

## زیبایی شناسی گام طبیعی

سیدحسام الدین سراج \*

تاریخ دریافت مقاله: ۸۴/۹/۱۴

تاریخ پذیرش نهایی: ۸۴/۱۲/۶

### چکیده:

گام طبیعی در موسیقی، گامی است که به صورت اجمالی در ناخودآگاه ذهنی بشر وجود دارد. کشف گام طبیعی توسط انسان و بحث آن را منتسب به دو متفکر، (فارابی و فیثاغورث) می دانند. پس از آن توسط موسیقیدانان گام طبیعی به صورت کاربردی در آمده و به صورت گام های موسیقی امروزین مورد استفاده واقع شده است. در این تحقیق سعی شده است به زبان بسیار ساده، الف- چستی گام طبیعی؟ و نحوه پیدایش آن بر اساس اعداد ۲ و ۳ و مبنای ۳/۲ که همان فاصله پنجم در موسیقی است. ب- چستی گام هارمونیک (آرمونیک)؟ و نحوه پیدایش آن بر اساس مضارب صحیح نت مینا. ج- مقایسه گام هارمونیک و گام طبیعی. د- زیبایی شناسی گام طبیعی بر اساس تحلیل (آنالیز) ریاضی آن. ه- زیبایی شناسی گام، بر اساس روانشناسی انسان و عواملی که برای وی ایجاد جذابیت یا مطلوبیت می کنند و مقایسه آن با عوامل زیبایی شناختی در هنرهای تجسمی و معماری. و- تبیین و تطبیق گام بر اساس تناسبات (حسابی، هندسی، و هارمونیک). و نهایتاً عواملی که سبب زیبایی مطلوبیت گام طبیعی می شوند، تشریح و تبیین می شود.

### واژه های کلیدی:

گام، گام طبیعی، گام هارمونیک (آرمونیک)، تناسب، پرده، ارتعاش (فرکانس).

\* عضو هیئت علمی گروه آموزشی موسیقی، دانشکده هنرهای نمایشی و موسیقی، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران.

## الف: زیبایی در موسیقی

برای اکثر قریب به اتفاق انسان‌ها همانگونه که "گل سرخ"، "مهتاب"، "موج دریا"، "زلزال چشمه‌سار"، زیباست. نسبت‌های نهفته در بعضی از ملودی‌ها هم خوشایند است. یعنی موافق طبع بیشتر انسان‌هاست یا به تعبیر کلی و نوعی برای "فطرت سلیم" "مطبوع" است.

اجمالاً "فطرت سلیم" را همان "طبع دست‌نخورده انسانی" می‌دانیم که دچار اعوجاج نشده. و بر خوردش با پدیده‌های هستی، طبیعی و سالم است.

زیبایی‌شناسی در ساحت‌های تصویری و حجمی بسیار مورد بحث و مذاقه بوده، اما در حیطه موسیقی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. زیبایی در موسیقی را می‌توان از دو طریق "تحلیل ریاضی موسیقی" و "تحلیل روانشناسانه" بررسی کرد. این مباحث در عین اینکه دقت ریاضی گونه دارند، مانند خود موسیقی که در حیطه عمل، "دل‌انگیز و روح‌نواز" است، بسیار لذت‌بخش و اغناءکننده‌اند. بطور خلاصه می‌توان گفت: مبحث "زیبایی‌شناسی موسیقی" چگونه "تأثیر موسیقی بر انسان" و "چرایی" مطبوعیت موسیقی "برای انسان را تحقیق و بررسی می‌کند.

## ب: روش تحقیق

شیوه تحقیق در این مقوله مشتمل بر پنج مرحله است که در آن از "تحقیقات کتابخانه‌ای" و "محاسبات ریاضی" استفاده شده است.

این پنج بخش عبارتند از:

مرحله اول: شناخت گام طبیعی

مرحله دوم: نحوه پیدایش گام طبیعی یا به عبارت دیگر، طریقه کشف گام طبیعی، کاشفین گام در غرب و شرق و نحوه به دست آوردن روابط ریاضی گام.

مرحله سوم: زیبایی‌شناسی گام بر اساس تحلیل ریاضی آن و تناسب مکنون در گام است.

مرحله چهارم: زیبایی‌شناسی گام بر اساس روانشناسی انسان و علل مطبوعیت اصوات گام برای وی.

مرحله پنجم: مقایسه "تناسبات هارمونیک در گام طبیعی" و "تناسبات خوشایند در هنرهای تصویری" می‌باشد. و سپس کلام آخر یا استنتاج کلی خواهد آمد.

در این شیوه سعی بر آن است که به صورت موجز هر بخش برای خواننده توضیح داده شود به نحوی که اگر موسیقیدان هم نباشد. در پایان، "مبحث زیبایی‌شناسی گام" را به صورت کامل دریابد.

## ۱- گام طبیعی چیست؟

در بعضی از فرهنگ‌های قدیمی گام موسیقی ۱۲ صدایی یا ۱۲ نت به کار گرفته می‌شد. در برخی از فرهنگ‌ها مانند چینی و ژاپنی حتی امروزه هم گام‌های ۵ صدایی یا پنج نتی رایج است. اما اغلب فرهنگ‌ها اعم از شرقی و غربی "گام ۷ نتی" را به عنوان گام مشترک پذیرفته‌اند.

این گام را فلاسفه منتسب به فیثاغورث و موسیقیدانان شرقی منتسب به فارابی می‌دانند.

غربی‌ها آن را با اندک تغییراتی در فواصل عرضی به عنوان "گام ماژور" و ایرانی‌ها با عنوان "گام ماهور" می‌شناسند. اما به هر حال صرفنظر از کاشف "شرقی" یا "غربی" و نامگذاری "ماهور" یا "ماژور" آن، این همان گامی است که انسان به صورت طبیعی بر اساس آنچه که در نهاد "طبیعت درون او" و "طبیعت خارج از او" نهفته کشف کرده است. در حقیقت تلاقی سیر "آفاقی" و "سیر" انفسی "انسان سبب کشف این گام شده است. نام گذاری اصوات (نت‌ها) در گام طبیعی در فرهنگ‌های غربی هندی، فرانسوی و انگلیسی به صورت زیر است<sup>۱</sup>.

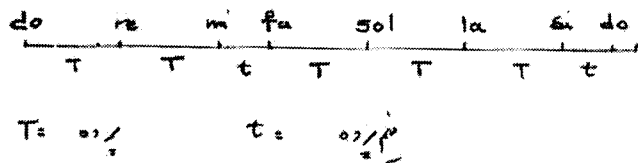
DO	C	سا
RE	d	ری
MI	e	می
FA	F	فا
SOL	G	سا
LA	A	لا
SI	B	سی
فرانسوی	انگلیسی	هندی

## ۲- نحوه پیدایش گام

همانگونه که می‌دانید بستر موسیقی زمان است. یعنی تعداد ارتعاش وسیله صوتی (اعم از زهی، بادی، کششی، مضرابی و...) در ثانیه را فرکانس می‌گویند. که واحد آن (cps) سیکل در ثانیه با هرتز (Hz)<sup>۲</sup> است و آن را با F (مخفف فرکانس) هم نشان می‌دهند.

فرکانس هر تار صوتی با طول آن نسبت عکس دارد. یعنی اگر طول سیم را نصف کنیم فرکانس آن دو برابر می‌شود و بالعکس.

حال، سازی را فرض می‌کنیم که فاصله خرک تا شیطانک آن نت do یا فرکانس do را اجرا می‌کند.



روش دیگر به دست آوردن گام طبیعی بر اساس "هارمونیکا" یا مضارب صحیح نت پایه می باشد.

### گام هارمونیک (آرمونیک)

هر گاه فرکانس صوت را (N) فرض کنیم. این صدا به همراه خود اصوات دیگری را دارد که در پس زمینه صدای اصلی است. این صدا های فرعی را آرمونیک های صدای اصلی می خوانیم. که همگی مضارب صحیح از صدای اصلی هستند.<sup>۲</sup> به صورت زیر:

$$N, 2N, 3N, 4N, 5N, \dots, kN$$

اگر صدای اول را (do) فرض کنیم هارمونیک های آن به صورت زیر قرار می گیرند که با ادامه مضارب صحیح از نت (do) به بعد گام آرمونیک به دست می آید به این ترتیب:

N	2N	3N	4N	5N	6N
do <sub>1</sub>	do <sub>2</sub>	sol <sub>3</sub>	do <sub>3</sub>	mi <sub>3</sub>	sol <sub>3</sub>
8N	9N	10N	11N	12N	13N
do <sub>4</sub>	re <sub>4</sub>	mi <sub>4</sub>	fa <sub>4</sub>	sol <sub>4</sub>	la <sub>4</sub>

بنابراین فواصل گام هارمونیک به صورت زیر خواهد شد.

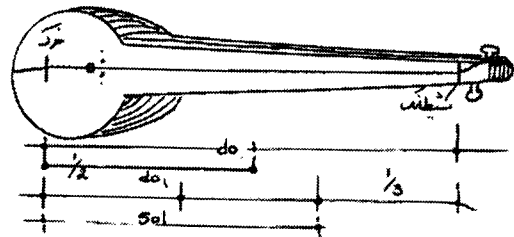
do	re	mi	fa	sol	la	si	do
$\frac{1}{1}N$	$\frac{9}{8}N$	$\frac{5}{4}$	$\frac{11}{8}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{13}{8}$	$\frac{7}{4}$	2N

فواصل ۱۱/۸ و ۱۳/۸ در گام دیاتونیک امروز استفاده نمی شود. و از طرف دیگر صدای fa = ۴/۳ و la = ۵/۳ در گام امروزی مورد استفاده است.

بر این اساس گام موسیقی که از نظر فیزیک دانان قابل قبول و از نظر موسیقی دانان قابل اجرا باشد، به صورت زیر است:

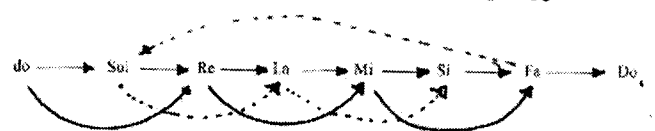
do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

این همان گام دیاتونیک قدیمی یونانیست که به دیاتونیک "Dydim" معروف و بنام اریستوکسن "Ariestoxone" باقی مانده است.



وقتی طول سیم را نصف می کنیم فرکانس دو برابر یا اصطلاحاً نت "اکتاو" قابل اجرا است. و هنگامی که طول سیم را به سه قسمت مساوی تقسیم می کنیم. فاصله پنجم do یعنی sol بدست می آید. باز نت sol را مبنا قرار می دهیم و سیم را به سه قسمت مساوی تقسیم می کنیم. دوباره فاصله پنجم sol یعنی re بدست می آید. بر همین اساس تکرار ادامه می دهیم.

به ترتیب مذکور از هر نت فاصله پنجم اش بدست می آید به صورت زیر.

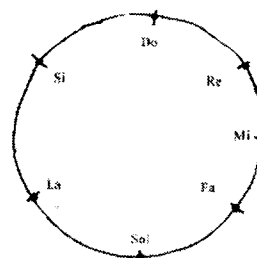


حال اگر نت ها یک در میان بر اساس مبنای do بخوانیم داریم:

$$Do \rightarrow Re \rightarrow Mi \rightarrow Fa$$

از نت Fa به شروع نت ها باز می گردیم. Do را رها می کنیم و یک در میان می خوانیم.

$$Fa \rightarrow Sol \rightarrow La \rightarrow Si$$



نت ها را پشت سر هم بر اساس دایره نت می نویسیم.

در فاصله هشتم به نت "octave" می رسیم که همان فرکانس دو برابر نت مبنا یعنی "do" است. نسبت فرکانس نت بعد به نت قبل "عددی" را می سازد که آن عدد را فاصله دو نت به هم می گویند به عنوان مثال:

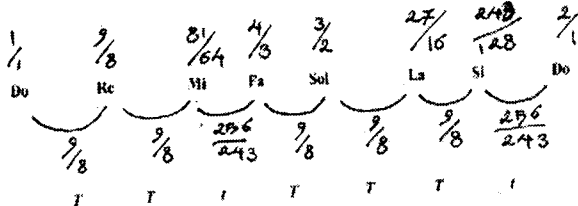
$$\frac{F_{(mi)}}{F_{(re)}} = T = (\text{فاصله رتامی}) = \text{یک پرده}$$

این اعداد "نت ها" نسبت های خاصی هستند. که زیبایی شنیداری گام را تأمین می کنند. که در مبحث بعدی بدان خواهیم پرداخت اما به طور کلی و اجمالی فواصل قرار گیری نتها در گام طبیعی به صورت زیر است:

برای یافتن فاصله هفتم بزرگ یک پرده بر ششم بزرگ می‌افزاییم.

$$\text{do} \rightarrow \text{si} = \frac{\text{si}}{\text{do}} = \frac{27}{16} \times \frac{9}{8} = \frac{243}{128}$$

بر این اساس گام فیثاغورث با فاصله‌های پی‌در پی به صورت زیر نوشته می‌شود.



این گام مورد قبول موسیقی دانان و فیزیک‌دانان است و قابل اجرا توسط سازهاست.

در بخش بعد گام را بر اساس تحلیل ریاضی آن و بازگشت به اعداد ۲ و ۳ که مظاهر اولیه عالم کثرت هستند بررسی می‌کنیم.

### تحلیل ریاضی گام:

۱. نت‌های هفتگانه از طریق اعداد (۲ و ۳) و نسبت ۳/۲ به دست می‌آید. این اعداد "مظهر ورود به عالم کثرت هستند" قبل از آن عدد "۱" ناظر به عالم وحدت است. اما ۲ و ۳ پس از آن مظهر و سمبل شروع عالم کثرت هستند.
۲. صورت و مخرج کسر ها به صورت توان‌های (۲ و ۳) است.
۳. در انتهای هر دانگ به صورت تناوبی پس از هر نیم پرده صورت و مخرج از توان ۳ به توان (۲) تغییر می‌یابد یعنی تنها نت‌های آخر هر دانگ (fa, do) دارای صورت زوج و مخرج فرد هستند. بقیه همه دارای صورت فرد و مخرج زوج هستند در انتهای دانگ نسبت‌های کسری مرتفع می‌شود و به عدد ۲ می‌رسیم. که همان نت اکتاو است. آنالیز توان‌ها در گام طبیعی توان‌ها در (پرده و نیم پرده‌ها) علل مطبوعیت این گام را روشن می‌سازد.<sup>۷</sup>

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{3^2}{2^3}$	$\frac{3^4}{4^3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{3^3}{2^4}$	$\frac{3^5}{2^7}$	2

پرده در گام طبیعی برابر است با

$$T = \frac{3^2}{2^3} = \frac{9}{8}$$

نیم پرده در گام طبیعی برابر است با

$$T = \frac{2^3}{3^5} = \frac{256}{243}$$

۴. رابطه توان‌ها در پرده و نیم پرده همان رابطه اعداد-

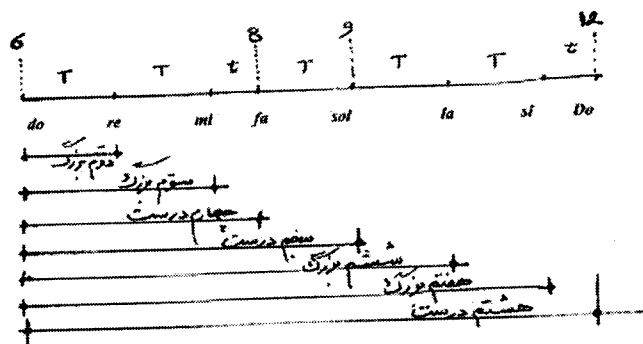
این گام به دلیل تغییرات ثانوی که در آن رخ داده و عدم انطباق تغییرات ثانوی با مبنای اولیه هر چند در یونان قدیم به عنوان "گام طبیعی" شناخته و اجرا می‌شده است. اما به لحاظ مبنای "ریاضی" استحکام گام "فارابی" یا "فیثاغورث" را ندارد بنابراین گامی که بر اساس شیوه اول (تقسیم ۲/۳ و فاصله پنجم) به دست می‌آید. طبیعی‌تر و به گام "فارابی" یا "فیثاغورث" نزدیک‌تر است.

در مرحله بعد، زیبایی شناسی گام را بر اساس روابط ریاضی نهفته در آن مورد بررسی قرار خواهیم داد.

۲- زیبایی شناسی گام بر اساس تحلیل ریاضی آن گام طبیعی که بر اساس روش اول به دست آوردیم. منطبق بر "گام فارابی" یا "گام فیثاغورث" است. این نسبت‌ها اگر نت (do) مبنای ۶ فرض کنیم، بدین صورت خواهد بود. که هر کدام از اعداد ضربی از فرکانس نت مورد نظر است.

$$(d0 - fa - sol - do) - (6 - 8 - 9 - 12)$$

و فواصل نت‌ها به صورت ذیل می‌باشد.<sup>۵</sup>



برای به دست آوردن فاصله دوم بزرگ فاصله پنجم درست از چهارم درست کسر می‌کنیم یعنی:

$$\text{do} \rightarrow \text{re} = \frac{\text{re}}{\text{do}} = \frac{\text{sol}}{\text{fa}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{3} = \frac{9}{8}$$

سوم بزرگ مجموع دو پرده است یعنی:

$$\text{do} \rightarrow \text{mi} = \frac{9}{8} \times \frac{9}{8} = \frac{81}{64}$$

برای یافتن نیم پرده سوم و بزرگ را از چهارم درست کسر می‌کنیم. نیم پرده همان فاصله دوم کوچک است.

$$\text{fa} \rightarrow \text{mi} = \frac{4}{3} \cdot \frac{81}{64} = \frac{256}{243}$$

برای یافتن فاصله ششم بزرگ فاصله یک پرده (T = ۹/۸) را به فاصله پنجم درست می‌افزاییم.

$$\text{do} \rightarrow \text{la} = \frac{\text{la}}{\text{do}} = \frac{3}{2} \times \frac{9}{8} = \frac{27}{16}$$

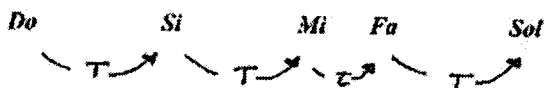
گام طبیعی نسبت به پرده میان دو دانگ ( ) متقارن است. بناهای کلاسیک یونان از این ویژگی ( تقارن) که به دنبال خود " تعادل ، توازن ، استواری " به همراه دارد بسیار بهره داشته‌اند و به طور کلی در هر بنای کلاسیکی این ویژگی مهم به نوعی مورد استفاده قرار گرفته است. پدیده‌های طبیعی هم مانند ماه، خورشید، زمین، درخت، پرند و ... همه متقارنند.

### ب- تنوع، تداعی، تعلیق

رمز دیگر زیبایی گام طبیعی در ایجاد تنوع به جا در فواصل است. بدین معنی که هیچگاه کار به تکرار خسته کننده برای ذهن نمی انجامد. هنگامی که از نت دو شروع می کنیم اولین فاصله "پرده" است که به (ر) می انجامد. پس از اجرای "ر" دومین فاصله باز ( یک پرده) است. که هنوز برای شنونده تازگی دارد. پس از این فاصله، (می) اجرا می شود. فاصله بعدی برای ایجاد تنوع و به تعبیر غربی آن " سورپریز" (از یک پرده) به (نیم پرده) تقلیل می یابد. و این تنوع شنیدن نت (فا) را برای شنونده دلپذیر می کند.



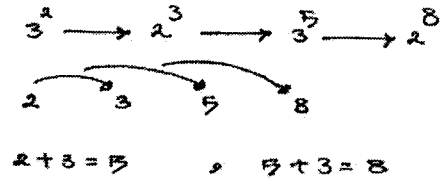
پس از شنیدن (فا) فاصله بعدی باز ( یک پرده) است. که به دلیل فاصله (نیم پرده) قبل از خود باز برای شنونده جالب است.



از "سل" به بعد یعنی از "سل" تا "دو" ی اکتاو و با همان فواصل دانگ اول یعنی "دو تا فا" تکرار می شود که به دلیل (قابل پیش بینی بودن آن) یعنی تطابقی که با فواصل گام اول دارد و در عین حال اینکه (عین آن تنها نیست) یعنی فرکانس‌ها زیادتر شده است و خاصیت "تداعی" فواصل دانگ اول را دارد. این ویژگی که در نت آخر یعنی (دو) اکتاو گام، کامل می‌شود. نت هم اسم و غیر هم صدای (دو) را با فرکانس دوبرابر می شنویم احساس "اقتناع" کننده‌ای به شنونده می‌دهد. این ویژگی که می توانیم آن را "تنوع"، "تداعی" و "تعلیق بنامیم، دومین ویژگی گام طبیعی است که در بسیاری از هنرهای دیگر مانند "معماری"، "داستان نویسی"، "سینما" و ..... مشهود است.

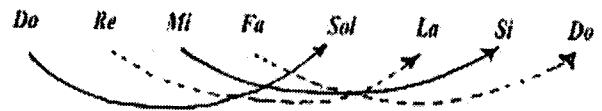
هنگامی که از نت "دو" شروع و فواصل گام را متوالیاً به صدا در می آوریم. در تمام راه احساس بلا تکلیفی (تعلیق) مقارن با ذهن شنونده است.

فیبوناچی است به صورت زیر



توانها بدین صورتند  $2 + 3 = 5$   $3 + 5 = 8$

۵. صداهای گام زاییده از یکدیگر بوده و هر کدام نسبت به دیگری فاصله پنجم درست دارند و همین خاصیت است که اصل توانیته را سبب می شود و برای قوانین هارمونی راه باز کند.



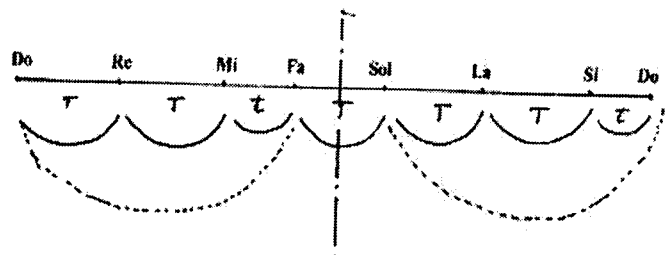
این گام از نظر موسیقی مورد قبول موسیقیدانان و از لحاظ آرمونی (هارمونی) مورد تصدیق فیزیکدانان می باشد. دلیل مطبوعیت آن انطباق با نسبت‌های ریاضی مبتنی بر "واحد" (۱) است. بین گام های آرمونیک، (اریستوکسن یا زارلینو) و گام (فارابی یا گام فیثاغورث) به عبارت بهتر گام طبیعی:

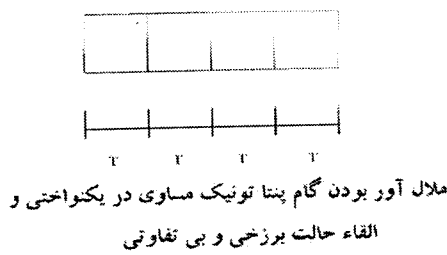
گام طبیعی، درست ترین، مطبوع ترین و مورد استفاده ترین است و دلیل اصلی آن، پیروی از تناسبات ریاضی مکنون در طبیعت و متناسب با فطرت انسان است.

### زیبایی شناسی گام بر اساس روانشناسی انسان

#### الف- تقارن

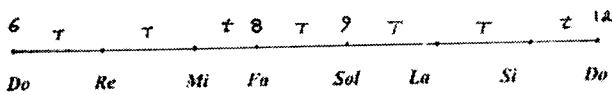
به طور کلی هر قطعه موسیقی مبتنی بر گام خاصی است در موسیقی غربی، مبتنی بر گام‌های مینور روماژور در موسیقی ایران، مبتنی بر گام‌های شور، ماهور، همایون، سه گاه و چهارگاه و در موسیقی چین، مبتنی بر گام‌های پنتاتونیک (پنج نتی) زیبایی نهفته در فواصل اصوات هر گام، سبب ایجاد طعم خاصی در هر کدام از گام‌های مذکور می شود. گام طبیعی به لحاظ تقارن طبیعی اش حالتی "معتدل، متوازن و استوار" دارد. و از همین رو در بیان حالات حماسی که حاکی از استحکام درونی آن حالت است بسیار موفق است.





**انطباق تناسبات " هارمونیک " در موسیقی با نسبت های خوشایند در هنر های تصویری**

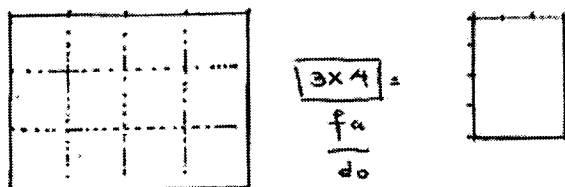
نسبت های گام طبیعی بر اساس اعداد زیرند.



اولین هارمونیک های مورد استفاده در موسیقی عبارت از  $\frac{sol}{do}$  و  $\frac{fa}{do}$  می باشد.

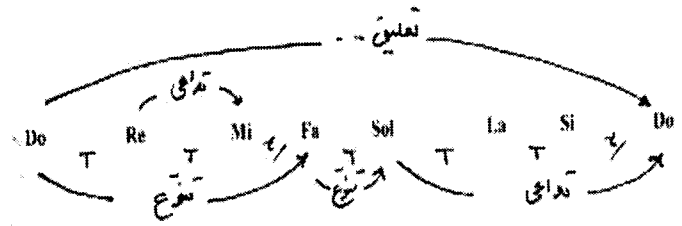
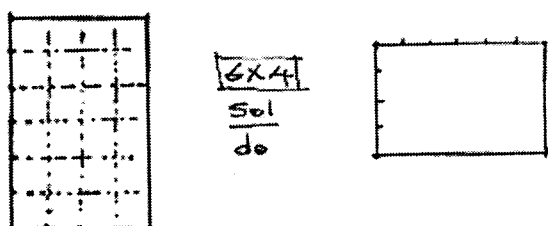
نسبت اول:  $\frac{fa}{do} = \frac{8}{6} = \frac{4}{3}$

این نسبت از نسبت های بسیار معمول در هنر عکاسی و یکی از مستطیل های خوشایند برای چشم انسان است یعنی نسبت (۳×۴).



نسبت دوم:  $\frac{sol}{do} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4}$

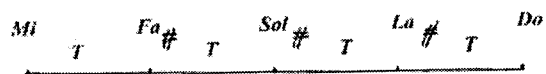
باز این هم از نسبت های معمول در هنر عکاسی و یکی از مستطیل های خوشایند برای چشم انسان است یعنی نسبت (۶×۴).



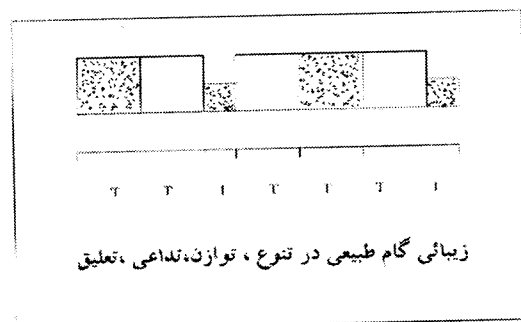
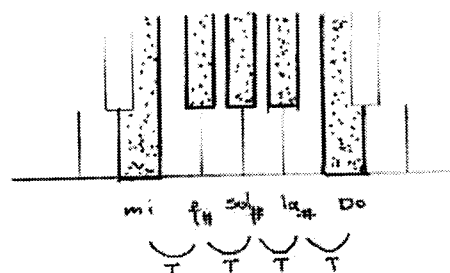
تا اینکه سرانجام با " صدا در آمدن " نت دوی اکتاو ذهن را از حالت تعلیق به اشباع می رسد.

این حالت به عنوان اصلی جاذب در بسیاری از هنرها مورد استفاده قرار می گیرد. " طراحی شهری " در معماری جهت پرهیز از یکنواختی سعی بر به کارگیری این اصل دارد. در داستان نویسی از حالت تعلیق روان مخاطب و ایجاد " انتظار " برای او " کشش " اجاد می کنند. در آهنگسازی هم، موسیقیدان، شنونده را از باغی با باغ دیگر می برد و در حالی که به انتهای باغ می رسیم، روزنه جدیدی به سبزه زار دیگر می گشاید و حالت اشتیاق را تا پایان قطعه در شنونده زنده نگه می دارد. تا در انتها، او را به اشباع روانی برساند<sup>۱</sup>.

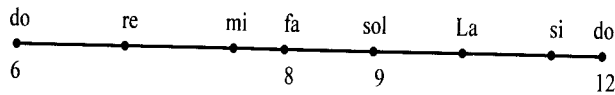
حال اگر معکوس امر فوق یعنی یکنواختی را در موسیقی حاکم کنیم می بینیم که فواصل تکراری یکنواخت ذهن شنونده را به حالتی " برزخ " مانند و " ملاط آور " می برد. در فواصل زیر هرگاه این نتها به صورت متوالی



و به حالت رفت و برگشت بر روی پیانو یا هر ساز دیگر اجرا شوند نه تنها جاذب نیستند، چون ویژگی های گام طبیعی را ندارند. بلکه برای ذهن انسان خسته کننده و ملاط آورند. معمولاً در سینما برای صحنه هایی که حالت " برزخی " و " بی روح " دارند از این گونه فواصل استفاده می شود.



هنگامی که فواصل چهارم و پنجم گام را با فاصله مینا (do) و فاصله اکتا و مقایسه می کنیم نتایج زیر به دست می آید :



$$\frac{do_1 + do_2}{2} = sol \Rightarrow \frac{6+12}{2} = 9 \quad \text{رابطه حسابی:}$$

$$a \times sol = do_1 \times do_2 \Rightarrow 6 \times 12 = 8 \times 9 = 72 \quad \text{رابطه هندسی:}$$

در رابطه فوق به جای جزء b. دو جزء دیگر داریم که مساوی با مربع b می باشد.

$$\frac{2 \times do_1 \times do_2}{do_1 + do_2} = fa \Rightarrow \frac{2 \times 6 \times 12}{6+12} = \frac{144}{18} = 8 \quad \text{رابطه هارمونیک:}$$

نتهای هارمونیک نت هایی هستند که شنیدن همزمان صدای آنها برای گوش انسان مطبوع و خوشایند است. بر این اساس نسبت های یاد شده چه به صورت دیداری ( تصویری ) و چه به صورت شنیداری ( سمعی ) برای انسان مطبوع و خوشایند هستند.

### زیبایی شناسی نسبت های do<sub>2</sub>/sol/fa/do<sub>1</sub> بر اساس تناسبات خوشایند ( مطبوع )

نسبت های خوشایند یا مطبوع طبع انسان ۳ دسته اند<sup>۹</sup>:

$$b = \frac{a+c}{2} \quad \text{۱- نسبت های عددی (حسابی): مانند}$$

$$b^2 = ac \quad \text{مانند} \quad \text{۲- نسبت هندسی:}$$

$$b = \frac{2ac}{a+c} \quad \text{مانند} \quad \text{۳- نسبت هارمونیک}$$

## نتیجه گیری

۳. زیبایی شنیداری فواصل بر اساس تنوع، تداعی و تعلیق
۴. وجود نسبت های هارمونیک که با تناسبات خوشایند در طبیعت و هنرهای تصویری و تجسمی نیز انطباق دارد.
۵. تطبیق ریاضی گام با نسبت های (حسابی، هندسی و هارمونی)

بر مبنای تحقیق انجام شده، گام طبیعی به دلایل زیر برای گوش انسان مطبوع است و فواصل آن، زیبا است.

۱. نسبت های مکنون ریاضی در گام
۲. تقارن و توازن گام مانند همه پدیده های طبیعی دیگر

### پی نوشت ها:

۱. آشنائی با موسیقی / نوشته دکتر داریوش صفوت
۲. هرتز Hertz دانشمند آلمانی است که در زمینه فیزیک صوتی تحقیقاتی دارد.
۳. Octave از "oct" یونانی ماخوذ است به معنای فاصله هشتم.
۴. آشنائی با موسیقی / دکتر داریوش صفوت
۵. توضیحا در فواصل موسیقائی ( جمع بین دو نسبت ) حاصل ضرب آنها و تفاضل دو نسب، حاصل تقسیم آنهاست.
۶. اندیشه های علمی فارابی درباره موسیقی / مهدی برکشلی / پژوهشگاه موسیقی شناسی ایران
۷. تناسب ملکوتی در هندسه آفرینش
۸. تناسب ملکوتی در هندسه آفرینش
۹. Robt Lawlor / Sacred geometry Thames & Hudson Page 81.

### فهرست منابع:

- برکشلی، مهدی (۱۳۵۷)، "اندیشه های علمی فارابی درباره موسیقی"، پژوهشگاه موسیقی شناسی ایران.  
 سراج، حسام الدین (۱۳۷۰)، "تناسب ملکوتی در هندسه آفرینش"، مبحث زیبایی در موسیقی، دانشگاه شهید بهشتی.  
 صفوت، داریوش (۱۳۵۹)، "آشنائی با موسیقی"، دانشگاه تهران.  
 (Thames & Hudson 1982), "Sacred geometry", Rohert Lawlor, London.