وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشکده موسیقی

اثر پایانی (پایان نامه) جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته آهنگسازی

موضوع عملی

موومان ارکسترال

موضوع نظری

بررسی اجمالی تکنیک های آهنگسازی قرن بیستم از دیدگاه سازماندهی اصوات

استاد راهنمای بخش عملی

احمد پژمان

استاد مشاور بخش نظری

حمید رضا دیبازر

نگارش و تحقیق

بهرنگ خلیلی

ماه و سال

شهریور ۱۳۹۱

چکیده:

در بخش نظریه این پایانامه ارائه یک سیستم نظری- تحلیلی و همچنین ارائه اطلاعاتی از سیستم سازماندهی فرکانس ها در رپرتوار آهنگسازان قرن بیستم که در نهایت منجر به تقویت دیدگاه های آنالیزی و همچنین باز شدن افق های بسیار متنوع در نحوه ی سازماندهی فرکانس ها به صورت افقی و عمودی برای آهنگسازان می شود، هدفی است که در این اینجا دنبال می گردد. همچنین به بررسی مجموعه های نت و انواع تغییرات روی این مجموعه ها و اشکال مختلف ظهور آتها روی سطوح موسیقایی خواهیم پرداخت. دراین پایانامه نگاهی به تشکیل نتهای عمودی از روی حرکتهای افقی وبالعکس خواهیم داشت ودرنهایت ازتمام تغییراتی که در یک مجموعه نت ایجاد و نام گذاری می شود در جهت بسط و گسترش آن مجموعه نت استفاده خواهیم کرد که این موضوع بسط و گسترش یکی از مهمترین نکات در شکل دهی به یک ساختار کمپوزیسیون می باشد البته این موضوع از نقطه نظر فرکانس مورد بررسی قرار خواهد گرفت و جنبه های دیگر آن از قبیل متر وریتم و ... بررسی نخواهد شد در ضمن در این پایانامه تا حد امکان سعی شده که تمامی مثال ها و بخشهای مختلف آن از یک قطعه (آنتوان وبرن اپوس۵) باشد تا شیوه بکار گیری هر مجموعه نت در کل ساختار درک شود وجایگاه آنها با ذکر مومان و میزان مشخص گردیده است.

کلید واژه:

۱- نت نویسی عددی۲ - ترتیب نرمال ۳- معادل انتقالی ٤- معادل معکوس ۵ - سری فواصل مجاور

فهرست مطالب شماره صفحه

ازراست به چپ

آنالیزفرت

شماره صفحه

آنالیز موومان سمفونیک شماره ۱

شماره صفحه

آنالیز موومان سمفونیک شماره ۲

از چپ به راست

پارتیتور موومان سمفونیک شماره۱

پارتیتور موومان سمفونیک شماره۲

مقدمه

دراین مقاله به مطالعه نوعی از موسیقی می پردازیم که در آن معمولاً از مرکزیت نت اجتناب می شود و اغلب بر پایه ی مجموعه نت ها استوار است، که به صورت موتیف یا به عنوان اجزای ساختمان هارمونیک به کار بسته می شوند. اصطلاح کلی مربوط به این گونه از موسیقی،" آتنال" می باشد. با این وصف برای پرداخت تحلیلی به این نوع از موسیقی، نیازمند درک بهتری از تئوری **مجموعه طبقه نت ها**[۱] هستیم. (در ابتدای نیمه اول قرن بیستم آرنولد شوئنبرگ آهنگساز بزرگ اتریشی محدودیت‌های کمپوزیسیونی قرن بیستم را تغییر داد و نحوه ی برخورد با سازماندهی فرکانس ها را دگرگون ساخت که در نهایت منجر به وجود آمدن موسیقی آتنال شد) اگرچه تئوری مجموعه ها در سالهای اخیر به عنوان شیوه ای در آهنگسازی به کار رفته است(حتی موسیقی تنال و دارای مرکزیت نت ها) اما این نظریه در ابتدا (توسط میلتون بابیت و آلن فُرت) در دهه هفتم و هشتم (قرن بیستم) به عنوان سیستمی نظری و تحلیلی ویژه ی مطالعه ی موسیقی آتنال تنظیم شد.

آنالیز فُرت (مفاهیم اولیه)

آن چنان که می دانیم، یک **طبقه نت**[۲]، گروهی از نت های هم نام در هر اکتاو می باشد. مفهوم طبقه نت به مشخصه ***معادل اکتاو***[۳]دلالت دارد : در تئوری مجموعه ها ، میان نت های هم نام در هر اکتاو تمایزی قائل نمی شویم. برای مثال هر دو دیز در هر اکتاو معادل دو دیز در اکتاو دیگر است، و همه ی آنان متعلق به طبقه نت یکسانی هستند. علاوه براین، ویژگی ***معادل آنارمونیک***[۴] نیز شامل تئوری مجموعه ها می شود. اگرچه در ***تونالیته ی کارکردی***[۵] یک دو دیز و ربمل نقش متفاوتی دارند و به جای یکدیگر نمی توان از آنها استفاده نمود، اما نت های آنارمونیک ساخته شده درتئوری مجموعه ها متعلق به طبقه نت یکسانی هستند. بدین معنی که دودیز و ربمل با توجه به هدفمان یکسان هستند.

