

# موسیقی مبتنی بر توالی پروتئین و DNA

شهره آریائی نژاد\*<sup>۱</sup>  
کاوه کاوسی<sup>۲</sup>

## چکیده

تحقیقات مختلف نشان داده است که نوسانات آهنگین (ریتمیک) در پدیده‌های مختلف طبیعی وجود دارند که با روش‌های گوناگونی می‌توان آنها را به قطعات موسیقی ملموس برای انسان تبدیل نمود. در مقاله حاضر این موضوع با رویکرد موسیقی مستخرج از توالی‌های زیستی، یعنی پروتئین‌ها، DNA و محصولات پر رمز و راز آنها مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا دو دیدگاه مختلف مورد توجه بوده است. موسیقی الهام گرفته شده از توالی DNA و موسیقی الهام گرفته شده از توالی پروتئین. در دیدگاه نخست روش‌ها و ایده‌های مختلف برای تصنیف موسیقی از روی اطلاعات کد شده در DNA، شامل روش‌های مبتنی بر میزان جذب نور با بسامدهای موجود در محدوده مادون قرمز توسط نوکلئوتیدهای تشکیل دهنده DNA مورد بررسی قرار گرفته است. در دیدگاه دوم روش‌هایی که سعی در تبدیل توالی پروتئین به موسیقی داشته‌اند مورد بررسی قرار گرفته‌اند و از میان آنها روش‌هایی که از تئوری کد مرس استفاده نموده‌اند با جزئیات بیشتری شرح داده شده‌اند. روش‌های مورد بررسی کمک می‌کنند تا درک بهتری از این موضوع به دست آوریم که چگونه می‌توان اطلاعات نهفته در توالی‌های ملکول‌های زیستی را به گوش بشر رساند. بخش پایانی در مورد نشانه‌های موجود در ساختار بدنی موجودات زنده و پیام آن برای جهان خلقت بحث می‌نماید و منعکس‌کننده ادراک نگارندگان از پیوند تنگاتنگ طبیعت و موسیقی می‌باشد.

## واژه‌های کلیدی: موسیقی DNA، موسیقی پروتئین، توالی زیستی

\* عهده دار مکاتبات

۱- گروه بیولوژی دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی تلفن: ۸۱۸۴۱۴۶ - ۰۹۱۲ پست الکترونیکی: sh.ariaee@gmail.com

۲- قطب علمی کنترل و پردازش هوشمند، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

## مقدمه

امروزه پیشرفت‌های شگرفی در دانش فنآوری زیستی رخ داده است. بشر موفق به خواندن اطلاعات کد شده در DNA به عنوان نقشه حیات گردیده است و دورنمای امکان ساخت بلوک‌های اولیه حیات پدیدار گشته است. در میان این همه پیشرفت‌های علمی اعجاب‌انگیز هستند کسانی که به این وقایع علمی از زاویه دیگری می‌نگرند. این نگرش نه از چشمان یک دانشمند، بلکه از نگاه یک هنرمند بسیار قابل تامل است. از روزگاران قدیم ارتباط میان اصوات و ریاضیات و فیزیک شناخته شده بود. به عنوان مثال معادلات حاکم بر حرکت یک تار مرتعش که یک نت موسیقی را تولید می‌کند توسط فیزیکدانان شناسائی شده بود. اما شناسائی بسامدهای موجود در طبیعت و نوشتن نت‌های موسیقی مبتنی بر آن کاری است که باید با همکاری دانشمندان و موسیقی‌دانان انجام گردد. به عقیده تاریخ‌دان شهیر اسکاتلندی توماس کارلایل<sup>۲</sup> آنچه‌آنچه که در کتاب قهرمانان و ستایش قهرمانیت آورده است، "اگر به اندازه کافی دقیق شویم، خواهیم دید که در همه عرصه‌ها و در قلب طبیعت نغمه‌های موسیقی جاری است، به شرط آنکه توان دریافت آن را داشته باشیم". [۱]

