

# فاصله‌های گوناگون در سیستم‌های مختلف موسیقی

مصطفی کمال پورتراب

در آثار موسیقی جهان، ریتم (Rhythm) و فاصله (Interval) از عوامل اصلی تشکیل دهنده آن به شمار می‌روند. در موسیقی، فاصله عبارت است از اختلاف فرکانس (Pitch) یا نسبت تواتر (Frequency) دو صدا. در سیستم‌های مختلف، فاصله‌ها دارای نسبت‌های متفاوتی هستند که در میان آنها تنها فاصله مشترک، فاصله هشتم درست (Perfect Octave) است که تواتر صدای بالایی آن دو برابر ( $\frac{2}{1}$ ) صدای پایینی و تواتر صدای پایینی آن  $\frac{1}{2}$  صدای بالایی آن است. مثلاً صدای نت "لا" که در زیر حامل کلید سل با دو خط اضافه نوشته می‌شود دارای تواتر  $220^\circ$  "سیکل بر ثانیه" (1) یا  $220^\circ$  هرتز (Hz) است که نسبت به صدای "لا" که نت آن بین خط‌های دوم و سوم حامل با کلید سل قرار دارد و تواتر آن  $440^\circ$  هرتز است نسبت ( $\frac{2}{1}$ ) دارد، ولی صدای نت "لا" که بالای حامل کلید سل با یک خط اضافه نوشته می‌شود با صدای "لا"ی قبلی نسبت  $\frac{2}{1}$  دارد و تواتر آن  $880^\circ$  هرتز است.

به طوری که ملاحظه می‌شود، در این فاصله‌ها که اکتاو (Octave) نامیده می‌شوند، نسبت همیشه ثابت است ولی اختلاف تواترها همیشه دو برابر یا نصف می‌شوند.

بنابراین، تعریف "فاصله" عبارت از اختلاف تواتر دو صدا است "نادرست خواهد بود.

تواتر یا "فرکانس" (Fréquence) نیز عبارت است از تعداد نوسان‌های صدا در یک ثانیه، که با علامت‌های اختصاری c.p.s یا HZ نمایش داده می‌شود.

در موسیقی غربی، کوچک‌ترین فاصله، "نیم پرده" (Half - step) نام دارد که اگر از دو نت همنام به وجود آید آن را نیم‌پرده "کروماتیک" (Chromatic) می‌نامند. مانند فاصله بین "فا" و "فادیز" (Fa dièse). و چنانچه از دو نت غیر همنام تشکیل شود، آن را نیم پرده "دیاتونیک" (diatonic) گویند. مانند فاصله بین نت‌های "می" و "فا". این فاصله را "دوم کوچک"



(minor second) گویند.

فاصله بزرگتر از "نیم پرده"، فاصله "پرده" (Whole-tone) است که به آن فاصله "دوم بزرگ" (major second) نیز می‌گویند.

فاصله بزرگتر از "پرده" یک و نیم پرده است که اگر میان دو نت همسایه (مانند "فا" و "سل دیز") باشد، آن را فاصله "دوم افزوده" (augmented second) و چنانچه بین دو نت غیر همسایه (مانند فاصله بین "فا" و "لابل" (Le bérole) باشد، آن را فاصله "سوم کوچک" (minor third) می‌نامند، که نت "سل" از میان آن حذف شده است.

فاصله بزرگتر از "سوم کوچک"، چهارم درست (Perfect fourth) است که از مجموع دو "پرده" و یک "نیم پرده" در میان چهار نت به‌جود آمده است. مانند فاصله "دو" تا "فا" که نت‌های "ر" و "می" از میان آن حذف شده است.

فاصله بعدی، "پنجم کاسته" (diminished fifth) است که از مجموع فاصله‌های پنج نت که میان آنها دو "پرده" و دو "نیم پرده" و پنجم درست (perfect fifth) که میان آن، سه "پرده" و یک "نیم پرده" وجود دارد تشکیل شده است. اولی مانند فاصله "سی" تا "فا" و دومی مانند فاصله "دو" تا "سل".

فاصله بعدی "ششم کوچک" (minor sixth) است که از مجموع شش نت و پنج فاصله (سه پرده و دو نیم پرده) و "ششم بزرگ" (major sixth) از چهار پرده و یک نیم پرده تشکیل شده است. اولی مانند فاصله "می" تا "دو" و دومی مانند فاصله "دو" تا "لا".

فاصله بعدی "هفتم کوچک" (minor seventh)، از شش فاصله به صورت چهار پرده و دو نیم پرده و "هفتم بزرگ" (major seventh) به صورت پنج پرده و یک نیم پرده تشکیل شده است. اولی مانند فاصله "می" تا "ر" و دومی مانند فاصله "دو" تا "سی".

فاصله بعدی "هشتم درست" (Perfect octave)

است که از هفت فاصله به صورت پنج پرده و دو نیم پرده تشکیل شده است. مانند فاصله "لا" تا "لا". فاصله‌های دیگری مانند "سوم کاسته" (diminished third) متشکل از دو فاصله نیم پرده‌ای و معکوس آن "ششم افزوده" (augmented sixth) متشکل از پنج پرده و "چهارم افزوده" (augmented fourth) متشکل از سه پرده، که معکوس آن "پنجم کاسته" (diminished fifth) است و فاصله "پنجم افزوده" (augmented fifth) متشکل از چهار پرده نیز در موسیقی کاربرد دارند. اولی مانند فاصله "دودیز" تا "می بمل" دارای دو نیم پرده، دومی مانند فاصله "می بمل" تا "دودیز" دارای پنج پرده، سومی مانند فاصله "دو" تا "فادیز" دارای سه پرده و چهارمی مانند فاصله "دو" تا "سل دیز" دارای چهار پرده است.

تمام این فواصل را فاصله‌های ساده (Simple)، و چنانچه از یک اکتاو تجاوز کنند آنها را ترکیبی (Compound) گویند که کیفیت آنها نیز مانند فاصله‌های ساده است. مثلاً اگر فاصله "سوم بزرگ" را به اندازه یک "اکتاو" وسعت دهند، به سوم بزرگ "ترکیبی" یا "دهم بزرگ" تبدیل می‌شود.

مقدار و نسبت این فاصله‌ها (به استثنای فاصله اکتاو) در سیستم‌های مختلف با یکدیگر متفاوت است. مثلاً در موسیقی غربی، برای نواختن سازهای زهی از نسبت‌های گام فیثاغورث (pythagorian scale) و در خواندن آواز و سلفژ (solfege) از سیستم "هولدر" (Holder) و در هارمونی و سازهای بادی از سیستم "زارلن" (Zarlino) و در سازهای شستی‌دار (Keyboard instruments) مانند "پیانو"، "ارگ" (organ)، "کلاوسن" (Clavecin)، "چلیستا" (celesta)، "زیلوفون" (xylophone)، "ماریمبافون" (marimbaphone)، از گام باخ (Bach) یا "سیستم اعتدال مساوی" (equal temperament system) استفاده می‌شود.

در "گام فیثاغورث" که مورد استفاده سازهای زهی،

(stringed instruments) است، تمام فاصله‌های گام از نسبت‌های  $\frac{2}{1}$  و  $\frac{3}{2}$  حاصل شده، به این معنی که نسبت تواتر فاصله "اکتاو" و یا  $\frac{2}{1}$  به نسبت تواتر فاصله "پنجم درست" یا  $\frac{3}{2}$  تقسیم شده، حاصل آن فاصله "چهارم درست" به نسبت  $\frac{4}{3}$  بدست آمده است:

$$\frac{2}{1} \div \frac{3}{2} = \frac{4}{3}$$

سپس نسبت  $\frac{3}{2}$  به  $\frac{4}{3}$  تقسیم شده و نسبت  $\frac{9}{8}$  یا فاصله دوم بزرگ که پرده فیثاغورث نام دارد به دست می‌آید:

$$\frac{3}{2} \div \frac{4}{3} = \frac{9}{8}$$

با تضریب نسبت فاصله  $\frac{9}{8}$  در  $\frac{9}{8}$  نسبت فاصله "سوم بزرگ" گام فیثاغورث با نسبت  $\frac{81}{64}$  بدست می‌آید:

$$\frac{9}{8} \times \frac{9}{8} = \frac{81}{64}$$

نسبت  $\frac{4}{3}$  یا چهارم درست به نسبت  $\frac{81}{64}$  یا فاصله "سوم بزرگ" تقسیم می‌شود، در نتیجه نسبت فاصله "دوم کوچک" یا نیم پرده فیثاغورث معادل  $\frac{256}{343}$  به دست می‌آید.

$$\frac{4}{3} \div \frac{81}{64} = \frac{256}{343}$$

نسبت  $\frac{3}{2}$  یا پنجم درست در  $\frac{9}{8}$  ضرب شده، فاصله "ششم بزرگ"  $\frac{27}{16}$  و نسبت این فاصله دوباره به نسبت  $\frac{9}{8}$  ضرب شده، نسبت  $\frac{243}{128}$  که نسبت هفتم بزرگ است بدست می‌آید:

$$\frac{3}{2} \times \frac{9}{8} = \frac{27}{16}$$

به این ترتیب ملاحظه می‌شود که تمام "پرده" های گام فیثاغورث دارای نسبت  $\frac{9}{8}$  و "نیم پرده" های آن دارای نسبت  $\frac{256}{343}$  است و با تضریب نسبت‌ها به یکدیگر، نسبت مجموع فاصله آنها به دست می‌آید. به این ترتیب نسبت فاصله صداهای متصل در این گام به

این ترتیب:  
 دو ← ر  $\frac{9}{8}$ ، ر ← می  $\frac{9}{8}$ ، می ← فا  $\frac{256}{343}$ ، فا ← سل  $\frac{9}{8}$ ، سل ← لا  $\frac{9}{8}$ ، لا ← سی  $\frac{9}{8}$ ، سی ← دو  $\frac{256}{343}$  خواهد بود.

$$\begin{array}{cccccccc} & & \frac{256}{343} & & & & \frac{256}{343} & \\ \text{Do} & \text{Re} & \text{fa} & \text{Mi} & \text{Fa} & \text{sol} & \text{La} & \text{Si} & \text{do} \\ \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} \end{array}$$

درجه‌های (degré) و نسبت هر یک از گام، نسبت به درجه اول (در اینجا نت دو) به این ترتیب خواهد بود:

$$\begin{array}{cccccccc} \text{Do} & \text{Re} & \text{fa} & \text{Mi} & \text{Fa} & \text{sol} & \text{La} & \text{Si} & \text{do} \\ \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} \end{array}$$

$$\begin{array}{cccccccc} & & \frac{81}{64} & & \frac{3}{2} & & \frac{243}{128} & & \\ \text{Do} & \text{Re} & \text{Mi} & \text{Fa} & \text{Sol} & \text{La} & \text{Si} & \text{do} \\ \frac{1}{1} & \frac{9}{8} & \frac{1}{1} & \frac{4}{3} & \frac{1}{1} & \frac{27}{16} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} \end{array}$$

چون اختلاف تواتر دو صدا، در یک اکتاو، نصف تعداد تواتر همان فاصله در اکتاو بعدی و دو برابر تواتر همان فاصله در اکتاو قبلی است، بنابراین برای جمع دو فاصله باید نسبت‌های آن دو را در هم ضرب کرد، و برای به دست آوردن تفاضل دو فاصله از یکدیگر، باید نسبت‌های آن دو را بر هم تقسیم کرد و این عمل برای اکثر موسیقی دانان تا حدی غیرطبیعی و نامفهوم به نظر می‌رسد. بنابراین به جای ضرب کردن نسبت‌ها در یکدیگر و تقسیم آنها به یکدیگر، "لگاریتم" (logarithm) آنها را با هم جمع و از یکدیگر کم می‌کنند، تا کار به صورت عادی و ساده درآید.

"فیلیکس ساوار" (Felix Savart) فیزیک‌دان و موسیقی‌دان فرانسوی (۱۸۴۱ - ۱۷۹۱) این روش را ابداع کرد و از این اصل که: «لگاریتم حاصل ضرب دو عدد با مجموع لگاریتم‌های آن دو عدد برابر است» و



همه چهار واحدی است. در این صورت در یک اکتاو پنجاه و سه واحد یا "کومای هولدری" (holderian comma) وجود دارد.

$$\begin{array}{l} \xrightarrow{\text{کوما کوما}} \quad \text{کوما کوما کوما} \quad \xrightarrow{\text{کوما کوما کوما کوما}} \\ 5 \times 9 = 45 \quad 2 \times 4 = 8 \quad 45 + 8 = 53 \end{array}$$

این نوع "کوما" از تقسیم "اکتاو" به ۵۳ قسمت مساوی و به عبارت دیگر از ریشه پنجاه و سوم نسبت  $\frac{2}{1}$  حاصل می‌شود. نام دیگر این گام که به گام خوانندگان معروف است گام کوماتیک (commatic Scale) است.

واژه "کوما" که به معنای بریدگی است از زبان یونانی گرفته شده است و برای فاصله‌هایی به کار می‌رود که مقدار آن از نیم‌پرده کوچکتر و از هم‌صدا بزرگتر است به استثنای کومای ماکزیم که مقدار آن قدری بزرگتر است.

در میان "کوما"های مختلف، دو نوع را که یکی کومای فیثاغورث و دیگری کومای "ستونیک" (Syntonique) است از کوماهای اصلی به شمار می‌آورند. کوماهای دیگری نیز وجود دارند که کوچکترین آنها معادل  $\frac{5}{49}$  ساوار و بزرگترین آنها معادل  $\frac{26}{485}$  ساوار است

انواع کوماها به ترتیب عبارتند از:

۱- کومای "می‌نیم" (minime) یا "اسکیما" (Schisma) با نسبت  $\frac{32805}{32768}$  معادل  $\frac{5}{49}$  ساوار که فاصله آن حدود یک صدم پرده است. این فاصله از اختلاف نسبت  $\frac{3}{2}$  یا پنجم درست گام فیثاغورث با پنجم درست پیانو (نیم پرده تعدیل شده) دارای نسبت  $\frac{1}{498307}$  به وجود آمده است.

۲- کومای پارو (Parve) با نسبت  $\frac{2025}{2024}$  معادل  $\frac{2}{9}$  ساوار.

۳- کومای دی‌زیس (diesis) یا ستونیک (Syntonique) با نسبت  $\frac{81}{80}$  معادل  $\frac{5}{4}$  ساوار که آن را

معادل ۲۸ ساوار است در صورتی که نیم‌پرده گام فیثاغورث که نیم پرده کوچک (demi mineur ton majever) نام دارد، دارای نسبت  $\frac{256}{243}$  معادل ۲۳ ساوار است.

سوم بزرگ "گام زارلن" که سوم بزرگ طبیعی نام دارد، دارای نسبت  $\frac{5}{4}$  معادل ۹۷ ساوار است، ولی سوم بزرگ "گام فیثاغورث" دارای نسبت  $\frac{81}{64}$  معادل ۱۰۲ ساوار است. ششم بزرگ گام "زارلن" دارای نسبت  $\frac{5}{3}$  معادل ۲۲۲ ساوار است ولی ششم بزرگ گام فیثاغورث دارای نسبت  $\frac{27}{16}$  معادل ۲۲۷ ساوار است.

هفتم بزرگ گام "زارلن" دارای نسبت  $\frac{15}{8}$  معادل ۲۷۳ ساوار، ولی هفتم بزرگ گام فیثاغورث دارای نسبت  $\frac{243}{128}$  معادل ۲۷۸ ساوار است.

فاصله‌های مشترک در این دو سیستم، چهارم درست، پنجم درست و هشتم درست است، با توجه به اینکه بعضی از فاصله‌های "پرده" ای نیز در هر دو مشترک است.

"گام زارلن"

۲۸ساوار	۵۱ساوار	۵۱ساوار	۲۸ساوار	۴۶ساوار	۵۱ساوار
Do	Re	Mi	Fa	Sol	La Si do
$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{9}$	$\frac{16}{15}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$ $\frac{16}{15}$

"گام فیثاغورث"

۲۳ساوار	۵۱ساوار	۵۱ساوار	۲۳ساوار	۵۱ساوار	۵۱ساوار
Do	Re	Mi	Fa	Sol	La Si do
$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{256}{243}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$ $\frac{256}{243}$

در سیستم "هولدری" (۱) گام از پنج پرده و دو نیم پرده تشکیل شده است که اگر هر یک از پرده‌ها را دو قسمت کنند، مقدار یکی از آنها پنج واحد و دیگری چهار واحد است. قسمت نخست را نیم پرده گروماتیک (Chromatic) و دومی را دیاتونیک (diatonic) گویند. مقدار نیم پرده‌های دیاتونیک حاصل از پرده‌ها، همه چهار واحدی است. ضمناً دو نیم پرده دیگر نیز

حد حساسیت گوش می‌داند و از اختلاف چهار فاصله پنجم درست  $\frac{81}{16}$  با فاصله هفدهم گام زارلن به وجود می‌آید نام دیگر آن دیدیمیک (dydimique) است. این «کوما» از اختلاف پرده بزرگ  $\frac{9}{8}$  با پرده کوچک  $\frac{10}{9}$  ( $\frac{81}{80} = \frac{10}{9} \div \frac{9}{8}$ ) نیز حاصل می‌شود که آن را کومای طبیعی نیز می‌نامند.

۴- کومای هولدری که در کشور ما شناخته‌ترین کوماها به شمار می‌رود. این کوما دارای نسبت  $1/0.131641$  معادل  $5/68$  ساوار است.

۵- کومای فیثاغورث که از اختلاف نسبت سه فاصله سوم بزرگ با نسبت  $\frac{2}{1}$  یا اکتاو ( $\frac{531441}{524288} = \frac{2}{1} \div (\frac{81}{64})^3$ ) و همچنین از اختلاف نسبت دوازده فاصله پنجم درست ( $129/746 = (\frac{3}{2})^{12}$ ) با هفت اکتاو ( $128 = 2^7$ ) حاصل می‌شود که معادل  $5/885$  ساوار است.

۶- کومای متوسط (Moyen) با نسبت  $\frac{3125}{3072}$  معادل  $7/43$  ساوار.

۷- کومای مانیه (Mogne) با نسبت  $\frac{128}{125}$  معادل  $10/3$  ساوار که از اختلاف نیم پرده بزرگ  $\frac{16}{15}$  با نیم پرده  $\frac{25}{24}$  حاصل می‌شود، ( $\frac{128}{125} = \frac{25}{24} \div \frac{16}{15}$ ) که نیم پرده اخیر ( $\frac{25}{24}$ ) به نوبه خود از اختلاف نیم پرده بزرگ و پرده کوچک ( $\frac{25}{24} = \frac{16}{15} \div \frac{10}{9}$ ) به وجود می‌آید و معادل  $18$  ساوار است.

۸- کومای بسی ستونیک (bisynonique) با نسبت  $\frac{6561}{6400}$  معادل  $10/79$  ساوار.

۹- کومای باز (ouvert) با نسبت  $\frac{648}{625}$  معادل  $15/7$  ساوار

۱۰- کومای تری ستونیک (trisyntonique) با نسبت  $\frac{531441}{812000}$  معادل  $16/185$  ساوار

۱۱- کومای ترانس آنارمونیک (transenharmonique) با نسبت  $\frac{6561}{6250}$  معادل  $21/09$  ساوار.

۱۲- کومای ماکزیم (Maximo) با نسبت  $\frac{531441}{500000}$



در هزار ضرب شده است. در سال ۱۸۳۲ باژون دو پُرونی (Baron de Prony) این فواصل را به دقت محاسبه کرد و از آن به بعد هر نیم پرده گام تعدیل شده به عنوان یک واحد در نظر گرفته شد که آن را "پرونی" نامیدند. در نتیجه فاصله نیم پرده در گام تعدیل شده دارای یک پرونی، پرده، دو پرونی ... واکتاو دوازده پرونی خواهد بود. فاصله‌های کوچکتر از نیم پرده مانند "سروتی" (Srutu) که در موسیقی هندی کاربرد دارد و فاصله ربع پرده در موسیقی ایران و همچنین فاصله‌های کوچک دیگری که در موسیقی مشرق زمین و بعضی از کشورهای غربی کاربرد دارد میکروتُن (microtone) نام دارند که معمولاً به صورت منفرد به کار نمی‌روند، بلکه اغلب به فاصله‌های دیگر اضافه و یا از آنها کسر می‌شوند. مانند فاصله دوم نیم بزرگ در موسیقی ایران که ربع پرده کمتر از دوم بزرگ است و دوم بیش بزرگ که ربع پرده بیشتر از دوم بزرگ است.

پانوشت‌ها:

- ۱ - Cycle pet second (c.p.s).
- ۲ - William Holder نتوربین انگلیسی (۱۶۹۷ - فیزبولوژی زبان مطالعه کرد و رساله‌ای روی مبنای اصول هارمونی در سال ۱۶۹۲ چاپ و منتشر کرد و در این رساله تقسیم اکتاو به ۵۳ قسمت مساوی (Comma-degré) را پیشنهاد کرد که به نام گوما ی هُلدرین یا هُولدر نامیده شد. (۰/۰۰۵۶۷۹۸۰۸ =  $1/0.1316414 = \sqrt[53]{1}$ ) این گوما معادل ۵/۶۷۹ ساوار است.

معادل ۲۶/۲۴۸ ساوار که حتی از نیم‌پرده فیثاغورث (معادل ۲۳ ساوار) و نیم پرده منسوب به باخ (Bach) معادل ۲۵ ساوار نیز بزرگتر است.

گام باخ یا سیستم اعتدال یکسان (مساوی) (Equal temperament System) از تقسیم "اکتاو" به دوازده قسمت مساوی به وجود آمده است. گسترش "مایه"، (Tomalité) از هفت به دوازده و استفاده از مُد گردی (Modulation) به تنالیت‌های دور، که در سیستم‌های زارآن، فیثاغورث و اعتدال نامساوی (temperament inégal) و اعتدال متوسطه (mean-tone temperament) و سایر سیستم‌ها غیرعملی بود، باعث شد تا موسیقی‌دانان به کمک دانشمندان به فکر سیستم جدیدی باشند که پس از کوک کردن سازهای شستی‌دار (keyboard instruments) هیچگونه اشکالی در موقع "مُدگردی" و سایر انتقال‌های (transpositions) تنالیت ایجاد نشود. این سیستم در سال ۱۶۹۱ میلادی به وسیله ورک مایستر (Werckmeister) آرگ‌نواز (Organist) و آهنگ‌ساز آلمانی پیشنهاد و در سال ۱۷۰۶ به وسیله نایدهارت (Neidhart) عملی شد.

یوهان سباستین باخ (Johann Sebastian Bach) نیز بنا به اهمیت این کشف جدید ۴۸ پرلود (Prélude) و فوگ (fugue) خود را به نام این سیستم، کلاوسن تعدیل شده دقیق (Clavecin bien tempéré) نامید و به همین دلیل گام ابداع شده بر مبنای این سیستم را گام باخ نامیدند.

در این گام که دوازده نیم‌پرده آن هر یک معادل ۲۵ ساوار و پرده‌های آن هر یک معادل ۵۰ ساوار هستند، لگاریتم ریشه دوازدهم عدد ۲ (که نسبت فاصله اکتاو است):

→

$$\sqrt[25]{2} = 1.25$$



پرو، شہ گاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی