

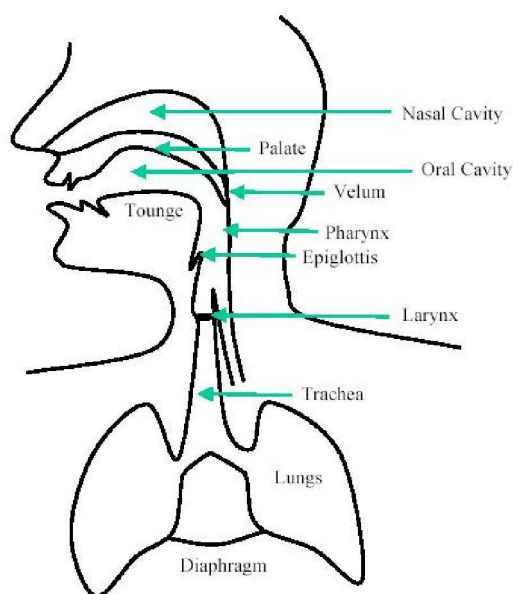
**1- مقدمه:**

اهداف درس:

آشنایی با نحوه تولید گفتار: مطالعه آناتومی اندام های گفتار پیش نیازی برای مطالعه آواشناسی (هم از لحاظ صوتی و هم از لحاظ مفصلی) می باشد.

**2- اندام های تولید گفتار**

در تصویر 1 اندام های تولید صوت انسان را مشاهده می کنید. در ادامه این اندام ها را از پایین به بالا شرح می دهیم و وظایف آن را بیان خواهیم کرد.



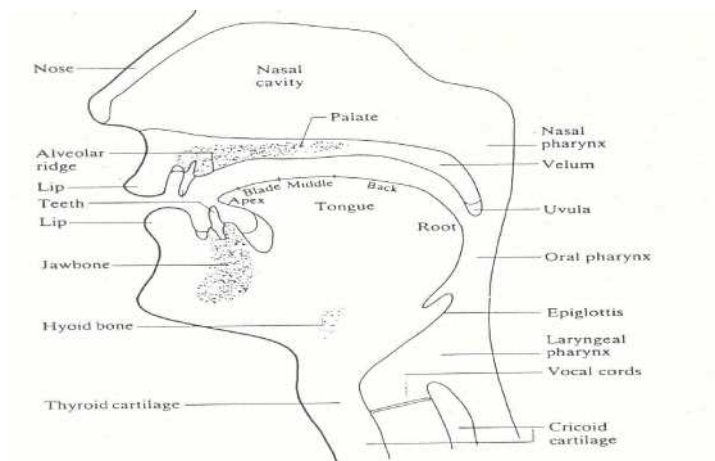
تصویر 1- اندام های تولید صوت انسان

- شش ها و نای (Lungs and Trachea)

- این قسمت به عنوان منبع هوا در حین تولید گفتار عمل می کند.
- اندام های صوتی بوسیله هوای فشرده شده کار می کنند. این هوای فشرده توسط شش ها فراهم شده و توسط نای به سیستم صوتی منتقل می شود.
- این اندام همچنین وظیفه کنترل بلندی گفتار تولید شده را بر عهده دارند.
- به شش و نای با هم «مجرای ریوی» گفته می شود.

- حنجره (Larynx)

- این عضو یک سیستم پیچیده است ساخته شده از غضروف و ماهیچه است که شامل و کنترل کننده تارهای صوتی می باشد.
- قسمت های اصلی حنجره عبارتند از:
  - ✓ غضروف حلقه ای (Cricoid Cartilage)
  - ✓ غضروف سپر مانند (Thyroid Cartilage)
  - ✓ غضروف آرتنویید (Arytenoid Cartilage)
  - ✓ تار های صوتی (Vocal Cords)
- جایگاه تارهای صوتی به هم می رسند چاکنای (glottis) نام دارد.
- مسیر صوتی (Vocal Tract)
  - قسمت های مسیر صوتی را می توانید به صورت دقیق تر در تصویر 2 مشاهده کنید.
  - حلق حنجره (Laryngeal pharynx): زیر نای بند (epiglottis) واقع شده است.
  - حلق دهانی (Oral pharynx): پشت زبان، بین نای بند و velum واقع است.
  - حلق دماغی (Nasal pharynx): بالای velum، انتهای حفره دماغی واقع شده است.
  - حفره دهانی (Oral Cavity): جلوی velum واقع شده است و بوسیله لب ها، زبان و سقف دهان بسته شده است.
  - حفره دماغی (Nasal Cavity): بالای سقف دهان واقع شده است و از حلق تا سوراخ بینی را شامل می شود.

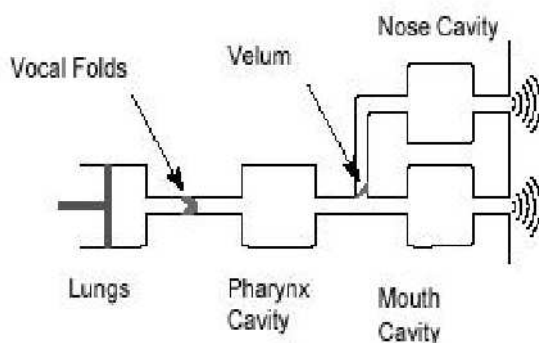


تصویر 2 - قسمت های مسیر صوتی

### 3- مدل سازی مسیر صوتی

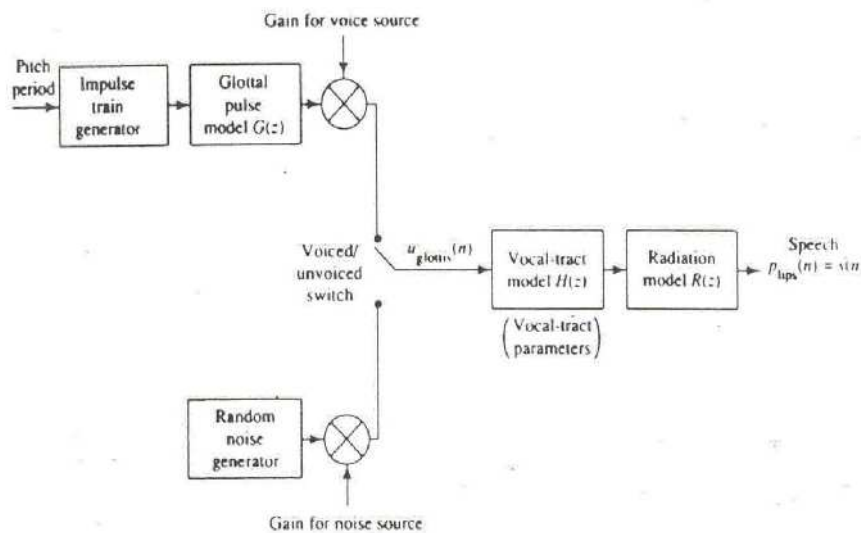
- سعی می شود که در کاربردهای پردازش و بازشناسی گفتار، مسیر صوتی مدل شود.

- مدل های زیادی برای مسیر صوتی انسان ارائه شده است.
- در تصویر 3 یک مدل فیزیکی از تولید صوت انسان (شامل مدل مسیر صوتی) مشاهده می کنید.



تصویر 3- مدل تولید صوت انسان که شامل مدل مسیر صوتی نیز می باشد

- مدل های گسسته زیادی برای مسیر صوتی ارائه شده است.
- هدف از این مدل ها، مدل کردن مسیر صوتی بر روی تجهیزات دیجیتالی (از جمله کامپیوتر ها و موبایل ها) می باشد.
- در تصویر 4 یک مدل کلی گسسته برای تولید صوت مشاهده می کنید.



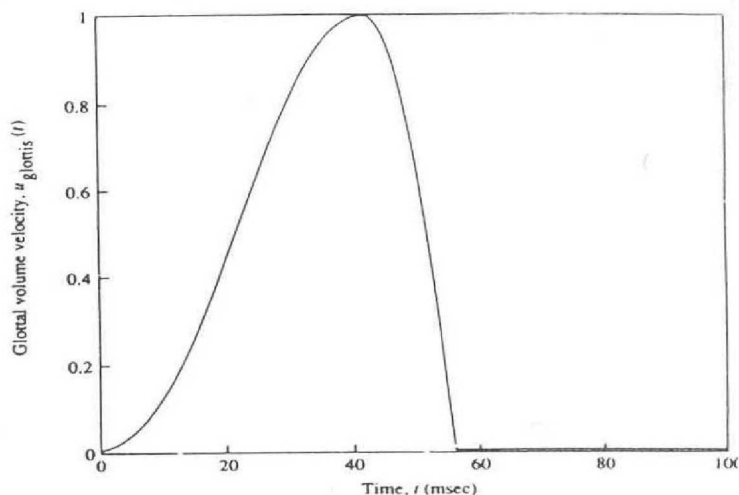
تصویر 4- یک مدل کلی گسسته برای تولید صوت انسان

- اجزای این تصویر در فصول بعد توضیح داده خواهند شد.

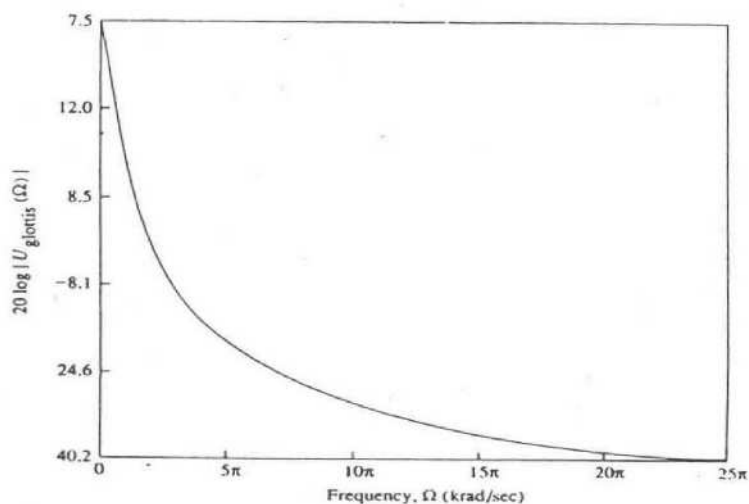
#### 4- پالس تارهای صوتی

- در تصویر 4 پالس های پرلودیک به عنوان هوای فشرده رد شده از تارهای صوتی عمل می کنند.

- $H(z)$  هم مدل مسیر صوتی می باشد.
- با رد شدن پالس (هوا) از مدل (مسیر صوتی) گفتار تولید می شود.
- این فرآیند مشابه نحوه تولید گفتار در انسان است.
- یک پریود پالس تولید شده توسط تار صوتی انسان را در حوزه زمان در تصویر 5 مشاهده می کنید.
- یک پریود پالس تولید شده توسط تار صوتی انسان را در حوزه فرکانس در تصویر 6 مشاهده می کنید.



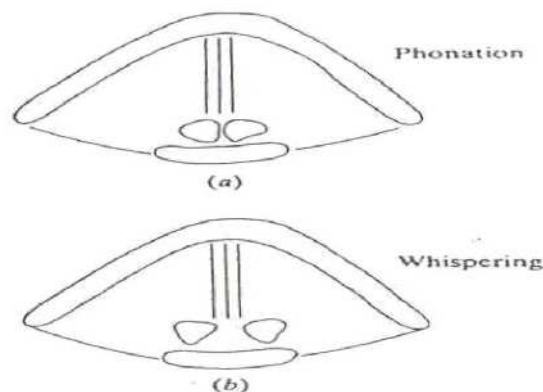
تصویر 5 - یک پریود از پالس تولید شده توسط تار صوتی انسان در حوزه زمان



تصویر 6 - یک پریود از پالس تولید شده توسط تار صوتی انسان در حوزه فرکانس

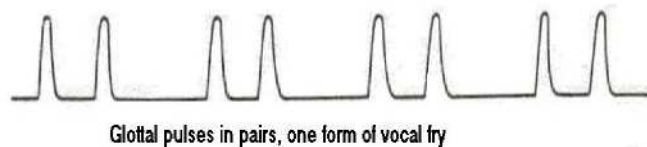
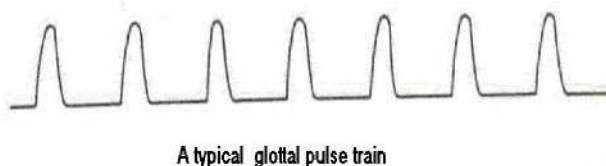
- همان طور که مشاهده می کنید پالس تولید شده توسط تار صوتی انسان بسیار شبیه ضربه (impulse) می باشد.

- یعنی در یک جا از زمان فشردگی زیادی به وجود می آید (مانند ضربه سیگنال به سمت بینهایت می رود) و در بقیه جاها صفر است.
- در حوزه فرکانس این سیگنال در فرکانس های پایین زیاد و در فرکانس های بالا کم است (تصویر 6).
- تارهای صوتی و غضروف ها برای هر واج یک شکل می گیرند.
- مثلاً واج ها - که واکه است تارهای صوتی می لرزند (امتحان کنید) ولی برای واج ش نمی لرزند.
- در تصویر 7 تفاوت قرار گرفتن غضروف ها و تارهای صوتی برای این دو حالت را مشاهده می کنید.



تصویر 7 - نحوه قرار گرفتن تارهای صوتی و غضروف ها برای دو واج - و ش

- پالس نهایی تولید شده پرودیگ است (مانند تصویر 8 بالا).
- برخی پالس های تولید شده یک ضربه نیستند (مانند صداهای خش دار) (مانند تصویر 8 پایین).



تصویر 8 - پالس تولید شده توسط تارهای صوتی سالم (بالا) و خش دار (پایین)

#### 4- تولید گفتار

- کل عملیات تولید گفتار به دو قسمت تقسیم می شود:

✓ تحریک (Excitation): همان پالس تولید شده توسط تارهای صوتی است.

✓ مدولاسیون یا فرکانس گذاری: همان اعمال مسیر صوتی است.

○ این دو مرحله به صورت پشت سر هم هستند و در تصویر 9 نشان داده شده اند.



شکل 9 - مراحل کلی تولید گفتار

○ **تحریک** به چند روش انجام می شود.

#### 1. آواگری (Phonation):

○ تولید صدای واکدار می باشد. به عبارتی تارهای صوتی به لرزه در می آیند. در این هنگام غضروف های

arytenoids بسته می شوند و تارهای صوتی را می کشند. هنگامی که هوا از درون تارهای صوتی عبور

می کند، آن ها را می لرزاند. باز و بسته شدن تارها جریان هوا را به یک سری پالس می شکند. نمونه

پالس تولید شده را می توانید در شکل 8 مشاهده نمایید.

○ به میزان تناوب این پالس فرکانس گام (pitch) گفته می شود.

○ فرکانس گام زیری و بمی (کلفتی و نازکی) گفتار را تعیین می کنند.

○ صداهای گفتار که بوسیله آواگری تولید می شوند (تار صوتی در حین تولید آن ها می لرزد) را واکدار

(voiced) می گویند.

○ به بقیه صدا ها بدون واک یا مصوت (unvoiced or mute) گفته می شود.

○ مثال: ژ، ـ

## 6 - خلاصه و نتیجه گیری:

در این فصل یاد گرفتیم که:

- اندام های تولید گفتار انسان کدامند.
- فرآید تولید صوت در انسان شامل چه مراحل می شود.
- پالس های تحریک چگونه توسط تارهای صوتی تولید می شوند.
- چگونه می توان تولید صوت در انسان را مدل کرد که بتوان بر روی دستگاه های دیجیتال از آن استفاده نمود.

## 7 - منابع درس:

- 
- 1- Rabiner, "Fundamentals of Speech Recognition"
  - 2- Huang, Acero, "Spoken Language Processing"
  - 3- Deller, "Discrete-time processing of speech signals"