یک راه عرضه دانش به طیف وسیع‌تری از مخاطبان آن است که ترکیبی از دانش و هنر را که جنبه هنری آن برای همه افراد ملموس باشد ایجاد نمائیم. به عنوان مثال یک دانشجوی نابینای رشته هواشناسی در دانشگاه کرنل<sup>۳</sup> یک برنامه رایانه‌ای نوشته است که رنگ‌های مختلف یک نقشه هواشناسی را به ۸۸ نت مختلف پیانو تبدیل می‌نماید. به این ترتیب او قادر است تغییر رنگ‌ها را از آبی تا قرمز با توجه به چگالی الکترونی بشنود [۲]. مثالی دیگر در زمینه فعالیت‌های میان رشته‌ای<sup>۴</sup> مربوط به زیست‌شناسان ژاپنی مرکز RIKEN در کوبه می‌باشد که مفاهیم زیست‌شناسی توسعه‌ای را با استفاده از شخصیت‌های فکاهی موجود در قطعات پویانمایی به مخاطبان جوان خود انتقال می‌دهند [۳]. همچنین کتاب آواز بیوشیمیست<sup>۵</sup> نوشته هارولد باوم<sup>۶</sup> مفاهیم علمی بیوشیمی را از طریق اشعار و سرودها به مخاطب

می‌آموزد [۴].

از جمله محققین موسیقیدانی که در این زمینه به تحقیق پرداخته‌اند می‌توان به کارهای سوزان الکساندر<sup>۷</sup> اشاره نمود [۵]. بنا بر عقیده او موسیقی مبتنی بر طبیعت<sup>۸</sup> نوعی از موسیقی است که بر پایه طبیعت و الگوهای ارتعاشی<sup>۹</sup> موجود در آن ایجاد می‌گردد. قدمای طبیعت را برای آموختن از آن و استفاده از آن در زندگی روزمره مطالعه می‌نمودند. واقعیت آن است که حرکت به هر دو سو، یعنی ابعاد ماکرو و میکرو، مثلاً پدیده‌های کیهانی از یکسو و سطوح مولکولی و اتمی از سوی دیگر ما را با پدیده‌هایی مواجه می‌سازد که در هر وضعیت دنیایی از معانی و پدیده‌های شگفت‌انگیز نهفته است. در موسیقی‌های ساخته شده توسط الکساندر از فرکانس‌های الکترومغناطیسی برگرفته از دنیای مولکولی بهره گرفته شده است. داده‌های مورد استفاده توسط هنرمندانی مانند او از منابع مختلفی به دست می‌آیند که از جمله آن‌ها می‌توان به اسپکتروگرافی‌های سطوح اتمی مانند DNA و آب اشاره نمود که عمدتاً بسامدهایی در محدوده طیف مادون قرمز می‌باشند. چنین به نظر می‌رسد که اجزاء بنیادی بدن ما و سایر ارکان طبیعت به گونه‌ای همساز ساختار یافته‌اند. در ادامه این نوشته با مروری کلی و به دور از جزئیات ریاضی و تکنیکی به صورت مجزا به بررسی تلاش‌هایی که در رابطه با تبدیل کدهای تشکیل دهنده DNA و پروتئین‌ها به موسیقی صورت گرفته است می‌پردازیم.

## موسیقی الهام گرفته شده از توالی DNA

ماهیت و ساختمان سه بعدی ماده ژنتیکی، دئوکسی ریبو نوکلئیک اسید (DNA) از جمله کشفیات اصلی دانش زیست‌شناسی در قرن بیستم می‌باشد. توالی زیر واحدهای منومری یعنی نوکلئوتیدها در این پلیمر خطی دستورات لازم برای ایجاد سایر اجزاء سلولی را کد نموده و در هنگام تقسیم سلولی قالبی را برای تولید مولکول‌های DNA مشابه جهت انتقال به سلول‌های نسل بعد فراهم می‌آورد. DNA پلیمر خطی متشکل از چهار زیر واحد دئوکسی ریبو نوکلئوتیدی شامل دئوکسی آدنیلات (A)، دئوکسی گوانیلات (G)، دئوکسی سیتیدیلات (C) و دئوکسی تیمیدیلات (T) می‌باشد. هر رشته می‌تواند بطور اختصاصی به نوکلئوتیدی دیگر

7 Susan Alexander

8 Nature-Based Music

9 vibratory

1 Ferequency

2 Thomas Carlyle

3 Cornell University

4 Interdisciplinary

5 Biochemist's Songbook

6 Harold Baum

## موسیقی مبتنی بر توالی پروتئین و DNA

شناخت منشاء حیات شناخته شده است، و خانم سوزان الکساندر، یک موسیقیدان که کارهای هنری اش را با الهام از طبیعت خلق می کند، نسبت داد<sup>[۹]</sup>. نتیجه این تلاش های دوساله یک قطعه موسیقی به نام Sequencia بود که در روز زمین (۲۲ آوریل یا دوم اردیبهشت ماه، سال ۱۹۹۰ میلادی) منتشر شد که از فرکانس های طبیعی واقع شده در DNA برای ساخت آن استفاده شده بود. در ادامه آنها کار خود را گسترش دادند. ایده اساسی روش آنها مبتنی بر میزان جذب نور با بسامدهای موجود در محدوده مادون قرمز<sup>۹</sup> می باشد. در ساختار اجزاء تشکیل دهنده DNA ساختارهای شیمیائی مختلفی دیده می شود که مهم ترین آنها پیوندهای C=O، N-H، C-H، O-H و C-O می باشند. این پیوندها در اثر جذب طیف نور در محدوده مادون قرمز خم و کشیده می شوند و با یک بسامد مشخص نوسان می کنند. این بسامد تابعی از انرژی و استحکام پیوند و جرم هسته این اتم ها می باشد. یک پیوند مستحکم و کوتاه مانند پیوند هیدروژنی طیف نور با طول موج بالاتر (تعداد تناوب موج در طول یک سانتی متر) را جذب می کند و این به معنی نئی با بسامد بالاتر در طیف مادون قرمز و در نتیجه نوائی زیرتر در موسیقی می باشد. در موسیقی Sequencia که پیش تر از آن نام برده شد تنها ملاک تصنیف موسیقی همین بسامدها بوده است و تقسیم بندی های پیچیده تر توالی DNA مانند ژن ها و پیکر بندی زوج بازها در طول توالی نقشی در آن نداشته اند. ابزار استخراج این بسامدها یک طیف سنجی و یک منبع تولید امواج مادون قرمز در گستره عدد موج  $13000-600$  cm<sup>-1</sup> را جذب می نماید. عدد موج  $12900$  cm<sup>-1</sup> برابر بسامد خواهد بود که طبیعتاً برای گوش انسان قابل شنود نمی باشد. زیرا گوش انسان فقط قادر به تشخیص اصوات در محدوده  $20000-20$  هرتز می باشد. با ۳۶ بار تقسیمات متوالی بر ۲ می توان نت های هشتگانه موسیقی (اکتاوهای) پایین تری به دست آورد تا بالاخره با بسامد ۱۲۶۶ هرتز به محدوده قابل شنیدن توسط انسان وارد شویم. تبدیل نور به صوت خود مسأله دیگری است که به لحاظ فلسفی قابل بحث است. رسانه های انتقال نور و صوت کاملاً متفاوت می باشند. ولی شاید در اینجا مسأله ما نسبت بین بسامدها و نه خود آنها می باشد. بنابراین می توان اصواتی که به این ترتیب تولید می شوند نشانه مناسبی از پیوند مورد نظر

9 nfrared

موجود در زنجیره مکمل اتصال یابد و با چرخش حول رشته دیگر ماریچ دو تایی DNA را ایجاد کند. در این اتصال همیشه A با T و G با C زوج بازهایی هستند که با هم جفت می شوند. در حدود سه میلیارد زوج باز<sup>۱</sup>، ماریچ نردبانی<sup>۲</sup> DNA موجود در هر سلول بدن انسان را تشکیل می دهند که اگر بتوان آنرا به صورت یک رشته در آورد طولی بیش از نود سانتی متر پیدا خواهد کرد. تا کنون مطالعات و تلاش های مختلفی در زمینه تبدیل مستقیم توالی DNA به عنوان حامل تمام اطلاعات مربوط به حیات موجودات زنده به موسیقی انجام شده است<sup>[۶]</sup>. یک راه مستقیم برای ناقل آمدن به این هدف محاسبه و دسترسی به بسامد های موجود در آن می باشد. مشکل اساسی این تلاش ها آن بوده است که موسیقی حاصل از آنها تنها دارای چهار نت بوده است.

یعنی چهار نوکلئوتید پدید آورنده توالی DNA یعنی آدنین<sup>۳</sup> (A) سیتوزین<sup>۴</sup> (C)، گوانین<sup>۵</sup> (G)، و تیمین<sup>۶</sup> (T) که هر یک از عناصر کربن، هیدروژن، اکسیژن، و نیتروژن تشکیل شده اند. البته شاید یک راه برخورد با این مسأله تفسیر هر دو یا سه زوج باز متوالی به عنوان یک نت موسیقی می باشد. ولی در این حالت هم تمرکز بر ایجاد ملودی ها بر پایه ساختار توالی DNA می باشد و کمتر نشانی از اطلاعات کد شده در DNA را در بر خواهد داشت. موسیقی تولید شده در این حالت دارای متن<sup>۷</sup> قابل تشخیصی نیست و فاقد عمق لازم برای یک قطعه هنری می باشد. در تلاش های دیگر در این زمینه از معادلات ریاضی برای ترجمه توالی ها به نت های موسیقی بهره گرفته شده است. این معادلات بر پایه خواص فیزیکی نوکلئوتیدها در کودون<sup>۸</sup> ها تنظیم می گردند<sup>[۷,۸]</sup>. (کودون ها نواحی متشکل از سه نوکلئوتید متوالی در DNA هستند که معمولاً به یک اسید آمینه در زنجیره پلی پپتیدی پروتئین ترجمه می شوند)

شاید نخستین تلاش ملموس در این رابطه را بتوان به دکتر دیوید دیمر، زیست شناسی که به خاطر تلاش هایش در زمینه

- 1 Base Pair
- 2 Helix
- 3 Adenine
- 4 Cytosine
- 5 Guanine
- 6 Thymine
- 7 Theme
- 8 Codon

شود اسیدهای آمینه به علائمی با طول‌های متفاوت ترجمه شده اند. به این ترتیب برای هر اسید آمینه ممکن است به یک نت موسیقی تنها، یک آمیزه از نت‌ها (chord)، و یا حتی یک قطعه کوتاه موسیقی ترجمه گردد. شکل ۱ قطعه موسیقی حاصل از زنجیره a پروتئین پروتئاز ویروس HIV-۱ (پروتئین با کد 1hsga در PDB) را نمایش می‌دهد [۱۳]. برای شنیدن قطعات مختلف موسیقی از این نوع با سازهای مختلف و در ژانرهای مختلف می‌توان به سایت اینترنتی مندرج در مراجعه نمود.

به نظر می‌رسد شاید گام بعدی در این زمینه انتخاب قطعه مناسب موسیقی برای هر اسید آمینه بر اساس روح حاکم بر آن اسید آمینه می‌باشد. زیرا می‌توان چنین تصور نمود که خواص بیوفیزیکی-بیوشیمیایی هر اسید آمینه نقشی منحصر به فرد برای آن در طبیعت ایجاد نموده است.

جدول ۱: نحوه تبدیل اسیدهای آمینه به الفبای کد مرس

No.	Amino Acid	Short Form	Morse code
1	Isoleucine	I	..
2	Leucine	L	.-..
3	Valine	V	...-
4	Phenylalanine	F	..-.
5	Methionin	M	--
6	Cysteine	C	-.-.
7	Alanine	A	.-
8	Glycine	G	--.
9	Proline	P	-.--
10	Threonine	T	-
11	Serine	S	...
12	Tyrosine	T	-
13	Tryptophan	W	.-.
14	Glutamine	Q	-.-.
15	Asparagine	N	-..
16	Histidine	H	....
17	Glutamic acid	E	.
18	Aspartic acid	D	.-.
19	Lysine	K	-.-
20	Arginine	R	.-.

دانست. با توجه به نوع پیوندها در هر زوج باز این اعداد به وسیله دستگاه ترکیب کننده<sup>۱</sup> و کی‌بورد الکترونیکی با قابلیت تولید میکروتون تبدیل به صوت می‌گردد. در موسیقی میکروتون<sup>۲</sup> فاصله بین هر دو صوت متوالی کوتاه‌تر از فاصله نت‌های استاندارد می‌باشد و نواختن آن نیاز به سازهایی با قابلیت بالاتر دارد.

در کارهای بعدی به جای در نظر گرفتن هر زوج باز به تنهایی به هر کودون یک نت موسیقی تنها، یک آمیزه از نت‌ها (chord)، و یا حتی یک قطعه کوتاه موسیقی<sup>۳</sup> نسبت داده می‌شود و به این ترتیب موسیقی مربوط تصنیف می‌گردد.

