# التقنيات وأثرها في المرونة التصميمية للقاعات السمعية

د.صبا جبار نعمة
أستاذ مساعد / قسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة – جامعة بغداد

المهندسة سوزان عبد حسن
ماجستير هندسة معمارية / قسم الهندسة المعمارية
كلية الهندسة – جامعة نهرين

## الخلاصة

أن للتطورات التقنية في الميادين العملية تأثيرا فعالاً في تطوير الإمكانيات التصميمية والإنشائية والادائية للقاعات السمعية وفي السنوات الأخيرة ، كانت هناك حاجة كبيرة لفضاءات سمعية مرنة لاستيعاب مختلف الفنون الادائية وبأسلوب اكثر اقتصادية، لذلك فان للإمكانات والوسائل التقنية دوراً فعالاً في توفير المرونة في العلاقات الهندسية والتشكيلية للفضاء السمعي إضافة إلى التنوع في المواد و الانهاءات للسطوح الداخلية في القاعات السمعية.

والبحث يؤكد على أهمية الإمكانيات التقنية بجانبيها الميكانيكي والصوتي في توفير المرونة التصميمية والادائية للقاعات السمعية من خلال :-

١- جانب نظري يناقش به :-

أ- الإمكانات التقنية المطلوبة في القاعات متعددة الفعاليات .

ب-المعايير والصفات الصوتية المعتمدة في تقييم القاعات متعددة الفعاليات وطريقة حسابها وفق احدث الصيغ الرياضية العالمية .

٢- جانب تطبيقي يناقش به حالة دراسية ( المسرح الوطني – بغداد ) وذلك من خلال :-

أ- تقييم واقع الحال للخدمات والإمكانيات التي توفرها المنظومات التقنية والصوتية فيه واحتساب قيم المعايير والصفات الصوتية فيه للفعاليات الكلامية والموسيقية وحسب محددات واقع الحال.

ب- تطوير ادائيته بتقديم توصيات نظرية وتصميميه من شأنها رفع كفاءته وظيفيا وصوتيا عبر تطوير التصميم الداخلي لسطوحه ولمنظوماته التقنية الميكانيكية والصوتية لتقترب قيم الصفات الصوتية فيه من القيم المعيارية.

وينتهي البحث بمجموعة من الاستنتاجات والتوصيات بما يخص جانبيه النظري والتطبيقي.

# TECHNOLOGY AND ITS EFFECT ON THE FLEXIBILITY OF AUDITORIUM'S DESIGN

**Dr. Saba . J.N. Al – Khafaji**
Assist .prof

**Suzan abd Hussian**
Architectural engineering

Department of Architectural
College of engineering
University of Baghdad

## ABSTRACT

The technical development in scientific fields, has an effective influence in developing the possibilities of auditorium design, erection and performance.

In the recent years, there was a great demand for flexible spaces, which could accommodate different acting performance and would be economical too.

Therefore technical efforts and facilities can be great help in providing flexibility's in geometrical relations, space configuration, material treatment and surface finishes of multi purpose halls. This research emphasis the importance of technical possibilities in both mechanical and acoustical sides for providing flexibility's in acoustical performance in auditorium by:

1- Theoretical side discussing
a- Technical possibilities in multi purpose halls.
b- Main acoustical characters and parameters, which are important for the evaluation of acoustical performance of multi purpose halls.
2- Practical side; studying an example which in the national theater in Baghdad as study case , and calculating the acoustical parameters mathematically and discussing its technical possibilities. and then giving acoustical and technical advice for developing its functional and acoustical performance .

## الكلمات الدالة

$T_S$ = زمن التريد بالثانية
$C_{80}$ = النقاء الصوتي
ITDG = الفجوة الزمنية الاولية
$D_{50}$ = الوضوحية الصوتية

## المقدمة

ساهمت التطورات العلمية التي شهدها القرن المنصرم بشكل فعال في تطور تصاميم القاعات السمعية صوتيا ومعماريا ، بما قدمته من أسس علمية لإنشاء الفضاء الصوتي المعماري وتقنيات صوتية عالية الكفاءة لتحقيق افضل الظروف السمعية مع المرونة الصوتية للفعاليات المقدمة داخل القاعات السمعية.

وتحمل المنظومات التقنية الميكانيكية العبء الأكبر في تحقيق المرونة الصوتية للقاعات بما توفره من إمكانات التلاعب في طبيعة العلاقات الهندسية بين العناصر المكونة للفضاء السمعي أي الشكل والحجم والأبعاد إضافة إلى البطانة الداخلية للقاعة بما يوفره هذا التحوير من مرونة في تغيير فعاليات القاعة مع الحفاظ على الأداء الصوتي المقدم وبالتالي زيادة الكفاءة الادائية والوظيفية للقاعات السمعية.

## مشكلة البحث

الحاجة المعرفية عن أهمية المنظومات التقنية في المرونة التصميمية مع توفير كفاءة الأداء الصوتي للناعات السمعية .

## فرضية البحث

لإمكانات المنظومات التقنية الميكانيكية دور فعال في كفاءة الأداء الوظيفي والصوتي للقاعات السمعية وتحقيق المرونة المطلوبة .

## هدف البحث

يهدف البحث إلى توضيح دور التقنيات في المرونة التصميمية للقاعات السمعية من خلال ما يلي :-

١- جانب نظري يوضح إمكانيات المنظومات التقنية الميكانيكية في إحداث المرونة التصميمية في القاعات السمعية بتغيير العلاقة الهندسية بين الأسطح (جدران وسقف وارضية ) وبين منطقة المنصة والحضور .

٢- جانب تطبيقي من خلال حالة دراسية لنموذج محلي وهو المسرح الوطني وذلك من خلال :-

أ- اختبار الإمكانيات التقنية فيه وتقييم المنظومة التقنية الميكانيكية المصممة لأحداث المرونة التصميمية فيه .

ب- اختبار ادائيته الصوتية باستخدام الصيغ الرياضية الحديثة للصفات الصوتية في القاعات السمعية .

ج- تعديل الصفات الصوتية فيه وتقريب قيمها من الحدود المعيارية لكل فعالية ادائية من خلال المقترحات التصميمية المتعلقة بالبطانة الداخلية له والمنظومات التقنية التي توفرها المرونة في الاستعمال الادائي والصوتي .

## الجانب النظري

### المنظومات التقنية الميكانيكية .

تعد المنظومات التقنية الميكانيكية عنصرا فعالا في المنظومة التكاملية للقاعات السمعية والتي تسهم في تحوير العلاقات الهندسية بين عنصري القاعة الرئيسين (المنصة والقاعة ) للحصول على المرونة اللازمة لاداء الفعاليات المتعددة والتي تؤثر بدورها على البيئة الصوتية والوظيفية لهذه القاعات، تقسم المنظومات التقنية الميكانيكية والتحويرات الناتجة في القاعات السمعية إلى ما يلي :-

المنظومة التقنية الميكانيكية في قاعة الحضور

تمثل منطقة الحضور الجانب الفيزيائي لفضاء القاعة الخاص بالمتلقي حيث يعطي تنظيمه يعطي الهيئة العامة للفضاء والمحسوسة من قبل المتلقي بصريا وصوتيا . يجب ان توفر منطقة الحضور ما يلي :-

١- توفير شروط بصرية وصوتية جيدة طبقا لنوع العرض والاختلافات بين الكونسيرت والباليه والأوبرا والدراما .(Riba-1974)

٢- توفير شروط الراحة للمتلقي من حيث الاسترخاء والتركيز المطلوب للأداء الفني المقدم .

٣- توفير المرونة وقابلية التكيف لملائمة كافة الفعاليات المقدمة من خلال التغيرات التي تتم في عناصر القاعة وتفصيلاتها وتمثل (الأرضية ،الجدران ،السقوف العاكسة)

٤- توفير شروط الأمان والحماية من الحريق. (Izenour-1970)

أما عناصر القاعة الأساسية والمنظومات التقنية المستخدمة في تحويرها فهي :-

الأرضية

العنصر المعماري الفيزيائي الذي يمثل قاعدة القاعة وتحدد مساحة الأرضية الاستيعاب الكلي للقاعة ، إن توفير المرونة في مثل هذا العنصر المهم ضروري في القاعات السمعية لملائمة أنماط العروض المقدمة في القاعة سواء كانت كلامية أم موسيقية .

كما تؤثر مساحة الأرضية في الامتصاص الكلي للقاعة الناتج من زيادة عدد المقاعد وبالتالي زيادة الوحدات الامتصاصية والتي تؤثر بدورها في الترديد الكلي للقاعة ويمكن أن يعرف الامتصاص بأنه التغير في طاقة الصوت الى هيئة طاقة حرارية من خلال المرور بالمادة او من خلال الارتطام بهذه المادة وفي أي قاعة فان المواد الامتصاصية تكون محتواه في التشكيلات التالية :-

١- في تغليف الأرضيات وبعض المساحات من الجدران والسقوف .

٢- في مكونات القاعة مثل الحضور والستائر الماصة ،المقاعد والسجاد .

٣- في الحجم الكلي لهواء القاعة . (Doelle-1972)

ويمكن تصنيف أرضيات القاعات بحسب نمط ترتيبها إلى:-

أ- أرضيات منحدرة

ب- أرضيات مستوية

أ- الأرضية المنحدرة

الأرضية المنحدرة توفر خطوط نظر جيدة للمنصة وتحسن الحالة الصوتية بتوفير تجهيزا للطاقة الصوتية المباشرة دون حدوث توهين للصوت بسبب امتصاصه من قبل الحضور، كما يوفر السقف العاكس تقوية صوتية بدون حدوث الصدى المتكرر الناتج عن توازي السقف والأرضية . يحدد مقدار انحدار الأرضية باعتماد خط نظر مباشر للحضور .(Riba-1974) إلا أن هذا النمط من الأرضيات لا يلائم الاستخدامات المتنوعة للقاعات بسبب صعوبة توفيره المرونة اللازمة لتغيير المقاعد حسب العروض المقدمة وبالتالي يصبح من الضروري توفير مقاعد إضافية في منطقة الشرفات واعتماد مبدا التدريج في الأرضية في الأماكن

الخلفية من القاعة والمنبسطة في المنطقة الأمامية لتحقيق المرونة المطلوبة للفعاليات المختلفة ، كما وقد تستخدم الستائر الماصة الحاجبة لتقليل عدد مقاعد الحضور كأحد المعالجات الصوتية المستخدمة في هذه الناعات.

ب- الأرضية المستوية

يعتبر هذا النوع الأنسب للقاعات السمعية المتنوعة الاستخدام لأنها تملك احتمالات كبيرة في التشكيل والمرونة في تقديم الفعاليات المختلفة في القاعة مثل (رقص ،استقبال ، فعاليات اجتماعية وغيرها ). (Doelle-1974) ومع ذلك فان للأرضية المستوية عيوباً صوتية وتشكيلية منها :-

- من الصعب تجهيز الحضور بالصوت المباشر .
- السقف العاكس الموازي للأرضية يؤدى إلى تداخل الانعكاسات (الصدى المتكرر ) والذي يمكن ان يحدث عندما تكون المقاعد للقاعة خالية من الحضور .
- صعوبة توفير خط نظر مباشر للحضور بعدد معين من صفوف المقاعد.

## التحويرات في أرضية قاعة الحضور

لقد شهد القرن المنصرم العديد من المحاولات للابتعاد عن الأشكال النمطية في أرضية القاعات السمعية وإيجاد عدد من البدائل والحلول لتعدد استعمالات القاعة من خلال التصاميم التي وظفت التطورات العلمية والهندسية والميكانيكية لذلك ومن هذه التحويرات :-

١- استعمال وحدات التصميم النمطي. من خلال تقسيم الأرضية لعدد من الوحدات يمكن ان ترفع وتخفض يدويا أو ميكانيكا لتقليل أو زيادة عدد مقاعد القاعة حسب الفعالية المقدمة وتستخدم في تحريك هذه الوحدات .

- رفع مقاطع من أرضية القاعة بواسطة مكائن دافعة اليكترودينامكية وترفع مقاعد أرضية القاعة لتغيير نمط توزيع المقاعد وعددها .
- تحريك مقاطع من القاعة بواسطة الرافعات الإليكترونية المتغيرة الموقع بحيث يمكن تحريكها حسب الموقع المراد تغيره في القاعة ولنمط الأداء الفني المقدم .
- رفع مقاطع من القاعة بواسطة دافعات هوائية تستخدم قوة ضغط الهواء لرفع مقاطع الأرضية وتغييرها بحركة عمودية أو دورا نية وهو ما يساهم في عملية تغيير فعالية القاعة تبعا لموقع منصة القاعة (Burrise-1975).

