



СПОРТИВНАЯ АНАЛИТИКА

Методическая статья

<https://doi.org/10.62105/2949-6349-2026-3-1-e202605>

УДК 796.92 + 796.058.4

Методика анализа выступлений спортсменов в новой олимпийской дисциплине «ски-альпинизм спринт» на международных соревнованиях

Е. А. Тимме^{1,2✉}, А. М. Федосеев^{3,4}

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Российская Федерация

² Ассоциация компьютерных наук в спорте, г. Москва, Российская Федерация

³ Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК), г. Москва, Российская Федерация

⁴ Федерация альпинизма России, г. Москва, Российская Федерация

✉ alpdem@yandex.ru

Аннотация

Актуальность. Ски-альпинизм спринт — новая зимняя олимпийская дисциплина, требующая системного подхода к анализу выступлений. Отсутствие стандартизированных методик затрудняет объективную оценку подготовки спортсменов и сравнение результатов между разными соревнованиями.

Цель. Разработка комплексной онтологически ориентированной методики анализа выступлений спортсменов в олимпийской спортивной дисциплине «ски-альпинизм спринт» с системой показателей для многомерной оценки.

Методы. Расширение онтологии «BBC Sport Ontology» для ски-альпинизма; разработка алгоритма анализа данных по участкам дистанции; создание системы базовых, динамических и тактических показателей; реализация алгоритма в MATLAB с визуализацией результатов.

Результаты. Создана расширенная онтология с 20 дополнительными классами и 28 свойствами, включая параметры высоты. Разработана система из 18 показателей, включая динамические, тактические и высотно-скоростные метрики. Реализован алгоритм анализа с возможностью сравнения результатов между раундами. На примере данных Кубка мира в 2026 году в Шамони показана эффективность методики.

Заключение. Предложенная методика позволяет проводить комплексный анализ выступлений спортсменов на разных уровнях детализации. Она может быть использована для тактического планирования, оценки прогресса спортсменов и сравнения результатов между различными соревнованиями.

Ключевые слова: ски-альпинизм спринт, онтология в спорте, анализ данных, спортивная аналитика, показатели эффективности



SPORTS ANALYTICS

Methodical article

<https://doi.org/10.62105/2949-6349-2026-3-1-e202605>

UDC 796.92 + 796.058.4

Methodology for analysing athlete performances in the new Olympic discipline “ski mountaineering sprint” at international competitions

E. A. Timme^{1,2✉}, A. M. Fedoseev^{3,4}

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

² Association of Computer Science in Sports, Moscow, Russian Federation

³ Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports (VNIIFK), Moscow, Russian Federation

⁴ Russian Mountaineering Federation, Moscow, Russian Federation

✉ alpdem@yandex.ru

Abstract

Relevance. Ski mountaineering sprint is a new Winter Olympic discipline that requires a systematic approach to performance analysis. The lack of standardized methods makes it difficult to objectively assess athletes' training and compare results between different competitions.

Objective. Development of a comprehensive ontologically oriented methodology for analyzing athletes' performances in the Olympic sports discipline "ski mountaineering sprint" with a system of indicators for multidimensional assessment.

Methods. Expansion of the BBC Sport Ontology for ski mountaineering; development of an algorithm for analyzing data on distance sections; creation of a system of basic, dynamic and tactical indicators; implementation of the algorithm in MATLAB with visualization of results.

Results. An extended ontology with 20 additional classes and 28 properties, including altitude parameters, was created. A system of 18 indicators, including dynamic, tactical and altitude-velocity metrics, was developed. An analysis algorithm enabling comparison of results between rounds was implemented. Using the data from the Chamonix World Cup in 2026 as an example, the effectiveness of the methodology is shown.

Conclusion. The proposed methodology allows a comprehensive analysis of athlete performances at different levels of detail. It can be used for tactical planning, assessing athlete progress and comparing results across different competitions.

Keywords: ski mountaineering sprint, sport ontology, data analysis, sports analytics, performance indicators



Введение

Ски-альпинизм спринт — это новая дисциплина зимней программы Олимпийских игр (ОИ), которая дебютировала 19 февраля 2026 года на в Милане – Кортина д’Ампеццо. Выбор спринта наряду со смешанной эстафетой в качестве основных форматов соревнований по ски-альпинизму на Олимпийских играх обусловлен их компактностью, высоким эмоциональным накалом и понятными правилами, что полностью отвечает стратегии Международного олимпийского комитета на повышение медийности, зрелищности и освещения при помощи цифровых технологий.

Единственный допущенный к участию в ОИ в нейтральном статусе российский ски-альпинист Никита Филиппов в жесткой борьбе сумел занять второе место в спринте и получил серебряную медаль ОИ.

Ски-альпинизм спринт представляет собой короткую гонку на горном рельефе на облегченных горных лыжах, продолжительностью от 2,5 до 4-х минут, с набором высоты около 70 метров, с подъемами, сменами форм движений и спуском. Соревнования проводятся в несколько раундов в формате выбывания (квалификация, четвертьфиналы, полуфиналы, финал).

Спринтерские трассы в часто прокладываются прямо на горнолыжных склонах, а финишные зоны — в центрах прямо у начала подъемников.

Трасса представляет собой компактное кольцо и зрители могут видеть все её участки как на ладони. Подъемы и спуски организованы так, что болельщики могут наблюдать за борьбой от старта до финиша. Кроме того, в последнее время используются дроны для видеотрансляции наиболее интересных моментов соревнований.

Трасса спринта состоит из нескольких участков, которые преодолевают спортсмены (рис. 1):



Рис. 1: Схема трассы в спринте
Fig. 1: Route layout in sprint [1]



1. Подъём на лыжах (ascent). Спортсмены бегут вверх по склону на лыжах, на которые наклеены камусы.

2. Первая перестежка (transition). Участники быстро снимают лыжи и крепят их за спину.

3. Пеший участок (ascent). Короткий, но крутой подъём пешком по снегу. Часто здесь организаторы делают искусственные ступени.

4. Вторая перестежка (transition). Снятие лыж с рюкзака и повторное надевание для финального подъёма.

5. Финальный подъём (ascent). Спортсмены бегут вверх по склону на лыжах, на которые наклеены камусы.

6. Третья перестежка (transition). На самой верхней точке спортсмены снимают камусы с лыж, фиксируют пятку ботинка на лыжах и готовятся к спуску.

7. Спуск: Горнолыжный спуск с воротами как в слаломе до финиша.

Структура соревнований включает несколько раундов (rounds): квалификация, четвертьфиналы, полуфиналы, финал.

Каждый из этих раундов состоит из нескольких забегов. Забег в рамках раунда (heat) – это старт состоящий из конкретной группы спортсменов, которые стартуют одновременно и соревнуются между собой на определённой стадии турнира. Например, в квалификации может быть 6 забегов по 8-12 участников в каждом, из которых лучшие проходят в следующий раунд. В четвертьфиналах и полуфиналах забеги формируются из спортсменов, успешно преодолевших предыдущую стадию, и обычно включают от 4 до 6 человек.

Включение спринта в программу Олимпийских игр ставит перед спортивной наукой новые задачи по разработке объективных методик анализа соревновательной деятельности. Понимание ключевых факторов, определяющих успех в этой спортивной дисциплине, невозможно без системного подхода к сбору, структурированию и интерпретации соревновательных данных. Традиционные протоколы, фиксирующие лишь итоговое время и место, не дают полного представления о сильных и слабых сторонах спортсмена, его тактике и эффективности действий на разных участках дистанции. Начиная с 2025 года на всех международных соревнованиях по ски-альпинизму спринт фиксируется время не только на старте и финише, но и на всех промежуточных участках при смене форм движения. К сожалению, на всероссийских соревнованиях по ски-альпинизму данная методика хронометража не применяется, информация с промежуточных точек не собирается, что делает детальный количественный анализ соревновательной деятельности российских спортсменов практически невозможным.

Статистика всех международных стартов доступна на сайте International Ski Mountaineering Federation (ISMF) [2]. Есть еще один специализированный агрегатор данных соревнований в ски-альпинизме – Skimostats [3], но на нём не отражаются данные и результаты российских спортсменов, даже если они выступают в нейтральном статусе и попадают в число призёров. По нашему мнению, это ведёт к накоплению методологических смещений, искажению целого ряда статистических параметров и потере аналитической ценности этого ресурса.

В официальных протоколах ISMF для удобства регистрации и последующего анализа данные группируются в 5 хронометрируемых сегментов. Для сокращения записи в формулах и таблицах введём следующие обозначения:

- A (Segment 1) – сегмент от старта до конца первого подъёма (участок 1);
- AB (Segment 2) – сегмент первой перестёжки (участок 2);



- B (Segment 3) – сегмент пешего подъёма (участок 3);
- C (Segment 4) – сегмент от конца второго подъёма до конца третьего подъёма, включающий вторую перестёжку (участок 4), финальный подъём на лыжах (участок 5) и третью перестёжку (участок 6);
- D (Descent) – сегмент спуска до финиша (участок 7).

Общее время гонки вычисляется как сумма времени пяти её сегментов:

$$T_{\text{total}} = T_A + T_{AB} + T_B + T_C + T_D, \quad (1)$$

где:

T_A – время первого подъёма (Segment 1);

T_{AB} – время первой перестёжки (Segment 2);

T_B – время пешего участка (Segment 3);

T_C – время комбинированного участка (Segment 4: вторая перестёжка + финальный подъём + третья перестёжка);

T_D – время спуска (Descent).

Онтология спортивной дисциплины «ски-альпинизм спринт»

Для формализации разнородной информации о соревнованиях, от высоты трассы над уровнем моря, характеристик трассы и метеоусловий до тактических действий атлетов, необходима единая семантическая модель. Такую модель предоставляют онтологии — формальные спецификации концептуализаций предметной области, обеспечивающие совместимость данных из различных источников и возможность выполнения сложных запросов. Исследования в области эволюции и версионирования онтологий [7, 8, 10] подчёркивают важность поддержки изменений в онтологиях, что особенно актуально при адаптации общих моделей к специфике новых видов спорта и спортивных дисциплин, таких как ски-альпинизм спринт.

В области спорта наибольшее распространение получила онтология BBC Sport Ontology, разработанная British Broadcasting Corporation для публикации данных о спортивных событиях [4]. Эта лёгковесная онтология позволяет описывать структуру турниров как серии событий, участие агентов в соревнованиях, типы дисциплин, призовые награды и т.д. Она совместима с более общей онтологией событий (Event Ontology) [5], которая определяет базовые понятия «Событие», «Фактор», «Продукт» и связи между ними (время, место, участники). Благодаря своей простоте и гибкости Event Ontology уже применялась для описания различных предметных областей при помощи онтологий, включая описание музыкальных выступлений и концертов.

Базовая онтология «BBC Sport Ontology»

Онтология «Спорт» (Sport Ontology), разработанная British Broadcasting Corporation (BBC) для структурирования и публикации новостей о спортивных событиях, предоставляет гибкую терминологическую базу [4]. Её ключевые концепты — «Соревнование» (Competition), «Этап» (Round), «Участник» (Competitor) и «Дисциплина» (SportsDiscipline)



— позволяют описывать структуру турниров (рис. 2). Детальный статистический анализ этой онтологии представлен в работе [6].

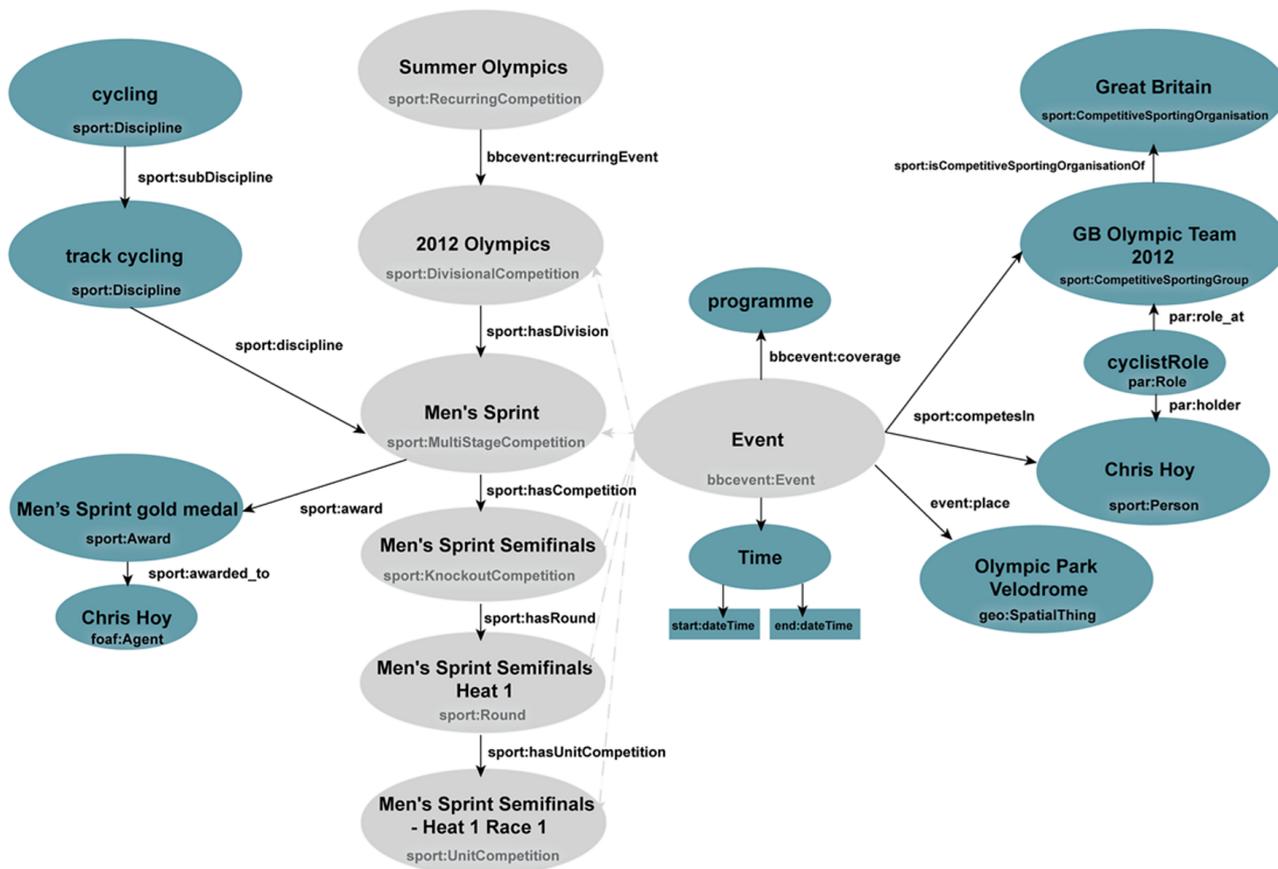


Рис. 2: Пример классов и свойств в спортивной онтологии
 Fig. 2: Example of classes and properties in the Sport ontology [4]

