

1. Qi Shan, Wei Xiong, Jiajia Jia, *Rotational Motion Deblurring of a Rigid Object from a Single Image* <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.107.7009&rep=rep1&type=pdf> 2. R. Fergus, B. Singh, A. Hertzmann, S.T.Roweis, W.T.Freeman, *Removing Camera Shake from a Single Photograph* http://cs.nyu.edu/~fergus/papers/deblur_fergus.pdf 3 .D. Peleshko, A.Klyuvak, N.Kustra, M.Navytka *Deblurring of images distorted by separate objects' motion using blur kernel. Proceedings of the V International Scientific and Technical Conference (CSIT 2010), October 14-16 Ukraine, Нац. ун-т "Львівська політехніка", Львів, Видавництво ПП "Вежа і Ко". 2010, с.34-35.4. D.Peleshko, N.Kustra, O.Makoveychuk, A.Klyuvak *Automated detection of digital images partial blur. Proceedings of the 11 International Conference "The experience of designing and application od CAD systems in microelectronics" (CADSM 2011), February 23-25, Polyana, Ukraine, Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів, Видавництво ПП "Вежа і Ко", 2011. – С.316–316.**

УДК 681.142.2; 622.02.658.284; 621.325

Ю. Рашкевич, Д. Пелешко, М. Купчак, А. Ковальчук
Національний університет "Львівська політехніка"
кафедра інформаційних технологій видавничих систем

ВИДІЛЕННЯ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ДІЛЯНОК МОВНОГО СИГНАЛУ ЗА СПЕКТРОМ МАТРИЧНОГО ОПЕРАТОРА

© Рашкевич Ю., Пелешко Д., Купчак М., Ковальчук А., 2011

Запропоновано метод виділення квазістаціонарних ділянок мовного сигналу, який ґрунтується на використанні спектральної метрики в топологічному просторі елементарних ділянок. Спектральна метрика будується за додатнім матричним оператором, отриманим внаслідок різницевих операцій над оператором, визначеним на елементарній ділянці мовного сигналу. Приводяться результати практичних експериментів.

Ключові слова: мовний сигнал, динамічна спектрограма, квазістаціонарна ділянка, спектральна метрика, топологічний простір, матричний оператор, власний підпростір оператора, власні значення.

There is proposed the method of separation of quasi-stationary parts of the speech signal based on the use of spectral metric in the topological space of elementary pieces. Spectral metric is based on positive operator matrix generated from difference operations over the operator defined on the unit area of speech signal. There are shown results of practical experiments.

Key words: speech signal, dynamic spectrogram, quasistationary, spectral metric, topological space, matrix operators, operator eigensubspace, eigenvalues.

Вступ

Задача первинного поділу мовного сигналу на квазістаціонарні ділянки є однією із ключових у комплексі задач аналізу, перетворення та синтезу мови, успішне розв'язання якої значною мірою визначає ефективність розв'язання проблеми загалом. За своєю природою мовний сигнал є нестаціонарним, хоч завдяки інерційності артикуляторів (губи, язик тощо) в ньому можна виділяти ділянки, спектральний склад яких є дуже близьким. Такі ділянки називають квазістаціонарними. У кожному випадку результати поділу сигналу на квазістаціонари (сегментація) мають суб'єктивний характер, оскільки повністю залежать від вибраного методу. Різноманіття звукових елементів мовного сигналу та поставлених задач його оброблення приводять до того, що не існує не те що оптимального, а навіть і загальноприйнятого методу сегментації.

Аналіз літературних джерел [1–3] показує, що для кожної із вибраних моделей мовотворення та для кожної задачі оброблення сигналу можуть бути рекомендовані різноманітні методи його первинного поділу. Як правило, ці методи тісно пов'язані із моделлю мовотворення і, відповідно, не є універсальними.

У роботі запропоновано метод сегментації на основі використання спектральної метрики в топологічному просторі, який не залежить від моделі сигналу, та наведено результати сегментації на його основі мовних сигналів.

Постановка задачі

Нехай задано часовий проміжок $\tau = [0; T], T \in \mathbf{R}^{1,+}$. На проміжку τ системою відкритих множин

$$\Gamma = \{T_i\}_{i=1,2,\dots}, \quad T_i = [t \mid t_{i-1} \leq t < t_i, t_{i-1}, t_i \in \tau], \quad (1)$$

з діаметром $|T_i| = \sup_{t_a, t_b \in T_i} d(t_a, t_b)$ (де d – метрика простору \mathbf{R}^1), визначимо топологію Γ . Оскільки

проміжок τ є замкнутою обмеженою множиною, то у топології Γ завжди існує диз'юнктивне (з тривіальним перетином) скінченне покриття $\chi = \{T_i \mid i = 1..n\}$, тобто має місце

$$\forall i, j \in [1; n]: T_i, T_j \in \chi \wedge i \neq j \rightarrow T_i \cap T_j = \emptyset; \quad (2)$$

$$\tau = \bigcup_{i=1}^n T_i. \quad (3)$$

Вважатимемо, що усі елементи покриття χ мають однаковий діаметр, що дорівнює ε : $\forall i \in [1, n]: |T_i| = \varepsilon$. Це визначає χ як ε -покриття проміжку τ .

