

«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Методы непараметрического
спектрального анализа.*

Метод периодограмм Уэлча

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)

ПЕРИОДОГРАММА УЭЛЧА (1)

1) **Сглаживание** достигается за счет разбиения исходной последовательности **длины N** на перекрывающиеся фрагменты **длины L** со сглаживающим окном **$w(n)$** и **величиной перекрытия Q**, при этом **$Q < L$** .

$$x^{(p)}(n)w(n) = x(n + pQ)w(n), \quad n = 0, \dots, L-1; \quad p = 0, \dots, P-1$$

2) Определение количества фрагментов:

$$P = \frac{N - L}{Q} + 1$$

N – длина сигнала

L – длина сглаживающего окна

Q – величина перекрытия

ПЕРИОДОГРАММА УЭЛЧА (2)

1) Метод Уэлча – обобщение метода Бартлетта (метод Бартлетта – частный случай метода Уэлча).

- фрагменты являются **перекрывающимися**;
- используется **сглаживающее окно**.

2) В методе Уэлча появляются **дополнительные параметры**:

- длина фрагмента **L** ;
- величина перекрытия **Q** ;
- оконная функция **$w(n)$** .

ПЕРИОДОГРАММА УЭЛЧА (3)

3) Вычисление периодограмм **перекрывающихся фрагментов**

$$\hat{S}_{WELCH}^{(p)}(\omega) = \hat{S}_w^{(p)}(\omega), \quad p=0, \dots, P-1.$$

$$\hat{S}_{WELCH}(\omega) = \frac{1}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \hat{S}_{WELCH}^{(p)}(\omega).$$

4) Оценка СПМ по методу Уэлча – **асимптотически несмещенная.**

5) Оценка СПМ по методу Уэлча – **состоятельная.**

6) Асимптотическая несмещенность и состоятельность обеспечиваются за счет **деления на фрагменты и усреднения периодограмм фрагментов.**

ПЕРИОДОГРАММА УЭЛЧА (4)

- 7) Качество оценки СПМ по методу Уэлча повышается за счет **увеличения числа фрагментов при перекрытии**.
- 8) Периодограмма Уэлча будет **менее осциллирующей (изрезанной)**, чем периодограмма Бартлетта.
- 9) Сравнение **периодограмм Бартлетта и Уэлча** осуществляется на основе задания **одинаковой длины ДПФ** при вычислении периодограммы.
- 10) В MATLAB используется встроенная функция **pwelch** (пакет **Signal Processing Toolbox**).

ПЕРИОДОГРАММА УЭЛЧА (5)