---

۱ - pitch-class set
۲ - pitch-class
۳ - Octave Equivalence
۴ - Enharmonic Equivalence
۵ -functional tonality

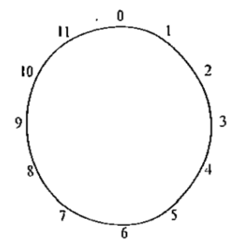
همچنین مفهوم ***نت نویسی عددی***[۱] را نیز معرفی می کنیم که با نوشتن نت ها به صورت اعداد صحیح ، می توانیم طرز عمل مجموعه ها را به طور مؤثرتری درک کنیم. بدین معنی که، چه یک طبقه نت را با حرف به طور مثال F نشان دهید، چه با یک عدد (در مورد F، ۵)، در هر حال درباره ی شیوه های بیان یا نامگذاری یک عنصر موسیقایی اساسی (یعنی یک طبقه نت) صحبت می کنیم. همچنین دانسته ایم که در پرداختن به طبقه نت دو نوع سیستم در کاربرد اعداد وجود دارد. در ***سیستم ثابت***[۲] عدد صفر را، طبق قرارداد، به طبقه نت دو (یا معادل های آنارمونیک آن، سی دیز و ر دوبل بمل) نسبت می دهیم و بقیه اجزای مجموعه به صورت کروماتیک بالاتر از دو در مجموعه طبقه نت ها قرار می دهیم. در ***سیستم متحرک***[۳]، عدد صفر به اولین طبقه نت در این مجموعه ، بدون توجه به نوع طبقه، نسبت داده می شود. در این مقاله هر یک از این سیستم ها را برای اهداف گوناگونی به کار می بریم. فعلاً با سیستم ثابت شروع خواهیم کرد. شکل ۳,۱ ارقام و معادلهای طبقه نتی را که در حال حاضر می شناسیم نشان می دهد (توجه می کنیم که معادل های آنارمونیک طبقه نت ها، مانند فادیز و سل بمل، با رقم یکسانی بیان می شوند).

به دلیل وجود معادل اکتاو، فقط ۱۲ طبقه نت متفاوت داریم ، گرچه نت ها در اکتاوهای متفاوت زیادی واقع می شود. این تفاوت را با اجرای همه ی عملیات مجموعه طبقه نت ها درسیستم ***مدور ۱۲ عددی***[٤] برطرف می کنیم. این بدین معنی است که فقط ۱۲ رقم (از ۰ تا ۱۱) را به کار می بریم و هر رقم بزرگتر از ۱۱ (یا کوچکتر از ۰) به رقم معادلی از میان این ۱۲ رقم تبدیل می شود. به بیان موسیقایی، در یک اکتاو واحد عمل خواهیم کرد و هر نت خارج از این اکتاو به معادل آن در اکتاومان تبدیل می گردد. توجه به صفحه ی ساعت (شکل ۳,۲ را ببینید) در فهم مدور ۱۲ عددی شما را یاری می کند. اگر ساعت۱۲ را صفر در نظر بگیرید، بعد از آن ، دایره دوباره تکرار می شود: ۱۲ معادل ۰، ۱۳ معادل ۱، ١٤ معادل ۲ و ۱۵ معادل ۳ و بقیه به همین ترتیب است. می توانید با تفریق عدد ۱۲ از هر عدد داده شده، آن عدد را به معادلش در مدور ۱۲عددی تبدیل کنید. برای مثال ٤=۱۲-١٦ (بنابراین ١٦ معادل ٤ در مدور ۱۲ عددی است)، ۷=۱۲-۱۹ (بنابراین ۱۹ معادل ۷ در مدور ۱۲ عددی است)، و ۳=٢٤-۲۷(۲۷ معادل ۳ در مدول ۱۲ عددی است).

۱ -Integer Notation
۲ -fixed do
۳ -moveable do
٤ - mod ۱۲ arithmatic

C-0 C♯-1 D-2 D♯-3 E-4 F-5 F♯-6 G-7 G♯-8 A-9 A♯-10 B-11

شکل ۳,۱ نت نویسی عددی برای دوازده طبقه نت



شکل ۳,۲ نمایش دوازده طبقه نت بر روی صفحه ساعت

U=0 m2=1 M2=2 m3=3 M3=4 P4=5 +4=6

P5=7 m6=8 M6=9 m7=10 M7=11 P8=12

شکل۳,۳ بیان عددی فواصل (به صورت نیم پرده)

فاصله [۱] و طبقه ی فاصله ها [۲]

مشابه روشی که طبقه نت ها را نمایش دادیم، می توانیم فاصله ها را نیز با ارقام بیان کنیم. رقمی که این فاصله را نشان می دهد، به تعداد نیم پرده ها در همان فاصله اشاره دارد. فاصله های معادل آنارمونیک (همچون چهارم افزوده یا پنجم کاسته) با ارقام یکسانی نشان داده می شوند. به سادگی می توانید تعداد نیم پرده های هر فاصله را با نگاه کردن به صفحه ی ساعت در شکل ۳,۲ و در نظر گرفتن تمام فاصله هایی که از " دو" بالاتر می روند، تعیین کنید. شکل ۳,۳ تعداد نیم پرده های هر فاصله را (بدون فهرست کردن تمام معادل های آنارمونیک) نشان می دهد. باید بیان عددی فواصل را به خاطر بسپارید.

فاصله ها در حوزه ی طبقه نت ها (که با عنوان ***فاصله طبقه نت ها***[۳] یاد می کنیم) دارای ماهیت متفاوت تری نسبت به فاصله ها در حوزه نت ها (یا فاصله نت ها) هستند. در ***فاصله نت ها***[۴]، فواصل

---

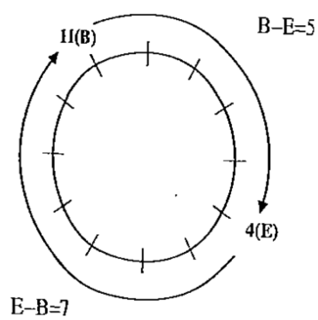
[۱] -interval

[۲] - interval Class

[۳] -pitch- class space

[۴] -pitch space

جهت دارند (بالا رونده و پایین رونده (صعودی ونزولی) و یک فاصله با معکوسش همسان نیست. حرکت بالارونده را باعلامت + پیش از رقم فاصله نشان می دهیم و حرکت پایین رونده را به وسیله ی علامت – نمایش خواهیم داد. بنابراین، می توانیم درباره ی یک بالارونده p٤ ازنت دو (+٥)، یا یک پایین رونده p٤ از نت دو (-٥) صحبت کنیم. فاصله نت ها و فاصله های جهتی را برای توصیف حرکت واقعی نت روی سطح موسیقایی به کار خواهیم برد. برای مثال، می دانیم که " کلیسای غرق شده " اثر دبوسی با موتیف پایین رونده ر- می- سی یا (+٧،+٢) شروع می شود. علاوه براین، فاصله ها در این سیستم ممکن است ساده یا ترکیبی باشند. بنابراین بالارونده ی ماژر دهم (+١٦) با بالارونده ی ماژر سوم (+٤) یکسان نیست.