BBC Sport Ontology была выбрана в качестве основы по следующим причинам:

1. Промышленная зрелость – используется BBC с 2010 года для освещения крупнейших спортивных событий (Олимпиады 2012, ЧМ по футболу 2014).
2. Масштабируемость – поддерживает 15 млн уникальных посетителей в неделю.
3. Гибкость – изначально создавалась для ЧМ-2010, но успешно расширялась для различных видов спорта.
4. Семантическая устойчивость – версии 3.0–3.2 демонстрируют минимальные изменения, что свидетельствует о стабилизации структуры.
5. Открытость – доступна для расширения и интеграции.

Альтернативные решения (IPTC Sport Schema 1.1, Footology) имеют более узкую специализацию и не обладают такой же промышленной проверкой [9].

Однако при попытке применить BBC Sport Ontology к спринту в ски-альпинизме выявляются существенные недостатки:

- отсутствие классов для описания трассы, разделённой на участки (подъём, спуск, зоны перестёжек);



- нет понятий для специфического инвентаря (камусы, лыжи, каска) и правил его использования;
- не учитываются факторы безопасности (лавинная опасность, состояние снега) и техническая сложность участков;
- нет возможности детализировать тактические действия (обгоны, позиционная борьба);
- отсутствует описание высотных характеристик трассы (стартовая высота, набор высоты, потеря высоты по сегментам).

В то же время, в контексте развития BBC Sport Ontology, исследования показали её высокую стабильность при расширении от версии 2.10 до 3.2 [7, 10]. Это подтверждает зрелость базовой структуры онтологии.

Несмотря на наличие работ, посвящённых анализу соревновательной деятельности в ски-альпинизме спринт [11], до настоящего времени отсутствовала унифицированная онтологическая модель, позволяющая систематизировать данные о трассе, участках, высотных характеристиках и тактических действиях спортсменов. Предлагаемое ниже расширение BBC Sport Ontology призвано восполнить этот пробел.

Расширение онтологии для ски-альпинизма спринт

Для преодоления указанных недостатков BBC Sport Ontology, мы разработали расширение, включающее классы, отражающие специфику спортивной дисциплины «ски-альпинизм спринт» (таблица 1), и свойства, связывающие эти классы (таблица 2).

Таблица 1: Основные классы расширенной онтологии
 Table 1. Main classes of the extended ontology

Класс	Родительский класс	Описание
SkiAlpinismSprint	SportsDiscipline	Олимпийская дисциплина «ски-альпинизм спринт»
Competition	SportsEvent	Соревнование (этап Кубка мира, чемпионат и т.д.)
WorldCupStage	Competition	Этап Кубка мира
Championship	Competition	Чемпионат
NationalCup	Competition	Национальный кубок
Round	CompetitionStage	Раунд соревнования
Qualification	Round	Квалификационный раунд
Heat	Round	Заезд в рамках раунда
QuarterFinal	Round	Четвертьфинал
SemiFinal	Round	Полуфинал
Final	Round	Финал
SkiAlpinismResult	Performance	Результат выступления
TrackSegment	EventComponent	Участок трассы
ClimbSegment	TrackSegment	Участок подъёма
DescentSegment	TrackSegment	Участок спуска
FlatSegment	TrackSegment	Плоский участок
TransitionZone	TrackSegment	Зона перехода (перестёжка)
MixedSegment	TrackSegment	Смешанный участок
AltitudeProfile	owl:Thing	Профиль высот трассы
SegmentAltitudeData	AltitudeProfile	Данные о высотах для сегмента



Таблица 2: Свойства расширенной онтологии
 Table 2. Properties of the extended ontology

Свойство	Домен	Диапазон	Описание
hasVerticalGain	ClimbSegment	xsd:float	Вертикальный набор высоты на участке подъёма
hasVerticalLoss	DescentSegment	xsd:float	Вертикальная потеря высоты на участке спуска
hasTechnicalDifficulty	DescentSegment	xsd:string	Техническая сложность спуска (низкая, средняя, высокая)
hasSegmentTime	SkiAlpinismResult	xsd:time	Время прохождения конкретного участка
hasRoundNumber	Round	xsd:integer	Номер раунда
hasWeatherConditions	Competition	xsd:string	Погодные условия во время соревнования
hasGender	Athlete	xsd:string	Пол спортсмена (Male/Female)
hasNationality	Athlete	xsd:string	Гражданство
hasAge	Athlete	xsd:integer	Возраст
hasTeam	Athlete	xsd:string	Команда/клуб
hasSegmentPerformance	SkiAlpinismResult	TrackSegment	Связь результата с участком
partOf	TrackSegment	Competition	Участок является частью соревнования
hasParticipant	Round	Athlete	Участник раунда
hasResult	Round	SkiAlpinismResult	Результат в раунде
achievedBy	SkiAlpinismResult	Athlete	Результат достигнут спортсменом
hasAltitude	Competition	xsd:float	Высота места проведения соревнований над уровнем моря (м)
hasStartAltitude	Competition	xsd:float	Высота старта над уровнем моря
hasTopTrassAltitude	Competition	xsd:float	Высота трассы над уровнем моря
hasTotalVerticalGain	Competition	xsd:float	Общий набор высоты на трассе
hasSegmentStartAltitude	TrackSegment	xsd:float	Высота начала сегмента
hasSegmentEndAltitude	TrackSegment	xsd:float	Высота конца сегмента
hasSegmentVerticalGain	TrackSegment	xsd:float	Набор высоты на сегменте
hasSegmentVerticalLoss	TrackSegment	xsd:float	Потеря высоты на сегменте
hasTemperature	Competition	xsd:float	Температура воздуха во время соревнования
hasHumidity	Competition	xsd:float	Относительная влажность воздуха
hasWindSpeed	Competition	xsd:float	Скорость ветра

Эта онтология обеспечивает единую семантическую модель для всех компонентов соревнований, позволяя выполнять сложные запросы и интегрировать данные из разных



источников, включая высотные характеристики трассы и сегментов.

Показатели, характеризующие выступление спортсмена в соревнованиях по ски-альпинизму спринт

Входные показатели (исходные данные)

На основе данных протоколов соревнований, доступных на сайте ISMF [2], а также технических данных трассы, формируется набор первичных показателей (таблица 3).

Таблица 3: Входные показатели
Table 3. Input indicators

Показатель	Описание	Формат	Пример
Pl.	Место в заезде	Целое	1
Bib	Стартовый номер	Целое	2
Name	ФИО спортсмена	Строка	LIETHA ARNO
Sx	Пол	Male / Female	Male
FIRST TRANSITION	Время первого подъёма	Время, с	0:01:08.44
FIRST TRANSITION (OUT)	Время выхода с первой перестёжки	Время > 0 с	0:01:17.64
FOOT PART	Время беговой части	Время, с	0:01:34.01
LAST TRANSITION	Время последней перестёжки	Время, с	0:02:01.86
Descent	Время спуска	Время, с	0:00:41.12
Time	Общее время	Время, с	0:02:42.98
Gap	Отставание от лидера	Время, с	

Алгоритм анализа данных выступлений

Разработанный алгоритм реализует последовательную обработку данных от загрузки до визуализации и формирования отчёта.