٢- استخدام القواطع أو الستائر الماصة لتقسيم القاعة حسب الحاجة الاستيعابية لطبيعة الأداء الصوتي المقدم في القاعة كما تحسن من البيئة الصوتية الداخلية في القاعة . (http://www.Stag.-2000-p2)

جدران القاعات السمعية

تكمن أهمية جدران منطقة القاعة السمعية في طبيعة الانعكاسات الصوتية الناتجة منها وأثرها في طبيعة الاستعمال الصوتي داخل القاعة نتيجة لاختلاف المتطلبات الصوتية لكل فعالية صوتية وهو ما يستلزم توفير المرونة الصوتية في هذا العنصر الهام داخل القاعة السمعية باعتماد معالجات صوتية لجدران القاعة السمعية تناسب العمل الصوتي وتقويه. (Iremour -1970) في حين تحتاج الفعاليات الكلامية توفير سطوحاً عاكسة في المناطق القريبة والمحيطة بالمنصة والجدران الجانبية القريبة واستخدام المواد الماصة والناشرة الجدران الخلفية .(Callender-1974) تحتاج الفعاليات الموسيقية توفير مواد عاكسة للجدران القريبة من المنصة الجانبية اما الأجزاء العليا تستخدم فيها مواداً ماصة وبارتفاع للمواد العاكسة لجدران القاعة يصل إلى ٩ م وبألواح خشبية بسمك ٠,٣٥ م، مع إضافة سطوح ناشرة قرب مصدر الصوت في المنصة للمساعدة على رجوع الأصوات للعازفين ليتمكنوا من سماع بعضهم البعض وتوجيه الانعكاسات الصوتية نحو الجمهور . والحصول على المرونة والتكيف في جدران القاعة السمعية تستعمل المنظومة التقنية الميكانيكية في تحوير جدران القاعة لتلائم الفعالية المقدمة من خلال التحكم في كمية المواد الماصة والعاكسة في القاعة وطريقة توجيهها باستخدام التقنيات التالية :-

| | |
|---|---|
| أ- الألواح المعلقة | Hinged panel |
| ب- الاسطوانات الدوارة | Rotatable cylinder |
| ج- الألواح الدوارة | Rotatable panel |
| د-الستائر الماصة | Absorbing drapery |
| هـ- الأهرامات المتحركة | |

سقف منطقة قاعة الجمهور

سقف القاعة يلعب دورا مهما في توفير الانعكاسات الصوتية للجمهور وتوجيهها ، يمكن أن يعرف الانعكاسات الصوتية بأنه ارتداد الموجات الصوتية من السطوح المواجهة لها والتي تكون أبعادها من مضاعفات الطول الموجي للأصوات الساقطة في الفضاء السمعي (٥ أ – ٤) (amrome-1989 ).

ينعكس الصوت عن السطوح العاكسة بنفس زاوية انعكاس الضوء عن المرآة وبزاوية انعكاس مساوية لزاوية السقوط .

وبحسب الشكل الهندسي فان أسطح السقوف العاكسة تقسم إلى ما يلي :-

١- المستوية

٢- المقعرة

٣- المحدبة

ويتم تقسيم السقوف العاكسة إنشائيا إلى ما يلي :-

- الألواح العاكسة
- ناشرات الصوت
- العتبات المستعرضة
- الألواح المتحركة بشكل غيوم صوتية
- الاسطوانات الدوارة

وبواسطة المنظومات التقنية الميكانيكية يمكن التحكم في صفات القاعة الصوتية لتلائم الطبيعة الاستخدامية لها، ويتم التحكم بواسطة هذه المنظومات بطاقة القاعة الاستيعابية بخفض جزء من السقف العاكس لتغطية منطقة شرفات القاعة وبهذا يقلل من الطاقة الاستيعابية الكاملة ويقلل من قيمة زمن الترديد، وهو ما يلائم العروض الدرامية والكلامية أو رفعها لتوفير الحجم الكلي للقاعة وبطاقة استيعابية كاملة وهو ما يزيد من زمن الترديد ويلائم العروض الموسيقية .

بسبب الطبيعة الادائية المتغيرة المطلوب توفيرها في القاعات وامكانية تغيير موقع المصدر الصوتي فان ذلك يستلزم تغيير موقع العاكسات حسب العرض المقدم .

**الشرفات**

تعتبر الشرفات من العناصر المميزة داخل القاعة والتي تؤدي عدة وظائف كما يلي :-

١- تقليل أبعاد القاعة من خلال تقليل نسبة طول القاعة إلى عرضها .

٢- تعمل على تحسين الظروف الصوتية والبصرية في القاعة من خلال تقليلها لابعاد القاعة .

٣- تساهم كعناصر امتصاصية إضافية للقاعة وتحسن بذلك من متطلبات القاعة الصوتية (كما في فعالية الأوبرا ).

وفي تصاميم القاعات تتواجد عدة أنماط من الشرفات كما يلي :-

أ-الشرفة المعلقة

ب-الشرفة الطائرة

ج-الشرفات الصندوقية (Beranek -1962)

أما المنظومة التقنية المستخدمة في تحوير شرفات القاعة متعددة الفعاليات فهي:-

١- استخدام الستائر الماصة في حجب الشرفات في حالة عدم الحاجة لها لملائمة الطاقة الاستيعابية للقاعة بتقليل عدد مقاعد القاعة، مع الحصول على نفس الكميات الامتصاصية في حالة وجود الحضور، وترتبط هذه الستائر بجدران وسقف القاعة يتم تحريكها إليكترونيا بواسطة نظم السيطرة العملية للقاعة.

٢- استعمال الكراسي المتحركة القابلة للتبديل ( أما بشكل منفرد او بشكل مجموعة من الكراسي المرتبطة بعربات قابلة للتحريك ) وهو ما يساهم في تقليل مقاعد القاعة ووحداتها الامتصاصية في الفعاليات الموسيقية .