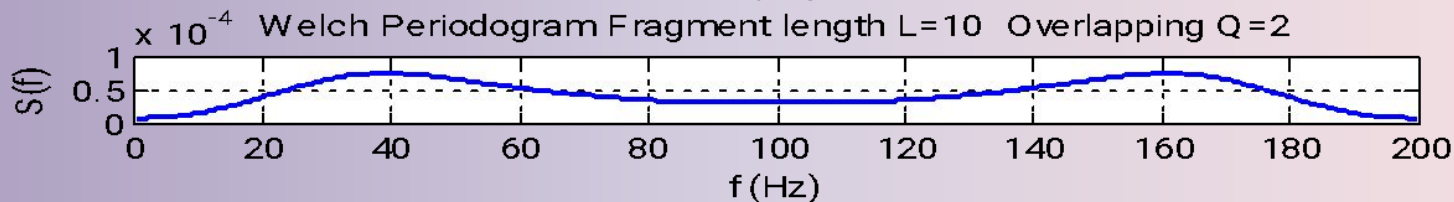
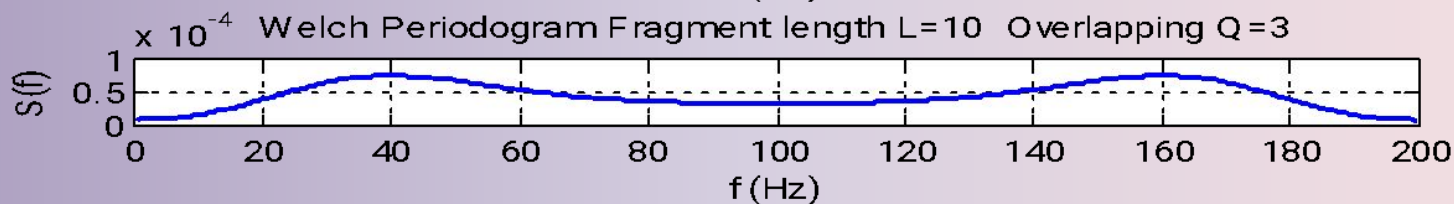
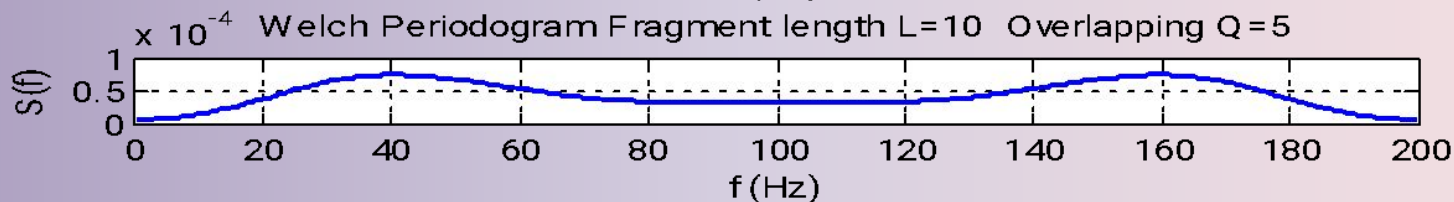
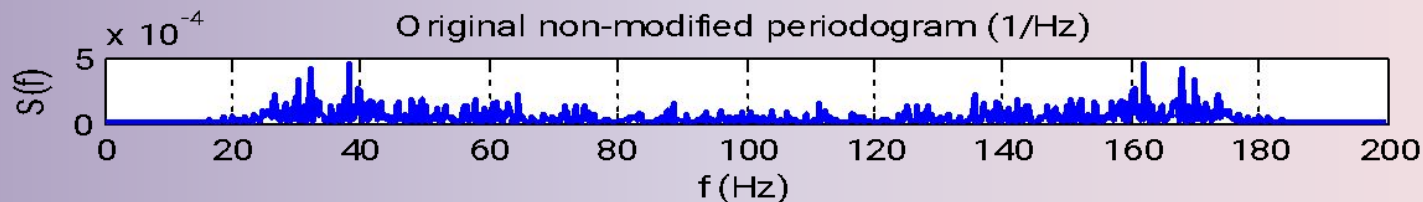
11) Введение параметра **Q** необходимо для **увеличения** общего числа фрагментов **P**.

12) Применение окна позволяет:

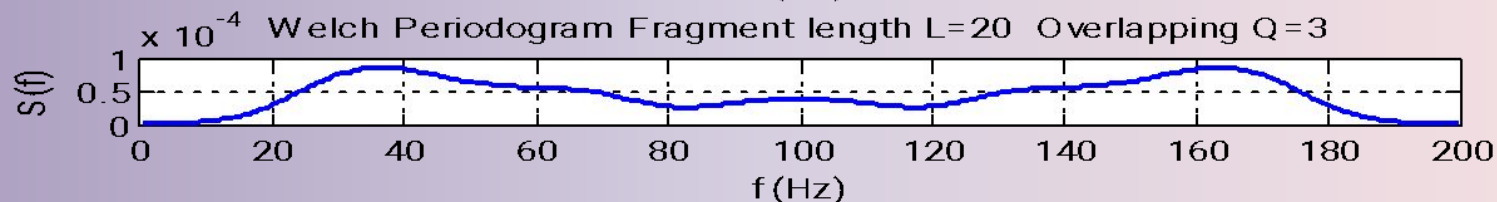
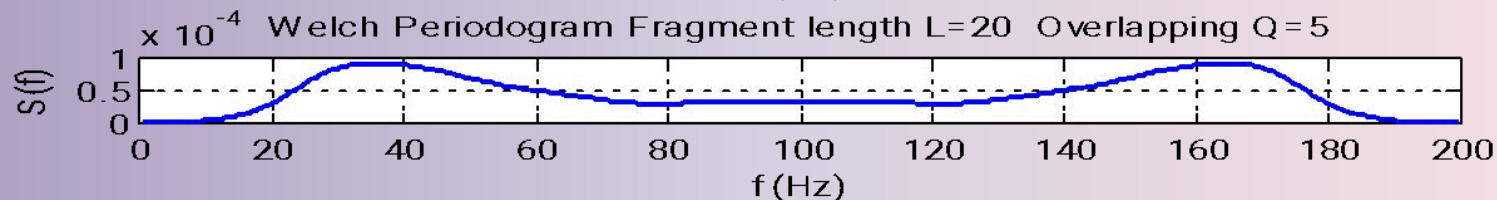
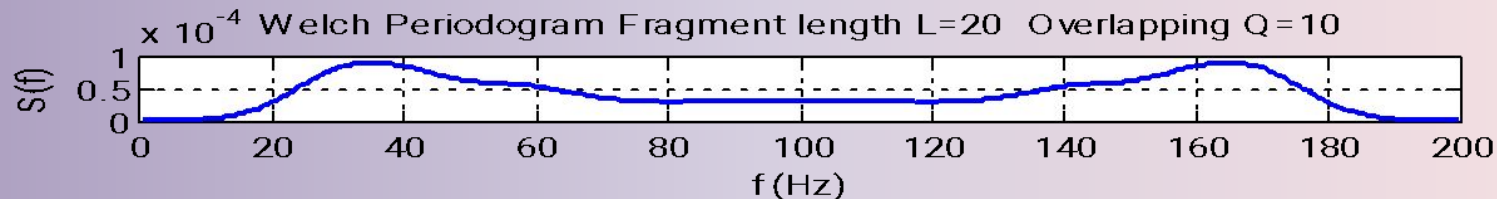
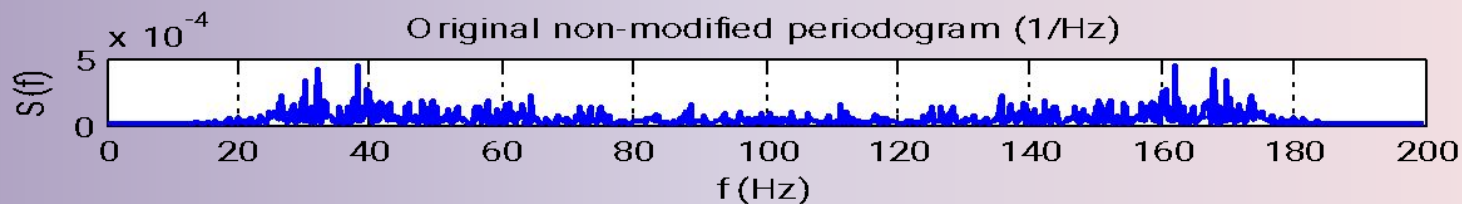
- уменьшить **растекание спектра**;
- уменьшить **статистическую связь** между соседними фрагментами.

13) Уменьшение статистической связи между соседними фрагментами является важным для дальнейшего теоретического анализа свойств оценки **СПМ** по методу Уэлча.

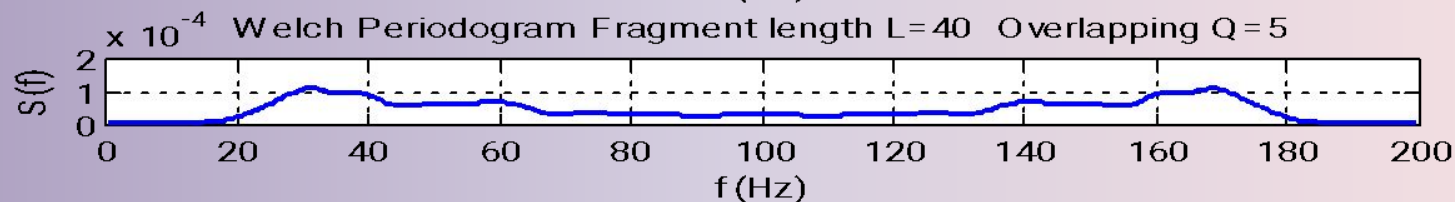
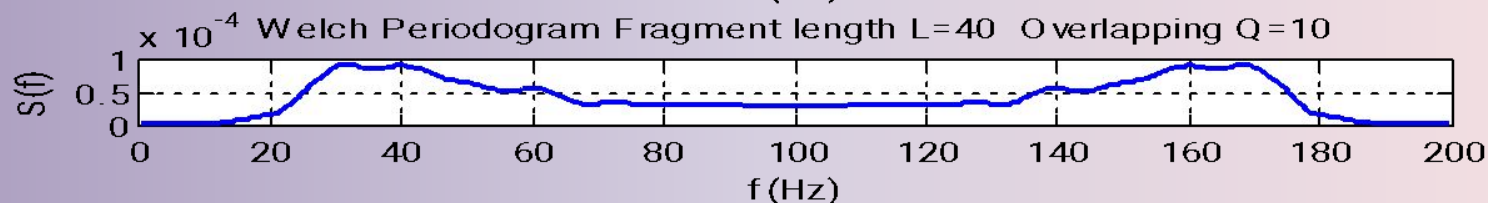
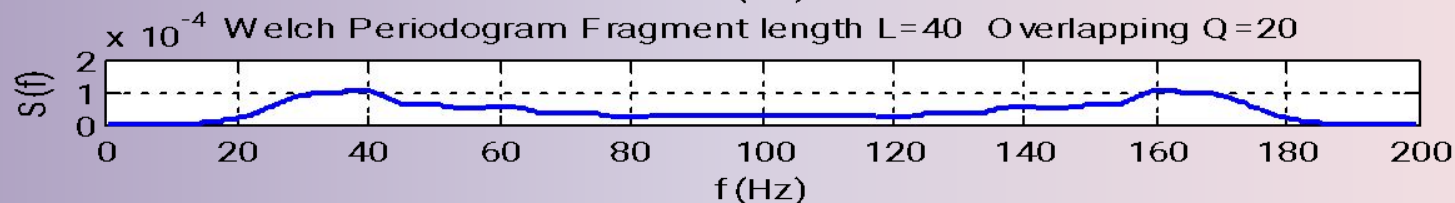
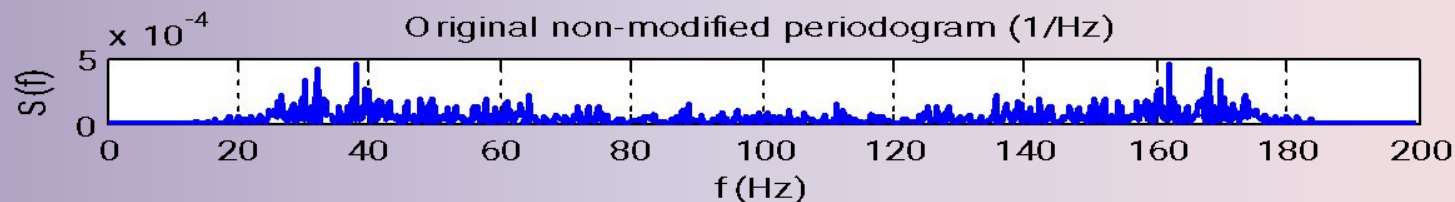
ГРАФИЧЕСКИЙ ПРИМЕР (1)



ГРАФИЧЕСКИЙ ПРИМЕР (2)



ГРАФИЧЕСКИЙ ПРИМЕР (3)



ВЫВОДЫ

- 1) Метод периодограмм Уэлча – наиболее гибкий метод непараметрического спектрального анализа (среди методов модифицированных периодограмм).
- 2) Гибкость достигается за счет введения дополнительных параметров:
 - длина фрагмента;
 - перекрытие;
 - оконная функция.

«Методы и алгоритмы
цифровой обработки сигналов
на базе MATLAB»

*Методы непараметрического
спектрального анализа.*

Метод периодограмм Уэлча

Клионский Д.М. — к.т.н., доцент кафедры
математического обеспечения и применения ЭВМ (МОЭВМ)