

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی

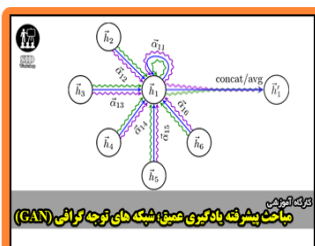


عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

مجله تاریخ علم، شماره ۷، ۱۳۸۷، ص ۳۷-۵۴

تقسیم وتر و دستان بندی ساز از دیدگاه عبدالقادر مراغی (شرح باب دوم کتاب جامع‌الاحان)

بابک خضرائی

عضو گروه هنر و معماری بنیاد دائرةالمعارف اسلامی

babak.khazrai@gmail.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۰۱/۱۷، تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۰۶/۰۴)

چکیده

باب دوم کتابهای جامع‌الاحان، مقاصدالاحان و نیز فصل دوم کتاب شرح‌ادوار، که هر سه از تألیفات ارزشمند عبدالقادر مراغی در موسیقی هستند، به تقسیم وتر و دستان بندی ساز اختصاص دارد. مراغی روش‌های مختلفی را برای تعیین نسبت میان نغمه‌ها^۱ بیان می‌کند که پایه اصلی آن، نظرات صفی‌الدین ارموی است و در این میان نکات تازه‌ای نیز اضافه کرده است. در این مقاله کوشش شده است که با تکیه بر تصحیح جدیدی از کتاب جامع‌الاحان و مقایسه با دیگر دست‌نویس‌های مراغی، این روش‌ها مطالعه شود.

کلیدواژه‌ها: عبدالقادر مراغی، وتر، بعد، نغمه

مقدمه

تقسیم وتر و دستان بندی ساز، در بیشتر رساله‌های کهن موسیقی از مهم‌ترین و بحث‌برانگیزترین مباحث بوده است. این مبحث به ویژه در رساله‌های مکتب منتظمیه^۲ که توجهی خاص به دانش موسیقی از منظر ریاضیات داشتند، نظام‌مندتر است. گرچه روشن نیست که این آرا تا چه حد کاربردی

۱. در اصطلاح امروزی، نت‌ها (ی موسیقایی).

۲. مکتب منتظمیه: نام جریان فکری در موسیقی اسلام (حوزه ایرانی - عربی) که در آن استفاده از ریاضیات برای تجزیه و تحلیل موسیقی بسیار مورد توجه قرار می‌گرفته است. سرآغاز آن را نگارش کتاب *الادوار فی الموسیقی* (در سال‌های میانی سده هفتم) به دست صفی‌الدین ارموی دانسته‌اند. از دیگر نظریه‌پردازان این مکتب می‌توان به قطب‌الدین شیرازی (د. ۷۱۱ ق) و عبدالقادر مراغی اشاره کرد. گفتنی است نام «منتظمیه» به عنوان یک مکتب در منابع کهن شرقی (فارسی، عربی و ترکی) دیده نمی‌شود بلکه این عنوان ترجمه اصطلاح *Systematist School* است که محققان غربی برای نامیدن این مکتب به کار برده‌اند.

بوده، نباید از اثر آنها بر موسیقی غافل بود. در این مقاله به مطالعه آراء عبدالقادر مراغی (د. ۸۳۸ ق) در این باره می‌پردازیم که از برجسته‌ترین موسیقی‌دانان مکتب منتظمیه و تالی و شارح آراء بنیان‌گذار این مکتب، صفی‌الدین ارموی (د. ۶۹۳ ق) است.

از عبدالقادر مراغی سه رساله مفصل برجای مانده است: *جامع‌الاحان* (تحریر ۸۰۸ تا ۸۱۸ ق)، *مقاصد‌الاحان* (تحریر ۸۲۱ ق) و *شرح‌دوار* (تحریر بعد از ۸۲۱ ق) که *جامع‌الاحان* در بیشتر مباحث، نسبت به دو رساله دیگر مفصل‌تر است و مراغی عمده نظرات خود را در این کتاب آورده است و گاه در آثار دیگر خواننده را به رجوع به این کتاب توصیه کرده است (برای نمونه نک: *مقاصد‌الاحان*، ۱۳۵۶، ص ۱۷). مقایسه مبحث تقسیم وتر و دستان‌بندی که در هر سه رساله در باب یا فصل دوم آمده، نشان می‌دهد که در موضوع تقسیم وتر و دستان‌بندی نیز مفصل‌ترین بحث در این باره، در کتاب *جامع‌الاحان* آمده است. بنا بر این در این مقاله، ترتیب مباحث بر اساس این کتاب است و از دو رساله دیگر برای مقایسه و تکمیل بحث استفاده خواهد شد.

برای بررسی و تصحیح اعداد مذکور در این بخش، از سه نسخه به خط مؤلف استفاده کرده‌ایم:

۱) نسخه‌ای از *جامع‌الاحان* (پایان تحریر ۸۱۶ ق) که در کتابخانه بادلین دانشگاه آکسفورد انگلستان نگهداری می‌شود و آن را اختصاراً (ج ۱) می‌نامیم.

۲) نسخه دیگری از همان اثر (پایان تحریر ۸۱۸ ق) محفوظ در کتابخانه نور عثمانی (استانبول) با نام اختصاری (ج ۲).

۳) نسخه‌ای از *مقاصد‌الاحان* (پایان تحریر ۸۲۱ ق) محفوظ در کتابخانه ملک (تهران) که در این مقاله با نام اختصاری (م) از آن یاد می‌شود.

