

## نواک و ارتباط آن با فواصل موسیقایی

ایوب بنوشی

استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای

ayoubbanoushi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۹/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۷

### چکیده

قطعات موسیقی از نت‌هایی با فواصل موسیقایی گوناگون تشکیل می‌شوند. فاصله‌ی موسیقایی<sup>۱</sup> بین دو نغمه<sup>۲</sup> چیزی نیست مگر اختلاف در زیرایی<sup>۳</sup> آنها. پس زیرایی مشخصه‌ای است که باید آن را اندازه گرفت. کمیتی که برای سنجش زیرایی معرفی شده است نواک<sup>۴</sup> نام دارد. متخصصان اکوستیک روانی<sup>۵</sup>، نواک را با یکای مل<sup>۶</sup> می‌سنجند اما این یکا برای موسیقی دانان کاربرد ندارد. موسیقی دانان نت‌ها را برحسب یکای هرتز، که یکای کمیت فیزیکی بسامد است، شناسایی می‌کنند و اختلاف نواک بین آنها یا همان فواصل موسیقایی را برحسب یکاهایی مانند هنگام<sup>۷</sup>، پرده<sup>۸</sup>، نیم‌پرده<sup>۹</sup>، و سنت<sup>۱۰</sup> می‌سنجند. یکاهای مل، هنگام، پرده، و سنت با یکای بسامد یعنی هرتز ارتباط دارند. در این مقاله ارتباط بین یکای اکوستیک روانی نواک، یکاهای فواصل موسیقایی، و یکای هرتز تشریح می‌شود.

واژگان کلیدی: نواک، زیرایی، فاصله‌ی موسیقایی، مل، هنگام، نیم‌پرده، سنت

### ۱. مقدمه

متفاوت را از جهت زیر/بم بودن مقایسه کند، به راحتی خواهد گفت که کدام زیرتر است؛ حتی اگر کودکی باشد. اما اگر از او بخواهیم بگویند که چه قدر زیرتر، به سختی می‌تواند اظهار نظر کند.

پرسش‌هایی از قبیل “چه قدر زیر؟” یا “چه قدر بلند؟” نشان می‌دهند که باید در پی یافتن کمیت‌هایی باشیم که به کمک آنها ویژگی‌های صوتی را با اعداد نمایش دهیم و آنها را اندازه بگیریم. دست کم سه گروه از مردم هستند که بیش از دیگران به این کمیت‌ها نیاز دارند؛ فیزیک‌دان‌ها،

صدا پدیده‌ای است که مردم مدام با آن سروکار دارند؛ بنابراین عجیب نیست که ویژگی‌هایش را بشناسند و آن را تشخیص دهند. همه مردم کم و بیش بلندی یا کوتاهی صدا، زیر یا بمی صدا، دوام (مدت بقای) صدا، و ... را می‌فهمند؛ گویی که این ویژگی‌ها چنان ساده و ذاتی‌اند که برای درکشان نیاز به هیچ تخصصی نیست.

این سادگی ظاهری تا وقتی که جنبه‌ی کیفی دارد درست به نظر می‌آید؛ اما به محض اینکه مسئله کمی می‌شود دیگر اعتبار ندارد. برای مثال، اگر از کسی بخواهیم دو صدای

متخصص‌های اکوستیک روانی، و به‌ویژه موسیقی‌دان‌ها. برای نمونه، یک نوازنده باید سازش را کوک کند؛ به این منظور، او باید بتواند تشخیص دهد یک نغمه دقیقاً چه قدر از دیگری زیرتر یا بم‌تر است.

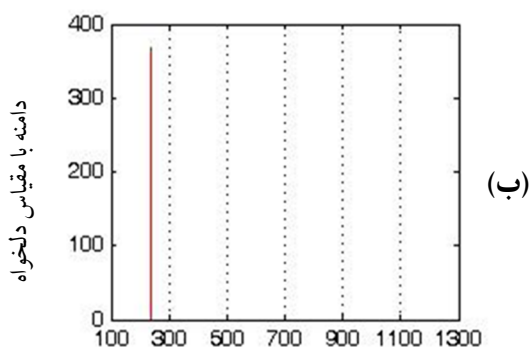
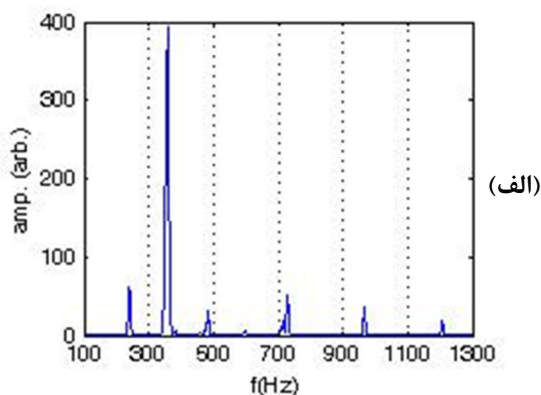
از مثال پیشین می‌شود استنباط کرد که ویژگی زیر/بم بودن نغمه‌ها [۱]، که آن را زیرایی می‌نامیم، تا چه اندازه برای موسیقی‌دانان اهمیت دارد. کمیتی که برای سنجش ویژگی زیرایی صداها به‌کار می‌رود نواک نام دارد [۱]. با وجود اهمیت نواک، در کتاب‌های تئوری موسیقی که به زبان فارسی نوشته شده‌اند کم‌تر به‌صورت دقیق به آن پرداخته شده است (برای نمونه، مراجع [۲] و [۳] را ببینید). به این دلیل، در این مقاله تلاش می‌شود که نواک به‌صورت کامل‌تری معرفی شود.

به این منظور، ابتدا نواک تعریف، و یکای اکوستیک روانی آن معرفی می‌شود. در ادامه، پس از تعریف فاصله‌ی موسیقایی و مشخص کردن ارتباط آن با نواک؛ به یکاهای رایج برای اندازه‌گیری فاصله پرداخته می‌شود.

## ۲. تعریف نواک

نواک کمیتی است که به ما اجازه می‌دهد صداها را برحسب زیرایی‌شان مرتب کنیم. هرچه صدایی زیرتر شنیده شود زیرایی آن بیشتر، و نواک آن بزرگ‌تر است (پیوست بند ۱). احساس زیرایی که صداها را گوناگون در دستگاه شنوایی انسان القا می‌کنند مشابه نیستند؛ آنقدر که می‌توان گفت بعضی از صداها زیرایی ندارند یا به‌عبارت ساده‌تر نمی‌توان تعیین کرد که زیر هستند یا بم. این‌گونه صداها بیشتر در دسته نوفه‌ها<sup>۱۱</sup> قرار دارند. در مقابل، صداهایی هستند که به‌شدت زیرایند. در رأس این صداها نغمه‌های ساده هستند که تنها یک بسامد دارند [۱]. پس از آن، نغمه‌های مرکب قرار دارند که مجموعه‌ای از بسامدهای هماهنگ هستند [۱]. گوش، نواک این نغمه‌ها را تقریباً برابر با نواک بسامد پایه<sup>۱۲</sup> آنها تشخیص می‌دهد؛ حتی اگر قدرت بسامد پایه در مقایسه

با هماهنگ‌های بالایی ضعیف‌تر باشد. این نکته نشان می‌دهد که قدرت بسامد پایه اثری در نواک دریافتی گوش ندارد؛ به قدری که گوش می‌تواند نواک نغمه‌های هماهنگی را که بسامد پایه‌ی آنها محذوف هم باشد تشخیص دهد. (نواک مجازی<sup>۱۳</sup>) نمونه‌ای از این‌گونه نغمه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. در فاصله‌ی بین نوفه‌ها و نغمه‌های موسیقایی صداهایی دیگر جا دارند که زیرایی دارند اما نه زیاد! صدای سازهای پوست آوای<sup>۱۴</sup> کوبه‌ای نظیر تنبک از این دسته‌اند. نغمه این‌گونه سازها مجموعه‌ای از بسامدهای ناهماهنگ است که به آنها رونغمه<sup>۱۵</sup> می‌گویند (شکل ۲). از این‌روست که به نغمه‌های این‌گونه سازها نواک نسبت داده نمی‌شود؛ یا به‌عبارتی نت تولید نمی‌کنند.

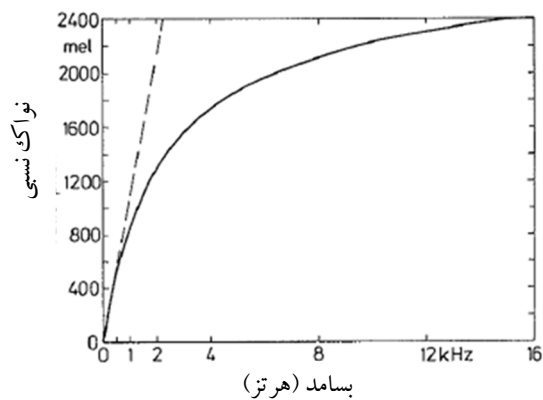


بسامد برحسب هرتر

شکل ۱. دو نغمه با نواک یکسان. (الف) بیناب نت سی بمل یک سه‌تار که نغمه‌ای مرکب است. (ب) نت سی بمل یک دیپازون که نغمه‌ای ساده است. به برابری بسامد پایه‌ی نغمه سه‌تار با بسامد نغمه دیپازون دقت کنید.

شکل ۳ نواک نغمه‌های ساده با بسامدهای مختلف را نشان می‌دهد. شدت این نغمه‌ها برابر با ۴۰ dB بوده است. تأکید بر نسبی بودن نواک از این روست که تشخیص نواک یک نغمه بدون مقایسه آن با نغمه‌ای دیگر، یا به عبارتی تشخیص نواک مطلق<sup>۱۷</sup> یک نغمه برای بیشتر مردم ممکن نیست. گویی که توانایی تشخیص نواک مطلق یک توانایی ذاتی است که حتی با آموزش هم نمی‌توان آن را به کسی یاد داد [۴].

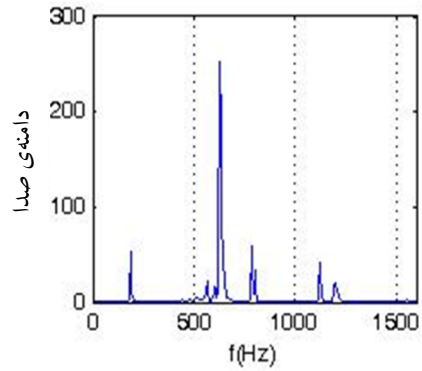
به دیگر سخن، بیشتر مردم گر-نواک هستند و این در تضاد با توانایی مردم در تشخیص رنگ‌ها است. شماری کوچک از مردم کور-رنگ هستند.



شکل ۳. نواک نسبی نغمه‌های تک بسامد با فشار صدای ۴۰ دسی‌بل (تراز فشار صدای ۴۰ dB). توجه کنید دو برابر کردن بسامد نواک را دو برابر نمی‌کند (برگرفته از [۴]).

#### ۴. نت‌های موسیقایی

یک قطعه‌ی موسیقی از نغمه‌هایی شکل می‌گیرد که پیایی (یا هم‌زمان) نواخته می‌شوند. این نغمه‌های زیرا (نواک‌مند) همان نت‌ها هستند. نواک نت‌ها را می‌شود برحسب مل بیان کرد؛ هرچند این چیزی نیست که در بین موسیقی‌دانان رایج باشد. یکای مل در سال ۱۳۱۶ ه. (۱۹۳۷ م.) توسط استیونس نامی معرفی شد [۵]. این درحالی است که موسیقی‌دانان بسیار پیش از این برای سنجش نواک نت‌ها یک‌گانه‌ی داشته‌اند.



شکل ۲. نغمه یک تنبک. بیناب از چند بسامد مجزا تشکیل شده است که به آنها رونغمه می‌گویند. این رونغمه‌ها هماهنگ نیستند. به همین دلیل قدرت نواک<sup>۱۶</sup> نغمه‌های تنبک کم است.

در مجموع می‌شود گفت هر صدایی قدرت نواکی دارد. نغمه‌های ساده بیشترین قدرت نواک را دارند و نوفه‌های سفید (یعنی نوفه‌هایی که همه‌ی بسامدها را در خود دارند) کم‌ترین قدرت نواک را.

#### ۳. یکای نواک

اکنون که نواک را به‌عنوان یک کمیت می‌شناسیم، لازم است یک‌گانه‌ی نیز برای آن داشته باشیم؛ درست آن‌گونه که برای کمیت، مثلاً، طول یکای متر را داریم.

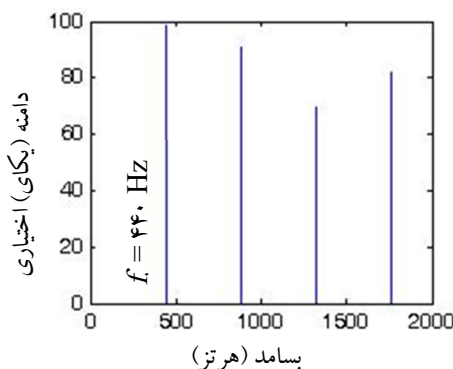
گفتیم که زیرایی مشخصه‌ای طبیعی برای صداهاست؛ پس اگر کمیت نواک را به‌عنوان معیاری برای زیرایی تعریف کنیم، هر کس باید بتواند نواک نغمه‌ها را باهم مقایسه کند و عددی به آنها نسبت دهد. به عبارت دیگر تشخیص نواک نسبی نغمه‌ها نیازمند آموزش خاصی (مثلاً موسیقایی) نباید باشد. بر این اساس، یکایی برای نواک به نام مل برگزیده‌اند. یک مل برابر است با نواک یک نغمه‌ی ناب ۱۲۵ هرتز با شدت ۴۰ dB (پیوست ۲).

اشاره به شدت صدا از آن‌رو است که نواک نغمه‌ها می‌تواند با تغییر شدت صدا کم یا زیاد شود (شاید موسیقی‌دانان تجربه کرده باشند که تغییر شدت نغمه می‌تواند نت شنیده شده را از کوک خارج کند).

به‌ظاهر، فیثاغورث نخستین کسی بوده است که برای اختلاف نواک بین نت‌ها (نواک نسبی) یا همان فاصله‌ی موسیقایی یکایی پیشنهاد داده است. او توسط تازی که از دو سو مقید بود و انگشت‌گذاری بر نقاط گوناگون تار، نغمه‌های مختلف را نواخت و اختلاف نواک آنها را برحسب نسبت درازای بخش لرزان تار برای هر نت به کل درازای تار بیان کرد؛ برای نمونه، نسبت‌های دو سوم یا سه چهارم را به‌عنوان اختلاف نواک نغمه‌ها اعلام کرد.

امروزه می‌دانیم که بسامد اصلی (بسامد پایه) که یک تار لرزان تولید می‌کند با وارون درازای تار متناسب است؛ پس

می‌شود نت‌ها را برحسب بسامد پایه‌ی آنها نام‌گذاری کرد. این روشی است که اکنون رایج است؛ برای نمونه می‌گوییم نت لای ۴۴۰ هرتز. شکل ۴ بیناب این نت را برای یک ساز فرضی نشان می‌دهد. جدول ۱ نیز بسامد استاندارد همه نت‌های موسیقایی را فهرست کرده است. توجه کنید که این بسامدهای استاندارد در موسیقی غربی پذیرفته شده است. در ایران، تاکنون بر سر این استاندارد توافق نشده است؛ هرچند، بیشتر نوازندگان سازهای خود را مطابق این استاندارد کوک می‌کنند.



شکل ۴. بیناب نت لای ۴۴۰ هرتز (۴A) برای یک ساز فرضی. نام این نت از بسامد پایه‌اش ( $f$ ) گرفته شده است. بود و نبود دیگر هماهنگ‌ها بر نواک و نام نت اثری ندارد.

### ۵. فاصله‌ی موسیقایی و یکاهای آن

فاصله‌ی موسیقایی بین دو نت عبارت است از نسبت بسامد پایه‌های آن دو نت.

در شکل ۵ بیناب دو نت دو (C4) و سل (G4) نشان داده شده است.

بسامد پایه‌ی این دو نت به‌ترتیب عبارت است از  $\frac{261}{6}$  و

۳۹۲ هرتز. نسبت این دو (G4/C4) برابر می‌شود با  $\frac{1}{5}$ .

پس فاصله‌ی بین این دو نت عبارت است از  $\frac{3}{2}$  یا همان

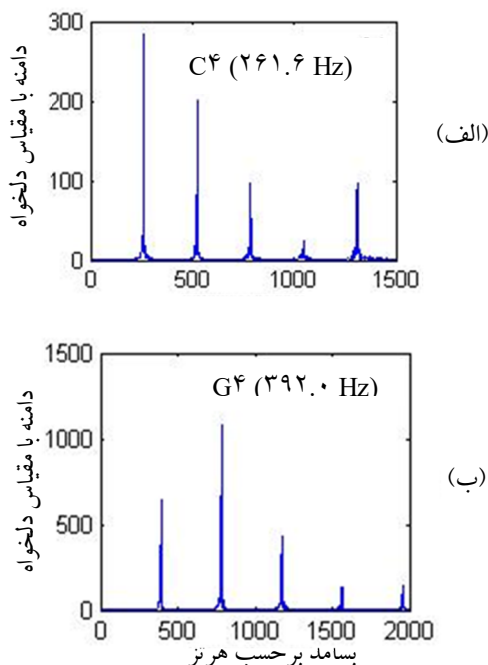
فاصله‌ی پنجم موسیقایی.

به این ترتیب، موسیقی‌دانان نت‌ها را برحسب هرتز که یکای کمیت فیزیکی بسامد است شناسایی می‌کنند. اگر بخواهیم نواک نسبی نت‌ها را برحسب یکای مل به‌دست آوریم، می‌توانیم از منحنی شکل ۳ استفاده کنیم. برای نمونه، نواک نت C6 با بسامد ۱۰۴۶ هرتز تقریباً با ۸۰۰ مل برابر می‌شود؛ البته به‌شرطی که این نت با قدرت (SPL) ۴۰ دسی‌بل نواخته شده باشد. ثابت شده است که تغییر قدرت یک نغمه می‌تواند موجب تغییر نواک آن شود. به‌عبارت دیگر، دو نت مشابه که توسط یک ساز با قدرت‌های متفاوت نواخته شوند ممکن است توسط شنونده با نواک‌هایی متفاوت شنیده شوند.

جدول ۱. بسامد نت‌های استاندارد در گام اعتدال برابر<sup>۱۸</sup>. این بسامدها از حدود ۱۶ هرتز تا ۷۹۰۰ هرتز گسترده‌اند؛ توجه کنید که این گستره توسط بیشتر سازها قابل اجرا نیست.

نت	بسامد (هرتز)	نت	بسامد (هرتز)	نت	بسامد (هرتز)
C <sub>0</sub>	۱۶.۳۵	C <sub>3</sub>	۱۳۰.۸۱	C <sub>6</sub>	۱۰۴۶.۵۰
C <sup>#</sup> <sub>0</sub> /D <sup>b</sup> <sub>0</sub>	۱۷.۳۲	C <sup>#</sup> <sub>3</sub> /D <sup>b</sup> <sub>3</sub>	۱۳۸.۵۹	C <sup>#</sup> <sub>6</sub> /D <sup>b</sup> <sub>6</sub>	۱۱۰۸.۷۳
D <sub>0</sub>	۱۸.۳۵	D <sub>3</sub>	۱۴۶.۸۳	D <sub>6</sub>	۱۱۷۴.۶۶
D <sup>#</sup> <sub>0</sub> /E <sup>b</sup> <sub>0</sub>	۱۹.۴۵	D <sup>#</sup> <sub>3</sub> /E <sup>b</sup> <sub>3</sub>	۱۵۵.۵۶	D <sup>#</sup> <sub>6</sub> /E <sup>b</sup> <sub>6</sub>	۱۲۴۴.۵۱
E <sub>0</sub>	۲۰.۶۰	E <sub>3</sub>	۱۶۴.۸۱	E <sub>6</sub>	۱۳۱۸.۵۱
F <sub>0</sub>	۲۱.۸۳	F <sub>3</sub>	۱۷۴.۶۱	F <sub>6</sub>	۱۳۹۶.۹۱
F <sup>#</sup> <sub>0</sub> /G <sup>b</sup> <sub>0</sub>	۲۳.۱۲	F <sup>#</sup> <sub>3</sub> /G <sup>b</sup> <sub>3</sub>	۱۸۵.۰۰	F <sup>#</sup> <sub>6</sub> /G <sup>b</sup> <sub>6</sub>	۱۴۷۹.۹۸
G <sub>0</sub>	۲۴.۵۰	G <sub>3</sub>	۱۹۶.۰۰	G <sub>6</sub>	۱۵۶۷.۹۸
G <sup>#</sup> <sub>0</sub> /A <sup>b</sup> <sub>0</sub>	۲۵.۹۶	G <sup>#</sup> <sub>3</sub> /A <sup>b</sup> <sub>3</sub>	۲۰۷.۶۵	G <sup>#</sup> <sub>6</sub> /A <sup>b</sup> <sub>6</sub>	۱۶۶۱.۲۲
A <sub>0</sub>	۲۷.۵۰	A <sub>3</sub>	۲۲۰.۰۰	A <sub>6</sub>	۱۷۶۰.۰۰
A <sup>#</sup> <sub>0</sub> /B <sup>b</sup> <sub>0</sub>	۲۹.۱۴	A <sup>#</sup> <sub>3</sub> /B <sup>b</sup> <sub>3</sub>	۲۳۳.۰۸	A <sup>#</sup> <sub>6</sub> /B <sup>b</sup> <sub>6</sub>	۱۸۶۴.۶۶
B <sub>0</sub>	۳۰.۸۷	B <sub>3</sub>	۲۴۶.۹۴	B <sub>6</sub>	۱۹۷۵.۵۳
C <sub>1</sub>	۳۲.۷۰	C <sub>4</sub>	۲۶۱.۶۳	C <sub>7</sub>	۲۰۹۳.۰۰
C <sup>#</sup> <sub>1</sub> /D <sup>b</sup> <sub>1</sub>	۳۴.۶۵	C <sup>#</sup> <sub>4</sub> /D <sup>b</sup> <sub>4</sub>	۲۷۷.۱۸	C <sup>#</sup> <sub>7</sub> /D <sup>b</sup> <sub>7</sub>	۲۲۱۷.۴۶
D <sub>1</sub>	۳۶.۷۱	D <sub>4</sub>	۲۹۳.۶۶	D <sub>7</sub>	۲۳۴۹.۳۲
D <sup>#</sup> <sub>1</sub> /E <sup>b</sup> <sub>1</sub>	۳۸.۸۹	D <sup>#</sup> <sub>4</sub> /E <sup>b</sup> <sub>4</sub>	۳۱۱.۱۳	D <sup>#</sup> <sub>7</sub> /E <sup>b</sup> <sub>7</sub>	۲۴۸۹.۰۲
E <sub>1</sub>	۴۱.۲۰	E <sub>4</sub>	۳۲۹.۶۳	E <sub>7</sub>	۲۶۳۷.۰۲
F <sub>1</sub>	۴۳.۶۵	F <sub>4</sub>	۳۴۹.۲۳	F <sub>7</sub>	۲۷۹۳.۸۳
F <sup>#</sup> <sub>1</sub> /G <sup>b</sup> <sub>1</sub>	۴۶.۲۵	F <sup>#</sup> <sub>4</sub> /G <sup>b</sup> <sub>4</sub>	۳۶۹.۹۹	F <sup>#</sup> <sub>7</sub> /G <sup>b</sup> <sub>7</sub>	۲۹۵۹.۹۶
G <sub>1</sub>	۴۹.۰۰	G <sub>4</sub>	۳۹۲.۰۰	G <sub>7</sub>	۳۱۳۵.۹۶
G <sup>#</sup> <sub>1</sub> /A <sup>b</sup> <sub>1</sub>	۵۱.۹۱	G <sup>#</sup> <sub>4</sub> /A <sup>b</sup> <sub>4</sub>	۴۱۵.۳۰	G <sup>#</sup> <sub>7</sub> /A <sup>b</sup> <sub>7</sub>	۳۳۲۲.۴۴
A <sub>1</sub>	۵۵.۰۰	A <sub>4</sub>	۴۴۰.۰۰	A <sub>7</sub>	۳۵۲۰.۰۰
A <sup>#</sup> <sub>1</sub> /B <sup>b</sup> <sub>1</sub>	۵۸.۲۷	A <sup>#</sup> <sub>4</sub> /B <sup>b</sup> <sub>4</sub>	۴۶۶.۱۶	A <sup>#</sup> <sub>7</sub> /B <sup>b</sup> <sub>7</sub>	۳۷۲۹.۳۱
B <sub>1</sub>	۶۱.۷۴	B <sub>4</sub>	۴۹۳.۸۸	B <sub>7</sub>	۳۹۵۱.۰۷
C <sub>2</sub>	۶۵.۴۱	C <sub>5</sub>	۵۲۳.۲۵	C <sub>8</sub>	۴۱۸۶.۰۱
C <sup>#</sup> <sub>2</sub> /D <sup>b</sup> <sub>2</sub>	۶۹.۳۰	C <sup>#</sup> <sub>5</sub> /D <sup>b</sup> <sub>5</sub>	۵۵۴.۳۷	C <sup>#</sup> <sub>8</sub> /D <sup>b</sup> <sub>8</sub>	۴۴۳۴.۹۲
D <sub>2</sub>	۷۳.۴۲	D <sub>5</sub>	۵۸۷.۳۳	D <sub>8</sub>	۴۶۹۸.۶۳
D <sup>#</sup> <sub>2</sub> /E <sup>b</sup> <sub>2</sub>	۷۷.۷۸	D <sup>#</sup> <sub>5</sub> /E <sup>b</sup> <sub>5</sub>	۶۲۲.۲۵	D <sup>#</sup> <sub>8</sub> /E <sup>b</sup> <sub>8</sub>	۴۹۷۸.۰۳
E <sub>2</sub>	۸۲.۴۱	E <sub>5</sub>	۶۵۹.۲۵	E <sub>8</sub>	۵۲۷۴.۰۴
F <sub>2</sub>	۸۷.۳۱	F <sub>5</sub>	۶۹۸.۴۶	F <sub>8</sub>	۵۵۸۷.۶۵
F <sup>#</sup> <sub>2</sub> /G <sup>b</sup> <sub>2</sub>	۹۲.۵۰	F <sup>#</sup> <sub>5</sub> /G <sup>b</sup> <sub>5</sub>	۷۳۹.۹۹	F <sup>#</sup> <sub>8</sub> /G <sup>b</sup> <sub>8</sub>	۵۹۱۹.۹۱
G <sub>2</sub>	۹۸.۰۰	G <sub>5</sub>	۷۸۳.۹۹	G <sub>8</sub>	۶۲۷۱.۹۳
G <sup>#</sup> <sub>2</sub> /A <sup>b</sup> <sub>2</sub>	۱۰۳.۸۳	G <sup>#</sup> <sub>5</sub> /A <sup>b</sup> <sub>5</sub>	۸۳۰.۶۱	G <sup>#</sup> <sub>8</sub> /A <sup>b</sup> <sub>8</sub>	۶۶۴۴.۸۸
A <sub>2</sub>	۱۱۰.۰۰	A <sub>5</sub>	۸۸۰.۰۰	A <sub>8</sub>	۷۰۴۰.۰۰
A <sup>#</sup> <sub>2</sub> /B <sup>b</sup> <sub>2</sub>	۱۱۶.۵۴	A <sup>#</sup> <sub>5</sub> /B <sup>b</sup> <sub>5</sub>	۹۳۲.۲۳	A <sup>#</sup> <sub>8</sub> /B <sup>b</sup> <sub>8</sub>	۷۴۵۸.۶۲
B <sub>2</sub>	۱۲۳.۴۷	B <sub>5</sub>	۹۸۷.۷۷	B <sub>8</sub>	۷۹۰۲.۱۳

اینکه نسبت بین بسامدها به‌عنوان فاصله در نظر گرفته می‌شود و نه تفاضل بسامدها به ویژگی‌های دستگاه شنوایی انسان باز می‌گردد. دستگاه شنوایی به‌صورت لگاریتمی به تغییر بسامدها پاسخ می‌دهد، نه خطی. معنای این جمله اخیر را با مثالی روشن می‌کنیم.



شکل ۵. بیناب نغمه‌های ساز نی. (الف) نغمه دو با بسامد پایه‌ی ۲۶۱/۶ هرتز. (ب) نغمه سل با بسامد پایه‌ی ۳۹۲ هرتز. (شکل‌ها برگرفته از [۵]).

اگر بسامد یک نغمه صد هرتز به‌اندازه‌ی ده هرتز جابه‌جا شود گوش می‌تواند این تغییر را به‌خوبی دریابد درحالی‌که اگر چنین جابه‌جایی برای نغمه‌ای هزار هرتزی رخ دهد، گوش تغییر را سخت‌تر حس می‌کند. پرسش این است که چه قدر نغمه‌ی هزار هرتزی را جابه‌جا کنیم تا تغییر حاصل تقریباً برابر با تغییر ده هرتزی نغمه صد هرتز باشد؟ پاسخ صد هرتز است. نسبت ده به صد برابر است با نسبت ۱۰۰ به هزار (ده درصد). به‌عبارت دیگر فاصله نغمه ۱۱۰ هرتز با نغمه ۱۰۰ هرتز برابر است با فاصله نغمه هزار و صد هرتز با نغمه هزار هرتز. این‌گونه پاسخ‌دهی را رفتار لگاریتمی گویند.

### ۵-۱. هنگام، پرده، نیم‌پرده، و سنت

بسامد مطلق نت‌ها، و نسبت بین بسامدهای آنها یا همان فاصله‌ی موسیقایی، عناصر پایه‌ای موسیقی هستند؛ پس لازم است همان‌طور که برای نواک یکایی برگزیده شده است، برای فاصله موسیقایی نیز چنین شود. این یکا باید، با وجود تفاوت در موسیقی ملل، حتی‌المقدور جهانی باشد.

فرهنگ‌های مختلف موسیقی‌های خاص خود را دارند و ممکن است فواصلی که در این موسیقی‌ها به‌کار گرفته می‌شود باهم متفاوت باشد. با وجود این، فواصلی هستند که در همه‌ی موسیقی‌ها مشترک‌اند. مهم‌ترین آنها فاصله (۲:۱) است که به آن فاصله‌ی هنگام یا اکتاو می‌گویند. بدین‌سان، فاصله هنگام را می‌شود به‌عنوان یکایی قراردادی برای سنجش فاصله موسیقایی نت‌ها به‌کار برد. با وجود این، باید توجه کرد که در موسیقی‌های معمول، فاصله بین نت‌ها همیشه از یک هنگام کم‌تر است؛ پس، هنگام برای سنجش فاصله نت‌ها یکای بزرگی است و بهتر است یکایی کوچک‌تر به این منظور برگزید. این یکای کوچک‌تر پرده نام دارد.

اگر یک هنگام به شش فاصله‌ی موسیقایی برابر تقسیم شود (آن‌طور که در گام اعتدال برابر هست)، هریک از این فاصله‌ها یک پرده است. با توجه به اینکه فاصله به معنای نسبت بین بسامدها است و نه تفاضل آنها، یک پرده برابر می‌شود با ریشه‌ی ششم دو یا  $1/12$ . برای نمونه، بسامد پایه نغمه‌ای که یک پرده بالاتر از نت C4 با بسامد  $261/3$  هرتز باشد عبارت می‌شود از:  $293 \text{ Hz} = 261/3 \times 1/12$ ؛ که همان نت (D4) re است.

در عمل به فواصل کوچک‌تر از پرده هم نیاز داریم؛ زیرا نت‌هایی هستند که فاصله‌شان از پرده هم کوچک‌تر است. از این‌روست که پرده را به دو قسمت برابر تقسیم می‌کنند و به آن نیم‌پرده می‌گویند. فاصله نیم‌پرده برابر است با ریشه دوازدهم دو یا  $1/12$ . برای مثال، بسامد پایه نغمه‌ای که نیم‌پرده از نت C4 بالاتر باشد برابر می‌شود با:

$$261/3 \times 1/0.6 = 277 \text{ Hz}$$

که همان نت دو دیز ( $C_4^\sharp$ ) است. نغمه‌های جدول ۱ همگی به فاصله نیم‌پرده از هم قرار دارند. همان‌گونه که انتظار داریم در هر فاصله هنگامی (مثلا از  $C_0$  تا  $C_1$ ) ۱۲ نت وجود دارد.

نیم‌پرده برای سنجش فواصل موسیقایی یکایی مناسب‌تر از هنگام است. با وجود این، چون گوش ما فواصل کوچک‌تر از نیم‌پرده را هم تشخیص می‌دهد، این یکا هم برای سنجش‌های موسیقایی بزرگ است و ما به یکایی کوچک‌تر از آن نیاز داریم. برای نمونه، موقع کوک کردن سازها، اختلاف بین نغمه‌ها معمولا بسیار کم‌تر از یک نیم‌پرده است. از این‌رو، یکایی بازهم کوچک‌تر برای فاصله موسیقایی در نظر می‌گیرند و به آن سنت می‌گویند. اگر یک پرده را به دو یست قسمت برابر تقسیم کنند، هر قسمت برابر یک سنت می‌شود.

بازهم باید توجه داشت که منظور از برابر این نیست که تفاضل‌های هر دو عدد متوالی یکی شود، بلکه باید نسبت‌های بین هر دو عدد متوالی یکی باشد. به این ترتیب، یک سنت فاصله از نت‌های مختلف معادل تغییر بسامدهای متفاوتی است.

با این تعریف، برای اینکه بدانیم یک سنت بالابردن یک نغمه بسامد آن را چه قدر بالا می‌برد، کافی است بسامد پایه آن

نغمه را در  $1/0.006 = 2^{1/1200}$  ضرب کنیم. برای نمونه، اگر نت  $C_4$  را که بسامد پایه‌اش  $261/3$  هرتز است، به اندازه یک سنت بالا ببریم، نغمه‌ای خواهیم داشت با بسامد پایه‌ی:

$$1/0.006 \times 261/3 = 261/5 \text{ Hz}$$

و اگر دو سنت بالا ببریم، نغمه‌ای خواهیم داشت با بسامد پایه‌ی:

$$1/0.006 \times 1/0.006 \times 261/3 = 261/7 \text{ Hz}$$

در مورد نت دیگری مانند  $C_6$  داریم:

$$1 = \text{سنت بالاتر از } C_6 =$$

$$1/0.006 \times 1046/5 = 1047/1 \text{ Hz}$$

و

$$2 = \text{سنت بالاتر از } C_6 =$$

$$1/0.006 \times 1/0.006 \times 1046/5 = 1047/8 \text{ Hz}$$

همان‌طور که می‌بینیم، برای نغمه  $C_4$ ، یک سنت تغییر معادل  $0/2$  هرتز است، درحالی‌که برای نغمه  $C_6$  معادل  $0/6$  هرتز. ممکن است این اختلاف کوچک‌تر از آنی باشد که گوش بتواند تفاوت زیرایی آنها را تشخیص دهد، اما اگر اختلاف بزرگ‌تر شود و مثلا به ده سنت برسد، تفاوت زیرایی‌ها نیز قابل تشخیص خواهد شد.

علاوه بر سنت، یکای دیگری نیز به نام ساوار<sup>۱۹</sup> برای اندازه‌گیری فاصله موسیقایی هست. یک ساوار فاصله‌گرفتن از یک نغمه معادل ضرب کردن بسامد پایه آن نغمه در  $1/0.023$  است. [۲]

## ۶. نتیجه‌گیری

نواک کمیتی است که زیر/بمی صدا را اندازه می‌گیرد. نواک یک کمیت اکوستیک روانی است که همه انسان‌ها قادر به تشخیص تغییرات آن هستند. یکای نواک مل است.

قدرت نواک صداهای مختلف متفاوت است. نغمه‌های ساده و مرکب بیشترین قدرت نواک را دارند.

موسیقی‌دانان از یکای مل برای سنجش نواک استفاده نمی‌کنند؛ بلکه یکاهای قراردادی برای سنجش اختلاف نواک نت‌ها، که به آن فاصله‌ی موسیقایی می‌گویند، دارند. این یکاها عبارت‌اند از هنگام، پرده یا نیم‌پرده، و سنت. این یکاها برحسب نسبت بسامد نت‌ها تعیین می‌شوند.

تشخیص اختلاف نواک بین نغمه‌ها برحسب یکای مل ذاتی است و نیازی به آموزش ندارد. برعکس، تشخیص فواصل موسیقایی نیاز به آموزش دارد.

## ۷. مأخذ

[۱] بنوشی، ایوب، "آیا دیدن نغمه‌های موسیقایی ممکن است"، مجله صوت و ارتعاش، دوره ۵، شماره ۱۰، ۱۳۹۵، ص. ۵۱-۵۸.

[۲] شه‌میری، امین، "درآمدی بر صوت‌شناسی در موسیقی"، تهران: نشر نی، ۱۳۹۴.

[۳] منصوری، پرویز، "تئوری بنیادی موسیقی"، تهران: نشر کارنامه، ۱۳۸۵.

[4] Fastl, H., and Zwicker, E., "Psychoacoustics: facts and models", 3rd ed., Springer-Verlag, 2007.

[5] Stevens S.S., and Volkman J., "A scale for the measurement of the psychological magnitude pitch", *J. Acous. Soc. Am.*, vol.8, 1937, pp.185-190.

[۶] محبتی، مهرناز، "شناسایی الگوی جهت‌وری ساز نی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، مهندسی صدا، تهران: دانشکده صدا و سیما، ۱۳۸۸.

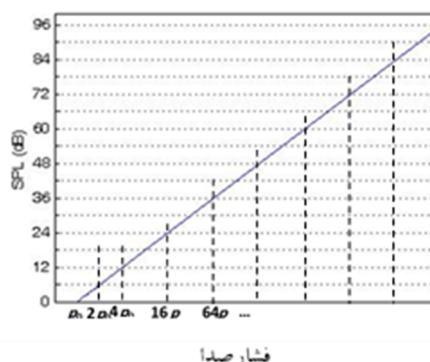
## پیوست

بند ۱- در مراجع، واژه‌های نواک و زیرایی را معادل می‌دانند و به‌جای هم به‌کار می‌گیرند. من این دو واژه را در دو معنای مختلف به‌کار می‌برم: زیرایی را برای بیان ویژگی زیر/ بم بودن و نواک را به‌عنوان کمیتی برای بیان زیرایی. در کتاب زیر، مترجم (علیرضا سیداحمدیان) در مقدمه خود، اطلاعات مفیدی در این باره نوشته است. رلف تیورک، "عناصر موسیقی (مفاهیم و کاربردها)"، مؤسسه فرهنگی - هنری ماهور، تهران، ۱۳۸۷.

بند ۲- dB به معنای دسی‌بل است. دسی‌بل هرچند یکایی عام است که کم و بیش در همه حوزه‌ها به‌کار می‌رود، در موسیقی و اکوستیک برای اندازه‌گیری تراز فشار صدا (SPL) یا تراز شدت صدا به‌کار می‌رود. تراز فشار صدا طبق تعریف برابر است با:

$$SPL = 20 \times \log(p/p_0),$$

که در آن log به معنای لگاریتم در پایه ده است.  $p$  فشار صداست و  $p_0$  فشار صدای آستانه، یا کم‌ترین فشار صدایی است که انسان ممکن است بتواند درک کند ( $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Pa). نمودار این رابطه در شکل زیر نشان داده شده است. همان‌طور که دیده می‌شود هر ۶ دسی‌بل افزایش تراز فشار صدا معادل دو برابر شدن فشار صداست.





بند ۳- واژه‌ی Tone در زبان انگلیسی به دو معنا به کار می‌رود؛ یکی یکایی برای اندازه‌گیری فواصل موسیقایی که همان پرده است، و دیگری به معنای صدای موسیقایی یا همان نغمه.

پی‌نوشت:

---

1. Musical Interval
2. Tone
3. Pitch
4. Pitch
5. Psychoacoustics
6. Mel (Melody (برگرفته از واژه‌ی Melody)
7. Octave
8. Tone
9. Semitone
10. Cent
11. Noise
12. Fundamental freq.
13. Virtual Pitch
14. Membranophone
15. Overtone
16. Pitch Strength
17. Absolute Pitch
18. Equal Temperament
19. Savart