Библиографический список

1. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Мала; пер. с англ. – М. : Мир, 2005. – 671 с., ил.

Определение мгновенной частоты сигнала методом среднеквадратичной оптимизации

М.С. Козаченко, В.В. Славский

ЮГУ, г. Ханты-Мансийск

Важным направлением в цифровой обработке сигналов является спектральный анализ сигнала. Обычно при этом используется преобразование Фурье. Наряду с его положительными свойствами, такими как линейность и унитарность, преобразование Фурье не обладает свойством локальности, т.е. для выполнения преобразования необходимо знать сигнал по всей временной оси. В последнее время для исследования динамики спектра часто используют оконное преобразование Фурье или вейвлет разложение. В данной работе используется метод среднеквадратичной оптимизации для выделения главной частоты, амплитуды и фазы сигнала на данном промежутке времени. Рассматривая произвольный непрерывный сигнал $s(t)$, $-\infty < t < \infty$ на промежутке $[t_0, t_0+T]$, найдем гармоническую функцию $a\cos(\omega t+\phi)$, которая наиболее близко среднеквадратично аппроксимирует сигнал $s(t)$ на данном промежутке, т.е. решим задачу оптимизации

$$\min_{a,\omega,\phi}\int_{t_0}^{t_0+T}(s(t)-a\cos(\omega t+\phi))^2\,dt,$$

где t_0– исследуемый момент времени, T – длина исследуемого отрезка сигнала. Для этого рассмотрим функционал

$$I(A,B,\omega)=\int_{t_0}^{t_0+T}(s(t)-A\cos\omega t-B\sin\omega t)^2\,dt.$$

Если определить в пространстве $L^2[t_0,t_0+T]$ векторы $u=\{\cos(\omega t)\}$, $v=\{\sin(\omega t)\}$, $s=\{s(t)\}$, $t_0\le t\le t_0+T$, то данная задача сводится к нахождению минимума

$$\min_{A,B,\omega} I(A,B,\omega)=\min_{A,B,\omega}\|s-Au-Bv\|^2\ \cdot$$

Используя определитель Грамма можно найти этот минимум по A,B, как высоту параллелепипеда из формулы

$$J(\omega)=\min_{A,B}\|s-Au-Bv\|^2=\det\begin{bmatrix}(s,s) & (s,u) & (s,v)\\ (s,u) & (u,u) & (v,u)\\ (s,v) & (u,v) & (v,v)\end{bmatrix}/\det\begin{bmatrix}(u,u) & (u,v)\\ (v,u) & (v,v)\end{bmatrix}$$

Вычисляя скалярные произведения, получим

$$\det\begin{bmatrix}(u,u) & (u,v)\\ (v,u) & (v,v)\end{bmatrix}=\frac{1}{4}\frac{\cos(\omega T)^2+\omega^2T^2-1}{\omega^2}$$

Соответственно имеем равенство

$$J(\omega)=(s,s)-\frac{(s,u)^2(v,v)-2(s,u)(s,v)(u,v)+(s,v)^2(u,u)}{\frac{1}{4}\frac{\cos(\omega T)^2+\omega^2T^2-1}{\omega^2}}=$$

$$=(s,s)-\frac{(s,u)^2\left(\frac{1}{2}\frac{-\cos(\omega T)\sin(\omega T)+\omega T}{\omega}\right)-2(s,u)(s,v)\left(-\frac{1}{2}\frac{-1+\cos(\omega T)^2}{\omega}\right)+(s,v)^2\left(\frac{1}{2}\frac{\cos(\omega T)\sin(\omega T)+\omega T}{\omega}\right)}{\frac{1}{4}\frac{\cos(\omega T)^2+\omega^2T^2-1}{\omega^2}}$$

Положим $a=\left\{\cos\left(\omega\left(t-\frac{T}{2}\right)\right)\right\}$, $b=\left\{\sin\left(\omega\left(t-\frac{T}{2}\right)\right)\right\}$. Тогда

$$J(\omega)=(s,s)-\frac{(s,b)^2}{\frac{1}{2}\frac{\omega T-\sin(\omega T)}{\omega}}-\frac{(s,a)^2}{\frac{1}{2}\frac{\omega T+\sin(\omega T)}{\omega}}$$

Определим единичные ортогональные векторы, зависящие от ω

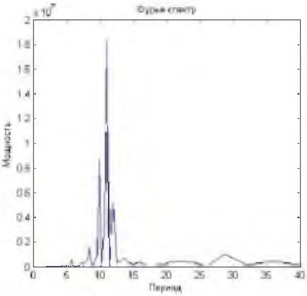
$$p_\omega=\frac{a}{\sqrt{\frac{1}{2}\frac{\omega T+\sin(\omega T)}{\omega}}},\qquad q_\omega=\frac{b}{\sqrt{\frac{1}{2}\frac{\omega T-\sin(\omega T)}{\omega}}}$$

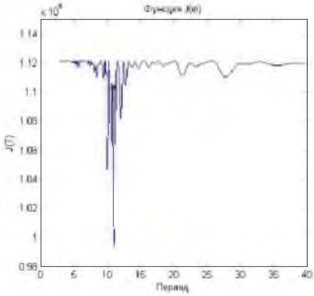
тогда формула примет вид: $J(\omega)=(s,s)-(s,p_\omega)^2-(s,q_\omega)^2$.

Следствие. Вычисление главной частоты ω на отрезке $[t_0,t_0+T]$ сводится к нахождению минимума функции $J(\omega)$.

$$\min_{a,\omega,\phi}\int_{t_0}^{t_0+T}(s(t)-a\cos(\omega t+\phi))^2\,dt=\min_\omega J(\omega).$$

На рисунках представлен спектр Фурье и функция $J(\omega)$ для солнечной активности (число солнечных пятен в период 1700–2004 гг). Видно, что функция $J(\omega)$ обладает большей чувствительностью.





Вычислительная сложность задачи логического анализа для адаптивно-логической модели естественного языка

В.А. Крайванова
АлтГТУ, г. Барнаул

Человеко-машинный интерфейс на естественном языке (ЕЯ) не является универсальным, однако существует достаточно широкий круг задач, в которых человеку проще сформулировать свое пожелание в виде фразы на ЕЯ, чем в терминах формальных человеко-машинных интерфейсов. Причем эти задачи не требуют полноценного семантического анализа всех нюансов речи, зачастую достаточно буквального понимания фраз. Для создания ЕЯ-интерфейса предлагается модель логического анализа фраз.

Пусть W – конечное множество известных в модели слов, на котором введены отношение синонимичности и иерархия понятий. В качестве представления фраз на ЕЯ нами выбрана функциональная форма, функциональными символами являются слова из лексикона W, а типами аргумента синтаксическими отношениями между ними. О функциональной форме удобно говорить, как о дереве. Такое помеченное дерево фразы (ПДФ) в том или ином виде строят практически все синтаксические анализаторы. Задача логического анализа фразы заключается в том, чтобы свести некоторую начальную фразу ϕ к множеству фраз, определяющих команды и понятных объекту управления. Механизм преобразования фраз описывается конечным множеством правил контекстной замены *Rules*. В общем виде правило задается парой $r = \langle H \to C, Parameters \rangle$, где H и C – гипотеза и следствие правила, представленные двумя ПДФ, некоторые вершины которых, возможно, помечены не словами из W, а параметрами. *Parameters* – множество параметров правила. Значением параметра p_i может стать ПДФ, корень