



Universitatea
Transilvania
din Braşov

ŞCOALA DOCTORALĂ INTERDISCIPLINARĂ
Facultatea de Educaţie Fizică şi Sporturi Montane

Denisa-Iulia CĂTANĂ

**Cercetări privind îmbunătăţirea performanţelor în schiul alpin prin
simulare şi analiză video a antrenamentelor**

**Performance improvement research in alpine skiing through
simulation and video analysis of trainings**

REZUMAT

Conducător ştiinţific

Prof. univ. dr. Răzvan Sandu ENOIU

BRAŞOV, 2025

CUPRINS

	Pg. teză	Pg. rezumat
Lista abrevierilor.....	9	
Lista tabelelor.....	10	
Lista figurilor.....	12	
INTRODUCERE.....	15	5
PARTEA I STUDIEREA ŞI ANALIZA LITERATURII DE SPECIALITATE PRIVIND ÎMBUNĂTĂŢIREA PERFORMANŢELOR ÎN SCHIUL ALPIN PRIN SIMULARE ŞI ANALIZĂ VIDEO A ANTRENAMENTELOR.....	16	6
Capitolul 1 Simularea antrenamentelor în schiul alpin.....	16	6
Capitolul 2 Analiza video a antrenamentelor.....	20	7
Capitolul 3 Optimizarea performanţei în schiul alpin.....	24	8
Capitolul 4 Elemente şi componente ale tehnicii specifice în schiul alpin.....	29	9
4.1. Caracteristici.....	29	9
4.2. Conţinutul tehnicii specifice schiului alpin.....	29	9
4.3. Mişcări specifice în schiul alpin.....	31	
4.3.1. Mersul.....	34	
4.3.2. Urcările.....	34	
4.3.3. Schimbările de direcţie.....	35	
4.3.4. Coborârile.....	36	
4.3.4.1. Coborârea directă.....	36	
4.3.4.2. Coborârea oblică.....	37	
4.3.5. Frânările.....	37	
4.3.6. Ocolirile.....	39	
4.3.6.1. Cristianii spre deal.....	41	
4.3.6.2. Ocoliri spre vale prin frânare.....	41	
4.3.6.3. Cristianii spre vale.....	42	
4.3.7. Şerpuirile.....	44	
Capitolul 5 Planificarea procesului de antrenament specific schiului alpin.....	47	
5.1. Planul anual.....	48	
5.2. Macro ciclul.....	52	
5.3. Mezociclul.....	55	
5.4. Micro ciclul de antrenament.....	57	
5.5. Modelul de pregătire a schiorului alpin.....	60	
5.6. Relaţia existentă între perioadele specifice din planul anual şi forma sportivă.....	63	
Capitolul 6 Aspectele somatice, funcţionale şi neuropsihice la vârsta de 14 – 16 ani.....	65	10
6.1. Particularităţi somatico-funcţionale.....	66	10
6.2. Particularităţi motrice.....	67	10
6.3. Particularităţi neuropsihice.....	68	11

PARTEA II CERCETAREA PRELIMINARĂ PRIVIND OPTIMIZAREA PERFORMANŢELOR ÎN SCHIUL ALPIN PRIN SIMULARE VIDEO A ANTRENAMENTELOR.....	70	12
Capitolul 7 Premisele, obiectivele, scopul, sarcinile cercetării preliminare, ipotezele cercetării preliminare, etapele cercetării, perioada, locul şi subiecţii cercetării.....	70	12
7.1. Premisele cercetării preliminare.....	70	12
7.2. Obiectivele cercetării preliminare.....	71	13
7.3. Scopul cercetării preliminare.....	72	13
7.4. Sarcinile cercetării preliminare.....	72	13
7.5. Ipotezele cercetării preliminare.....	73	14
7.6. Etapele cercetării preliminare.....	73	
7.7. Perioada, locul şi subiecţii cercetării preliminare.....	74	14
Capitolul 8 Metode de cercetare.....	75	15
8.1. Metoda analizei literaturii de specialitate.....	75	
8.2. Metoda experimentului ştiinţific.....	76	15
8.2.1. Probe generale.....	77	
8.2.1.1. Alergare de viteză pe 50 m plat.....	77	
8.2.1.2. Genuflexiuni.....	77	
8.2.1.3. Genuflexiuni pe un picior.....	77	
8.2.1.4. Forţă abdominală din atârnat la spalier.....	78	
8.2.1.5. Mobilitatea coloanei vertebrale.....	78	
8.2.2. Probe specifice.....	78	15
8.2.2.1. Alergare şerpuită printre fanioane.....	78	
8.2.2.2. Menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru.....	79	
8.2.2.3. Slalom pe uscat.....	79	
8.2.2.4. Sărituri laterale peste obstacol.....	80	
8.2.2.5. Slalom uriaş.....	81	15
8.3. Metoda anchetei – chestionarul.....	86	17
8.4. Metoda matematico-statistică.....	90	18
Capitolul 9 Rezultatele cercetării preliminare şi interpretarea acestora.....	95	21
9.1. Probe generale.....	95	21
9.1.1. Alergare de viteză pe 50 m.....	95	
9.1.2. Genuflexiuni.....	97	
9.1.3. Genuflexiuni pe un picior.....	99	
9.1.4. Forţă abdominală din atârnat la spalier.....	101	
9.1.5. Mobilitatea coloanei vertebrale.....	103	
9.2. Probe specifice.....	105	21
9.2.1. Alergare şerpuită printre fanioane.....	105	
9.2.2. Menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru.....	107	
9.2.3. Slalom pe uscat.....	109	
9.2.4. Sărituri laterale peste obstacol.....	111	
9.2.5. Slalom uriaş.....	113	21

9.2.6. Interpretarea datelor chestionarului.....	120	26
Capitolul 10 Concluziile cercetării preliminare.....	124	27
PARTEA III CERCETAREA FINALĂ PRIVIND OPTIMIZAREA PERFORMANŢELOR ÎN SCHIUL ALPIN PRIN SIMULARE VIDEO A ANTRENAMENTELOR.....	126	28
Capitolul 11 Premisele, obiectivele, scopul, sarcinile, ipotezele, etapele, perioada, locul şi subiecţii cercetării experimentale finale.....	126	28
11.1. Premisele cercetării finale.....	126	28
11.2. Obiectivele cercetării finale.....	127	28
11.3. Scopul cercetării finale.....	127	29
11.4. Sarcinile cercetării finale.....	127	29
11.5. Ipotezele cercetării finale.....	128	30
11.6. Etapele cercetării finale.....	128	
11.7. Perioada, locul şi subiecţii cercetării finale.....	129	30
Capitolul 12 Metode de cercetare.....	130	31
12.1. Metoda analizei literaturii de specialitate.....	130	
12.2. Metoda experimentului ştiinţific.....	130	31
12.2.1. Planul de intervenţie experimental.....	131	31
12.2.2. Probe specifice.....	138	32
12.2.2.1. Alergare şerpuită printre fanioane.....	138	
12.2.2.2. Menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru.....	138	
12.2.2.3. Sărituri laterale peste obstacol.....	139	
12.2.2.4. Slalom pe uscat.....	139	
12.2.2.5. Menţinerea echilibrului pe mingea Bossu cu deplasarea greutateii.....	140	
12.2.2.6. Slalom uriaş.....	140	32
12.3. Metoda analizei video.....	157	37
12.4. Metoda matematico-statistică.....	158	37
Capitolul 13 Rezultatele cercetării finale şi interpretarea acestora.....	161	38
13.1. Alergare şerpuită printre fanioane.....	161	
13.2. Menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru.....	163	
13.3. Sărituri laterale peste obstacol.....	166	
13.4. Slalom pe uscat.....	168	
13.5. Menţinerea echilibrului pe mingea Bossu cu deplasarea greutateii.....	170	
13.6. Slalom uriaş.....	172	38
Capitolul 14 Concluzii finale şi elemente de originalitate desprinse din cercetarea finală.....	192	43
14.1. Concluzii.....	192	43
14.2. Elemente de originalitate şi inovaţie desprinse din cercetarea finală.....	194	44
Capitolul 15 Diseminarea rezultatelor şi limitele cercetării.....	196	46
15.1. Diseminarea rezultatelor.....	196	46
15.2. Limitele cercetării.....	196	46
Rezumat.....	197	47
Bibliografie.....	199	48



Anexe.....	207
Anexa 1 - Adeverință.....	207
Anexa 2- Plan de antrenament pe mezociclu – cercetarea preliminară.....	211
Anexa 3 - Plan de antrenament pe mezociclu – cercetarea experimentală finală.....	247
Declarația de autenticitate.....	281

INTRODUCERE

Acum la început de secol XXI schiul alpin a cunoscut un progres considerabil în ceea ce priveşte tehnicile de predare a antrenamentelor cât şi din punct de vedere al materialelor din care sunt confecţionate schiurile, clăparii, şi toate elementele componente ale echipamentului, toate acestea conducând la creşterea performanţelor schiorilor.

Admiţând rolul, diversitatea şi importanţa covârşitoare a tehnicilor utilizate în antrenamentele schiorilor, orice efort depus în vederea creşterii performanţelor acestora este justificat şi merită atenţia cercetătorilor. În acest context, teza de doctorat îşi propune să analizeze posibilităţile de aplicare a tehnicilor moderne de antrenament asupra sportivilor şi implicaţiile finale ale acestora asupra performanţelor schiorilor.

Prezenţa tehnicilor video şi a senzorilor în procesul de antrenament face ca aplicarea acestora să plece de la premise favorabile. Obţinerea performanţelor în limitele unor costuri rezonabile, în condiţiile creşterii calităţii antrenamentelor, recomandă înregistrarea video a antrenamentelor şi folosirea senzorilor purtabili ca metoda eficientă de ridicare a performanţelor în schiul alpin.

Totodată teza de doctorat îşi propune dezvoltarea unei aplicaţii software care să contribuie la îmbunătăţirea performanţelor la schiori. Ideea principală a aplicaţiei este aceea de a compara trasa ideală cu trasa pe care o parcurge schiorului. O altă idee a aplicaţiei este că o învăţare şi o pregătire tehnică adecvată, adaptată la noile condiţii, ar putea spori performanţele schiorilor din România în competiţiile interne şi internaţionale.

Pentru obţinerea unor rezultate adecvate cerinţelor deceniului 3 din secolul 21, se vor utiliza senzorii purtabili din gama XSensDOT şi CARV, prin care se încearcă demonstrarea faptului că parametrii tehnici înregistraţi sunt foarte importanţi în stabilirea strategiilor de antrenament. Implicit rezultă de aici importanţa care trebuie acordată pregătirii tehnice şi fizice a schiorilor în vederea obţinerii de rezultate deosebite în competiţii.

De asemenea prin utilizarea senzorilor se doreşte monitorizarea celor mai importanţi parametri din schiul alpin. În plus, se pot corecta unghiurile principale ale schiorului din timpul competiţiilor.

Prin rezultatele obţinute, teza de doctorat aduce o modestă contribuţie la studiul aplicării tehnologiei moderne în antrenamente, cu implicaţii concrete în domeniul creşterii performanţelor sportivilor schiori alpini.

PARTEA I

Capitolul 1 Simularea antrenamentelor în schiul alpin

S-a constatat că odată cu cunoaşterea din ce în ce mai profundă a fenomenelor şi a proceselor ce apar în practica sportului, tehnologia utilizată în pregătire nu mai corespunde, fiind necesară remedierea situaţiilor în care alegerea unor soluţii şi experimentarea lor direct asupra sportivului, poartă din ce în ce mai mult amprenta imprevizibilului. În majoritatea cazurilor, modificările negative neputând fi anulate rapid, specialiştii din domeniu au apelat la simularea condiţiilor şi la folosirea simulatorului în procesul de antrenament (Nicu, 1993).

Simularea în sport a apărut din două motive, şi anume:

- experimentarea practică durează prea mult, ceea ce duce la un consum ridicat de materiale şi timp, iar rata de reuşită este incertă;
- este dificilă supunerea originalului întotdeauna unor procedee de studiu ce pot pune în pericol integritatea sistemului (Nicu, 1993).

În cercetările recente, tehnologia a devenit esenţială în antrenamentele sportive, în special în sporturile complexe precum schiul alpin, unde mişcărilor sunt greu de simulat şi analiza este dificilă. Simularea în sport a apărut din necesitatea de a economisi timp şi resurse şi de a evita riscurile asociate cu experimentarea directă asupra sportivului. În schiul alpin, simulatoarele şi tehnologiile avansate, cum ar fi realitatea augmentată (AR) şi virtuală (VR), permit antrenamente constante pe tot parcursul anului, îmbunătăţind performanţele şi simulând condiţiile specifice ale pârtiei. Aceste tehnologii, combinate cu senzori (IMU, GPS), ajută antrenorii să analizeze mişcărilor şi să îmbunătăţească tehnica, reducând riscurile de accidentare. Totuşi, utilizarea lor necesită o înţelegere profundă, deoarece pot produce erori la fel de mari ca şi absenţa lor.

Capitolul 2 Analiza video a antrenamentelor

Rolul antrenamentelor este important pentru dezvoltarea abilităţilor şi perfecţionarea tehnicilor necesare sportului practicat, iar analiza video a antrenamentelor aduce o dimensiune suplimentară în procesul de învăţare, deoarece oferă sportivilor, dar şi antrenorilor posibilitatea de a evalua şi îmbunătăţi performanţa prin intermediul unei vizualizări detaliate a mişcărilor şi tehnicilor (Rhoads, et al., 2014).

Schiul este unul dintre sporturile de iarnă cu cele mai mari cerinţe impuse sistemelor de măsurare ce evaluează încărcarea şi performanţa în antrenamente. Cerinţele sunt mari, deoarece viteza sportivului este mare, iar distanţa parcursă este la fel, de câteva sute de metri sau chiar kilometri atunci când ne referim la probele de viteză. Folosirea analizei bazate pe tehnologia video consumă extrem de multe resurse, fiind aplicată foarte rar, în schimb utilizarea tehnologiei bazate pe senzori a crescut substanţial în ultimii ani, datorită eficienţei aplicării sale, dar şi datorită uşurinţei cu care este folosită (Fasel, et al., 2018).

În momentul de faţă filmările folosite pentru captarea mişcării reprezintă standardul cel mai ridicat atunci când se face referire la analiza cinematică tridimensională a tehnicii şi a traiectoriei în schiul alpin. Dar din cauza faptului că este greu să se filmeze în aer liber pe zăpadă cu camere video, această metodă de analiză a antrenamentelor este tot mai puţin folosită fiind înlocuită de alte tehnologii care sunt mult mai uşor de aplicat.

Fie că ne referim la schiul alpin sau la orice alt sport, analiza video a devenit un instrument din ce în ce mai important în analiza performanţelor şi în creşterea acestora, antrenorii folosind analiza video tot mai mult pentru consolidarea şi perfecţionarea tehnicii şi a performanţelor.

Atunci când vorbim de schiul alpin facem referire la detaliile tehnice care sunt foarte importante în acest sport pentru realizarea performanţelor. Prin intermediul analizei video, sportivii, dar şi antrenorii pot observa aspecte precum postura, distribuţia greutăţii, intrările şi ieşirile din viraje, unghiurile dezvoltate, toate aceste informaţii oferind o imagine detaliată a modului în care schiorul interacţionează cu zăpada şi indică, de asemenea, care sunt elementele ce trebuie corectate. Mai mult, analiza video devine un instrument tot mai utilizat şi mai esenţial în dezvoltarea şi optimizarea performanţelor, nu doar în schi, ci şi în alte sporturi.

Capitolul 3 Optimizarea performanţei în schiul alpin

Există cercetări ce vorbesc despre optimizarea unei curse de schi prin metoda de mişcare asimptotică (Method of Moving Asymptotes – MMA). Prin intermediul acestei metode se minimizează timpul de cursă prin alegerea distribuţiei optime a puterii disponibile în care rezultatele numerice de profil de cursă au dat o distribuţie optimizată a puterii (Sundström, et al., 2012). Pentru optimizarea traiectoriei a fost aplicată o metodă de control optim, ce a fost convertită într-o problemă de optimizare a parametrilor, ce a fost mai apoi rezolvată prin programare pătratică secvenţială. Este foarte dificilă obţinerea unei soluţii optime pentru un traseu de schi alpin, cu porţi multiple, datorită complexităţii sistemului nelinier schi-schior şi dificultăţii în convergenţa modelului de optimizare (Congying & Xiaolan, 2021).

Maximizarea performanţelor în sport trece mai departe de aspectele fizice, implicând componente mentale, nutriţionale şi de recuperare. Având o abordare holistică a performanţei sportive şi integrând strategiile menţionate anterior, sportivii pot maximiza potenţialul şi îşi pot îmbunătăţi performanţa în mod durabil. Este important să se țină cont de faptul că fiecare sportiv este unic, iar abordarea optimizării performanţei ar trebui adaptată nevoilor individuale şi disciplinei sportive specifice (Weinberg & Gould, 2018). Prin adaptarea acestor metode şi personalizarea lor în funcţie de nevoile individuale ale sportivului, poate fi creat un plan personalizat de optimizare a performanţei sportive pentru a dezvolta calităţile pe care le are sportivul şi pentru maximizarea potenţialului de performanţă în competiţii (McArdle, et al., 2014).

Dacă ne referim strict la schiul alpin îmbunătăţirea performanţei necesită un angajament permanent faţă de obiectivele menţionate. Aceste obiective interconectate joacă un rol crucial în îmbunătăţirea performanţei sportivilor şi în obţinerea de rezultate remarcabile în această disciplină pe cât de provocatoare, pe atât de spectaculoasă (Müller, et al., 2015).

Capitolul 4 Elemente şi componente ale tehnicii specifice în schiul alpin

4.1. Caracteristici

Desfăşurarea schiului se realizează la munte, pe timp de iarnă, ceea ce implică din partea participanţilor la procesul instructiv-educativ, mici modificări ale stării de confort, datorită altitudinii, presiunii atmosferice, frigului, apariţiei ceţii, a viscolului cât şi a unei vizibilităţi reduse, etc (Müller, et al., 2015). Acest sport permite deplasarea doar prin alunecare, pe o suprafaţă denumită pârtie acoperită cu zăpadă (Yacenda, 1992).

Altă caracteristică importantă şi specifică acestei discipline este panta, care prezintă şi ea grade diferite de înclinaţie, astfel încât, abordarea pârtiilor necesită viteze de alunecare diferite, în funcţie de nivelul de pregătire fizică, tehnică şi psihomotorică specifică fiecărui sportiv (Matei, 1988).

4.2. Conţinutul tehnicii specifice schiului alpin

Tehnica specifică schiului alpin se bazează pe o poziţie corectă şi echilibrată, esenţială pentru controlul şi siguranţa pe pârtii. Poziţia de bază implică genunchii uşor îndoiţi, picioarele depărtate la lăţimea umerilor, şi trunchiul aplecat înainte pentru a menţine centrul de greutate pe schiuri. Braţele sunt ținute în faţă, îndoite din coate, cu beţele de schi îndreptate în spate, iar privirea este orientată înainte pentru a anticipa mişcările următoare (Lind & Sanders, 2004).

Virajele, elemente esenţiale ale schiului alpin, se realizează prin deplasarea greutăţii corpului şi utilizarea canturilor schiurilor. Schiorii îşi mută greutatea de pe un picior pe celălalt şi îşi rotesc şoldurile şi umerii pentru a iniţia virajele, menţinând totodată o presiune constantă pe canturile schiurilor pentru a-şi controla viteza şi direcţia (Lind & Sanders, 2004).

Schiul implică numeroase modificări de direcţie şi viteză, ceea ce se traduce prin variaţii ale impulsului. Forţele ce acţionează în schiul alpin se împart în două categorii: interne şi externe. Forţele interne sunt cele generate de schior prin intermediul contracţiilor musculare, pentru a alinia segmentele corpului, a manevra schiurile şi beţele, şi pentru a exercita presiune asupra zăpezii în vederea obţinerii unei reacţii specifice din partea acesteia. Pe de altă parte, forţele externe acţionează asupra schiorului din afara corpului său, cum ar fi de exemplu, gravitaţia (LeMaster, 2020).

Capitolul 6 Aspectele somatice, funcţionale şi neuropsihice la vârsta de 14 – 16 ani

Sporturile de iarnă, şi schiul alpin, în special, se desfăşoară în general la o altitudine medie ce nu depăşeşte 3000 m, practicându-se câteva luni pe an. Ținând cont de condițiile climatice vitrege (frig, ceață, vânt, ninsoare), terenul accidentat, cu denivelări în care au loc antrenamentele, antrenorii trebuie să cunoască foarte bine particularitățile vârstei, dar și regulile specifice proceselor de creștere și dezvoltare a organismului (Coyle, 1995).

6.1. Particularități somatico-funcționale

Totalitatea parametrilor morfologici care definesc corpul uman reprezintă tipul somatic. Dar, deoarece tipul somatic nu se poate defini stric morfologic, fără a face legătură cu funcționalitatea sa, se introduce noțiunea de somatofiziologic. Totalitatea parametrilor morfologici și fiziologici din componența organismului uman formează tipul somatofiziologic (Ifrim, 1986).

La vârsta de 14-16 ani, aparatul respirator se dezvoltă semnificativ, adaptându-se la nevoile unui organism în creștere. Plămânii cresc în dimensiuni, ceea ce mărește capacitatea pulmonară totală și îmbunătățește oxigenarea sângelui (Polgar & Weng, 1979). Mușchii respiratori, inclusiv diafragma și mușchii intercostali, devin mai puternici și mai eficienți, ceea ce sporește volumul de aer inspirat și expirat în fiecare ciclu respirator. În plus, rata respiratorie în repaus tinde să scadă, apropiindu-se de valorile adulte, cu o medie de 12-20 respirații pe minut (Cotes, et al., 2006).

6.2. Particularități motrice

Din punct de vedere motric, perioada adolescenței târzii este favorabilă unei îmbunătățiri progresive a capacității de execuție a sarcinilor motrice, cu o creștere semnificativă a indicilor calităților motrice, în special în cazul băieților, care prezintă o disponibilitate superioară. În ceea ce privește viteza, dezvoltarea acesteia este limitată de suportul fiziologic, mai ales în cazul vitezei de bază (viteza pură), deși se observă o ușoară creștere a parametrilor acesteia. Totodată, se remarcă o îmbunătățire considerabilă a capacităților de coordonare, ceea ce duce implicit la creșterea nivelului de îndemânare. Până în jurul vârstei de 17 ani, nu există diferențe semnificative între fete și băieți în privința îndemânării, însă după această vârstă, fetele devin mai îndemânate, având o abilitate mai precisă de limitare a efortului pe segmente și grupe musculare specifice, datorită unei inhibiții diferențiate mult mai eficiente (Ifrim, 1986). În plus, mobilitatea articulară începe să scadă, fenomen mai pronunțat la băieți, în timp ce eforturile de rezistență sunt optim gestionate în această etapă. Forța musculară, susținută de hipertrofia musculară mai accentuată în cazul băieților, poate fi dezvoltată în toate formele sale de manifestare.

6.3. Particularități neuropsihice

Încă de la început trebuie menționat faptul că sistemul nervos central este cel sub controlul căruia stă activitatea motrică, dar și întreaga morfofuncționalitate a organismului uman, ceea ce înseamnă că îndemânarea, privită din perspectivă psihoneuromotrică, dar și întreaga formare a deprinderilor motrice sunt condiționate de morfofuncționalitatea creierului (Ifrim, 1986). De asemenea, este important de știut că nu aparatul locomotor este cel care aduce victoria în sport, ci inteligența.

Adolescența este perioada marilor experiențe și a experimentelor esențiale, inițiate și trăite de adolescent pentru prima dată în viață. Această etapă este marcată de crize existențiale și de identitate, traversarea lor fiind esențială pentru pregătirea adolescentului în asumarea viitoarelor roluri și statusuri de adult. În acest context, adolescentul își conturează percepția asupra mediului în care trăiește, ia decizii privind acțiunile sale, persoanele cu care interacționează și locurile pe care le frecventează, adesea fără a lua în considerare consecințele sau riscurile unor astfel de experiențe.

PARTEA II

Capitolul 7 Premisele, obiectivele, scopul, sarcinile cercetării preliminare, ipotezele cercetării preliminare, etapele cercetării, perioada, locul și subiecții cercetării

7.1. Premisele cercetării preliminare

Categoria de vârstă cuprinsă între 14-16 ani în schiul alpin reprezintă nivelul intermediar de pregătire până la vârsta tineret și seniori.

Specificul pregătirii juniorilor cu vârsta de 14-16 ani se reflectă prin îndeplinirea unor obiective specifice care se axează deopotrivă pe pregătirea fizică cât și pe cea tehnică. Conținuturile pregătirii sunt raportate la aceste obiective, dezvoltând/incluzând mijloacele pentru consolidarea și perfecționarea deprinderilor tehnice specifice vârstei și nivelului de pregătire.

Analizând performanțele naționale și internaționale la această vârstă constatăm că există un anumit decalaj între valorile acestora. Evaluând nivelul acestor performanțe constatăm că o posibilă motivație a acestora ar fi reprezentată de nivelul tehnic diferit dintre juniorii români și cei din alte țări. Așa cum s-a desprins și din analiza literaturii de specialitate gradul de însușire al deprinderilor tehnice necesită un salt calitativ și pentru juniorii de la noi din țară.

Pregătirea la vârsta juniorilor de 14-16 ani se bazează pe câteva caracteristici specifice enumerate în continuare:

- consolidarea și perfecționarea elementelor și procedeele tehnice bazate pe utilizarea în cadrul pregătirii a mijloacelor de acționare specifice;
- corectarea permanentă a tehnicii individuale a sportivilor bazate pe antrenarea simțului echilibrului;
- abordarea în cadrul antrenamentului a pregătirii integrale specifice acestei vârste, bazate pe antrenarea tuturor factorilor antrenamentului;
- utilizarea în cadrul pregătirii a mijloacelor moderne utilizate atât în scopul înregistrării parametrilor sportivilor cât și în algoritmizarea pregătirii acestora;
- antrenarea dorinței de autodepășire a juniorilor și creșterea gradului de seriozitate atât în antrenament cât și în competiție.

7.2. Obiectivele cercetării preliminare

Cercetarea preliminară vizează ca obiective concrete în demersul experimental propus următoarele:

- cunoaşterea opiniei specialiștilor cu privire la: importanţa pregătirii tehnice la această vârstă şi la necesitatea utilizării în cadrul pregătirii a analizei video;
- utilizarea în cadrul pregătirii juniorilor cu vârsta de 14-16 ani a unui sistem de mijloace specifice schiului alpin prin intermediul cărora ne propunem optimizarea performanţelor tehnice ale acestora;
- utilizarea în cadrul procesului de pregătire a juniorilor cu vârsta de 14-16 ani a tehnologiei informatice destinate înregistrării parametrilor proprii sportivilor şi corectării gradului de execuţie tehnică a acestora;
- validarea instrumentelor utilizate în cercetare (chestionar, program experimental).

7.3. Scopul cercetării preliminare

Scopul cercetării preliminare vizează patru aspecte:

- evidenţierea opiniei antrenorilor privind importanţa pregătirii tehnice la această vârstă;
- importanţa/necesitatea utilizării în cadrul pregătirii tehnice la această vârstă a analizei video;
- evidenţierea creşterii nivelului tehnic al juniorilor cu vârsta de 14-16 ani;
- optimizarea performanţelor tehnice bazate pe perfecţionarea elementelor tehnice specifice schiului alpin prin intermediul utilizării tehnologiilor moderne.

7.4. Sarcinile cercetării preliminare

Sarcinile propuse în cadrul cercetării preliminare reflectă tema de cercetare şi necesitatea argumentării teoretico-metodice a acesteia. Acestea sunt:

- identificarea subiecţilor care vor fi supuşi testărilor;
- organizarea cadrului necesar aplicării testărilor;
- selecţionarea probelor de control propuse în cadrul cercetării preliminare;
- aplicarea probelor de control în condiţii standard;
- conceperea unui chestionar privind testarea opiniilor antrenorilor care activează în schiul alpin, cu predilecţie la categoria de vârstă 14-16 ani;

- aplicarea chestionarului, analiza şi interpretarea răspunsurilor obţinute;
- validarea chestionarului prin calcularea coeficientului Alpha-Cronbach pe eşantionul de 90 de antrenori;
- identificarea parametrilor specifici utilizaţi pentru analiza şi interpretarea rezultatelor;
- stabilirea concluziilor preliminare şi a propunerilor care se impun în urma testării preliminare.

7.5. Ipotezele cercetării preliminare

Ipoteza 1: presupunem că aplicând o serie de mijloace specifice dezvoltării factorului fizic vom obţine creşterea indicilor calităţilor motrice (probele fizice).

Ipoteza 2: dacă utilizăm în procesul de antrenament sisteme de acţionare destinate consolidării elementelor tehnice specifice schiului, atunci vom obţine indici de performanţă superiori în probele tehnice.

Ipoteza 3: presupunem că prin utilizarea în procesul de pregătire a tehnologiei informatice vom identifica parametrii de bază specifici tehnicii schiului alpin (balans, cantare, presiune şi rotaţie).

7.7. Perioada, locul şi subiecţii cercetării preliminare

Perioada în care s-a desfăşurat cercetarea preliminară a fost cuprinsă între luna noiembrie 2021 şi luna aprilie 2022. Locul de desfăşurare al experimentului preliminar a fost staţiunea turistică Poiana Braşov.

Cercetarea preliminară a constat în testarea grupei de subiecţi la începutul şi la finalul perioadei experimentale. Astfel testarea iniţială s-a desfăşurat în luna ianuarie 2022 şi a avut rolul de a înregistra valoarea indicilor de la care s-a pornit în cercetarea preliminară. Testarea finală s-a realizat în luna februarie 2022, prin intermediul acestuia înregistrându-se progresul obţinut în cadrul probelor de control la care au fost supuşi subiecţi experimentului.

Subiecţii cercetării au cuprins un număr de 15 juniori, cu vârste între 14-16 ani legitimaţi la CSM Corona Braşov.

În perioada cuprinsă între cele două testări s-a aplicat mezciclu experimental destinat optimizării performanţelor în schiul alpin. În cuprinsul acestuia au fost selecţionate mijloacele specifice care au fost utilizate în scopul realizării sarcinilor propuse şi al îndeplinirii obiectivelor cercetării preliminare.

Capitolul 8 Metode de cercetare

Pentru studiul temei propuse au fost folosite următoarele metode:

- metoda analizei literaturii de specialitate;
- metoda experimentului științific, în cadrul căruia s-a procedat la măsurarea/evaluarea subiecților prin probe de control;
- metoda anchetei-chestionarului;
- metoda matematico-statistică.

8.2. Metoda experimentului științific

În cadrul acestei metode s-a procedat la derularea activității de cercetare preliminară propusă în scopul îndeplinirii sarcinilor cercetării. La începutul perioadei experimentale s-a aplicat lotului de subiecți testarea inițială, necesară pentru a cunoaște nivelul indicilor obținuți la probele de control la începutul experimentului preliminar. Pe parcursul lunilor ianuarie, februarie s-a procedat la aplicarea programului experimental preliminar destinat pregătirii juniorilor schiori cu vârsta cuprinsă între 14-16 ani. Programul experimental a cuprins mijloace specifice schiului alpin selecționate în scopul realizării sarcinilor și obiectivelor propuse în cercetare. Tot în acest scop s-a pornit de la interpretarea răspunsurilor înregistrate la chestionarul adresat specialiștilor care au fost corelate cu concluziile desprinse în urma studierii bibliografiei de specialitate. Programul experimental a cuprins 4 microcicluri de pregătire concretizate pe durata unui macrociclu de pregătire. Fiecare microciclu a conținut 4 planuri de antrenament în cuprinsul cărora temele și obiectivele antrenamentelor au fost corelate cu obiectivele și scopurile urmărite în cercetare.

La finalul perioadei experimentale preliminare, după parcurgerea de către subiecți a programului experimental utilizat, s-a aplicat testarea finală care a avut scopul înregistrării indicilor obținuți la probele de control finale și compararea acestora cu indici obținuți la testarea inițială în scopul confirmării demersului metodologic experimental.

În cadrul testărilor inițiale și finale au fost utilizate un număr de 10 probe de control cuantificate în 2 grupe, o grupă de probe generale și una de probe specifice. Testările au cuprins 5 probe generale și 5 probe specifice prezentate în continuare.

8.2.2. Probe specifice

8.2.2.5. Slalom uriaș

Fiecare sportiv va realiza traseul având montat în clăpări un senzor, de tip brant CARV X2.2. Sportivul trebuie să realizeze traseul în cel mai scurt timp. În timpul acestei probe se va analiza pe baza datelor oferite de senzor tehnica sportivului. În urma analizării datelor oferite de senzor se vor identifica greşelile de execuţie şi se va trece la corectarea lor. Declanşarea cronometrului se realizează la prima mişcare a subiectului.

Senzorul CARV x2.2 se bazează pe înregistrarea presiunii şi a mişcării exercitată de schior (sportiv) în timpul desfăşurării antrenamentului sau a probei sportive. Senzorul furnizează analiza detaliată a modului în care subiectul a schiat. Datele sunt colectate de aplicaţia instalată pe telefonul mobil. Prin monitorizarea modului în care s-a schiat şi analiza aspectelor necorespunzătoare se poate îmbunătăţi abilitatea de a schia, astfel încât performanţele sportivului să crească.

Cu ajutorul aplicaţiei utilizatorul poate perfecţiona următoarele elemente:

- virajele paralele;
- poziţia specifică pe schiuri;
- controlul marginilor şi a presiunii.



Fig. 10 Sistemul CARV (CARV – How it works, 2021)

Cu cât elementele fundamentale sunt înţelese mai repede şi mai bine, cu atât cel care utilizează aplicaţia va reuşi să îşi perfecţioneze tehnica. Dezvoltatorii aplicaţiei CARV s-au bazat pe conceptul de analiză detaliată a mişcărilor şi performanţei sportivilor utilizând tehnologia şi datele colectate în timp real.. Antrenorii explică, de asemenea, conceptele cheie, astfel încât acestea să poată fi îmbunătăţite. Ceea ce rezultă este faptul că prin intermediul aplicaţiei, se vor putea detalia conceptele cheie din spatele fiecărei valori CARV, astfel încât schiorul să poată înţelege ce să facă pe zăpadă pentru a atinge următorul obiectiv, denumit în aplicaţie Ski:IQ. De asemenea, CARV explică importanţa fiecărui parametru specific schiului şi oferă o cale de urmat pentru perfecţionarea fiecăruia dintre aceştia (CARV – How it works, 2021).

Senzorul utilizat monitorizează următorii parametri principali: echilibrul, cantarea, presiunea şi rotirea. La rândul lor, parametri principali au între doi şi patru sub-parametrii pe care îi monitorizează. Pentru fiecare sub-parametru există o valoare a acestuia care trebuie atinsă pentru ca schiorul să fie încadrat într-un anumit nivel tehnic. Aplicaţia împarte nivelul tehnic în patru categorii, şi anume: satisfăcător (cel mai slab nivel), bine, foarte bine şi expert (cel mai bun nivel). Fiecare din valorile definite în tabel corespunzătoare fiecărui nivel tehnic pentru fiecare sub-parametru a fost preluată din CARV şi transpusă în tabel astfel încât toţi sub-parametri să fie definiţi în acelaşi loc.

Producătorul senzorului a selectat valorile aferente nivelurilor Satisfăcător, Bine, Foarte bine şi Expert după consultarea cu specialiştii din acest sport (schiori, antrenori), subparametrii cu valori procentuale sunt folosiţi pentru a transmite informaţiile necesare. Ideal este atunci când schiorul atinge 100% pentru fiecare dintre subparametrii.

Senzorul folosit este de tip branţ şi conţine în interior 36 de senzori de presiune şi de mişcare, fiind creat special pentru clăpări. Mai mult, senzorul se conectează la o aplicaţie care a fost concepută pentru a măsura şi antrena elementele fundamentale ale schiatului pentru o gamă largă de schiori (CARV – How it works, 2021).

Dispozitivul se pune între materialul textil al clăparului şi materialul plastic al acestuia, fiind construit pentru a rezista un timp cât mai îndelungat, având în vedere condiţiile grele de schiat. Deoarece branţul CARV se foloseşte sub căptuşeala clăparului, poate fi folosit şi în cazul clăparilor personalizaţi. În plus, funcţionează şi în cazul în care schiorul foloseşte branţurile personale, ştiut fiind faptul că schiorii de performanţă au clăpări creaţi special pentru ei.

Datele oferite de aplicaţie pentru fiecare subiect (schior) au fost analizate astfel încât să se determine care dintre cele patru valori (principalii parametri) sunt cele mai importante pentru obţinerea celei mai bune performanţe. Determinarea celor mai importante date ne va conduce la un antrenament mai intens al acelor valori în timpul verii, astfel încât odată cu revenirea pe zăpadă acele valori să fie îmbunătăţite, iar performanţa să crească. Dimensiunea senzorului este E, si poate fi folosit pentru clăpări de schi cu măsura 40-42 (CARV – How it works, 2021).

8.3. Metoda anchetei – chestionarul

Metoda anchetei se referă la aplicarea unor tehnici diferite, având ca scop observarea regularităţilor privind obiectul investigaţiei, măsurarea şi descrierea lor (Păunescu, 2013). Metodele anchetei pot fi folosite independent sau în combinaţie cu alte metode de cercetare, având drept particularitate faptul că înlocuiesc observarea condiţiilor reale cu experienţa mentală a subiectului (Turcu, 2007).

Conform evoluţiei metodicii de predare a schiului alpin în toate formele sale, este necesară şi perfecţionarea continuă a antrenorilor prin acumularea de noi cunoştinţe şi noi aptitudini. Odată cu progresul, evoluţia echipamentelor şi a tehnicii, temele de antrenament folosite de către antrenori s-au schimbat fundamental.

Pentru selectarea eşalonului de antrenori incluşi în cercetare s-au respectat următoarele cerinţe:

- alegerea respondenţilor din rândul antrenorilor care antrenează grupe de copii cu vârste cuprinse între 14-16 ani;
- la selecţionarea eşantionului s-a ținut cont de timpul acordat de respondenţi pentru chestionar, fiind eliminaţi cei care nu aveau timpul necesar pentru a răspunde întrebărilor aferente chestionarului;
- persoanele chestionate ocupă funcţia de antrenor de cel puţin 5 ani;
- alegerea grupei de vârstă 14-16 ani.

8.4. Metoda matematico-statistică

Utilizarea metodei matematice este strâns legată de studiul cantitativ al fenomenelor, dar şi de studiul calitativ, datorită relaţiei obiective care există între variaţiile cantitative şi calitative ale acestora.

Interpretarea corectă a realităţii este condiţionată de exactitatea măsurării, a recoltării, dar şi a înregistrării datelor. În domeniul ştiinţei sportului, în momentul în care se cercetează progresul subiecţilor prin probe, se impun o serie de măsurători cu privire la tehnologia aplicării acestora, dar şi la condiţiile ce trebuie respectate pentru exactitatea măsurării (Zlate, 1980).

Pe lângă statistica descriptivă am folosit teste statistice care verifică veridicitatea unor ipoteze, a unor interferenţe statistice.

În plus, am folosit şi teste neparametrice, precum **testul t între două seturi de date dependente**. Testul t dependent înseamnă că cele două seturi de date sunt în relaţie unul cu celălalt într-un anumit fel. Dacă valoarea obţinută în urma testului t este mai mare decât cea din tabela lui Fisher (tabelă folosită pentru gradele de libertate) înseamnă că diferenţa obţinută între cele două seturi de date este semnificativă (Fleancu, 2007).

Pentru proba de slalom se consideră variabilele X şi Y reprezentate prin şirurile de valori x_i şi y_i , $i=1, 2, \dots, n$, şiruri obţinute prin efectuarea unor măsurări în condiţii de simultaneitate şi similitudine. În statistică se poate verifica dacă există o relaţie de dependenţă între două variabile aleatorii sau două mulţimi de date (X şi Y). Studiul dependenţei dintre două variabile este efectuat prin analiza corelaţiei. Analiza corelaţiei arată măsura dependenţei dintre variabilele considerate. Dacă variabilele studiate (analizate) se află în corelaţie, punctele vor urma o linie sau o curbă. Pentru determinarea puterii (intensităţii) corelaţiei se calculează coeficientul de corelaţie, care arată mărimea dependenţei liniare dintre variabila independentă X şi cea dependentă Y . Coeficientul de corelaţie r (sau R) se calculează cu relaţia:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (1)$$

unde,

X – valorile variabilei independente;

Y – valorile variabilei dependente;

$\bar{X}$ – media valorilor X;

$\bar{Y}$ – media valorilor Y;

Σ – sumă.

Valoarea este identică dacă se corelează X cu Y sau Y cu X. Atunci când există o relație de liniaritate între variabilele de interes, putem identifica o ecuație de regresie simplă pentru a determina valoarea variabilei dependente în funcție de valoarea variabilei independente (Enoiu, et al., 2023). Ecuația de regresie este:

$$Y = a + b \cdot X, \quad (2)$$

unde,

a – interceptor (intercept);

b – coeficientul dreptei (panta) sau coeficientul de regresie;

X – variabila independentă.

X și Y sunt variabilele ecuației, iar a și b sunt constantele ecuației. Metoda regresiei liniare poate fi extinsă de la două la mai multe variabile prin metoda regresiei liniare multiple. În acest caz există o variabilă dependentă și mai multe variabile independente. Scopul regresiei multiple este de a stabili relația dintre o variabilă dependentă (rezultativă) și o mulțime de variabile independente (factoriale). Se consideră un set de n variabile aleatoare $X_1, X_2, \dots, X_n$ considerate independente, care din punct de vedere probabilistic reprezintă variabilele ce influențează un proces. Aceste variabile acționează independent una față de alta. O altă variabilă aleatoare notată cu Y care reprezintă variabila dependentă este cea ale cărei valori vor fi estimate pe baza regresiei liniare multiple (Enoiu, et al., 2023). Regresia liniară multiplă are ecuația de forma:

$$Y = a + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + \dots + b_n \cdot X_n, \quad (3)$$

unde,

a – interceptor (intercept);

$b_1, b_2, \dots, b_n$ – coeficienți de regresie.

Variabilele implicate în regresie trebuie să îndeplinească condițiile:

- legătura între variabila dependentă şi variabila independentă trebuie să fie una liniară;
- efectele fiecărei variabile sunt independente, în principiu, de celelalte.

Regresia liniară multiplă permite în anumite cazuri ierarhizarea influenţei variabilelor independente asupra celei dependente. Analiza se face pentru a păstra doar variabilele care au influenţă semnificativă asupra variabilei dependente, renunţându-se la cele nesemnificative (Enoiu, et al., 2023). Pentru această ierarhizare se studiază nivelul semnificaţiei p care ar trebui să fie mai mic de 5%.

Capitolul 9 Rezultatele cercetării preliminare şi interpretarea acestora

Studiul preliminar a cuprins 10 teste aplicate subiecţilor din grupa experiment grupate pe două categorii: probe generale şi probe specifice. Probele generale cuprind: alergare de viteză pe 50 m, genuflexiuni, genuflexiuni pe un picior, forţă abdominală din atârnat la spalier, mobilitatea coloanei vertebrale. Probele specifice se împart în: alergare şerpuită printre fanioane, menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru, slalom pe uscat, sărituri laterale şi slalom uriaş.

9.1. Probe generale

Studiul preliminar a cuprins 5 teste generale aplicate subiecţilor din grupa experiment. Probele generale se împart în: alergare de viteză pe 50 m, genuflexiuni, genuflexiuni pe un picior, forţă abdominală din atârnat la spalier, mobilitatea coloanei vertebrale. La fiecare probă au participat 15 sportivi, pentru fiecare probă realizându-se testare iniţială şi finală.

9.2. Probe specifice

Studiul preliminar a cuprins 5 teste specifice aplicate subiecţilor din grupa experiment. Probele specifice se împart în: alergare şerpuită printre fanioane, menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru, slalom pe uscat, sărituri laterale şi slalom uriaş. La fiecare probă au participat 15 sportivi, pentru fiecare probă realizându-se testare iniţială şi finală.

9.2.5. Slalom uriaş

Rezultatele colectate de senzorii aplicaţi în clăpării schiorilor au fost transferate în aplicaţia instalată pe telefon. Informaţiile obţinute au fost prelucrate în aşa fel încât rezultatele (timpii de testare) care nu se încadrau în intervalul de încredere stabilit (95%) să nu fie luate în considerare, aceasta fiind o condiţie necesară pentru reuşirea realizării ecuaţiilor de regresie liniară multiplă, cu ajutorul cărora s-a stabilit timpul necesar pentru nivelul tehnicii subiecţilor cercetării.

În tabelul 23 sunt prezentate datele furnizate de senzorii utilizaţi. Semnificaţiile (numele) celui de-al doilea rând (sub-parametri, coloana 2...12) din Tabelul 23 au fost prezentate în tabelul 4, prima coloană (Nr.). Dintre timpii obţinuţi de subiecţi, în Figura 22 sunt prezentate doar primele şase. Această selecţie a fost făcută pentru a facilita înţelegerea figurii. Faţă de linia ideală pentru nivel tehnic Mare (linia bold), doar doi subiecţi au valorile apropiate de ea şi au realizat şi cei mai buni timpi.

Tabelul 23 Valorile sub-parametrilor colectate de senzori (Enoiu, et al., 2023)

Subiect	Balans			Cantare			Presiune			Rotație		Timp [s]
	P1 [%]	P2[%]	P3[%]	P4[%]	P5[%]	P6[%]	P7[%]	P8[%]	P9 [%]	P10 [%]	P11 [%]	
1	82	78	68	69	45	79	78	70	72	54	50	16.73
2	95	86	80	73	49	91	79	70	88	62	64	14.76
3	83	74	58	74	42	71	68	69	68	48	40	18.89
4	79	78	73	78	46	84	88	67	95	70	69	15.00
5	85	70	60	60	38	69	67	68	71	47	42	20.00
6	74	63	63	87	48	72	89	63	74	54	52	18.78
7	81	76	72	84	46	74	84	59	73	60	48	17.56
8	67	53	52	79	42	63	73	63	61	51	44	18.00
9	80	70	72	71	36	61	70	62	30	61	39	19.00
10	66	64	61	58	38	49	62	64	75	43	32	20.58
11	73	68	67	52	37	54	60	58	70	41	24	20.95

Analiza arată că, subiecții ai căror parametri principali se apropie de valorile stabilite de către producătorul senzorului vor obține cei mai buni timpi. De menționat este faptul că pentru fiecare subiect, valorile parametrilor principali au fost calculate de aplicația asociată senzorilor. Dar, pentru nivelurile de tehnică de schi, aplicația nu indică valori pentru parametrii principali (Enoiu, et al., 2023).

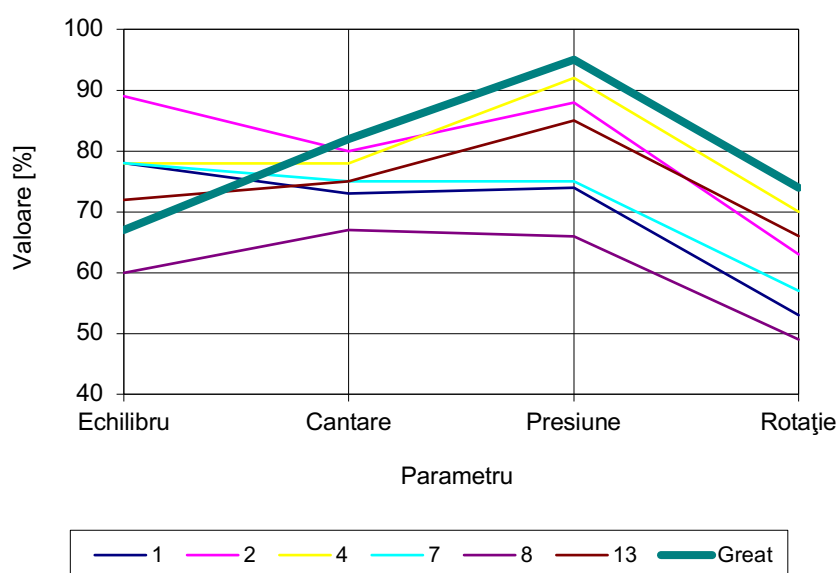


Fig. 22 Comparație între Nivelul Great și parametrii principali înregistrați de subiecți (Enoiu, et al., 2023)

Următorul pas al analizei datelor este stabilirea coeficientului de corelație între principalii parametri și timpul obținut. Deoarece Tabelul 23 prezintă 11 sub-parametri și este mai dificil să stabilim și să urmărim influența fiecăruia asupra timpului final, s-a trecut la o formă simplificată (Tabelul 24), în care sunt selectați principalii parametri luați în considerare (balans, cantare, presiune, rotație). Având în vedere faptul că parametrii principali nu au valori asociate cu nivelul tehnicii de schi, a fost dezvoltat un algoritm matematic care ne-a permis calculul acestora pe baza valorilor înregistrate pentru acestea, de către aplicație dar și pe baza modului de a schia și a nivelului de aptitudini ale subparametrilor. Valorile coeficienților de corelație pentru principalii parametri sunt:

- balans - 0.58068;
- cantare - 0.85019;
- presiune - 0.67264;
- rotație - 0.9266 (Enoiu, et al., 2023).

Analiza coeficienților de corelație arată că rotația și cantarea au cei mai buni coeficienți de corelație (cele mai mari valori), așadar, ambele influențează decisiv timpul obținut de subiect.

Figurile 23 și 24 arată că există o legătură de tip regresie liniară între cantare și timpul schiorului precum și între rotație și timpul schiorului, corelația fiind foarte mare conform clasificării prezentate. Romburile ce sunt prezente în figurile de mai jos reprezintă valoarea din tabelul 24 corespunzătoare parametrului cantare și corelația acesteia cu timpul obținut.

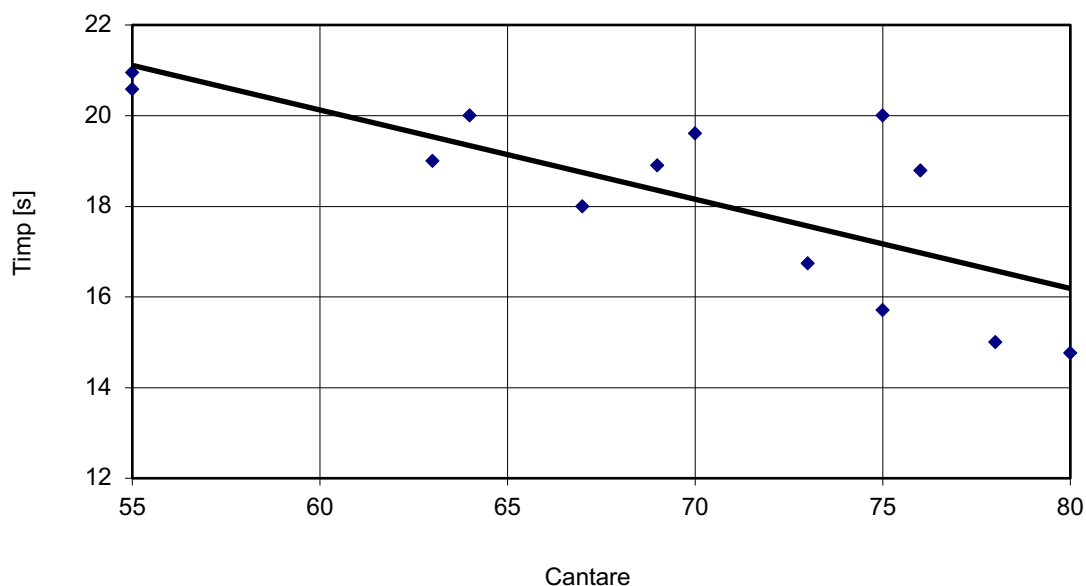


Fig. 23 Relația liniară între cantare și timp (Enoiu, et al., 2023)

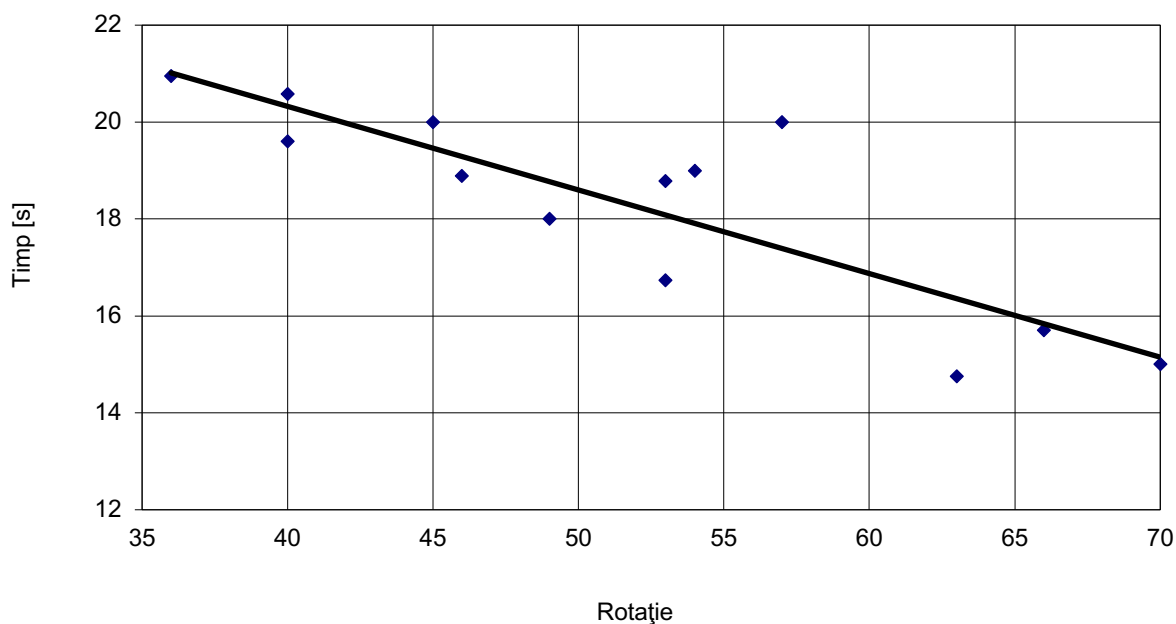


Fig. 24 Relația liniară între rotație și timp (Enoiu, et al., 2023)

Regresia liniară este valabilă și pentru ceilalți doi parametri principali (balans și presiune), dar coeficienții de corelație nu au valori foarte mari. Ele pot fi încadrate la nivelul de corelație ridicat. Relația dintre timpul obținut de subiecți și parametrii principali fiind de tip regresie liniară multiplă, se pot determina valorile coeficienților de regresie și valoarea interceptorului. Pe baza valorilor parametrilor principali din Tabelul 24, este posibil să scriem ecuația care estimează timpul, pe baza parametrilor principali (Enoiu, et al., 2023). Ecuația de regresie liniară multiplă bazată pe cei 4 parametri principali (R_{4V}) este:

$$R_{4V} = 31.56934 - 0.02401X_1 - 0.05005X_2 - 0.02411X_3 - 0.12532X_4, \quad (4)$$

unde:

R_{4V} – timpul posibil pentru a fi obținut;

X_1 – valoarea pentru balans;

X_2 – valoarea pentru cantare;

X_3 – valoarea pentru presiune;

X_4 – valoarea pentru rotație.

Astfel, pentru fiecare subiect, în funcție de nivelul tehnic atins, s-a putut determina din punct de vedere teoretic pe baza relației (4) timpul posibil de obținut la proba efectuată. De asemenea, se poate calcula timpul pe care l-ar obține un subiect, care din punct de vedere al tehnicii de schi este la nivelul Foarte bine, Expert sau alt nivel (Enoiu, et al., 2023). Figura 25 prezintă o comparație între timpii înregistrați de subiecți în timpul testului și cei calculați pe baza regresiei liniare multiple. Cu

alte cuvinte pentru fiecare subiect cu roşu (pătrat) este calculat timpul pe care l-a obţinut folosind ecuaţia 4, iar cu portocaliu (triunghi) este prezentat timpul pe care l-a obţinut folosind ecuaţia 5. Cu albastru (romb) este reprezentat timpul obţinut de subiect.

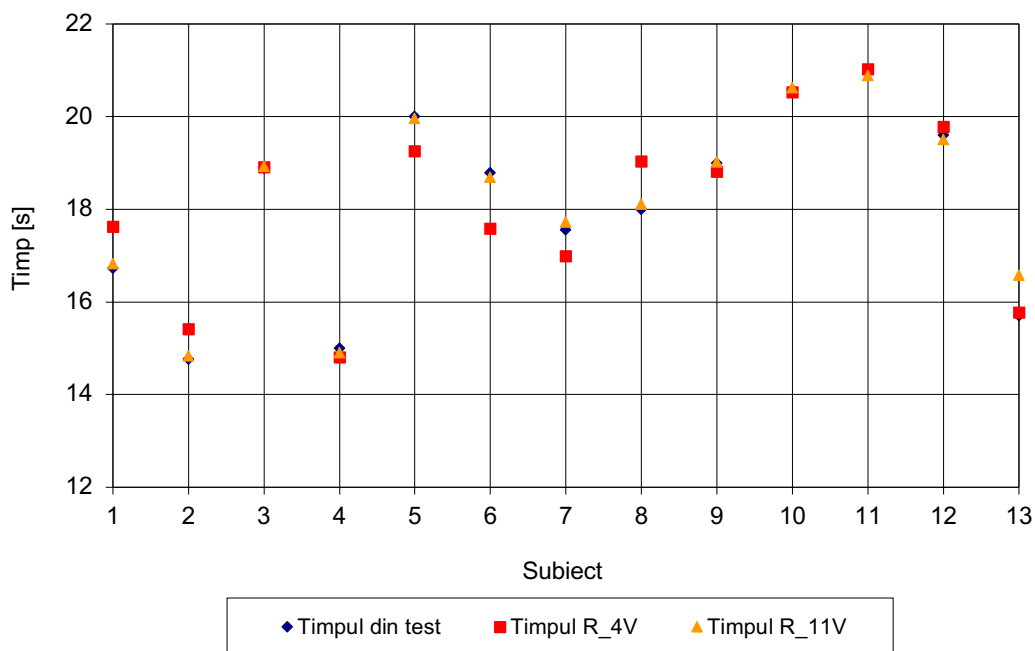


Fig. 25 Comparație între timpii de testare și cei calculați pe baza regresiei liniare multiple cu 4 (R_4V) și 11 (R_11V) variabile independente (Enoiu, et al., 2023)

În mod similar, a fost determinată regresia liniară multiplă, dar considerând ca variabile independente cei 11 sub-parametri. Ecuația (5) a fost scrisă pe baza coeficienților de regresie multiplă liniară, stabiliți pe baza valorilor din Tabelul 23 (Enoiu, et al., 2023).

$$\begin{aligned}
 R_{11V} = & -0.39824 + 0.168502X_1 - 0.19029X_2 + 0.144939X_3 + 0.101063X_4 - 0.3893X_5 - 0.08883X_6 + \\
 & 0.187593X_7 + 0.274781X_8 + 0.090394X_9 - 0.02933X_{10} - 0.25661 X_{11} ,
 \end{aligned} \tag{5}$$

unde:

R_{11V} – timpul posibil ce poate fi obținut;

X_1 – valoarea pentru începutul virajului;

X_2 – valoarea pentru sfârșitul virajului;

X_3 – valoarea pentru Topple;

X_4 – valoarea pentru similitudine;

X_5 – valoarea pentru unghi;

X_6 – valoarea pentru cantare timpurie;

X_7 – valoarea pentru fineţe;

X_8 – valoarea pentru presiunea schiului exterior;

X_9 – valoarea pentru fineţea presiunii;

X_{10} – valoarea pentru schiuri paralele;

X_{11} – valoarea pentru forma virajului.

În cazul regresiei liniare multiple cu 4 variabile, analiza ANOVA arată că indicatorul de semnificaţie-F este 0,000345, deci mai mic decât pragul de semnificaţii configurat (0,05). De asemenea, indicatorul de nivel de semnificaţie (valoarea P) care permite stabilirea ierarhiei de importanţă a variabilelor (predictorilor) este 1,85E-06 pentru interceptor şi 0,00884 pentru parametrul principal Rotaţie. Deoarece aceasta are cea mai mică valoare pentru valoarea P din 4 variabile independente, înseamnă că are cea mai mare influenţă asupra reducerii timpului de testare. Valoarea acestui indicator creşte pentru presiune, cantare şi echilibru, în ordinea afişată. Pe baza ordinii de importanţă a parametrului principal în diminuarea timpului, antrenamentul pentru fiecare sportiv poate fi personalizat. Fiecare sportiv va acorda prioritate acelor aptitudini care nu ating nivelul tehnic dorit. Mai mult, în cadrul fiecărui parametru principal, sportivul se va putea concentra asupra sub-parametrului/i la care nu a atins nivelul dorit. În cazul regresiei liniare multiplă cu 11 variabile, indicatorul de semnificaţie-F este 0,1227, deci mai mare de 0,05. Acest lucru ne arată faptul că regresia poate duce la erori semnificative. Motivul erorilor mari este numărul redus de încercări (teste). Pentru 11 variabile ar fi necesare 30-35 de teste, dar efectuarea acestui număr de teste este imposibil de efectuat în aceleaşi condiţii (temperatura aerului şi zăpezii, dimensiunea clăparului şi deci aceiaşi senzori ca şi mărime).

Dacă subiecţii sunt apropiaţi ca nivel de tehnică, modelul matematic ar putea oferi valori apropiate de cele obţinute la teste. De asemenea, pentru fiecare subiect se poate compara timpul obţinut cu cel calculat pentru cele 4 nivele de tehnica ale schiului, pe baza ecuaţiilor 4 sau 5 (vezi Tabelul 25).

9.2.6. Interpretarea datelor chestionarului

În cadrul cercetării preliminare, unul dintre obiective a fost să obţinem opinia antrenorilor referitoare la utilizarea tehnologiei informatice în antrenamente, ceea ce ne-a determinat să aplicăm un chestionar. Având în vedere că chestionarul nu era standardizat, am realizat o pretestare pentru a evalua validitatea acestuia, utilizând coeficientul Alpha Cronbach, pe un eşantion de 90 de antrenori din diverse cluburi din ţară, scopul fiind determinarea fidelităţii chestionarului.

După analiza răspunsurilor celor 90 de antrenori, am extras opiniile acestora. Menţionăm că toţi participanţii au completat toate întrebările chestionarului. Odată centralizate şi colectate datele, am calculat consistenţa internă a chestionarului folosind coeficientul Alpha Cronbach, iar rezultatul obţinut confirmă atât consistenţa itemilor, cât şi validitatea generală a chestionarului.

Capitolul 10 Concluziile cercetării preliminare

Optimizarea procesului de antrenament în schiul alpin, presupune o analiză obiectivă a aspectelor teoretice, dar și a celor practico-metodice implicate în creșterea performanțelor, mai cu seamă a influenței pe care o parte dintre aceste aspecte o exercită la nivelul cadrului general de pregătire.

Schiul alpin la fel ca multe alte sporturi a beneficiat sau beneficiază de aportul altor științe și discipline pentru a permite sportivilor sau practicanților perfecționarea tehnicii sau a performanțelor.

Folosirea diferitelor tipuri de senzori a reprezentat unul din primii pași în implementarea unor noi tehnici în sporturile montane. Folosirea senzorilor de către sportivi (subiecți) în timpul antrenamentelor a permis antrenorilor vizualizarea mai bună a elementelor tehnice pe care sportivul le stăpânește, dar arată și nivelul tehnic la care sportivul se găsește. Trecerea de la analiza imaginilor înregistrate în timpul antrenamentelor (obținute cu camerele de filmat) la utilizarea senzorilor a crescut acuratețea și calitatea analizelor efectuate. Lucrarea de față pune în evidență elementele de tehnică care au o influență semnificativă asupra timpului, motiv pentru care pregătirile (antrenamentele) trebuie să insiste cu prioritate pe realizarea unor progrese semnificative în direcția respectivă.

Determinarea ecuației parametrilor principali. Dar cele mai sugestive rezultate au fost obținute la proba de slalom uriaș, unde design-ul probei a inclus determinarea principalilor parametrii (balans, cantare, presiune, rotație) care intervin în cadrul probei confirmând și cea de-a treia ipoteză a cercetării preliminare. În acest sens valorile acestor parametrii au fost introduse în ecuații matematice, care au oferit în premieră, atât date particularizate pentru fiecare dintre subiecți, cât și date exacte care au permis calcularea ecuației regresiei liniare multiple. Prin intermediul acesteia, au fost folosiți un număr de 11 subparametri, pe baza cărora, pentru o mai mare exactitate privind nivelul de însușire al tehnicii specifice schiului alpin, s-a realizat ecuația parametrilor principali, raportată la principalele 4 variabile independente (cantare, balans, presiune, rotație). Aceasta ne oferă eficiență și precizie în determinarea și identificarea aspectelor slabe din punct de vedere tehnic și acuratețe pentru a determina elementele tehnice care necesită pregătire suplimentară și cu grad de precizie crescut în determinarea performanțelor.

PARTEA III

Capitolul 11 Premisele, obiectivele, scopul, sarcinile, ipotezele, etapele, perioada, locul şi subiecţii cercetării experimentale finale

11.1. Premisele cercetării finale

Premisele cercetării finale pornesc de la identificarea unei metodologii experimentale destinate optimizării performanţelor în schiul alpin prin intermediul analizei video a antrenamentelor. Din aceste considerente, în cadrul cercetării finale ne propunem să dezvoltăm o aplicaţie ce se va remarca prin capacitatea sa de a analiza traseele schiorilor în timp real, oferind antrenorilor şi sportivilor informaţii esenţiale despre abaterile de la traseul optim. Aceasta va utiliza tehnologia video, inteligenţa artificială şi învăţare automată (machine learning) pentru a capta şi compara deplasările schiorilor cu traseele ideale predefinite, facilitând astfel identificarea şi corectarea erorilor. Prin furnizarea unei analize vizuale clare, aplicaţia va contribui la perfecţionarea tehnicii şi la reducerea timpului necesar pentru atingerea performanţelor de vârf.

Pe lângă aplicaţia video ce va fi dezvoltată, cercetarea îşi propune să integreze şi utilizarea senzorilor XSensDOT, care vor măsura şi monitoriza diferiţi parametri biomecanici în timpul antrenamentelor. Aceşti senzori vor oferi date precise privind postura, unghiurile şi acceleraţiile generate de schiori, informaţii esenţiale pentru ajustarea antrenamentelor în funcţie de nevoile specifice ale fiecărui sportiv. Integrarea acestor tehnologii va permite o abordare cuprinzătoare şi personalizată, îmbunătăţind astfel eficienţa şi eficacitatea programelor de antrenament.

Cercetarea finală îşi doreşte să sublinieze importanţa utilizării tehnologiilor avansate în pregătirea juniorilor în schiul alpin. Prin combinarea aplicaţiei de analiză a traseelor cu senzorii biomecanici, se vizează optimizarea semnificativă a antrenamentelor, oferind sportivilor tineri cele mai bune instrumente pentru a-şi atinge potenţialul maxim. Această abordare inovatoare nu doar va îmbunătăţi performanţele individuale, dar va contribui şi la dezvoltarea unor metode de antrenament mai precise şi mai eficiente pentru viitor.

11.2. Obiectivele cercetării finale

Cercetarea finală vizează ca obiective concrete în demersul experimental propus următoarele:

- să se determine modul în care utilizarea aplicaţiei OptiPath influenţează performanţele sportivilor;

- se va urmări modul în care datele biomecanice furnizate de senzorii XSensDOT pot contribui la perfecţionarea tehnicii şi a posturii sportivilor;
- identificarea corelaţiilor între parametrii măsurăţi şi performanţele obţinute, facilitând astfel ajustări personalizate ale antrenamentului;
- un plan de antrenament care să integreze utilizarea aplicaţiei OptiPath şi a senzorilor XSensDOT;
- îmbunătăţirea metodologiilor de antrenament existente prin incorporarea tehnologiilor moderne;
- se va analiza în ce măsură aceste tehnologii pot fi integrate în antrenamentele zilnice şi cum pot fi ele adaptate pentru diferite niveluri de abilitate şi stiluri de învăţare.

11.3. Scopul cercetării finale

Scopul cercetării finale vizează trei aspecte:

- dezvoltarea unei aplicaţii care să compare trasa schiorului cu cea ideală;
- utilizarea analizei video;
- optimizarea performanţelor tehnice bazate pe perfecţionarea elementelor tehnice specifice schiului alpin prin intermediul utilizării tehnologiilor moderne.

11.4. Sarcinile cercetării finale

Sarcinile propuse în cadrul cercetării finale reflectă tema de cercetare şi necesitatea argumentării teoretico-metodice a acesteia. Acestea sunt:

- identificarea subiecţilor care vor fi supuşi testărilor;
- organizarea cadrului necesar aplicării testărilor;
- selecţionarea probelor de control propuse în cadrul cercetării preliminare;
- aplicarea probelor de control în condiţii standard;
- dezvoltarea unei aplicaţii care să compare trasa schiorului cu trasa ideală;
- folosirea senzorilor XSensDOT pentru măsurarea unghiurilor dezvoltate de schiori;
- identificarea parametrilor specifici utilizaţi pentru analiza şi interpretarea rezultatelor;
- stabilirea concluziilor preliminare şi a propunerilor care se impun în urma testării preliminare.

11.5. Ipotezele cercetării finale

Ipoteza 1: Presupunem că prin utilizarea unor mijloace specifice pentru dezvoltarea echilibrului vom obține atât o poziție corectă pe schiuri cât și un timp mai bun în proba de concurs.

Ipoteza 2: Prin utilizarea senzorilor XSensDOT în proba de slalom uriaș vom măsura viteza de accelerare (coborâre) și unghiurile la nivelul articulațiilor genunchilor ale schiorilor.

Ipoteza 3: Realizarea unei aplicații inovative (OptiPath) precum și utilizarea acesteia în cadrul cercetării experimentale finale va conduce la identificarea trasei ideale a schiorului, precum și la personalizarea acesteia pentru fiecare dintre sportivi.

11.7. Perioada, locul și subiecții cercetării finale

Perioada în care s-a desfășurat cercetarea finală a fost cuprinsă între luna iunie 2022 și luna aprilie 2023. Locul de desfășurare al experimentului final a fost stațiunea turistică Poiana Brașov și stațiunea Predeal.

Cercetarea finală a constat în testarea grupei de subiecți la începutul și la finalul perioadei experimentale. Astfel testarea inițială s-a desfășurat în luna ianuarie 2023 și a avut rolul de a înregistra valoarea indicilor de la care s-a pornit în cercetarea preliminară. Testarea finală s-a realizat în luna martie 2023, prin intermediul acesteia înregistrându-se progresul obținut în cadrul probelor de control la care au fost supuși subiecții experimentului.

Subiecții cercetării au cuprins un număr de 30 de juniori, cu vârste între 14-16 ani. Dintre aceștia, 15 sunt sportivi ai clubului CSM Corona Brașov, 9 sunt sportivi ai clubului CS Edelweiss, 3 sunt sportivi ai clubului CS Dinamo și 3 sunt sportivi ai clubului Toro Racing Team.

În perioada cuprinsă între cele două testări s-a aplicat mezociclu experimental destinat optimizării performanțelor în schiul alpin. În cuprinsul acestuia au fost selecționate mijloacele specifice care au fost utilizate în scopul realizării sarcinilor propuse și al îndeplinirii obiectivelor cercetării preliminare.

Capitolul 12 Metode de cercetare

Pentru studiul temei propuse au fost folosite următoarele metode:

- metoda analizei literaturii de specialitate;
- metoda experimentului științific;
- metoda analizei video;
- metoda matematico-statistică.

12.2. Metoda experimentului științific

În cadrul acestei metode s-a procedat la derularea activității de cercetare finală propusă în scopul îndeplinirii sarcinilor cercetării. La începutul perioadei cercetării finale s-a aplicat lotului de subiecți testarea inițială, necesară pentru a cunoaște nivelul indicilor obținuți la probele de control la începutul experimentului final. Pe parcursul lunilor ianuarie și februarie s-a procedat la aplicarea programului experimental final destinat pregătirii juniorilor schiori cu vârsta cuprinsă între 14-16 ani. Programul experimental final a cuprins mijloace specifice schiului alpin selecționate în scopul realizării sarcinilor și obiectivelor propuse în cercetare.

La finalul perioadei experimentale finale, după parcurgerea de către subiecți a programului experimental final utilizat, s-a aplicat testarea finală care a avut scopul înregistrării indicilor obținuți la probele de control finale și compararea acestora cu indicii testării inițiale în scopul confirmării demersului metodologic experimental.

În cadrul testărilor inițiale și finale au fost utilizate un număr de 5 probe de control fără utilizarea tehnologiei moderne. Cea de-a 6-a probă de control, proba de slalom uriaș a conținut 3 elemente principale bazate pe utilizarea tehnologiei moderne, acestea fiind utilizarea senzorilor XSensDOT/Movella, metoda analizei video și folosirea aplicației OptiPath.

12.2.1. Planul de intervenție experimental

Design-ul programului experimental final a cuprins 2 mezocicluri experimentale de pregătire concretizate pe durata perioadei de pregătire/competiție pe zăpadă. Fiecare mezociclu a conținut un număr de 4 microcicluri de antrenament structurate fiecare cu 4 antrenamente pe săptămână.

Implementarea programului experimental final s-a realizat respectându-se cele 2 obiective majore de pregătire, primul reprezentat de dezvoltarea calităților motrice specifice sportivilor schiori alpini (tema 1 a antrenamentelor experimentale) și al doilea reprezentat de video-analiza antrenamentelor (tema 2 a antrenamentelor experimentale), realizată în scopul corectării

execuţiilor tehnice individuale, a conştientizării principalelor greşeli tehnice şi a identificării modalităţilor/mijloacelor destinate corectării acestora (antrenament ideomotor).

Antrenamentul destinat dezvoltării principalelor calităţi motrice specifice a cuprins un număr de 32 de şedinţe de pregătire desfăşurate pe durata celor 2 mezocicluri experimentale, cu un număr total de 1760 de minute, reprezentând o medie de 220 de minute pe microciclu, aproximativ 60 de minute pe şedinţă de antrenament.

Antrenamentul ideomotor, bazat pe analiza video a antrenamentelor, a cuprins un număr de 32 de şedinţe de pregătire, abordate pe durata celor 2 mezocicluri experimentale, totalizând un număr de 395 de minute, cu o medie de aproape 50 de minute pe microciclu, aproximativ 12-15 minute pe şedinţă de antrenament.

Pe baza secvenţei de antrenament ideomotor s-a procedat la vizualizarea, explicarea şi corectarea principalelor greşeli tehnice manifestate de subiecţii cercetării în proba de slalom uriaş. Prin intermediul acestui tip de antrenament s-a dorit a se corecta în principal intrarea în viraj, poziţia schiorului, atacul porţii şi ieşirea din viraj, toate aceste elemente contribuind la identificarea trasei ideale a fiecărui subiect implicat în cercetare. Prin vizualizarea şi înţelegerea acestor noţiuni s-a dorit creşterea performanţei subiecţilor cercetării, materializată în corectarea tehnicii specifice probei de slalom uriaş şi obţinerea de timpi superiori la probele de control/competiţie.

Prin programul experimental aplicat s-a încercat combinarea eficientă a dezvoltării principalelor calităţi motrice specifice probei de slalom uriaş cu antrenamentul video (ideomotor) în scopul perfecţionării tehnicii specifice subiecţilor cercetării. În cadrul programului experimental s-a utilizat şi tehnologia informatică reprezentată de utilizarea senzorilor XSensDOT (Movella), prin intermediul căreia s-au măsurat unghiurile membrelor inferioare ale subiecţilor la nivelul articulaţiei genunchiului.

12.2.2. Probe specifice

12.2.2.6. Slalom uriaş

Fiecare sportiv va realiza traseul având montat pe gambă şi pe coapsă un senzor de tip XSensDOT şi sunt filmaţi cu ajutorul unui telefon mobil în vederea introducerii ulterioare a video-ului în aplicaţia OptiPath. Sportivul trebuie să realizeze traseul în cel mai scurt timp. În timpul acestei probe se va analiza pe baza datelor oferite de senzor unghiurile dezvoltate de schior, unghiul genunchiului, iar prin intermediul înregistrării video se va realiza analiza din punct de vedere vizual al parcurgerii traseului. Practic aplicaţia va compara trasa sportivului cu trasa ideală. În urma analizării celor două componente se vor identifica greşelile de execuţie şi se va trece la corecţia lor. Declanşarea cronometrului se realizează la prima mişcare a subiectului. Timpul se va înregistra în secunde şi zecimi de secundă. Fiecare sportiv va avea la dispoziţie două încercări, iar timpul notat va fi cel mai bun timp care a fost realizat de sportiv.

12.2.2.6.1. XSensDOT/ Movella DOT

XSensDOT sau cum a fost redenumit mai recent Movella DOT, este un senzor de mişcare care permite colectarea de date precise şi fiabile, iar un astfel de senzor care măsoară mişcarea este un exemplu de sistem micro-electric-mecanic (MEMS). Cu alte cuvinte, XSensDOT este o unitate de măsură inerţială (IMU) ce constă dintr-un accelerometru pentru a măsura acceleraţia, un giroscop pentru a măsura viteza de rotaţie sau viteza de viraj şi un magnetometru pentru a măsura câmpul magnetic, asemănător cu acul de busolă care indică nordul (Movella Dot, 2022). Fiecare dintre componentele menţionate anterior, colectează propriile date, acestea putând fi utilizate ulterior pentru analiză, iar împreună pot fi folosite cu scopul de a calcula orientarea printr-un proces numit fuziunea senzorilor. Movella a brevetat tehnologia pe bază de senzori, aceasta fiind centrată pe algoritmi de fuziune a senzorilor, ce garantează performanţă în măsurătorile de orientare. Senzorul poate fi folosit în următoarele domenii: sănătate şi reabilitare, sport şi exerciţii fizice, ergonomie.

Trebuie menţionat faptul că senzorii de mişcare necesită calibrări specifice pentru a măsura cu succes mişcarea corpului uman. Sunt folosite mai multe profiluri de fuziune a senzorilor pentru a asigura faptul că mişcările dinamice pot fi urmărite de utilizator.

Capacitatea de a măsura unghiurile articulare ale corpului devine foarte importantă în analiza mişcării umane. Un punct forte al senzorilor furnizaţi de către Movella este capacitatea acestora de a măsura unghiurile articulare în comparaţie cu alte dispozitive portabile ce conţin un singur urmăritor de mişcare.

Tehnologiile de performanţă sportivă dezvoltate de cei de la Movella au contribuit şi uşurat munca mai multor antrenori, a unor echipe de elită, dar şi a unor sportivi internaţionali, toate acestea prin capacitatea senzorilor de a transforma datele colectate în informaţii utile ce ajută la optimizarea sănătăţii şi performanţei sportive (Movella Performance, 2022).

12.2.2.6.2. Aplicaţia OptiPath – contribuţie personală

În cadrul acestui subcapitol voi descrie amănunţit conceperea, proiectarea şi realizarea aplicaţiei OptiPath, care reprezintă aportul personal la realizarea cercetării experimentale finale.

12.2.2.6.2.1. Descrierea aplicaţiei

Titlu: OptiPath

Categorie: Aplicație desktop¹

Pe baza competențelor obținute în urma absolvirii facultății de matematică și informatică, am realizat un experiment inovativ pe care îl vom aplica în testare, vizând trasa ideală.

OptiPath este o aplicație desktop cu un set complet de funcționalități pentru a satisface nevoile utilizatorilor în domeniul schiului alpin. Este proiectată pentru a fi instalată și utilizată pe calculatoare personale, oferind o experiență intuitivă și eficientă. Mai mult, OptiPath vine cu o gamă largă de caracteristici și funcționalități, adaptate nevoilor utilizatorilor din schiul alpin. Este dezvoltată și concepută pentru a pune accent pe performanță, fiabilitate și ușurință în utilizare, oferind o interfață intuitivă și prietenoasă.

Indiferent dacă cel ce folosește noua aplicație este un utilizator individual sau un profesionist din schiul alpin, OptiPath oferă instrumentele și funcționalitățile necesare pentru a putea viziona trasa optimă într-un mod eficient și organizat. Cu ajutorul acestei aplicații se va putea experimenta o productivitate crescută și o gestionare mai bună a antrenamentelor, oferind posibilitatea antrenorilor, dar și schiorilor să se concentreze pe alte aspecte mai importante ale pregătirii.

Această aplicație nou creată oferă un instrument cuprinzător și un mediu confortabil pentru calcularea trasei unui schior și compararea acesteia cu trasa ideală pe care trebuie să schieze acesta.

Design-ul general al aplicației face interacțiunea utilizatorului cu aceasta mai ușoară, oferind facilitarea manipulării convenabile a ferestrelor, ceea ce reprezintă un avantaj pentru a efectua sarcinile dorite.

Instrumentele de dezvoltare folosite pentru a scrie codul sunt de ultimă generație, oferind mai multe avantaje, precum:

- îmbunătățirea performanțelor;
- funcționalitate inovatoare;
- capacitate crescută de a personaliza aplicația în funcție de dorințele utilizatorului.

De asemenea, aplicația oferă o compatibilitate excelentă cu infrastructurile IT existente, precum și flexibilitate imbatabilă și ușurință în utilizare.

¹ O aplicație desktop este un program software conceput să ruleze pe un sistem de operare de computer, cum ar fi Windows, macOS sau Linux, și care este instalat local pe dispozitivul utilizatorului. Aceste aplicații interacționează direct cu resursele hardware ale computerului și pot funcționa fără o conexiune la internet, oferind adesea o experiență mai rapidă și mai eficientă în comparație cu aplicațiile web.

12.2.2.6.2.2. Algoritmul şi modelul matematic folosite în dezvoltarea aplicaţiei

În aplicaţie se încarcă un video cu un sportiv în mişcare, schiind între porţi. În momentul pornirii video-ului, aplicaţia găseşte porţile şi analizează cadru cu cadru trasa pe care o urmează schiorul, iar pe baza poziţiei porţilor şi a coordonatelor acestora, aplicaţia calculează trasa optimă. Aplicaţia face analiza pe baza mişcării schiorului reuşind să capteze pe lângă poziţia porţii şi mişcarea schiorului pentru a analiza trasa.

Odată ce a început să ruleze video-ul, algoritmul ce stă la baza aplicaţiei va începe să urmărească mişcarea schiorului, iar odată cu terminarea acestuia aplicaţia va detecta porţile şi mai apoi trasa pe care a coborât schiorul. Ulterior aplicaţia marchează cu o linie trasa pe care a coborât schiorul. Dar pentru a afişa comparaţia între cele două trase, trasa ideală şi cea a schiorului, trebuie încărcate coordonatele porţilor. Doar după ce coordonatele au fost încărcate aplicaţia va putea afişa comparaţia între cele două trase.

OptiPath a fost dezvoltată folosind limbajul de programare numit Python. Cu ajutorul librărilor² pe care le pune la dispoziţie acest limbaj de programare s-au putut detecta porţile, modelul detectând poarta cu ajutorul algoritmilor puşi la dispoziţie de Python. Mai mult, structura de detectare a porţii este bazată pe modelul de detectare al obiectelor, iar cu ajutorul procesării de imagine, aplicaţia detectează poarta. Odată ce poarta a fost detectată, aplicaţia transmite informaţia mai departe către backend, unde este salvată poarta detectată. În continuare, OptiPath începe procesarea pentru detectarea mişcării schiorului, pentru această operaţie folosindu-se algoritmi de procesare de imagine şi machine learning (învăţare automată). Acestea detectează mişcarea, iar pe baza acestei detecţii se calculează şi se trasează trasa schiorului din videoclip. În plus, aplicaţia foloseşte şi modele bazate pe inteligenţa artificială, care împreună cu coordonatele porţilor şi cu trasa schiorului, desenează cele două trase. Atunci când schiorul se mişcă întră în acţiune modelele bazate pe inteligenţa artificială, care împreună cu modelele de machine learning şi procesarea de imagine, detectează mişcarea din video şi capturează mişcarea. Trebuie menţionat faptul că modelul IA păstrează informaţiile traseului schiorului, iar apoi este folosit un model matematic pentru a face comparaţia între cele două trase. Modelul de inteligenţă artificială folosit, face referire la serverul de personalizare pe care îl rulează inteligenţa artificială şi backend-ul.

Pentru ca aplicaţia să găsească atât trasa optimă cât şi pe cea a schiorului, este nevoie de coordonatele porţilor, deoarece aplicaţia se bazează pe acestea pentru a calcula trasele. Coordonatele sunt încărcate de către utilizator în aplicaţie, iar pe baza acestora OptiPath desenează trasa optimă, ca mai apoi să facă comparaţie între trasa optimă şi cea a schiorului.

² O librărie, în orice limbaj de programare este un ansamblu de funcţii şi metode pregătite pentru a realiza anumite sarcini, fără a fi nevoie să se scrie codul de la zero. Librăriile sunt concepute pentru a economisi timp şi a simplifica procesul de programare, permiţând reutilizarea codului deja scris şi verificat.

În concluzie, limbajul de programare Python este folosit pentru detectarea porţilor, machine learning este folosită pentru a detecta trasa schiorului, iar inteligenţa artificială este folosită pentru a determina trasa ideală pe baza coordonatelor porţilor.

Pentru ca această aplicaţie să poată să fie dezvoltată a fost nevoie de un model matematic pe baza căruia să se calculeze trasa ideală şi în acest fel să se poată realiza comparaţia între trasa schiorului şi trasa ideală.

Pentru a determina modelul matematic ce trebuie utilizat în aplicaţie este nevoie să se înţeleagă cum funcţionează virajul perfect şi care sunt paşii necesari în efectuarea acestuia:

1. **începutul virajului** – aceasta fiind prima fază a virajului, schiul interior începe să preia forţa schiorului.
2. **apex-ul curbei** – şoldurile sunt ușor rotite şi lăsate spre zăpadă până la o ușoară contrarotaţie, în funcţie de flexibilitatea schiorului pentru construirea forţei centrifuge. În această fază schiul este descărcat complet, schiul exterior captează 90% din greutatea schiorului. Într-un viraj ideal zăpada care rămâne în urma este minimă.
3. **sfârşitul virajului** – în ultima parte a virajului, energia atinge apogeul, fiind eliberată şi direcţionată către următorul viraj.

Ecuatia virajului ideal a fost deja studiată şi analizată de către alţi cercetători, ceea ce a dus la o implementare, la o definire a trasei ideale mult mai ușoară având la dispoziţie această ecuaţie.

Ecuatiile ce urmează determină arcul unui viraj şi mişcarea schiorului de-a lungul arcului. Principalul aspect ce a fost îmbunătăţit odată cu lucrarea lui Jeukendrup şi Fahrbach "Physics of Skiing: The ideal-CARVing equation and its applications" a fost faptul că nu există diferenţierea între finalul unui viraj şi începutul altuia, nou. De asemenea, în cursele de slalom şi slalom uriaş radiusul virajului este mai mic decât tăietura radiusului schiului. Lucrarea menţionată mai sus nu este singura în care se prezintă o ecuaţie a trasei ideale, dar ecuaţia din această lucrare este cea mai bună şi ușor de implementat într-o aplicaţie (Jentschura & Fahrbach, 2004).

Pe baza acestor ecuaţii se poate afla ecuaţia trasei optime, care este:

$$\sqrt{\frac{R_{SC}^2}{R^2} - 1} = \frac{v^2}{gR\cos\alpha} - \tan\alpha \cos\beta$$

Având în vedere ecuaţia trasei optime, variabilele acestei ecuaţii sunt viteza v a schiorului, unghiul β al traiectoriei schiorului cu orizontala şi radiusul R al traiectoriei schiorului. Iar parametrii ecuaţiei pentru trasa optimă sunt înclinaţia pârtiei α , acceleraţia gravitaţională g , tăietura radiusului schiului R_{SC} . Mai mult, ecuaţia trasei optime defineşte şi o funcţie pentru trasa optimă, iar aceasta este conform lui Jentschura şi lui Fahrbach

$$f(v, R, \beta) = \frac{v^2}{gR\cos\alpha} - \tan\alpha \cos\beta - \sqrt{\frac{R_{SC}^2}{R^2} - 1}$$

12.3. Metoda video

Prin metoda analizei video folosită în timpul antrenamentelor antrenorii au posibilitatea vizualizării cadru cu cadru a antrenamentului efectuat de către sportiv, de asemenea oferindu-se posibilitatea analizei slow-motion sau accelerate a antrenamentului (Lees, 2002).

Evoluția tehnologiei a permis și cercetătorilor din domeniul sportului prelucrarea ultrarapidă a informațiilor sub diferite aspecte ale lor. Această evoluție se poate traduce în următorul mod: se pleacă de la "traducerea analogică" a datelor, urmată de convertirea caracteristicilor în semnale digitale, care sunt supuse ulterior analizei pe calculator (Bartlett, 2007). În plus, un avantaj pentru cercetători l-a constituit apariția și îmbunătățirea permanentă a resurselor tehnologice, precum reducerea dimensiunii senzorilor, dar și a instalațiilor construite, astfel încât acestea au ajuns să fie foarte mici pentru a fi utilizate în orice condiții, dar și transportabile în locuri greu accesibile.

În epoca modernă cele mai importante componente de bază ale studiului mișcărilor sunt:

- senzorii;
- calculatorul;
- un sistem software/un proiect de cercetare.

12.4. Metoda matematico-statistică

Metoda statistico-matematică este o abordare științifică ce combină tehnici matematice și statistice pentru a analiza date și a rezolva probleme complexe. Aceasta implică colectarea datelor relevante prin diverse mijloace, organizarea și prezentarea acestora într-o formă ușor de analizat, precum tabele sau grafice.

În cadrul metodei statistico-matematice am realizat statistica descriptivă pentru calcularea următorilor indicatori statistici: media aritmetică, deviația standard și coeficientul de variabilitate

Pe lângă statistica descriptivă am folosit și următoarele teste statistice: mărimea efectului (Cohen'd), testul t între două seturi de date dependente, valoarea t și mărimea efectului.

Capitolul 13 Rezultatele cercetării finale şi interpretarea acestora

Studiul final a cuprins 5 probe de control fără utilizarea tehnologiei moderne şi o probă de slalom uriaş ce a înglobat mai multe elemente şi anume: utilizarea senzorilor XSensDOT, metoda analizei video şi folosirea aplicaţiei OptiPath, toate aceste teste fiind aplicate subiecţilor supuşi testării. Probele specifice se împart în: alergare şerpuită printre fanioane, menţinerea poziţiei specifice pe placa de echilibru, slalom pe uscat, sărituri laterale, menţinerea echilibrului pe mingea Bossu cu deplasarea greutăţii.

13.6. Slalom uriaş

Aplicaţia dezvoltată pentru a îmbunătăţi performanţele schiorilor trebuie să respecte următoarele principii (aspecte):

- să fie uşor de folosit de persoanele implicate în antrenamentele schiorilor;
- să nu solicite pentru colectarea informaţiilor necesare funcţionării paşi mulţi şi cu timpi lungi, înainte de începerea antrenamentelor;
- să se poată folosi pe orice pârtie sau loc de antrenament;
- dispozitivele necesare pentru ca aplicaţia să poată funcţiona să fie unele comune şi la îndemâna personalului tehnic;
- erorile generate prin prelucrarea informaţiilor de intrare să nu denatureze evenimentele desfăşurate în realitate.

Considerând că în schiul alpin probele tehnice au nevoie de un număr de 40-50 porţi (fanioane) în funcţie de tipul probei (slalom uriaş sau slalom special), stabilirea coordonatelor GPS ale fiecărui fanion prin folosirea staţiilor topografice ar necesita un timp foarte îndelungat, care nu este disponibil înainte de probă. De asemenea, pârtiile pe care se desfăşoară competiţiile nu sunt cartografiate, motiv pentru care cei interesaţi sau publicul larg nu au acces la anumite date tehnice referitoare la suprafaţa pe care se desfăşoară competiţia. Coordonatele GPS furnizate de un telefon mobil nu sunt la fel de precise ca cele furnizate de o staţie topografică.

În imaginile generate de aplicaţia dezvoltată (vezi Fig. 55) se poate observa că modul de dispunere al fanioanelor (montajul lor) nu este asemănător, constatându-se că cele două trasee sunt diferite. Acest aspect se datorează faptului că dispunerea fanioanelor a fost efectuată după mai multe scheme de dispunere a fanioanelor, cu scopul de a verifica modul în care aplicaţia generează trasele analizate şi dacă acestea sunt în concordanţă cu modul de dispunere a fanioanelor pe pârtie. Mai mult, privind figura 55 se vede că în anumite locuri nu este o diferenţă clară între trasa reală a schiorului şi cea ideală. Pentru a rezolva acest aspect s-au făcut treceri la distanţe clar stabilite faţă de fanioanele montate pentru traseu. Distanţele alese au fost de 0,5 m, 1 m, 1,5 m şi 2 m. Pe zăpadă

s-au marcat respectivele distanţe iar schiorul a trecut la distanţa respectivă de fiecare fanion. În figura 55 trasa pentru 2 m a fost obţinută prin deplasarea schiorului la o distanţă de 2 m de fiecare fanion al traseului (urma schiurilor a fost la o distanţă de 2 m). Pentru trasa de 0,5 m schiorul a trecut de fiecare fanion la o distanţă de 0,5 m. În cazul distanţei de 0,5 m, diferenţa dintre cele două trase este mult estompată.

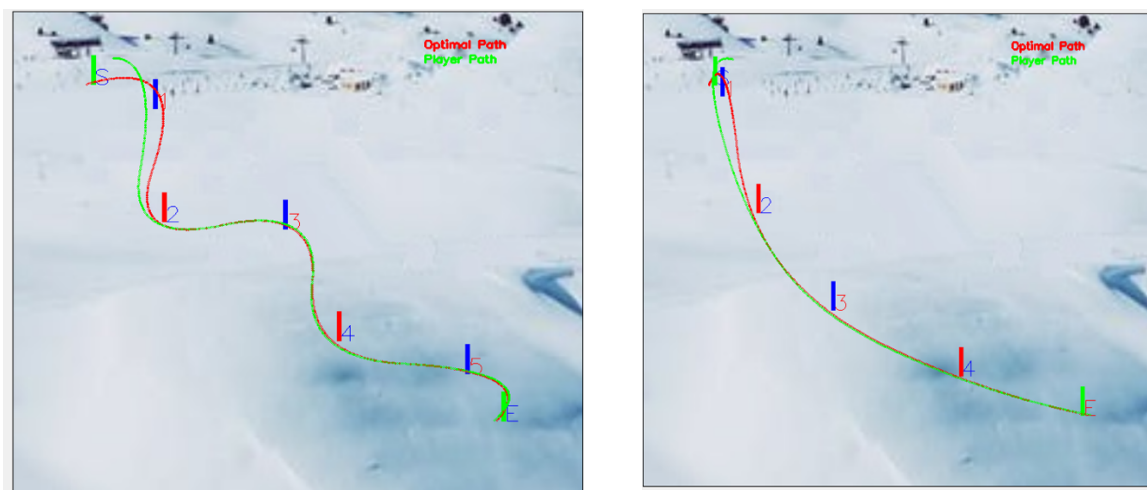


Fig. 55 Trasa ideală şi reală a schiorului pentru 2 m (stânga) şi 0,5 m (dreapta)

Se cunoaşte din geometrie faptul că drumul cel mai scurt dintre 2 puncte este linia dreaptă. Drept consecinţă, schiorul pentru a termina traseul cu cel mai mic timp ar trebui să se deplaseze printre jaloane în linie dreaptă şi cât mai aproape de acestea. Orice îndepărtare de acest traseu considerat ideal va mări distanţa parcursă de acesta şi implicit timpul realizat. Un alt aspect important este că apropierea de trasa ideală (corectarea traiectoriei) trebuie să se facă fără schimbări bruşte ale traiectoriei care ar însemna o diminuare a vitezei schiorului. În figura 61 se prezintă modul în care rezultatele furnizate de aplicaţie sunt folosite în analiza performanţelor schiorului. Cunoscând pentru fiecare jalon din traseu distanţa dintre acesta şi schior, se poate calcula plusul de distanţă parcurs de schior. Procedând în mod asemănător pentru fiecare jalon se determină traseul în plus parcurs de schior, deci practic pierderea de timp ce se înregistrează de sportiv. Mai mult, sunt identificate locurile în care schiorul trece la distanţă mare de jalon. De asemenea, se poate face o comparaţie între modul în care schiorii parcurg aceeaşi probă.

$$t_{ji} = 2 \pi r_i \alpha_i / 360 = \pi r_i \alpha_i / 180 \quad (4)$$

unde:

t_{ji} – plusul de traseu pentru fanionul i ;

r_i – raza trasei pentru fanionul i ;

α_i – unghiul arcului de cerc parcurs de schior la jalonul i .

În mod asemănător cu cel descris pentru stabilirea distanţei faţă de jalon, se poate proceda şi pentru deplasarea schiorului pe întregul traseu, adică şi în spaţiul dintre jaloane, unde traiectoria este constituită de regulă dintr-o linie dreaptă şi arce de cerc (sau arc de cerc) în funcţie de configuraţia dispunerii jaloanelor. Raza arcului de cerc şi unghiul acestuia pot fi determinate prin măsurări efectuate pe imagine, iar cu relaţia (4) se poate calcula plusul de traseu ce poate fi alocat schiorului.

Relaţia (2) furnizează o legătură biunivocă³ între distanţa reală faţă de fanionul la care trece schiorul şi cea indicată de aplicaţie. Deci, pe baza traseului desenat de aplicaţie pentru parcursul schiorului şi prin măsurarea distanţei faţă de fanion a traseului se poate stabili la ce distanţă de fanion a trecut schiorul.

În cazul unor schiori diferenţele între cele două trasee sunt mai mari deci, diferenţa de parcurs dintre trasee este mare, adică schiorul a parcurs un traseu mai lung decât cel ideal dar şi în comparaţie cu cel avut de alţi schiori, totuşi el a înregistrat unul din timpii cei mai buni ai traseului.

Dintre sportivii care au participat la testarea aplicaţiei OptiPath au fost selecţionaţi cei care au obţinut primii 7 timpi. Pe respectivi sportivi au fost instalaţi senzorii purtabili (XSensDOT) care permit monitorizarea mişcărilor segmentelor de corp pe care aceştia sunt dispuşi. Subiecţii participanţi la testare au avut montaţi pe fiecare picior câte doi senzori, unul pe coapsă şi unul pe gambă. Senzorii au fost folosiţi pentru a putea determina unghiul de înclinare al fiecărui sportiv în dreptul fiecărei porţi. Unghiul dezvoltat de sportiv este condiţionat şi de nivelul de înclinare al pârtiei, dar şi de flexul clăparilor cu care acesta schiază. S-a dorit ca prin folosirea senzorilor XSensDOT, alături de celelalte tehnologii dezvoltate să se determine factorii ce sunt importanţi în performanţele din schiul alpin şi cum pot fi acestea îmbunătăţite. Fiecare dintre cei patru senzori folosiţi generează un set de date ce trebuie interpretate pentru a afla unghiul dezvoltat de sportiv la fiecare poartă. În figura 62 se prezintă modul de dispunere al senzorului pe membrul inferior, dar mai ales care este orientarea sistemului de coordonate al senzorului în raport cu direcţia de deplasare a schiorului.

³ O legătură biunivocă este corespondenţa între elementele a două mulţimi, dată de o funcţie bijectivă, iar o funcţie $f: A \rightarrow B$ se numeşte funcţie bijectivă dacă este atât injectivă cât şi surjectivă. Altfel spus funcţia $f: A \rightarrow B$ este funcţie bijectivă $\Leftrightarrow \forall y \in B, \exists! x \in A$ astfel încât $f(x) = y$. Simbolul $\exists!$ înseamnă "există în mod unic".

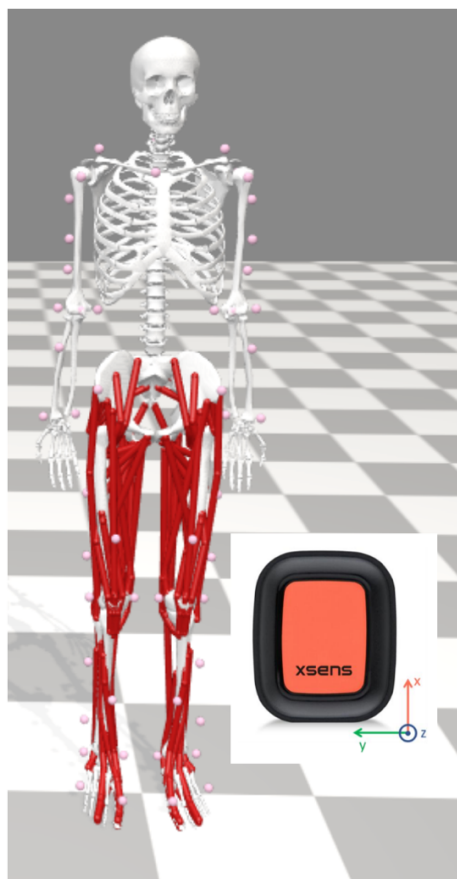


Fig. 62 Dispunerea senzorului pe segmentul membrului inferior

Analiza următoarelor grafice permite să se înțeleagă modul în care sportivul schiază. Trebuie menționat faptul că senzorii au fost configurați să colecteze datele la intervale de 0,01667 secunde (adică să colecteze 60 de valori într-o secundă). Cantitatea de date colectate este considerabilă și arată că orice mică mișcare a segmentului pe care se dispune acesta, va fi înregistrată. O primă analiză s-a făcut prin măsurarea unghiului genunchiului. Studiul arată că pentru sportivii analizați unghiul genunchiului este unul mic în comparație cu valoarea optimă recomandată. Valorile cele mai mari înregistrate sunt puțin peste 60 de grade, indiferent dacă ne referim la piciorul stâng sau cel drept.

Schiorii profesioniști au pentru respectivul unghi valori mult mai mari (peste 110 grade), această valoare depinzând de poziția piciorului în viraj, adică în interiorul sau exteriorul virajului. Unghiul mic pentru genunchi arată că schiorul are o poziție înaltă în timp ce execută virajele din dreptul fanioanelor. Poziția înaltă înseamnă că centrul lui de greutate este dispus relativ sus, această poziție arată că instabilitatea în viraje este mare și că balansul generat la fiecare viraj este unul redus. Pentru a verifica această ipoteză s-au colectat și accelerațiile respectivelor segmente de membru (picior superior și inferior). Evoluția accelerației minime, maxime și medii pe cele trei direcții (X, Y și Z) este prezentată în figurile 65, 66 și 67.

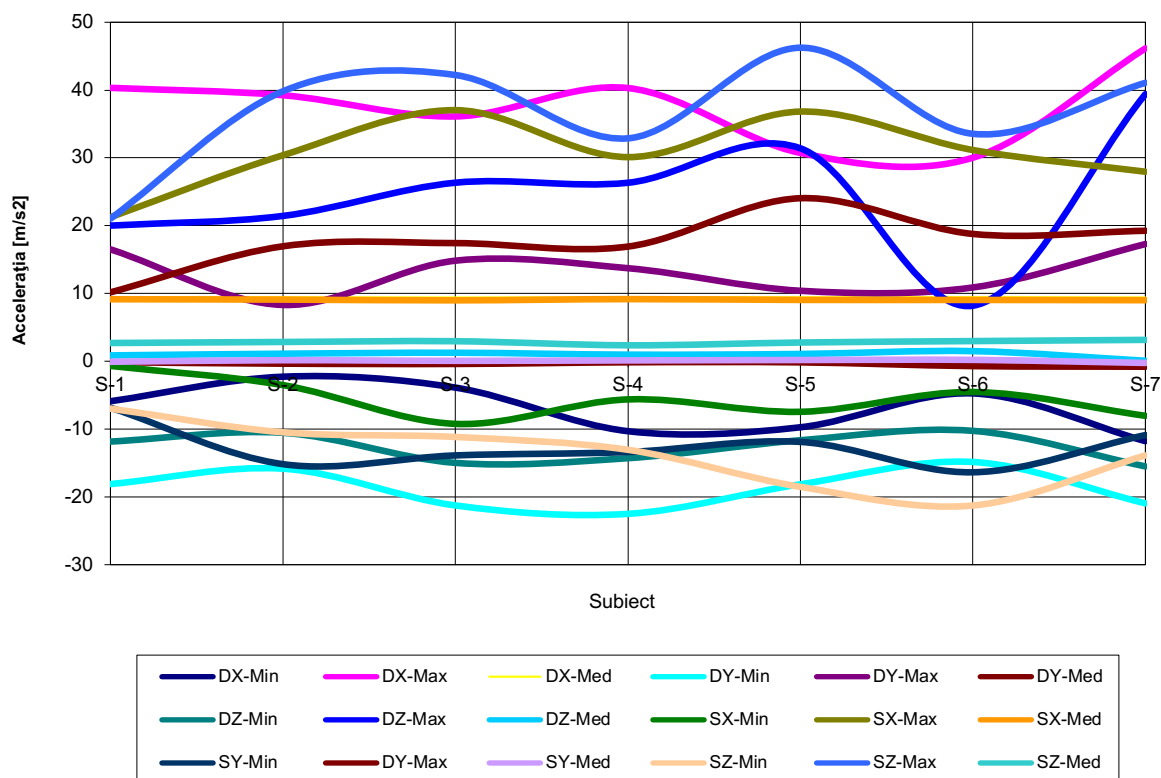


Fig. 65 Evoluția accelerațiilor schiorilor pentru ambele membre inferioare
(direcția X, Y și Z; accelerația minimă, maximă și medie)

Analiza figurilor arată că dintre sportivii studiați sunt unii care în timpul manșei pot genera prin mișcarea membrelor inferioare la trecerea printre fanioane o creștere a accelerației care la rândul ei va crește viteza de deplasare. Direcția importantă pentru timpul stabilit în manșă este în acest caz direcția Z, adică direcția de înaintare și depinde de modul de așezare a senzorului pe respectivul segment de corp (vezi Fig. 62). Accelerațiile pe direcția X arată cât de repede schiorul își mișcă corpul și implicit membrele inferioare pe direcție verticală. Această accelerație este în strânsă corelație cu mișcarea pe direcția Z. În schimb, accelerația pe direcția Y (accelerația laterală) arată ce se întâmplă în virajele prin care schiorul trece. De obicei, dar aceasta nu este o regulă, accelerațiile mari pe direcția Y arată că schiorul face corecții de traiectorie în timpul deplasării. Consecința este că în astfel de situații schiorul va pierde timp. Studiul figurilor 66 și 67 arată că timpul cel mai mic obținut în parcurgerea probei a fost pentru schiorul care a generat cele mai mari accelerații pe direcția X și Z (X-Max și Z-Med). Studiind cu atenție figurile menționate se observă că și alți sportivi au înregistrat valori ridicate pentru accelerațiile pe direcția X și Z dar timpul lor nu este mic. Pentru acești sportivi trebuie să ne uităm și la valoarea accelerației pe direcția Y. Pentru respectivii schiori se constată că valorile accelerației pe direcția Y sunt ridicate, deci schiorul face corecții agresive ale trasei pe care evoluează.

Capitolul 14 Concluzii finale şi elemente de originalitate desprinse din cercetarea finală

14.1. Concluzii

Optimizarea procesului de antrenament în schiul alpin, presupune o analiză obiectivă a aspectelor teoretice, dar şi a celor practico-metodice implicate în creşterea performanţelor, mai cu seamă a influenţei pe care o parte dintre aceste aspecte o exercită la nivelul cadrului general de pregătire.

Elaborarea, dezvoltarea şi validarea procedurilor privind utilizarea senzorilor XSensDOT, în schiul alpin constituie fundamente pentru îmbunătăţirea şi modernizarea antrenamentelor prin valorificarea potenţialului noilor tehnologii, demonstrând că aceste posibilităţi sunt reale dacă pornesc din etapa iniţială a antrenamentelor.

Dezvoltarea aplicaţiei OptiPath prin intermediul căreia s-a evaluat trasa schiorului în timpul manşelor de slalom uriaş, a putut evidenţia două trase, o trasă ideală şi încă o trasă, trasa reală a schiorului. Compararea celor două trase conduce la diferenţe între timpi înregistraţi de sportivi.

Prezenta cercetare arată faptul că atunci când cele două trase sunt apropiate, timpul câştigat de sportiv prin scurtarea traseului, scade semnificativ. Dezvoltarea aplicaţiei OptiPath a fost făcută pe baza următorilor piloni:

- **eficienţa** cu referire directă la posibilitatea de a trage concluzii prin intermediul cărora se poate optimiza performanţa schiorilor alpini cu vârsta de 14-16 ani;
- **uşurinţa** reprezintă posibilitatea inclusiv a fiecărei persoane ce nu are o pregătire tehnică specifică şi laborioasă să poate să folosească aplicaţia într-un mod cât mai simplu;
- **accesibilitatea** cu trimitere directă la faptul că instrumentele necesare pentru a folosi OptiPath sunt o simplă cameră de filmat, putând fi folosită camera telefonului mobil pentru a filma antrenamentele, un telefon mobil inteligent pentru a determina coordonatele şi un PC (laptop sau desktop) pentru analiza antrenamentului;
- **utilitate** reprezentată de nivelul profesionist prin care aplicaţia poate fi folosită de sportivilor de performanţă.

Unul dintre aspectele foarte interesante ale cercetărilor noastre este reprezentat de faptul că sportivul cu timpul cel mai bun, nu a parcurs şi cea mai scurtă distanţă, ceea ce semnifică faptul că sportivul ce a parcurs distanţa cea mai scurtă nu generează şi viteza cea mai mare pe traseu, motivul fiind reprezentat de balansul insuficient în timpul parcurgerii traseului.

Caracteristicile fiecărui sportiv, înţelese şi ca particularităţi individuale sunt determinante pentru parcurgerea celei mai scurte distanţe, precum şi pentru identificarea principalelor diferenţe care conduc la obţinerea unui timp mai bun.

Din aceste motive, considerăm că se impune o cercetare care să analizeze percepțiile sportivilor privind folosirea tehnologiilor moderne. O altă investigație ar putea fi centrată pe așteptările acestora privind efectele instrumentului precizat/utilizat.

Este important de menționat faptul că softul creat – aplicația OptiPath, cât și senzorii folosiți – XSensDOT/Movella, contribuie la identificarea trasei ideale, reușind să conștientizeze sportivii atât asupra principalelor greșeli de tehnică efectuate, cât și a metodologiei de corecție a acestora.

Cercetarea contribuie la înțelegerea importanței utilizării tehnologiei moderne informatice în antrenamentul sportiv al schiorilor alpini atât la nivelul sportivilor cât și al specialiștilor/antrenorilor.

Sistemul de evaluare utilizat în cercetare, reprezentat de probele de control folosite și-a dovedit eficiența prin intermediul valorilor înregistrate la fiecare dintre probe. Programul experimental utilizat în cercetare, reprezentat de mijloacele și metodele utilizate în partea experimentală, a condus la îndeplinirea obiectivului principal al cercetării, reprezentat de îmbunătățirea performanțelor în schiul alpin prin simulare și analiză video a antrenamentelor. Diferențele semnificative înregistrate de către subiecți la testările finale reprezintă încă un argument pentru demersul organizatoric experimental și pentru validarea rezultatelor acestei cercetări.

Prin utilizarea în cadrul cercetării experimentale finale a secvenței de antrenament ideomotor s-au obținut diferențe semnificative la probele de control în cadrul testării finale, ceea ce validează demersul metodologic experimental utilizat.

Programul experimental de pregătire utilizat în cadrul cercetării finale a avut ca rezultat îmbunătățirea performanțelor schiorilor alpini cu vârsta de 14-16 ani, confirmând ipotezele cercetării.

Concluzie finală: cercetarea experimentală efectuată, cuantificată în rezultatele obținute la probele de control, utilizarea tehnologiilor informatice în antrenamentele schiorilor alpini cu vârsta de 14-16 ani precum și aplicarea noilor tehnologii/instrumente create, ne îndreptățesc să afirmăm că ipotezele cercetării finale au fost confirmate în totalitate, ceea ce conferă atât veridicitate cât și inovativitate și autenticitate demersului de cercetare propus.

14.2. Elemente de originalitate și inovație desprinse din cercetarea finală

În contextul actual al erei digitale, domeniul antrenamentului sportiv este pe cale să treacă printr-o transformare profundă, cu implicații semnificative pentru sportivi. Această schimbare iminentă m-a inspirat să dezvolt o aplicație inovatoare menită să îmbunătățească performanțele sportivilor prin monitorizarea video a sesiunilor de antrenament. Aplicarea tehnologiilor avansate în supravegherea și analiza antrenamentelor oferă posibilitatea de a obține feedback precis și imediat, facilitând astfel ajustarea și optimizarea tehnicilor de antrenament pentru a maximiza performanța sportivilor.

Interdisciplinaritatea cercetării este reprezentată și de realizarea în premieră în țara noastră unor ecuații matematice (ecuații de regresie liniară multiplă) destinate calculării timpilor cei mai buni pe care ar putea să îi obțină subiecții schiori alpini, pe baza celor 4 parametri și ai celor 11 subparametri identificați de aplicația CARV ca fiind de maximă importanță în schiul alpin.

În acest context, consider că utilizarea în antrenamente a aplicației OptiPath, este o oportunitate atât pentru antrenorii cât și pentru sportivi, deoarece prin intermediul acesteia performanțele pot fi îmbunătățite. Mai mult, consider că aceste metode moderne de antrenament, vor avea succesul scontat, iar găsirea echilibrului potrivit între antrenamentele clasice și cele care vor folosi această metodă, rămâne o provocare continuă.

Aplicația OptiPath reprezintă o noutate absolută în schiul alpin. Inovativitatea constă în faptul că până în prezent, nu există o aplicație care să fie concepută pentru compararea trasei ideale cu trasa reală. OptiPath conține atât elemente consacrate din domeniu cât și aspecte noi, sau asimilate din domenii conexe care să conducă la îndeplinirea în totalitate a obiectivelor propuse inițial.

Un alt element de inovativitate este reprezentat de modelul matematic conceput, ce permite anticiparea performanțelor sportivului atunci când acesta atinge valorile propuse.

Originalitatea tezei de doctorat constă în abordarea inovatoare a antrenamentului sportiv prin utilizarea tehnologiei moderne, o metodă puțin explorată până în prezent. Conform cercetărilor realizate și analizei literaturii de specialitate, utilizarea senzorilor purtabili în timpul sesiunilor de antrenament se află într-un stadiu incipient și este insuficient studiată și valorificată. În plus, aplicația dezvoltată, OptiPath, reprezintă o premieră în România, oferind un element de noutate semnificativ în domeniul antrenamentului sportiv. Prin intermediul OptiPath, atât antrenorii, cât și sportivii pot identifica erorile comise în timpul unei manșe de schi, ceea ce permite o analiză detaliată a performanței. Mai mult, integrarea acestor tehnologii oferă sportivilor și antrenorilor informații precise despre greșelile care duc la pierderi de timp în timpul competițiilor și propune soluții concrete pentru îmbunătățirea performanțelor. Această combinație tehnologică avansată facilitează un feedback imediat și eficient, contribuind astfel la optimizarea procesului de antrenament și la atingerea unui nivel superior de performanță sportivă.

Mai mult, originalitatea constă în abordarea inovatoare prin folosirea în timpul antrenamentelor a senzorilor CARV și XSensDOT. Prin folosirea senzorilor menționați anterior și pe baza datelor oferite de către aceștia s-au putut determina factorii ce sunt importanți în performanța din schiul alpin, precum și îmbunătățirea lor.

Capitolul 15 Diseminarea rezultatelor şi limitele cercetării

15.1. Diseminarea rezultatelor cercetării

Diseminarea rezultatelor demersului ştiinţific s-a realizat prin participarea la diverse manifestări ştiinţifice materializată prin publicarea articolelor în diferite reviste:

1. **Cătană (Brus), D.I.**, Enoiu, R.S., Aspects of psychological training in alpine skiing at the age of 14-16, Scientific Bulletin of naval Academy, Vol. 23, 2020
2. Enoiu, R.S., **Brus, D.I.**, Mîndrescu, V., New Technology in Education on Performance Analysis. Wearable Sensors Utility on Alpine Skiing, Revista Românească pentru Educaţie Multidimensională, 2023, Vol. 15

De asemenea, am avut oportunitatea de a participa la sesiunile ştiinţifice dedicate studenţilor doctoranzi, precum:

1. **Cătană, D.I.**, Enoiu, R.S., Research on improving performance in alpine skiing through simulation and video analysis of training, Scientific conference of doctoral schools, The Ninth Edition, Galaţi, 10th-11th of June 2021
2. **Cătană, D.I.**, Enoiu, R.S., Performance improvment research in alpine skiing through simulation and video analysis of training, 2024 Doctoral Conference, Braşov, 26-27 June 2024

15.2. Limitele cercetării

În ceea ce priveşte limitele cercetării, se poate menţiona că numărul relativ redus de subiecţi participanţi, cât şi vârsta acestora, nu permite generalizarea concluziilor obţinute la toate eşantioanele de vârstă specifice performanţei în schiul alpin. În consecinţă, putem doar să recomandăm utilizarea senzorilor purtabili precum şi a aplicaţiei OptiPath, pe care am elaborat-o şi care reprezintă o noutate absolută, în timpul antrenamentelor, fără a extinde aceste recomandări la o populaţie mai largă (şi fără studii suplimentare).

Rezumat

La începutul secolului XXI, schiul alpin a cunoscut progrese semnificative în tehnicile de antrenament și în dezvoltarea echipamentului, ceea ce a dus la îmbunătățirea performanțelor schiorilor. Teza de doctorat propune analiza aplicării tehnicilor moderne de antrenament, cum ar fi utilizarea video-urilor și senzorilor purtabili, pentru a optimiza pregătirea și performanțele schiorilor. O componentă centrală este dezvoltarea unei aplicații software care compară trasele ideale cu cele reale parcurse de schiori, iar utilizarea senzorilor permite monitorizarea și corectarea tehnicii în timp real. Teza adresează importanța pregătirii tehnice și fizice în obținerea unor rezultate competitive, atât pe plan național, cât și internațional, și contribuie la integrarea tehnologiilor moderne în procesul de antrenament pentru îmbunătățirea performanțelor schiorilor.

Optimizarea antrenamentului în schiul alpin necesită o abordare detaliată care combină analiza teoretică cu metode practice. Studiul a evidențiat îmbunătățiri semnificative în performanțele sportivilor, în special în probele de agilitate, echilibru și coordonare. Adaptarea antrenamentelor la noile tehnologii a fost un element important în procesul de optimizare a performanței.

Un aspect relevant al cercetării a fost utilizarea aplicației OptiPath pentru analizarea traseului schiorilor în timpul slalomului uriaș. Aceasta a permis compararea traseului ideal cu traseul real, evidențiind diferențele care influențează timpul final. Analiza a arătat că performanța unui sportiv nu este determinată doar de distanța parcursă, ci și de tehnica și echilibrul menținut pe traseu. Această metodă de analiză oferă sportivilor informații valoroase pentru ajustarea și îmbunătățirea execuției lor în competiții.

Implementarea unor tehnici moderne de pregătire a inclus utilizarea senzorilor pentru monitorizarea mișcărilor sportivilor și analiza detaliată a antrenamentelor. Aceste metode au oferit date precise despre execuția fiecărei probe, contribuind la ajustarea strategiilor de antrenament. Studiul a evidențiat importanța adaptării metodelor de pregătire la cerințele actuale ale sportului de performanță, utilizând tehnologii care permit o evaluare mai detaliată și obiectivă a progresului sportivilor.

Bibliografie

1. Balint, Gh., Bazele teoretice şi metodice ale predării schiului, Editura Tehnopress, Iaşi, 2005
2. Balint, Gh., Gaspar, P., Antrenamnetul specific pentru pregătirea fizică pe uscat a schiorilor alpini, Editura PIM, Iaşi, 2008
3. Bompă, T., Buzzichelli, C., Periodizarea. Teoria şi metodică antrenamentului, Editura Lifestyle Publishing, Bucureşti, 2021
4. Enoiu, R. S., Bazele generale ale antrenamentului sportiv. Generalităţi, Editura Universităţii Transilvania din Braşov, Braşov, 2015
5. Enoiu, R.S., Proiectare şi planificare în antrenamentul sportiv. Editura Universităţii Transilvania, Braşov, 2015
6. Enoiu, R.S., Brus, D.I., Mîndrescu, V., New Technology in Education on Performance Analysis. Wearable Sensors Utility on Alpine Skiing, Revista Românească pentru Educaţie Multidimensională, 2023, Vol. 15
7. Epuran, M., Metodologia cercetării activităţilor corporale, Editura Fest, Bucureşti, 2005
8. Epuran, M., Motricitate şi psihism în activităţile corporale vol.1, Editura Fest, Bucureşti, 2011
9. Epuran, M., Holdevici, I., Toniţa, F., Psihologia sportului de performanţă. Teorie şi practică, Editura Trei, Bucureşti, 2022
10. Fleancu, J.L., Statistica în educaţie fizică şi sport, Editura Universitaria, Craiova, 2007
11. Frederiksen, C., Drobinc, M., Measuring and Monitoring Athletic Performance, 01.09.2023, <https://dewesoft.com/blog/measuring-and-monitoring-athletic-performance>
12. Gagea, A., Tratat de cercetare ştiinţifică în educaţie fizică şi sport, Editura Discobolul, Bucureşti, 2010
13. Gilgien, M., Crivelli, P., Spörri, J., Kröll, J., Müller, E., Characterization of Course and Terrain and Their Effect on Skier Speed in World Cup Alpine Ski Racing, PLOS ONE, 2015, Vol. 10
14. Ifrim, M., Antropologie motrică, Editura Ştiinţifică şi enciclopedică, Bucureşti, 1986
15. Jeukendrup, A., Gleeson, M., Sport Nutrition: An Introduction to Energy Production and Performance, Editura Human Kinetics, Champaign, 2009
16. Joyce, D., Lewindon, D., High-Performance Training for Sports, Editura Human Kinetics, Champaign, 2021
17. LeMaster, R., The Skier's Edge, Editura Human Kinetics, Champaign, 1998
18. LeMaster, R., Schi la superlativ: cum să stăpâneşti cele mai bune tehnici de schi, Editura Pilot Books, Bucureşti, 2020

19. Müller, E., Kröll, J., Lindinger, S., Pfusterschmied, J., Stöggl, T., Science and Skiing VI, Editura Meyer and Mayer Sport, 2015
20. O'Donoghue, P., An Introduction to Performance Analysis of Sport, Editura Routledge, New York, 2015
21. Reid, R.C., Haugen, P., Gilgien, M., Kipp, R.W., Smith, G.A., Alpine Ski Motion Characteristics in Slalom, Frontiers in Sports and Active Living, 2020
22. Roşu, D., Metodica disciplinelor montane, Editura Universitaria, Craiova, 2007
23. Ruiz-García, I., Navarro-Marchal, I., Ocaña-Wilhelmi, J., Palma, A.J., Gómez-López, P.J., CARVajal, M.A., Development and Evaluation of a Low-Drift Inertial Sensor-Based System for Analysis of Alpine Skiing Performance, Sensors, 2021
24. Sundström, D., Carlsson, P., Ståhl, F., Tinnsten, S., Numerical optimization of pacing strategy in cross-country skiing, Medical and bioengineering applications, 2012, Vol. 48
25. Supej, M., Holmberg, H.C., Recent Kinematic and Kinetic Advances in Olympic Alpine Skiing: Pyeongchang and Beyond, Frontiers Psysio-logging, 2019, Vol.10
26. Turnbull J.R., Kilding A.E., Keogh J.W., Physiology of alpine skiing, candinavian journal of medicine & science in sports, 2009, Vol. 2
27. Wu, E., Nozawa, T., Perteneder, F., Koik, H., How to VizSki: Visualizing Captured Skier Motion in a VR Ski Training Simulator, Proceedings of the 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry, 2019
28. Žvan, M., Expert opinion on intention and usage of the Pro Ski Simulator, Ljubljana, 2007, <https://proski-simulator.ro/expert-opinion-on-intention-and-usage-of-the-pro-ski-simulator/> (15 ianuarie 2022)
29. Metodologie schi alpin <http://programe.ise.ro/Portals/1/Curriculum/2017-progr/103-SCHI%20ALPIN-%205-8%20PSP.pdf> (accesat 14 octombrie 2022)
30. <https://www.pcrogression-ski-racing.com/the-perfect-turn> (15 septembrie 2024)
31. CARV – How it works <https://getCARV.com/how-it-works> (12 octombrie 2022)
32. CARV - Coaching <https://getCARV.com/coaching> (12 octombrie 2022)
33. Movella Dot - <https://www.movella.com/products/wearables/movella-dot#support> (22 noiembrie 2023)
34. XSensDOT User Manual - <https://www.xsens.com/hubfs/Downloads/Manuals/Xsens%20DOT%20User%20Manual.pdf> (23 noiembrie 2023)
35. Movella Performance - <https://www.movella.com/applications/health-sports/sports-performance> (23 noiembrie 2023)