

1 Indicatori

Numerosi sono gli studi condotti al fine di comprendere lo stile di guida adottato dal conducente di un veicolo, tuttavia la maggior parte di questi si sono focalizzati sulle automobili. In questi articoli la componente z dell'accelerazione e le rotazioni attorno agli angoli di *rollio* e *beccheggio* sono stati trascurati in quanto ritenuti poco rilevanti per descrivere il comportamento dinamico dalle automobili. Una bicicletta, però, si muove in modo significativamente differente rispetto a un'auto. In particolare, durante le curve, la bicicletta ruota sia attorno all'asse di *rollio* che a quello di *beccheggio* mentre lungo l'asse z è possibile osservare la forza centrifuga.

Negli articoli consultati, gli indicatori più comunemente utilizzati sono risultati essere media, varianza e distanza picco-picco. Oltre a quelli citati, però, ne sono stati utilizzati degli altri. In particolare, l'articolo [1], riguardante lo stile di guida delle automobili, fornisce una lista molto completa di indicatori e sperimenta l'introduzione di nuovi come, per esempio, lo shape factor e il margin factor.

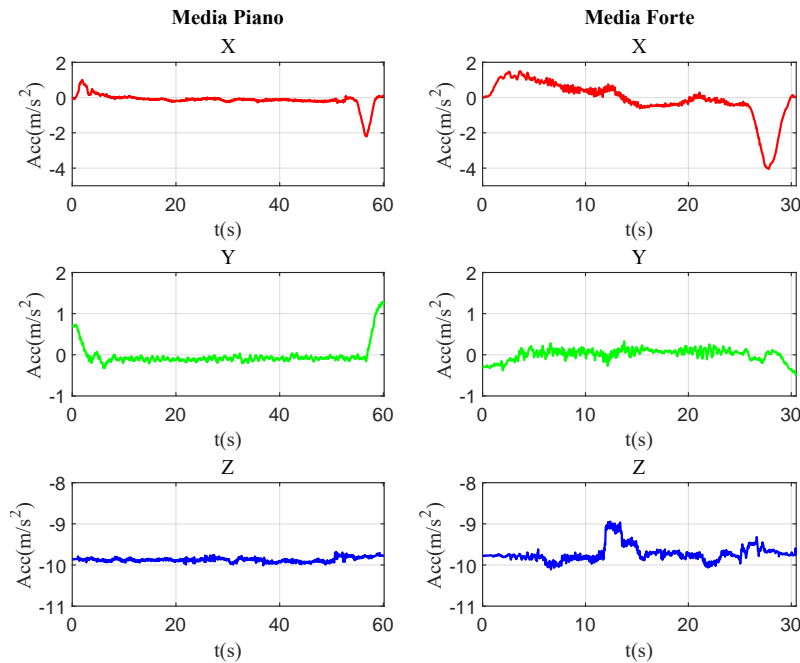


Figura 1: Media dei dati di accelerazione raccolti su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è possibile notare come le fasi di accelerazione siano più pronunciate adottando uno stile di guida aggressivo.

Durante questa ricerca sono stati utilizzati i seguenti indicatori:

- Indicatori temporali
 - Media (*mean*), Valor Medio Rettificato (*arv*) e Media Quadratica (*rms*)
 - Varianza (*var*) e Deviazione Standard (*std*)
 - Kurtosis (*krt*)
 - Skewness (*skw*)
 - Massimo (*max*), Minimo (*min*) e Distanza Picco-Picco (*pk*)
- Indicatori adimensionali
 - Shape factor (*sf*)
 - Crest factor (*cf*)
 - Impulse factor (*if*)
 - Margin factor (*mf*)
- Indicatori basati sulla frequenza
 - Ampiezza media (*amp*)
 - Frequency centroid (*cnt*)
 - Varianza delle frequenze(*fvar*)
 - Entropia spettrale (*ent*)

Questi indicatori sono stati applicati ai dati provenienti dall'accelerometro, dal giroscopio e dal magnetometro e alla velocità durante le fasi di accelerazione, curva e frenata. Di seguito verranno descritti gli indicatori che si sono rivelati più interessanti durante le tre fasi appena citate.

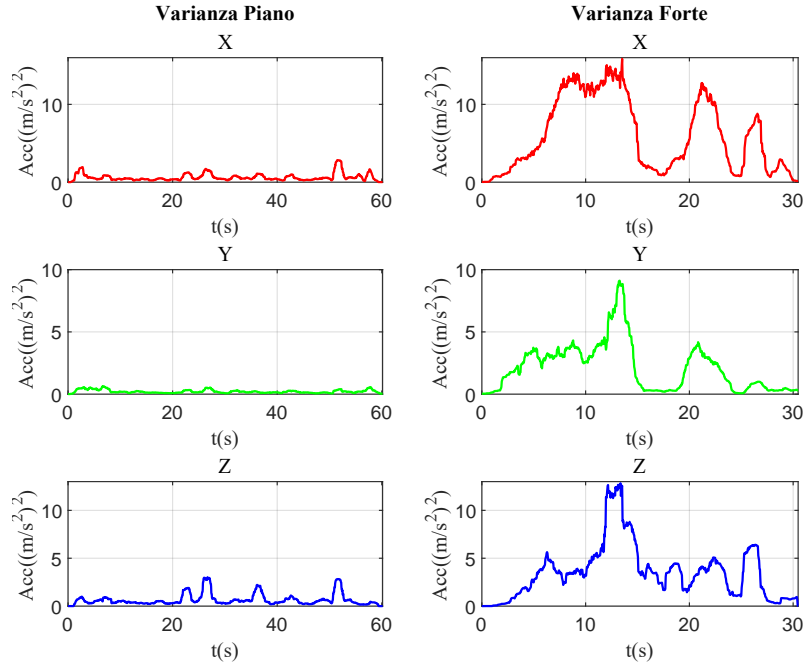


Figura 2: Varianza dei dati di accelerazione raccolti su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è possibile notare come le fasi di accelerazione siano più pronunciate adottando uno stile di guida aggressivo. Inoltre, sono osservabili anche le frenate. Sull'asse Y , invece, le frenate non sono osservabili.

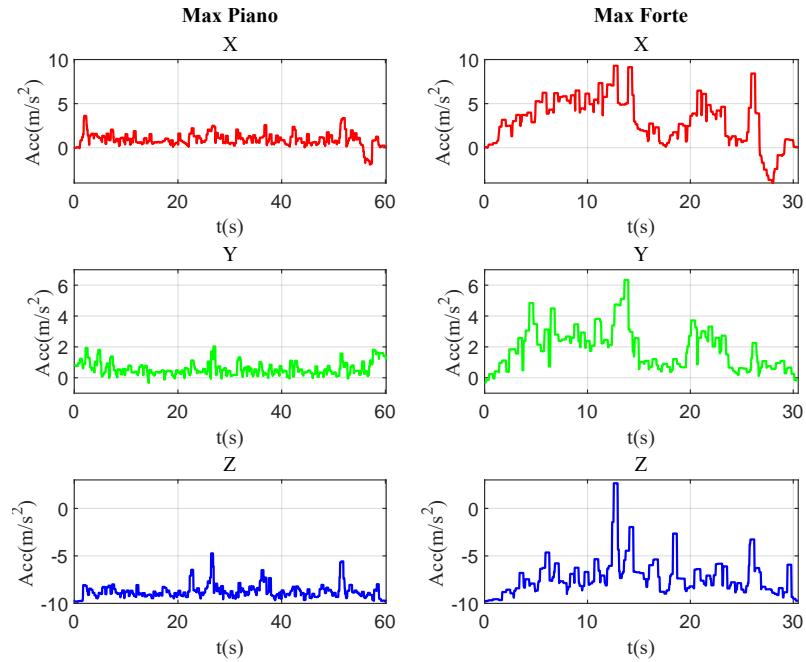


Figura 3: Valore massimo dei dati di accelerazione raccolti su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). L'andamento è simile a quello della varianza (Figura 2) con la differenza che le frenate sono evidenziate con un valore negativo.

1.1 Accelerazione e Frenata

Durante le fasi di accelerazione e frenata gli indicatori che si sono rivelati maggiormente utili sono:

- media accelerazione in x
- varianza accelerazione in x e y
- massimo accelerazione in x
- distanza picco-picco accelerazione in x e y
- varianza velocità in x
- distanza picco-picco velocità in x
- deviazione standard *rollio*
- distanza picco-picco *rollio*

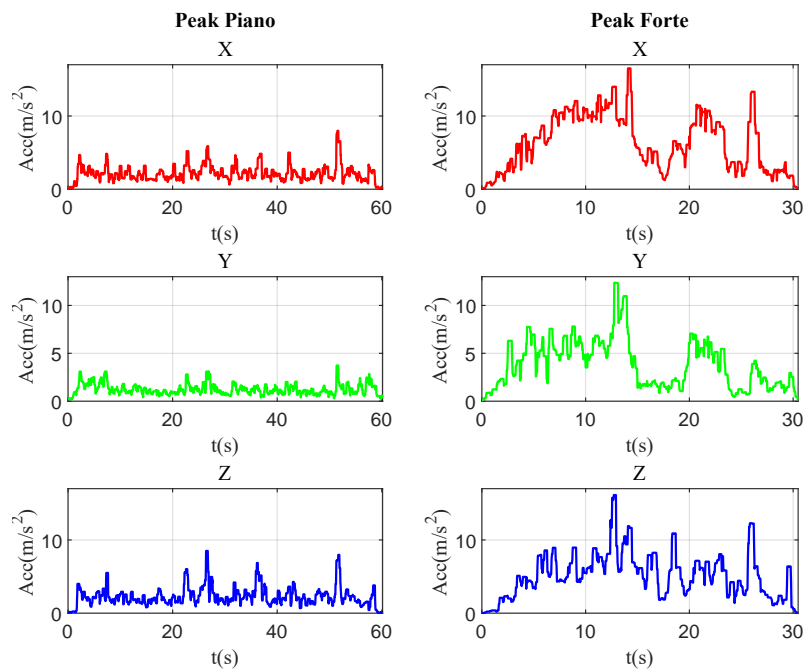


Figura 4: Distanza picco-picco dei dati di accelerazione raccolti su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). L'andamento è simile a quello della varianza (Figura 2).

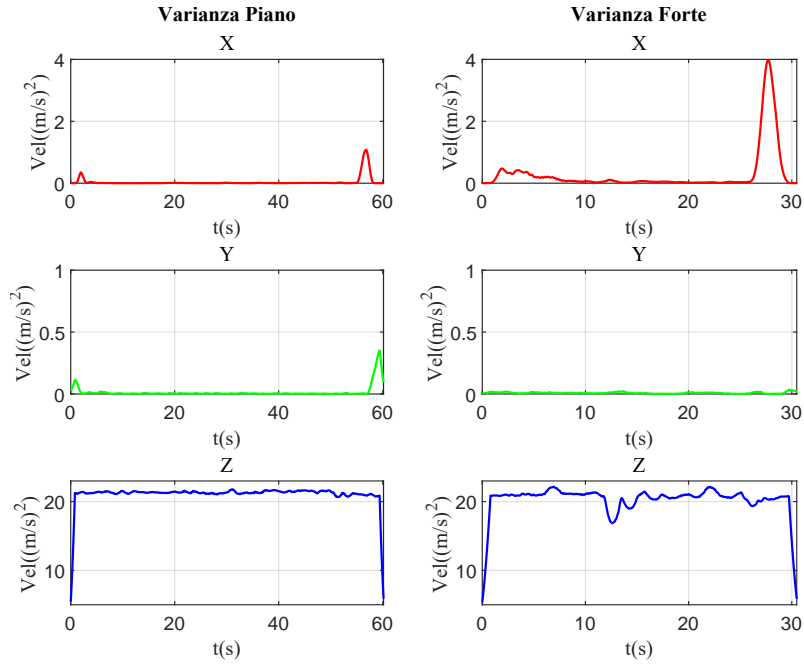


Figura 5: Varianza della velocità su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è possibile notare un picco in corrispondenza delle frenate. È, inoltre, possibile osservare un innalzamento in corrispondenza dei forti aumenti di velocità come, per esempio, quando la bicicletta parte da ferma.

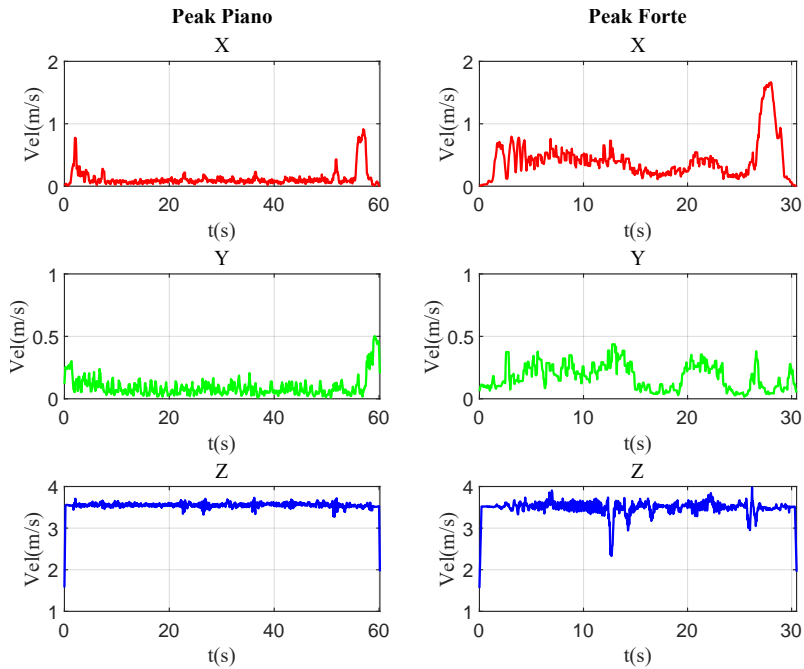


Figura 6: Distanza picco-picco della velocità su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è possibile notare un picco in corrispondenza delle frenate. Inoltre, sugli assi X e Y sono visibili le fasi di accelerazione.

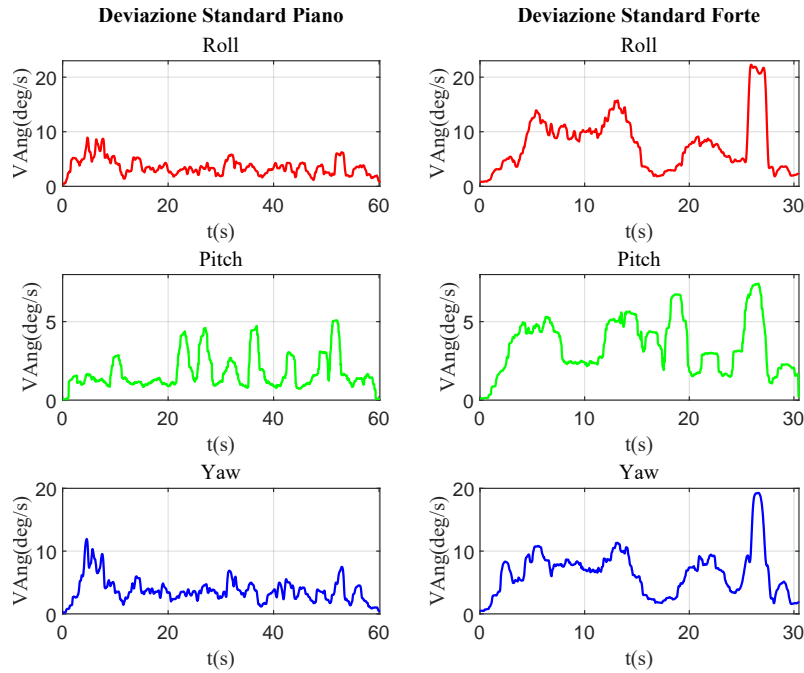


Figura 7: Deviazione Standard della velocità angolare su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sugli assi sono visibili le fasi di accelerazione. Il picco finale è dovuto a una leggera curva.

L'andamento medio dell'accelerazione in x , calcolata come media degli ultimi 1.6s, mostra un incremento durante le fasi di accelerazione della bicicletta che tende a diminuire fino a 0 all'aumentare della velocità. Risulta essere negativa solo nei momenti in cui il ciclista smette di pedalare, procedendo per inerzia, e quando frena. In quest'ultimo caso è visibile una netta e rapida diminuzione di questo parametro in funzione dell'intensità della frenata.

Per quanto riguarda la media rettificata, la media quadratica, la varianza e la deviazione standard dell'accelerazione lungo gli assi x e y hanno tutte un andamento molto simile. Di questi parametri è stata selezionata la varianza in quanto ha un range di valori più ampio e consente, quindi, una migliore identificazione degli eventi. In particolare la varianza lungo gli assi x e y è in grado di evidenziare lo sforzo del ciclista nel pedalare,

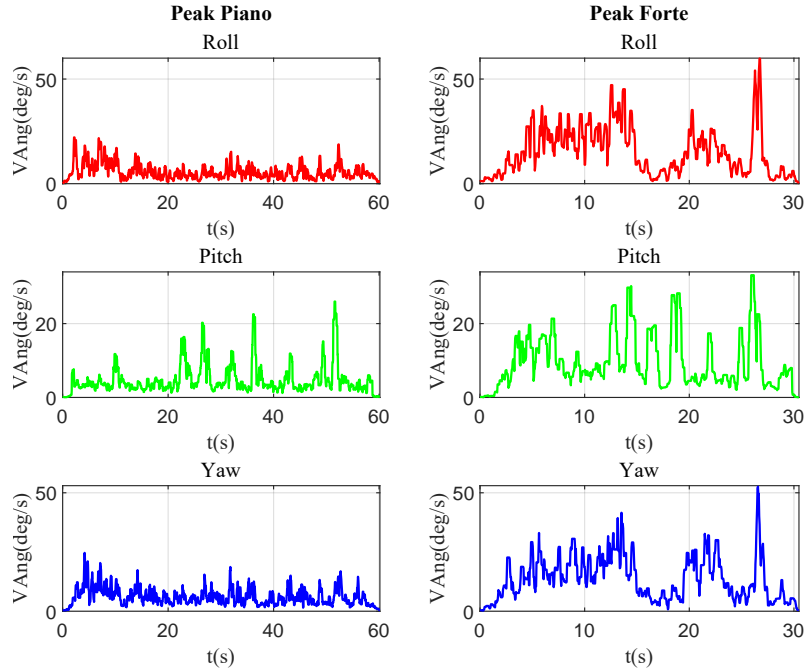


Figura 8: Distanza picco-picco della velocità angolare su un percorso rettilineo in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). L'andamento lungo i 3 assi è simile a quello della deviazione standard (Figura 7)

con valori tanto più elevati quanto più l'accelerazione lungo questi assi oscilla. La varianza dell'accelerazione in x è inoltre in grado di evidenziare le frenate. Anche il massimo dell'accelerazione in x si comporta come la varianza, con la differenza che le frenate vengono segnalate con un valore negativo più o meno evidente a seconda del numero di dati utilizzati per calcolarlo. Questo rende più facile distinguere le fasi di accelerazione dalle fasi di frenata.

Comportamento analogo a quello della varianza è stato osservato nella distanza picco-picco dell'accelerazione degli assi x e y .

Per quanto riguarda la velocità, sia la varianza che la deviazione standard identificano molto bene le frenate.

Come per l'accelerazione anche nel caso della velocità angolare dell'angolo di rollio la media rettificata, la media quadratica, la varianza e la deviazione standard hanno comportamenti simili che identificano bene la foga con cui il ciclista pedala, così come la distanza picco-picco del rollio.

Il campo magnetico, infine, non fornisce molte informazioni per quanto riguarda i percorsi rettilinei.

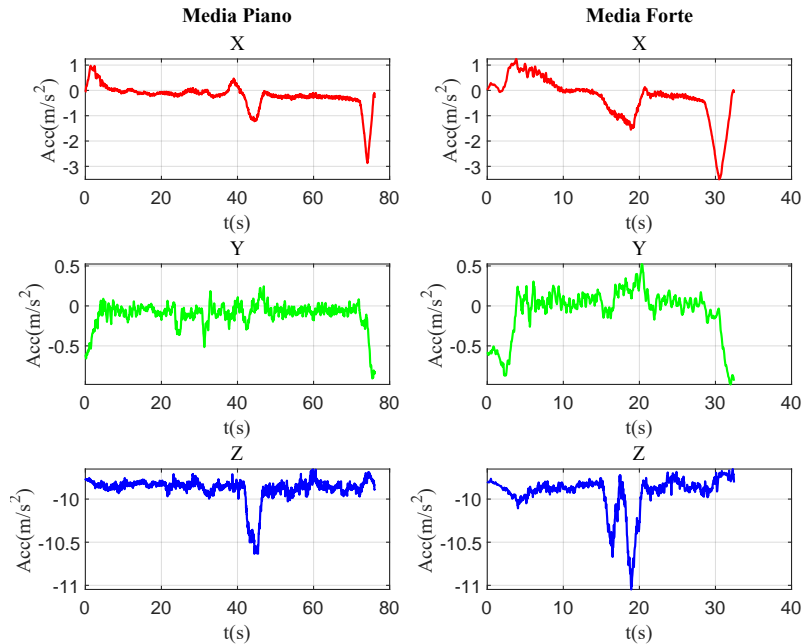


Figura 9: Media dell'accelerazione su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Oltre alle fasi di accelerazione e frenata anche la curva è visibile.

1.2 Curva

Durante la fase di curva gli indicatori che si sono rivelati maggiormente utili sono:

- media accelerazione in x
- varianza accelerazione in x
- varianza velocità in x

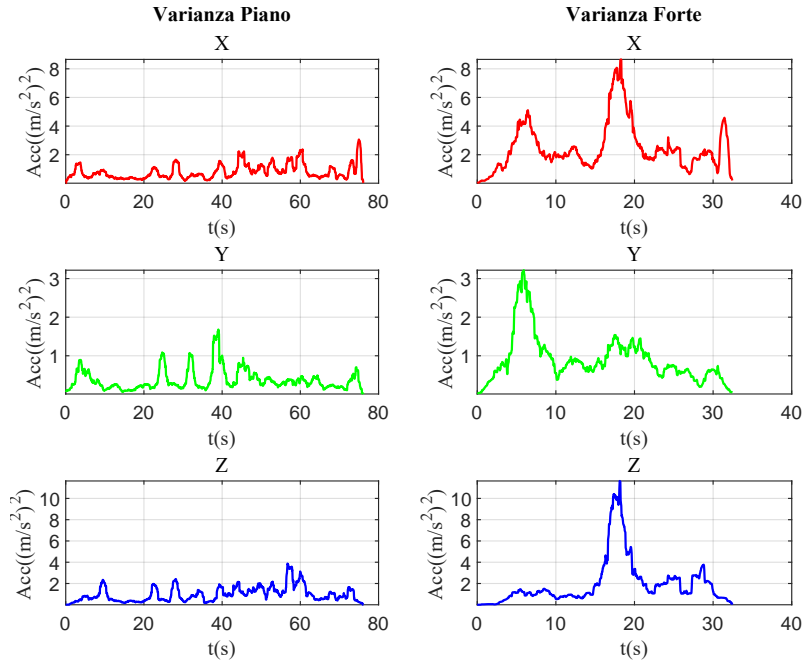


Figura 10: Varianza dell'accelerazione su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X , oltre alle fasi di accelerazione e frenata, anche la curva è molto evidente. Sull'asse Y le curve sono meno evidenti.

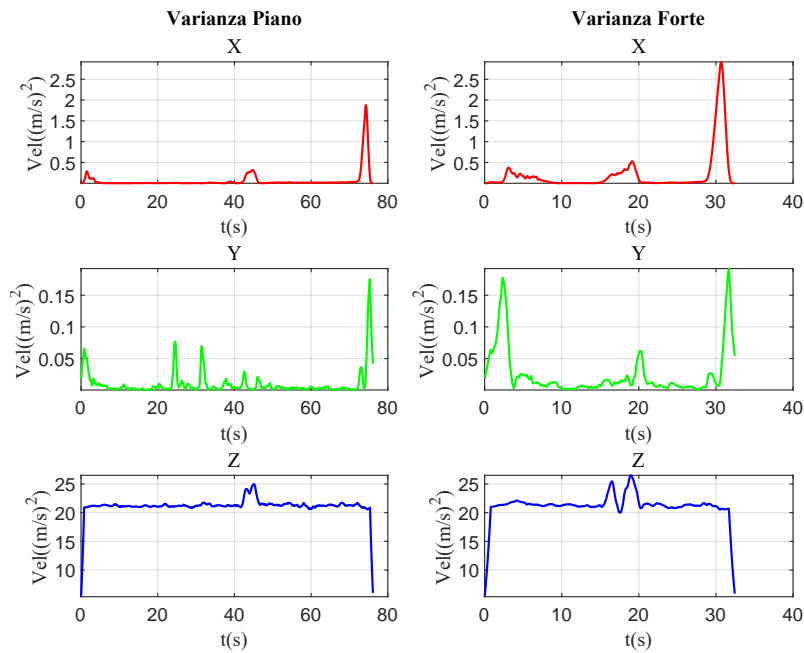


Figura 11: Varianza della velocità su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Della curva al centro è visibile l'effetto che essa ha sulla velocità della bicicletta.

- distanza picco-picco velocità in x
- media *beccheggio* e *imbardata*

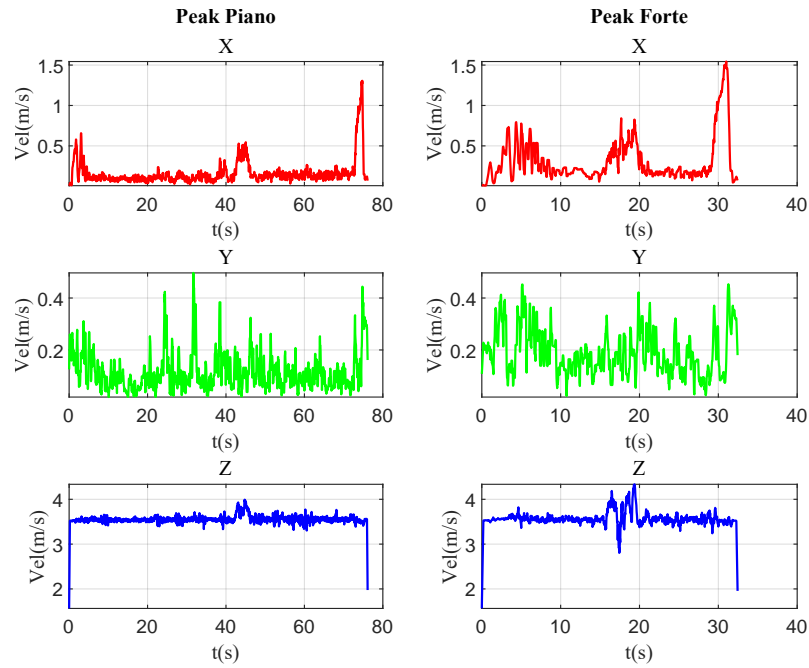


Figura 12: Distanza picco-picco della velocità su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Della curva al centro è visibile l'effetto che essa ha sulla velocità della bicicletta.

- deviazione standard *rollio* e *imbardata*
- massimo *beccheggio* e *imbardata*
- media campo magnetico in x
- varianza campo magnetico in x

L'accelerazione media lungo l'asse x mostra una decelerazione durante le curve, rendendo così possibile una loro identificazione.

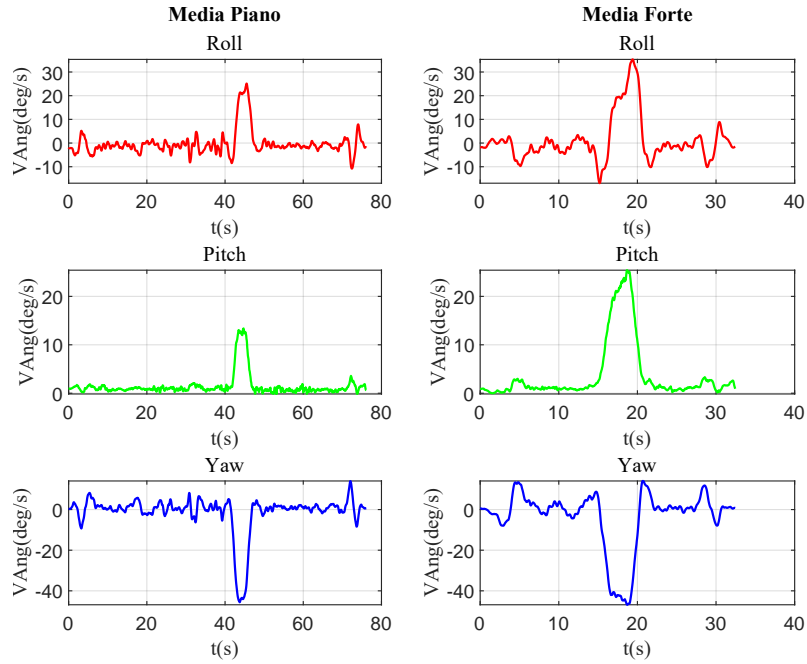


Figura 13: Media della velocità angolare su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse *Roll* sono visibili un picco negativo, all'inizio, e uno positivo, alla fine della curva. Sull'asse *Pitch* è visibile un picco sempre positivo tanto pronunciato quanto più la curva è percorsa velocemente. Sull'asse *Yaw* il picco è positivo quando la curva viene eseguita in senso orario, negativo altrimenti.

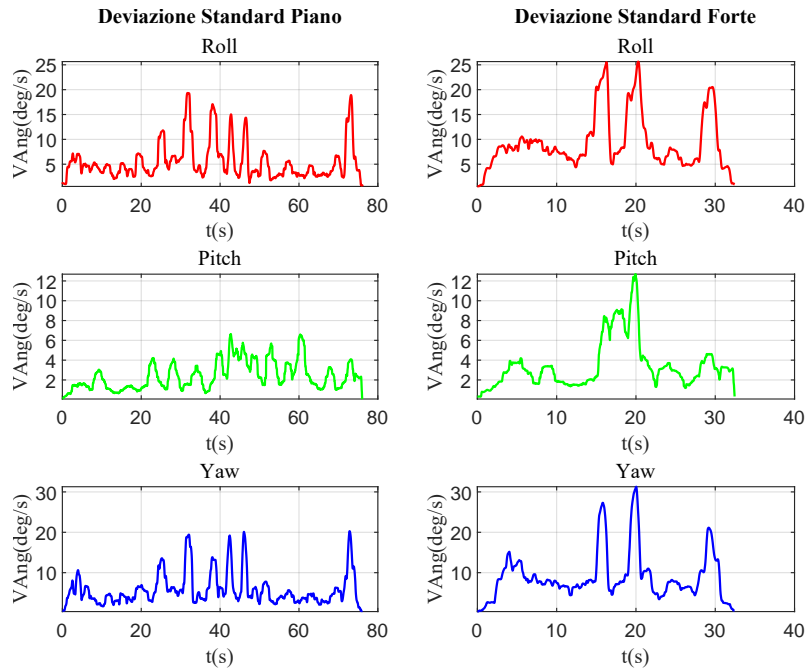


Figura 14: Deviazione standard della velocità angolare su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Oltre agli effetti dell'accelerazione sono visibili due picchi in corrispondenza dell'inizio e della fine della curva.

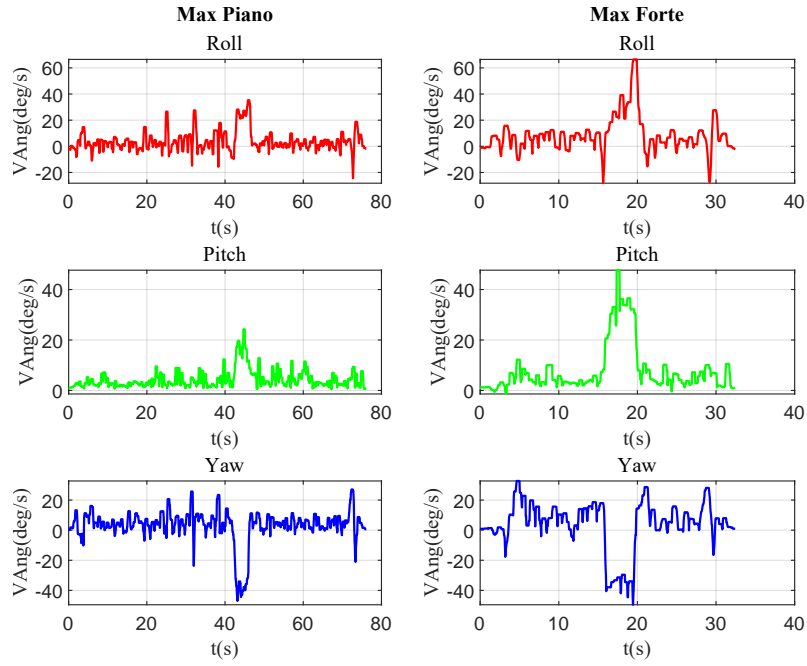


Figura 15: Massimo della velocità angolare su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). L'andamento è simile a quello della media della velocità angolare (Figura 13).

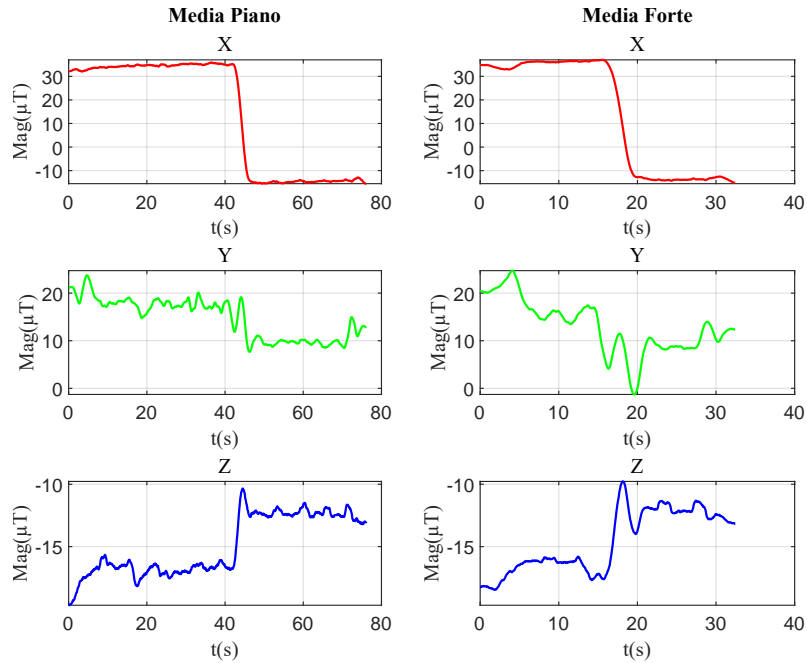


Figura 16: Media del campo magnetico su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è visibile il cambio di orientamento della bicicletta durante la curva.

Anche in questo caso media rettificata, media quadratica, varianza e deviazione standard dell'accelerazione lungo x hanno un andamento molto simile e mostrano un picco

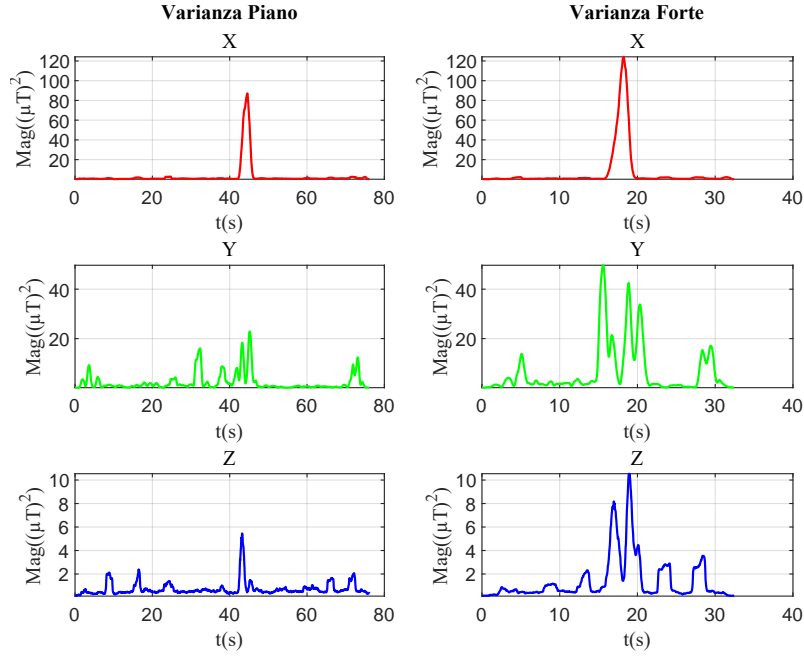


Figura 17: Varianza del campo magnetico su un percorso con una curva a U, al centro, in condizioni di guida tranquilla (a sinistra) e aggressiva (a destra). Sull'asse X è visibile un picco in corrispondenza del cambio di orientamento della bicicletta durante la curva, tanto più evidente quanto più la curva viene percorsa velocemente.

durante le fasi di curva.

Per quanto riguarda la velocità, gli indicatori varianza e deviazione standard rilevano le curve in corrispondenza del rallentamento della bicicletta durante le stesse.

La velocità angolare è un ottimo modo per riconoscere le curve. La media della velocità angolare degli angoli di *rollio*, *beccheggio* e *imbardata* riesce a fornire una chiara indicazione di quando avviene una curva. Tra questi, si distinguono in particolare gli ultimi due. La media del *beccheggio* fornisce informazioni sull'entità della curva e sulla velocità alla quale la si sta percorrendo: più ampia è la curva minore sarà il suo valore, maggiore è la velocità della bicicletta più questo sarà elevato. Il *beccheggio* non può, però, fornirci informazioni sul verso della curva stessa. Per risalire a questa informazione è stata selezionata l'*imbardata*. Anche il massimo di questi angoli si comporta in modo analogo.

Infine, nella varianza e nella deviazione standard degli angoli di *rollio* e *imbardata* è possibile notare due picchi all'inizio e alla fine della curva.

La varianza del campo magnetico in x mostra dei picchi, più o meno pronunciati, a seconda dell'orientamento della bicicletta all'inizio e alla fine della curva.

1.3 Utilizzo degli Indicatori

Lo studio fatto serve per selezionare un'insieme di indicatori che consentano di dedurre l'impegno che il ciclista mette nel pedalare o in grado di identificare uno specifico evento come curve e frenate.

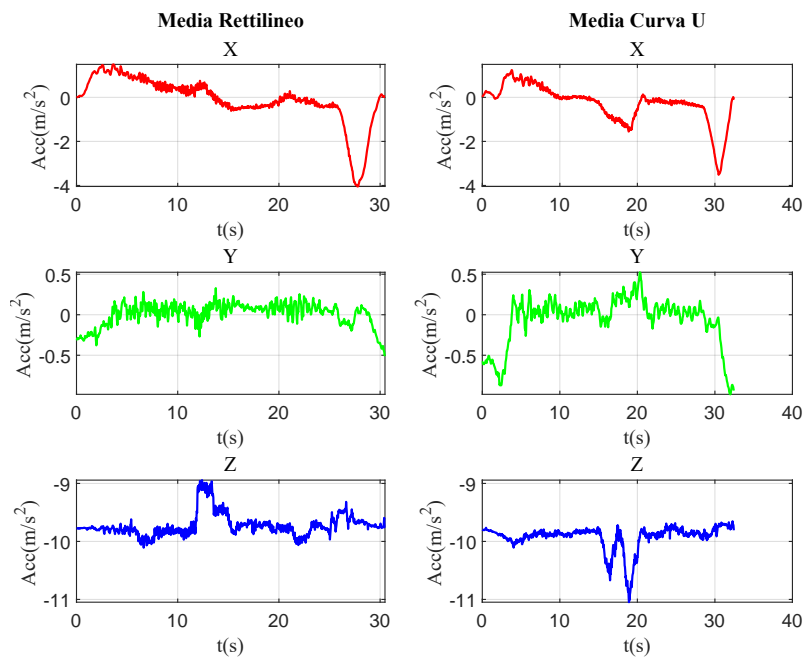


Figura 18: Media dell'accelerazione su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). Dalle immagini è possibile notare come questo indicatore riesca a evidenziare, sull'asse X , sia le accelerazioni, sia le curve e sia le frenate.

Dalla varianza dell'accelerazione dell'asse x è possibile rilevare in modo efficace l'oscillazione della stessa, dovuta alla foga che il ciclista mette nel pedalare. Maggiore

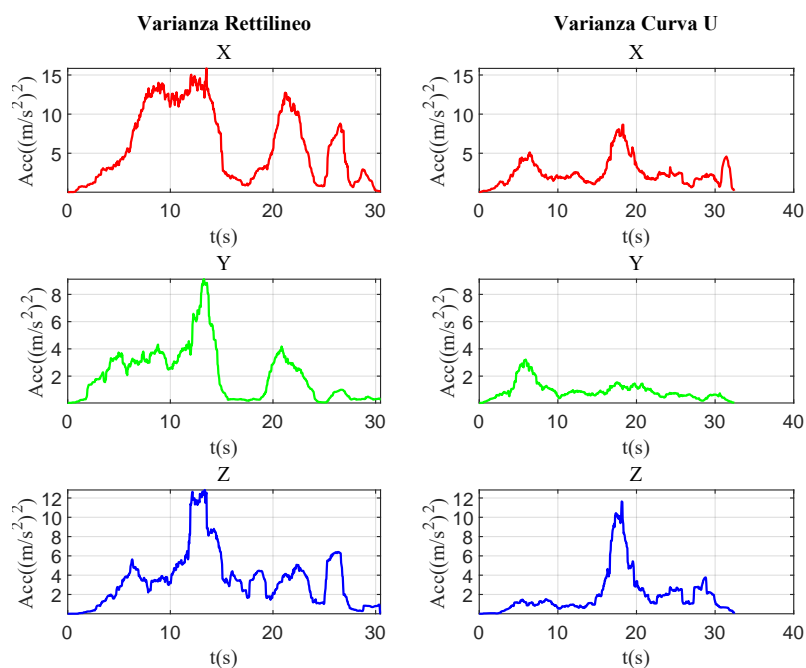


Figura 19: Varianza dell'accelerazione su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). Sull'asse X è possibile notare come questo indicatore riesca a evidenziare, sia le accelerazioni, sia le curve e sia le frenate. Sull'asse Y , invece, riesce a evidenziare solo le accelerazioni.

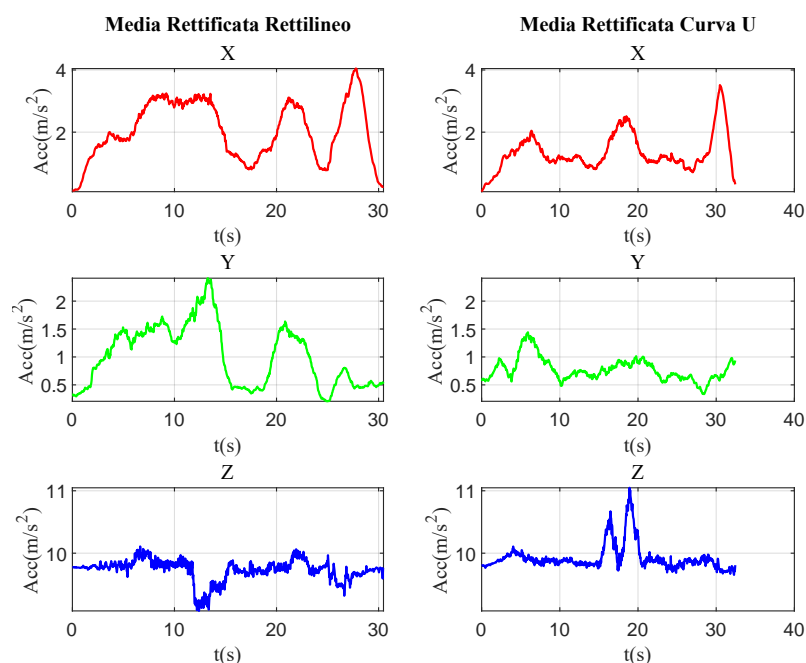


Figura 20: Media Rettificata dell'accelerazione su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). L'andamento dei tre assi è del tutto simile a quello della varianza (Figura 19) ma le frenate risultano un po' più pronunciate.

È la varianza, tanto più il ciclista sta pedalando velocemente. Di conseguenza, quando il ciclista procede per inerzia senza pedalare, la varianza risulta essere molto bassa.

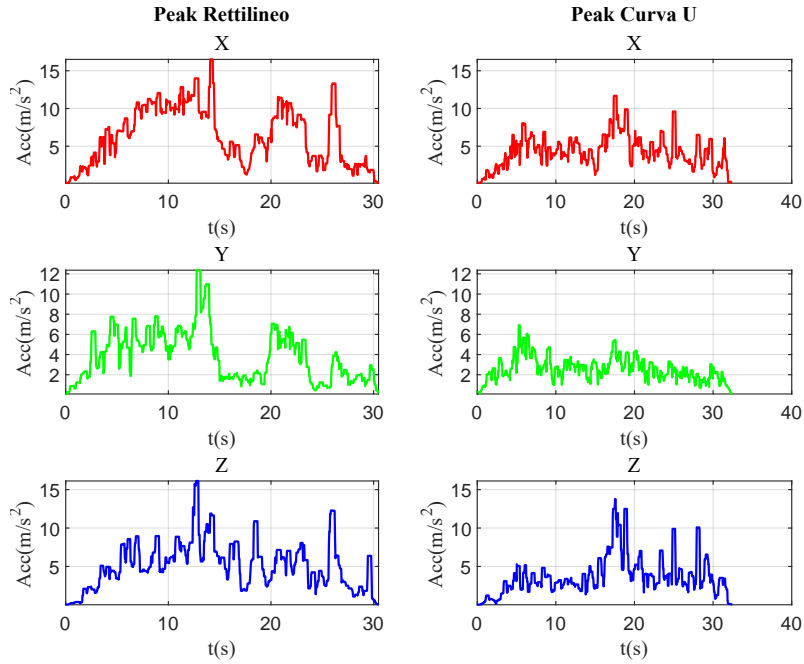


Figura 21: Distanza picco-picco dell'accelerazione su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). L'andamento dei tre assi è del tutto simile a quello della varianza (Figura 19).

Grazie alla media dell'accelerazione in x si può, invece, dedurre l'efficacia della pedalata: più la media è elevata, maggiore è l'accelerazione della bicicletta e, quindi, maggiore è l'utilità dello sforzo del ciclista.

L'accoppiata varianza e media dell'accelerazione in x sono quindi in grado di determinare lo sforzo impiegato nel pedalare e la sua efficacia.

Dalla sola varianza non è però possibile distinguere la foga del ciclista dalle curve e dalle frenate. In queste occasioni, infatti, la varianza si comporta nello stesso modo.

Questo problema si può risolvere utilizzando la varianza dell'accelerazione lungo l'asse y , che, pur con meno precisione, registra principalmente l'impegno del ciclista escludendo curva e frenate.

Un'altra possibilità è controllare quando la media dell'accelerazione diventa negativa. Questo succede solamente in quei momenti in cui la bicicletta rallenta, ovvero quando procede per inerzia e, soprattutto, quando curva o frena.

In alternativa, accoppiando la varianza dell'accelerazione dell'asse x con altri indicatori, in grado di rilevare specificatamente curve e frenate, è possibile discernere se il valore è riferibile alla foga o meno.

Analogo discorso si può fare con gli indicatori distanza picco-picco e media rettificata

che hanno un andamento simile a quello della varianza.

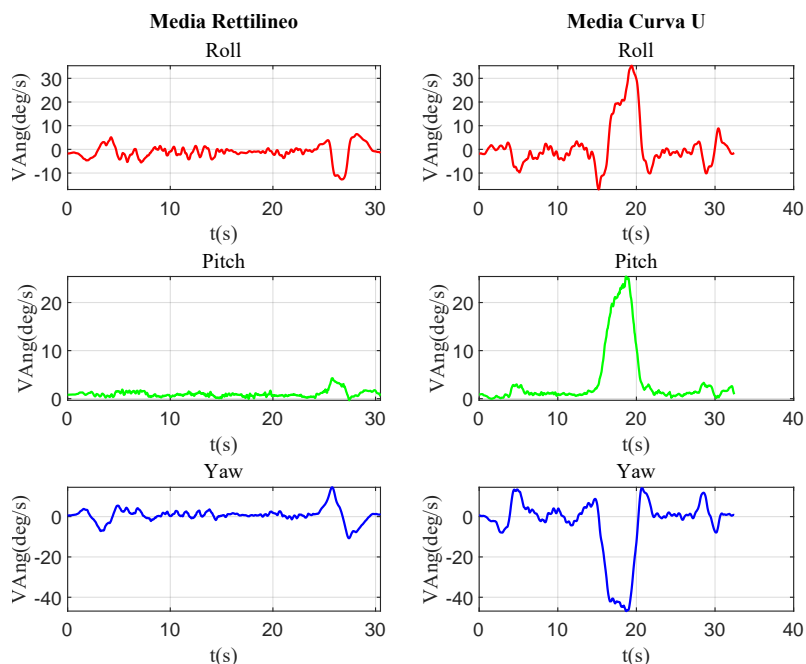


Figura 22: Media della velocità angolare su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). Dalle immagini si può notare come questo indicatore evidenzi molto bene le curve.

Per quanto riguarda il rilevamento delle curve e della loro intensità abbiamo la media o il massimo della velocità angolare di *beccheggio* e *imbardata*. In particolare il primo si dimostra molto efficace a identificare la velocità alla quale viene percorsa in quanto, in base a quest'ultima, cambia l'inclinazione della bicicletta e, quindi, la velocità di rotazione attorno all'angolo di *beccheggio*. Grazie all'*imbardata*, invece, possiamo capire il verso di rotazione della bicicletta.

La varianza del campo magnetico lungo l'asse x , infine, riesce a identificare la differenza tra l'orientamento iniziale e finale della curva.

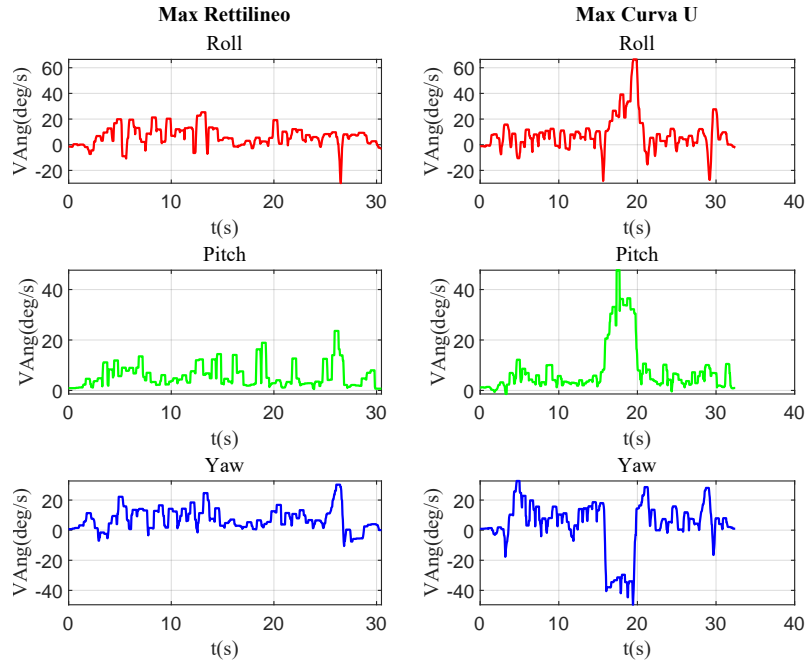


Figura 23: Massimo della velocità angolare su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). L'andamento di questo indicatore è molto simile a quello della media della velocità angolare (Figura 22).

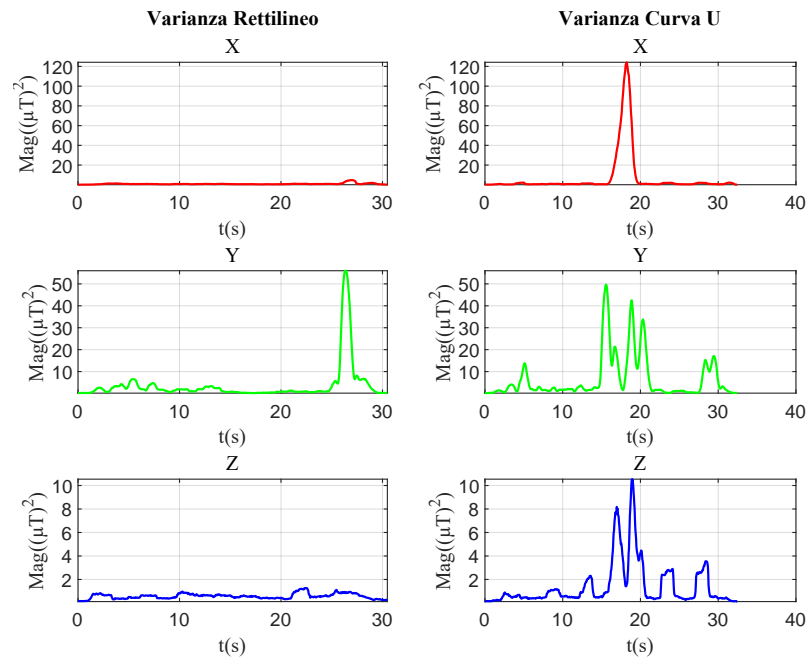


Figura 24: Varianza del campo magnetico su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). Sull'asse X è visibile un picco in corrispondenza del cambio di orientamento della bicicletta durante la curva, tanto più evidente quanto più la curva viene percorsa velocemente. Sui percorsi rettilinei, invece, non ci sono variazioni.

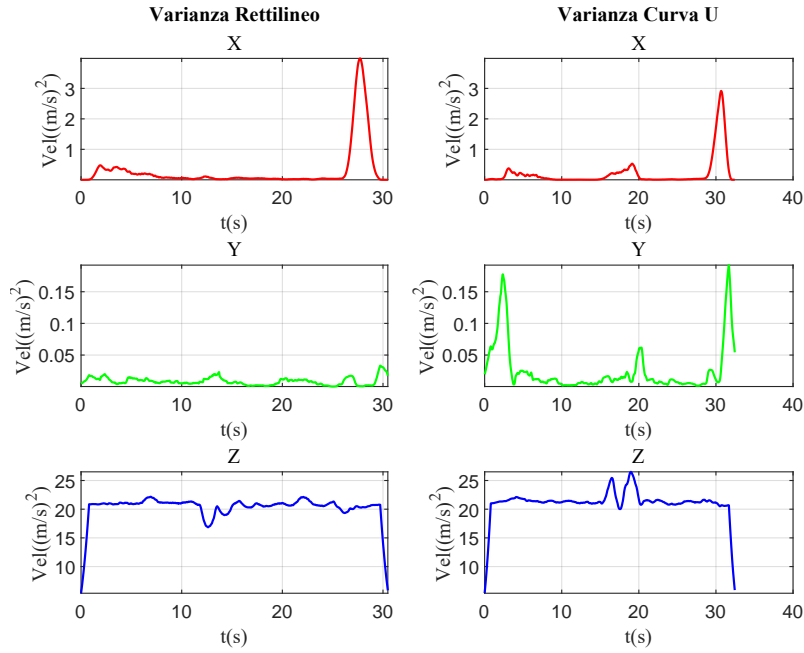


Figura 25: Varianza della velocità su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). Sull'asse X è visibile un picco in corrispondenza delle frenate. Inoltre, è possibile notare un leggero aumento in corrispondenza di forti aumenti di velocità. Questo si verifica quando la bicicletta parte da ferma o quando esce da una curva.

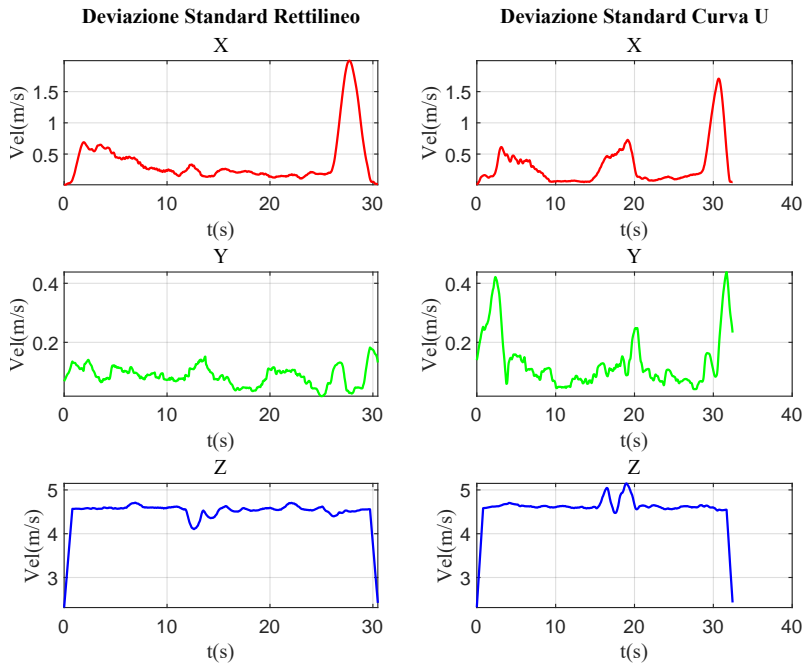


Figura 26: Deviazione Standard della velocità su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). L'andamento è simile a quello della varianza della velocità (Figura 25) con la differenza che i forti aumenti di velocità e l'uscita dalle curve risulta più evidente.

La frenata, invece, si rileva in modo efficace grazie varianza della velocità in x , che

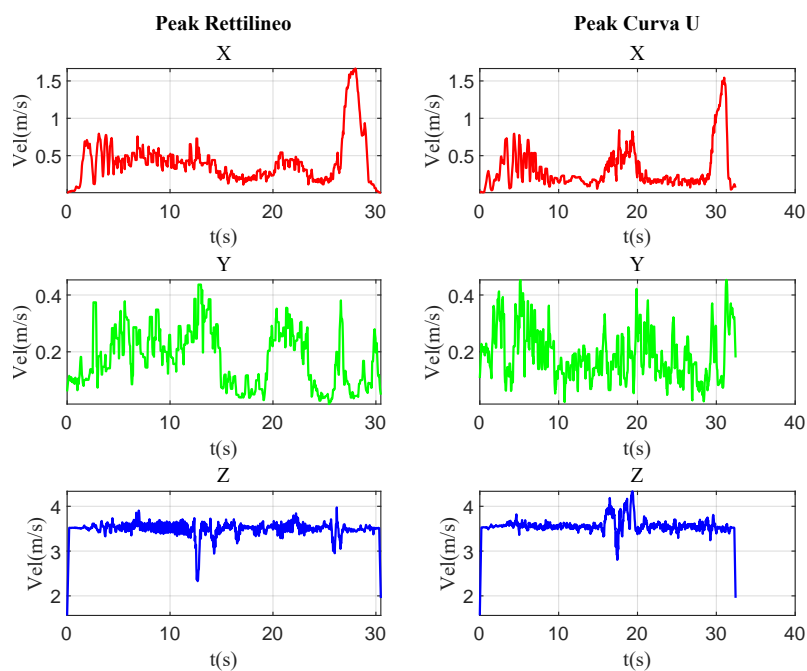


Figura 27: Distanza picco-picco della velocità su un percorso rettilineo (a sinistra) e curvo (a destra). L'andamento in X è simile a quello della deviazione standard della velocità (Figura 26).

mostra un picco tanto più evidente quanto maggiore è la differenza di velocità della bicicletta prima e dopo la frenata. Per questo motivo è in grado di evidenziare anche curve e i momenti di forte aumento di velocità, in particolare quando la bicicletta parte da ferma, seppur in modo molto meno marcato.

Discorso analogo può essere fatto con la distanza picco-picco e con la deviazione standard, in questo caso, però, è meno evidente la differenza tra frenate e curve.