Нехай на проміжку τ визначено мовний сигнал $x(t)$ як неперервне сюр'єктивне відображення

$$x: \tau \rightarrow \mathbf{R}^1. \quad (4)$$

Оскільки $x(t)$ є неперервним відображенням, то за умови існування покриття χ отримаємо покриття η (необов'язково диз'юнктивне) області значень функції $x(t)$

$$\eta = \{X_i \mid i = 1..n\}, \quad (5)$$

де $X_i = \{x(t) \mid t \in T_i\} = \{x(t) \mid t \in T_i\}$ – елемент покриття η . За означенням покриття маємо

$$x(t) = \bigcup_{i=1}^n X_i, X_i \in \eta. \quad (6)$$

У дискретному випадку τ є скінченним, а тому компактом. Більше того, усі елементи T_i покриття χ , будучи рівнопотужними ($\forall i \in [1, n]: |T_i| = \dim T_i = l$) є гомеоморфними між собою. Тоді потужність дискретного простору τ за покриттям χ визначатиметься за формулою Грасмана з урахуванням диз'юнктивності покриття η

$$T + 1 = |\tau| = \left| \bigcup_{i=1}^n X_i \right| = \sum_{i=1}^n |X_i| - \left| \bigcap_{i=1}^n X_i \right| = nl. \quad (7)$$

Значення l визначає також потужність елемента X_i : $|X_i| = l$.

Суть задачі визначення квазістаціонарних ділянок Y_i полягає у побудові нового представлення сигналу $x(t)$

$$x(t) \leftrightarrow \bigcup_{i=1}^m Y_i. \quad (8)$$

де Y_i – квазістаціонарна ділянка (надалі квазістаціонар), яка є об'єднанням послідовних елементарних ділянок X_j

$$Y_i = \bigcup_{j=I_i}^{m_i+I_i-1} X_j. \quad (9)$$

Тут m – кількість квазістаціонарних ділянок Y_i ; m_i – кількість елементарних ділянок X_j в об'єднанні (9). Очевидно, що $m \leq n$. Потужність квазістаціонарної ділянки Y_i , подібно до (7), дорівнює: $|Y_i| = m_i l_i$ є залежною від характеристик мовного сигналу; I_i – початковий індекс об'єднання (9) в покритті η , при цьому завжди $I_1 = 1$. Фактично множина індексів $\{I_i\}_{i=1..m}$ визначає нову топологію η' , яка, своєю чергою, індукує нову топологію χ' як видозміну відповідної топології χ .

Тоді основним завданням задачі побудови квазістаціонарних ділянок є визначення параметрів m_i та I_i при заданих покриттях χ та η . У загальному випадку цю задачу можна розглядати як побудову відображення перетворення топологій $f: \chi \rightarrow \chi'$ або $F: \eta \rightarrow \eta'$.

Оскільки індекс першого квазістаціонарну Y_1 завжди дорівнює одиниці, I_1 , то

$$\forall i \in [2, m]: I_i = I_1 + \sum_{k=1}^{i-1} m_k = 1 + \sum_{k=1}^{i-1} m_k, \quad (10)$$

і основне завдання зводиться до визначення лише параметрів m_i , відповідного квазістаціонару Y_i , а формула (9) набуде вигляду

$$Y_i = \bigcup_{j=1+\sum_{k=1}^{i-1} m_k}^{\sum_{k=1}^i m_k} X_j. \quad (11)$$

Метод виділення квазістаціонарних ділянок

На проміжку τ сигнал $x(t)$ зсуємо в додатну область $x(t) = x(t) + \max x(t) - \min x(t)$ і пронормуємо зсунутий сигнал $x(t)$ за схемою оберненого мінімаксного множника K [5]

$$K = \frac{1}{\min_{i \in [1, n]} \max_{x(t) \in X_i} x(t)}. \quad (12)$$

За допомогою (12) надалі розглядатимемо $x(t)$ як дискретний нормований сигнал $x'(t) = K(x(t))$, $t \in \tau$. Для кожного елемента X_i покриття η будемо оператор $\nabla_i: \mathbf{R}^l \times \mathbf{R}^l \rightarrow \mathbf{R}^1$

$$\nabla_i = \left(\delta_{i(p,q)} = \frac{x(t_q)}{x(t_p)} \middle| x(t_q), x(t_p) \in X_i \right)_{p=1, q=1}^{l,l}. \quad (13)$$

Тут p та q є внутрішніми індексами дискретизованих значень сигналу $x'(t)$, які належать відповідному елементу X_i покриття η . Розмірність оператора (13) дорівнює: $\dim \nabla_i = l \times l$.