### موسیقی الهام گرفته شده از توالی پروتئین

از دهه ۸۰ قرن بیستم، دانشمندان دریافته بودند که شباهت‌های معنی داری مابین توالی‌های DNA، ژن‌ها، و توالی‌های پروتئینی با موسیقی الکترونیکی وجود دارد [۹-۱۱]. در نتیجه این سوال پیش آمد که آیا امکان تبدیل ساختارهای پروتئینی که از لحاظ زیست‌شناختی معنی دار هستند به قطعات موسیقی که دارای ویژگی‌های مثبت زیباشناسانه هستند وجود دارد یا نه. یکی از پاسخ‌ها به این سوال توسط پژوهش‌گرانی که ایده تبدیل توالی پروتئین‌ها به قطعات موسیقی با استفاده از کد مرس<sup>۴</sup> را مطرح نموده‌اند داده شده است [۱۲]. به این ترتیب که قطعات موسیقی کوتاه که هر یک از آنها بر پایه اسیدهای آمینه بیست گانه سازنده پروتئین‌ها به وجود آمده‌اند برای تصنیف موسیقی کامل یک پروتئین به کار گرفته شده‌اند. مانند علائم پایه مرس که برای انتقال پیغام‌های مختلف از آنها استفاده می‌شود. آنها همین‌طور سعی نموده‌اند که با ایجاد ریتم مبتنی بر اطلاعات مستخرج از توالی پروتئین‌ها انواع آهنگ (ژانرهای<sup>۵</sup>) مختلفی در موسیقی پروتئین ایجاد نمایند. شاید مهم‌ترین نوآوری این کار استفاده از قطعات موسیقی کوتاه با اندازه‌های نامساوی برای هر اسید آمینه بوده است که نتیجه آن افزودن ریتم به موسیقی حاصله بوده است. این همان ایده برگرفته از کد مرس برای ارسال پیام می‌باشد. نحوه نگاشت هر اسید آمینه به یکی از کدهای مرس در جدول ۱ مشخص شده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌

- 1 Synthesizer
- 2 Microtone
- 3 Phrase
- 4 Morse Code
- 5 Music Genre

## موسیقی مبتنی بر توالی پروتئین و DNA

Amino acid	P	Q	I	T	L	W	Q	R	P	L
Morse code	.--.	--.-	..	-	.-..	.---	---.-	.-.	.--.	.-..
1st digit of the code	.	-	.	-	.	.	-	.	.	.
Note in G Minor	1G	1B $\flat$	1A	1F $\sharp$	1A $\flat$	1E $\flat$	1B $\flat$	1D $\flat$	1G	1A $\flat$
Piano score										

شکل ۱: نتیجه تبدیل ۱۰ اسید آمینه نخست از زنجیره a از پروتئین پروتاز ویروس HIV-۱

اسیدهای آمینه در یک پروتئین به نت های موسیقی پیدا کنند که خوش آهنگ و مطابق اصول موسیقی باشد [۱۲]. آنها همچنین سعی نموده اند که ریتم<sup>۳</sup> را به این تبدیل اضافه نمایند. آنها به عنوان نمونه پروتئین تیمیدیلیت سینتاز<sup>۴</sup> (ThyA) انسان را مورد مطالعه قرار دادند. شکل ۲- الف قسمت آغازین این توالی را که به یک گستره نت ۲۰ تایی (۲/۵ اکتاوی) تبدیل شده است را نمایش می دهد که در آن هر یک از اسیدهای آمینه ۲۰ تایی موجود به یک نت ترجمه می گردد. یک راه برای افزایش زیبایی موسیقی تولید شده و انطباق هرچه بیشتر آن با اصول زیبایی شناختی موسیقی آن است که هر اسید آمینه به جای آنکه به یک نت منحصر به فرد ترجمه شود، به یک آمیزه منحصر به فرد از نت ها مبدل شود. در این صورت می توان یک محدوده نت های کاهش یافته بر اساس این آمیزه ها به وجود آورد که در آن هر دو زوج اسید آمینه مشابه با هم بر اساس خواص آنگریزی آنها زوج می گردند و یکی از نت های موسیقی هفتگانه را شکل می دهند. در این حالت موسیقی بسیار زیباتری ایجاد می گردد. شکل ۲- ب اعمال این تغییر را نشان می دهد.

مثال هایی از موسیقی های تولید شده به این روش برای پروتئین های Human ThyA، هموگلوبین، و Cytochrome C چند موجود زنده به همراه نت مربوطه در آمده است [۱۸].

آنها یک ساز سنتی چینی به نام گوژنگ<sup>۱</sup> را برای نواختن موسیقی پروتئین مناسب یافتند. این روش برای تولید موسیقی از روی پروتئین های گوناگون و از جمله پروتاز ویروس ایدز<sup>۲</sup> به کار گرفته شده است.

یکی از مهم ترین موفقیت ها در این زمینه توسط محققین انجام شده است توالی پروتئین را به موسیقی کلاسیک تبدیل کرده اند [۱۴]. به این ترتیب که برای هر توالی پروتئین یک پیام (سیگنال) شنوایی ایجاد می شود، هر پروتئین پیام (سیگنال) شنوایی منحصر به خود را دارد زیرا هر پروتئین توالی منحصر به خود را دارد و می توان توالی هر پروتئین را شنید. از نظر آنها تبدیل توالی های مستخرج از ژنوم موجودات زنده به موسیقی راهی مناسب برای آموزش مفاهیم مربوط به توالی های DNA و پروتئین ها به دانش آموزان می باشد. زیرا از راه شنیداری دانش آموزان با مفاهیمی چون طول توالی و دینامیک این ماکرومولکول ها آشنا می گردند.

رویکردهای دیگر استخراج موسیقی از توالی های پروتئینی، ترجمه پروتئین ها به نت های موسیقی می باشد [۸ و ۱۵-۱۷]. برای مثال تلاش گردیده است تا الگوریتم هایی برای تبدیل توالی اسیدهای آمینه یک پروتئین به متن های موسیقی با استفاده از الگوی تاخوردگی پروتئین طراحی گردد [۱۵]. در تلاش محققان بر این بوده است تا بر خلاف کارهای پیشین روشی برای تبدیل توالی

3 Guzheng

4 HIV main protease

1 Chain

2 Protein Data Bank(www.pdb.org)



باشیم، معنی واقعی جسم که سرایشی شکوه مند از شاهکار خلقت خداوند و نمودی از اسم اعظم پروردگار می باشد، برای ما آشکار خواهد شد. بزرگانی همچون حکیم ابوعلی سینا دانشمند، پزشک و فیلسوف ایرانی که در زمینه های مختلف علوم شهرت فراوان داشته، در بخش هایی از آثار ارزشمند خود به موسیقی هم پرداخته و دیدگاه کاملی از ترکیب طب و موسیقی بیان داشته است. وی در کتاب "رساله نبض" خود درباره نبض و انواع کیفیت آن برای تشخیص بیماری بهره گرفته است و می توان گفت که این همان توانایی شناخت موسیقی ویژه هر بدن و مقایسه آن با موسیقی بدنی سالم در بعد پزشکی می باشد.

همواره ریاضیات در علوم روشنگر فرآیندها و قوانین حاکم بر طبیعت بوده است و به عنوان گشاینده رمز از معانی عمل کرده است. جهان هستی دارای ویژگی خود سازماندهیاست و به همین دلیل یک ساز و کار ارتباطی منسجم و دائمی بین اجزاء تشکیل دهنده آن وجود دارد و می توان چنین تصور نمود که هر جزئی از کائنات دارای پیامی برای اجزاء دیگر می باشد. اگر این دیدگاه را معتبر بدانیم طرح این پرسش که آیا صدای برخاسته از DNA و پروتئین ها حاوی پیامی برای ما هستند یا خیر و پاسخ به آن از اهمیت بالایی برخوردار خواهد بود. مفهوم این پیغام هر چه که باشد، مطمئناً یادآور زیبایی نهفته در حیات است. این موضوع به ما کمک می کند تا به یک منظر جامع از حیات دست یابیم و وضعیت خودمان را در آن بیابیم. این دیدگاه با نظر پیشینیان در مورد هدف از آموزش مطابقت دارد. در تعریف قدیمی از آموزش می خوانیم که هدف از فراگیری علوم و کشف رموز طبیعت آن است که بتوانیم جایگاه دقیق خود را در آن بیابیم و وظایف خود را در هماهنگی با سایر اجزاء این الگوی بزرگ به درستی انجام دهیم. این یک دیدگاه دانش آموز محور در آموزش تلقی می شود که در آن طبیعت آموزگار بزرگ محسوب می شود و هر شاگرد بر اساس توانایی ها و نیاز خود از آن بهره می برد. در این دیدگاه به جای تمرکز بر آموزگار و سایر اجزاء دخیل در آموزش، تمرکز بر نیازها و توانایی های شاگرد می باشد در این میان آثار هنری که مستقیماً از طبیعت می آیند امکان دسترسی به لایه هایی عمیق تر از فلسفه وجودی بودن را فراهم می آورند و البته هنر رسانه قوی انتقال این پیغام می باشد. در این میان موسیقی جایگاهی ویژه دارد. انتقال پیام از طریق موسیقی بسیار کم هزینه و پربازده است. شاید بتوان موسیقی یا به تعبیری اصوات سازماندهی شده



شکل ۲ - نت های موسیقی حاصل از پروتئین Human ThyA. الف - هر یک از اسیدهای آمینه ۲۰ تایی موجود به یک نت ترجمه می گردد. ب- هر اسید آمینه به یک آمیزه منحصر به فرد از نت ها (chord) مبدل شود.

اکنون توسط این گروه یک برنامه رایانه ای برای ترجمه توالی پروتئین به موزیک نوشته شده است.

به نظر می رسد که بیماری ها نیز موسیقی مربوط به خود را دارند. به عنوان مثال پروتئین هانتینگتون که مسبب اصلی بیماری هانتینگتون می باشد توسط این گروه به موسیقی تبدیل شده است. این بیماری از دسته بیماری های مشهور به اختلال تکرار سه تایی می باشد که در آن تکرار یک گروه سه تایی از نوکلئوتیدها در ژن و یا اسیدهای آمینه در پروتئین به صورت غیر عادی زیاد می شود و منجر به اختلالاتی در سیستم اعصاب مرکزی می گردد. مثلاً در هانتینگتون گسترش تکرار سه تایی هایی از Glutamine باعث می شود که پروتئین مربوطه عملکرد مطلوب خود را از دست بدهد. برای دسترسی به نمونه های مختلف موسیقی تولید شده از روی پروتئین ها می توان به [۱۴] مراجعه کرد.

## نشانه فیزیولوژی توالی های زیستی و نتیجه گیری

اگر ادراکی برای گوش فرا دادن به موسیقی بدن خود داشته

عالم همنا هستند با هم می‌نوازند و هارمونی عالم را در پرستش یکتایشان اکران می‌نمایند.

### تقدیر و تشکر

نگارندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا تشکر و قدردانی خود را بابت راهنمایی‌های ارزشمند و نقش هدایت‌گر استاد گرانقدر جناب آقای پروفسور موسوی موحدی، چهره ماندگار و استاد مرکز تحقیقات بیوشیمی بیوفیزیک دانشگاه تهران ابراز نمایند.

### پایگاه‌های اطلاعات رجوع شده در این مقالات:

<http://www.oursounduniverse.com/>  
<http://www.whozoo.org/mac/Music/index.htm>  
<http://www.whozoo.org/mac/Music/samples.htm>

### منابع و مأخذ

- [1] Carlyle, T., Kenneth, G.M., Brattin, J.J. and M. Engel. (1840). On Heroes, Hero-Worship & the Heroic in History, California, USA.
- [2] Oberst, T. (2005). Blind Graduate Student 'Reads' Maps Using CU Software that Converts Color into Sound. Cornell Chronicle 6-5, 36.
- [3] D. Cyranoski, d. (2005). Japan Plays Trump Card to Get Kids into Science. Nature 726, 435.
- [4] Miller, J.N. (1982). The Biochemists' Songbook by Harold Baum Pergamon, Michigan, USA.
- [5] Huey, G., Alexander, S., Pogolian, L. (2001). Quintessence and Variation of the Fine Structure Constant in the CMBR, Physical Review D 083001, 65.
- [6] Ohno, S., Ohno, M. (1986) The all Pervasive Principle of Repetitious Recurrence Governs Not Only Coding Sequence Construction But Also Human Endeavor in Musical Composition. Immunogenetics 78-71, 24.
- [7] Gena, P., Strom, C. (1995). Musical Synthesis of DNA Sequences, XI Colloquio di Informatica Musicale, 204-203
- [8] Gena, P., Strom, C. (2001). A Physiological Approach to DNA Music. Glasgow, UK: Glasgow School of Art Press, 134-129.

را استعاره ای از حیات دانست. زیرا متولد می‌شود، فرآیند گزار از مراحل تکامل را طی می‌کند، خود را تکرار می‌کند و یا به تعبیری رد پایی از خود به جای می‌گذارد و در نهایت می‌میرد. اما اگر شنونده خوبی باشیم پس از پایان هنوز تداوم آن را احساس می‌کنیم. از دیدگاه فیزیکی می‌توان موسیقی را به مثابه آینه‌ای تمام نما از ماهیت طبیعت دانست که از طریق الگوها و ریاضیات آشوب گونه خود اسرار طبیعت را منعکس می‌نماید. مطالعات تایید می‌کنند که ریاضیات واحدی بر فراز و فرود موسیقی و پدیده‌های طبیعی حکم می‌راند. نوای خروش یک رودخانه، ضربان قلب ما، تغییر وضعیت محور زمین در فصول مختلف، صدای باد، پراکنش ابرها در آسمان و کوه‌ها بر روی زمین، فوران آتش فشان، و غرش رعد و برق ناشی از آن، واقعیت‌هایی فراتر از پالس‌های ساده هستند. به نظر نگارندگان برای هر پدیده طبیعی یک موسیقی قابل تصنیف می‌باشد و بالعکس برای هر قطعه موسیقی فاخر و منطبق بر فطرت انسانی مجموعه‌ای از پدیده‌های طبیعی همنا با آن یافت می‌شوند. زیرا مجموعه پدیده‌های عالم هستی نسبت به عملگرهای قابل اعمال بر روی آنها بسته است. در ریاضیات عملگرها بر روی یک، دو، و یا چند عضو از مجموعه مرجع عملی مشخص مثلاً ترکیب یا تجمیع انجام می‌دهند ولی نتیجه نهایی باز هم در مجموعه مرجع قرار خواهد داشت. به عنوان مثال مجموعه اعداد مختلط نسبت به عملگرهای جمع و تفریق بسته می‌باشد. اگر این مجموعه نامتناهی از اعداد و عملگرهای قابل اعمال بر آن را تمثیلی ساده شده از جهان هستی بدانیم، در این صورت هر پدیده‌ای که در اثر یک فرآیند (یا مجموعه‌ای از عملگرها) از ذهن انسان ناشی می‌شود جایگاهی در عالم هستی خواهد داشت. از این اطلاعات می‌توان دریافت که انسان و سایر موجودات نسبت به شرائط حال خویش موسیقی ویژه خود را می‌نوازند و هر کس بر مبنای حالات خود موسیقی ویژه‌ای دارد. امروز هر کس می‌تواند به نوای ملکول‌های خویش گوش فرا دهد و تا حدودی خود را شناسایی نماید و از مجموعه اعمال خویش که سال‌ها فراهم آورده است اطلاع حاصل نماید. آهنگ انسان با جسم و روح بیمار نسبت به انسان که سلامتی روحی و جسمی دارد، تغییر می‌نماید. انسان متعالی که دارای آرامش خاطر است بطور اطمینان از ملکول‌های او آهنگی می‌نوازد که شنوندگان نامریی هستی لذت از نوای او می‌برند و بیای آهنگ موزون و زیبایی او می‌نشینند. این موضوع برای سایر موجودات زنده صدق می‌نماید. باین ترتیب خوبان در

- [14] Dunn, J., Clark, M.A. (1999). Life Music: the Sonification of Proteins, Leonardo, 32 32-25(1999).
- [15] Hance, B.D (1996) Art Exhibit to Showcase Musical Works Based on Genetic Sequences, Arizona Daily Wildcat 5)31).
- [16] Jensen, E., Rusay, R. (2001). Musical Representations of the Fibonacci String and Proteins Using Mathematica. Mathematica 55)8).
- [17] Takahashi, R., Miller, J.H. (2007). Conversion of amino-acid sequence in proteins to classical music: search for auditory patterns, Genome Biology 405)8).
- [18] Estes, C.A. (2004). Promoting Student-Centred Learning in Experiential Education. Journal of Experiential Education 161-141, 27.

- [9] Alexander, S., Deamer, D. (1999). The Infrared Frequencies of DNA Bases: Science and Art, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 79-74, (2)18.
- [10] Hayashi, K., Munakata, N. (1985). Basically Musical, Nature 5973(1984), 310.
- [11] Manning, P. (1985). Electronic and Computer Music Oxford University Press, USA.
- [12] Takahashi, R., Miller, J.H. (2007). Conversion of Amino-Acid Sequence in Proteins to Classical Music: Search for Auditory Patterns. Genome Biol 405, 8.
- [13] Shi, S.J., Cai, Y.Y., Chan, C.W. (2007). Electronic Music for Bio-Molecules Using Short Music Phrases. Leonardo, MIT Press 141-137, 40.