaela Hrubá	28,6	8,63	34,5
Emma Maštalířová	27,4	8,83	36,6
Veronika Skalická	29,5	8,37	32,4
Tereza Vlková	29,7	8,31	31,4

Po dosazení dat do výpočtu jsme došli k výsledkům predikce, které můžeme vidět v tab. 10.

Tab. 10 *Predikovaný odhad výkonnosti českých atletek*

Jméno	Predikovaný odhad
Linda Suchá	14,35
Michaela Hrubá	14,31
Emma Maštalířová	14,47
Veronika Skalická	14,13
Tereza Vlková	14,05

Výsledky predikce ukazují, že české atletky by díky svým vstupním parametrům mohly konkurovat vrcholovým atletkám. S výsledky přes 14 metrů by se mohly zařadit mezi atletky, které se zúčastní ME, MS nebo OH.

6 DISKUSE

Zjistili jsme, že nejvyšší souvislost s výkonem má parametr VH_2, další parametry nemají dostatečnou vypovídající hodnotu. Uspokojivě a nejlépe vysvětlíme výkon v trojskoku pomocí Regresního modelu číslo 11 o třech parametrech. Potřebné parametry part_jump, VH_2 a part_jump schopni zjistit pomocí Optojumpu, který se standardně využívá k měření v ČR. Střední chyba měření je u tohoto modelu 27,4 centimetrů. Tímto modelem jsme schopni interpretovat 30,9 % variability výkonu. Pomocí zjištěné regresní rovnice jsme vypočítali predikci výkonů aktuálně nejlepších českých atletek. Všechny naše vybrané trojskokanky mají díky jejich vstupním parametrům předpoklady skočit za 14 m, čímž by se dostali jak do evropské, tak do světové trojskokanské elity.

Korelační analýza

Pro každého trenéra a atleta, kteří se pohybují na vrcholové úrovni v jakékoli atletické disciplíně je nejdůležitější výkon. Tabulka korelací obsahuje několik významných vztahů mezi proměnnými, které jsou označeny hvězdičkou. Tyto vztahy nám pomáhají pochopit, jak jednotlivé proměnné spolu souvisejí a jsou klíčové pro naši analýzu.

Začneme vztahem mezi výkonem a proměnnou VH_2. Korelační koeficient mezi těmito dvěma proměnnými je 0,457. To znamená, že existuje středně silný pozitivní vztah mezi VH_2 a výkonem. Jednoduše řečeno, když hodnota VH_2 roste, má dle analýzy tendenci růst i hodnota výkonu. Analýza nám tedy potvrdila, jak psal Sivila (2003) ve své bakalářské práci, že v kontextu trojskoku je náběhová rychlost zásadní, neboť poskytuje primární sílu pro ovládnutí celkového pohybu.

Pokud se na tento jev ale podíváme pouze z praktického hlediska, není vždy zaručené, že když zvýšíme VH_2, tak pozitivně ovlivníme výkon v trojskoku. V některých případech zvýšení VH_2 může naopak vést ke snížení výkonu z důvodu snížení horizontální rychlosti v dalších částech skoku, protože závodnice nebude schopna provést skok správně z technického hlediska.

Killing (2008) uvádí, že pro výkonnost přes 14,30 m v trojskoku žen by se měla pohybovat náběhová rychlost přes 9,1 m/s. Yu (1996) konkretizoval horizontální rychlost

vrcholových trojskokanek mezi 9,31–9,36 m/s. Díky tab. 9 byly zjištěny průměry výkonů a náběhových rychlostí na analyzovaných vrcholových akcích následně: 1997 -14,57 m a 9,29 m/s; 2009 – 14,51 m a 9,06 m/s; 2011 – 14,58 a 9,09 m/s a 2018 – 14,42 m a 8,84 m/s. Vidíme klesající tendenci náběhových rychlostí, ale zároveň výkony zůstali stále přes 14,30 m. Absolutní průměr všech atletek je dle tab. 8 u výkonu 14,49 m a u náběhové rychlosti – 8,97 m/s.

Výrazně silný vztah je pozorován mezi proměnnými VH_step a VH_jump, s korelačním koeficientem 0,772, což znamená, že když hodnota VH_step stoupá, výrazně stoupá i hodnota VH_jump. Víme, dle tab. 8 Sloučené analýzy pro zisk dat, že u VH_step a VH_jump nikdy nedochází k postupnému navyšování hodnot, ale naopak hodnoty jsou silně klesající. Dle Yu (1996) je horizontální rychlost ve třech odrazových fázích, skoku, kroku a doskoku mezi 8,4 – 8,86, 7,58 – 8,22 a 6,46 – 7,34 m/s. Absolutní průměr všech závodnic v každé části skoku dle tab. 8 je 8,40 – 7,45 – 6,32 m/s.

Podobně silný vztah je pozorován mezi VH_jump a part_jump s korelačním koeficientem 0,797. Statisticky výsledek znamená to, že když roste hodnota VH_jump, výrazně roste i hodnota VH_jump. Pokud bychom měli interpretovat tento údaj do praxe, výsledkem je, že čím vyšší horizontální rychlost si závodnice udrží, tím by měla být procentuálně delší fáze skoku.

Středně silný pozitivní vztah existuje také mezi VV_hop a VV_jump, s korelačním koeficientem 0,611. To znamená, že když hodnota VV_hop roste, můžeme očekávat, že poroste i hodnota VV_jump. Statisticky by měly hodnoty růst, ale v praxi jsou vysoké hodnoty těchto rychlostí nežádoucí, protože dochází k výrazným ztrátám horizontálních rychlostí.

Posledním významným vztahem je ten mezi angle_hop a angle_step, kde korelační koeficient je 0,527. Statisticky to znamená, že když hodnota angle_hop roste, roste i hodnota angle_step. Tento vztah ovlivňuje poměr výšky těžiště skokanky a délky prvních dvou skoků. Vysoké úhly angle_hop mohou snížit horizontální složku skoku, kvůli tomu dojde i k navýšení angle_step a další ztrátě rychlosti, což je pro výkon v trojskoku nežádoucí. Naopak nízké hodnoty mohou přinést výhodu v lepší kontrole a stabilitě do druhého odrazu, ale atletka musí skoky zvládnout po technické stránce.

