

L'illusione della Precisione Satellitare

Un'analisi critica sull'uso del GPS nel tennis, nell'atletica e negli sport in generale

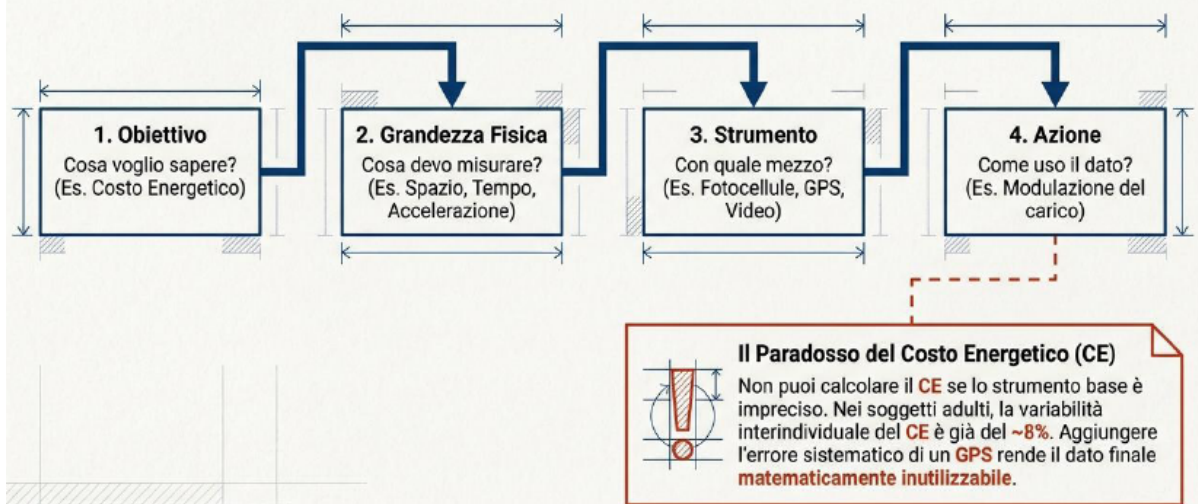
Abstract:

Il testo analizza criticamente l'impiego della tecnologia GPS nel tennis e nell'atletica, mettendo in discussione l'affidabilità per la misurazione dei parametri cinematici ed energetici. L'autore evidenzia come la precisione di questi strumenti sia compromessa da limitazioni tecniche, interferenze ambientali e bassi tassi di campionamento, che generano errori significativi nel calcolo di velocità ed accelerazione. Rispetto a sistemi più rigorosi come le fotocellule, il GPS risulta inadeguato per le brevi distanze e per le prestazioni che richiedono un'accuratezza al centesimo di secondo. Viene inoltre confutata la validità scientifica dell'uso del GPS per stimare il dispendio energetico degli atleti, definendo tali dati stesso inattendibili. In conclusione, pur non condannandone l'uso qualitativo, lo studio invita i tecnici ad una profonda cautela nell'interpretare risultati derivanti da strumenti con margine d'errore così elevati.

Premessa

Il primo passo di un tecnico è decidere cosa vuole sapere, di conseguenza quale grandezza fisica deve essere misurata, quindi decidere con quale mezzo deve essere fatta la misurazione, come trattare il dato, rifletterci su e trarre delle conclusioni sull'uso da fare di quel dato. Nel nostro caso bisognerebbe partire da cosa si vuole sapere del gioco, quindi cosa misurare, con che cosa e cosa farsene di quel dato. Quindi la domanda specifica è: Cosa si vuole sapere che il GPS ci può dire? E poi: Come usare quel dato per l'allenamento? Una dozzina di anni fa dopo aver espresso in un convegno il mio pensiero riguardo un certo uso dei dati del GPS, fui letteralmente messo alla gogna da un nutrito gruppo di persone che però, appena dopo la pubblicazione di una mia relazione che smontava tutte le loro errate congetture, ammutolì letteralmente. La mia tesi era avversa a quella che affermava che con il GPS era possibile, partendo da alcuni parametri cinematici risalire a quelli energetici. Le mie affermazioni erano (e sono), che il GPS è uno strumento con un certo grado di imprecisione e, quindi, inadatto per quello scopo, e che i presupposti per affermare la loro tesi si basavano su elementi errati; aggiungevo, inoltre, che il valore ricavato ed utilizzato (indistintamente per qualunque soggetto), per calcolare il CE (Costo Energetico - per definizione quantità di energia spesa per unità di distanza, unità di misura kJ/km ; $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{m})$), era assolutamente inaffidabile. Difatti il CE, è un valore soggetto a variabilità dovute in particolar modo all'economia del movimento di un soggetto e del tipo di prestazione motoria (così come dimostrato da Kaneko già nel secolo scorso), e che comunque nei soggetti adulti la variabilità interindividuale del CE è di circa l'8%; quindi, come è possibile usare un unico valore per chicchessia? Pertanto i valori finali dei soggetti così ricavati, non potevano corrispondere a realtà. Molte ricerche e pubblicazioni internazionali hanno espresso perplessità per i dati di quei calcoli, ieri ed oggi; a questi si è aggiunto, poi, uno studio di una università tedesca che comparava alcuni strumenti di misurazione spazio-temporali che ha evidenziato che il GPS è il più impreciso tra tutti.