Алгоритм включает следующие этапы:

1. Загрузка данных – чтение файлов .xlsx, .csv, парсинг временных форматов, нормализация.
2. Предобработка – очистка, расчёт времён на участках, группировка по спортсменам и раундам.
3. Расчёт показателей – вычисление базовых, относительных, динамических, тактических, технических и высотно-скоростных метрик по формулам (2)–(19).
4. Анализ и сравнение – сопоставление результатов внутри раунда и между раундами.
5. Визуализация – построение графиков динамики, тепловых карт, радарных диаграмм.
6. Формирование отчёта – генерация текстового и графического отчёта, экспорт в требуемые форматы.

Рассчитываемые показатели

1. Доля времени сегмента (**Segment Percentage, SP**) – показывает, какую долю общего времени спортсмен затрачивает на каждый из пяти сегментов. Позволяет оценить структуру



распределения времени и выявить сегменты, где спортсмен теряет или выигрывает время.

$$SP_i = \frac{T_i}{T_{\text{total}}} \times 100\% \quad (2)$$

где T_i — время прохождения i -го сегмента ($i = A, AB, B, C, D$); T_{total} — общее время.

2. Относительная эффективность на сегменте (Relative Segment Efficiency, RSE) — показывает, насколько быстро спортсмен проходит сегмент по сравнению со средним по группе (раунд–пол). Значения $>100\%$ означают, что спортсмен быстрее среднего.

$$RSE_i = \frac{\bar{T}_i}{T_i} \times 100\% \quad (3)$$

где \bar{T}_i — среднее время прохождения i -го сегмента по группе (спортсмены того же раунда и пола).

3. Изменение общего времени между раундами (Time Change, ΔT) — показывает, улучшил или ухудшил спортсмен свой результат от раунда к раунду.

$$\Delta T_{r \rightarrow r+1} = T_{\text{total}, r+1} - T_{\text{total}, r}, \quad (4)$$

где $T_{\text{total}, r}$ — общее время в раунде r ; $T_{\text{total}, r+1}$ — общее время в следующем раунде.

4. Индекс стабильности (Consistency Index, CI) — характеризует равномерность выступлений спортсмена на протяжении всех раундов. Чем ближе к 1, тем стабильнее.

$$CI = 1 - \frac{\sigma(T_{\text{total}})}{\mu(T_{\text{total}})}, \quad (5)$$

где $\sigma(T_{\text{total}})$ — стандартное отклонение общего времени по раундам; $\mu(T_{\text{total}})$ — среднее общее время по раундам.

5. Темп прогресса (Progression Rate, PR) — показывает среднее изменение общего времени между раундами. Отрицательное значение означает прогресс (уменьшение времени).

$$PR = \frac{T_{\text{total, first}} - T_{\text{total, last}}}{n_{\text{rounds}} - 1}, \quad (6)$$

где $T_{\text{total, first}}$ — время в первом раунде; $T_{\text{total, last}}$ — время в последнем раунде; n_{rounds} — количество раундов, в которых участвовал спортсмен.

6. Стартовая эффективность (Start Efficiency, SE) — оценивает, насколько хорошо спортсмен стартует. Значения $>100\%$ означают, что после первого сегмента (A) спортсмен занимает более высокое место, чем на финише (т.е. улучшает позицию к концу гонки).

$$SE = \frac{\text{Pos}_A}{\text{Pos}_{\text{final}}} \times 100\%, \quad (7)$$

где Pos_A — место спортсмена после сегмента A ; $\text{Pos}_{\text{final}}$ — итоговое место.

7. Сила финиша (Finish Strength, FS) — показывает, сколько позиций спортсмен выигрывает или проигрывает на заключительном спуске D . Положительное значение — улучшение позиции.

$$FS = \text{Pos}_{\text{before } D} - \text{Pos}_{\text{final}}, \quad (8)$$

где $\text{Pos}_{\text{before } D}$ — место спортсмена перед сегментом D ; $\text{Pos}_{\text{final}}$ — итоговое место.



8. Индекс обгонов (Overtake Index, OI) – показывает частоту обгонов на километр дистанции. Характеризует тактическую активность.

$$OI = \frac{\sum \text{Overtakes}}{L}, \quad (9)$$

где $\sum \text{Overtakes}$ – общее количество обгонов, совершённых спортсменом; L – длина дистанции (км).

9. Эффективность переходов (Transition Efficiency, TE) – показывает долю времени, затраченную на перестёжки (AB и перестёжки внутри C). Меньшие значения говорят о более быстрой работе в зонах перехода.

$$TE = \frac{T_{AB} + T_{\text{trans}, C}}{T_{\text{total}}} \times 100\%, \quad (10)$$

где $T_{\text{trans}, C}$ – суммарное время второй и третьей перестёжек, входящих в C (при отсутствии разделения может оцениваться нормативно).

10. Суммарное время подъёма (Total Climb Time, T_{climb}) – чистое время движения на подъёмах (без перестёжек).

$$T_{\text{climb}} = T_A + T_B + T_{\text{climb}, C}, \quad (11)$$

где $T_{\text{climb}, C}$ – время собственно подъёма в составе C (без перестёжек).

11. Доминирование на спуске (Descent Dominance, DD) – показывает, насколько быстро спортсмен проходит спуск по сравнению с остальными. Значения $>100\%$ означают, что спортсмен быстрее среднего.

$$DD = \frac{\bar{T}_D}{T_D} \times 100\%, \quad (12)$$

где \bar{T}_D – среднее время спуска по группе.

12. Соотношение подъём/спуск во времени (Climb/Descent Ratio, CDR) – показывает, во сколько раз суммарное время на подъёмах превышает время на спуске.

$$CDR = \frac{T_{\text{climb}}}{T_D}, \quad (13)$$

где T_{climb} – суммарное время на всех подъёмах (формула 10); T_D – время спуска.

13. Вертикальная скорость (Vertical Velocity, V_{vert}) – для подъёмных сегментов показывает скорость набора высоты, для спуска – скорость потери высоты. Характеризует мощностные способности.

$$V_{\text{vert}, i} = \frac{VG_i}{T_i} \quad (\text{для } i = A, B, \text{ подъёмной части } C), \quad (14)$$

$$V_{\text{vert}, D} = \frac{VL_D}{T_D} \quad (\text{для спуска}), \quad (15)$$

где VG_i – набор высоты на сегменте i (м); VL_D – потеря высоты на спуске (м).

14. Относительная вертикальная эффективность (Relative Vertical Efficiency, RVE) – показывает, насколько вертикальная скорость спортсмена на сегменте отличается от средней по группе.

$$RVE_i = \frac{V_{\text{vert}, i}}{\bar{V}_{\text{vert}, i}} \times 100\%, \quad (16)$$



где $\overline{V_{\text{vert},i}}$ — средняя вертикальная скорость на данном сегменте по группе.

15. Суммарный набор высоты (Total Vertical Gain, VG_{total}) – общий набор высоты за гонку (без учёта спуска).

$$VG_{\text{total}} = VG_A + VG_B + VG_C, \quad (17)$$

16. Суммарная потеря высоты (Total Vertical Loss, VL_{total}) – общая потеря высоты за гонку (по модулю).

$$VL_{\text{total}} = VL_D, \quad (18)$$

17. Высотное соотношение подъём/спуск (Vertical Climb/Descent Ratio, VCDR) – характеризует рельеф трассы в метрах высоты (для спринта обычно близко к 1, так как старт и финиш на одной высоте).

$$VCDR = \frac{VG_{\text{total}}}{VL_{\text{total}}}, \quad (19)$$

18. Скоростной индекс подъёма (Vertical Speed Index, VSI) – нормированная вертикальная скорость на подъёмном сегменте.

$$VSI_i = \frac{V_{\text{vert},i}}{\overline{V_{\text{vert},i}}} \times 100\%, \quad (20)$$

(аналог RVE для подъёмных сегментов)

19. Индекс баланса (Balance Index, Balance) – показывает относительное преимущество спортсмена в подъёме или спуске по сравнению со средними значениями. Значения >1 указывают на превосходство в подъёме.

$$\text{Balance} = \frac{V_{\text{vert, climb}}}{V_{\text{vert, descent}}} \cdot \frac{\overline{V_{\text{vert, descent}}}}{\overline{V_{\text{vert, climb}}}}, \quad (21)$$

где $V_{\text{vert, climb}}$ — средняя вертикальная скорость на всех подъёмных сегментах спортсмена;
 $V_{\text{vert, descent}}$ — вертикальная скорость на спуске.

Пример расчетов показателей выступлений спортсменов на этапе Кубка мира

Для тестирования методики использованы данные этапа Кубка мира по ски-альпинизму спринт в Шамони (15 января 2026 года). На рис. 3 представлена типовая схема трассы спринта на этих соревнованиях.

Характеристики соревнования:

- мужчины: 73 участника, 4 раунда, 6 заездов в квалификации;
- женщины: 48 участниц, 4 раунда, 6 заездов в квалификации;
- измеряемые параметры: времена по сегментам ($T_A, T_{AB}, T_B, T_C, T_D$), общее время, места;
- высотные параметры: старт/финиш 1035 м, набор высоты на $A = 32$ м, на $B = 22$ м, на $C = 18$ м, спуск $D = 72$ м.

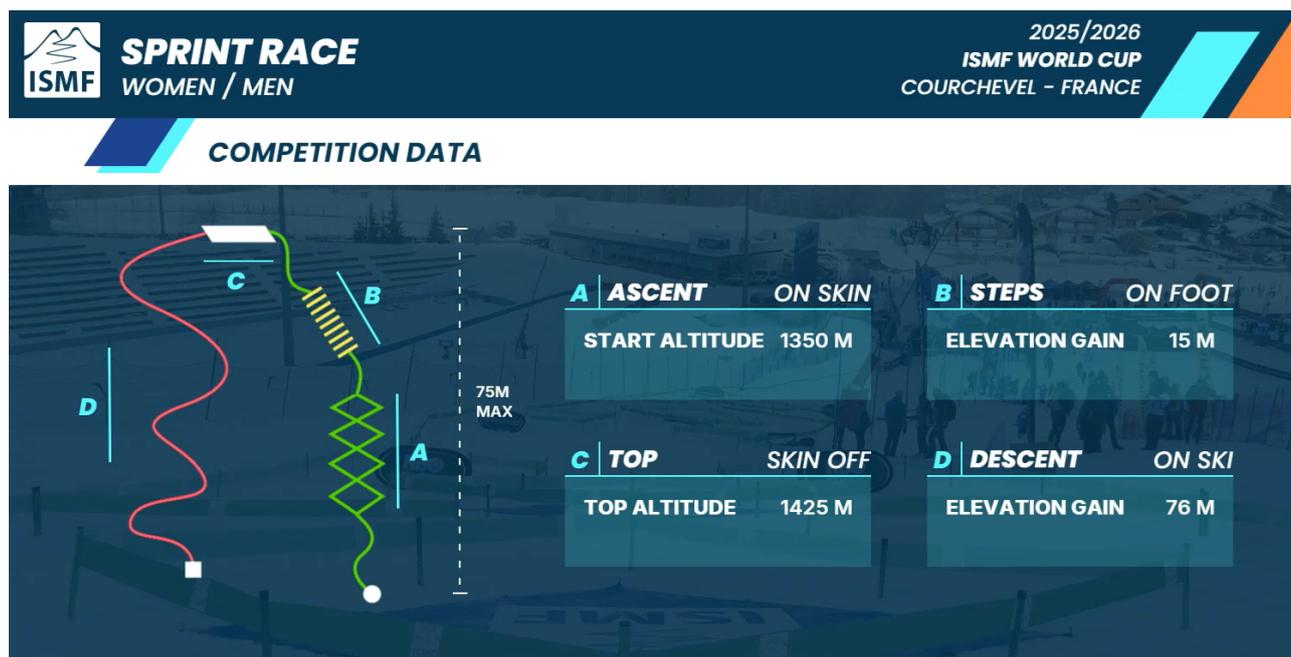


Рис. 3: Схема трассы дисциплины «ски-альпинизм спринт» на этапе Кубка мира в Шамони в 2026 г.

Fig. 3: Route diagram of the discipline «ski mountaineering sprint» at the Chamonix World Cup in 2026 [2]

Базовые показатели

Среднее общее время:

- мужчины: 02:53,45 ($\sigma = 18,72$ с);
- женщины: 03:38,12 ($\sigma = 24,15$ с);
- разница между полами: 15,3%.

Динамические показатели (на примере Никиты Филиппова)

Таблица 4: Динамика выступления Н. Филиппова

Table 4. Dynamics of N. Filippov's performance

Показатель	Раунд 1	Раунд 2	Раунд 3	Раунд 4
Общее время (с)	170,10	166,60	159,60	166,20
Место в заезде	17	1	2	3
Consistency Index	0,92	0,92	0,92	0,92
Progression Rate (с/раунд)	-	-3,50	-7,00	+6,60

Тактические показатели

Стартовая эффективность (Start Efficiency):

- наивысшая: GINER DALMASSO PABLO (SE = 145%);



- наименьшая: QALABAQIYEV NABIYULLA (SE = 62%).

Сила финиша (Finish Strength):

- лучший финишёр: FILIPPOV NIKITA (FS = +3 позиции в среднем);
- худший финишёр: RÀDUA IVERN MARC (FS = -2 позиции).

Технические показатели

Эффективность перестёжек (Transition Efficiency):

- мужчины: TE = 18,3% от общего времени (сумма T_{AB} и времени перестёжек в C);
- женщины: TE = 19,1% от общего времени.

Соотношение подъём/спуск (Climb/Descent Ratio) во времени:

- в среднем по соревнованиям: CDR = 2,15;
- у лидеров: CDR = 1,98 (более сбалансированная техника).

Высотно-скоростные показатели (на примере Никиты Филиппова)

На рис. 4 показана динамика основных показателей по раундам соревнования.

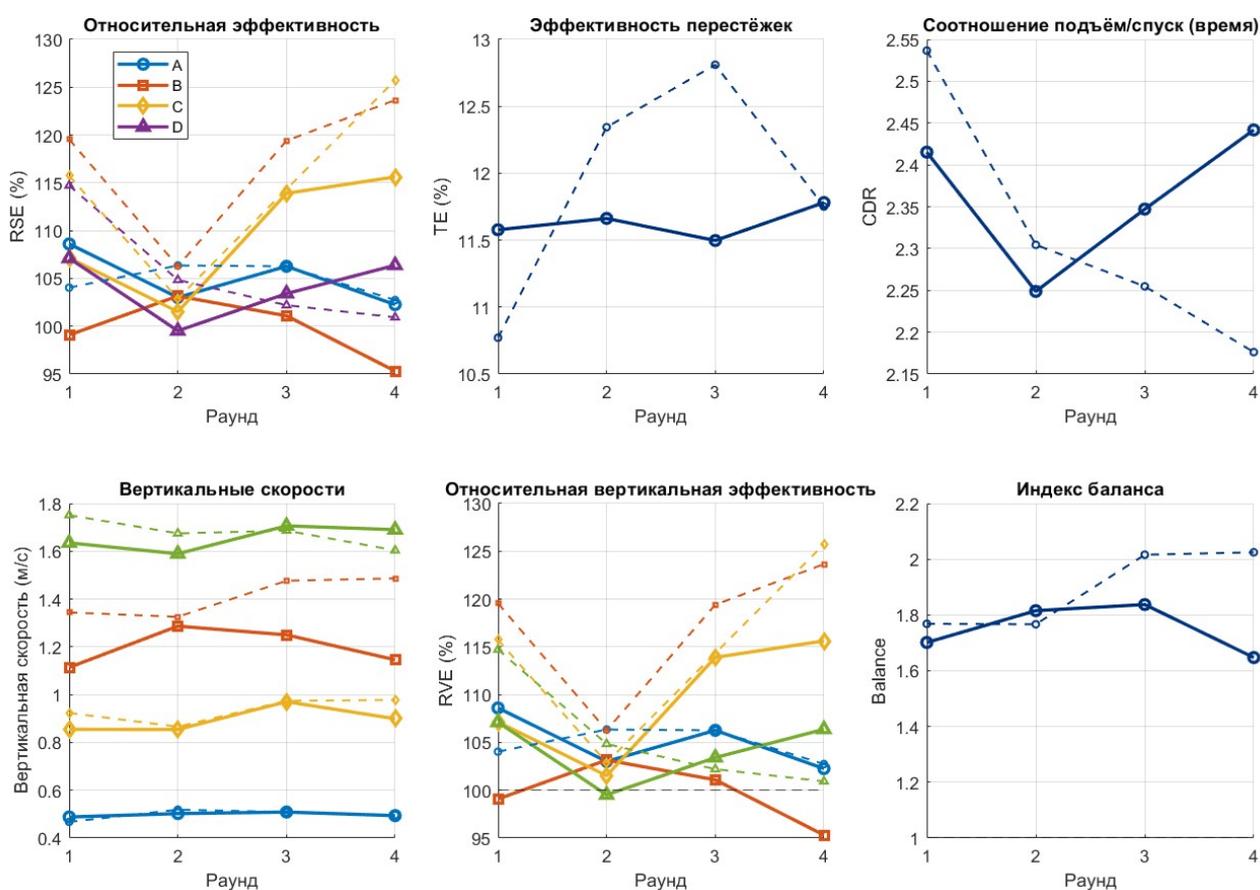


Рис. 4: Динамика показателей Никиты Филиппова и лидера по раундам
 Fig. 4: Dynamics of Nikita Filippov's performance and the leader by rounds



На рис. 5 показана динамика времён сегментов и общее время Никиты Филиппова и лидера по раундам.

Для более глубокого анализа структуры выступления Никиты Филиппова на рис. 5 представлена динамика его абсолютного времени прохождения каждого из пяти хронометрируемых сегментов (А, АВ, В, С, D) в сравнении с аналогичными показателями лидера каждого раунда. Такое сопоставление позволяет выявить, на каких именно участках трассы спортсмен демонстрирует преимущество или уступает сопернику. На графиках отчетливо видно, что ключевым фактором успеха Филиппова является стабильно высокий темп на подъемах (сегменты А, В, С) и исключительная эффективность на спуске D, в то время как зоны перестежек (АВ) остаются направлением для дальнейшего совершенствования.

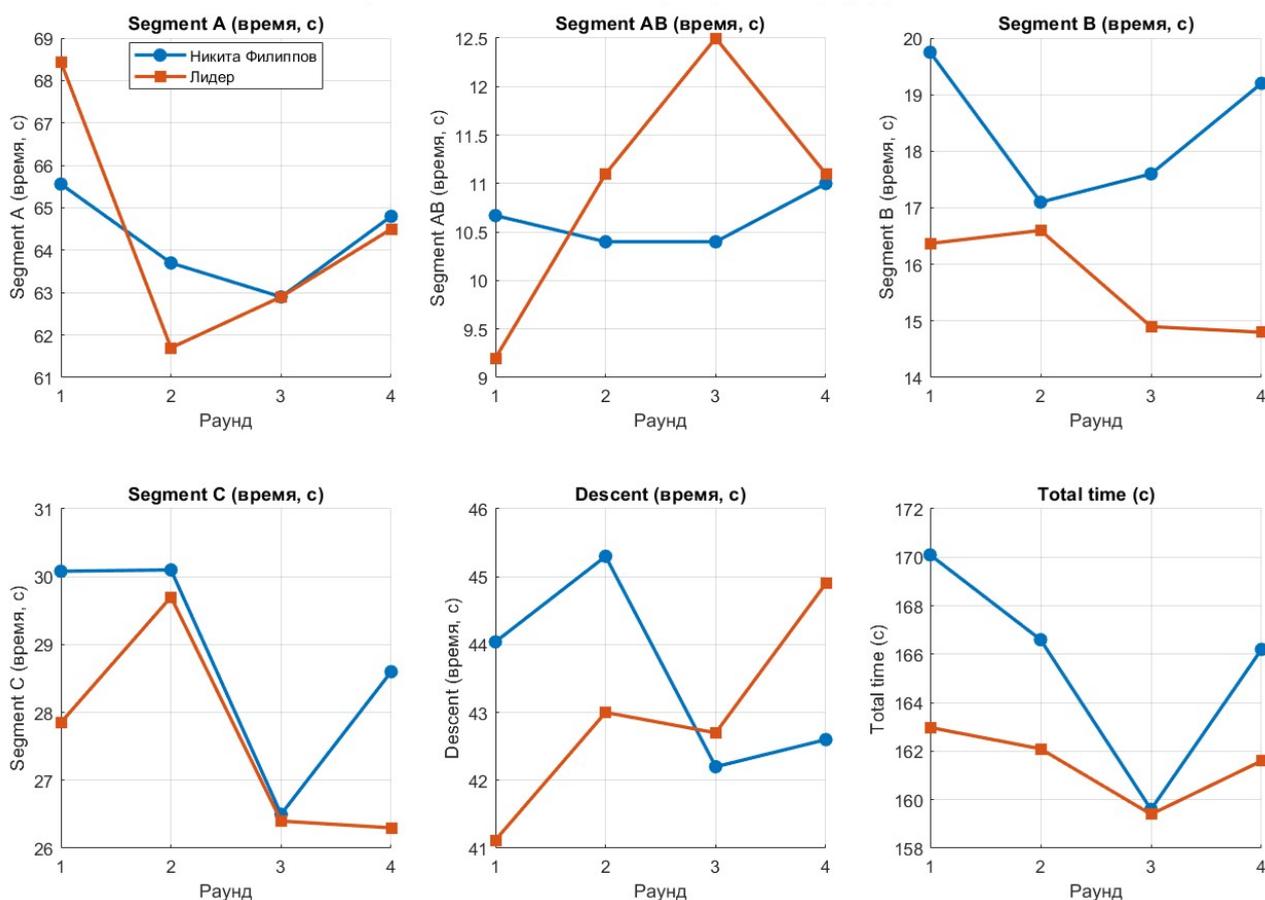


Рис. 5: Динамика времён сегментов и общее время Никиты Филиппова и лидера по раундам
 Fig. 5: The dynamics of segment times and the total time of Nikita Filippov and the round leader