Trojskokanky by měly optimalizovat techniku a kontrolu při skoku. Zaměřit se na plynulost pohybu a minimalizaci ztrát energie mezi jednotlivými fázemi, díky tomu může dosáhnout lepšího výkonu.

Tyto korelace nám poskytují cenné informace o vztazích mezi jednotlivými proměnnými a pomáhají nám lépe porozumět, jak spolu tyto proměnné souvisejí. Díky těmto informacím můžeme lépe interpretovat naše data a dělat informovanější rozhodnutí v praxi na základě těchto vztahů.

Dendogram

Shluky číslo 1 a 2 poskytují cenný vhled do různých aspektů rychlosti, které jsou klíčové pro výkon v trojskoku. Trojskok je disciplína, která vyžaduje jak horizontální, tak vertikální rychlost a tyto shluky nám pomáhají pochopit, jak různé formy rychlosti přispívají k celkovému výkonu.

Shluk 1 zahrnuje horizontální rychlostní parametry. Tyto parametry jsou klíčové pro dosažení maximální vzdálenosti při každém skoku. V trojskoku je důležité, aby sportovec udržoval vysokou horizontální rychlost po celou dobu skoků, protože to přispívá k větší délce skoku. Parametry v tomto shluku nám umožňují měřit a analyzovat efektivitu horizontálního pohybu a identifikovat oblasti, kde může být možné zlepšení.

Shluk 2 zahrnuje vertikální rychlostní parametry. Vertikální rychlost je důležitá pro dosažení optimální výšky skoků, což přispívá k lepší celkové trajektorii a vzdálenosti skoku. Parametry v tomto shluku nám pomáhají pochopit, jak dobře sportovec generuje vertikální rychlost a jak tato složka pohybu ovlivňuje výkon v trojskoku. Ai a kol. (2011) tvrdí, že se vertikální rychlost pohybuje v rozmezí 2,09 – 2,49 m/s u poskoku, 1,24 – 1,76 m/s u kroku a 2,41 – 2,76 m/s u skoku. Při porovnání dat z tab. 10 s vrcholovými atletkami byla zjištěna následující data 2,39 m/s u poskoku – 1,76 m/s u kroku – 2,43 m/s u skoku, a tedy i shoda s autorem.

Shluk 3 se zaměřuje na úhly skoků. Parametry v tomto shluku zahrnují měření různých úhlů, které sportovec má během různých fází skoku. Tyto úhly jsou klíčové pro optimalizaci trajektorie a efektivnosti skoku. Správné nastavení úhlů může pomoci maximalizovat vzdálenost skoku a zároveň minimalizovat ztrátu rychlosti při přechodech

mezi jednotlivými fázemi skoku. Analýza těchto parametrů umožňuje trenérům a sportovcům identifikovat optimální techniku, která zlepší celkový výkon. Antonini (2015) uvádí úhly odrazu v průměru mezi hodnotami $12^\circ - 19^\circ$, při kroku mezi $10^\circ - 16^\circ$ a při skoku mezi $16^\circ - 27^\circ$. Průměr ženské atletické špičky je $16,45^\circ - 13,52^\circ - 21,31^\circ$.

Shluk 4 se zaměřuje na procentuální rozložení jednotlivých skoků. Tento shluk Procentuální rozložení skoků je klíčové pro pochopení, jak sportovec rozděluje svoji energii a sílu mezi jednotlivé fáze skoku. Měření těchto parametrů umožňuje trenérům a sportovcům analyzovat efektivitu každé fáze skoku a identifikovat, kde je možné dosáhnout zlepšení. Úpravy v rozložení energie mezi jednotlivé skoky mohou vést k lepší synchronizaci a plynulosti pohybu, což je zásadní pro dosažení maximální vzdálenosti při skocích.

Celkově nám tyto shluky poskytují hlubší vhled do technických a strategických aspektů trojskoku. Analýza těchto shluků umožňuje sportovcům a trenérům cílit na specifické oblasti pro zlepšení techniky a rozložení energie, což může vést k výrazným pokrokům v celkovém výkonu.

Regresní analýza

Zjistili jsme, že model složený ze tří parametrů nám poskytuje relativně přesný odhad výkonu s relativně lehce získatelnými vstupními daty. Díky nízkému počtu parametrů `part_jump`, `VH_2` a `part_jump` a relativně dobrou mírou vysvětlitelnosti celkového rozptylu, jsme schopni predikovat výkon se střední chybou odhadu 27,4 centimetru. Tento model je výhodný zejména pro svou jednoduchost a snadnou interpretaci, což může být velmi užitečné v praktických aplikacích, kde je důležité minimalizovat složitost modelu. Je třeba zdůraznit, že ačkoli uvedený model poskytuje užitečný nástroj pro predikci výkonu, vysvětluje pouze 30,9 % variability výkonu. To naznačuje, že existuje ještě mnoho dalších faktorů, které nebyly vůbec zahrnuty do tohoto modelu, ale které mohou významně ovlivnit výkon.

Pokud bychom se měli podívat na jednotlivé kroky v modelu samostatně, jak pomáhají vysvětlovat rozptyl, rozhodně stojí za zmínku model 13, díky kterému jsme schopni určit 20,9 % variability výkonu pouze díky jednomu prediktoru. Poměrně velký skok můžeme sledovat mezi modely 12 a 11, kde jsme díky prediktoru `part_step`

prediktoru zvýší přesnost variability výkonu o 6,5 %. Další postupné modely až do modelu číslo 5 přinášejí zpřesnění o 1-3 %. Tedy poměr procentuálního nárůstu vůči počtu parametrů nepřispívá k nijak razantnímu zpřesnění až do modelu 6, kde vidíme nárůst o 4,3 %. Bohužel se ale od modelu 10 pohybujeme v hodnotách, které nemáme k dispozici pro výkonnostní české atletky.

