



# Primjena HHT i CWT u analizi mišićnog umora pomoću sEMG signala

---

Vedran Srhoj-Egekher

Zagreb, siječanj 2009.



# Uvod

---

- Analizirat ćemo mišićni umor za vrijeme *dinamičkih kontrakcija* jer takve kontrakcije češće susrećemo u stvarnom životu
- Temelj za analizu je površinsko snimljen elektromiografski signal (sEMG)
- sEMG (*surface electromyography*) signal je električna manifestacija neuromuskularne aktivnosti mišića snimljena na površini kože iznad promatranog mišića



# Zadatak

---

- Želimo provjeriti primjenjivost Huang-Hilbertove transformacije (HHT) i Continuous wavelet transformacije (CWT) u analizi mišićnog umora kod cikličkih dinamičkih kontrakcija
- Rezultate ćemo usporediti sa provjerenom metodom zasnovanom na Short-time Fourier transformaciji (STFT)



# Problemi

---

- Proces nastanka EMG signala je složen i možemo ga smatrati *slučajnim procesom*, a tada sam EMG signal promatramo kao *slučajni signal*
- Preduvjet za analizu slučajnih signala je *stacionarnost*
- Naš EMG signal NIJE *stacionaran*
- Promatramo *dinamičke*, a ne *izometričke, statičke* kontrakcije
- Kod *dinamičkih* kontrakcija problem *nestacionarnosti* je još značajnije izražen, u odnosu na *statičke* kontrakcije, zbog promjena dužine mišića, mišićne sile, brzine pokreta i promjene relativnog položaja elektroda u odnosu na aktivna mišićna vlakna

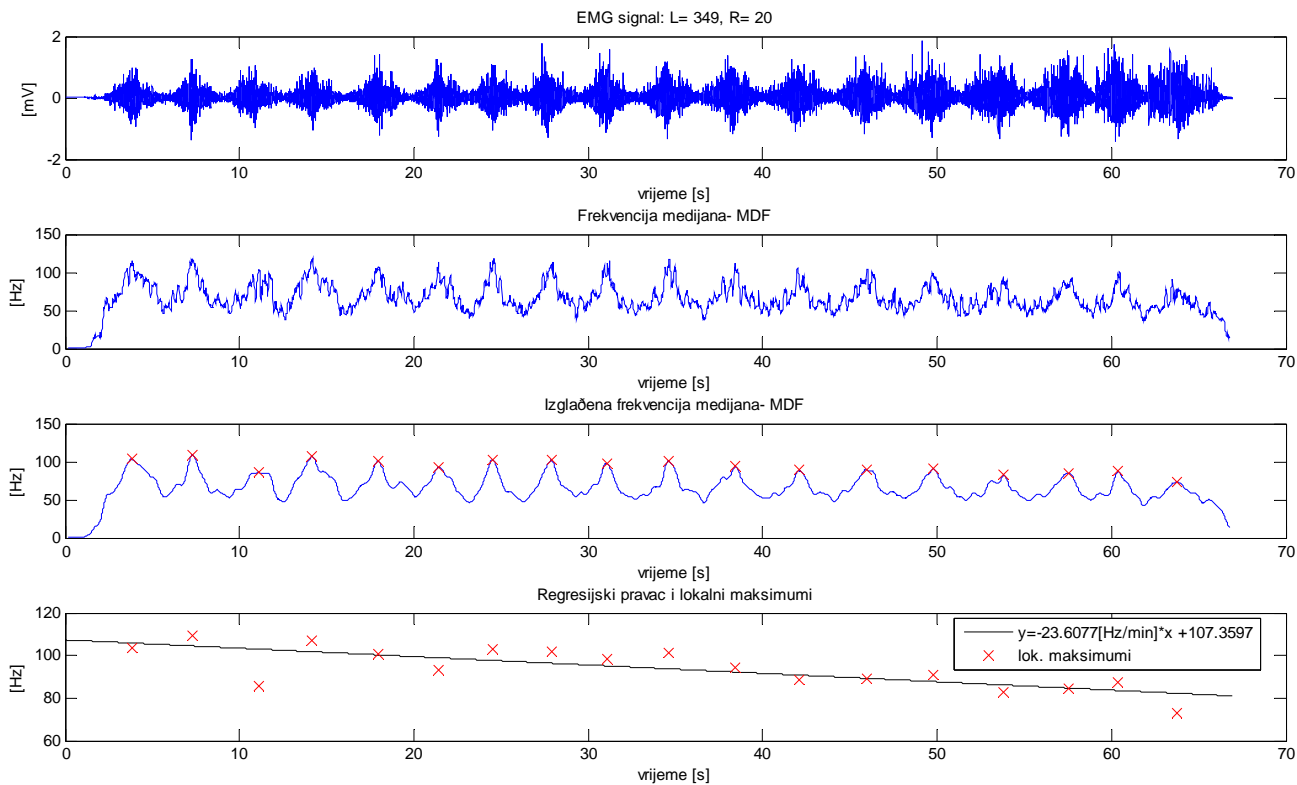


# Metode analize

---

- Vremensko-frekvencijska analiza:
  - Cilj nam je pratiti promjene frekvencijskih parametara u vremenu
  - Naša referentna metoda i procjena gustoće spektra snage je zasnovana na STFT-u, odnosno *spektrogramu* kao kvadratu diskretne Fourierove transformacije na vremenskom odsječku signala

# Ideja analize





# STFT analiza

---

- Prethodno provjereni parametri koji daju dobre rezultate u analizi cikličkih dinamičkih kontrakcija:
  - Širina vremenskog otvora  $L=0.1 T_{sr}$ , gdje je  $T_{sr}$  srednje vrijeme izvođenja jedne kontrakcije
  - Tip vremenskog otvora je Hammingov otvor
  - Korak vremenskog pomaka  $R=20$  uzoraka (=ms)
  - Broj uzoraka u postupku pomičnog usrednjavanja  $LMA=0.1 T_{sr}/R$



# STFT analiza

---

- Želimo provjeriti i usporediti kako se STFT, HHT i CWT nose sa problemom nestacionarnosti i frekvencijskim rasipanjem prisutnim kod STFT analize, te kako promjena parametara utječe na rasipanje rezultata
- Odabiremo sljedeće promjenjive skupove parametara:
  - $L = 50-500$  ms
  - $R=20$  ms i  $R=L$  pri čemu uz zadnji parametar vrijedi i granični uvjet potpune rekonstrukcije diskretizirane STFT

$$T\Omega = 2\pi$$





# HHT analiza

---

- Huang-Hilbertova transformacija se sastoji od dva koraka:
  - EMD (*empirical mode decomposition*) postupak rastavljanja našeg mioelektričkog signala u konačan niz svojstvenih oscilacija, koje nazivamo *intrinsic mode functions* (IMF), te na koje je primjenjiva *Hilbertova transformacija*
  - Izračunavanje Hilbertovog spektra



# HHT analiza

---

- EMD je empirijska metoda pa rezultat za sada nema teorijsku podlogu, osim pokušaja objašnjenja pomoću filtarskih slogova
- EMD dobivamo iterativnim postupkom (*sifting algorithm*)
- EMD je jednostavan, naizgled prirodni postupak koji ne pretpostavlja ništa o signalu, pogotovo ne stacionarnost
- Hilbertova transformacija nam omogućuje određivanje trenutne amplitude i frekvencije za svaki vremenski trenutak (koristi se u AM/FM obradi signala) te nam je kao takva zanimljiva za moguće određivanje MNF i MDF parametara analize



# CWT analiza

---

- Continuous wavelet transformaciju karakterizira nejednolika razlučivost u *time-scale*, odnosno *time-frequency* ravnini
- Neki prijašnji rezultati dobiveni analizom *izometričkih kontrakcija* pokazuju da CWT daje iste ili malo bolje rezultate od rezultata dobivenih STFT analizom
- Zanima nas kakve informacije možemo dobiti CWT analizom *dinamičkih kontrakcija* obzirom na njenu nejednoliku razlučivost u T-F ravnini i nestacionarni karakter mioelektričkog signala
- Zbog lakše usporedbe rezultata koristimo iste parametri analize  $L$  i  $R$  kao i za STFT i HHT analizu



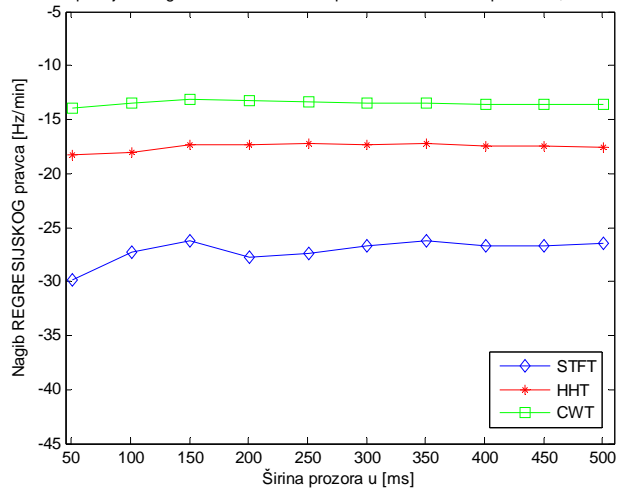
# CWT analiza

---

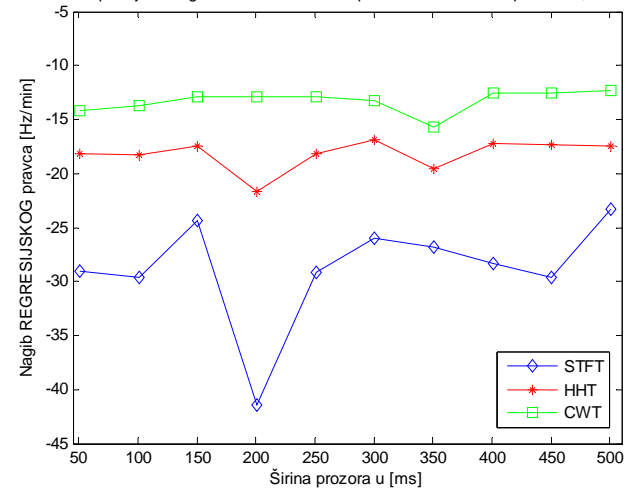
- Procjenu parametara MNF i MDF dobivamo uz pomoć vremenski ovisne procjene gustoće spektra snage koju nazivamo *skalogram*
- *Skalogram*  $S(\tau, s)$  definiramo kao kvadrat koeficijenata dobivenih CW transformacijom ulaznog mioelektričkog signala  $x(t)$

# Prikaz rezultata: MNF

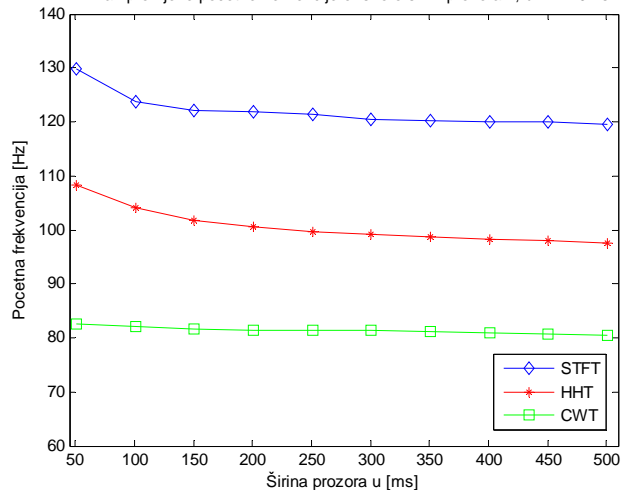
Prikaz promjene nagiba REGRESIJSKOG pravca ovisno o širini prozora L, uz R=20ms