Оскільки оператор ∇_i є квадратною додатно визначеною матрицею, то за теоремою Фробеніуса–Перона його усі власні значення $\lambda_{i,z}$ є дійсними і додатно визначеними.

Нехай $S = \{\lambda_{i,z} \mid z = 1..l\}$ є спектром оператора ∇_i [4]. Тут $\lambda_{i,z}$ – його z -е власне значення, якому відповідає власний вектор $e_{i,z}$. За власним значенням $\lambda_{i,z}$ можна отримати $E_{\lambda_{i,z}}$ – власний підпростір оператора ∇_i

$$E_{\lambda_{i,z}} = \ker(\nabla_i - \lambda_{i,z} E), \quad z \in [1; l], \quad (14)$$

де E – одинична діагональна матриця. Очевидно, що

$$\frac{\dim \nabla_i}{l} = \sum_z^l \dim E_{\lambda_{i,z}}. \quad (15)$$

Для кожного елемента X_i розглянемо діагональну матрицю

$$D_i = (\lambda_{i,z} E)_{p=1, q=1}^{l,l} = \text{diag}\{\lambda_{i,1}, \dots, \lambda_{i,l}\}. \quad (16)$$

Тоді в просторі елементів X_i покриття η можна породити метричний простір за допомогою спектральної метрики [4]

$$\forall i, j \in [1, n]: d(X_i, X_j) = \sqrt{\lambda_{A_{ij}, \max} (A_{ij}^* A_{ij})}, \quad (17)$$

де $A_{ij} = D_i - D_j$; A_{ij}^* – матриця, спряжена до A_{ij} ; $\lambda_{A_{ij}, \max}$ – максимальне власне число додатної напіввизначеної за розкладом Холецкого матриці $A_{ij}^* A_{ij}$. Оскільки матриця $A_{ij}^* A_{ij}$ є додатною, то її усі власні значення $\{\lambda_{A_{ij}, z}\}_{z=1..l}$ є додатними, а метрика (17) є визначеною.

Завдяки метриці (17) визначимо умову належності елементарної ділянки X_j до квазістаціонару Y_i

$$\forall j \in [I_i, I_i + m_i - 1]: d(X_i, X_j) \leq \varepsilon, \quad (18)$$

де $\epsilon \in \mathbf{R}^{1,+}$ – похибка віднесення елементарної ділянки X_j до квазістаціонару Y_i . Саме кількість послідовних, починаючи з індексу I_i , ділянок X_j визначає значення параметра m_i . Фрагмент алгоритму визначення m_i ілюструє рис. 1.

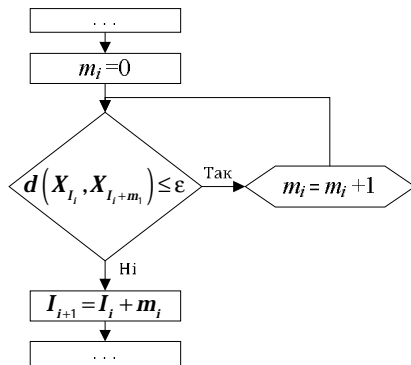


Рис. 1. Алгоритм побудови квазістаціонарних ділянок

Практичні експерименти

Якість сегментації мовного сигналу на основі запропонованого методу апробовано на прикладі первинного поділу слова “миша”, яке містить основні види фонем: наголошену та ненаголошену голосні, а також вокалізовану та невокалізовану приголосні. Тривалість слова – 1,03 секунди, частота дискретизації 11 025 Гц, довжина вікна аналізу (елементарного сегмента) – 120 відліків, перекривання відсутнє.

На рис. 2 наведені хвильовий сигнал (рис. 2а) та динамічна спектрограма (рис. 2б) слова “миша”, а також результати сегментації та шкала елементарних сегментів (рис. 2в). Загальна кількість відліків сигналу 11400, кількість елементарних сегментів – 95. Динамічна спектрограма побудована за допомогою MatLab, довжина вікна Хеммінга 128 відліків, перекривання максимальне із кроком в один відлік.