Predikce a zařazení výkoností českých atletek

Dílčím cílem této diplomové práce bylo zjistit, jaké výkony bychom mohli očekávat od předních českých atletek. Pro výpočet odhadu výkonnosti našich atletek jsme použili regresní rovnici, která však byla získána z biomechanických analýz světových atletek, ale byla aplikována na atletky na národní úrovni.

Výsledky predikce ukázaly, že české atletky by díky vstupnímu parametru VH_2 a procentuálnímu rozložení kroku a skoku mohly dosáhnout výkonu přes 14 metrů, což by jim umožnilo konkurovat na vrcholových atletických soutěžích, jako jsou mistrovství Evropy, mistrovství světa nebo Olympijské hry. Tento fakt je velmi povzbudivý, protože indikuje, že i atletky, které máme zatím na národní úrovni, mohou dosáhnout výkonnosti srovnatelné se světovou špičkou, pokud se zaměří na klíčové faktory. Je ale třeba se zamyslet, z jakého důvodu naše atletky neskočily stále za 14 metrů. Dalšími důležitými faktory, dle teoretických a praktických znalostí základního tréninku, bude silová připravenost a velmi důležitá technická stránka trojskoku u každé jednotlivé atletky. Tato data však nebylo možno získat z volně dostupných analýz ze závodů.

Doporučení pro další zpracování dat

V našich podmínkách máme aktuálně k dispozici radarové měření a Optojump, díky nimž jsme schopni změřit pouze úzké spektrum potřebných vstupních parametrů. Abychom mohli díky kinematickým parametrům vysvětlit 45 % rozptylu výkonu, potřebovali bychom ještě zjistit data následujících rychlostních prediktorů VH_hop, VV_step, VH_jump a úhly vzletu těžiště u všech částí trojskoku, tedy angle_hop, angle_step, angle_jump. Aktuálně jsme schopni zjistit pouze VH_2 a procentuální rozložení částí všech třech skoků part_hop, part_step, part_jump.

7 ZÁVĚR

V diplomové práci jsme se zaměřili na analýzu faktorů ovlivňujících výkon v trojskoku. Pomocí korelační, shlukové a regresní analýzy byly identifikovány klíčové parametry a vytvořen predikční model pro odhad výkonnosti atletek. Výsledky korelační analýzy ukázaly, že jediný parametr, který má statisticky signifikantní korelaci s výkonem, je VH_2, tedy výše náběhové rychlosti při posledních krocích před odrazem, se středně silným korelačním koeficientem 0,457.

Shluková analýza identifikovala čtyři hlavní shluky: rychlostní parametry skoku: horizontální a vertikální rychlost, úhly vzletu těžiště a procentuální délku skoku v jednotlivých částech trojskoku. Tyto shluky poskytují lepší pochopení struktury a vzájemných vztahů mezi jednotlivými proměnnými.

Regresní analýza identifikovala model 11 jako nejlepší pro predikci výkonu, přičemž tento model využívá pouze tři prediktory: part_step, VH_2 a part_jump, a vysvětluje 30,9 % variability výkonu. Tento model byl použit k predikci výkonnosti českých atletek na základě jejich vstupních parametrů. Výsledky predikce ukázaly, že české atletky by mohly dosáhnout výkonnosti přes 14 metrů, což by jim umožnilo konkurovat na vrcholových atletických soutěžích, jako jsou ME, MS nebo OH.

Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že klíčovým faktorem pro dosažení vyššího výkonu v trojskoku je optimalizace náběhové rychlosti (VH_2) a primárně technické stránky trojskoku. Navržený predikční model poskytuje užitečný nástroj pro trenéry a atlety pro pochopení a zdokonalování techniky trojskoku a také pro eventuální zvyšování výkonnosti. Pokud bychom chtěli nalézt ještě přesnější predikční modely, museli bychom se zaměřit na zkoumání dalších potenciálních faktorů. Aktuálně je však nejsme schopni v našich podmínkách získat.

8 CITACE

1. Ai, T., Michiyoshi, A., Hiroyuki, K., Yuya, M. & Megumi, T., (2011) Analysis of the takeoff motion for the world top female triple jumpers. *Portuguese Journal of Sport Sciences*, (Suppl. 2): 407-409
2. Anderberg, M., R. (1973) Cluster analysis for applications. *New York: Academic Press*, ISBN 9780120576500.
3. Antonini, S. (2015), Biomechanics of the triple jump: technical, coordinative and muscular aspects. *Science&Sport*, 12–18, Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/276273598_Biomechanics_of_the_trip_le_jump_technical_coordinative_and_muscular_aspects
4. Bae Y.S. a kol, (2009). Biomechanics Research Project in the IAAF World Championships Daegu 2011. *Korean Society of Sport Biomechanics*
5. Brüggermann g., Koszewski d., Müller H. a kol., (1999), Biomechanical Research Project Athlens 1997 Final Report, *Oxford: Meyer & Meyer Sport (UK)*, ISBN 1-84126-009-6
6. Cissik, J., (2013). Strength and Conditioning for the Triple Jumper, *Strength and Conditioning Journal USA*
7. Čapek, L. Hájek, P. & Henyš, P. (2018) Biomechanika člověka. *Praha: Grada Publishing*, ISBN 978-80-271-0367-6
8. Dovalil, J. a kol. (2012). Výkon a trénink ve sportu. 3.vyd. *Praha: Olympia*
9. Eissa, A. (2014). Biomechanical Evaluation of the Phases of the Triple Jump Take-Off in a Top Female Athlete. *Journal of Human Kinetics*, 40(1), 29–35. Dostupné z: <https://doi.org/10.2478/hukin-2014-0004>
10. Evans, J.D. (1996). Straightforward Statistics for the Behavioral Sciences. *Brooks/Cole Publishing; Pacific Grove, Calif.*
11. Hommel, H. a kol., (2009). Scientific Research Project Biomechanics Analyses at the Berlin 2009, Final Report Triple Jump, *German Athletics Federation*
12. Killing, W. et al. (2008). Jugendleichtathletik: offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik - Verbandes für die Sprungdisziplinen im Aufbautraining. *Münster: Philippka – Sportverlag*, ISBN 978-3-89417-173-5
13. Měkota, K. & Cuberek, R. (2007). Pohybové dovednosti - činnosti - výkony. 1. vyd., *Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci*