شکل ٣,٤   فاصله ی مرتب طبقه نت ها

از سوی دیگر در فاصله ی طبقه نت ها ممکن است فاصله ها همچنان به طور مرتب قرار گرفته باشند.(اگر فاصله بین دو طبقه نت که طبق دستور خاصی در نظر گرفته شده، را احتساب کنیم) یا حتی نامرتب باشند (اگر کوتاه ترین فاصله ی بین دو طبقه نت را مد نظر قرار دهیم)، اما در تمام موارد شیوه مدول ١٢ عددی خواهد بود؛ بدین معنی که؛ همه فواصل را به معادل های " ساده " ی آنها تقلیل می دهیم. هر **فاصله ی مرتب طبقه نت**[١]، فاصله ی مورد نظر بین دو طبقه نت طبق ترتیبی خاص و (طبق قرار داد، همیشه در جهت بالا رونده) است. برای تعیین فاصله ی طبقه نت مرتب میان دو طبقه نت ، طبقه نت اول را از طبقه نت دوم در مدور ١٢ عددی تفریق کنید. در موتیف دبوسی، فاصله مرتب طبقه ی نت

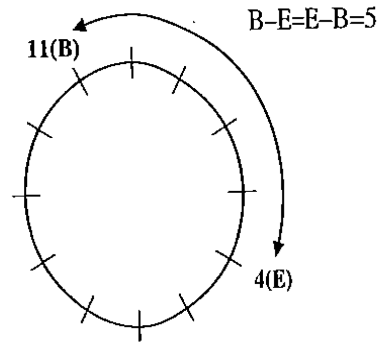
[١] **-ordered pitch-class interval**

بین می و سی (۱۱ و ٤) به صورت ۷=٤-۱۱ است. در بافت دیگری، همان دو مجموعه طبقه نت ها را می توان به صورت سی– می، و سپس فاصله ی مرتب طبقه نت را به صورت ٥=۱۱-٤ (بدین معنی که ، ٥=۱۱-١٦ در مدور ۱۲ عددی) بیان نمود. برای تعیین فاصله ی مرتب طبقه نت روی صفحه ی ساعت، همیشه فاصله ی بین دو طبقه نت را به صورت ساعت گرد (یعنی ، بالا رونده) آن چنان که در شکل ۳,٤ نشان داده شده، اندازه گیری نمایید .

موضوع مطرح تر در تئوری مجموعه طبقه نت ها، مفهوم **فاصله ی نامرتب طبقه نت**[۱] (کهIC نیز گفته می شود) است. در فضایی که مفهوم معادل اکتاو به کاربرده می شود، فاصله ی E-B معادل فاصله یB-E است، و هر دو را می توانیم به وسیله ی یک تک رقم نشان دهیم. مسئله ای که در این میان برایمان مهم است جهت یا ترتیب طبقه نت ها نیست، بلکه کوتاه ترین فاصله ی بین دو طبقه نت حائز اهمیت است. فاصله ی بین طبقه نت های E و B در مدول ۱۲ عددی، ۷=٤-۱۱ یا ٥=۱۱-٤ می تواند باشد. برای بیان فاصله ی نامرتب طبقه نت بین E و B ، کوچک ترین مقدار یعنی ٥ را انتخاب می کنیم . برای تعیین فاصله ی نامرتب طبقه نت روی صفحه ساعت، فاصله ی کوتاه ترین مسیر ممکن بین دو طبقه نت ، آنچنان که درشکل ۳,٥ نشان داده شده، خواه ساعت گرد خواه پاد ساعت گرد، را اندازه گیری می کنیم.

به عبارت دیگر، فاصله های معکوس در فضای نامرتب طبقه نت معادل اند. بنا به معادل اکتاو، ماژر سوم C-E معادل عکسش یعنی مینور ششم E-C است. پس می توانیم یک فاصله و معکوسش را در یک گروه مجرد به نام **طبقه فاصله ها**[۲] (فرم کوتاه شده ic) دسته بندی کنیم. –هفت ic وجود دارد، که محتوای فاصله ای آنها در شکل ۳٦ نشان داده شده است ، بنابراین ، ic صفر متشکل از فاصله های ۰ و ۱۲ (هم صدا و اکتاو)، ic یک متشکل از فاصله های ۱ و ۱۱ (M ۷ وM۲)، و غیره هستند. به دلیل اینکه هر دو فاصله در ic مکمل یکدیگرند (بدین معنی که به اکتاو اضافه می شوند) ، دو رقمی که بیانگر هر یک از آنهاست به ۱۲ افزوده می شود. ic٦ تنها ic ای که شامل یک فاصله ی تک می باشد، چرا که ترایتون به خودش تبدیل می شود. همچنین می بینیم که فاصله ها در مثالهای قبلی به صورت ic٥ (فاصله های ٥ و ۷ ، P٤ و P۳) و ic٤ (فاصله های ٤و۸ ، M۳ و M٦) دسته بندی می شوند.