## الجانب التطبيقي

### تقييم المسرح الوطني

يعتبر المسرح الوطني أحد اكبر الأمثلة المعمارية للقاعات متعددة الفعاليات في العاصمة بغداد والذي أنجز في ربع القرن المنصرم، وبرغم إنشاء العديد من المسارح الحديثة صغيرة الحجم والتي لاتفي بمتطلبات الإقبال الكبير على الدور والقاعات الصوتية فان المسرح الوطني لسعته العالية وتقنياته المستخدمة يعتبر الأفضل بين هذه المسارح كما انه صمم في الأصل كقاعة متعددة الفعاليات لاداء كل من الفعاليات الدرامية و لموسيقية والسينمائية، وبعد مرور اكثر من ربع قرن على إنشاءه يجد البحث ضرورة إعادة تقييم كفاءة تقنياته من خلال مقارنتها بالإمكانيات التقنية الحديثة، ووضع بعض المؤشرات لتحسين كفاءة أداءه الوظيفي و لصوتي على وجه الخصوص .

### تقييم المنظومة التقنية

تتضمن عملية تقييم المنظومة التقنية للمسرح الوطني ، دراسة المنظومات التقنية الميكانيكية المتواجدة حاليا في القاعة ومدى فعالية هذه المنظومات في ادائية القاعة للفعاليات المتعددة ومواكبتها للتطورات الحديثة في المجالات التقنية كافة ، اقتصرت المنظومات التقنية المنظومة التقنية في قاعة المسرح الوطني على استخدام الألواح الخشبية الدوارة في الجدار الجانبي البعيد، وبارتفاع يتراوح بين ١ – ٢ متر من أرضية القاعة ، والتي تكون صندوقية الشكل مؤلفة من وجهين أحدهما عاكس للصوت مغلف بالخشب الصاج والوجه الأخر مغلف بالقماش المبطن بالصوف الزجاجي ويعمل كجهة ماصة للصوت وتثبت هذه الألواح على مفاصل متحركة لغرض تدويرها يدويا وتغيير زاوية عملها بحسب العرض الفني المقدم. ألا أن هذه التقنية غير مستعملة حاليا لعدم وجود الخبرة اللازمة في عمل القاعة متعددة الفعاليات او عمل الألواح وزوايا تغييرها.

أما سقف القاعة العاكس فيتألف من عدد من الألواح العاكسة بنفس نوعية جدران القاعة بشكل مجاميع لها القدرة على التحريك يدويا لتغيير زاويتها واتجاهها بحسب العرض الفني المقدم ولا تستخدم حاليا لوظيفتها الأصلية . مع وجود الارتفاع الكبير للسقف والذي يولد عيب الصدى في القاعة .

### تقييم الجانب الصوتي للمسرح الوطني

دراسة الجانب الصوتي للمسرح الوطني يتعامل مع اهم الصفات الصوتية المتعلقة بالفعاليات الموسيقية والكلامية ومدى ملائمة القيم الموجودة حاليا لهذه الصفات مع القيم المعتمدة لكلا الفعاليتين في القاعة، اعتمد البحث القياسات الحسابية في عملية احتساب الصفات الصوتية لقاعة المسرح الوطني .الصفات الصوتية المعتمدة في تقييم القاعة صوتيا :-

أ- زمن الترديد

يعرف بانه الزمن اللازم لانخفاض طاقة الصوت، بمقدار ٦٠ ديسبل من شدته الاصلية بعد توقف مصدر الصوت . وسيتم الاعتماد على معادلة سابين لاحتساب قيمة زمن الترديد والتي تعتمد على عدد من المؤشرات في القاعة وهي :-

١- حجم القاعة.

٢- مجموع الوحدات الامتصاصية .

يتم احتساب معادلة سابين من المعادلة التالية :-

$$T_S = 0.163 \frac{V}{\chi S}$$

حيث ان $T$ = زمن الترديد بالثانية

و $V$ = حجم القاعة بالمتر الكعب

$S$ = مجموع الوحدات الامتصاصية

قيمة زمن الترديد في قاعة المسرح الوطني تساوي حسب الجدول الاتي :-

جدول رقم (١)

| الطاقة الاستيعابية لقاعة المسرح الوطني | Rt 125 | Rt 250 | Rt 500 | Rt 1000 |
|---|---|---|---|---|
| في حالة الاشغال الكامل للحضور ٩٦٠ مقعد | ١,٧ ثانية | ١,٥ ثانية | ١,٢٣ ثانية | ١,٠٦ ثانية |
| في حالة وجود ثلث الحضور ٣٢٠ مقعد | ٢,٤ ثانية | ٢,٣ ثانية | ١,٨ ثانية | ٠,٩٨ ثانية |

وبالمقارنة بين القيم الناتجة حاليا في المسرح الوطني مع قيمة زمن الترديد المفضلة للقاعات متعددة الفعاليات والتي تعادل ١ – ١,٧ ثانية فان قيمة زمن الترديد الحالية في

القاعة تعتبر ملائمة في حالة الأشغال الكامل للقاعة وبتردد ٥٠٠ و١٠٠٠ هيرتز وتقل كفاءة القاعة في حالة وجود ثلث عدد الحضور وهو ما يتطلب توفير المرونة في قيمة زمن الترديد ليلائم الفعاليات المتعددة للقاعة وبمختلف عدد الحضور المتوفر فيها .

ب- الفجوة الزمنية الاولية

هو الفرق بالزمن لوصول الصوت المباشر عن الصوت المنعكس عند موقع المتلقي. تقع هذه الفجوة الزمنية التي حددتها التجارب الفعلية بين ١٥-٥٠ ملي ثانية ، تعتمد قيمة الفجوة الزمنية على عاملين .

- حجم القاعة

- نسبة طول القاعة الى عرضها (Beraneake-1962)

قياس هذه الصفة الصوتية لقاعة المسرح الوطني تعتمد على الطرقة الهندسية ( من خلال رسم مراة المصدر وتحدد مسارات الانعكاسات الصوتية وفرق مسار الصوت المباشر )

حسب المعادلة الاتية :-

$$ITDG = ( R1 + R2 - D ) C$$

حيث ان ITDG الفجوة الزمنية الاولية و R1 مسار الصوت المنعكس الاولي (بالمتر) و R2 مسار الصوت المنعكس الثانوي (متر) و D مسار الصوت المباشر بين المصدر والمتلقي و C هو سرعة الصوت في الهواء وبعادل ٣٤٠ متر بالثانية . ومن خلال هذه المعادلة يمكن تشخيص حالة الصدى ان وجدت في سقف القاعة وجدرانها . وفي قاعة المسرح الوطني فان قيمة الفجوة الزمنية الاولية الناتجة لسقف وجدران القاعة في عدد من مواقع حضور القاعة موضحة في الجدول الاتي :-

جدول رقم (٢)

| ت | الموقع بالنسبة الى القاعة | موقع المتلقي | قيمة الفجوة الزمنية |
|---|---|---|---|
| ١ | سقف القاعة | Z1 | ٠,٠٤٧ ثانية |
| | | Z2 | ٠,٠٦٥ ثانية |
| | | Z3 | ٠,٠٧ ثانية |
| ٢ | الجدران الجانبية<br>الجدار الجانبي القريب | X1 | ٠,٠١٢ ثانية |
| | | X2 | ٠,٠٢٣ ثانية |
| | | X3 | ٠,٠٢٥ ثانية |
| | | Xmid 1 | ٠,٠٥٨ ثانية |
| | | Xmid 2 | ٠,٠٦١ ثانية |
| | الجدار الجانبي البعيد | Xa 1 | ٠,٠٢٣ ثانية |
| | | Xb2 | ٠,٠٢٨ ثانية |
| | | Xc3 | ٠,٠٣٤ ثانية |
| | | Xamid 1 | ٠,٠٥٦ ثانية |
| | | Xbmid 2 | ٠,٠٦ ثانية |
| | | Xcmid 3 | ٠,٠٧ ثانية |
| ٣ | الجدار الخلفي | Y1 | ٠,١٣ ثانية |
| | | Y2 | ٠,٠٨ ثانية |
| | | Y3 | ٠,٠٣ ثانية |

ومن القيم الناتجة لقيمة الفجوة الزمنية الأولية في مناطق مختلفة من القاعة التي تولدها الانعكاسات الأولية من جدران القاعة وسقفها العاكس والتي تتجاوز في بعض أجزاء القاعة عن ٥٠ ملي ثانية وهو ما يولد عيب الصدى في القاعة وبالأخص تلك الانعكاسات المتولدة من سقف القاعة وذلك لارتفاعها الكبير مقارنة بأبعاد القاعة الاخرى و يعرف الصدى بانه :-

الصدى : - هو تكرار سماع الصوت مرتين متتاليتين بعد توقف المصدر الصوتي، وذلك بسبب طول الفترة الزمنية بين وصول الصوت المباشر والمنعكس وتجاوزها فترة ال ٥٠ ملي ثانية . ويتولد هذا العيب الصوتي في القاعة بسبب المبالغة في احد ابعاد القاعة عن الحدود المطلوبة في القاعات. ( Doelle-1972)

ج- الوضوحية في قاعة المسرح الوطني

الوضوحية من الصفات الصوتية المهمة في تقييم مدى ملائمة القاعة لاداء الفعاليات الكلامية والتي تعتبر جزءا مهما من فعاليات المسرح الوطني وخصوصا في العروض الدرامية ، يعتمد قياس صفة الوضوحية في القاعة على عامل مهم الا وهو الفجوة الزمنية الاولية لعلاقتها بانخفاض الطاقة الصوتية المباشرة من المصدر الصوتي وبالتالي انخفاض المفهومية للمقاطع الكلامية المفهومة او غير المفهومة

اعتمد البحث في قياس صفة الوضوحية على المعادلة الاتية :-

$$D_{50} = \frac{\int_0^{0.05} p^2(t)\,dt}{\int_0^{\infty} p^2(t)\,dt}$$ (http://www.room acoustics -2002)

حيث أن $D_{50}$ = الوضوحية الصوتية في اول ٥٠ ملي ثانية

و $P$ = الضغط الصوتي

و $dt$ = مشتقة الضغط الصوتي

اما القيم المفضلة لوضوحية الفعالية الكلامية فهي كالاتي :- ( Egan-1988)

جدول رقم (٣)

| | قيمة الوضوحية | التقييم |
|---|---|---|
| ١ | ٠ - ٢٠% | ضعيف |
| ٢ | ٢٠ - ٤٠ % | ضعيف - مقبول |
| ٣ | ٤٠ - ٦٠ % | متوسط |
| ٤ | ٦٠ - ٨٠ % | جيد |
| ٥ | ٨٠ - ١٠٠ % | جيد جدا |

وبحسب المعادلة السابقة يمكن احتساب قيمة الوضوحية لقاعة المسرح الوطني بالاعتماد على قيمة الفجـــوة الزمنية الاولية في عدة نقاط داخل القاعة كما يلي :-

جدول رقم (٤)

| الترددات | زمن الترديد | قيمة الوضوحية |
|---|---|---|
| ١٢٥ هيرتز | ١,٧ ثانية | % ٢٩,٨ |
| ٢٥٠ هيرتز | ١,٥ ثانية | % ٣١,٨٤ |
| ٥٠٠ هيرتز | ١,٢٣ ثانية | % ٤١ |
| ١٠٠٠ هيرتز | ١,٠٦ ثانية | % ٤٧,٥ |

وبمقارنة القيم الحالية لوضوحية القاعة مع القيم المعتمدة في القاعات ذات الفعاليات الكلاميـــة فـــان قاعـــة المسرح الوطني تعتبر ضمن الأداء الضعيف للفعاليات الكلامية وذلك بسبب زمن الترديد الذي يعتبر ضعيفا في الوضع الحالي للفعاليات الكلامية مقارنة بالقاعات العالمية وهو ما يستلزم تحسين لصفة الوضوحية فـــي القاعة خصوصا وان معظم استخداماتها للفعاليات الدرامية والعروض المسرحية .

د- وقت المركز في المسرح الوطني

قياس التوازن بين الوضوح والترديد والذي يقترح لاجتناب القطع الحاد بين الانعكاسات الاولية والمتـــاخرة ".ويقاس من المعادلة الاتية :-

$$Ts_{50} = 10 \text{ Log} \left( \frac{D_{50}}{1 - D_{50}} \right)$$ ( http://www.room)acoustics -2002)

حيث ان $Ts_{50}$ = وقت المركز

و $D_{50}$ = الوضوح الصوتي

ومن خلال القيم المحسوبة مسبقا لوضوحية قاعة المسرح الوطني فان قيمة زمن المركـــز لقاعـــة المســـرح الوطني تعادل :-

جدول رقم (٥)

| ت | قيمة الوضوحية | قيمة زمن المركز |
|---|---|---|
| ١ | % ٢٩,٨ | ١٤,٨ |
| ٢ | % ٣١,٨٤ | ١٣,٥ |
| ٣ | % ٤١ | ١٠,٧ |
| ٤ | % ٤٧,٥ | ٩,٢ |

هـ – النقاء الصوتي في قاعة المسرح الوطني

يعتبر النقاء الصوتي مؤشرا لكفاءة القاعة في اداء الفعاليات االموسيقية المختلفة ويرتبط بعلاقة عكسية مع زمن الترديد حيث بازدياد زمن الترديد تنقص الطاقة الاولية وتزداد الطاقة الترددية ويعطي هذا المعيار قياس لدسفة الوضوحية داخل القاعة .

$$C_{80} = -0.4 + 0.9\, C_{exp}$$

$$C_{exp} = 10\ \mathrm{Log}\ \left[\exp\left(1.104/Rt\right) - 0.4\right]$$

حيث أن $C_{80}$ = النقاء الصوتي

ومع قيم زمن الترديد لترددات ١٢٥ و٢٥٠ و٥٠٠ و١٠٠٠ هيرتز فان قيم النقاء الصوتي لقاعة المسرح الوطني تساوي :-

جدول رقم (٦)

| $C_{80}$ | $Rt_{125}$ ١ | $Rt_{250}$ ٢ | $Rt_{500}$ ٣ | Rt1000 ٤ |
|---|---|---|---|---|
| | ٠,٦٨ | ١,٢ | ٢,٤ | ٣,٢٥ |

تعد القيم الجيدة ضمن –١ إلى ٤ ديسيبل وتفضل القيم الإيجابية .

الصفات الصوتية المقيمة في قاعة المسرح الوطني .

جدول رقم (٧)

| الصفة الصوتية | ١ ١٢٥هيرتز | ٢ ٢٥٠هيرتز | ٣ ٥٠٠هيرتز | ٤ ١٠٠٠هيرتز |
|---|---|---|---|---|
| زمن الترديد | ١,٧ | ١,٥ | ١,٢٣ | ١,٠٦ |
| الوضوحية D50 | ٢٩,٨ | ٣١,٨٤ | ٤١ | ٤٧,٥ |
| النقاء الصوتي C80 | ٠,٦٨ | ١,٢ | ٢,٤ | ٣,٥٦ |
| زمن المركز Ts | ١٤,٨ | ١٣,٥ | ١٠,٧ | ٩,٢ |

## الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات الخاصة بالجانب النظري

١- تعد المنظومات التقنية من العوامل المهمة التي تسهم في التلاعب بالنمط التنظيمي للقاعات السمعية لملائمة الفعاليات المختلفة المقدمة فيها سواء كانت فعاليات كلامية ام موسيقية بما توفره من إمكانات تحويرية لازمة لاعطاء المرونة الصوتية والوظيفية للقاعات السمعية .

٢-يعتبر التنوع في العلاقة بين الحضور والمنصة، بالتغيير في موقع الحضور بالنسبة إلى إطار فتحة المنصة او إمكانات توقيع المنصة بالنسبة للحضور من اكثر المتطلبات التصميمية في القاعات السمعية بإدخال مفاهيم فضائية جديدة تحقق التنوع البصري مع التغيير في الصفات الصوتية الخاصة بكل فعالية ادائية و إمكانية تحقيق ذلك تتم بتطوير منظومة تقنية ميكانيكية تلائم التطورات التقنية الحديثة في العالم.

٣- تعد المنظومة التقنية المستخدمة في تحوير قاعة الحضور والمساهمة في تحوير العلاقة بين المؤدي والمتلقي عنصرا اساسيا في القاعات السمعية والمؤثرة في تغيير النمط الفني المقدم بالاعتماد على التغييرات الشكلية والحجمية المصاحبة لتغييرات القاعة وبالتالي النسب الشكلية والحجمية في القاعة.

٤- تسهم المنظومة التقنية في منطقة الحضور باضافة التحولات المطلوبة للبطانة الداخلية للقاعة بما تحققه من تغييرات في عناصر القاعة من ( جدران وارضية وسقف القاعة ) لتغيير فعالية القاعة ضمن الفعاليات ( الموسيقية والدرامية )، وما يستلزمه ذلك من تغيير في طبيعة السطوح المغلفة لجدران القاعة

سواء كانت سطوحاً ماصة ام عكسة للصوت ضمن التشكيل الداخلي للقاعة وتتم السيطرة على تنويعه بحسب العرض الفني المقدم بواسطة السيطرة العملية الكمبيوترية.

## الإستنتاجات الخاصة بالجانب التطبيقي

١- تعد المعايير الصوتية الحديثة والمعتمدة على الصيغ الرياضية المتقدمة اسلوباً فعالا في تقييم كفاءة الاداء الصوتي في المراحل المبكرة من التصميم للتنبوء بكفاءة الاداء الصوتي والوظيفي وتعتبر وسيلة ناجحة لتقييم واقع حال القاعات السمعية .

٢- الإمكانات التقنية الحديثة يمكن توظيفها في تطوير النماذج المحلية ( المسرح الوطني وغيره من القاعات ) صوتيا و وظيفيا والتي أصبحت إمكانياتها لا تتلاءم مع تطورات الفن المسرحي ومتطلباته ، إضافة إلى تطور المجتمع ، وزخم وتنوع الأشغال لها .

## التوصيات الخاصة بتطوير المسرح الوطني

### تطوير المنظومة التقنية الميكانيكية

تطوير المنظومة التقنية الميكانيكية للمسرح الوطني يتمثل في تطوير قاعة المسرح الوطني وخندق الأوركسترا بما يتلائم مع نمط الفعاليات المقدمة والطاقة الاستيعابية للقاعة .

أ- تطوير قاعة الحضور في المسرح الوطني

مقترحات البحث لتطوير المنظومة التقنية في قاعة الحضور تتمثل في استخدام الالواح العاكسة الدوارة من الخشب المعاكس قابلية لتغير زاوية التوجيه نحو الحضور بحسب الفعالية المقدمة وتوقع ضمن التصميم العام لجدران القاعة في المنطقة الأمامية من الجدران وفي نهاية الجدران الجانبية، كما يقترح البحث استخدام الاسطوانات الدوارة في جدران القاعة الخلفية لغرض الحصول على التنويع بين المواد الماصة والعاكسة في القاعة بحسب الفعاليات المقدمة والتي تؤثر بدورها على زمن ترديد القاعة وتساهم في عمل القاعة صوتيا، يتم التحكم بحركة الألواح العاكسة والاسطوانات الدوارة بأنظمة السيطرة العملية والبرامج الحاسوبية. ولتطوير سقف القاعة يقترح البحث بالإضافة الى تغيير أبعاد الألواح العاكسة وشكلها ، يقترح البحث مكننة الواح السقف العاكس لجعلها قابلة للرفع والخفض وبالاخص منطقة منتصف القاعة والتي تشمل المواد الناشرة للصوت والعاكسات الصوتية لتلائم العرض الفني المقدم .وتضاف الستائر الماصة للقاعة لحجب الشرفات في حالة عدم استخدامها لتوفير الوحدات الامتصاصية اللازمة للقاعة مع الوجود الجزئي للحضور.

ب- مقترحات تطوير الجانب الصوتي

يقدم البحث عددا من المقترحات لتطوير الصفات الصوتية لقاعة المسرح الوطني والتي تشمل الفجوة الزمنية الاولية وزمن الترديد وما يعتمد عليها من صفات صوتية اخرى تلائم الفعاليات الكلامية والموسيقية، اضافة

الى المرونة الواجب توفرها في تحقيق هذه الصفات لطبيعة القاعة المتعددة. ويساهم في تطوير القاعة صوتيا مع التحويرات الشكلية والحجمية التي سبق ذكرها تطوير المواد المستخدمة في تبطين القاعة الداخلي والتلاعب في كميتها واستخدامها كما يلي :-

١- الجدران الجانبية للقاعة . الجدران الحالية لقاعة المسرح الوطني مغلفة بمادة النثر الاسمنتي الابيض للمنطقة الامامية وبالواح خشبية في الجزء الخلفي من جدران القاعة الجانبية وهو ما يقلل من الانعكاسات الصوتية المطلوبة للقاعة . يقترح البحث توفير الواح خشبية عاكسة على الجدران الجانبية في القاعة وهو ما يعزز من الانعكاسات الصوتية الاولية للحضور .

٢- السقف العاكس للقاعة يولد عيب الصدى في القاعة كما ذكر سابقا، ولغرض توفير السقف الصوتي الملائم للفعاليات المتعددة يتم تصميم الالواح العاكسة بنفس الارتفاع الذي ذكر في تطوير النسب الشكلية للقاعة مع اضافة عدد من الناشرات الصوتية التي تضاف في منتصف سقف القاعة لتوفير صوت منتشر داخل قاعة المسرح الوطني مما يحسن من البيئة الصوتية داخل القاعة بالنظر لضعف تواجد المواد الناشرة التي تسهم في عمل القاعة متعددة الفعاليات . الشكل رقم يوضح مقترحات تطوير الصفات الصوتية داخل قاعة المسرح الوطني .

٣- تغليف اسفل منطقة اسفل الشرفات المتواجدة حاليا والمقترحة بمادة عاكسة للامواج الصوتية لإيصال الترددات الصوتية لمنطقة الحضور اسفل الشرفة ومنع حدوث ظاهرة الظل الصوتي في تلك المناطق

ومن خلال المقترحات المقدمة لتطوير الصفات الصوتية للقاعة يمكن الحصول على المعايير الصوتية الملائمة للقاعات متعددة الفعاليات .

## تطوير الصفات الصوتية

١- زمن الترديد

زمن الترديد الملائم لاداء الفعاليات الكلامية والذي يعتبر ضمن الصفات المعيارية يعادل ما يلي :-

جدول رقم (٨)

| ت | الفعالية | زمن الترديد .Rt |
|---|---|---|
| ١ | الفعالية الكلامية | ١,٢ – ٠,٦ثانية |
| ٢ | الدراما | ١,٤- ٠,٩ثانية |
| ٣ | القاعات متعددة الفعاليات | ١,٧ – ١ثانية |

وبمقارنة قيم زمن الترديد المفضلة للفعاليات الكلامية مع القيم الموجودة حاليا في قاعة المسرح الوطني يتضح الفارق بين القيم الموجودة حاليا ومع القيم المفترض توفيرها للفعاليات الكلامية وهو ما يستلزم تقليل زمن الترديد للفعاليات الكلامية بما يناسب العروض المقدمة ، زيادة الوحدات الماصة في القاعة والتي تكون قابلة للتحوير بحيث يمكن تغييرها لملائمة الفعاليات الموسيقية المقدمة على نفس القاعة وذلك في المناطق التالية :-

- الجدران الجانبية القريبة للقاعة باستخدام الألواح العاكسة الدوارة والتي تكون ماصة للصوت من أحد الوجهين وعاكسة للصوت من الجهة الأخرى والتي يمكن التحكم في دورانها وطبيعة الوجه العاكس او الماص أوتوماتيكيا .
- الجدران الجانبية البعيدة للقاعة باستخدام الاسطوانات الدوارة ذات الطبيعة الثلاثية للمواد الماصة والماصة المثقبة والعاكسة ويتحكم بزوايا تدويرها والأوجه الظاهرة منها أوتوماتيكيا .