14. Medicosport. (2017). Doping and sports 1993.
<https://www.medicosport.eu/en/doping-and-sports/doping-and-sports1993.html>.
15. Panoutsakopoulos, V. & Kollias, I. A. (2008). Essential parameters in female triple jump technique. *NSA by IAAF*, (Study), Article 23:4
16. Pohanka, M. (2010). Základy statistiky laboratorních experimentů. *Vojenské zdravotnické listy*, 60-63. Dostupné z:
<https://mmsl.actavia.cz/pdfs/mms/2010/02/05.pdf>
17. Rabušic, L., Mnohonásobná lineární regrese. *Brno: Masarykova univerzita*, Dostupné z: https://is.muni.cz/el/fss/podzim2004/SOC418/multipl_regres_1.pdf
18. Rapotan, A., Mihailescu, L. & Mihai, I. (2022). Identifying the relationship between speed level and performance in female triple jump. *European Proceedings of Educational Sciences*, Article 10.15405
19. Ráž, V., Holas, B., Zezula, T. a kol. (1984). Trojskok. *ÚV ČSTV*
20. Sivila, S. H. (2023). Hodnocení vybraných biomechanických parametrů v trojskoku [Bachelor's thesis, Univerzita Karlova]. *Digitální repozitář UK FTVS*:
<https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/187960>
21. Spohnerová, K. (2010). Shluková analýza [Master's thesis]. *Archiv prací Univerzita Palackého V Olomouci Přírodovědecká Fakulta*, Dostupné z:
<https://theses.cz/id/lmxnjv/85121-715936965.pdf?lang=en>
22. Stander, R. (n.d.). Athletics omnibus - triple jump. *Athletics South Africa*.
<https://athleticssa.org.za/SportsInfo/Coaching-Triple-Jump.pdf>
23. Statistika II, Pearsonův korelační koeficient. *Math and Stats Support Centre | Brno: Masarykova univerzita*, Dostupné z:
https://mathstat.econ.muni.cz/media/12657/pear_cor.pdf
24. Tucker, C., Nicholson, G., Cooke, M., & Bassas, A. (2017). Biomechanical Report for the IAAF World Championships London 2017 - Triple Jump Women, *UK: International Association of Athletics Federations*.
25. Tucker, C.B., Bissas, A. & Merlino, S. (2019). Biomechanical Report for the IAAF World Indoor Championships 2018: Long Jump Women. Birmingham, *UK: International Association of Athletics Federations*.
26. Tucker, C.B., Bissas, A. & Merlino, S. (2019). Biomechanical Report for the IAAF World Indoor Championships 2018: Triple Jump Women. Birmingham, *UK: International Association of Athletics Federations*.

27. Velebil, V., Krátký, P., Fišer, V., Prišćák J. (2002). *Atletické skoky.1.vyd. Praha: Olympia*, 120 s. ISBN 80-7033-769-9
28. Vindušková, J., Koukal, P. (2021). *Trojškoc: Technika a trénink. Sportovní nakladatelství*
29. Yu, B., Hay, J.G. (1996) Optimum phase ratio in the triple jump, *Biomech*,
Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(96\)00048-6](https://doi.org/10.1016/0021-9290(96)00048-6)
30. Zahradník, D., Korvas, P. (2012). *Základy sportovního tréninku [online]. Brno: Masarykova univerzita*, ISBN 978-80-210-5890-3. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/emuni/data/reader/book-5/Cover.html>

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1** *Dílčí parametry trojskoku (Nixdorf, 1986)*
- Obr. 2** *Křivka náběhové rychlosti trojskoku (Stander)*
- Obr. 3** *Poslední tři kroky fáze rozběhu (Tucker a kol., 2019)*
- Obr. 4** *Průběh horizontální a vertikální rychlosti (Fukashiro a kol., 1981)*
- Obr. 5** *Úhel odrazu a trajektorie odrazu (Fukashiro a kol., 1981)*
- Obr. 6** *Kinogram fáze poskoku (Stander, R.)*
- Obr. 7** *Kinogram fáze kroku (Stander, R.)*
- Obr. 8** *Kinogram fáze skoku (Stander, R.)*
- Obr. 9** *Graf typy skokanek*
- Obr. 10** *Dendrogram a výsledky shlukové analýzy*

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 *Průměrné parametry pro konkrétní výkonnostní skupiny (Killing, 2008, s. 521)*

Tab. 2 *Nejlepší výkony v trojskoku na území ČR*

Tab. 3 *Průměry výkonů dle umístění na posledních pěti konaných ME*

Tab. 5 *Průměry výkonů dle umístění na posledních pěti konaných MS a třech OH*

Tab. 6 *Průměry parametrů a směrodatná odchylka sloučených analýz*

Tab. 7 *Korelační matice*

Tab. 8 *Výsledky regresního modelu – zpětná metoda*

Tab. 9 *Vstupní data českých atletek*

Tab. 10 *Predikovaný odhad výkonnosti českých atletek*

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 *Sloučené analýzy pro získání dat*