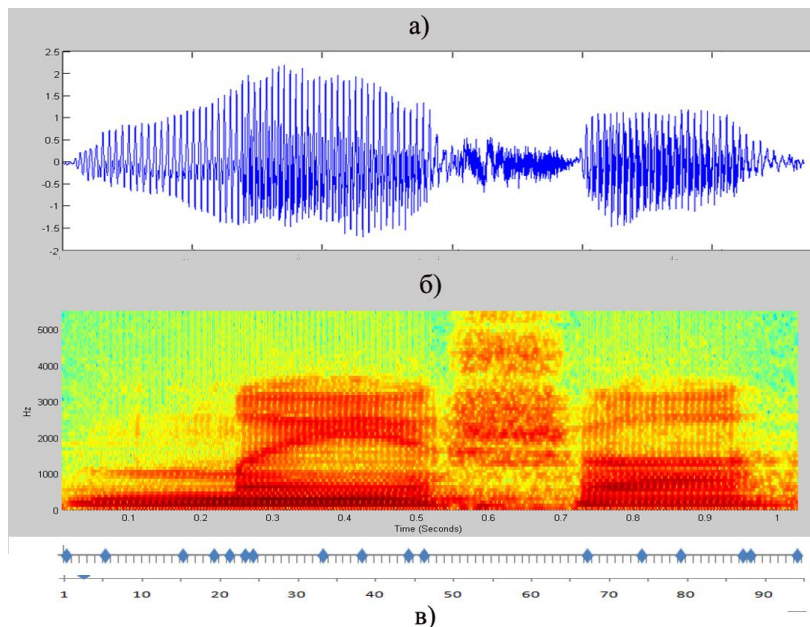


Рис.2. Результати сегментації слова “миша”

За результатами сегментації фонему m поділено на 4 ділянки, перехід m - $и$ – на 2 ділянки, фонема $и$ поділена на 3 квазістаціонари, фонема $ш$ представлена однією ділянкою (ідеальна сегментація), фонема $а$ поділена на 5 квазістаціонарів, при цьому два останні належать до кінця слова.

Цей метод було також апробовано на прикладах інших слів і фраз мовного сигналу, при цьому результати сегментації якісно були аналогічними наведеним на рис. 2.

Висновки

Результати експерименту підтверджують можливість використання запропонованого методу для первинної сегментації мовного сигналу. При цьому спостерігається чітке виділення невокалізованих приголосних, а також достатньо добрі результати сегментації наголошеної та основної частини ненаголошеної голосних, незважаючи на те, що кожен із них поділено на 3 квазістаціонари. Менш якісною є сегментація вокалізованої приголосної та її переходу до голосної (виділено 6 квазістаціонарів), а також закінчення ненаголошеної голосної. Останнє пояснюється кінцем слова та зниженням рівня енергії сигналу. Цей метод може ефективно доповнювати інші методи сегментації, які ґрунтуються на вибраних моделях мовотворення.

1. Сорокин В.Н., Цыплихин А.И. Сегментация речи на кардинальные элементы // Информ. процессы. – 2006. – Т. 6, № 3. – С. 1772–207. 2. Дорохин О.А., Старушко Д.Г., Федоров Е.Е., Шелепов В.Ю. Сегментация речевого сигнала // Искусственный интеллект. – 2000. – №3. – С. 450–458. 3. Сорокин В.Н., Цыплихин А.И. Сегментация и распознавание гласных // Информ. процессы. – 2004. – Т. 4, № 2. – С. 202–220. 4. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание / А Алберт; пер. с англ., главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука». – М., 1977. – 224 с. 5. Рашкевич Ю. М., Пелешко Д. Д., Ковальчук А. М., Купчак М.І. Неієрархічна кластеризація звукових одиниць мовного сигналу // Наукові праці. Науково-методичний журнал. Серія "Комп'ютерна наука". Вип.к 148, Т. 160. Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – С.93–98.

УДК 614.842; 159.923

І. Малець

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

РОЛЬ ТА ПРОБЛЕМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

© Малець І., 2011

Розглядається мережа телекомунікаційних систем, її робота в умовах надзвичайних ситуацій та проблема синтезу систем оперативного управління за її допомогою. Встановлено, що інформаційна сумісність передачі пакетів даних у комп'ютерних мережах та аналогової інформації в каналах зв'язку забезпечується шляхом використання єдиного лінгвістичного забезпечення, лексичного і програмного, яке містить уніфіковані інформаційні структури банків даних усіх рівнів системи, а також правил і протоколів передавання даних.

Ключові слова: канали зв'язку, надзвичайні ситуації, система оперативного управління.

The article considers the network of telecommunication systems, its functioning in the emergencies and the problem of the synthesis of on-line control systems while using the network. It's determined that the information compatibility of database transfer in computer networks and the continuous data in communication links is provided by using the only linguistic and lexical implementation and software that include the standardized databases of all system levels and also rules and protocols of database transfer.

Key words: communication links, emergencies, on-line control system.

Вступ

Концепція розвитку телекомунікацій в Україні відповідно до Закону України "Про телекомунікації" визначає основні засади і напрями подальшого розвитку телекомунікаційних мереж загального користування (далі — телекомунікаційні мережі) у ринкових умовах і спрямована на досягнення стратегічних інтересів та конкурентоспроможності України на міжнародному ринку.