ومن خلال التطويرات في قاعة المسرح الوطني يتغير زمن الترديد ليلائم الفعاليات الكلامية كما يلي ( تم احتساب زمن الترديد باعتماد الحضور الكامل للحضور ) :-

جدول رقم (٩)

| التحويرات الصوتية | Rt125 | Rt250 | Rt500 | Rt1000 |
|---|---|---|---|---|
| استخدام الالواح الدوارة العاكسة | ١،٥ ثانية | ١,٣٥ ثانية | ١,٢٤ ثانية | ١,١٨ ثانية |
| استخدام الاسطوانات الدوارة | ١,٤٣ ثانية | ١,٢٨ ثانية | ١,١٨ ثانية | ١,١ ثانية |
| استخدام الألواح الدوارة مع الاسطوانات الدوارة | ١,٤ثانية | ١,٢ثانية | ١,٠٤ثانية | ٠,٩ثانية |

أما قيمة زمن الترديد المفضلة للفعاليات الموسيقية والتي تستلزم قيم اخرى مفضلة لها كما في الجدول :-

جدول رقم (١٠)

| ت | الفعالية | زمن الترديد |
|---|---|---|
| ١ | الأوبرا | ١,٦ – ١ثانية |
| ٢ | الموسيقى الاوركسترالية | ١,٧– ٢,٢ثانية |

وباجراء التطويرات المقترحة في قاعة المسرح الوطني فان قيمة زمن الترديد التي يتوقع الحصـــول عليهـــا تعادل :-

جدول رقم (١١)

| التحويرات الصوتية | Rt125 | Rt250 | Rt500 | Rt1000 | الفعالية الموسيقية |
|---|---|---|---|---|---|
| رفع السقف العاكس مع تدوير الالواح العاكسة وتغيير الزوايا . | ١,٨ثانية | ١,٦ثانية | ١,٤٥ثانية | ١,٢ثانية | يلائم الفعاليات الاوبرالية والموسيقى الاوركسترالية |

٢- الفجوة الزمنية الاولية

الفجوة الزمنية المتولدة في قاعة المسرح الوطني تعد غير ملائمة وخصوصا في مناطق منتصـــف القاعـــة المتولدة من انعكاسات السقف المرتفع نسبيا ، ومن خلال التطويرات المقترحة في الجانب المعماري تتولـــد فجوة زمنية اولية صغيرة تلائم الفعاليات المقدمة على المسرح الوطني ولاتولد عيب الصدى ويمكن احتساب قيمة الفجوة الزمنية في مواقع مختلفة من القاعة كما يلي :-

جدول رقم (١٢)

| ت | الموقع بالنسبة الى القاعة | موقع المتلقي | قيمة الفجوة الزمنية |
|---|---|---|---|
| ١ | سقف القاعة | Z1 | ٠,٠١٨ ثانية |
| | | Z2 | ٠,٠٢٥ ثانية |
| | | Z3 | ٠,٠٣٥ ثانية |
| ٢ | الجدران الجانبية الجدار الجانبي القريب | X1 | ٠,٠١٢ ثانية |
| | | X2 | ٠,٠٢٣ ثانية |
| | | X3 | ٠,٠٢٥ ثانية |
| | | Xmid 1 | ٠,٠٢٤ ثانية |
| | | Xmid 2 | ٠,٠٢١ ثانية |
| | الجدار الجانبي البعيد | Xa 1 | ٠,٠٢٣ ثانية |
| | | Xb2 | ٠,٠٢٨ ثانية |
| | | Xc3 | ٠,٠٣٤ ثانية |
| | | Xamid 1 | ٠,٠٢١ ثانية |
| | | Xbmid 2 | ٠,٠٢٢ ثانية |
| | | Xcmid 3 | ٠,٠٢٥ ثانية |

٣- الوضوحية

قمية الوضوحية مرتبطة بقيمة زمن الترديد للقاعة وبانخفاض قيمة زمن الترديد تزداد الوضوحية في قاعة المسرح الوطني وهو ما يلائم الفعاليات الكلامية ويزيد من كفاءة القاعة الادائية :-

جدول رقم (١٣)

| الترددات | زمن الترديد | قيمة الوضوحية |
|---|---|---|
| ١٢٥ هيرتز | ١,٤ثانية | ٣٤,٧ |
| ٢٥٠ هيرتز | ١,٢ ثانية | ٤٠ |
| ٥٠٠ هيرتز | ١,٠٤ثانية | ٤٦,٧ |
| ١٠٠٠ هيرتز | ٠,٩ثانية | ٥٢ |

٤- وقت المركز

يرتبط قياس وقت المركز بقياس الوضوحية وزمن الترديد وينخفض مقدار زمن المركز مع زيادة الوضوحية في القاعة ويرتبطان معا بعلاقة عكسية كما وضح في الفصل الرابع ومع التحويرات الناتجة في قاعة المسرح الوطني فان قيمة المركز تعادل ما يلي :-

جدول رقم (١٤)

| ت | قيمة الوضوحية | قيمة زمن المركز |
|---|---|---|
| ١ | ٣٤,٧ | ١١,٨ |
| ٢ | ٤٠ | ١٠,٥ |
| ٣ | ٤٦,٧ | ٩,٢ |
| ٤ | ٥٢ | ٨ |

٥- النقاء الصوتي

لتطوير النقاء الصوتي في قاعة المسرح الوطني والذي يرتبط بزمن الترديد للفعالية الموسيقية والذي يتحقق من التحويرات الصوتية السابقة الذكر ويتم الحصول على قيم ملائمة للفعاليات الموسيقية كما يوضح في الجدول التالي :-

جدول رقم (١٥)

| $Rt_{1000}$ ٤ | $Rt_{500}$ ٣ | $Rt_{250}$ ٢ | $Rt_{125}$ ١ | $C_{80}$ |
|---|---|---|---|---|
| ٤,٠٩ | ٣,٦٣ | ٢,٤ | ١,٢ | |

## المصادر والمراجع


Doelle , L , Environmental Acoustic

Izenour , G , (1977), Theater Design , Mc Graw Hill Book company , Newyork

Riba , R , (1974), theater planning Mansekk , Wisbech , Cambs.

Burries, Mryer, C.Cole, (1975), Theater and Auditrum Robort E . Krieger Publishing co.

Callender,John (1982), Time Saver Standerd for Architectural design data Mc Graw Hill Bookcompany , Newyork.

Egan , D , Concept in architectural Acoustics

Http://www stage design , Internet paper – 2000

Http://www design, Internet paper –2001

Http://www RPG diffuser , Internet paper –2001

http://www.room acoustics, Internet paper -2002

Izenour, (1977), Theater design , Mc Graw Hill book company .

Tempelton ,D, (1997), Acoustics in the built environment , MPG, Books, England