Příloha 2 *Získané parametry českých atletek pro Regresní model č. 11*

Příloha 3 *Koeficienty regresní rovnice*

PŘÍLOHY

Příloha 1 Sloučené analýzy pro zisk dat

Rok	Jméno	Official distance DOOF (m) / Výkon	Horizontal Run up velocity (vx)(m/s) / Horizontální rychlost					Vertical velocity (vy)(m/s) / Vertikální rychlost			Phase / Fáze (m)/(%)				Take off angle / Úhel odrazu			Jumps type / Typ skokanky		
			2L	1L	HOP	STEP	JUMP	HOP	STEP	JUMP	HOP (m)	%	STEP (m)	%	JUMP (m)	%	HOP		STEP	JUMP
1997	Kasarkova	15,20	9,40	9,20	8,30	7,70	6,80	2,60	1,70	2,40	5,61	36,3	4,20	27,2	5,64	36,5	x	x	x	Balanced
1997	Mateescu	15,16	9,90	9,60	8,80	7,90	6,70	2,40	1,60	2,50	5,70	36,9	4,19	27,1	5,54	36,0	x	x	x	Balanced
1997	Govorooa	14,67	9,20	9,20	8,30	7,50	6,20	2,50	1,30	2,80	5,57	37,6	4,09	27,6	5,16	34,8	x	x	x	Hop dominant
1997	Vasdeki	14,62	9,50	9,50	8,60	7,80	6,70	2,50	1,10	2,40	5,42	36,8	3,92	26,6	5,38	36,6	x	x	x	Balanced
1997	Hansen	14,49	9,20	9,40	8,60	7,70	6,50	1,90	1,80	2,50	5,00	34,0	4,50	30,6	5,19	35,4	x	x	x	Balanced
1997	Marínova	14,34	8,90	9,20	8,20	7,50	6,30	2,40	1,70	2,60	5,27	36,2	4,09	28,1	5,18	36,7	x	x	x	Balanced
1997	Blazevica	14,06	9,20	9,30	8,20	7,60	6,60	2,50	1,30	2,50	5,45	38,1	3,57	25,0	5,28	36,9	x	x	x	Balanced
1997	Lise	14,02	9,00	9,10	8,20	7,00	6,00	2,00	1,80	2,40	5,27	37,0	4,17	29,3	4,80	33,7	x	x	x	Hop dominant
	Mean / Průměr	14,57	9,29	9,31	8,40	7,59	6,48	2,35	1,54	2,51	5,41	36,6	4,09	27,7	5,27	35,8				
2008	Devetzi	15,22	x	x	8,30	7,64	6,80	2,79	1,93	2,39	5,75	37,7	4,39	28,8	5,11	33,5	18,6	14,2	19,4	Hop dominant
2008	Savigne	15,15	x	x	8,67	7,62	6,22	2,51	1,65	2,32	5,71	37,6	4,26	28,1	5,20	34,3	16,1	12,2	20,5	Hop dominant
2008	Sestak	14,90	x	x	8,10	7,20	6,03	2,46	1,61	2,49	4,90	32,7	4,61	30,8	5,46	36,5	16,9	12,6	22,4	Jump dominant
2008	Saladuha	14,74	x	x	7,75	6,66	5,82	2,54	1,62	2,58	5,40	36,5	4,52	30,6	4,86	32,9	18,1	13,7	23,9	Hop dominant
2008	Veldakova	14,37	x	x	8,31	7,32	6,21	2,29	1,81	2,14	5,19	35,9	4,17	28,9	5,08	35,1	15,4	13,9	9,0	Balanced
2008	de Oliveira	14,21	x	x	8,13	7,32	6,29	2,38	1,71	2,02	5,38	37,8	3,92	27,5	4,93	34,7	16,3	13,1	17,8	Hop dominant
2008	Kulyk	14,00	x	x	7,98	6,96	5,61	2,83	1,66	2,17	5,48	38,9	4,13	29,2	4,50	31,9	19,5	13,4	21,1	Hop dominant
2008	Topic	13,87	x	x	7,80	6,92	6,25	2,18	1,52	2,29	4,90	34,6	4,28	30,3	4,96	35,1	17,5	12,4	20,1	Balanced
2008	Dimitraki	13,48	x	x	7,58	6,92	5,51	2,27	1,42	2,49	4,88	36,1	4,03	29,9	4,59	34,0	16,7	12,1	24,3	Hop dominant
2008	Paneta	13,29	x	x	7,68	6,88	6,11	2,61	1,24	2,04	4,99	36,9	3,96	29,3	4,57	33,8	18,8	10,2	18,5	Hop dominant
	Mean / Průměr	14,32			8,03	7,14	6,09	2,49	1,62	2,29	5,26	36,5	4,23	29,3	4,93	34,2	17,4	12,8	19,7	
2009	Savigne	14,95	9,32	9,39	8,63	8,22	6,87	2,49	1,24	2,67	5,50	37,0	4,04	27,0	5,49	37,0	16,0	9,0	21,0	x
2009	Gay	14,61	8,81	8,87	8,12	7,30	6,07	2,34	1,70	2,57	5,35	36,0	4,43	30,0	5,00	34,0	16,0	13,0	23,0	x
2009	Pyatykh	14,53	8,99	9,01	8,21	7,46	6,23	2,46	1,93	2,48	5,46	37,0	4,31	29,0	4,95	34,0	17,0	14,0	21,0	x
2009	Topic	14,52	9,08	9,13	8,45	7,80	6,89	2,30	1,72	2,14	5,30	36,0	4,13	28,0	5,20	36,0	15,0	12,0	17,0	x
2009	Smith	14,48	9,10	9,10	8,34	7,38	6,00	2,39	1,84	1,78	5,57	38,0	4,38	30,0	4,53	31,0	16,0	14,0	17,0	x
2009	Lebedeva	14,48	9,13	9,12	8,59	7,80	6,30	2,24	1,84	2,32	5,33	36,0	4,30	29,0	5,00	34,0	15,0	13,0	20,0	x
2009	Bujin	14,26	8,93	8,84	8,00	7,37	6,11	2,49	1,57	2,80	5,25	36,0	4,05	28,0	5,11	35,0	17,0	12,0	25,0	x
2009	Veldakova	14,25	9,13	9,17	8,48	7,90	6,70	2,24	1,19	2,24	5,24	37,0	3,96	28,0	5,06	35,0	15,0	9,0	19,0	x
	Mean / Průměr		9,06	9,08	8,35	7,65	6,40	2,37	1,63	2,38	5,38	36,6	4,20	28,6	5,04	34,5	15,9	12,0	20,4	
2011	Saladuha	14,94	9,09	9,04	8,31	7,14	5,90	2,22	1,62	2,29	5,73	38,0	4,15	28,0	5,16	34,0	15,1	13,8	21,2	x
2011	Rypakova	14,89	9,44	9,45	8,51	7,79	6,99	2,03	1,51	2,13	5,38	35,0	4,23	28,0	5,53	37,0	13,4	11,0	17,1	x
2011	Ibarguen	14,84	9,72	9,47	8,64	7,91	6,22	2,13	1,72	2,50	5,48	37,0	4,19	28,0	5,22	35,0	14,1	12,1	22,1	x
2011	Gay	14,67	8,88	8,95	7,73	6,98	5,85	1,98	1,57	2,28	5,55	37,0	4,33	29,0	5,04	34,0	14,4	13,0	21,6	x
2011	Aldama	14,50	8,94	8,99	8,92	6,40	5,43	2,19	2,03	2,17	5,62	38,0	4,49	31,0	4,51	31,0	15,4	17,7	22,0	x
2011	Savigne	14,43	9,16	9,20	8,24	8,18	7,00	1,79	1,99	2,03	5,18	36,0	3,82	26,0	5,59	38,0	12,2	6,7	16,1	x
2011	Kuropatkina	14,23	8,70	8,72	7,60	7,17	6,11	1,78	1,62	2,30	5,03	35,0	4,18	30,0	5,02	35,0	13,1	12,7	20,7	x
2011	Rahouli	14,12	8,81	8,90	8,15	7,47	6,45	1,71	1,67	1,99	4,95	35,0	4,23	30,0	5,08	35,0	11,8	12,6	17,2	x
	Mean / Průměr		9,09	9,09	8,26	7,38	6,24	1,98	1,72	2,21	5,37	36,4	4,20	28,8	5,14	34,9	13,7	12,5	19,8	

2017	Rojas	14,91	9,17	8,31	8,66	7,99	6,90	2,39	1,66	3,15	5,21	34,7	3,95	26,3	5,86	39,0	16,6	11,7	26,6	Jump dominant
2017	Ibargüen	14,89	9,23	8,79	8,47	7,83	6,65	2,69	1,82	3,00	5,49	36,8	4,02	36,9	5,41	36,3	17,2	13,2	24,9	Balanced
2017	Rypakova	14,77	8,52	8,95	8,26	7,77	6,45	2,53	2,01	2,62	5,26	35,4	4,35	29,3	5,25	35,3	17,5	14,8	22,7	Balanced
2017	Knyazyeva-Minen	14,42	8,99	8,88	8,01	7,68	6,97	2,85	2,13	2,80	5,24	36,3	3,89	26,9	5,32	36,8	21,1	16,2	23,0	Balanced
2017	Gierisch	14,33	9,02	8,76	8,88	7,72	7,18	2,46	2,22	2,40	5,06	35,1	4,20	29,1	5,17	35,8	16,0	16,3	20,1	Balanced
2017	Jagaciak	14,25	8,80	8,78	7,89	7,49	6,33	3,01	1,98	2,51	5,40	37,7	3,96	27,7	4,96	34,6	19,9	15,1	22,1	Hop dominant
2017	Paleteiro	14,23	8,40	8,68	8,07	7,88	6,27	2,82	1,70	2,71	5,37	37,7	3,61	25,3	5,27	37,0	17,8	12,4	23,8	Balanced
2017	Ricketts	14,13	8,93	8,89	8,19	7,15	6,59	2,40	1,76	2,61	5,02	35,4	3,98	28,1	5,17	36,5	16,4	13,4	24,2	Balanced
2017	Mamona	14,12	8,58	8,49	8,27	7,60	6,25	2,70	2,30	2,66	5,11	35,7	4,38	30,6	4,83	33,7	19,4	17,1	23,5	Balanced
2017	Williams	14,01	9,00	9,13	8,15	7,51	6,05	3,00	1,81	2,61	5,54	39,4	3,78	26,9	4,75	33,8	21,5	13,7	22,0	Hop dominant
2017	Costa	13,99	8,73	8,78	8,17	7,35	5,96	2,61	2,20	2,73	5,15	36,8	3,97	28,4	4,88	34,9	17,7	17,1	25,0	Balanced
2017	Eckhardt	14,97	8,67	8,76	8,29	7,88	6,96	2,46	2,09	2,32	5,75	33,9	4,15	29,6	5,13	36,6	16,7	15,3	18,6	Jump dominant
	Mean / Průměr	14,42	8,84	8,77	8,28	7,65	6,55	2,66	1,97	2,68	5,30	36,2	4,02	28,8	5,17	35,9	18,2	14,7	23,0	
2018	Rojas	14,63	x	x	8,28	7,47	6,21	2,47	1,94	2,84	5,22	35,5	4,14	28,2	5,34	36,3	16,6	14,6	24,6	Balanced
2018	Williams	14,48	x	x	8,53	7,89	5,57	2,66	1,74	2,98	5,41	37,2	4,07	28,0	5,05	34,8	17,3	12,4	28,2	Hop dominant
2018	Peleteiro	14,40	x	x	8,04	7,62	6,07	2,67	1,52	2,88	5,05	35,0	4,85	33,6	4,54	31,4	18,3	11,3	25,3	Hop dominant
2018	Pantouroi	14,33	x	x	8,21	7,34	5,87	2,29	2,21	3,09	4,93	34,4	4,52	31,5	4,89	34,1	15,6	16,8	27,7	Balanced
2018	Orji	14,31	x	x	7,99	7,42	6,31	2,86	2,15	2,44	5,57	38,6	4,03	28,0	4,82	33,4	19,7	16,2	21,1	Hop dominant
2018	Papachristou	14,05	x	x	7,95	7,40	6,22	2,48	2,29	0,03	5,19	36,5	4,14	29,1	4,88	34,3	17,3	17,2	24,2	Hop dominant
2018	Prokopenko	14,05	x	x	8,16	7,09	6,25	2,55	2,20	2,46	5,15	36,6	4,20	29,8	4,74	33,6	17,4	15,9	21,2	Hop dominant
2018	Frankin	14,03	x	x	8,13	7,00	5,55	2,54	1,96	2,51	-	-	-	-	-	-	17,3	15,6	24,3	Balanced
2018	Soares	14,00	x	x	8,31	7,67	6,69	2,44	1,91	2,77	5,08	36,1	4,34	30,8	4,66	33,1	16,4	14,2	24,0	Hop dominant
2018	Ricketts	13,93	x	x	8,24	7,61	5,99	2,23	1,70	2,88	5,18	36,1	3,95	27,5	5,21	36,3	15,2	12,6	25,7	Balanced
2018	Petrova	13,91	x	x	8,03	7,03	6,47	2,66	2,20	2,60	5,13	36,7	4,15	29,6	4,72	33,7	18,3	17,4	21,9	Hop dominant
2018	Dzindaletaité	13,90	x	x	8,04	7,22	5,92	2,84	2,39	2,64	5,23	37,1	4,41	31,3	4,45	31,6	19,4	18,3	24,1	Hop dominant
2018	Eckhardt	13,87	x	x	8,57	7,67	6,69	2,24	2,28	2,38	4,96	35,3	4,20	29,9	4,90	34,9	14,6	17,0	19,9	Balanced
2018	Vaskouskay	13,81	x	x	8,16	7,67	6,69	2,53	1,77	2,57	4,89	35,4	3,91	28,3	5,01	36,3	17,2	13,1	21,4	Balanced
2018	Krylova	13,75	x	x	7,77	6,77	5,87	2,54	2,32	2,82	4,68	33,9	4,38	31,8	4,72	34,3	18,1	18,9	25,7	Balanced
2018	Mäkelä	13,73	x	x	7,97	7,29	6,78	2,41	2,11	2,40	4,91	35,6	3,92	28,4	4,97	36,0	16,8	16,2	19,5	Balanced
2018	Lafond	13,68	x	x	8,35	7,20	5,92	2,46	2,49	2,59	5,07	36,6	4,32	31,2	4,45	32,1	16,4	19,1	23,6	Hop dominant
	Mean / Průměr	14,05			8,16	7,37	6,18	2,52	2,07	2,52	5,10	36,0	4,22	29,8	4,83	34,1	17,2	15,7	23,7	

Příloha 2 Získané parametry českých atletek pro Regresního model č. 11

Jméno	Výkon (m)	VH_2 (m/s)	L2	L1	Hop /Poskok		Step /Krok		Jump / Skok		Typ skokanky
			Délka kroku (m)	Délka kroku (m)	Délka poskoku (m)	Part_hop (%)	Délka kroku (m)	Part_step (%)	Délka skoku (m)	Part_jump (%)	
Linda Suchá	13,16	8,62	2,22	2,13	4,79	36,2	3,26	27,9	4,75	35,9	Hop-dominated
Michaela Hrubá	13,08	8,63	2,23	2,32	4,64	37,2	3,84	28,6	4,60	34,5	Balanced
Emma Mašťalířová	13,07	8,83	2,19	2,07	4,81	36,0	3,75	27,4	4,82	36,6	Balanced
Veronika Skalická	13,07	8,37	2,07	1,89	4,74	38,0	3,60	29,5	4,25	32,4	Hop-dominated
Tereza Vlková	12,91	8,31	2,49	2,20	4,67	39,5	3,77	29,7	4,47	31,4	Hop-dominated

Příloha 3 *Koeficienty regresní rovnice*

Model 11	Nestandardizovaný koeficient		t	Sig.	95 % interval spolehlivosti pro B	
	B	Střední chyba			Spodní hranice	Horní hranice
Konstanta	7,389	2,178	3,392	0,002	2,893	11,885
VH_2	0,470	0,189	2,482	0,020	0,079	0,860
part_step	0,040	0,027	1,491	0,149	-0,150	0,094
part_jump	0,050	0,032	1,569	0,130	-0,160	0,115

Příloha 4 *Koeficienty jednotlivých modelů*

Model		Coefficients						
		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	7,270	8,027		,906	,380	-9,947	24,486
	VH_2	,495	,370	,448	1,340	,201	-,297	1,288
	VH_hop	,356	,334	,356	1,065	,305	-,361	1,073
	VH_step	,201	,443	,253	,454	,657	-,749	1,152
	VH_jump	-,901	,629	-1,273	-1,432	,174	-2,251	,449
	VV_hop	,003	,911	,004	,004	,997	-1,950	1,957
	VV_step	-,490	,426	-,426	-1,150	,269	-1,405	,424
	VV_jump	-,063	1,511	-,063	-,041	,968	-3,303	3,177
	part_hop	-,105	,130	-,420	-,807	,433	-,382	,173
	part_step	,055	,048	,375	1,143	,272	-,048	,157
	part_jump	,204	,151	1,182	1,354	,197	-,119	,527
	angle_hop	,064	,155	,491	,416	,684	-,267	,396
	angle_step	,050	,072	,402	,686	,504	-,106	,205
	angle_jump	-,072	,139	-,649	-,519	,612	-,369	,225
2	(Constant)	7,252	6,357		1,141	,272	-6,297	20,801
	VH_2	,495	,338	,448	1,464	,164	-,226	1,215
	VH_hop	,356	,311	,357	1,146	,270	-,307	1,019
	VH_step	,202	,376	,254	,537	,599	-,600	1,003
	VH_jump	-,901	,604	-1,273	-1,493	,156	-2,188	,386
	VV_step	-,491	,389	-,427	-1,261	,227	-1,320	,339
	VV_jump	-,064	1,402	-,065	-,046	,964	-3,053	2,925
	part_hop	-,104	,114	-,419	-,915	,375	-,347	,139
	part_step	,055	,044	,375	1,249	,231	-,039	,148
	part_jump	,204	,144	1,183	1,421	,176	-,102	,510
	angle_hop	,065	,099	,495	,654	,523	-,146	,276
	angle_step	,050	,068	,403	,734	,474	-,095	,194
	angle_jump	-,072	,127	-,647	-,565	,580	-,342	,199
	3	(Constant)	7,424	4,977		1,492	,155	-3,128
VH_2		,490	,312	,444	1,572	,136	-,171	1,151
VH_hop		,354	,298	,354	1,190	,252	-,277	,985
VH_step		,193	,312	,243	,618	,545	-,469	,855
VH_jump		-,895	,571	-1,264	-1,568	,137	-2,105	,315
VV_step		-,486	,365	-,423	-1,333	,201	-1,260	,287
part_hop		-,103	,105	-,413	-,977	,343	-,326	,120
part_step		,054	,036	,368	1,510	,151	-,022	,129
part_jump		,201	,118	1,163	1,703	,108	-,049	,450
angle_hop		,062	,076	,474	,812	,429	-,100	,224
angle_step		,050	,065	,405	,763	,456	-,089	,189
angle_jump		-,077	,057	-,694	-1,343	,198	-,198	,044

4	(Constant)	8,144	4,750		1,715	,105	-1,877	18,166
	VH_2	,487	,306	,441	1,591	,130	-,159	1,133
	VH_hop	,419	,273	,419	1,532	,144	-,158	,996
	VH_jump	-,889	,560	-1,256	-1,586	,131	-2,071	,293
	VV_step	-,428	,346	-,372	-1,237	,233	-1,157	,302
	part_hop	-,113	,102	-,454	-1,109	,283	-,328	,102
	part_step	,057	,035	,390	1,647	,118	-,016	,130
	part_jump	,215	,113	1,247	1,900	,075	-,024	,454
	angle_hop	,081	,069	,617	1,173	,257	-,065	,226
	angle_step	,027	,053	,220	,512	,615	-,085	,139
	angle_jump	-,084	,055	-,756	-1,519	,147	-,200	,033
5	(Constant)	9,337	4,053		2,304	,033	,822	17,852
	VH_2	,469	,298	,425	1,575	,133	-,157	1,095
	VH_hop	,450	,261	,451	1,727	,101	-,098	,998
	VH_jump	-,924	,545	-1,306	-1,697	,107	-2,068	,220
	VV_step	-,325	,275	-,282	-1,179	,254	-,903	,254
	part_hop	-,132	,093	-,530	-1,418	,173	-,328	,064
	part_step	,059	,034	,403	1,749	,097	-,012	,129
	part_jump	,201	,108	1,167	1,869	,078	-,025	,427
	angle_hop	,092	,064	,702	1,440	,167	-,042	,226
angle_jump	-,081	,054	-,735	-1,514	,147	-,195	,032	
6	(Constant)	7,571	3,805		1,990	,061	-,392	15,534
	VH_2	,528	,297	,478	1,782	,091	-,092	1,149
	VH_hop	,351	,249	,351	1,407	,175	-,171	,873
	VH_jump	-,787	,537	-1,112	-1,465	,159	-1,912	,338
	part_hop	-,091	,087	-,367	-1,046	,309	-,274	,091
	part_step	,051	,033	,353	1,542	,139	-,018	,121
	part_jump	,187	,108	1,086	1,733	,099	-,039	,414
	angle_hop	,058	,058	,444	1,009	,326	-,063	,179
	angle_jump	-,064	,052	-,579	-1,227	,235	-,174	,045
7	(Constant)	7,628	3,806		2,004	,059	-,311	15,567
	VH_2	,378	,256	,342	1,474	,156	-,157	,912
	VH_hop	,257	,231	,257	1,110	,280	-,226	,739
	VH_jump	-,340	,303	-,480	-1,120	,276	-,972	,293
	part_hop	-,029	,062	-,118	-,473	,641	-,159	,100
	part_step	,040	,031	,276	1,280	,215	-,025	,106
	part_jump	,109	,076	,633	1,447	,163	-,048	,267
	angle_jump	-,019	,027	-,173	-,703	,490	-,076	,038
8	(Constant)	6,280	2,477		2,535	,019	1,128	11,431
	VH_2	,336	,236	,304	1,423	,169	-,155	,827
	VH_hop	,263	,226	,263	1,162	,258	-,208	,734
	VH_jump	-,316	,294	-,447	-1,077	,294	-,927	,294
	part_step	,046	,029	,314	1,588	,127	-,014	,106
	part_jump	,119	,071	,689	1,667	,110	-,029	,267

	angle_jump	-,021	,026	-,193	-,814	,425	-,076	,033
9	(Constant)	6,298	2,458		2,562	,018	1,200	11,395
	VH_2	,383	,227	,347	1,684	,106	-,089	,854
	VH_hop	,215	,217	,215	,990	,333	-,235	,664
	VH_jump	-,164	,224	-,231	-,730	,473	-,629	,302
	part_step	,039	,027	,269	1,430	,167	-,018	,096
	part_jump	,082	,055	,477	1,497	,149	-,032	,196
10	(Constant)	6,970	2,256		3,090	,005	2,304	11,636
	VH_2	,374	,225	,339	1,665	,109	-,091	,839
	VH_hop	,163	,203	,163	,804	,429	-,257	,583
	part_step	,037	,027	,252	1,362	,186	-,019	,093
	part_jump	,050	,032	,289	1,562	,132	-,016	,116
11	(Constant)	7,389	2,178		3,392	,002	2,893	11,885
	VH_2	,470	,189	,425	2,482	,020	,079	,860
	part_step	,040	,027	,271	1,491	,149	-,015	,094
	part_jump	,050	,032	,288	1,569	,130	-,016	,115
12	(Constant)	9,054	1,916		4,725	,000	5,107	13,000
	VH_2	,478	,194	,432	2,466	,021	,079	,877
	part_jump	,033	,030	,189	1,079	,291	-,030	,095
13	(Constant)	9,955	1,730		5,754	,000	6,399	13,510
	VH_2	,505	,193	,457	2,623	,014	,109	,901