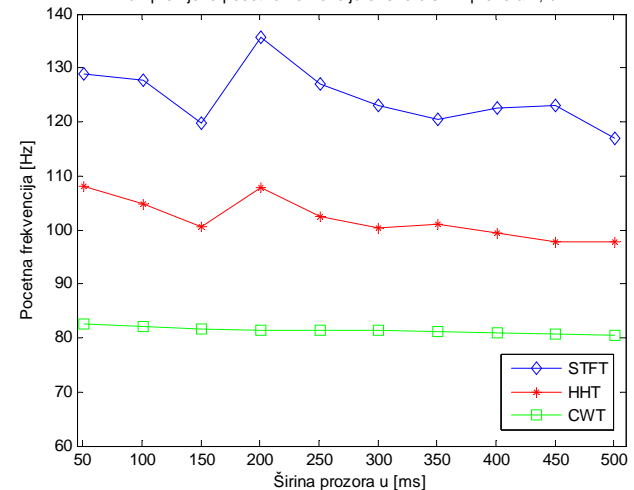
Prikaz promjene nagiba REGRESIJSKOG pravca ovisno o širini prozora L, uz R=L



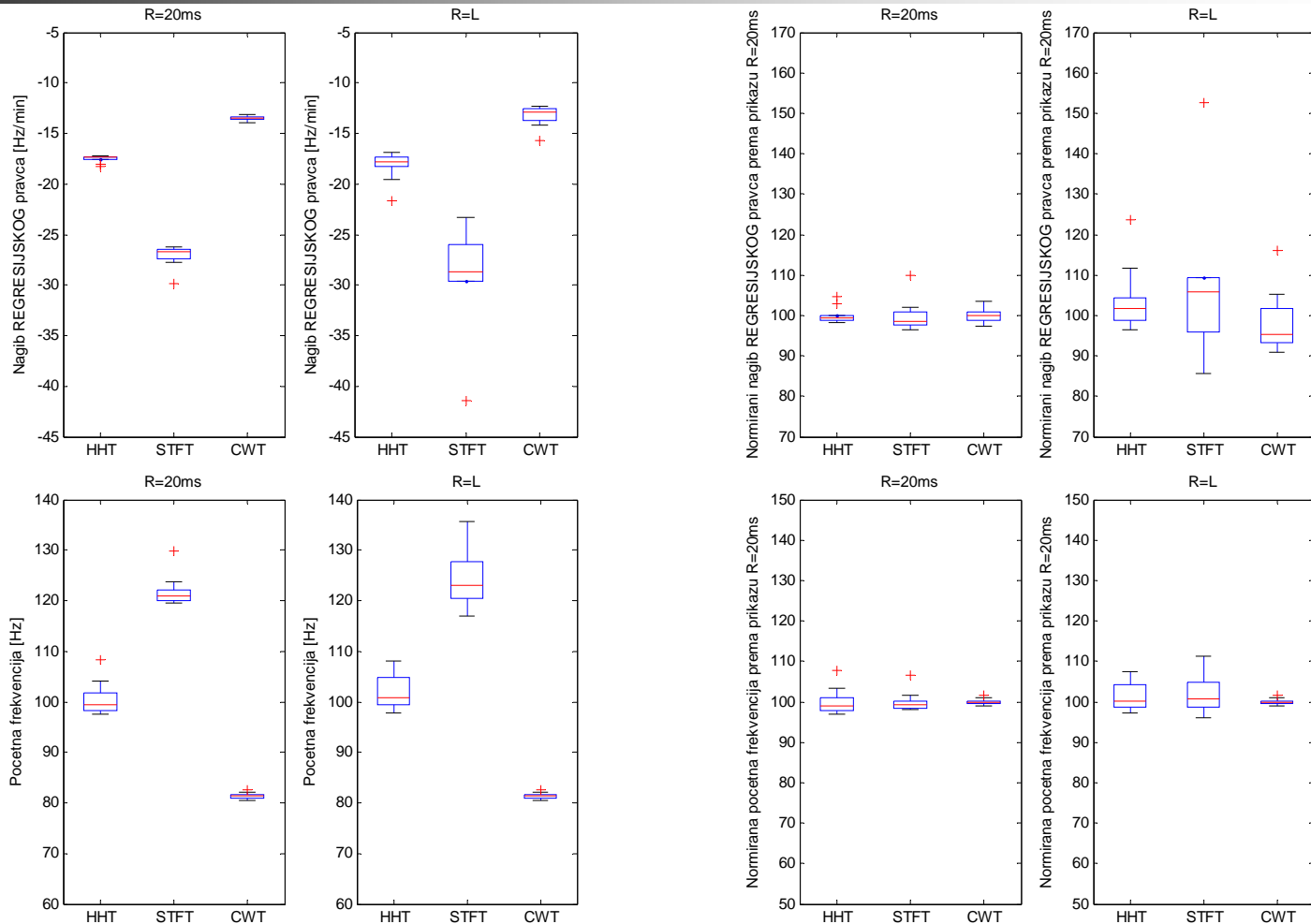
Prikaz promjene početne frekvencije ovisno o širini prozora L, uz R=20ms



Prikaz promjene početne frekvencije ovisno o širini prozora L, uz R=L

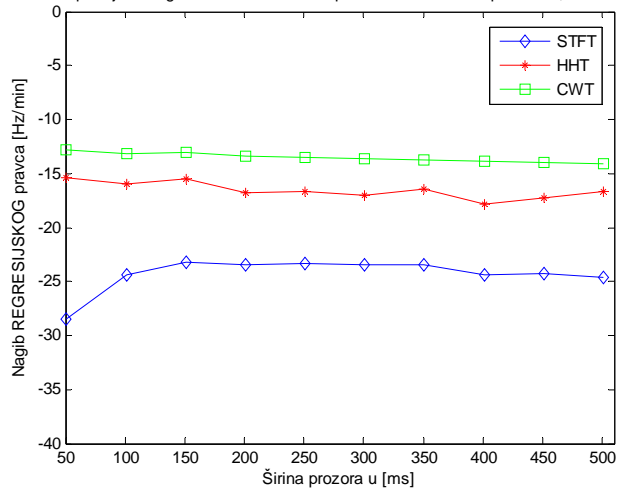


# Prikaz rezultata: MNF

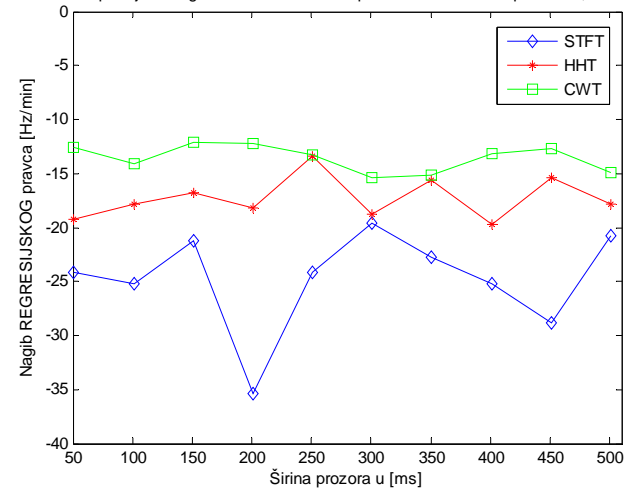


# Prikaz rezultata: MDF

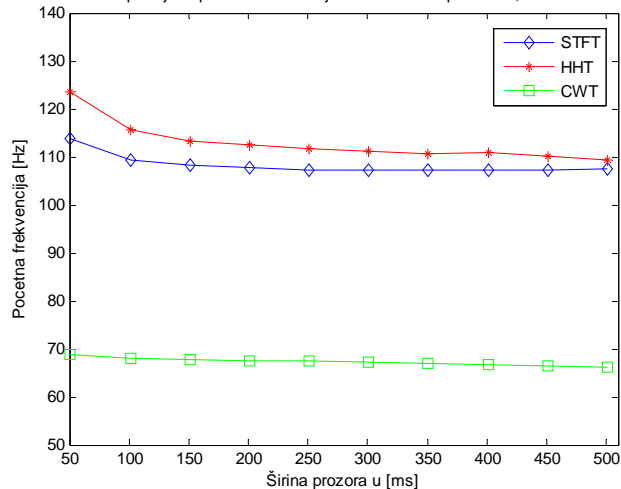
Prikaz promjene nagiba REGRESIJSKOG pravca ovisno o širini prozora L, uz R=20ms



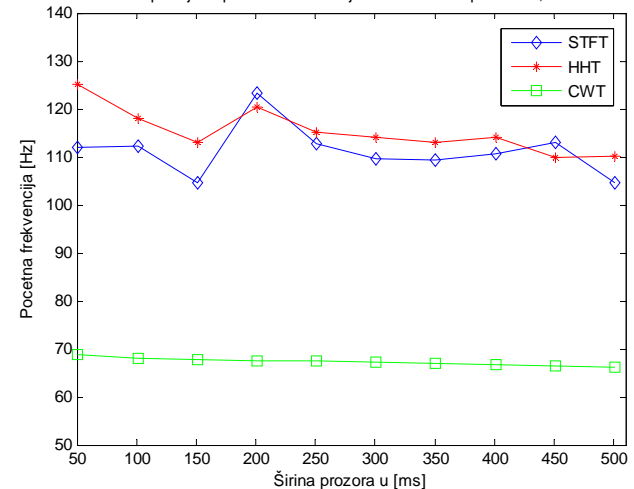
Prikaz promjene nagiba REGRESIJSKOG pravca ovisno o širini prozora L, uz R=L



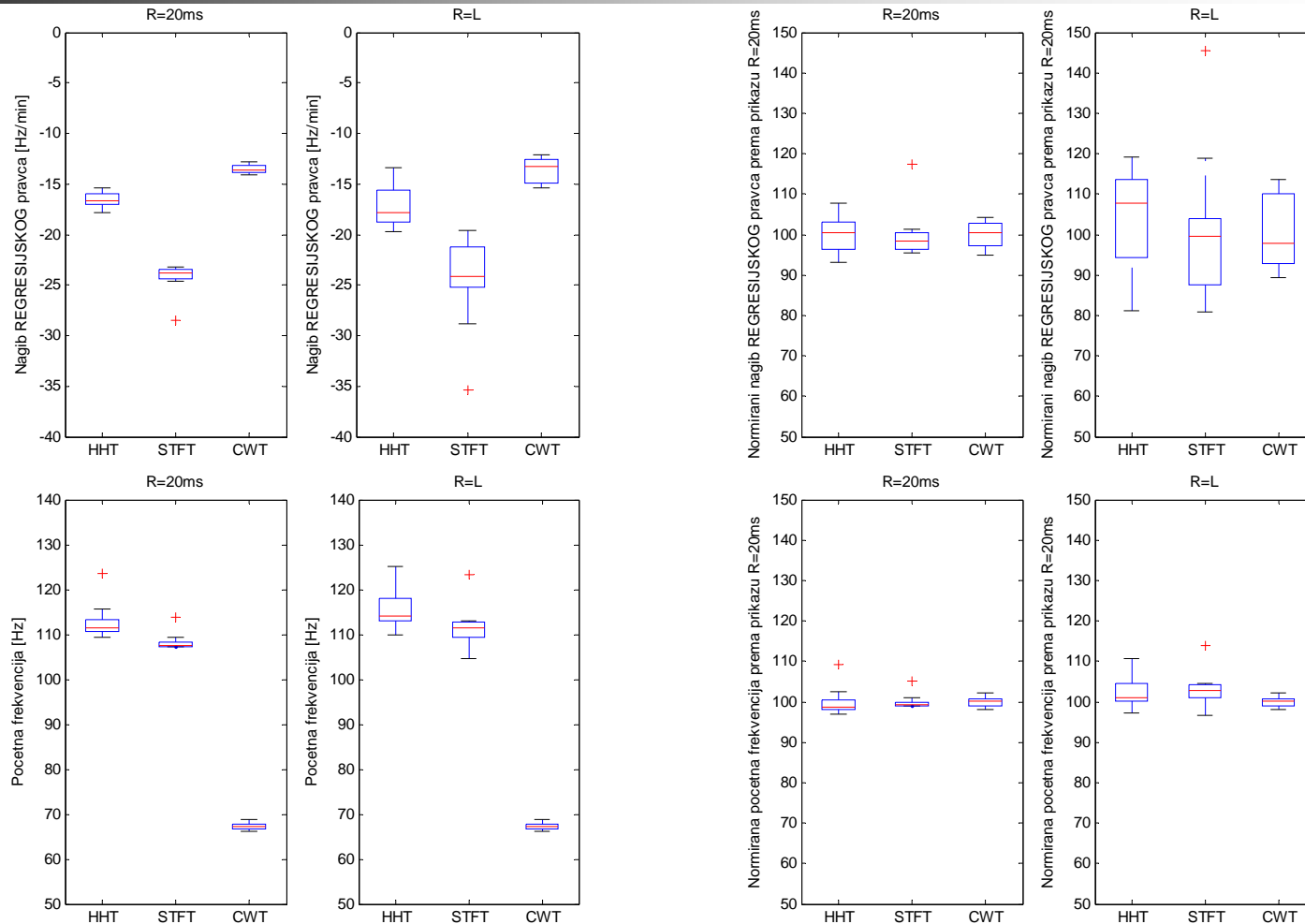
Prikaz promjene početne frekvencije ovisno o širini prozora L, uz R=20ms



Prikaz promjene početne frekvencije ovisno o širini prozora L, uz R=L



# Prikaz rezultata: MDF







# Zaključak

---

- CWT analiza pokazuje najbolje rezultate u analizi dinamičkih kontrakcija obzirom na rasipanje vrijednosti pri promjeni parametara analize  $L$  i  $R$
- Kod CWT analize je vidljivo potiskivanje promatranih vrijednosti početne frekvencije i nagiba regresijskog pravca prema manjim vrijednostima
- Moguć je problem interpretacije rezultata dobivenih CWT analizom obzirom da se narušavaju kvalitativni odnosi, prethodno uspostavljeni STFT analizom, pri paralelnoj analizi više mišića istog ispitanika
- HHT analizom smo ustvrdili da je moguće odrediti i, kvalitativno i kvantitativno, opisati željene parametre i odnose u analizi mišićnog umora kod dinamičkih kontrakcija
- HHT analiza također pokazuje zanimljive odnose međusobnog praćenja vrijednosti s rezultatima dobivenim STFT analizom, s time da uz parametar  $R=L$  pokazuje i svojstvo nešto manjeg rasipanja rezultata
- Iz svega navedenoga zaključujemo da CWT i HHT analiza pokazuju bolje rezultate u uvjetima kada nestacionarnost i frekvencijsko rasipanje, prisutno kod STFT analize mioelektričkog signala, može značajnije doći do izražaja



# Što možemo u “budućnosti”?

---

- Dodatno optimiziranje i poboljšanje algoritma za izračunavanje EMD
- Odrediti optimalne parametre za HHT i CWT analizu kao što je prethodno određeno za STFT analizu
- Uspostava i interpretacija kvalitativnih odnosa među rezultatima
- Provesti analizu na skupu podataka, prikupljenih od više ispitanika, u cilju provjere “dijagnostičke” vrijednosti rezultata



# Literatura

---

- [1] Mario Cifrek, Analiza mioelektričkih signala tijekom dinamičkog umaranja, 1997.
- [2] Hongbo Xie, Zhizhong Wang, Mean frequency derived via Hilbert-Huang transform with application to fatigue EMG signal analysis, 2006.
- [3] R.T. Rato, M.D. Ortiguerira, A.G. Batista, On the HHT, its problems and some solutions, 2008.
- [4] Adriano O. Andrade, Peter Kyberd, Slawomir J. Nasuto, The application of the Hilbert spectrum to the analysis of electromyographic signals, 2007.
- [5] P. Coorevits, L. Danneels, D. Cambier, H. Ramon, H. Druyts, J. Stefan Karlsson, G. De Moor, G. Vanderstraeten, Correlations between short-time Fourier and continuous wavelet transforms in the analysis of localized back and hip muscle fatigue during isometric contractions, 2007.
- [6] E.D. Ryan, J.T. Cramer, A. D. Egan, M.J. Hartman, T.J. Herda, Time and frequency domain responses of the mechanomyogram and electromyogram during isometric ramp cotractions: A comparison of the short-time Fourier and continuous wavelet transforms, 2006.
- [7] Stefan Karlsson, Björn Gerdle, Mean frequency and signal amplitude of the surface EMG of the quadriceps muscles increase with increasing torque- a study using the continuous wavelet transform, 2000.



Hvala na strpljenju 😊 !

---