مبحث تقسیم وتر و دستان‌بندی ساز در متون کهن از جمله مسائلی است که محققان تاریخ موسیقی بسیار به آن پرداخته‌اند. از این میان می‌توان از تحقیقات مهدی برکشلی، یوشیفوسا سکی^۱ (رساله کارشناسی با راهنمایی دکتر مهدی برکشلی)، هنری جرج فارمر^۲، اون رایت^۳ و مجید کیانی نام برد (نک: منابع). این تحقیقات که شباهت زیادی به هم دارند بیشتر به بیان یکی از شیوه‌های مراغی اشاره کرده‌اند و چندان به مقایسه و تبیین شیوه‌های گوناگون نپرداخته‌اند. تحقیق هومان اسعدی

1. Yoshifusa Seki
2. Henry George Farmer
3. Owen Wright

(بخشی از رساله کارشناسی ارشد به راهنمایی دکتر خسرو مولانا، نک: منابع) از جدی‌ترین پژوهش‌ها در این زمینه است، اما از آن‌جا که این موضوع یکی از چندین موضوع تحقیق او در این رساله است، به طور گسترده به جزئیات نپرداخته و برخی اعداد و جدولها را نیآورده است. علاوه بر این چون منابع چاپی را مآخذ قرار داده است، به تناقضات و اشتباهات اشاره نکرده است. وی به مطلبی در نسخه‌ای از *مقاصد/الاحان* به خط مؤلف (محفوظ در کتابخانه ملک، که پیشتر معرفی شد) اشاره کرده که در بیان مرحله‌ای از استخراج نغمه «ب» از (ه م)، یکی از نسبتها به جای ثمن (یک هشتم) - که در دیگر منابع آمده - تسع (یک نهم) ذکر شده است. به این ترتیب جایگاه نغمه «ب» و چند نغمه دیگر که به آن وابسته‌اند، تغییر می‌کند. وی به این ترتیب گام دیگری را معرفی کرده و آن را «گام خیزک‌دار»^۱ خوانده است (ص ۱۰۲-۱۰۴). البته اسعدی احتمال خطای مؤلف در نگارش تسع به جای ثمن را رد نکرده است. به نظر نگارنده احتمال خطای نگارش بسیار زیاد و نزدیک به یقین است. زیرا در جدولی که در ادامه مطلب در همان نسخه آمده، نقل شده که نسبت نغمه «ب» به «ا» همان است که در دیگر منابع آمده است (قس: *مقاصد/الاحان* (نسخه ملک) ص ۲۰ یا *جامع/الاحان* (نسخه بادلیان) ص ۲۸). نیز نمی‌توان گفت که چون مراغی *مقاصد/الاحان* را بعد از *جامع/الاحان* تألیف کرده، نظر خود را تغییر داده است، زیرا رساله کوتاهی از مراغی در دست است که آن را ۳۹ روز پس از تألیف *مقاصد/الاحان*، در ۲۱ شوال ۸۲۱ ق برای بایسنقر به رشته تحریر در آورده (نک: منابع) و در آن نیز نسبت یاد شده ثمن است نه تسع (گ ۹). نسخه دیگری از *مقاصد/الاحان* در کتابخانه دانشگاه لیدن هلند موجود است (نک: منابع) که در آن نیز نسبت یاد شده «ثمن» است (گ ۵ و ۶). بنا بر این می‌توان گفت، احتمال این که گام موسوم به «خیزک‌دار» مورد نظر مراغی بوده بسیار ضعیف است.

مقاله حاضر کوششی است برای آنکه با تکیه بر منابع دست اول نظرات مراغی تبیین و نتایج حاصل از روش‌های مختلف با یکدیگر مقایسه شوند.

شرح موضوع

مراغی در باب دوم کتاب *جامع/الاحان* از تقسیم داستان‌ها به سه نوع یاد می‌کند، اما در پایان فصل سوم این باب، روش دیگری نیز بیان کرده است. بنا بر این مراغی عملاً چهار روش را ذکر کرده

۱. خیزک فاصله موسیقایی برابر ۱/۹۲ سنت است.

است که آنها را به ترتیب می‌آوریم.

پیش از آن باید به دو نکته اصلی اشاره کنیم:

- وتر یا سیم ساز مانند پاره‌خطی فرض می‌شود که آن را (ا م) می‌نامیده‌اند. «ا»، مخفف انف (در اصل به معنی بینی و در این جا به معنی شیطانک ساز و منظور ابتدای وتر است) و «م»، مخفف مشط (در اصل به معنای شانه و در این جا به معنی خرک ساز و منظور انتهای وتر) است.
- تعداد نغمه‌ها در یک ذی‌الکل (اکتاو) ۱۷ است و نغمه هجدهم در واقع اکتاو نغمه اول است. نغمه‌ها با حروف ابجد نام‌گذاری می‌شوند و ترتیب آنها از چپ به راست چنین است:

یح یز یو یه ید یج یب یا ی ط ح ز و ه د ج ب ا

روش اول (روش صفی‌الدین ارموی)

مراغی ابتدا متن عربی صفی‌الدین ارموی (جامع‌الاحان، ۱۳۸۸، ص ۳۳؛ نیز ارموی، ص ۹۰) را عیناً ذکر می‌کند که ترجمه آن را می‌آوریم:

«دستان‌ها، نشانه‌هایی هستند که بر دسته سازهای زهی قرار می‌گیرند تا جایگاه نغمه‌ها را روی وتر نشان دهند و تعداد نغمه‌هایی که الحان در آن گردش می‌کنند، هفده نغمه است که در یک [نیمه] وتر یافت می‌شود.

پس وتر (ا م) را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و [نقطه وسط را] «یح» نشان می‌کنیم. و طرف انف را «ا» و طرف مشط (خرک) را «م» قرار می‌دهیم. سپس وتر را به سه قسمت تقسیم می‌کنیم و انتهای قسمت اول آن را، که طرف انف است، «یا» نشان می‌کنیم. سپس وتر را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول آن را «ح» نشان می‌کنیم. سپس (ح م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «یه» نشان می‌کنیم. سپس وتر را نه قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول آن را «د» نشان می‌کنیم. سپس (د م) را نه قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول آن را «ز» نشان می‌کنیم. سپس (ح م) را هشت قسمت می‌کنیم و در طرف بم، قسمتی دیگر به آن می‌افزاییم و آن را «ه» نشان می‌کنیم. سپس (ه م) را هشت قسمت می‌کنیم و در طرف بم، قسمتی دیگر به آن می‌افزاییم و آن را «ب» نشان می‌کنیم. سپس (ب م) را سه قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «یب» نشان می‌کنیم. سپس (ب م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «ط» نشان می‌کنیم. سپس (ط م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «یو» نشان می‌کنیم. سپس (یو م) را به دو قسمت مساوی تقسیم می‌کنیم و قسمتی دیگر مساوی آن

قسمت‌ها در طرف بزم به آن می‌افزاییم و آن را «و» نشان می‌کنیم. سپس (و م) را هشت قسمت می‌کنیم و قسمتی دیگر به آن می‌افزاییم و انتهای آن را «ج» نشان می‌کنیم. سپس (ج م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «ی» نشان می‌کنیم. سپس (ی م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «یز» نشان می‌کنیم. سپس (و م) را چهار قسمت می‌کنیم و انتهای قسمت اول را «ید» نشان می‌کنیم. این است جایگاه همه دست‌ها.

مباحث بالا را می‌توان چنین بیان کرد:

* جایگاه نغمه «یح» درست در میانه وتر است؛ اگر طول وتر را ۲۵۶ واحد فرض کنیم، خواهیم

داشت:

$$(م یح) = (ا یح) = ۱۲۸$$

* نغمه «یا» در یک سوم اول وتر قرار دارد؛ پس:

$$(ا یا) = \frac{1}{3} \times ۲۵۶ = ۸۵ \frac{1}{3}$$

$$(م یا م) = (ا م) - (ا یا) = ۲۵۶ - ۸۵ \frac{1}{3} = ۱۷۰ \frac{2}{3}$$

* نغمه «ح» در یک چهارم اول وتر قرار دارد؛ پس:

$$(ا ح) = \frac{1}{4} \times ۲۵۶ = ۶۴$$

$$(م ح م) = (ا م) - (ا ح) = ۲۵۶ - ۶۴ = ۱۹۲$$

* نغمه «یه» در یک چهارم اول (ح م) قرار دارد؛ پس:

$$(ح یه) = \frac{1}{4} \times ۱۹۲ = ۴۸$$

$$(م یه م) = (ح م) - (ح یه) = ۱۹۲ - ۴۸ = ۱۴۴$$

* نغمه «د» در یک نهم اول وتر قرار دارد؛ پس:

$$(ا د) = \frac{1}{9} \times ۲۵۶ = ۲۸ \frac{4}{9}$$

$$(م د م) = (ا م) - (ا د) = ۲۵۶ - ۲۸ \frac{4}{9} = ۲۲۷ \frac{5}{9}$$

* نغمه «ز» در یک نهم اول (د م) قرار دارد؛ پس:

$$(د ز) = \frac{1}{9} \times ۲۲۷ \frac{5}{9} = ۲۵ \frac{۲۳}{۸۱}$$

$$(م ز م) = (د م) - (د ز) = ۲۲۷ \frac{5}{9} - ۲۵ \frac{۲۳}{۸۱} = ۲۰۲ \frac{۲۲}{۸۱}$$

* برای به دست آوردن جایگاه «ه» ابتدا (ح م) به هشت قسمت تقسیم و سپس یک قسمت دیگر (به اندازه یکی از این بخش‌ها یعنی یک هشتم دیگر) به آن افزوده می‌شود؛ بنا براین (ه م) برابر نه هشتم (ح م) است پس:

$$(ه م) = \frac{9}{8} \times 192 = 216$$

* روش یافتن جایگاه «ب» از «ه» عیناً همان روشی است که جایگاه «ه» از «ح» به دست آمد؛ پس:

$$(ب م) = \frac{9}{8} \times 216 = 243$$

* نغمه «یب» در یک سوم اول (ب م) قرار دارد؛ پس:

$$(ب یب) = \frac{1}{3} \times 243 = 81$$

$$(م یب) = 243 - 81 = 162$$

* نغمه «ط» در یک چهارم اول (ب م) قرار دارد؛ پس:

$$(ب ط) = \frac{1}{4} \times 243 = 60 \frac{3}{4}$$

$$(م ط) = 243 - 60 \frac{3}{4} = 182 \frac{1}{4}$$

* نغمه «یو» در یک چهارم اول (ط م) قرار دارد؛ پس:

$$(ط یو) = \frac{1}{4} \times 182 \frac{1}{4} = 45 \frac{9}{16}$$

$$(م یو) = 182 \frac{1}{4} - 45 \frac{9}{16} = 136 \frac{11}{16}$$

* برای به دست آوردن جایگاه «و» ابتدا (یو م) به دو قسمت مساوی تقسیم و سپس یک قسمت دیگر (به اندازه یکی از این بخش‌ها) به آن افزوده می‌شود؛ بنا براین (و م) یک و نیم برابر (یو م) است؛ پس:

$$(و م) = \frac{3}{2} \times 136 \frac{11}{16} = 205 \frac{1}{32}$$

* برای به دست آوردن جایگاه «ج» ابتدا (و م) به هشت قسمت تقسیم و سپس یک قسمت دیگر (به اندازه یکی از این بخش‌ها) به آن افزوده می‌شود؛ بنا براین (ج م) برابر نه هشتم (و م) است؛ پس:

$$(ج م) = \frac{9}{8} \times 205 \frac{1}{32} = 230 \frac{169}{256}$$

* نغمه «ی» در یک چهارم اول (ج م) قرار دارد؛ پس:

$$(ج ی) = \frac{1}{4} \times 230 \frac{169}{256} = 57 \frac{681}{1024}$$

تقسیم وتر و دستان بندی ساز... ۴۳/

$$(م ی) = ۲۳۰ \frac{۱۶۹}{۲۵۶} - ۵۷ \frac{۶۸۱}{۱۰۲۴} = ۱۷۲ \frac{۱۰۱۹}{۱۰۲۴}$$

* نغمه «یز» در یک چهارم اول (ی م) قرار دارد؛ پس:

$$(ی یز) = \frac{۱}{۴} \times ۱۷۲ \frac{۱۰۱۹}{۱۰۲۴} = ۴۳ \frac{۱۰۱۹}{۴۰۹۶}$$

$$(م یز) = ۱۷۲ \frac{۱۰۱۹}{۱۰۲۴} - ۴۳ \frac{۱۰۱۹}{۴۰۹۶} = ۱۲۹ \frac{۳۰۵۷}{۴۰۹۶}$$

* نغمه «یج» در یک چهارم اول (و م) قرار دارد؛ پس:

$$(و یج) = \frac{۱}{۴} \times ۲۰۵ \frac{۱}{۲۲} = ۵۱ \frac{۳۳}{۱۲۸}$$

$$(م یج) = ۲۰۵ \frac{۱}{۲۲} - ۵۱ \frac{۳۳}{۱۲۸} = ۱۵۳ \frac{۹۹}{۱۲۸}$$

* نغمه «ید» در یک چهارم اول (ز م) قرار دارد؛ پس:

$$(ز ید) = \frac{۱}{۴} \times ۲۰۲ \frac{۲۲}{۸۱} = ۵۰ \frac{۴۶}{۸۱}$$

$$(م ید) = ۲۰۲ \frac{۲۲}{۸۱} - ۵۰ \frac{۴۶}{۸۱} = ۱۵۱ \frac{۱۹}{۲۷}$$

روش دوم

این روش چندان کارآمد نیست و مراغی خود به این نکته اشاره می‌کند^۱. در این روش وتر به ۲۵۶ قسمت تقسیم می‌شود^۲ و برخی ابعاد به دست می‌آید:

* نغمه «ح» در یک چهارم اول وتر قرار دارد؛ پس:

$$(ح) = \frac{۱}{۴} \times ۲۵۶ = ۶۴$$

$$(م ح) = (ح) - (ا) = ۶۴ - ۲۵۶ = ۱۹۲$$

۱. مراغی خود یکی از اشکالات را بیان کرده است: «... بدان نوع تقسیم، [نغمه] هفدهم از نقطه نصف وتر که «یح» است درمی‌گذرد» (جامع‌اللاحان، ۱۳۸۸، ص ۲۶).

۲. مراغی در ابتدا مطلبی را ظاهراً برای توجیه علت فرض تقسیم وتر به ۲۵۶ واحد مطرح می‌کند که می‌توان آن را چنین بازگو کرد: «(ح م) را که سه چهارم (ا م) است به هشت قسمت تقسیم می‌کنیم و به این ترتیب سهم هر ربع وتر $\frac{۲}{۳}$ از هر قسمت می‌شود. بنا بر این کل وتر مساوی با $\frac{۱۰}{۳}$ برابر هر قسمت می‌شود. ۳ را در ۸ ضرب می‌کنیم حاصل ۲۴ است که دو سوم آن ۱۶ است. هر قسمی را ۲۴ جزء فرض می‌کنیم و از آنجا که کل وتر $\frac{۱۰}{۳}$ برابر هر قسمت است، کل وتر برابر $۲۴ = \frac{۲}{۳} \times ۱۰$ واحد خواهد بود و (ح م) که سه چهارم وتر است مساوی با ۱۹۲ و (ا ح) که یک چهارم وتر است، ۶۴ واحد است» (همانجا).

* برای به دست آوردن جایگاه «ه» ابتدا (ح م) به هشت قسمت تقسیم و سپس یک قسمت دیگر (به اندازه یکی از این بخش‌ها یعنی یک هشتم دیگر) به آن افزوده می‌شود؛ بنا براین (ه م) برابر نه هشتم (ح م) است؛ پس:

$$(ه م) = \frac{9}{8} \times 192 = 216$$

$$(ا ه) = 256 - 216 = 40$$

* جایگاه «ب» از «ه» عیناً شبیه یافتن جایگاه «ه» از «ح» است؛ پس:

$$(ب م) = \frac{9}{8} \times 216 = 243$$

$$(ا ب) = 256 - 243 = 13$$

* مراغی در این جا اشاره می‌کند که مقدار (ا ب) یا نسبت $\frac{243}{256}$ در واقع همان نسبت «بُعد بقیه» است و چون بُعد میان نغمه «ب» و نغمه «ج» نیز بُعد بقیه است، پس جایگاه نغمه «ج» را می‌توان با استفاده از این نسبت به دست آورد:

$$(ج م) = \frac{243}{256} \times 243 = 230 \frac{169}{256}$$

مراغی پس از آن که جایگاه نغمه‌های «ب» و «ج» را با استفاده از نسبت بُعد بقیه معین کرد، کوشش می‌کند این روش را برای به دست آوردن همه نغمه‌ها امتحان کند؛ به این ترتیب که هر نغمه را از حاصل ضرب نسبت بُعد بقیه در عدد بُعد پیش از خود به دست آورد. مثلاً «د» را از «ج» و «ه» را از «د» و به همین ترتیب به نغمه «یح» برسد که می‌دانیم درست در میانه وتر است و نسبت آن با نغمه «ا» برابر با $\frac{1}{2}$ است. اما در این روش نغمه «یح» در جایگاه خود قرار نمی‌گیرد، زیرا میان نغمه «یح» و نغمه «ا» هفده بُعد بقیه قرار دارد و با این روش خواهیم داشت:

$$(یح م) = \left(\frac{243}{256}\right)^{17} = 0/4123$$

از این مسأله می‌توان نتیجه گرفت ابعادی که میان هر دو نغمه متوالی قرار دارند و به طور کلی بُعد بقیه نامیده می‌شوند، با هم مساوی نیستند. مراغی با علم به این موضوع، روش دیگری را بیان می‌کند که در این مقاله از آن با عنوان روش سوم یاد می‌کنیم؛ اما پیش از آن نسبتی تقریبی را که ارموی برای بُعد بقیه مطرح کرده (ص ۱۴، ۱۰۰) شرح می‌دهد که می‌توان آن را چنین بیان کرد:

دیدیم که نسبت (ا ب) به (ب م) برابر $\frac{13}{243}$ است و داریم:

$$(13 \times 20 = 260) < 243 < (13 \times 18 = 234)$$

پس:

$$\frac{1}{18} < \frac{13}{243} < \frac{1}{20}$$

بنا بر این با تقریب خوبی، نسبت (ا ب) به (ب م) را می‌توان $\frac{1}{19}$ فرض کرد. مراغی همچنین می‌گوید که نسبت (ب م) به (ا م) که برابر $\frac{243}{256}$ است، با تقریب خوبی به $\frac{19}{20}$ نزدیک است (همان، ص ۳۷). محاسبه نیز این نکته را نشان می‌دهد:

$$\frac{243}{256} = 0.9492$$

$$\frac{19}{20} = 0.95$$

روش سوم

دیدیم که روش دوم جایگاه همه نغمه‌ها را به درستی معلوم نمی‌کند؛ بنابراین مراغی روش دیگری را مطرح می‌سازد. البته به کار بردن واژه «روش» برای مطلبی که مراغی در این جا بیان کرده، با تسامح است زیرا وی تنها جایگاه نغمه‌ها را با اعدادی مشخص می‌کند و روشی ارائه نکرده است. در واقع با مقایسه اعداد - که در ادامه به آن می‌پردازیم - می‌توان دریافت که این روش، همان روش صفی‌الدین است.

مراغی در این حالت وتر را 65536 (مجذور 256) واحد فرض می‌کند. به نظر می‌رسد این فرض برای آن است که حتی‌المقدور از کسر اعشاری پرهیز شود. اعدادی که به ابعاد نسبت داده شده به این ترتیب است (به استثناء نسبت (ا م) با (ج م) که تقریباً «مثل و تسع» $(\frac{1}{9})$ ذکر شده، نسبت دیگری ذکر نشده است):

$$(ا م) = 65536$$

$$(ب م) = 3328 \text{ و } (ا ب) = 62208$$

$$(ب ج) = 3159 \text{ و } (ا ج) = 6487 \text{ و } (ج م) = 59049$$

$$(د م) = 7281 \frac{7}{9} \text{ و } (د ا) = 58254 \frac{2}{9}$$

$$(ه م) = 10240 \text{ و } (ا ه) = 55296$$

$$(و م) = 13048 \text{ و } (ا و) = 52488$$

۱. مراغی می‌گوید: «چون دست‌ان «ج» را بر هیچ یک از آن اجزای 256 گانه نمی‌یابیم، به ضرورت وتر (ا م) را به نوعی دیگر تقسیم باید کرد» (همانجا). گفتنی است از روش دوم اتفاقاً جای نغمه «ب» و «ج» به درستی پیدا می‌شود و اشکال در مشخص کردن جایگاه نغمه‌های دیگر است.

$(ا ز) = ۱۳۷۵۴ \frac{۳۸}{۸۱}$ و $(ز م) = ۵۱۷۸۱ \frac{۴۳}{۸۱}$

$(ح م) = ۴۹۱۵۲$ و $(ا ح) = ۱۶۳۸۴$

(ج م) در (ج ۲) به صورت ۵۹۴۰۹ آمده و (و م) در سه نسخه مذکور به صورت $۵۲۴۲۸ \frac{۴}{۵}$ آمده است که به نظر می‌رسد به دلیل سهو قلم باشد، زیرا مقدار (و م) محل مناقشه نیست. از طرف دیگر در این نسخه‌ها مقدار «کج» که حد یا اکتاو «و» است، ۲۶۲۴۴ آمده که برابر نصف ۵۲۴۸۸ و مؤید این عدد است. دیگر ابعاد در این‌جا ذکر نشده و در جدول آمده است. ما نیز آنها را در جدولی که اعداد حاصل از روش‌های مختلف در آن مقایسه شده است، خواهیم آورد (نک: جدول ۱)

روش چهارم

این روش را می‌توان روش پیشنهادی مراعی دانست که به دلیل اهمیت آن، ابتدا ترجمه اصل متن را می‌آوریم:

«و ما نوعی دیگر تقسیم این‌جا ذکر کنیم که احسن و اسهل باشد و اماکن نغمات هفده‌گانه از این تقسیم بالتحقیق معلوم شود. پس طرح کنیم از وتر (ا م) که ۲۵۶ است، ربع ثمن آن و خمه اثمان ربع ثمن آن، و آن مقدار (ا ب) بود. و اگر طرح کنیم از باقی آن، اعنی وتر (ب م)، همین مقدار، بر نهایت آن «ج» نشان کنیم. و اگر از وتر (ا م) تسع مقدار آن فصل کنیم، بر [نهایت] آن «د» نشان کنیم. و اگر از وتر (ب م) تسع فصل کنیم، بر نهایت آن «ه» نشان کنیم. و اگر تسع (ج م) طرح کنیم، بر نهایت آن «و» نشان کنیم. و اگر تسع (د م) طرح کنیم، بر نهایت آن «ز» نشان کنیم. و چون از مطلق وتر (ا م) ربع آن فصل کنیم، بر نهایت آن «ح» نشان کنیم. و اگر ربع (ب م) فصل کنیم، بر نهایت آن «ط» نشان کنیم. و اگر ربع (ج م) فصل کنیم، بر نهایت آن «ی» نشان کنیم. و اگر از وتر (ا م) ثلث آن طرح کنیم، بر نهایت آن «یا» نشان کنیم. و اگر ثلث (ب م) فصل کنیم، بر نهایت آن «یب» نشان کنیم. و اگر ثلث (ج م) طرح کنیم، بر نهایت آن «یج» نشان کنیم. و اگر ثلث (د م) فصل کنیم، بر نهایت آن «ید» نشان کنیم. و اگر ثلث (ه م) طرح کنیم، بر نهایت آن «یه» نشان کنیم. و اگر ثلث (و م) طرح کنیم، بر نهایت آن «یو» [نشان کنیم]. و اگر ثلث (ز م) طرح کنیم،

برنهایت آن «یز» نشان کنیم. و اگر ثلث (ح م) طرح کنیم، برنهایت آن «یح» نشان کنیم. و این تقسیم مختار^۱ است» (مراغی، همان، ص ۴۰).

مطالب بالا را می‌توان چنین بیان کرد:

* مقدار (ا ب) برابر ربع ثمن $(\frac{1}{4} \times \frac{1}{8})$ و خمسه اثمان ربع ثمن $(\frac{5}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{8})$ از ۲۵۶ است، یعنی مقدار (ا ب) برابر است با:

$$(\frac{1}{4} \times \frac{1}{8} \times 256) + (\frac{5}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{8} \times 256) = 8 + 5 = 13$$

اگر طول وتر دست باز (ا م) را ۲۵۶ واحد فرض کنیم، طول (ب م) برابر است با:

$$(ب م) = 256 - 13 = 243$$

* مقدار (ب ج) به همین روش از (ب م) به دست می‌آید [باید توجه داشت که مقدار (ب م) پیشتر ۲۴۳ واحد به دست آمد]:

$$(ب ج) = (\frac{1}{4} \times \frac{1}{8} \times 243) + (\frac{5}{8} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{8} \times 243) = 12 \frac{81}{256}$$

و

$$(ج م) = (ب م) - (ب ج) = 243 - 12 \frac{81}{256} = 230 \frac{169}{256}$$

* مقدار (ا د) برابر تسع یا یک نهم (ا م) است؛ پس:

$$(ا د) = \frac{1}{9} \times 256 = 28 \frac{4}{9}$$

$$(د م) = 256 - 28 \frac{4}{9} = 227 \frac{5}{9}$$

* مقدار (ب ه) برابر تسع یا یک نهم (ب م) است؛ پس:

$$(ب ه) = \frac{1}{9} \times 243 = 27$$

$$(م ه) = 243 - 27 = 216$$

* مقدار (و ج) برابر تسع یا یک نهم (ج م) است؛ پس:

$$(و ج) = \frac{1}{9} \times 230 \frac{169}{256} = 25 \frac{161}{256}$$

$$(م و) = 230 \frac{169}{256} - 25 \frac{161}{256} = 205 \frac{1}{22}$$

* مقدار (د ز) برابر تسع یا یک نهم (د م) است؛ پس:

$$(د ز) = \frac{1}{9} \times 227 \frac{5}{9} = 25 \frac{23}{81}$$

۱. مختار در این جا به معنی «برگزیده» و «اختیار شده» است.

$$(م ز) = ۲۲۷ \frac{۵}{۹} - ۲۵ \frac{۲۳}{۸۱} = ۲۰۲ \frac{۲۲}{۸۱}$$

* مقدار (ا ح) برابر ربع (ا م) است؛ پس:

$$(ح ا) = \frac{۱}{۴} \times ۲۵۶ = ۶۴$$

$$(م ح) = ۲۵۶ - ۶۴ = ۱۹۲$$

* مقدار (ب ط) برابر ربع (ب م) است؛ پس:

$$(ط ب) = \frac{۱}{۴} \times ۲۴۳ = ۶۰ \frac{۳}{۴}$$

$$(م ط) = ۲۴۳ - ۶۰ \frac{۳}{۴} = ۱۸۲ \frac{۱}{۴}$$

* مقدار (ج ی) برابر ربع (ج م) است؛ پس:

$$(ج ی) = \frac{۱}{۴} \times ۲۳۰ \frac{۱۶۹}{۲۵۶} = ۵۷ \frac{۶۸۱}{۱۰۲۴}$$

$$(م ج) = ۲۳۰ \frac{۱۶۹}{۲۵۶} - ۵۷ \frac{۶۸۱}{۱۰۲۴} = ۱۷۲ \frac{۱۰۱۹}{۱۰۲۴}$$

* مقدار (ا یا) برابر ثلث (ا م) است؛ پس:

$$(یا ا) = \frac{۱}{۳} \times ۲۵۶ = ۸۵ \frac{۱}{۳}$$

$$(م یا) = ۲۵۶ - ۸۵ \frac{۱}{۳} = ۱۷۰ \frac{۲}{۳}$$

* مقدار (ب یب) برابر ثلث (ب م) است؛ پس:

$$(ب یب) = \frac{۱}{۳} \times ۲۴۳ = ۸۱$$

$$(م یب) = ۲۴۳ - ۸۱ = ۱۶۲$$

* مقدار (ج یج) برابر ثلث (ج م) است؛ پس:

$$(ج یج) = \frac{۱}{۳} \times ۲۳۰ \frac{۱۶۹}{۲۵۶} = ۷۶ \frac{۲۲۷}{۲۵۶}$$

$$(م یج) = ۲۳۰ \frac{۱۶۹}{۲۵۶} - ۷۶ \frac{۲۲۷}{۲۵۶} = ۱۵۳ \frac{۹۹}{۱۲۸}$$

* مقدار (د ید) برابر ثلث (د م) است؛ پس:

$$(د ید) = \frac{۱}{۳} \times ۲۲۷ \frac{۵}{۹} = ۷۵ \frac{۲۳}{۲۷}$$

$$(م ید) = ۲۲۷ \frac{۵}{۹} - ۷۵ \frac{۲۳}{۲۷} = ۱۵۱ \frac{۱۹}{۲۷}$$

* مقدار (ه یه) برابر ثلث (ه م) است؛ پس:

$$(ه یه) = \frac{۱}{۳} \times ۲۱۶ = ۷۲$$

$$(م یه) = ۲۱۶ - ۷۲ = ۱۴۴$$

* مقدار (و یو) برابر ثلث (و م) است؛ پس:

$$(و یو) = \frac{1}{3} \times 205 \frac{1}{32} = 68 \frac{11}{32}$$

$$(یو م) = 205 \frac{1}{32} - 68 \frac{11}{32} = 136 \frac{11}{16}$$

* مقدار (ز یز) برابر ثلث (ز م) است؛ پس:

$$(ز یز) = \frac{1}{3} \times 202 \frac{22}{81} = 67 \frac{103}{243}$$

$$(یز م) = 202 \frac{22}{81} - 67 \frac{103}{243} = 134 \frac{206}{243}$$

* مقدار (ح یح) برابر ثلث (ح م) است؛ پس:

$$(ح یح) = \frac{1}{3} \times 192 = 64$$

$$(یح م) = 192 - 64 = 128$$

و نسبت (ا م) به (یح م) برابر با $\frac{256}{128}$ یعنی برابر با ۲ خواهد بود.

حال اعداد حاصل از روش‌های بالا را مقایسه می‌کنیم. برای ساده شدن مقایسه، تمامی اعداد را مانند روش سوم با فرض تقسیم وتر به ۶۵۵۳۶ واحد محاسبه می‌کنیم (برای این منظور کافی است همه نسبت‌های روش‌های اول و دوم و چهارم در ۲۵۶ ضرب شوند).

با مقایسه اعداد حاصل از روش‌های مختلف (نک: جدول ۱)، دو نکته را می‌توان دریافت:

۱. روش دوم که مبتنی بر فرض تساوی بعد بقیه میان نغمه‌ها است، اختلاف آشکاری با دیگر روش‌ها دارد و همچنان که مراغی اشاره کرده، روش کارآمدی نیست. بنا بر این، فرض تساوی ابعاد بقیه اساساً نادرست است.

۲. روش چهارم که به نظر می‌رسد پیشنهاد مراغی بوده، تنها در نغمه «یز» با صفی‌الدین تفاوت دارد و احتمالاً جنبه عملی آن بیشتر بوده است.

اجزای وتر	روش اول (روش صفی‌الدین)	روش دوم	روش سوم	روش چهارم
ا م	۶۵۵۳۶	۶۵۵۳۶	۶۵۵۳۶	۶۵۵۳۶
ب م	۶۲۲۰۸	۶۲۲۰۸	۶۲۲۰۸	۶۲۲۰۸
ج م	۵۹۰۴۹	۵۹۰۴۹	۵۹۰۴۹	۵۹۰۴۹
د م	۵۸۲۵۴ ^۲ / _۹	۵۶۰۵۰/۴۱!	۵۸۲۵۴ ^۲ / _۹	۵۸۲۵۴ ^۲ / _۹
ه م	۵۵۲۹۶	۵۳۲۰۴/۱۰!	۵۵۲۹۶	۵۵۲۹۶
و م	۵۲۴۸۸	۵۰۵۰۲/۳۳!	۵۲۴۸۸	۵۲۴۸۸
ز م	۵۱۷۸۱ ^۳ / _{۸۱}	۴۷۹۳۷/۷۶!	۵۱۷۸۱ ^۳ / _{۸۱}	۵۱۷۸۱ ^۳ / _{۸۱}
ح م	۴۹۱۵۲	۴۵۵۰۳/۴۲!	۴۹۱۵۲	۴۹۱۵۲
ط م	۴۶۶۵۶	۴۳۱۹۲/۷۰!	۴۶۶۵۶	۴۶۶۵۶
ی م	۴۴۲۸۶ ^۳ / _۴	۴۰۹۹۹/۳۲!	۴۴۲۸۶ ^۳ / _۴	۴۴۲۸۶ ^۳ / _۴
یا م	۴۳۶۹۰ ^۲ / _۳	۳۸۹۱۷/۳۲!	۴۳۶۹۰ ^۲ / _۳	۴۳۶۹۰ ^۲ / _۳
یب م	۴۱۴۷۲	۳۶۹۴۱/۰۵!	۴۱۴۷۲	۴۱۴۷۲
یج م	۳۹۳۶۶	۳۵۰۶۵/۱۴!	۳۹۳۶۶	۳۹۳۶۶
ید م	۳۸۸۳۶ ^{۱۲} / _{۸۱}	۳۳۲۸۴/۴۹!	۳۸۸۳۶ ^{۱۲} / _{۸۱}	۳۸۸۳۶ ^{۱۲} / _{۸۱}
یه م	۳۶۸۶۴	۳۱۵۹۴/۲۶!	۳۶۸۶۴	۳۶۸۶۴
یو م	۳۴۹۹۲	۲۹۹۸۹/۸۶!	۳۴۹۹۲	۳۴۹۹۲
یز م	۳۳۲۱۵ ^۱ / _{۱۶}	۲۸۴۶۶/۹۴!	۳۳۲۱۵ ^۱ / _{۱۶}	۳۳۲۱۵ ^۱ / _{۱۶}
یح م	۳۲۷۶۸	۲۷۰۲۱/۳۵۸!	۳۲۷۶۸	۳۲۷۶۸

جدول ۱

۱. در جدول هر سه نسخه: ۵۵۲۹۲، اما این عدد در متن نسخه‌ها ۵۵۲۹۶ است که با دیگر روش‌ها هماهنگی دارد.
۲. در جدول هر سه نسخه: ۵۲۴۲۸^۳/_۵ (نک. توضیحات پایانی روش سوم).
۳. (ج ۲): ۴۶۶۵۶.
۴. در جدول هر سه نسخه: ۴۴۶۸۶^۳/_۴ که با متن آنها تعارض دارد. در دستخط مراغی گاهی ۲ و ۶ مانند هم نوشته می‌شوند.
۵. در جدول هر سه نسخه: ۴۱۴۸۲^۳/_۴.

روش پیشنهادی برای به خاطر سپردن نسبتها

به یاد داشتن نسبت‌های بالا دشوار به نظر می‌رسد. در اینجا روشی پیشنهاد می‌شود که شاید به خاطر داشتن جایگاه نغمه‌ها را ساده‌تر کند [گفتنی است نسبت‌های ذکر شده مطابق رسم کتاب‌های فیزیک صوت جدید، نسبت بسامدی (فرکانسی) است که عکس نسبت طولی (مبنای کار مراغی) است]:

ابتدا نسبت چند نغمه را که مشهورتر است بیان می‌کنیم:

* نسبت بسامدی «یح» به «ا» برابر با ۲ است [نسبت طول (یح م) به (ام) برابر با $\frac{1}{2}$ است].

* نسبت بسامدی «ح» به «ا» و «یه» به «ح» برابر با $\frac{4}{3}$ است.

* نسبت بسامدی «د» به «ا»، «ز» به «د»، «یا» به «ح» و «ید» به «یا» برابر با $\frac{9}{8}$ است.

یح	یز	یو	یه	ید	یج	یب	یا	ی	ط	ح	ز	و	ه	د	ج	ب	ا
	$\frac{9}{8}$				$\frac{9}{8}$	$\frac{9}{8}$		$\frac{9}{8}$						$\frac{9}{8}$			
		$\frac{9}{8}$							$\frac{4}{3}$	$\frac{4}{3}$							
																	۲

جدول ۲

جایگاه نغمه‌های ا، د، ز، ح، یا، ید و یه روشن شد. نسبت نغمه‌های باقی مانده یعنی ب، ج، ه، و، ط، ی، یب، یج، یو، یز برابر $\frac{256}{243}$ برابر نغمه پیش از خودشان است. مثلاً بسامد «ب» $\frac{256}{243}$ برابر «ا» و بسامد «ج» $\frac{256}{243}$ برابر «ب» است.

یح	یز	یو	یه	ید	یج	یب	یا	ی	ط	ح	ز	و	ه	د	ج	ب	ا
	$\frac{256}{243}$	$\frac{256}{243}$				$\frac{256}{243}$	$\frac{256}{243}$		$\frac{256}{243}$	$\frac{256}{243}$				$\frac{256}{243}$	$\frac{256}{243}$		
			$\frac{256}{243}$											$\frac{256}{243}$	$\frac{256}{243}$		

جدول ۳

البته در روش چهارم مراغی، نسبت «یز» به نغمه «یو» برابر $\frac{256}{243}$ نیست، بلکه نسبت «یز» به نغمه بعدی یعنی «یح» برابر $\frac{243}{256}$ است.

به این ترتیب جایگاه تمامی نغمه‌ها مشخص می‌شود. به خاطر سپردن نسبت «د» به «ج»، «ز» به «و»، «ح» به «ز»، «یا» به «ی»، «ید» به «یج»، «یه» به «ید» و «یح» به «یز» (در روش صفی‌الدین) لازم نیست؛ زیرا این نغمه‌ها قبلاً به دست آمده‌اند، با این حال این نسبت‌ها به سادگی قابل محاسبه‌اند (نک: جدول ۴).

نسبت‌های بسامدی حاصل را می‌توان با واحد سنت موسیقایی نیز بیان کرد. مطابق تعریف، هر اکتاو، مثلاً بعد میان «ا» تا «یح»، ۱۲۰۰ سنت است. از آنجا که نسبت بسامدی میان دو نغمه که بُعدی برابر یک اکتاو دارند، برابر ۲ است، اگر نسبت بسامدی میان دو نغمه را با A و بُعد یا فاصله میان آنها برحسب سنت را با X نشان دهیم معادله زیر همواره برقرار است:

$$X = (\log A / \log 2) \times 1200$$

براین اساس، وقتی میان دو نغمه نسبت $2^{56}/2^{43}$ (موسوم به بقیه بزرگ) یا نسبت $5^{31441}/5^{24288}$ (موسوم به بقیه کوچک) برقرار باشد، فاصله این دو نغمه برحسب واحد سنت چنین است:

$$(\log 2^{56}/2^{43} / \log 2) \times 1200 = 90/2249$$

$$(\log 5^{31441}/5^{24288} / \log 2) \times 1200 = 23/46$$

از آنجا که گوش انسان فاصله‌های کمتر از یک سنت را تشخیص نمی‌دهد، دو عدد بالا با تقریب کاملاً قابل قبولی ۹۰ و ۲۴ سنت فرض می‌شوند و فاصله میان نغمه‌ها را، آن چنان که صفی‌الدین گفته است، می‌توان چنین نمایش داد:

ا	ب	ج	د	ه	و	ز	ح	ط	ی	یا	یب	یج	ید	یه	یو	یز	یح
	۹۰	۹۰	۲۴	۹۰	۹۰	۲۴	۹۰	۹۰	۹	۲۴	۹۰	۹۰	۲۴	۹۰	۹۰	۹۰	۲۴

جدول ۵

چنان که گفته شد، تفاوت قول مراغی (در روش چهارم) و صفی‌الدین تنها در نغمه «یز» است. جدول بالا براساس روش صفی‌الدین و روش اول و سوم مراغی است و بر اساس آنچه مراغی در روش چهارم خود گفته، فاصله نغمه «یز» با «یح» برابر ۹۰ سنت و فاصله «یو» با «یز» ۲۴ سنت است.

منابع

ارموی، صفی‌الدین، *کتاب الادوار فی الموسیقی* (ترجمه فارسی به انضمام متن عربی آن)، به اهتمام آریو رستمی، میراث مکتوب، تهران، ۱۳۸۰ ش.

اسعدی، هومان، «ساختار گام بالقوه در موسیقی دوران تیموری»، *فصلنامه موسیقی ماهور*، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۸۱ ش، ص ۹۷-۱۱۲.

برکشلی، مهدی، *گامها و دستگاههای موسیقی ایران*، اداره کل وزارت فرهنگ و هنر، تهران، ۱۳۵۶ ش.

سکی، یوشیفوسا، شرح باب ثانی از *مقاصدالاحان*، پایان‌نامه تحصیلی دوره کارشناسی موسیقی به راهنمایی دکتر مهدی برکشلی، گروه موسیقی، دانشکده هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، ۱۳۵۷ ش.

کیانی، مجید، *مبانی نظری موسیقی ایران*، مؤسسه فرهنگی سرو ستاه، تهران ۱۳۷۷ ش.

مراغی، عبدالقادر، *مقاصدالاحان*، به اهتمام تقی بینش، بنگاه ترجمه و نشر کتاب، تهران، ۱۳۵۶ ش.

____، *جامع‌الاحان*، نسخه به خط مؤلف به تاریخ ۸۱۶ ق، محفوظ در کتابخانه بادلیان، دانشگاه آکسفورد انگلستان به شماره Marsh 282.

همان، نسخه به خط مؤلف به تاریخ ۸۱۸ ق، محفوظ در کتابخانه نور عثمانی (استانبول) به شماره ۳۶۴۴.

همان، چاپ بابک خضرائی، فرهنگستان هنر، تهران، ۱۳۸۸ ش.

____، شرح *ادوار*، به اهتمام تقی بینش، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ۱۳۷۰ ش.

____، *رساله موسیقی* (برای بایسنقر)، تألیف ۲۱ شوال ۸۲۱ ق، محفوظ در کتابخانه بادلیان (دانشگاه آکسفورد انگلستان)، شماره نامعلوم.

____، *مقاصدالاحان*، نسخه به خط مؤلف به تاریخ ۸۲۱ ق، محفوظ در کتابخانه ملک (تهران)، شماره ۵۳۹۰ عمومی.

همان، کتابت ۹۸۸ ق، محفوظ در کتابخانه دانشگاه لیدن (هلند)، به شماره Or.271.

مولانا، خسرو، «اهمیت انتقال پذیری گام بالقوه در سازهای زهی دستار دار»، *فصلنامه هنر*، شماره ۳۵، بهار ۱۳۷۷ ش، ص ۱۷۶-۱۹۲.

Farmer, Henry George, "The Old Arabian Musical Modes", *Journal of the Royal Asiatic Society*, London, 1965, pp. 99-102.

Wright, Owen, *The Modal System of Arab and Persian Music*, Oxford University Press, London, 1978.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی