

التقنيات وأثرها في المرونة التصميمية للقاعات السمعية

المهندسة سوزان عبد حسن

ماجستير هندسة معمارية / قسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة - جامعة نهرين

د. صبا جبار نعمة

أستاذ مساعد / قسم الهندسة المعمارية

كلية الهندسة - جامعة بغداد

الخلاصة

أر، للتطورات التقنية في الميادين العملية تأثيراً فعالاً في تطوير الإمكانيات التصميمية والإنشائية والادائية للأنواع السمعية وفي السنوات الأخيرة ، كانت هناك حاجة كبيرة لفضاءات سمعية مرنة لاستيعاب مختلف الفنون الادائية وبأسلوب أكثر اقتصادية، لذلك فإن 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 بجانبها الميكانيكي والصوتي في توفير المرونة التصميمية والادائية للقاعات السمعية من خلال :-

١- جانب نظري يناقش به :-

أ- الإمكانيات التقنية المطلوبة في القاعات متعددة الفعاليات .

ب- المعايير والصفات الصوتية المعتمدة في تقييم القاعات متعددة الفعاليات وطريقة حسابها وفق أحدث 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 ادائته بتقديم توصيات نظرية وتصميمية من شأنها رفع كفاءته وظيفياً وصوتياً عبر تطوير التصميم الداخلي لسطوحه ولمنظوماته التقنية الميكانيكية والصوتية لتقترّب 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

C_{80} = النقاء الصوتي

T_s = زمن التردد بالثانية

D_{50} = الوضوحية الصوتية

ITDG = الفجوة الزمنية الاولى

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 أفضل الظروف السمعية مع المرونة الصوتية للفعاليات المقدمة داخل القاعات السمعية.

وتحمل المنظومات التقنية الميكانيكية العبء الأكبر في تحقيق المرونة الصوتية للقاعات بما توفره من إمكانيات 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 للناغات السمعية .

فرضية البحث

إمكانات المنظومات التقنية الميكانيكية دور فعال في كفاءة الأداء الوظيفي والصوتي للناغات السمعية وتحقيق المرونة المطلوبة .

هدف البحث

- يهدف البحث إلى توضيح دور التقنيات في المرونة التصميمية للناغات السمعية من خلال ما يلي :-
- ١- جانب نظري يوضح إمكانات المنظومات التقنية الميكانيكية في إحداث المرونة التصميمية في الناعات السمعية بتغيير العلاقة الهندسية بين الأسطح (حدران ومسقف وأرضية) 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 أدائته الصوتية باستخدام الصيغ الرياضية الحديثة للصفات الصوتية في ناعات السمعية .
ج- تعديل الصفات الصوتية فيه وتقريب قيمها من الحدود المعيارية لكل فعالية أدائية من خلال المقترحات التصميمية المتعلفة بالبطانة الداخلية له والمنظومات التقنية التي توفرها المرونة في الاستعمال الأدائي والصوتي .

الجانب النظري

المنظومات التقنية الميكانيكية .

تعد المنظومات التقنية الميكانيكية عنصرا فعالا في المنظومة التكاملية للناغات السمعية والتي تسهم في تحويل العلاقات الهندسية بين عنصري القاعة الرئيسيين (المنصة والقاعة) للحصول على المرونة اللازمة لأداء الفعاليات المتعددة والتي تؤثر بدورها على البيئة الصوتية والوظيفية لهذه الناعات، تقسم المنظومات التقنية الميكانيكية والتحويلات الناتجة في الناعات 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 تحويلها 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 التردد 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 منحدر

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 مبدأ التدرج 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 فإن للأرضية المستوية عيوباً صوتية وتشكيلية منها :-

- من الصعب تجهيز الحضور بالصوت المباشر .
- السقف العاكس الموازي للأرضية يؤدي 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 التصميم التي وظفت التطورات العلمية والهندسية والميكانيكية لذلك ومن هذه التحويرات :-

- ١- استعمال وحدات التصميم النمطي. من خلال تقسيم الأرضية لعاد من الوحدات يمكن ان ترتفع 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 اليكتروديناميكية وترفع مقاعد أرضية القاعة لتغيير نمط توزيع المقاعد وعددها .
- تحريك مقاطع من القاعة بواسطة الرافعات الإليكترونية المتغيرة الموقع بحيث يمكن تحريكها حسب الموقع المراد تغييره في القاعة ولنمط الأداء الفني المقدم .
- رفع مقاطع من القاعة بواسطة دافعات هوائية تستخدم قوة ضغط الهواء لرفع مقاطع الأرضية وتغييرها بحركة عمودية أو دورانية وهو ما يساهم في عملية تغيير فعالية القاعة تبعاً لموقع منصة القاعة (Burris-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>)

خطرات القاعات السمعية

تتضمن 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 تأسست الفعاليات الصوتية وتقوية (Isenour - 1970) فهي حين تحتاج للفعاليات التكلالية توفير سطوحاً عاكسة في المناطق القريبة والمحيط بالمنصة والجدران الجانبية القريبة واستخدام المواد العازلة والتأثير الجدران الخلفية (Callender - 1974) تحتاج للفعاليات الموسيقية توفير مواد عاكسة للجدران القريبة من المنصة الجانبية أما الأجزاء العليا تستخدم فيها مواداً عازلة وارتفاع للمواد العاكسة لجدران القاعة يصل إلى 4 م وألواح خشبية بسبك 0.3 م، مع إضافة سطوح دائرية قرب مصدر الصوت في المنصة للمساعدة على رجوع الأصوات للعارفين ليتمكنوا من سماع بعضهم البعض وتوجيه الانعكاسات الصوتية نحو الحضور . والحصول على المرونة والتكيف في جدران القاعة السمعية تستعمل المنظومة التقنية الميكانيكية في تحويل جدران القاعة لتلائم الفعالية المقصدة من خلال التحكم في كمية المواد العازلة والعاكسة في القاعة وطريقة توجيهها باستخدام التقنيات التالية ١-

- | | |
|--------------------|------------------------|
| Hinged panel | أ- الألواح المفصلة |
| Rotatable cylinder | ب- الأسطوانات الدوارة |
| Rotatable panel | ج- الألواح الدوارة |
| Absorbing drapery | د- الستائر العازلة |
| | هـ- الأهرامات المتحركة |

مخطط منطقة قاعة الحضور

مخطط القاعة يلعب دوراً مهماً في توفير الانعكاسات الصوتية للحضور وتوجيهها ، يمكن أن يعرف الانعكاسات الصوتية بأنه ارتداد الموجات الصوتية من السطوح المواجهة لها والتي تكون أبعادها من مضاعفات الطول الموجي للأصوات السائدة في الفضاء السعوي (4 - 5) (Ammonio - 1989) يمكن الصوت عن السطوح العاكسة بتفكير إليه انعكاس الضوء عن المرآة وبزاوية انعكاس مساوية لزاوية السقوط .

وبحسب الشكل الهندسي فإن أنماط السقوط العاكسة تنقسم إلى ما يلي :

١- المستوية

٢- المنحرفة

٣- المنحنية

ويتم تقسيم السقوط العاكسة إنشائياً إلى ما يلي ٢-

- 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 التردد، وهو ما يلائم العروض الدرامية والكلامية أو رفعها لتوفير الحجم الكلي للقاعة وبطاقة استيعابية كاملة وهو ما يزيد من زمن التردد ويلتئم 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) .
- وهي 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 تحويل 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 إلكترونياً 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 لا تفي بمتطلبات الإقبال الكبير على الدور والقاعات الصوتية فإن المسرح الوطني لسعته العالية وتقنياته المستخدمة يعتبر الأفضل بين هذه المسارح كما أنه صمم في الأصل كقاعة متعددة الفعاليات لأداء كل من الفعاليات الدرامية والموسيقية والسينمائية، وبعد مرور أكثر من ربع قرن على إنشاءه يجد البحث ضرورة إعادة تقييم كفاءة تقنياته من خلال مقارنتها بالإمكانيات التقنية الحديثة، ووضع بعض المؤشرات لتحسين كفاءة أدائه الوظيفي ولصوتي على وجه الخصوص .

تقييم المنظومة التقنية

تتضمن عملية تقييم المنظومة التقنية للمسرح الوطني ، دراسة المنظومات التقنية الميكانيكية المتواجدة حالياً في القاعة ومدى فعالية هذه المنظومات في ادائية القاعة للفعاليات المتعددة ومواكبتها للتطورات الحديثة في المجالات التقنية كافة ، اقتصرت المنظومات التقنية للمنظومة 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 للصدى مغلف بالخشب الصاج والوجه الآخر مغلف بالقماش المبطن بالصوف الزجاجي ويعمل كجهة ماصة للصدى وتثبت هذه الألواح على مفاصل متحركة لغرض تدويرها يدوياً وتغيير زاوية عملها بحسب العرض الفني المقدم. ألا أن هذه التقنية غير مستعملة حالياً لعدم وجود الخبرة اللازمة في عمل القاعة متعددة الفعاليات أو عمل الألواح وزوايا تدويرها.

أما سقف القاعة العاكس فيتألف من عدد من الألواح العاكسة بنفس نوعية جدران القاعة بشكل مجاميع لها القدرة على التحريك يدوياً لتغيير زواياها واتجاهها بحسب العرض الفني المقدم ولا تستخدم حالياً 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 أهم الصفات الصوتية المتعلقة بالفعاليات الموسيقية والكلامية ومدى ملائمة القيم الموجودة حالياً لهذه الصفات مع القيم المعتمدة لكلا الفعالتين في القاعة، اعتمد البحث القياسات الحسابية في عملية احتساب الصفات الصوتية لقاعة المسرح الوطني . الصفات الصوتية المعتمدة في تقييم القاعة صوتياً :-



أ- زمن التردد

يعرف بأنه الزمن اللازم لانخفاض طاقة الصوت بمقدار ٦٠ ديسبل من شدته الأصلية بعد توقف مصدر الصوت . وسيتم الاعتماد على معادلة سابيين لاحتساب قيمة زمن التردد والتي تعتمد على عدد من المؤشرات في القاعة وهي :-

١- حجم القاعة.

٢- مجموع الوحدات الامتصاصية .

يتم احتساب معادلة سابيين من المعادلة التالية :-

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

حيث ان T = زمن التردد بالثانية

و V = حجم القاعة بالمتر الكعب

S = مجموع الوحدات الامتصاصية

قيمة زمن التردد 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 حالياً في المسرح الوطني مع قيمة زمن التردد المفضلة للقاعات متعددة الفعاليات

والتي تعادل ١ - ١,٧ ثانية فان قيمة زمن التردد الحالية في

القاعة تعتبر ملائمة في حالة الاشغال الكامل للقاعة وبتردد ٥٠٠ و ١٠٠٠ هيرتز وتقل كفاءة القاعة في حالة

وجود ثلث عدد الحضور وهو ما يتطلب توفير المرونة في قيمة زمن التردد ليلائم الفعاليات المتعددة للقاعة

وبمختلف عدد الحضور المتوفر فيها .

ب- الفجوة الزمنية الاولى

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 الطريقة الهندسية (من خلال رسم مرآة المصدر ونحدد مسارات الانعكاسات الصوتية وفرق مسار الصوت المباشر)

حسب المعادلة الاتية :-

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

حيث ان ITDG الفجوة الزمنية الاولى و R1 مسار الصوت المنعكس الاول (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 الاولى 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 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
		Xa 1	٠,٠٢٣ ثانية
	الجدار الجانبي البعيد	Xb2	٠,٠٢٨ ثانية
		Xc3	٠,٠٣٤ ثانية
		Xamid 1	٠,٠٥٦ ثانية
		Xbmid 2	٠,٠٦ ثانية
		Xcmid 3	٠,٠٧ ثانية
	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 الأخرى و يعرف الصدى بأنه :-

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 التاعة على عامل مهم الا وهو الفجوة الزمنية الاولى لعلقتها 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 :-

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

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 كالآتي :- (Egan-1988)

جدول رقم (٣)

الترتيب	قيمة الوضوحية	
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 الفجوة الزمنية الأولية في عدة نقاط داخل القاعة كما يلي :-

جدول رقم (٤)

الترددات	زمن التردد	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 الكلامية فإن قاعة المسرح الوطني تعتبر ضمن الأداء الضعيف للفعاليات الكلامية وذلك بسبب زمن التردد الذي يعتبر ضعيفا في الوضع الحالي للفعاليات الكلامية مقارنة بالقاعات العالمية وهو ما يستلزم تحسين لصفة الوضوحية في القاعة خصوصا وان معظم استخداماتها للفعاليات الدرامية والعروض المسرحية .

د- وقت المركز في المسرح الوطني

قياس التوازن بين الوضوح والتردد والذي يقترح لاجتناب القطع الحاد بين الانعكاسات الأولية والمتأخرة "ويقاس من المعادلة الآتية :-

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

حيث ان Ts_{50} = وقت المركز

و D_{50} = الوضوح الصوتي

ومن خلال القيم المحسوبة مسبقا لوضوحية قاعة المسرح الوطني فإن قيمة زمن المركز لقاعة المسرح 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

يُعتبر النقاء الصوتي مؤشراً لكفاءة القاعة في أداء الفعاليات الموسيقية المختلفة ويرتبط بعلاقة عكسية مع زمن التردد حيث بازدياد زمن التردد تنقص الطاقة الأولية وتزداد الطاقة الترددية ويعطي هذا المعيار قياس لعمق الوضوحية داخل القاعة .

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

$$C_{exp} = 10 \log \left[\exp\left(1.104/R_t\right) - 0.4 \right]$$

حيث أن C_{80} = النقاء الصوتي

ومع قيم زمن التردد لترددات ١٢٥ و ٢٥٠ و ٥٠٠ و ١٠٠٠ هيرتز فإن قيم النقاء الصوتي لقاعة المسرح الوطني تساوي :-

جدول رقم (٦)

R_{t1000} ٤	R_{t500} ٣	R_{t250} ٢	R_{t125} ١	C_{80}
٣,٢٥	٢,٤	١,٢	٠,٦٨	

تعد القيم الجيدة ضمن -١ إلى ٤ ديسبل وتفضل القيم الإيجابية .

الصفات الصوتية المقيمة في قاعة المسرح الوطني .

جدول رقم (٧)

الصفة الصوتية	١	٢	٣	٤
١٢٥ هيرتز	٢٥٠ هيرتز	٥٠٠ هيرتز	١٠٠٠ هيرتز	
زمن التردد	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 أم موسيقية بما توفره من إمكانيات تحويلية لازمة لاعطاء المرونة الصوتية والوظيفية للقاعات السمعية .
- ٢- يعتبر التنوع في العلاقة بين الحضور والمنصة، بالتغيير في موقع الحضور بالنسبة إلى إطار فتحة المنصة أو إمكانيات توقييع المنصة بالنسبة للحضور من أكثر 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 تحويل قاعة الحضور والمساهمة في تحويل العلاقة بين المؤدي والمتلقي عنصرا أساسيا 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 بإضافة 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 أم عكسة للصوت ضمن التشكيل الداخلي للقاعة ويتم السيطرة على تنويعه بحسب العرض الفني المقدم بواسطة السيطرة العملية الكمبيوترية.

الاستنتاجات الخاصة بالجانب التطبيقي

- ١- تعد المعايير الصوتية الحديثة والمعتمدة على الصيغ الرياضية المتقدمة اسلوباً فعالاً في تقييم كفاءة الاداء الصوتي في المراحل المبكرة من التصميم للتنبؤ بكفاءة الاداء الصوتي والوظيفي وتعتبر وسيلة ناجحة لتقييم واقع حال القاعات السمعية .
- ٢- الإمكانيات التقنية الحديثة يمكن توظيفها في تطوير النماذج المحلية (المسرح الوطني وغيره من القاعات) صوتياً ووظيفياً 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 وخصدق 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 الألواح 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 الأسطوانات الدوارة في جدران القاعة الخلفية لغرض الحصول على التنويع بين المواد الماصة والعاكسة في القاعة بحسب الفعاليات المقدمة والتي تؤثر بدورها على زمن ترداد القاعة وتساهم في عمل القاعة صوتياً، يتم التحكم بحركة الألواح العاكسة والأسطوانات الدوارة بأنظمة السيطرة العملية والبرامج الحاسوبية. ولتطوير سقف القاعة يقترح البحث بالإضافة الى تغيير أبعاد الألواح العاكسة وشكلها ، يقترح البحث مكننة الواجه السقف العاكس لجعلها قابلة للرفع والخفض وبالاخص منطقة منتصف القاعة والتي تشمل المواد الناعمة 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 عدداً من المقترحات لتطوير الصفات الصوتية لقاعة المسرح الوطني والتي تشمل الفجوة الزمنية الأولية وزمن التردد وما يعتمد عليها من صفات صوتية أخرى تلائم الفعاليات الكلامية والموسيقية، إضافة

الى المرونة الواجب توفرها في تحقيق هذه الصفات لطبيعة القاعة المتعددة. ويساهم في تطوير القاعة صوتيا مع التحويلات 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 وبألواح خشبية في الجزء الخلفي من جدران القاعة الجانبية وهو ما يقلل من الانعكاسات الصوتية المطلوبة للقاعة . يقترح البحث توفير ألواح خشبية عاكسة على الجدران الجانبية في القاعة وهو ما يعزز من الانعكاسات الصوتية الأولية للحضور .
- ٢- السقف العاكس للقاعة يولد عيب الصدى في القاعة كما ذكر سابقا، ولغرض توفير السقف الصوتي الملائم للفعاليات المتعددة يتم تصميم الألواح 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 التردد

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

جدول رقم (٨)

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



وبمقارنة قيم زمن التردد 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 التردد للفعاليات الكلامية بما يناسب العروض المقدمة ، زيادة الوحدات الماصة في القاعة والتي تكون قابلة للتحويل 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 المنقبة والعاكسة ويتحكم بزوايا تدويرها والأوجه الظاهرة منها أوتوماتيكيا .
ومن خلال التطويرات في قاعة المسرح الوطني يتغير زمن التردد ليلائم الفعاليات الكلامية كما يلي (تم احتساب زمن التردد باعتماد الحضور الكامل للحضور) :-

جدول رقم (٩)

التحويلات الصوتية	Rt125	Rt250	Rt500	Rt1000
استخدام الألواح 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	١,٤ ثانية	١,٢ ثانية	١,٠٤ ثانية	٠,٩ ثانية

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

جدول رقم (١٠)

ت	الفعالية	زمن التردد
١	الأوبرا	١,٦ - ١ ثانية
٢	الموسيقى الاوركستراالية	١,٧ - ٢,٢ ثانية

وبإجراء التطويرات المقترحة في قاعة المسرح الوطني فإن قيمة زمن التردد التي يتوقع الحصول عليها تعادل :-

جدول رقم (١١)

التحويرات الصوتية	Rt125	Rt250	Rt500	Rt1000	الفعالية الموسيقية
رفع السقف العاكس مع تدوير الألواح العاكسة وتغيير الزوايا .	١,٨ ثانية	١,٦ ثانية	١,٤٥ ثانية	١,٢ ثانية	يلتزم الفعاليات الاوبرالية والموسيقى الاوركستراالية

٢- الفجوة الزمنية الاولى

النجوة الزمنية المتولدة في قاعة المسرح الوطني تعد غير ملائمة وخصوصا في مناطق منتصف القاعة المتولدة من انعكاسات السقف المرتفع نسبيا ، ومن خلال التطويرات المقترحة في الجانب المعماري تتولد فجوة زمنية اولية صغيرة ثلاثم 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
		Xa 1	٠,٠٢٣ ثانية
	الجدار الجانبي البعيد	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

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

جدول رقم (١٣)

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

٤- وقت المركز

يرتبط قياس وقت المركز بقياس الوضوحية وزمن التردد 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 التردد للفعالية الموسيقية والذي يتحقق من التحويرات الصوتية السابقة الذكر ويتم الحصول على قيم ملائمة للفعاليات الموسيقية كما يوضح في الجدول التالي :-

جدول رقم (١٥)

Rt1000 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 Robert 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](http://www.stage design) , Internet paper – 2000

[Http://www design](http://www design), Internet paper –2001

[Http://www RPG diffuser](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