[۱] -unordered pitch-class interval
[۲] -interval class



شکل ۳,۵ فاصله نا مرتب طبقه نت

Interval class	Intervals
0	0, 12
1	1, 11
2	2, 10
3	3, 9
4	4, 8
5	5, 7
6	6

شکل ۳,٦ IC ها

مجموعه طبقه نت ها : ترتیب و روابط پایه

مجموعه طبقه نت ها مجموعه ی نامرتبی از طبقه نت ها است. اگر چه ممکن است عضوهای طبقه نت در یک مجموعه طبقه نت به هر ترتیبی روی سطح اصلی موسیقی ظاهر شوند(و این همان چیزی ست که از آن به "**مجموعه ی نامرتب**[١]" یاد می کنیم)، اما بایست به طریقی سیستمی را برای سازماندهی آنها بیابیم که بتوانیم مجموعه های گوناگون را با هم مقایسه کنیم.

یادداشت

برای کمک به درک مفاهیم بیان شده در این بخش می توانیم برای مثال طبقه نت های G–E–C را در نظر بگیریم. خواه این ترتیب را به صورت C–E–G ، E–G–C ، G–C–E بیان نماییم خواه به هر صورت ممکن دیگری، این مجموعه را درست به عنوان " دو ماژر ترياد" می شناسیم (به عبارت دیگر، به طور ذهنی همه ی این مجموعه ها را به عنوان صورت پایه دو ماژر تریادها مرتب می کنیم). در این فرآیند، بدیهی است که ترتیب طبقه نت ها مهم نیست، و به سادگی همه ی این گروه بندی های مختلف

[١] -unordered collection

را با یک عبارت واحد، " دو ماژر تریاد"، مشخص کرده ایم. علاوه بر این ، می توانیم مجموعه های G-E-C-D-B، A-F-C را در نظر بگیریم و به سادگی اذعان داریم که همه ی آنها متعلق به یک دسته، " ماژر تریادها "، می باشند. می توانیم یک قدم پیش تر رویم و مجموعه های -G، C-A-E G-E-C، E-B را به عنوان " تریادها" بپذیریم، گر چه این مجموعه ها شامل هر دوی ماژر و مینر تریاد باشند. همه ی مطالب گفته شده را می توانیم انجام دهیم به دلیل اینکه، سیستمی تثبیت شده برای شناسایی و نام گذاری تریاد ها و سونوریته های ترتیان [1]داریم. به لطف وجود این سیستم، می توانیم سونوریته های ترتیان را شناسایی و مقایسه کرده و در دسته های مشابه طبقه بندی کنیم. با این وجود، در اکثر موسیقی های آتنال با مجموعه های غیر ترتیان، غیر تریادی سرو کار داریم. ما نیازمند تعیین سیستم مشابهی هستیم که امکان نام گذاری هرمجموعه و مقایسه ی شباهت ها و تفاوت های میان آنها را در اختیارمان قرار دهد. ، این دقیقاً چیزی ست که تئوری مجموعه طبقه نت ها انجام می دهد .

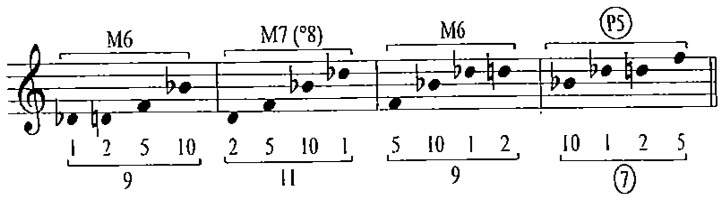
تعداد عناصر در یک مجموعه به عنوان عدد کاردینال [2] آن مجموعه شناخته می شود. یک مجموعه با عدد کاردینال ۳، دارای ۳ عنصر است که با عنوان ترایکورد [3]نام گذاری می شود. مجموعه ای با عدد کاردینال ٤، تتراکورد[4] است. مجموعه ای باعدد کاردینال ۵ ، پنتا کورد[5]، با عدد کاردینال ٦، هگزاکورد[6]، و مابقی با عدد کاردینال ۷ (سپتاکورد[7])، ۸ (اکتاکورد[8])، و ۹ (نوناکورد[9]) بیان می شود. همچنین مجموعه ها ممکن است دارای اعداد کاردینال ۱و۲ (به ترتیب موناد[10] و دیاد[11]) و اعداد کاردینال ۱۰، ۱۱و۱۲ باشد، اما اهمیت موسیقایی این ۵ کاردینالیته به عنوان مجموعه های نامرتب کمتر است.

---

[1] **-tertian**
[2] **-cardinal number**
[3] **-teriad**
[4] **-tetracord**
[5] **-pantacord**
[6] **-hexacord**
[7] **-septacord**
[8] **-octacord**
[9] **-nonacord**
[10] **-monad**
[11] **-dyad**

ترتیب نرمال

اولین اقدامی که لازم است برای مقایسه ی مجموعه طبقه نت ها انجام دهیم، قرار دادن آنها در یک ترتیب یکسان و استاندارد است، این ترتیب را **ترتیب نرمال**[1] (N.O) می خوانیم. ترتیب نرمال قرارگیری طبقه نت ها در یک توالی عددی بالارونده، و به طریقی که طبقه نت ها کوتاه ترین فاصله ی ممکن را پوشش دهند، می باشد. برای مثال، طبقه نت های " سی بمل" ، "فا"،"ر" و "ربمل " را در نظر بگیرید. شکل عددی این مجموعه به صورت ۱و۲و۵و۱۰ است.



مثال ۳,۱ دوران یا چرخش یک مجموعه

مثال ۳,۱ فرآیند کامل پیداکردن کوتاه ترین فاصله ی ممکن با استفاده از نت نویسی موسیقایی و عددی را نشان می دهد. ابتدا همه ی طبقه نت ها را به صورت بالا رونده در یک اکتاو همسان مرتب کرده و برای مثال با یکی از طبقه نت ها مثلاً ۱۰و ۵ و۲ و۱ شروع می کنیم. سپس لازم است برای دستیابی به همه جایگشت های ممکن در این ترتیب بالارونده، آن را دوران دهیم (برای هر مجموعه، n عنصری، n جایگشت دایره ای یا ترتیب وجود خواهد داشت، بنابراین برای تتراکورد، چهار ترتیب برقرار خواهد بود). برای دوران یک مجموعه (عملی که آن را دوران (**چرخش** [2] گوییم)، اولین عنصر را به آخر ترتیب ببرید، و مابقی را بدون تغییر باقی بگذارید. این فرآیند را تا زمانی که به همان ترتیب اصلی برسید ادامه دهید. آن چنان که در مثال ۳,۱ نشان داده شده، چهار ترتیب از این مجموعه ها به صورت (۱۰،۵،۲،۱) و (۲،۵،۱۰،۱) و (۱۰،۱،۲،۵) هستند. یک جایگشت دیگر ما را به ترتیب اولیه (۱،۲،۵،۱۰) می رساند. پس از این که تمام ترتیب ها را بدست آوردیم، می توانیم ترتیبی را که کوتاه ترین فاصله را می پوشاند، تعیین نماییم. می توانیم این کار را با نگاه کردن به فواصل بین نت های بیرونی (در مثال ۳,۱ M٦،M٧،M٦ و P٥) یا با تفریق اولین رقم مجموعه طبقه نت از آخرین رقم (فواصل ۹،۱۱،۹و٥) انجام

[1] -normal order
[2] -rotation

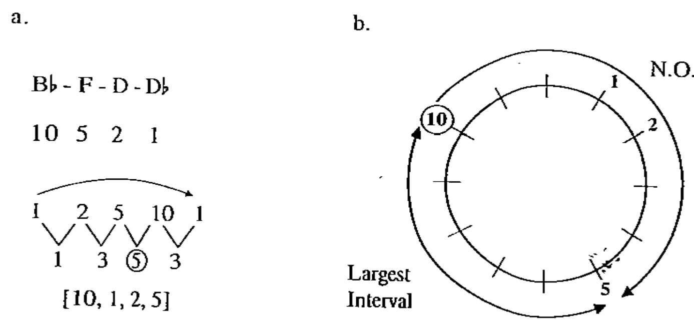
دهیم. می بینیم که کوتاه ترین فاصله بین نت های بیرونی درمثال فوق در ترتیب چهارم حاصل می شود، بنابراین این ترتیب، ترتیب نرمال مان خواهد بود که در میان دو براکت [۱۰،۱،۲،۵] نشان می دهیم .

با این وجود ضرورتی ندارد که همه ی ترتیب ها را یک به یک مورد بررسی قرار دهیم آن چنان که ما در این مثال انجام دادیم (چرا که زمانی که با مجموعه های بزرگتر سر وکار داریم، اجرای این فرآیند دشوار خواهد بود). فرآیند کارآمدتر در تعیین ترتیب نرمال برای مجموعه طبقه نت ها به شرح ذیل است :

۱. طبقه نت ها را به صورت بالا رونده مرتب کرده و اکتاو را در صدر قرار دهید.
۲. طولانی ترین فاصله (مقداری که به عنوان فاصله مرتب طبقه نت محاسبه می شود) بین دو طبقه نت همسان را بیابید و مجموعه نت را با طبقه نت بالایی و بزرگ ترین فاصله شروع کرده و بازنویسی کنید .
۳. اگر طی دو مرحله ی قبل بیش از یک ترتیب ممکن حاصل شود، باید نزدیک ترین ترتیب به سمت چپ را انتخاب نمایید. برای این منظور، ابتدا فاصله ی بین اولین و ماقبل آخرین طبقه نت را بررسی نمایید، و ترتیب با کوچک ترین فاصله را انتخاب کنید. اگر هنوز به یک نتیجه ی مساوی رسیدید، فاصله ی بین طبقه نت های اول و سه تا ماقبل آخر را بررسی کنید و به همین ترتیب ادامه دهید.
٤. چنانچه به دلیل حصول نتیجه های یکسان در مرحله ی سوم، تعیین ترتیب نرمال امکان پذیر نباشد، ترتیبی را که با کوچک ترین شماره طبقه نت شروع می شود، انتخاب نمایید.

اجازه دهید باز گردیم به مجموعه ی مورد نظرمان در مثال ۳,۱ سی بمل، فا، ر، ر بمل یا ۱۰،۵،۲،۱. ابتدا طبقه نت ها را به صورت بالارونده مرتب می کنیم و اکتاو را در صدر قرار می دهیم: ۱،۲،۵،۱۰،۱.
فاصله های مرتب طبقه نت بین دو طبقه نت یکسان را بررسی می کنیم (با تفریق هر طبقه نت از رقم سمت راست آن)، و می بینیم که بزرگترین فاصله میان طبقه نت های ۵ و۱۰ ، ۵ است. مجموعه را با طبقه نت بالایی، بزرگترین فاصله شروع کرده و بازنویسی می کنیم ، بدین معنی که شروع با ۱۰، و ترتیب حاصل ترتیب نرمال مان، [۱۰،۱،۲،۵] است. این فرآیند در شکل a۳,۷ نشان داده شده است.
همچنین می توانید این پروسه را با اجرای همان مراحل (٤ مرحله ی قبلی)، آن چنان که در شکل b۳,۷ نشان داده شده، روی صفحه ی ساعت ترسیم کنید. ابتدا طبقه نت ها را روی صفحه ی ساعت بنویسید. سپس بزرگ ترین فاصله را بیابید (دراین مثال ، فاصله ی بین ۵ و ۱۰)، و مجموعه را به صورت

ساعت گرد از طبقه نت بالایی بزرگ ترین فاصله، [۱۰،۱،۲،۵] بخوانید، که این ترتیب برای این مجموعه ترتیب نرمال (N.O) است.

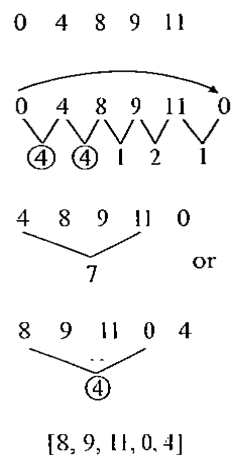


شکل ۳,۷ ترتیب نرمال

حال این رویه را برای مجموعه های ٦ ،۸،۳،۲ (ترتیب نرمال به صورت [۸ ،٦ ،۳ ،۲] و ۱۰،۷،۲،۹،۱ (ترتیب نرمال به صورت [۱۰،۱،۲، ۷،۹]) آزمایش کنید. با این وصف، اگر ۱۱،۹ ، ۸،٤،۰ را آزمایش کنید، پی می برید که مراحل اول و دوم، دو ترتیب نرمال ممکن۰، ۸،۹،۱۱ ،٤ یا ٤، ۸،۹،۱۱،۰ را نتیجه می دهد. چرا که دو گونه برای بزرگ ترین فاصله ی بین طبقه نت ها وجود دارد؛ فاصله ٤ بین ٤-۰ و ۸-٤، آنچنان که در شکل ۳,۸ نشان داده شده است. بنابراین باید تعیین نماییم که کدام یک از این دو ترتیب نزدیکترین به سمت چپ است. بدین منظور، فاصله ی بین طبقه نت های اول و ماقبل آخر را بررسی می کنیم. برای ترتیب اول، این فاصله ۷=٤-۱۱ است. و برای ترتیب دوم به صورت ٤=۸-۱۲=۸-۰ می باشد. بنابراین ترتیب دوم، [٤،۰،۱۱،۹،۸]، ترتیب نرمال است چرا که کوچک ترین فاصله بین طبقه نت های اول و ماقبل آخر را داراست. این فرآیند را برای ۱،٤،۷،۱۰ آزمایش کنید. خواهید دید که هر چهار ترتیب فاصله ی خارجی یکسانی را نشان می دهند، و علاوه بر این، در مرحله ی سوم نیز این نتایج یکسان مرتفع نمی شود.(همه ی ترتیب ها به طور یکسانی در سمت چپ انباشته شده اند). سپس لازم است که مرحله ی چهارم را به کار بندیم و ترتیبی را که با کوچک ترین رقم مجموعه طبقه نت شروع می شود، که در این مورد{ ۱،٤،۷،۱۰} است، را انتخاب کنیم.

معادل انتقالی

حال که چگونگی مرتب سازی مجموعه ها به صورت استاندارد را دانستیم. می توانیم برای دستیابی به روابط معادل به مقایسه ی مجموعه های گوناگون بپردازیم . ابتدا انتقال را در نظر می گیریم . در مقایسه ی مجموعه ها برای **معادل انتقالی** [١] (Tn) ، مجموعه ها بایست ابتدا به صورت نرمال مرتب گردند. دو مجموعه طبقه نت با تعداد طبقه نت های یکسان به لحاظ انتقالی معادل اند اگر بتوان آن ها را با افزودن یا کاستن عدد یکسانی به یک دیگر تبدیل کرد.(با عملگر انتقالی). حال تعیین چگونگی معادل T را برای جفت مجموعه های (که همه ی آنها به صورت ترتیب نرمال هستند)در ذیل بررسی نمایید؛ و عملگر انتقالی را در هر مورد مشخص کنید : [٠،١،٣،٤،٦] و [٢،٣،٥،٦،٨] و [٢،٣،٦ ،٨] و [٠،١،٤،٦].



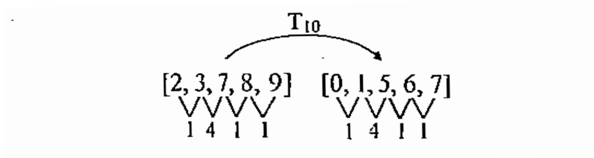
شکل ٣,٨ ترتیب نرمال یک مجموعه با ترتیب های کوچکترین فاصله چندگانه

برای انتقال هر مجموعه ، عملگر انتقالی را به هر طبقه نت اضافه کنید. برای مثال ، جهت تبدیل [٢،٣،٦،٨] توسط T٢، عدد ٢ را به هر طبقه نت اضافه می نمایید و [٤،٥،٨،١٠] حاصل می شود. همچنین می توانید دو مجموعه را از جهت معادل انتقالی توسط **سری فواصل مجاور**[٢]، یعنی مجموعه ای از

---

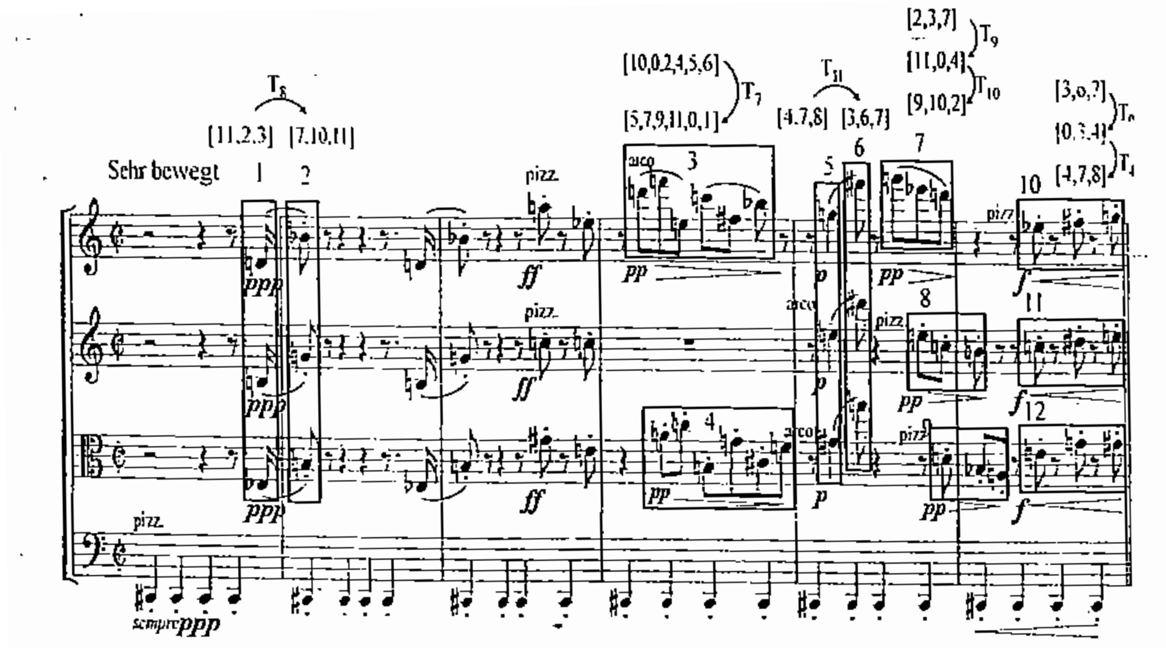
[١] -transpositional equivalence
[٢] -adjacency interval series

فواصل مرتب طبقه نت بین طبقه نت های مجاور، مقایسه کنید. مجموعه هایی که به صورت انتقالی معادل اند، AIS یکسانی خواهند داشت (شکل۳,۹). سری فواصل مجاور (AIS) برای مجموعه شکل ۳,۹ را به صورت رشته ای از اعداد در میان دو علامت زاویه ،< ۱،٤،۱،۱> ، نمایش می دهیم.



شکل ۳,۹   ICV در مجموعه های معادل انتقالی

اهمیت موسیقایی معادل انتقالی به وسیله میزان آغازین پنج مooمان برای کوارتت زهی اپوس ۵،میزان۳ ، به نمایش درآمده است. برشی از این قطعه درمثال ۳,۲، شامل ۱۲ مجموعه در مستطیل ها و با شماره گذاری، نشان داده شده است. در مثال ۲-۳، ترتیب های نرمال برای همه ی مجموعه ها و همچنین معادل های انتقالی میان مجموعه های مجاورشان آمده است. می بینیم که مجموعه ها به صورت جفت یا در گروه های سه تایی و به طور معادل انتقالی ، دسته بندی شده اند. بنابراین مجموعه های ۲و۱ بوسیله T۸ با هم در ارتباط اند، مجموعه های ۳و٤ بوسیله T۷ و مجموعه های ۵و٦ بوسیله T۱۱.

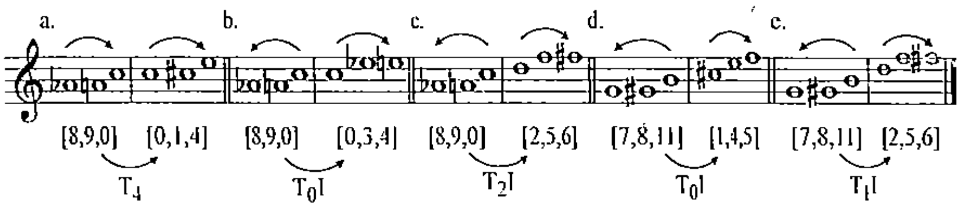


مثال ۳,۲ آنتوان وبرن، پنج مومان برای کوارتت زهی ،اپوس ۵، مومان ۳، میزان ٦-۱.

نمونه با دو زنجیره ی سه تریکوردی خاتمه می یابد، که به ترتیب بوسیله ی T۹،T۱۰(مجموعه های۹-۸-۷) و T٤، (مجموعه های ۱۲-۱۱-۱۰) با هم در ارتباط اند . با توجه به تریکوردهای غیر مجاور، مجموعه های ۱،۲،۵،٦،۱۰،۱۱،۱۲ همگی به لحاظ انتقالی معادل اند.

معادل معکوس

همانطور که پیش تر دیدیم، مشخصه ی مهم ادراکی (و از این پس موسیقایی) انتقال ، حفظ فاصله ها است. همین ویژگی شامل معادل معکوس نیز می شود. مثال۳,۳ شما را در درک مفهوم مجموعه ها یاری می کند.

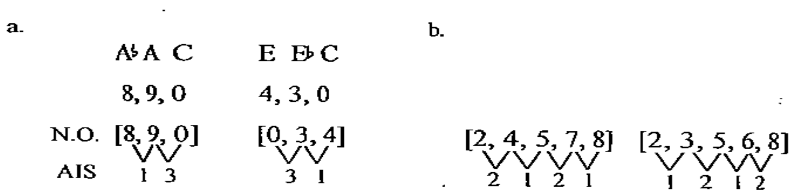


مثال ۳,۳ انتقالی و معکوس

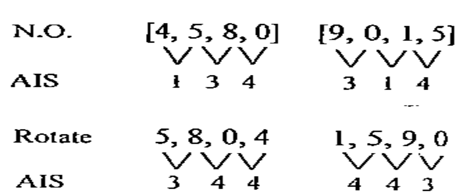
در a۳,۳ ، یک تریکورد توسط T٤ انتقال می یابد. هر دو شکل تریکوردها فواصل یکسانی را پیرو کانتورهای همسانی (یعنی ، در جهت بالا و پایین) : مینُر دوم بالا ، مینُر سوم بالا، نمایش می دهند. با این وجود در b۳,۳ ، هنوز همان فواصل را داریم ، اما اکنون ترایکورد دوم ، فاصله ها را با عکس کانتورهایشان (بالا یا پایین) نسبت به ترایکورد اول نمایان می کند. بنابراین ، می توانیم بگوییم که ترایکورد اول متشکل از یک مینُر سوم و به دنبال آن مینُر دوم پایین تر از دو و تریکورد دوم متشکل از یک مینُر سوم و در پی آن مینُر دوم بالاتر از نت دو. تریکورد اول حول نت دو می باشند. طبق قرار داد ، معکوس پایه ی ما پیرامون نت دو ، یا طبقه نت صفر خواهد بود. در این مثال ، به دلیل این که معکوس حول نت دو رخ می دهد، شامل هیچ انتقالی نمی شود. از این رو T۰I نام گذاری می شود. اگر تریکورد معکوس اخیر را در نظر بگیرید، دو – می بمل – می دیز، و آن را به بالای یک ماژر دوم ، همانند مثال ۳,۳ c ، انتقال دهید با تریکورد ر– فا– فادیز روبرو می شوید که معکوس انتقالی تریکورد اولیه است و بنابراین نشان T۲I را دارد . به نحو مشابهی ، مجموعه های مثال d۳,۳ پیرامون نت دو یا طبقه نت صفر (دو) را به عنوان محور تقارن بین دو مجموعه درنظر بگیرید) دوران می کند ، و در این

جهت معکوس ، T۰I می باشد. در e۳,۳، مجموعه دوم ؛ [۵و۴و۱] ، به بالای یک مینور دوم [۶و۵و۲] انتقال می دهیم ، بنایراین حالا معکوس T۱I است.

پس می توانیم نوع جدیدی را از معادل مجموعه ها، **معادل معکوس** (TnI)[۱] ، را تعریف کنیم . دو مجموعه طبقه نت به طور معکوس معادل اند اگر توسط معکوس و متعاقب آن انتقالی برروی یک دیگر منطبق گردند. می دانیم که در مثال b۳,۳ مجموعه دوم معکوس مجموعه اول است . می توانیم این معکوس را به وسیله ی پروسه ای ساده اثبات کنیم . در مجموعه های معادل معکوس ، سری های فاصله ای مجاور (AIS) متقابلاً در برخی از ترتیب مجموعه ها (معمولاً N.O و اما نه ضرورتاً) معکوس پذیرند. شکل ۳,۱۰ a نشان می دهد که اگر دو مجموعه از مثال b۳,۳ را در ترتیب نرمال قرار دهیم ، سری های فاصله ای مجاور به این دو مجموعه ، <۳، ۱>و <۱، ۳> هستند . این دو AIS متقابلاً معکوس پذیرند (آنها معکوس یکدیگرند) ، بنابرین این دو مجموعه به لحاظ معکوس معادل اند.حال اجازه دهید دو مجموعه بزرگتر در شکل b۳,۱۰ ، که در حال حاضر به صورت N.O هستند ، [۲،۴،۵،۷،۸] و [۲،۳،۵،۶،۸] ، باهم مقایسه کنیم . سری های فاصله ای مجاور برای این مجموعه ها به ترتیب به صورت < ۲،۱،۲،۱> و < ۱،۲،۱،۲> هستند ، یعنی معکوس یکدیگرند . بنابراین این دو مجموعه به لحاظ معکوس معادل اند. حال نشان دهید که مجموعه های [۱۱،۰،۳،۵] و [۴،۶،۹،۱۰] نیز به صورت معکوس معادل اند.



شکل ۳,۱۰ AIS در مجموعه های معادل معکوس



شکل ۳,۱۱ AIS در مجموعه های معکوس با هم مرتبطی که نیاز به دوران دارند

[۱] -inversional equivalence

این فرآیند در مقایسه ی مجموعه ها در بحث معادل معکوس برای بسیاری از مجموعه ها در ترتیب نرمال کارساز است. با این وجود استثناهایی وجود دارد: در برخی مجموعه ها که شکل معکوس ترتیب نرمالی (N.O) را نشان نمی دهد مگر در ترتیب های چرخشی دیگر (مجموعه ها) .این استثناها برخی مجموعه های متقارن معکوس هستند که جلو تر به آن اشاره خواهیم کرد یا همچنین بعضی مجموعه هایی که یک نتیجه مساوی برای بزرگ ترین فاصله به دست می دهند. برای مثالی که دو ترتیب نرمال معکوس متقابلاً سری های فاصله ای مجاور معکوس پذیر را ترسیم نمی کنند، ترتیب های نرمال [٤،٥،٨،٠] و [٩،٠،١،٥] در شکل ٣،١١ را در نظر بگیرید. با این وصف اگر ترتیب های نرمال را به ٥،٨،٠،٤ و ١،٥،٩،٠ دوران دهیم ، می بینیم که AIS مربوط به آنها ، < ٣،٤،٤> و < ٤،٣،٤> ، متقابلاً معکوس پذیراند و محرز شدن اینکه دو مجموعه به طور معکوس معادل اند . توجه اینکه این مجموعه ها از نوعی هستند که یک نتیجه ی مساوی برای بزرگترین فاصله ترسیم می کنند، در این مورد بین طبقه نت های ٨،٠ ، ٠،٤ .

هر معکوس نیز شامل یک انتقال خواهد بود، حتی اگر انتقال در سطح صفر حول طبقه نت دو ، یا T٠I ، باشد. بنابراین ، پس از اطلاع از اینکه دو مجموعه به لحاظ معکوس معادل اند ، لازم است که انتقال مربوط به این معکوس را تعیین نماییم . از عملگر انتقالی مربوط به یک معکوس (منظور عدد n در TnI) به عنوان **شماره شاخص**[1] یاد خواهیم کرد. درصورتی که دو مجموعه با ترتیب نرمال به صورت معادل معکوس باشند، عنصر اول در یک مجموعه با عنصر آخر در مجموعه دیگر مطابق است ، عنصر دوم با یکی ما قبل آخر ، و به همین ترتیب (بدین معنی که طبقه نت اول به فرم آخری معکوس می گردد، دومی به یکی ماقبل آخر و به همین منوال)، به گونه ای که مجموع هر جفت از عنصرها برابر شماره شاخص در شکل ٣،١٢ ترسیم شده است. (با این توصیف ، باید دوباره توجه داشته باشیم که گاهی اوقات این ویژگی هم با ترتیب های نرمال کارساز نیست ، و بنابراین با این ویژگی لازم است که مجموعه به فرم دیگری دوران یابد)

[1] -index number