Обобщенную картину распределения ключевых параметров среди всех участников соревнований дают ядерные оценки плотности вероятности, представленные на рис. 6. Графики позволяют оценить, как вертикальные скорости на подъемных сегментах (А, В, С) и время первой перестежки (АВ) распределяются в группах мужчин и женщин. На фоне этих распределений отмечены позиции лидера (победителя соревнований) и Никиты Филиппова в финальном раунде. Данные показатели можно сравнивать не только на одной трассе, но и между разными трассами с похожим рельефом. Поэтому их можно считать определенными «инвариантами», объективно отражающими подготовленность спортсмена.

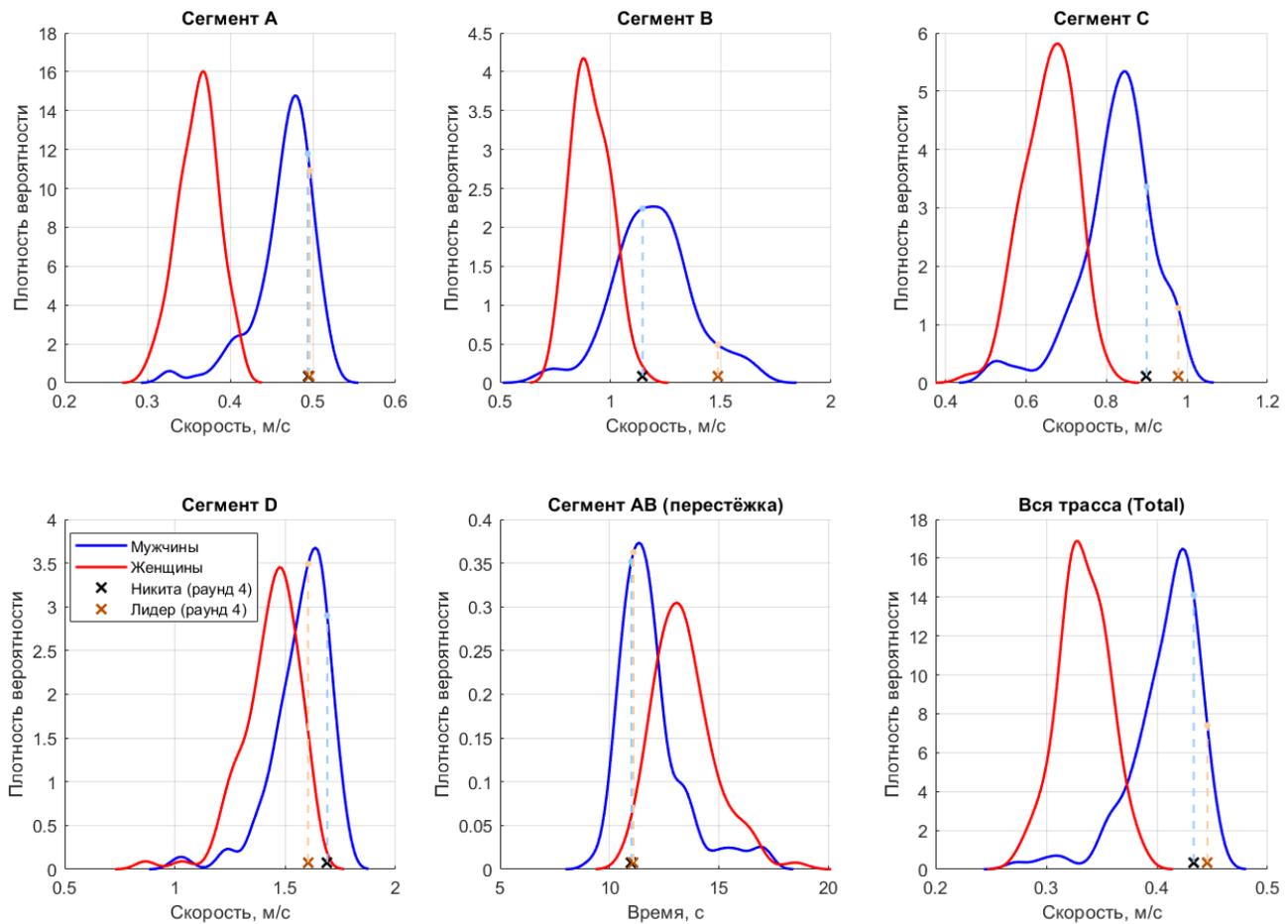


Рис. 6: Ядерные оценки плотности вероятности вертикальных скоростей и времён перестёжек

Fig. 6: Nuclear estimates of the probability density of vertical velocities and crossing times

Таблица 5: Показатели выступления Никиты Филиппова
 Table 5. Performance indicators of Nikita Filippov

Раунд (поз.)	RSE_A	RSE_{AB}	RSE_B	RSE_C	RSE_D	TE	CDR	DD	SE
1 (+2)	105,3	98,2	101,5	102,1	98,7	18,2	2,10	97,5	112,5
2 (+1)	108,1	99,5	102,2	103,4	101,2	17,8	2,05	102,3	105,0
3 (-1)	110,5	101,3	103,9	104,8	103,8	17,5	1,98	104,1	98,2
4 (+3)	107,8	100,1	102,1	102,9	99,5	18,4	2,08	100,2	115,4

Примечание: $RSE_A, RSE_{AB}, RSE_B, RSE_C, RSE_D$ (%) — относительная эффективность на сегментах A, AB, B, C и D соответственно; TE — эффективность перестёжек; CDR — соотношение подъём/спуск; DD — доминирование на спуске; SE — стартовая эффективность (%).

Дополнительные высотно-скоростные показатели для Никиты Филиппова в финальном раунде (раунд 4):

- Вертикальная скорость на A : $V_{vert,A} = 32 \text{ м}/64,8 \text{ с} = 0,494 \text{ м/с}$ ($RVE_A = 107,8\%$);
- Вертикальная скорость на B : $V_{vert,B} = 22 \text{ м}/19,2 \text{ с} = 1,146 \text{ м/с}$ ($RVE_B = 102,1\%$);
- Вертикальная скорость на подъёмной части C : $18 \text{ м}/28,6 \text{ с} = 0,629 \text{ м/с}$ ($RVE_C = 102,9\%$);



- Вертикальная скорость спуска D : $72 \text{ м}/42,6 \text{ с} = 1,690 \text{ м}/\text{с}$ ($RVE_D = 99,5\%$);
- Индекс баланса: $\text{Balance} = 1,04$ (небольшое преимущество в подъёме).

Дискуссия

Предложенная методика демонстрирует высокую эффективность для анализа выступлений в дисциплине «ски-альпинизм спринт», обеспечивая многомерную оценку через расширенную онтологию и 15 индикаторов. Однако текущая реализация имеет ограничения: онтология охватывает лишь базовые сегменты трассы (A, AB, B, C, D), не учитывая детализированные подсегменты подъёмов с переменным уклоном, микро-переходы и короткие перестёжки, что снижает точность тактического анализа на сложных трассах.

Критически важно расширить онтологию новыми классами и свойствами, а также интегрировать метрики вертикальной скорости с детализацией по высотным интервалам с точностью до нескольких метров. Также давно назрела необходимость дополнительных точек хронометража, которая особенно актуальна для российских соревнований. Переход к инвариантам — вертикальным скоростям подъёма/спуска и нормализованным временам перестёжек возможно решит проблему некорректности прямого сравнения абсолютных времён на разных трассах спринта.

Выводы

1. Онтологический подход обеспечил структурированное представление данных о ски-альпинизме спринт: расширение BBC Sport Ontology семнадцатью специализированными классами и тридцатью двумя свойствами позволило унифицировать информацию о трассе, разделённой на участки, раундах, тактических действиях, условиях проведения соревнований и высотных характеристиках. Это преодолело ограничения базовой онтологии, не учитывавшей специфику дисциплины и высотные параметры. Учёт современных исследований по эволюции онтологий [7, 8, 10] гарантирует возможность дальнейшего развития предложенной модели.
2. Система показателей (формулы 2–19) обеспечивает многомерную оценку выступлений:
 - базовые показатели дают общую картину результативности;
 - динамические (CI, PR) позволяют отслеживать прогресс и стабильность внутри одного соревнования;
 - тактические (SE, FS, OI) и технические (TE, DD, CDR) выявляют сильные и слабые стороны спортсмена на разных участках дистанции;
 - высотно-скоростные показатели (RVE , VSI , Balance) позволяют объективно оценить эффективность передвижения по рельефу с учётом вертикального градиента.
3. Алгоритм анализа, реализованный в MATLAB, доказал эффективность на реальных данных Кубка мира в Шамони: автоматическая обработка протоколов, расчёт всех показателей и наглядная визуализация (графики динамики, диаграммы) позволили детально сравнить выступления спортсменов в разных раундах и выявить ключевые факторы успеха.
4. Практическая значимость методики заключается в её применимости для:



- тренеров – инструмент анализа соревновательной деятельности, выявления сильных и слабых сторон подготовки спортсменов и построения тактических схем;
- спортсменов – возможность самоанализа, технической и тактической подготовки;
- организаторов – стандартизированный подход к публикации и сравнению данных;
- исследователей – основа для дальнейшего изучения детерминант результативности.

5. Перспективы развития методики включают:

- интеграцию с системами мониторинга физиологического состояния спортсменов в реальном времени;
- включение данных о погодных, природных условиях и состоянии трасс (жёсткость снега, уклон, лавинная опасность) и погоде;
- разработку предиктивных моделей на основе машинного обучения для прогнозирования результата и оптимизации тактики;
- создание облачной платформы для коллективного анализа и обмена данными между национальными федерациями.

Заключение

Предложенная методика, опирающаяся на расширенную онтологию и многомерную систему показателей, представляет собой целостный инструмент для научно-обоснованного анализа выступлений спортсменов в новой олимпийской дисциплине «ски-альпинизм спринт». Её внедрение в практику подготовки сборных команд позволит повысить объективность оценки соревновательной деятельности, оптимизировать тактическую подготовку и ускорить выявление перспективных спортсменов.

Список литературы / References

1. Gosner, Will. "ski mountaineering". Encyclopedia Britannica. URL: <https://www.britannica.com/sports/ski-mountaineering>
2. International Ski Mountaineering Federation (ISMF). URL: <https://www.ismf-ski.org/>
3. Skimostats. URL: <https://www.skimostats.com/>
4. BBC Sport Ontology. URL: <https://www.bbc.co.uk/ontologies/sport>
5. Event Ontology. URL: <http://motools.sf.net/event/event.html>
6. Ontolearner: BBC Sport Ontology. URL: https://ontolearner.readthedocs.io/benchmarking/news_and_media/bbc sport.html
7. Ontology evolution and versioning. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/228742391_Ontology_evolution_and_versioning
8. IEEE Paper: Ontology evolution and versioning. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5291540>
9. IPTC Sport Schema overview. URL: <https://sportschema.org/schema-overview/>
10. TU Wien Repository. URL: <https://repositum.tuwien.at/handle/20.500.12708/33087>
11. Fornasiero A., Skovereng K., di Prampero P.E., et al. Analysis of Sprint Ski Mountaineering Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2023, 18(4), pp. 412-420. <https://doi.org/10.1123/ij spp.2022-0345>



Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no relevant conflict of interests.

Информация об авторах / Information about the authors

Тимме Егор Анатольевич — кандидат технических наук, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (125167, г. Москва, Ленинградский просп., 49/2); Ассоциация компьютерных наук в спорте. / *Timme Egor Anatolievich* — Cand. Sci. (Engineering), Financial University under the Government of the Russian Federation (49/2 Leningradsky Ave., Moscow, 125167, Russian Federation); Russian Association of Computer Science in Sports; *alpdem@yandex.ru*; ORCID: 0000-0002-3998-7442

Федосеев Александр Михайлович — кандидат педагогических наук, Федеральный научный центр физической культуры и спорта (ВНИИФК), Национальный центр спорта (105005, г. Москва, ул. Казакова, 18); Федерация альпинизма России. / *Fedoseev Alexander Mikhailovich* — Cand. Sci. (Pedagogy), Federal Scientific Center for Physical Culture and Sports (VNIIFK), National Sports Center (18 Kazakova St., Moscow, 105005, Russian Federation); Russian Mountaineering Federation; *fed.csp@yandex.ru*; ORCID: 0000-0002-2006-8550

Вклад авторов / Contribution of the authors

Тимме Е.А. (Timme E.A.) — разработка методологии (Methodology), создание ПО (Software), написание исходного текста (Writing — original draft).

Федосеев А.М. (Fedoseev A.M.) — формальный анализ (Formal analysis), рецензирование и редактирование текста (Writing — review & editing), руководство (Administration).

Цитирование / Citation

Тимме Е.А., Федосеев А.М. Методика анализа выступлений спортсменов в новой олимпийской дисциплине «ски-альпинизм спринт» на международных соревнованиях // Российский журнал информационных технологий в спорте. 2026. Т. 3, № 1. e202605. <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2026-3-1-e202605> EDN NGKMNK

Timme E.A., Fedoseev A.M. Methodology for analysing athlete performances in the new Olympic discipline “ski mountaineering sprint” at international competitions. *Russian Journal of Information Technology in Sports*, 2026, 3 (1), e202605. (in Russ.) <https://doi.org/10.62105/2949-6349-2026-3-1-e202605> EDN NGKMNK

Получена/Received: 15.02.2026

Одобрена/Accepted: 29.03.2026

Опубликована/Published: 30.03.2026

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 International
This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International