Il Flusso Logico della Misurazione Sportiva



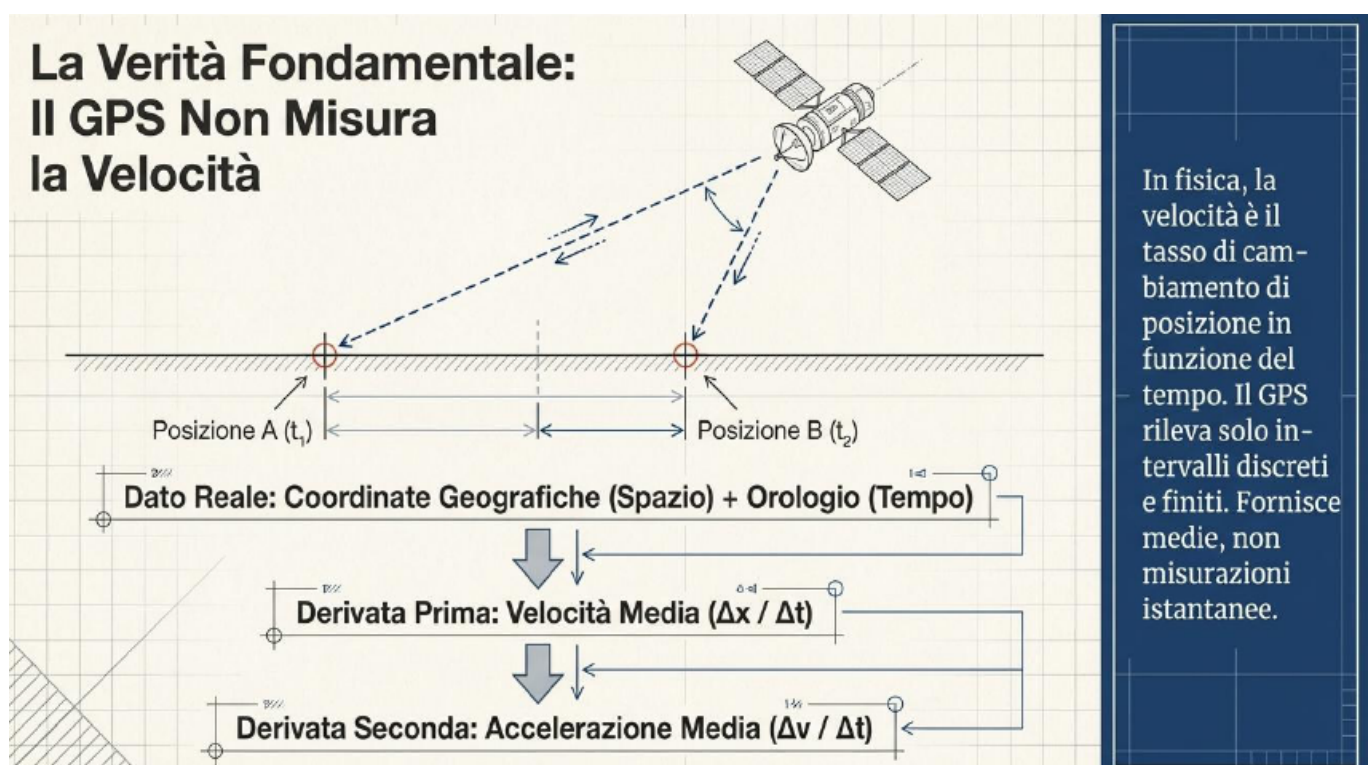
Introduzione

Quando si usa un qualsiasi sensore (nel più ampio senso del termine: da telecamere ad accelerometri, passando per radar e GPS, etc.) dobbiamo fare i conti con il tempo di campionamento e questo può dare vita ad intervalli più o meno ampi tra un campione e l'altro.

A partire dall'informazione sulla posizione, ricordando la teoria, l'accelerazione si ricava con una doppia derivata rispetto al tempo e siccome nella teoria non ci si deve preoccupare di quanto piccoli siano gli intervalli dt , dx e dv (rispettivamente i differenziali del tempo, della posizione e della velocità) non ci si preoccupa nemmeno di quanti termini siano necessari per ottenere il primo valore utile di accelerazione. Quando invece si lavora con misure fornite da uno strumento qualsivoglia complesso, è necessario lavorare con un insieme discreto di numeri non infinitesimi ma finiti, e nello specifico le derivate diventano rapporti incrementali! Quindi, partendo da misure di posizione, sottraendo la posizione finale a quella iniziale (per ogni intervallo misurato) si ottiene un incremento di posizione che, diviso per l'intervallo temporale intercorso, fornisce il valore di velocità media sul tratto...attenzione! Per 2 valori di posizione ottengo un solo valore di velocità...per ottenere il valore di accelerazione bisogna avere un intervallo di velocità (e quindi 2 valori di velocità) da dividere per un intervallo temporale (quello che intercorre tra la velocità iniziale e la velocità finale). Siccome non c'è altra informazione per ogni intervallo, questo significa considerare costante il valore ottenuto, nel primo caso per la velocità e nel secondo caso per l'accelerazione. Maggiore è il numero di campioni per unità di tempo e maggiore sarà il dettaglio che si riuscirà ad evidenziare in termini di velocità medie o accelerazioni medie sul tratto...ma sempre di medie si tratta! Quindi la densità di campioni dipende dallo strumento usato per effettuare la misura ma la grandezza ottenuta è della medesima natura (due strumenti che misurano posizioni forniscono accelerazioni come doppio rapporto incrementale).

Ma vorrei fare innanzitutto una considerazione, un GPS è un misuratore di posizione; la localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore. Esso utilizza i dati di tempo e spazio per ricavare le velocità (medie) per percorrere questi spazi e quindi le accelerazioni (medie) esistenti. Non è uno strumento molto preciso sullo spazio e difatti per misurazioni come quella dei cento metri è preferibile un accelerometro, ma anche un sistema di fotocellule è più preciso in quanto è posizionato esattamente sul punto di rilevamento. Se fosse preciso sarebbe comodo mettere su un atleta un GPS e farlo correre, e da un tablet leggere i tempi di percorrenza dei tratti di corsa calcolati dallo strumento; ma ciò non è possibile per l'elevato livello d'errore che tale strumento possiede.

Ma quale è il sistema di calcolo che adotta? Applica esattamente il calcolo della accelerazione scalare media partendo dai dati relativi alle posizioni ottenute.



Il funzionamento

Riguardo all'uso dei GPS per misure di velocità e di accelerazione è utile fare qualche considerazione. Il codice C/A (Coarse Acquisition code) generato dal satellite è sincronizzato con i GPS time del dispositivo a terra. Tale segnale arriva, ovviamente, all'utilizzatore con un ritardo $t = R/c$ dove R è la distanza fra il satellite ed il ricevitore e $c = 300.000 \text{ km/s}$ è la velocità della luce. In base a tale ritardo il ricevitore è in grado di stimare la distanza dal satellite. Resta pertanto determinata una sfera con centro pari alla posizione del satellite e raggio la distanza calcolata con il ritardo del segnale. Tale sfera interseca la superficie terrestre individuando una circonferenza. Sono necessari dunque per la determinazione della posizione almeno 3 segnali di differenti satelliti, molto spesso però si utilizzano 4 satelliti. Se vengono indicate con R_i le distanze calcolate mediante ritardo, si ottiene che:

$$R_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2} \quad i = 1, \dots, 4$$

dove (x_i, y_i, z_i) sono le coordinate di posizione del satellite, e quindi si ottengono 4 equazioni in 4 incognite da cui si ricavano x, y, z ed un offset temporale.

Vale la pena notare che tali misure sono caratterizzate da un errore che deriva dall'errore sul calcolo delle R_i per i 3 o 4 satelliti. Con un errore di soli $0,1 \text{ } \mu\text{s}$, ricordando che $t = R/c$, si ottiene che $\delta t * c = \delta R$, dove δR è l'errore sulla distanza; dunque $3 \cdot 10^8 \text{ m/s} * 0,1 * 10^{-6} \text{ s} = 30 \text{ m}$, supponendo invece un errore di 10 ns si ottengono 3 metri.

A questo andrebbero poi aggiunti gli errori generati dai satelliti (errori sugli orologi atomici di bordo, errori prodotti dalla non perfetta conoscenza dei parametri orbitali dei satelliti), errori relativi alla propagazione nella ionosfera e troposfera ed errori del ricevitore (rumore interno e precisione). Va inoltre ricordato che con tali dati si otterranno le posizioni del ricevitore in diversi momenti. Utilizzando questi dati per il calcolo dell'accelerazione si otterranno comunque dei dati caratterizzati da un errore calcolato propagando quello relativo alle posizioni.

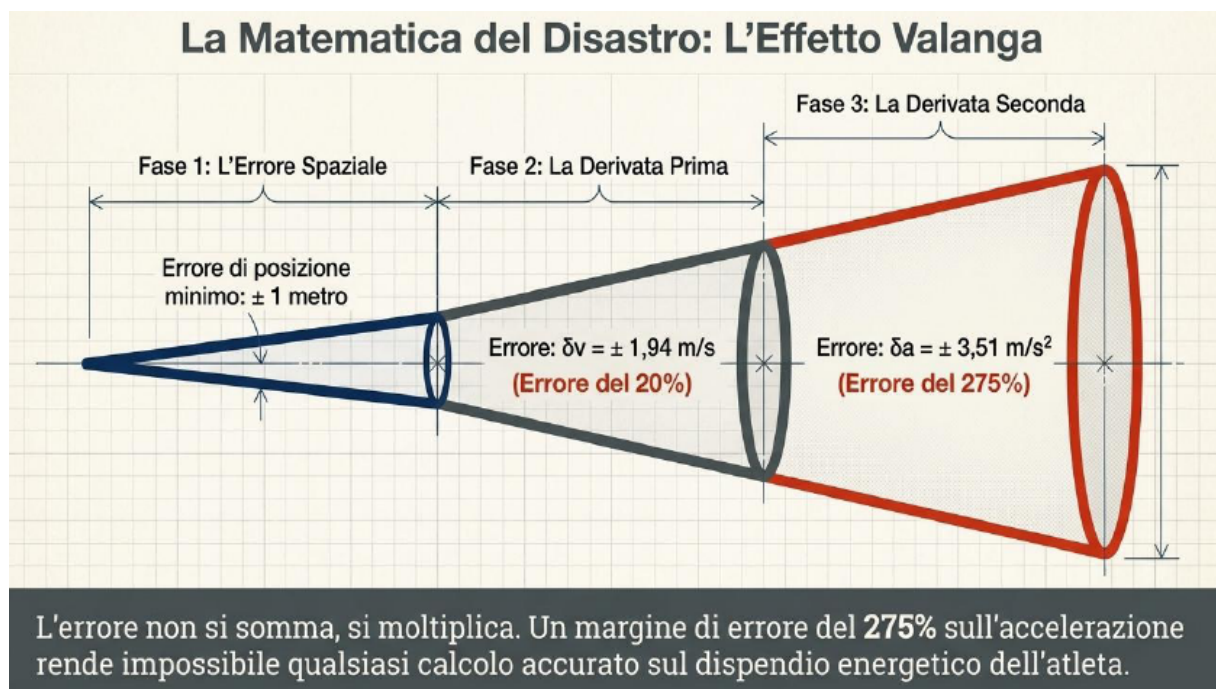
Il calcolo dell'errore sulle velocità è quindi:

$$\delta v = \frac{1}{t}(\delta x_f + \delta x_i)$$

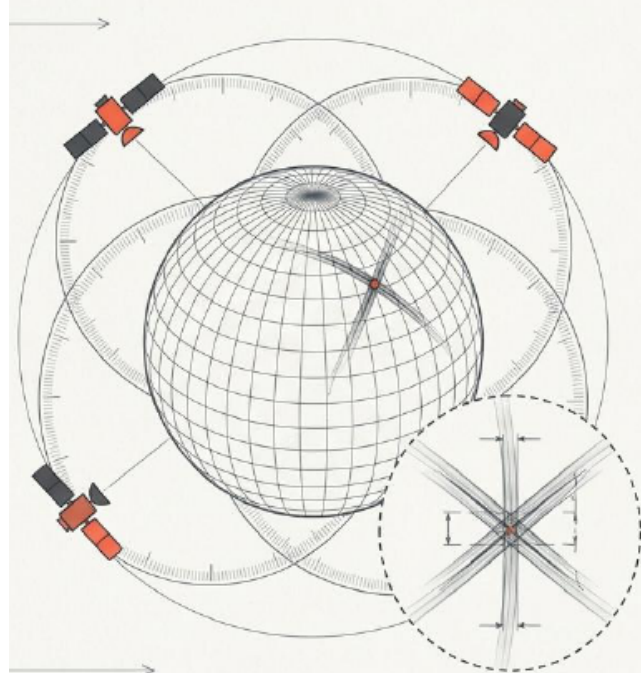
Di conseguenza il calcolo dell'errore sull'accelerazione sarà:

$$\delta a = \frac{1}{t}(\delta v_f + \delta v_i)$$

ciò significa che, supponendo anche un errore più piccolo dei 3 metri previsti, diciamo 1 metro, si otterrà: ad es. per una velocità di $9,71 \text{ m/s}$, per un δt di $1''03$, un errore $\delta v = \pm 1,94 \text{ m/s}$ (cioè di circa il 20%); per un'accelerazione di $1,27 \text{ m/s}^2$, per un δt di $1''03$, un errore $\delta a = \pm 3,51 \text{ m/s}^2$ (cioè circa del 275%).



Perché l'Errore Assoluto è Inevitabile



Il Principio

Il sistema calcola la distanza (R) misurando il ritardo del segnale radio (t) che viaggia alla velocità della luce ($c = 300.000 \text{ km/s}$).

L'Equazione

La posizione richiede l'intersezione di 4 sfere (equazioni a 4 incognite: x, y, z + offset temporale).

$$t = R/c$$

La Tolleranza Implacabile

Un minuscolo errore di sincronizzazione di soli 0,1 microsecondi (μs) genera un errore di posizionamento di 30 metri. ($3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \times 0,1 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 30 \text{ m}$).

Un errore di 10 ns genera un errore di 3 metri.

Validità ed affidabilità dei dispositivi GPS per la misurazione di alcune prestazioni motorie di alcuni sport

La combinazione di differenti procedure per la partenza e i dispositivi di avvio possono causare delle differenze molto grandi, che possono essere molte volte più grandi dei cambiamenti causati da anni di condizionamento. Vento, altitudine, temperatura, pressione barometrica e umidità possono, inoltre, combinare ed influenzare differenze di tempo su sprint brevi.

Le più precise attrezzature utili per il monitoraggio delle prestazioni di sprint sono i sistemi di cronometraggio completamente automatico, le fotocellule “dual-beamed”, le pistole laser ed i video ad alta velocità.

Gli attuali sistemi “global positioning systems” (GPS), vengono utilizzati sulle lunghe distanze ma con scarsa affidabilità che è ancora maggiore sulle brevi distanze (di seguito verranno dati alcuni esempi).

Alcuni sistemi di cronometraggio

- I sistemi basati su RFID e chips trovano applicazione soprattutto nelle gare di sci, ciclismo e maratone, e presentano i vantaggi di grande precisione nel rilevamento del tempo e la possibilità di registrare anche dati intermedi durante la prestazione.
- I sistemi basati sulle telecamere ad alta velocità ed i sistemi di videoanalisi, trovano applicazione negli eventi di breve durata con grande precisione dei dettagli, e presentano i vantaggi di valutazioni dettagliate anche in intervalli brevissimi, simultaneità tra atleti, e grande accuratezza dei dettagli.
- I sistemi basati su sensori laser e rilevatori ottici trovano applicazione soprattutto nelle discipline veloci e quelle che utilizzano attrezzi che vengono rilasciati, e presentano i vantaggi di tracciare immediatamente i movimenti e degli attrezzi con caratteristiche di estrema precisione ed uso anche in ambienti complessi e condizioni di luce variabile.
- I sistemi basati su GPS trovano applicazione in eventi su lunghe distanze, e presentano i vantaggi di raccogliere immediatamente i dati di posizione e del tempo ma non con estrema precisione e risentono di numerose interferenze del segnale.

In particolare il Coni effettua l'analisi cinematica con l'ausilio di strumentazioni come la cinematica 3D, il treadmill strumentato, il sistema di rilevamento ottico a barre, le fotocellule e il velocimetro radar; in questo modo vengono studiate le traiettorie, la frequenza e l'ampiezza del passo, misurati i tempi di contatto e di volo del passo, della percorrenza, e, quindi, la velocità e l'accelerazione del gesto tecnico eseguito dall'atleta.

Matrice Diagnostica delle Tecnologie di Rilevamento

Tecnologia	Precisione	Vantaggio Principale	Caso d'Uso Ideale
Sistemi RFID / Chip	Alta	Dati intermedi simultanei	Sci, Ciclismo, Maratone
Sensori Laser / Fotocellule	Altissima ($\pm 10^{-4}$ s)	Tracciamento immediato esatto	Sprint, Cinematica 3D
Video ad Alta Velocità	Altissima	Dettaglio biomeccanico assoluto	Eventi brevi, Simultaneità
Global Positioning System (GPS)	Bassa	Dati posizionali continui	Orientamento lunghe distanze

I GPS integrati

I più moderni dispositivi GPS misurano durante la prestazione parametri fisiologici come la frequenza cardiaca, ma la sua vera funzione, grazie alla geolocalizzazione, è di determinare la sua posizione; poi tutto il resto è una conseguenza di questo dato. In pratica il sistema rileva la posizione iniziale A ed il tempo, poi rileva la posizione finale B ed il tempo intercorso, calcola la distanza percorsa e poi calcola la velocità media come rapporto incrementale, poi calcola l'accelerazione media dalla variazione di velocità. Questi dati vengono trasmessi, poi, a specifici software in grado di schematizzare i risultati (per esempio per atleta o ruolo) e, a seconda del modello, permettere diverse azioni di comparazione, analisi e reportistica e per modulare i carichi e le strategie d'allenamento, migliorare le prestazioni degli atleti e prevenire l'insorgenza di infortuni o favorirne il recupero.

Ma questi GPS sono affidabili? Quale percentuale di errore hanno nelle loro misurazioni? Possono ricavare dati per lo studio di alcuni parametri energetici?

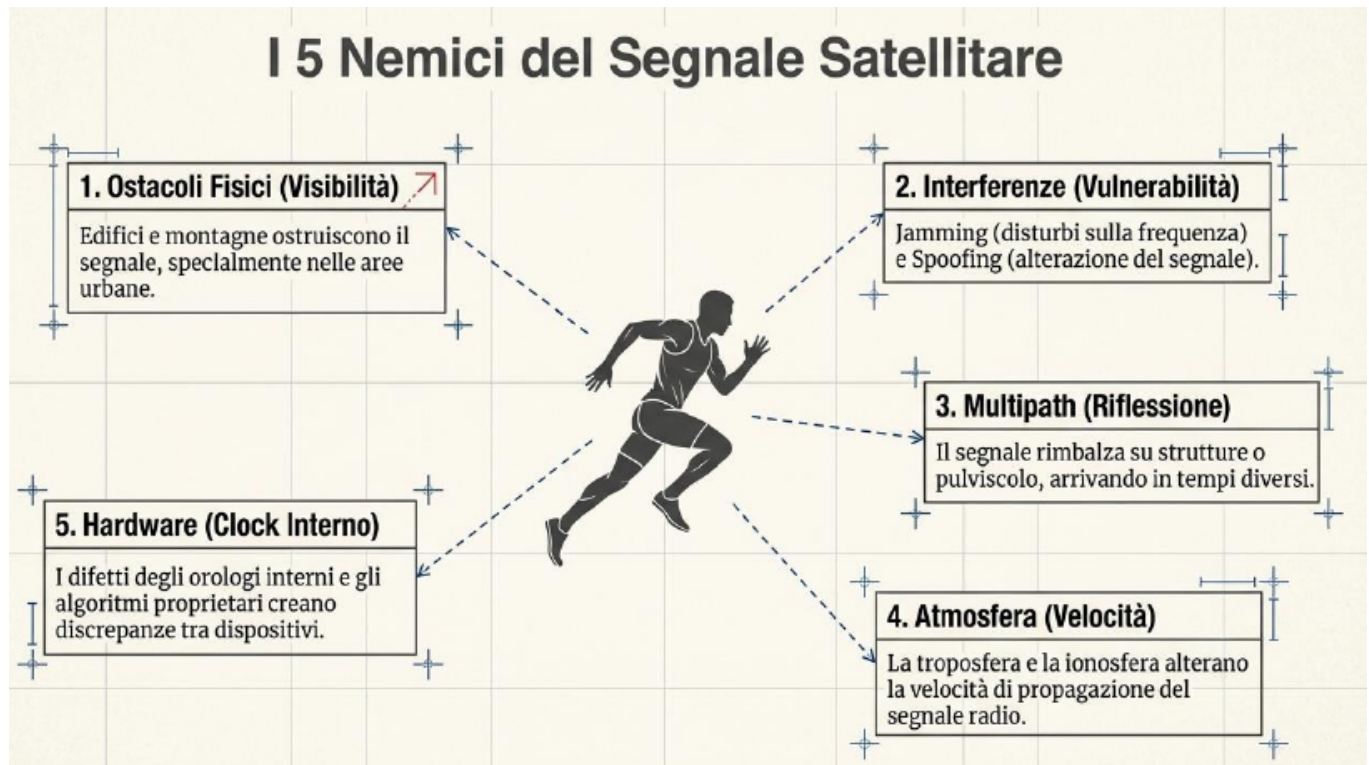
Le risposte più avanti.

I limiti del cronometraggio GPS

In questo paragrafo verranno presentati i limiti di questo mezzo.

1. **Visibilità del segnale** - Come detto precedentemente i GPS devono avere una visione satellitare chiara. Pertanto in aree urbane o in aree con molti ostacoli, come edifici alti o montagne, i segnali possono essere ostruiti o alterati, influenzando la ricezione satellitare del segnale. Ciò può portare a una ridotta accuratezza e precisione delle informazioni sui tempi fornite dal GPS.
2. **Vulnerabilità del segnale** - I segnali GPS sono vulnerabili alle interferenze, che possono portare a jamming o spoofing. Quando un segnale viaggia sulla stessa frequenza del GPS causa interferenze e quindi disturbi al ricevitore GPS; in particolare lo spoofing comporta l'alterazione della trasmissione del segnale ad un GPS ricevitore con il risultato che quest'ultimo riceve informazioni temporali imprecise.
3. **Riflessione del segnale e percorso multiplo** - Montagne, edifici alti, ed altri ostacoli (dalle chiome degli alberi al pulviscolo atmosferico etc.), determinano per il segnale un percorso multiplo. Quando al GPS ricevitore giungono più segnali in tempi diversi, si determinano imprecisioni nelle informazioni temporali che alterano la precisione del GPS. Questo si verifica specialmente nelle aree urbane o nelle aree dove sono presenti molti ostacoli per il segnale.
4. **Precisione del segnale** - Varie situazioni possono influenzare la precisione del GPS; oltre a quelle precedentemente elencate, si hanno alterazioni in particolare della velocità del segnale che viene condizionato anche dalle condizioni atmosferiche, ma possono sussistere anche all'interno dello stesso strumento velocità del segnale dovute all'orologio interno che possono determinare variazioni temporali del segnale ed introdurre errori nelle informazioni temporali trasmesse con conseguenti errori nei calcoli del software.

5. Precisione del GPS – L'impostazione temporale della ricezione del segnale può essere diversa tra marche di GPS diverse, così come la tecnologia costruttiva diversa tra marche di GPS comporta un'altra diversità di risultato. Marche diverse possono ricevere un segnale satellitare diverso, nel senso che ogni GPS riceve un solo tipo di segnale da un sistema a scelta o da più sistemi contemporanei, e tale condizione porta ad avere due strumenti appaiati che danno un risultato diverso. Alcune zone della terra sono più coperte dalle traiettorie dei segnali rispetto ad altre, e questo influisce sulla precisione di registrazione del segnale. Il sistema GPS, in particolare su brevissime distanze, spezzetta la traiettoria curvilinea in segmenti rettilinei alterando la misura della distanza reale percorsa e quindi dando informazioni errate con i quali effettuare i calcoli di velocità ed accelerazione. Errori nel tracciamento si possono avere in quanto nei tratti brevi e lineari, o in presenza di interferenze (strutture vicine, meteo, etc.), i segnali GPS possono subire errori di triangolazione, rendendo inattendibile la distanza esatta percorsa.



Riassumendo i principali fattori che alterano la precisione del GPS sono:

- La qualità del segnale che dipende fortemente dalle caratteristiche dell'ambiente.
- Gli algoritmi utilizzati dalle varie marche per il trattamento ed uso dei dati

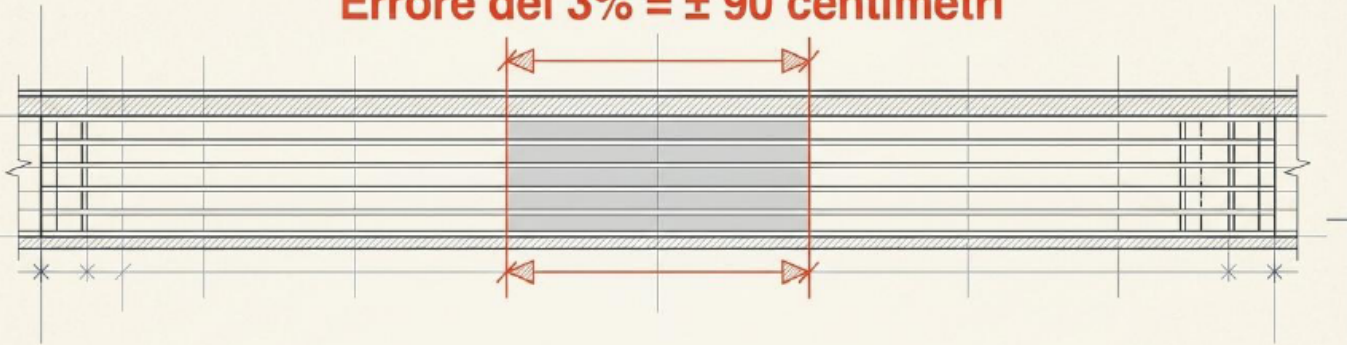
Perché non si usa il GPS in atletica leggera?

Nelle gare di corsa la partenza viene data tramite un sistema ufficiale (FAT - Fully Automatic Timing) che collega direttamente la pistola dello starter al sistema di cronometraggio. Il GPS manca del sistema di sincronizzazione con la partenza che si basa, invece, sul movimento rilevato dal sensore, che ha un ritardo intrinseco e non può garantire la precisione al centesimo richiesta dai regolamenti della World Athletics. Principalmente a causa della sua insufficiente precisione temporale e dei tempi di latenza nel campionamento dei dati, che lo rendono inaffidabile soprattutto a velocità elevate (nei 100m i migliori superano i 12 m/s e quindi superano i 40 km/h, mentre nelle maratone amatoriali la media è inferiore ai 10 km/h), il GPS non viene utilizzato per cronometrare i 100 metri (e le gare di velocità in generale), perché la sua precisione è del tutto insufficiente per le frazioni di secondo richieste dall'atletica leggera; in una gara dove la vittoria si decide per millesimi, il GPS presenta limiti tecnici insuperabili. Nelle gare in pista dove vengono effettuati più giri, l'imprecisione spaziale è gigantesca in quanto l'errore su un giro, si moltiplica per il numero dei giri che la gara prevede e, inoltre, durante la gara sorpassi e tratti percorsi non alla corda (il limite interno della prima corsia), porterebbero a misurazioni che allungherebbero o accorcerebbero (in maniera diversa per ogni atleta) il momento del raggiungimento della distanza di gara e quindi mai sulla linea del traguardo ufficiale.

Nelle gare su strada il GPS potrebbe essere utilizzato solo per dare informazioni relativamente alla posizione del soggetto rispetto ad altri concorrenti. Ma è storia di qualche giorno fa che durante le prove di qualifica della Formula 1 in Cina (disciplina avanzatissima a livello tecnologico), al momento dell'uscita dai box il GPS dava Hamilton avanti a Russel mentre la TV inquadrava la posizione reale che era invertita, stimolando i commentatori sull'uso del GPS in Formula 1 che al limite può essere ricondotto solo alla visione generale computerizzata della posizione delle macchine sul circuito durante la gara.

La Prova della Pista: Perché l'Atletica Rifiuta il GPS

Errore del 3% = ± 90 centimetri



Il Divieto

La World Athletics non ammette il GPS per il cronometraggio ufficiale. Manca la sincronizzazione FAT (Fully Automatic Timing) con lo sparo e soffre di eccessiva latenza.

La Matematica dello Sprint

Un errore commerciale del 3% su uno sprint di 10 secondi significa che il tempo registrato oscillerà in maniera imprevedibile tra 9"70 e 10"30.

L'Impatto Reale

È la differenza tra vincere una batteria regionale e dominare una finale dei Campionati Mondiali. Su 30 metri, l'errore non è di 10 cm, ma di ben 90 centimetri.

Conclusioni sui limiti e realtà del GPS nello Sport: Quanto è preciso?

Il sistema di posizionamento globale (in inglese Global Positioning System, da cui l'acronimo GPS) è nato negli USA per scopi militari e la sua precisione è di circa 30cm; proprio per tali scopi la precisione "rilasciata" per altri usi non è inferiore all'1%. Per uso civile viene introdotto un "errore" che fa diminuire la precisione. Inizialmente tale errore dava rilevazioni con una tolleranza anche di ± 50 m, scesi poi a ± 5 m anche grazie a tecniche di interpolazione e all'aggiunta (per i dispositivi che lo supportano) del sistema europeo EGNOS.

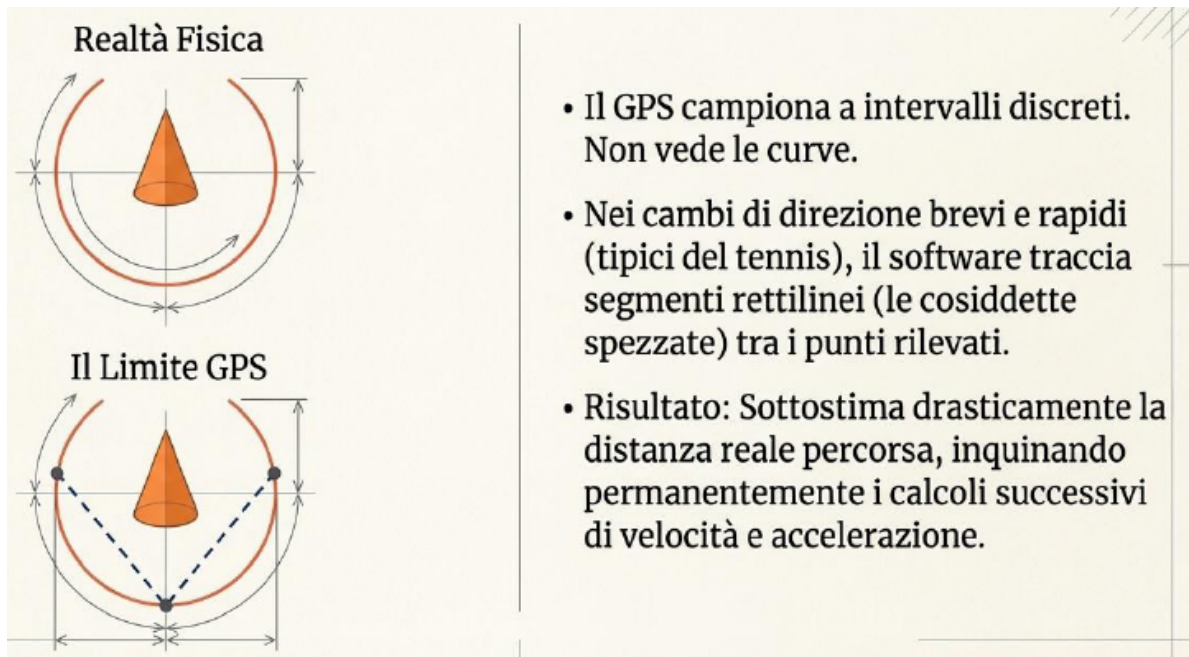
Pertanto i sistemi commerciali hanno, per questioni di costi, una percentuale d'errore superiore, che varia dal 3 al 5% o più a seconda del prezzo.

Purtroppo molte persone non sono molto avvezze a far di conto e spesso considerano accettabili quelle che considerano piccole discrepanze dei dati del GPS rispetto a quelli di altri sistemi di misurazione. Una differenza di qualche decimo di secondo sembra trascurabile, ed invece non lo è assolutamente.

Si pensi che per una misura sui 10 metri di 1"5 con le fotocellule, una misura di 1"2 o di 1"8 col GPS rappresenterebbe un errore del 20%!!! (Altro esempio: per una misura sui 10m di 2" con le fotocellule, una misura di 1"8 o di 2"2 con il GPS rappresenterebbe un errore del 10%).

È ammissibile un errore così elevato? Quale valore possono avere i dati ricavati di velocità ed accelerazione partendo da un errore d'origine di tale portata?

A questo punto si provi ad immaginare, di conseguenza, quale può essere la precisione delle misure cinematiche in un circuito dove siano presenti dei cambi di direzione e di verso girando attorno a dei coni, eseguendo, quindi, delle curve che il GPS "non considera" in quanto esegue solo dei rilevamenti lineari, in pratica delle "spezzate".



Si ricordi che la velocità è una grandezza che definisce il tasso di cambiamento di posizione di un corpo in funzione del tempo e che la sua variazione è definita accelerazione. In termini differenziali quest'ultima è pari alla derivata rispetto al tempo della velocità; di conseguenza un errore relativo alla misurazione della posizione e del tempo inficia il reale valore della velocità e di conseguenza quello dell'accelerazione (sarebbe utile rileggere la parte al riguardo della mia precedente relazione). Relativamente ad un soggetto in movimento, un GPS può individuarne la posizione iniziale, poi quella successiva, misurarne la distanza percorsa, il tempo impiegato per percorrerla, ricavarne la velocità media ed infine l'accelerazione media (mica utilizza equazioni particolari!).

Un errore del GPS del 3% sulla misurazione di 100 metri eseguiti di corsa alla massima velocità, equivarrebbe, per una misura di 10", ad una possibilità di errore che va da 9"70 a 10"30". In pratica dal vincere una batteria ai campionati italiani, alla vittoria in finale ai campionati mondiali; non mi sembra un valore tanto trascurabile! Provate, quindi, ad immaginare cosa si può ricavare dal calcolo dell'accelerazione partendo con un errore d'origine di tale entità.

Per questa ragione non è possibile ammettere un tale margine d'errore, e, concludendo, mi chiedo: sarà per questo che non vengono testati su tratti misurati in pista e con le fotocellule?

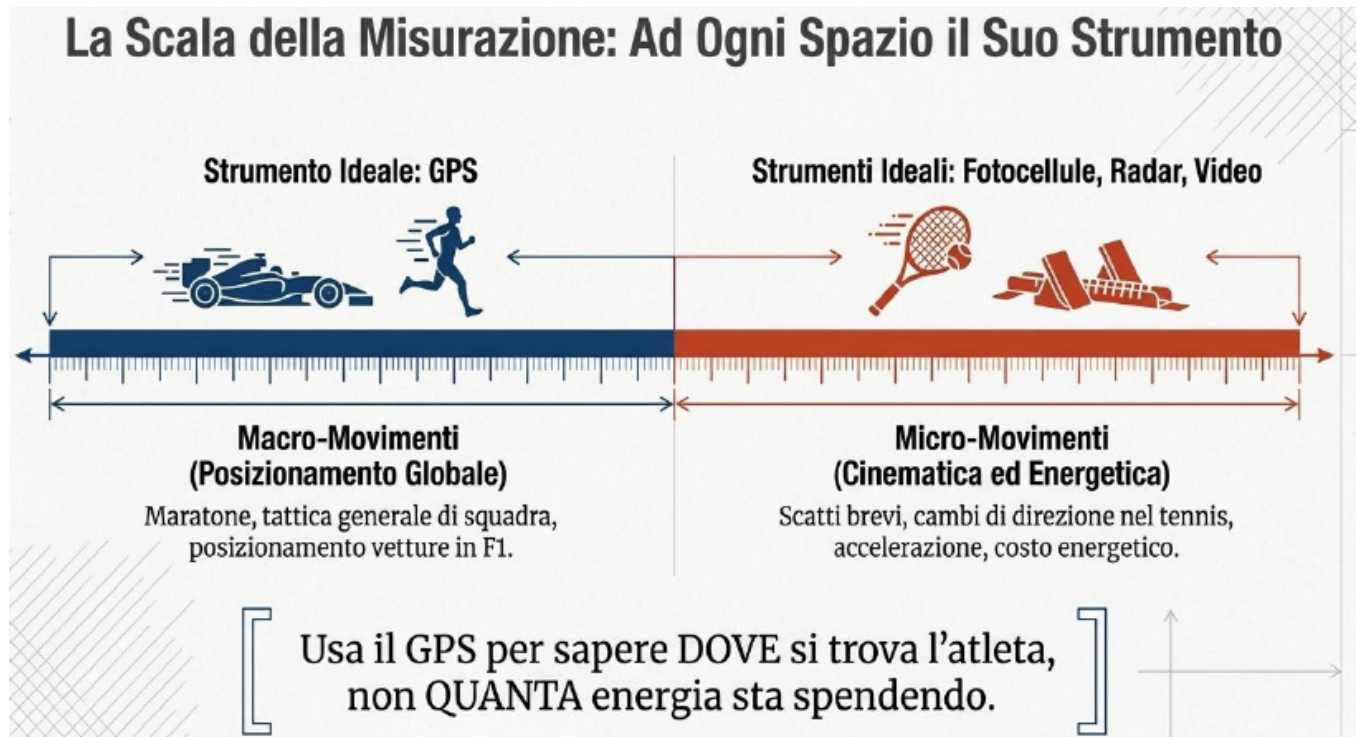
Ma facendo un paragone con un cronometro ci si faccia una domanda: chi utilizzerebbe uno strumento con un errore standard del 5% che comporterebbe per una misura di 10" un errore di ben mezzo secondo? Per conoscenza si riporta che alla fine degli anni '70 del secolo scorso, in atletica e nello sci i cronometri digitali collegati alle fotocellule avevano, in genere, un margine di errore di $\pm 10^{-4}$ s e permettevano di misurare una velocità di 25 m/s su un tratto di 2 metri con un'imprecisione massima di $\pm 0,031$ m/s (cioè dello 0,124%); oggi dopo oltre 30 anni si afferma di essere precisi utilizzando apparecchiature con un'imprecisione di oltre $\pm 2\%$; il progresso!

E, comunque, basterebbe guardare le gare di ciclismo per verificare come i valori del GPS non concordino con le segnalazioni sulle strade o le indicazioni delle moto e delle auto dell'organizzazione, oppure come in formula 1 siano utilizzati esclusivamente per dare indicazioni sulla posizione delle auto sul circuito e non per ricavare dei parametri cinematici.

Tra le ultime "affermazioni scientifiche" è stato sorprendente venire a conoscenza che i GPS misurano la velocità e che le distanze sono misure derivate! È vero, invece, che in fisica la velocità è una grandezza che definisce il tasso di cambiamento di posizione di un corpo in funzione del tempo. Essa è una grandezza derivata dato che deriva dal rapporto tra spazio e tempo e rappresenta la "rapidità con cui la posizione di un corpo cambia nel tempo".

Si sappia che i GPS sono delle apparecchiature che ricevono informazioni sulle "coordinate geografiche ed orarie" relative al punto in cui esso si trova (e quindi di un oggetto o una persona cui esso è posizionato), e nel caso questo si sposti, misura la distanza tra i due punti ed il tempo intercorso a percorrere tale spazio. Nel caso un'apparecchiatura incorpori un GPS ed un processore ad esso collegato, è possibile ricavare altri valori (quindi derivati) come, ad esempio, la velocità.

Ma cos'altro ci si può aspettare da chi dice che un GPS con un errore del 2-3% "commette su una distanza di 30 metri un errore di 10 massimo 15 centimetri"? Con un semplice calcolo aritmetico ci si può rendere conto che si tratta dell'ennesima inesattezza in quanto, per un errore del 3%, il risultato è di 90 centimetri! Perché è stata data una misura così falsa? Trattasi d'ignoranza o ... altro? Siamo buoni, si tratta, probabilmente, di non conoscere il calcolo percentuale (anche questo), e così, come in altre situazioni, "sono stati dati i numeri".



Dicono del GPS

Il GPS poi è un oggetto del tutto inutile, dato che su un percorso da 9Km ho avuto un giorno 8,12 e l'altro 8,60Km senza che il sistema indicasse la perdita del segnale.

Non conosco un atleta runner professionista che usi il GPS.

Un articolo del New York Times afferma che sempre più top runner hanno abbandonato il GPS.

Più è basso il livello dei runner amatoriali più è elevato l'uso ed il costo dei GPS utilizzati.

Non esiste gara di corsa nella quale i concorrenti non lamentino un'impresione della misurazione rispetto alla misurazione del proprio GPS.

L'orologio dei ricevitori GPS è molto meno sofisticato di quello a bordo dei satelliti e deve essere corretto frequentemente; la sincronizzazione avviene all'attivazione del dispositivo ricevente che a volte necessita di un po' di tempo. Le lamentele sono che i GPS devono continuamente essere ritirati in fase di ricarica per essere sempre in grado di fornire al meglio i segnali satellitari, ma poi quando tutto è a posto ... quel giorno il cielo è nuvoloso ed i dati si sballano di nuovo.

Conclusioni finali

Ed allora visti i limiti di questo sistema dei cui dati non possiamo fidarci, cosa bisogna fare? Buttare i GPS? No, bisogna cambiare prospettiva e passare da un consumo passivo dei dati ad una analisi più critica ed intelligente.

Ad esempio utilizzare un GPS nel rugby è utile per conoscere la posizione del giocatore in campo non certamente per conoscerne il costo energetico visto che in una mischia gli atleti coinvolti hanno dei piccoli movimenti e pertanto per il GPS lo sforzo sarebbe pari quasi a zero. Bisogna letteralmente avere coraggio per dire ad un pilone che in mischia non si fatica.

Banalmente: il GPS è nato, progettato e realizzato per le bombe e i missili e la precisione è quella. Se un missile colpisce 5/10 metri più in là dopo un volo di 2000km ha centrato l'obiettivo pienamente. Quando una nave in mezzo al mare ha una posizione con 10 metri di scarto, sa perfettamente dove sia. Tutte le aggiunte e le interpolazioni, dovute principalmente ad artifici oppure al supporto di sensori diversi, non

rendono il sistema più preciso ma lo rendono commercialmente vendibile. Con l'auto, il navigatore sa dove siamo perché costantemente verifica attraverso accelerometri+giroscopi quando giriamo e così allinea costantemente i dati del GPS e quello degli altri sensori. Per scoprire quanto sia inaffidabile basta uscire dalla cartina (ad es. in un campo) e guardare il navigatore: la posizione dell'auto "salta" di parecchie decine di metri da una strada all'altra mentre il sistema cerca di indovinare su quale strada siamo.

Riepiloghiamo, quindi, i concetti fondamentali: il GPS ci dice dove siamo; la velocità e l'accelerazione sono un calcolo derivato e per questo possono contenere errori enormi, pertanto possono andar bene su una gara di 10km ma non sono assolutamente precisi ed affidabili su una gara di 100m. La parola chiave è consapevolezza; essere consapevoli è fondamentale anche per evitare situazioni quasi surreali legati all'uso dei GPS che sono vere forme di dipendenza, per non parlare dell'esistenza di veri integralisti fondamentalisti del GPS per i quali il mito della precisione passa per questo attrezzo senza il quale tutto è relativo ed a lui ci si affida ciecamente per avere indicazioni per guidare l'allenamento.

Si racconta di una persona che prendeva parte a gare su strada amatoriali che effettuava delle prove di corsa in pista fermandosi sempre a diversi metri dal traguardo. Alla domanda perché lo facesse la risposta è stata "che il GPS indicava in quel punto la distanza".

Ricordo che una pista di atletica è la struttura più precisa per le distanze di corsa, eppure ...

Si tratta di una situazione al limite del surreale, esempio perfetto di fiducia cieca nel dato digitale a discapito della realtà fisica, ed alla fine tutto si riduce a una domanda che va oltre la tecnologia e tocca il cuore del nostro modo di allenare ed allenarci: lo si fa per migliorare davvero ascoltando quello che dice il corpo e guardando i risultati reali o si tratta di essere diventati schiavi di numeri che come si è visto potrebbero essere non così precisi come crediamo?

Comunque vorrei precisare che non condanno assolutamente l'uso dei GPS per conoscere i dati di posizione, velocità ed accelerazione di un soggetto, dico solo che non sono precisi (e di molto) e quindi è necessario tenerne in considerazione riguardo all'uso che di essi si vuole fare. Ricordo che partendo da un dato errato ed effettuando poi una serie di calcoli il dato finale è decisamente inaffidabile; quando poi si vuole utilizzare questo strumento per ricavare indicazioni di tipo energetico, sarebbe il caso di verificare che i presupposti teorici su tali affermazioni siano esatti (magari consultando qualche professore universitario di fisica, o di materie collegate a questi argomenti), perché quando una certa tesi al riguardo fu confutata più di dieci anni, da allora nessuno è stato in grado di ribattere alla tesi avversa e, come al solito, il silenzio creato artatamente ha finito per non disturbare chi ne promuoveva l'uso.

In conclusione, per approfondire gli argomenti fin qui trattati, consiglio, di rivolgersi ad "esperti indipendenti"; chiedereste mai al gestore di un ristorante nel quale vi apprestate ad entrare: "si mangia bene qui?"

I Tre Assiomi della Rilevazione Sportiva

$$\frac{d}{dx}$$

1. La Fisica Non Si Inganna

L'accelerazione è una doppia derivata rispetto al tempo. Un margine di **imprecisione spaziale** del **3%** si espande fino a invalidare totalmente il calcolo del dispendio energetico (errore **>200%**).



2. La Geometria Condanna il Segnale

Negli sport di agilità e potenza, le traiettorie non sono mai lineari. L'incapacità del GPS di tracciare curve reali (**effetto spezzata**) lo rende **incompatibile** con la cinematica del tennis.



3. Progresso Non Significa Precisione

Accettare un errore del **5%** in uno sprint significa tollerare deviazioni di **mezzo secondo**. L'atletica d'élite esige radar e fotocellule perché sui micro-movimenti il satellite perde contro il laser.